



M. Lehtinen/EPT

6.6.2001

1 (4)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KESTOISUUSRYHMÄN KOKOUS IV/2001

AIKA 6.6.2001 kello 10.00 – 13:40

PAIKKA Jaakko Pöyry Oy, Vantaa

Reijo Hukkanen	Stora Enso Fine Papers Oy, Oulu pj.
Markku Lehtinen	Jaakko Pöyry Oy, Vantaa, siht
Kalle Salmi	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Lasse Koivisto	Andritz-Ahlstrom Oy, Varkaus
Esa Ilves	Sampo Teollisuusvakuutus Oy, Helsinki
Jorma Viinikainen	Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno
Lasse Lehtonen	Inspecta Oy, Tampere

LIITTEET

- I. Timo Karjusen tarjous
- II. Vesikemia selvityssuunnitelma
- III. Vetyhyökkäykseen liittyvät tarkastukset
- IV. SOMA muistio

JAKELU

- (44)
(12) Hallitus
(10) Kestoisuusryhmä
(21) Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöt
(3) Arkisto EPT/MTL/SEK

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Työryhmän jäsenistä Pekka Pohjanne, Lars-Martin Wikström ja Tapio Huuska olivat estyneitä osallistumaan kokoukseen.

2 KOKOUKSEN II JA III/2001 MUISTIOT

Muistiot hyväksyttiin muutoksitta.

3 VAURIORORTOINTI

Edellisen kokouksen jälkeen vauriotietokantaan on tullut yksi vaurioilmoitus.

3.1.1 Laminating Papers Oy, 5/2001

Kattila:	K-12500, CE
Aika:	6.4.2001
Käyttötilanne:	Normaalikäyttö
Ilm.muoto:	Vesivuoto tulipesään, kaasuräjähdytys, sulavesiräjähdytys
Toim.piteet:	Pikapysäytys
Vaurio:	Vuotopesään noin 2,5 metriä kattilan takaseinän keskiosasta. Kattilan heikko nurkka aukesi vauriossa. Kattilan rungon 30 palkkia taipui, joista 15 niin paljon, että ne jouduttiin vaihtamaan.
Korjaus:	Tarkastuksen perusteella vaihdettiin 58 kpl putkenpätkää compound alueella. Putkien sisäpinnalla kerrostumia.
Seisokki:	302 h
KTR:n lausunto	Lopullinen selvitys on vielä valmistumatta. KTR odottaa kaikkien tekeillä olevien selvitysten valmistumista.

3.2 Muut vaurioasiat

Metsä-Raumalta pyydetään lisäselvitystä sanicron säröilystä mm metallurgia raportit.

Esa Ilves toimittaa sihteeristöön Toftesta raportin, joka laitetaan luettavaksi kotisivulle.

4 PROJEKTIT

4.1 Soodakattilan vesikemia hankkeet

Sampo Teollisuusvakuutus Oy:ssä pidettiin 5.6. idearihi tyypinen kokous koskien Kotkan tapausta ja vetyhyökkäystä.

Kotkassa käytetty kattilavesikemikaali on analysoitu Oulussa Arizona Chemicals tehtaalla ja Oulun yliopistolla. Ashland Finland Oy luvannut kertoa kemikaalin sisällön, mutta yhteistyö ei ole sujunut hyvin joustavasti. Myös sama kemikaali eräältä toiselta laitokselta analysoidaan. Olennainen kysymys on se, mikä saa alkuun kerrostuman kasvun. Alkamisen jälkeen prosessi on kiihtyvä. Alkamissyyn selvittäminen on erittäin tärkeää.

USA:ssa ei ole otettu amiineita käyttöön yhtä paljon kuin Euroopassa.

KTR:n budjetissa on varattu vuodelle 2001 vesikemiahankkeisiin yhteensä 100 000 mk. KTR päätti käynnistää seuraavat hankkeet:

Timo Karjusen hanke, jossa selvitetään mm. soodakattiloissa esiintyviä maksimi lämpökuormia ja sitä miten on päädytty DENÅ suosituksiin. Karjusen tarjous on liitteenä I.

Sinikka Kurkela selvittää, millainen vesikemia on ollut tiedossa olevissa vetyhyökkäystapauksissa (mm. Tofte, Kaipola, Pietarsaari, Kotka ja Siam), sekä Suomen soodakattilalaitosten vesikemiat suhteissa toisiinsa ja ohjearvoihin sekä vauriotapauksiin. Suunnitelma liitteenä II.

Kattilavesikyselyyn on vastannut tähän mennessä 10 tehdasta. Loppuja tehtaita kehoitetaan vastaamaan mahdollisimman pian.

KTR pyytää ohjelmatyöryhmää harkitsemaan, että syksyn Soodakattilapäiville vesikemianluento pyydetään orgaaniset vedenkäsittelykemikaalit ja niiden vaatimukset ja vaarat tuntevalta vesikemiaspialistilta, esim USA:ta. (Esimerkiksi Jonas Otokar)

SKY lähettää jäsenistölle kirjeen, jossa kehoitetaan tarkastamaan kattila perusteellisemmin seuraavassa seisokissa. Liite III.

4.2 SOMA projekti

Edellisen kokouksen muistio liitteenä IV.

Materiaali Inconel 625 vaikuttaa kestävältä. Vastaavasti materiaali 304L säröilee.

Seuraava Soma johtoryhmän kokous 27.8.2001.

4.3 Vaaranarviointi

Edellinen kokous 5.6.2001. Seuraava ja viimeinen kokous pidetään 20.-21.9. Tämän kokouksen jälkeen raportti julkaistaan.

4.4 Pohjan suojauskartoitus

Kartoituksen yhteenvedo jaetaan jäsenistölle.

5 MUUT ASIAT

Jäsenistöä on kiinnostanut Oulussa kehitetty kattilanpesu menetelmä. Tietoa menetelmästä jaetaan lähitulevaisuudessa jäsenistölle.

KTR harkitsee Soodakattilan suojaussuosituksen päivittämistä mm. Soma-projektista syntyneen uuden tiedon perusteella.

OKA -projektin määrittely on saatava valmiiksi ennen seuraavaa KTR:n kokousta.

6 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous pidetään tiistaina 28.8.2001.

Vakuudeksi

Markku Lehtinen

LIITE I

TIMO KARJUSEN TARJOUS

SOODAKATTILOIDEN VESIKEMIA JA VETYHYÖKKÄYS -HANKE-ESITYS

Tausta

Viime vuosien aikana on soodakattiloissa tapahtunut useita vuotoja tulipesäputkissa, joiden rakenteellinen kestävyys on heikentynyt vedyn aiheuttaman haurastumisen takia. Putken vauriot ovat alkaneet putkien sisäpinnoilta, jossa myös haurastumisen aiheuttaneen vedyn uskotaan syntyneen. Tällä hetkellä uskotaan että perussyys on käyttöpaineeseen ja vallitsevaan lämpövuohon sopimaton vesikemia. Tulipesän putkien nopea korrosio on mahdollista mikäli magnetiittikerros putken sisäpinnalla paksunee niin, että teräksen lämpötila nousee yli 570°C. Tällöin magnetiittikerroksen alle syntyy wüstiittiä, jonka vaikutuksesta korrosio nopeutuu merkittävästi. Ainakin viimeksi tapahtuneissa vuotoissa ovat itse vauriot olleet hyvin paikallisia, mutta magnetiittikerroksen vauriokohdan läheisyydessä - sekä ylä- että alavirran suuntaan - on todettu olleen tavallista paksumpi. Tämä viittaisi siihen, että magnetiittikerroksen kasvaessa yli kriittisen paksuuden vaurionopeus kasvaa huomattavasti.

Teräs korrodoituu toimittaessa happamissa olosuhteissa. Kattiloilla, joilla vaurioita on ollut, kattilaveden pH:n kuitenkin ollut korkea lyhtyaikaisia poikkeamia lukuun ottamatta, joten vaurioiden ei uskota aiheutuneen puutteista kattilaveden pH:n säädössä. Sen sijaan mahdollista on, että kattilaveteen on päässyt lisä- tai lauhdeveden mukana tai siihen on lisätty orgaanisia aineita, jotka korkean lämpövuon aiheuttamissa korkeissa lämpötiloissa hajoavat orgaanisiksi hapoiksi. Korkeat lämpövuot voivat johtaa myös paikalliseen kiehumiseen, jolloin veden väkevyys kuumen pinnan läheisyydessä kasvaa. Seuraksena saattaa olla, että vedestä tulee riittävän hapanta liuottamaan pintaa suojaavan magnetiittikalvon, jolloin korrosio pääsee eteneään nopeasti ja myös vedyn tuotto on nopeaa. Eräiden kattilavesikemikaalien kohdalla on myös esitetty että niiden suojaava vaikutus ei perustu magnetiittikalvoon, vaan maghematiitti ja hematiittikalvoon. Näiden kalvojen suojaava vaikutus on tuntematon.

