

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja tuotesuunnittelu

Gerli Aus

MAG-hitsauksen käyttöönotto merivesiputkille Loviisan voimalaitoksella

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Gerli Aus

MAG-hitsauksen käyttöönotto merivesiputkille Loviisan voimalaitoksella, 56 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, kunnossapitoinsinööri Saku Partanen, Fortum Power and Heat Oy, kunnossapitoinsinööri Arto Järvinen, Fortum Power and Heat Oy.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaan uusi hitsausohje Loviisan ydinvoimalaitokselle merivesiputkien hitsausta varten. Laitoksella on käytössä TIG- ja puikkohitsaus, ja haluttiin saada käyttöön myös MAG-hitsaus. Koska laitoksella ei ollut aiempaa kokemusta MAG-hitsauksesta, täytyi menetelmän käyttöönottoa varten suorittaa menetelmäkoe. Uuden hitsausohjeen käyttöönottoa varten oli käytävä myös viranomaisprosesseja, sillä kyseessä on ydinvoimalaitos.

Työn teoriaosuus perustuu voimassaoleviin standardeihin ja säädöksiin sekä alan kirjallisuuteen. Lisäksi haettiin tietoja laitoksen arkistosta ja tietojärjestelmistä. Voimalaitoksella on tehty menetelmäkokeita aiemminkin, mutta ennestään tutuille hitsausmenetelmille. Menetelmäkokeiden ohjeisto sekä standardit ovat muuttuneet melko paljon sittemmin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan uusi menetelmäkoesuunnitelma sekä esituotannollinen hitsauskoesuunnitelma (työkoesuunnitelma). Molemmat kokeet sekä rikkomaton aineenkoetus saatiin suoritettua. Menetelmäkoe ei läpäissyt testejä kummankaan koekappaleen kohdalla, mutta esituotannollinen hitsauskoe saatiin hyväksytysti eteenpäin rikkovaan aineenkoetukseen. Valmista hitsausohjetta ei tämän työn puitteissa ehtinyt tekemään, sillä laitoksella on melko pitkät sekä sisäiset että viranomaiskäsittelyajat. Jatkotoimenpiteinä on koottava työkoosteesta tulosaineisto sekä lähetettävä se Säteilyturvakeskukseen hyväksyttäväksi. Tarvittaessa menetelmäkokeen sisältöä on hieman muutettava ja hitsattava uusi menetelmäkoe putken päittäisliitoksen osalta.

Asiasanat: menetelmäkoe, työkoe, hitsaus

Abstract

Gerli Aus

Commissioning of MAG welding for sea water pipes at Loviisa power plant, 56

Pages, 2 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Mechanical and Industrial Design

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Saku Partanen, Maintenance Engineer, Mr Arto Järvinen, Maintenance Engineer, Fortum Power And Heat Oy

The purpose of the thesis was to commission MAG welding for sea water pipes at Loviisa power plant. The company already has welding procedure specifications for TIG welding and electrode welding. MAG welding speeds up welding of the work pieces.

The methods of research and gathering material for this thesis were using SFS standards and branch-specific literature. Additionally material was found at the power plant's archive. There has been some welding procedure tests at the plant in the past. Instructions and standards have changed since significantly.

The final result of this thesis was a welding procedure test plan and a pre-production test plan. Also both of the tests were carried out. There were two test pieces for the welding procedure test and one test piece for the pre-production test. Neither of the test pieces of the welding procedure test passed NDT, none destructive testing. The test piece of the pre-production test passed NDT and is proceeding on for destructive tests. A welding procedure specification was not carried out, since the final tests are not completed. Further inspection is required with renewal of the welding procedure tests.

Keywords: welding procedure test, pre-production test, welding

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Fortum	7
3	Loviisan voimalaitos	8
3.1	Toimintaperiaate	8
3.2	VC päämerivesijärjestelmä	9
3.3	VF sivumerivesipiiri	9
3.4	Merivesiputkisto	10
4	Hitsausmenetelmät	11
4.1	Hitsauslisäaineet ja - apuaineet	12
4.2	Kaarihitsaus	13
4.3	Puikkohitsaus	15
4.4	Jauhekaarihitsaus	15
4.5	TIG-hitsaus	16
4.6	MIG/MAG-hitsaus	16
4.7	MAG-täytelankahitsaus	17
5	Ohjeisto	18
5.1	Ydinturvallisuusohjeet YVL	18
5.2	Loviisan voimalaitoksen hitsausohjeet	18
5.3	Hitsausohje	20
6	MAG-hitsauksen käyttöönotto merivesiputkille	20
6.1	Vaatimukset	22
6.2	Materiaalitodistukset	23
6.3	Hitsin mitoitus	25
6.4	Menetelmäkoesuunnitelma	25
6.5	Menetelmäkoe MK51	26
6.6	Työkoe TK53	29
6.7	Laitteisto ja käytettävät lisäaineet	32
7	Yhteenvedo ja pohdinta	33

Liitteet

- Liite 1 Hitsauksen menetelmäkoesuunnitelma MK51
- Liite 2 Hitsauksen työkoesuunnitelma TK53

Käsitteet

bar	Paineen yksikkö
CE	Merkintä, valmistajan vakuutus tuotteen sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimuksenmukaisuudesta
CHP	Combined Heat and Power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
DN	Diametre Nomina, putken nimelliskoon merkintätapa
DORIS	Loviisan voimalaitoksen dokumenttienhallintaohjelmisto
EYT	Ei ydinteknisesti luokiteltu
HV	Vickers, kovuuden mittayksikkö
MAG	Metal-arc active gas welding, metallikaasukaarihitsaus aktiivisella suojakaasulla
MIG	Metal-arc inert gas welding, metallikaasukaarihitsaus inertillä suoja-kaasulla
mm	Millimetri
MW	Megawatti
NDT	None-destructive testing, ainetta rikkomaton koestus
PWR	Pressurized Water Reactor, painevesireaktori
STUK	Säteilyturvakeskus
TIG	Tungsten inert gas arc welding, volframi-inerttikaasukaarihitsaus
TWh	Terawattitunti
VA	Meriveden tulo- ja poistopiiri
VC	Päämerivesijärjestelmä
VE	Lauhduttimien puhdistusjärjestelmä
VF	Sivumerivesipiiri
pWPS	Alustava hitsausohje
WPS	Hitsausohje
YVL	Ydinturvallisuusohjeet

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksen toimeksiantona. Työssä käydään läpi menetelmäkokeen eri vaiheet MAG-hitsauksen käyttöönottoa varten pääasiallisesti merivesiputkille. Lopullinen hitsausohje ei kuitenkaan rajoita hitsaamaan ainoastaan merivesiputkia, vaan lisäksi samantyyppisiä liitoksia samassa materiaaliryhmässä.

MAG-hitsausta on tähän asti käytetty laitoksella ainoastaan teräsrakenteille, mutta sillä voidaan nopeuttaa merivesiputkien valmistusprosessia merkittävästi. Tässä tapauksessa MAG-hitsaus on mahdollista saada käyttöön vain menetelmäkokeen avulla. Liitosmuodot, joille menetelmää käytetään, ovat päittäisliitos putki-putki-osuudelle sekä pienaliitos putki-laippa-osuudelle.

Selvitystyö pohjautuu hitsausalan kirjallisuuteen sekä erilaisiin standardeihin, erityisesti kaarihitsauksen menetelmäkoestandardiin. Työn aikana haastatellaan henkilökuntaa laitoksen yleiseen toimintaan ja merivesiputkistoihin liittyen. Työssä perehdytään menetelmäkokeen etenemisen kannalta tärkeisiin vaiheisiin sekä menetelmäkoesuunnitelmaan. Tavoitteena on suorittaa menetelmäkoesuunnitelman mukaiset kokeet sekä saada aikaiseksi uusi hyväksytty hitsausohje.

2 Fortum

Fortum on puhtaan energian yhtiö, joka toimittaa asiakkailleen päätuotteinaan sähköä ja lämpöä. Fortum työllistää noin 9 000 henkilöä Pohjoismaissa, Baltian maissa, Venäjällä, Puolassa ja Intiassa. Yhtiön sähköntuotannosta 62 % on hiili-dioksidipäästötöntä. Vuonna 2016 Fortumin liikevaihto oli noin 6,3 miljardia euroa ja siitä vertailukelpoista liikevoittoa 644 miljoonaa euroa. (1.)

Fortumin pääkonttori sijaitsee Espoon Keilaniemessä. Suomessa Fortumilla työskentelee yli 2 000 henkilöä. Yhtiöllä on tuotantolaitos Riihimäellä, vesivoimalaitoksia Vuoksen ja Oulujoen vesistöissä, lauhdevoimalaitos Meri-Porissa sekä ydinvoimalaitos Loviisan Hästholmenilla. Fortumilla on Suomessa myös CHP-laitoksia (Combined Heat and Power) Joensuussa, Järvenpäässä, Naantalissa ja Suomenojalla Espoossa. (7.)

Fortum tuottaa lämpöä ja sähköä: vesivoimaa, ydinvoimaa sekä sähkön ja lämmön yhteistuotantoa hyödyntäen. Taulukossa 1 on kuvattu Fortumin sähkön- ja lämmöntuotantokapasiteetti vuodelta 2016. (2.)

Fortumin tuotantokapasiteetti 31.12.2016						
MW	Suomi	Ruotsi	Venäjä	Puola	Muut	Yhteensä
Vesivoima	1535	3117	-	-	-	4652
Ydinvoima	1472	1539	-	-	-	3011
Sähkön ja lämmön yhteistuotanto	456	9	4482	186	109	5242
Lauhdevoima	376	-	-	-	-	376
Muut	-	38	-	-	15	53
Yhteensä, sähkö	3839	4703	4482	186	124	13334
Lämpö	2024	35	9920	961	798	13738

Taulukko 1 Fortumin sähkön- ja lämmöntuotantokapasiteetti 2016

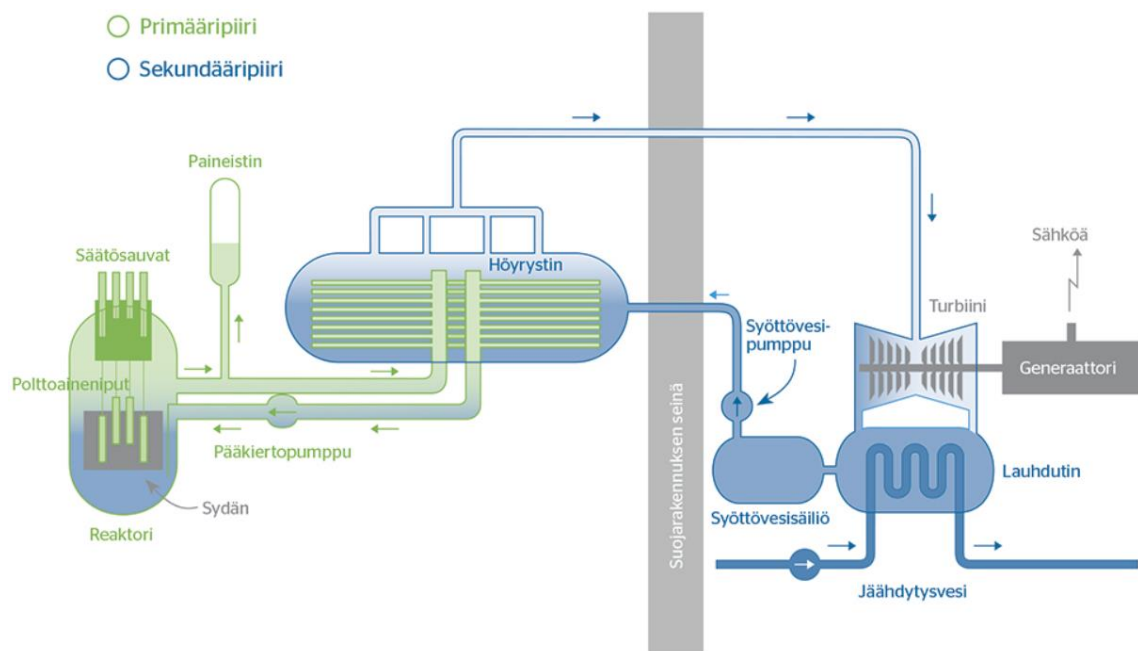
Vuoden 2016 lopulla koko Fortumin sähköntuotantokapasiteetti oli 13 334 MW ja lämmöntuotantokapasiteetti 13 738 MW. Suurin osa sähköntuotannosta sijoittuu Ruotsiin, Venäjälle ja Suomeen. Lämmöntuotanto-osuus on suurin Venäjällä.

3 Loviisan voimalaitos

Loviisan Hästholmenin saarella sijaitsevalla voimalaitoksella on kaksi voimalaitosyksikköä. Loviisa 1 otettiin käyttöön vuonna 1977 ja kolme vuotta myöhemmin valmistui Loviisa 2. Kummankin laitoksen kapasiteetti on yli 500 MW. Vuonna 2017 Loviisan sähköntuotanto oli yhteensä 18,16 TWh, joka vastaa noin 13 % koko Suomen vuotuisesta sähköntuotannosta. Loviisa 1:n käyttö lupa on voimassa vuoteen 2027 ja Loviisa 2:n käyttö lupa vuoteen 2030. (8.)

