

MNN/PLA

12.3.2013

1(8)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KESTOISUUSTYÖRYHMÄN KOKOUS 1/2013

AIKA: 23.1.2013 klo 12.00 – 15.00

PAIKKA: Imatran Valtionhotelli, Imatra

OSALLISTUJAT:

Reijo Hukkanen	Stora Enso Oyj, Oulun tehdas
Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa, siht.
Martti Hirttiö	Metsä Fibre Oy, Äänekoski
Kalle Salmi	Metso Power Oy, Tampere
Taisto Rajala	Metso Power Oy, Tampere
Ari Santavuori	If Vahinkovakuutus Oy, Helsinki
Pekka Salmi	Inspecta Oy
Kalle Kostamo	Metsä Fibre Oy, Kemi
Jari Mattila	Efora, Oulu

LIITE 1 Yhteenveto liitteistä 2-3

LIITE 2 VTT, Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower furnace environments – draft report 26.11.2012

LIITE 3 VTT, Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower furnace environments – presentation 19.12.2012

JULKAISU

Soodakattilayhdistyksen kotisivuilla

Tiedotetaan sähköpostilla:

Hallitus, Kestoisuustyöryhmä, Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöt

Yhdyshenkilöt, Sihteeristö



1 POISSAOLOILMOITUKSET

Hannu Hänninen	Aalto-yliopisto, Espoo
Lauri Mattila	UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari
Lasse Koivisto	Andritz Oy, Varkaus
Tatu Pekkarinen	YIT Teollisuus Oy
Pekka Pohjanne	VTT, Espoo

2 ASIALISTA

Hyväksyttiin asialista

3 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

3.1 Edellisen kokouksen päätökset

Edellisen kokouksen pöytäkirja hyväksyttiin muutoksitta.

3.2 KOKOUKSESSA sovitut asiat:

Vaurioraportoinin kehittäminen

- vaurioyhdyshenkilöiden kokous Konemestaripäivillä
- vauriokeskustelun pohjaksi valmiit otsikot
- kokemuksia ilmailusta: lentokoneissa havaituista vioista tiedotetaan kaikille halukkaille sähköpostilla

Oulun Yliopisto, Savukaasuräjähdyks soodakattilassa

- työryhmä hyväksyi projektin
- Vaikka tavoite jäi saavuttamatta, aihetta oli tutkittu laajasti ja kerätty kattava viiteluettelo

Soodakattilan materiaalit ja tarkastukset (Suojaussuosituksen päivitys)

- Työryhmä hyväksyi tekstin (Kappale 2 Soodakattilapinnoitukset) pienillä kommentteilla

4 SKYREC: VALMISTUNEET PROJEKTIT

Tähän mennessä valmistuneet projektiraportit löytyvät yhdistyksen nettisivuilta: <http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/SKYREC.html>

5 SKYREC: KÄYNNISSÄ OLEVAT PROJEKTIT

5.1 VTT, Tulipesän sondikokeiden analysointi ja korroosionopeuksien määrittäminen (WP3)

Boildecin sondikokeiden analysoinnin tekee VTT.

Tilanne:

Loppuraportti saatu ja kommentoitu johtoryhmän kokouksessa 19.12.2012, raportti, LIITE 2 ja esitys, LIITE 3.



Aikataulu:

Päivitetty loppuraportti tulossa hiihtolomiin mennessä.

6 MUUT PROJEKTIT

6.1 Aktiivihiihden mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen

Tausta:

Aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että aktiivihiihdisuodatus alentaa noin 40 – 50 % lisäveden orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuutta. Kokeet on toteutettu laboratorio-, pilot- ja tehdasmittakaavassa. Kevään 2012 aikana on selvitetty otsonointi- ja vetyperoksidihapetusten vaikutusta TOC:n reduktioon. Selvitetty katalysoinnin vaikutuksia aktiivihiihden toimivuuteen. Lisäksi lyhyt koe aktiivihiihden ja sekavaihtimen toimivuudesta toisiinsa sekoitettuna.

Tavoite:

Aktiivihiihdisuodatuksen mitoituksella on suuri merkitys tehdasmittakaavassa. Tässä työssä suodattimen tilavuus suhteessa virtaamaan sekä viipymään optimoidaan. Lisäksi TOC-mittauksissa on havaittu merkittäviä eroja eri laitteiden välillä, joten työssä varmistetaan aktiivihiihdisuodatuksen mahdollistama TOC-reduktion suuruus.

Tilanne:

Valitettavasti projekti ei ole edennyt toivotulla tavalla, kokeet päästiin aloittamaan vasta vuoden vaiheessa koska sekä JP Analysisen sekä Oulun Yliopiston TOC-laitteita on jouduttu huoltamaan. Alustavia tuloksia odotettavissa helmikuussa 2013.

Kommentit:

Aikataulu:

Alustavia tuloksia odotettavissa helmikuussa 2013.

6.2 ICT-pinnoitteen testaus, Rodbay Oy

ICT-pinnoite testissä toukokuusta 2012 lähtien Oulun kattilan katossa, maalattu alue erottui kuukauden verran tulipesäkamerassa, mutta nyt ei enää näy.

