

Juurikaasun mekanisointi plasmahitsauksessa

Aatu Lukkarinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Aatu Lukkarinen	
Työn nimi Juurikaasun mekanisointi plasmahitsauksessa	
Päiväys 24.3.2013	Sivumäärä/Liitteet 31
Ohjaaja(t) Lehtori Pertti Kupiainen, hitsauskoordinaattori Antti Paakinaho, Savon ammatti- ja aikuisopisto	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Tehtaanjohtaja Samppo Huttunen, YIT Teollisuus Oy, Leppävirran konepeja	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin plasmahitsauksessa käytettävän juurikaasun mekanisointia. Työn toimeksiantajana toimii Yit Teollisuus Oy:n Leppävirran tehdas, joka on erikoistunut ruostumattomien, haponkestävien ja duplex-teräksisten säiliöiden ja putkistojen valmistukseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, missä tilanteissa juurikaasun mekanisoinnille on tarvetta ja löytää mekanisointiin toimiva ratkaisu.</p> <p>Opinnäytetyöhön haastateltiin YIT Teollisuus Oy:n työntekijöitä plasmahitsaukseen ja juurensuojaukseen liittyvistä ongelmista. Oma tietämystä plasmahitsauksesta syvennettiin aiheeseen liittyvällä kirjallisuudella. Haastattelujen ja palaverien pohjalta laadittiin työn toimeksiantajan kanssa selvityksen juurensuojauksen ongelmista ja etsittiin niihin ratkaisut niin tuottavuus- kuin työturvallisuusnäkökohdat huomioiden.</p> <p>Lopputuloksena saatiin selvitys juurikaasun käytön ongelmista sekä toimiva ratkaisu plasmahitsauksen juurikaasun mekanisointiin. Ratkaisulla saadaan alennettua tuotteiden tuotantokustannuksia sekä parannettua työergonomiaa ja työturvallisuutta.</p>	
Avainsanat plasmahitsaus, suojakaasu, juurikaasu, mekanisointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology			
Author(s) Aatu Lukkarinen			
Title of Thesis Mechanization of backing gas in plasma welding			
Date	24 march 2013	Pages/Appendices	31
Supervisor(s) Mr. Pertti Kupiainen, Lecturer, Mr. Antti Paakinaho, Welding Cordinator, Savon ammatti- ja aikuisopisto			
Client Organisation /Partners Mr. Samppo Huttunen, Factory Manager, YIT Teollisuus Oy Leppävirta			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to create mechanization plans for backing gas which is required in plasma welding. The project was commissioned by YIT Teollisuus Oy from the town of Leppävirta. The company is specialized in manufacturing tanks and pipelines of such materials as stainless steel, acid-proof steel and duplex stainless steel. The aim of this thesis was to find out in which situations mechanization is needed and to make a working prototype to mechanize the backing gas.</p> <p>Employees of the company were interviewed concerning plasma welding and backing gas problems. Author's current knowledge about plasma welding was completed with relevant literature. Based on the interviews and meetings and research of problems in backing gas, a solution was found to the client company.</p> <p>As a result of this thesis solutions to problems in backing gas were obtained and a working prototype to mechanize backing gas was developed. This mechanization solution helps to decrease the production costs of products and it improves both the work ergonomic and safety issues.</p>			
<p>Keywords plasma welding, shielding gas, backing gas, mechanization</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	6
1.2	YIT Teollisuus Oy	6
2	HITSAUS.....	7
2.1	Yleistä tietoa hitsauksesta	7
2.2	Plasmahitsaus	8
2.2.1	Plasmahitsauksen toimintaperiaate	9
2.2.2	Plasmahitsauksen laitteistokokoonpano	13
3	SUOJAKAASU.....	15
3.1	Yleistä suojakaasusta.....	15
3.2	Juurensuojaus ruostumattomalle teräkselle.....	17
3.3	Juurensuojauksen toteutus.....	18
4	TYÖN TOTEUTUS.....	20
4.1	Nykytilan kuvaus	20
4.2	Ongelmien kartoitus.....	21
4.3	Ratkaisut	23
4.4	Ratkaisun tuomat kustannussäästöt	28
5	YHTEENVETO	29
6	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Leppävirralla sijaitsevan YIT Teollisuus Oy:n plasmahitsausmenetelmän juurikaasun mekanisointia. Juurikaasun mekanisoinnilla pyritään alentamaan tuotteiden valmistuskustannuksia sekä parantamaan työergonomiaa ja työturvallisuutta. Plasmahitsauksen edellyttämä juurikaasun käyttö on manuaalisesti toteutettu, mistä syystä menetelmä vaatii hitsausta suorittavan operaattorin lisäksi työntekijän juurikaasua syöttämään. Juurikaasun käyttäjä joutuu usein hankaliin työasentoihin juurikaasun saamiseksi kohteeseen hitsattavien tuotteiden koon ja muotojen vuoksi. Työssä pyritään löytämään toimiva ratkaisu juurikaasun mekanisointiin kehittämällä valmiita mekanisointilaitteita.