3.1 Toimintaperiaate

Ydinvoimalaitos käyttää polttoaineenaan uraania. Polttoaineatomin haljetessa vapautuu neutroneja, jotka voivat halkaista lisää uraaniytimiä. Tällöin syntyy halkeamisreaktio eli fissio, vapauttaen samalla lämpöä. Loviisassa on kaksi neuvostoliittolaista PWR-reaktoria (Pressurized Water Reactor) eli painevesireaktoria. Painevesireaktorissa kulkeva vesi on 123 baarin paineessa, eikä se näin ollen kiehu lämpötilan ollessa yli 300 °C. (26.)



Kuva 1 Painevesilaitoksen toimintakaavio (9.)

Tuotettu lämpö siirretään primääripiiristä sekundääripiiriin höyrystimien avulla (kuva 1). Höyrystimissä kiertävä syöttövesi on primääripiiristä erillinen piiri, joten

siellä ei esiinny radioaktiivisuutta. Höyrystimistä kulkiessaan syöttövesi alkaa kiehua alhaisen noin 44 baarin paineen ansiosta ja syntynyt höyry pyörittää turbiineja. Turbiini pyörittää generaattoria, joka muuttaa turbiinissa syntyneen liikeenergian sähköksi. (26.)

3.2 VC-päämerivesijärjestelmä

VC-päämerivesijärjestelmän tehtävänä on toimittaa jäähdytysvettä turbiinin lauhduttimille. VC-järjestelmän toisena tehtävänä on syöttää jäähdytysvettä turbiinin ja generaattorin apujärjestelmien laitteille. Lauhduttimien tarvitsema vesimäärä riippuu meriveden lämpötilasta, joten päämerivesipumppujen tuottomäärän on oltava säädettävissä. Pumput imevät VA-järjestelmän (meriveden tulo- ja poistopiiri) puhdistaman veden merivesipumppaamon kammioista ja pumppaavat sen putkilinjoja ($\varnothing 1,8$ m) pitkin turbiinien lauhduttimille. (11.)

Lauhduttimien jälkeen poistoputket yhtyvät turbiinikohtaisiksi putkiksi, joita pitkin lämmennyt jäähdytysvesi ohjautuu VA-poistotilaan ja sieltä edelleen tunnelia pitkin mereen. Näihin suuriin poistoputkiin ($\varnothing 2,6$ m) yhtyvät myös muut mereen palautettavat jäähdytysvedet. Poistoaukolla oleva pato estää liiallisen alipaineen syntymisen lauhduttimen merivesipuolella esimerkiksi merivesipumppujen yhtäaikaisen pysähtymisen (sähkökatkos) aiheuttaman aaltoilun seurauksena. (11.)

3.3 VF-sivumerivesipiiri

VF-järjestelmän päätehtävänä on huolehtia riittävästä jäähdytysveden syötöstä turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien lämmönsiirtimille. Sivumerivesipiirillä jäähdytetään mm. välijäähdytyspiirejä, primääripiirin seisontajäähdytysjärjestelmää ja höyrystimien ulospuhallusjärjestelmää. Järjestelmä toimittaa vettä myös primääripiiriin, sekundääripiiriin ja konttorirakennuksen merivesilämmönsiirtimille. (12.)

VF-järjestelmä on toteutettu kahtena itsenäisenä piirinä tulo- sekä poistopuolelta ja molemmissa piireissä on kaksi merivesipumppua. Järjestelmän jäähdyttämät lämmönsiirtimet ovat kytketty piirien kesken siten, että puolet liittyy aina toiseen piiriin. Lämmönsiirtimistä kaksi on kytkettynä kumpaankin piiriin ja yksi on varalla.

Muut jäähdytettävät järjestelmät on kytketty siten, että virtaus molemmissa piireissä olisi samansuuruinen. (12.)

3.4 Merivesiputkisto

Putken koko merkitään usein nimellisuuruutena DN-luokituksen mukaan, joka käsitellään standardissa SFS-EN ISO 6708. Loviisan voimalaitoksen merivesiputkien halkaisijat vaihtelevat parista kymmenestä millimetristä pariin metriin. Useimmiten kuitenkin putkien koko on DN200 - DN600 (noin 200 - 600 mm). Merivesiputkien suunnittelulämpötila vaihtelee +0 - +85 °C välillä, tavallisesti käytetään noin +10 - +40 °C lämpötilaa. Putkisto on luokiteltu painelaitteeksi ja merivesiputkissa tavallinen ylipaine on 1 - 6 baaria staattisena kuormituksena. (27.)



Kuva 2 DN500 merivesiputki

Suurin osa laitoksella olevista merivesiputkista (kuva 2) on seostamatonta terästä. Niitä löytyy kuitenkin myös muovista tai haponkestävästä teräksestä valmistettuina.

Teräksiset merivesiputket pinnoitetaan ennen käyttöönottoa hitsauksen jälkeen. Tällä tavoitellaan mahdollisimman pitkäaikaista korroosiosuojaa. Putkien sisäosan ja laippojen päällyste voi olla esimerkiksi kumia. Kumiointi suoritetaan vul-

kanoitavalla luonnonkumiin perustuvalla kovakumilla. Kumioinnin nimellispaksuus on 4 mm. Teräksisen putken ulkopinta käsitellään esimerkiksi maalaamalla. (28.)








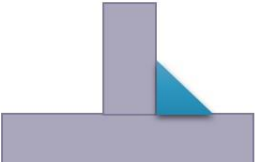
4 Hitsausmenetelmät

Hitsaus käsitteenä tarkoittaa kahden kappaleen liittämistä toisiinsa. Teollisuudessa yleisintä on eri metallien hitsaus, mutta myös muita materiaaleja, kuten muoveja tai keraameja voidaan hitsata. Hitsausta voidaan käyttää myös eri kappaleiden pinnoittamiseen, jolloin sitä kutsutaan päällehitsaukseksi. (5.)

Hitsaus on monipuolinen liittämistapa ja hitsaustapahtuman voi suorittaa lähes missä tahansa olosuhteissa. Hitsausta käytetään tavallisesti uusien tuotteiden valmistamisessa, kuten putkien ja palkkien liitokset. Hitsausta käytetään myös erilaisten vaurioiden korjauksissa, kuten repeämien tai halkeamien korjaaminen. (5.)

Hitsaus synnyttää hitsin läheisyydessä muodonmuutoksia ja jännitystiloja. Näitä voidaan lieventää tai poistaa erilaisilla jälkikäsitteilyillä, esimerkiksi kuumentamalla. Hitseihin voi myös jäädä virheitä, kuten puutteita tunkeumassa, tai epäpuhtauksien synnyttämiä sulkeumia ja huokosia. Yleisimpinä hitsausmenetelminä mainittakoon kaarihitsaus, sädehitsaus, vastushitsaus ja kitkahitsaus. Muidenkin menetelmiä on runsaasti. (5.)

Kaksi yleisintä hitsilajia ovat päittäishitsi sekä pienahitsi, jotka ovat esitetty yksinkertaisuudessaan kuvassa 3 yleisimpine railomuotoineen. (5.)

Kuva	Hitsi	Perusmerkki
	I-hitsi	
	V-hitsi	∨
	Puoli-V-hitsi	∟
	V-hitsi, osaviistetty railo	Y
	Puoli-V-hitsi, osaviistetty railo	Y
	U-hitsi	U
	Juurihitsi	⌒
	Pienahitsi	△

Kuva 3 yleisimmät railomuodot

Railomuotojen lisäksi hitsattavaa kappaletta voidaan tarkentaa lisämerkinnöillä, esimerkiksi hitsin pintaan tai suuntaan liittyen. (5.)

4.1 Hitsauslisäaineet ja -apuaineet

Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamislämpötila on lähes sama kuin perusaineella. Hitsauslisäaineet, niiden tekniset toimitusehdot, tuotemuodot, mitat, toleranssit ja merkintä ovat määritelty standardissa SFS-EN ISO 544:2017. Hitsauksessa käytettävät kaasut luokitellaan hitsausapuaineiksi.

Hitsauslisäaineita ovat mm. hitsauslanka, hitsauspuikko tai muu vastaava liitos-pintojen väliin asetettava aine. Hitsauslanka voi olla virtaa johtava, esim. MIG/MAG hitsauksessa, tai virtaa johtamaton, esim. TIG - hitsauksessa. Hitsaus-lisäaineet voidaan luokitella esimerkiksi hitsattavan materiaalin, virranjohtavuuden, hitsausprosessin, rakennemuodon, tai hitsattavan tuotemuodon mukaan. (5, s. 28 - 29)

Hitsausapuaine on hitsaustapahtumassa käytettävä aine joka mahdollistaa hit-sauksen tai helpottaa sitä. Apuaine on tyypillisesti suojakaasu, mutta myös hit-sausjauhe jauhekaarihitsauksessa. Suojakaasu voi olla aktiivista tai inerttiä. Ak-tiivinen kaasu reagoi hitsisulan kanssa. Molempien kaasujen tarkoitus on suojata hitsaustapahtumaa. (5, s. 28 - 29)

4.2 Kaarihitsaus

Kaarihitsaus perustuu valokaaren aikaansaamiseen sähkövirralla, jolloin saa-daan tarvittava hitsauslämpö. Hitsausvirta voi olla tasavirtaa tai vaihtovirtaa. Ta-savirta kulkee nimensä mukaisesti tasaisesti virtapiirissä, + navasta – napaan, kun taas vaihtovirran suunta vaihtuu jatkuvasti. Hitsausvirtapiirin osat ovat virta-lähde, hitsauskaapeli, elektrodi tai hitsauslisäaine, valokaari, työkappale ja maa-doituskaapeli. (5, s. 62 - 63)

Valokaarella saadaan aikaan tarpeeksi korkeita lämpötiloja kaikkien materiaalien sulattamiseksi. Ilman huonon sähkönjohtavuuden vuoksi valokaari voidaan sytyt-tää ainoastaan koskettamalla virtaa johtavalla lisäaineella työkappaletta tai erilli-sellä sytytyslaitteella ilman kosketusta. Kosketusta käytetään puikkohitsauk-sessa, MIG/MAG-hitsauksessa ja jauhekaarihitsauksessa. Yleensä TIG-hitsauk-sessa käytetään sytytyslaitetta (kipinäsytytys). (5, s. 66 - 67.)

Valokaareissa syntyy sekä näkyvää että näkymätöntä sähkömagneettista sätei-lyä. Säteily ulottuu aina lyhyistä aallonpituuksista pitkiin ja riippuu paljon käytet-tävästä hitsaustavasta sekä hitsausparametreista. Valokaaren säteily voi aiheut-taa silmä- ja palovammoja, joten hitsatessa täytyy käyttää sopivaa suojarus-tusta sekä tummaa hitsaukseen tarkoitettua näönsuojaa. (5, s. 68 - 69)

Kaarihitsauksessa syntyy myös hitsaushuuruja, jota muodostuu valokaaren kuumuuden ansiosta. Huurun koostumuksen suurin vaikuttaja on lisäaine. Paitsi huurujen vuoksi, myös valokaaren mahdollisesti synnyttämän otsonin vuoksi on tärkeää huolehtia hitsauspaikan riittävästä ilmanvaihdosta tai ilmastoinnista. (5, s. 68 - 69)



Kuva 4 Hitsaustapahtuma

Kuvassa 4 näkyy MAG-hitsaustapahtuma. Hitsaajalla on asianmukaiset varusteet: paloa jatkamaton suojaava työasu hanskoineen ja hengitysilman suodattimilla varustettu hitsausmaski. Lisäksi työskentelyalueen yläpuolella näkyy kohdeimurin pääty, joka imee hitsaussavuja ja -huuruja itseensä.

Aineensiirtyminen lisäaineesta hitsiin tapahtuu joko vapaana siirtymisenä ilman oikosulkuja, koskettavana siirtymisenä oikosulun kanssa (lisäaineen ja hitsin välillä irtoamishetkellä) tai kuonan peittämänä siirtymisenä. Aineensiirtymismuotoon vaikuttaa merkittävästi kaarialue hitsauksessa: lyhytkaari, sekakaari, kuuma-kaari, pitkäkaari tai pulssikaari. (5, 71 - 75.)

