

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HITSATTAVAN TUOTTEEN VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Gebwell Oy

TEKIJÄ/T Hannu Huovinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Hannu Huovinen	
Työn nimi Hitsattavan tuotteen valmistettavuuden kehittäminen	
Päiväys 25.03.2023	Sivumäärä/Liitteet 52
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Gebwell Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää hitsattavan tuotteen valmistettavuutta Gebwell Oy:n alkutuotannossa. Tavoitteena oli tehostaa hitsaavaa valmistusta hitsauskiinnittimien avulla, parantamalla tuotteen laatua ja helpottaa työn suorittajan toimia.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä tarvekartoitus. Tarvekartoituksessa tunnistettiin ongelmia aiheuttavia tuotteita koko tuotantoketjussa. Tarvekartoituksen aikana esille nousseet ongelmalliset tuotteet otettiin tarkkailuun. Tarkkailussa tunnistettiin tuotteelle ongelmia aiheuttavat valmistusmenetelmät. Ongelmia aiheuttavista valmistusmenetelmistä yritettiin päästä eroon tuotekehityksellä. Tuotemuutoksien jälkeen suunniteltiin tehokkaampi valmistusmenetelmä hitsauskiinnittintä hyödyntäen.</p> <p>Työn tuloksena syntyi lista kehittämisen tarpeille. Ongelmallisinta tuotetta kehitettiin suunnittelemalla sille vaihtoehtoiset valmistusmenetelmät ja hitsauskiinnittimet. Raportoinnin kautta luotiin toimintamalli valmistettavuuden kehittämiseksi muille kartoituksessa esiin nousseille tuotteille sekä ohje hitsauskiinnittimen suunnittelusta.</p>	
Avainsanat Hitsausjigi, Hitsaava valmistus, Tuotekehitys, Tuotannon kehitys, Valmistettavuuden kehitys	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Hannu Huovinen	
Title of Thesis Developing the Manufacturability of a Weldable Product	
Date 25 March 2023	Pages/Appendices 52
Client Organisation /Partners Gebwell Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to develop the manufacturability of a weldable product in Gebwell Oy's primary production. The purpose was to make welding manufacturing more efficient with the help of welding fasteners, by improving the quality of the product, and also make the process easier for the person performing the work.</p> <p>The work was started by making a needs assessment. In the needs assessment process products causing problems in the entire production chain were identified. The most problematic product that emerged during the needs survey was taken under observation. The manufacturing methods causing problems for the product were identified by monitoring. An attempt was made eliminate the manufacturing methods causing problems through product development. After changes/ modifications in the product, a more efficient manufacturing method using a welding fastener was planned.</p> <p>The result of the work was a list of development needs. The most problematic product was developed by designing alternative manufacturing methods and welding fasteners for them. Through reporting, an operating model was created for the development of manufacturability of other products that emerged during the needs assessment process. Also as instructions for the design of the welding fastener were made.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Welding jig, Welding manufacturing, Product development, Production development, Manufacturability development</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	TARVEKARTOITUS.....	8
2.1	Haastattelut.....	8
2.2	Kirjatut poikkeamat.....	8
2.3	Valmistusmäärät .....	9
2.4	Kehityksen tarve .....	9
3	TUPLAVENTTIILIN TARKASTELU.....	10
4	VALMISTUSMETELMÄT .....	12
4.1	Hitsaus.....	12
4.2	Taivutus .....	15
4.3	Lastuavatyöstö .....	17
4.4	Laserleikkaus.....	19
5	HITSAUSAUTOMAATIO .....	20
5.1	Robotisoitu hitsaus.....	20
5.2	Mekanisoitu hitsaus.....	21
6	HITSAUSKIINNITIN .....	22
6.1	Hitsauskiinnittimen suunnittelun vaiheet.....	22
6.2	Hitsauskiinnittimen suunnittelu .....	24
7	TUPLAVENTTIILIN VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN.....	28
7.1	Tuotekehitys.....	28
7.2	Valmistusmenetelmien kehitys .....	29
7.2.1	Mekanisoitu hitsausmenetelmä .....	29
7.2.2	Käsihitsausmenetelmä.....	30
7.3	Tuplaventtiilin hitsauskiinnittimet .....	30
7.3.1	Mekanisoidun hitsausmenetelmän hitsauskiinnittimet.....	31
7.3.2	Käsihitsausmenetelmän hitsauskiinnittimet .....	32
8	KUSTANNUKSET .....	34
9	TULOKSET .....	35
10	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
11	YHTEENVETO.....	38
	LÄHDELUETTELO.....	39

LIITE 1: KIRJATUT POIKKEAMAT: (GEBWELL OY, 2023).....	41
LIITE 2: KOEPONNISTUSPOIKKEAMAT: (GEBWELL OY, 2023).....	41
LIITE 3: PUTKISTO-OSIEN VALMISTUSMÄÄRÄT ALKUTUOTANNOSSA JA POIKKEAMAT .....	41
LIITE 4: ALKUTUOTANNON HITSAUSJIGIT (GEBWELL OY, 2022) .....	41
LIITE 5: TUPLAVENTTIILIOSAN OSIEN MENEKIN TARKASTELU.....	41
LIITE 6: MUUNNOSTAULUKKO DN JA NPS MITOILLE (TALOON.COM BHG GROUP, EI PVM).....	42
LIITE 7: VALMISTUSKUVAT .....	43
LIITE 8: TYÖNTÖTANKOKIINNITIN (HALDER, EI PVM) .....	48
LIITE 9: LIITTIMIEN LISÄKUSTANNUKSET.....	50
LIITE 10: HANKINTAKUSTANNUKSET ADAPTEREILLE JA LIITTIMEN KOE-ERÄLLE (GEBWELL OY, 2023).....	50
LIITE 11: VALMISTUSKUVAT REVIOSIO-B LIITTIMET .....	51

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Tuplaventtiili G2"-DN40(20–25) .....	11
Kuva 2. Olemassa oleva tuplaventtiilien hitsauskiinnitin. ....	11
Kuva 3. Hitsausasennot (Lepola & Makkonen, 2005). ....	13
Kuva 4. MIG/MAG-hitsauslaitteen osat kuvattuna (Asikainen, Hitsaustuotanto 2021, 2021).....	14
Kuva 5. Lämpenemisen ja jäähtymisen aiheuttama jännitystilän muutos (Lepola & Makkonen, 2005). ....	14
Kuva 6. Hitsausmuodonmuutokset (Lepola & Makkonen, 2005).....	14
Kuva 7. Veto ja Puristusjännitys (Lepola & Makkonen, 2005). ....	16
Kuva 8. Venyminen/Tyssääntyminen (Lepola & Makkonen, 2005). ....	16
Kuva 9. Lastuaminen terällä (Maaranen, 2007) .....	17
Kuva 10. Poraus (Maaranen, 2007). ....	17
Kuva 11. Sorvaus (Maaranen, 2007).....	18
Kuva 12. Jyrsintä (Maaranen, 2007). ....	18
Kuva 13. Sarjasuuruuden vaikutus kustannuksiin (Laukkanen, 2012).....	21
Kuva 14. Hitsauskiinnittimen suunnittelun vaiheet. ....	23
Kuva 15. Mittavaihteluiden ohjaaminen pois rakenteen kannalta oleellisista kohdista (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy). ....	26

Kuva 16. Kulmamuuotoksen hitsauksessa ja niiden ennakointi (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy) ....	26
Kuva 17. Vastinpinnat hitsauskiinnittimessä (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy). ...	26
Kuva 18. Hitsauspaikan ja järjestyksen vaikutus muodonmuutokseen (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy) .....	27
Kuva 19. Muodolla hitsattavan kappaleen paikoittaminen ja kiinnitys (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) .....	27
Kuva 20. Tuennan suunnittelu 3–2–1 säännöllä (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy). ...	27
Kuva 21. Muotoiltu pystyliitin .....	28
Kuva 22. Kehähitsauskoneen hitsauspolttimon ohjaus (Huovinen, Kehäkone, 2023). .....	30
Kuva 23. Adapteri kiinnitettynä hitsattavaan pystyliittimeen. ....	31
Kuva 24. Pystyliittimen kohdistava kartioholkki mutteripitimellä .....	32
Kuva 25. Suunniteltu hitsauskiinnitin tuplaventtiilien käsihitsauksen. ....	33
Kuva 26. Koehitsaus pystyliittimille kehähitsauskoneella (Huovinen, Hitsatut liittimet, 2023) .....	35
Kuva 27. Helman lyhentäminen liittimessä (Huovinen, Liitimen jatkokehitys, 2023) .....	36

## 1 JOHDANTO

Hitsaaminen on yleinen valmistusmenetelmä metallisten kappaleiden liittämiseksi toisiinsa konepajateollisuudessa. Hitsaaminen on virhealtis ja ammattitaitoa vaativa prosessi. Hitsaavaa tuotantoa voidaan tehostaa erilaisilla apumenetelmillä kuten hitsauskiinnittimillä ja hitsauksen automatisoinnilla. Hitsauskiinnittimellä saadaan paikoitettua hitsattavat osat vähemmällä mittaamisella. Osien paikoittaminen hitsauskiinnittimellä vähentää väärin kasaamisen mahdollisuutta. Hitsauskiinnittimellä voidaan myös vähentää hitsaamisesta aiheuttavia mittamuutoksia. Automatisoimalla voidaan tehostaa hitsaamista. Automatisoidulla hitsausrobotilla päästään eroon käsin hitsaamisesta ja käsivaraista hitsaamista pystytään tukemaan mekanisoimalla prosessi erilaisilla kuljettimilla. Hitsaavaa tuotantoa tehostavat apuvälineet tasoittavat laatua tuotannossa. Avustavilla valmistusmenetelmillä saadaan hitsaajalle ergonomisempi ja mielekkäämpi työasento, mikä osaltaan parantaa laatua. Tehostamalla alkutuotannon osavalmistusta saadaan tehostettua koko tuotantoketjua. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)

Tämän työn tavoitteena on kehittää Gebwell Oy:n hitsaavaa alkutuotantoa. Tarkoituksena on karottaa ongelmia aiheuttavat tuotteet ja valmistusmenetelmät, selvittää tarve kehityksille sekä suunnitella ratkaisut tehokkaamman hitsaavan tuotannon toteuttamiseksi.

Gebwell Oy on suomalainen yritys, joka toimii Euroopan laajuisesti. Yritys valmistaa kiinteistöjen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä. Gebwell Oy:llä on tytäryhtiö Puolassa ja Ruotsissa. Pääkonttori ja tuotantotila sijaitsee Leppävirralla. Gebwell työllistää noin 300 henkilöä ja yrityksen liikevaihto on yli 40 miljoonaa euroa. Yritys valmistaa maalämpöä hyödyntäviä sekä kaukolämpöön liittymiseen suunniteltuja laitteita. Gebwell Oy:llä on oma tuotekehitys laitteiden suunnitteluun (Gebwell Oy, ei pvm).

## 2 TARVEKARTOITUS

Tarvekartoituksessa tunnistetaan tuotantoketjussa ongelmia aiheuttavia tuotteita, jotka ovat valmistettu alkuvalmistuksessa. Kartoituksessa esiin nousseelle ongelmallisimmalle osalle kehitetään tehokkaampi valmistusmenetelmä. Kartoituksessa keskitytään kappalemäärältään eniten valmistettuihin vakiotuotteisiin.

### 2.1 Haastattelut

Tuotannossa tehdyssä kartoituksessa on haastateltu työntekijöitä ja seurattu alkutuotannon valmistamien osien vaikutusta tuotantoketjun eri vaiheissa. Haastattelut aloitettiin lopputuotannossa kyselemällä alkutuotannossa valmistettujen osien osalta, missä esiintyy poikkeavuutta ja poikkeavuuden vaikutusta tuotteiden kokoonpanossa. Alkutuotannossa haastateltiin työntekijöitä tuotteiden valmistettavuuden haasteista, missä esiintyi poikkeavuutta. Haastattelussa useimmin esille nousevat ongelmalliset osat olivat putkisto-osia. Eniten ongelmia aiheuttanut putkisto-osa koko tuotantoketjussa olivat tuplaventtiiliosat. Putkisto-osille on olemassa joitakin hitsauskiinnittimiä. Jotkin hitsauskiinnittimet koetaan hankalaksi käyttää tai kiinnittimet eivät paikoita oikein.

Levyleikkeistä tehdyissä osissa ei koettu olevan hankalia valmistusmenetelmiä tai haittaavia poikkeamia. Useimmille leikeosille on olemassa toimiva hitsauskiinnitin tai osat ovat toisiinsa patikoituvia. Olemassa olevista hitsauskiinnittimistä ei ole työkuvia tai käyttöohjeita.

### 2.2 Kirjatut poikkeamat

Kirjatuissa poikkeamissa on vialliset kappaleet, joita ei ole voinut sellaisenaan käyttää. Dokumentoidut poikkeamat ovat vähäisiä verrattuna haastatteluissa ilmenneisiin ongelmiin. Liitteessä 1 kirjatuista poikkeamista vuoden 2022 aikana selviävät kuinka suuressa osassa hitsaava valmistusmenetelmä on poikkeaman aiheuttajana. Liitteessä 2 on kappalemäärät suhteessa alkutuotannossa valmistettujen osien saumavuodoille koeponnistuksessa.

### 2.3 Valmistusmäärät

Liitteessä 3 on listattuna alkuvalmistuksen tuotannosta valmistuneita putkisto-osia. Listaukseen on valittu monihaaraisia putkisto-osia, joita on valmistettu eniten 2022 aikana. Listauksessa on vuoden 2022 aikana valmistetut määrät, valmistusaika sekä sarjakoko. Listaukseen on merkitty osia, joiden valmistus on hankalaa tai joissa on esiintynyt poikkeavuutta.

### 2.4 Kehityksen tarve

Alla on listattuna kartoituksen aikana selvinneet valmistettavuuden kehittämisen tarpeet alkutuotannon vakiotuotteille.

Valmistettavuuden kehittämistarpeet liitteessä 3 esitetyille putkisto-osille:

- tuotesuunnittelu
- menetelmien suunnittelu
- hitsauskiinnittimen suunnittelu
- hitsauskiinnittimen valmistuskuvat
- hitsauskiinnittimen käyttöohjeet
- toteutus
- testaus.

Valmistettavuuden kehittämistarpeet liitteessä 4 esitetyille levyleikkeiden hitsauskiinnittimille:

- hitsauskiinnittimien valmistettavuuden ja huollon tarkastaminen
- hitsauskiinnittimien valmistuskuvat
- hitsauskiinnittimien käyttöohjeet.

### 3 TUPLAVENTTIILIN TARKASTELU

Tarkasteluun on otettu kartoituksessa selvinnyt eniten ongelmia aiheuttavat putkisto-osat tuplaventtiiliosat. Tuplaventtiiliosien tarkoituksena on viedä vesi lämmönsiirtimen kyljessä olevasta liittimestä siirtimen päälle jatkuen kahtena haarana kohtisuorassa linjassa pystysuoraan ylöspäin. Tuplaventtiiliosassa on taivutettu putki, putkipääty ja kolme koneistettua liittintä. Liittimissä on tiivistepinta ja mutteri ruuviliitokselle (kuva 1).

Osa valmistetaan taivuttamalla putkikäyrä putkentaivutuskoneella. Taivutuksen jälkeen taivutettu putki sahataan määrämittaan vannesahalla. Taivutettuun osaan porataan koneistetuille pystyliitimille läpimenoaukot pylväsporakoneella. Porattuihin reikiin hitsataan pystyliittimet. Putken toiseen päähän hitsataan putkipääty ja toiseen päähän hitsataan päätyliitin.

