



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KUORMA-AUTON APURUNGON HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU

TEKIJÄ/T: Kari Malkki

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Kari Malkki	
Työn nimi Kuorma-auton apurungon hitsausjigin suunnittelu	
Päiväys 22.05.2017	Sivumäärä/Liitteet 37
Ohjaaja(t) Lehtori Anssi Suhonen, TKI-asiantuntija Jenni Toivanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Haapajärven Kome Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella hitsausjigi kuorma-auton apurungon aihion valmistusta varten. Tavoitteena oli laatia 3D-malli sekä valmistuskuvat Haapajärven Kome Oy:lle tulevasta hitsausjigistä, jonka avulla hitsausta saataisiin nopeutettua ja työn jälkeä sekä työergonomiaa parannettua. Työn lähtökohtana toimi Haapajärven Kome Oy:n tarve lyhentää apurunkojen hitsauksen työaikoja ja parantaa työn laatua.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin erilaisiin hitsausjigin rakennevaihtoehtoihin sekä hitsaustyöhön liittyvään työergonomiaan. Työn alussa perehdyttiin asiakkaan hitsattavien tuotteiden ja pohjatietojen lisäksi hitsaukseen ja erilaisten teräsrakenteiden teoriaan, minkä jälkeen teoriaa pyrittiin soveltamaan itse suunnittelutyössä. Saatujen pohjatietojen ja raja-arvojen perusteella suunniteltiin SolidWorks-ohjelmistolla asiakkaan toiveiden mukainen hitsausjigi.</p> <p>Työn tuloksena syntyneiden valmistuskuvien ja 3D-mallien avulla Kome Oy pystyy valmistamaan hitsausjigin. Valmistuskuvat ja 3D-mallit on toimitettu toimeksiantajalle. Tuloksena syntynyt hitsausjigi parantaa hitsaajien työasentoja, nopeuttaa tuotantoa ja parantaa työn laatua.</p>	
Avainsanat hitsaus, hitsausjigi, paikoitus, ergonomia	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Kari Malkki			
Title of Thesis Designing a Welding Jig for Truck Subframe			
Date	May 22, 2017	Pages/Appendices	37
Supervisor(s) Mr Anssi Suhonen, Senior Lecturer and Ms Jenni Toivanen, R&D-Advisor			
Client Organisation /Partners Haapajärven Kome Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final project was to design a welding jig to help with the welding process of manufacturing truck subframes. The aim of the project was to make a 3D-model and drawings of the welding jig for Kome Oy. The project is based on the need to improve the efficiency of welding work.</p> <p>The project was carried out by studying various structures of welding jigs and fixtures as well as ergonomics of welding work. The project was started by examining the welded products and the theories discussing welding and steel structures on a general level. After collecting the data the designing itself was carried out by using SolidWorks 3D-modelling software.</p> <p>As a result of the project there are the 3D-model of the jig and the drawings needed to manufacture the parts. The jig will improve the ergonomics for welders and the quality of work in Kome Oy.</p>			
<p>Keywords welding, fixture, positioning, ergonomics</p>			

ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulussa yhteistyössä Haapajärven Kome Oy:n kanssa. Työn ohjaajina toimivat lehtori Anssi Suhonen ja TKI-asiantuntija Jenni Toivanen, joita haluan kiittää sujuvasta ohjauksesta. Lisäksi haluan erityisesti kiittää tuotantopäällikkö Ilkka Juutilaista ohjauksesta sekä mahdollisuudesta suorittaa opinnäytetyö Haapajärven Kome Oy:lle. Lopuksi haluan kiittää myös avopuolisoani Outia tuesta ja kannustuksesta työn aikana.

Kuopiossa 22.5.2017

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	KOME OY.....	8
3	HITSAUKSEN TEORIA	9
3.1	Hitsaus.....	9
3.1.1	MIG/MAG-hitsaus ja -laitteisto.....	10
3.1.2	Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset.....	13
3.1.3	Hitsausjärjestys ja silloitus	13
3.1.4	Hitsausasennot ja niiden tunnuksset	14
3.2	Teräs materiaalina	15
3.2.1	Teräsrakenteiden suunnittelu	15
3.2.2	Teräsmerkinnät.....	16
3.3	Työergonomia	17
3.3.1	Hitsausapuvälineet	18
3.3.2	Hitsauskiinnittimet.....	19
4	HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU	20
4.1	Lähtötilanne	20
4.2	Valmistettavat tuotteet.....	21
4.3	Vaatimukset ja raja-arvot	24
4.4	Suunnitteluprosessi	25
4.5	Paikoitus ja kiinnittimet	28
4.5.1	Paikoitus.....	28
4.5.2	Kiinnittimet	29
4.6	Valmistettavuus	30
5	RAKENNE.....	31
5.1	Jalat.....	32
5.2	Työtaso.....	33
5.3	Kiinnittimet.....	34
6	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	36

Lyhenteet ja määritelmät

Silloitus = Työkappaleen liittämistä toiseen lyhyillä hitseillä ennen varsinaista hitsausta

Hitsi = Hitsauksen tulos, joka käsittää kaiken hitsauksen aikana sulassa tilassa olleen aineen

Kaasukaarihitsaus = Hitsausprosessi, jossa käytetään aktiivista tai passiivista kaasua suoja-aineena.

MIG (Metal Inert Gas) = Kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa käytetään sulavaa lisäainelankaa ja jossa suojakaasu ei reagoi hitsisulan kanssa.

MAG (Metal Active Gas) = Kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa käytetään sulavaa lisäainelankaa ja jossa suojakaasu reagoi hitsisulan kanssa.

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajan Haapajärven Kome Oy:n valmistamat kuorma-autojen apurungot valmistetaan hitsaamalla. Valmistettavat rungot sisältävät monia hankalissa asennoissa tehtäviä hitsauksia, joiden vuoksi runkoja joudutaan kääntelemään nosturilla ja hitsaajat altistuvat huonoille työasennoille. Viime aikoina Komella on herännyt ajatus apurunkojen hitsaamisen tehostamisesta ja työn laadun parantamisesta valmistamalla säädettävä jigi apurunkojen hitsausta varten.

Kome Oy:n tavoitteena ovat työergonomian parantaminen sekä valmistuksen tehostaminen ja näiden tavoitteiden saavuttamiseksi syntyi idea uuden hitsausjigin tarpeesta. Uudella hitsausjigillä pyritään vähentämään nosturin tarvetta apurunkoja käsiteltäessä ja helpottamaan aihoiden kokoonpanoa hitsausvaiheessa. Idean opinnäytetyön aiheesta toi esille Kome Oy:n Iisalmen toimipisteen tuotantopäällikkö Ilkka Juutilainen, joka oli asiasta yhteydessä Savonia-ammattikorkeakoulun henkilökuntaan.

Tässä opinnäytetyössä pyritään suunnittelemaan Kome Oy:n tarpeita vastaava hitsausjigi, jonka avulla hitsaustyö helpottuu ja nopeutuu. Työn alussa esitellään työn toimeksiantaja eli Haapajärven Kome Oy, jolle hitsausjigi suunniteltiin. Tämän jälkeen käsitellään hitsauksen teoriaa ja erityisesti MIG/MAG-hitsausta ja -laitteistoa. Työn loppuosa käsittelee itse hitsausjigin suunnittelua.

2 KOME OY

Kome Oy on vuonna 1964 Haapajärvellä perustettu, viidellä paikkakunnalla toimiva kuorma-autojen päällirakenteiden sekä perävaunujen valmistaja. Komen toimipisteet sijaitsevat Haapajärvellä, Iisalmessa, Rautalammilla, Mikkelissä sekä Nummelassa. Yhtiön tuotteisiin kuuluvat sora-, avorahti-, vaihtolava-, puutavara-, turve- sekä haketuotteet. Kome Oy:n tuotteet on valmistettu lumisten olosuhteiden sekä pakkasen asettamat vaatimukset huomioiden. (Kome Oy, 2017a.) Esimerkkejä Kome Oy:n tuotteista kuvissa 1 ja 2.



KUVA 1. Kome Oy:n valmistama perävaunu (Kome Oy, 2017b.)



KUVA 2. Kome Oy:n valmistama lavetti (Kome Oy, 2017b.)

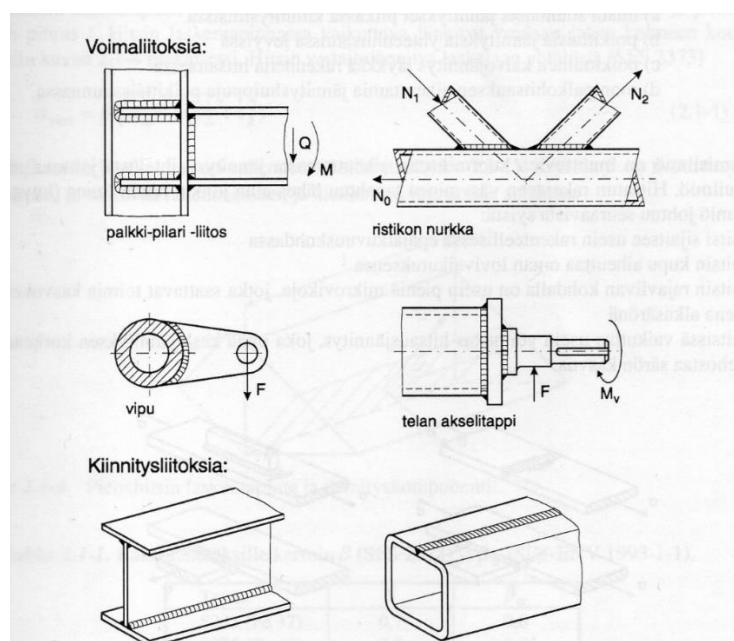
3 HITSUKSEN TEORIA

Tässä pääluvussa käsitellään hitsauksen peruskäsitteitä ja teoriaa. MIG/MAG-hitsausta käytetään Kome Oy:ssä pääasiallisena hitsausmenetelmänä, joten sitä käsitellään periaatteineen ja laitteistoineen omassa alaluvussaan. Lisäksi omissa alaluvuissaan käsitellään työergonomiaa sekä terästä materiaalina.

3.1 Hitsaus

”Hitsauksella tarkoitetaan kappaleiden yhdistämistä toisiinsa lisäainetta käyttäen tai ilman lisäainetta siten, että liitos saadaan aikaan joko sulattamalla liitospinnat, voimakkaalla plastisella muokkauksella tai diffuusion avulla” (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2011, 281). Hitsausmenetelmät voidaan jakaa kahteen kategoriaan: sulahitsausmenetelmiin ja puristushitsausmenetelmiin. Sulahitsausmenetelmissä liitos saadaan aikaan siten, että kappaleiden liitospinnat sulatetaan. Puristushitsausmenetelmissä sen sijaan liitos muodostuu puristamalla liitospintoja voimakkaasti toisiaan vasten samalla lämmittäen liitettäviä kappaleita. (Ihalainen ym. 2011, 283.)

