

Finnish Recovery Boiler Committee

SKYREC STEERING COMMITTEE MEETING IV

TIME January 8th, 2009 10.00 – 15.30

PLACE Åbo Akademi, Office Axelia, Piispankatu 8, Turku

PARTICIPANTS

Steering group:

Lasse Koivisto	Andritz Oy, Varkaus
Matti Tikka	UPM-Kymmene Oyj, Kymi, chairman
Keijo Salmenoja	Suomen Soodakattilayhdistys ry, Rauma
Kalle Salmi	Metso Power Oy, Tampere
Timo-Pekka Veijonen	Stora Enso Oyj, Pulp Competence Center Imatra
Timo Peltola	Sandvik, Helsinki
Mika Paju	Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno

Group members without a right to vote:

Esa Vakkilainen	LUT, Project coordinator, Lappeenranta
Outi Pisto	Finnish Recovery Boiler Committee, secretary

Mikko Hupa	Åbo Akademi, Turku
Patrik Yrjas	Åbo Akademi, Turku

APPENDIXES

- | | |
|-----|---|
| I | Offer: Åbo Akademi: Laboratory combustion tests for co-firing black liquor and biomass (in English) |
| II | Offer: Åbo Akademi: Laboratory tests of corrosion chemistry with high steam values in reducing conditions (in Finnish) |
| III | Offer: Offer: Åbo Akademi: Mill tests of corrosion chemistry with high steam values in reducing conditions (in Finnish) |
| IV | Offer: LUT: Recovery boiler as a once-through boiler – concept study (in Finnish) |
| V | Offer: TKK: Recovery boiler as a once-through boiler – concept study (in Finnish) |

DISTRIBUTION

Steering committee and their substitutes
Durability Sub Committee
Board of the FRBC
OMP, MNN, EPT/Arkisto



1 ABSENCES

Hiroshi Matsuo, Martti Korkiakoski, Reijo Hukkanen ja Sanna Siltala were not able to attend the meeting.

2 MEMO OF THE PREVIOUS MEETING

The memo of the previous steering group meeting was accepted.

The memos of the steering group meetings were decided to be written in English.

3 BUDGET

Sumitomo's attendance to the project increased the project budget with 105.000 € and is 805.000 € (see item 5). At the moment the volume of orders covers 15 % of the budget.

Intermediate project reports have been sent to Tekes according to the reporting schedule without cost account. Next reporting in May.

4 SCHEDULE

The original schedule of the project is January 1, 2008 – June 30, 2010. Starting of the project was delayed because the decision of the project funding was received from Tekes in late April 2008.

It is possible to apply a one year extension to the project. The secretariat will prepare to apply for extension if needed.

5 SUMITOMOS ATTENDANCE TO THE PROJECT

Sumitomo has accepted FRBC's proposal to attend the SKYREC project by accepting to pay 55.000 € of the preceding project SoTu II and the costs of SKYREC project (50.000 €). The sum 105.000 € is divided evenly to the years 2008 - 2010. Full 105.000 € has to be paid by Sumitomo before the detailed results of the SoTu II are given.

The first invoice (35.000 €) is sent and payment is received. The second invoice (35.000 €) will be sent in August 2009.

Project coordinator confirms the Sumitomo's formal member and his substitute to the steering group of the project. Secretary will supply the project material to Sumitomo's representative.

6 FURNACE MATERIALS TO BE TESTED

Following materials were chosen to be tested in the field tests of furnace materials.

Table 6.1. Test materials.

Test 1: Feb 18 – Mar 31, 2009	Test 2: Apr 11 – May 23, 2009	Test 3: Aug 4 – Sep 15, 2009
AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)
AISI 310S	Sandvik 67	Sumitomo
Sanicro 38	HR11N	Open
Sanicro 28	Welded 25 % Cr	Open

The probe will be made with curved front and not with plate i.e. sections of tubes will be cut for the probe. Sandvik will supply AISI 304 L, AISI 310S, Sanicro 28 and Sanicro 38 in week 3 and Sandvik 67 at the beginning of February as a tube material (diameter 63.5 mm).

Lasse Koivisto and Matti Tikka will clarify the availability of the welded material.

Sumitomo is asked to suggest and supply additional material in addition to HR11N.

7 ONGOING PROJECTS

7.1 WP3: Increase of steam pressure

TP3: Field tests of candidate furnace materials for high temperatures

The work has been ordered from Boildec Oy and first invoice 19.600 € + VAT has been paid. The offer covers 4 tests.

At the first phase the furnace material tests are conducted in one recovery boiler at Metsä-Botnia mill in Joutseno. At the first phase 3 tests are conducted, see table 6.1. above. Material testing temperature in all tests is 440 °C.

Sandvik will supply the materials for the first test in week 3. Boildec Oy prepares the samples and VTT preprocess the samples (thickness measurement and weighting, polishing).

At the second phase additional tests could be done with 4 different materials at two different temperatures (lower temperature) if needed. Second phase has not been ordered yet. Ordering is actual when results from first phase are available.

7.2 WP1: Maximizing Electricity Production

S1: Broadening RB fuel flexibility

Åbo Akademi's proposal of laboratory combustion tests for co-firing black liquor and biomass (see Appendix I) was discussed. The work was decided to be ordered according to the offer.

Åbo Akademi has black liquor, wood chips, bark and peat for the tests. Mika Paju (MB Joutseno) will supply bio sludge to Åbo Akademi. The idea is to mix "as received" additional fuel to black liquor and make a droplet combustion test to see what happens.

The decision of the continuation is done after the first 9 tests are conducted and the results analyzed.

