

Jussi Hirvelä

Alumiinipainesäiliön korjaus

Opinnäytetyö
Kevät 2015
SeAMK Tietotekniikka
Mekatroniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelma: Tietotekniikan ko.

Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikka

Tekijä: Jussi Hirvelä

Työn nimi: Alumiinipainesäiliön korjaus

Ohjaaja: Markku Kärkkäinen

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 35 Liitteiden lukumäärä: 5

Tämän opinnäytetyön teemoja ovat alumiinin materiaalioppi, alumiinin MIG- ja TIG-hitsausprosessit. Työssä käsitellään myös alumiinin hitsausvirheitä sekä hitsauslaitteita.

Teoriaosuuden jälkeen työssä käsitellään kolarivaurioituneen alumiinisen ajoneuvopainesäiliön korjaukseen liittyvää työn kulkua. Työnkulku alkaa painesäiliön korjauksen suunnittelun hyväksynnästä. Seuraava vaihe on työn toteutus ja viimeisenä on painesäiliön lopputarkastus ja dokumentointi.

Työn tarkoituksena on selvittää edellä kuvatun työnkulun eri vaiheet ja soveltaa niitä käytäntöön. Tutkimustuloksia on tarkoitus käyttää apuna yrityksen toiminnan kehittämisessä.

Avainsanat: alumiini, TIG- ja MIG-hitsaus, painesäiliön korjaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Technology

Specialisation: Mechatronics

Author: Jussi Hirvelä

Title of thesis: Aluminium pressure vessel repair

Supervisor(s): Markku Kärkkäinen

Year: 2015 Number of pages: Number of appendices:

This study focuses on the aluminium materials science, aluminum Metal Inert Gas and Tungsten Inert Gas Arc welding processes. Also aluminium's welding faults and welding equipments are discussed in this study.

After the theory part there will be discussion about accident damaged pressure tank's repair work progress. Work progress starts with planning and approving the pressure tank's repair plan. Next step is the implementation phase. Last step is the pressure tank's final inspection and the documentation.

The purpose of this study is to investigate different stages of the work progress as described before and also apply results to practice. The goal is that the results help company to improve its operations.

.

aluminum, TIG- and MIG- welding, pressure vessel repair

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite	8
1.3 Työn rakenne.....	8
2 ALUMIININ OMINAISUUDET.....	10
2.1 Alumiini	10
2.2 Alumiinin seostus	10
2.3 Alumiinin lämpökäsittely.....	11
2.4 Alumiinin korroosionkestävyys.....	11
2.5 Alumiinin ominaisuudet ja käyttö.....	12
3 ALUMIININ HITSUKSEN PERUSTEET	13
3.1 Hitsauksen perusteet	13
3.2 Hitsausaineet	14
3.2.1 Suojakaasun tehtävät	14
3.2.2 Hitsauslisäaineet.....	15
3.3 Hitsausprosessi.....	16
3.3.1 TIG-hitsaus	16
3.3.2 MIG-hitsaus	17
3.4 Tig-hitsauslaitteet.....	18
3.4.1 Hitsauslaitteisto.....	18
3.4.2 Hitsausvirtalähde	18
3.4.3 Suojakaasulaitteisto.....	19
3.4.4 Jäähdytysveden kiertolaite.....	19
3.4.5 Hitsain.....	19
3.4.6 Elektrodit.....	20
3.5 MIG-hitsauslaitteet	20
3.5.1 Hitsauslaitteisto.....	20

3.5.2	Virtalähde.....	20
3.5.3	Langansyöttölaite.....	21
3.5.4	Monitoimijohto.....	21
3.5.5	Hitsauspistooli.....	21
3.6	Hitsauksen aloitus ja lopetus	21
3.6.1	Hitsauksen aloitus.....	22
3.6.2	Hitsauksen lopetus	22
3.7	Hitsausvirheet	22
3.7.1	Yleisimmät hitsausvirheet	22
3.7.2	Huokokset.....	23
3.7.3	Halkeamat.....	23
3.7.4	Liitosvirhe.....	23
3.7.5	Reunahaava	23
3.7.6	Oksidisulkeumat	24
4	PAINELAITTEEN KORJAUS	25
4.1	Painelaitteen korjauksen tarkastus	25
4.2	Korjaustöiden suunnittelu.....	26
4.3	Korjaustyön suunnitelman hyväksyttäminen	27
4.4	Painesäiliön vaurio	27
4.5	Korjaustyön toteutus	28
4.6	Ainestodistukset.....	28
4.7	Korjaustyön painekoe	29
4.8	Korjaustyön dokumentointi.....	31
4.9	Dekran tarkastus ja hyväksyntä	31
4.10	Painesäiliö korjattuna	32
5	Tulokset ja yhteenveto	33
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	35

Kuvaluettelo

Kuva 1. TIG-hitsaus periaate.....	16
Kuva 2. MIG-hitsauksen periaate.....	17
Kuva 3. Vaurioitunut painesäiliö.....	26
Kuva 4. Koeponnistuksen prosessikaavio.....	29
Kuva 5. Painesäiliö korjattuna.....	31

Käytetyt termit ja lyhenteet

MIG-hitsaus	Lyhenne MIG tulee englanninkielisistä sanoista Metal Inert Gas (metalli, inertti, kaasu). Valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleenvälissä. (Lukkari, 2001, 119.)
TIG-hitsaus	Lyhenne TIG tulee englanninkielisistä sanoista Tungsten Inert Gas (Volframi, inertti,, kaasu). Valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välissä inertin suojakaasun ympäröimänä. (Lukkari, 2001, 101.)
Elektrodi	Elektrodi on metallipuikko. Sen tehtävänä on toimia valokaaren sulamattomana toisena napana. Hyvä elektrodin materiaali on volframi. Volframin sulamispiste on metallien korkeimpia eli noin 3390 Celsius-astetta. (Lukkari, 2002, 260.)
WPS	Hitsausohje (Welding Procedure Specification) siinä annetaan yksityiskohaisesti kaikki hitsaustyön toteuttamiseen tarvittavat tiedot. (Lukkari, 2002, 55.)
TUKES	Turvatekniikan keskus vastaa painelaitteiden markkinavalvonnasta Suomessa ja valvoo niiden käytön turvallisuutta.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tank Pro Oy on Seinäjoella toimiva raskaan kaluston säiliönpällirakenteiden valmistaja ja huolto- ja korjauspalveluja tarjoava yritys. Yritys työllistää 10 henkilöä ja on perustettu huhtikuussa 2014.

Tank Pro Oy valmistaa alumiinisia ja haponkestäviä painesäiliöitä jauhemaisten, rakeisten ja vaarallisten aineiden kuljetuksiin. Kuljetuskaluston päällirakenteet tehdään asiakkaiden toiveiden ja tarpeiden mukaisesti.

Yrityksen toimialaan kuuluu myös painesäiliöiden korjaus- ja muutostyöt.

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia rekisteröidyn alumiinisen painelaitteen muutos- ja korjaustyön työn kulkua suunnittelusta, korjauksesta ja dokumentoinnista aina työn valmistumiseen saakka.

Korjaussuunnitelman laatimisen yhteydessä on hyvin tärkeää, että suunnittelijalla on tarvittavat tiedot korjattavasta painelaitteesta. Tarvittavat tiedot löytyvät painelaitteikirjasta. Jos painesäiliön painelaitteikirja on käytettävissä, se olisi hyvä esittää korjaussuunnitelman yhteydessä ainakin niiltä osin mitä aiotaan korjata tai muuttaa.

1.3 Työn rakenne

Työ koostuu kahdesta eri osasta. Ensimmäisessä osiossa käydään läpi hitsauksen teoriaosaa ja toisessa osassa tarkastellaan kolarivaurioituneen painesäiliön korjausta.

Teoriaosassa käydään läpi alumiinin materiaalioppia ja MIG- ja TIG-hitsausprosesseja, hitsauslaitteistoja ja hitsauksessa hyvin yleisesti esiintyviä hitsausvirheitä.

Toiminnallisessa osassa käydään läpi painesäiliön korjausta. Korjaus muodostuu eri vaiheista, joita ovat korjaussuunnitelman hyväksyminen, korjaustyö, korjauksen lopputarkastus sekä painesäiliön tarkastus ja dokumentointi.

2 ALUMIININ OMINAISUUDET

2.1 Alumiini

Alumiini on kolmanneksi yleisin alkuaine piin ja hapen jälkeen maapallolla. Sen prosenttiosuus maankuoressa on noin 8 %. Alumiini tuottaa herkästi yhdisteitä hapen ja muiden alkuaineiden kanssa, minkä takia se ei esiinny puhtaana maankuoressa, vaan usein oksideina ja silikaatteina. Alumiinia valmistetaan melkein yksinomaan bauksiitista, mitä maapallolla esiintyy varsinkin lämpimällä vyöhykkeellä. Suurimmat raaka-aineiden tuottajamaat ovat Venäjä, Jamaika ja Australia. Alumiinikilon valmistamiseen tarvitaan noin 2 kg alumiinioksidia, jonka tuottamiseen tarvitaan noin 4 kg bauksiittia. Bauksiitti on syntynyt rapautumisen tuloksena. Alumiinin valmistus tarvitsee hyvin paljon sähköenergiaa. Alumiinioksidin valmistus bauksiitista tarvitsee lämpöenergiaa noin 45 MJ (11kWh) ja edelleen puhtaan alumiinin valmistamiseen oksidista elektrolyysillä menee sähköenergiaa noin 47 MJ (13 kWh) kiloa kohti. (Lukkari 2001, 8.)