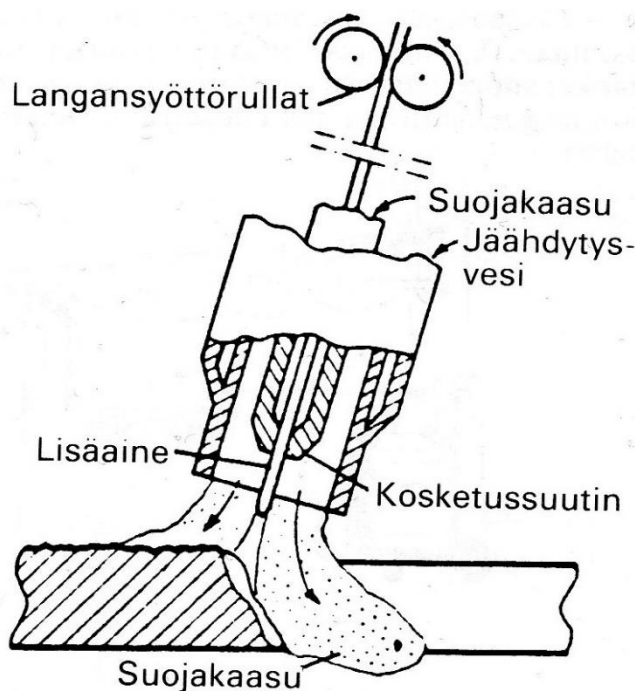
Sulahitsausmenetelmiä ovat kaasuhitsaus, puikkohitsaus, eri kaasukaarihitsausmenetelmät, täytelan-kahitsaus, plasmahitsaus ja jauhekaarihitsaus. Kaasukaarihitsausmenetelmiin kuuluu mm. MIG/MAG-hitsaus, jota käsitelen tarkemmin seuraavassa alaluvussa. Näiden lisäksi sulahitsausmenetelmiin lukeutuu myös useita erikoismenetelmiä, kuten laserhitsaus ja elektronisuihkuhitsaus. (Ihalainen ym. 2011, 287 - 315.) Kaarihitsauksella tuotettua hitsausliitosta käytetään erilaisten teräsrakenteiden koostamiseen levy-, palkki- ja tankomateriaaleista. Hitsausliitoksella saadaan aikaan luja ja jäykkä rakenne. Onnistunut liitos edellyttää hitsaajalta taitoa, sillä hitsaus aiheuttaa muutoksia perusaineessa sekä materiaalin sisäisiä jännityksiä, jolloin rakenne pyrkii kieroutumaan. (Kivioja 2003, 29.) Kuvassa 3 on esimerkkejä erilaisista hitsausliitoksista.



KUVA 3. Hitsausliitosten käyttöesimerkkejä (Kivioja 2003, 29.)

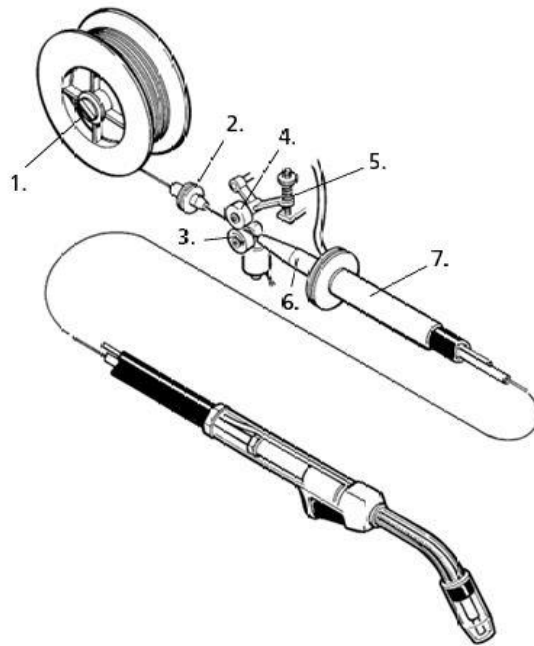
3.1.1 MIG/MAG-hitsaus ja -laitteisto

MIG/MAG-hitsauksessa hitsisulaan syötetään tasaisesti ohutta lisäainelankaa langansyöttölaitteen avulla. Lisäainelangan ja perusaineen välillä palaa valokaari, joka sulattaa lisäainelangan ja perusaineen. Hitsauksen aikana hitsauskohtaan johdetaan suojakaasua, joka suojaa hitsisulaa ja valokaarta. Suojakaasu voi olla aktiivista (esim. CO₂), jolloin suojakaasu ja hitsisula reagoivat keskenään. Tällaista menetelmää kutsutaan nimellä MAG-hitsaus (Metal Active Gas Welding). Mikäli hitsataan käyttäen puhdasta CO₂-kaasua, voidaan MAG-hitsauksen ohella käyttää myös nimitystä CO₂-hitsaus. (Ihalainen ym. 2011, 297.) Kuvasta 4 käy ilmi MIG/MAG-hitsauksen periaate.



KUVA 4. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Ihalainen ym. 2011, 297.)

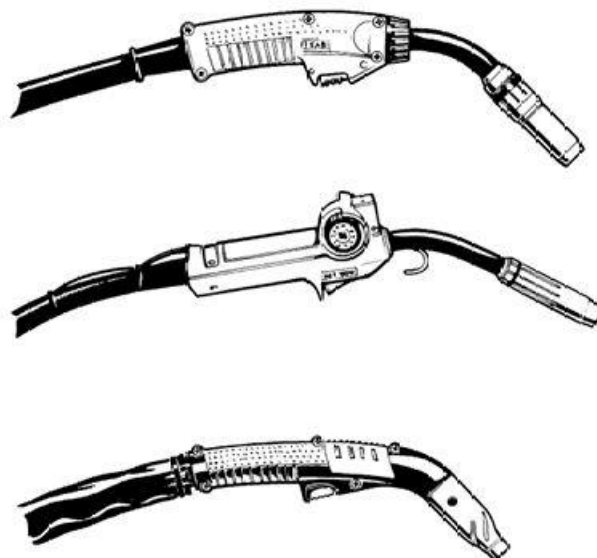
MIG/MAG-hitsauslaitteisto koostuu hitsausvirtalähteestä, langansyöttölaitteistosta, suojakaasulaitteistosta ja monitoimijohdosta. Laitteistoon kuuluu myös hitsauspistooli, josta esimerkkejä kuvassa 6. Virtalähde on vakiojännitteinen tasasuuntaaja tai invertteri. Virtalähteessä säädetään jännitettä ja hitsausvirta säätyy lisäainelangan syöttönopeuden mukaan automaattisesti. (Lepola ja Makkonen 2005, 104.) Kuvassa 5 näkyy esimerkki MIG/MAG-hitsauslaitteen langansyöttökoneistosta, joka syöttää lisäainelankaa johdinputkea pitkin hitsauspistoolin kosketussuuttimeen läpi valokaareen, joka puolestaan sulattaa lisäainelangan hitsisulaan. (Lepola ja Makkonen 2005, 105.) Monitoimijohtoa pitkin hitsauspistooliin tulevat ohjausvirta käyttökytkimeen, hitsausvirta kosketussuuttimeen, lisäainelanka, suojakaasu sekä vesijäähdytteisissä pistooleissa jäähdytysvesi (Lepola ja Makkonen 2005, 107).



MIG/MAG-langansyöttölaitteet ja hitsauspistooli.

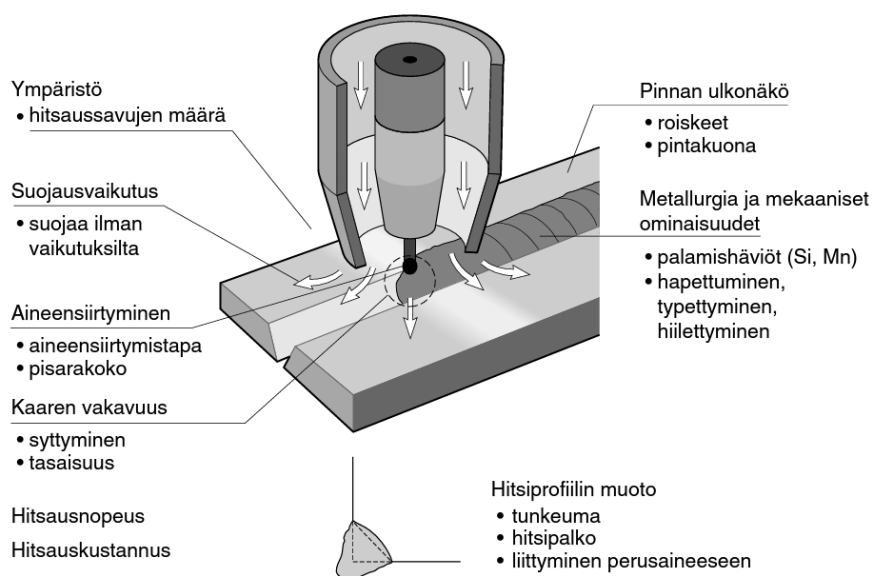
1. Lankakela ja kitkajarru
2. Langan ohjaussuutin
3. Langan syöttömoottorilla pyöritettävä syöttöpyörä
4. Painopyörä
5. Painopyörän säätöruuvi
6. Langan ohjaussuuti
7. Monitoimijohdin ja langan ohjausputki.

KUVA 5. Langansyöttölaitteisto ja hitsauspistooli (Lepola ja Makkonen 107.)



KUVA 6. Erilaisia hitsauspistooleita (Lepola ja Makkonen 2005, 107.)

MIG/MAG-hitsaukseen tarvittava suojakaasu tulee kaasupullosta tai kaasunjakeluverkosta. Hitsauspistoolin käyttökytkintä painettaessa kaasu alkaa virrata kaasuletkua pitkin hitsauspistoolin kaasusuuttimesta hitsauskohteeseen (kuva 7). (Lepola ja Makkonen 2005, 109.) Suojakaasun tehtävänä on suojata hitsisulaa, elektrodia, lisäainelankaa sekä sulassa tilassa olevia lisäainepisaroita ilman hapelta ja typeltä. Lisäksi suojakaasu auttaa luomaan valokaarelle edellytykset palaa halutulla tavalla sekä jäähdyttää hitsauspolttimen osia. (Lepola ja Makkonen 2005, 110.) Hitsauksessa voidaan käyttää erilaisia suojakaasuja, joiden ominaisuuksista esimerkkejä taulukossa 8.



KUVA 7. Suojakaasun vaikutukset kaasukaarihitsauksessa (Lepola ja Makkonen 2005, 111.)

Peruskaasujen ominaisuuksia						
Kaasu	Kemiallinen merkki	Tiheys kg/m ³	Suhteellinen tiheys	Kiehumispiste °C	Ominaisuudet	Tunnusväri
Argon	Ar	1,784	1,380	-185,9	Inertti	Tummanvihreä
Helium	He	0,178	0,130	-268,9	Inertti	Ruskea
Hiilidioksidi	CO ₂	1,977	1,529	-78,5 ¹⁾	Hapettava	Harmaa
Happi	O ₂	1,429	1,105	-183,0	Hapettava	Valkoinen
Typpi	N ₂	1,251	0,968	-195,8	Reagoimaton ²⁾	Musta
Vety	H ₂	0,090	0,070	-252,8	Pelkistävä	Punainen

¹⁾ Suplimoitumislämpötila ²⁾ Vaikutus korkeissa lämpötiloissa

KUVA 8. Yleisimpien suojakaasujen kemiallisia ominaisuuksia, valmistus ja tunnusvärit (Lepola ja Makkonen 2005, 110.)

3.1.2 Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset

Kappaleessa tapahtuu hitsauksen aikana plastisia muodonmuutoksia kun kuumennettavan aineen lämpöpiteneminen estetään. Nämä muodonmuutokset aiheuttavat jäähtyneessä kappaleessa hitsausjännityksiä. Hitsausjännitykset eivät vaikuta liitoksen staattiseen kantokykyyn sitkeillä materiaaleilla, mutta ne heikentävät väsymislujuutta liitoksessa. Sen lisäksi kappaleeseen syntyy erilaisia muodonmuutoksia hitsausjännitysten seurauksena. Näitä muodonmuutoksia ovat esimerkiksi kutistuminen, taipumat ja lommahtelu. (Kivioja 2003, 30.)

3.1.3 Hitsausjärjestys ja silloitus

Silloituksella varmistetaan, että hitsattava rakenne tai kappale pysyy niissä asetuksissa, mihin sen hitsauksen jälkeen halutaan jäävän. Silloitusvaiheessa on ennakoitava hitsauksessa aiheutuvat muodonmuutokset hitsattavassa kappaleessa ja pelkästään kohteeseen sopimattomalla silloitusjärjestyksellä voidaan saada aikaan sellaisia muodonmuutoksia, jotka vahvistuvat varsinaisen hitsauksen johdosta. Kuitenkaan mitään yleistä, joka tilanteeseen sopivaa ohjetta ei ole olemassa. (Lepola ja Makkonen 2005, 361-362.)