7.3 WP4: Development of water treatment

TP1: Literature survey on degradation of organic compounds

Project is ordered from VTT and ongoing.

8 PROPOSALS

8.1 WP2: Increase of steam temperature

TM2: Corrosion chemistry with high steam values

1. Laboratory tests of superheater materials:

Åbo Akademi's proposal (Appendix II, in Finnish) for laboratory tests of corrosion chemistry with high steam values in reducing conditions was accepted to be ordered.

The following materials were chosen to be tested:

- 10CrMo9-10
- T91
- Sanicro 28
- HR11N

Åbo Akademi will clarify the acquisition of the materials.

Following salt compositions were chosen to be tested:

- pure sodium sulphate (Na_2SO_4)
- Na_2SO_4 + potassium sulphate (K_2SO_4) + slightly Cl
- Na_2SO_4 + more Cl
- Na_2SO_4 + potassium sulphate (K_2SO_4) + more Cl

Comments:

One sample could be exposed also to oxidising conditions after the reducing period.

2. Mill Tests of superheater materials:

Åbo Akademi's proposal (Appendix III (in Finnish)) for mill tests of corrosion chemistry with high steam values was discussed.

It was decided to carry out first a preliminary phase where test probe is to be redesigned. The aim is to generate temperature gradient of 100 °C to the surface of the probe. Åbo Akademi will prepare a new proposal for redesigning the test probe by the end of January.

Esa Vakkilainen will send a material matrix to the participants asking them to mark the materials liked to be tested in superheater corrosion tests.

Comments:

If the test probes are located to the side wall of the recovery boiler instead of front wall, the fastening has to stand the stress caused by sootblowing.

8.2 WP1: New recovery boiler concepts in electricity production

S3: Recovery boiler as a once-through boiler – concept study

Esa Vakkilainen, Lappeenranta University of Technology (Appendix IV, in Finnish) and Carl-Johan Fogelholm, Helsinki University of Technology (Appendix V, in Finnish) have offered the work.

It was decided to order the work from Dr. Esa Vakkilainen, LUT.

In order to be able to utilise the results of this subproject in superheater material tests, it was agreed that tasks 1 and 2 in Vakkilainen's proposal (Appendix IV, page 1) will be ready in June 2009.

8.3 WP3: Increase of steam pressure

P2: Ceramic structural materials

University of Oulu has offered laboratory and field tests of fireproof ceramic materials.

It was decided not to carry out laboratory tests of the ceramic materials. Field tests will be discussed more in the durability sub-committee meeting on January 21st. After this the matter is reconsidered.

8.4 Other proposals

8.4.1 Teollisuuden Vesi Oy

Teollisuuden Vesi Oy has offered a study of the effect of the water quality and boiler chemicals on the corrosion problems of the recovery boiler air preheaters.

Matti Tikka will meet the representative of Teollisuuden Vesi Oy on January 9th and will discuss more about the project. Maija Vidqvist from Teollisuuden Vesi Oy will also attend to the durability sub-committee meeting on January 21st.

The decision about ordering the work is done after further discussions with Teollisuuden Vesi Oy.

8.4.2 Savcor Oy

Savcor has offered furnace material tests at the superheater area. The steering group members have doubts on the reliability of the test method.

It was decided not to order the work.

9 WP4: DEVELOPMENT OF WATER TREATMENT

Work package 4, Development of water chemistry contains several subprojects which need to be get started.

Vakkilainen will ask for updated tenders of water chemistry from VTT.

Vakkilainen will ask for a tender from Timo Karjunen, Boildec Oy about a recommendation on Monitoring of water quality in recovery boiler.

Boildec Oy has analysed the quality of recovery boiler feed water and steam for several Finnish pulp mills. A tender shall be asked for from Boildec Oy for drawing up a summary of this data. The pulp mills need to give a permission to publish their water/steam quality data.

Further discussions on how to progress with water development work package will be continued in the durability sub-committee meeting on January 21st.



10 OTHER ISSUES

It was decided that project reports are written in Finnish.

10.000 € is reserved for translating project reports in English.

11 NEXT MEETINGS

Next meeting will be held in Vantaa at Pöyry on March 24th at 10.00 a.m.

After that the next meeting will be held on June 3rd at 10.00 a.m in Lahti.

APPENDIX I

Åbo Akademi: Laboratory combustion tests for co-firing black liquor and biomass

**Finnish Recovery Boiler Committee
SkyRec – project part 3****Co-firing of black liquor and biomass – laboratory combustion tests**

Project plan, version 2, 2008-2009
06.11.2008

Mikko Hupa, Patrik Yrjas
Åbo Akademi

Background

There has been an interest from the recovery boiler operators to mix different kinds of biomasses into the black liquor to increase the boiler load. However, there is no experience available on how this may influence the combustion behaviour and thus this offer is made.

Offer

The Laboratory of Inorganic Chemistry, Åbo Akademi, Turku, Finland offers to do the following work for the Finnish Recovery Boiler Committee:

Co-firing of black liquor and biomass – first laboratory combustion tests

The test plan is attached and the price of the work is:

7 500 euro (+VAT)

Note: fuel analysis costs are not included

The work consists of 9 (nine) combustion tests of different fuel mixtures of black liquor with bark, wood chips, peat, and bio-sludge. The test matrix is presented below. The tests include sample pre-treatment (grinding, mixing, drying), exposure to different combustion conditions according to plan, gas analyses (NO, SO₂, CO₂, CO) and video filming. Note that the price does not include fuel analysis costs. Depending on which fuels will be used the need for chemical analyses will be determined when the project starts.