Happojen ohella myös emäkset voivat saada aikaan korroosiota, koska mm. väkevä natriumhydroksidi liottaa magnetiittia. Vetyä voi tällöin syntyä raudan reagoidessa sekä veden että myös natriumhydroksidin kanssa.

Kolmas kattilaveden laatuun liittyvä mahdollinen syy vaurioihin on kattilaveden liian korkea suolapitoisuus. Korkea suolapitoisuus voi saada aikaan paikallista pistekorroosiota. Mikäli lisäksi vesi putkistossa kiehuu paikallisesti, voi seurauksena olla suolojen saostuminen ja veden väkevöityminen, jolloin korrosio kiihtyy kuten edellä. Kattilavesinormeissa on suolapitoisuuden rajat asetettu sekä kattilan paineen että lämpökuorman perusteella. Soodakattiloissa on kuitenkin käytetty yleensä rajoja, joissa lämpökuorman vaikutusta ei ole huomioitu.

Tavoite

Tavoitteena on, että

- selvittää tapahtuneiden vaurioiden perussyitä
- löytää keinoja, joilla vastaavien vaurioiden synty voidaan jatkossa ehkäistä.

Sisältö

Hanke toteutetaan kahdessa vaiheessa.

Vaihe 1. Selvitys kattiloilla käytetyistä vesikemikaaleista ja veden laadun hallintamenetelmistä ja niiden mahdollisesta vaikutuksesta vaurioiden syntyyn. Selvityksen tekee Sinikka Kurkela ja työn sisältö sovitaan erikseen.

Vaihe 2. Työ sisältää kolme osaa:

1. Soodakattilan suurimpien paikallisten lämpökuormien arviointi:
 - laskenta kattilakohtaisten lukuarvojen perusteella
 - kirjallisuudessa esitetyt arviot
 - asiantuntija-arviot (kattilavalmistajat)
2. Soodakattilaputken lämpötilan arviointi
 - laskenta ed. määritettyjen lämpökuormien ja kattilakohtaisten lukuarvojen perusteella (geometristen muutosten, kuten hitsausliitosten ja aukkojen ohitusten, sekä kerrostumien vaikutukset ml.)
3. Kattilavesiarvojen kehitys:
 - paikallisen lämpökuorman tulo kattilavesinormeihin (syyt ja ajankohta)
 - lämpökuorman huomiointi ja merkitys nykyisin käytetyissä erilaisissa vesilaatunormeissa.

Toteutustapa

Työn toinen vaihe toteutetaan laatimalla selvitys kirjallisen materiaalin sekä tehtaille ja kattilavalmistajille tehtävien käyntien perusteella. Käyntejä suunnitellaan tehtävän viisi (kaksi kattilavalmistajille ja kolme tehtaille).

Kustannukset

35 000 mk (+alv.). Matkakustannukset em. tehdas- ja valmistajakäynneistä sekä Soodakattila- ja Konemestaripäiville osallistumisesta yleisten normien mukaan.

Aikataulu

Raportti toimitetaan tilaajalla 31.10.2001 loppuun mennessä.

Selvityksen tulokset esitellään Soodakattila- ja/tai Konemestaripäivillä.

LIITE II

VESIKEMIA SELVITYSSUUNNITELMA

SOODAKATTILAYHDISTYS / Rhu

TUNNETTUIEN VETYHYÖKKÄYS TAPAUSTEN SELVITYSTEN YHTEENVETO

Tekijäksi ehdotetaan Sinikka Kurkela
Sopimus Pöyryn kautta

Tunnetut tapaukset:
Visaforest Pietarsaari
Tofte
Storaenso Kotka
Kaipola leiju
Siam Kraft boiler
Joensuu ?
Sotkamo?
Kuopio?

Työn sisältö:
Jokaisen tunnetun tapauksen osalta selvitetään mahdollisuuksien mukaan:

Käytetyn lisäveden laatu. (lisävesi ja lauhde syöttövesisäiliön jälkeen) mahdollisesti lauhde/syöttövesi erikseen.

Käytetyt syöttövesi ja kattilavesikemikaalit.
Kemikaalin koostumus
Annostusmäärät, annostustavat, annostuspaikat, annostetun kemikaalin analysointi.

Syöttövesi arvot:
Syöttöveden kemialliset arvot. Kysely taulukko.
Syöttöveden fysikaaliset arvot: Lämpötilat eri pisteissä ja viipymät ekonomaisereissa.
Tärkeä: syöttöveden lämpötila ennen lieriötä.

Arvio syöttövesiarvoista

Kattilavesiarvot
Kattilaveden kemialliset arvot SKY:n kyselyn mukaisesti mahdollisesti.

Seuraavassa:

- ☐ KATTILAN KÄYTTÖARVOT (LIERIÖPAINE JA JATKUVA KORKEIN KUORMA) ____Bar ____kg/s
- ☐ SOVELLETTAVA KATTILAVEDEN LAATUNORMISTO DENÅ / VGB
- ☐ LAATUNORMISTOSTA KÄYTETTY PAINELUOKKA (Lieriö / Tulistettu höyry) ____/____
- ☐ ONKO MAHDOLLISET PAIKALLISET KORKEAMMAT LÄMPÖKUORMAT HUOMIOITU OHJEARVOJA SOVELLETTAESSA KYLLÄ / EI
- ☐ KATTILAN PEITTAUSVUODET ____ / ____ / ____
- ☐ KERROSTUMIEN PAKSUUDET ENNEN PEITTAUSTA____
- ☐ TULIPESÄN MITAT (Pohjanmitat a m * b m * korkeus nokan tasoon pohjalta c m)____*____*____

KÄYTETYT SYÖTTÖVESI JA KATTILAVESI ANNOSTUS KEMIKAALIT

KEMIKAALI 1 NIMI _____ VUODESTA _____

KEMIKAALIN KAUPPANIMI _____

ANNOSTUSKOHTA _____

ANNOSTUSMÄÄRÄ mg/l tms _____

KEMIKAALI 2 NIMI _____ VUODESTA _____

KEMIKAALIN KAUPPANIMI _____

ANNOSTUSKOHTA _____

ANNOSTUSMÄÄRÄ mg/l tms _____

PEITATTIINKO KATTILA KEMIKAALIN VAIHDON YHTEYDESSÄ? _____

VEDENLAADUN VALVONTA JATKUVAT MITTAUKSET (merkitse ruksi ja lisää tarvitaessa)

	Syöttövesi	Kattilavesi	Tulistettu höyry
pH			
Johtokyky			
Johtokyky kationin vaihdon jälkeen			
Silikaatti			
Fosfaatti			
Natrium			
Happi			

SYÖTTÖVEDEN JAKATTILAVEDEN LABORATORIO TAI ANALYSAATORI MÄÄRITYKSET JA NIIDEN
TULOKSET (Lisää taulukosta mahdolliset puuttuvat arvot)

	Normaalin jatkuvan ajon arvo	Minimi arvo normaaliajossa	Maksimi arvo normaaliajossa
Syöttöveden pH-arvo			
Syöttöveden johtokyky mS/m			
Syöttöveden johtokyky mS/m (kationi vaihdin)			
Syöttöveden hapenpoistokemikaalin pitoisuus mg/l Mikä kemikaali?			
Syöttöveden happipitoisuus			
Kokonaisarauta mg/kg			
Kokonaiskupari mg/kg			
Kattilaveden pH-arvo			
Kattilaveden johtokyky mS/m			
Kattilaveden p-arvo			
Kattilaveden Na pitoisuus mg/kg (tai Na+K)			
Kattilaveden fosfaattipitoisuus mg/kg			
Kattilaveden Fe pitoisuus mg/kg			
Kattilaveden silikaattipitoisuus mg/kg			
Kattilaveden KmnO4 kulutus mg/kg			
Muu kemikaalipitoisuus mg/l Mikä kemikaali?			

Arvio kattilavesiarvoista

Tehdyt selvitykset: Arviot niissä esitetyistä syistä. Syiden luotettavuus

Loppuarvio

LIITE III

VETYHYÖKKÄYKSEEN LIITTYVÄT TARKASTUKSET

20.5.2001

SOODAKATTILOISSA TODETTUUN VETYHYÖKKÄYKSEEN LIITTYVÄT TARKASTUKSET

1. TAUSTA

1990-luvun alkupuolella alettiin kattiloiden vesikemiassa siirtymään pois hydratsiinin käytöstä johtuen aineen käsittelyyn liittyvästä syöpävaaraepäilystä. Tämän jälkeen tietoomme on tullut useita vetyhyökkäystapauksia, joista 3 on ollut soodakattilassa. Näistä kaksi on tapahtunut vuoden sisällä.