2.2 Alumiinin seostus

Puhdas seostamaton alumiini on hyvin pehmeä metalli, jolloin sen käyttö on lujuutta vaativissa rakenteissa vähäistä. Puhtaalla alumiinilla on silti erittäin hyvä sähköjohtavuus, noin kaksinkertainen verrattuna lujiin alumiiniseoksiin. Lämmönjohtavuus on hyvä, noin puolitoistakertainen verrattuna lujiin alumiiniseoksiin. Korroosiokestävyys on myös erinomainen pois lukien tiettyjä olosuhteita, esimerkiksi merivettä, joka on kloridipitoista. Alumiinimetalliksi määritellään metalli, joka sisältää vähintään 99 % alumiinia. Puhtaan seostamattoman alumiinin puhtaus vaihtelee 99,0–99,99 %. Epäpuhtaudet ovat etupäässä rautaa ja piitä, joiden yhteenlaskettu pitoisuus on alle 1 %.

Alumiiniin voidaan lisätä seosaineita, joilla saadaan hyödyllisiä ominaisuuksia alumiiniseoksiin mm. lujuutta, korroosionkestävyyttä ja valettavuutta. Alumiinin tärkeimmät seosaineet ovat mangaani, magnesium, kupari, pii ja sinkki. Muita alumiinissa käytettyjä seosaineita, kuten titaania, zirkonia ja lyijyä lisätään, joskus pieniä

määriä. Alumiinin seostamisen suurin päätavoite on lujuuden parantaminen. Uusimmissa alumiiniseoksissa on seosaineena muun muassa litiumia (Li) AILI-seokset. Alumiiniseosten seosaineet vaikuttavat monin tavoin seoksen lopullisiin ominaisuuksiin. Kupari ja sinkki parantavat lujuutta menettämättä olennaisesti sitkeyttä. Magnesium lisää lujuutta menettämättä hyvää korroosionkestävyyttä. Lujuutta, muovattavuutta ja pursotettavuutta lisää myös magnesium ja pii. Alumiinin korroosiokestävyyttä se ei silti pienennä. (Lukkari 2001, 10 – 11.)

2.3 Alumiinin lämpökäsittely

Lämpökäsittely vaikuttaa alumiinista valmistettujen tuotteiden mekaanisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Lisäksi myös alumiinituotteita voidaan lämpökäsitellä mittapysyvyyden saavuttamiseksi työstössä. Suosituimmat lämpökäsittelyt ovat erkautuskarkaisu, pehmeäksi hehkutus, jännityksenpoistohehkutus ja homogenisointi. (Lukkari, 2001, 16.)

2.4 Alumiinin korroosionkestävyys

Alumiinilla on myös hyvä korroosionkestävyys (syöpymiskestävyys) monissa olosuhteissa. Kestävyys perustuu alumiinin pintaan ilmassa muodostuvaan erittäin pienen, mutta lujasti kiinni olevaan ja tiiviiseen oksidikalvoon, joka paksuus vaihtelee olosuhteiden mukaan 1–100 nm (0,001–0,1 µm). Ilmassa syntyneen oksidikalvon paksuus on suuruudeltaan olosuhteiden mukaan 10–20 nm (0,01–0,02 µm). Jos oksidikalvo naarmuuntuu tai muuten vaurioituu, muodostuu uusi suojaava kalvo ilmassa muutamassa sekunnissa. Hetkessä muodostunut kalvon paksuus on noin 1 nm ja muutaman viikon kuluttua noin 3–5 nm. Luonnollinen oksidikalvo kasvaa paksummaksi, kun lämpötila nousee tai ilman kosteuspitoisuus suurenee. Kosteissa paikoissa voi luonnollisen oksidikalvon paksuus olla yli 0,1 µm. (Lukkari 2001, 19.)

2.5 Alumiinin ominaisuudet ja käyttö

Metallia, jonka tiheys (ominaispaino) on alle 5 kg/dm³, nimitetään kevytmetalliksi. Käytetyimmät kevytmetallit ovat mm. alumiini (2,7 kg/dm³), titaani (4,5 kg/dm³) ja magnesium (1,8 kg/dm³). Alumiinilla on paljon hyötyominaisuuksia, jotka tekevät siitä monikäyttöisen ja taloudellisen rakenneaineen. Tiheys (ominaispaino) on hyvin pieni, 2,7 kg/dm³. Keveyden ja suhteellisen hyvien lujuusominaisuuksien ja hyvän hitsattavuuden ansiosta lujat alumiiniseokset ovat sopivia rakennusaineita hitsattuihin rakenteisiin, esimerkiksi kuljetusväline- ja ilmailualalle. Alumiinin käytöllä voi saavuttaa huomattavia painosäästöjä verrattuna vastaaviin hitsattuihin teräsrakenteisiin. Hitsattavuus on useimmilla alumiiniseoksilla hyvä, mikä vaikuttaa alumiinin käyttöön lisäävästi. Jotta metalli olisi nykyaikana kilpailukykyinen ja käyttökelpoinen, sen hitsattavuuden pitää olla hyvä. Sään ja korroosion kestävyys tulee olla hyvä, mikä perustuu alumiinin nopeaan luonnolliseen oksidoitumiseen (hapettumiseen), sekä syntyvän oksidikalvon (hapettumiskerroksen) kiinnipysyvyyteen, kovuuteen ja tiiveyteen. Tämä ominaisuus luo alumiinista sopivan rakennusaineen mm. elintarvike-, pakkaus-, kemian- ja kuljetusvälinealalle. Muovattavuus (muun muassa pursotettavuus) on alumiinin matalan sulamislämpötilan ansiosta erinomainen. Tämä mahdollistaa hyvin monimuotoisten pursotettujen profiilien valmistamisen. (Lukkari 2001, 24.)

3 ALUMIININ HITSUKSEN PERUSTEET

3.1 Hitsauksen perusteet

Yleisin liittämismenetelmä alumiinille on hitsaus. Alumiinia voidaan hitsata useimilla tunnetuilla hitsausprosesseilla, kuten terästenkin hitsauksessa, vain pienellä osalla on laajaa käytännön merkitystä teollisuudessa. Kaasukaarihitsausprosessien (Mig- ja Tig-hitsaus) kehittäminen alkoi 1940-luvulla ja lisäsi huomattavasti alumiinin käyttöä eri teollisuuden aloilla. Alumiinia pidettiin ennen tätä huonosti hitsattavana materiaalina. Hitsausprosessien kehitystyö jatkuu edelleen ja uusia prosesseja tulee myös alumiinin hitsaukseen. Hitsaustekniikan kehitys yhdessä alumiinin materiaalikehityksen kanssa on lisännyt huomattavan paljon hitsattujen alumiinirakenteiden käyttöä. Alumiinin materiaaliominaisuudet poikkeavat huomattavasti teräksen ominaisuuksista, mikä on otettava huomioon myös rakenteiden suunnittelussa ja myös myöhemmässä hitsauksessa. (Lukkari 2001, 56.)

Tärkein ja yleisin hitsausprosessien ryhmä on kaasukaarihitsaus (MIG-, TIG- ja plasmahitsaus), joka on syrjäyttänyt kaasu- ja puikkohitsauksen. Kaasuhitsauksessa valokaari poistaa alumiinin pinnalla olevan hitsausta haittaavan oksidikalvon. Kuitenkin se on yleensä erikseen poistettava ennen hitsausta. Kaasu- ja puikkohitsauksessa kaasuliekin ja puikkohitsauksen valokaaren energiayhteydet ovat hyvin pieniä, minkä takia hitsaus ei ole myöskään erityisen tehokasta. (Lukkari 2001, 57.)

Alumiinin sulamislämpötila on hyvin matala (660 °C), mikä pienentää hitsauksessa tarvittavaa lämpö määrää. Kuitenkin alumiinin lämmönjohtavuus on moninkertainen teräkseen verrattuna, minkä vuoksi lämpö siirtyy pois hitsin alueelta nopeammin ja laajemmalle alumiinin hitsauksessa. Suuri lämmönjohtavuus kasvattaa hitsauksessa tarvittavaa lämpö määrää, mikä on samaa luokkaa kuin teräksen hitsauksessa. Alumiini hapettuu ilman ja hapen vaikutuksesta erittäin herkästi, minkä tuloksena alumiinin pinnalle muodostuu hyvin ohut oksidikalvo. Sillä on monenlaisia vaikutuksia hitsaukseen. Oksidikalvo on hyvin kova ja sitkeä, se on painavampaa kuin alumiini (Al: 2,7 kg/dm³ ja Al O: 3,9 kg/dm³), joten oksidikalvon hiukkaset vajoavat helposti hitsaussulassa alaspäin ja aiheuttavat hitsausvirheitä, oksidisulkeutumia ja

liitosvirheitä. Oksidin sulamispiste on hyvin korkea (Al: 660 °C ja Al₂O₃: 2050 °C), minkä takia se ei sula hitsauksessa. Se on hygroskooppinen eli sitoo itseensä helposti myös kosteutta, josta vapautuu vetyä hitsauksessa. Oksidikalvo hydratoituu (vedyttyy) helposti, mikä on myös vedyn lähde hitsauksessa. Oksidikalvo on myös sähköinen eriste, mikä voi haitata hitsausta. (Lukkari 2001, 58.)