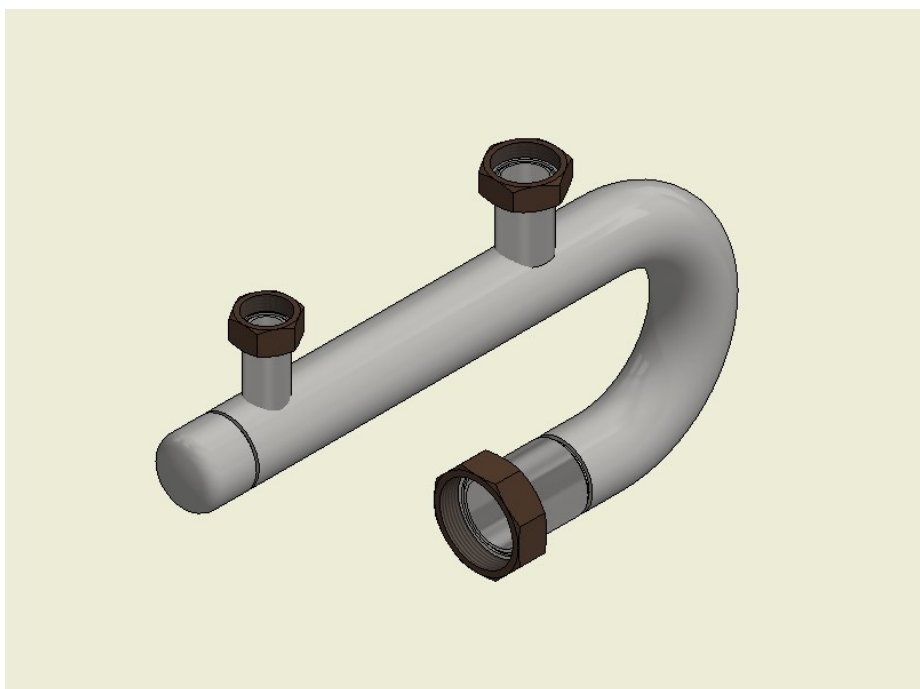
Tuplaventtiilissä olevien pystyliittimien asemointi aiheuttaa ongelmia lämmönjakokeskuksen kokoonpanossa. Tuplaventtiilin pystyliittimiin yhdistetään muita putkisto-osia ruuviliitoksella. Pystyliittimiin liitetyt osat jatkavat pystysuorassa linjassa ylöspäin. Pystyliittimien poikkeavuus suoruudessa putkistolinjaan aiheuttaa linjavirheen liitokseen. Vinoa liitäntää joudutaan korjaamaan vääntämällä tai vaihtamalla osa. Joskus maalattua osaa joudutaan lämmittämään muovattavuuden parantamiseksi. Vesitiiviissä liitoksessa liitettävien tasopintojen tulisi olla vastakkain. Liittimissä on sorvattu tasopinta tiivisteelle ja olake mutterille.

Tuplaventtiilille on olemassa hitsauskiinnitin, jota on kuitenkin hankala käyttää (kuva 2). Hitsauskiinnittimen hankala käyttäminen johtaa osien käsin asemointiin. Hitsattavien liittimien paikoittaminen käsin aiheuttaa helposti mittavirheitä. Alla on listattuna asioita, jotka aiheuttavat ongelmia hitsauskiinnitintä käytettäessä.

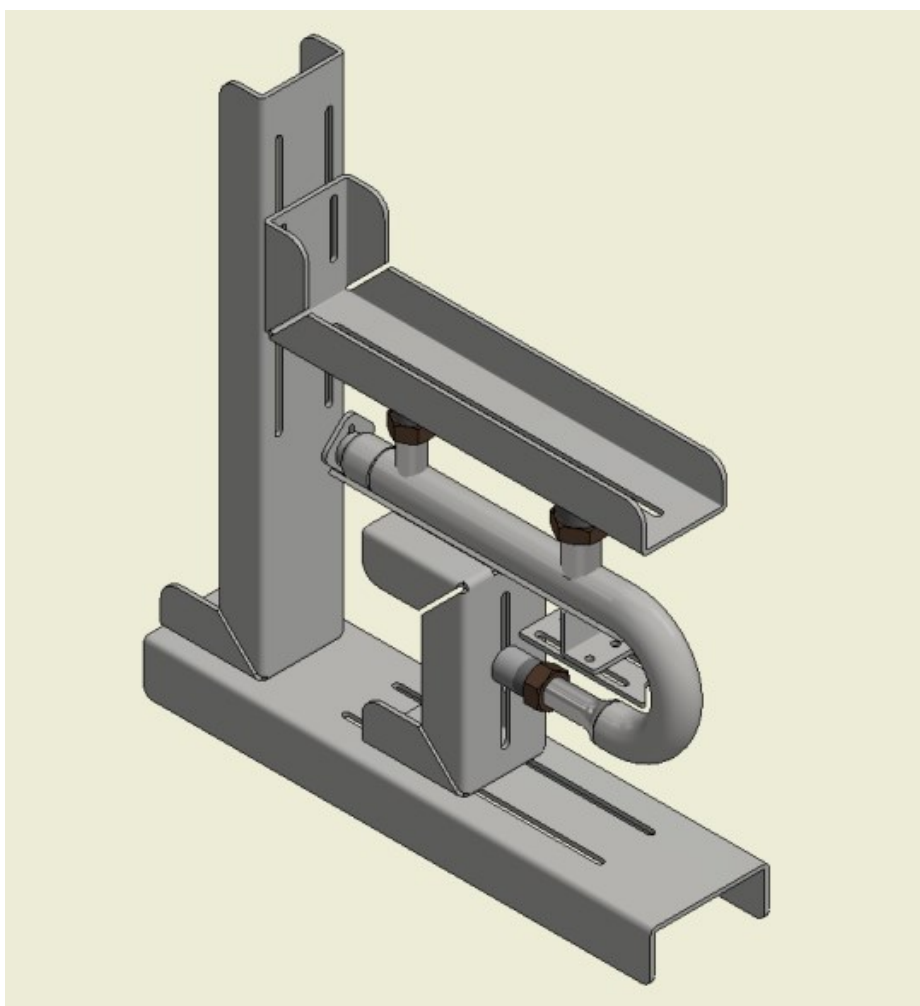
Haasteet tuplaventtiiliosien kokoonpanolle olemassa olevassa hitsauskiinnittimessä:

- pystyliittimien asemointi porauksessa aiheutuvien mittaheittojen seurauksena
- kiinnityspisteiden vaihtaminen eri variaatioille liukusäädössä
- kappaleen irrottaminen muodonmuutosten takia
- hitsauskiinnitin myötää hitsatessa.

Liitteessä 5 on esitetty tuplaventtiiliosien valmistusmäärät ja osamenekit. Tuplaventtiiliosia on viisi eri mallia, joissa pystyliittimissä käytetään neljää erilaista liitinkokoa. Kahta samaa liitinkokoa käytetään molemmissa putkikäyryissä. Putkikäyriä on kahta eri kokoa DN32 ja DN40. Putkikoko taulukko liitteessä 6.



Kuva 1. Tuplaventtiili G2"-DN40(20-25)



Kuva 2. Olemassa oleva tuplaventtiilien hitsauskiinnitin.

## 4 VALMISTUSMETELMÄT

Osan valmistaminen alkaa yleensä terästeollisuuden valmistamasta raaka-aineaihiosta, mitä muotoillaan ja leikataan soveltuvammaksi ahioksi valmistettavalle tuotteelle. Kappaleita voi tulla alihankinnasta kokonaan tai osin valmistettuna osana tai osat voidaan valmistaa itse. Tässä käydään läpi kartoituksessa esille nousseen osan ja hitsauskiinnittimen valmistamiseen liittyviä valmistusmenetelmiä.

### 4.1 Hitsaus

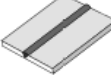
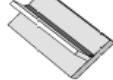












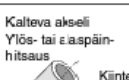

Kaarihitsauksessa sähköpurkaus aiheuttaa hitsausjohtimen ja hitsattavan kappaleen välille valokaaren. Salaman tavoin ilmaraossa purkautunut virtalähteen jännite muodostaa korkean lämpötilan. Kuumen valokaaren avulla voidaan sulattaa metallisia kappaleita toisiinsa. Valokaareen voidaan myös syöttää hitsattavien kappaleiden perusaineen lisäksi lisäainetta. Hitsisulaan lisätyllä lisäaineella pystytään parantamaan hitsin ominaisuuksia sekä täyttämään hitsausrailoa ja pienamittaa. (Kemppi Group Oy, ei pvm)

MIG ja MAG-hitsaus on yleinen hitsausmenetelmä hitsaavassa teollisuudessa kuten putkistojen hitsauksessa. Hitsausprosessi soveltuu käsihitsaukseen, mekanisoituun hitsaukseen sekä robottihitsaukseen. MIG/MAG-hitsaaminen soveltuu myös asentohitsaukselle (kuva 3) ja vaihteleville ainevahvuuksille, sekä vaihteleville railomuodoille ja leveyksille. Yleisesti puhutaan MIG-hitsauksesta, vaikka hitsattaisiin MAG-hitsauksella. MIG-hitsauksessa (Metal Inert Gas) suojakaasu ei reagoi hitsisulan kanssa, mitä käytetään muun muassa alumiinin ja kuparin kanssa. MAG-hitsauksessa (Metal Active Gas) suojakaasu reagoi aineen kanssa hitsaussulassa, mikä on yleinen prosessi, kun hitsataan hiiliterästä ja ruostumattomia teräksiä. MIG/MAG-hitsauksessa hitsaaja ohjaa prosessia hitsauspolttimon avulla säätelämällä virtalähdettä, langansyöttölaitetta, kuljetusnopeutta, poltinkulmaa, poltin etäisyyttä kappaleesta, joskus myös hitsausparametrejä. Virtalähteen virta saadaan johdettua hitsauspolttimon kautta hitsauslankaan. Virta hitsauslangan ja hitsattavan kappaleen välillä aiheuttaa valokaaren, mikä sulattaa langan ja materiaalin yhteen muodostaen hitsisulan. Langansyöttölaite syöttää hitsisulaan lisäainetta, mikä mahdollistaa jatkuvan hitsausprosessin. Hitsisulaan johdetaan suojakaasun virtaus hitsauspolttimolla. Suojakaasulla suojataan kaartilaa ja hitsisulaa ympäröivältä ilmalta (kuva 4). (Keinänen & Pentti, 2009) (Ionix, ei pvm) (Kemppi Group Oy, ei pvm)

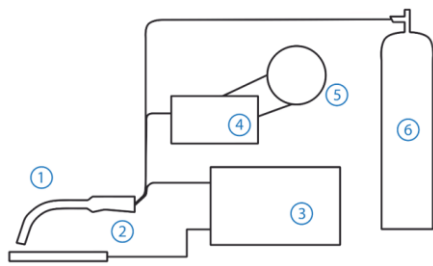
Hitsisulassa lämpötila nousee noin 1500 °C:een, mikä aiheuttaa voimakasta lämpölaajenemista hitsulan alueella. Kuitenkin ympärillä oleva viileämpi kappale estää sulan lämpölaajenemista. Sula materiaali on menettänyt lähes kaiken lujuutensa, mikä aiheuttaa materiaalin kasaan painumisen eli kappale alkaa tyssäntyä sulan alueella. Lämpötilan laskiessa materiaalin lujuus palautuu ja samalla materiaali alkaa vetäytyä alkuperäiseen muotoonsa. Kappale on jo kuitenkin kutistunut tyssäntymisen seurauksesta, joten viilenneeseen kappaleeseen jää voimakas vetojännitys (kuvat 5 & 6) (Lepola & Makkonen, 2005).

Muodonmuutosta voidaan ehkäistä ja ennakoida:

- vähentämällä lämmöntuontia
- katkohaitsauksella
- hitsauksen suoritusjärjestyksellä
- esitaivuttamalla kappale
- hitsauksen sijoittelulla
- ilmarakoa pienentämällä
- railon valinnalla. (Lepola & Makkonen, 2005).

Hitsausasennot			
Päittäisiitos	Pienaliitos	Putken hitsaus	Pienaliitos
 <p>AWS: 1G EN: PA</p>	 <p>AWS: 1F EN: PA</p>	 <p>AWS: 1G EN: PA</p>	 <p>AWS: 2F EN: PB</p>
 <p>AWS: 2G EN: PC</p>	 <p>AWS: 2F EN: PB</p>	 <p>AWS: 2G EN: PC</p>	 <p>AWS: 2F EN: PB</p>
 <p>AWS: 3G EN: PG (alaspäin), PF (ylöspäin)</p>	 <p>AWS: 3F EN: PG (alaspäin), PF (ylöspäin)</p>	 <p>AWS: 5G EN: PG (alaspäin), PF (ylöspäin)</p>	 <p>AWS: 5F EN: PG (alaspäin), PF (ylöspäin)</p>
 <p>AWS: 4G EN: PE</p>	 <p>AWS: 4F EN: PC</p>	 <p>AWS: 6G EN: H-L045 (ylöspäin), J-L045 (alaspäin)</p>	 <p>AWS: 4F EN: PD</p>

Kuva 3. Hitsausasennot (Lepola & Makkonen, 2005).



- 1) Hitsauspoltin
- 2) Maadoituskaapeli
- 3) Virtalähde
- 4) Langansyöttölaite
- 5) Lankakela
- 6) Suojakaasupullo

Kuva 4. MIG/MAG-hitsauslaitteen osat kuvattuna (Asikainen, Hitsaustuotanto 2021, 2021)

Lämpölaajeneminen kiinteillä aineilla:

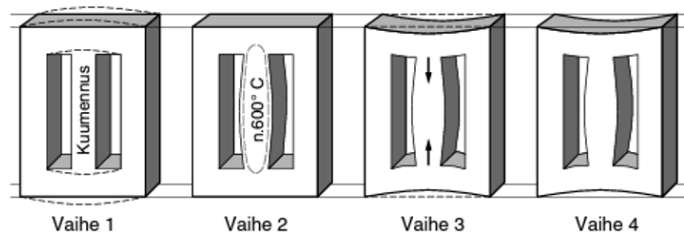
$$\Delta l = a \times l \times \Delta t$$

$\Delta l$  = pituuden muutos

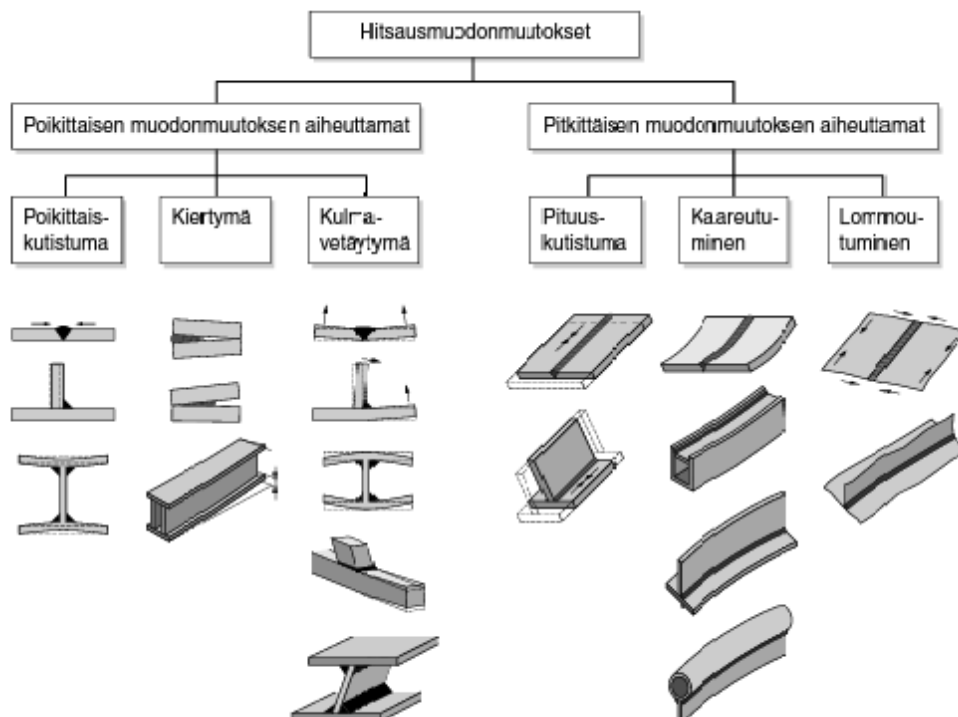
$a$  = aineen lämpötilakerroin

$l$  = alkuperäinen pituus

$\Delta t$  = lämpötilan muutos



Kuva 5. Lämpenemisen ja jäähtymisen aiheuttama jännitystilän muutos (Lepola & Makkonen, 2005).



Kuva 6. Hitsausmuodonmuutokset (Lepola & Makkonen, 2005).