The work is to be ready within 30.6.2009 and will be reported at a common meeting and as a presentation handout (including tables and figures in Excel). The invoice will be sent in connection to the reporting.

“Co-firing of black liquor and biomass – laboratory combustion tests”

Mikko Hupa, Patrik Yrjas

This study will make use of the single droplet furnace also used earlier at Åbo Akademi when studying black liquor behaviour under different conditions.

The project plan presented here is a first attempt to study the combustion of black liquor mixed with different types of biomasses, including bark, wood chips, and peat (although peat is not fully considered a biomass). The purpose is to get a first insight in the behaviour of such mixes and of possible advantages and/or problems. After these first tests, the need for future investigations will be evaluated.

The work consists of 9 combustion tests of different fuel mixtures of black liquor with bark, wood chips and peat. The tests include sample pre-treatment (grinding, mixing, drying), exposure to different combustion conditions according to plan, gas analyses (NO, SO₂, CO₂, CO) and video filming. The need for chemical analyses will be determined when the project starts (if using earlier studied fuels there is maybe no need for chem. analyses).

The test matrix is shown below:

Test no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sample	BL	BL Bark	BL Bark	BL WC	BL WC	BL Peat	BL Peat	BL Bio-sludge	BL Bio-sludge
Share, w-%	100	90 10	80 20	90 10	80 20	90 10	80 20	90 10	80 20
Temperature, C	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
O ₂ , vol-%	3	3	3	3	3	3	3	3	3
BL = black liquor (Softwood or hardwood? Maybe softwood if mixing with bark?)									
WC = wood chips									
Bark = bark from same kind of wood as BL was made from (see above)									

Realisation

The combustion tests and evaluation work will be done by the Process Chemistry Centre/Laboratory of Inorganic Chemistry at Åbo Akademi. The project manager will be Dr. Patrik Yrjas. One lab technician and possible one post graduate student will further participate in the work. The responsible scientist is prof. Mikko Hupa.

Time schedule and reporting

The work will be finished until 30.6.2009 and reported at a common meeting and as a presentation handout (including figures and tables). The report will contain data and information on combustion characterization with video (burning stages, diameter changes, any bursting effects etc.), characteristic combustion times (pyrolysis times, char burning times), characteristic swelling, volatile and char carbon, nitrogen oxide formation tendency, and sulphur release tendency.

APPENDIX II

**Åbo Akademi: Laboratory tests of corrosion chemistry with high steam
values in reducing conditions**

**Suomen soodakattilyhdistys ry
SOTU 3 –hanke**

**Soodakattilan savukaasupuolen korroosiokemia korkeilla höyryarvoilla
pelkistävässä olosuhteissa**

Tutkimussuunnitelma 2008-2009
29.8.2008

Mikko Hupa, Patrik Yrjas
Åbo Akademi

1. Tausta

Tämä suunnitelma on tehty aikaisemmin Suomen soodakattilyhdistykselle (SKY) toimitetun Åbo Akademin esiselvityksen pohjalta (Hupa, M., Backman, R. ”Soodakattilan korroosioriskit korkeilla höyryarvoilla – Esiselvitys korroosiomekanismeista ja tutkimustarpeista.” Åbo Akademin raportti SKY:lle 15.10.2002) sekä Åbo Akademin edelliseen suorittaman SOTU-2 hankkeen jatkoksi (”Soodakattilan savukaasupuolen korroosiokemia korkeilla höyryarvoilla, - Tulistinmateriaalien korroosioaltistuskokeet-, Raportti Åbo Akademin laboratoriotöistä v. 2004-2005, 31.10.2005”).

Niitä tutkimustarpeita mitä esiselvitys toi esiin saatiin pitkälti selviteltyä Åbo Akademin edellisessä SOTU II –hankkeessa, jossa selvitettiin mm kloorin, kaliumin ja sulafaasin roolia korroosioon. Tutkimukset keskitettiin erityisesti kerrostumiin, joissa klooripitoisuus oli varsin pieni (kuten monilla tehtaillakin). Yksi tärkeimmistä tutkimuksen tuloksista oli että jo pienet määrät klooria edistivät korroosiota voimakkaasti myös korkeaseosteisilla teräksillä. Kokeissa kaasukehä oli koko ajan hapettava, eli pelkistäviä olosuhteita ei tutkittu.

Esiselvityksen johtopäätös pelkistävien olosuhteiden vaikutuksesta tulistinkorroosioon oli kuitenkin seuraava:

- Pelkistävien olosuhteitten vaikutus korroosioon. Carry-over-partikkelien mukanaan tuoma palamaton hiili aiheuttaa pelkistävät olosuhteet kerrostumaan, minkä on todettu voimistavan korroosiota huomattavasti. Tätä kannattaa tutkia myös laboratorio-olosuhteissa tarkoituksena selvittää pelkistävän kehän vaikutus eri tyyppisillä suolaseoksilla”

Tässä suunnitelmassa ehdotammekin jatkoselvitystä, jossa keskitytään pelkistävien olosuhteiden korroosiovaikutuksen kartoittamista samantyyppisillä suoloilla ja teräksillä kuin SOTU II hankkeessa.

2. Koejärjestelyt

Koejärjestelmä ja laitteisto on sama kuin aiemmassa SOTU 2 projektissa käytetty laitteisto, mutta ohjelma aloitetaan sopivien olosuhteitten testaamisella. Uutena aikaisempaan verrattuna järjestelmässä on pelkistävän kehän hallinta sekä parempi korrosionopeuden määrittely.