Vaikka oksidikalvo on erittäin ohut, se on riittävä suojaamaan, muuten niin aktiivista alumiinia korroosiolta monissa erilaisissa olosuhteissa. Oksidikalvo on läpinäkyvä ja on yleensä noin 2–5 nm paksu. (Lukkari 2001, 59.)

3.2 Hitsausaineet

Seuraavissa luvuissa esitellään suojakaasun tehtävät kaarihitsauksessa ja hitsauksessa käytettävät lisäaineet.

3.2.1 Suojakaasun tehtävät

TIG- ja plasmahitsauksessa suojakaasun tehtävänä kaasukaarihitsauksessa on antaa suoja hitsaustapahtumalle ja myös kuumalle elektrodille ympäröivän ilman haittavaikutuksia vastaan. Suojakaasu vaikuttaa tämän lisäksi moniin muihin asioihin kuten, tiiveyteen, hitsausnopeuteen, puhdistuskykyyn ja syttyvyyteen ja myös hitsaussavuihin. (Lukkari 2001, 196.)

Alumiinin MIG- ja TIG-hitsauksissa käytetään aina inertistä suojakaasua. Yleisemmin käytettävä suojakaasu on argon. Alumiinihitsauksissa hyvin yleisesti käytetty kaasu on koostumukseltaan Mison Ar + 0,03 % NO. (Lukkari 2001, 197.)

Alumiinin MIG-hitsauksessa käytetään myös 1 – 3 % happilisäystä argoniin. Sen on todettu parantavan hitsin tiiveyttä eli vähentää huokosia ja lisäävän tunkeumaa jopa enemmän kuin heliumin käyttö. Happi hapettaa kuitenkin hitsin pintaa ja aiheuttaa helposti oksidisulkeutumia hitsaussaumaan. (Lukkari 2001, 197.)

Eräät suojakaasut ns. Mison-kaasut, sisältävät hyvin pienen määrän typpimonoksidia (0,03 % NO), mikä valmistajan AGA:n mukaan pienentää hitsaussavuissa olevan otsonin määrää (Lukkari 2001, 197).

3.2.2 Hitsauslisäaineet

TIG-hitsausta voidaan myös tehdä käyttäen lisäainetta tai ilman lisäainetta. Hitsauksessa käytettävä lisäaine on suora määräpituinen lanka, josta käytetään myös nimitystä hitsaussauva. Lankojen halkaisijat ovat 1,6, 2,5, 3,2, 4,0 ja 5,0 mm. Yleensä langan pituus on 1000 mm. (Lukkari 2001, 112.)

Hitsauslisäaineen valintaan vaikuttaa monet tekijät:

- lisäaineen koostumus ja yhteensopivuus perusaineen/perusaineiden kanssa, mikä tarkoittaa mm. halkeiluerkkyyttä.
- liitokselta edellytettävät mekaaniset ominaisuudet (sekä muutosvyöhykkeen että hitsiaineen ominaisuudet)
- hitsatun rakenteen ja sen osien jälkikäsittelyt, esim. pintakäsittely ja anodisointi.
- liitokselta vaadittavat korroosionkestävyysominaisuudet.
- hitausominaisuudet. (SFS käsikirja 66-10, 88.)

MIG-hitsauslangat ovat ohuita hitsauslankoja (umpilankoja), jotka toimitetaan hienokelattuina keloille. Yleisimmät lankahalkaisijat ovat 1,0, 1,2 ja 1,6 mm. Myös paksumpia hitsauslankoja käytetään erikoissovellutuksissa. Hitsauslangat toimitetaan muovikeloissa tai muovipinnoitetussa teräslankakeloissa. Hitsauskelapainot ovat yleensä 5 – 7 kg. Myös pienempiä hitsauskeloja, jotka painavat esim. 0,5 kg, on saatavissa myös ohuille langoille. (Lukkari 2006, 136.)

3.3 Hitsausprosessi

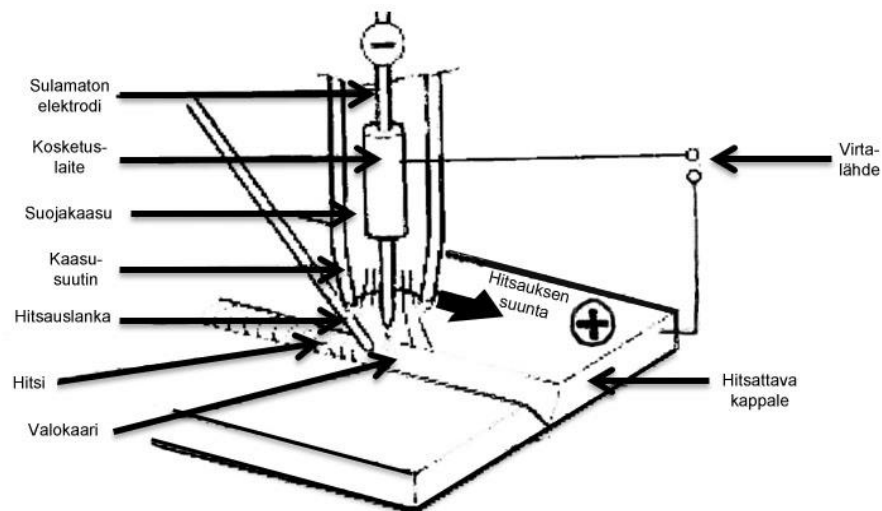
Seuraavissa luvuissa käsitellään tig- ja mig hitsausprosesseja.

3.3.1 TIG-hitsaus

Tig tulee englanninkielisistä sanoista Tungsten arc inert Gas (volframi, inertti, kaasu). Valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja hitsattavan kappaleen välissä inertin suojakaasun ympäröimänä. (Lukkari 2001, 101.)

Suojakaasu suojaa hitsisulan lisäksi kuumaa elektrodin kärkeä hapettumiselta. TIG-hitsausta voidaan suorittaa käyttäen lisäainetta tai myös ilman lisäainetta. Lisäaine syötetään käsin hitsauksessa toisella kädellä edestäpäin hitsaussulaan. Mekanisoidussa hitsauksessa viedään lisäaine hitsisulaan lankakelalta langansyöttölaitteen avulla. TIG-hitsauksen etuja ovat mm. hyvä hitsaussulan ja tunkeuman hallinta. Ohuiden ainepaksuuksien hitsaus on myös mahdollista ilman lisäaineita. Valokaaren hyvä pintapuhdistuskyky on myös yksi TIG-hitsauksen eduista. (Lukkari 2001, 101.)

TIG-hitsausta käytetään hyvin paljon alumiinin hitsauksessa, vaikka MIG-hitsauksen käyttö on lisäainekulutuksella aivan mitattuna ylivoimainen. TIG-hitsaus on tärkeä ja korvaamaton prosessi mitä käytetään mm. ohuiden ainepaksuuksien, lyhyiden hitsien ja putkien hitsauksessa ja hitseissä, joissa tarvitaan erinomainen ulkonäkö. (Lukkari 2001, 103.)

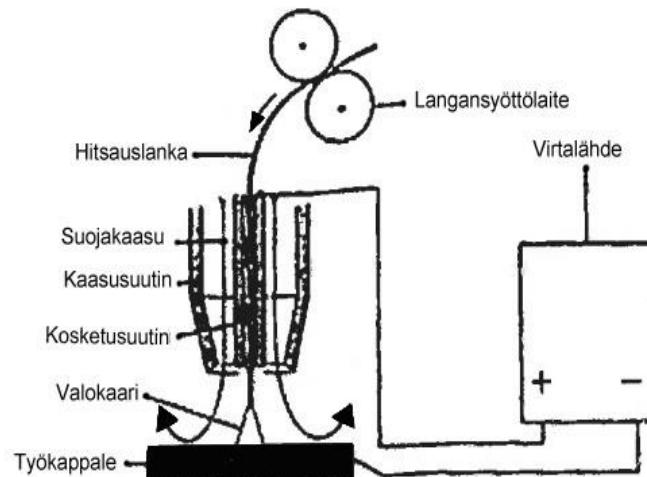


Kuva 1. TIG-hitsauksen periaate (Lepola & Makkonen, 2001, 17.)

3.3.2 MIG-hitsaus

MIG-lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Metal Inert Gas (metalli, inertti, kaasu). Hitsauksen valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja suojakaasun välissä. Hitsatessa sula metalli siirtyy langan kärjestä pieninä pisaroina valokaaren läpi hitsisulaan. Hitsauskoneen langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa tasaisella nopeudella hitsauspistoolin kosketussuuttimen reiästä valokaareen. Hitsausvirta tulee virtajohdinta myöten hitsauspistooliin päässä olevaan kosketussuuttimeen, mistä se siirtyy hitsauslankaan. (Lukkari 2001, 119.)