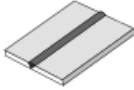
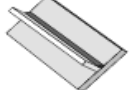

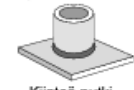
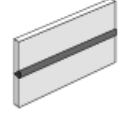
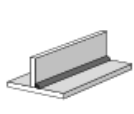

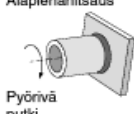

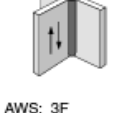

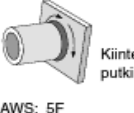

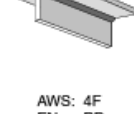


Standardituotteiden, kuten esimerkiksi teräspalkkien, hitsamisessa voidaan sopiva silloitusjärjestys määrittellä kokemuksen perusteella. Hitsaus pystytään suorittamaan ilman varsinaista silloitustakin, mikäli valmistuksessa hyödynnetään siihen soveltuvaa jiggiä. Silloitushitsausta tehtäessä on muistettava rakenteen kannalta oikea sijoittaminen sekä se, että siltahitsi on tarvittaessa voitava hioa pois. Siltahitsin on myös oltava riittävän suuri, jotta se kestää siihen kohdistuvat rasitukset. (Lepola ja Makkonen 2005, 362.)

Siltahitsejä ei yleensä saa hitsata rakenteiden ja levyliitosten nurkkakohtiin, sillä ne ovat muutenkin vaikeasti hitsattavissa olevia kohtia. Siltahitsin hiominen sekä lopullisen hitsin lopettaminen rakenteen nurkkakohtaa voi olla lähes mahdotonta. Yleensä silloitushitsaus tehdäänkin koko hitsattavan rakenteen kattavana harvempana silloituksena hitaamalla hyppelävällä tekniikalla silloitukset harvaan, minkä jälkeen palataan takaisin tekemään hitsit edellisten väleihin. (Lepola ja Makkonen 2005, 362.)

Varsinaisen hitsausjärjestyksen noudattaminen alkaa jo silloitushitsausvaiheesta ja hitsausjärjestys on valittava sellaiseksi, että hitsausliitokset täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset. Rakenteisiin ja rakenteisiin ei saisi syntyä lujuuden tai käytön kannalta haittaavia jännitystiloja tai muodonmuutoksia. Viimeiseksi hitsatuun kohtaan jää aina pahin vetojäännösjännitys, mikä on otettava huomioon korjaushitsauksessa. Hitsausjärjestys suunnitellaan siten, että hitsattu rakenne saavuttaa lopullisen jäykkyytensä niin myöhäisessä vaiheessa kuin mahdollista. Tällöin hitsien kutistumisesta johtuvat rakenteen sisäiset jännitykset jäävät pienemmiksi. Kuitenkaan niiden syntymistä ei voida kokonaan estää. (Lepola ja Makkonen 2005, 362.)

3.1.4 Hitsausasennot ja niiden tunnukset

Hitsaajan pätevyyskokeita ja pätevyysalueita varten on määritelty eri hitsausasennot (kuva 11) ja hitsauskokeissa käytettyjen asentojen ja kulmien on noudatettava tuotannon kanssa samoja toleransseja. Hitsausasennolla tarkoitetaan työkappaleen asentoa, jonka lisäksi on huomioitava liitosmuodot päittäis- sekä pienaliitos. Huomioitavia ovat myös hitsaussuunnat alhaalta ylös ja ylhäältä alas. (Lepola ja Makkonen 2005, 27.)

Hitsausasennot			
Päittäisliitos	Pienaliitos	Putken hitsaus	Pienaliitos
<p>Jalkohitsaus</p>  <p>AWS: 1G EN: PA</p>	<p>Jalkohitsaus</p>  <p>AWS: 1F EN: PA</p>	<p>Vaaka-akseli Jalkohitsaus</p>  <p>Pyörivä putki</p> <p>AWS: 1G EN: PA</p>	<p>Pystyakseli Alapienahitsaus</p>  <p>Kiinteä putki</p> <p>AWS: 2F EN: PB</p>
<p>Vaakahitsaus</p>  <p>AWS: 2G EN: PC</p>	<p>Alapienahitsaus</p>  <p>AWS: 2F EN: PB</p>	<p>Pystyakseli Vaakahitsaus</p>  <p>Kiinteä putki</p> <p>AWS: 2G EN: PC</p>	<p>Vaaka-akseli Alapienahitsaus</p>  <p>Pyörivä putki</p> <p>AWS: 2F EN: PB</p>
<p>Pystyhitsaus</p>  <p>AWS: 3G EN: PG (alaspäin) PF (ylöspäin)</p>	<p>Pystyhitsaus</p>  <p>AWS: 3F EN: PG (alaspäin) PF (ylöspäin)</p>	<p>Vaaka-akseli Ylös- tai alaspäin- hitsaus</p>  <p>Kiinteä putki</p> <p>AWS: 5G EN: PG (alaspäin) PF (ylöspäin)</p>	<p>Vaaka-akseli Pystyhitsaus</p>  <p>Kiinteä putki</p> <p>AWS: 5F EN: PG (alaspäin) PF (ylöspäin)</p>
<p>Lakihitsaus</p>  <p>AWS: 4G EN: PE</p>	<p>Yläpienahitsaus</p>  <p>AWS: 4F EN: PD</p>	<p>Kalteva akseli Ylös- tai alaspäin- hitsaus</p>  <p>Kiinteä putki 45°</p> <p>AWS: 6G EN: H-L045 (ylöspäin) J-L045 (alaspäin)</p>	<p>Pystyakseli Yläpienahitsaus</p>  <p>Kiinteä putki</p> <p>AWS: 4F EN: PD</p>

KUVA 9. Levy- ja putkihitsauksen asennot tunnuksineen (Lepola ja Makkonen 2005, 27.)

3.2 Teräs materiaalina

Rautahiiliseosta, jossa on korkeintaan 2% hiiltä, kutsutaan teräkseksi. Terästä voidaan muovata plastisesti ja sitä voidaan lujittaa seostamalla ja lämpökäsittelyillä. (Ihalainen ym. 2011, 21.) Teräkset voidaan jaotella ryhmiin käyttötarkoituksen perusteella, kuten rakenneteräkset, valuteräkset ja työkaluteräkset. (Ihalainen ym. 2011, 33.) Teräs sopii ominaisuuksiltaan suunnittelijoiden, konepajojen ja rakentajien käyttöön vaativiin kohteisiin ja olosuhteisiin. Teräksen ominaisuuksiin kuuluvat esimerkiksi lujuus, iskusitkeys, leikattavuus, särmättävyys sekä hitsattavuus. (Lepola ja Makkonen 2005, 270.)

3.2.1 Teräsrakenteiden suunnittelu

Teräksestä valmistettujen rakenteiden sekä hitsausliitosten kestävyys arviointi perustuu kokemukseen, erilaisiin testeihin sekä lujuuslaskelmiin. Kun suunnittelija miettii sopivaa rakennetta, hän tietää mitkä kohdat rakenteesta vaativat erityistä huomiota ja toimenpiteitä. Suunnittelijan ei ole järkevää selvittää kaikkia rakenteen kohtia laskennallisesti, vaan hänen kannattaa hyödyntää jo olemassa olevaa kokemuksen mukana tuomaa tietoa ja ratkaisuja. (Lepola ja Makkonen 2005, 375.)

Kun teräsrakennetta suunnitellaan, on selvitettävä erilaiset rakennetta rasittavat kuormat ja niiden suunnat. Lisäksi on selvitettävä, ovatko kuormat liikkuvia vai paikallaan pysyviä. Suunnittelijan on mietittävä, käytetäänkö valmistuksessa pienahitisiä vai päittäisliitoksia, minkä lisäksi on arvioitava hitsien tarvittavat koot. Rakenne on suunniteltava kestäväksi ja helpoksi valmistaa. (Lepola ja Makkonen 2005, 375.)

Teräsrakenteiden suunnittelua varten on omat standardinsa, joissa on määritelty rakenteiden suunnittelussa käytettävät asiat. Suunnittelijan kannattaa aina varmistaa, että standardit ovat ajan tasalla, sillä niihin voi tulla muutoksia ja standardeja voidaan korvata toisilla. Suunnittelun lähtökohtana voi pitää hyvänä lähtökohtana kolmea standardia: SFS 2373. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta, SFS 2378. Väsyttävästi (Dynaamisesti) kuormitettujen hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta sekä SFS-EN 5817. Hitsiluokat B, C ja D. Näiden lisäksi on käytettävissä standardi SFS-ENV 1993-1-1, Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. (Lepola ja Makkonen 2005, 375.)

Suunnittelijan ei tarvitse tehdä lujuuslaskentaa kaikille rakenteeseen tuleville hitseille. Useimmat hitsit mitoitetaan tasalujiksi liitettävien osien kanssa, jolloin erityisiä lujuuslaskelmia ei tehdä. Suunnittelijan on tunnistettava, mitkä hitsit pystytään tekemään heikommiksi kuin rakenneosat, jotka joutuvat käytössä hitsiä lujemmalle. Tällaisissa tapauksissa laskelmilla voidaan välttää turhaa hitsausta ja säästää kustannuksista. Pääsääntöisesti voimaa siirtävät liitokset eli voimaliitokset mitoitetaan tasalujiksi liitettävien osien kanssa ja kiinnitysliitokset voidaan mitoittaa monesti rasiusten perusteella rakenneosia vähemmän kestäviksi. (Lepola ja Makkonen 2005, 378.)

Tasalujalla hitsausliitoksella tarkoitetaan hitsiä, joka on vähintään yhtä luja kuin rakenteen heikoin kohta. Tämä tarkoittaa käytännössä läpihitsattuja päittäis- ja T-liitoksia. Liitosten kantokykyä ei yleensä lasketa erikseen tällaisissa läpihitsatuissa liitoksissa, koska hitsiaineen lujuus on sama tai suurempi kuin perusaineen, vaan mitoituksessa määrävänä on itse rakenneosan lujuus. Voimaliitokset valmistetaan yleensä tasalujiksi eli ne halutaan tehdä kestävämmän samat staattiset rasitukset kuin liitettävistä osista heikompi. Mikäli läpihitsatut päittäisliitokset toteutetaan oikein, ovat ne automaattisesti staattiselta kestävyydeltään tasalujia eikä liitosten kestävyyttä tarvitse erikseen laskea. (Lepola ja Makkonen 2005, 378.)

3.2.2 Teräsmerkinnät

Standardin SFS-EN 10027-1 mukaan teräkset on nimetty käyttötarkoituksen sekä mekaanisten tai fysikaalisten ominaisuuksiensa mukaan siten, että nimikkeen kirjaintunnuksen jälkeen ilmoitetaan teräksen vähimmäismyötöraja (N/mm^2) ohuimman paksuusalueen mukaan. Nimikkeessä voi olla myös lisätunnuksia, joilla ilmoitetaan esimerkiksi iskusitkeyttä ja käsittelytilaa. Teräsnimikkeiden päätunnuksia ovat mm. seuraavat: S = rakenneteräs, E = koneteräs, P = paineastiateräs. Nimikkeiden perustana voi olla myös teräksen kemiallinen koostumus. (Kivioja 2003, 27.) Taulukossa 10 on listattu yleisimpiä rakenneteräksiä ominaisuuksiineen.

SFS-EN 10025	Myötöraja ¹⁾	Murtolujuus ²⁾	Iskusitkeys	SFS-EN 10025	SFS 200
v. 1994	R_{eH} (N/mm^2)	R_m (N/mm^2)	KV (J) / t ($^{\circ}C$)	v. 1991	v. 1986
S235JR	235	360...510	27 / 20	Fe 360 B	-
S235JRG2	235	360...510	27 / 20	Fe 360 B FN	Fe 37 B
S235J0	235	360...510	27 / 0	Fe 360 C	-
S235J2G3	235	360...510	27 / -20	Fe 360 D1	Fe 37 D
S235J2G4	235	360...510	27 / -20	Fe 360 D2	-
S275JR	275	430...580	27 / 20	Fe 430 B	Fe 44 B
S275J0	275	430...580	27 / 0	Fe 430 C	-
S275J2G3	275	430...580	27 / -20	Fe 430 D1	Fe 44 D
S275J2G4	275	430...580	27 / -20	Fe 430 D2	-
S355JR	355	510...680	27 / 20	Fe 510 B	-
S355J0	355	510...680	27 / 0	Fe 510 C	Fe 52 C
S355J2G3	355	510...680	27 / -20	Fe 510 D1	Fe 52 D
S355J2G4	355	510...680	27 / -20	Fe 510 D2	-
S355K2G3	355	510...680	40 / -20	Fe 510 DD1	-
S355K2G4	355	510...680	40 / -20	Fe 510 DD2	-
S185	185	310...540	- / -	Fe 310-0	Fe 33
E295 ³⁾	295	490...660	- / -	Fe 490-2	Fe 50
E335 ³⁾	335	590...770	- / -	Fe 590-2	Fe 60
E360 ³⁾	360	690...900	- / -	Fe 690-2	Fe 70

¹⁾ Nimellispaksuus ≤ 16 mm.