Menetelmää on kehitetty niin että tuloksista voidaan nyt lukea sekä korroosiokerrospaksuus että korroosion aiheuttama teräshäviö. Tämän on mahdollistanut teräskoepalan osittainen suojaaminen tulikitti-suojalla jonka alla korroosiota ei laajemmin tapahdu. Tällöin saadaan aikaan korrodoimaton pinta joka edustaa lähtötilannetta ennen korrosioaltistusta ja mahdollistaa teräshäviön mittaamisen korrosioaltistuksen jälkeen.

3. Suolaseosten valinta, syntetisointi ja karakterisointi.

Kokeisiin valitaan neljä suolaseosta niistä kuudesta joita käytettiin SOTU 2 projektissa. Valinta tehdään yhdessä projektin johtoryhmän kanssa. Päähuomio kiinnitetään nyt pelkistäviin olosuhteisiin alhaisilla klooritasoilla.

Seokset syntetisoidaan ja niiden sulamiskäyttäytyminen selvitetään ÅA:n teoreettisella sulamismallilla samalla tavalla kuin SOTU 2 –projektissa.

Saavuttaaksemme sopivat pelkistävät olosuhteet korrosioaltistuksien aikana, suolakerrokseen sekoitetaan mukaan sopiva määrä laboratorio-olosuhteissa tuotettua mustalipeäkoksia.

4. Korroosiokokeet laboratoriuunissa

Kokeita tehdään pelkistävissä olosuhteissa siten että kaasukehään lisätään hiilimonoksidia typen lisäksi ja suolakerrokseen sekoitetaan sopivia määriä laboratorio-olosuhteissa tuotettua mustalipeäkoksia

- Koemateriaalit: 4 terästä SOTU 2 projektista (sovitaan SKY:n kanssa)
- Koesuolaseokset: n. 4 seosta joihin sekoitettu ML koksia (valitaan SOTU 2 suoloista)
- Koeaika: 1 viikko
- Lämpötilat: 450 °C, 500 °C, 550 °C, 600 °C
- Kaasukehä: pelkistävä
- YHTEENSÄ 64 altistusta + 16 toistoa = 80 (4 altistusta + 1 toisto per uuni => 16 uuniviikkoa)

5. Korroosionäytteitten analyysi ja mikroskointi.

Korroosiokokeitten näytteet tutkitaan pöyhkäisyelektroni-mikroskopiaa ja röntgenmikroanalyysia (SEM-EDXA) käyttäen. Tuloksena saadaan korroosio-kerrospaksuus ja teräshäviö eri olosuhteissa, sekä avainalkuaineitten analyysit korroosiomekanismin selvittämistä varten.

Tuloksista päätellään taas erityisesti sulan faasin läsnäolon merkitys korroosioprosessiin, sekä pelkistävien olosuhteiden merkitys korroosioon.

6. Projektin organisointi Åbo Akademiassa

Projektiryhmään Åbo Akademiassa kuuluisivat seuraavat henkilöt:

- Mikko Hupa, vastuullinen johtaja
- Patrik Yrjas, projektipäällikkö
- Jaana Paananen/Hao Wu, laboratoriomittaukset
- Linus Silvander, laboratoriomittaukset ja SEM analysointi
- Rainer Backman, asiantuntija

Myös muita asiantuntijoita osallistuu projektin toteutukseen tarpeen mukaan. Projektiin voidaan myös yhdistää diplomityö tai muu opinnäytetyö mikäli Soodakatilayhdistys r.y. sen hyväksyy.

7. Projektin aikataulu ja kustannusarvio

Projekti voidaan toteuttaa vuoden 2008 loppusyksyn ja vuoden 2009 loppuun mennessä. Projekti raportoidaan yhteisessä kokouksessa ja erillisenä raporttina. Projekti raportoidaan 31.12.2009 mennessä. Projektin työpanos on 4 htkk.

Projektin kustannukset jakautuvat seuraavasti:

Palkat ja kustannukset	19.000 Euro
Tarvikkeet	4.000 Euro
SEM	11.000 Euro
Matkat	1.500 Euro
<u>Muut kustannukset</u>	<u>1.500 Euro</u>
YHTEENSÄ	37.000 Euro

APPENDIX III

**Åbo Akademi: Mill tests of corrosion chemistry with high steam values in
reducing conditions**

**Suomen soodakattilyhdistys ry
SOTU 3 –hanke**

**Soodakattilan savukaasupuolen korroosiokemia korkeilla höyryarvoilla
- Tehdasmittaukset -**

Tutkimussuunnitelma 2008-2009
01.09.2008

Mikko Hupa, Patrik Yrjas
Åbo Akademi

1. Tausta

Tämä suunnitelma on tehty aikaisemmin Suomen soodakattilyhdistykselle (SKY) toimitetun Åbo Akademin esiselvityksen pohjalta (Hupa, M., Backman, R. ”Soodakattilan korroosioriskit korkeilla höyryarvoilla – Esiselvitys korroosiomekanismeista ja tutkimustarpeista.” Åbo Akademin raportti SKY:lle 15.10.2002) sekä Åbo Akademin edelliseen suorittaman SOTU-2 hankkeen jatkoksi (”Soodakattilan savukaasupuolen korroosiokemia korkeilla höyryarvoilla, Tuistinkorroosion sondimittaukset, Raportti Åbo Akademin tehdasmittauksista v. 2005-2006, 30.10.2006”).