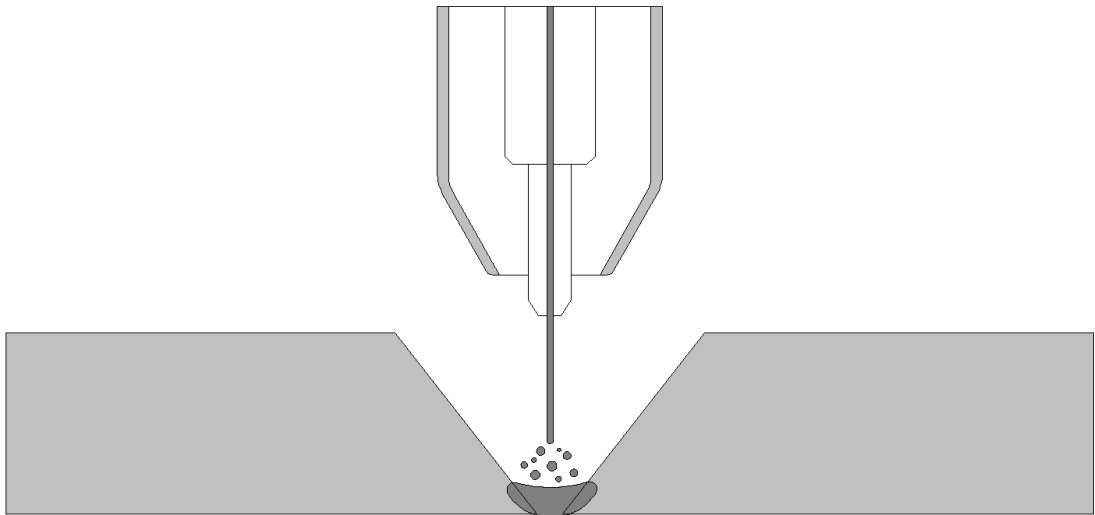
1.2 YIT Teollisuus Oy

YIT Teollisuus Oy on osa suurempaa YIT-konsernia, jonka palveluihin kuuluvat teollisuuden lisäksi asunto-, toimitila-, kiinteistö-, infra- ja kuntapalvelut. YIT Teollisuus Oy:n toimipaikat sijaitsevat Ylivieskassa, Varkaudessa ja Leppävirralla, joista viimeksi mainittuun tämä opinnäytetyö tehtiin. YIT:n Leppävirran-tehdas on Ylivieskassa ja Varkaudessa sijaitseviin tehtaisiin poiketen erikoistunut mm. ruostumattomien, haponkestävien ja duplex-teräksisten säiliöiden, putkisto- ja laitekomponenttien suunnitteluun ja valmistamiseen. (YIT)

2 HITS AUS

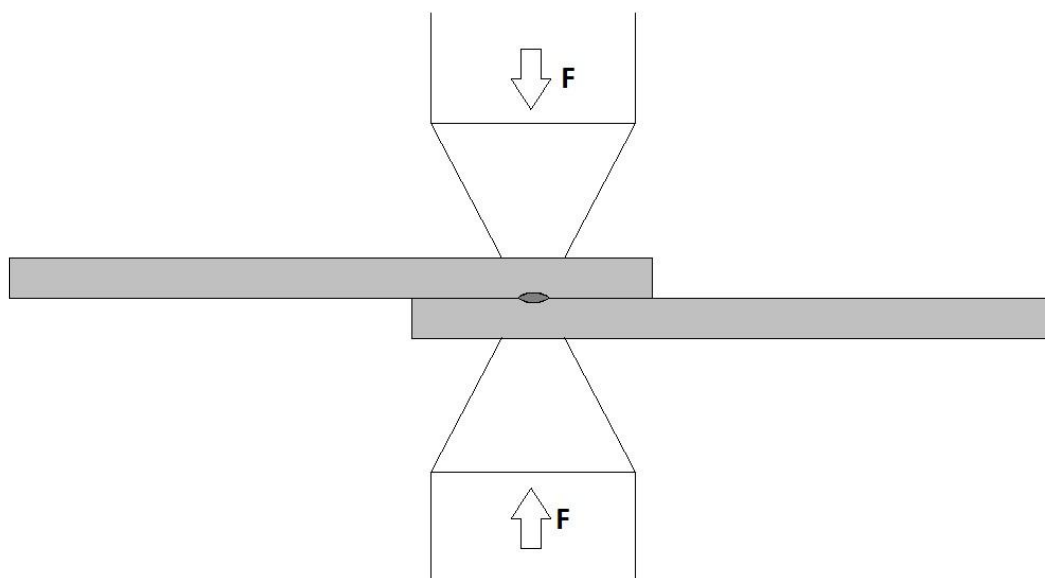
2.1 Yleistä tietoa hitsauksesta

Standardi SFS 3052 määrittelee hitsauksen termin seuraavasti: ”*Valmistusmenetelmä, jolla osia liitetään tai päällystetään käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden*” (Standardi SFS 3052). Hitsausprosessit voidaan jaotella kahteen pääryhmään: sulahitsausprosesseihin ja puristushitsausprosesseihin. Sulahitsauksella (kuvio 1) tarkoitetaan menetelmää, jossa kappaleiden liitoskohdat kuumennetaan sulamislämpötilaan. Sulamislämpötila voidaan saavuttaa sulahitsauksessa joko lisäainetta apuna käyttäen tai ilman lisäainetta. Yleisimpiä sulahitsausmenetelmiä ovat MIG/MAG-hitsaus, puikkohitsaus ja TIG-hitsaus. (Lepola & Makkonen 2009, 8-9.)



KUVIO 1. Sulahitsaus. Aatu Lukkarinen 2012

Puristushitsauksella (kuvio 2) tarkoitetaan hitsausprosessia, jossa yhteenliitettävien kappaleiden hitsaamiseen ei käytetä lainkaan lisäainetta, vaan yhteenliittäminen tapahtuu puristamalla liitospinnat tietyllä voimalla toisiaan vasten. Yhteen puristetut osat kuumennetaan tiettyyn lämpötilaan, jolloin saadaan liitospinnat hitsautumaan yhteen. Yleisin käytössä oleva puristushitsausmenetelmä on pistehitsaus. (Lepola & Makkonen 2009, 8-9.)



KUVIO 2. Pistehitsaus. Aatu Lukkarinen 2012

2.2 Plasmahitsaus

Plasmahitsaus kuuluu kaasukaarihitsausprosesseihin. Plasmahitsauksessa käytetty pääasiallinen lämmönlähde, plasma, syntyy valokaaren palaessa suojakaasun ja plasmakaasun muodostaman kaasuatmosfäärin läpi, volframielektrodin ja työkappaleen välillä. Plasma on aineen olomuodoista neljäs, mikä tarkoittaa olomuodon sisältävän molekyyliä, atomeja, elektroneja ja ioneja samanaikaisesti. Plasman saavuttamat lämpötilat ovat huomattavasti korkeammat kuin muissa hitsausmenetelmissä. Jos plasmasuihkun ytimen lämpötilaa verrataan esimerkiksi happi-asetyleeniliikin lämpötilaan, joka on noin 3100 °C, ylittää plasmasuihkun ytimen lämpötila jopa 25 000 °C:een. Plasmakaari saadaan syntymään, kun valokaari yhdessä plasmakaasun kanssa pakotetaan kuparista valmistetun suuttimen läpi suurella nopeudella. Näin TIG-hitsauksesta tuttu kartiomainen valokaaren muoto saadaan muutettua patsasmaiseksi sylinterinmuotoiseksi valokaareksi. (Kyröläinen & Lukkari 2002, 365.)