4.3 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus (menetelmänumero 111) on metallikaarihitsausta ilman suojakaasua. Valokaari palaa puikon pään ja työkappaleen välillä, jolloin puikon sydänlanka sulaa kuonan ympäröiminä pisaroina hitsisulaan. Puikon päällysteestä muodostuva kuona, kuten myös siitä syntyvät kaasut, suojaavat hitsaustapahtumaa. Puikkona käytetään emäspuikkoa, jolloin syntyvät pisarat ovat suuria, tai rutiilipuikkoa, jolloin pisarat ovat pieniä. Valokaaren lämpötila puikkohitsauksessa on 5 000 – 6 000 °C. (5, s. 88)

Puikkohitsausta käytetään laajalti teollisuudessa ja pääasiassa terästen hitsaukseen, vaikkakin suosio on jonkin verran laskenut. Puikkohitsaus on huonosti mekanisoitavissa ja lisäaine on määrämittainen, sekä puikot ovat arkoja kosteudelle. Hyvinä puolina mainittakoon hyvä luoksepäästävyys, helposti siirrettävät laitteet ja hyvä hitsin laatu. (5, s. 89 - 91)

4.4 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsaus (nro 121-125) on hitsausprosessi, jossa valokaari palaa hitsausjauheen alla, työkappaleen ja hitsauslangan välillä. Jauhe suojaa hitsaustapahtuman ympäröivältä ilmalta, mutta myös piilottaa valokaaren allensa. Osa jauheesta sulaa ja muodostaa kuonakerroksen hitsin päälle ja loput jauheesta jää irtonaiseksi. Hitsausjauhe sekä kuona estävät tehokkaasti säteilyä, sekä toimivat lämpöeristeenä. (5, s. 121 - 122)

Valokaaren palaessa jauheen alla suurempi osa hitsausenergiasta tulee käytetyksi perusaineen ja hitsauslangan sulattamiseen verrattuna menetelmiin, joissa valokaari on avoin. Jauhekaarihitsauksessa hitsausliike on tavallisesti koneellinen, jolloin hitsausta voidaan sanoa mekanisoiduksi. Jauhekaarihitsauksella on useita numerotunnuksia (taulukko 2). (5, s. 121 - 122)

Numero	Prosessi
121	Jauhekaariyksilankahitsaus
122	Jauhekaarinauhahitsaus
123	Jauhekaarimonilankahitsaus
124	Jauhekaarihitsaus käyttäen metallijauhesyöttöä
125	Jauhekaarihitsaus täytelangalla

Taulukko 2 jauhekaarihitsauksen numerotunnukset (5, s.121)

4.5 TIG-hitsaus

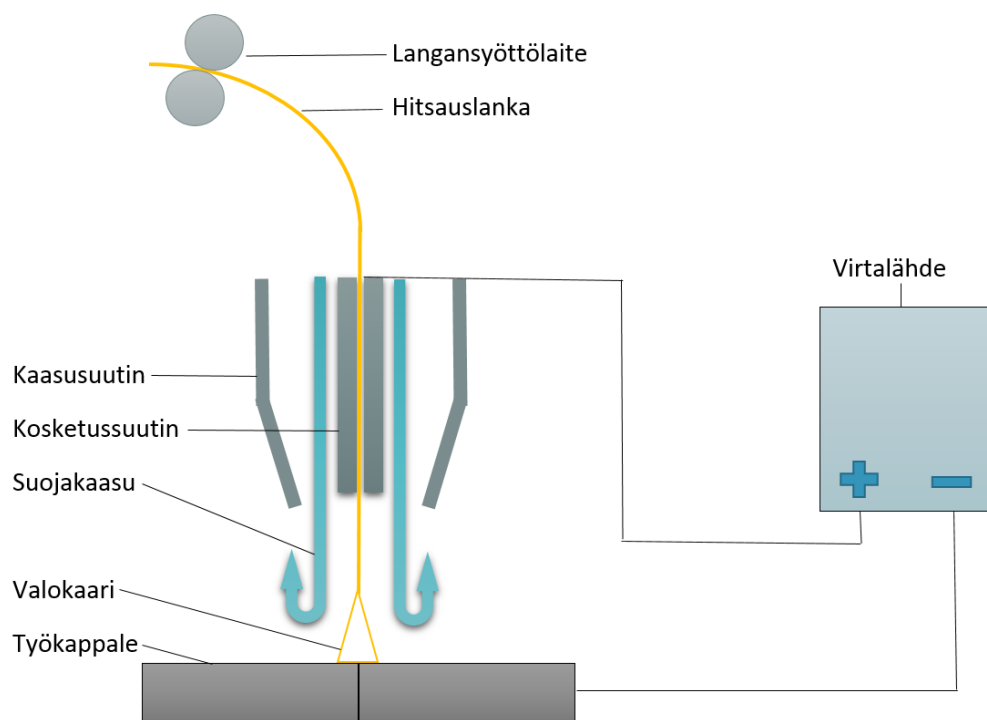
TIG-hitsaus (nro 141) eli volframi-inerttikaasukaarihitsaus on hitsausprosessi, jossa valokaari palaa työkappaleen ja sulamattoman volframielektrodin välillä suojaakaasun ympäröimänä. Hitsaustapahtumaa suojaa inertti kaasu, argon tai helium, joka suojaa kuumen elektrodin kärkeä hapettumiselta.

TIG-valokaarella voidaan hitsata ilman lisäainetta, sillä työkappaleeseen muodostuu hitsisula sulamattoman elektrodin ansiosta. Muissa hitsausprosesseissa sulava lisäaine toimii virtaa johtavana elektrodina. Mahdollinen hitsauslisäaine tuodaan käsin työkappaleelle. (5, s.249)

4.6 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus (MIG, nro 131/MAG, nro 135) eli metallikaasukaarihitsaus on hitsausprosessi, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välillä suojaakaasun ympäröimänä. Langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa hitsauspistoolin kautta valokaareen, jossa sula metalli siirtyy pisaroina hitsisulaan. Hitsausvirta tulee virtalähteestä monitoimijohtoa pitkin hitsauspistoolin päässä olevaan kosketussuuttimeen. Virta siirtyy suuttimesta hitsauslankaan. (5, s.159)

Suojaakaasu suojaa hitsattavaa aluetta ympäröivältä ilmalta. MIG (Metal-arc inert gas welding) hitsauksessa kaasu on inertti, jolloin se ei reagoi hitsisulassa olevien aineiden kanssa. MAG (Metal-arc active gas welding) hitsauksessa suojaakaasu on yleensä argonin ja hiilidioksidin, argonin ja hapen tai argonin, hapen ja hiilidioksidin kaasuseos. Kaasu voi olla myös puhdasta hiilidioksidia. MAG-hitsausta käytetään teräksiä hitsattaessa ja MIG-hitsausta ei-rautametalleja hitsattaessa. Molempien prosessien toimintaperiaate on kuitenkin suurin piirtein sama. Kuvassa 1 on esitetty MIG/MAG hitsauksen toimintaperiaate. (5, s.159)



Kuva 5 MIG/MAG hitsauksen toimintaperiaate, kuva muokattu (5, s. 159)

Langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa suuttimen kautta työkappaleelle. Hitsaus on näin ollen osin mekanisoitua, kuitenkin kuljetusliike tapahtuu käsin.

4.7 MAG-täytelankahitsaus

MAG-täytelankahitsaus (nro 136) vastaa periaatteiltaan hyvin paljon MIG/MAG-hitsausta, vain lanka eroaa. Tässä menetelmässä umpilanka on korvattu täytelangalla. Suojakaasun lisäksi putkimaisella jauhetäytelangalla saadaan lisäsuojaa hitsille täytteen tuottamasta kaasusta ja kuonasta. Myös MIG-täytelankahitsaus (nro 137) on olemassa, mutta sitä käytetään erittäin harvoin. (5, s.228)

MAG-täytelankahitsaus on tavallisesti käsivaraista, eli osittain mekanisoitua. Lisäaineen syöttö tapahtuu koneellisesti ja hitsauspistoolin kuljetus käsin. Täytelangoilla on suurempi virtatiheys muihin prosesseihin verrattuna, sillä putkimaisessa lisäaineessa on vain ohut teräskuori. MAG-täytelankahitsauksessa käytetään metalli-, emäs- ja rutiilitäytelankoja. (5, s.228 - 229)

5 Ohjeisto

5.1 Ydinturvallisuusohjeet YVL

Ydinturvallisuusohjeet sisältävät kaiken tarvittavan ydinvoimalaitoksen koko elinkaareen liittyvän säännösten. YVL-ohjeen on laatinut Säteilyturvakeskus STUK, joka valvoo säteily- ja ydinturvallisuutta koskevan lainsäädännön toteutumista ja noudattamista. STUK suorittaa sekä ydinvoimalaitosten, että ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvontaa. Lisäksi STUK valvoo säteilyn käytön toteutumista terveydenhuollossa, lääketieteessä ja teollisuudessa. Myös ympäristön säteilyä sekä ionisoimatonta säteilyä tarkkaillaan. (18.)

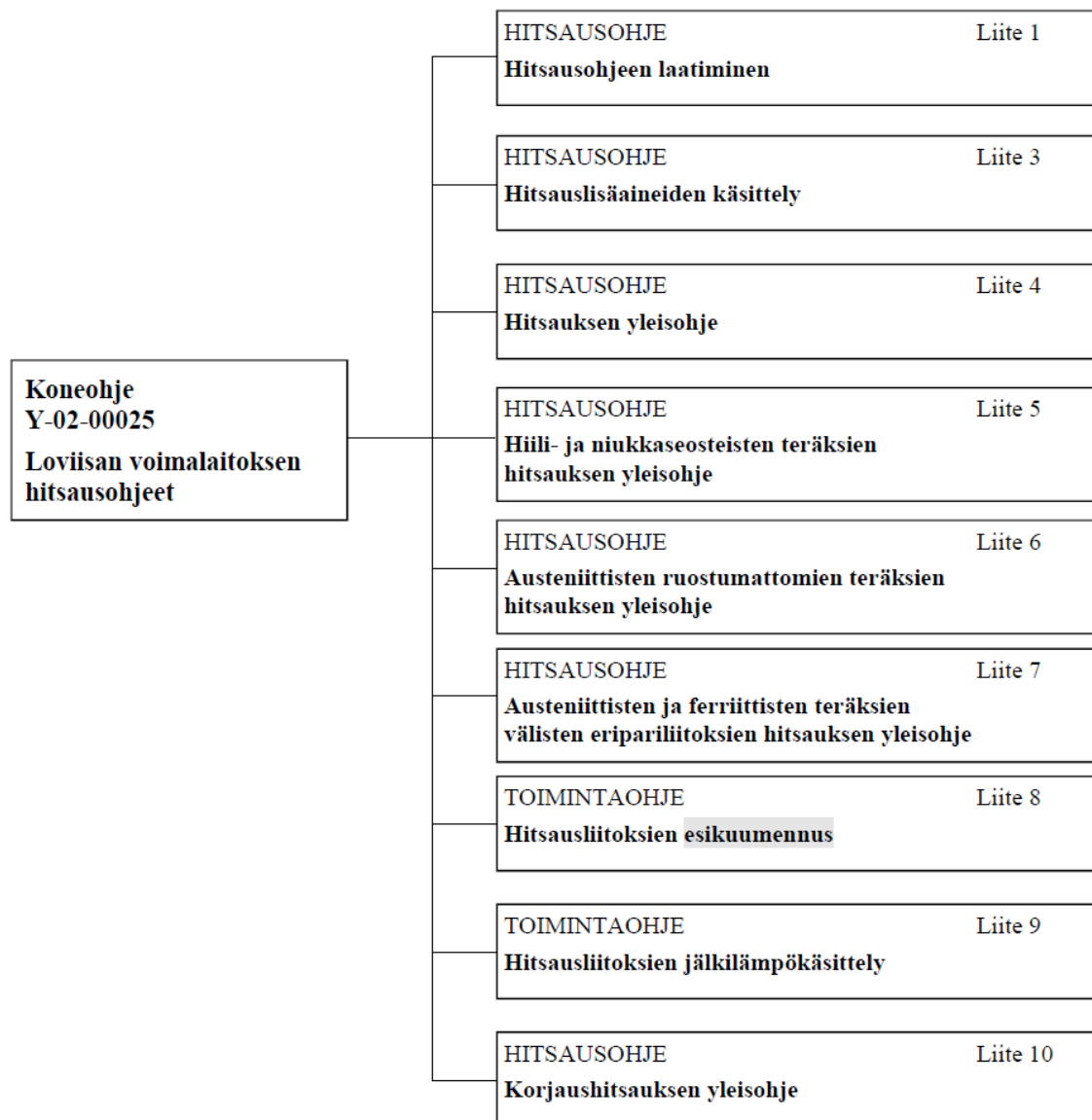
YVL - ohje 2.1 määrittää ydinvoimalaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusluokitukset. Ydinvoimalaitoksen kaikki laitteet on luokitettu jonkin turvallisuusluokan, 1 - 4 tai EYT (ei ydinteknisesti luokiteltu) mukaan. Kriittisimmät järjestelmät, rakenteet ja laitteet ovat turvaluokkaa 1 (esim. reaktorin polttoaine ja primääripiirin osia). Kaikki muut järjestelmät, rakenteet ja laitteet, joita ei ole luokiteltu turvallisuusluokkiin 1 - 4, kuuluvat luokkaan EYT. (6.)

YVL - ohje E.3 määrittää ydinlaitoksen painelaitteisiin ja putkistoihin kohdistuvat vaatimukset. Ohjeen mukaan: *Säteilyturvakeskus hyväksyy ydinteknisten painelaitteiden valmistajan tehtäviinsä sekä tarkastuslaitoksen, testauslaitoksen ja päteväntielimen suorittamaan ydinlaitosten painelaitteiden, teräs- ja betonirakenteiden sekä mekaanisten laitteiden tarkastustoimintaan kuuluvia tehtäviä Säteilyturvakeskuksen osoittamassa laajuudessa. Säteilyturvakeskus valvoo tarkastuslaitoksen, testauslaitoksen ja päteväntielimen toimintaa.* (19.)

5.2 Loviisan voimalaitoksen hitsausohjeet

Menettelyohje MO-07-00007 "Loviisan voimalaitoksella tehtävät hitsaukset" toimii Loviisan voimalaitoksen kyseisen aiheen ylimpänä ohjeena. Menettelyohjeessa esitetään hitsausten menettelyt periaatetasolla. Ohjetta käytetään turvallisuusluokkien 1 - 4 hitsaustöissä, hitsattaessa painelaitteita ja sovelletaan muissa hitsauksissa. Hitsausten tekniset menettelyt ja hitsaustavat esitetään menettelyohjetta täydentävissä erillisissä ylläpito-ohjeissa (Y-ohjeissa) ja niiden liitteissä. (24.)