Niitä tutkimustarpeita mitä esiselvitys toi esiin tyydytettiin osittain Åbo Akademin edellisessä SOTU II –hankkeessa, jossa suoritettiin korrosiomittaukset kolmessa tehtaassa. Yksi tulos oli se, että tehdasmittauksissa saavutetut korroosiokerrospaksuudet vastasivat suuruusluokalleen niitä korrosiokerroksen kasvunopeuksia, joita mitattiin laboratorio-olosuhteissa. Myös korrosiokerroksen rakenne ja kemia olivat samankaltaisia. Tämä tulos oli mielenkiintoinen kun kuitenkin kattilan savukaasukanavasta ilmajähdytetyllä sondilla tehdyt korrosioaltistukset poikkeavat laboratoriokokeista usealla tavalla:

- sondikerrostumaan syntyy kattilakokeissa voimakas lämpötilagradientti, teräksen pinnalta kerrostuman ulkopinnalle asettuu tyypillisesti 300°C lämpötilaero. Tällainen lämpötilagradientti puuttuu kokonaan laboratoriossa isotermisesti tehdyistä altistuskokeista.

- sondikerrostuma koostuu lentopöly- ja carry-overpölyhiukkasista, joiden morfologia ja rakenne poikkeavat laboratoriokokeitten synteettisistä esisulatetuista ja jauhetuista suolaseoksista

- savukaasujen kaasukomponentit CO₂, H₂O, SO₂ ehkä myös CO ja HCl ovat mukana korrosiotapahtumassa, kun taas laboratoriokokeissa kaasukehänä oli ilma.

SOTU 2 –hankkeen kattilamittauksista saatiin kuitenkin vain rajoitetusti onnistuneita näytteitä, joten sondikorroosion ja laboratoriokorroosion kunnollinen vertailu ei ollut mahdollista.

Åbo Akademi tarjoutuu nyt suorittamaan valikoituja uusi kattilamittauksia, joiden perusteella saadaan varmempi käsitys siitä kuinka hyvin laboratoriokokeitten tuloksia voidaan soveltaa tulistimen todelliseen korroosioalttiuteen. Mittauksilla saadaan myös suoraa kokemustietoa valikoitujen seostettujen teräslaatujen korroosionopeudesta kattiloitten tulistinvyöhykkeellä.

2. Näytteenkeräyslaitteisto

Åbo Akademi tarjoutuu tekemään näytteenkeräyslaitteiston kattiloilla tehtäviä pitemmän ajan sondikokeita varten. Laitteistoon kuuluu erityinen ilmajäähdytetty näytteenkeräysputki, jonka pintalämpötilaa voidaan säädellä. Putken pintaan synnytetään hallitulla ilmajäähdytyksellä n. 100°C lämpötilagradientti, jolloin samalla sondilla voidaan tutkia korroosiota laajalla lämpötila-alueella. Kullekin kokeiltavalle materiaalille tehdään oma sondi. Tutkittavat pinnat tarkkuussorvataan siten että putken seinämäpaksuus ja täten korroosionopeus voidaan määrittää altistuksen jälkeen. Tutkittavia materiaaleja on 3.

Sondiin liittyvä ilmajäähdytysjärjestelmään ÅA:lla on laitteistot olemassa. Myös sondikokeitten käytännön suoritukseen, mukaan luukien sondien asennus kattilalla ja näytteitten käsittely ja analyysiin toimittaminen, ÅA:lla on henkilökunta olemassa.

3. Näytteitten keräys

Näytteitä kerätään yhdessä keräysjakossa, n. 1000 tuntia per kattila, maks kolmella kattilalla. Projektin johtoryhmä valitsee mukaan otettavat kattilat. Toivottavaa olisi että ainakin yhdellä kattilalla carry-overin määrä on poikkeuksellisen vähäinen (arvio perustuisi aiempiin carry-over mittauksiin) ja kloori- ja kaliumtaso alhainen. Eli kattila antaisi mahdollisuudet mahdollisimman korkeisiin materiaalilämpötiloihin.

Kunkin jakson välissä tehdään edellisen jakson tulosten perusteella yksityiskohtaisemmat suunnitelmat seuraavaan jaksoon.

4. Sondinäytteiden analyysi

Sondinäytteet analysoidaan SEM-EDXA-tekniikalla ja erityisesti määritetään korroosionopeus eri lämpötilavyöhykkeissä putken eri kohdissa sekä myös erikseen sekä otsa- (windward) että niskapuolelta (leeward). Samoin analysoidaan putken pinnan kerrostumat molemmilta puolin putkea.

5. Projektin organisointi Åbo Akademiassa

Projektiryhmään Åbo Akademiassa kuuluisivat seuraavat henkilöt:

- Mikko Hupa, vastuullinen johtaja
- Patrik Yrjas, projektipäällikkö
- Tor Laurén, tehdasmittaukset
- Linus Silvander, SEM analysointi
- Rainer Backman, asiantuntija

Myös muita asiantuntijoita osallistuu projektin toteutukseen tarpeen mukaan. Projektiin voidaan myös yhdistää diplomityö tai muu opinnäytetyö mikäli Soodakatilayhdistys r.y. sen hyväksyy.

6. Projektin aikataulu ja kustannusarvio

Projekti voidaan toteuttaa vuoden 2009 aikana. Projekti raportoidaan yhteisessä kokouksessa ja erillisenä raporttina. Projekti raportoidaan 31.03.2010 mennessä.