Jotta pinnoitteesta olisi hyötyä, tulisi sen kestää vähintään vuosi.

Raumalla mustan ja komppoundin raja sekä sularännialue pinnoitettu



6.3 Soodakattilan materiaalit ja tarkastukset (Suojaussuosituksen päivitys)

Tavoite:

Päivittää vuoden 1997 suojaussuositus seuraavin osin (suluissa tekijä):

- Soodakattilan materiaalit ja hitsaukset (KTR)
- Soodakattilapinnoitukset (VTT)
- Paineastian korjaukset (KTR)
- Soodakattilatarkastukset (Inspecta)
- Soodakattilan vauriot (KTR)

Tilanne:

Suosituksen nimi tulisi muuttaa paremmin kuvaavaksi, esim. opas tai käsikirja. Valmiit kappaleet löytyvät projektitietokannasta, linkki:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/apps/soodakattilayhdistys/BoilerTb.nsf/801ad69cf8bd8583c22579c30040ce82/ba0c3d78caa3fbfcc2257a53002af033?OpenDocument>

Kappale 1 Soodakattila materiaalit ja hitsaukset:

- Sihteeri on päivittänyt alkuosan kappaleesta, lähinnä soodakattilassa yleisesti käytössä olevien materiaalien osalta

Kappale 2 Soodakattilapinnoitukset.

- VTT päivittänyt pinnoiteosuuden. Hyväksyttiin kokouksessa 13.9.2012

Kappale 3 Paineastian korjaukset

- Sihteeri on päivittänyt kappaleen 3 standardit, paineastian korjaukset vastaamaan tämän hetken tilannetta. Käytiin läpi ja hyväksyttiin kokouksessa 8.9.2011

Kappale 4 Soodakattilatarkastukset

- Inspecta on päivittänyt suosituksen tarkastusosuuden. Käytiin läpi ja hyväksyttiin kokouksessa 8.9.2011.

Kappale 5. Soodakattilan vauriot.

- Sihteeri kerää viimeisen kymmenen vuoden ajalta tyypillisiä vauriota tietokannasta. Kommentoidaan työryhmän kokouksissa.

Vuoden 1997 suojaussuositus:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/1997/SKY_697_Soodakattilaitoksen_suojaussuositus_1997.pdf

Sihteeri koostaa tämän hetkisestä materiaalista yhtenäisen kokonaisuuden.

7 VAURIOT

7.1 [5/2012](#), Imatran tehtaas, SK5, keittoputkisto

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Keittopinnan alalieriön liitanta on kauttaaltaan ohentunut ulkopuolisesta korroosiosta johtuen. Keittoputkiston ikä vaikuttanut vaurion laajuuteen ja toistumiseen.

Myös ulkomailla on raportoitu vastaavassa kohdassa happaman natriumvetysulfaatin aiheuttamaa korroosiota, jota edesauttaa pesun jälkeen alalieriön yläpinnalle jäävät suolakerrostuma. Nuohomet aiheuttavat ohentuneeseen keittopintaan suurentunutta värähtelyrasitusta. Kuvissa on havaittavissa mahdollisia värähtelyn aiheuttamia magnetiittikalvon vaurioita lieriön ulkopinnan tasolla.

7.2 [6/2012](#), Imatran tehtaas, SK5, keittoputkisto

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Keittopinnan alalieriön liitanta on kauttaaltaan ohentunut ulkopuolisesta korroosiosta johtuen. Keittoputkiston ikä vaikuttanut vaurion laajuuteen ja toistumiseen.

Myös ulkomailla on raportoitu vastaavassa kohdassa happaman natriumvetysulfaatin aiheuttamaa korroosiota, jota edesauttaa pesun jälkeen alalieriön yläpinnalle jäävät suolakerrostuma. Nuohomet aiheuttavat ohentuneeseen keittopintaan suurentunutta värähtelyrasitusta. Kuvissa on havaittavissa mahdollisia värähtelyn aiheuttamia magnetiittikalvon vaurioita lieriön ulkopinnan tasolla.

7.3 [7/2012](#), Imatran tehtaas, SK6, sularännien hajotushöyry

Kestoisuustyöryhmän lausunto

Hajotushöyryn puuttuminen edesauttanut sularännien pinnoitteen vaurioitumista.

Muissakin kattiloissa on vaurioraportoitu vastaavanlaisia vaurioita. Lisääntynyt sularännikoteloiden huuhtelu on mahdollisesti edesauttanut näitä vaurioita (rännin pinnassa enemmän kosteutta)

7.4 [8/2012](#), Imatran tehtaas, SK6, ekonomaiseri

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Lausunto annetaan vauriokeskustelun jälkeen

7.5 [9/2012](#), Kaukaan sellutehdas, ekonomaiseri

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Särön aiheuttama vuoto pääjakokammion ja elementin yhdysputken välisen hitsin muutosvyöhykkeessä alajakokammion puolella. Syynä elementin sivuttaisheilunta.



7.6 10/2012, Rauman sellutehdas, verhoputkisto

Kestoisuustyöryhmän lausunto:
Perussyynä kamien muodostuminen tulistimiin/kattoon.