Ohje Y-02-00025 "Loviisan voimalaitoksen hitsausohjeet" liitteineen käsittelee kaiken käytännön hitsaukseen liittyvän laitoksella (taulukko 3). Tehtävän työn suunnittelija vastaa siitä, että hitsaukset suunnitellaan ohjeen vaatimusten mukaisesti. Hitsaustyönjohtaja vastaa ohjeen noudattamisesta hitsaustöissä sekä suunnitelman mukaisesti. Hitsauskoordinoija vastaa ohjeen päivityksestä liitteineen. Kaikki hitsaustyöt tulee tehdä työturvallisuusohjeita noudattaen. Työstä aiheutuvalta melulta, hitsaushuuruilta sekä valoakaarelta tulee suojautua suojava-rusteilla eli työhön soveltuvalla hitsausmaskilla ja vaatetuksella, päähineellä sekä käsineillä. (3.)



Taulukko 3 Loviisan voimalaitoksen hitsausohjeiston rakenne (3.)

Kunnossapito-ohje Y-02-00031, "Hitsausohjeen päteväminen", esittää hitsausohjeiden pätevöimisen uusin menetelmäkokein. Ohje täydentää menettelyohjetta MO-07-00007, Loviisan voimalaitoksella tehtävät hitsaukset. Menetelmäkokeen näytekappaleen hitsauksen valvonta on esitetty tarkastusohjeessa T-05-00005. Y-02-00031 ohjeen liitteessä 1 on menetelmäkoesuunnitelmassa käytettävät lomakemallit sekä liitteessä 2 tulosaineistoon käytettävät lomakkeet ja siihen liittyvät liitteet. (24.)

Y-02-00031 mukaan menetelmäkoetta suunnitellessa täytyy noudattaa voimassa olevia standardeja, kuten menetelmäkoetta käsittelevää standardia sekä tuotestandardia. Menetelmäkoe- ja työkoesuunnitelmat numeroidaan juoksevilla numerolla ja merkitään kirjainyhdistelmin MK tai TK, sekä arkistoidaan tunnukselle LO1-K855-401-XXX. Lopullisen hitsausohjeen pätevyysalueet määräytyvät standardin SFS-EN ISO 15614-1:2017 mukaisesti. (4.)

5.3 Hitsausohje

Alustavassa hitsausohjeessa (pWPS) tai hitsausohjeessa (WPS) esitetään kaikki tarvittava tieto hitsauksen suorittamista varten. Hitsausohjeen sisällön määrää ei ole määritelty, mutta kaikki tarpeellinen tieto tulee olla ohjeessa yksiselitteisesti. Näin ollen voidaan suorittaa hitsaustapahtuma laadukkaasti.

Hitsausohjeen vaadittavia tietoja ovat mm. valmistajan sekä hitsausohjeen (pWPS/WPS) tunnistetiedot, perusaineiden merkinnät ja viitestandardi(t), perusaineryhmän numero, liitoksen mitat ja pätevyysalueet. Olennaisia tekijöitä ovat myös käytettävä menetelmä, lisäaineet ja hitsausarvot. Yleensä hitsausliitoksesta esitetään kuva, josta käy ilmi liitoksen muoto ja mitat. Palkojärjestys voidaan esittää, jos sillä on olennainen vaikutus hitsin ominaisuuksiin. (25.)

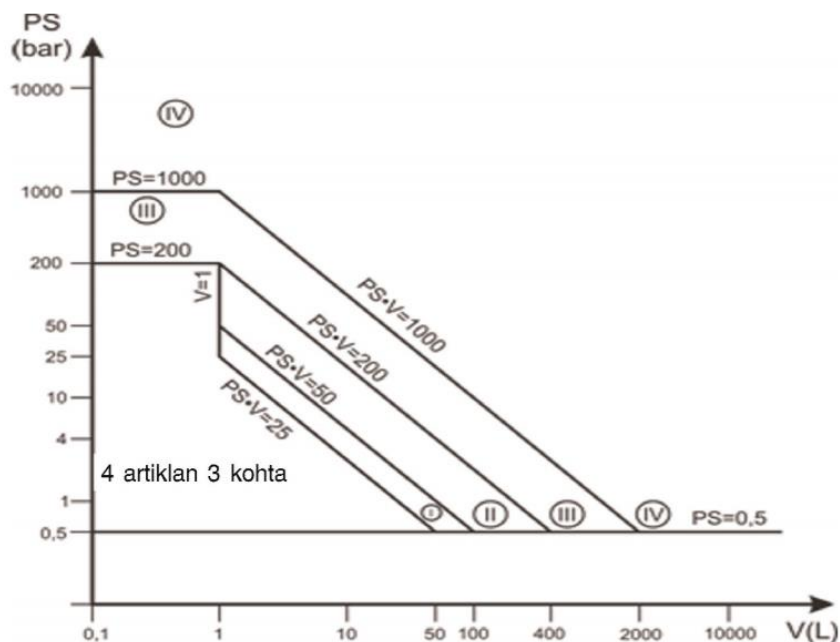
6 MAG-hitsauksen käyttöönotto merivesiputkille

Loviisan voimalaitoksella on ollut käytössä pitkään puikkohitsaus sekä TIG-hitsaus. MAG-hitsausta on käytetty ainoastaan joidenkin teräsrakenteiden hitsaukseen, ei ollenkaan laitteiden. MAG-hitsaus helpottaa ja nopeuttaa tehtäviä töitä

huomattavasti merivesiputkien osalta. Hitsausohje ei sido tietynlaiseen laitteeseen (merivesiputkiin), joten ohjetta voidaan jatkossa käyttää tarvittaessa myös muihin saman materiaalin ja ominaisuuksien omaavilla rakenteilla.

Mikäli materiaali muuttuu 1.1 materiaaliryhmän ulkopuolelle, kappaleiden mitoissa tai hitsausparametreissa tapahtuu merkittäviä muutoksia, on hitsattavuusi menetelmäkoe uutta hitsausohjetta varten. Merivesiputket, joita aiotaan hitsata MAG-hitsauksella, ovat YVL luokituksen mukaan turvaluokkaa EYT tai 3 sekä ovat luokiteltu painelaitteiksi luokassa IV tai painelaitelain 6 § mukaisesti.

Painelaitelain 6 § mukaan: Painelaitteet ja laitekokonaisuudet, joiden ominaisuudet ovat luokkien I-IV rajojen ulkopuolella on suunniteltava ja valmistettava Euroopan talousalueeseen kuuluvassa valtiossa noudatettavan hyvän konepajakäytännön mukaisesti, jotta niiden turvallinen käyttö voidaan taata. Painelaitteissa ja laitekokonaisuuksissa on oltava mukana riittävät käyttöohjeet ja merkinnät, joista valmistaja tai hänen Euroopan talousalueelle sijoittautunut edustajansa voidaan tunnistaa. Tällaisissa laitteissa ja -kokonaisuuksissa ei saa olla tarkoitettua CE-merkintää. (21.)



Kuva 6 Paineluokan määrittäminen (20.)

Painelaiteluokka määritellään painelaitelain mukaan painelaitedirektiivin liitteessä 2. Rajaviivat vaatimustenmukaisuuden arviointitaulukossa osoittavat jokaisen luokan rajan kuvassa 6. (20.)

6.1 Vaatimukset

SFS-EN ISO 15614-1:2017 standardissa on määritelty kaikki menetelmäkoeseen vaadittava materiaaleista pätevyysalueisiin asti. Menetelmäkoesuunnitelma tehtiin standardissa esitetyn tason 2 vaatimusten mukaisesti.

Ryhmä	Alaryhmä	Teräslaji
1		Teräkset, joiden ohjeellinen pienin myötöraja $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^{2a}$ ja analyysipitoisuudet ovat %
		$C \leq 0,25$
		$Si \leq 0,60$
		$Mn \leq 1,8$
		$Mo \leq 0,70^b$
		$S \leq 0,045$
		$P \leq 0,045$
		$Cu \leq 0,40^b$
		$Ni \leq 0,5^b$
		$Cr \leq 0,3$ (0,4 valuille) ^b
		$Nb \leq 0,06$
		$V \leq 0,1^b$
		$Ti \leq 0,05$
	1.1	Teräkset, joiden ohjeellinen pienin myötöraja $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
	1.2	Teräkset, joiden ohjeellinen pienin myötöraja $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
1.3	Normalisoidut hienoraeteräkset, joiden ohjeellinen pienin myötöraja $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^{2*}$	
1.4	Säänkestävät teräkset, joiden analyysipitoisuudet saattavat ylittää annetut pitoisuudet ryhmän 1 seosaineille	

Taulukko 4 terästen ryhmittely luokassa 1, taulukkoa rajattu. (22.)

Molemmissa kokeissa käytettävät perusaineet (P235GH, ST 35,8/l) ovat standardin mukaan 1.1 ryhmään kuuluvia (taulukko 3): Teräkset, joiden ohjeellinen pienin myötöraja on $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$ taulukon 4 mukaisesti.

Koekappale	Testaus	Testauksen laajuus	Alahuomautus
Läpihitsattu päittäisliitos	Silmämääräinen tarkastus	100 %	–
	Radiografia tai ultraäänitarkastus	100 %	a
	Pintahalkeamien tarkastus	100 %	b
	Poikittainen vetokoe	2 koesauvaa	–
	Poikittainen taivutuskoe	4 koesauvaa	c
	Iskukoe	2 sarjaa	d
	Kovuuskoe	vaadittu	e
	Makrohietutkimus	1 hie	–
Pienahitsi	Silmämääräinen tarkastus	100 %	–
	Pintahalkeamien tarkastus	100 %	b
	Kovuuskoe	vaadittu	e
	Makrohietutkimus	2 hiettä	–

a Ultraäänitarkastusta ei saa suorittaa, kun $t < 8$ mm eikä perusaineryhmille 8, 10, 41...48.

b Helppopääsisille hitsin pinnoille tunkeumanestetarkastus tai magneettijauhetarkastus. Epä-magneettisille materiaaleille tunkeumanestetarkastus.

c Taivutuskokeet, katso 7.4.2.

d 1 sarja hitsiaineesta ja 1 sarja muutosvyöhykkeeltä (HAZ), kun aineenpaksuus ≥ 12 mm ja iskukiteysvaatimukset määritetty teknisissä toimitusehdoissa ja/tai tarvittaessa käyttöolosuhteiden mukaan. Tuotestandardeissa saatetaan vaatia iskukokeita myös, kun aineenpaksuus on alle 12 mm. Testauslämpötilan valitsee valmistaja, ottaen huomioon sovellutuksen tai tuotestandardin. Lisätestit, katso 7.4.4.

e Ei vaadita perusaineelle: alaryhmä 1.1, ryhmät 8 ja 41...48 sekä näiden väliset eripariliitokset, paitsi alaryhmän 1.1 ja ryhmän 8 väliset eripariliitokset.

Taulukko 5 testausvaatimukset, taulukkoa muokattu. (15.)

Taulukossa 5 on esitetty koekappaleiden testausvaatimukset tasolle 2, jonka koekappaleiden laajuus on suurempi ja pätevyysalue rajoitetumpi kuin tason 1. Lisäksi tason 2 menetelmäkokeet kattavat tason 1 vaatimukset, mutta ei päinvastoin. Päittäisliitokselle pätee ensimmäisen rivin vaatimukset ja pienaliitokselle viimeisen rivin vaatimukset. (15.)

6.2 Materiaalitodistukset

Ohjeen Y-02-00031 mukaisesti kokeessa käytettäville materiaaleille tarvitaan 3.1 luokan materiaalitodistukset. Perusaineiden tulee täyttää materiaalinormissa tai

spesifikaatioissa esitetyt vaatimukset, joka osoitetaan kyseisellä todistuksella. Standardin SFS-EN 10204 mukaan materiaalitodistukset luokitellaan taulukossa 6 näkyvällä tavalla.

EN 10204	Ainestodistusten nimet eri kielillä				Ainestodistuksen sisältö	Ainestodistuksen vahvistaja
	Suomi	Englanti	Saksa	Ranska		
Tyyppi 2.1	Laatuvakuutus	Declaration of compliance with the order	Werksbescheinigung	Attestation de conformité à la commande	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta	Valmistaja
Tyyppi 2.2	Koetustodistus	Test report	Werkszeugnis	Relevé de contrôle	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä valmistusmenetelmäkohtaisen tarkastuksen tulokset	Valmistaja
Tyyppi 3.1	Vastaanotto-todistus 3.1	Inspection certificate 3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Certificat de réception 3.1	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä toimituseräkohtaisen tarkastuksen tulokset	Valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja
Tyyppi 3.2	Vastaanotto-todistus 3.2	Inspection certificate 3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Certificat de réception 3.2	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä toimituseräkohtaisen tarkastuksen tulokset	Sekä valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja että ostajan valtuuttama edustaja tai viranomaismääräyksissä määrätty tarkastaja

Taulukko 6 Yhteenveto ainestodistuksista (16, s. 10)

Luokat 2.1 ja 2.2 kertovat yleisesti tuotteen laadusta, sillä testitulosten ei tarvitse olla kyseisestä erästä, vaan riittää saman valmistustavan omaavan tuotteen mitataulukset. Luokan 2.1 todistuksella kerrotaan materiaalin olevan tilauksen mukainen. Luokassa 2.2 esitetään lisäksi mittatuloksia tuotteen mistä tahansa vastaavasta kappaleesta. Todistuksen vahvistaa valmistaja, usein tuotannon henkilö. Kyseessä on laajasti yleistettävä asiakirja, sillä se kohdennetaan yleisesti vastaavanlaisille tuotteille.