MIG- hitsauksen etuja ovat mm. tehokas, tuottava, helppo mekanisoida, kuonaton ja juoksuetteeton hitsausprosessi, lisäksi hitsaus on mahdollista kaikissa asennoissa. (Lukkari 2001, 119.)



Kuva 2. Mig – hitsauksen periaate (Lukkari, 2002, 159.)

3.4 Tig-hitsauslaitteet

Seuraavissa luvuissa käsitellään tig-hitsauskoneen laitteistoa.

3.4.1 Hitsauslaitteisto

TIG-hitsauslaitteisto muodostuu virtalähteestä, ohjausyksiköstä/suurtaajuuslaitteesta, suojakaasulaitteistosta ja monitoimikaapelista hitsimiseen. Suurilla, yleensä yli 150 – 200 A:n virroilla hitsattaessa käytetään vesijäähdytteisiä hitsaimia, silloin laitteistoon asennetaan lisäksi jäähdytysveden kiertolaite. TIG-ohjainyksikkö voi olla asennettuna kiinteäksi virtalähteen yhteyteen tai se voi olla myös erillisenä ja siten erikseen siirrettävissä. (Lepola & Makkonen, 1999, 199.)

3.4.2 Hitsausvirtalähde

TIG-hitsauksessa käytetään yleensä samanlaisia virtalähteitä kuin puikkohitsauksessa. Virtalähde voi olla tasasuuntaaja, josta saadaan tasavirtaa (AC). Uudemmat TIG-hitsauslaitteet on varustettu usein myös kaksoisvirtalähteellä (AC/DC), josta

voidaan valita haluttu virtalaji valita kytkintä kääntämällä. (Lepola & Makkonen, 1999, 199.)

3.4.3 Suojakaasulaitteisto

Suojakaasu tulee pullosta tai kaasuverkosta. Suojakaasun virtausmäärä (l/min.) säädetään virtausmittarilla ja paineenalennusventtiilillä. Ohjainyksikköön on sijoitettu magneettiventtiili, joka avaa ja sulkee suojakaasun virtauksen monitoimijohtimeen ja edelleen myös hitsaimen kaasusuuttimeen sähköimpulssin ohjaamana. Ohjainyksikköön on myös sijoitettu säätömahdollisuudet suojakaasun etu- ja jälkivirtausaikoja varten. (Lepola & Makkonen, 1999, 207.)

3.4.4 Jäähdytysveden kiertolaite

Hitsattaessa suurilla tehoilla hitsain pyrkii kuumentamaan, jolloin sen käsittely tulee epämiellyttäväksi, sen lisäksi hitsaimen eristeet ja tiivisteet voivat vaurioitua. Suurilla, yleensä yli 150 A:n tehoilla hitsattaessa käytetään yleensä myös vesijäähdytteisiä hitsaimia. Silloin TIG-hitsauslaitteistoon on asennettu jäähdytysveden kiertolaite. Jäähdytyslaite kierrättää jäähdytysvettä monitoimijohdintapitkin hitsaimeen. Kierrosta palaava kuumentunut vesi jäähdytetään lauhduttimella ennen uudelleen ohjaamista kiertoon. Tällaisessa ns. suljetussa jäähdytysveden kiertolaitteessa voidaan käyttää pakkasnestettä, joten hitsauslaitteistoa voidaan käyttää myös kylmissä olosuhteissa. Vedenkiertolaite varustetaan tavallisesti paineanturilla, mikä estää hitsaamisen ilman kiertolaitteen käynnissä oloa. (Lepola & Makkonen, 1999, 207 – 208.)

3.4.5 Hitsain

Hitsain toimii elektrodin pitimenä ja johtaa virtaa elektrodiin sekä ohjaa suojakaasun virtausta valokaaren ja hitsisulan alueella. Hitsaimet on varustettu käytön ohjausta varten käyttökytkimellä. Käyttökytkin toimii yleensä 24 V:n jännitteellä. (Lepola & Makkonen, 1999, 208.)

3.4.6 Elektrodit

Elektrodi on volframijauheesta sintraamalla valmistettu metallipuikko, jonka tehtävänä on toimia valokaaren sulamattomana toisena napana. Volframi soveltuu hyvin elektrodin materiaaliksi, koska sen sulamispiste on hyvin korkea kaikista metalleista. (Lepola & Makkonen, 1999, 210.)

3.5 MIG-hitsauslaitteet

Seuraavassa luvussa käsitellään mig-hitsauskoneen laitteita.

3.5.1 Hitsauslaitteisto

MIG-hitsauslaitteiston pääosat ovat seuraavat:

- hitsausvirtalähde
- langansyöttölaite
- monitoimijohto
- hitsauspistooli
- suojakaasun virtauslaitteet. (Lukkari 2001, 124.)

3.5.2 Virtalähde

Nykyaikaiset virtalähteet ovat hyvin usein elektronisesti ohjattuja. Virtalähteen kyky pitää hitsausarvot vakaina hitsauksen aikana on hyvin tärkeää. Alumiinihitsauksessa virtalähteet ovat yleensä tavanomaisia MIG/MAG-virtalähteitä. Halutessa käyttää pulssihitsausta, on valittava sellainen virtalähde, joka antaa myös pulssivirtaa. (Lukkari 2001, 124.)

3.5.3 Langansyöttölaite

Lankakelan pitää olla hyvin suojattu myös pölyltä ja lialta. Tämä on tärkeää erityisesti juuri alumiinin hitsauksessa. Syöttölaitteen on pystyttävä syöttämään häiriöttömästi ja tasaisesti alumiinilankaa, joka on huomattavasti pehmeämpi ja vaikeammin syötettävä kuin teräslanka. (Lukkari 2001, 125.)

3.5.4 Monitoimijohto

Monitoimijohto on johtimen, kaapeleiden ja letkujen muodostama kokonaisuus, joka tulee langansyöttölaitteesta hitsauspistooliin. Langansyöttölaitteen ja hitsauspistoolin välissä voidaan käyttää myös välisyöttölaitetta, mikä tekee mahdolliseksi pitkät syöttömatkat. Alumiinille pitää käyttää muovista langanjohdinta, esim. teflon-johdinta jonka kitka on pieni eikä se riko pehmeän langan pintaa. Häiriöttömän langansyötön kannalta on tärkeää, että langanjohdin on kunnossa ja puhdas.

(Lukkari 2001, 127.)

3.5.5 Hitsauspistooli

Hitsauspistooli kaasusuuttimiseen on hyvin tärkeä lenkki langansyötön ketjussa kelata valokaareen. Usein käytetään vesijähdytteistä pistoolia varmistamaan langansyötön toimivuus, sillä lämmön kehittyminen on alumiinin MIG-hitsauksessa runsaampaa kuin teräksen MAG-hitsauksessa. (Lukkari 2001. 127.)

3.6 Hitsauksen aloitus ja lopetus

Seuraavassa luvuissa käsitellään hitsauksen aloitusta ja lopetusta.

3.6.1 Hitsauksen aloitus

Jos hitsauksessa ei käytetä aloituspalaa, valokaari sytytetään noin 25 mm edessä railossa ja palataan takaisin lähtökohtaan. Hitsauksen aloitus voidaan tehdä myös erillisessä aloituspalassa, joka poistetaan myöhemmin. Nykyaikaisissa hitsauskoneissa on myös useita erilaisia lisätoimintoja hitsauksen aloitukseen: suojakaasun esivirtaus, ryömintäaloitus ja kuumasytytys. (Lukkari 2001, 146.)

3.6.2 Hitsauksen lopetus

Hitsauksen lopetuksessa syntyvä lopetuskraateri on suurempi kuin TIG-hitsauksessa. Jos hitsauksessa ei käytetä lopetuspalaa lopetuskraaterin välttämiseksi, lopetusvaiheessa lisätään kuljetusnopeutta niin, että hitsisulan koko pienenee. Juuri ennen kuin valokaaren sammuttamista tuodaan valokaari hieman taaksepäin. Nykyaikaisissa hitsauskoneissa on myös paljon erilaisia lisätoimintoja hitsauksen lopetukseen: suojakaasun jälkivirtaus, kraaterintäyttö, pisaran irroituspulssi ja jälkipaloajan säätö. (Lukkari 2001, 146 -147.)

3.7 Hitsausvirheet

Seuraavassa luvuissa käsitellään hitsausvirheitä.

3.7.1 Yleisimmät hitsausvirheet

Alumiinihitsauksessa esiintyvät yleisimmät hitsausvirheet ovat:

- huokoset
- halkeamat
- oksidisulkeumat
- liitosvirheet (kylmäjuoksu)
- vajaa hitsausvyvyys (juurivirhe)
- reunahaava. (Lukkari 2001, 226.)

3.7.2 Huokokset

Huokokset ovat hitsiaineeseen sulkeuksiin jääneiden kaasujen muodostamia onteiloita, jotka voivat pitkänomaisia ja pallomaisia. Huokokset voivat esiintyä yksittäisinä, jonossa, ryhmissä ja tasaisena. (Lukkari 2001, 227.)