²⁾ Nimellispaksuus < 3 mm.

³⁾ Koneteräksiä.

KUVA 10. Yleiset rakenneteräkset (Kivioja 2003, 27.)

3.3 Työergonomia

Ergonomian perusteet esitetään ergonomian perusstandardissa SFS-EN ISO 6385. Siinä ergonomia tai inhimillisten tekijöiden tutkimus on määritelty tieteenalaksi, jossa tutkitaan ihmisen ja järjestelmän muiden osien vuorovaikutusta sekä osaamisalueeksi jossa sovelletaan teoriaa, periaatteita, tietoja sekä menetelmiä suunnitteluun ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn optimoimiseksi. (METSTA ry 2017, 2.)

Hitsaustyöhön liittyy useita kemiallisia ja fysikaalisia vaaroja, joilta suojautuminen on sekä työntekijän että työpaikan yhteinen haaste. Työpaikalla on tunnistettava vaarat ja otettava niiltä suojaavat ratkaisut käyttöön, kun taas työntekijän on hallittava oikeat työskentelytekniikat ja käytettävä henkilösuojaimia. (Toivonen 2012, 37.) Hitsaajien terveydestä ja turvallisuudesta ollaan luonnollisesti huolissaan, sillä heidän työnsä voi monella eri tavalla vaikuttaa haitallisesti ja vahingollisesti. Työnantajalla on useita syitä tehdä kaikki voitava huonojen työolojen parantamiseksi. Hyvä työympäristö luo arvostettavaa ja myönteistä kuvaa yrityksestä ympäristön, työntekijöiden ja asiakkaiden silmissä. Lisäksi työturvallisuuslainsäädäntö asettaa lainsäädännöllisiä velvoitteita työturvallisuuden ylläpitämiseksi työnantajalle. Myös tilaajat voivat puuttua yhä useammin asiaan ja edellyttää yrityksiltä työturvallisuutta koskevia toimenpiteitä. Huono työympäristö aiheuttaa sairauspoissaoloja sekä työtapaturmia, mikä aiheuttaa yritykselle kustannuksia ja vaikeuttaa yrityksen toimintaa. (Lukkari 2006, 2.)

Ergonomialle ei voida asettaa yhtä selkeitä raja-arvoja kuin muille työturvallisuuteen liittyville seikoille (Lukkari 2006, 9). Riskiarvioinneissa havaitut ergonomian kannalta ongelmalliset työasennot sekä työn fyysinen kuormittavuus voivat jäädä vähemmälle huomiolle kuin muut vaaratekijät, kuten esimerkiksi hitsaushuurut. Vaikka hitsaustyön ergonomiasta on tehty vain yksittäisiä tutkimuksia viime vuosikymmenten aikana, tiedetään kuitenkin, että hitsaajat kärsivät useista työstä johtuvista liikuntaelinoireista ja -vaivoista etenkin niska-hartian ja olkapään alueella. (Toivonen 2012, 36-37.)

Hitsaustyön turvallisuutta kehittäneessä Econweld-hankkeessa esitettiin hitsaajan olevan vuoden aikana sairauslomalla keskimäärin 160 tuntia suurimmaksi osaksi liikuntaelinoireiden vuoksi. Vuodelta 2001 olevissa ruotsalaisissa tilastoissa 37 prosenttia hitsaajista ilmoitti kärsivänsä viikoittain olkapään tai käsivarren kivuista, mikä on merkittävästi enemmän kuin yleensä työikäisillä. (Toivonen 2012, 37.)

Liikuntaelimistöä kuormittavat hitsaustyössä optimaalisista poikkeavat työskentelyasennot, joita hitsaaja joutuu ylläpitämään pitkiä aikoja. Vaikka työn tauottamista ja työskentelyasentojen riittävää vaihtelua korostetaan yleisissä ergonomiaoheissa, aiheuttavat hitsaustyön tarkkuusvaatimukset lähes poikkeuksetta hitsaajalle staattista lihasjännitystä ja vaikeuttavat asentojen vaihtamista. (Toivonen 2012, 37.)

Ergonomian kannalta ongelmallisia hitsausasentoja ovat erityisesti ne, joissa kädet nousevat hartiatasolle tai sen yli, olkavarsi nousee reilusti irti vartalosta ja ranne taipuu pikkusormen puolelle. Tällaisessa asennossa myös työvälineen hallinta on vaikeampaa ja siten myös työn jälki sekä tuottavuus saattavat heiketä verrattuna optimaaliseen työskentelyasentoon. (Toivonen 2012, 37.)

Parantamalla hitsattavan kohteen sijaintia hitsaajaan nähden esimerkiksi nostettavaa työtasoa hyödyntämällä voidaan vähentää ongelmallisia kiertyneitä ja kumartuneita työskentelyasentoja sekä tarvetta hitsata siten, että kädet ovat hartiatason yläpuolella. Lisäksi käsien työergonomiaa voidaan parantaa erityisellä ergonomisella hitsauskahvalla, joka parantaa käden asentoa verrattuna perinteiseen hitsauskahvaan, jota käytettäessä hitsaajan ranne on usein voimakkaasti taipunut. (Toivonen 2012, 37.)

3.3.1 Hitsausapuvälineet

Terästä hitsatessa käytetään usein apuna erilaisia apuvälineitä, joiden avulla hitsaaminen on fyysisesti helpompaa ja työn jälki parempaa. Hitsausapuvälineisiin lukeutuvat mm. erilaiset kääntölaitteet, työtasot, tunkit, vetoruuvit ja taljat. Näihin apuvälineisiin kuuluvat myös erilaiset hitsauskiinnittimet ja jiggit, joihin hitsattavat kappaleet kiinnittyvät ennen hitsaamista. Jigien tarkoituksena on hitsattavan rakenteen pitäminen halutussa muodossa, työn laadun parantaminen, työturvallisuuden lisääminen, raaka- ja lisäainekustannusten säästö, työn nopeutuminen ja taloudellinen hyöty sekä työntekijän fyysisen rasituksen vähentäminen. (Lepola ja Makkonen 2005, 373.)

Konepajat voivat kehittää ja valmistaa erilaisia hitsausapuvälineitä omien tarpeidensa mukaan ja omia vaatimuksiaan varten räätälöidysti. Näihin kuuluvat erilaiset työskentelytasot, joissa on esimerkiksi erilaisia kiinnittimiä varten tehtyjä reikiä ja kulmia. Itse tasot voivat olla erimuotoisia ja -kokoisia, liikuteltavia tai kiinteitä ja niissä voi olla mekanismeja hitsattavan kappaleen kääntämisestä tai pöyrittämisestä varten. (Lepola ja Makkonen 2005, 373–374.)

Käsittelypöytien avulla kappale saadaan aina edullisimpaan mahdolliseen asentoon, minkä johdosta hitsauksen kaariaikaa saadaan merkittävästi lyhennettyä. Käsittelypöydillä saadaan lisättyä myös käsihitsaustyön ergonomiaa. Käsittelypöytiä voidaan käyttää niin käsivaraisen, mekanisoidun, kuin automatisoidun hitsauksen yhteydessä. (Jääskeläinen ja Tuunainen 2015a, 6.) Kuvassa 9 näkyy esimerkki säädettävästä hitsauspöydästä.



KUVA 11. Säädettävä hitsauspöytä (Förster GmbH, 2017.)

3.3.2 Hitsauskiinnittimet

Hitsauskiinnittimet voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: silloituskiinnittimiin ja hitsauskiinnittimiin. Silloituskiinnittimien tärkeimpiä tehtäviä on tuotteen kokoonpanon helpottaminen sekä kokoonpanon oikeellisuuden ja mittatarkkuuden varmistus. Hitsauskiinnittimien tärkein tehtävä puolestaan on tuotteen mitta- ja muotovaihtelun minimointi. Joissakin tapauksissa sama hitsauskiinnitin voi hoitaa molempia tehtäviä. Usein näissä tapauksissa kuitenkin silloituskiinnittimessä tarvittavat rakenteet tulevat hitsausvaiheessa eteen. (Jääskeläinen ja Tuunainen 2015b, 2-4.)

Hitsaus- ja silloituskiinnittimiä käytetään sekä käsinhitsauksen, että automatisoidun hitsauksen yhteydessä. Automatisoidussa hitsauksessa kiinnittimellä on tiuksemmat laadulliset vaatimukset. Käsinhitsauksessa yleensä riittää, että lopputuote täyttää sille asetetut mitta- ja muotovaatimukset. (Jääskeläinen ja Tuunainen 2015b, 2-4.)

Nykyaikaisen konepajan osavalmistuksen tarkkuustaso on korkeampi kuin ennen valmistuksen vaiheiden ja asetusten suorittamisen muututtua koneellisiksi. Robotit voivat vastata useiden työvaiheiden suorittamisesta ja hitsattavat osat voidaan kiinnittää valmistettavaa tuotetta varten tehtyihin jigeihin. Monesti nämä järjestelmät ja laitteet ovat erittäin spesifioituja ja rakennettu varta vasten tiettyä valmistusvaihetta varten. (Lepola ja Makkonen 2005, 373.)

Tuotannon kannalta olisi sen parempi, mitä vähemmän kappaletta joudutaan tuotannossa käsittelemään. Tuottavalle työlle jää enemmän energiaa vähentämällä tuottamattoman työn rasittavuutta. (Jääskeläinen ja Tuunainen 2015b, 2-4.)

4 HITS AUSJIGIN SUUNNITTELU

Hitsausjigin suunnittelutyö alkoi lähtötilanteen ja vaatimusten määrittämisellä. Lisäksi kartoitettiin jigissä valmistettävien tuotteiden mitat ja vaatimukset, jotka vaikuttavat suunniteltavan jigin rakenteeseen. Sen jälkeen alkoi ideointi- ja mallinnustyö, johon liittyi erilaisten rakenneratkaisujen ja mekanismien suunnittelu ja arviointi. Suunnittelun ja mallinnuksen ohella syntyneistä erilaisista vaihtoehdoista karsittiin asiakkaan tarpeisiin parhaiten sopivat, joiden pohjalta jigin lopullinen rakenne muodostui.

4.1 Lähtötilanne

KOME Oy:n vanhalla menetelmällä apurunkojen aihiot hitsataan työtasona toimivan kiinteän jigin päällä käyttäen apuna erilaisia vastepaloja tuotteen mitta- ja muotovaatimusten täyttämiseksi. Tuotetta ei hitsata jigissä loppuun asti. Hitsattavaa apurunkoa käsitellään nosturilla ja runkoa joudutaan nostamaan työtason päällä, jotta se saadaan käännettyä. Apurungon pitkät sivupalkit, kipin putki sekä ristikot hitsataan jigissä, minkä jälkeen apurunko nostetaan kuorma-auton päälle. Tämän jälkeen apurunko varustellaan kuorma-auton mittojen ja vaatimusten mukaan.

