



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Selvitys soodakattiloiden keraamisista
rakenteista**

**Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne,
Pertti Lintunen
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy**

**9.11.2022
Raportti 6/2022
16A0913-E0220**

SELVITYS

VTT-M-00806-22

Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista

Kirjoittajat: Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne, Pertti Lintunen

Luottamuksellisuus: VTT Confidential

Versio: 30.9.2022



Raportin nimi Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Suomen soodakattilayhdistys ry Antti Tikkanen c/o AFRY Finland Oy PL 4, 01621 Vantaa	Asiakkaan viite
Projektin nimi Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista	Projektin numero/lyhytnimi PS_vuoraus
Raportin laatija(t) Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne, Pertti Lintunen	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 16
Avainsanat	Raportin numero VTT-M-00806-22
Tiivistelmä Selvitys tehty Suomen soodakattilayhdistys ry:n toimesta.	
Luottamuksellisuus	VTT Confidential
Espoo Laatija Saara Söyrinki Tutkija	Tarkastaja Janne Pakarinen Tutkimustiimin vetäjä
VTT:n yhteystiedot VTT, PO. Box 1000, 02044 VTT, e-mail: firstname.lastname@vtt.fi	
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Suomen soodakattilayhdistys ry, VTT	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	



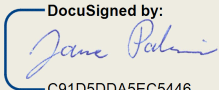
Hyväksyminen

TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY

Päivämäärä:

7.10.2022

Allekirjoitus:

DocuSigned by:

C91D5DDA5EC5446...

Nimi:

Janne Pakarinen

Asema:

Tutkimustiimin vetäjä

Sisällysluettelo

1.	Keraamiset rakenteet soodakattiloissa.....	1
2.	Aiemmat Soodakattilayhdistyksen selvitykset.....	3
3.	Materiaalitoimittajien suosituksia	5
4.	Kysely Suomen soodakattilalaitoksilla käytössä olevista vuorausmateriaaleista 2022.....	7
4.1	Massaukset kattilan alaosassa	7
4.2	Massaukset kattilan yläosassa.....	9
4.3	Käyttökokemukset.....	9
4.4	Massausprosessi	9
4.5	Yhteenveto kyselyn vastauksista.....	10
5.	Uudet materiaalit.....	10
5.1	Alumiinisilikaatit ja alumiinioksidi.....	10
5.2	MgO ja Mg-spinellit.....	11
5.3	ZrO ₂ pohjaiset materiaalit.....	12
6.	Massausprosessi ja lisäaineet.....	13
7.	Suosituksat jatkotutkimuksiin.....	14
8.	Yhteenveto.....	14
	Lähteet.....	15

