

Teollisuuden Voima Oyj
Olkiluoto
27160 Eurajoki

21. 07. 2009

G3233/9, 12.7.2005
G3233/87, 27.3.2008
3-2/JEC/136, 30.1.2009

OL3 - pääkiertoputkiston raekokopoikkeamat

Säteilyturvakeskus (STUK) on käsitellyt Teollisuuden Voima Oy:n kirjeen 3-2/JEC/136, 30.1.2009 liiteasiakirjalla toimitettuja selvityksiä, jotka koskevat pääkiertoputkiston takeissa havaittujen raekokopoikkeamien hyväksyttävyyttä. Selvitykset on toimitettu vastineena STUKin 27.3.2008 antamaan selvityspyyntöön G3233/87, jossa on pyydetty perusteluja raekokopoikkeamien merkityksestä ultraäänitarkastettavuuden kannalta. Näiden perustelujen toimittaminen on nähty tarpeelliseksi ennen taakohtaisen poikkeamaraporttien hyväksymiskäsittelyä.

STUK hyväksyy asiakirjassa 3-2/JEC/136 esitetyt perustelut seuraavalla huomautuksella:

1. Pääkiertoputkiston hitsien määräaikaistarkastusten päteväinnissä tulee tehdä kattavat ultraäänien vaimenemismittaukset, joilla varmistetaan koekappaleiden ja takeiden perusaineiden materiaaliominaisuuksien vastaavuus ja koekappaleiden edustavuus.

Määräaikaistarkastettavuuden osalta STUK esittää lopullisen kannanottonsa vasta päteväintiasiakirjojen käsittelyn yhteydessä.

Samaan asiakokonaisuuteen liittyvä päätöskirjeen G3233/9 huomautus 4 tulee selvittää ennen esivalmisteiden toimittamista laitospaikalle.

Takeiden raekokoon liittyvät yksittäiset poikkeamaraportit käsitellään erikseen.

G3233/139

Hyväksytty asiakirja palautetaan oheisena STUKin hyväksymismerkin-
nön

Johtajan sijainen,
ryhmäpäällikkö


Petteri Tiippana

Ryhmäpäällikkö


Martti Vilpas

Liitteet

Hyväksytty asiakirja 3-2/JEC/139, esittelymuistio 21.7.2009

Tiedoksi

A, LR, MIJ, PT, MaO, HA, JHi, SM, OV, RK, MV / OK LV
J. Sillanpää / Inspecta Sertifiointi Oy (kirje ja esittelymuistio)


MV

OL3 - pääkiertoputkiston raekokopoikkeamat

Yleistä

TVO on toimittanut kirjeellä 3-2/JEC/136 (30.1.2009) selvityksen koskien OL3-laitosyksikön pääkiertoputkiston takeiden raekokopoikkeamia. Selvitys on vastine STUKin 27.3.2008 toimittamaan selvityspyyntöön G3233/87, joka annettiin ensimmäisten raekokoa koskevien poikkeamaraporttien arvioinnin yhteydessä. Tuolloin ei nähty perustelluksi ryhtyä käsittelemään kutakin poikkeamaraporttia erikseen, vaan edellytettiin TVO:lta ja laitostoimittajalta ensin asiaan liittyvää kokonaisselvitystä. Selvityspyyntö oli tekstimuodoltaan seuraava:

Säteilyturvakeskus on käsitellyt Teollisuuden Voima Oy:n kirjeillä 3-2/JEC/73, 3-2/JEC/76 ja 3-2/JEC/84 hyväksyttäväksi toimitettuja pääkiertoputkiston takeiden vaatimukset ylittävää raekokoa koskevia poikkeamaraportteja.

Käsittelyn jatkamiseksi Säteilyturvakeskus pyytää Teollisuuden Voima Oy:ltä selvitystä tiedossa olevista poikkeamista ja näiden vaikutuksesta takeiden ultraäänitarkastettavuuteen. Selvityksessä tulee esittää yhteenvedo eri tarkastustekniikoiden tai menettelytapojen käytöstä taakohtaisesti. Mikäli raekoosta joutuvia eroja tarkastustekniikassa eri takeiden välillä esiintyy, on niitä arvioitava. Selvitystä tulee täydentää myöhemmin kun kaikki takeet on tarkastettu.