7.7 11/2012, MB Kemin tehtaas, ekonomaiseri

Kestoisuustyöryhmän lausunto:
Nuohoinputken puhtaanapitoon tarkoitettu kokeellinen puhallushöyryputki vääntynyt kamin pudotessa. Höyrysuihku kulutti putken puhki.

7.8 Mönsterås, kaasuräjähdyks

Käytiin läpi selostus Mönsterösin tehtaalla sattuneesta kaasuräjähdyksestä, jossa useampi ihminen joutui sairaalahoitoon hengitettynä savukaasuja.

Syy räjähdykseen oli seisokin aikana polttolipeäsäiliöissä muodostuneet väkevät hajukaasut, jotka pääsivät vuotavasta HS-venttiilistä ja auki jääneestä käsiventtiilistä johtuen takaperin lipeänlämmittimen tyhjennysventtiilistä lattiakanaaleihin. Hajukaasut räjähtivät hitsauskipinästä.

8 PROJEKTIEHDOTUKSET

8.1 Sularännit, käyttöongelmat ja soodasulan juoksevuus

Tavoitteena on selvittää ongelmien riippuvuus keiton alkalista ja sulfiditeetista. Kokemuksen mukaan alle 35%-36% ja yli 45% sulfiditeetti aiheuttaa käyttöongelmia.

Nuohous vaikuttaa sulavirran vaihteluun -> putoavat kamit voivat aiheuttaa sulasyöksyn.

8.2 LUT, Sulavirran vaihtelu ajan funktiona

Soodakattilayhdistys on aikojen kuluessa tehnyt työtä sulavirtojen ja sulakourujen kanssa. Kuitenkaan sulavirran vaihtelusta ajan funktiona yksittäisen kourun läpi ja koko kattilasta ei ole tehty raporttia.

Ehdotukseni on että Soodakattilayhdistys käynnistäisi tutkimuksen jossa esimerkiksi kolmen kattilan sulavirrat analysoidaisiin.

9 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

Työryhmien kuulumiset siirrettiin seuraavaan kokoukseen.



10 MUUT ASIAT

10.1 Projektitietokanta

Yhdistyksen sivuille on tehty projektitietokanta keskustelufoorumin tilalle. Tarkoitus on parantaa yhdistyksen projektienhallintaa ja raportointia. Sivulta löytyy projektiehdotukset, aktiiviset projektit sekä mahdollisuus jättää oma projektiehdotus

Linkki tietokantaan:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/projektit.html>

10.2 Vauriotietokanta

Onko mahdollista saada haussa tuorein vaurio ensimmäiseksi? Osalla kattiloista ei toimi rajoitettu haku.

10.3 Muutokset työryhmässä

Toivotettiin tervetulleiksi uudet kestoisuustyöryhmän jäsenet: Kalle Kostamo, Metsä Fibre, Kemi ja Taisto Rajala, Metso Power.

Tapio Huuska, Metsä Fibre, Kemi jäi eläkkeelle vuoden 2012 lopussa ja Kalle Salmi, Metso Power jää eläkkeelle maaliskuussa 2013.

11 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous sovittiin pidettäväksi 9.5.2013.

Vakuudeksi

Markus Nieminen

Liite 1

Yhteenveto liitteistä 2-3

Liite 2

YHTEENVETO

**VTT, Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower
furnace environments – draft report 26.11.2012**



Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower furnace environments

Author: Pekka Pohjanne

Confidentiality: Confidential

Report's title Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower furnace environments		
Customer, contact person, address Soodakattilayhdistys ry.		Order reference
Project name SKYREC Sondi		Project number/Short name 33189
Author(s) Pekka Pohjanne		Pages 70/
Keywords		Report identification code VTT-R- DRAFT
Abstract Current trend to increase electricity generation of recovery boilers possess new demands for the tube materials, when the material temperatures are increased due to higher steam values. Operational experiences from current boilers have shown that the AISI 304 L compound tubes suffer from accelerated corrosion in furnace wall, when the material temperatures are increased from normal values due to the internal surfaces scales. This indicates that the AISI 304L might be unsuitable cladding material for the future high pressure boilers. The goal of this study was to test different potential cladding materials in actual recovery boiler lower furnace conditions, but at higher than current temperatures, in order to determine what materials could be suitable for future high pressure recovery boilers. The work was divided so that specimen manufacturing and probe tests were conducted by Boildec Oy, whereas the sample characterisation was performed by VTT. The test materials were carbon steel; austenitic stainless steels 3R12, 3RE28 and 3XRE28; high nickel alloys Sanicro 28, HR11N and Sanicro 38 and two nickel base alloys Super 625 and Sanicro 67. The test temperature was 440°C and test duration varied from 1000 to 2700 hours. The results show that materials with superior corrosion resistance to AISI 304L exist and hence corrosion in lower furnace can be managed by proper material selection. According to the wall thickness measurements the test materials can be put in following order based on increased resistance: C-steel << 3R12 < HR11N ~ Sanicro 38 (~ Sanicro 28 ~ 3RE28/3XRE28) < Super 625 < Sanicro 67.		
Confidentiality	{Public, Restricted, Confidential}	
{Add city} 26.11.2012		
Written by	Reviewed by	Accepted by
{Clarification of signature, position}	{Clarification of signature, position}	{Clarification of signature, position}
VTT's contact address		
Distribution (customer and VTT) {Customer, VTT and other distribution. In confidential reports the company, person and amount of copies must be named. Continue to next page when necessary.}		
<i>The use of the name of the VTT Technical Research Centre of Finland (VTT) in advertising or publication in part of this report is only permissible with written authorisation from the VTT Technical Research Centre of Finland.</i>		