3.7.3 Halkeamat

Halkeamat ovat yleensä aina hyvin erilaisia kuumahalkeamia, joita voi esiintyä sekä hitsiaineessa että muutosvyöhykkeellä. Halkeamat hitsiaineessa syntyvät yleensä jännityksen vaikutuksesta hitsaussulan jähmettyessä jähmettymislämpötila-alueella. Halkeamat hitsauksen muutosvyöhykkeellä syntyvät jännitysten vaikutuksesta, kun raerajat osittain sulavat hitsauslämmön vaikutuksesta sularajan läheisyydessä. (Lukkari 2001, 230.)

3.7.4 Liitosvirhe

Liitosvirheitä voi olla railon kyljissä ja palkojen välissä. Syy löytyy yleensä virheellisestä suorituksesta, liian suuresta tai pienestä hitsausnopeudesta tai railopintojen puutteellisesta puhdistuksesta. Kun hitsausnopeus on liian suuri, sulaminen voi jäädä puutteelliseksi, koska lämmöntuonti jää pieneksi. Jos nopeus on liian pieni, muodostuu silloin suuri hitsisula, joka vyöryy mahdollisesti vielä valokaaren eteen. Tämä estää silloin railokylkien sulamista ja valokaaren puhdistusvaikutusta. Liian pieni kappaleen railokulma voi olla myös syynä liitosvirheeseen, kun sula täyttää railoa niin, ettei valokaari pysty puhdistamaan oksidikalvoa ja sulattamaan railokylkeä. (Lukkari 2001, 232.)

3.7.5 Reunahaava

Reunahaava on hitsipalon vieressä perusaineen pinnalla oleva pitkittäinen syvennys eli ura, jota sula metalli ei ole hitsattaessa täyttänyt. Syitä ovat mm. liian suuri

hitsausnopeus, liian suuri hitsausvirta ja myös virheellinen lisäaineen kuljetustapa. (Lukkari 2001, 234.)

3.7.6 Oksidisulkeumat

Hitsauksissa voi olla erilaisia sulkeumia: kuonasulkeumia, volframisulkeumia, kuparisulkeumia ja oksidisulkeumia. Oksidisulkeutumalla tarkoitetaan, että hitsiaineeseen on jäänyt alumiinioksidishiukkasia. Oksidishiukkaset jäävät helposti loukkuun nopeasti jähmettyvään hitsisulaan, koska niiden tiheys on suurempi kuin alumiinin, mistä syystä ne painuvat helposti alaspäin eivätkä nouse pintaan. Syitä ovat mm. hyvin puutteellinen oksidikalvon puhdistus ennen hitsausta tai palkojen välissä. Huono kaasusuojaus voi aiheuttaa myös oksidisulkeumia hitsauksessa. Mahdollisia muita sulkeutumia ovat kuparisulkeumat MIG-hitsauksessa ja wolframisulkeumat TIG- ja plasmahitsauksessa. Kuparisulkeumia voi syntyä, jos MIG-hitsauspistoolin kuparinen kosketussuutin sulaa ylikuumenemisen takia tai koskettaa hitsaussulaa. Volframisulkeutumia muodostuu TIG-hitsauksessa, kun volframielektrodi koskettaa sulaa liian korkean hitsausvirran takia. (Lukkari 2001, 233.)

4 PAINELAITTEEN KORJAUS

4.1 Painelaitteen korjauksen tarkastus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä painelaiteturvallisuudesta (953/1999), sovelletaan painelaitteen korjaus- ja muutostöihin, kun kysymyksessä on rekisteröidyn painelaitteen korjaus hitsaamalla (KTMP 953/1999 37. pykälä). Painelaitteen korjaus- ja muutostyössä on lähtökohtaisesti noudatettava painelaitteista annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen mukaisesti (938/1999) tärkeitä turvallisuusvaatimuksia. Toiminnanharjoittajan on annettava painelaitteen omistajalle tai haltialle vaatimuksenmukaisuusvakuutus.

Turvallisuusvaatimukseen kuuluu:

- materiaalit ovat jäljitettävissä ja korjaustyössä käytettävät materiaalit ovat soveltuvia kyseisen painelaitteen käyttöolosuhteisiin.
- valmiina ostetuista osista kuten laipoista ja ruuveista sekä hitsauslisäaineista, tulee olla materiaalin valmistajan antama ainestodistus ja pääosille standardin EN 10204:2004 mukainen tyyppi 3.1 todistus
- painelaitteen käyttöolosuhteisiin nähden mitoitus on riittävä
- hitsausmenetelmät on pätevoity ja hitsaus on ohjeistettu
- pätevoitetyt hitsaajat
- pätevoitetyt NDE-testaajat
- asianmukainen lämpökäsittely (Inspecta [viitattu 17.4.2015].)

Vaatimuksenmukaisuus on varmennettava soveltuvalla tarkastusmenettelyllä eli moduulilla, kun hitsataan tai lämpökäsitellään paineenkeston vaikuttavaa rakennetta tai muutoin muutetaan sen ominaisuuksia. on korjaustyön kun hitsataan tai lämpökäsitellään. Kun kyseessä on rekisteröidyn painelaitteen korjaus, sallitut moduulit ovat B1 + F, G, tai H1- moduuli.

korjaustyön ollessa yksilöllinen, on moduuli G joustavin menettelytapa. Moduuli G edellyttää, että työstä vastaavan yrityksen eli toiminnanharjoittajan tulee jättää valitsemalleen tarkastuslaitokselle hakemuksen. Tekniset asiakirjat esitetään liitteessä, joissa tulee olla selvitettyinä mm.

g - moduulissa tarkastuslaitos

- tarkastavat tekniset asiakirjat valmismenetelmien ja suunnittelun osalta
- tarkastaa materiaalin valmistajien toimittamat aineodistukset ja arvioi käytetyt materiaalit
- hyväksyy pysyvien liitosten tekemistä koskevat menetelmät ja tarkistaa, että ne on jo aiemmin asianmukaisesti hyväksytyt
- tarkasta hitsaajien ja NDT- tarkastajien pätevöinnin
- valvoo painekokeen, tarvittaessa tarkastaa varolaitteet ja tekee lopputarkastuksen
- laatii vaatimuksenmukaisuustodistuksen kirjallisena. (Inspecta [viitattu 17.4.2015].)

4.2 Korjaustöiden suunnittelu

Korjaustöiden valmistuksessa ja suunnittelussa on hyvin tärkeää varmistautua, että työstä laaditaan asianmukaiset, standardin EN ISO 15609-1 mukaiset hitsausohjeet (WPS). Ohjeet perustuvat tai pätevöintilaitoksen tai ilmoitetun laitoksen antamiin standardin EN ISO 15614-1 mukaisiin hitsauksen menetelmäkokeiden hyväksymistodistuksiin. Kaikkien työhön osallistuvien hitsaajien tulee olla asianmukaisesti pätevoitettyjä hitsaustyöhön.

Tukesin ohjeiden mukaan hitsausmenetelmien ja hitsaajien pätevöinti tulee tehdä ennen työn aloittamista (Inspecta [viitattu 17.4.2015].)

4.3 Korjaustyön suunnitelman hyväksyttäminen

Painesäiliön suunnitelman dokumentoinnin hyväksyminen ja tarkastus on tehtävä aina ennen painelaitteen korjauksen aloittamista. Kirjallinen suunnitelma on hyväksyttävä hyväksytyllä laitoksella säännösten mukaisesti toteutettavaksi. Kun ilmoitettu laitos on hyväksynyt suunnitelman, voidaan korjaustyö aloittaa.

Kyseisen säiliön korjaukseen haettiin lupaa Dekrasta (liite 1).

Dekra Oy toimittaa tarkastustodistuksen (liite 2), jos suunnitelma on kunnossa.

4.4 Painesäiliön vaurio

Ajoneuvo painesäiliö oli vaurioitunut liikenteessä, perävaunun kolmannen pyörän akselin navan laakeri oli lämmennyt niin paljon, että se oli sytyttänyt pyöränavan palamaan. Tulipalo oli levinnyt renkaaseen ja lokasuojaan sekä sulattanut painesäiliön alumiinivaippaa niin paljon, että säiliön painekuoreen oli tullut reikä.



Kuva 3. Vaurioitunut painesäiliö.

4.5 Korjaustyön toteutus

Painesäiliö korjattiin piirustuksen 10256-mukaan vaihtamalla säiliöön vaurioituneen painevaipan tilalle uusi vaippalevy (liite 3). Säiliöhitsaus suoritettiin WPS:n TPRO 1:n mukaan ja hitsausprosessi oli MIG (131) (liite 4).

Pitkän alumiinisen painesäiliön korjaus tulee suorittaa niin, että säiliön muoto saadaan palautettua ennalleen samanlaiseksi kuin se oli ennen vahinkoa. Tässä tapauksessa säiliöön päätettiin vaihtaa yksi vaurioitunut säiliön vaipparengas. Vaipparengas vaihdolla voidaan varmistaa, että säiliön muoto säilyy pyöreänä ja pituussuuntaisesti suorana. Säiliö on alunperin valmistettu alumiinilevyvaipoista, joiden mitoitus on pl 5 x 2000 x 8010 mm. Säiliölle vaaditaan hyvää suorautta, koska säiliö istuu kehtojen varassa perävaunun rungolla. Säiliön sisällä kuljetettavalla materiaalilla saadaan säiliön vaippa istumaan hyvin tiukasti rungon kehtoihin ja siten voiman siirtymään runkoon ja akselien kautta renkaisiin.