Molemmissa tapauksissa vauriot ovat johtaneet kattilavuotoon ja viimeksi onneksi vain lieviin räjähdyksiin pesäalueella. Vuotojen syyksi on todettu vetyhyökkäys. Pahimmillaan vikaantumista on ollut primääri- ja sekundaari-ilma-aukkojen alueella sekä seinien jatkosaumojen yläpuolella. Viimeksi tapahtuneessa vauriossa vetyhyökkäystä ilmeni erityisesti ilma-aukkojen ohitusputkissa. Primäärinen vuoto oli seinäputken jatkohitsin yläpuolella n. 2.5 m pohjasta keskellä takaseinää. Sauman yläpuolella olevia vauriokohtia todettiin useita. Viat paikantuvat kohtiin, joissa virtaus häiriintyy. Tällaisia kohtia ovat aukkojen ohitusmutkat ja jatkohitsit, joissa on ylisuuri juuripalko.

Yhtäläisyyksiä viimeisen kahden tapauksen kanssa ovat olleet vesikemia ja seinien tangentiaalinen rakenne (putket toisissaan kiinni). Tiedetään, että suurella lämpövuolla on merkitystä vaurion syntyyn. Näyttää siltä, että eräissä soodakattiloissa ylitetään DENÅ:n ohjearvo 230 kW/m^2 . Jos lämpövuoto 230 kW/m^2 ylitetään edes paikallisesta, DENÅ suositaa soveltamaan 160 bar:n kattilavesiohjearvoja silikaattipitoisuutta lukuun ottamatta (mm. Ekonon Energia-aapisessa). Lämpövuotoa ovat lisänneet kattiloiden tehonnostot, rotaatiopoltto ja kuiva-ainepitoisuuden kasvu, joten vanhat laskennalliset tarkastelut saatavat olla hyvinkin harhaanjohtavia.

2.SUOSITUKSET JA ONGELMAN ILMENTYMÄT

Tässä vaiheessa suositellaan kattilan vesikemian tarkistamista vesisuositusten suhteen. Koska lämpövuon tarkastelu paikallisesti on vain suuntaa antava, suositellaan lämpövuon suhteen kriittisille alueille ultraäänitarkastusta. Toimenpiteiden tarve on ilmeinen, jos lieriössä tai muilla lämpöpinnoilla on havaintoja ruosteesta tai epäpuhtauksista, tai jos turpiinissa on havaittu tukkeutumista.

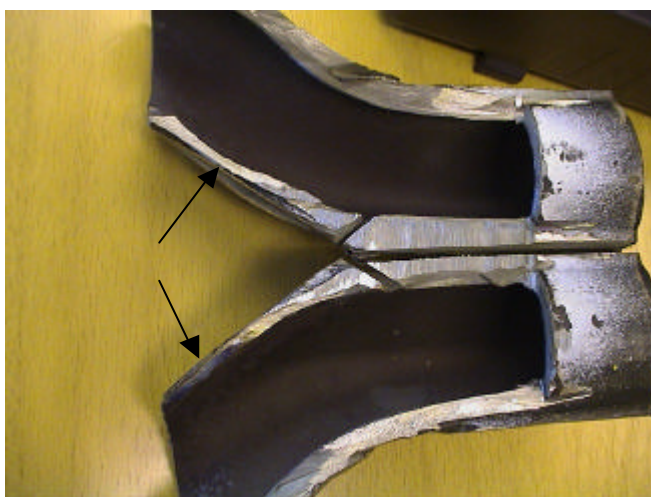
Vesikemian tarkastelua täydentävä ultraäänitarkastus rajoitettuna kriittisiin kohtiin on suhteellisen pieni tarkastusoperaatio.

Kokemuksemme mukaan vetyhyökkäys syntyy huonon vesikemian ja korkean lämpövuon aiheuttamana putken sisäpinnalle muodostuneen kerrostuman alle. Vauriokohta suoralla

putkiosuudelle näkyy kuvasta 1. Huom. ilma-aukkojen ohituksissa vauriokohta saattaa olla hyvinkin syvällä ilma-aukossa, kuva 2.



Kuva 1



Kuva 2

Kuvissa on vetyhyökkäyskohdat esitetty nuolella. Kuvassa 2 vikaantumisen kohdalla on palanut evärakenne, mikä osoittaa ja lisää kohdan korkeaa lämpörasitusta.

Käytännön tarkastuksissa on todettu, että ultraäänitarkastus paljastaa vetyhyökkäyskohdat. Tarkastus perustuu vetyhyökkäyksen ääntä vaimentavaan ominaisuuteen, mikä johtuu vetyhyökkäyksen aiheuttamasta mikrosäröilystä (vaikuttaa lievästi äänennopeuteenkin). Myös sisäpinnalla oleva ylisuuri kerrostuma vaimentaa ääntä tehokkaasti, vaikka itse vetyhyökkäys ei olisi vielä alkanutkaan. Kerrannaiskaikujen vaimeneminen ilmaisee tietyissä olosuhteissa ilmiön jo sen alkuvaiheessa.

3. ULTRAÄÄNITARKASTUS

Tarkastus on syytä jakaa kahteen vaiheeseen. Seinäpaneelin (suorat osuudet) ja aukkojen ohitusputkien mutkien osalta on syytä toimia eri toimintaperiaatteella.

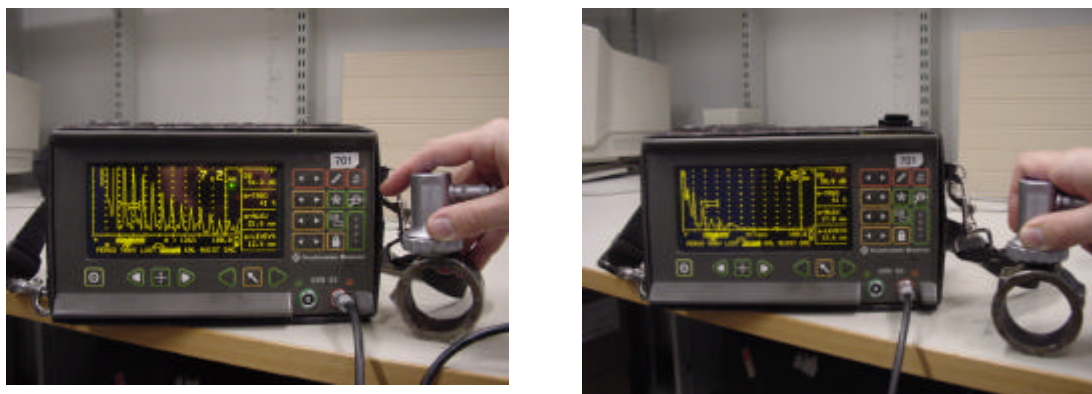
Suorat putkiosuudet voidaan tarkastaa tehokkaasti isolla normaaliluotaimella (taajuus minimillään 4 MHz, esim. B4S). Jos kattilan sisäpuolisen putkipinnan luotauksessa todetaan äänenvaimentumaa, suoritetaan ko. kohdalle tarkka 100 %:n paksuusmittaus. Jos paksuusmittauksessa ei todeta paksuuspoikkeamaa, voidaan lähteä siitä oletuksesta, että vaimennuksen aiheuttaa sisäpuolinen kerrostuma eli kattilassa on vetyhyökkäysriski. Tässä tapauksessa esitetään ainakin yhden näyteputken ottamista, jotta kerrostuman paksuus ja koostumus voidaan tutkia. Huom. Eräät tarkastusfirmat pystyvät mittaamaan myös sisäpuolisen kerrostuman paksuuksia ultraäänellä. Jos putkessa todetaan selvää ohentumaa ja äänen vaimentumista, voidaan vetyhyökkäyksestä olla lähes varmoja.

Aukkojen ohitusputket (taivutukset) joudutaan tarkastamaan pienellä normaali tai SE-luotaimella (taajuus mielellään luokkaa 10 MHz) siten, että tarkastuksessa kiinnitetään huomiota äänenvaimenemiseen ja seinämänpaksuuden muutokseen (Huomioi taivutuksen vaikutus.) Tarkastuksen vaativuuden johdosta aukkojen tarkastus on syytä jättää yhdelle tai kahdelle tarkastajalle. Tällä varmistetaan se, että aukkojen geometria ei aiheuta yllätyksiä.

Sekä seinäpaneelin tarkastuksessa että aukkojen tarkastuksessa kirjataan kaikki kohdat, jossa taustakaiut häviävät tai edes epäillään sisäpuolisen kerrostuman olemassa oloa, jotta ko. kohdat voidaan tarkastaa myöhemmissä seisokeissa. Ne kohdat, jossa todetaan seinämän ohentumaa, on syytä poistaa välittömästi.