Contents

1	Introduction.....	3
2	Goal.....	3
3	Experimental.....	3
3.1	Test materials, specimens and evaluation procedures	3
3.2	Test conditions.....	6
4	Results	7
4.1	Probe test No.1	7
4.1.1	Corrosion rates	8
4.1.2	Metallography	18
4.2	Probe test No.2	20
4.2.1	Corrosion rates	21
4.2.2	Metallography	30
4.3	Probe test No. 3	32
4.3.1	Corrosion rates	33
4.3.2	Metallography	43
4.4	Probe test No. 4	45
4.4.1	Corrosion rates	46
4.4.2	Metallography	56
4.5	Probe test No. 5	58
4.5.1	Corrosion rates	59
4.5.2	Metallography	66
5	Conclusions.....	68
6	Summary	70

5 Conclusions

The coordinate measurement machine proved its applicability to determine wall thickness profiles from difficult shapes. In current samples the biggest problem was the specimen alignment i.e. it was impossible to measure the thickness profiles exactly from the same location before and after the test. This caused some error to the measurement results; especially to the maximum corrosion rates calculated from the tests No. 1-3, where the materials were tested in as received condition i.e. when the samples had surface scratches and dents. Another factor that affected to the accuracy was the surface deposits that were not completely removed during washing. Their adverse effect was clearly seen as negative average corrosion rate values in most resistant alloys.

Tests showed that polishing together with longer exposure time improves the accuracy, both of which are recommended to be used in future tests and especially when evaluating highly alloyed materials.

In current tests highest corrosion rate, ca. 4 mm/a, was measured for the carbon steel as expected. The traditional composite tube material 3R12 had the second highest corrosion rate, order of 0.6...0.8 mm/a at the temperature of 440 °C and ca. 0.4 mm/a at 430 °C (Figure 61). Based on the results of 3R12 the reproducibility of the probe tests was so good that different probe tests can be used to compare different materials to each other.

In current tests no marked differences were observed between Sanicro 38 and HR11N. Their maximum corrosion rates were in the order of 0.15...0.2 mm/a in the long term (>2000 h) test, i.e. about four times lower than that of the 3R12 (Figure 61).

In short term (<1000 h) tests the corrosion resistance of the 3RE28, 3XRE28 and Sanicro 28 were as good as or even slightly better than that of the Sanicro 38 or HR11N (Figure 62). Because the 3RE28 and 3XRE28 were not included in the long term tests and no results were obtained for the Sanicro 28 from the long term test No. 5, due to the misplaced thermocouple, it is recommended to verify their promising performance with long term tests in the future.

The results for the Super 625 were inconsistent. In short term 750 h test at 430 °C it's corrosion resistance was only slightly better than that of the 3R12, but in the long term 2154 h test at 440 °C it's resistance was even better than that of the Sanicro 38 and HR11N (Figure 62). Similar kind of behaviour was observed in Sanicro 67. In short term 744 h test at 440 °C it's corrosion resistance was only slightly better than that of the Sanicro 38 and HR11N, but in the long term 2154 h test at 440 °C it's corrosion rate was only 1/10 of that of the Sanicro 38 and HR11N and 1/5 of the Super 625.