1. Keraamiset rakenteet soodakattiloissa

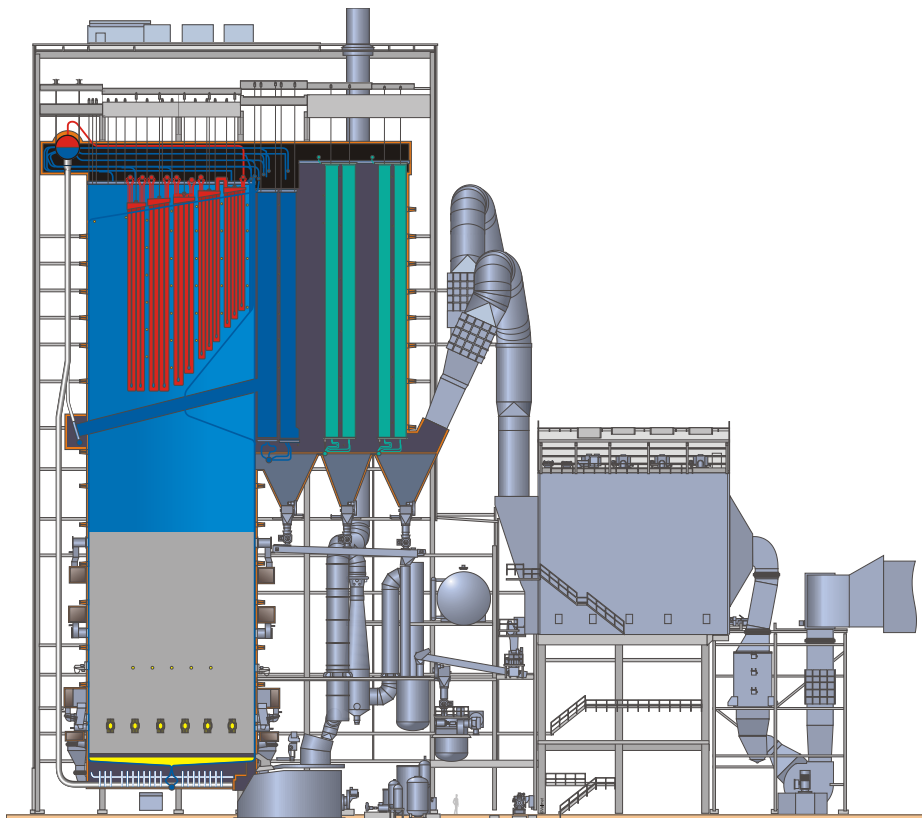
Keraamisia rakenteita käytetään soodakattiloiden läpivienneissä ja aukoissa, kuten ilma-, poltin-, nuohoin- ja mittausaukoissa, sekä sularännien aukoissa, nokan tiivistyskoteloissa ja starttipolttimissa. Soodakattilan keraamisten rakenteiden tulisi kestää samanaikaisesti suolasulia suhteellisen korkeissa lämpötiloissa ja termisiä rasituksia. Kaavakuva soodakattilan rakenteesta on esitetty kuvissa 1 ja 2. Suurimmat ongelmat keraamisten rakenteiden kestävyys kassa ovat soodakattilan alaosaassa, jossa ne ovat kontaktissa pelkistävän alkalisen suolasulan kanssa. Suolasulan lämpötila moderneissa kattiloissa on tyypillisesti 800–850 °C. Suolasulan koostumus näkyy taulukossa 1. Natriumkarbonaatin ja natriumsulfidin lisäksi suolasulassa on kaliumia ja klorideja. Natriumkloridin ja kaliumyhdisteiden määrä riippuu niiden määrästä mustalipeässä. (Vakkilainen, 2005)

Soodakattilan alaosaassa käytettävien materiaalien tulisi siis täyttää seuraavat vaatimukset (Volkman et al. 2004)

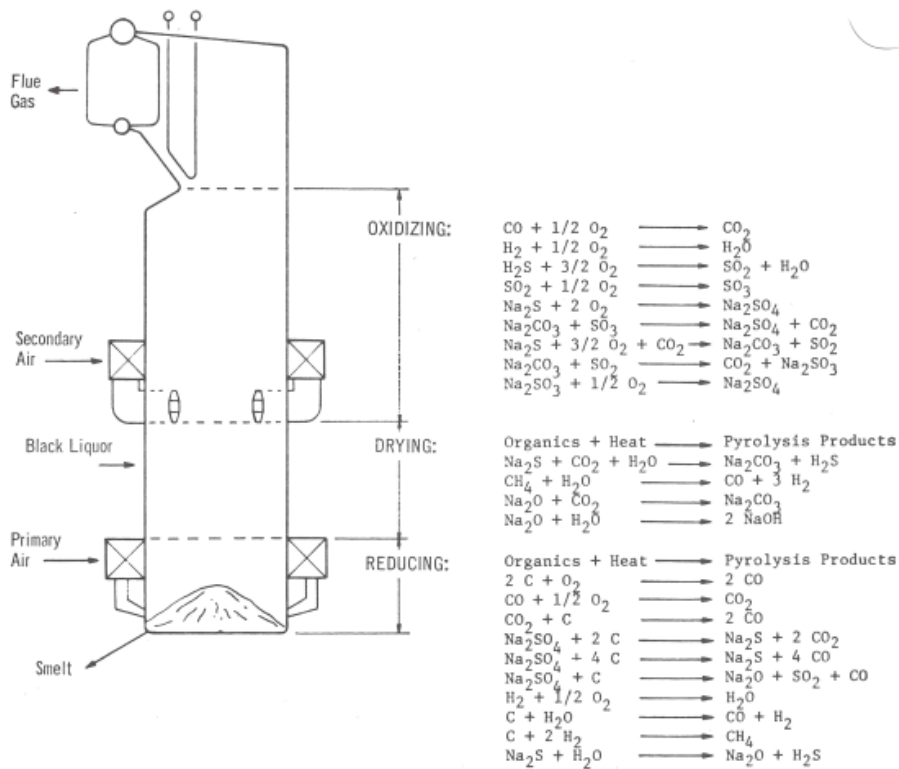
- Kestävyys suolasulan komponentteja, Na_2CO_3 , Na_2S , NaOH ja pienemmissä määrin SiO_2 , NaCl ja KCl vastaan
- Kestävyys kaasumaisia reaktiotuotteita, kuten H_2 , CO , CO_2 , H_2O , H_2S , NH_3 , HCN , HCl , COS , Na , NaOH kaasuja vastaan
- Korkean lämpötilan ja lämpöshokin kestävyys
- Kattilan alaosaassa suolasulan kanssa kontaktissa olevien keraamimateriaalien tulisi olla mahdollisimman reagoimattomia ympäröivissä olosuhteissa
- Pieni suolasulan tunkeumasyyvyys materiaaliin