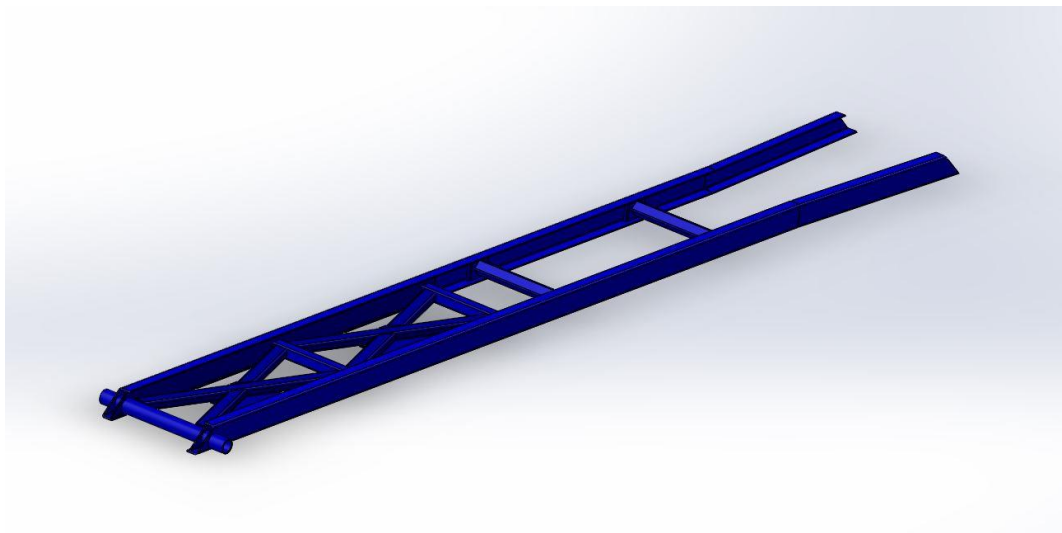
Uuden jigin suunnittelun tavoitteena on aihion hitsaus maalivalmiiksi autoon sovituksen ja varustelun jälkeen, mahdollisimman hyvä mittojen muunneltavuus esim. eri runkoleveyksille ja pituuksille, paremmat hitsausasennot sekä tarve lyhentää työaikoja ja parantaa työn laatua. Alla kuva alkuperäisestä jigistä.



KUVA 12. Alkupeäinen hitsausjigi (Malkki 2017-01-13.)

4.2 Valmistettavat tuotteet

Jigiä tullaan käyttämään kuorma-auton apurungon valmistamiseen. Apurungot valmistetaan Kome Oy:lla kohteena olevan kuorma-auton vaatimusten mukaisesti. Alla olevissa kuvissa näkyy apurunkojen aihoiden rakenteet. Jigissä on tarkoitus hitsata apurungot kuvien mukaiseen tilaan. Kuvissa näkyvien osien lisäksi apurunkoihin hitsataan vielä varusteluvaiheessa kuorma-autoon sovitettaessa mm. poskilevyt sekä kippi.



KUVA 13. 3D-malli kuorma-auton apurungon ahiosta (Malkki 2017-05-02.)



KUVA 14. Kuorma-auton apurunkojen aihioita (Malkki 2017-03-01.)

Jigissä valmistettavia runkovaihtoehtoja on useita erilaisia ja niiden pituudet ja tukirakenteet poikkeavat hieman toisistaan. Nämä eroavaisuudet on otettava huomioon hitsausjigiä suunniteltaessa. Lisäksi on huomioitava mahdollinen tarve muuttaa jigiä uusille apurungoille tulevaisuudessa.

Koska hitsattavia apurunkoja on useita eri malleja, jotka poikkeavat mitoiltaan toisistaan, on hitsausjigi suunniteltava siten, että hitsattavan kappaleen kiinnityskohdat ovat siirrettävissä ja säädettävissä eri pituuksille ja leveyksille. Kiinnityskohtien ja adapterien on myös oltava irrotettavissa, mikäli jokin apurungon sovittaminen jigiin rakenteensa puolesta sitä vaatii. Apurunkojen aihiot ovat kuitenkin pääsääntöisesti rakenteeltaan hyvin samankaltaisia.

Jigin maksimipituutta määritettäessä otettiin huomioon mahdollinen tarve hitsata tulevaisuudessa pidempiä runkoja kuin nykyään. Käytännössä tämä tarkoitti, että jigin työtason pituuteen jätettiin riittävästi säätövaraa mahdollisia tulevaisuuden muutoksia varten. Jigissä on otettava huomioon, että rungon peräpäässä sijaitseva kipin putki (kuva 15) on muuta runkoa leveämpi ja sen on mahdollista pyörimään työtasoa pyöritettäessä.



KUVA 15. Apurungon takapää ja kipin putki (Malkki 2017-03-01.)

Apurungot koostuvat teräksisistä U-palkeista ja neliöputkesta sekä teräslevyistä, materiaalina on rakenneteräs S355. Rungon pitkät sivut ovat U-palkkia, joihin on hitsattu poikittaisiksi tuiksi neliöputkesta ja teräslevyistä valmistettuja tukirakenteita sekä ristikkorakenteita. Poikittaisten tukipalkkien paikat voivat vaihdella malleittain, mutta ristikot ovat rakenteissa aina samalla paikalla.

Nykymenetelmällä apurungon valmistus aloitetaan hitsaamalla pitkät sivupalkit, kipin putki sekä ristikkorakenteet hitsausjigissä. Ristikot ja poikittaiset tukipalkit hitsataan valmiiksi rakenteiksi käsin ennen jigii kiinnittämistä. Ristikkorakennetta varten on omat jiginsä käsin hitsausta varten (kuva 16). Näiden vaiheiden jälkeen apurunko nostetaan kuorma-auton päälle, jossa se varustellaan ja hitsattavat osat silloitetaan (kuva 17). Tämän jälkeen apurunko nostetaan takaisin jigiiin, jossa aiemmin silloitettavat osat hitsataan loppuun. Nämä auton päällä hitsattavat osat on otettava huomioon jigiiä suunniteltaessa, jotta apurunko saadaan sopimaan takaisin jigiiin loppuhitsausta varten. Auton päällä silloittamalla hitsattavia osia ovat mm. kipin hydraulipumput, apurungon pitkiin sivuihin hitsattavat poskilevyt sekä osa poikittaisista tukirakenteista.



KUVA 16. Ristikkorakenteen valmistuksessa käytetty jigi (Malkki 2017-03-01.)



KUVA 17. Apurunko varusteltavana kuorma-auton päällä (Malkki 2017-03-03.)

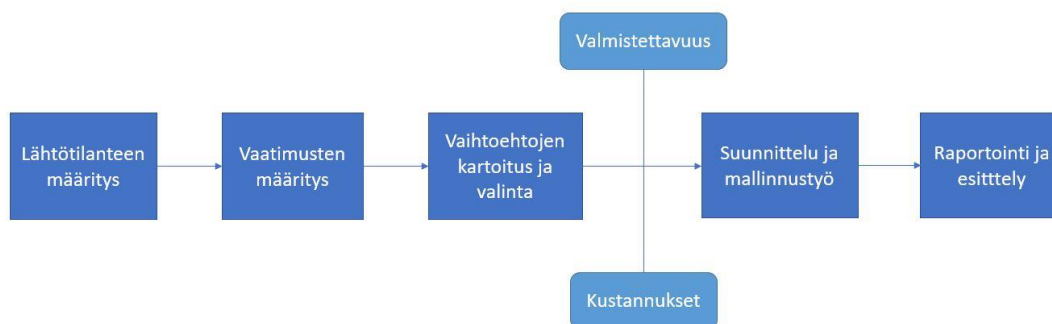
4.3 Vaatimukset ja raja-arvot

Jigin vaatimuksiksi määritettiin yksinkertainen rakenne sekä helppo valmistettavuus ja kokoonpantavuus. Lisäksi jigin on oltava muunneltavissa erimittaisille apurungoille. Nämä raja-arvot olivat suunnittelussa hyvin toteutettavissa.

Muita jigin vaatimuksia olivat säädettävyys, mikä tarkoitti käytännössä sitä, että jigin työtasosta suunniteltiin pyöritettävä ja korkeussuunnassa säädettävä. Näiden ominaisuuksien ansiosta hitsaajalle voidaan säätää optimaalisempi työasento ja apurungon aihion kääntelyyn työtason päällä ei tarvita nosturia. Näin myös apurunkojen valmistusaikoja saadaan lyhennettyä.

4.4 Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessi koostui alkuvaiheessa tehtävistä lähtötietojen ja vaatimusten kartoittamisesta, erilaisten rakennevaihtoehtojen tutkimisesta, itse suunnittelutyöstä sekä raportoinnista ja esittelystä. Näiden vaiheiden lisäksi työhön kuului paljon asiakkaan kanssa neuvottelua erilaisista jigien rakentamiseen ja valmistettavuuteen liittyvistä ideoista ja toiveista. Ideointivaiheessa asiakkaan näkemykset pyrittiin ottamaan mahdollisimman hyvin huomioon. Alla prosessikaavio jigien suunnittelun vaiheista.



KUVA 18. Kaavio työn suorittamisen vaiheista (Malkki 2017-05-15.)

Kome Oy:lle tulevan hitsausjigin suunnittelu alkoi lähtötietojen eli hitsattavien tuotteiden mittojen ja muiden tietojen selvityksestä. Lisäksi määriteltiin hitsausjigin vaaditut ominaisuudet, joita olivat mahdollisuus muuttaa työtason korkeutta sekä kääntää hitsattavaa kappaletta siten, että se on kiinnitetty jigisiin. Erilaisia vaihtoehtoja työtason nostoon ja pyöritykseen tutkittiin ja pyrittiin löytämään mahdollisimman yksinkertaisesti valmistettava ja helposti käytettävä ratkaisu.

Parhaiten nämä tarpeet täytti grillityyppinen hitsausjigi, jossa työtaso pyörii tarvittaessa kahden korkeussuunnassa säädettävä tolpan välissä. Tämän tyyppisiä hitsausjigejä on markkinoilla useilla eri ominaisuuksilla varustettuina useilla eri valmistajilla..

Komelle suunniteltu hitsausjigi koostuu kahdesta korkeussuunnassa säädettävästä tolpastä, joiden välissä on käännettävä työtaso. Lisäksi hitsausjigiin kuuluu työtasoon kiinnitettävät adapterit ja kiinnittimet. Osa hitsausjigin komponenteista saadaan suoraan alihankkijoilta. Nämä komponentit ovat tolppien päässä olevat laakeripesät, joiden varassa työtaso pyörii, sekä osa työtasossa olevista kiinnittimistä. Nämä osat mallinnettiin Solidworks-ohjelmalla valmistajien ilmoittamien mittojen mukaan rakenteen havainnollistamiseksi.

Työtason korkeuden säätö suunniteltiin alun perin jigin jalkoihin asennettujen pitkäiskuisten hydraulisylinterien avulla. Hydraulisylinterit voivat olla tässä tapauksessa joko yksi- tai kaksitoimisia, ja niiden käyttövoima saadaan käsipumpuista, jotka asennetaan jigin jalkojen läheisyyteen. Hydraulisylinterien iskun pituus määrittää työtason säätömahdollisuuden korkeussuunnassa ja korkeussäädön avulla on tarkoitus parantaa hitsaajan työergonomia siten, että kun työtasoa on käännetty 90 astetta, olisi hitsaajalla mahdollisuus nostaa työtaso ja hitsattava kohta normaalille, noin 800 - 1000 mm korkeudelle. Tämän vuoksi jigi on suunniteltu käytettäväksi hydraulisylintereillä, joiden iskun pituus on vähintään 500 mm. Koska jigin korkeussäätö olisi tapahtunut molemmista päistä käsipumpuilla, olisi toinen pää siirtynyt aina korkeussuunnassa ennen toista. Tämän vuoksi laakerit, joiden varassa työtaso pyörii, olisi oltava nivellettyjä, eli niiden on mahdollistettava kulman muutokset akselille. Ajatuksesta hydraulisylinterien käyttämiseen jigin korkeussäätöön kuitenkin luovuttiin toistaiseksi ja tilalle päätettiin vaihtaa nosturia ja tappilukitusta hyödyntävä korkeussäätömekanismi. Jigiin suunniteltiin kuitenkin valmiiksi paikat hydraulisylinterejä varten, mikäli ne päätettäisiin myöhemmin asentaa.

Jigin työtasoa käännetään akselin päähän asennettavan kääntöpyörän tai kammien avulla. Työtason kääntö lukitaan akselin päähän kiinnitetyllä reikälevyllä sekä jigin jalassa olevalla lukitusosalla. Jigin ollessa halutussa asennossa hitsaaja asettaa lukitustapin lukitusosan reiän läpi siten, että työtaso ei pääse pyörähtämään.

