



Menettelyohje hitsausohjeen päivittämiseksi

Emil Eidstø

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021

Konetekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

EIDSTØ, EMIL:
Menettelyohje hitsausohjeen päivittämiseksi

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2021

Opinnäytetyö tehtiin yritykselle, joka valmistaa lämmityskattiloita. Osan valmistettavista kattiloista painelaitedirektiivi määrittelee painelaitteiksi. Painelaitteiden valmistustapa oli muuttunut tuotteita kehitettäessä, mistä syntyi opinnäytetyölle aihe. Työn tarkoituksena oli perehtyä hitsausohjeiden hyväksyttämiseen menetelmäkokeilla ja laatia menettelyohje hitsausohjeiden laatimiseen.

Opinnäytetyössä perehdyttiin sulahitsaukseen asiakasyrityksen näkökulmasta ja niiltä osin kuin hitsausprosesseja oli käytössä. Työssä tutustuttiin materiaalien ryhmittelyyn, standardin mukaiseen nimeämiseen ja hitsauksen eri muuttujiin. Ohjeen laatimista varten perehdyttiin myös painelaitedirektiiviin ja yhdenmukais-tettuihin hitsausohjestandardeihin. Hitsausohjeen laatimisosiossa opastetaan alustavan hitsausohjeen laatimisessa valmiiksi tehtyyn hitsausohjepohjaan.

Opinnäytetyön aikana laadittiin alustavat hitsausohjeet kaikille tarvittaville hitsausliitoksille. Niiden mukaan tehtävät menetelmäkokeet ajoittuivat tehtäviksi opinnäytetyön jälkeen. Hyväksytyjen menetelmäkokeiden jälkeen voidaan alustavat hitsausohjeet muuttaa hitsausohjeiksi. Tulevaisuudessa uudet hitsausohjeet voidaan päteväittää hyödyntämällä tämän työn aikana tehtyjä ohjeita. Uusien hitsausohjeiden laatiminen voi tulla ajankohtaiseksi esimerkiksi tilanteessa, jossa halutaan muuttaa hitsausprosesseja. Voikin olla taloudellisesti kannattavaa siirtä vaiheittain puikkohitsauksesta MAG-hitsaukseen.

Asiasanat: hitsausohje, painelaite, standardi, kehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

EIDSTØ, EMIL:
Procedure for Updating the Welding Instructions

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 5 pages
April 2021

The thesis was done to a company which manufactures boilers. Some of the boilers are pressure equipment in accordance with the Pressure Equipment Directive. The product development has changed the way boilers are made. This was one reason for this subject. The subject of the thesis was to get acquainted with the approval process of Welding Procedure Specification and make instructions for it.

This thesis focused on fusion welding which was used by the company. More specifically, the focus was on the welding processes which were commonly used in company. In addition, the thesis focused on welding standards, equipment directive and other welding variables. The instructions show how to make a welding procedure specification in a ready-made template.

During the thesis a preliminary Welding Procedure Specifications was made to all welding joints. Welding procedure tests were scheduled after the thesis. After the welding procedure tests are qualified, final welding procedure specifications can be made. In the future, new welding procedure specifications can be qualified by using this guide. Making new welding procedures may become topical if there is a need to change welding processes. It may be economical to switch gradually from stick welding to MAG welding.

Key words: welding procedure specification, standard, development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	LAATUKATTILA OY.....	9
	2.1 Yritys	9
	2.2 Tuotteet.....	9
3	HITSAUS	10
	3.1 Hitsaus yleisesti	10
	3.2 Kaarihitsaus	11
	3.3 Materiaalit	12
	3.3.1 Rakenneteräs	12
	3.3.2 Eripariliitokset	13
	3.4 Hitsausprosessit.....	14
	3.4.1 Puikkohitsaus	14
	3.4.2 MIG-/MAG-Hitsaus	15
	3.5 Liitosmuodot ja hitsausasennot	15
4	PAINELAITTEET	17
	4.1 Painelaitteet yleisesti.....	17
	4.2 Painelaitedirektiivi	17
	4.3 Standardit.....	18
	4.4 Painelaitteiden valmistaja.....	18
5	HITSAUSOHEJIDEN LAATIMINEN.....	19
	5.1 Hitsausohjeet painelaitteiden hitsausliitoksiin	19
	5.2 Uudet hitsausohjeet	22
	5.3 Hitsausasento ja liitosmuoto	22
	5.4 Hitsausprosessi.....	23
	5.5 Materiaaliryhmittely	23
	5.6 Alustava hitsausohje	24
	5.7 Menetelmäkoe.....	24
	5.8 Testaus	27
	5.9 Hitsausohje	30
	5.10 Pätevyysalue	30
	5.10.1Pätevyyden voimassaolo	31
	5.10.2Materiaalien kattavuus	31
	5.10.3Aineenpaksuuden pätevyysalue	31

6 POHDINTA	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	36
Liite 1. Pätevyysalueet	36
Liite 2. Hitsausohjepohja	38
Liite 3. Perusaineet	39
Liite 4. Teräsryhmien pätevyysalueet	40

ERITYISSANASTO

BW	päittäishitsi
CEN	Standardisointia edistävä eurooppalainen voittoa tavoittelematon yksityinen järjestö
DT	rikkova aineenkoetus
EN	Euroopassa vahvistettu standardi
FW	pienahitsi
ISO	kansainvälinen standardisoimisjärjestö
MAG-hitsaus	Kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa lisäainelangan ja kappaleen välissä aktiivisen kaasun ympäröimänä
MIG-hitsaus	Kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa lisäainelangan ja kappaleen välissä reagoimattoman kaasun ympäröimänä
NDT	rikkomaton aineenkoetus
PA	hitsaus jalkoasennossa
PB	hitsaus alapiena-asennossa
PC	hitsaus vaaka-asennossa
PD	hitsaus ylapiena-asennossa
PE	hitsaus lakiasennossa
PED	painelaitedirektiivi
PF	hitsaus pystyasennossa ylöspäin
PG	hitsaus pystyasennossa alaspäin
PH	kiinteän putken hitsaus ylöspäin
PH-L045	kiinteäputki 45° kaltevuudessa, hitsaus ylöspäin
PJ	kiinteän putken hitsaus alaspäin
PJ-L045	kiinteäputki 45° kaltevuudessa, hitsaus alaspäin
pWPS	alustava hitsausohje
SFS	suomen standardisoimisliitto
TIG-hitsaus	Kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa voframielektrodin ja kappaleen välissä reagoimattoman kaasun ympäröimänä
TR	standardiin laadittu tekninen eritelmä

Tukes
WPQR
WPS

Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto
hitsausmenetelmän hyväksymispöytäkirja
hitsausohje

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä hitsausohjeiden hyväksyttämiseen menetelmäkokeella ja laatia prosessista menettelyohje tulevaisuuden tarpeita varten. Työssä selvitettiin myös Laatukattila Oy:n nykyisten hitsausohjeiden päivitys- ja uusimistarpeet. Selvityksen tarve on muodostunut vuosien saatossa, kun tuotekehityksen myötä hitsausliitokset ovat muuttuneet. Työssä tutustuttiin yrityksessä käytössä oleviin sulahitsausprosesseihin, lisäaineisiin ja perusainemateriaaleihin.

Hitsattavat tuotteet luokitellaan painelaitteiksi, joten oleellisena osana selvitystyötä oli tutustua painelaitedirektiiviin ja Tukesin ohjeisiin. Näiden pohjalta ja ne huomioiden oli hyvä perehtyä hitsausohjeita käsitteleviin standardeihin. Standardien monet viittaukset toisiin standardeihin teki työstä haastavaa.

Työn aikana laadittiin alustavat hitsausohjeet kaikille eri hitsausliitoksille valmistettävien painelaitteiden osalta. Tarvittavat menetelmäkokeet ajoittuivat opinnäytetyön jälkeiseen aikaan. Menetelmäkokeiden tarkastuspöytäkirjojen pohjalta voidaan jatkossa laatia hitsausohjeet.

2 LAATUKATTILA OY

2.1 Yritys

Laatukattila Oy on 1953 perustettu perheyritys, jonka toimitilat sijaitsevat Nekalassa Tampereella. Päätoimiala on lämpölaitteet ja kuivauslaitteet. Laatukattila suunnittelee, valmistaa, huoltaa ja korjaa lämmityskattiloita. Kattiloiden kokoluokka vaihtelee 10 kW omakotitalokattiloista 10 000 kW lämpölaitoskattiloihin. Yrityksen alkuajoilta pääpaino on siirtynyt pienistä kattiloista automaattisten bioenergialaitosten toimitukseen, joissa Laatukattila toimii pääurakoitsijana. (Laatukattila Oy.)

2.2 Tuotteet

Päätuotteina LAKA valmistaa lämmityskattiloita, lämpökeskuksia, polttoaineen varastointi- ja kuljetinlaitteita ja savukaasun puhdistuslaitteita. Vuosien kokemuksen ja tuotekehityksen ansioista lämmityskattilat ovat energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä. Kuvassa 1 on esitetty Laatukattila Oy:n toimittama lämpölaitos. (Laatukattila Oy.)