Taulukko 1. Soodakattilan suolasulan tyypillisiä koostumuksia (Vakkilainen, 2005)

Yhdiste	lehtipuu %	havupuu %
Na_2S	25-28	19-21
Na_2CO_3	66-68	72-75
Na_2SO_4	0,4-1,0	0,6-1,4
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0,3,-0,4	0,2-0,4
Muut	5-6	3-5



Kuva 1. Soodakattilan rakenne (Kuva: Valmet)



Kuva 2. Kemialliset reaktiot soodakattilan tulipesän eri osissa (Smook, 1992)

2. Aiemmat Soodakattilayhdistyksen selvitykset

Hannu Makkonen ja Riku Mattila Oulun Yliopistosta laativat vuonna 2005 selvityksen soodakattiloiden keraamisista materiaaleista. Vuoden 2005 raportissa kiinnostavimmiksi materiaaleiksi nousivat ZrO_2 ja spinellipohjaiset materiaalit. Spinellipohjaisten materiaalien sideainetta pidettiin kriittisimpänä tekijänä soodakattilassa. Myös forsteriitin (Mg_2SiO_4) mahdollinen soveltuvuus nostettiin raportissa esille. Mikäli perusmateriaaleista ei löydy toimivia vaihtoehtoja, eri materiaalien yhdistelmät todettiin vaihtoehdoksi.

Vuonna 2010 Oulussa tehdyssä tutkimuksessa testattiin tulenkestäviä materiaaleja tulipesässä kahden viikon ajan (Hukkanen, Mattila 2010). Tutkittavat materiaalit olivat Hasslen D39A vertailumateriaalina, oma massa, jossa oli valmisspinelliä, ceriumoksidia ja kalsiumaluminaattisementtiä, $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ spinelli, Betker, Ankoflon alumiinioksidia ja magnesiumoksidia sisältävä spinelli, sulavalettu alumiinioksidi, MgO -rauta tiili, oma massa, jossa Ankoflon rakeet oli korvattu valmisspinellillä, ZrO_2 -pohjainen materiaali, sekä syntetisoitu forsteriitti ja CeO_2 (taulukko 2). Kokeen perusteella todettiin, että mekaanisesti heikot materiaalit eivät kestä tulipesässä, vaikka ne kestäisivät kemiallisesti alkalisulia vastaan. Tiiviiden rakenteiden on aiemmissa tutkimuksissa todettu kestävän paremmin soodakattilan olosuhteita, mutta alkalisula tunkeutuu rakenteeseen myös diffundoitumalla ja aiheuttaa imeytymisalueen irti lohkeamisia. Oulussa tehdyssä tutkimuksessa parhaiten pärjasi Haslen (D39A) massa ja MgO -rauta tiili. Lisäksi kiinnostavaksi materiaaliksi todettiin Ankoflo spinelliä muodostava massa ja CeO_2 ja valmis spinelli massat, sekä mahdollisesti täysin mullitisoitu massa. Huonoiten kokeessa pärjäsivät ZrO_2 , spinelliä sisältävä materiaali ja CeO_2 . Parhaiten kokeessa pärjänneet tiilet näkyvät kuvassa 3. Kuvasta nähdään, että Haslen ja Betkerin tiiliä lukuun ottamatta muissa tiilissä on värimuutoksia, jotka kertovat diffuusiosta tai imeytymisestä alueelle.