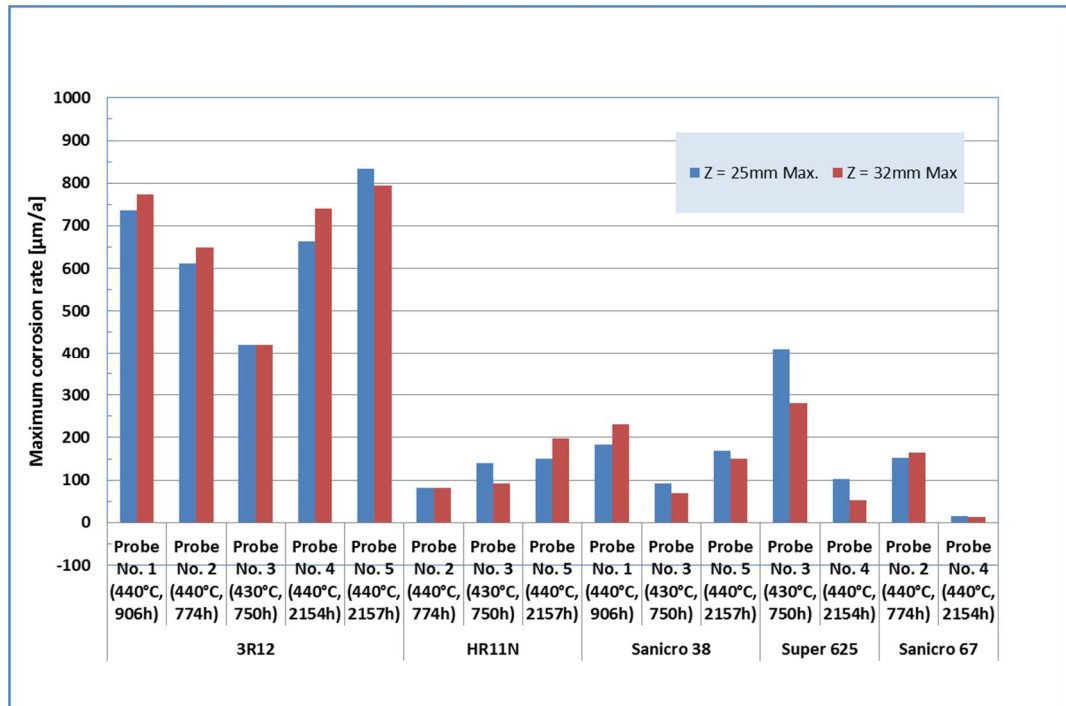


Figure 61. Calculated maximum corrosion rates for the 3R12, HR11N, Sanicro 38, Super 625 and Sanicro 67 materials from the probe test No. 1 - 5.

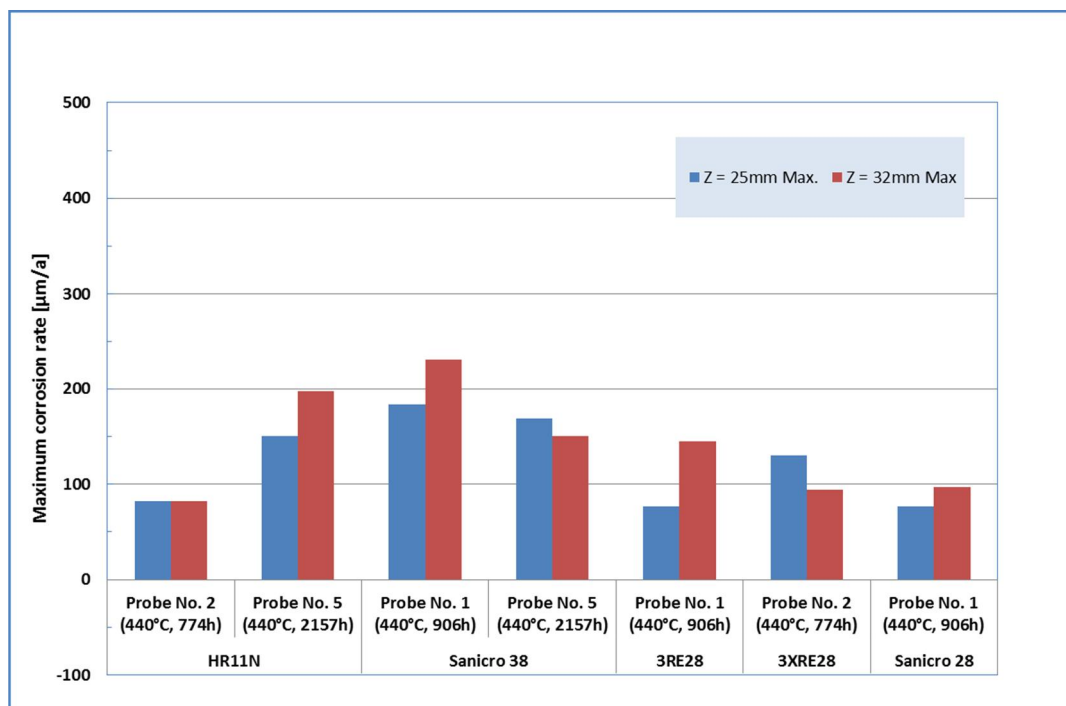


Figure 62. Calculated maximum corrosion rates for the 3RE28, 3XRE28, HR11N and Sanicro 38 from the probe test No. 1-3 and 5.

6 Summary

The aim of this study was to evaluate different potential cladding materials for compound tubes in actual recovery boiler lower furnace conditions. The work was divided so that specimen manufacturing and probe tests were conducted by Boildec Oy, whereas the sample characterisation was performed by VTT. The test materials were carbon steel; austenitic stainless steels 3R12, 3RE28 and 3XRE28; high nickel alloys Sanicro 28, HR11N and Sanicro 38 and two nickel base alloys Super 625 and Sanicro 67. The test temperature was 440°C and test duration varied from 1000 to 2700 hours.