Vastine selvityspyyntöön on toimitettu 30.1.2009. Sen käsittely on odottanut pääkiertoputkiston esivalmistehitsauksessa keväällä ilmenneiden säröilyongelmien ratkaisemista. Kun mikrosäröjen syyt on nyt STUKin käsityksen mukaan riittävästi selvitetty (päätös 1/G43JEC/2009, 11.6.2009), voidaan takeiden raekokopoikkeama-asia nyt käsitellä.

Vastine 3-2/JEC/136 käsittää seuraavat asiakirjat:

Hyväksyttäväksi

1. TVOn selvitys OL3-0000828190, versio 1: ”Pääkiertoputkien takeiden poikkeamat raekokovaatimuksen suhteen”
2. Laitostoimittajan raportti NO-F 08.00276, rev. A: ”Acceptability of main coolant lines with grain size deviations”.

Tiedoksi

3. VTT:n tutkimusraportti VTT-S-06091-07: ”Grain size in forging”, 28.9.2007.

Pääkiertoputkiston raekokoa koskevia poikkeamaraportteja on toimitettu mm. kirjeillä 3-2/JEC/73, 3-2/JEC/76, 3-2/JEC/84, 3-2/JEC/87, 3-2/JEC/110, 3-2/JEC/123, 3-2/JEC/130 ja 3-2/JEC/145. Lisäksi käsiteltävänä on paineistimen yhdyslinjaa koskeva poikkeama (kirje 3-2/JEC/148). Näistä annetaan erilliset päätökset nyt käsiteltävän teknisen yhteenvedoselvityksen yhteydessä. Muitakin vastaavia poikkeamaraportteja saatetaan olla käsittelyssä tai tulla jatkossa, joista annetaan päätökset erikseen.

16.7.2009

Asiatarkastus

Hyväksyttäväksi toimitetut asiakirjat 1 ja 2

TVO:n ja laitostoimittajan raporteissa (1 ja 2) esitetään arvio hyväksymisrajaa karkeamman raekoon vaikutuksista takeiden mekaanisiin ja korroosio-ominaisuuksiin sekä ultraäänitarkastettavuuteen (UT). Raportissa viitataan VTT:ltä tilattuun selvitykseen, joka on toimitettu tiedoksi (asiakirja 3). Todetaan, että VTT:n tutkimusselostuksen valmistuessa syyskuussa 2007 käytettävissä ei ole ollut takeiden mekaanisten testausten ja UT-tarkastusten virallisia tuloksia.

Selvitysten mukaan raekokopoikkeamilla ei ole havaittu olevan vaikutusta mekaanisiin ominaisuuksiin, korroosionkestävyyteen eikä valmistettavuuteen (hitsattavuuteen). Myös vaikutusta UT-tarkastettavuuteen pidetään vähäisenä. Kuuma- ja kylmähaaran isojen takeiden valmistuksen aikaiset UT-testaukset on tehty 1 MHz:n normaali- ja kulmaluotaimilla manuaalisesti. Kuumahaaran käyrän UT-testauksia on tehty myös 2 MHz:n taajuudella. Testauksissa on huomioitu siirtymäkorjaus EN 583-2 mukaisesti, joka huomioi mahdolliset vaimennuksen vaihtelut myös kehällä. Laitostoimittajan mukaan UT-testauksessa ei ole ilmennyt ongelmia, ja myös TVOn näkemyksen mukaan testaus on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti. Näillä perusteilla pääkiertoputkiston takeet ovat TVOn arvion mukaan hyväksyttävissä, vaikka niihin jääkin poikkeama RCC-M M3321:ssa esitetyn raekokovaatimuksen ($G > 1$) suhteen.

Laitostoimittajan raportissa (nro 2) esitetään lisäksi yhteenveto raekokopoikkeamista raportin kirjoitusajankohtana. Tämän ja em. kirjeillä toimitettujen yksittäisten poikkeamaraporttien perusteella olen koonnut liitteen 1 mukaisen yhteenvedon. Vaatimusta $G > 1$ karkeampi raekoko on tyypillisesti luokkaa $G = 0-1$. Tätä suurempia raekokoja ei ole STUKille tähän mennessä toimitetuissa poikkeamissa todettu.