Pyöreät sylinterimäiset kappaleet on helpompi korjata asentamalla ne pyöritysrullastoille. Pyöritysrullastolla voidaan pyörittää säiliötä säiliön hitsauksen ja säiliön varusteosin asennuksen ajan.

4.6 Ainestodistukset

Painelaitteista ja PED-materiaaleista, kuten putkiston osista ja putkista, vaaditaan PED ja 3.1-ainestodistus. Painelaitteeseen asennettavista ruuveista ja muttereista vaaditaan 2.2-ainestodistus, niiden avulla osoitetaan materiaalin vaatimuksenmukaisuus. Materiaalitalauksen yhteydessä määritetään ainestodistusten laajuus. Myös hitsauslisäaineista vaaditaan ainestodistukset. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto [Viitattu 25.4.2015].)

Materiaalin toimittajalta vaaditaan ainestodistukset tilauksen yhteydessä ja ne toimitetaan PDF muodossa yritykseen sähköpostilla osoitteeseen info@tankpro.fi. Saapuvat ainestodistukset tulee olla merkittynä niin, että niistä selviää materiaalien sulatusnumerot ja mihin tilaukseen ainestodistus kohdistuu. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto [Viitattu 25.4.2015].)

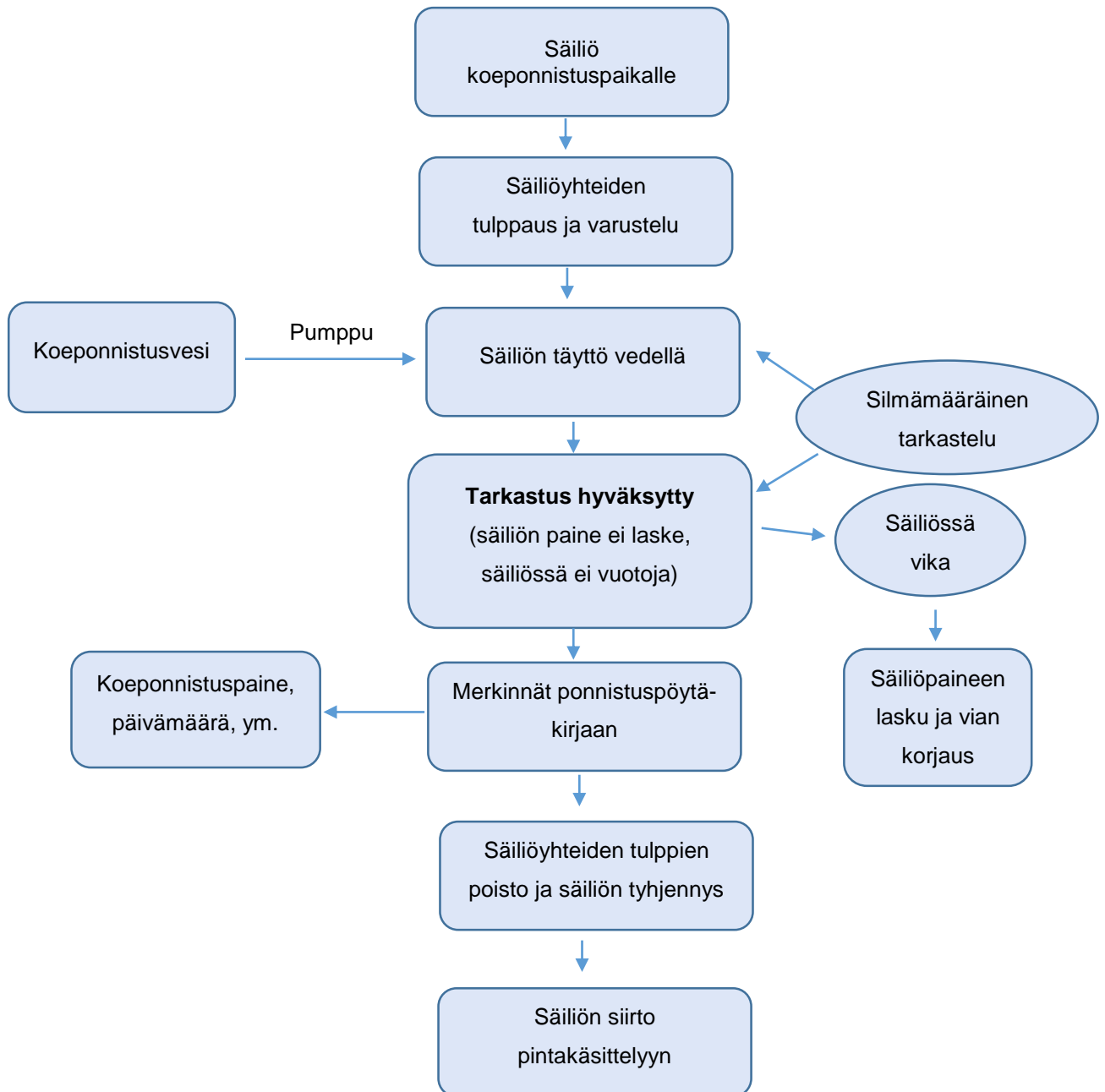
Jos ostotilauksessa on määritelty, että materiaalille vaaditaan ainetodistus, otetaan sille PED-koodi materiaalin saapumisen yhteydessä ja tietokantaan määritellään seuraavat tiedot: koodi, sulatusnumero, materiaali, muoto, paksuus, mitat, määrä, yksikkö, päivämäärä, toimittaja. Ainetodistukset tallennetaan sähköiseen muotoon ainetodistukset kansioon. Kun materiaalia käytetään, työntekijä huolehtii, että otettuun ja myös jäljelle jääneeseen palaan siirretään PED-koodi tai sulatusnumero. PED-koodi merkitään aineeseen vedenkestävällä tussilla. Korjattavasta painesäiliöstä tehdään sulatusnumerokartta, jonka perusteella voidaan jäljittää itse tuote sekä materiaali mistä korjaus on tehty. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto [Viitattu 25.4.2015].)

4.7 Korjaustyön painekoe

Kaikille korjatuille painelaitteille on tehtävä painekoe valmiin korjaustyön eheyden osoittamiseksi. Painekoe täytyy suorittaa hyvin valvotuissa olosuhteissa, missä myös turvatoimet otetaan huomioon niin, että kokeesta vastuussa olevat voivat tarkastaa kaikki korjatun painelaitteen osat. Painekoe on myös osa loppuarviointia ja nestepainekoetta käytetään painekokeen väliaineena. Mikäli mahdollista painekoe tehdään vasta kun kaikki valmistus- ja tarkastustoimenpiteet on tehty. Korjattavaan paineastiaan tehtävät toimenpiteet painekokeen jälkeen, jotka vaikuttavat tarkastettavuuteen mm. säiliön ulko- ja sisäpuolien maalaus tulee tehdä vasta kun säiliön on onnistuneesti koeponnistettu. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto [Viitattu 25.4.2015].)

Korjatun painelaitteen varoventtiili pitää myös tarkastaa säiliön korjaustarkastuksen yhteydessä. Jos varoventtiiliä joudutaan korjaamaan tai säätämään, on tarkastuslaitoksen aina tarkastettava venttiilin arvojen toteutuminen. Tarkastuslaitos ei saa säätää varoventtiiliä, mutta tarvittaessa se varmistaa arvot ja sinetöi lopuksi varoventtiilin. Painekokeen jälkeen painelaitteen paineastiakilpeen tehdään vaadittavat merkinnät esim. meisteillä. Painekoe suoritettiin vedellä ja säiliön koepaine oli

1,3 kertaa suurin sallittu käyttöpaine eli 2.6 bar. Tässä työssä painesäiliön korjaus toteutettiin piirustuksen (liite 4) mukaan.



Kuva 4. Koeponnistuksen prosessikaavio.

4.8 Korjaustyön dokumentointi

Painelaitteen luokka määrittelee arviointimenettelyssä painelaitteen vaatimuksen mukaisuuden. Menettely ilmaistaan moduulina. Painesäiliön korjaaja varmistaa turvallisuusmääräysten toteutumisen noudattamalla moduulin määräyksiä. Tässä painelaitteen korjauksessa käytettiin G-moduulin mukaista yksikkökohtaista EY-todennusta, jolloin ilmoitettu laitos tekee korjauksen suunnitelma - ja loppuarvioinnin. Dokumentit kerätään painelaitekirjaan, että ne voidaan luovuttaa korjatun painelaitteen omistajalle.

4.9 Dekran tarkastus ja hyväksyntä

Painelaitteen korjaajan on hankittava rekisteröitävän painelaitteen korjaustyöstä tarpeelliset asiakirjat:

- korjaussuunnitelma
- materiaalien ja hitsauslisäaineiden aineodistukset
- hitsaus-, lämpökäsittely- ja NDT-asiakirjat
- painekokeen pöytäkirja
- tarkastuslaitoksen antamat todistukset.