Luokan 3.1 todistus kertoo nimenomaisen valmistuserän testikappaleen tuloksista. Asiakirjan vahvistaa tuotanto-osastosta riippumaton henkilö, usein laatuinsinööri. Jokaisella uudella tuotantoerällä on oma todistuksensa, joka toimitetaan materiaalin yhteydessä.

Luokka 3.2 on kriittisten komponenttien erikoistodistus, joka vaaditaan useimpien ainoastaan kaikkein kriittisimmille painetta kantaville osille. Luokkaan 3.2 pätee 3.1 todistuksen vaatimukset, lisäksi kolmannen osapuolen valvojan täytyy osallistua koestuksiin. (16, 17.)

6.3 Hitsin mitoitus

Menetelmäkokeen sekä työkokeen vaadittavilla testeillä osoitetaan, että hitsattu rakenne on tarpeeksi kestävä. Hitsattavia rakenteita suunniteltaessa käytettiin laitokselta löytyviä hitsauspiirustuksia merivesiputkiin liittyen, kuten piirrosta KLO2 LO2-462-00523. Kaikki hitsattavat liitokset ovat samanmittaisia ja muotoisia jatkossakin.

Merivesiputket luokitellaan voimalaitoksella painelaitteiksi (ryhmä IV) ylipaineen ansiosta. Paine putkissa kulkee staattisena kuormituksena. Painetta itsessään ei oteta huomioon liitoksen suunnittelun kannalta, sillä sen on muutenkin kestävä vähintään perusaineen kestävyys verran. Kovuuskoe tehdään menetelmäkoestandardin mukaan luokassa HV 10. Kovuuskokeessa käytettävät voimat ovat esitettynä taulukossa 7.

Kovuuskoe	
Kovuuden symboli	Kokeessa käytettävän voiman nimellisarvo, F
HV 5	49,03 N
HV 10	98,07 N
HV 20	196,1 N
HV 30	294,2 N
HV 50	490,3 N
HV 100	980,7 N

Taulukko 7 Kovuuskokeissa käytettävät voimat, taulukkoa muokattu (23.)

Merivesiputkia hitsattaessa tarvitaan kahta hitsin liitosmuotoa: päittäisliitos ja pienaliitos. Näistä kahdesta liitoksesta pienaliitoksia on huomattavan paljon enemmän.

6.4 Menetelmäkoesuunnitelma

Menetelmäkoesuunnitelma laadittiin Loviisan voimalaitoksen ohjeen Y-02-00031, hitsausohjeen päteväiminen, pohjalta ja tehtiin kyseisen ohjeen liitteen 1

mukaisesti, joka on samalla laitoksen menetelmäkoesuunnitelman pohja. Suunnitelma käsittää alustavan hitsaussuunnitelman lisäksi toteutuksen kuvauksen, hitsauksen valvonnan ja tarkastusten määrittelyn, näytteenoton ja koestusvaatimukset, koetulosvaatimukset, pätevyysalueen määrittelyn sekä yhteenvedon.

Alustava hitsaussuunnitelma on tehty standardin SFS-EN ISO 15614-1:2017 ohjeiden mukaisesti. Apuna hitsaussuunnitelmassa käytettiin Kempin (hitsauskoneen laitevalmistajan) omia suosituksia kyseisen tyyppiselle hitsille. Nämä arvot testattiin käytännössä ja muutettiin hieman kokemusperäisten tulosten mukaan sopivammiksi.

Hitsauksen valvonnan laajuuden määrittää Loviisan voimalaitoksen oma ohje T-05-00005. Menetelmäkokeen pätevyysalue määritellään SFS-EN ISO 15614-1:2017 standardin mukaisesti.

6.5 Menetelmäkoe MK51

Putkien päittäisliitos tehtiin menetelmäkokeena ja hitsattiin pienimmän sekä suurimman lämmöntuonnin asennossa, jolloin saataisiin pätevyys kaikille käytettäville hitsausasunnoille. Pienimmän ja suurimman lämmöntuonnin asennot ovat tässä tapauksessa PH, kiinteä vaakaputki, pystyasento alaspäin ja PC, kiinteä pystyputki, vaaka-asento.

Menetelmäkokeessa käytettiin standardikokoista DN250 putkea 16 mm ainevahvuudella. Materiaali ST 35,8/l vastaa tuotannossa käytettävää materiaalia ja kuuluu materiaaliryhmään 1.1, joka määrittää myös pätevyysalueen materiaalin osalta. Kaikille kokeessa käytettäville materiaaleille on oltava 3.1 materiaalitodistukset, joka kertoo tuotteen laadusta nimenomaisen tuotantoerän kappaleen testituloksilla.

Menetelmäkoetta varten harjoiteltiin liitoksen hitsaamista usealla testikappaleella. Päittäisliitoksen testikappaleet kuvattiin laitoksen hitsaajien toimesta radiografisesti ja todettiin hitsit laadukkaiksi. Juuripalko hitsattiin ylhäältä alas ja täytepalot alhaalta ylös.



Kuva 7 Päittäisliitoksen testikappale

Kuvassa 7 näkyvän testikappaleen ainevahvuus on melko suuri. Isoa koekappaletta käyttämällä saadaan katettua materiaalivahvuuden pätevyysalueesta mahdollisimman laaja alue.

Menetelmäkoe suoritettiin laitoksen oman hitsaajan toimesta, kolmannen osapuolen valvonnan alaisena. Kokeessa juuripalkko hitsattiin WiseRoot+ ohjelmaa apuna käyttäen, jolloin hitsauskone itse optimoi koneesta lähteviä arvoja, kuten langansyöttöä. WiseRoot+ on pohjapalon hitsaukseen optimoitu lyhytkaariprosessi.



Kuva 8 ensimmäisen testikappaleen koejärjestelyt

Kuvassa 8 näkyy putken kiinnitys alustaan. Putki sekä liitettävä kappale oli piste-hitsattu pyörityspöytään. Putken aineenvahvuus oli suunnitelman mukaisesti 16 mm. Menetelmäkokeessa ei käytetty pyörityspöytää, sillä muutoin pyörityspöydän käyttö olisi sidottu kaikkiin vastaaviin tehtäviin töihin. Käytännössä kuitenkin suurin osa vastaavista työkappaleista tullaan hitsaamaan pyörityspöytää apuna käyttäen.

Hitsin railo on puhdistettu mekaanisesti. Ilmarako oli jätetty ohjeen mukaisesti 0-5 mm. Liitoksen railokulma oli tässä koekappaleessa 30 astetta. Ensimmäisen koekappaleen hitsauksessa oli odotusten vastaisesti monia ongelmia ja erinäisistä syistä koe ei läpäissyt NDT-tarkastusta. Kokeessa käytettiin menetelmäkoesuunnitelman mukaisia kappaleita ja lisäaineita.

Päittäisliitoksen kumpikaan koekappale ei läpäissyt NDT-tutkimusta. Vaaka-asennossa hitsatussa koekappaleessa oli selvä juurivirhe mahdollisesti laitteen

hetkellisestä oikuttelusta johtuen. Lisäksi kappaleen pinnassa oli jyrkkä liitos, noin 10 mm matkalla. Pystysauman röntgenkuvinäky epätasaisuuksia syvällä saumassa.

6.6 Työkoe TK53

Työkokeesta tehtiin vastaavanlainen suunnitelma, kuin menetelmäkoesuunnitelma. Työkoesuunnitelma pohjautuu pitkälti menetelmäkoestandardiin.

Pienaliitos hitsattiin esituotannollisena hitsauskokeena, eli työkokeena, jolloin hitsaus jäljittelee varsinaista tuotantoa mahdollisimman tarkasti. Materiaalina käytettiin P235GH, joka kuuluu samaan luokan 1.1 materiaalityöhön kuin päittäisliitoksen ST 35,8/l.

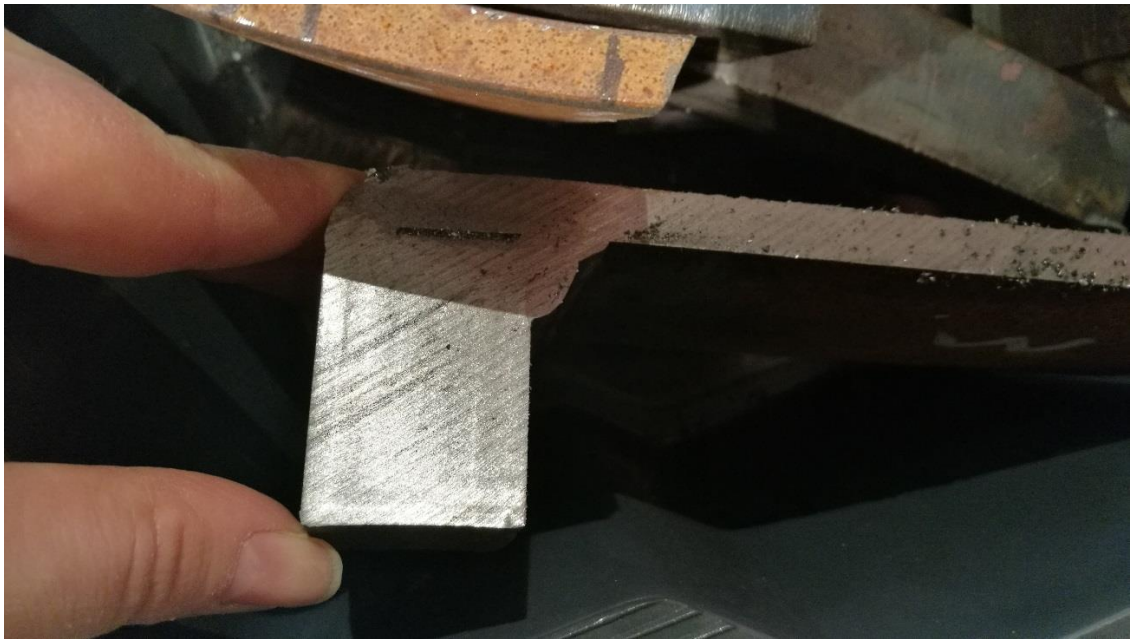


Kuva 9 testikappaleen poikkileikkaus suurella ilmaraolla hitsattuna

Pienaliitoksen isoin ongelma on laipan ja putken suuri ainevahvuuksien ero, joka onkin syy siihen miksi tämä koe tehtiin työkokeena. Myös pienaliitos on tarkasteltu etukäteen. Testikappaleesta on katkaistu koekappaleita (kuvat 9 ja 10, s. 30) putken ympäri ja katsottu hitsin tunkeuma riittäväksi.

Kappaleen kovuus pysyy näillä parametreilla yleisesti sallittujen arvojen rajoissa. Kovuus testattiin testikappaleista omalla laitoksella. Kummankaan liitoksen hitsille ei ole menetelmäkoestandardin mukaan kovuuskoevaatimuksia (1.1 luokan

materiaalille). Siitä huolimatta myös virallinen kovuuskoe suoritetaan ja merkitään pöytäkirjaan tehdyksi.



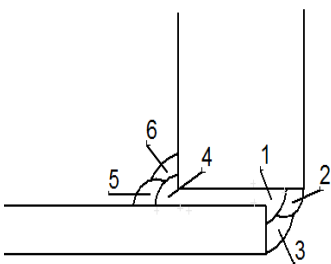
Kuva 10 testikappaleen poikkileikkaus pienellä ilmaraolla hitsattuna

Kuvissa 9 ja 10 näkyy ilmarakojen eron lisäksi materiaalivahvuuksien suuri ero käytännössä. Putki on tyypillisesti hyvin paljon ohuempaa ainevahvuudeltaan kuin putkiliitoksissa käytettävä laippa.



Kuva 11 työkoejärjestelyt

Kuvassa 11 on työkoejärjestelyt pienaliitoksen hitsauksen toteuttamiseksi. Pienaliitoksen kappale on samalla tavoin pistehitsattu kiinni kokeen hitsausta varten. Pienaliitoksen koekappale läpäisi vaadittavat NDT-testit, magneettijauhetarkastuksen.



Kuva 12 Palkojärjestys pienaliitoksen hitsauksessa (29.)

Kuvassa 12 on kuvattu kokeessa toteutunut palkojärjestys. Taulukossa 8 on esitetty mittausten mukaiset tulokset kokeen aikana keskiarvoina. Jokainen palko hitsattiin useammassa osassa.

Yhteenveto								
Palko	Hitsausprosessi	Lisäaineen mitat	Virta	Jännite	Virtalaji	Välipalkolämp.	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti
Run	Process	Size of filler metal	Current	Voltage	Current type	Interpass temp.	Welding speed	Heat input
		[mm]	[A]	[V]	[AC, DC+, DC-]	[°C]	[mm/min]	[kJ/mm]
1	136	1,2	170-225	23,4-25,7	DC+	-	138-256	1,0-1,6
2	136	1,2	170-195	22,2-22,4	DC+	145	136-213	1,0-1,7
3	136	1,2	165-195	23,4-24,7	DC+	131	215-290	0,7-1,1
4	136	1,2	185-225	25,1-25,7	DC+	115	155-264	1,0-1,7
5	136	1,2	190-215	25,5-25,7	DC+	122	189-253	0,9-1,4
6	136	1,2	190-215	25,5-25,7	DC+	129	167-224	1,1-1,5

Taulukko 8 Yhteenveto hitsausarvoista (29.)