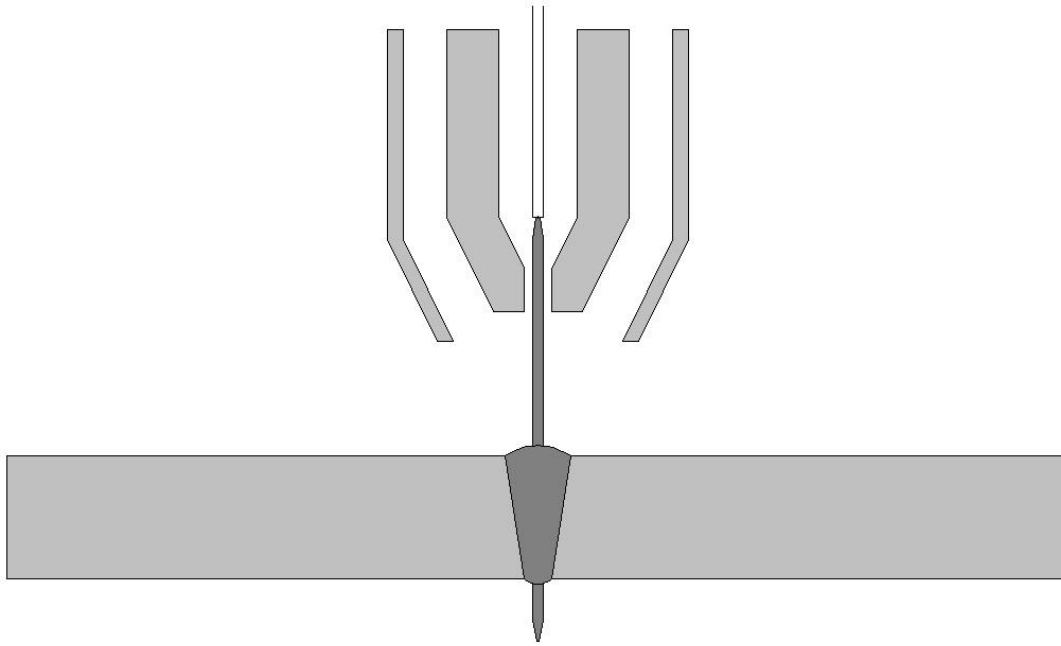
Plasmahitsausmenetelmää käytetään eniten ruostumattomien terästen hitsaukseen. Ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa säiliöissä, putkistoissa ja levyissä pystytään hyödyntämään plasmahitsauksen parhaita etuja, kuten yhdeltä puolelta hitsausta yhdellä palolla jopa 12 mm:iin asti. Menetelmällä hitsataan myös rakenneteräksiä, kuparia ja titaania. Plasmahitsaus mahdollistaa myös alumiinin hitsauksen, vaikka alumiinin hitsaus vaatiikin menetelmältä erikoistoimenpiteitä ja virtalähteeltä erityisominaisuuksia. Plasmahitsauksen saavuttamat edut ovat nähtävissä taulukossa 1. (Lukkari 2002, 275-276; Lepola & Makkonen 1998, 52.)

TAULUKKO 1. Plasmahitsauksen edut ja haitat (Kyröläinen & Lukkari 2002, 369)

Etu	Haitta
Tehokkuus	Tarkka railonsovitus
Suuri tunkeuma	Juurikaasun käyttötarve
Hyvä hitsin laatu	Rajattu käyttöalue
Vähäinen lisäaineen tarve	
Hyvin ohuet ainevahvuudet (mikroplasmahitsaus)	
Roiskeettomuus	
Hitsaus yhdeltä puolelta	
Pienet muodonmuutokset	

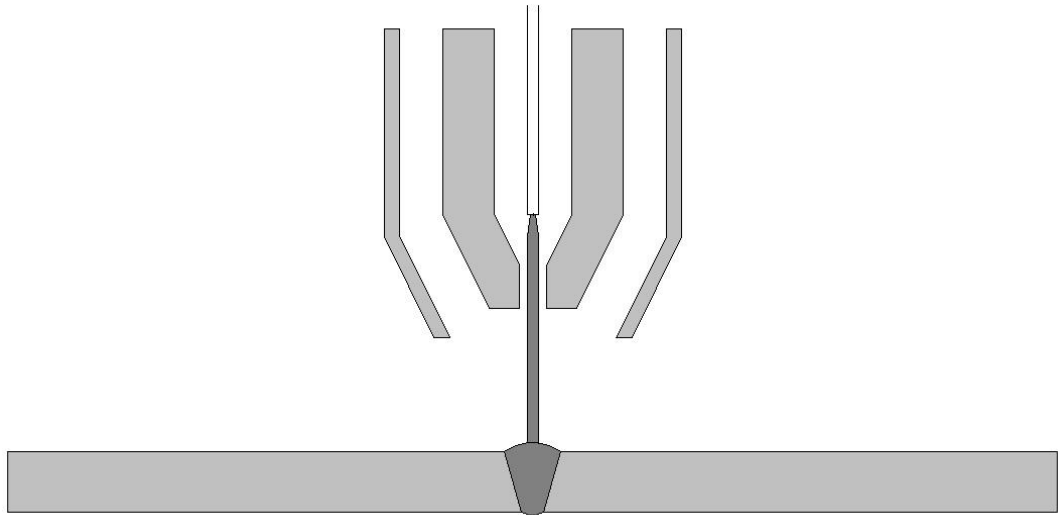
2.2.1 Plasmahitsauksen toimintaperiaate

Plasmahitsaus voidaan jakaa toimintaperiaatteen mukaan kahteen hitsaustapaan, jotka ovat plasmahitsaus sulattavalla valokaarella ja plasmahitsaus lävistävällä valokaarella (kuvio 3). ”Lävistävässä plasmahitsauksessa plasmapatsas syrjäyttää kohdistuspisteessä altaan sulavan metallin reiäksi, jolloin polttimen liikkuessaan eteenpäin sula juoksee reiän takaosaan muodostaen jähmettyessään hitsin” (hitsaustekniikka ja teräsrakenteet, Lepola & Makkonen, 2009, 12). Tätä plasmapatsaan muodostamaa reikää kutsutaan avaimenreiäksi, lävistävällä valokaarella hitsauksen englenninkielinen nimi onkin keyhole welding. Lävistävää valokaarta ei voida hyödyntää muissa kaarihitsausprosesseissa kuin plasmahitsauksessa. Lävistävän plasmahitsauksen tekniikkaa voidaan käyttää noin 3 mm:n ainevahvuudesta alkaen. (Lukkari 2002, 274-275)



KUVIO 3. Plasmahitsaus lävistävällä valokaarella. Aatu Lukkarinen 2012

Plasmahitsaus sulattavalla valokaarella (kuvio 4) muistuttaa hyvin paljon TIG-hitsausta. Sulattavalla valokaarella hitsauksessa railopinnat sulatetaan toisiinsa ilman reiän muodostusta, jota käytetään lävistävän plasmahitsauksen tekniikassa. Yleensä sulattavaa valokaarta käytetään käsinhitsauksessa. (Lukkari 2002, 274)