The results show that materials with superior corrosion resistance to AISI 304L exist and hence corrosion in lower furnace can be managed by proper material selection. Corrosion resistance in lower furnace conditions is improved by alloying, especially by chromium. According to the wall thickness measurements the test materials can be put in following order based on increased resistance:

C-steel << 3R12 < HR11N ~ Sanicro 38 (~ Sanicro 28 ~ 3RE28/3XRE28) < Super 625 < Sanicro 67

The carbon steel corroded at extremely high rate (>4 mm/a) at the temperature of 440 °C. Also the 3R12 (AISI 304L) corrodes in such high rate (>0.6 mm/a) at 440 °C that it can't be safely used in the lower furnace in the future high pressure recovery boilers, where material temperatures are expected to rise to level of 400...440 °C. The performance of the Sanicro 38 and HR11N was satisfactory in long term test at 440 °C ($CR_{max} \sim 0.1...0.2$ mm/a), but it is recommended to verify their performance also at lower temperature (400 °C). The new material group which looks promising is the high chromium alloys 3RE28/3XRE28 and Sanicro 28, but their long term performance should be verified in the future. If the corrosion resistance is the determining factor, the Sanicro 67 seems to be a good material for future boilers, since its corrosion rate was lowest from the studied alloys. Based on the long term test the Super 625 in the second best choice for the future high pressure boiler, but because of its relatively high corrosion rate in short term test more and longer tests are needed to verify its performance.

Liite 3

YHTEENVETO

**VTT, Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower
furnace environments – presentation 19.12.2012**

Characterisation of probe test samples exposed to BLRB lower furnace environments

SKYREC JR 19.12.2012

Pekka Pohjanne, VTT

Test materials

Material	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%Mo	%Fe	%Cu	Other
Carbon steel									
P265GH	≤0.2	0.80 - 1.40	≤0.40	≤0.30	≤0.30	≤0.08	bal.	≤0.30	
Austenitic stainless steels									
3R12 [304L]	≤0.02	1.3	0.4	18.5	10.5	...	bal.	...	
3RE28 ^{A)} [310]	0.023	1.77	0.39	25.6	21.0	0.06	bal.	0.06	
3xRE28 ^{A)}	0.012	1.63	0.35	25.2	21.3	0.25	bal.	0.14	
High nickel alloys									
Sanicro 28 [UNS N08028]	≤0.02	≤2.0	≤0.6	27	31	3.5	bal.	1.0	
Sanicro 38 [mod. 825]	≤0.03	0.8	≤0.5	20	38.5	2.6	bal.	1.7	Ti: 0.8
HR11N	0.03	2.0	0.6	27.0	38	0.5 - 1.5	bal.		N: 0.1
Nickel base alloys									
Sanicro 67 [Alloy 690]	0.02	≤0.5	≤0.5	30	60	...	bal.	...	Co: <0,05
Super 625	0.1	≤0.5	≤0.5	20 -23	bal.	...	≤5.0	...	W: 3.15-4.15 Al: 0.4 Co ≤ 1.0

A) Tube samples analysed by VTT

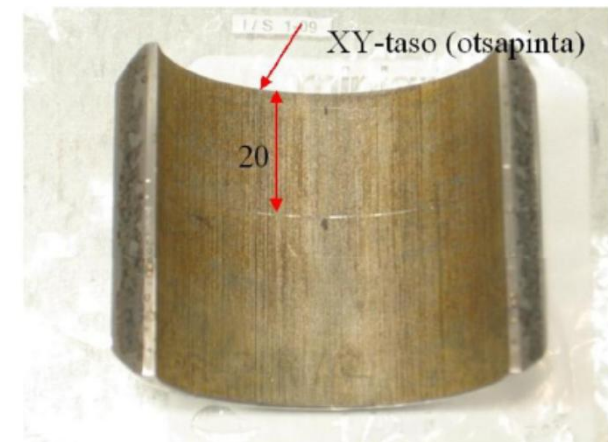
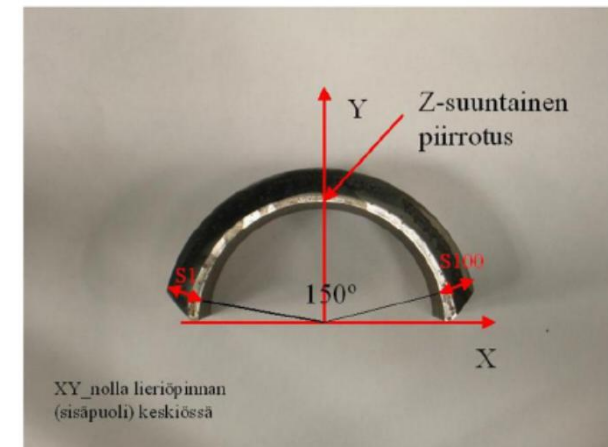
Corrosion resistance evaluation – Procedures

A. Wall thickness measurements before and after testing (corrosion rate)

- Thickness profiles at a function of circumference from three locations (axial direction)
→ average & maximum WT losses

B. Characterisation and corrosion mechanism

- SEM/EDS from metallographic cross sections after/before the profile measurements
 - Few analysis also from unexposed reference samples
- ✓ Tests No.1...3 - Materials tested in as received condition
- ✓ Tests No.4 and 5 - The outer and inner surfaces machined and hand grinded/polished