## 4.2 Taivutus

Metallisia kappaleita pystytään muovaamaan taivuttamalla. Aiheuttamalla myötörajaa suurempi jännitys kappaleeseen jää pysyviä muodonmuutoksia eli tapahtuu plastinen muodonmuutos. Myötörajaa ennen materiaalilla on joustava alue. joustavasta alueesta kappale palautuu alkuperäiseen muotoonsa eli tapahtuu kimmainen muodonmuutos (kuva 7). Päästäkseen haluttuun muotoon on kappaletta taivutettava kimmoisen alueen verran enemmän. Taivutuksessa kappale painuu kasaan eli tyyssäntyy sisäkehältä ja venyy ulkokehältä (kuva 8). (Lepola & Makkonen, 2005). Pienetkin erot taivutettavan materiaalin ominaisuuksissa vaikuttavat kappaleen käyttäytymiseen taivuttaessa. Jopa leikkeen valssaussuunta vaikuttaa kappaleen taipumiseen. Taivutettavaan kappaleeseen tulee helposti mittaheittoja.

Yleensä putkea taivutaan muotin eli lestin kehälle liukuvan työkalun eli luistimenavulla. Työkalut muodostavat putken seinämille tuen taivutettavaan kohtaan estämällä putken ruttaantumista. Lisätukena voidaan käyttää putken sisälle työnnettävää sisäseinämiä tukevaa vastakappaletta eli tuurnaa. Tuurnan avulla putki saadaan taivutettua pienemmille kehälle ruttaantumatta. Myös putken ominaisuudet kuten halkaisija ja materiaali vaikuttavat muotin kehän halkaisijaan. Putken halkaisijan kasvaessa joudutaan käyttämään suurempaa taivutussädettä. (Summanen Oy, 2021)

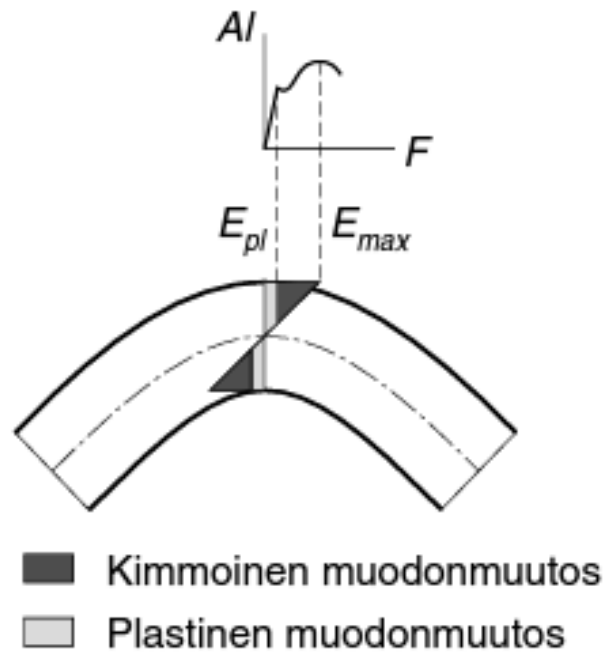
Kuvassa 7  $E_{pl}$  kuvaa jännitysalueita, mistä kappale vielä palautuu alkuperäiseen muotoonsa.  $E_{max}$  kuvaa aluetta jännitykselle, millä alueella kappaleeseen tulee plastisia muodonmuutoksia eli venymää ennen kappaleen murtumista. Taulukossa A/ kuvaa taivuttamisesta aiheutuvaa jännitystä ja  $F$  kuvaa kappaleessa aiheutuvaa venymää. (Lepola & Makkonen, 2005)

Putken taivuttamisen hyödyt:

- vähemmän hitsausliitoksia
- jouheva muoto
- vähemmän kappaleita
- monimuotoiset muodot. (Summanen Oy, 2021).

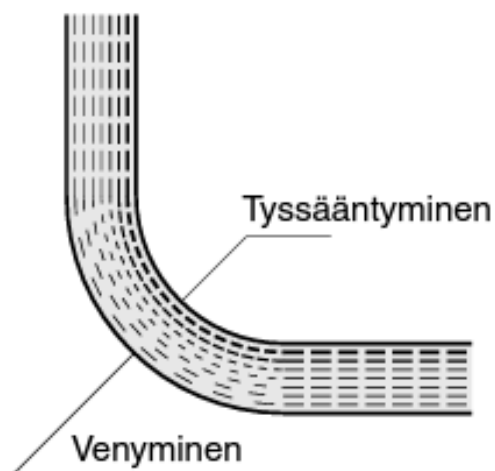
Putken taivuttamisen haasteet:

- kappaleen mitoitus heittelee
- taivutuksen sisäpinta ruttaantuu
- taivutuksen muoto vaihtelee
- materiaalin murtuminen. (Summanen Oy, 2021).



### *Veto- ja puristusjännitys.*

Kuva 7. Veto ja Puristusjännitys (Lepola & Makkonen, 2005).

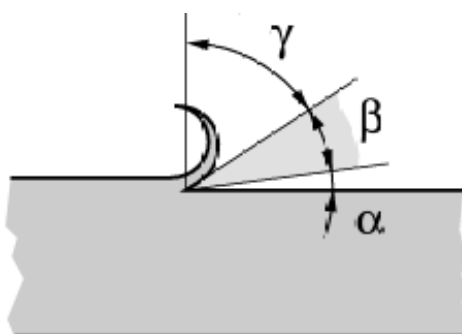


### *Venyminen/tyssäntyminen.*

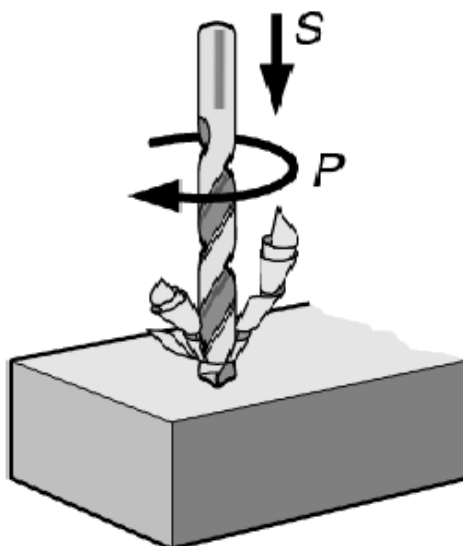
Kuva 8. Venyminen/Tyssäntyminen (Lepola & Makkonen, 2005).

## 4.3 Lastuavatyöstö

Metallia voidaan muovata halutun muotoiseksi poistamalla kappaleesta materiaalia. Yleinen menetelmä on vuolla kappaleesta lastuja terällä, tällöin puhutaan lastuavasta työstöstä. Kappaletta voidaan työstää aiheuttamalla liike terässä, kappaleessa tai molemmissa. Liikkeen vaikutuksesta muovattavaan kappaleeseen painettu kova terä aiheuttaa lastuamisen. Terän päästökulmaan= $\alpha$ , teroituskulmaan= $\beta$  ja rintakulmaan= $\gamma$  vaikuttaa muokattavan kappaleen materiaali (kuva 9). Lastuamalla pystytään valmistamaan mittatarkkoja kappaleita. Koneistaminen on kuitenkin suhteellisen hidas valmistusmenetelmä ja kappaleen työstäminen aiheuttaa materiaalihukkaa. Alla kuvattuna yleisiä työmenetelmiä (kuvat 10, 11 & 12). (Maaranen, 2007)

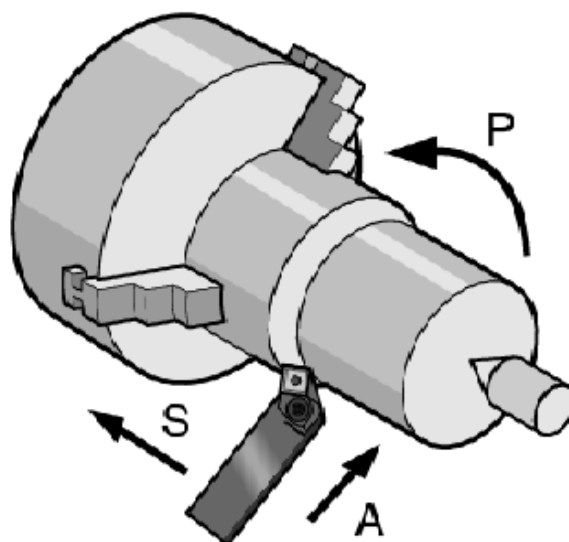


Kuva 9. Lastuaminen terällä (Maaranen, 2007)



*Työstöliikkeet porattaessa.*  
**P** = Pää- eli lastuamislake  
**S** = Syöttöliike

Kuva 10. Poraus (Maaranen, 2007).



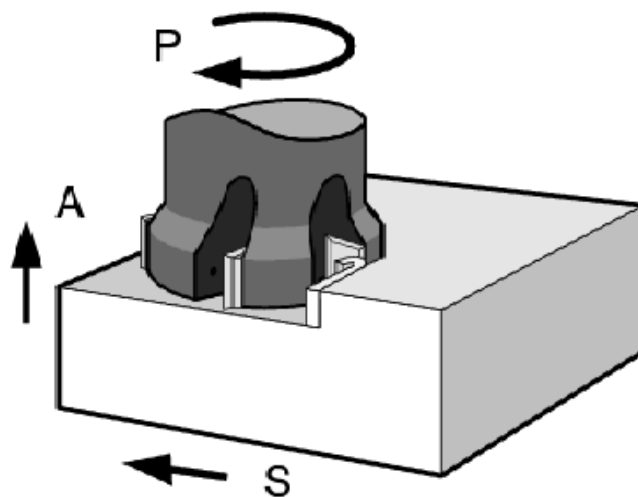
*Työstöliikkeet sorvattaessa.*

**P** = Pää- eli lastuamisiike

**A** = Asetusliike

**S** = Syöttöliike

Kuva 11. Sorvaus (Maaranen, 2007).



*Työstöliikkeet jysittäessä jysimen otsapinnalla.*

**P** = Pää- eli lastuamisiike

**A** = Asetusliike

**S** = Syöttöliike

Kuva 12. Jysintä (Maaranen, 2007).

#### 4.4 Laserleikkaus

Laserleikkaamalla pystytään muovaamaan kappaletta halutun muotoiseksi poistamalla materiaalia raaka-aineaihiosta. Laserleikkauksessa kappaleesta poistetaan materiaalia höyrystämällä ja sulattamalla. Leikkaaminen tapahtuu muodostamalla polttopiste linssillä valonsäteestä. Lasersäde johdetaan peileillä linssiin, mistä se kohdistetaan leikattavaksi polttopisteeksi kappaleeseen. Laserleikkauksella saavutetaan mittatarkkoja monimuotoisia kappaleita siistillä leikkauspinnalla. Laserleikkauksella voidaan yhdistää monta valmistettavuuden työvaihetta kuten, piirroitus, poraus, oikominen, koneistus. Yhdistämällä taivuttaminen leikkaukseen saadaan vähennetty hitsaamista. Alla listattuna laserleikkauksen etuja. (Lepola & Makkonen, 2005)

Laserleikkauksen etuja:

- kapea leikkusrailo 0,1–0,3 mm
- pieni lämmöntuonti
- voidaan leikata monimuotoisia kappaleita
- leikkauksenopeus
- toistotarkkuus 0,03 mm
- usean työvaiheen yhdistäminen. (Lepola & Makkonen, 2005).

## 5 HITSAUSAUTOMAATIO

Hitsauksen automatisoinnilla saadaan tehostettua hitsaava tuotantoa sarjatuotannossa. Hitsattavien kappaleiden sarjasuusuruus on vaikuttava tekijä automatisoinnin kannattavuuteen. Automatisoinnilla voidaan tasoittaa laatua ja helpottaa hitsaajan toimia. Kuvassa 13 on esitetty sarjasuuruuden vaikutus kustannuksiin. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)

### 5.1 Robotisoitu hitsaus

Robotisoidussa hitsauksessa poltin on yleensä kiinnitettynä robottikäsiin. Kiinnittämällä hitsattava kappale liikuttavaan laitteeseen on mahdollista liikuttaa poltinta ja kappaletta. Kappaleen liikuttelu mahdollistaa robottikäsiin paremman luokse pääsyn ja edullisen hitsaus asennon. Liikuttavat laitteet mahdollistavat myös useamman yhtäaikaisten hitsattavien kappaleiden kiinnittämisen. Kertakiinnityksellä saadaan hitsattua monta kappaletta. Robottihitsaus vaatii tarkan paikoittamisen ja robotti on ohjelmitava hitsaamaan kyseistä osaa. Robottisolun rakentaminen on suhteellisen kallista. Hankintahinnasta ja ohjelmoinnista johtuen robottihitsauksen hyödyt tulevat parhaiten esille pitkissä sarjatuotannoissa mittatarkoilla osilla. Alla listattuna Robottihitsauksen hyötyjä ja haasteita. (Asikainen, Hitsautuotanto 2021, 2021) (Laukkanen, 2012) (Jucat Oy, ei pvm) (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)

Robottihitsauksen hyödyt:

- hyvä tuotto vakioidussa prosessissa
- tasainen laatu
- hyvä ergonomia. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021).

Robottihitsauksen haasteet:

- ohjelmointi
- kallis hankinta
- vaatii mittatarkat osat
- tarvitsee kiinnittimet. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021).

## 5.2 Mekanisoitu hitsaus

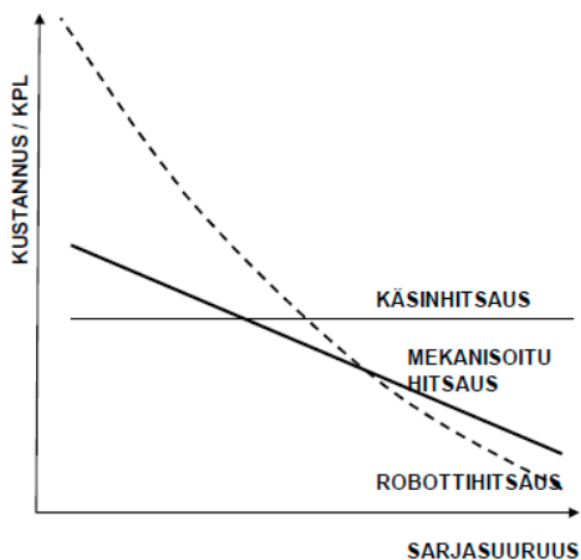
Yleensä mekanisoidussa hitsauksessa poltinta liikutetaan koneellisesti. Poltin voi olla kiinnitettynä hitsattavaa kappaletta pitkin kulkevaan laitteeseen tai poltin voi olla kiinnitettynä poltinkulmaa ja etäisyyttä säätävään laitteeseen hitsattavan kappaleen liikkuaessa. Hitsauksen mekanisointi on yritykselle matalamman kynnyksen automaatio kuin robottihitsaus. Mekanisoiduilla hitsausprosessilla pystytään parantamaan tuottavuutta ja laatua myös hitsaajan ergonomia paranee. Parhaimmillaan mekanisoitu hitsaus on pitkissä hitseissä. Alla listattuna mekanisoidun hitsauksen hyötyjä ja haasteita. (Asikainen, Hitsaustuotanto 2021, 2021) (Holamo, 2016) (Laukkanen, 2012) (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)

Mekanisoidun hitsauksen hyödyt:

- tasaisempi laatu
- parempi tuottavuus
- parempi ergonomia
- suhteellisen halpa hankinta
- saadaan vakioitua polttimon etäisyys kulma ja kuljetusnopeus. (Asikainen, Hitsaustuotanto 2021, 2021).

Mekanisoidun hitsauksen haasteet:

- vaatii säätämistä
- vaatii operaattorin läsnäolon. (Asikainen, Hitsaustuotanto 2021, 2021).