Vuonna 2011 Oulussa tehdyssä jatkotutkimuksessa testattiin vuonna 2010 parhaiten pärjänneitä materiaaleja (Hasle D39A ja MgO -rautatiili), sekä niiden lisäksi Haslen toista massaa (B1800), tiivistä alumiinioksidia ja Al_2O_3 - MgO spinelliä. Zirkoniumoksidin valmistajia ei löydetty, joten se jätettiin pois kokeista. Kokeessa parhaiten materiaaleista pärjasi edellisen testin tapaan Hasle D39A. Myös Haslen B1800 ja MgO -rauta-tiili kestivät kokeessa suhteellisen hyvin (taulukko 3). (Mattila, 2011)

Taulukko 2. Oulussa 2010 tehdyn kokeen materiaalit

Materiaali	Kuluma	Toimivuus	Muuta
Hasle D39A	8 mm	Lupaava	
Hasle D39A	9 mm	Lupaava	
MgO-rauta tiili	9 mm	Lupaava	
Sulavalettu alumiinioksidi	15 mm	Kohtuullinen	Lohkesi ilmeisesti tunkeutuneiden alkalien ja lämpötilavaihteluiden vuoksi
Betker	18 mm	Kohtuullinen	
Ankoflo	20 mm	Kohtuullinen	
CeO ₂ , omavalmisteinen	42 mm	Heikko	
Forsteriitti	45 mm	Heikko	
Spinelliä sisältävä omavalmisteinen massa	50 mm	Heikko	Mekaaninen lujuus liian alhainen, lohkesi alussa
ZrO ₂	60 mm	Heikko	Mekaaninen lujuus heikko, murtui kehikkoa irroitettaessa

Taulukko 3. Oulussa 2011 tehdyn jatkokokeen materiaalit

Materiaali	Kuluma	Toimivuus	Muuta
Hasle D39A (1)	10-20 mm	Hyvä	
Hasle D39A (2)	2-5 mm	Paras testatuista	
MgO-rauta (1)	5-13 mm	Hyvä	
MgO-rauta (2)	10-18 mm	Hyvä	
Hasle B1800 (1)	5-10 mm	Hyvä	
Hasle B1800 (2)	-		Katosi uuniin
Al ₂ O ₃ *MgO spinelli (1)	30-48 mm	Huonoin testatuista	
Al ₂ O ₃ *MgO spinelli (2)	10-19 mm	Huonoin testatuista	
Tiivis Al ₂ O ₃ (1)	0 mm		
Tiivis Al ₂ O ₃ (2)	25-32 mm		Tiivis materiaali halkeaa helposti, ei kerro kemiallisesta kestävydestä



Kuva 2. Vasemmalta oikealle massat Hasle, MgO-rauta, sulavalettu alumiinioksidi, Betker ja Ankoflo. [Oulun raportti 2010]

3. Materiaalitoimittajien suosituksia

Taulukossa 4 on Mark Reidin (Zampell Industries) vuonna 2010 BLRBACin materiaalikomitean kokouksessa esittämä katsaus soodakattilan ala- ja yläosassa tyypillisesti käytössä oleviin tulenkestäviin materiaaleihin.

Vastaavasti taulukossa 5 on esitetty Hasle Refractories (2021) suositukset soodakattilassa käytettäväksi tulenkestäviksi materiaaleiksi.

Taulukko 4. Soodakattilan ala- ja yläosassa käytettyjä tulenkestäviä materiaaleja (Reid, 2010).