KUVIO 4. Plasmahitsaus sulattavalla valokaarella. Aatu Lukkarinen 2012

Plasmahitsaus voidaan ryhmitellä myös hitsausvirranperusteella, vaikka ryhmittely on hieman epämääräisempi. Hitsausvirran perusteella jaoteltaessa ryhmiä on kolme, jotka on ryhmitelty taulukkoon 2. (Lukkari 2002, 274-275)

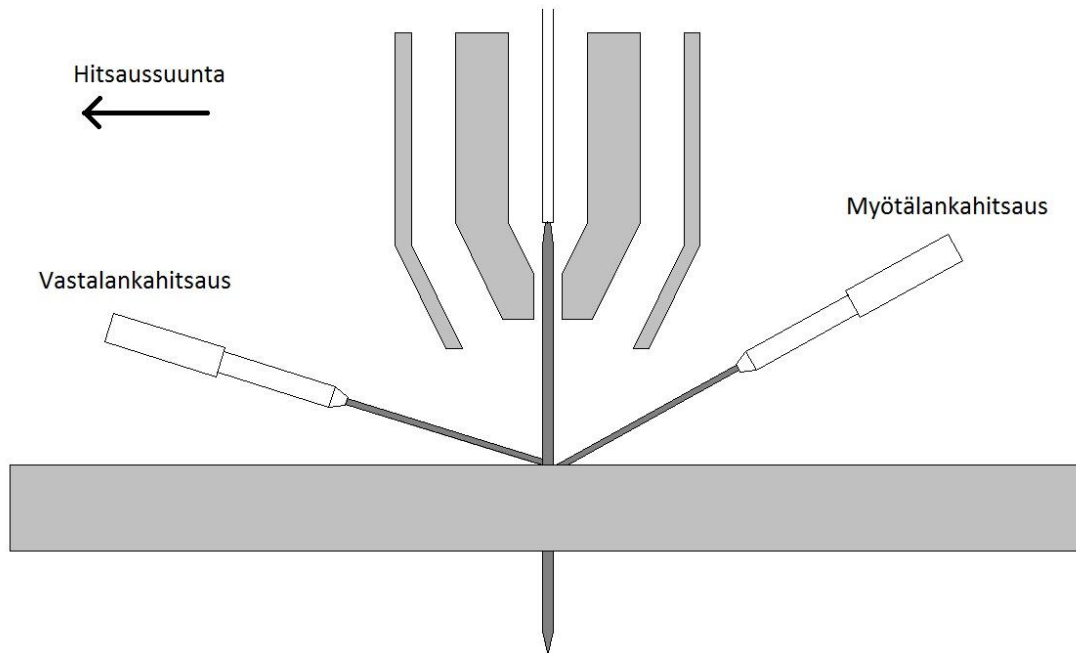
TAULUKKO 2. Plasmahitsauksen ryhmittely hitsausvirran perusteella (Lukkari 2002, 275)

Menetelmä	Mikroplasmahitsaus	Väliplasmahitsaus	Suurtehoplasmahitsaus
Valokaaren tyyppi	Sulattava	Sulattava	Lävistävä
Hitsausvirta (A)	0,1-15	15-100	100-500
Ainevahvuus (mm)	0,01-0,5	0,5-3	3-12*

* I-railo yhdellä palolla ilman ilmarakoa

Plasmahitsaus voidaan suorittaa joko lisäaineen kanssa tai ilman lisäainetta, mutta kuitenkin lisäaineen käyttö plasmahitsauksessa on yleisempää. Tarve lisäaineen käytöstä määräytyy railopintojen sovitustarkkuudesta. Lisäaineena voidaan plasmahitsauksessa käyttää tavallisen umpilangan lisäksi metallitäytelankaa tai ns. kuumalankaa. Hitsattaessa jauheplasma menetelmällä, lisäaineena toimiva jauhe

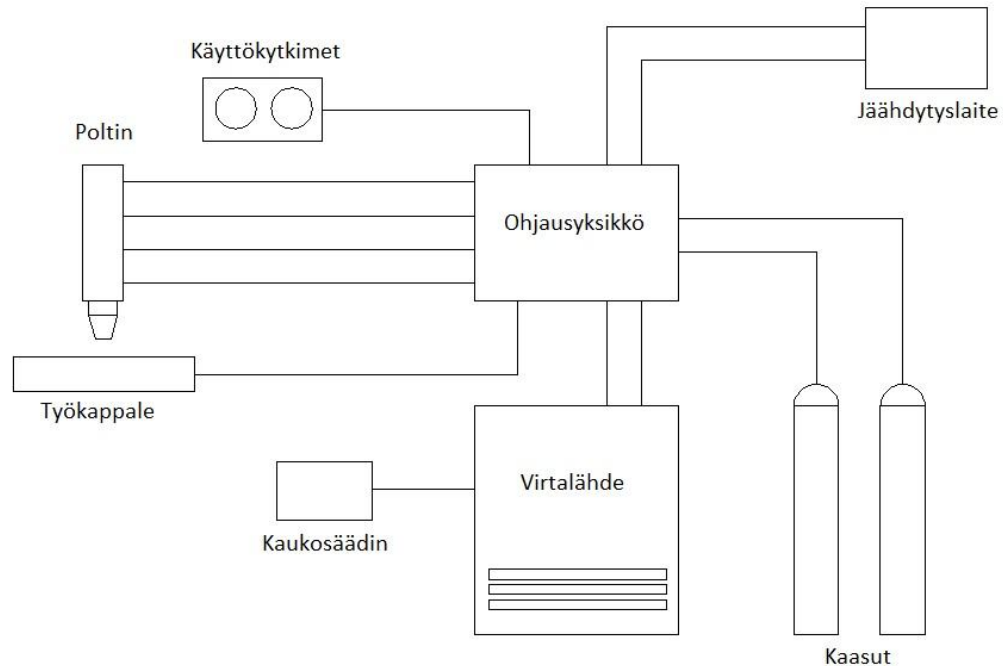
syötetään pieninä hiukkasina suojakaasun mukana hitsattavaan kohteeseen. Lisäainelankaa käytettäessä langan syöttö voidaan jaotella kahteen tyyppiin lisäaineen syöttö suunnan mukaan (kuvio 5). Vastalankahitsauksessa lisäaineen syöttö tapahtuu hitsauspolttimen edestä, jolloin lisäaine pakenee pisaroina valokaaren taakse muodostaen sauman. Myötälankahitsaus on menetelmänä haastavampaa kuin vastalankahitsaus, johtuen lisäainelangan osumisesta lävistysreiän reunaan. Tämä aiheuttaa hitsausvirheitä, kaaritalan häiriöitä ja pisarointia. Myötälankahitsaus vaatiikin vastalankahitsausta parempia langan säätömahdollisuuksia. (Jernström 1997, 8)