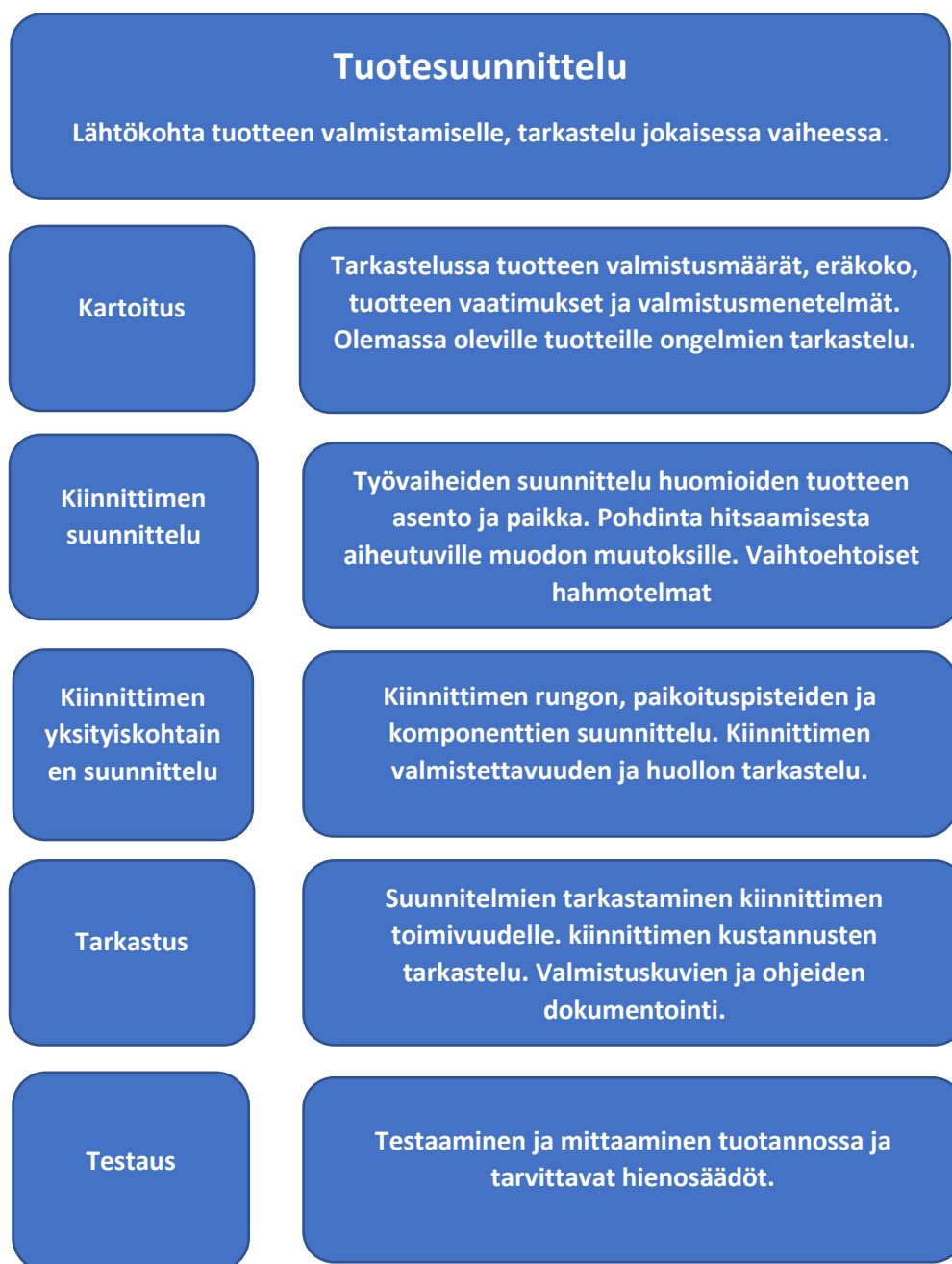
Kuva 13. Sarjasuuruuden vaikutus kustannuksiin (Laukkanen, 2012).

## 6 HITSAUSKIINNITIN

Hitsauskiinnitin eli jigi on apulaite hitsaamiselle sarjatuotannossa. Kiinnittimen tarkoitus on tehostaa tuotantoa, parantaa laatua ja helpottaa työnsuorittajan toimia. Kiinnitintä voidaan käyttää apukeinona hitsattavan osan asemointiin silloittamista varten, tai kiinnittimellä voidaan pitää osat paikoillaan ja kappale kiinnitettynä hitsauksen aikana. Silloittamisella tarkoitetaan kappaleen kiinnittämistä pienillä hitsauksilla. Hitsauskiinnittimillä saadaan asemoitua osat paikoilleen vähemmällä mitaamisella ja voidaan estää osien väärin kasaamista. Hitsauskiinnitin mahdollistaa tuotteen kiinnittämisen pöytään tai laitteeseen, missä hitsattava kappale saadaan asemoitua hitsaukselle edulliseen asentoon. Automatisoidussa hitsauksessa hitsattavan tuotteen on toistuvasti asemoiduttava samaan paikkaan ja asentoon. Käsillä hitsaamisessa riittää, että osat ovat asemoituna oikein tuotteeseen. (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016) (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)

### 6.1 Hitsauskiinnittimen suunnittelun vaiheet

Hitsauskiinnitintä suunnitellessa on etuna suunnittelijan tuntemus valmistavasta tuotannosta. Kappaleiden valmistusmenetelmä ja hitsausprosessi ovat määrääviä tekijöitä kiinnittimen suunnittelussa. Tuotesuunnittelu on myös isossa roolissa valmistettavuuden kehittämisessä. Kiinnitintä suunnitellessa suunnittelun eri vaiheissa on kannattavaa tarkastella mahdollisia tuotemuutoksia parhaan mahdollisen toteutuksen saavuttamiseksi. Parhaimmillaan kiinnittimen suunnittelu kulkee käsikädessä tuotesuunnittelun kanssa. Joskus kappale voi itse olla paikoittavana osille ja toimia hitsauskiinnittimenä. Tuotannon henkilöstöä etenkin hitsaajaa kannattaa käyttää apuna ja tarkastuttaa suunnitelmat, pohtia yhdessä tuotetta, menetelmiä ja kiinnitintä. Kiinnittimen kustannukset koostuvat suunnittelusta, valmistamisesta, säilyttämisestä ja huoltamisesta. Kappaleen valmistusmäärät ja sarjako tulee ottaa huomioon kiinnitintä suunniteltaessa. Kiinnittimet kuluvat käytettäessä, joten mahdolliset huoltotoimet huomioitava. Kiinnittimien valmistuksesta ja käyttämisestä olisi hyvä olla käyttöohjeet. Alla kuvattuna suunnittelun eri vaiheet (kuva 14). (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016) (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)



Kuva 14. Hitsauskiinnittimen suunnittelun vaiheet.

## 6.2 Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Hitsauskiinnittimen tulee pystyä paikoittamaan siihen kiinnitettävät osat tuotteelle riittävällä tarkkuudella mahdollistaen luokse pääsy hitsauspolttimolla. Joskus hyvä ratkaisu varmistaa polttimon luokse pääsy hitsatessa on valmistaa kappale kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on silloittaa kappale silloituskiinnittimessä ja toinen vaihe hitsata kappale hitsauskiinnittimessä. Automatisoidussa hitsauksessa kiinnittimen paikoitus ja asemoiti, tulisi olla tarkasti toteutettu. Laadukkaan hitsauksen saavuttamiseksi MIG/MAG-hitsauksessa lisäainelangan on suuntauduttava noin puolen millin tarkkuudella hitsausrailoon. Hitsaus kiinnittimen paikoitus voidaan toteuttaa nollapiste ratkaisuilla, missä on pisteohjain ja haitta estämään väärin kiinnittämistä. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

Hitsattavien kappaleiden sijoittelulla hitsauskiinnittimessä saadaan ohjattua kappaleen mittamuutokset vähemmän vaikuttavalle alueelle (kuva 15). Tähän voidaan vaikuttaa tuotesuunnittelulla määrittämällä osat hitsaukselle edulliseksi. Pienahitsaus on tehokas tapa kiinnittää kappaleita toisiinsa automatisoidussa ja käsin hitsauksessa. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

Hitsauksen aiheuttamien muodonmuutosten arviointi on haasteellista, usein joudutaan turvautumaan kokeiluun. Kokemus helpottaa muodonmuutoksen arvaamista. Muodonmuutoksia on mahdollista arvioida laskemalla. Laskeminen on työläs toimenpide ja herkkä lähtöarvoille. Hitsauskiinnittimellä voidaan estää hitsattavan kappaleen plastista muodonmuutosta. Jännösjännitysten aiheuttama kimmoisen alueen palautumiseen ei kuitenkaan voida vaikuttaa hitsauskiinnittimellä. Kimmoisen alueen palautumista voidaan kuitenkin ennakoida asemoimalla hitsattava kappale ennakolta vinoon (kuva 16). Jännös jännityksistä aiheutuva muodonmuutos on otettava huomioon kappaletta irrotuksessa hitsauskiinnittimestä. Väärin kiinnitetty hitsattava kappale tarttuu kiinnittimeen ja kappale joudutaan irrottamaan hakkaamalla, tai muilla voimakeinoilla. Yksi keino on kiinnittää kaikki kappaleet samasta suunnasta puristamalla (kuva 17) (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

Kappaleen muodolla ja hitsin sijoittelulla voidaan ehkäistä hitsauksesta johtuvia mittamuutoksia (kuva 18). Hitsattavassa tuotteessa voi olla itsessään paikoittuvat muodot kappaleiden asemoinnille. Hitsattavassa kappaleessa olevat muodot voivat myös itsessään toimia hitsaus kiinnittimenä. Erilaisilla nastoilla ja klipseillä on mahdollista, saadaan lukittua toisiinsa silloittamisen tavoin. Klipsit voidaan poistaa leikkaamalla tai murtamalla hitsauksen jälkeen (kuva 19). (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

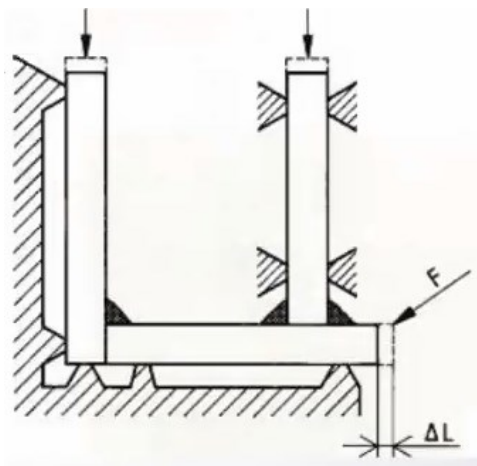
Hitsattavien kappaleiden kiinnittämiseen jigissä voidaan käyttää erilaisia vipulukkoja, pulttikiinnityksiä, magneettia, puristimia yms. Pienien hitsausrakenteiden hitsausjännityksillä yhdellä kädellä toimivat kiinnittimet kuten vipukiinnittimet ovat tehokas tapa kiinnittää kappaleita tukipintoja vasten. Tukipintoina voidaan käyttää muotoiltua pistettä tai tasoa, johon kappale kohdistuu asemoituna puristaessa (kuva 20). Suuria määriä tuotetta valmistettaessa esimerkiksi ohutlevyn kiinnittimessä levyaihion alla voidaan käyttää kulutusta kestäviä vaihdettavia tappeja tai nastoja. Kulutukselle alttiit kohdat tulisi miettiä huollettaviksi. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

Maadoitus siirtyy yleensä hitsauskiinnittimessä olevien tukipintojen kautta hitsattavaan kappaleeseen. Maadoittamisessa on otettava huomioon kappaleen materiaali esim. Ruostumattomia teräksiä hitsattaessa tulisi maadoituspisteen olla ruostumatonta terästä tai jalompaa metallia. Joskus maadoitus halutaan siirtää kulkemaan tiettyä reittiä pitkin hitsattavassa kappaleessa. Tässä tilanteessa voidaan käyttää erilaisia kuparisia kiinnittimiä tai jousitettuja kuparisia kontaktipintoja. Pyörivään hitsauskiinnittimeen on läpivientejä, joista saadaan tarvittaessa maadoituksen lisäksi vietyä hitsattavaan kappaleeseen suojakaasu tai kiinnittimille muita tarvittavia kaapeleita, kuten paineilma tai sähkökaapelit. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

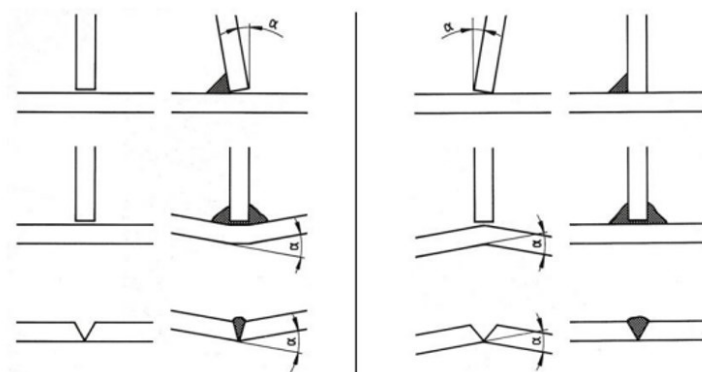
Kiinnittimen valmistaminen on otettava huomioon kiinnittintä suunniteltaessa. Esimerkiksi laserleikkeet ovat hyviä elementtejä kiinnittintä valmistaessa. Leikkeet ovat mittatarkkoja kappaleita, joihin pystytään tekemään monimuotoisia muotoja. Erilaisilla kohdistus nastoilla voidaan helpottaa kiinnittimen valmistamista. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

Hitsauskiinnittimeen rakenteen tulisi olla mahdollisimman vähän hitsausroiskeita keräävä. MIG/MAG-hitsausmenetelmässä roiskeita tulee suhteellisen paljon. Roiskeiden tarttumiseen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnalla ja pinnoittamalla materiaa. Maalaamalla hitsauskiinnitin saadaan estettyä roiskeiden tarttumista kiinnittimeen. Tukipisteiden sijoittelulla ja muodolla voidaan myös vaikuttaa kuinka paljon roiskeet vaikuttavat kiinnittimen käyttämiseen. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)

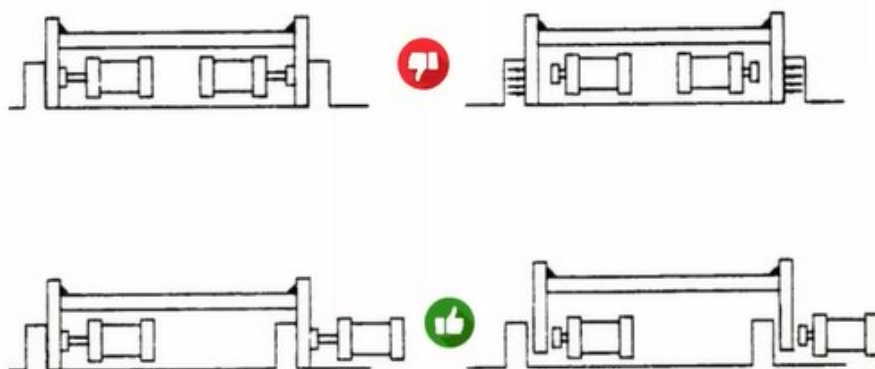
Kiinnittimen suunnittelussa olisi hyvä olla jonkinlainen 3D-mallinnusohjelma. 3D-mallinnusohjelma saadaan tarkasteltua kappaleen istuvuutta hitsauskiinnittimeen. Simulaatio-ohjelmilla voidaan myös tarkastella polttimon luokse pääsy, tilantarve, kiinnittimen ja hitsattavan kappaleen tilantarve esimerkiksi robottisolulle. Suunnittelu kannattaa aloittaa hahmottelemalla käsin paperille. (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021) (Solehmainen;Tuunainen;Räsänen;& Jääskeläinen, 2016)



Kuva 15. Mittavaihteluiden ohjaaminen pois rakenteen kannalta oleellisista kohdista (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy).



Kuva 16. Kulmamuuotoksen hitsauksessa ja niiden ennakointi (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy)



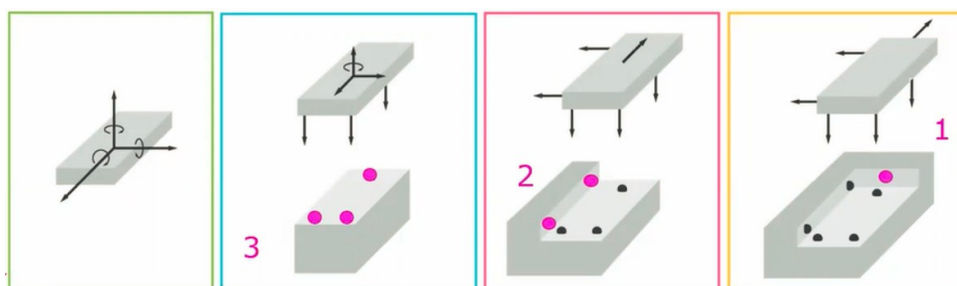
Kuva 17. Vastinpinnat hitsauskiinnittimessä (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy).