KUVA 1. Biolämpölaitos (Laatukattila Oy)

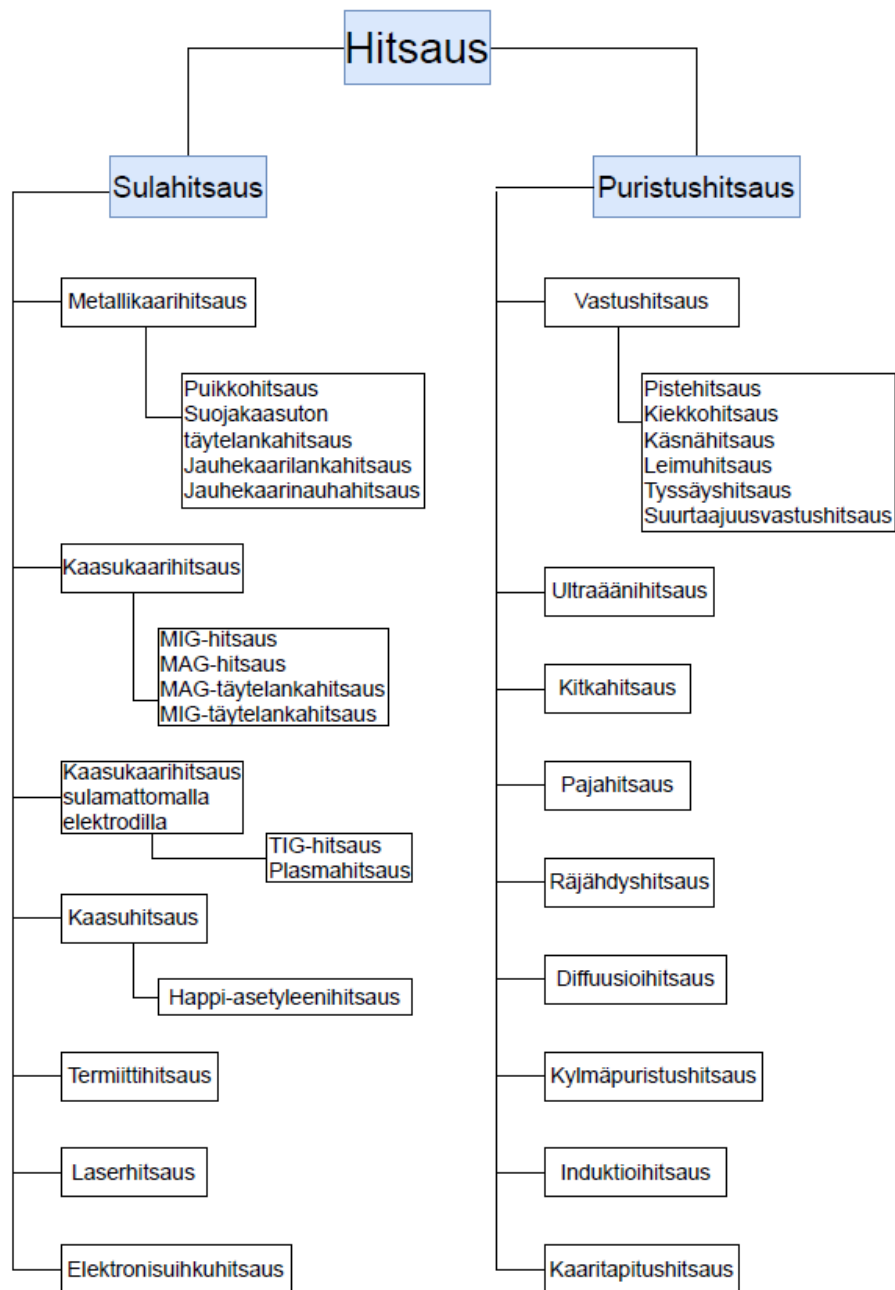
3 HITS AUS

3.1 Hitsaus yleisesti

Hitsaaminen on kappaleiden liittämistä toisiinsa tai niiden pinnoitusta. Liitoksessa yhdistettävät pinnat kuumennetaan sula-alueelle, johon tuodaan soveltuvaa lisäainetta. Sulan jäähtyessä muodostuu kiinteä liitos. (Lepola & Ylikangas 2016, 13.) Hitsaus soveltuu erityisesti metalleille kuten teräkselle ja alumiinille. Muista materiaaleista esimerkiksi muovia voidaan hitsata. (Lukkari 2002, 21.)

Hitsausliitos on monipuolinen tapa liittää kappaleita toisiinsa. Liitoksista saadaan tarvittaessa helposti tiiviitä ja kestäviä. Hitsauksella saadaan myös nopeasti ja edullisesti liitoksia esimerkiksi varusteluhitsauksessa. Kuitenkin hitsattaessa kriittisiä hitsausliitoksia tarvitaan hitsausohjeet, jolloin voidaan varmistua hitsausliitosten tasalaatuisuudesta. Hitsauksen edut ruuviliitoksiin nähden sijoittuvat pääosin tuotantoon, koska asennuskohteissa hitsausliitokset vaurioittavat helposti pintakäsittelyä. Ruuviliitoksia käyttäessä pintakäsittely voidaan tehdä kokonaan valmiiksi jo tuotantolaitoksesta. (Lukkari 2002, 13.)

Hitsausprosessit jaetaan kahteen eri pääryhmään: sulahitsaukseen ja puristushitsaukseen. Sulahitsauksesta poiketen puristushitsauksessa ei käytetä koskaan lisäainetta. Kuvioissa 1 on esitelty molempien ryhmien prosesseja. (Lepola & Ylikangas 2016, 14.)



KUVIO 1. Hitsausprosesseja (Lepola & Ylikangas 2016, 15)

3.2 Kaarihitsaus

Kaarihitsauksessa hitsaukseen tarvittava lämpöenergia tuodaan kappaleeseen valokaaren avulla. Valokaari syntyy, kun kappaleiden väli on riittävän pieni ja niiden väli on ionisoitunut. Valokaarissa elektronit kulkevat katodista eli -navasta anodiin eli +napaan. Niiden osuessa kappaleeseen muuttuu liike-energia suurelta osin lämpöenergiaksi. Valokaaren lämpötila vaihtelee 4500–6000 °C välillä riippuen suojakaasusta, lisäaineesta ja hitsausenergiasta. (Lukkari 2002, 66.)

Valokaaren sytytys tapahtuu puikko ja MIG/MAG hitsauksessa oikosulkusytytyksellä. Lisäaineella kosketetaan kappaleeseen, jolloin syntyy korkea jännitepiikki. Korkean jännityksen vaikutuksesta metalli sulaa ja kaasuuntuu. Kaasuuntunut metalli ionisoituu helposti, jolloin lisäaine voidaan irrottaa kappaleesta valokaaren syttyessä ja yhdistäessä virtapiiriin. (Lukkari 2002, 67.)

3.3 Materiaalit

Materiaalin valinta on tärkeää kohteissa, joissa käytetään hitsausliitoksia. Teräksen hitsattavuutta voidaan sanoa hyväksi, kun hitsausliitos voidaan tehdä ilman erityistoimenpiteitä ja se täyttää asetetut vaatimukset. Erityistoimenpiteinä voidaan katsoa esimerkiksi lämpökäsittelyä. Materiaalin hitsattavuuteen vaikuttaa yleisesti kolme asiaa: kemiallinen koostumus, metallurgiset ominaisuudet ja fysikaaliset ominaisuudet. Taulukossa 1 on täsmennetty käsitteitä. (Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019a, 77–78.)

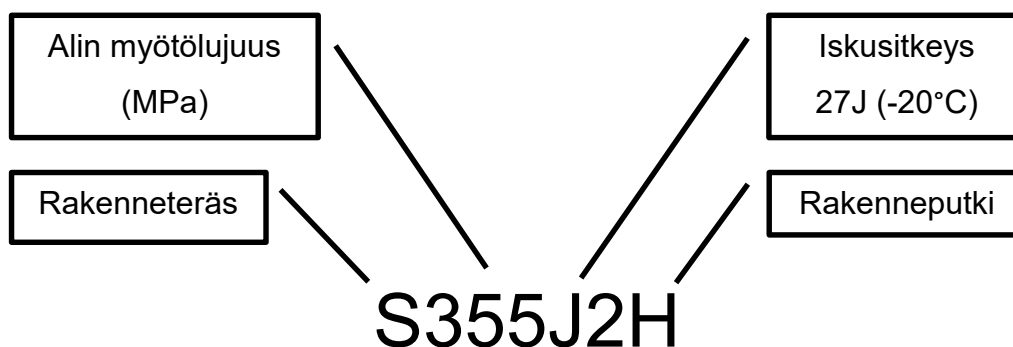
TAULUKKO 1. Hitsattavuuteen vaikuttavat ominaisuudet (Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019a, 78)

Kemiallinen koostumus	karkenevuus, taipumus hauraiden faasien muodostumiseen ja vanheneminen
Metallurgiset ominaisuudet	sulkeumat, suotaumat ja faasirakenne
Fysikaaliset ominaisuudet	lämmönjohtuminen, lämpölaajeneminen

3.3.1 Rakenneteräs

Rakenneteräkset ovat erittäin yleisesti käytetty materiaali, joita käytetään useissa sovellutuksissa. Käyttökohteita ovat mm. runkorakenteet, koneet ja laitteet. Rakenneteräkset ovat matalahiilisiä, joten niiden hitsattavuus on hyvä. (Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019a, 65.)