KUVIO 5. Myötälankahitsaus ja vastalankahitsaus. Aatu Lukkarinen 2012

2.2.2 Plasmahitsauksen laitteistokokoonpano

Tyypilliseen plasmahitsauksen kokoonpanoon (kuvio 6) kuuluu virtalähde, virtalähteen ohjausyksikkö, hitsauspoltin, kaasujen ohjausyksiköt, jäähdytyslaitteisto ja lisääineensyöttölaitteisto. Lisäksi kokoonpanoon on saatavissa erilaisia lisälaitteita, kuten railonseurantalaitteisto. (Jernström 1997, 11-13)



KUVIO 6. Plasmahitsauslaitteiston kokoonpano. Aatu Lukkarinen 2012

Plasmahitauksessa käytettävä virtalähde määräytyy mm. hitsattavan materiaalin ja ainevahvuuden mukaan. Eri materiaalien vaatimat virranvoimakkuudet eroavat hyvin paljon toisistaan, joten käyttötarkoitukseen soveltuvan virtalähteen valinta on perusteltua. Plasmahitsauksessa käytetyt virtalähteet muistuttavat toiminnaltaan hyvin paljon TIG-hitsauksessa käytettyjä virtalähteitä, joita usein käytetäänkin plasmahitsauksessa. Ohjausyksikkö sisältää sytytyskipinäyksikön apukaaren sytyttämiseen, säätöyksiköt suoja-, plasma- ja juurikaasuille sekä kaasuautomatiikan. (Lukkari 2002, 277-278; Jernström 1997, 11)

Plasmapoltin (kuva 1) käsittää kädensijan, kaasusuuttimen, plasmakaasu suuttimen ja elektrodin, joka on samanlainen kuin TIG-hitsauksessa käytetty volframista valmistettu puikko, jota yleensä seostetaan niukasti toriumilla. Plasmahitsauspolttimessa elektrodi sijaitsee TIG-hitsauksesta poiketen polttimen

sisällä elektrodin vaurioitumisen välttämiseksi. Elektrodin pää hiotaan kartion malliseksi, jonka kulma on noin 30-60°, riippuen käytettävästä polttimesta ja hitsausvirrasta. (Jernström 1997, 12)



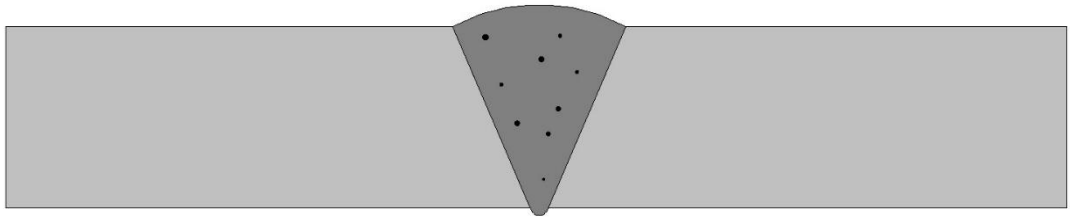
Kuva 1. Plasmapoltin. Aatu Lukkarinen 2012

Lisäaineensyöttö yksikköinä plasmahitsauksessa käytetään usein mekanisoituun TIG-hitsaukseen tarkoitettuja langansyöttölaitteita, josta lanka ohjataan joko vastalanka menetelmällä elektrodin eteen tai myötälanka menetelmällä elektrodin taakse hitsaussuunnasta katsottuna. Plasmahitsausmenetelmän ollessa jauheplasmahitsaus, lisäaineena toimiva jauhe säädetään jauheensyöttö ruuvilla suojakaasun joukkoon, minkä mukana se kulkeutuu hitsattavaan kohteeseen. (Lukkari 2002, 277-278; Jernström 1997, 11-13)

3 SUOJAKAASU

3.1 Yleistä suojakaasusta

Kaasukaarihitsauksessa käytettävän suojakaasun tärkein tehtävä on suojata jähmettyvää hitsisulaa ympäröivän ilman haitallisilta vaikutuksilta. Samalla suojakaasu tarjoaa palamisprosessille parhaat mahdolliset olosuhteet. Mikäli hitsisula pääsee kosketuksiin ilman kanssa, ilman sisältämä happi hapettaa hitsisulaa. Ilman sisältämä typpi ja kosteudet puolestaan aiheuttavat hitsiin huokoisuutta (kuvio 7). (AGA 2003, 4)



KUVIO 7. Huokosia hitsissä. Aatu Lukkarinen 2012

Ilmalta suojaamisen lisäksi suojakaasulla on useita muitakin tärkeitä tehtäviä (taulukko 3). (AGA 2003, 4)

TAULUKKO 3. Suojakaasun tehtävät (AGA 2003, 4)

Tehtävä	Selitys
Hitsin ulkonäkö	Suojakaasu vaikuttaa roiskeiden ja kuonan määrään
Metallurgia	Suojakaasu vaikuttaa seosaineiden palamishäviöihin, jolla on vaikutusta hitsin mekaanisiin ja korroosio ominaisuuksiin
Hitsin muoto	Suojakaasu vaikuttaa hitsikuvun korkeuteen ja hitsin tunkeumaan
Hitsausnopeus	Suojakaasu vaikuttaa hitsausnopeuteen ja hitsauskustannuksiin
Valokaaren vakaus	Suojakaasu vaikuttaa valokaaren vakauteen
Aineensiirtyminen	Suojakaasu vaikuttaa lisäaineensiirtymistapaan
Työympäristö	Suojakaasu vaikuttaa hitsausuurujen ja savujen muodostumiseen

Kaikissa hitsausprosesseissa suojakaasun käyttö ei kuitenkaan ole tarpeellista, kuten esimerkiksi puikkohitsauksessa. Tässä edellämainituissa hitsausprosessissa hitsisulan päälle muodostuu lisäaineen tuottama kuonakerros, joka suojaa jähmettyvää hitsisulaa ympäröivän ilman sisältämältä hapelta ja typeltä sekä kosteudelta.

3.2 Juurensuojaus ruostumattomalle teräkselle

Ruostumattomia teräksiä hitsattaessa tulee juurensuojaus toteuttaa erillisellä juurensuojaus laitteistolla. Ilman korkea happipitoisuus ja hitsauksen aiheuttama, noin 200-300 °C:een lämpötila aiheuttavat teräksen pintaan paksun oksidikalvon, joka on selvästi nähtävissä päästövärien muodossa. Tällainen pinta huonontaa teräksen korroosiokestävyys ominaisuuksia. (Kyröläinen & Lukkari 2002, 415)

Korroosionkestävyyttä voidaan parantaa hitsauksen jälkeen suoritettavalla peittauksella. Peittäus poistaa hitsauksessa muodostuneen hilseen sekä hilseen alla olevan kromiköyhän alueen. Peittäusmenetelmiä on useita, joista yleisempiä ovat ruiskupeittäus, sivelypeittäus, pastapeittäus ja allaspeittäus, jossa hitsattu tuote upotetaan kauttaaltaan peittäusaineeseen. Peittäusaine koostuu yleensä typpi- ja fluorivetyhapon seoksesta. Peittauksella saadaan aikaan paras mahdollinen lopputulos korroosiokestävyyden kannalta.