4.10 Painesäiliö korjattuna

Säiliön koeponnistuksen jälkeen säiliö maalattiin sisä- ja ulkopuolelta. Säiliön sisäpuolen maalaus tehtiin epoksimaalilla, millä saadaan säiliön sisälle paksu suojaava kerros suojaamaan painesäiliön alumiinipintaa kulumiselta. Säiliön ulkopuoli maalattiin osamaalauksena hiomalla uudesta vaipparenkaasta alumiinin oksidit ja ja maalattiin pintamaaliin Sikkens-automaalilla.



Kuva 5. Painesäiliö korjattuna

5 Tulokset ja yhteenveto

Tässä työssä tavoitteena oli käydä läpi alumiinin ominaisuuksia. Hitsausprosesseista kuvattiin MIG- ja TIG-menetelmiä, jotka parhaiten soveltuvat korjaushitsaukseen. Työssä perehdyttiin myös hitsauslaitteisiin kuten virtalähteisiin, suojakaasulaitteistoon. Lisäksi käytiin läpi myös hitsauksessa esille tulevia mahdollisia hitsausvirheitä.

Työ kuvattiin vaiheittain ja siihen liittyvät säädökset otettiin huomioon. Painelaitteen korjaus- ja muutostöihin sovelletaan Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä painelaiteturvallisuudesta (953/1999 37. pykälä), kun kyseessä on rekisteröidyn painelaitteen korjaus hitsaamalla. Korjaukseen käytetyistä materiaaleista, kuten laipoista ja ruuveista tulee olla standardin EN10204/2004 mukainen 3.1-todistus. Hitsauskoheet oli tehty standardin EN ISO 15609-1 (WPS) mukaisesti.

Turvallisuuden kannalta on tärkeää, että kokonaisuusvastuut jakautuvat painelaitteen korjaajan ja omistajan kesken. Painelaitesäädöksissä korostetaan, että vastuu korjauksesta on painelaitteenkorjaajalla ja laitteen käytössä ja huollossa vastuu on omistajalla.

Tulokseksi saatiin kokonaiskuva alumiinisen painesäiliön korjauksen prosessista ja eri vaiheista. Työn dokumenttia voidaan yrityksessä käyttää jatkossa painelaitteen korjauksissa.

LÄHTEET

Lukkari, J. 2001 Alumiinit ja niiden hitsaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET.

Lukkari, J. 2002 Hitsaustekniikka perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus.

Lepola, P & Makkonen, M. 2001 Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.

SFS-käsikirja 66- 10, 2010 Alumiinin hitsaus. Helsinki Suomen Standardisoimisliitto SFS RY.

KTMp 953/1999 37. pykälä.

Inspecta. Ei päiväystä. Painelaitteen korjauksen tarkistus, [www-lähde].

<http://www.inspecta.com/PageFiles/25617/Painelaitteen%20korjausty%C3%B6%20ohjeita.pdf?epslanguage=fi> Inspecta, [viitattu 17.4.2015].

LIITTEET

Liite 1. Hakemus painelaitteen korjaustyön tarkastuksesta

Liite 2. Painelaitteen muutossuunnitelman tarkastustodistus

Liite 3. Painelaitteen korjauskuva

Liite 4. Painelaitteen hitsausohje (WPS)

Liite 5. Painelaitteen tarkastustodistus

LIITE 1. Hakemus painelaitteen korjaustyön tarkastuksesta

TANK PRO OY

HAKEMUS PAINELAITTEEN KORJAUSTYÖN
TARKASTUKSESTA KTMP 953/1999 37 § MUKAAN,
G-MODUULI

Tiedot toiminnanharjoittajasta:

Toiminnanharjoittaja (nimi, osoite) TANK PRO OY Päivölänkatu 40 , 60120 Seinäjoki	
Yhteyshenkilö Jussi Hirvelä	Puhelin: 040-671 6722 Faksi: Sähköposti: jussi.hirvela@tankpro.fi
Urakoitsija (jos eri yritys kuin toiminnanharjoittaja)	Suunniteltu työn aloitus ja loppuarvioinnin ajankohta Työn aloitus 10.01.2015 Loppuarviointi 30.01.2015

Painelaitteen tiedot:

Rekisteri- tai valmistusnumero(t) Rekisterinumero A 95024 Valmistusnumero 1678	Sisältö ja sisällön ryhmä Suurin sallittu käyttöpaine (bar) 2.0 bar Alin ja korkein sallittu lämpötila (°C) – 40 / 60 Tilavuus tai nimellisuus (L / DN) 48 000 litraa
Sijoituspaikka Ajoneuvosäiliö	

Tekniset asiakirjat (kahtena sarjana):

- Yleiskuvaus nykyisestä rakenteesta (tai painelaitteikirja, kirja palautetaan tarkastuksen jälkeen)
- Yleiskuvaus suoritettavasta muutos- tai korjaustyöstä
- Työpiirustukset, osaluettelot, hitsausohjeet
- Muutostyötä koskevat suunnittelulaskelmat
- Tarkastussuunnitelma
- Luettelo sovelletuista yhdenmukaistetuista standardeista tai
- Esitys käytetyistä ratkaisuista olennaisten vaatimusten täyttymiseksi
- Todistukset pysyvien liitosten menetelmien pätevöinnistä
- Tiedot pysyviä liitoksia tekevien henkilöiden pätevyydestä
- Tiedot ainetta rikkomattomia tarkastuksia tekevien henkilöiden pätevyydestä



Allekirjoitus:

Allekirjoittamalla tämän hakemuksen toiminnanharjoittaja vakuuttaa, että samaa hakemusta ei ole tehty toiselle hyväksytylle laitokselle	Toiminnanharjoittajan edustajan allekirjoitus Paikka ja päiväys ...Seinäjoki 10.01.2015..... Allekirjoitus Nimenselvennys Jussi Hirvelä..... Asema Tuotantopäällikkö.....
---	--

Dekra Oy täyttää

Vastaanotto pvm. 18/2-15	Vastaanottaja <i>Jussi Hirvelä</i>	Nro MC02286
--------------------------	------------------------------------	-------------

LIITE 2. Painelaitteen muutossuunnitelman tarkastustodistus

DEKRA Industrial Oy

P.O.Box 41
FIN-01621 Vantaa, Finland
Tel. +358 9 878 020
Fax +358 9 878 6653

PAINELAITTEEN MUUTOSSUUNNITELMAN TARKASTUSTODISTUS DESIGN REVIEW CERTIFICATE FOR PRESSURE EQUIPMENT MODIFICATION



Todistuksen nro Certificate No.
MC02286

Todistuksen hakija Certificate applied by Tank Pro Oy	Osoite Address Päivöläkatu 40, 60120 Seinäjoki
Hakemuksen viite tai muut tiedot Reference of the application or other information Korsu Oy:n perävaunusäiliö / A-95024	
Tilaaaja tai käyttäjä Purchaser or user Korsu Oy Raahe	Valmistaja Manufacturer Site Oy Kuortane
Painelaitetyyppi Equipment type Kuljetussäiliö kiinteät aineet	Rekisteri- tai valmistusnumero Register or manufacturing number A-95024 / valm.nro: 1678
Piirustukset Drawings Tank Pro Oy / piir.nro: 10526	

TILA COMPARTMENT		1	2	3
Max/min sallittu käyttöpain Max/min allowable pressure	[bar]	2 / 0	/	/
Max/min sallittu lämpötila Max/min allowable temperature	[°C]	65 / -40	/	/
Koepaine Test pressure	[bar]	2,6		
Tilavuus Volume	[L]	48 000		
Sisältö Fluid		Ilma/Kiinteät aineet		
Teho Power	[MW]			

Huomautukset Remarks

Korjaussuunnitelma piir. 10526 / JA 17.02.2015 mukaan.
Menettely: KTMP 953/99, 37§, soveltuvin osin moduuli G.
Tarkastukset: Esitetyn tarkastussuunnitelman ja piirustuksen mukaan.
Muutos-/korjaustyön jälkeen vesipainekoe 2,6 bar.
Korjaussuunnitelma liitteineen merkitty: PT652/HJK.