Rakenneterästen nimeäminen on määritelty standardissa. Tunnus S kuvaa rakenneterästä ja numerosarja alinta myötölujuutta. Lopun Kirjainyhdistelmä kertoo mm. iskutkeysominaisuuksista ja valmistuksen aikaisista käsittelyistä. Esimerkiksi rakenneteräksen S355J2H nimen merkitys selitetty kuviossa 2. (SFS-EN 10027-1, 7.)



KUVIO 2. Rakenneteräksen nimeäminen (SFS-EN 10027-1, 7)

3.3.2 Eripariliitokset

Ruostumattomat teräkset ovat välttämättömiä monissa sovellutuksissa, joissa tarvitaan mm. korroosionkestävyyttä ja kuumalujuutta. Niiden korkean hinnan vuoksi on kuitenkin järkevämpää käyttää esimerkiksi rakenneterästä rakenteen niissä osissa, jotka sen sallivat. Näin ollen syntyy liitoksia, joissa liitetään eri materiaaleja toisiinsa. Eripariliitoksia käytetään yleisesti putkistoissa, säiliöissä ja voimalaitosten rakenteissa. (Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019c, 185.)

Eripariliitosten metallurgiset ongelmat ovat ratkaistavissa oikean lisäaineen valinnalla. Jos lisäaine ei ole eripariliitokselle sopiva voi ongelmaksi muodostua: vetyhalkeilu, kuumahalkeilu ja hauraus. Liitoksessa, jossa on yhdistetty esimerkiksi rakenneteräs ja austeniittinen ruostumaton teräs, pyritään hitsiaineen mikrorakenteesta saamaan austeniittinen. Jolloin edellä mainittuja ongelmia ei esiinny. (Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019c, 187.)

3.4 Hitsausprosessit

Hitsausprosessin valintaan vaikuttaa mm. hitsausolosuhteet, hitsattava perusaine, ainevahvuus ja käytössä olevat hitsauslaitteisto. Kaarihitsauksessa käytössä olevat hitsausprosessit on esitetty taulukossa 2. Hitsausprosessien nimikkeet ja numerotunnukset on määritetty standardissa. (SFS-EN ISO 4063, 13.)

TAULUKKO 2. Hitsausprosessien numerotunnukset (SFS-EN ISO 4063, 13)

111	Puikkohitsaus
114	Täytelankahitsaus ilman suojakaasua
121	Jauhekaariumpilankahitsaus
125	Jauhekaaritäytelankahitsaus
131	MIG-umpilankahitsaus
135	MAG-umpilankahitsaus
136	MAG-jauhetäytelankahitsaus
138	MAG-metallitäytelankahitsaus
141	TIG-umpilankahitsaus
142	TIG-hitsaus ilman lisäainetta
143	TIG-täytelankahitsaus
145	TIG-umpilankahitsaus pelkistävällä kaasulla
15	Plasmahitsaus
311	Happi-asetyleenihitsaus

3.4.1 Puikkohitsaus

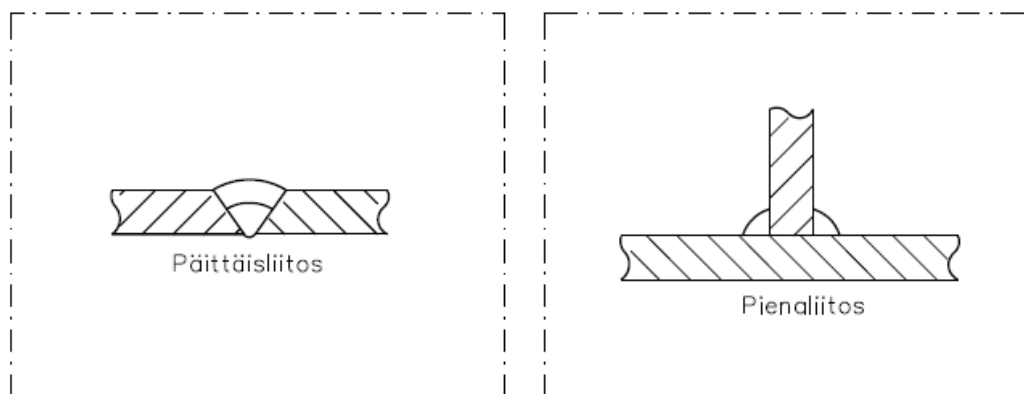
Hitsatessa vaihtelevissa olosuhteissa on puikkohitsaus hyvä valinta, koska laitteisto on helppo siirtää ja hitsaus onnistuu huonollakin säällä. Nykyaikaiset puikkohitsauskoneet voidaan tehdä pieniksi ja kevyiksi. Niistä suuri osa toimii yksivaiheisina, joten virran saanti ei ole ongelma. Puikkohitsauksessa valokaari palaa elektrodin eli puikon ja perusaineen välillä. Puikon ympärille on puristettu päällyste, joka sulaaessaan vaikuttaa hitsaukseen. Päällyste sulaa kuonakerrokseksi hitsin päälle suojaten hitsiä hapelta. Päällyste myös parantaa hitsattavuutta ja seostaa hitsiä parantaen sen fysikaalisia ominaisuuksia. Suurriittoisuuspuikoissa päällysteessä on rautajauhetta lisäämässä puikon riittoisuutta. (Lepola & Ylikangas 2016, 48.)

3.4.2 MIG-/MAG-Hitsaus

MIG-/MAG-Hitsauksessa valokaari palaa lisäainelangan ja kappaleen välillä. Umpilangalla hitsattaessa on käytettävä suojakaasua, joka suojaa sulaa hitsiä. MIG- ja MAG-Hitsauksen erottaa juuri suojakaasu. MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, joka reagoi sulan kanssa. MIG-Hitsauksessa puolestaan kaasua, joka ei reagoi. MIG-/MAG-Hitsauksessa suurena etuna on lisälangan riittäisyys. Lisälankaa syötetään suuresta kelasta, jolloin aloitus ja lopetuskohtia tulee huomattavasti vähemmän, kuin esimerkiksi puikkohitsauksessa. (Lukkari 2002, 159.)

3.5 Liitosmuodot ja hitsausasennot

Hitsauksessa liitosmuotoja on päittäisliitokset eli BW ja pienaliitokset eli FW kuvion 3 mukaisesti. Liitoksien hitsausasennot on esitetty standardissa taulukon 3 mukaisesti. Hitsausasento asettaa lisäaineelle erityisvaatimuksia. Esimerkiksi tietyn tyyppinen lisäaine auttaa asentohitsauksen onnistumisessa. (SFS-EN ISO 6947, 12.)

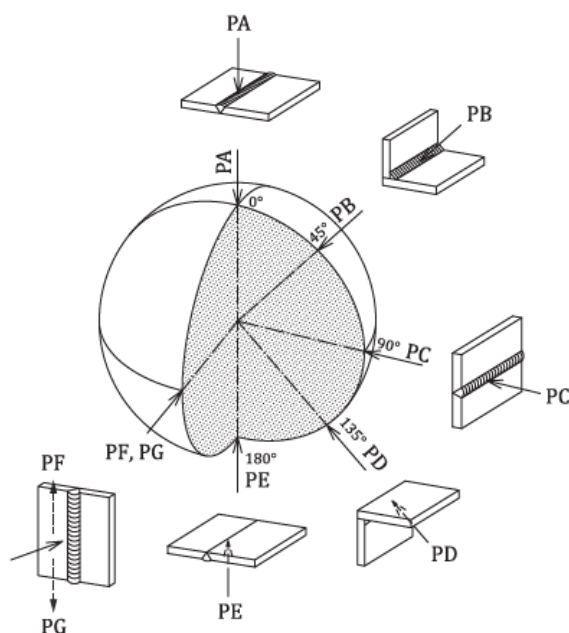


KUVIO 3. Liitosmuodot

TAULUKKO 3. Hitsausasennot (SFS-EN ISO 6947, 12)

PA	jalkoasento
PB	alapiena-asento
PC	vaaka-asento
PD	yläpiena-asento
PE	Lakiasento
PF	Pystyasento ylöspäin
PG	Pystyasento alaspäin
PH	Putken hitsaus ylöspäin (kiinteä putki)
PJ	Putken hitsaus alaspäin (kiinteä putki)
PH-L045	Kaltevan putken hitsaus ylöspäin (kiinteä putki 45 asteen kulma)
PJ-L045	Kaltevan putken hitsaus alaspäin (kiinteä putki 45 asteen kulma)

Kuviossa 4 on esitetty hitsauksen perusasennot levyliitoksille standardin mukaan. Perusasentojen lisäksi hitsausaumoja hitsataan eri kaltevuus- ja kiertymiskulmissa. Standardi määrittelee niiden sallitut toleranssit tuotannossa. (SFS-EN ISO 6947,11.)



Selite

- A jalkoasento
- PB jalko-vaaka-asento
- PC vaaka-asento
- PD vaaka-lakiasento
- PE lakiasento
- PF pystyasento (hitsaus ylöspäin)
- PG pystyasento (hitsaus alaspäin)

HUOM. Ehyet nuolet osoittavat hitsausasennon suhteessa hitsin pintaan. PF:n (hitsaus ylöspäin) ja PG:n (hitsaus alaspäin) katkoviivat osoittavat hitsauksen suunnan.