Typical Refractories for Black Liquor Recovery Boilers (Mark Reid, BLRBAC meeting, Oct 2010)			
Kauppanimi	Tyyppi	Koostumus	Muuta
Kattilan alaosa			
D59A	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al ₂ O ₃ -33%SiO ₂ -1.1%Fe ₂ O ₃ - 1.4%CaO	
D65TA	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Korundi	65%Al ₂ O ₃ -30%SiO ₂ -1.4%Fe ₂ O ₃ - 1.6%CaO	
D66	Matalasementtinen valu • Bauksiitti	66%Al ₂ O ₃ -29%SiO ₂ -1.4%Fe ₂ O ₃ - 1.6%CaO	
D55A-EF	Matalasementtinen valu, helposti virtaava • Samotti, Korundi	55%Al ₂ O ₃ -40%SiO ₂ -0.8%Fe ₂ O ₃ - 1.9%CaO	
D59A-EF	Matalasementtinen valu, helposti virtaava • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al ₂ O ₃ -33%SiO ₂ -1.1%Fe ₂ O ₃ - 1.4%CaO	
Kattilan yläosa			
Kaocrete B	Kiteinen piidioksidi ja Portlandin sementti	48%Al ₂ O ₃ -41%SiO ₂ -1%Fe ₂ O ₃ -7.8%CaO- 1.7%TiO ₂ -0.2MgO	
Moldit D	Valettava	38%Al ₂ O ₃ -48.8%SiO ₂ -3%Fe ₂ O ₃ - 8.3%CaO-0.4%TiO ₂ -0.2MgO	
Tuff Shot LI	Mulliitti, kristobaliitti, kaoliini	46.5%Al ₂ O ₃ -38.8%SiO ₂ -1.7%Fe ₂ O ₃ - 0.2%CaO-1.6%TiO ₂ -0.2%MgO	
KS 4V		46.5%Al ₂ O ₃ -39.4%SiO ₂ -1.5%Fe ₂ O ₃ - 8.9%CaO-2.6%TiO ₂ -0.4%MgO	
Blu Ram	Mulliittipohjainen, fosfaatti sidottu	73.8%Al ₂ O ₃ -20%SiO ₂ -0.9%Fe ₂ O ₃	
90 Ram HS	Korkea alumiinioksidipitoisuus, fosfaatti sidottu	93%Al ₂ O ₃ -2.7%SiO ₂ -0.5%Fe ₂ O ₃	
Plastech 90P	Alumiinioksidi, fosfaatti sidottu	Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -P ₂ O ₅	
Bailey Bond			

Taulukko 5. Hasle Refractories suositukset soodakattilassa käytettäviksi tulenkestäviksi materiaaleiksi.

HASLE – Recovery boilers (Hasle Book 2021)			
Kauppanimi	Tyyppi	Koostumus	Muuta
D59A	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al ₂ O ₃ -33%SiO ₂ -1.1%Fe ₂ O ₃ - 1.4%CaO	
D65TA	Matalasementtinen valu • Andalusiitti, Korundi	65%Al ₂ O ₃ -30%SiO ₂ -1.4%Fe ₂ O ₃ - 1.6%CaO	
D66	Matalasementtinen valu • Bauksiitti	66%Al ₂ O ₃ -29%SiO ₂ -1.4%Fe ₂ O ₃ - 1.6%CaO	
D55A-EF	Matalasementtinen valu, helposti virtaava • Samotti, Korundi	55%Al ₂ O ₃ -40%SiO ₂ -0.8%Fe ₂ O ₃ - 1.9%CaO	
D59A-EF	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al ₂ O ₃ -33%SiO ₂ -1.1%Fe ₂ O ₃ - 1.4%CaO	

4. Kysely Suomen soodakattilalaitoksilla käytössä olevista vuorausmateriaaleista 2022

VTT suoritti kyselyn soodakattiloiden käytöstä, olosuhteista ja massausprosesseista suomen soodakattilakäyttäjille (Liite 1). Kyselyyn tuli kolme vastausta. Lisäksi keskustelua käytiin soodakattilalaitosten edustajien sekä asiantuntijoiden kanssa sähköpostin välityksellä. Tässä kappaleessa on käyty läpi kyselyssä ja keskusteluissa saadut tiedot.

4.1 Massaukset kattilan alaosassa

Massauksia on starttipolttimissa, sularännien aukoissa, sekundääri-ilma-aukoissa, pohjan ojassa, poltinaukoissa, lipeäruiskujen aukoissa, miesluukkujen aukoissa, nuohoinaukoissa ja tulipesän mittausaukoissa. Kattilan alaosan lämpötiloista ja kemiallisista olosuhteista ei ole kyselyn vastausten mukaan mittausdataa. Kattilaveden lämpötilaksi on kerrottu noin 300 °C, tulipesän pyrometrien lämpötilaksi 700 °C, takatilan lämpö on 380 °C ja ulos, sähkösuotimia kohti menevän savun 180 °C.

