



Working Report 2014-24

**Metallographic Studies of
Electron Beam Welded Copper Lid:
Macroscopic Studies and Hardness Measurements
of the Cross-Section of XK049 at 323deg**

Taru Karhula

June 2014

POSIVA OY

Olkiluoto

FI-27160 EURAJOKI, FINLAND

Phone (02) 8372 31 (nat.), (+358-2-) 8372 31 (int.)

Fax (02) 8372 3809 (nat.), (+358-2-) 8372 3809 (int.)

Working Report 2014-24

**Metallographic Studies of
Electron Beam Welded Copper Lid:
Macroscopic Studies and Hardness Measurements
of the Cross-Section of XK049 at 323deg**

Taru Karhula

Tampere of University of Technology

Department of Materials Science

June 2014

Working Reports contain information on work in progress
or pending completion.

ABSTRACT

This work is part of Posiva's spent nuclear fuel disposal canister sealing development. Posiva has welded a full-scale lid to a canister 450 mm or 890 mm tall at Patria Aviation Facilities. At Tampere University of Technology, Department of Materials Science (TUT DMS), metallographic and electron microscopy studies of electron beam welded copper lid welding have been carried out. At TUT DMS, samples have been ground, etched, photographed and analyzed. During analyzing, different fusion zone measurements and imperfection characterizations were carried out. The methods used in the metallographic studies are presented together with the results.

In this report a part of the welding test program is analyzed. The results of the cross-section of the test weld XK049 at 323deg are presented here together with the methods used.

The aim of this study was to estimate the residual stresses present in the EB-weld using hardness measurements. In previous study based on reference curves with tensile test samples it was found out that the hardness could be related to the applied strain. Also, the hardness was higher if there was a cosmetic pass on the weld, which was also considered in this report.

The average hardness in the weld was 48.8 HV1, 46.6 HV1 and 46.5 HV1 in $z=10$ mm, 20 mm and 45 mm respectively. The average hardness of the lid material was 48.3 HV1 and 47.7 HV1 in $z=20$ mm and 45 mm respectively. The average hardness of the tube material was 50.5 HV1 and 48.0 HV1 in $z=10$ mm and 45 mm respectively.

The estimated strain levels in the weld in XK049-323° were 0.015-0.021 mm/mm, when compared directly to the reference curve. When the effect of the cosmetic pass was taken into account, the remaining strain was 0.003-0.008 mm/mm. When these strain ranges were compared with the tensile tests for annealed longitudinal plate weld samples, the estimated residual stresses were in the range 51-59 MPa (the effect of cosmetic pass not taken into account) or 33-42 MPa (the effect of cosmetic pass taken into account).

Keywords: EBW, electron beam welding, copper, lid, canister weld, hardness, residual stress

Elektronisuihkuhitsatun kuparikannen metallurgiset tutkimukset: Makroskooppiset tutkimukset ja kovuusmittaukset XK049 hitsin poikkileikkauksesta kohdalta 323°

TIIVISTELMÄ

Tämä työ on osa Posivan käytetyn ydinpolttoaineen kapselin sulkemiskehitystyötä. Posiva Oy on hitsannut täyden mittakaavan kansia 450 mm tai 890 mm pitkiin kanisteriputkiin Patria Aviation Oy:n tiloissa. Tampereen teknillisen yliopiston Materiaaliopin laitoksella (TTY MOL) on tutkittu näitä elektronisuihkuhitsattuja kansihitsejä metallografisin ja elektronimikrosopian menetelmin. TTY:n Materiaaliopin laitoksella näytteet ovat hiottu, syövytetty, kuvattu ja analysoitu. Analysointi sisälsi erilaisia sularajamittauksia ja virheiden karakterisointia. Raportissa esitellään metallografisessa tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja tutkimuksen tulokset.

Tämän raportin yhteydessä on analysoitu vain osa hitsauskoeohjelman hitseistä. Tässä raportissa esitellään hitsin XK049 kohdan 323° poikkileikkauksen tulokset sekä tutkimuksissa käytetyt menetelmät.

Tämän tutkimuksen perimmäinen tarkoitus oli arvioida jäännösjännityksen suuruutta kyseisessä elektronisuihkuhitsatussa kanisterissa kovuusmittausten perusteella. Aikaisemmassa tutkimuksessa vetokoenäytteiden perusteella todettiin, että kovuus oli riippuvainen näytteen venymästä. Ko. raportissa todettiin myös, että kosmeettinen hitsipalko varsinaisen liitoshitsin päällä nosti liitoshitsin kovuutta.

Hitsin keskimääräinen kovuus oli 48.8 HV1, 46.6 HV1 ja 46.5 HV1 syvyyksillä $z=10$ mm, 20 mm ja 45 mm tässä järjestyksessä. Kansimateriaalin keskimääräinen kovuus oli 48.3 HV1 ja 47.7 HV1 syvyyksillä $z=20$ mm and 45 mm tässä järjestyksessä. Putkimateriaalin keskimääräinen kovuus oli 50.5 HV1 ja 48.0 HV1 syvyyksillä $z=10$ mm ja 45 mm tässä järjestyksessä.

Näytteen XK049-323° hitsin arvioitu venymätaso oli 0.015-0.021 mm/mm, kun verrattiin suoraan referenssikäyrään. Kun kosmeettisen hitsin vaikutus otettiin huomioon, näytteessä olevan venymä oli 0.003-0.008 mm/mm. Verrattaessa näitä venymäalueita levykokeille tehtyjen hehkuttamattomien pitkittäishitsien vetokoe-tuloksiin, arvioitu jäännösjännitys näytteessä oli 51-59 MPa (ilman kosmeettisen palon huomioimista) tai 33-42 MPa (kosmeettisen palon vaikutus huomioiden).

Avainsanat: EBW, elektronisuihkuhitsaus, kupari, kansi, kapselin hitsaus, kovuus, jäännösjännitys.

PREFACE

This report is one part of the residual stress evaluation of the EB-welded nuclear waste canister made of copper. Target of the residual stress evaluation is to assess level of the residuals stresses of the weld and also effect of the welding parameters and stress relief on residual stresses. Evaluation can be divided on following parts:

- Evaluation deformations and residual stresses on EB-welds using numerical modeling (finite element method, FEM)
- Residual stress measurements of the EB-welds using different measurement methods
- Destructive testing of the weld to assess residual stresses

Macroscopic evaluation and hardness measurement of the lid weld XK049 are reported in this report. Target was to evaluate work hardening of the weld caused by residual stresses and estimate residual stresses using calibration curves defined in Posiva working report WR2013-14. The EBSD analysis of the lid weld XK049 to evaluate plastic deformation is reported in separate report along with this report.