Projektin kustannukset jakautuvat seuraavasti:

Palkat ja kustannukset	16.000 Euro
Tarvikkeet (sondien valmistus)	4.500 Euro
SEM	12.000 Euro
Matkat	5.000 Euro
Muut kustannukset	1.500 Euro
YHTEENSÄ	39.000 Euro/kattilamittaus

APPENDIX IV

LUT: Recovery boiler as a once-through boiler – concept study



LAPPEENRANTA
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TARJOUS

Soodakattila läpivirtauskattilana - konseptitarkastelut Läpivirtaus

Soodakattilayhdistys ry

3.11.2008

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
Professori Esa Vakkilainen



1

JOHDANTO

Suomen Soodakattilayhdistys (tilaaja) on halukas selvittämään miten soodakattila voitaisiin rakentaa läpivirtauskattilaksi.

Läpivirtauskattiloita käytetään suurten voimalaitosten kattiloina, kun halutaan rakentaa voimalaitosprosessi korkealle tuorehöyrynpaineelle sähköntuotannon hyötysuhteen parantamiseksi. Läpivirtauskattila eroaa rakenteellisesti luonnonkierto- ja pakkokierto-kattiloista siten, että siinä ei ole lieriötä. Läpivirtauskattiloissa vettä ja höyryä ei eroteta, jolloin kattilat sopivat myös ylikriittisille paineille. Ylikriittistä painetta käytettäessä voimalaitosprosessin keskimääräistä lämmöntuontilämpötilaa voidaan kasvattaa ilman, että kasvatetaan tuorehöyryn lämpötilaa.

Läpivirtausperiaatteella toimivia soodakattiloita ei ole vielä rakennettu. Läpivirtauskattiloita pohjoismaissa on vain suuret hiili- ja öljykattilat. Kotimaiset kattilavalmistajat eivät juurikaan ole tehneet läpivirtauskattiloita, joten konsepti on uusi.

Läpivirtauskattilat vaativat puhtaampaa syöttövettä kuin lieriölliset kattilat, koska tulistimet ovat herkkiä likaantumiselle ja lieriökattiloissa osa veden epäpuhtauksista jää lieriöön. Tämän takia läpivirtauskattiloiden veden puhtausvaatimukset ovat korkeampia kuin lieriökattiloissa.

Osana teollisuuden kanssa tehtävää tutkimustoimintaa Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto on osallistunut usean läpivirtauskattilan perussuunnitteluun virtausmallituksia tekemällä. Siksi Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto /Energiatekniikan osasto uskoo pystyvänsä toteuttamaan tilaajan haluaman tutkimuksen tilaajan toivomalla tavalla.

2

TAVOITTEET

Työssä tehdään esiselvitys mahdollisuuksista toteuttaa soodakattila läpivirtauskattilana ja samalla nostaa merkittävästi siihen liitetyn sähköntuotannon hyötysuhdetta. Selvityksen kohteena ovat myös vaadittavat automaatio- ja turvajärjestelmät, joista listataan tarvittavat muutokset.

Työn loppuraportti luo yhteenvedon työssä tehdyistä läpivirtaus-soodakattilan konseptitarkasteluista. Erityisesti selvitetään

1. Lasketaan massa- ja energiataseet läpivirtaus-soodakattilalle kokoa 200 kg_{höyryä}/s (~5000 tka/24h).
2. Usealla tyypillisellä paine- ja lämpötilatasolla soodakattilan lämpöpintojen sijoittelu savukaasun virtaussuunnassa
3. Esitetään vesihöyrykierron toteutustapa ja perustoiminta-arvot
4. Suoritetaan 100 % ja 80 % virtaustarkastelut kyseisille konsepteille APROS-ohjelmiston avulla
5. Selvitetään syöttöveden esilämmitysasteen vaikutus
6. Selvitetään ilman esilämmitysasteen vaikutus
7. Selvitetään välitulistuksen rakentaminen ja vaikutus



3 RAPORTOINTI JA AIKATAULU

3.1 Raportti

Työn loppuraportti kirjoitetaan suomeksi. Työstä raportoidaan sen kestäessä Suomen Soodakattilayhdistykselle sen haluamalla tavalla.

3.2 Aikataulu

Loppuraportti luovutetaan tilaajalle hyväksymistä varten noin 12 (kaksitoista) kuukautta tilauksesta, viimeistään 15.4.2010 ei kuitenkaan ennen 15.12.2009.

4 RESURSSIT JA YHTEISTYÖ MUIDEN KANSSA

Projektin organisaatio

Projektin vastuullinen johtaja: Esa Vakkilainen (LTY/Professori)

Pääasiallinen tutkija: Juha Kaikko (LTY/TkT)

Avustava tutkija: Marcelo Hamaguchi.

Tämän projektin työ ja tulokset tukevat Soodakattilayhdistyksen hanketta tulevaisuuden soodakattilan kehittämiseksi, erityisesti kun mietitään mahdollisuuksia nostaa energiahyötysuhdetta.

5 KUSTANNUSARVIO JA RAHOITUSSUUNNITELMA

Projektin kokonaiskustannus on € 33 800,- + ALV. Tämä sisältää palkat, matkat ja muut tutkimusmenot. Projektin raportin painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

Kokonaiskustannuksista maksaa Soodakattilayhdistys € 33 800,- + ALV loppuraportin tultua hyväksytyksi. Laskutus yhdellä laskulla. Maksuaika 30 päivää.