Materiaaleista saatiin tietoa kahden kattilan osalta. Toisessa käytössä oli 100 6152 Calde Cast LT95 kaikissa massattavissa kohteissa. Toisessa puolestaan oli ollut vuosina 2001–2013 tulipesän alaosassa sekundääriaukkoihin asti Hasle 1700A ja vuodesta 2013 lähtien Surcast 65 ja Duraflo 50 KN. Korjauksissa käytössä on GorramB BBX357 tai BLU-RAM HS. Käytössä nyt ja aiemmin olleet

massat ja niiden koostumukset on esitetty taulukossa 6. Tätä aiemmin käytetyistä materiaaleista ei saatu tietoja.

Kattiloiden kestävyys arvioitiin kehittyneen ajan kuluessa, vaikka kattilakuormitus ja sen myötä tulipesän lämpötila on kasvanut. Korjauksia kerrottiin parantuneesta kestävydestä huolimatta kuitenkin tehtävän vuosittain tulen puolella.

Taulukko 6. Kyselyyn vastanneiden ilmoittamat käytössä olevat massausera-ateriaalit.

Materiaalikysely 2022			
Kauppani mi	Tyyppi	Koostumus	Muuta
Calde Cast LT95 (Calderys)	Matalasementtinen valu Tabulaarinen alumiinioksidi (kalsinoitu)	93%Al ₂ O ₃ -5%SiO ₂ -0.1%Fe ₂ O ₃	Kaikkiin massattaviin kohtiin
Hasle D 1700A (Hasle)	Matalasementtinen valu Andalusiitti	58%Al ₂ O ₃ -37%SiO ₂ - 1.0%Fe ₂ O ₃ -1.9%CaO- 1.3%TiO ₂	2001 lähtien tulipesän alaosassa
SURCAST 65 (Vesuvius)	Matalasementtinen, korkean alumiinioksidipitoisuu- den valu	63%Al ₂ O ₃ -32.5%SiO ₂ - 0.8%Fe ₂ O ₃ -1.8%CaO- 1.5%TiO ₂	2013 lähtien tulipesän pohjasta sekundääri- aukkoihin asti
Duraflo 50KN (Vesuvius)	Matalasementtinen valu, helposti virtaava Samotti	53.3%Al ₂ O ₃ -42.1%SiO ₂ - 0.9%Fe ₂ O ₃	2013 lähtien tulipesän pohjasta sekundääri- aukkoihin asti
GorramB BBX357	Ei tietoa		
BLU-RAM HS (Vesuvius)	Mulliittipohjainen, fosfaatti sidottu	73.8%Al ₂ O ₃ -20%SiO ₂ - 0.9%Fe ₂ O ₃	Korjauksissa

4.2 Massaukset kattilan yläosassa

Kattilan yläosassa massauksia kerrottiin olevan alaosan tapaan aukoissa ja läpivienneissä; miesluukuissa, nuohoimien läpivientikoteloissa ja ilma-aukoissa, sekä nuohoimien evissä.

Käytössä yläosassa on samat massat kuin alaosassakin: 100 6152 Calde Cast LT95, Surcast 65 ja Duraflo 50 KN, sekä korjauksiin GorramB BBX357 ja BLU-RAM HS.

4.3 Käyttökokemukset

Massausten kestävyys arvioitiin kyselyssä riippuvan niiden sijainnista kattilassa. Tulipesän alueen massausten kuvaillaan kestävä huonoiten, kattilan yläosissa kestävyys kuvataan olevan parempi. Koteloissa olevat massaukset kestävät kyselyn mukaan suhteellisen hyvin, kun taas tulen puolella olevat massaukset korjataan vuosiseisakissa. Massausten kestävyudeksi ilmoitettiin 1–1,5 vuotta. Ongelmia on havaittu muun muassa lipeäpoltinaukkojen evissä ja miesluukuissa, joissa massaukset häviävät tiilien välistä. Massaukset tarkistetaan ja huolletaan vuosittain vuosiseisakin yhteydessä.

Eri massaust materiaalien välillä ei ole kyselyn mukaan havaittu suuria eroja. Ongelmien arvioidaan liittyvän sekä materiaaleihin, että massausten kuivumisaikoihin. Ainakin osassa tapauksia massaust prosessin ohjeistettu kuivumisaika on niin pitkä, että sitä ei pystytä noudattamaan. Osassa vastauksia kattilan ajotavassa ei ollut havaittu olevan vaikutusta massausten kestävyteen, mutta kovan kuorman mainitaan syövän massoja.