TVOn ja laitostoimittajan perusteluissa otetaan lyhyesti kantaa myös määräaikaistarkastuksiin, jossa tullaan käyttämään mekanisoitua vaiheistettua UT-tekniikkaa. Tarkastus tehdään 1.5 MHz kahden kiteen ja 8 elementin pitkittäisaaltoluotaimella. Tarkastuksessa hyödynnetään sekä pitkittäis- että poikittaisaaltokomponenttia. VTT:n mukaan (asiakirja nro 3) vaiheistettu tarkastustekniikka voi parantaa tarkastettavuutta jossakin määrin, mutta se ei kuitenkaan muuta UT-testauksen fysikaalisia perusrajoituksia kuten ultraäänien vaimenemista liian karkean tai paikallisesti epähomogeenisen raekoon seurauksena. STUKin käyttämän asiantuntijan arvion mukaan perusaine ei pitäisi aiheuttaa vaikeuksia määräaikaistarkastuksessa, jos ne tehdään enintään 2 MHz pitkittäisaaltoluotaimella.

Perus- ja määräaikaistarkastusten arvioidaan etenevän tähänastisten kokemusten nojalla ilman ongelmia. Määräaikaistarkastusten YVL 3.8:n edellyttämät avoimet ja sokkoko-keet on jo tehty, ja niihin liittyvät tarkastustulokset todetaan erinomaisiksi. Aiotun määräaikaistarkastustekniikan soveltuvuus arvioidaan lopullisesti, kun käytettyjä koekappaleita voidaan verrata lopputuotteeseen. Tarkastustekniikan suorituskyky tulee kuitenkin pystyä osoittamaan erikseen teknisessä perustelussa, jonka arvioi riippumaton päteväntielin.

16.7.2009

VTT:n tutkimusraportti

VTT:n tiedoksi toimitetussa tutkimusraportissa (asiakirja 3) esitetään yhteenveto taonnassa tapahtuvista raekokomuutoksista ja niiden vaikutuksista mekaanisiin ominaisuuksiin. Raportissa arvioidaan kattavasti myös UT-tarkastettavuutta.

Taontaan liittyvässä tarkastelussa todetaan, että raekokomuutoksiin vaikuttaa taonnan yhteydessä tapahtuva dynaaminen rekristallisaatio sekä välihehkutusten aikana tapahtuva staattinen rekristallisaatio. Raportin mukaan raerakenne tulee dynaamisen rekristallisoitumisen jälkeen homogeenisemmaksi kuin staattisessa rekristallisoitumisessa. Uuteen taontajärjestykseen kuuluu vähemmän hehkutuksia alemmissa lämpötiloissa, erityisesti taontaprosessin loppuvaiheessa, mikä johtaa pienempään keskimääräiseen raekokoon. Tällöin tae saattaa kuitenkin sisältää paikallisesti staattisen rekristallisoitumisen kasvattamia suuria rakeita. Karkea raekoko heikentää jonkin verran lujuutta, mutta ei vielä merkittävästi, kunhan raekoko pysyy hienompana kuin $G = -3$. Mekaaniset ominaisuudet onkin todettu testauksessa vaatimustenmukaisiksi. Raekoon vaikutus korroosionkestävyyteen ja hitsattavuuteen nähdään vähäisiksi. Hitsauksen muutosvyöhykkeellä ei tapahdu merkittävästi lisää rakeenkasvua, kun perusaineen lähtöraekoko on jo valmiiksi karkeahko.

Tutkimusraportin mukaan paksujen karkearakeisten austeniittisten takeiden UT-tarkastettavuus on yleensä varsin rajoitettu, mikä johtuu voimakkaasta ultraääni-aaltojen vaimenemisesta. Pientämällä aineenpaksuutta ja käyttämällä matalampaa ultraäänien taajuutta (< 2 MHz) tilannetta voidaan jossakin määrin parantaa. Tarkastettavuus voi silti jäädä kyseenalaiseksi erityisesti sellaisessa tapauksessa, jossa raerakenne sisältää poikkeuksellisen suuria rakeita muiden suurten rakeiden joukossa. Siksi on välttämätöntä arvioida tarkastettavuus edustavilla koekappaleilla tehtävillä käytännön mittauksilla. Koekappaleiden vertailuheijastajien avulla voidaan arvioida saavutettavaa tarkastusten herkkyyttä.