Koska kuvan 2 osalta oli epäiltävissä, että evärakenteella on osuutta lämpövuohon, on suositeltavaa näin alkuvaiheessa täydentää hitsien yläpuolista tarkastusta (n. 30 cm hitistä ylöspäin) pikkuluotaimella, jotta päästään mahdollisimman lähelle evää. Jos evä aiheuttaa merkittävää lämpörasitusta, pahin kohta on evän kohdalla, joka on tarkastusteknisesti luoksepääsemättömällä alueella ilman erillistoimenpiteitä.

Kuvassa 3 on esitetty tarkastuslaitteen kalibrointi seinäpaneelin tarkastuksessa.



Kuva 3. Normaali kaikujono ja poikkeama putken suoralla osuudella.

Kuvaruutu säädetään siten, että n. 10 takaseinäkaikua saadaan kuvaruudulle.

4. ULTRAÄÄNI TARKISTUSLAAJUUS

Tarkastus tehdään siten, että tarkastettavan putken koko kattilanpuoleinen pinta tulee luodattua.

Tämän hetkisen tiedon valossa tarkastuksen on syytä kattaa minimillään sularännien, primääri- ja sekundaari-ilmaukkojen ohitusputket sekä alapuolisella pesäalueella olevien jatkohitsien yläpuoli (30 cm saumasta) tai saumojen puuttuessa kattava määrä suorien putkiosuuksien tarkastuksia primääri- ja sekundaari-ilma-aukkojen väliltä. Huom. viimeisessä vauriossa vetyhyökkäyskohta todettiin jopa tertiääri-ilma-aukossa.

Jos tarkastettavalla alueella todetaan kerrostumia, tarkastusta on syytä laajentaa.

5. LISÄTIEDOT

Ultraäänitarkastuksessa putken oltava tyhjä vedestä (kattilan vesitys). Kerrostuman ääntä vaimentava efekti on paras, kun kerrostuma on vielä kostea. Tämän johdosta tarkastus on syytä tehdä mahdollisimman pian vesityksen jälkeen.

Lisätietoja antaa tarvittaessa tarkastaja Esa Ilves, puh 0400-505167 tai e-mail esa.ilves@sampo.com

LIITE IV

SOMA- MUISTIO

TEKES-PROJEKTIN ”SOODAKATTILAN UUDET MATERIAALIT”

JOHTORYHMÄN 10. KOKOUS

Aika	Tiistai 20.03.2001 klo 10.30-14.
Paikka	Kvaerner Pulping Oy, Tampere, Kelloportinkatu 1D.
Läsnä	Lasse Koivisto, Andritz-Ahlstrom Oy (pj.) Kalle Salmi, Kværner Pulping Oy Johanna Tuiremo, Kværner Pulping Oy (kohdat 1-3, 5) Casimir Svensson, Savcor Group Ltd Oy Pertti Heinonen, Tekes Timo Kiesi, TKK Martti Vilpas, TKK Martti Mäkipää, VTT Valmistustekniikka Pekka Pohjanne, VTT Valmistustekniikka (siht.)
Poissa	Reijo Hukkanen, Stora-Enso Oyj Markku Lehtinen, Suomen Soodakattilayhdistys ry Martti Pulliainen, Savcor Group Ltd Oy Hannu Hänninen, TKK Irina Aho-Mantila, VTT Valmistustekniikka Maria Oksa, VTT Valmistustekniikka

1
Kokouksen avaus

Puheenjohtaja avasi kokouksen klo 10.

2
Esityslistan hyväksyminen

Esityslista hyväksyttiin kokouksen työjärjestykseksi (liite 1).

3
Edellisen kokouksen pöytäkirja

Hyväksyttiin muutoksitta.

4

Vuoden 2001 tutkimus- ja rahoitussuunnitelman
tarkistaminen ja hyväksyminen

Hakemuksessa esitetty tutkimus- ja rahoitussuunnitelma hyväksyttiin
muutoksitta.

5

Projektin tekninen tilanne

Korroosio suolasulissa:

Martti Mäkipää esitteli suolasulissa tehtyjen korroosiokokeiden tuloksia.

Ensimmäinen korroosiokoe (koe 1) tehtiin täysupotustestinä ilma-atmosfäärissä lämpötilassa 420°C sulassa, joka on koostunut pääasiassa natriumpolysulfidista (Na_2S_3), mutta on todennäköisesti sisältänyt myös hapettuneita komponentteja. Kokeen kesto oli 65h. Koemateriaaleina olivat 304L, San 38, San 63 ja San 65. Koekappaleet olivat pieniä kompputkien päällysteestä valmistettuja liuskoja, jollaisia on käytetty myös kaasufaasitesteissä. Koekappaleiden muoto ja korroosio-olosuhteet poikkeavat aiemmista MARI-projektin testeistä.

Toisessa kokeessa (koe 2) selvitettiin koeajan (65, 115 ja 165 h) vaikutusta nikkelseoksen Inconel 625 suolasulakorroosioon. Koesula oli edelleen natriumpolysulfidia, mutta atmosfääri neutraali (argon) ja koelämpötila 425°C. Koetta varten valmistettiin nikkelseoksesta Inconel 625 kolme koesauvaa ja vertailua varten neljäs koesauva austeniittisesta ruostumattomasta teräksestä AISI 304L. Koesauvoja ei upotettu kokonaan sulaan, vaan ainoastaan koesauvan kärki oli sulassa. Koejärjestely on samankaltainen kuin MARI-projektissa käytetty ja simuloi soodakattilan pohjaputkien korroosio-olosuhteita paremmin kuin kokeessa 1 käytetty täysupotustesti.

Näytteiden ulkonäön ja pinnan SEM/EDS-tutkimusten perusteella alustavasti arvostellen nikkelseos San 65 on kestänyt kokeen 1 olosuhteissa sulfidoitumista 65 h ajan suhteellisen hyvin. Koekappaleen pinnalla on laajoja syöpymättömiä alueita ja syöpyneillekin alueille muodostuneet sulfidit ovat hienokiteisiä tai vaillinaisesti kiteytyneitä. Numerostanssaus näkyy edelleen terävarajaisena. Materiaalien San 38 ja San 63 pinnalle on syntynyt yhtenäisempiä sulfidoituneita alueita ja muodostuneet sulfidirakeet ovat karkeakiteisempiä. Austeniittisesta ruostumattomasta teräksestä 304L oleva koekappale on kestänyt kokeen 1 olosuhteissa sulfidoitumista odotettua paremmin, mikä saattaa johtua olosuhteiden hapettavuudesta, mutta myös upotusrasitukselle ominaisesta korroosiotuotteen kasvumekanismista, jossa korroosiotuote on rikastunut kromilla (EDS-analyytit liitteessä 2).

Kokeen 2 koekappaleiden ulkonäön perusteella arvostellen (liite 2) polysulfidisula kostuttaa molempia koemateriaaleja hyvin ja kiipeää ajan oloon sauvan yläpäähän saakka. Austeniittista ruostumatonta terästä 304L oleva koekappaleen sulaan upotettu kärki on syöpinnyt jonkin verran. Koesauvan yläosan sivupinnoilla on paksuja korroosiotuotteita. Nikkeliseosta Inconel 625 oleva koekappale ei ole vielä 65 h koeajassa kostunut yläpäähän saakka. Paksuja korroosiotuotteita ei ole kuitenkaan havaittavissa. Numerostanssaukset ovat kaikissa koekappaleissa selvästi näkyvissä. Sauvojen materiaalien keskinäinen vertailu ja vertailu aiempiin MARI-projektin testaustuloksiin edellyttää sauvojen jäännöspaksuuksien mittausta.

Kokeiden 1 ja 2 tulokset tullaan varmentamaan painohäviö- ja paksuusmittauksilla sekä metallografisilla tutkimuksilla (hieet, SEM, EDS).

Sulfidoituminen:

Uudet sulfidoitumiskokeet on aloitettu JRC Pettenissä ja ne valmistuvat noin kahden kuukauden kuluessa. Kokeissa testataan materiaalien SAN 63 ja SAN 65 sulfidoitumiskestävyys lämpötilassa 380°C pitkäaikaiskokeella (1500 h) atmosfäärissä, jossa rikkivedyn osapaine on korkea (30 mbar). Vertailumateriaaleina ovat austeniittinen ruostumaton teräs 304L ja San 38. Koekappaleet on valmistettu compound-päällysteestä.

Jännityskorroosio suolasulissa:

Uusi kokeita ei ole tehty.