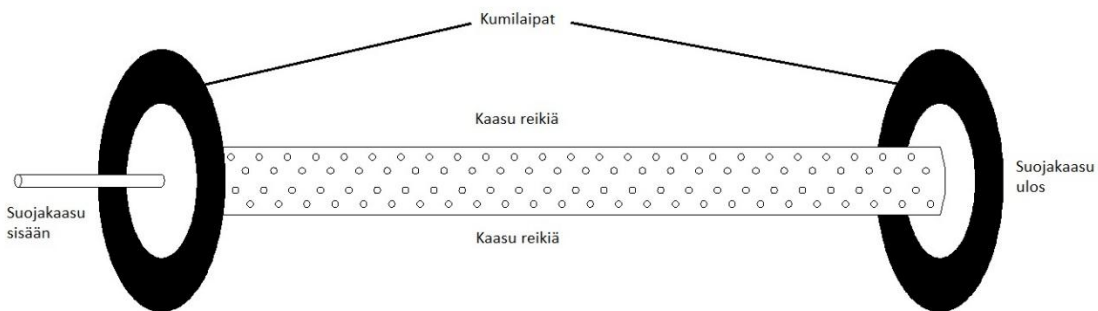
(Kyröläinen & Lukkari 2002, 415,424; Euro Inox 2004)

Juurikaasun lisäksi voidaan juurensuojaukseen käyttää juuritahnaa tai suojateippiä, jotka ovat kuitenkin harvinaisempia menetelmiä juurikaasun käyttöön verrattuna. Juurikaasuna käytetään yleisemmin puhdasta argonia, mutta käytössä on myös niin sanottu formier-kaasu, joka sisältää 90 % typpeä ja 10 % vetyä. Kaasuun lisätty vety tekee kaasusta pelkistävän, mikä tarkoittaa juuripinnan hapettumisen vähenemistä. Formier-kaasuun lisätyn vedyn takia sitä ei voi suositella ferriittisten, martensiittisten eikä ferriittis-austeniittisten eli niin kutsuttujen Duplex-terästen juurensuojaukseen.

(Kyröläinen & Lukkari 2002, 416; AGA 2003, 32)

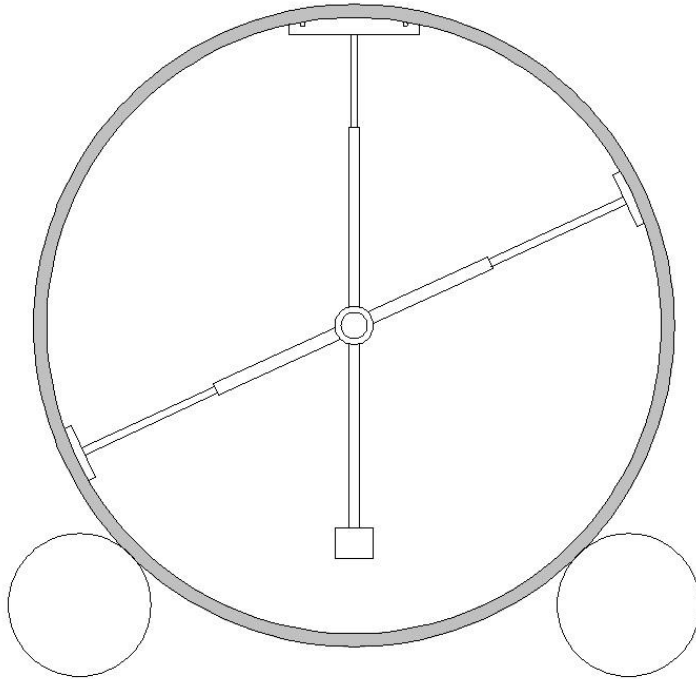
3.3 Juurensuojauksen toteutus

Markkinoilta löytyy erilaisia valmiita ratkaisuja juurensuojauksen toteutukseen, riippuen putkien ja säiliöiden koosta. Kaikista ohuimpien putkien juurensuojaus on helpoin toteuttaa tulppaamalla yhteenhitsattavien putkien molemmat päät esimerkiksi teippaamalla. Toisen pään tulppaan tarvitaan suojakaasun sisäänmenoaukko ja putken toiseen päähän kaasun ulosmenoaukko, jotta kaasunpaine ei pääse putkessa nousemaan liian suureksi. Suurempia putkia hitsattaessa juurikaasun käyttöalue rajataan usein hitsattavaan kohteeseen. Kaasu-alue rajataan usein paisuvilla- tai kumisilla juurensuojauslaipoilla (kuvio 8). (Kyröläinen & Lukkari 2002, 416)



KUVIO 8. Juurensuojauslaipat. Aatu Lukkari 2012

Suurempia säiliöitä hitsattaessa tulppien tai laippojen käyttö ei ole mahdollista, suuren ilmatilan vuoksi, jonka suojakaasun tulisi syrjäyttää. Tällöin on mahdollista käyttää säiliön juurensuojauksessa tarkoitukseen suunniteltua vastapainokaasukenkää (kuvio 9) tai magneettikaasukenkää. (Jernström 1997, 22.)



KUVIO 9. Vastapainokaasukenkä. Aatu Lukkarinen 2012

Vastapainokaasukenkä toimii nimensä mukaisesta vastapainoperiaatteella. Tällä menetelmällä voidaan hitsata säiliöiden kehähitsejä plasmahitsauksessa. Laite on tuettu säiliön sisäseinämille kahdella säädettävällä tukijalalla. Samalle akselille tukijalkojen kanssa on kiinnitetty vastapaino ja vastapainon toisessa päässä sijaitseva kaasukenkä. Säiliön pyöriessä vastapaino pitää huolen, että kaasukenkä pysyy yläasennossa. (Jernström 1997, 22.)

Magneettikaasukenkä soveltuu ei-magneettisten terästen juurensuojaukseen. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi austeniittiset ruostumattomat teräkset sekä alumiini, kupari ja titaani. Hitsattavan säiliön ulkokehällä liukuu magneettituki, joka on kiinnitetty plasmahitsauspuomiin. Säiliön sisäpuolella on magneettinen kaasukenkä, joka magnetismin avulla liukuu ulkokehällä olevan magneettituen kanssa yhtenäisesti. (Jernström 1997, 23.)