APPENDIX V

TKK: Recovery boiler as a once-through boiler – concept study

Ylikriittinen soodakattila, esitutkimus

Carl-Johan Fogelholm, Energiatekniikan laitos
Hannu Hänninen, Koneenrakennustekniikan laitos

Yleistä

Sellutehtaan höyryprosessit on mitoitettu matalille höyryn arvoille johtuen kytkennästä soodakattilaan. Siirtymällä käyttämään uudenlaisia höyrykytkentöjä, voidaan prosessissa päästä korkeampiin höyryn arvoihin ja lisätä sähköntuotantoa merkittävästi, mahdollisesti jopa 20%. Esimerkiksi soodakattilaan kytketty kuori/hakekattila voidaan mitoittaa korkeille höyrynpaineille ja lämpötiloille, jolloin saadaan parempi sähköntuotannon hyötysuhde. Sähkön hinnannousu ja CO₂-päästöjen alentamisvaatimus kannustavat lisäämään biopohjaista sähköntuotantoa.

Edellinen uusiin korkeapaineisiin soodakattiloihin liittyvä tutkimus tehtiin Hannu Hännisen ym. [1] toimesta 2002 Japaniin tehdyn matkan jälkeen. Tällöin tutkimuksen kohteena olivat alikriittiset höyryn arvot, joiden toteuttaminen Japanissa oli jo onnistunut. Fogelholmin ja Gullichsenin [2] sekä Saeedin [3] tutkimuksissa selvitettiin sähköntuotannon lisäämismahdollisuuksia mustalipeän kaasutusprosessin avulla tai nostamalla höyryn arvoja erilaisissa sellu- paperitehdasintegraateissa.

Viimevuosina on kehitetty putkistomateriaaleja ja muita komponentteja ylikriittisten voimakattiloiden olosuhteisiin [5, 6] ja tulevista suurista voimakattiloista valtaosa tulee olemaan ylikriittisiä. Kattilalaitosten kehittämiseen panostetaan paljon, koska vuoteen 2030 mennessä otaksutaan maailman sähköntuotannon kaksinkertaistuvan, lähinnä Kiinassa ja Intiassa [4].

Tarkastelemalla ennakkoluulottomasti erilaisia tapoja hyödyntää ylikriittisiä höyryn arvoja, voidaan löytää tapa lisätä sähköntuotantoa ja hyötysuhdetta sellu- ja paperitehtaalla. Tulipesän ympäristöolosuhteiden tunteminen ja putkiston materiaaliratkaisut ovat oleellisia toiminnan, taloudellisuuden sekä turvallisuuden kannalta. Tämän esitutkimuksen antaman taustatiedon avulla voidaan käynnistää varsinainen, monivuotinen tutkimus- ja tuotekehitysohjelma, jossa tulevaisuuden ylikriittinen soodakattila suunnitellaan ja toteutetaan.

Koneenrakennuksen materiaalitekniikan tutkimusryhmällä on laaja aiempi kokemus ydinvoimalaitosten (myös tulevaisuuden Gen IV laitokset) ja ylikriittisten voimakattiloiden rakennemateriaaleista, soodakattilan materiaalin valinnasta sekä voimalaitosten vesikemiasta. Energiatekniikan laitoksella on kokemusta ylikriittisten voimakattiloiden simuloinneista. Molemmilla yksiköillä on pitkäaikaista kokemusta soodakattiloista.

Läpivirtauskattila

Läpivirtauskattila on höyryvoimalaitoksissa käytettävä suurille sähkötehoille soveltuva höyrykattila. Se eroaa rakenteellisesti luonnonkierto- ja pakkokierto-kattiloista siten, että lieriötä ei ole. Se on periaatteeltaan putki, jonka toiseen päähän pumpataan vettä ja toisesta päästä tulee tulistunutta höyryä. Sulzer-kattiloissa on vedenerotuspullo höyrystimen jälkeen.

Läpivirtauskattilassa vesi pumpataan kattilan läpi pumpulla. Vesi lämpenee ja sitten höyrystyy tehosta riippuen hieman eri kohdissa. Kattilassa on tulistimet, joissa höyryyn siirretään lisää energiaa. Kattila sopii nopeisiin kuorman vaihteluihin.

Soodakattilan erityispiirteitä

Nykyisissä soodakattiloissa käytetään voimakattiloihin verrattuna matalaa höyryn painetta. Tämä antaa mahdollisuuden suureen lisäsähköntuotantoon siirryttäessä ylikriittisiin höyryn arvoihin. Mustalipeän sisältämien kemikaalien takia tulipesä on iso ja lämmönsiirtopinnat likaantuvat helposti. Lisäksi tulipesässä ja tulistimissa vallitseva ankara korroosioympäristö asettaa merkittäviä rajoituksia käytettävälle materiaaleille, joiden tulee olla hyvin korroosiota kestäviä.

Materiaaliratkaisut

Ylikriittisen kattilan höyrynpaine on yli kaksinkertainen tavalliseen soodakattilaan verrattuna. Kun painetta korotetaan, niin höyrystyminen keittopinnoilla estyy tai ainakin viivästyy verrattuna konventionaaliseen soodakattilaan. Mahdollisesti tulipesän seinämäputkien lämpötilat ovat matalampia kuin konventionaalisessa soodakattilassa.

Seinämäputkien lämpötiloihin voidaan vaikuttaa putkistojen mitoituksella ja virtausnopeuksien valinnalla. Seinämäputkien lämpötiloihin ja korroosioon vaikuttaa niille kerääntynyt suolasula, jonka sulamispiste, esim. 750 °C, vaikuttaa likakerroksen paksuuteen ja lämmönsiirtoon tulipesästä veteen/höyryyn. Korkeissa lämpötiloissa likakerros sulaa ohueksi ja lämmönsiirto paranee, samalla kuitenkin seinämäputkien lämpötila nousee.