Jatkossa hidasetokokeita jatketaan kriittisten olosuhdetekijöiden määrittämiseksi runsaasti nikkeliä sisältäville San 38 ja San 63/65 materiaaleille painopisteen ollessa materiaalin San 38 tutkimuksissa. Johtoryhmän toivomuksesta selvitetään mahdollisuutta käyttää kokeissa koumpound-putkista tehtyjä koesauvoja levymateriaalien sijasta.

Terminen väsyminen:

Timo Kiesi esitteli suunnitelmia termisen spektriväsytyksen eli vaihtelevan lämpösyklirasituksen kokeiksi (liite 3). Kokeet on tarkoitus tehdä Materiaalitekniikan laboratorion termisen väsymisen koelaitteistolla. Kokeet tehdään päistään jäykistetyllä ja ulkopinnaltaan vapaasti jäähtyvällä koekappaleella, jonka avulla compound-putken pintaan saadaan käytännön tilannetta vastaava vetojännitys. Kokeissa on tarkoitus käyttää kahdenlaisia lämpösyklejä. Ensiksi on tarkoitus tehdä kokeita, joissa koeputkea lämmitetään tasaisella lämpösyklillä ($T_{\max} = 500^{\circ}\text{C}$ sekä $T_{\min} = 700^{\circ}\text{C}$). Tämän jälkeen tehdään kokeet vaihtuvalla lämpösyklillä. Saatuja tuloksia verrataan toisiinsa, jotta nähtäisiin syklisen kuormituksen vaikutus. Sykliset lämpökuormat on tarkoitus konstruoida todellisista soodakattiloista mitatun lämpötiladatan avulla. Sykliä joudutaan kuitenkin yksinkertaistamaan.

Sovittiin, että johtoryhmää informoidaan heti kun selviää miten uusi laitteisto toimii ja minkä tyyppisiin lämpötilasykleihin/koeaikoihin sillä päästään.

Jännityskorroosio ja korroosio alas- ja ylösajon aikana:

Pekka Pohjanne esitteli uusimpia kattilan ylös- ja alasajoja simuloivien jännityskorroosikokeiden tuloksia (liite 4). Kokeissa on selvitetty mm. kosteuden merkitystä natriumsulfidin ja natriumkarbonaatin suolaseoksissa tapahtuvassa jännityskorroosiossa. Ensimmäisten tulosten perusteella näyttää siltä, että jännityskorroosioalttiutta ei voida yksinomaan arvioida sulan sulfidipitoisuuden perusteella. Esimerkiksi kokeessa, jossa suolapitoisuus oli $2407 \text{ g/l}_{\text{H}_2\text{O}}$ (nimelliskoostumus $20\% \text{Na}_2\text{S}$ - $90\% \text{Na}_2\text{CO}_3$ (%-kuiva-aineesta)), murtumia todettiin sekä AISI 304 että San 38 näytteissä. Kuivemmassa suolassa (pitoisuus $4827 \text{ g/l}_{\text{H}_2\text{O}}$) ei AISI 304 enää murtunut.

Eli kattilan ylösajon aikaiseen säröilyyn vaikuttavat siten vapautuvan kideveden määrä ja sitä kautta syntyvän liuoksen koostumus, sekä lämpötila ja aika, jonka aikana suolaseoksessa on vapautunut kidevettä. Jännityskorroosiolle otollisia olosuhteista rajoittavat lisäksi se, että compound-putken pintakerroksen vetojännitys pienenee kokoajan kun lämpötila nousee. Sovellettaessa nyt saatuja tuloksia kattilaan on muistettava se, että kokeissa on käytetty levy materiaaleista tehtyjä U-sauvoja joiden vetojännitystila ei lämmitettäessä relaxoidu siinä määrin kuin vetojännitystila compound-putken pinnassa.

Kokeita jatketaan modifioituissa suolaseoksissa tarkoituksena selvittää sähköisen suojauksen toimivuus myös näissä ympäristöissä. Osassa kokeita tullaan käyttämään myös soodakattilasta peräisin olevaa sulaa. Keskusteltiin mahdollisuudesta tehdä kokeita kahdessa eri sulassa joiden tiedetään olevan koostumukseltaan erilaisia (esim. Oulu vs. Tervasaari). Lisäksi selvitetään edelleen akustisen emission käyttöön liittyviä kysymyksiä

6

Projektin henkilöstön tilanne ja taloudellinen tilanne

Projektipäällikkönä toimii nyt Pekka Pohjanne. Tehtävien hoitamiseksi hän on tänä vuonna VTT:sta virkavapaalla TKK:n palveluksessa vielä 2 kuukautta.

Muut TKK:n osaprojektissa työskentelevät henkilöt ovat Timo Kiesi, joka aloitti diplomityöntekijänä helmikuussa sekä osa-aikaisena (15 h/vko) työskentelevä tutkimusapulainen Jaakko Sotkasiira.

Projektin VTT:n henkilöstössä ei ole tapahtunut muutoksia, eli projektissa työskentelee kolme tutkijaa ja yksi tutkimusinsinööri.

Pekka Pohjanne esitteli projektin viimevuoden taloudellisen tilanteen (1.2.2000-28.2.2001). TKK:n osuus toteutui suunnitellusti. VTT:n osalta helmikuun lopussa oli budjetoidusta 464 000 mk:sta käyttämättä vielä 20 000 mk JRC Pettenin laitevuokralaskun viivästymisen takia. Sovittiin, että Pekka Pohjanne anoo Tekesiltä jatkoaikaa, jotta myönnettyt rahat voidaan käyttää suunnitellusti.

7

Yhteistyö muiden projektien kanssa

Keskusteltiin lyhyesti nk. "Oak Ridge - projektin" tilanteesta. Sovittiin, että yritetään järjestää heidän kanssa uusi samanlainen yhteispalaveri kuin viimesyksynä. Sopiva ajankohta voisi olla vaikka elokuun viimeinen viikko (vk 35) jolloin he ovat muutenkin käymässä Suomessa. Pekka Pohjanne ja Martti Mäkipää valmistelevat asiaa.

JRC Petten yhteistyö toimii koko ajan Martti Mäkipään ollessa siellä vaihtotutkijana.

8

Muut asiat

Pertti Heinonen kertoi Kesto tutkimusohjelman lopetukseen liittyvät toimenpiteet käynnistyvät alkusyksystä. Tutkimusohjelma tullaan arvioimaan ulkopuolisten arvioitsijoiden toimesta. Ohjelman päätöseminaari pidetään maaliskuussa 2002. Seminaarissa jaettavaan ohjelman loppuraporttiin tarvitaan kustakin projektista lyhyt kolmen sivun kuvaus, jonka on oltava valmiina lokakuussa.

Pertti Heinonen kertoi myös että Kesto tutkimusohjelman puitteissa voidaan vielä käynnistää yritysprojekteja kesään mennessä.

Lisäksi hän kertoi, että Tekes on valmistelemassa uutta tutkimusohjelmaa "Likaantumattomat pinnat". Ohjelman aihealue on laaja ja tällä hetkellä siitä on rajattu pois vain bio- ja avaruustekniikka sekä lääke-, elintarviketeollisuus. Itse valmistelutyö alkoi helmikuussa ja selvityksen tekijät (Anja Klarin ÅF-IPK ja Heidi Fagerholm ÅA) antavat raporttinsa toukokuussa. Kesän aikana selviää onko uudelle ohjelmalle perusteita. Jos päätös on myönteinen niin syys-lokakuun vaihteessa järjestetään seminaaritilaisuus teknologiaohjelman käynnistämisestä. Aie-haut tulevat eteen syksyllä ja ohjelma voisi käynnistyä vuoden 2002 alussa. Ohjelmaan on tarkoitus sisällyttää sekä perustutkimusta sisältäviä projekteja, joissa yritysten sitoutumistarve on pieni, että soveltavia projekteja.

Savcor Process Oy on luopunut soodakattilan sähköisen suojauksen patenttihakemuksesta (Timo Laurilan sähköposti johtoryhmälle 02.01.2001). Ensimmäiset suojausta koskevat tulokset on sittemmin raportoitu Soma-

projektin toisessa väliraportissa, joka julkaistiin Suomen Soodakattilayhdistys ry:n raporttisarjassa (3/2001).

Soma-projektin tuloksia on tarkoitus julkaista johtoryhmän suostumuksella sekä kesäkuussa pidettävässä Baltica V konferenssissa että elokuussa pidettävässä 10th International Symposium on Corrosion in Pulp and Paper Industry symposiumissa. Sovittiin, että kaikki jutut on lähetettävä johtoryhmälle hyväksyttäväksi ennen julkaisua kuten aina ennenkin.

Sovittiin, että mahdollisiin jatkohankkeisiin palataan seuraavassa kokouksessa.