4 TYÖN TOTEUTUS

4.1 Nykytilan kuvaus

YIT:n konepajalla Leppävirralla valmistetaan säiliöitä ja putkistoja ruostumattomista, haponkestävistä, ja duplex-teräksistä. Tuotteiden valmistuksessa käytetyn plasmahitsausprosessin vaatima juurikaasun käyttö on manuaalisesti toteutettu. Plasmahitsausoperaattorin lisäksi hitsausoperaatiossa tarvitaan siis myös toinen työntekijä syöttämään hitsin juuren puolelle suojakaasua.

Hitsattavat kohteet vaihtelevat halkaisijaltaan 500 mm:n putkista kookkaisiin 5000 mm:n säiliöihin. Usein ahtaat putket ovat myös pitkiä ja putkien liitoshitsit sijaitsevat useiden metrien päässä putken ulkoreunasta. Tällöin juurikaasua operoiva työntekijä joutuu ryömimään putken sisään, jotta juuren puolelle saadaan suojakaasua syötettyä. Putkessa työskentelevä henkilö joutuu hitsauksesta johtuvien suurien läpötilojen lisäksi alttiiksi huonolle ilmanvaihdolle.

Isoja säiliöitä hitsattaessa juurikaasun pitäjä joutuu kannattelemaan pitkän varren päässä sijaitsevaa juurikaasukuppia (kuva 2) pitkiäkin aikoja, jolloin työergonomia ei ole paras mahdollinen. Tämän lisäksi työntekijän on seurattava pyöritysrullien päällä pyörivän säiliön liikkeitä, minkä vuoksi juurensuojauksessa saattaa olla puutteita. Säiliöiden sisäiset rakenteet saattavat myös hankaloittaa tai estää varrellisen juurikaasukupin käytön.



Kuva 2. Käsien pideltävä juurikaasukuppi. Aatu Lukkarinen 2012

Kun otetaan huomioon ylimääräisen työntekijän tuomat lisäkustannukset tuotteiden valmistuksessa ja työturvallisuusseikat on juurikaasun mekanoiminnin parantaminen perusteltua.

4.2 Ongelmien kartoitus

Yritys on jossain tuotannon vaiheessa kokeillut luvussa 3.3.1 esitellyn magneettikaasukengän soveltuvuutta tuotantoonsa. Magneettikaasukengän käytössä kuitenkin on ollut joitain ongelmia, eikä henkilöresurssien puutteessa ole ongelmiin ehditty etsiä ratkaisuja.

Kaasukengässä on säiliön pintaa vasten pyörivät laakeroidut rullat (kuva 3), jotka pituussuuntaisten saumojen kohdalla aiheuttivat niin suuren pistemäisen voiman, että

magneettien pitovoima ei riittänyt pitämään kaasukenkää säiliön sisäkehää vasten. Toisena ongelmana oli kaasukenkää jäykistävä rakenne, jonka vuoksi kaasukenkä ei kyennyt mukautumaan rakenteiden muotoihin. Tämä ongelma osaltaan vaikutti kaasukengän irtoamiseen.



Kuva 3. Pitkittäissaumojen vaikutus laakeroituun kuulaan. Aatu Lukkarinen 2012

Työntekijöiltä saaman palautteen perusteella kannattaa magneettikaasukengän toimintaan ja ongelmiin perehtyä. Laitteen käytön puolesta puhuvat myös muita mekanisointimalleja lyhyemmät asetusajat sekä tehtaan valmistamat tuotteet, jotka ovat lähes poikkeuksetta ei-ferriittisiä materiaaleja.

4.3 Ratkaisut

Projektin alkuvaiheessa mietittiin plasmahitsausmenetelmän korvaamista muilla hitsausmenetelmillä, mutta koska plasmahitsausmenetelmänä on tuottavuudessa niin ylivoimainen, ei sitä haluttu korvata muilla hitsausmenetelmillä.

Magneettien pitokyvyn lisäämisen toivossa kestomagneettien sijasta kokeiltiin kaasukengässä myös sähkömagneetteja, joiden ongelmaksi kuitenkin havaittiin niiden pitokyvyn radikaali heikkeneminen, kun magneetin ja raudan väliin laittoi mitä tahansa ilmaa tiheämpää materiaalia.

Poikittaissaumoissa liian suuren pistemäisen kuorman aiheuttaneiden laakeroitujen kuulien sijaan päädyttiin teknisestä muovista valmistettuihin suksiin. Suksien tarkoitus on minimoida pistemäisen kuorman vaikutus, jolloin suksimainen rakenne liikuu sauman yli. Aluksi teknisistä muoveista päädyttiin käyttökohteen vaatimien ominaisuuksien vuoksi tefloniin. Teflonista päätettiin kuitenkin luopua sen rasvaisuuden vuoksi, mistä syystä sitä on melkein mahdotonta kiinnittää teollisuusliimoilla. Lopulta liukupintoina toimivien suksien materiaaliksi valittiin polyamidi, joka kansankielellä tunnetaan paremmin nylonina. Polyamidilla on myös käyttökohteeseen soveltuvat ominaisuudet, joskaan ei aivan yhtä hyvät kuin teflonilla. Suksilta vaadittavat tärkeimmät ominaisuudet ovat hyvä lämmönkesto, hyvä kulutuksenkesto ja pieni kitkakerroin (taulukko 4). Polyamidista valmistetut sukset (kuva 4) liimattiin kaasukenkään Cascon XtremFix –asennusliimalla, jonka pitokyvyksi luvataan 5000 kg/m^2 ja lämpötilankestoksi $100 \text{ }^\circ\text{C}$.



Kuva 4. Kaasukengän sukset. Aatu Lukkarinen 2012

TAULUKKO 4 Teflonin ja polyamidin ominaisuudet

	Teflon (PTFE)	Polyamidi (PA)
Tiheys (kg/dm³)	2,1 ... 2,3	1,01 ... 1.16*
Käyttölämpötila-alue (°C)	-200 ... +260	-50- -30 ... +135- +160*
Muuta	Pieni kitkakerroin, hyvä iskusitkeys, hylkivä pinta	Pieni kitkakerroin, kulutuksen kestävä, iskunkestävä

*laadusta riippuen

Magneettikaasukengästä poistettiin säiliön halkaisijan mukaan säädettävät jäykisteet ja kengän päädyn pulttiliitoksen väliin asennettiin teflonista valmistetut prikat, jolloin päätyosasta saatiin mahdollisimman herkästi liikkuva. Näillä muutoksilla rakenteesta saatiin hitsattavan kohteen pinnan muotoja mukaileva.