Ks. Liite See app. **0** sivu(a) page(s)


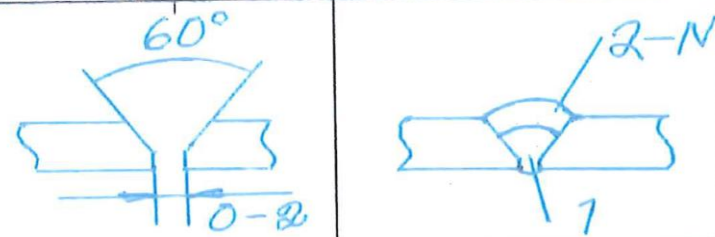
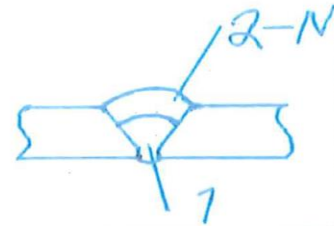

VAATIMUKSET REQUIREMENTS			
Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta (953/99)			
<input checked="" type="checkbox"/> Täyttää vaatimukset Conforms with the requirements	<input type="checkbox"/> Ei täytä vaatimuksia Does not conform with the requirements	<input checked="" type="checkbox"/> Ks. Huom. See remarks	
Paikka Place	Pvm Date	Tarkastaja Inspector	Allekirjoitus Signature
Alavus	18.2.2015	Harri Koskinen	
Tässä lomakkeessa paineen yksikkö on ylipainetta In this form the unit of pressure is gauge pressure		Alipaine merkitään negatiivisena atm paineesta laskien Below atmospheric pressure is signed as negative pressure	



LIITE 3. Painelaitteen korjauskuva



LIITE 4. Painelaitteen hitsausohje (WPS)

		Hitsausohje Welding procedure specification		Hitsausohjeen nro / WPS no		1 / Tpro 1		Rev.																			
				Menetelmäkoepöytäkirjan nro / WPAR no																							
				Hitsausohjeen asema / Status of WPS																							
Perusaineet / Parent Materials		ALUMIINI EN AW 5083																									
Aineenpaksuus / Material Thickness		5,0		Raitomuoto / Joint Design			Palkojärjestys / Weld Run Sequence																				
Putken ulkohalkaisija / Outside Diameter of Pipe																											
Hitsausprosessit / Welding Processes		131																									
Hitsausasento / Welding Position		PA																									
Raition valmistus / Groove Preparation		Hionta																									
Raition puhdistus / Groove Cleaning		Hionta																									
Kappaleen kiinnitys / Jigging of Work Piece		Lampokäsittelykaavio / Heat-treatment Plan																									
Silloitus / Tack Welding		100 - 200 mm:n välein																									
Suoritusmenetelmä / Welding Technique				Työlämpötila / Preheat Temperature			Korotettu työlämpötila / Preheat Temperature																				
Vasarus / Peening							Palkojen välinen lämpötila / Interpass Temperature																				
Juuren avaus / Gouging		Laikkajyrsin					Esikuumennus menetelmä / Preheat Method																				
Juurituki / Backing							Työlämpötilan mittaus / Method of Measurement																				
Hitsauslisäaineet / Filler Metal, Flux and Gases		Luokittelumerkintä / Classification		AWS A5.10		Työlämpötila / Preheat Temperature			Menetelmä / Ohje / Method / Instruction																		
		Lisäainelanka / Filler Metal		AL MG4,5 MN 1.2 mm					Kuumennusnopeus / Heating Rate																		
		Luokittelumerkintä / Classification				Jälkikäsittely / Post-weld Heat-treatment			Pitotempötila / Soaking Temperature																		
		Lisäainelanka / Filler Metal							Pitotempötila / Soaking Temperature																		
		Käsitely / Handling				Huomautuksia / Remarks:																					
		Suojakaasu / Shielding Gas		AGA MISON AR Argon + 0.03 N																							
		Virtausnopeusalue / Range of Flow Rate		17 - 20 l/min																							
		Juurikaasu / Backing Gas																									
		Virtausnopeusalue / Range of Flow Rate																									
		Tig-elektrodi / Tig-electrode																									
Polttimen kulma / Torch Angle																											
Palko / Weld Run		Hitsausprosessi / Filler Material		Sähköiset ominaisuudet / Electrical Characteristics				Sykehitsaus / Pulse Welding				Langansyöttö / Wire Feed		Kuljetusnopeusalue / Travel Speed		Lämmönlähtö / Heat Input		Vapaalankapituus / Stick Out Length									
[nr]		Tunnus / Code		Laji, napaisuus / Type, Polarity		Virta-alue / Current Rate [A]		Jännite / Voltage Rate [V]		Aika / Time [s]		Virta / Current [A]		Taajuus / Frequency [Hz]		Tasavirta / DC Current [A]		Virta / Voltage [V]		[m/min]		[cm/min]		[kJ/cm]		[mm]	
1		131		1,2		170-195		17,5-19,5												48							
2		131		1,2		170-195		17,5-19,5												48							
3		131		1,2		170-195		17,5-19,5												48							
Hyväksynyt / Approvals		Valmistaja / Contractor Tank Pro Oy				Asiakas / Client				Vaivontaviranomainen / Certifying Authority																	
		Päiväys / Date 1.8.2014				Päiväys / Date				Päiväys / Date																	

LIITE 5. Painelaitteen tarkastustodistus

DEKRA Industrial Oy

P.O.Box 41
FIN-01621 Vantaa, Finland
Tel. +358 9 878 020
Fax +358 9 878 6653

PAINELAITTEEN
MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS
INSERVICE INSPECTION OF
PRESSURE EQUIPMENT



Todistuksen nro Certificate No.	MC02287
Valm.nro Manuf. No.	1678
Vuosi Year	2009

Rekisterinro Register No.	A-95024
Järjestysno Running No.	4

YHTEYSTIEDOT CONTACT INFORMATION	Omistaja Owner	Jakeluosoite Delivery address	Postinro Zip	Postitoimipaikka Post office
	Korsu Oy	Olloukalliontie 10	92100	Raahe
	Hallija Possessor	Jakeluosoite Delivery address	Postinro Zip	Postitoimipaikka Post office
	Korsu Oy	Olloukalliontie 10	92100	Raahe
	Käyntiosoite Street address	Olloukalliontie 10		
Käytön valvoja Operation supervisor	Sukunimi Etunimi Surname First name	Puhelin Tel.	Rooli Role	Pätevyys Qualification
	Risto Keski-Korsu		Omistaja	Riittävä asiantuntemus

PAINELAITE PRESS. EQUIPMENT	Sijainti Location	Laitepaikka nro Location no.	PI-kaavio PI-diagram	
	Perävaunun alusta			
<input type="checkbox"/> Kattila Boiler	Painelaitetyyppi Equipment type	Kattilan käyttötapa Boiler mode	Kattilan rakenne Boiler struct.	Pääenergia Energy source
	Vaunusäiliö ja säiliökontti			
<input checked="" type="checkbox"/> Painesäiliö Pres. Container	TILA COMPARTMENT			
		1	2	3
<input type="checkbox"/> Putkisto Piping	Max/min sallittu käyttöpain Max/min allowable pressure [bar]	2 / 0	/	/
	Max/min sallittu lämpötila Max/min allowable temperature [°C]	65 / -40	/	/
	Tilavuus Volume [L]	48 000		
	Sisältö Fluid	Muut nesteet ja kiinteät aineet		
	Teho Power [MW]			

TARKASTUS INSPECTION	Koepaine Test pressure [bar]	Väliaine Medium	Päivämäärä Date
	1 2,6 2 3	Vesi	19.2.2015
<input type="checkbox"/> 1. tarkastus 1st inspection	Varolaitteen asetuspain Safety device set pressure [bar]	Varolaitteen kuvaus Description of safety device	
<input checked="" type="checkbox"/> Käyttö Operation	1 2 2 3	Jousikuormitteinen varoventtiili	
<input checked="" type="checkbox"/> Sisäpuolinen Inside	TARKASTUSKOHDTE INSPECTION TARGET	Asiakirja tai tarkastuspvm Document or inspection date	TARKASTUSKOHDTE INSPECTION TARGET
<input checked="" type="checkbox"/> Paineetesti Pressure test	Varolaittejärjestelmän tarkastus Safety device system inspection	19.2.2015	Tarkastussuunnitelma Inspection plan
<input type="checkbox"/> Muutostarkastus Modification	Silmämääräinen tarkastus Visual inspection	19.2.2015	Putkiston tarkastus Inspection of piping
<input type="checkbox"/> Muu tarkastus Other inspection	NDT-tarkastus NDT inspection	19.2.2015	Käyttöohjeet Service instructions
<input type="checkbox"/> Seuranta (18§) Follow-up (18§)	Yleistarkastus General inspection	19.2.2015	Kunnossapito-ohjeet Maintenance instructions
<input type="checkbox"/> Kunnonvalv. (19§) Condition monit.	Tarkastusraportti Inspection report		Turvallisuusohjeet Safety instructions
	Korjausraportti Repair report	19.2.2015	Vaaran arv. asianmukaisuus Hazard assessment (20 §)

HAVAINNOT JA HUOMAUTUKSET OBSERVATIONS AND REMARKS	Astialle suoritettu korjaustyö. Korjaustyö suoritettu tarkastustodistuksen MC02286 mukaisesti.		
	Astia: perävaunusäiliö. Sisältö: Ilma / Rakeiset ja jauhemaiset aineet. Tarkastusten uusi jaksotus aloitettu tästä tarkastuksesta.		
	Tarkastusjaksotus: Käyttö 2, sisäp. 4 ja painekoe 8 vuoden välein.	Ks. liite See app.	0 sivu(a) page(s)

VAATIMUKSET REQUIREMENTS	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta (953/99)		
TARKASTUSTULOS INSPECTION RESULT	<input checked="" type="checkbox"/> Täyttää vaatimukset Conforms with the requirem.	<input type="checkbox"/> Ei täytä vaatimuksia Does not conform with the requirem.	<input type="checkbox"/> Katso huom. See remarks
SEURAAVA TARKASTUS NEXT INSPECTION	Tarkastuslaji Inspection type	Tarkastuspvm At the latest	
	Käyttö	19.2.2017	
Paikka Place	Pvm Date	Tarkastaja Inspector	Allekirjoitus Signature
Seinäjäki	19.2.2015	Harri Koskinen	