KUVIO 4. Hitsausasennot (SFS-EN ISO 6947,7)

4 PAINELAITTEET

4.1 Painelaitteet yleisesti

Painelaitteita käytetään monissa paikoissa, kuten teollisuudessa kuumavesi- ja höyrykattilat, kotitalouksissa käsisammuttimet. Painelaitteiden käyttö aiheuttaa käyttäjille turvallisuusriskin, jota pienentämään on säädetty painelaitelaki. Suomessa painelaitteiden käyttöä valvoo Tukes. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto on laatinut myös ohjeistuksen painelaitteiden valmistajille, maahantuojille ja jakelijoille. Ohjeesta selviää kyseisten toimijoiden vastuut ja velvollisuudet. (Painelaitteet.)

Vaaralliseksi luokiteltavat painelaitteet pitää rekisteröidä. Rekisteriä ylläpitää Tukes. Rekisteröitävät painelaitteet määritellään valtioneuvoston asetuksessa. Oleellisia muuttujia vaarallisuuden arvioinnissa ovat: lämpötila, teho, tilavuus ja paine. (Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 1.1.2017/1549)

4.2 Painelaitedirektiivi

Painelaitedirektiivi määrittelee lähtökohdat, joista kansallisia lakeja on säädettävä, jotta ne vastaisivat jäsenvaltioissa toisiaan. Yhdenmukaistetulla lainsäädännöllä voidaan painelaitteille sallia vapaa liikkuvuus EU:n jäsenmaiden välillä. (Direktiivi 2014/68/EU.)

Direktiivi määrittelee olennaiset turvallisuusvaatimukset suunnitteluun, valmistukseen ja testaukseen. Direktiivissä ei määritellä tarkasti teknisiä vaatimuksia, vaan niitä varten on laadittu yhdenmukaistettuja standardeja. Painelaitteet, jotka jäävät painelaitedirektiivin painelaitemääritelmän ulkopuolelle, tulee valmistaa hyvän konepajakäytännön mukaisesti. Hyvä konepajakäytäntö voi kuitenkin vaihdella eri jäsenmaissa, joten niiden turvallisuusvaatimukset eivät täysin vastaa toisiaan. (Direktiivi 2014/68/EU; Painelaitteiden suunnittelu, valmistus...)

4.3 Standardit

Direktiivin pohjalta on laadittu eurooppalaiset painelaitestandardit. Standardeja noudattamalla toteutetaan Direktiivin vaatimukset. Ennen standardien käyttöönottoa painelaitteissa tulee standardit yhdenmukaistaa eli harmonisoida. Kyseiset standardit julkaistaan EU:n virallisessa lehdessä. EU:n pyynnöstä valmistetut standardit saavat virallisen aseman direktiivin jatkona. Standardissa tuotekohtaiset vaatimukset on esitytetty direktiiviä huomattavasti tarkemmin. (EU ja standardisointi.)

Yleisesti standardien käyttäminen ei ole pakollista, mutta silloin on valmistajan kyettävä osoittamaan muilla tavoin vaatimustenmukaisuus. Standardit voidaan määritellä myös pakolliseksi. (EU ja standardisointi.)

4.4 Painelaitteiden valmistaja

Painelaitteiden valmistajien vastuulla on, että kaikki turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Valmistaja laatii myös kyseisen painelaiteluokan arviointimenettelyn vaatimat asiakirjat ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Näitä valmistajan on säilytettävä 10 vuotta. Kaikkiin direktiivin rajaamiin painelaitteisiin tulee valmistajan kiinnittää CE merkki ja asiaan kuuluvat tunnistetiedot. Painelaitteen tai laitekokoisuuden mukana tulee toimittaa riittävän kattavat käyttöohjeet. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus...)

5 HITSAUSOHEJIDEN LAATIMINEN

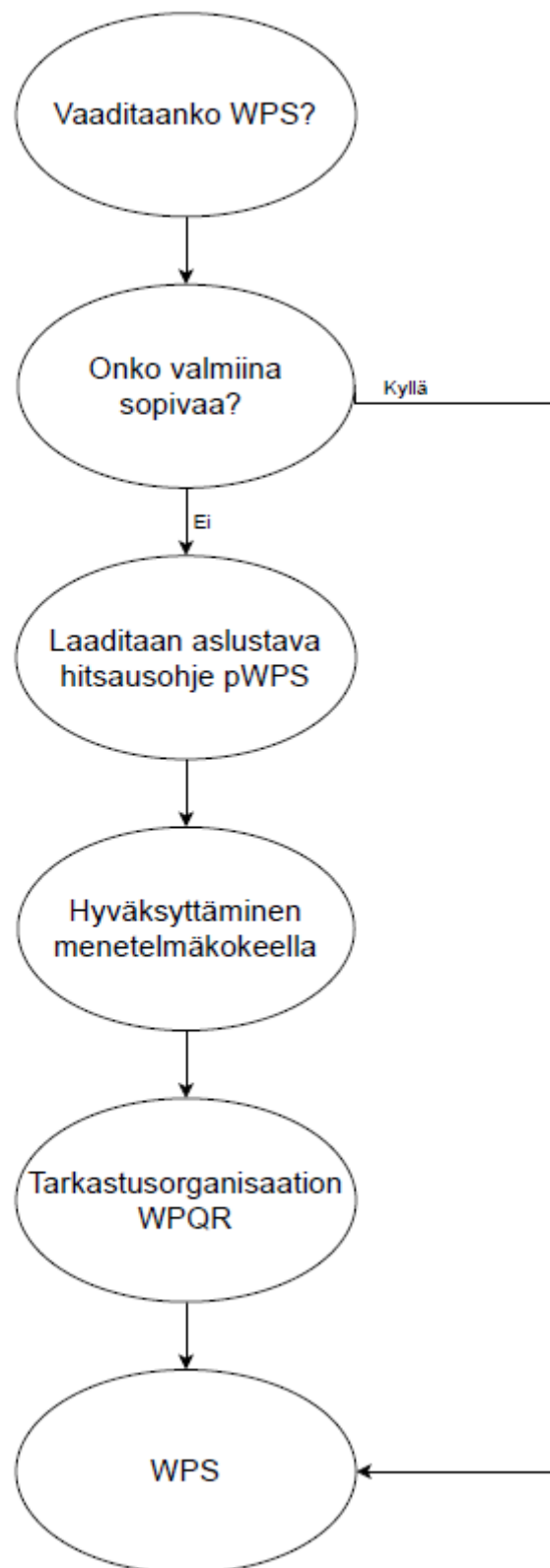
5.1 Hitsausohjeet painelaitteiden hitsausliitoksiin

Painelaitteita varten tehtävät hitsausohjeet tulee hyväksyttää päteväintilaitoksella. Päteväintilaitos on painelaitedirektiivin mukainen kolmas osapuoli, joka valvoo ja pätevoittää pysyvien liitosten menetelmiä ja henkilöstöä. EU:n komissio ylläpitää tietokantaa hyväksytyistä päteväintilaitoksista. Ilmoituksen tietokantaan tekee jäsenvaltio. Suomessa toimivaltainen viranomaisena on Työ- ja elinkeinoministeriö. Ministeriön vastuulla on, että kaikki tietokantaan lisätyt päteväintilaitokset ovat painelaitedirektiivin vaatimusten mukaisia. Tietokantaa päivitetään jatkuvasti jäsenvaltioiden antamien tietojen mukaan (Nando Information system).

Hyväksyttämistapana painelaitteille ja putkistoille tulee käyttää menetelmäkoetta, jolloin saadaan paras mahdollinen käsitys hitsausohjeiden mukaisten hitsausliitosten ominaisuuksista. Menetelmäkoekella saadaan myös mahdollisimman laaja pätevyysalue yhdellä kokeella. (Tukes; Lukkari, Kyröläinen & Kauppi 2019a, 135.)

Ennen uusien hitsausohjeiden laatimista tulee selvittää hitsausohjeiden tarpeellisuus ja verrata olemassa olevien ohjeiden pätevyysalueisiin. Hitsausohjeen hyväksyttämisprosessin kulku on esitetty kuviossa 5 ja opinnäytetyön aikana laaditut alustavat hitsausohjeet on esitetty taulukossa 4, joiden pätevyysalueet löytyvät liitteestä 1. Hitsausohjeet eivät vanhene niin kauan, kun hitsaus suoritetaan WPQR:n pätevyysalueella. Sallitut poikkeamat on esitetty standardissa. (SFS-EN ISO 15614-1, 32–44.)

Kuitenkin esimerkiksi hitsausprosessin, railomuodon tai lisäaineluokitusten muuttuessa on uusi menetelmäkoete hitsattava. Onkin tärkeää, että kaikkia hitsausliitoksia varten on laadittu omat hitsausohjeet. Näin voidaan varmistua siitä, että on käytössä riittävä pätevyysalue.



KUVIO 5. Hitsausohjeiden laatimisprosessi (SFS-EN ISO 15607,26)

TAULUKKO 4. Alustavat hitsausohjeet

pWPS	Tyyppi	Asento	Menetelmä	Materiaaliryhmä
300	Putki	PH	111	1.1
301	Putki	PC	111	1.1
302	Putki	PH	141	1.1
303	Putki	PC	141	1.1
200	Levy	PF	135;111	1.2
201	Levy	PC	135;111	1.2
202	Levy	PF	135;111	1.2; 8.1
203	Levy	PC	135;111	1.2; 8.1
204	Levy	PF	135;111	8.1
205	Levy	PC	135;111	8.1
206	Levy	PA	135;111	1.2
207	Levy	PA	135;111	1.2; 8.1
208	Levy	PA	135;111	8.1
209	Levy	PB	111	1.2
210	Levy	PB	111	1.2; 8.1
211	Levy	PG	135	1.2
212	Levy	PA	135	1.2

Painelaitteiden hitsausohjeiden laadintaan sovelletaan taulukon 5 mukaisia standardeja. Lisäksi tulee huomioida tuotestandardin mahdollisesti lisäämät vaatimukset. Standardit päivittyvät, joten on tärkeää tarkistaa uusimmat yhdenmukaiset versiot EU:n virallisesta lehdestä. Tämän ohjeen laadintahetkellä uusin harmonisoitu standardi SFS-EN ISO 15614-1 oli vuodelta 2004. (SFS; SFS-EN ISO 15607,22.)