Kuva 18. Hitsauspaikan ja järjestyksen vaikutus muodonmuutoksiin (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy)



Kuva 19. Muodolla hitsattavan kappaleen paikoittaminen ja kiinnitys (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen, 2021)



Kuva 20. Tuennan suunnittelu 3–2–1 säännöllä (Tuunainen & Asikainen, Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen, 2021. Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy).

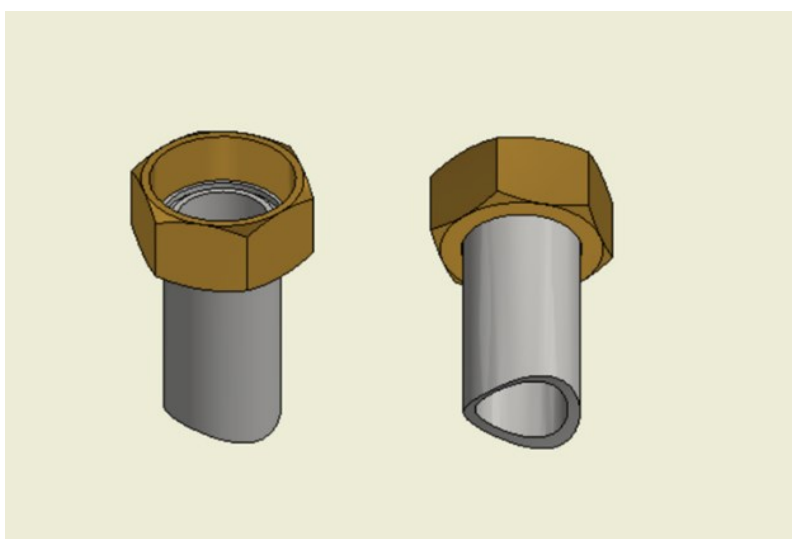
## 7 TUPLAVENTTIILIN VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Valmistettavuuden kehittämisessä suunnitellaan mahdolliset tuotemuutokset tehokkaamman valmistusmenetelmän saavuttamiseksi. Valmistusmenetelmiä kehitetään hitsausmenetelmän ja hitsauskiinnittimien avulla.

### 7.1 Tuotekehitys

Tuplaventtiili on tarkoitukseensa tehokas. Osan valmistaminen taivutettavalla käyrällä ja hitsattavilla liittimillä tuplaventtiili saadaan pieneen tilaan, vähäisellä materiaalilla ja vähäisellä hitsaamisella. Saatavilla olevilla valmiilla putkisto-osilla tuplaventtiili vaatisi suuremman tilan sekä enemmän hitsauksia.

Kehitysideana on tuplaventtiilin pystyliittimien pohjan muotoilu kaarimaiseen muotoon koneistamalla (kuva 21 & liite 7). Painettaessa muotoiltua pystyliitintä putkikäyrän päälle, asemoi pystyliitin itsensä kohtisuoraan oikealle syvyydelle. Kaarimainen muoto tukee osaa estämällä liitintä kallistumasta asemoidessa ja hitsatessa. Liittimen muotoilu on suunniteltu putkikäyrän ulkohalkaisijan kaarelle liittimissä GEBW90125B ja GEBW90117D. Liittimiä GEBW90122B, GEBW90119D käytetään molemmissa putkikäyrissä putkikoolla DN32 ja DN40. Liittimissä, joita käytetään molemmissa käyrissä, on kaarimitta haettu putkikokojen puolesta välistä uusien nimikkeiden minimoimiseksi. Putkikäyrään päihin tulevan putkipäädyn ja liittimen asemointia ei koettu haasteelliseksi. Päihin tulevat osat helppo paikoittaa käsin.



Kuva 21. Muotoiltu pystyliitin

## 7.2 Valmistusmenetelmien kehitys

Tuplaventtiiliosien valmistamiseen on kehitetty vaihtoehtoisesti menetelmät mekanisoidulle hitsaukselle ja käsin hitsaukselle. Molemmissa menetelmissä keskitytään tuotteen ongelmakohtaan pystyliittimien asemoinnissa. Tarvekäyrän valmistaminen taivuttamalla ja putkiahion halkaisijan vaihtelut aiheuttavat mittamuutoksia osassa. Tarvekäyrän mittamuutosten ja putkikoon vaihteluiden takia päätyliitin on helpompi asemoida käsin kuin säädellä paikoitusta hitsauskiinnittimessä. Putkipäädyn asemoinnilla suoruuden kanssa ei ole suurta merkitystä.

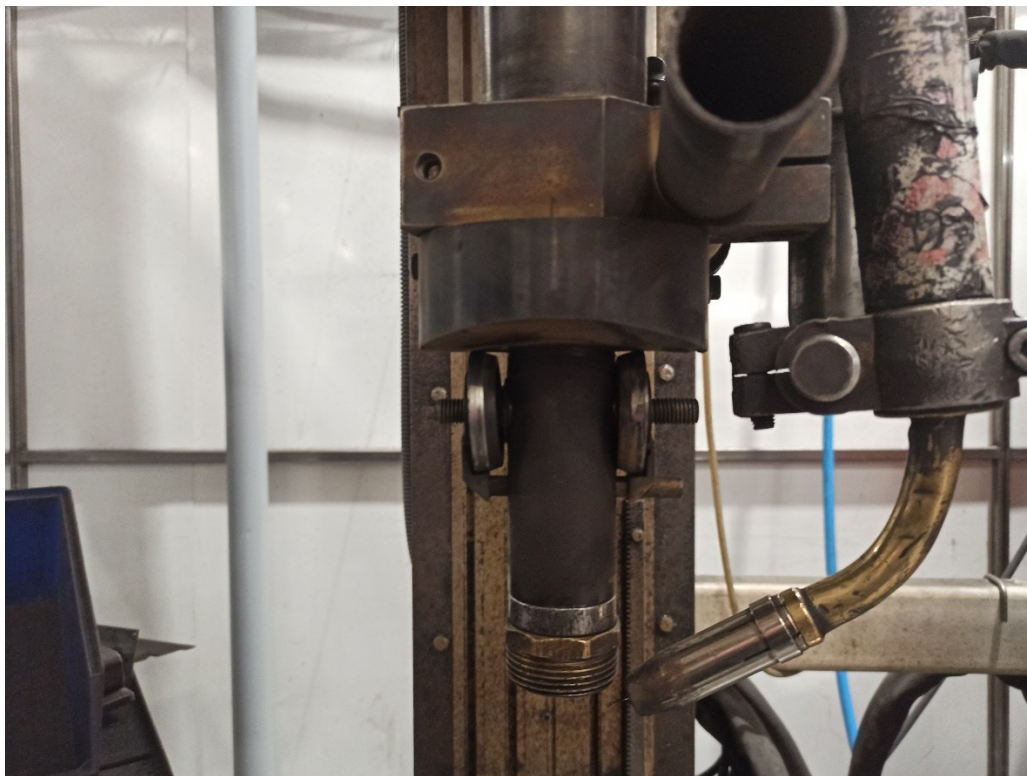
### 7.2.1 Mekanisoitu hitsausmenetelmä

Tuotannosta on mekanisoitu kehähitsauskone MAG-hitsausmenetelmälle. Kehähitsauskone pyöräyttää hitsauspolttimon pysty akselin ympäri (kuva 22). Hitsauskoneessa on paineilmatoiminen pysty-kara. Kara painaa kappaletta alaspäin hitsauskoneen pöytää vasten. Hitsauspolttin pyörähtää pystykaralla ympäri 360 ° myötäillen karan alaosassa olevaa aaltomaista muotoa. Karalle saadaan asetettua muoto ohjaamaan hitsauspolttinta pystysuunnassa ylös alas liikkeellä pyörähdysten aikana.

Hitsaamalla ensin kehähitsauskoneella pystyliittimet tarvekäyrään pintaan hitsauskiinnitiimien avulla saadaan liitin asemoitua oikealle paikalle oikeaan asentoon. Hitsatut liittimet toimivat tämän jälkeen kohdistuksena poraamiselle. Tarvekäyrän päiden ollessa auki poralastut saadaan poistettua. Putkipäädyn ja putken päähän tulevan liittimen aseointi käsin. Mahdollinen pyörittäjän hyödyntäminen ainakin putkipääty hitsattaessa. Alla listattuna valmistamisen vaiheet.

Tuplaventtiilin valmistusvaiheet mekanisoidussa hitsauksessa:

1. pystyliittimien hitsaaminen kehäkoneella
2. läpivientien poraus liittimien läpi
3. putkipääty ja päätyliitin käsihitsauksella.



Kuva 22. Kehähitsauskoneen hitsauspolttimon ohjaus (Huovinen, Kehäkone, 2023).

### 7.2.2 Käsihitsausmenetelmä

Ensimmäisenä hitsataan pystyliittimet hitsauskiinnittimessä, minkä jälkeen hitsattujen pystyliittimien läpi porataan aukot pylväsporakoneella, minkä jälkeen tehdään lastunpoisto. Viimeisenä vaiheena hitsataan tarvekäyrän päihin putkipääty ja päätyliitin pyörittäjässä. Toisena vaihtoehtona on silloittaa pystyliittimet hitsauskiinnittimessä ja hitsata tämän jälkeen liittimet pyörittäjässä edeten samassa järjestyksessä. Alla listattuna valmistamisen vaiheet.

Tuplaventtiilin valmistusvaiheet käsin hitsaus:

1. pystyliittimien hitsaaminen hitsauskiinnittimessä
2. läpivientien poraus liittimien läpi
3. putkipääty ja päätyliitin käsihitsauksella.

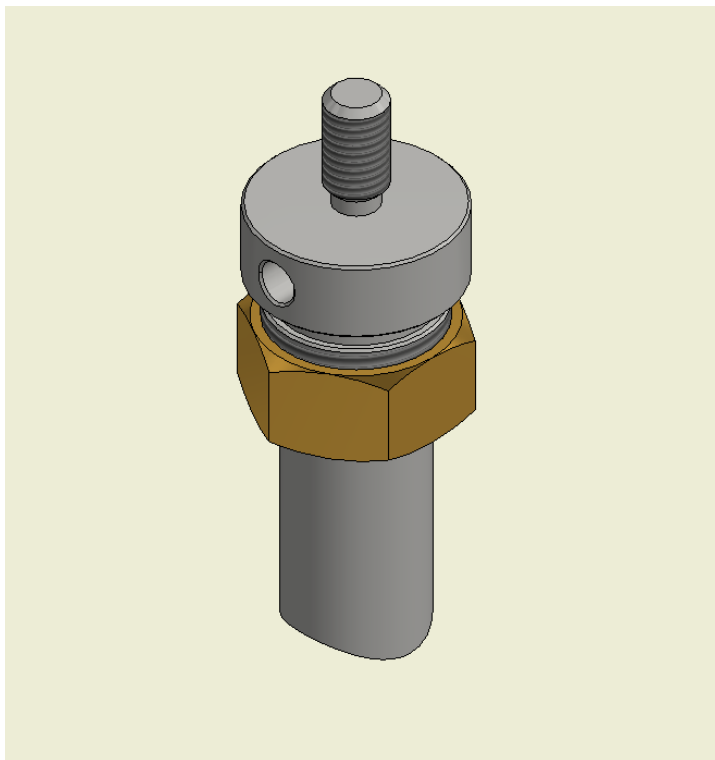
### 7.3 Tuplaventtiilin hitsauskiinnittimet

Molemmille valmistusmenetelmille on suunniteltu hitsauskiinnittimet. Ensisijaisena valmistusmenetelmänä on mekanisoitu hitsausmenetelmä. Varavaihtoehtona on suunniteltu hitsauskiinnitin käsihitsausmenetelmään.

### 7.3.1 Mekanisoidun hitsausmenetelmän hitsauskiinnittimet

Kehähitsauskoneeseen on suunniteltu vaihdettava adapteri kaikille eri kokoisille pystyliittimille (kuva 23). Adapteri kiinnitetään kehä hitsauskoneen pystykaraan kiinni ruuviliitoksella. Ruuviliitoksen kiristämiseen konetta vasten on mallinnettu reikä adapteriin kiristystyökälulle. Myös liitin kiinnitetään adapteriin ruuviliitoksella liittimessä olevalla mutterilla. Kiertäminen ei ollut kyselyssä työntekijöille mieluinen työvaihe, kuitenkin tässä tapauksessa ruuviliitos on tehokkain ratkaisu. Ruuviliitoksella saadaan liitin asemoitua kaikissa suunnissa adapteria tasopintaa vasten ja mutteri saadaan samalla pois hitsauksen edestä. Hitsauksen aikana kone painaa muotoiltua liitintä putkea vasten samalla estäen liittimin kallistumista. Hitsaamisen jälkeen koneen aiheuttama voima saadaan vapautettua ja kappale pääsee joustamaan muodonmuutoksen, jolloin ruuvattavan liitos aukeaa helpommin kuin edellisessä hitsauskiinnittimessä.

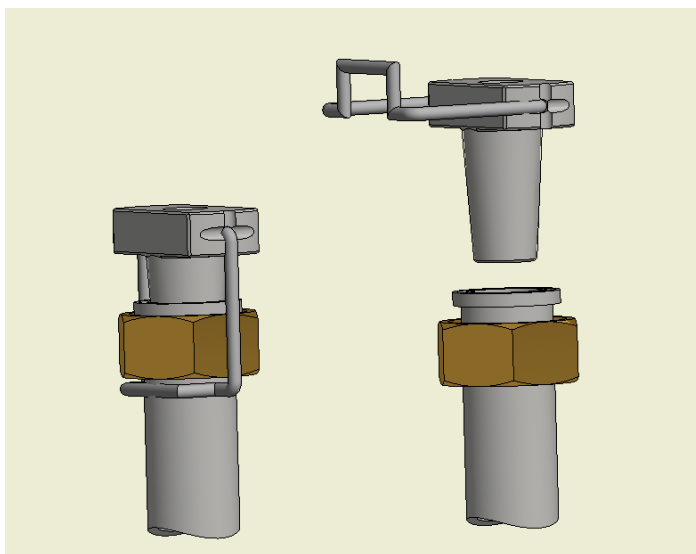
Koneen pöydällä on V-malliset tukipisteet vaaka-asennossa olevalle putkelle. V-mallinen tuki asemoi eri halkaisijoilla olevat putket linjaan painettaessa pystykaralla. Pystyliittimen etäisyys tarvekäyrän päästä saadaan asemoitua vaakatasossa olevaan tarvekäyrään ohjautuvalla säädettävällä tukipinnalla. Tarvekäyrän taivutetun mutkan ja pystyliittimien kohtisuoruus saadaan asemoitua tukipinnalla taivutettua putken kylkeä vasten 180° asteen kulmassa pystykaran linjaan. Pystylinjauksessa myös säätö eri kokoisille putken halkaisijoille.