Hitsausjigin suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon mahdollisuus muuttaa jigiä tulevaisuudessa erilaisille apurunkojen mitoille, mikäli hitsattavien apurunkojen valikoima lisääntyy. Tärkeimpiä ominaisuuksia muutosten mahdollistamisen kannalta ovat jigin avonainen rakenne sekä portaattomasti pituussuunnassa säätävät ulkovasteiden kiinnityspalkit, joita voidaan siirtää apurungon rakenteen muuttuessa eri kohtiin. Myös ristikkorakenteiden paikoittamiseen käytetyt kohdistuslevyt siirtyvät jigiin nähden pituussuunnassa, mikä mahdollistaa erilaisten apurunkojen rakenteiden valmistamisen jigissä. Suunnittelussa on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon levystä leikattavia osia, jotka voidaan valmistaa esimerkiksi laserleikkeinä. Näiden osien valmistus tulee halvemmaksi kuin koneistettavien paikoitusosien ja niiden tarkkuus on riittävä apurungon hitsaamiseksi.

Kome Oy:lle tulevan hitsausjigin suunnitteluun liittyi paljon ideointia ja useita erilaisia rakenneratkaisuja hahmoteltiin sopivan rakenteen löytämiseksi. Opinnäytetyön tuloksena valmistunut suunnitelma on tulosta useiden eri rakenneratkaisujen karsimisesta, jotta saataisiin sekä toiminnallisuuden, että valmistettavuuden kannalta järkevä rakenne. Tuloksena saatu jigi on pyritty pitämään mahdollisimman helposti valmistettavana ja asennettavana sekä toisaalta myös kaikki vaatimukset täyttävänä. Lopullinen malli suunniteltiin SolidWorks-ohjelmistolla.

Ensimmäisen version esittelyn jälkeen asiakkaan kanssa käytiin läpi muutettavat kohdat. Kiinnityspalkin rakenne päätettiin valmistettavuuden kannalta muuttaa levyleikkeistä valmistettavaksi rakenteeksi, jolloin osat saadaan laserleikkeenä alihankkijalta ja kokoonpano on helppo suorittaa oman henkilöstön toimesta. Adapterien rungot päätettiin muuttaa jigiin nähden kiinteiksi siten, että hitsattavan apurungon leveyden muuttuessa koko adapteria ei tarvitse siirtää, vaan ulkovasteiden väliin laitetaan eripaksuisia sovitepaloja. Näin leveyden säätö on hitsaajan kannalta helpompaa ja jigi on helpommin muunneltavissa eri runkoleveyksille.

Ensimmäisessä versiossa apurunkoon tulevat ristikkorakenteet hitsattaisiin samoin kuin lähtötilanteessa eli käsin erillisessä jigissä ennen varsinaiseen apurungon jigiin laittamista. Ensimmäisen version esittelyn yhteydessä asiakas ehdotti, että ristikkorakenne hitsattaisiin valmiiksi uudessa jigissä, mikä aiheutti muutoksia rakenteeseen. Jigiin lisättiin paikoituslevyt ristikkorakenteille, minkä ansiosta ristikkorakenteet saadaan hitsattua jigissä valmiiksi.

4.5 Paikoitus ja kiinnittimet

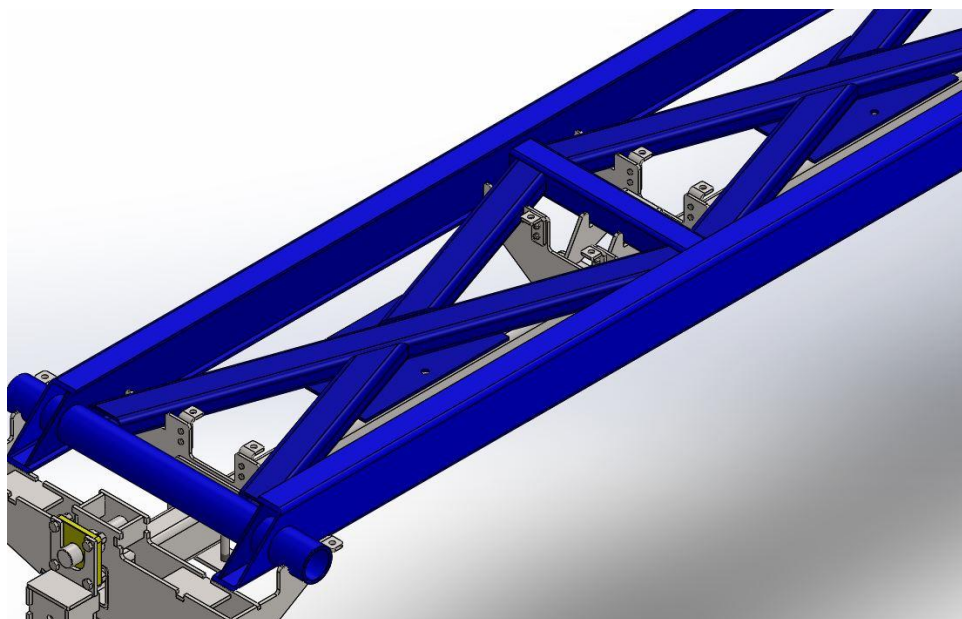
Kome Oy:n valmistamat kuorma-autojen apurungot valmistetaan jokaiseen autoon sopivaksi, joten jigien paikoittimien ja kiinnittimien tulee olla säädeltävissä erilaisia malleja varten. Apurungon takapäässä olevan kipin putken paikoitus on jigissä suunniteltu kiinteäksi. Näin apurungon muiden osien paikoitukseen käytetyt kiinnittimet voidaan säätää kipin putkeen nähden sopiviksi.

4.5.1 Paikoitus

Yksi hitsausjigin tärkeimmistä tehtävistä on pitää hitsattavat osat paikallaan toisiinsa nähden. Lisäksi hitsattavien osien asemoiminen jigiiin on oltava mahdollisimman helppoa ja osien on asemoiduttava joka kerta tarkalleen samoin toisiinsa nähden. Yhtenä Kome Oy:lle suunnitellun hitsausjigin haasteista oli se, että hitsattavassa tuotteessa ei ollut paljoa koneistettuja pintoja, joiden avulla paikoittaminen saadaan onnistumaan tarkasti joka kerta samalla tavalla. Toisaalta hitsattavan tuotteen tarkkuusvaatimukset eivät vaadi koneistettuja pintoja, ja uudella jigillä saavutetaan riittävä tarkkuus.

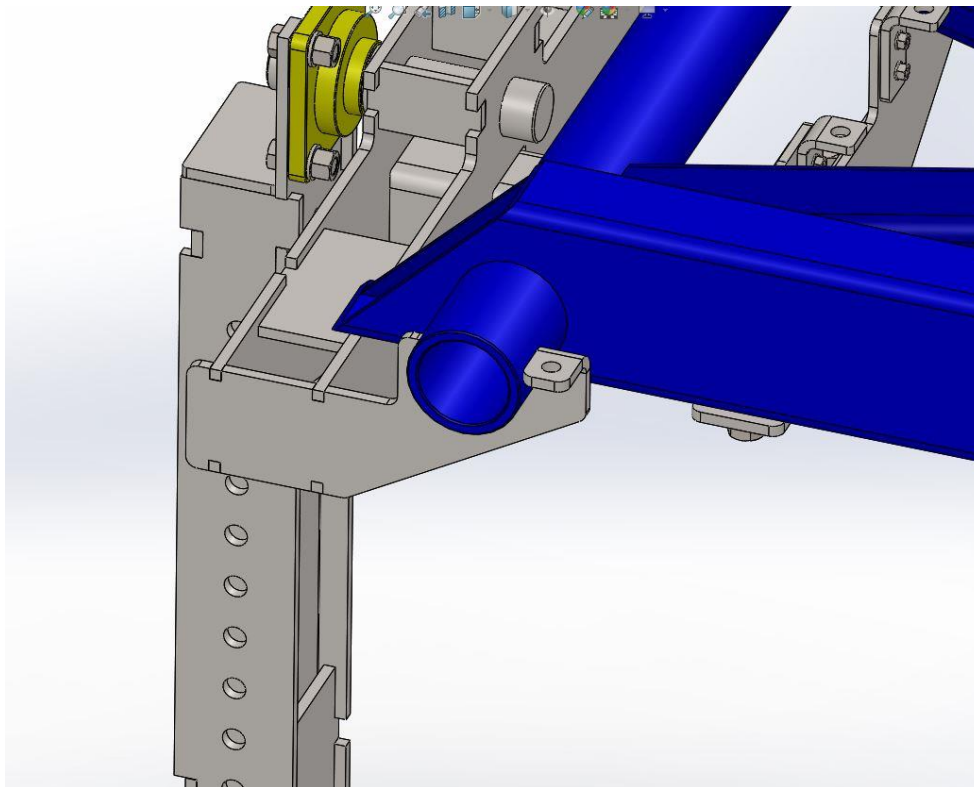
Apurungon osien paikoitus jigiiin hitsaamista varten tapahtuu leveysuunnassa jigien rungon keskiputkeen nähden poikittaisiin kiinnityspalkkeihin asennetuilla vastepaloilla sekä lukitusleuoilla, jotka estävät rungon palkkien liikkumisen korkeussuunnassa. Leveysuuntaisen liikkeen rajoittavat vastepalat, joita vasten apurungon palkit painetaan hitsauskiristimen kiristimen avulla.

Apurungossa olevien ristikkorakenteiden hitsaus on alun perin tapahtunut erillisessä jigissä. Uudessa hitsausjigissä on mahdollista hitsata myös nämä ristikkorakenteet, mikä osaltaan helpottaa hitsaajan työskentelyä. Ristikkorakenne paikoitetaan jigissä olevien kohdistushahlojen avulla ja kiinnitetään puristinten avulla (kuva 19).



KUVA 19. Ristikkorakenteiden paikoitus (Malkki 2017-05-15.)

Apurungossa olevan kipin putken paikoitus tapahtuu jigien päässä olevien paikoituslevyjen avulla (kuva 20). Levyissä on 90 asteen kulmaan särmätyt korvakkeet, joissa on reiät hitsauspuristimia varten. Kipin putken paikoitus auttaa osaltaan myös apurungon pitkien U-palkkien paikoitusta sekä korkeus- että pituussuunnassa.



KUVA 20. Kipin putken paikoitus (Malkki 2017-05-15.)

Apurungon pitkien U-palkkien väliin tulevat poikittaiset tukipalkit paikoitetaan pituussuunnassa portaattomasti siirrettävien kiinnittimien avulla. Kiinnittimet on valmistettu teräslevystä leikkaamalla ja hitsaamalla. Kiinnitykseen käytetyt puristimet hankitaan erikseen.

4.5.2 Kiinnittimet

Kiinnittimille, joilla apurunko kiinnitetään jigiin, on erilaisia vaatimuksia, kuten tarkkuus, helppokäyttöisyys ja yksinkertaisuus. Niiden on rakenteeltaan oltava sellaisia, etteivät ne mene pilalle hitsausroiskeista. Lisäksi niiden on oltava tarpeeksi vahvoja, jotta apurunko ei missään tilanteessa pääse irtomaan jigistä hitsauksen aikana. Kinnitinvalmistajia ovat mm. Demmeler, Halder ja Siegmund, joiden valikoimasta on saatavissa erilaisia ratkaisuja kiinnittimiksi. Opinnäytetyön tuloksena syntyi myös pari erilaista kiinnitinvaihtoehtoa, jotka voidaan valmistaa tarvittaessa itse. Itse kiinnittimet kiinnitetään jigiin reikälevyn ja pulttien avulla. Lian hentojen kiinnitinten ongelmana voi olla riittämätön pitovoima, jolloin hitsausjigin käyttö voi aiheuttaa jopa vaaratilanteita. Tämän vuoksi opinnäytetyön osana suunnitellut kiinnittimet on suunniteltu yksinkertaisiksi mutta tukeviksi.