9

Seuraava kokous

Seuraava kokous sovittiin alustavasti pidettäväksi keskiviikkona 29.8.2001. Lopullinen päätös tehdään, kun selviää voiko kokoukseen yhdistää suunnitellun yhteispalaverin nk. Oak-Ridge projektin kanssa.

10

Kokouksen päättäminen

Puheenjohtaja päätti kokouksen klo 14.00.

Lasse Koivisto

Pekka Pohjanne

pj.

siht.

LIITTEET

- Liite 1. Kokouskutsu
- Liite 2. Korroosio suolasulissa
- Liite 3. Terminen väsyminen
- Liite 4. Jännityskorroosio kattilan alas- ja ylösajon aikana

JAKELU

Soma-projektin johtoryhmä
Kokouksessa läsnä olleet

**SOODAKATTILAN UUDET MATERIAALIT
- SOMA**

Johtoryhmän 10. kokous

Aika Tiistai 20.3.2001 alkaen klo 9.30.

Paikka Kvaerner Pulping Oy, Tampere, Kelloportinkatu 1D.

Käsiteltävät asiat

- 1 Kokouksen järjestäytyminen
- 2 Esityslistan hyväksyminen
- 3 Edellisen kokouksen pöytäkirjan hyväksyminen
- 4 Vuoden 2001 tutkimus- ja rahoitussuunnitelman tarkistaminen ja hyväksyminen
- 5 Projektin tekninen tilanne
- 6 Projektin henkilöstön tilanne ja taloudellinen tilanne
- 7 Yhteistyö muiden projektien kanssa
- 8 Muut asiat
- 9 Seuraava kokous
- 10 Kokouksen päättäminen

Pekka Pohjanne
puh. (09) 456 6863
e-mail: pekka.pohjanne@vtt.fi

LIITTEET - kpl

JAKELU

Pertti Heinonen	Tekes
Lasse Koivisto	Andritz-Ahlstrom Oy
Martti Pulliainen	Savcor Group Ltd Oy
Kalle Salmi	Kaverner Pulping Oy
Reijo Hukkanen	Stora-Enso Oyj
Markku Lehtinen	Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hannu Hänninen	TKK
Martti Vilpas	TKK
Timo Kiesi	TKK
Irina Aho-Mantila	VTT Valmistustekniikka
Martti Mäkipää	VTT Valmistustekniikka
Maria Oksa	VTT Valmistustekniikka
Pekka Pohjanne	VTT Valmistustekniikka



SOODAKATTILAN UUDET MATERIAALIT

Johtoryhmän kokous
20.3.2001

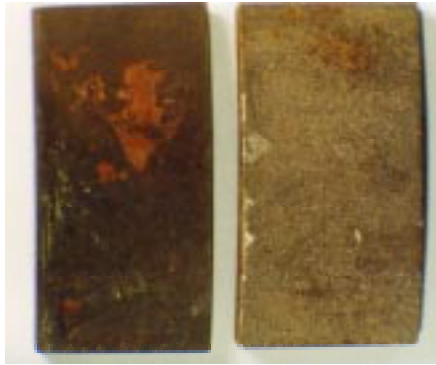


Korroosiokeet

- Koe 1
 - 304L, San 38, San 63 ja San 65
 - näytteet sorvattu komposiittiputkista
 - lämpötila 420°C, pitoaika 65 h, ilma
 - sula noin Na_2S_3 (valmistettu $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$)
- Koe 2
 - 304 ja Alloy 625
 - 425°C, 65 / 115 / 165 h, polysulfidisula, argon