TAULUKKO 5. Hitsausohjestandardit (SFS-EN ISO 15607,22)

SFS-EN ISO 15607	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisohjeet
SFS-EN ISO 15609-1	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohje osa 1: Kaarihitsaus
SFS-EN ISO 15614-1	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkeliseosten kaarihitsaus
CEN ISO 15608	Hitsaus. Metallisten materiaalien ryhmittely

5.2 Uudet hitsausohjeet

Pätevyysalueen kartoituksen jälkeen selvitetään tarvittavan koekappaleen hitsin perustiedot. Tarvittavat perustiedot on lueteltu kohdissa 5.3 – 5.5. Tiedot listataan liitteen 2 hitsausohjepohjaan. Ohjeeseen merkitään tarvittaessa tiedot myös liitoksen silloitushitseistä.

5.3 Hitsausasento ja liitosmuoto

Hitsausasennosta selviää hitsattavan liitoksen asento ja hitsauksen suunta. Hitsausasennot on esitetty taulukossa 3. Tarvittaessa pätevyyttä useammalle kuin yhdelle hitsausasennolle, hitsataan koekappale asennossa, jossa lämmöntuonti on kuumin ja toinen koekappale kylmimmän lämmöntuonnin asennossa. Kuumin lämmöntuonti tulee yleensä asennossa PF eli pystyasento ylöspäin. Kylmin lämmöntuonti asennossa PC eli vaaka-asento. Hitsin liitosmuoto voi olla BW eli päitäishitsi tai FW eli pienahitsi. (SFS-EN ISO 15614, 40.)

Standardi mahdollistaa kaikkien hitsausasentojen pätevöinnin yhdellä asennolla, jos kovuus- tai iskutkeys-kokeita ei ole vaadittu. Painelaitteissa näin ei kuitenkaan ole. Hitsattaessa vain yhdessä asennossa kattaa pätevyysalue vain kyseisen asennon. (SFS-EN ISO 15614, 40.)

Lämmöntuonnilla on iso merkitys hitsauksen onnistumisessa, mikä korostuu materiaalivahvuuksien kasvaessa suureksi. Esimerkiksi hitsin nopea jäähtyminen voi aiheuttaa hitsausvirheitä. Suurimman ja pienimmän lämmöntuonnin hitsausasennot voidaan laskea kaavalla 1.

$$Q = k \cdot \frac{U \cdot I}{V} \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mm}} \quad (1)$$

jossa Q on lämmöntuonti, k terminen hyötysuhde, U jännite, I virta ja v kuljetusnopeus. Terminen hyötysuhde on määritelty prosessi kohtaisesti SFS-EN 1011-1:2009 standardissa. Puikko- ja MAG-hitsauksessa $k = 0,8$. Tig-hitsauksessa $k = 0,6$.

5.4 Hitsausprosessi

Kaarihitsauksessa käytössä olevat hitsausprosessit on esitetty taulukossa 2. Laatukattila käyttää yleisesti hitsausprosesseja: 111 (puikkohitsaus), 135 (MAG-umpilankahitsaus), ja 141 (TIG-umpilankahitsaus).

Menetelmäkokeessa voidaan käyttää useampaa kuin yhtä hitsausprosessia. On kuitenkin huomioitava, että pätevyys kattaa vain koekappaleen mukaisen prosessijärjestyksen.

5.5 Materiaaliryhmittely

Menetelmäkokeiden määrän rajoittamiseksi on tehty materiaaliryhmittely, jolloin samalla menetelmäkokeella voidaan pätevoittää useampaan materiaaliin. Ryhmittely määritellään standardissa CEN ISO 15608. Teräkset kuuluvat ryhmiin 1–11. Laatukattilalla käytössä ovat pääryhmät 1 ja 8. Liitteessä 3 on listattu ohjetta tehdessä käytössä olevat materiaalit ja ryhmät. (CEN ISO/TR 15608, 6–7)

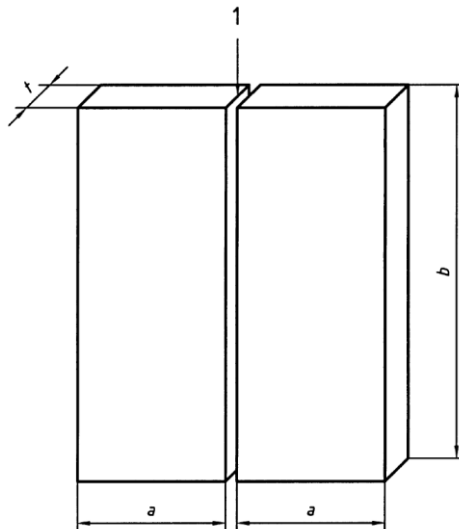
5.6 Alustava hitsausohje

Alustava hitsausohje laaditaan liitteen 2 hitsausohje pohjaan. Hitsausparametrit selvitetään aiemman hitsauskokemuksen mukaan sopimaan tuotantohitsaukseen. Alustava hitsausohje muutetaan hitsausohjeeksi WPQR:n eli hitsausmenetelmän hyväksymispöytäkirjan mukaan.

Alustavia hitsausohjeita suunnitellessa ja menetelmäkokeisiin valmistautuessa on huomioitava, että osa koekappaleista ei välttämättä vastaa suoraan tuotantohitsausta. Menetelmäkokeen tulos on kuitenkin lähinnä todellisuutta, jos koekappale voidaan toteuttaa mahdollisimman lähellä tuotantotilannetta. Standardi mahdollistaa kuitenkin tuotannosta poikkeavat koekappaleet, jolloin pätevyysalueesta voi tulla kattavampi. Esimerkiksi päittäishitsit kattavat pienahsit.

5.7 Menetelmäkoe

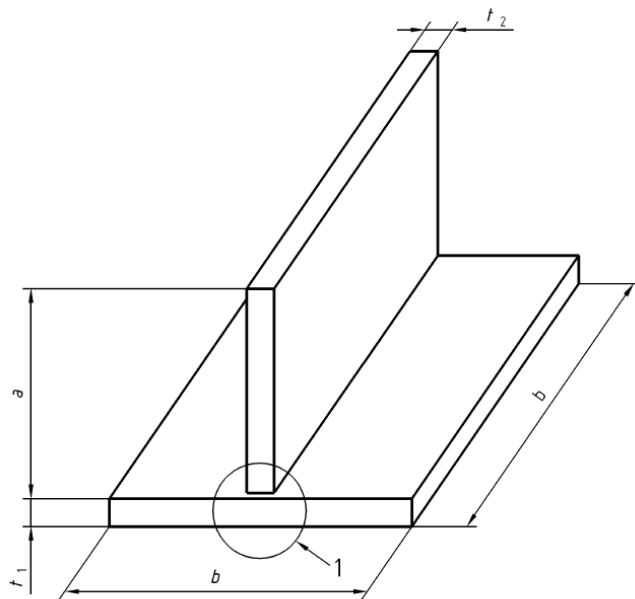
Menetelmäkokeessa hitsataan alustavien hitsausohjeiden mukaisesti koekappale. Pätevöintilaitoksen valvoja valvoo hitsauksen ja kirjaa oleelliset muuttujat. Päittäisiitoksen levykoekappaleen minimimitat on esitetty kuviossa 6. Koekappaleen pituus tulee kuitenkin olla riittävän pitkä, että kaikki kokeet ja mahdolliset lisäkokeet saadaan suoritettua. Koekappaleita voidaan tehdä tarvittaessa myös useampi kappale.

**Selite**

- 1 Railon valmistus ja sovitus alustavan hitsausohjeen (pWPS) mukaan
- a* Vähintään 150 mm
- b* Vähintään 350 mm
- t* Aineenpaksuus

KUVIO 6. Päittäisliitoksen koekappale (SFS-EN ISO 15614-1, 12)

Kuvioissa 7 on esitetty t-liitoksen koekappaleen ja kuviossa 8 läpihitsatun putki-koekappaleen minimimitat. T-liitoksen levyjen ainevahvuudet voivat olla toisistaan poikkeavat. Pätevyysalue määräytyy kuitenkin koekappaleessa käytetyn ainevahvuuden mukaan.