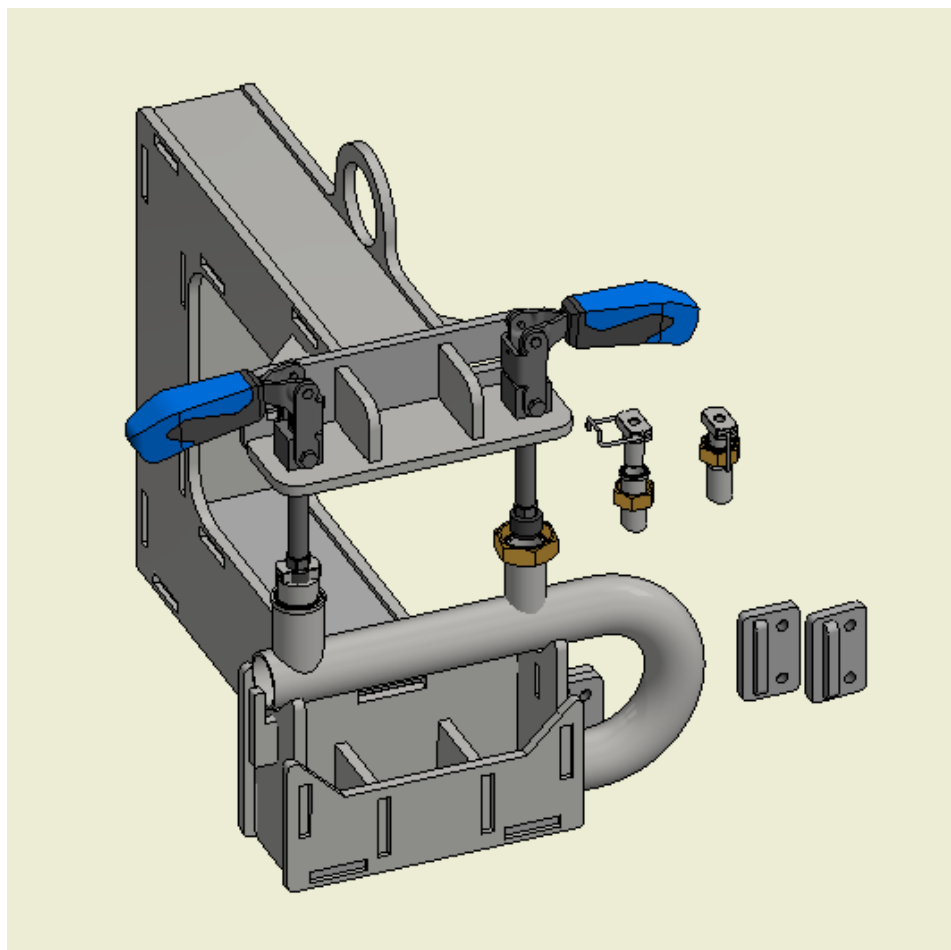
Kuva 23. Adapteri kiinnitettynä hitsattavaan pystyliittimeen.

### 7.3.2 Käsihitsausmenetelmän hitsauskiinnittimet

Hitsauskiinnittimessä pystyliittimet paikoitetaan kartioholkilla. Kartioholkki painautuu pystyliittimen sisälle keskittäen eri halkaisijalla olevat liittimet keskilinjasta. Eri kokkoisille halkaisijoille on suunniteltu oma kartioholkkinsa. Kartioholkki on liitetty holkin keskellä olevasta kierteestä vipukiinnittimeen. Työntötankokiinnittimellä (liite 8) saadaan paikoitettua ja kiinnitettyä pystyliitin tarvekäyrän kylkeen painamalla. Kartioholkissa on käännettävä lankapidin mutterille, pitämään mutteri pois hitsauksen edestä hitsauksen aikana (kuva 24). Kiinnittimessä on vaihdettava ohjain eri putkihalkaisijoille tarvekäyrän asemoimiseen pystyliittimien linjaan. Tarvekäyrän päädyn ja pystyliittimien mitta- väli patikoituu tarvekäyrän päähän tulevalla vasteella. Hitsauskiinnitin on suunniteltu laserleikkeistä. Leikkeet on suunniteltu itsepaikoittuviksi aukkojen ja nastojen avulla. Hitsauskiinnitin saadaan kasat- tua kuin palapeli kokonaisuudeksi ilman mittaamista. Koottu kiinnitin saadaan kiinnitettyä hitsaa- malla nastoille tehdyistä aukoista i-railo hitsauksena. Hitsausrailojen paikat on sijoitettu ajatuksena minimoida mahdollisimman hyvin hitsaamisesta johtuvat muodonmuutokset. Kaikki leikkeet ovat sa- maa ainevahvuutta, mikä säästää leikkauksen aikana levyn vaihdon eri ainevahvuudelle. Hitsauskiin- nittimen leikkeeseen on suunniteltu nostolenkki sijoitettuna massakeskipisteeseen (kuva 25 & liite 7).



Kuva 24. Pystyliittimen kohdistava kartioholkki mutteripitimellä.



Kuva 25. Suunniteltu hitsauskiinnitin tuplaventtiilien käsihitsauksen.

## 8 KUSTANNUKSET

Liitteessä 9 on laskettuna muotoillun liittimen koneistamisesta aiheutuvat lisäkustannukset. Käytössä olevien liittimen toimituseräkoolla on kysyttynä tarjous muotoilluille liittimille samalta toimittajalta ja vertailtu liittimien hinnan erotusta. Liitteessä 10 on esitettyinä kustannukset testaamiseen tarvittaville adaptereille ja liittimien koe-erälle. Liitteistä 9 & 10 ilmenee, kuinka liittimien kappalekohtainen kustannus pieneni merkittävästi kysyttäessä tarjous suuremmalle toimituserälle.

## 9 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin lista kehitystä vaativille alkuvalmistuksen tuotteille ja dokumentointia vaativille hitsauskiinnittimille. Tuplaventtiiliosin valmistettavuutta on kehitetty tuotteena ja valmistusmenetelminä. Raportoinnissa on toimintamalli hitsattavan tuotteen valmistettavuuden kehittämiseksi. Mekaanista hitsausmenetelmää testattiin muotoillulle liittimille (kuva 26). Koehitsaukset onnistuivat hyvin. Kehähitsauskone osoittautui soveltuvan liittimien hitsaamiseen. Kaareva liittimen pohjan muoto paikoittaa hyvin painettaessa liitin hitsattavan putken päälle. Hitsaaminen saadaan suoritettua ilman kappaleen silloittamista yhdellä palolla ympäri. Hitsaajan kanssa kuitenkin katsottiin liittimen muodon vaativan jatkokehitystä. Muotoilluiden liittimien, varsinkin suurempien kokojen helmat ovat turhan pitkät. Kuvassa 27 on kuvattuna jatkokehityksen malli liittimen helman lyhentämiseksi. Liitteessä 11 on mallinnettu liitin lyhemmällä helmalla revisio-B. Lopussa listaus työssä saavutetuista tuloksista.



Kuva 26. Koehitsaus pystyliittimille kehähitsauskoneella (Huovinen, Hitsatut liittimet, 2023)



Kuva 27. Helman lyhentäminen liittimessä (Huovinen, Liitimen jatkokehitys, 2023)

Saavutetut tulokset:

- lista kehitettävistä putkisto-osista
- lista valmistuskuvia vaativista leikeosien hitsauskiinnittimistä
- tuplaventtiilin valmistusmenetelmä mekaaniseen hitsaukseen
- tuplaventtiilin valmistusmenetelmä käsin hitsaukseen
- hitsauskiinnittimen suunnittelu kehähitsauskoneeseen
- hitsauskiinnittimen suunnittelu käsin hitsaukseen
- koehitsaukset kehähitsauskoneella
- raportoitu ohje hitsauskiinnittimen suunnittelun eri vaiheille.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Putkisto-osat ovat haastavia hitsauskiinnitintä suunniteltaessa. Vesitiiviin hitsin saavuttamiseksi kappale pitäisi pystyä hitsaamaan ympäri kiinnittimessä. Putkisto-osat eivät ole yleensä mittatarkkoja pituudessa ja putkien halkaisija vaihtelee, mikä hankaloittaa osien paikoittamista. Osien mittatarkkuus vaatii hitsauskiinnittimeltä modulaarisuutta. Pienessä sarjakoossa jigin säätäminen vie valtaosan valmistusajasta. Putkilaser olisi keino putkien aukottamiselle ja paikoittamiselle. Laserleikkaus mahdollistaisi paikoilleen asettuvan ja pyöräyttämällä lukittuvan, kuin silloituksen putken kylkeen tulevassa liitoksessa. Laserleikkaus aiheuttaa kuitenkin kiinnittyneitä roiskeita putkiston sisäseinämille, mitkä saattavat irrota liikkeelle veden mukana. Tuplaventtiilin korvaamista kierteitettyillä valurautaisilla putkisto-osilla ei ole otettu huomioon tässä työssä, koska ohjeistuksessa valamalla tehtyjen osien käyttöä ei sallittu.

Mekanisoitu hitsausmenetelmä kehähitsauskoneella pystytään toteuttamaan ilman laitehankintoja. Kertaluontoisella hitsauskiinnitinhankinnalla hitsauskoneeseen saadaan kiinnitettyä hitsattavia putkisto-osia. Mekanisoimalla hitsaus saadaan vakioitua hitsausprosessi. Vakioitunut lämmöntuonti määrätellyillä hitsausparametreilla, kuljetussuunnalla ja kuljetusnopeudella vähentää muodonmuutosten vaihteluja. Kappale saadaan hitsattua ilman silloittamista yhdellä palolla ympäri.

Tuplaventtiilien pystyliittimien koneistamisesta tulee lisäkustannuksia. Kuitenkin jo pelkän toimituseräkoon noustessa kustannukset pienenevät huomattavasti. Suunnittelussa mallinnettujen liittimen muodossa on myös kehitettävää tehokkaamman koneistamisen saavuttamiseksi. Revisio-B koe-erän liittimet kuvat on laitettu kyselyyn toimittajalta, että olisiko heillä esittää heidän valmistusmenetmiinsä tehokas ratkaisu kappaleen muodolle. Tätä mekanisoitua hitsausmenetelmää pystytään hyödyntämään matalalla kynnyksellä vastaavanlaisissa tuotannon putkisto-osissa. Tuotannossa kartoituksen aikana esille nousi hitsaajien ehdotuksena laitehankinta, millä pystytäisiin valmistamaan samankaltaisten putkisto-osien liitospintoja kaarevaan muotoon. Muotoillun liittimen hyödyt tulisivat myös käsin hitsaamisessa tasaisen hitsausrillon saavuttamiseen ja kappaleen helpompaan asemointiin.

Käsihitsaukseen suunnitellussa hitsauskiinnittimessä jäi pohdittavaa, kuinka saataisiin koko tuote hitsattua vähäisellä säätämällä. Hitsauskiinnitin on suunniteltu vain pystyliittimien osalta, koska hankalasti säädettävää hitsauskiinnitintä ei käytetä tuotannossa. Käsihitsaukseen suunniteltu menetelmä tuo lähinnä kustannukset liittimen muotoilun lisäksi, suunnittelusta, kiinnittimen levyleikkeistä, vipukiinnittimistä ja kiinnittimen säilyttämisestä. Putkisto-osien sarjaerät ovat niin pieniä, että täysin automatisoidut menetelmät eivät sovellu kustannustehokkaaksi menetelmäksi tämän kaltaisten kappaleiden hitsaamiseen.

## 11 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli Gebwell Oy:n hitsaavan alkutuotannon kehittäminen hitsauskiinnittimellä. Kiinnitintä suunniteltaessa on kehitetty myös tuotetta ja valmistusmenetelmää. Kiinnitintä, tuotetta ja valmistusmenetelmää suunniteltaessa on otettu huomioon tuotteen valmistuksen eräkoko ja suhteutettu tätä kannattaviin investointeihin.

Työ aloitettiin kartoittamalla alkuvalmistuksessa eniten valmistettujen tuotteiden ongelmakohtia. Kartoituksessa tuli ilmi tarve kehitettävälle tuotteelle laadun ja hankalan valmistettavuuden kannalta koko tuotantoketjussa. Kartoituksessa selvisi myös toimivat hitsauskiinnittimet, joille tarve on tehdä, mallit, nimikkeistö ja työkuvat. Eniten ongelmia aiheuttanut tuote koko tuotantoketjun matkalla otettiin tarkkailuun ja kehitykseen. Tuotetarkkailussa selvitettiin ongelmia aiheuttaneet valmistusmenetelmät.

Tarkastelun jälkeen aloitettiin suunnittelu tuotteen valmistettavuuden kehittämiseksi. Tuotesuunnittelussa tehtiin tuotemuutoksia tehokkaamman valmistusmenetelmien saavuttamiseksi. Tuotekehityksen jälkeen alkoi valmistusmenetelmien suunnittelu. Valmistusmenetelmiä kehitettiin mekanisoituun hitsausmenetelmään ja käsin hitsaukseen. Valmistusmenetelmien kehittämisen jälkeen alkoi kiinnittimien suunnittelu molemmille valmistusmenetelmille. Molempiin valmistusmenetelmiin suunniteltiin hitsauskiinnittimet ja mekaanisen valmistusmenetelmään testaamiseen tarvittavat osat laitettiin hankintaa. Kehähitsauksen testaamiseen tarvittavat adapterit, sekä koe-erä liittimiä ehti saapua opinnäytetyön aikana ja hitsaamista päästiin testaamaan. Koehitsauksessa liittimien liittäminen onnistui, mutta liittimien katsottiin vaativan jatkokehitystä.

Opinnäytetyöhön varattu viidentoista opintopisteen työaika ei riittänyt työn loppuun saattamiselle. Työ antaa kuitenkin selvityksen kehitystarpeille ja suunnitelmat jatkokehitykselle. Tuplaventtiili-osille toteutettu suunnitelma antaa mallin toimia jatkossa kartoituksessa selvinneille tuotteille. Työ on ollut opettavainen minulle tulevaisuuden toimiin tuotesuunnitteluinsinöörinä.

## LÄHDELUETTELO

- Asikainen, J. (2021). *Hitsaustuotanto 2021*. (J. Asikainen, Esiintyjä) Savonia ammattikorkeakoulu, Kuopio, Suomi.
- Asikainen, J. (ei pvm). Hitsaustuotanto 2021. *MIG/MAG-hitsauslaitteen osat*. Savonia ammattikorkeakoulu, Kuopio. Haettu 28. 1. 2023
- Gebwell Oy. (2022). *PP10 Alkutuotannon hitsausjigit*. Leppävirta. Haettu 20. 2. 2023
- Gebwell Oy. (2023). *Kirjatut poikkeamat*. Leppävirta. Haettu 23. 1. 2023
- Gebwell Oy. (2023). *Ostotilaus*. Haettu 16. 3. 2023
- Gebwell Oy. (ei pvm). *Tietoja meistä; Gebwell Oy*. Haettu 4. 2. 2023 osoitteesta <https://gebwell.fi/meista/>
- Halder. (ei pvm). *Työntötankokiinnitin Kiinnityskierteellä*. Haettu 25. 2. 2023 osoitteesta <https://www.halder.com/fi/PM/Standardiosat/Kiinnityselementit/Vipukiinnitin/Tyoentoetankokiinnitin-Kiinnityskierteellae/23330.2106>
- Holamo, O.-P. (15. 3 2016). *Hitsauksen mekanisointi ja automatisointi*. Haettu 12. 2. 2023 osoitteesta <http://www.shy-hitsaus.net/LinkClick.aspx?fileticket=E%2FgdWKeTX%2B8%3D&tabid=4849>
- Huovinen, H. (2023). Hitsatut liittimet. *Koehitsaus*. Gebwell Oy, Leppävirta.
- Huovinen, H. (2023). *Kehäkone*. Gebwell Oy, Leppävirta.
- Huovinen, H. (2023). *Liitimen jatkokehitys*. Gebwell Oy, Leppävirta.
- Ionix. (ei pvm). *MIG/MAG-hitsaus*. Haettu 28. 1. 2023 osoitteesta <https://www.ionix.fi/teknologia/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/>
- Jucat Oy. (ei pvm). *Täysautomaattinen hitsausrobotti moninkertaistaa yrityksen tuottavuuden*. Haettu 4. 2. 2023 osoitteesta <https://jucat.fi/fi/taysautomaattinen-hitsausrobotti-moninkertaistaa-yrityksen-tuottavuuden/>
- Keinänen, T.;& Pentti, K. (2009). *Konetekniikan perusteet. E-kirja*. Helsinki: WSOY. Haettu 29. 1. 2023
- Kemppi Group Oy. (ei pvm). *Mitä hitsaus on*. Haettu 28. 1. 2023 osoitteesta <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mita-hitsaus-on/>
- Laukkanen, S. J. (2012). *Hitsauksen mekanisoinnin ja automatisoinnin oppimisympäristön kehittäminen*. Lappeenranta: LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO. Haettu 5. 2. 2023
- Lepola, p.;& Makkonen, M. (2005). *Hitsaustekniikka ja Teräsrakenteet*. WSOY. Haettu 21. 1. 2023
- Maaranen, K. (2007). *Koneistustekniikat*. Sanoma Pro Oy. Haettu 22. 1. 2023
- Solehmainen, K.;Tuunainen, A.;Räsänen, M.;& Jääskeläinen, E. (2016). *HITSAUSKIINNITIN VAI JOUSTAVA HITSAUSKIINNITIN*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Haettu 8. 2. 2023
- Summanen Oy. (17. 11 2021). *Putkentaivutus*. Haettu 4. 2. 2023 osoitteesta <https://www.summanen.fi/fi/ uutishuone/blogi-putkentaivutus/>

Taloon.com BHG group. (ei pvm). *Muuntotaulukko DN ja NPS mitoille*. Haettu 11. 2. 2023 osoitteesta

<https://www.taloon.com/rakentajan-tietopankki/lvi-talotekniikka/muuntotaulukko-dn-ja-nps-mitoille>

Tuunainen, A.;& Asikainen, J. (7. 12 2021). *Hitsauskiinnittimien suunnittelu robottihitsaukseen*. Haettu 21. 1. 2023

osoitteesta <https://aoe.fi/#/materiaali/1812>

Tuunainen, A.;& Asikainen, J. (7. 12 2021). Alkuperäinen Leino, Kalervo ja Meuronen, Ismo 1987.

Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Tekninen tiedotus 15:1987. Metalliteollisuuden kustannus Oy).

*Hitsauskiinnittimen suunnittelu robottihitsaukseen*. Haettu 21. 1. 2023 osoitteesta

<https://aoe.fi/#/materiaali/1812>

**LIITE 1: KIRJATUT POIKKEAMAT: (GEBWELL OY, 2023)**

Liite 1 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

**LIITE 2: KOEPONNISTUSPOIKKEAMAT: (GEBWELL OY, 2023)**

Liite 2 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

**LIITE 3: PUTKISTO-OSIEN VALMISTUSMÄÄRÄT ALKUTUOTANNOSSA JA POIKKEAMAT**

Liite 3 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

**LIITE 4: ALKUTUOTANNON HITSAUSJIGIT (GEBWELL OY, 2022)**

Liite 4 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

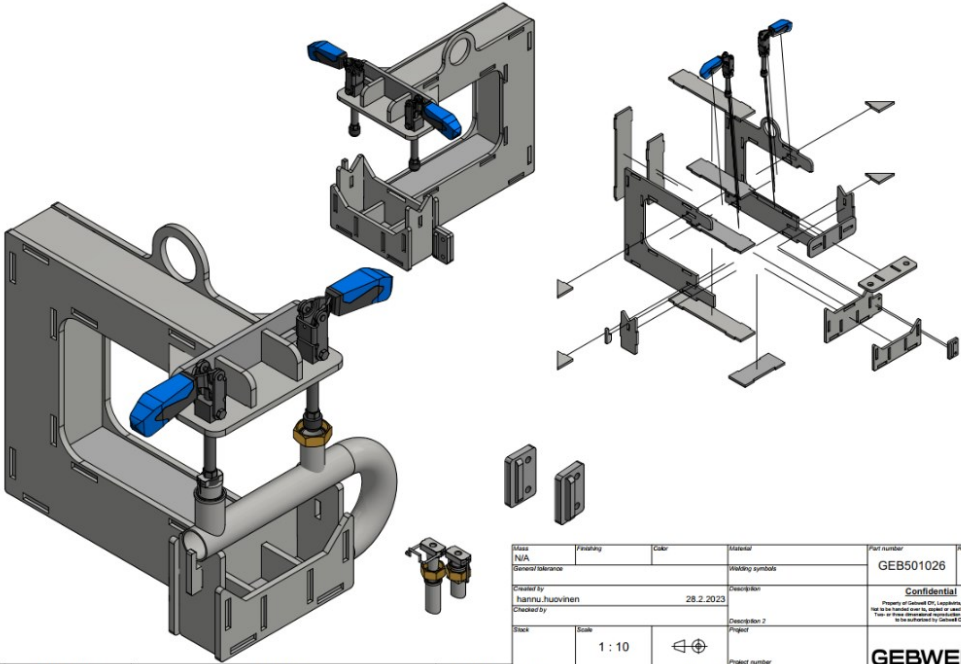
**LIITE 5: TUPLAVENTTIILIOSAN OSIEN MENEKIN TARKASTELU**

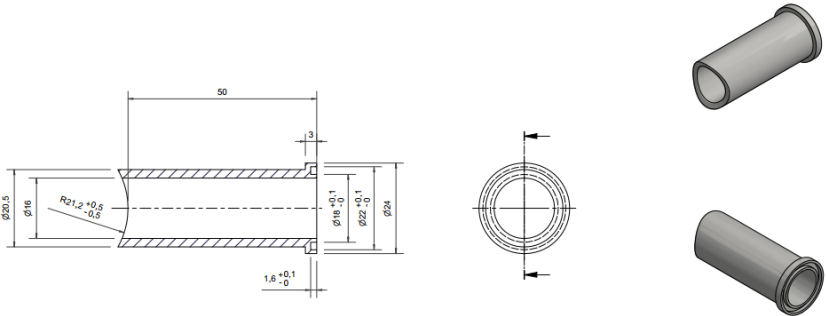
Liite 5 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

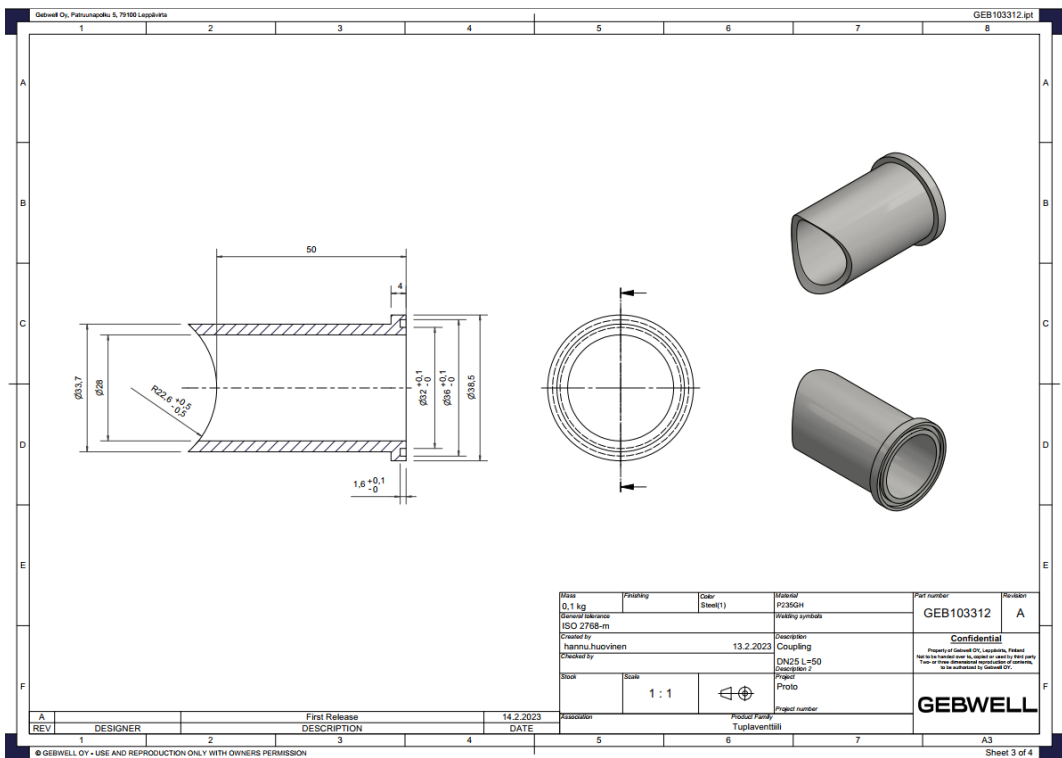
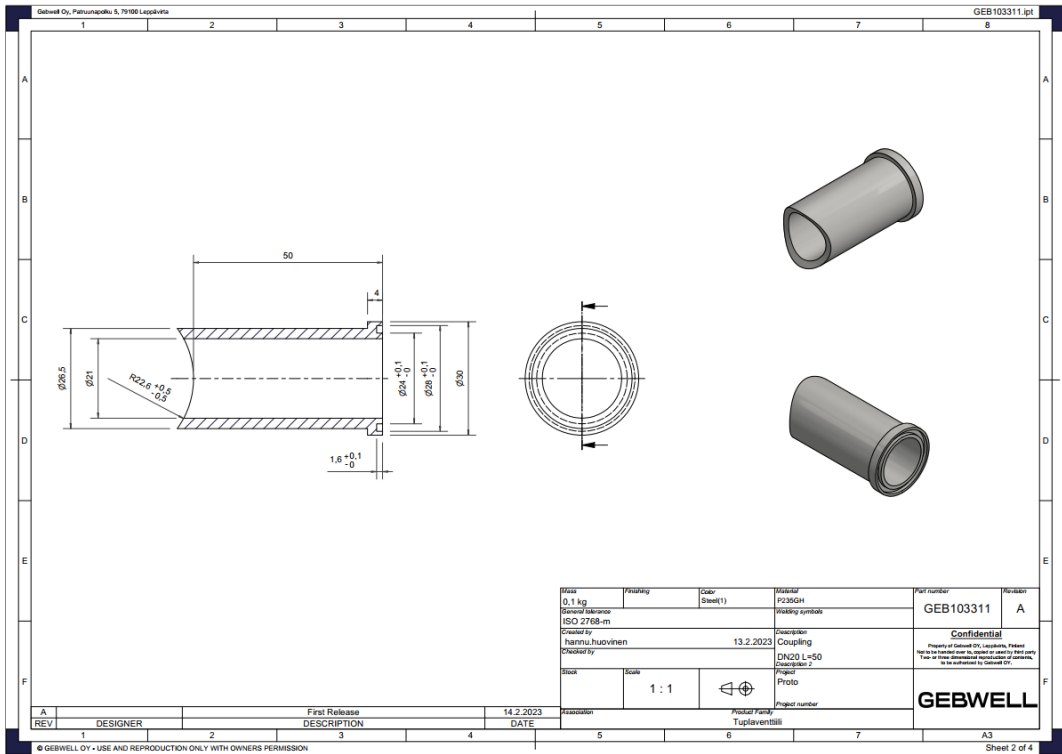
## LIITE 6: MUUNNOSTAULUKKO DN JA NPS MITOILLE (TALON.COM BHG GROUP, EI PVM).

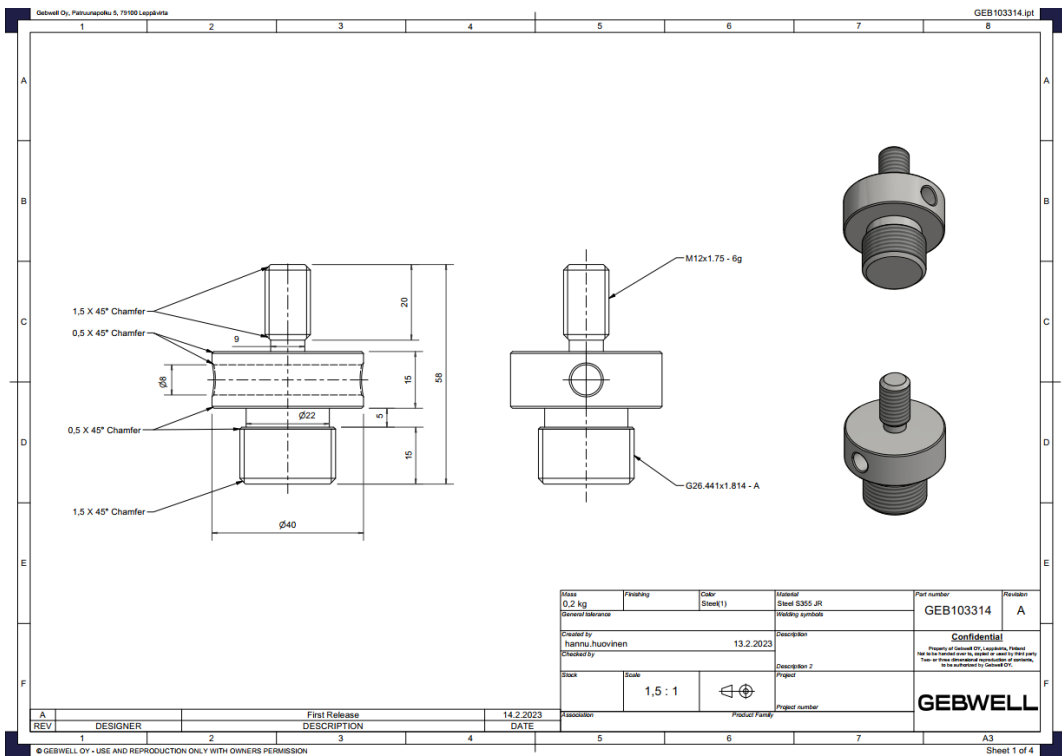
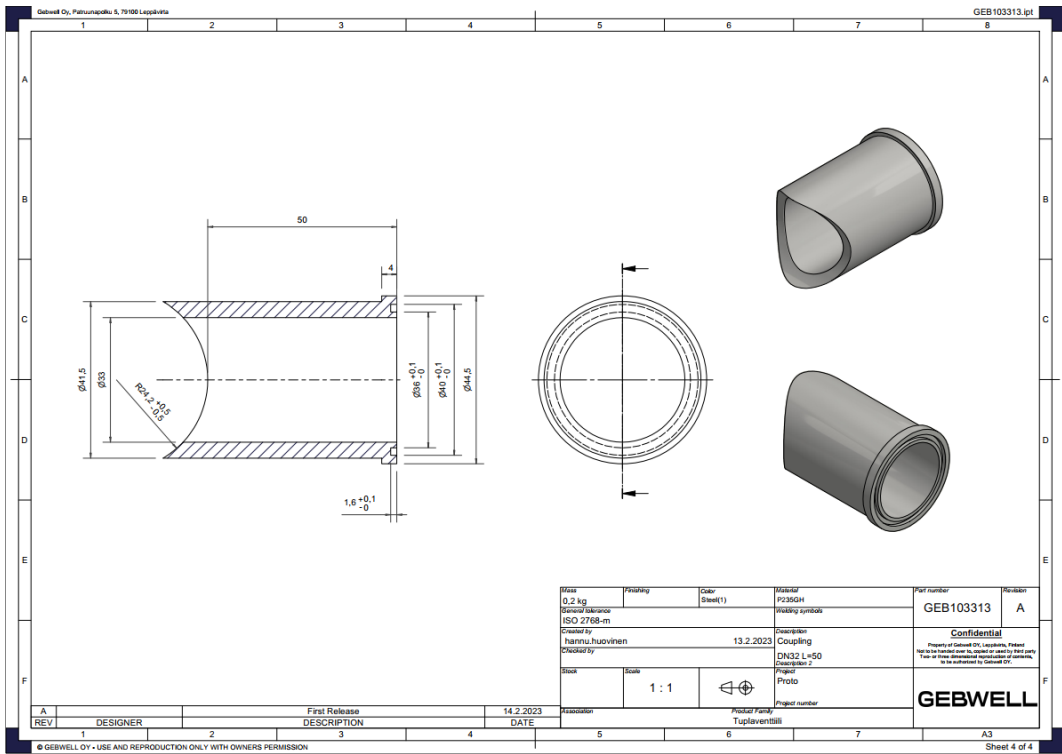
<b>DN (mm) = Diameter Nominal = nimellinen halkaisija milleissä</b>	<b>NPS = Nominal Pipe Size = nimellinen koko tuumissa</b>	<b>Ulkohalkaisija (mm) noin</b>
6	1/8	10,3
8	1/4	13,5-13,7
10	3/8	17,2
15	1/2	21,3
20	3/4	26,7-26,9
25	1	33,4-33,7
32	1 1/4	42,2-42,4
40	1 1/2	48,3
50	2	60,3
65	2 1/2	73,0-76,1
80	3	88,9
90	3 1/2	101,6
100	4	114,3
125	5	139,7-141,3
150	6	168,3
200	8	219,1
250	10	273,0
300	12	323,9
350	14	355,6
400	16	406,4
450	18	457,0
500	20	508,0
550	22	558,8
600	24	610,0
650	26	660,4
700	28	711,1
750	30	762,0
800	32	813,0
900	36	914,0
1000	40	1016,0
1050	42	1067,0
1100	44	1118,0
1200	48	1219,0
1300	52	1321,0
1400	56	1422,0
1500	60	1524,0
1600	64	1626,0
1700	68	1727,0
1800	72	1829,0
1900	76	1930,0
2000	80	2032,0
2200	88	2235,0