Korroosiokoe 1



Etupinta: 304 L ja San38



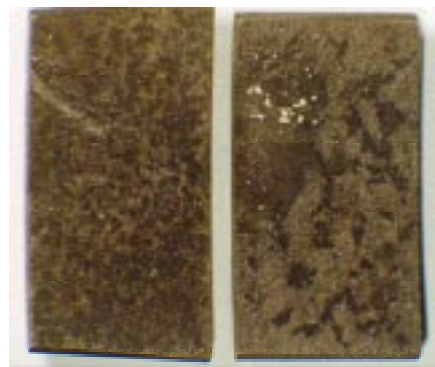
Takapinta: 304 L ja San38



Korroosiokoe 1



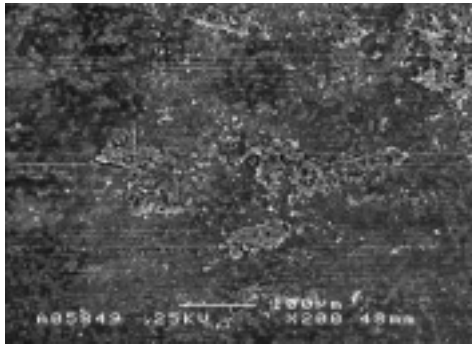
Etupinta: San63 ja San65



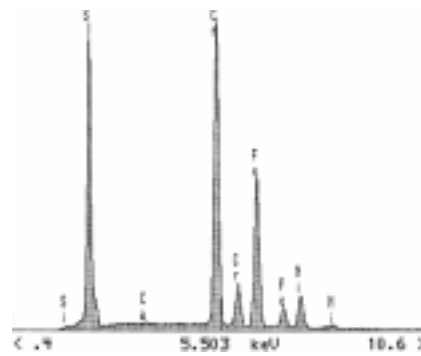
Takapinta: San63 ja San65



Korroosiokoe 1



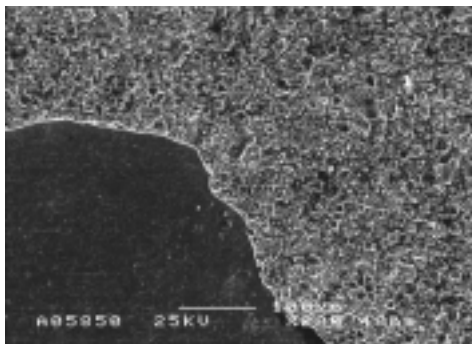
SEM-kuva pinnasta: 304L



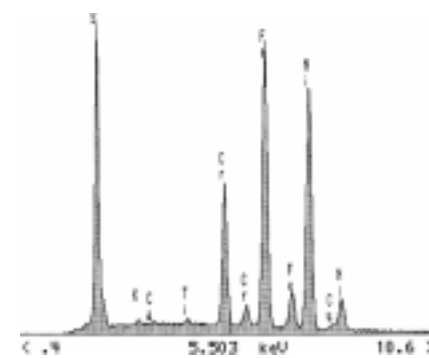
EDS-analyysi kuvasta



Korroosiokoe 1



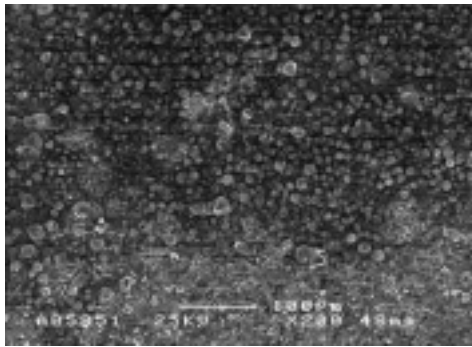
SEM-kuva pinnasta: San38



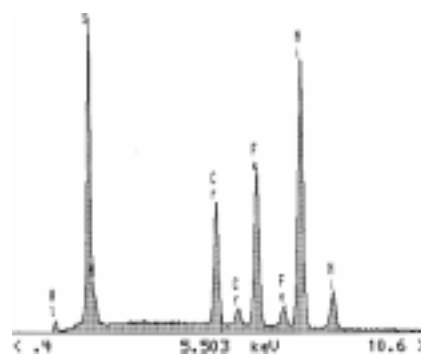
EDS-analyysi kuvasta



Korroosiokoe 1



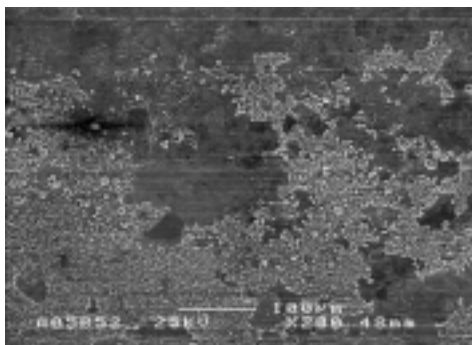
SEM-kuva pinnasta: San63



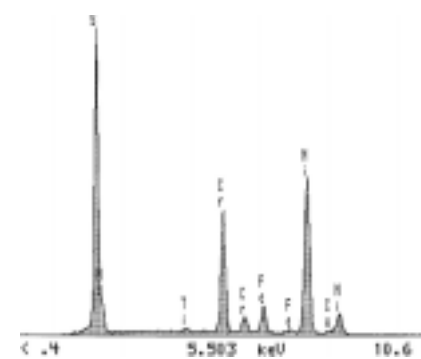
EDS-analyysi kuvasta



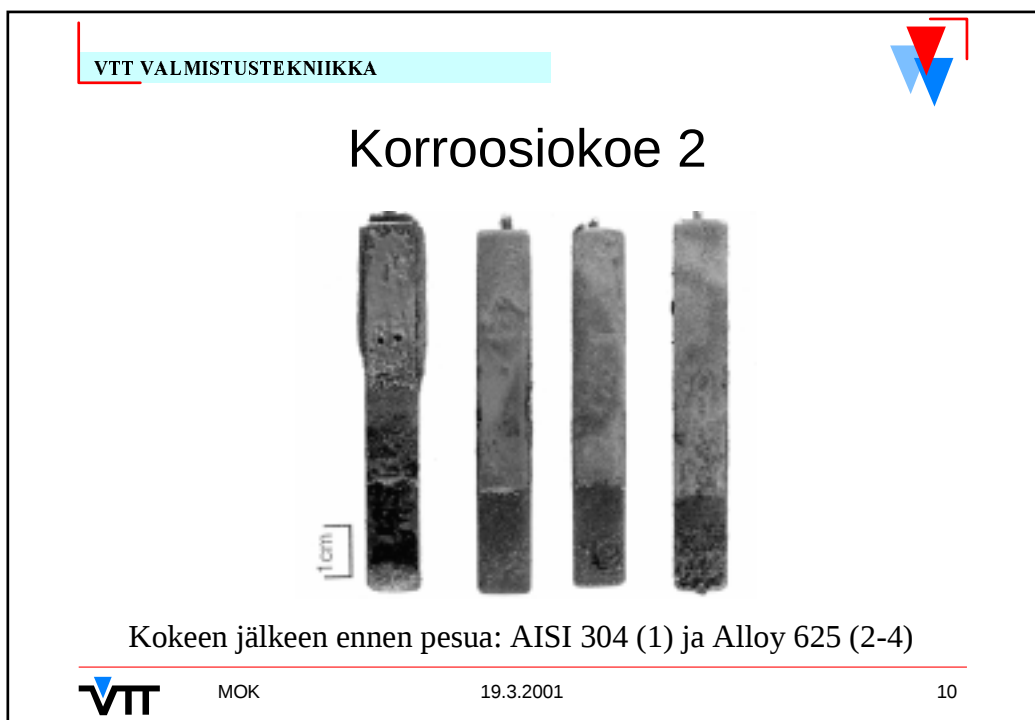
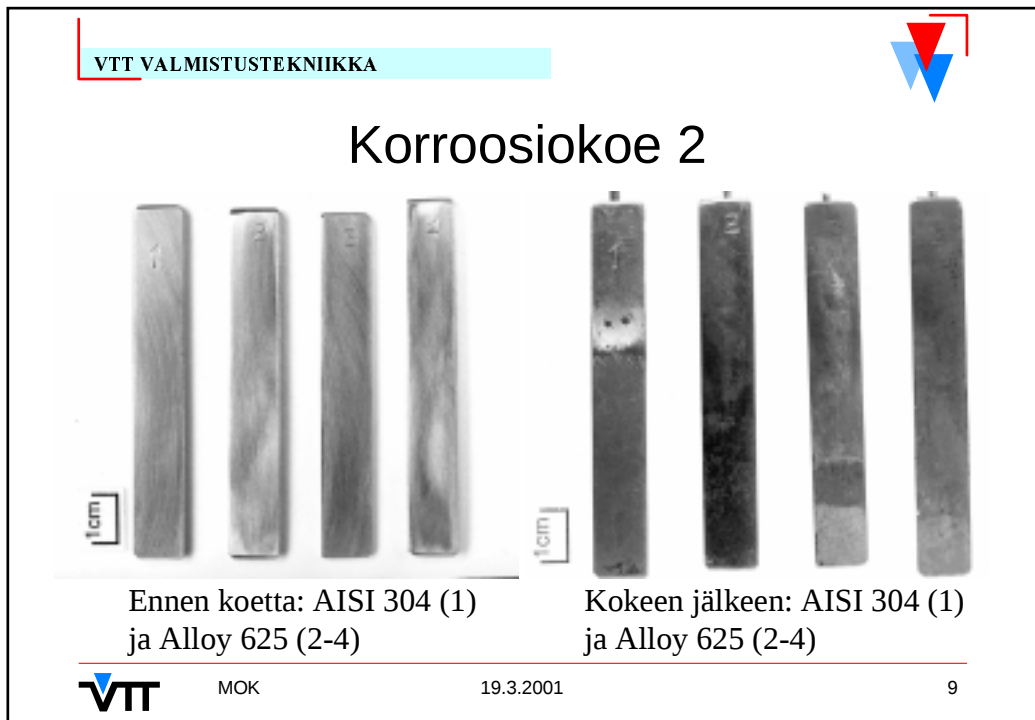
Korroosiokoe 1



SEM-kuva pinnasta: San65



EDS-analyysi kuvasta





Korroosiokoe 1

- Painohäviömittaus peittauksen jälkeen
- Mahd. poikkileikkaushieiden tarkastelu SEM:llä ja EDS:llä

Korroosiokoe 2

- Paksuuden mittaus
- Pinnan SEM- ja EDS-tarkastelu
- Mahd. poikkileikkaushieiden tarkastelu SEM:llä ja EDS:llä

Johdanto

Seuraavassa käydään läpi toimitasuunnitelma, jonka mukaisesti KESTO -ohjelman SOMA-projektiin sisältyvä diplomityön kokeellinen osa on tarkoitus suorittaa. Työn tarkoituksena on tutkia soodakattilan compoundputkien termistä väsymistä spektrisen väsytyssyklin alaisena.

Koemateriaalit

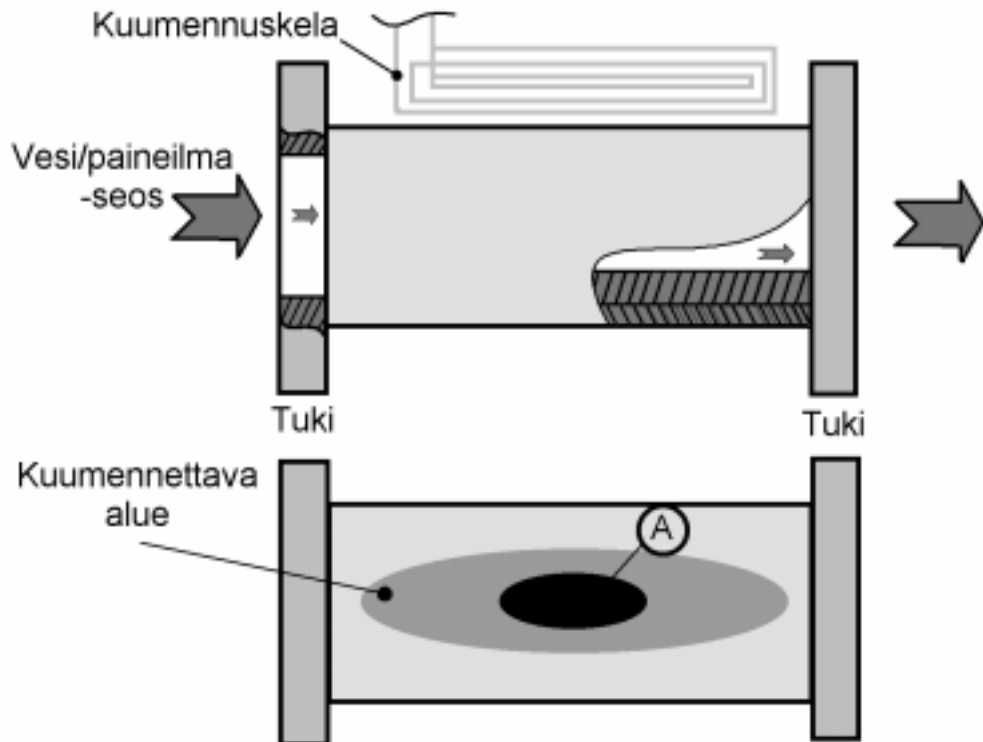
Koemateriaaleiksi on suunniteltu 3R12 (AISI 306L)/CS sekä Sanicro 38/CS -compoundputkia. Mikäli koeaikaa jää jäljelle, saatetaan kokeita tehdä myös Sanicro 63/CS -compoundputkille.

Koelaitteiston kuvaus

Kokeet on tarkoitus tehdä Materiaalitekniikan laboratorion termisen väsymisen koelaitteistolla. Koelaitteistoa on tarkoitus modifioida siten, että siihen liitetään puristin, johon tutkittavat putken voidaan kiinnittää. Kiinnitys estää putkien laajenemisen sekä muodonmuutokset lämpösykliä aikana. Tämä estetty tilanne pyrkii simuloimaan todellisen kattilaputken tilaa, kuva 1.