**Selite**

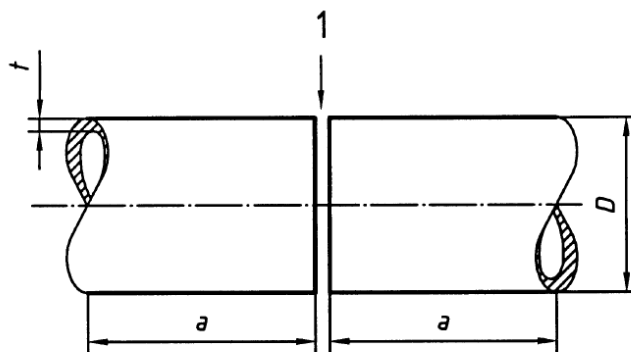
1 Railon valmistus ja sovitus alustavan hitsausohjeen (pWPS) mukaan

a Vähintään 150 mm

b Vähintään 350 mm

t Aineenpaksuus

KUVIO 7. T-liitoksen koekappale (SFS-EN ISO 15614-1, 14)

**Selite**

1 Railon valmistus ja sovitus alustavan hitsausohjeen (pWPS) mukaan

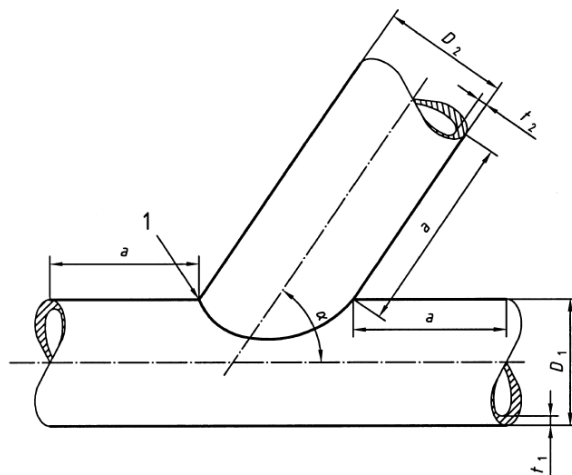
a Vähintään 150 mm

D Putken ulkohalkaisija

t Aineenpaksuus

KUVIO 8. Putken koekappale (SFS-EN ISO 15614-1, 14)

Putken haaraliitoksen haarakulman ollessa alle 60° vaaditaan erillinen menetelmäkoee, jonka koekappaleen minimi mitat on esitetty kuviossa 9. Haarakulman ollessa yli 60° saadaan tarvittava pätevyys putken päittäisliitoksesta.



Selite

1 Railon valmistus ja sovitus alustavan hitsausohjeen (pWPS) mukaan

α Haarakulma

a Vähintään 150 mm

D_1 Pääputken ulkohalkaisija

t_1 Pääputken aineenpaksuus

D_2 Haaraputken ulkohalkaisija

t_2 Haaraputken aineenpaksuus

KUVIO 9. Putken haaraliitoksen koekappale (SFS-EN ISO 15614-1,16)

Koekappaleisiin tulee merkitä sulatusnumero ja valssaussuunta. Materiaalien aineistotodistukset esitetään menetelmäkokeen valvojalle ja arkistoidaan muiden testausasiakirjojen kanssa.

5.8 Testaus

Koekappaleet hitsataan päteväntilaitoksen valvonnassa, minkä jälkeen niihin tehdään vaaditut kokeet. Kokeet jaotellaan NDT ja DT testeihin. Jos kappale ei läpäise NDT testauksessa asettuja rajoja se hylätään, eikä DT testejä tehdä. Koe voidaan kuitenkin uusia kerran ennen menetelmäkokeen hylkäämistä. NDT testin läpäisseet koekappaleet testataan DT testeillä. Taulukossa 6 on esitetty eri koekappaleista vaaditut kokeet 2004 käyttöön otetun standardin mukaan. (SFS-EN ISO 15614-1, 10.)

TAULUKKO 6. Koekappaleille vaadittavat kokeet (SFS-EN ISO 15614-1, 18)

Koekappale	Testaus	Testauksen laajuus	Alahuomautus
Läpihitsattu päittäisliitos	Silmämääräinen tarkastus	100 %	–
	Radiografia tai ultraäänitarkastus	100 %	a
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b
	Poikittainen vetokoe	2 koesauvaa	–
	Poikittainen taivutuskoe	4 koesauvaa	c
	Iskukoe	2 sarjaa	d
	Kovuuskoe	vaadittu	e
	Makrohietutkimus	1 hie	–
Läpihitsattu T-liitos	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f
Läpihitsattu putken haara-liitos	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f
	Radiografia tai ultraäänitarkastus	100 %	a, f ja g
	Kovuuskoe	Vaadittu	e ja f
	Makrohietutkimus	2 hiettä	f
Pienahitsit	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f
	Kovuuskoe	Vaadittu	e ja f
	Makrohietutkimus	2 hiettä	f

a Ultraäänitarkastusta ei suoriteta, kun $t < 8$ mmeikä perusaineryhmille 8, 10, 41...48.

b Tunkeumanestetarkastusta tai magneettijauhetaikastus. Epämagneettisille materiaaleille, tunkeumanestetarkastus.

c Taivutuskokeet, ks kohta 7.4.3

d 1 sarja hitsiaineesta ja 1 sarja muutosvyöhykkeestä, kun aineenpaksuus ≥ 12 mm ja iskutkeysvaatimukset määritetty. Tuotestandardissa saatetaan vaatia iskukokeita myös, kun ainepaksuus on alle 12 mm. Testauslämpötilan valitsee valmistaja, ottaen huomioon sovellutuksen tai tuotestandardin, mutta sen ei tarvitse olla alempi, kuin materiaalispesifikaatioissa. Lisätestit ks. 7.4.5

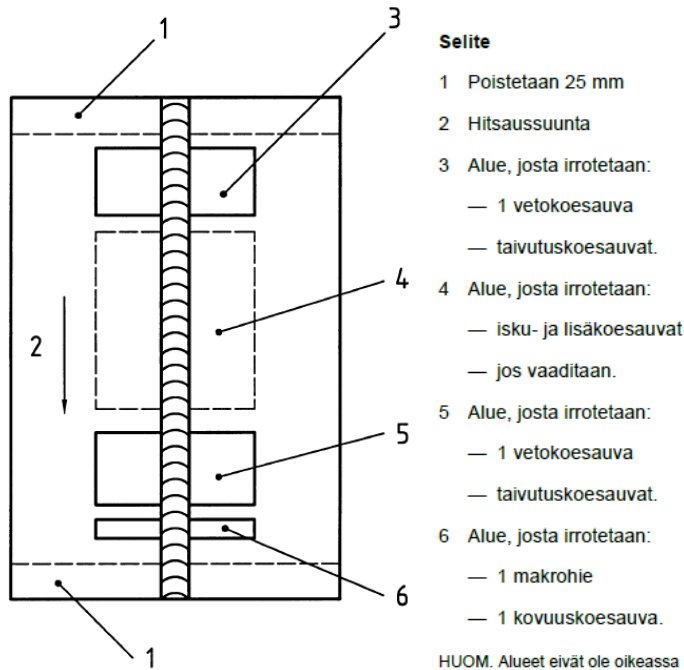
e ei vaadita perusaineille: - alaryhmä 1.1, ja ryhmät 8 41...48

f Määritetyt testit eivät anna tietoa hitsausliitosten mekaanisista ominaisuuksista. Kun tällaiset ominaisuudet ovat oleellisia sovellutuksen kannalta, tehdään lisäkokeita, esim päittäishitseille.

g ultraäänitarkastusta ei vaadita, kun putken ulkohalkaisijat ≤ 50 mm.

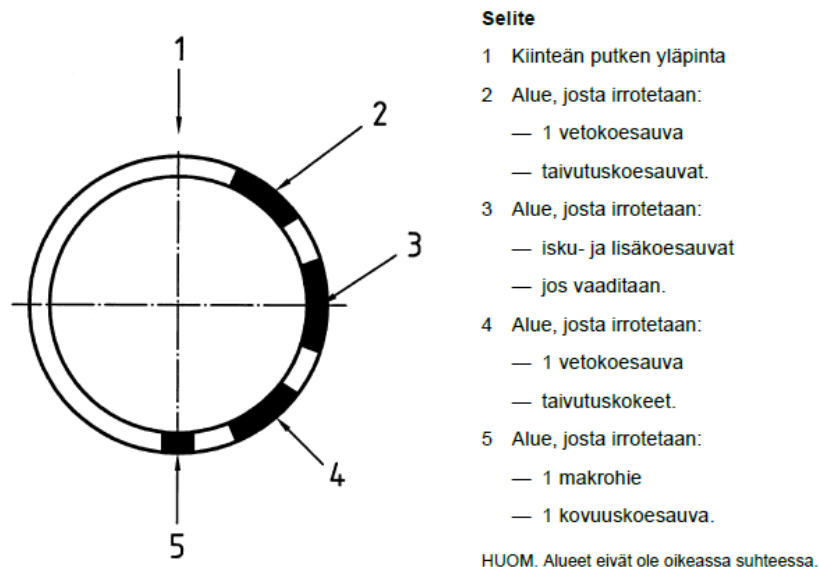
Jos ulkohalkaisija on yli 50 mm eiokä ultraäänitarkastusta ole mahdollista toteuttaa teknisesti, suoritetaan radiograafinen kuvaus edellyttäen, että liitosmuoto antaa järkevän tuloksen.

Ennen ainetta rikkovia tarkastuksia poistetaan kappaleen molemmista päistä 25 mm. Kuviossa 10 on esitelty päittäisliitoksen levykoekappaleen koesauvojen sijainnit. Uusimman harmonisoidun 2004 version ja 2017 version testauksissa erona on paikka, josta irrotetaan makrohie ja kovuuskoesauva. Vanhemmassa 2004 versiossa hitsaussuuntaan nähden lopussa ja 2017 versiossa vastaavasti alussa. On syytä olettaa, että uudempi versio tullaan harmonisoimaan tulevaisuudessa. Se voidaan ottaa huomioon testauksessa ottamalla makrohie ja kovuuskoesauva molemmista päistä koekappaleelta. (SFS-EN ISO 15614-1, 20.)