VTT:n laatima teorialähtöinen tarkastelu vaikuttaa asiantuntevalta. Perusfysiikasta ja ääniteoriasta johdettu tarkastelu on ollut ultraäänitekniikan käsikirjoista tunnettua jo vuosikymmeniä. Nämä fysikaaliset perustelut tulevat säilymään pätevöinnin teknisten perusteluiden osana. Raportin mukaan tarkastettavuus on teorian perusteella kyseenalainen ja edellyttää käytännön kokeita koekappaleilla. Sekä teknisten perusteluiden että käytännön kokeiden tulosten tulee pätevöinnissä tukea toisiaan. Näitä seikkoja tul- laan arvioimaan määräaikaistarkastusten pätevöintikäsittelyn yhteydessä. Hitsattujen esivalmisteputkien tarkastusten osalta tämäntyyppistä selvitystä on edellytetty jo 12.7.2005 annetun päätöksen G3233/9 huomautuksessa 4.

Arviointi

TVOn ja laitostoimittajan raporttien perusteella putkitakeiden valmistukseen liittyvissä UT-testauksissa ei ole todettu tarkastettavuutta olennaisesti rajoittavia tekijöitä. STU-Kin ja konsultoivan tarkastuslaitoksen asiantuntijat ovat seuranneet paikan päällä takeiden HL-6...8 ja CL -5 UT-testauksia. Näiden takeiden valmistukseen liittyvät tarkastukset on todettu sujuneen asianmukaisesti.

16.7.2009

Toisaalta näitä testejä ennen laadittu VTT:n tutkimusraportti ottaa tarkastettavuuteen varovaisemman kannan. Se perustuu ultraäänen etenemisen teoreettiseen tarkasteluun ja perusfysiikkaan, joka on ollut tunnettua tietoa jo vuosikymmeniä. Ultraäänen vaimeneminen raekokoon liittyvien tekijöiden vuoksi voi estää ko. alueella mahdollisesti olevan vian havaitsemisen. Aineenpaksuuden pienenemisen edullinen vaikutus tarkastettavuuteen tulee tutkimusraportissa esille verrattaessa suuria 170-210 mm aineenpaksuuksia ja pääkiertoputkiston nimellispaksuutta 76 mm. Tutkimusraportin tekohetkellä ei ole kuitenkaan voitu esittää tarkempaa arviota, kuinka merkittävä tekijä aineenpaksuus on ko. tapauksessa.

Valmistustarkastuksia koskeva tilanne on varsin analoginen määräaikaistarkastusten kanssa, joissa sekä teknisten perusteluiden että käytännön kokeiden tulosten tulee pätevöinnissä tukea toisiaan, jotta vältetään sattuman vaikutus tuloksiin. Toisin sanoen myös hyvät käytännön kokeiden tulokset tulee perustella. On periaatteessa mahdollista, että AREVAN tekemien siirtokorjausmittausten otanta saattaa olla tilastollisesti liian vähäinen. TVOlta puhelimitse 20.7.2009 saamamme tiedon mukaan siirtymiskorjaukset tehdään 90° kulmaväleihin ja 0.5 m pituusväleihin, mikä vaikuttaa hyvin kohtuulliselta.

Kuten edellä todettiin, pääkiertoputkiston hitsattujen esivalmisteiden osalta on esitetty päätös G3233/9, jonka huomautus 4 tulee huomioida ennen esivalmisteiden toimittamista.¹ Tämä jo 4 vuotta sitten esitetyn huomautuksen hoitaminen on viimeistään nyt ajankohtaista, mikä on hyvä esittää *muistutuksena* tässä päätöskirjeessä.

Tarkastettavuutta määräaikaistarkastuksissa koskevat edellä käsitellyt VTT:n tutkimusraportin yhteydessä mainitut tekijät. Raportissa esitetyt asiat tulevat ajankohtaisiksi pätevöinnin teknisessä perustelussa. TVOn ja laitostoimittaja mukaan määräaikaistarkastuksissa ei ole kuitenkaan odotettavissa vaikeuksia. STUKin valmistustarkastuksissa käyttämän asiantuntijan mukaan takeiden UT-testauksen yhteydessä havaittu vaimeneminen on ollut hiukan VTT:n raportissa esitettyjä lukuarvoja pienempää. Vaihtelua näyttää tosin olevan jonkin verran eri alueiden kesken, mutta takeen aineenpaksuudella näistä luvuista ei kuitenkaan tule kovin montaa desibeliä.