Juurikaasukuppeja valmistettiin kolmelle eri putki- ja säiliökoolle. Kupit, joihin suojakaasua syötetään, ovat suunniteltu kokoluokkaan 500 mm, 1000 mm ja 2000 mm. Juurikaasukupit valmistettiin HitSavonian laboratoriossa leikkaamalla aihion levyt plasmaleikkauslaitteistolla, minkä jälkeen ne hitsattiin yhteen TIG-hitsausmenetelmällä. Erillistä suojakaasunhajottajaa (kuva 5) varten hitsattiin

kaasukengän päähän sisäpuolisilla kierteillä varustettu holkki (kuva 6). Saman holkin toiseen päähän kiinnitetään myös suojakaasuletku.



Kuva 5. Kaasunhajottaja. Aatu Lukkarinen 2012

Pienimmille säiliöille valmistettiin vielä suojakaasukengästä lyhyempi malli, jotta päistään taittuva kenkä taipuisi myös pienemmän säteen omaaville säiliöille (kuva 6).



Kuva 6. Lyhyempi kaasukenä. Aatu Lukkarinen 2012

Vaikka koehitsauksissa todettiin kaasukupin ja hitsattavan säiliön välinen tila riittävän tiiviiksi, asennettiin kaasukuppiin vielä ylimääräinen harjatiiviste (kuva 6).



Kuva 6. Valmis kaasukengän ja kaasukupin yhdistelmä. Aatu Lukkarinen 2012

4.4 Ratkaisun tuomat kustannussäästöt

Oletetaan, että yhden säiliön hitsaamiseen menee aikaa kahdeksan tuntia ja säiliötä valmistetaan kymmenen kappaleen sarja. Ilman juurikaasun mekanisointia, säiliön plasmahitsaukseen osallistuu hitsausoperaattori ja juurikaasun pitäjä. Kummankin työntekijän palkaksi oletetaan 15 euroa/tunti. Yhden säiliön valmistamiseen vaadittavat palkkakustannukset ovat siis 240 euroa. Kymmenen säiliön sarjan palkkakustannukseksi muodostuu siis 2400 euroa.

Sekä käsin pideltävän juurikaasukupin että mekanisointiratkaisun asetuajat voidaan olettaa saman suuruisiksi, eikä asetusajoilla näinollen ole merkitystä säiliöiden valmistukseen kuluvaan aikaan.

Koska mekanisoinnilla saadaan toinen hitsausprosessiin osallistuva työntekijä vapautettua muihin työtehtäviin, voidaan kahden työntekijän palkkakustannukset puolittaa. Kymmenen säiliön sarjan palkkakustannuksiksi muodostuu siis yhdeltä henkilöltä 1200 euroa.

5 YHTEENVETO

Tämän insinööri työn tavoitteena oli saada toimiva ratkaisu plasmahitsauksen juurikaasun mekanisointiin. Yit teollisuus Oy:n Leppävirran tehtaalla oli plasmahitsauksen vaatima juurikaasun syöttö toteutettu manuaalisesti. Manuaalisesti toteutettu juurikaasun syöttö toteutetaan isoihin säiliöihin pitkän varren päässä olevaan juurikaasukuppiin. Juurikaasukupin pitäjä altistuu huonolle työergonomialle sekä työturvallisuudelle. Lisäksi tuotteiden valmistuskustannuksia saataisiin alemmaksi juurikaasun mekanisoinnin myötä.

Ennen varsinaisen mekanisointisuunnittelun aloittamista tehtiin selvitys mekanisoinnin tarpeista. Selvitettiin missä tilanteissa mekanisointia tarvittiin sekä etsittiin ratkaisuja mekanisoinnin toteuttamiseen. Plasmahitsauslaitteiston käyttäjien mielipiteet mekanisoinnin kehittämisestä otettiin huomioon mekanisointiratkaisuja suunniteltaessa. Omaa tietämystä plasmahitsauksesta syvennettiin alaan liittyvällä kirjallisuudella.

Yrityksen työntekijöiden haastattelujen ja olemassa olevien kehityskelpoisten mekanisointiratkaisujen pohjalta lähdettiin kehittämään magneettikaasukengää, jota yritys oli ollut joskus käyttöönottamassa. Magneettikaasukengän käyttöönottoon liittyvistä ongelmista laadittiin selvitys, jonka pohjalta voitiin alkaa suunnitella ongelmiin ratkaisuja. Juurikaasukengän ongelmat liittyivät kengän paikallaan pysymiseen, johon osaltaan vaikuttivat magneettikaasukengässä käytetyt rakenteet.

Rakenteeseen tehtäviä muutoksia kokeiltiin käytännössä ennen lopullisen mekanisoinniratkaisun valmistamista. Kun muutokset todettiin toimiviksi tehtiin kaikki lisäykset sekä muutokset juurikaasukengän rakenteeseen HitSavonian laboratoriossa sekä Savonian koneistuslaboratoriossa.

Suoritettujen koehitsausten perusteella magneettijuurikaasukengästä saatiin toimiva mekanisointiratkaisu juurikaasun mekanisointiin. Tällä laitteella saatiin kaikki projektin alussa asetetut tavoitteet täytetyksi. Hitsattavien säiliöiden sisällä ei tarvitse juurikaasun pitäjän enää pelätä kompastumista säiliön sisäisiin rakenteisiin. Myös ergonomia paranee varrellisen juurikaasukupin käytön poistumisen myötä. Tuotteiden valmistuskustannukset alenevat, koska erillinen juurikaasunpitäjä voidaan vapauttaa muihin työtehtäviin.

6 LÄHTEET

AGA 2003. *suojakaasukäsikirja*. Espoo: Oy AGA Ab.

Euro Inox. 2004. Ruostumattoman teräksen peittäminen ja passiivointi (Materiaalit ja niiden käyttösovellukset - sarja, Julkaisu 4) [verkkopublication]. Euro Inox [viitattu 9.10.2012]. Saatavissa:

http://www.euro-inox.org/pdf/map/Passivating_Pickling_FI.pdf

Jernström, P. 1997. *Plasmahitsauksen tehokas käyttö*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Lepola, P. & Makkonen, M. 1998. *Hitsaus ja teräsrakenteet*. Helsinki: WSOY.

Lepola, P. & Makkonen, M. 2009. *Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet*. Helsinki: WSOY.

Kyröläinen, A. & Lukkari, J. 2002. *Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

SFS 3052 Hitsaussanasto. Yleistermi.

YIT. Yrityksen verkkosivu, [viitattu 24.9.2012]. Saatavissa: <http://www.yit.fi>