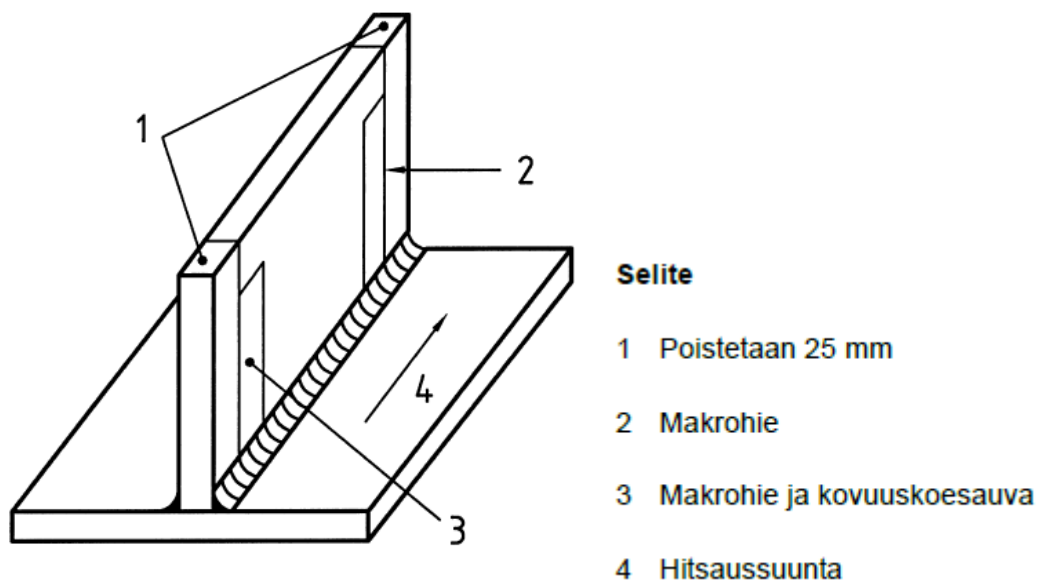


KUVIO 10. Päittäisliitoksen kesauvojen sijainnit (SFS-EN ISO 15614-1, 20)

Putken päittäisliitoksen kesauvojen paikat on esitetty kuvioissa 11 ja t-liitoksen testauskohdat kuviossa 12. Putki on kiinteä ja hitsaussuunta alhaalta ylös. T-liitoksen hitsaussuunta on merkitty kuvioon.



KUVIO 11. Putken päittäisliitoksen kesauvojen sijainti (SFS-EN ISO 15614-1, 22)



KUVIO 12. Koesauvojen sijainti T-liitos (SFS-EN ISO 15614-1, 24)

5.9 Hitsausohje

Testauksen jälkeen pätevöintilaitos laatii menetelmäkokeen hyväksymispöytäkirjan, jonka perusteella hitsausohje voidaan laatia. Hitsausohjeessa tulee olla viittaus tarkastuspöytäkirjaan. Menetelmäkokeella voi olla kattavampi pätevyysalue, kuin kokeessa käytetty hitsausmenetelmä, joten saman WPQR:n perusteella voidaan luoda useampia hitsausohjeita. (SFS-EN ISO 15614-1, 44.)

5.10 Pätevyysalue

Testatusta koekappaleesta saadaan standardin mukaan määritelty pätevyysalue. Näin hitsausliitokseen sallitaan rajattuja muutoksia ilman uutta menetelmäkokeita. Pätevyysalueen laajentamiseksi on materiaalit ryhmitelty eri ryhmiin ja alaryhmiin. Myös eri hitsausasennot voidaan pätevoittää menetelmäkokeessa käytettyä laajemmin.

5.10.1 Pätevyyden voimassaolo

Hyväksytyyn WPQR:ään perustuva WPS on voimassa samalla valmistajalla tuotantolaitoksessa ja työmaalla. Voimassaolo pätee niissä tilanteissa, joissa valmistajalla on täysi vastuu tehtävistä hitsauksista. (SFS-EN ISO 15614-1, 32.)

5.10.2 Materiaalien kattavuus

Materiaalikattavuus yleisesti saman ryhmän alemmat myötölujuudet ja saman alaryhmän materiaalit. Standardin mukaiset materiaalien pätevyysalueet on esitetty materiaalityypittain liitteessä 4. (SFS-EN ISO 15614-1, 32.)

5.10.3 Aineenpaksuuden pätevyysalue

Koekappaleen ainevahvuus määrittelee ainepaksuuden pätevyysalueen. Levyn päittäisliitoksissa oleellisena muuttujana myös yksi- ja monipalkohitsaus. Levyn pienahitseissä yksipalkohitsauksessa a-mitan pätevyysalue on rajattu. Päittäis- ja pienahitsien aineenpaksuuden ja a-mittojen pätevyysalueet on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Ainepaksuuksien ja a-mitan pätevyysalueet (SFS-EN ISO 15614-1, 38)

Koekappaleen aineenpaksuus t	Päittäishitsien aineenpaksuuksien pätevyysalue		
	Yksipalkohitsaus	Monipalkohitsaus	
$t \leq 3$	0,7t...1,3t	0,7t...2t	
$3 < t \leq 12$	0,5t(3 min)...1,3t ^a	3...2t ^a	
$12 < t \leq 100$	0,5t...1,1t	0,5t...2t	
$t > 100$	ei sovellu	50...2t	
^a Kun on annettu iskutkeysvaatimuksia, eikä iskukoetta ole suoritettu. pätevyysalueen yläraja 12mm.			
Koekappaleen aineenpaksuus t	Pienahitsien aineenpaksuuksien pätevyysalue		
	Aineenpaksuus	Yksipalkohitsaus	Monipalkohitsaus
$t \leq 3$	0,7t...2t	0,75a...1,5a	ei rajoituksia
$3 < t \leq 30$	0,5t (väh. 3)...1,2t	0,75a...1,5a	ei rajoituksia
$t \geq 30$	≥ 5	^b	ei rajoituksia
^b Vain erityistapauksissa. Kukin a-mitta vaatii oman menetelmäkokeensa			

Levyllä tehty menetelmäkoe kattaa halkaisijaltaan yli 500 mm putket ja toisaalta myös yli 150 mm putket, kun putki on pyörivä. Pyörivä putki tulee hitsata asennossa PA tai PC. Useasti on kuitenkin tarve hitsata pienempiä putkia. Putken ja haaraputken pätevyys alue esitetään taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Putken ja haaraputken pätevyysalueet (SFS-EN ISO 15614-1, 38)

Koekappaleen halkaisija D ^a , mm	Pätevyysalue
D ≤ 25	0,5D...2D
D > 25	≥0,5D (väh. 25 mm)
Huom. Suorakaideputkessa D tarkoittaa pienemmän sivun leveyttä.	
^a D on putken tai haaraputken ulkohalkaisija	

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten ja mitä vaiheita hitsausohjeiden laadinnassa on. Selvityksen pohjalta tuli laatia ohje niiden hyväksyttämiseksi. Selvitystyössä tutustuttiin perusteellisesti aihetta käsitteleviin standardeihin ja Tukesin ohjeisiin. Myös painelaitedirektiiviin perehdyttiin soveltuviissa määrin.

Työn aikana selvitettiin valmistettavien painelaitteiden hitsausliitokset, jotka tarvitsevat WPS: n. Menetelmäkokeen koekappaleet pyrittiin valitsemaan siten, että saavutetaan mahdollisimman laaja pätevyysalue. Samalla tarvittavien menetelmäkokeiden lukumäärä saatiin pidettyä mahdollisimman alhaisena.

Menetelmäkokeiden kokonaiskustannukset muodostuvat kokeiden valvonnasta, koekappaleiden testauksesta ja pöytäkirjojen laadinnasta. Näiden lisäksi merkittäviä kuluja syntyy yrityksen sisällä menetelmäkokeisiin käytetyn ajan mukaan. Suurin aika kuluu koekappaleiden valmistuksessa ja hitsauksessa. Lisäksi mahdolliset uusintakokeet voivat lisätä kustannuksia. Hitsausaikataulua suunniteltaessa pyrittiin huomioimaan hitsareille koetilanteista aiheutuva kuormitus jakamalla kokeita eri päiville ja viikoille. Väljällä aikataululla pyrittiin minimoimaan hylättyjen koekappaleiden määrä.

Tulevaisuudessa uusia hitsausohjeita laatiessa voi tukeutua nyt laadittuun ohjeeseen, jolloin standardien paikoin vaikeaselkoiset kohdat ovat helpommin omaksuttavissa. Ohjetta on kuitenkin syytä päivittää uusien standardien astuessa voimaan. Opinnäytetyön tekohetkellä uusin standardiversio ei ollut harmonisoitu, joten molempien versioiden vaatimukset huomioitiin koekappaleiden testauksessa.

Suurella osalla hitsausliitoksia menetelmänä käytetään puikkohitsausta, jolla on vahvat perinteet Laatukattilan hitsauskulttuurissa. Joissain tilanteissa puikkohitsaus taipuukin notkeammin ahtaisiin paikkoihin, eikä vaihtelevatkaan olosuhteet vaikuta hitsiin. Tulevaisuudessa voisi kuitenkin olla järkevää tehokkuuden ja taloudellisuuden kannalta siirtyä vaiheittain kohti MAG hitsausta.