4.6 Valmistettavuus

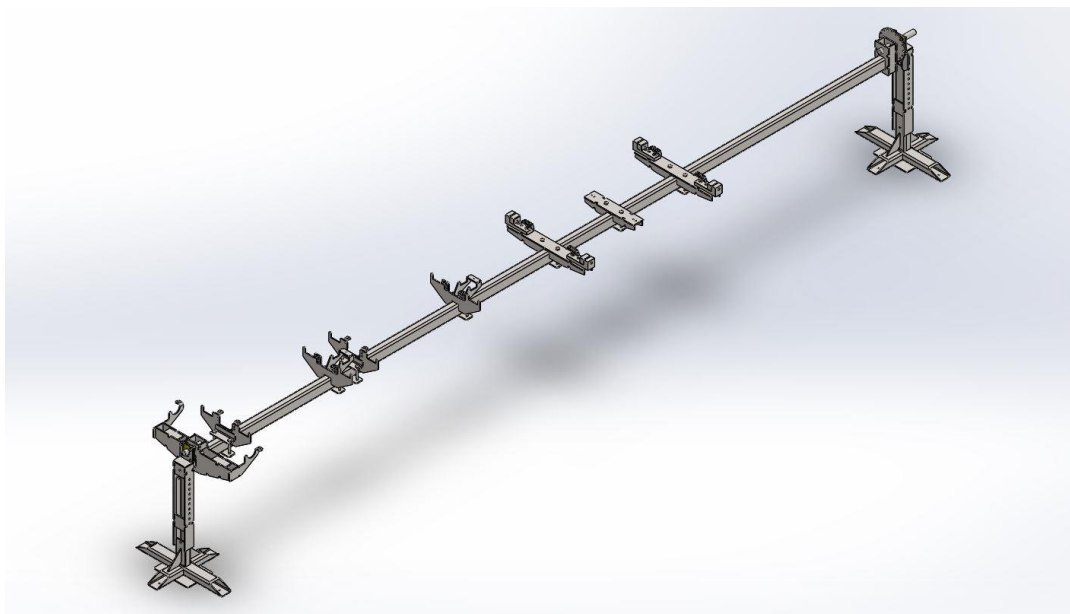
Hitsausjigin suunnittelussa on huomioitu jigin helppo valmistettavuus sekä jigin valmistuksen kerta-luontoisuus. Jälkimmäisestä syystä jigin rakenteen suunnittelussa ei ole optimointia viety niin pitkälle kuin mahdollista, vaan tärkeintä on ollut rakenteen toiminnallisuus, kokoonpantavuus (sekä tarvitta-essa purkaminen) sekä mahdollisuus valmistaa osia mahdollisimman paljon itse ilman korkeita valmis-tuskustannuksia.

Teräsrakenteet ovat pääosin joko teräslevyä tai RHS-putkea. Osien liittämismenetelminä on käytetty pulttiliitoksia sekä hitsausliitoksia. Koneistusta vaativia osia jigissä ovat päätyjen akselit sekä adapte-rien rungot. Levystä valmistettavat osat leikataan joko laser- tai plasmaleikkaamalla. RHS-putkesta valmistettavat osat saadaan mittaansa sahaamalla.

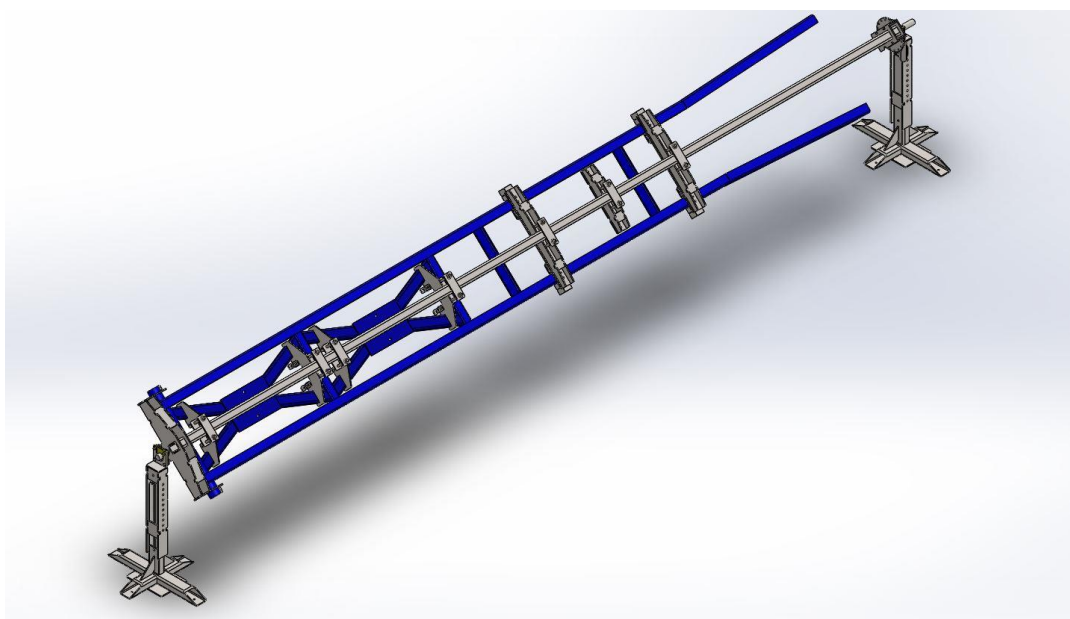
Suunnittelussa on tuotteen rakenteessa suosittu levystä leikattavia osia, sillä niiden valmistuskustan-nukset ovat suhteellisen vähäiset verrattuna muihin menetelmiin. Lisäksi levystä leikattujen osien tark-kuus on riittävä sellaisenaan eivätkä esimerkiksi asemoinnissa käytettävät osat tarvitse muuta työstöä. Levyleikkeistä valmistetuilla, hitsattavilla osilla saavutetaan lisäksi vahva ja jäykkä rakenne, joka on tärkeä hitsausjigille.

5 RAKENNE

Jigin lopullinen rakenne muotoutui pitkän suunnitteluprosessin tuloksena. Lopullisessa rakenteessa on käytetty paljon levyleikkeistä hitsattuja osia, jolloin valmistuskustannukset ovat matalat ja osien tarkkuus riittävä. Jigin suunnittelussa yhtenä päämääränä oli yksinkertainen rakenne, jonka muuttaminen onnistuu kohtuullisen helposti tarpeen tullen. Tämän vuoksi lähes kaikki apurungon kiinnittämiseen käytetyt osat ovat säädettävissä eri kohtaan jigiä. Kokoonpanovaiheessa kiinnitysosien sovittamiseen oikeille kohdilleen on käytettävä valmista apurunkoa. Kuvassa 21 näkyy uuden jigin rakenne tyhjänä perusasennossa. Kuvassa 21 näkyy jigiin kiinnitetty apurunko ja työtaso käännettynä.



KUVA 21. Jigin kokoonpano (Malkki 2017-04-28.)



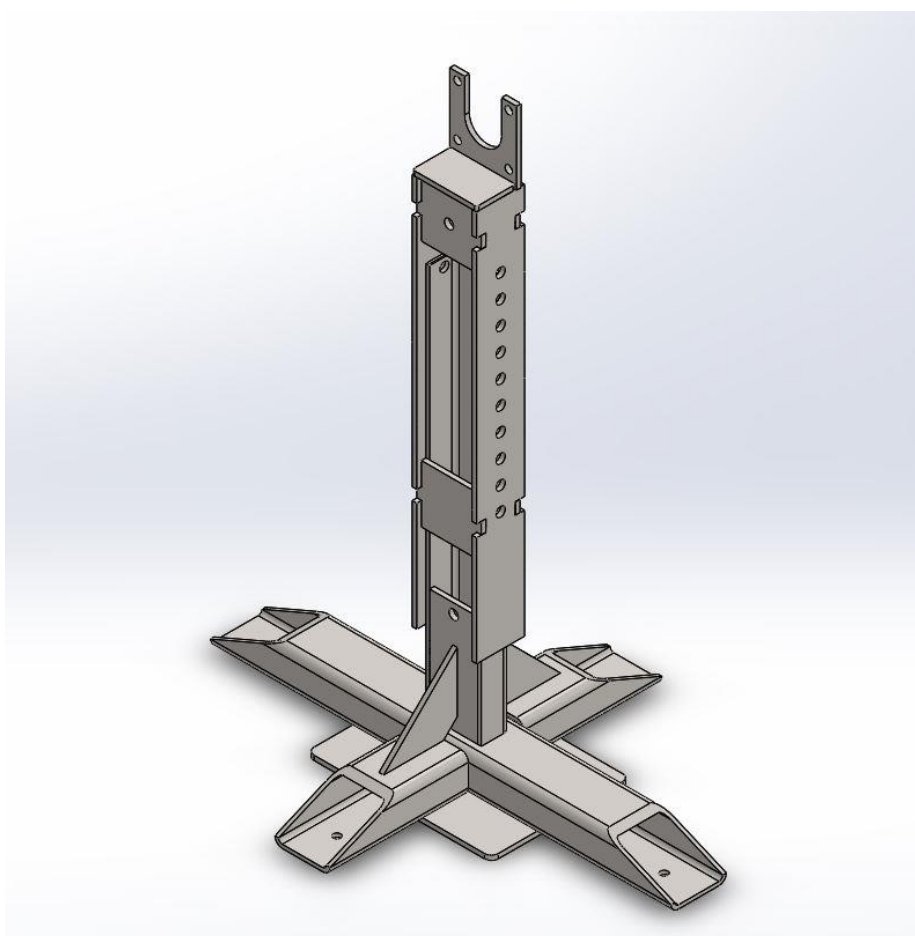
KUVA 22. Jigin työtaso käännettynä (Malkki 2017-05-15.)

5.1 Jalat

Jigin jalkojen lopullinen rakenne on RHS-putkesta sekä levyleikkeistä valmistettu ja korkeussuunnassa säädettävä, jolloin työskentelyasennon muuttaminen onnistuu tarvittaessa. Lopulliseen rakenteeseen jaloista tehtiin myös tukevammat ja levyrakenteeseen tehtiin reikiä korkeussäätöä varten. Lattiaa vasten tulevien putkien alle lisättiin tukilevyt, joiden avulla jalkojen asentaminen kiinni lattiaan onnistuu pienistä lattian epätasaisuuksista huolimatta.

Alkuperäisestä suunnitelmasta käyttää hydraulisyntereitä korkeussäädössä luovuttiin. Sen sijaan korkeussäätö päätettiin toteuttaa nosturin avulla ja korkeussäädön lukittamiseen käyttää lukitustappeja. Tulevaisuuden varalle jalkoihin jätettiin kuitenkin kiinnityskohdat hydraulisyntereitä varten, joten tarvittaessa jalat voidaan muuttaa hydraulisyntereillä säädettäviksi.