Pienaliitoksen koekappale lähetettiin Tampereelle Metlab Oy:lle testattavaksi. Mikäli koekappale ei läpäise testejä, voidaan suunnitelmaa muuttaa tarvittavilta osin ja suorittaa koe uudestaan. Jos kuitenkin tulosten arvot pysyvät määritettyjen raja-arvojen sisällä ja koe hyväksytään, tulee koota tuloksista tulosaineisto ja lähettää se STUK:ille hyväksyttäväksi.

6.7 Laitteisto ja käytettävät lisäaineet

Molempien kokeiden testeissä käytettiin laitoksella olevia Kempin MIG-hitsauskoneita. Kempin FastMig X 450 koneessa on kaksi langansyöttölaitetta: toisesta löytyy OK Autrod 1,0 mm umpilanka ja toisesta OK Tubrod 1,2 mm täytelanka. Näin hitsaus on sujuvaa myös kahdella eri lisäaineella, kun sitä voidaan hyvin nopeasti vaihtaa. Suojakaasuna käytetään Mison 18:ta.



Kuva 13 Kempin FastMig X 450, MIG/MAG hitsauslaitteisto (3.)

FastMig X 450:lla hitsattiin sekä päittäisliitoksen menetelmäkoe että pienaliitoksen työkoe.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä standardinmukainen menetelmäkoesuunnitelma kaarihitsauksen MAG-prosessille, joka kattaa suuren osan merivesiputkien hitsauksesta. Aiemmin käytetyt menetelmät puikkohitsaus ja TIG-hitsaus nähtiin tehottomiksi suureen työmäärään nähden.

Työn tekeminen aloitettiin selvittämällä kaarihitsauksen menetelmäkoestandardin sekä tuotestandardin vähimmäisvaatimuksia. Lisäksi täytyi ottaa huomioon

merivesiputkien painelaiteluokitus sekä voimalaitoksen tyypistä johtuvat erityisehdot STUK:en toimesta. Pelkästään menetelmäkoesuunnitelman kokoamiseen meni todella pitkä aika pohjatietojen suppeasta määrästä johtuen.

Alustavaan hitsaussuunnitelmaan kirjattiin kootusti arvoja, jotka oli optimoitu kattamaan tarvittavan laajuinen pätevyysalue merivesiputkien hitsaamiseen. Pätevyysalueen laajentaminen esimerkiksi kokojen tai pätevöidyn materiaalityypin ulkopuolelle vaatii aina uuden menetelmäkokeen.

Opinnäytetyön aihe oli haastava, mutta myös mielenkiintoinen. Haastavinta työn kannalta oli alan vähäinen tuntemus, sekä uuden menetelmäkoestandardin tulkinta. Mielenkiintoisinta oli verrata aikaisempia tehtyjä menetelmäkokeita nykyisen menetelmäkoestandardin vaatimuksiin. Haastavuutta mutta myös mielekkyyttä työn aiheeseen luo se, että hitsaustekniikka alana on todella laaja ja kirjallisuutta aiheesta löytyy valtavan paljon. Lähteiden käytön ja työn kannalta oleellisten tietojen rajaaminen on hyvin tärkeää.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että työn perimmäinen tarkoitus saatiin vietyä todella pitkälle. Työn tuloksena on laitoksella hyväksymisprosessin läpikäynyt menetelmä - sekä työkoesuunnitelma. Lisäksi saatiin suoritettua menetelmäkoet sekä työkoe laitoksen hitsaushallilla huhtikuun puolella välissä. Tästä vaiheesta NDT-hyväksytyt koekappaleet jatkaa matkaansa Tampereen Metlabille testattavaksi. Mikäli koetulokset ovat hyväksytyt, kootaan tulosaineisto, joka lähetetään STUK:een hyväksyttäväksi.

Tuloksia tähän opinnäytetyöhön ei saatu sisällytettyä, sillä laitoksella on suhteellisen pitkät käsittelyajat asiakirjoille. Mitä useampi henkilö tarkastaa asiakirjan, sitä kauemmin se pysyy kierrossa. Suurin osa laitoksella olevista asiakirjoista lähetetään STUK:een joko tiedoksi tai hyväksyttäväksi ohjeiston mukaisesti. Hyväksyntä tarkoittaa tällä hetkellä useamman viikon käsittelyaikaa. Myös menetelmäkokeen valvojan saaminen laitosalueelle kesti useita viikkoja.

Menetelmäkoesuunnitelmasta tuli hyvä pohja laitoksella mahdollisesti tulevaisuudessa tehtäviin menetelmäkoesuunnitelmiin. Valmis tyhjä pohja oli ennen tätä koetta käyttämätön ja jossain määrin hankalasti tulkittavissa.

Kuvat

Kuva 1 Painevesilaitoksen toimintakaavio, s. 8.

Kuva 2 DN500 merivesiputki, s. 10.

Kuva 3 yleisimmät railomuodot, s. 12.

Kuva 4 Hitsaustapahtuma, s.14.

Kuva 5 MIG/MAG hitsauksen toimintaperiaate, kuva muokattu, s. 17.

Kuva 6 Paineluokan määrittäminen, s. 21.

Kuva 7 Päittäisliitoksen testikappale, s. 27.

Kuva 8 ensimmäisen testikappaleen koejärjestelyt, s. 28.

Kuva 9 testikappaleen poikkileikkaus suurella ilmaraolla hitsattuna, s. 29.

Kuva 10 testikappaleen poikkileikkaus pienellä ilmaraolla hitsattuna, s. 30.

Kuva 11 työkoejärjestelyt, s. 31.

Kuva 12 Palkojärjestys pienaliitoksen hitsauksessa, s. 31.

Kuva 13 Kempin FastMig X 450, MIG/MAG hitsauslaitteisto, s. 33.

Taulukot

Taulukko 1 Fortumin sähkön- ja lämmöntuotantokapasiteetti 2016, s. 7.

Taulukko 2 jauhekaarihitsauksen numerotunnukset, s. 16.

Taulukko 3 Loviisan voimalaitoksen hitsausohjeiston rakenne, s. 19.

Taulukko 4 terästen ryhmittely luokassa 1, taulukkoa rajattu, s. 22.

Taulukko 5 testausvaatimukset, taulukkoa muokattu, s. 23.

Taulukko 6 Yhteenveto ainestodistuksista, s. 24.

Taulukko 7 Kovuuskokeissa käytettävät voimat, taulukkoa muokattu, s. 25.

Taulukko 8 Yhteenveto hitsausarvoista, s. 32.

Lähteet

1. Fortum Oyj 2017. Konserni. Fortum lyhyesti. <https://www.fortum.com/fi/konserni/fortum-lyhyesti/pages/default.aspx> Luettu 6.11.2017
2. Fortum Oyj 2017. Energiantuotanto. Tuotantokapasiteetit. <https://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/energiantuotanto/pages/default.aspx> Luettu 6.11.2017
3. DORIS, Loviisan voimalaitoksella tehtävät hitsaukset, Y-02-00025. Ei julkaistu. Luettu 2.1.2018
4. DORIS, Hitsausohjeen pätevyminen, Y-02-00031. Ei julkaistu. Luettu 4.12.2017
5. Lukkari, J. 1998. Hitsaustekniikka, perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus.
6. YVL 2.1, Säteilyturvakeskus. Ydinvoimalaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusluokitus, 26.6.2000 <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVL2-1> Luettu 26.3.2018
7. Fortum, Voimalaitoksemme/Suomi. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme> Luettu 27.3.2018
8. Fortum, Loviisan voimalaitos. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/loviisan-ydinvoimalaitos> Luettu 27.3.2018
9. Fennovoima, ydinvoimalan toiminta. <https://www.fennovoima.fi/fennovoima/ydinvoima/ydinvoimalan-toiminta> Luettu 27.3.2018
10. DORIS, EHSQ-kurssi, syksy 2017. Ei julkaistu. Luettu 28.3.2018
11. DORIS, VC-päämerivesipiiri, LO1-K852-00733 Ei julkaistu. Luettu 28.3.2018
12. DORIS, VF-sivumerivesipiiri, Yleiskuvaus, osa 4. Ei julkaistu. Luettu 28.3.2018
13. DORIS, VC-päämerivesijärjestelmä, yleiskuvaus osa 2. Ei julkaistu. Luettu 28.3.2018
14. DORIS, VA meriveden tulo- ja poistopiiri, yleiskuvaus osa 2. Ei julkaistu. Luettu 29.3.2018
15. SFS-EN ISO 15614-1:2017, Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkelseosten kaarihitsaus.
16. SFS-EN 10204, Metallituotteiden aineodistukset.

17. Matti Toikka, EN 10204 -materiaalitodistusten erot. <https://www.konwell.fi/fi/blogit/843-en-10204-materiaalitodistustyyppien-erot> Luettu 3.4.2018
18. Säteilyturvakeskus, STUK valvoo säteily- ja ydinturvallisuutta Suomessa. <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/stuk-valvoo-sateily-ja-ydinturvallisuutta-suomessa> Luettu 4.4.2018
19. YVL E.3, Säteilyturvakeskus. Ydinlaitoksen painesäiliöt ja putkistot, 15.11.2013. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-3> Luettu 4.4.2018
20. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=fi> Luettu 4.4.2018
21. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista (938/1999). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990938#Pidp451473552> Luettu 6.4.2018
22. CEN ISO/TR 15608:2017 Hitsaus. Metallisten materiaalien ryhmittely.
23. SFS-EN ISO 6507-1:2018 Metallic materials. Vickers hardness test. Part 1: Test method
24. DORIS, Loviisan voimalaitoksella tehtävät hitsaukset, MO-07-00007. Ei julkaistu. Luettu 2.1.2018
25. SFS-EN ISO 15609-1, hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa 1: kaarihitsaus
26. DORIS, Primääri- ja sekundääripiirien pääjärjestelmät. Ei julkaistu. Luettu 2.4.2018.
27. DORIS, LO1-K464-401-00308liitteet1-10, Putkiplokien KLO3LO1-464-219,-227 ja -282 korjaus. Ei julkaistu. Luettu 10.4.2018
28. DORIS, LO1-K462-00017, Merivesiputkien pinnoitus luonnonkumiin perustuvalla kovakumilla. Ei julkaistu. Luettu 12.4.2018
29. Työkoe TK53 Excel -taulukko työkokeen valvotuista arvoista. Miikka Lang, Dekra Industrial Oy.

Loviisan voimalaitos / G Aus

27.3.2018

Loviisan voimalaitos													
<input checked="" type="checkbox"/> Lo1		<input checked="" type="checkbox"/> Lo2		<input type="checkbox"/> Korjaus-työ		<input type="checkbox"/> Muutos-työluokka		<input type="checkbox"/> Muutostöiden suunnittelukokous		<input type="checkbox"/> TUKES:n valvoma työ		<input type="checkbox"/> Yksinkertaistettu QC-menettely	
Asiakirjan tiedot		Järjestelmä, KZ		Havaintoraportti		Muutosehdotus		Suunnittelun työnnumero		Projektitunnus			
		Asiakirjan nimi HITSAUKSEN MENETELMÄKOE MK51 PUTKEN Ø219 X 16 PÄITTÄISLIITOS MAG-HITSAUS 135/136								Turvallisuusluokka 3, EYT			
		Laatimisoheje Y-02-00031								Laatija/Laatijat Osaamisalue (MO-05-00010) G. Aus, Opinnäytetyöntekijä		Painelaiteluokka IV	
Asiakirjamuutokset ks. menettely-ohje MO-05-00010		FSAR	TTKE	PRA	PI-kaavio	Luokitus-asiakirja	Koulutus-tiedote	PTK-järjestelmä					
		Varaosaluettelo	Painelaitte- kirja	Varoventt- luettelo	VBL-lehti	Toiminta- kaaviot	Konetekniset piirustukset	Sähkölaite- tiedosto	Sähkötekniset piirustukset				
		K-ohjeet	Y-ohjeet	S-ohjeet	LOMAXin KZ-tiedot	Kone- kortti		Rakennustekn. piirustukset					
		Muut asiakirjamuutokset, (koodinumerot tai nimet):											
Perusteet		Vaativuuden mukaisuus											
		Ennakkotarkastusaineisto							STUK:n päätös:				
		Vastaavanlainen työ hyväksytty aiemmin aineistolla:							STUK:n päätös:				
Muutostöiden suunnittelukokous (MO-09-00028)		Nimen selvitys ja nimikirjoitus								<input type="checkbox"/> Vastaavanlainen työ		Päivämäärä	
Asiakirjan tarkastuksen laajuus (MO-05-00010)		Tarkastusalue		Nimen selvitys ja nimikirjoitus						Päivämäärä			
		Valmistuksenvalvonta		A. Järvinen									
		Mekaaninen kunnossapito		M. Riekkinen									
		Laadunvalvonta		I. Tuomi									
Laadunvarmistus (MO-08-00005)		Laadunvarmistus											
Asiakirjan hyväksynnät (MO-05-00010)		Nimen selvitys ja nimikirjoitus, Fortum Power and Heat Oy P. Kytömäki								Päivämäärä			
		Viranomainen					Päätös/ptk.nro			Päivämäärä			
Valmiin työn hyväksyntä		Nimen selvitys ja nimikirjoitus, Fortum Power and Heat Oy					Päätös/ptk.nro			Päivämäärä			
Kommentit, sisällysluettelot, yms.													