Kokeissa on tarkoitus käyttää kahdenlaisia lämpösyklejä. Ensiksi on tarkoitus tehdä kokeita, joissa koeputkea lämmitetään tasaisella lämpösyklillä ($T_{\max} = 500^{\circ}\text{C}$ sekä $T_{\max} = 700^{\circ}\text{C}$). Tämän jälkeen tehdään kokeet vaihtuvalla lämpösyklillä. Saatuja tuloksia verrataan toisiinsa, jotta nähtäisiin syklisen kuormituksen vaikutus. Sykliset lämpökuormat on tarkoitus konstruoida todellisista soodakattiloista mitatun lämpötiladatan avulla. Sykliä joudutaan kuitenkin yksinkertaistamaan (kts. menetelmän rajoitukset -kappale).

Lämpösykli saadaan aikaan korkeataajuusinduktion avulla. Tutkittavan putken pinnan läheisyyteen asetetaan induktiosilmukka, jonka avulla putken pintaan voidaan hallitusti kuumentaa. Edellisistä kokeista poiketen koko putkea ei kuumenneta, vaan kuumennus kohdistetaan ainoastaan putken "kruunuun". Tällä tavoin pyritään synnyttämään ja kasvattamaan säröjä hallitusti, jotta lämmityssykliden eroja voidaan vertailla.



Kuva 1 . Yksinkertaistettu kuva suunnitellusta koejärjestelystä. Ylempi kuva kuvaa koejärjestelyä putken päältä ja alempi sivulta [A = säröjen tod. näk. ydintymisalue]

Putken sisäpintaa jäähdytetään johtamalla siihen jatkuvasti paineilman sekä veden seosta (?). Putken ulkopintaa ei jäähdytetä syklien aikana, vaan kaikki jäähdytys tehdään putken sisäpinnalla. Tällä pyritään pitämään putken lämpötilagradientti jatkuvasti todellista vastaavana (ts. ulkopinta sisäpintaa lämpimämpi). Lisäksi putken pinta jäähtyy kuumennuksen jälkeen hitaammin kuin jos jäähdytys oli putken pinnassa.

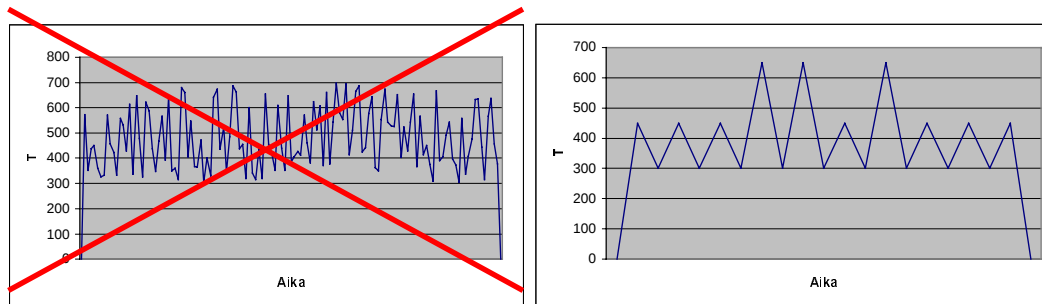
Putken lämpötilaa mitataan kokeen aikana putken "kruunulta", sivulta sekä sisäpinnalta termoelementeillä.

Tutkimusmenetelmät

Kokeiden aikana koekappaleille säröjen ydintymistä ja kasvua on tarkoitus seurata replikatutkimuksin sekä jäännösjännitysmittauksin. Kokeissa syntyneitä säröjä on tarkoitus tutkia metallografisin menetelmin sekä pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM).

Menetelmän rajoitukset

Termisen väsymisen koelaitteiston ohjaustapa asettaa rajoituksia sille, millaista vaihtelevaa lämpösykliä kokeissa voidaan käyttää, kuva 2. Koelaitteistolla on aikaisemmin käytetty ainoastaan tasaista lämpösykliä. Ohjausohjelmaan on mahdollista ohjelmoida muutamia erilaisia lämpösyklejä, joita voidaan ajaa silmukkana. Ohjelma suorittaminen kuitenkin vaikeutuu syklien lukumäärän noustessa, joten järkevänä rajana voidaan pitää noin kymmentä erilaista sykliä.



Kuva 2. Termisen väsymisen koelaitteistolla on mahdollista suorittaa oikean puoleisen kuvaajan kaltaisia vaihtuvia lämpösykliluupeja.

Koelaitteisto asettaa rajoituksia kuumennusnopeudelle sekä -teholle. Ennen kokeita voidaan valita yksi teho, jolla kuumennus tehdään. Tätä arvoa ei voida muuttaa syklistä toiseen. Kuumennuslämpötilaa voidaan säätää muuttamalla aikaa, jonka virta kulkee silmukassa. Myöskään jäähdytysmenetelmää ei ole mahdollista muuttaa syklien välillä.

Kokeiden määrää rajoittaa termisen väsymisen koelaitteiston käyttöaika. Yksi koe vie aikaa kolmesta seitsemään vuorokautta (yksi sykli vie aikaa 1-5 minuuttia), riippuen tarvittavasta kuormitusrytmiästä. Jotta kokeet voitaisiin suorittaa vapaan koelaitteistoajan puitteissa, voidaan työn aikana suorittaa kuormituksen rajuudesta riippuen noin viisitoista koetta. Tämän vuoksi koemateriaalille ei voida suorittaa toistokokeita ja koemateriaalien määrä on oltava rajattu.



JÄNNITYSKORROOSIO KATTILAN ALAS- JA YLÖSAJON AIKANA

Tarkoitus antaa vastaus seuraaviin kysymyksiin:

- Materiaaliin koostumuksen vaikutus säröilyyn
- Suolaseoksen koostumuksen vaikutus säröilyyn
- Mikä merkitys kosteudella l. kideveden määrällä on säröilyssä?

Toteutus:

- Kattilakokeita eri tyyppisissä Na_2S - Na_2CO_3 -suolaseoksissa
- Koematerit AISI 304, Incoloy 825, Inconel 625 ja hiiliteräs (Raex 385 P).



JÄNNITYSKORROOSIO KATTILAN ALAS- JA YLÖSAJON AIKANA

- Materiaalin koostumuksen vaikutus jännityskorroosionkestävyyteen

Perinteiset kattilakokeet: U-sauvat, Lämpötila 20...200 °C (levyn asetusarvo 210 °C), koeaika noin 20 tuntia.

Salt mixture - percentage from dry solids					Results			
Na_2S [%]	Na_2CO_3 [%]	NaOH [%]	Na_2SO_4 [%]	Conc. [g/l H_2O]	AISI 304	Alloy 825	Alloy 625	C-steel
100	-	-	-	480	SCC	SCC	No SCC	No SCC
20	80	-	-	2400	SCC	No SCC	---	---
33.3	33.3	33.3	-	1445	SCC	SCC	---	---
12	53	12	23	4090	SCC	SCC	---	---



JÄNNITYSKORROOSIO KATTILAN ALAS- JA YLÖSAJON AIKANA

- Materiaalin koostumuksen vaikutus jännityskorroosionkestävyyteen

Kattilakokeet suurella lämmitysnopeudella: U-sauvat, Lämpötila 20...270 °C (levyn asetusrvo 350 °C), koeaika 5...6 tuntia.

Salt mixture - percentage from dry solids			Results			
Na ₂ CO ₃ [%]	Na ₂ S [%]	Conc. [g/lH ₂ O]	AISI 304	Alloy 825	Alloy 625	C-steel
100	0	590 ^{A)}	No SCC	No SCC	No SCC	No SCC
90	10	2407 ^{B)}	SCC	SCC	---	No SCC
90	10	4827 ^{C)}	No SCC	---	---	---
80	20	2407 ^{C)}	SCC	---	---	---

^{A)} Na₂CO₃ x10H₂O, ^{B)} Na₂CO₃ x10H₂O + Na₂S x9H₂O and ^{C)} Na₂S x9H₂O



JÄNNITYSKORROOSIO KATTILAN ALAS- JA YLÖSAJON AIKANA

TULOKSIA

Jännityskorroosioon vaikuttavia tekijöitä:

- Vapautuvan kideveden määrä ja sitä kautta syntyvän liuoksen koostumus
- Lämpötila ja aika, jonka aikana suolaseoksessa on vapautunutta kidevettä

Materiaalin koostumuksen:

- Compoundputkimateriaalien kestävyys: Inconel 625 > Incoloy 825 > AISI 304
- Raex 385 P hiiliteräs on ollut kokeissa jännityskorroosionkestävyydeltään yhtä hyvä Inconel 625 nikkeliseos