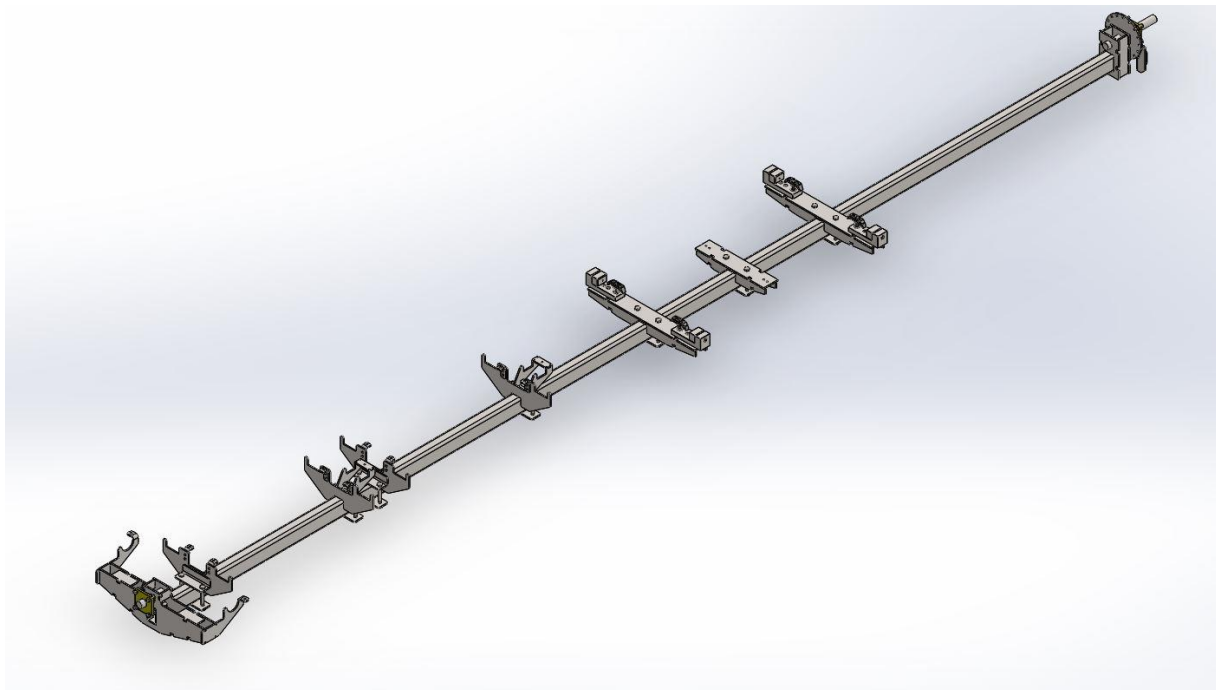
Jalkojen yläpäässä olevat laakerit päätettiin muuttaa laippalaakereiksi, sillä niitä löytyy Komelta varastosta. Tämä aiheutti pieniä muutoksia jalan yläpäässä olevaan levyrakenteeseen. Laakerit kiinnitetään jalkoihin pulteilla ja rakenne on suunniteltu siten, että jigin työtaso voidaan irroittaa ilman jalkojen purkamista nostamalla työtaso ylös laakereiden kiinnityspulttien irrottamisen jälkeen. Kuvassa 23 näkyy 3D-malli jalan rakenteesta.



KUVA 23. Jigin jalka (Malkki 2017-04-28.)

5.2 Työtaso

Työtaso (kuva 24) on rakenteeltaan RHS-putki, jonka päät on liitetty päätyosiin, jotka puolestaan kiinnittyvät laakereiden varassa jigin jalkoihin. RHS-putkeen kiinnitetään kiinnityspalkit, joiden avulla apurunko kiinnitetään jigiin. Putkeen tulevat myös adapterit apurungossa olevia ristikkorakenteiden pakoittamista varten sekä kiinnityspalkki apurungon sivusuuntaista paikoittamista varten. Työtason lopulliseen rakenteeseen päätettiin muuttaa kiinnityspalkkien rakenteet levyleikkeistä valmistettaviksi, jolloin valmistuskustannuksia saadaan matalammiksi ja osien tarkkuus on riittävä kokoonpanoa ajatellen.

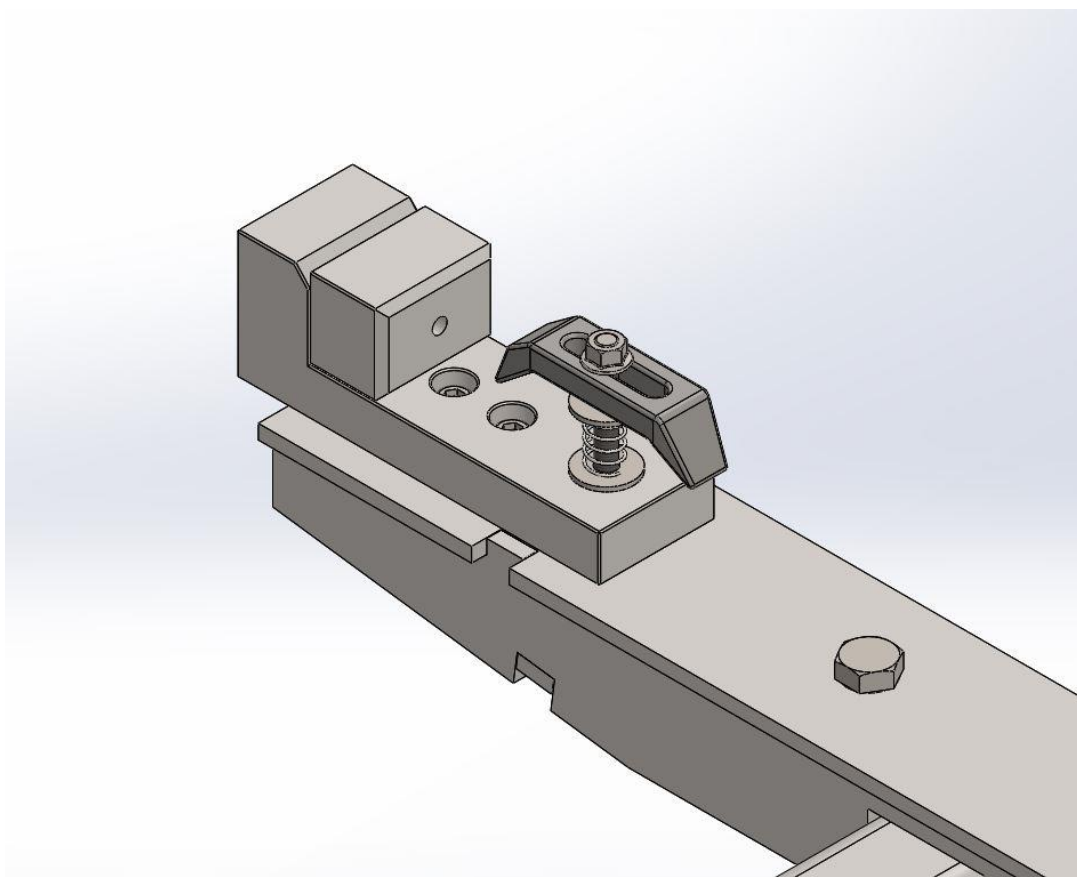


KUVA 24. Jigin työtaso (Malkki 2017-04-28.)

5.3 Kiinnittimet

Jigin kiinnityspalkkien päihin asennetaan adapterit, joiden avulla apurunko paikoitetaan ja kiinnitetään hitsauksen ajaksi. Jigin toisessa päässä on paikat kiinnittimille apurungon kippiputken paikoitusta varten. Lisäksi apurungon ristikkoroakenteen paikoittamiseen käytetyissä adaptereissa on paikat kiinnittimiä varten.

Kiinnityspalkkien päihin tuleviin adaptereihin tulee säädettävät kiristinleuat, joiden avulla apurunko kiinnitetään adapterin runkoa vasten. Markkinoilla on useita kiristinvaihtoehtoja, joista asiakas voi valita omiin tarpeisiinsa parhaiten sopivimman vaihtoehdon. Nämä kiristimet ovat mallinnetut alla olevan kuvan mukaisesti 3D-malliin havainnollistamiseksi.



KUVA 25. Adapteri kiinnityspalkin päässä (Malkki 2017-04-28.)

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella hitsausjigi kuorma-auton apurungon hitsausta varten. Työn toimeksiantajana oli Haapajärven Kome Oy. Tavoitteena oli parantaa hitsaajien työergonomiia ja nopeuttaa työaikoja. Työn aikana perehdyttiin erilaisiin rakennevaihtoehtoihin, minkä jälkeen aloitettiin itse suunnittelutyö SolidWorks-ohjelmistolla.

Projektin tuloksena syntynyt hitsausjigi on askel kohti ergonomisempaa hitsaustyöskentelyä parantaen hitsaajien työasentoja ja helpottaen hitsattavien osien paikoitusta. Jigi myös nopeuttaa apurunkojen valmistamista ja parantaa työn laatua. Yksinkertaisen rakenteensa ansiosta jigi voi parantaa yrityksen tuotannon tehokkuutta ja vähentää sairauspoissaoloja. Näin uusi jigi voi tulla myös taloudellisesti kannattavaksi. Lisäksi jigi on tarpeen mukaan muunneltavissa, mikäli apurunkojen valikoima muuttuu laajemmaksi.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin onnistuneesti. Projektin haasteita olivat sopivien osien valmistusmenetelmien ja rakenteiden löytäminen ja yhdistäminen. Näistä haasteista päästiin kuitenkin yli keskustelemalla sekä Kome Oy:n työntekijöiden, että Savonian henkilökunnan kanssa ja tutkimalla erilaisia vaihtoehtoja. Työhön liittyi paljon ideointia ja erilaisten hahmotelmien tekemistä paperille. Työn aikana jigin eri osista syntyi useampia erilaisia vaihtoehtoja ja lopulliseen malliin valittiin vaihtoehdoista parhaiten Kome Oy:n tarpeisiin sopivat. Työn aikana valmistuneet valmistuskuvat ja 3D-mallit on toimitettu Kome Oy:lle.

Sekä työn toimeksiantaja että työn tekijä hyötyivät opinnäytetyöstä. Toimeksiantaja sai 3D-mallin ja kuvat valmistettavasta jigistä. Opinnäytetyön tekijä sai paljon tietoa hitsauksen työergonomiasta, valmistettavuudesta sekä 3D-mallinnuksesta SolidWorks-ohjelmistolla. Projekti oli hyvin opettavainen ja antoi paljon eväitä työelämän 3D-mallinnukseen, tiedonhakuun ja suunnittelutyöhön.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- FÖRSTER GMBH. 2017. Lifting and tilting welding table. (Förster GmbH) [Viitattu 2017-03-30.] Saatavissa: <http://www.forsteramerica.com/products/specialty-welding-tables/lifting-tilting-welding-table-jigs/>
- IHALAINEN, Erkki, AALTONEN, Kalevi, AROMÄKI, Mauri ja SIHVONEN, Pentti 2011. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto/Gaudeamus.
- JÄÄSKELÄINEN, Esa ja TUUNAINEN, Aku 2015a. Hitsauksen mekanisointi, automatisointi ja FMS. Luentomoniste. Hitsausprosessit ja -automaatio-kurssin luento 31.8.2015 Savonia-ammattikorkeakoulussa.
- JÄÄSKELÄINEN, Esa ja TUUNAINEN, Aku 2015b. Hitsauskiinnittimet ja niiden suunnittelu tuotantoon. Luentomoniste. Hitsausprosessit ja -automaatio-kurssin luento 31.8.2015 Savonia-ammattikorkeakoulussa.
- KIVIOJA, Seppo 2003. Konetekniikka. Helsinki: Otatieto.
- KOME Oy. 2017a. *Yritys*. (KOME Oy) [Viitattu 2017-03-29.] Saatavissa: <http://www.kome.fi/yritys>
- KOME Oy. 2017b. *Galleria*. (KOME Oy) [Viitattu 2017-03-30.] Saatavissa: <http://www.kome.fi/kuva-galleria/7>
- LEPOLA, Pertti ja MAKKONEN, Matti 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: WSOY.
- LUKKARI, Juha 2006. "Terveys ja turvallisuus hitsauksessa". *Hitsausuutiset* 2/2006, 2.
- MALKKI, Kari 2017-01-13. Alkuperäinen hitsausjigi [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-03-01. Apurungon takapää ja kipin putki [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-03-01. Kuorma-auton apurunkojen aihioita [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-03-01. Ristikkorakenteen valmistuksessa käytetty jigi [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-03-03. Apurunko varusteltavana kuorma-auton päällä [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-04-28. Adapteri kiinnityspalkin päässä [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-04-28. Jigin jalka [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-04-28. Jigin kokoonpano [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-04-28. Jigin työtaso [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-05-02. 3D-malli kuorma-auton apurungon ahiosta [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-05-15. Jigin työtaso käännettynä [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-05-15. Kaavio työn suorittamisen vaiheista [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-05-15. Kipin putken paikoitus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.
- MALKKI, Kari 2017-05-15. Ristikkorakenteiden paikoitus [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

METSTA ry. ei pvm. *Esitteet*. (METSTA ry) [Viitattu 2017-03-30.] Saatavissa:
http://www.metsta.fi/julkaisut/esitteet/Ergonomiaesite_versio2.pdf

TOIVONEN, Risto 2012. "Uudenlaisella hitsauskahvalla käsi- ja hartiakipuja taltuttamaan MIG/MAG-hitsauksessa". *Hitsaustekniikka* 2/2012, 36-37.