TOTEUTUKSEN KUVAUS**1 PERIAATE**

Menetelmäkokeen tarkoitus on ottaa MAG-hitsaus (135/136) käyttöön Loviisan voimalaitoksella pääsääntöisesti merivesiputkien hitsausta varten. Menetelmäkoesuunnitelma on laadittu standardin SFS-EN ISO 15614-1:2017 pohjalta ja laitoksen ohjeen Y-02-00031 mukaan.

2 KOEMATERIAALI

Koemateriaalina käytetään ST 35,8/I, standardisoitua DN250 putkea 16 mm ainevahvuudella. Koekappaleiden minimipituus on oltava 150 mm. Lisäaineet hitsattaessa ovat OK Autrod 1,0mm 12.51 sekä OK Tubrod 1,2mm 15.14, suojakaasuna käytetään MISON18 kaasua.

3 TOTEUTUS

Menetelmäkoesuunnitelma lähetetään tiedoksi Säteilyturvakeskukseen. Menetelmäkoe valvotaan ilmoitetun laitoksen toimesta. Hitsauksen suorittavat laitoksen omat hitsaajat ja koe hitsataan pienimmän ja suurimman lämmöntuonnin asennossa, jolloin saadaan pätevyys kaikille hitsausasunnoille. Koekappaleet irrotetaan ja testataan SFS-EN ISO 15614-1:2017 mukaisesti.

4 RAPORTOINTI

Koetuloksista laaditaan tulosaineisto, joka tullaan hyväksyttämään Säteilyturvakeskuksessa.

ALUSTAVA HITSAUSOHJE (pWPS)

Liitostyyppi Yhdeltä puolelta läpihitsattu päittäisliitos, BW

Tuotemuoto Putki / putki, T

Huomautukset

PERUSAINE

Merkintä	Tunnus	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomaus
A	ST 35,8/I	273 x 16	SFS-EN 10220	DN250			
B	ST 35,8/I	273 x 16	SFS-EN 10220	DN250			

LISÄAINEET

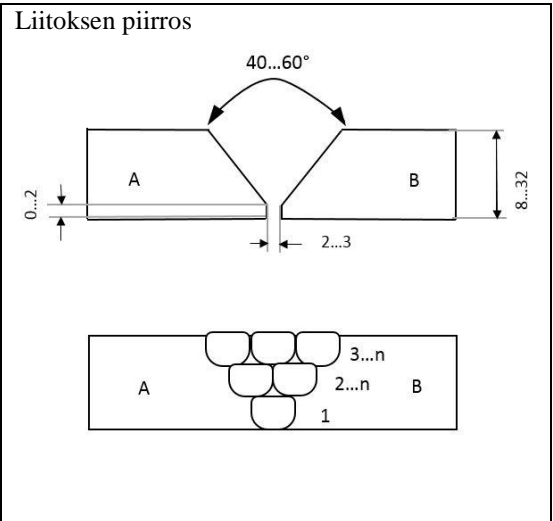
Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomaus
Lanka	OK Autrod	1,0 mm	SFS-EN ISO 14341	12.51	EN ISO 14341-A		
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2 mm	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomaus
Suojakaasu	MISON 18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			Ar + 18 % CO ₂ + 0,03 % NO
Juurikaasu	-						

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	PC, PF
Esikumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä
Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan juuripalkko MAG 135 WiseRoot+ käyttäen, muut palot täytelankaa käyttäen, monipalkkohitsauksena.


HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti	Aineen siirtyminen
1	135 WiseRoot+	1	100...125	16...18	DC+	4...6	140...200	0,42...0,9	
2...n	136	1,2	180...200	24...26	DC+	6...8	260...300	0,81...1,15	
3...n	136	1,2	200...220	24...26	DC+	6...8	240...280	0,86...1,25	

HITSAUKSEN VALVONTA JA TARKASTUKSET

Hitsausohje pWPS 51

Piirustukset

Huomautukset

HITSAUSTYÖN VALVONTA

	Ohje / vaatimus	Lisätietoja
ENNEN HITSAUSTA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Materiaalin tunnistus T-05-00005	3.1 materiaalitodistukset
<input type="checkbox"/>	Hitsaajan pätevyys Y-02-00042	Hitsaaja pätevoidään menetelmäkokeella
<input checked="" type="checkbox"/>	Hitsauseseivalmistelut T-05-00005	
<input type="checkbox"/>	Esikuumennus T-05-00005	
HITSAUKSEN AIKANA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Hitsausarvojen mittaukset T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Mittatarkastukset T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lämpötilan valvonta T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Silmämääräinen tarkastus T-05-00005	
HITSAUKSEN JÄLKEEN		
<input type="checkbox"/>	Lämpökäsittelyn valvonta T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Silmämääräinen tarkastus T-05-00006	

TARKASTUKSET

<input type="checkbox"/>	Tunkeumanestetarkastus T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettijauhetarkastus T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiografinen tarkastus T-05-00010	
<input type="checkbox"/>	Ultraäänitarkastus T-05-00012	
<input type="checkbox"/>	Muu	

HUOMAUTUKSET:**LIITTEET:**

NÄYTTEENOTTO JA KOESTUS
NÄYTTEENOTON VALVONTA

	Ohje / Vaatimus	Huomautus
<input checked="" type="checkbox"/>	Aihoiden piirustukset, merkintä ja irrotus	SFS-EN ISO 15614-1:2017
<input checked="" type="checkbox"/>	Valmiiden koeksuojien tarkastus	

KOESTUKSET

	Koelämpötila	Standardi	Lisätietoja
<input checked="" type="checkbox"/>	Vetokoe	SFS-EN ISO 4136	
<input type="checkbox"/>	Kuumavetokoe		
<input type="checkbox"/>	Juuritavuuskoe		
<input checked="" type="checkbox"/>	Pintatavuuskoe	SFS-EN ISO 5173 + A1	
<input type="checkbox"/>	Sivutavuuskoe		
<input checked="" type="checkbox"/>	Iskukoe	SFS-EN ISO 9016	
<input type="checkbox"/>	- Perusaine A		
<input type="checkbox"/>	-HAZ A		
<input type="checkbox"/>	- Hitsi		
<input type="checkbox"/>	- HAZ B		
<input type="checkbox"/>	- Perusaine B		
<input checked="" type="checkbox"/>	Metallografinen tarkastus		Makrohietutkimus
<input type="checkbox"/>	Kemiallinen analyysi		
<input checked="" type="checkbox"/>	Kovuuskoe	SFS-EN ISO 9015-1	
<input type="checkbox"/>	Raerajakorroosiokoe, pinta		
<input type="checkbox"/>	Raerajakorroosiokoe, juuri		
<input type="checkbox"/>	Ferriittipitoisuuden määrittäminen		
<input type="checkbox"/>	Juuri murtokoe		
<input type="checkbox"/>	Pinta murtokoe		
<input type="checkbox"/>	Muu		

HUOMAUTUKSET:
LIITTEET:

KOETULOSVAATIMUKSET
VETOKOE, LÄMPÖTILA = HUONEENLÄMPÖTILA, RT

	Re / Rp0.2 [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A [%]	Z [%]	Murtumiskohta	Huomautus
Vaatus	235	360 - 480	25,0			2 koesauvaa

KUUMAVETOKOE, LÄMPÖTILA

	Re / Rp0.2 [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A [%]	Z [%]	Murtumiskohta	Huomautus
Vaatus						

ISKUKOE, LÄMPÖTILA = HUONEENLÄMPÖTILA, RT

	Tunnus	Vaatus, yksittäinen arvo, KV [J]	Vaatus, keskiarvo, KV [J]	Huomautus
Perusaine A		20	27	2 sarjaa
HAZ A		A mitattu iskutkeys		
Hitsi		20	27	2 sarjaa
HAZ B		B mitattu iskutkeys		
Perusaine B		20	27	2 sarjaa

KOVUUSKOE

	Tunnus	Vaatus, yksittäinen arvo	Vaatus, keskiarvo	Huomautus
Perusaine A				
HAZ A				Max 300 HV5
Hitsi				Max 300 HV5
HAZ B				Max 300 HV5
Perusaine B				

MUUT KOKEET

	Vaatus	Lisätietoja
<input type="checkbox"/> Juuritaivutusko		
<input checked="" type="checkbox"/> Pintataivutusko		4 koesauvaa
<input type="checkbox"/> Sivutaivutusko		
<input checked="" type="checkbox"/> Metallografinen tarkastus		1 hie
<input type="checkbox"/> Kemiallinen analyysi		
<input type="checkbox"/> Raerajakorroosiokoe, pinta		
<input type="checkbox"/> Raerajakorroosiokoe, juuri		
<input type="checkbox"/> Ferriittipitoisuuden määrittäminen		
<input type="checkbox"/> Juuri murtokoe		
<input type="checkbox"/> Pinta murtokoe		
<input type="checkbox"/> Muu		

HUOMAUTUKSET:
LIITTEET:

PÄTEVYYSALUEEN MÄÄRITYS

Liitostyyppi Putki / putki

Huomautukset

PERUSAINE

Merkintä	Tuotemuoto	Pätevöidyt perusaineyhdistelmät					
A	T	1.1					
B	T	1.1					

LISÄAINEET

Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Lanka	OK Autrod	1,0	SFS-EN ISO 14341	12.51	EN ISO 14341-A		
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Suojakaasu	MISON 18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			
Juurikaasu	-						

HITSAUSASENTO

Standardi	Hitsausasento
SFS-EN ISO 6947	Kaikki

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	Kaikki
Esikuumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä
Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan juuripalko MAG WiseRoot+ (135) ja loput palot täytelangalla (136), monipalkohitsauksena. Pätevyysalue: Paksuus: 8 – 32 mm Halkaisija: ≥136,5 mm

HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti	Aineen siirtyminen
1	135 WiseRoot+	1,0	100...125	16...18	DC+	4...6	140...200	0,42...0,9	
2...n	136	1,2	180...200	24...26	DC+	6...8	260...300	0,81...1,15	
3...n	136	1,2	200...220	24...26	DC+	6...8	240...280	0,86...1,25	

YHTEENVETO HITSAUSTIEDOISTA

Liitostyyppi	Yhdeltä puolelta läpihitsattu päittäisliitos, BW
Tuotemuoto	Putki / Putki, T
Huomautukset	

PERUSAINE

Merkintä	Tunnus	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
A	ST 35,8/I	273 x 16	SFS-EN 10220	DN250			
B	ST 35,8/I	273 x 16	SFS-EN 10220	DN250			

LISÄAINEET

Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Lanka	OK Autrod	1,0 mm	SFS-EN ISO 14341	12.51	EN ISO 14341-A		
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2 mm	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

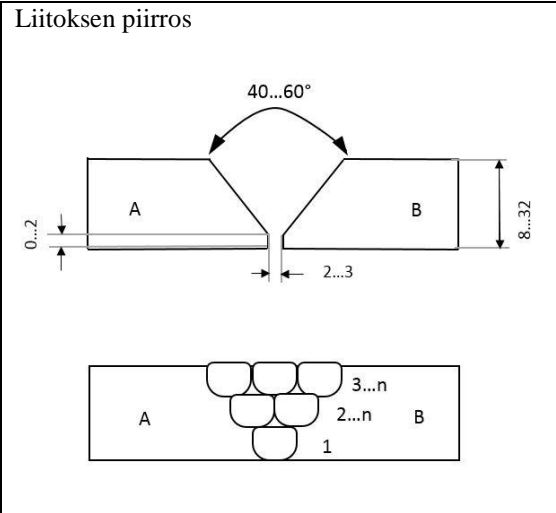
KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Suojakaasu	MISON18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			Ar + 18 % CO ₂ + 0,03 % NO
Juurikaasu							

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	PC, PF
Esikumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä

Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan juuripalkko MAG 135 WiseRoot+ käyttäen, muut palot täytelankaa käyttäen, monipalkohitsauksena.
--------------------------	--


HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti	Aineen siirtyminen
1	135 WiseRoot+	1,0	125...155	14...16	DC+	4...6	140...200	0,42...0,9	
2...n	136	1,2	210...240	24...26	DC+	8...10	260...300	0,81...1,15	
3...n	136	1,2	210...240	24...26	DC+	8...10	240...280	0,86...1,25	