LÄHTEET

CEN ISO/TR 15608. 2017. Hitsaus. Metallisten materiaalien ryhmittely. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 12.1.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Direktiivi 2014/68/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi painelaitteen asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 27.6.2014. Luettu 26.1.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>

Euroopan komissio. Nando Information system. Luettu 13.4.2021. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/?locale=en>

Laatukattila Oy. Yritys. Luettu 24.2.2021. <http://www.laatukattila.fi/yritys/>

Lepola, P., Ylikangas, R. 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Lukkari J. 2002. Hitsaustekniikka, Perusteet ja kaarihitsaus. 4. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lukkari J., Kyröläinen A., Kauppi T. 2019a. Hitsauksen materiaalioppi. Osa 1, Metalliopin perusteet, terästen luokittelu ja valmistus, rakenneterästen käyttäytyminen hitsauksessa, murtuminen ja korroosio. 2. painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

Lukkari J., Kyröläinen A., Kauppi T. 2019b. Hitsauksen materiaalioppi. Osa 2A, Metallit ja niiden hitsattavuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

Lukkari J., Kyröläinen A., Kauppi T. 2019c. Hitsauksen materiaalioppi. Osa 2B, Metallit ja niiden hitsattavuus. 2. painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

SFS-EN 1011-1. 2009. Hitsaus. Metallisten materiaalien hitsaussuositukset. Osa 1 Yleisohjeet kaarihitsaukselle Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 1.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 10027-1. 2016. Terästen nimikejärjestelmät. Osa 1 Terästen nimikkeet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 1.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 15607. 2004. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisohjeet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 11.1.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 4063. 2011. Hitsaus ja sen lähiprosessit. Prosessien nimikkeet ja numerotunnukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 1.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 6947. 2019. Hitsaus ja sen lähiprosessit. Hitsausasennot. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 2.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Suomen Standardoimisliitto. EU ja standardisointi. Luettu 11.2.2021. <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/eu-ja-standardisointi/>

Tukes. Painelaitteet. Luettu 2.3.2021. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet#6d6fa856>

Tukes. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Luettu 16.2.2021. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>

Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta 1.1.2017/1549

LIITTEET

Liite 1. Pätevyysalueet

	pWPS		Pätevyysalue
1	300 301	Koko Ainepaksuus Liitosmuoto Asento materiaali menetelmä Lisäaine	>=30,15 3 ... 8 BW FW (ss, bs) Kaikki paitsi PG, PJ ja J-L045 1 - 1 111 E 42 4 B 42 H5 (P 48S)
2	302 303	Koko Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	>=21 3 ... 12 BW FW (ss, bs) Kaikki paitsi PG, PJ ja J-L045 1 - 1 141 W 42 5 W2Si (LNT 25)
3	200 201	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) Kaikki paitsi PG 1 - 1 135, 111 G42 2 (C) M G3Si1 (Elgamatic 100); E 42 4 B 42 H5 (P 48S)
4	202 203	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) Kaikki paitsi PG 1 - 8 111 135 G 19 12 3 Lsi (Cromamig 316LSi); E 19 12 3 L R 1 1 (OK 63,20)
5	204 205	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) Kaikki paitsi PG 8 - 8 111 G 19 12 3 Lsi (Cromamig 316LSi); E 19 12 3 L R 1 1 (OK 63,20)
6	206	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) PA, PB 1 - 1 135, 111 G42 2 (C) M G3Si1 (Elgamatic 100); E 42 0 RR 73 (Maxeta 11)

7	207	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) PA, PB 1 - 8 135, 111 G 19 12 3 Lsi (Cromamig 316LSi); E 19 12 3 L R 53 (Cromarod 316L-140)
8	208	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 BW FW (ss, bs) PA, PB 8 - 8 135, 111 G 19 12 3 Lsi (Cromamig 316LSi); E 19 12 3 L R 53 (Cromarod 316L-140)
9	209	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 FW (bs) PB 1- 1 111 E 42 0 RR 73 (Maxeta 11)
10	210	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 16 FW (bs) PB 1- 8 111 E 19 12 3 L R 53 (Cromarod 316L-140)
11	211	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 12 3 ... 8 FW (bs) PG 1- 1 135 G42 2 (C) M G3Si1 (Elgamatic 100)
12	212	Ainepaksuus Liitosmuoto Asento Materiaali Menetelmä Lisäaine	3 ... 8 FW (ss bs) PA, PB 1- 1 135 G42 2 (C) M G3Si1 (Elgamatic 100)

Liite 2. Hitsausohjepohja

LAATUKATTILA OY

ALUSTAVA HITSAUSOHJE (pWPS)

Alustava hitsausohje:

Valmistaja:
 Hitsaajan nimi:
 Hitsausprosessi:
 Liitosmuoto ja hitsilaji:
 Railon yksityiskohdat (kuva)

Railon valmistus ja puhdistus:
 Perusaineen merkintä:
 Aineenpaksuus (mm):
 Putken ulkohalkaisija (mm):
 Hitsausasento:

Liitoksen kuva	Hitsausjärjestys

Hitsauksen yksityiskohdat

Palko	Hitsausprosessi	Lisäaineen koko (mm)	Hitsausvirta (A)	Kaarijännite (V)	Virtalaji/napaisuus	Langan syöttönopeus (m/min)	Kuljetusnopeus* (cm/min)	Lämmöntuonti* (kJ/mm)	Aineen siirtyminen
1									
2									
3									

Palko

Lisäaineen luokittelumerkintä ja kaupan nimi: 1
 2
 3

Lisäaineen käsittely:
 Kaasun merkintä: -Suojakaasu
 -Juurikaasu
 Kaasun virtausnopeus: -Suojakaasu
 -Juurikaasu
 Volframielektronin tyyppi/koko:
 Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat:
 Korotettu työlämpötila:
 Välipalkolämpötila:
 Vedynpoistohehku:
 Ylläpitolämpötila:
 Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanheneminen:

Muu informaatio*
 Sivuttaisiike (mm):
 Vaaputus: amplitudi, taajuus, pysäytysaika:
 Pulssehitsauksen yksityiskohdat:
 Suutinetäisyys:
 Plasmahitsauksen yksityiskohdat:
 Hitsauspistoolin kulma:

*Vaadittaessa



Environmental sound way
 of heating - since 1953

Vihiojantie 10
 33800 Tampere
 puh. 03 214 1411

Liite 3. Perusaineet

Tyyppi	Aine	paksuus (mm)	Ryhmä
Paineastialevyt			
	P355NH	6...8	1.2
Rakenneteräkset			
	S235	3 ja 4	1.2
	S355	3...25	1.2
Happolevyt			
	1.4404	2...10	8.1
Putkipalkki			
	S355J2H	2...10	1.2
Putki			
	P235GH	2...6,3	1.1

Liite 4. Teräsrühmien pätevyysalueet

Tämä julkaisu on kumottu 20.04.2009.

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFSSFS-EN ISO 15614-1
34

Taulukko 3 Teräsrühmien ja alaryhmien pätevyysalueet

Koekappaleen perusaine(ala)ryhmä	Pätevyysalue
1 - 1	1 ^a - 1
2 - 2	2 ^a - 2, 1 - 1, 2 ^a - 1
3 - 3	3 ^a - 3, 1 - 1, 2 - 1, 2 - 2, 3 ^a - 1, 3 ^a - 2
4 - 4	4 ^b - 4, 4 ^b - 1, 4 ^b - 2
5 - 5	5 ^b - 5, 5 ^b - 1, 5 ^b - 2
6 - 6	6 ^b - 6, 6 ^b - 1, 6 ^b - 2
7 - 7	7 ^c - 7
7 - 3	7 ^c - 3, 7 ^c - 1, 7 ^c - 2
7 - 2	7 ^c - 2 ^a , 7 ^c - 1
8 - 8	8 ^c - 8
8 - 6	8 ^c - 6 ^b , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2, 8 ^c - 4
8 - 5	8 ^c - 5 ^b , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2, 8 ^c - 4, 8 ^c - 6.1, 8 ^c - 6.2
8 - 3	8 ^c - 3 ^a , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2
8 - 2	8 ^c - 2 ^a , 8 ^c - 1
9 - 9	9 ^b - 9
10 - 10	10 ^b - 10
10 - 8	10 ^b - 8 ^c
10 - 6	10 ^b - 6 ^b , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2, 10 ^b - 4
10 - 5	10 ^b - 5 ^b , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2, 10 ^b - 4, 10 ^b - 6.1, 10 ^b - 6.2
10 - 3	10 ^b - 3 ^a , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2
10 - 2	10 ^b - 2 ^a , 10 ^b - 1
11 - 11	11 ^b - 11, 11 ^b - 1
	^a Kattaa ryhmän teräkset, joilla on sama tai alempi ohjeellinen myötölujuus.
	^b Kattaa saman alaryhmän teräkset sekä kaikki alemmat alaryhmät ryhmän sisällä.
	^c Kattaa teräkset, jotka kuuluvat samaan alaryhmään.

Tämä julkaisu on ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 04.02.2021.
Lataaja: IP-käyttäjät. Vain Tampereen korkeakoulusäätö on käytössä.Tämä julkaisu on ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 04.02.2021.
Lataaja: IP-käyttäjät. Vain Tampereen korkeakoulusäätö on käytössä.