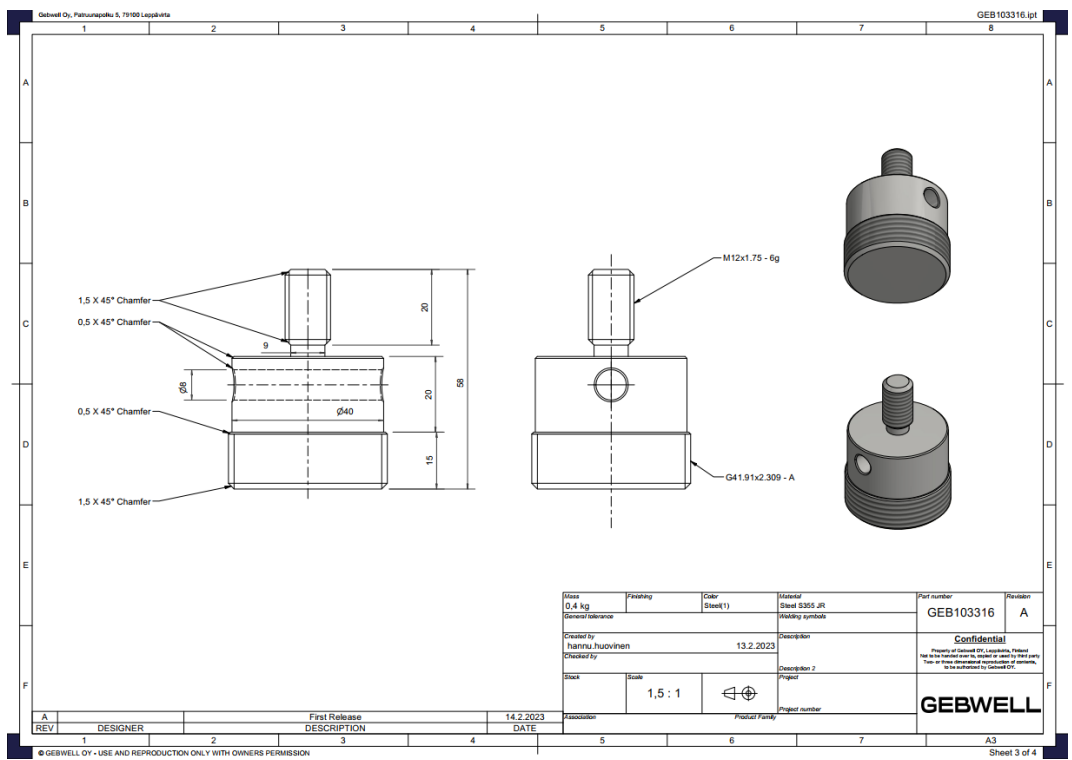
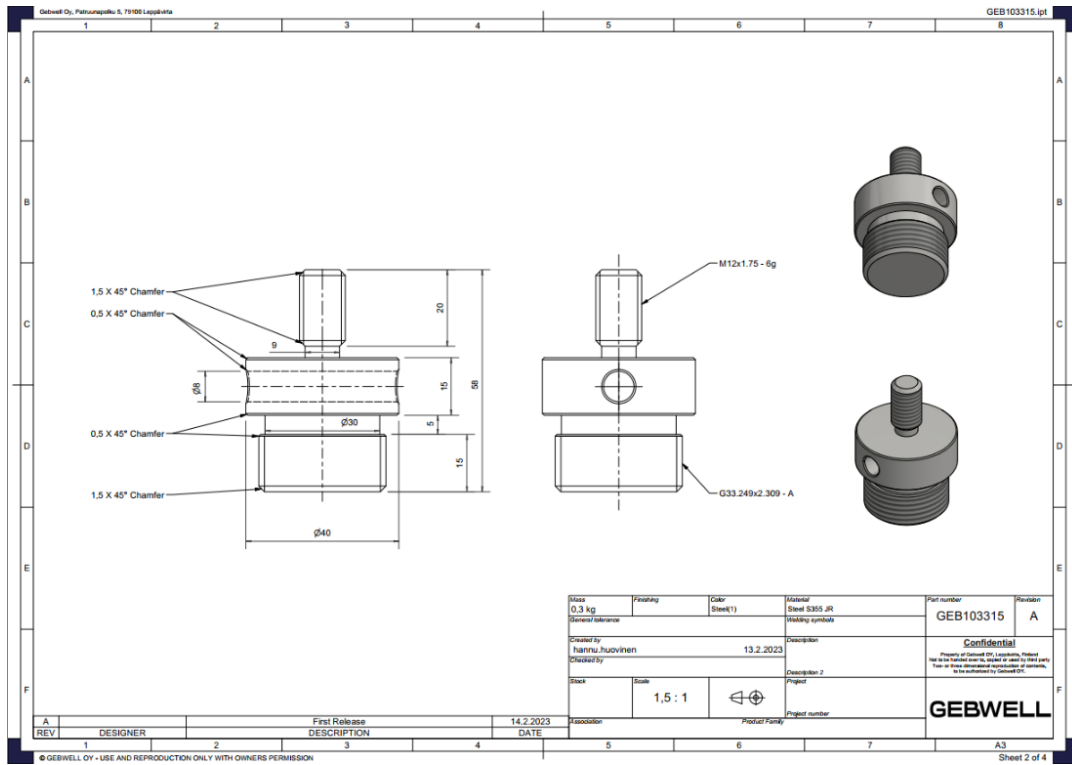
LIITE 7: VALMISTUSKUVAT

Gebwell Oy, Patrusopolku 5, 71100 Lappiälä				GEB501026.iam																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8																																																																		
A							A																																																																		
B																																																																									
C																																																																									
D																																																																									
E																																																																									
F																																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Name</td> <td style="width: 15%;">Finishing</td> <td style="width: 15%;">Color</td> <td style="width: 15%;">Material</td> <td style="width: 15%;">Part number</td> <td style="width: 10%;">Revision</td> </tr> <tr> <td>N/A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>GEB501026</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td colspan="3">General tolerance</td> <td>Marking symbols</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Designed by</td> <td colspan="2">Release date</td> <td style="text-align: center;"><b>Confidential</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3">hannu.huovinen</td> <td colspan="2">28.2.2023</td> <td style="font-size: 8px;">Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Checked by</td> <td colspan="2">Description 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2">Project</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Scale</td> <td colspan="2">Project number</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">1 : 10</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><b>GEBWELL</b></td> </tr> </table>				Name	Finishing	Color	Material	Part number	Revision	N/A				GEB501026	A	General tolerance			Marking symbols			Designed by			Release date		<b>Confidential</b>	hannu.huovinen			28.2.2023		Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.	Checked by			Description 2						Project			Scale			Project number			1 : 10					<b>GEBWELL</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">REV</td> <td style="width: 15%;">DESIGNER</td> <td style="width: 15%;">DESCRIPTION</td> <td style="width: 15%;">DATE</td> <td style="width: 15%;">Revision</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>hannu.huovinen</td> <td>First Release</td> <td>28.2.2023</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				REV	DESIGNER	DESCRIPTION	DATE	Revision		A	hannu.huovinen	First Release	28.2.2023		
Name	Finishing	Color	Material	Part number	Revision																																																																				
N/A				GEB501026	A																																																																				
General tolerance			Marking symbols																																																																						
Designed by			Release date		<b>Confidential</b>																																																																				
hannu.huovinen			28.2.2023		Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.																																																																				
Checked by			Description 2																																																																						
			Project																																																																						
Scale			Project number																																																																						
1 : 10					<b>GEBWELL</b>																																																																				
REV	DESIGNER	DESCRIPTION	DATE	Revision																																																																					
A	hannu.huovinen	First Release	28.2.2023																																																																						
© GEBWELL OY - USE AND REPRODUCTION ONLY WITH OWNERS PERMISSION				A3 Sheet 1 of 1																																																																					

Gebwell Oy, Patrusopolku 5, 71100 Lappiälä				GEB103310.ipt																																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8																																																																								
A							A																																																																								
B																																																																															
C																																																																															
D																																																																															
E																																																																															
F																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Name</td> <td style="width: 15%;">Finishing</td> <td style="width: 15%;">Color</td> <td style="width: 15%;">Material</td> <td style="width: 15%;">Part number</td> <td style="width: 10%;">Revision</td> </tr> <tr> <td>0.1 kg</td> <td></td> <td>Steel(1)</td> <td>FC25GH</td> <td>GEB103310</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td colspan="3">General tolerance</td> <td>Marking symbols</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">ISO 2768-m</td> <td colspan="2">Description</td> <td style="text-align: center;"><b>Confidential</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Designed by</td> <td colspan="2">Release date</td> <td style="font-size: 8px;">Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">hannu.huovinen</td> <td colspan="2">13.2.2023</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Checked by</td> <td colspan="2">Description 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2">Project</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Scale</td> <td colspan="2">Project number</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">1 : 1</td> <td colspan="2">Tuplaveritilli</td> <td style="text-align: center;"><b>GEBWELL</b></td> </tr> </table>				Name	Finishing	Color	Material	Part number	Revision	0.1 kg		Steel(1)	FC25GH	GEB103310	A	General tolerance			Marking symbols			ISO 2768-m			Description		<b>Confidential</b>	Designed by			Release date		Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.	hannu.huovinen			13.2.2023			Checked by			Description 2						Project			Scale			Project number			1 : 1			Tuplaveritilli		<b>GEBWELL</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">REV</td> <td style="width: 15%;">DESIGNER</td> <td style="width: 15%;">DESCRIPTION</td> <td style="width: 15%;">DATE</td> <td style="width: 15%;">Revision</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>hannu.huovinen</td> <td>First Release</td> <td>14.2.2023</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				REV	DESIGNER	DESCRIPTION	DATE	Revision		A	hannu.huovinen	First Release	14.2.2023		
Name	Finishing	Color	Material	Part number	Revision																																																																										
0.1 kg		Steel(1)	FC25GH	GEB103310	A																																																																										
General tolerance			Marking symbols																																																																												
ISO 2768-m			Description		<b>Confidential</b>																																																																										
Designed by			Release date		Property of Gebwell Oy, Lappeenranta, Finland. Not to be further copied, copied or altered in any way. This is the intellectual property of Gebwell Oy. It is to be used only for the intended purpose.																																																																										
hannu.huovinen			13.2.2023																																																																												
Checked by			Description 2																																																																												
			Project																																																																												
Scale			Project number																																																																												
1 : 1			Tuplaveritilli		<b>GEBWELL</b>																																																																										
REV	DESIGNER	DESCRIPTION	DATE	Revision																																																																											
A	hannu.huovinen	First Release	14.2.2023																																																																												
© GEBWELL OY - USE AND REPRODUCTION ONLY WITH OWNERS PERMISSION				A3 Sheet 1 of 4																																																																											









## LIITE 8: TYÖNTÖTANKOKIINNITIN (HALDER, EI PVM)

Kiinnityselementit  
Vipukiinnitin

**Työntötankokiinnitin - Kiinnityskierteellä**  
23330.2106



**Tuotekuvaus**

Vipukiinnittimille ovat ominaista optimaalinen voiman ja liikkeen välinen suhde ja kevyt käsittely. Niiden ansiosta polvivipu kiinnittimiä voidaan käyttää moniin tarkoituksiin eri aloilla. Vipukiinnittimiä käytetään esim. metalliteollisuudessa kiinnittämiseen porattaessa, hitsattaessa, taivutettaessa, hiottaessa, testattaessa ja asennettaessa tai puun ja muovin työstössä ilmaus-, poraus-, leikkaus- ja jyrästä jigeissä. Pikakiinnittimen polvinivelperiaate mahdollistaa kiinnittimen laajan ja nopean avaamisen. Avauttuna työkappale on täysin vapaa ja sen voi ottaa esteettä pois. Suuri välitys tuottaa suuret kintisyvoimat pienellä käsivoimalla. Kiinnitysasennon itselukitus estää kiinnittimen avautumisen työstön aikana. Vipukiinnittimet valmistetaan laadukkaista komponenteista ja ne toimivat pitkään ilman mitään huoltoa. Öljyä kestävä ergonominen 2-komponenttikahva, jossa on karhennettu, pehmeä ja suuri kädensija, tekee kiinnittimen käytöstä helppoa.

**Materiaali**

**Kiinnitysrauta**

- Teräs, galvanoitu, passiivoitu

**Niitti**

- Ruostumaton teräs

**Kahva**

- muovi

**Paininruuvi**

- Nuomutusteräs, galvanoitu

**Paininsuojus**

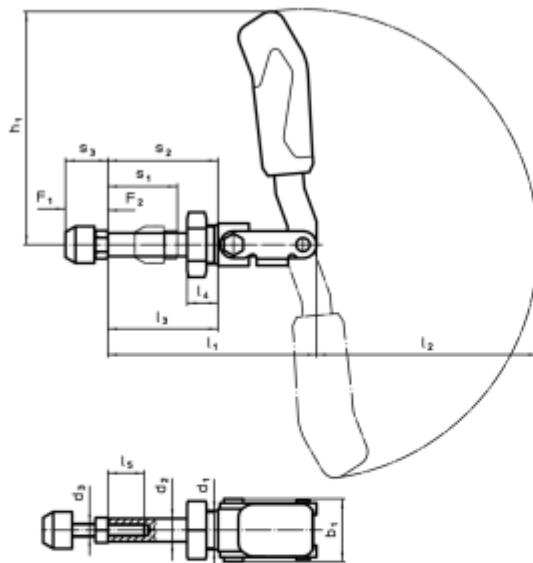
- Kumia, musta

**Lisätietoja**

**Vaihtaukset**

Vaihtoruuveja on saatavana varaosina verkkokaupasta.

**Piirustus**




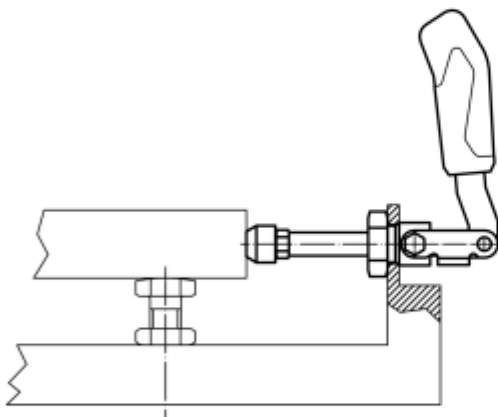
**Kiinnityselementit**  
 Vipukiinnitin

**Tilastiedot**

Nimelliskäpärinruuvi	Ulkomitat												Isku $s_1$ (mm)	Pitovoima		Temper.		Ti.nro			
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$b_1$	$h_1$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$s_2$	$s_3$		$s_4$	$F_1$	$F_2$	min.		max.	[°C]	[g]
[mm]	[mm]												[mm]	[kN]		[°C]		[g]			
6	M12 x 50	M24 x 1,5	16	M12	40	140	175	139	92	24	45	92	30	50	67	4	4	-10	80	927	23330.2106

**Lisätarvikkeet**

	$d_2$ [mm]		Ti.nro
<b>Päinruuvi (puristus-veto-tyyppisen vipukiinnittimen varaosa)</b>			
 No Photo available	M12 x 50	73	23330.9018

**Sovellusesimerkki**

**Vaatumuksenmukaisuus**
**RoHS-yhteensopiva**

Täyttävät direktiivin 2011/65/EU ja direktiivin 2015/863 vaatimukset

**Ei sisällä SVHC-ainetta**

Ei sisällä yli 0,1 % w/w SVHC-ainetta - SVHC-luettelo 10.06.2022.

**Ei sisällä Prop 65 -ainetta**

 Ei sisällä Prop 65 -ainetta  
<https://www.P65Warnings.ca.gov/>
**Ei sisällä konfliktimineraaleja**

Tämä tuote ei sisällä "konfliktimineraaleiksi" luokiteltuja aineita, kuten tantaalia, tinaa, kultaa tai volframia Kongon demokraattisesta tasavallasta tai sen naapurimaista.\*

**LIITE 9: LIITTIMIEN LISÄKUSTANNUKSET**

Liite 9 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

**LIITE 10: HANKINTAKUSTANNUKSET ADAPTEREILLE JA LIITTIMEN KOE-ERÄLLE (GEBWELL OY, 2023)**

Liite 10 sisältää yrityskohtaista tietoa ja on siten jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

LIITE 11: VALMISTUSKUVAT REVIOSIO-B LIITTIMET