Aiemmissa tutkimuksissa [1, 5] selvitettiin soodakattilan rakennusasteen noston vaikutusta eri materiaaliratkaisuihin. Tällöin tutkittiin rakennusasteen konservatiivista nostamista (paine ja lämpötila) verrattuna nyt tutkittavaan ratkaisuun. Ylikriittisen soodakattilan kohdalla tarvittava paineennosto on suurempi ja vaatii materiaalivaihtoehtojen tarkemman analyysin tutkimuksen kohde huomioiden.

Materiaalinvalinnassa selvitetään ylikriittisen soodakattilan seinämäputkien sekä tulistimien materiaalivaihtoehdot. Tutkittavat materiaalivaihtoehdot sisältävät sekä compound- (kuumalujateräs/korroosiota kestävä pinnoite) että monotuubivaihtoehdot. Materiaalin valinnassa voidaan ottaa huomioon, että höyryn lopullinen tulistaminen

tapahtuu hake/kuorikattilassa tai öljy/maakaasukattilassa, jolloin materiaaliongelmat ovat ylikriittiseen soodakattilaan nähden helpompia ratkaista.

Syöttö- ja kattilaveden laatu on oleellinen osatekijä ylikriittisen soodakattilaprosessin onnistumiselle. Normaali vedenkäsittely ei riitä turvaamaan turbiinia ja putkistoa korroosiolta. Vesikemian aikaisempaa tarkempi hallinta ja syöttöveden puhtaus ovat oleellisia ylikriittisen kattilan toiminnalle. Vesikemian osalta ydinvoimateollisuudessa on tehty mittavaa tutkimus- ja tuotekehitystoimintaa. Soodakattilaympäristöön nämä ratkaisut eivät suoraan sovellu, vaan vesikemian aiheuttamat ongelmat pitää analysoida ja muokata kohteeseen soveltuvaksi.

Projektin onnistumiselle oleellisinta on se, että saadaan sovitettua soodakattilan keitto-, höyrystys- ja tulistinpintojen lämpötilat niiden paineen ja lämpötilan kestävyYTEEN. Sovitus onnistuu parhaiten energiatekniikan ja materiaalitekniikan asiantuntijoiden yhteistyönä.

Turbiini

Esimerkiksi Lagiszan voimalaitos Puolassa käyttää höyrynarvoja 280 bar/560°C ja tuottaa 560 MW sähkötehoa [7]. Samanlaista turbiinia voitaisiin käyttää sellutehtaalla, mikäli 4 barin höyrylle löytyy järkevä hyötykäyttö, esim. kuivaus tai kaukolämpö. Pienempiäkin turbiineja ylikriittisille soodakattiloille voidaan rakentaa.

Tutkimuksen sisältö

1. Tarkastellaan erilaisia uusia lämmönsiirtopintojen kytkentävaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia PROSIM-ohjelmalla. Ainakin osa tulistuksesta tapahtuu soodakattilan ulkopuolella esimerkiksi hake- tai maakaasukattilassa. Sovitetaan turbiini optimaalisesti prosessiin, huomioiden että 4 bar höyry on oltava 5...15°C tulistettu.
2. Optimoidaan soodakattilan tulipesäprosessit uusille lämmönsiirtoratkaisuille.
3. Etsitään sopivat putkimateriaalivaihtoehdot (monotuubi ja compound-putket) korkeapaineisille höyryille soodakattilaolosuhteisiin (tulipesä ja tulistin).
4. Selvitetään sopivia ratkaisuja ylikriittisen soodakattilan vesikemian hallitsemiseen (syöttöveden laatu ja kattilavesi).

Tutkimuksen tulokset kootaan raportiksi, joka luovutetaan työn tilaajalle.

Suorittaja: Energiatekniikka, TKK ja Koneenrakennuksen materiaalitekniikka, TKK
Toteuttajat: 1-2 diplomityön tekijää/laitosten tutkijat, Prof. Carl-Johan Fogelholm ja Prof. Hannu Hänninen
Hinta: 100 000 €
Suoritus aika: Vuosi tilauksesta

Lähdeluettelo

1. Hänninen, H., Tiitinen, E., Tanaka, T. ja Kiesi, T., Soodakattila tulevaisuudessa - esiselvitysraportit; Japanin matkakertomus. *Suomen Soodakattilayhdistys ry, joulukuu 2002, Raportti 10/12 / (16A0913-E0043)*, 83 s.
2. Komulainen, A., McKeough, P., Fogelholm, C.-J., Gullichsen, J.: Uusien voimalaitostekniikoiden soveltaminen metsäteollisuusintegraateissa, VTT Tiedotteita 1542, 1994
3. Saeed, L.: DI työ Comparison between Integrated Gasification Combined Cycle and High Steam Parameter Power Plant
4. Rivas, A.-M.; Improving power plant reliability with boiler feed pumps, WORLD PUMPS, April 2008
5. Pohjanne, P., Hänninen, H. and Kiesi, T., Selvitys: Soodakattila tulevaisuudessa – materiaalivaihtoehtojen valinta osaprojekti. *Suomen Soodakattilayhdistys ry, Raportti 2/2005*, Espoo, 41 s.
6. N. Otsuka, Effects of fuel impurities on the fireside corrosion of boiler tubes in advanced power generating systems – a thermodynamic calculation of deposit chemistry; A thermodynamic approach on vapor-condensation of corrosive salts from flue gas on boiler tubes in waste incinerators, *Corrosion Science*, 44(2002)265-283; 50(2008)1627-1636.
7. Hotta, A., Kettunen, A., Utt, J.: Milestones for CFB and OTU Technology The 460 MWe Lagisza Supercritical Boiler, Project Update, 2007