Luotettavan tarkastusvarmuuden saavuttamiseksi on tärkeää, että määräaikaistarkastusten pätevöinnissä käytettävät koekappaleet ovat ko. takeiden suhteen mahdollisimman edustavaa materiaalia. Määräaikaistarkastusten pätevöinnit puuttuvat kuitenkin toistaiseksi, joten tarkastettavuuteen on liian aikaista esittää tarkempaa STUKin kannanottoa. Esitän määräaikaistarkastuksiin liittyen tässä vaiheessa *huomautusta 1* päätöskirjeeseen.

¹ G3233/9, huomautus 4: *Teollisuuden Voima Oy:n tulee kirjallisuuteen ja pääkiertoputkiston hitsattujen esivalmisteiden ultraäänitestausraportteihin perustuen laatia selvitys esivalmisteiden testaukseen valitun ultraäänitekniikan soveltuvuudesta. Selvityksessä tulee perustella pääkiertopiirin putkiston ultraäänitestattavuus sekä Break Preclusion -periaatteeseen liittyvien tarkastusvaatimusten toteutuminen. Selvitys tulee toimittaa Säteilyturvakeskuksen hyväksyttäväksi ennen esivalmisteiden toimittamista.*

16.7.2009

Oikeudelliset perusteet

YVL 3.0, kohta 4.1, YVL 3.8, YVL 3.9

Päätösesitys

STUK hyväksyy asiakirjassa 3-2/JEC/136 esitetyt perustelut seuraavalla huomautuksella:

1. Pääkiertoputkiston hitsien määräaikaistarkastusten päteväinnissä tulee tehdä kattavat ultraäänen vaimenemismittaukset, joilla varmistetaan koekappaleiden ja takeiden perusaineiden materiaaliominaisuuksien vastaavuus ja koekappaleiden edustavuus.

Määräaikaistarkastettavuuden osalta STUK esittää lopullisen kannanottonsa vasta päteväintiasiakirjojen käsittelyn yhteydessä.

Samaan asiakokonaisuuteen liittyvä päätöskirjeen G3233/9 huomautus 4 tulee selvittää ennen esivalmisteiden toimittamista laitospaikalle.

Takeiden raekokoon liittyvät yksittäiset poikkeamaraportit käsitellään erikseen.

Kuuleminen

TVO:ta on kuultu 20-21.7.2009. Saadun palautteen mukaan TVOlla ei ole huomautettavaa päätöskirjeeseen.

Martti Vilpas

16.7.2009

LIITE 1

Taulukko 1. Yhteenveto hyväksymiskäsittelyyn toimitetuista pääkiertoputkiston takeiden raekoko-poikkeamista (taulukko ei sisällä välttämättä kaikkia NCR-asiakirjoja). STUK antaa poikkeamien hyväksymisestä erillisen päätöksen.

TVOn asiakirja	STUKn Dno	NCR	Tae	Poikkeaman kuvaus
3-2/JEC/73	G3233/77	1798 07/14207	Hot Leg 5 HL-P-5	Raekoko alaosassa ja yhdealueella G= 1 ja yläosassa G= 0/1
3-2/JEC/76	G3233/78	1879 07/14210	Yhdeaihio ø 200 emota- keen sisältä	Raekoko alaosassa G= 1
3-2/JEC/84	G3233/85	1900 07/14213	Hot Leg 6 H-L-P6	Takeen alaosassa G= 1/2, yläosassa G= 0/1 ja yhdealueella 1
3-2/JEC/84	G3233/85	2021 08/14202	Cold Leg 5 CL-5	Takeen yläosassa raekoko G= 1 ja yhdealueella G= 0/1
3-2/JEC/87	G3233/90	2058 08/14205	Hot leg 8 H-L-P8	Takeen ylä- ja alaosan sekä yhdealueen raekoko G=1
3-2/JEC/110	G3233/113	2099 08/14206	Hot Leg 7 H-L-P7	Takeen ylä- ja alaosan sekä yhdealueiden raekoko G=1
3-2/JEC/130	G3233/133	2292 08/14212	Hot Leg Bend 50° HL-E-1	Takeen yläosan raekoko G=1
3-2/JEC/123	G3233/125	2313 08/14213	Cold leg 6 CL-6	Takeen alaosan raekoko G=1
3-2/JEC/145	G3233/147	2566 09/14203	Crossover leg COL-PP-11	Takeen yläosan raekoko G=1
3-2/JEC/148	G3233/152	2624 09/14100	Paineistimen yhdyslinja, sulatus T7761, positio 3.1	Raekoko 4-5, yksittäisiä rakeita G=1