Measurements with coordinate measurement machine

Corrosion resistance evaluation – Procedures



Probe No. 2 – Specimens tested in as received condition



Probe No. 4 - Surfaces machined and hand grinded/polished

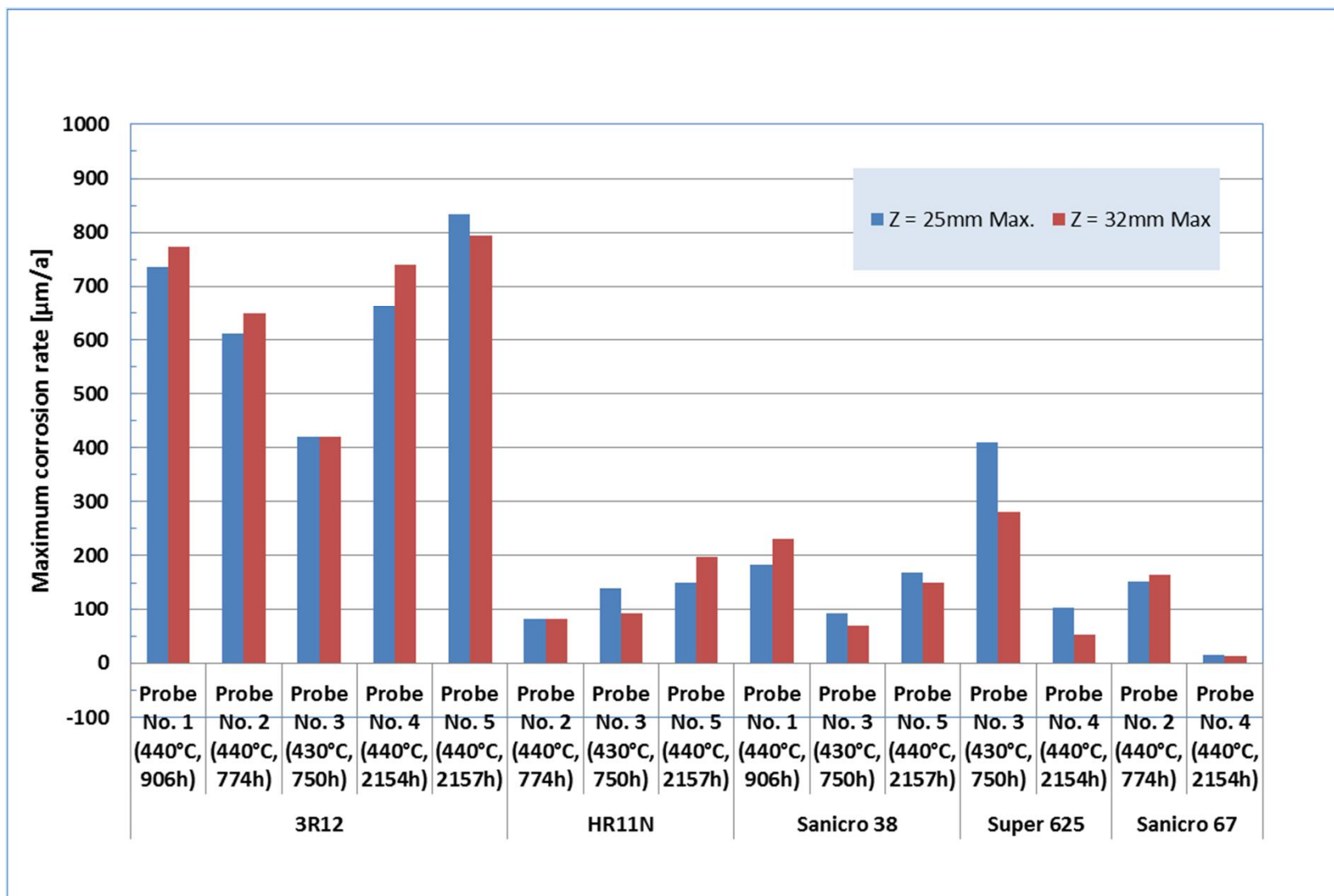


Test matrix

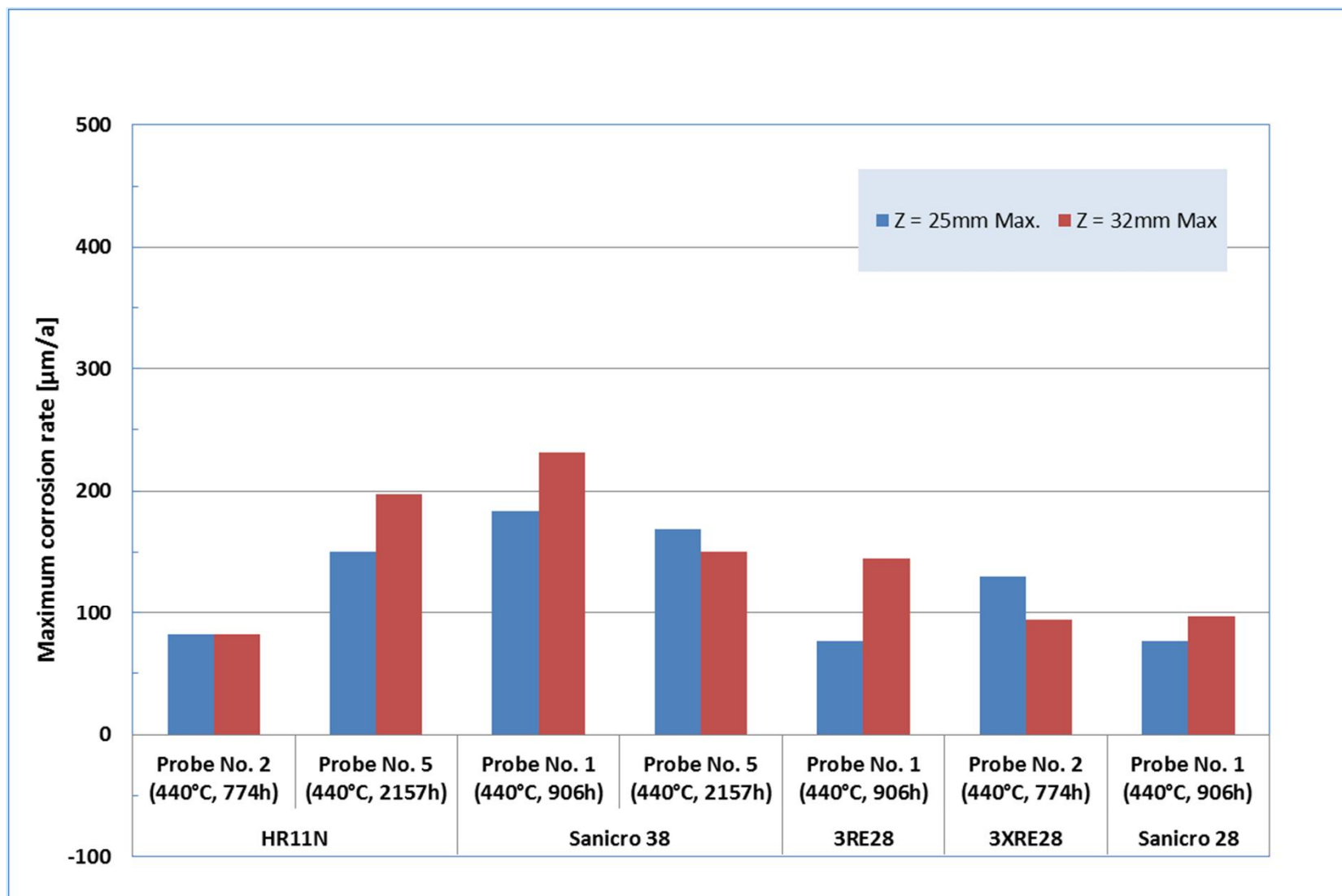
Test No.	Test materials	Test duration, hours		Effective temperature
		Total	Effective ^{A)}	
1	3R12(AISI 304L), 3RE28(AISI 310S), Sanicro28, Sanicro38	1000	906 (pressure over 9 bar)	ca. 440°C
2	3R12(AISI 304L), 3XRE28, HR11N, Sanicro67,	1000	744 (pressure over 8 bar)	ca. 440°C
3	3R12(AISI 304L), HR11N, Sanicro38, Super625	1000	750 (pressure over 7 bar)	ca. 430°C
4	3R12(AISI 304L), carbon steel (P265GH), Sanicro67, Super625	2700	2154 (pressure over 9 bar)	ca. 440°C
5	3R12(AISI 304L), Sanicro28, HR11N, Sanicro38	2630	2157 (pressure over 9 bar)	ca. 440°C

^{A)}Used in corrosion rate calculations

Summary



Summary



Summary

- Corrosion resistance in lower furnace conditions is improved by alloying, especially by chromium.
- According to the wall thickness measurements the test materials can be put in following order based on increased resistance:

C-steel << 3R12 < HR11N ~ Sanicro 38 (~ Sanicro 28 ~ 3RE28/3XRE28)
< Super 625 < Sanicro 67

- Carbon steel corroded at extremely high rate (>4 mm/a) at the temperature of 440 °C.
- 3R12 (AISI 304L) corrodes in such high rate (>0.6 mm/a) at 440 °C that it can't be safely used in the lower furnace in the future high pressure recovery boilers,

Summary

- Performance of the Sanicro 38 and HR11N was satisfactory in long term test at 440 °C ($CR_{\max} \sim 0.1 \dots 0.2$ mm/a), but it is recommended to verify their performance also at lower temperature (400 °C).
- The new material group which looks promising is the high chromium alloys 3RE28/3XRE28 and Sanicro 28, but their long term performance should be verified in the future.
- If the corrosion resistance is the determining factor, the Sanicro 67 seems to be a good material for future boilers, since its corrosion rate was lowest from the studied alloys.
- Based on the long term test the Super 625 is the second best choice for the future high pressure boiler, but because of its relatively high corrosion rate in short term test more and longer tests are needed to verify its performance.

Summary

- In current samples the biggest problem was the specimen alignment i.e. it was impossible to measure the thickness profiles exactly from the same location before and after the test.
 - Some error to the measurement results; especially to the maximum corrosion rates
 - Most significant when samples had surface scratches and dents.
- Another factor that affected to the accuracy was the surface deposits that were not completely removed during washing.
- Tests showed that polishing together with longer exposure time improves the accuracy, both of which are recommended to be used in future tests and especially when evaluating highly alloyed materials.