Loviisan voimalaitos													
<input checked="" type="checkbox"/> Lo1		<input checked="" type="checkbox"/> Lo2		<input type="checkbox"/> Korjaus-työ		<input type="checkbox"/> Muutos-työluokka		<input type="checkbox"/> Muutostöiden suunnittelukokous		<input type="checkbox"/> TUKES:n valvoma työ		<input type="checkbox"/> Yksinkertaistettu QC-menettely	
Asiakirjan tiedot		Järjestelmä, KZ		Havaintoraportti		Muutosehdotus		Suunnittelun työnumero		Projektitunnus			
		Asiakirjan nimi HITSAUKSEN TYÖKOE TK 53 PUTKEN Ø406,4 X 8,8 PIENALIITOS MAG-HITSAUS 136								Turvallisuusluokka 3, EYT			
		Laatimisohe Y-02-00031								Laatija/Laatijat Osaamisalue (MO-05-00010) G. Aus, Opinnäytetyöntekijä		Painelaiteluokka IV	
Asiakirjamuutokset ks. menettely-ohje MO-05-00010		FSAR	TTKE	PRA	PI-kaavio	Luokitus-asiakirja	Koulutus-tiedote	PTK-järjestelmä	Muut asiakirjamuutokset, (koodinumerot tai nimet):				
		Varaosa-luettelo	Painelaitte-kirja	Varoventt.-luettelo	VBL-lehti	Toiminta-kaaviot	Konetekniset piirustukset	Sähkölaitte-tiedosto					Sähkötöknniset piirustukset
Perusteet		K-ohjeet		Y-ohjeet		S-ohjeet		LOMAXin KZ-tiedot		Kone-kortti		Rakennustekn. piirustukset	
		Vaativuuden mukaisuus								STUK:n päätös:			
		Ennakkotarkastusaineisto								STUK:n päätös:			
Muutostöiden suunnittelukokous (MO-09-00028)		Vastaavanlainen työ hyväksytty aiemmin aineistolla:								STUK:n päätös:		Päivämäärä	
		Nimen selvennys ja nimikirjoitus								<input type="checkbox"/> Vastaavanlainen työ		Päivämäärä	
Asiakirjan tarkastuksen laajuus (MO-05-00010)		Tarkastusalue		Nimen selvennys ja nimikirjoitus								Päivämäärä	
		Valmistuksenvalvoja		A. Järvinen									
		Mekaaninen kunnossapito		M. Riekkinen									
		Laadunvalvonta		I. Tuomi									
Laadunvarmistus (MO-08-00005)		Laadunvarmistus											
Asiakirjan hyväksynnät (MO-05-00010)		Nimen selvennys ja nimikirjoitus, Fortum Power and Heat Oy P. Kytömäki								Päivämäärä			
		Viranomaisen				Päätös/ptk.nro				Päivämäärä			
Valmiin työn hyväksyntä		Nimen selvennys ja nimikirjoitus, Fortum Power and Heat Oy				Päätös/ptk.nro				Päivämäärä			
Kommentit, sisällysluettelot, yms.													

TOTEUTUKSEN KUVAUS**1 PERIAATE**

Esituotannollisen hitsauskokeen ts. työkokeen tarkoitus on ottaa MAG-hitsaus käyttöön Loviisan voimalaitoksella pääsääntöisesti merivesiputkien hitsausta varten. Työkoesuunnitelma on laadittu ohjeen Y-02-00031 pohjalta ja menetelmäkoesuunnitelman 51 avulla. Työkoe jäljittelee tuotantohitsausta ja testataan menetelmäkokeen laajuisena.

2 KOEMATERIAALI

Koemateriaalina käytetään P235GH, standardisoitua DN400 8,8 mm ainevahvuista putkea ja 490x30 (reikä Ø411) laippaa. Lisäainelanka hitsattaessa on OK Tubrod 1,2 mm 15.14, suojakaasuna käytetään MISON18.

3 TOTEUTUS

Työkoesuunnitelma lähetetään tiedoksi Säteilyturvakeskukseen. Työkoe valvotaan ilmoitetun laitoksen toimesta. Hitsauksen suorittavat laitoksen omat hitsaajat. Koekappaleet irrotetaan ja testataan SFS-EN ISO 15614-1:2017 mukaisesti.

4 RAPORTOINTI

Koetuloksista laaditaan tulosaineisto, joka tullaan hyväksyttämään Säteilyturvakeskuksessa.

ALUSTAVA HITSAUSOHJE (pWPS)

Liitostyyppi	Pienaliitos
Tuotemuoto	Levy(laippa) / putki
Huomautukset	

PERUSAINE

Merkintä	Tunnus	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
A	P235GH	406,4 x 8,8	SFS-EN 10220	DN400			
B	P265GH	490 x 30	SFS-EN 1092-1 + A1				Reikä Ø411

LISÄAINEET

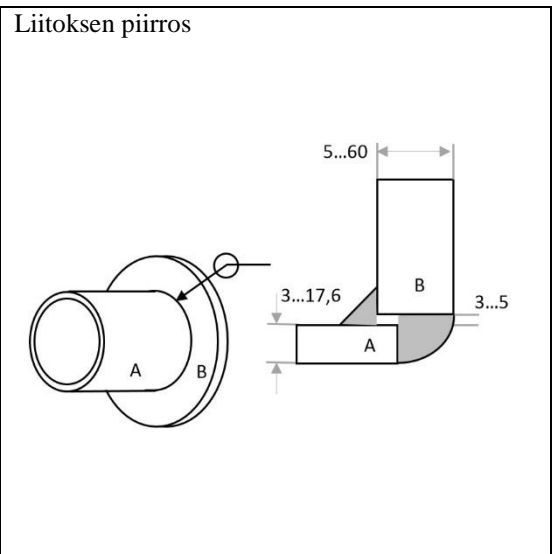
Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2 mm	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Suojakaasu	MISON 18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			Ar + 18 % CO ₂ + 0,03 % NO
Juurikaasu	-						

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	PF
Esikumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä
Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan molemmiin puolin monipalkohitsauksena. Hitsin a-mitta ei rajoitettu.


HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti	Aineen siirtyminen
1...n	136	1,2	180...220	24...26	DC+	6...8	180...220	1,05...1,38	

HITSAUKSEN VALVONTA JA TARKASTUKSET

Hitsausohje pWPS 53

Piirustukset

Huomautukset

HITSAUSTYÖN VALVONTA

	Ohje / vaatimus	Lisätietoja
ENNEN HITSAUSTA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Materiaalin tunnistus T-05-00005	3.1 materiaalitodistukset
<input type="checkbox"/>	Hitsaajan pätevyys Y-02-00042	Hitsaaja pätevoidään työkokeen yhteydessä
<input checked="" type="checkbox"/>	Hitsausesivalmistelut T-05-00005	
<input type="checkbox"/>	Esikuumennus T-05-00005	
HITSAUKSEN AIKANA		
<input checked="" type="checkbox"/>	Hitsausarvojen mittaukset T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Mittatarkastukset T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lämpötilan valvonta T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Silmämääräinen tarkastus T-05-00005	
HITSAUKSEN JÄLKEEN		
<input type="checkbox"/>	Lämpökäsittelyn valvonta T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Silmämääräinen tarkastus T-05-00006	

TARKASTUKSET

<input type="checkbox"/>	Tunkeumanestetarkastus T-05-00005	
<input checked="" type="checkbox"/>	Magneettijauh tarkastus T-05-00005	
<input type="checkbox"/>	Radiografinen tarkastus T-05-00010	
<input type="checkbox"/>	Ultraäänitarkastus T-05-00012	
<input type="checkbox"/>	Muu	

HUOMAUTUKSET:**LIITTEET:**

NÄYTTEENOTTO JA KOESTUS
NÄYTTEENOTON VALVONTA

	Ohje / Vaatimus	Huomautus
<input checked="" type="checkbox"/>	Aihoiden piirustukset, merkintä ja irrotus	
<input checked="" type="checkbox"/>	Valmiiden koesauvojen tarkastus	

KOESTUKSET

	Koelämpötila	Standardi	Lisätietoja
<input type="checkbox"/>	Vetokoe	SFS-EN ISO 4136	
<input type="checkbox"/>	Kuumavetokoe		
<input type="checkbox"/>	Juuritavutusko		
<input type="checkbox"/>	Pintatavutusko	SFS-EN ISO 5173 + A1	
<input type="checkbox"/>	Sivutavutusko		
<input type="checkbox"/>	Iskukoe	SFS-EN ISO 9016	
<input type="checkbox"/>	- Perusaine A		
<input type="checkbox"/>	-HAZ A		
<input type="checkbox"/>	- Hitsi		
<input type="checkbox"/>	- HAZ B		
<input type="checkbox"/>	- Perusaine B		
<input checked="" type="checkbox"/>	Metallografinen tarkastus	SFS-EN ISO 17639	Makrohie
<input type="checkbox"/>	Kemiallinen analyysi		
<input checked="" type="checkbox"/>	Kovuuskoe	SFS-EN ISO 9015-1	
<input type="checkbox"/>	Raerajakorroosiokoe, pinta		
<input type="checkbox"/>	Raerajakorroosiokoe, juuri		
<input type="checkbox"/>	Ferriittipitoisuuden määrittäminen		
<input type="checkbox"/>	Juuri murtokoe		
<input type="checkbox"/>	Pinta murtokoe		
<input type="checkbox"/>	Muu		

HUOMAUTUKSET:
LIITTEET:

KOETULOSVAATIMUKSET
VETOKOE, LÄMPÖTILA

	Re / Rp0.2 [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A [%]	Z [%]	Murtumiskohta	Huomautus
Vaatus						

KUUMAVETOKOE, LÄMPÖTILA

	Re / Rp0.2 [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A [%]	Z [%]	Murtumiskohta	Huomautus
Vaatus						

ISKUKOE, LÄMPÖTILA

	Tunnus	Vaatus, yksittäinen arvo	Vaatus, keskiarvo	Huomautus
Perusaine A				
HAZ A				
Hitsi				
HAZ B				
Perusaine B				

KOVUUSKOE

	Tunnus	Vaatus, yksittäinen arvo	Vaatus, keskiarvo	Huomautus
Perusaine A				
HAZ A				Max 300 HV5
Hitsi				Max 300 HV5
HAZ B				Max 300 HV5
Perusaine B				

MUUT KOKKEET

	Vaatus	Lisätietoja
<input type="checkbox"/> Juuritaivutusko		
<input type="checkbox"/> Pintataivutusko		
<input type="checkbox"/> Sivutaivutusko		
<input checked="" type="checkbox"/> Metallografinen tarkastus		
<input type="checkbox"/> Kemiallinen analyysi		
<input type="checkbox"/> Raerajakorroosiokoe, pinta		
<input type="checkbox"/> Raerajakorroosiokoe, juuri		
<input type="checkbox"/> Ferriittipitoisuuden määrittäminen		
<input type="checkbox"/> Juuri murtokoe		
<input type="checkbox"/> Pinta murtokoe		
<input type="checkbox"/> Muu		

HUOMAUTUKSET:
LIITTEET:

PÄTEVYYSALUEEN MÄÄRITYS

Liitostyyppi Putki/laippa

Huomautukset

PERUSAINE

Merkintä	Tuotemuoto	Pätevöidyt perusaineyhdistelmät					
A	T+P	1.1					
B	T+P	1.1					

LISÄAINEET

Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomautus
Suojakaasu	MISON 18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			
Juurikaasu	-						

HITSAUSASENTO

Standardi	Hitsausasento
SFS-EN ISO 6947	PA, PB, PF

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	Kaikki
Esikuumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä
Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan 1,2 mm MAG täytelangalla (136) monipalkohitsauksena. Pätevyysalue: Putken (A) paksuus: 3 – 17,6 mm Putken (A) halkaisija: ≥ 203,2 mm Laipan (B) paksuus: ≥ 5 mm

HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmöntuonti	Aineen siirtyminen
1...n	136	1,2	180...220	24...26	DC+	6...8	180...220	1,05...1,38	

YHTEENVETO HITSAUSTIEDOISTA

Liitostyyppi	Pienaliitos
Tuotemuoto	Levy(laippa) / Putki
Huomautukset	

PERUSAINE

Merkintä	Tunnus	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomaus
A	P235GH	406 x 8,8	SFS-EN 10220	DN400			
B	P265GH	490 x 30	SFS-EN 1092-1 + A1				Reikä Ø411

LISÄAINEET

Tyyppi	Tuotenimi	Koko	Standardi	Luokitukset			Huomaus
Lanka (täyte)	OK Tubrod	1,2 mm	SFS-EN ISO 17632	15.14	EN ISO 17632-A		

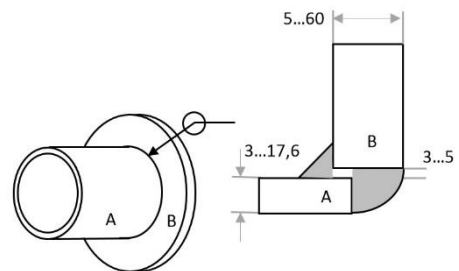
KAASUT

Tyyppi	Tuotenimi	Virtausmäärä	Standardi	Luokitukset			Huomaus
Suojakaasu	MISON18	15-20 l/min	SFS-EN ISO 14175	ISO 14175-Z			Ar + 18 % CO ₂ + 0,03 % NO
Juurikaasu							

SUORITUSTEKNIikka

Koekappaleiden piirustukset	
Hitsausasento	PF
Esikumennus	Ei käytetä
Välipalkolämpötila	≤ 250 °C
Jälkilämpökäsittely	Ei käytetä
Suoritustekniikan kuvaus	Hitsataan molemmiin puolin monipalkohitsauksena. Hitsin a-mitta ei rajoitettu.

Liitoksen piirros


HITSAUSARVOT

Alue	Hitsausprosessi	Lisäaine Ø [mm]	Virta [A]	Jännite [V]	Virtalaji/ Napaisuus	Langan syöttönopeus	Hitsausnopeus	Lämmön tuonti	Aineen siirtyminen
1...n	136	1,2	180...220	24...26	DC+	8...10	180...220	1,05...1,38	