Ilmajaon kerrottiin kahdessa vastauksessa olevan primääri, sekundääri kahdessa kerroksessa ja tertiääri yhdessä kerroksessa. Yhdessä vastauksessa ilmajaoksi oli kerrottu primääri 22%, sekundääri 40% ja tertiääri 38%.

4.4 Massaust prosessi

Massauksen toimittajaksi oli kyselyssä mainittu Calderys ja Refrak. Osa vastaajista arvioi, että eri toimittajien välillä ei ole juurikaan eroja massausten kestävydessä. Massaust tehdään ainakin osassa tapauksia käsin, mutta aikaa ei voi tarkasti määritellä, se riippuu kohteen koosta. Massauksen toimittajan ohjeistusta käyttöönottoon liittyen pyritään noudattamaan mahdollisuuksien mukaan, mutta kuivumisaikaa ei aina pystytä noudattamaan. Massaukset tarkastetaan silmämääräisesti ennen käyttöönottoa. Kattilan ylösajossa lämmitys tehdään hitaasti, mutta ylösajoon on kiire ja massausten toimittajan ohjeita ei aina pystytä noudattamaan.

Kattilan ylösajon yhteydessä tehtävän vesipainekokeen yhteydessä massaun jäänyt vesi voi aiheuttaa massojen vaurioitumista. Kaikki vauriot eivät kuitenkaan selity tällä, vaan sulan kanssa tapahtuvat kemialliset reaktiot ovat merkittävässä roolissa ongelman synnyssä. Tätä väitettä tukee myös se, että

kokemusten perusteella vauriot eivät ole systemaattisesti tietyn tyyppisiä tiettyssä kohdassa kattilaa, vaan enemmänkin kattilakohtaisia.

Massauksen laadun arvioiminen on hankalaa, sillä ajon aikana ei voi havainnoida, mitä tulipesässä tapahtuu. Tamppimassan kerrotaan joskus irronneen putken pinnasta, sillä siinä ei ole kiinnityskohtia. Toisaalta taas tamppimassojen arvioidaan joidenkin kokemusten perusteella olevan ominaisuuksiltaan parhaita, vaikka ne eivät sovikaan joka paikkaan. Massauksen kustannusten kerrotaan olevan pieniä kokonaiskuluihin nähden.

4.5 Yhteenveto kyselyn vastauksista

Massauksia on soodakattilassa pääosin läpivienneissä ja aukoissa. Kattilan alaosassa massauksiin liittyvät kestävyysongelmat ovat suurempia kuin kattilan yläosassa. Käytössä kyselyyn vastanneiden kattiloissa on tällä hetkellä pääosin Al_2O_3 - SiO_2 -pohjaisia massauksia. Ongelmien oletetaan johtuvan sekä materiaalien kestävyyteen että massausten lyhyeen kuivumisaikaan liittyvistä seikoista. Kattilakuormitukset ovat kasvaneet, mutta massausten kestävyys arvioitiin pysyneen samana tai jopa parantuneen ajan kuluessa, mikä kertoo massausmateriaalien kehittymisestä. Massausmenetelmä riippuu massauskohteesta, ja siinä pyritään noudattamaan toimittajan ohjeistusta, mutta se ei ole aina mahdollista. Esimerkiksi kuivumisaajat jäävät ainakin osittain liian lyhyiksi. Massaukset korjataan tai uusitaan vuosittain seisakin yhteydessä.

5. Uudet materiaalit

Erityyppisten tulenkestävien materiaalien kestävyyttä mustalipeässä on tutkittu paljon 2010 luvun taitteessa, kun mustalipeän kaasutuksesta etsittiin vaihtoehtoa soodakattilalle. Laajamittaisen tutkimuksen käynnistäjänä oli se, että New Bernin korkealämpötilakaasuttimen alumiinisilikaattitiilivuoraus ei kestänyt reaktorin korkeaa lämpötilaa (n. 950 °C), pelkistäviä olosuhteita ja seinillä valuvaa mustalipeäsulaa ja vaurioitui jo noin kuudessa kuukaudessa. Keiser et al. (2004a ja 2004b)

5.1 Alumiinisilikaatit ja alumiinioksidi

Käytännönkokemukset New Bernin korkealämpötilakaasuttimesta ovat osoittaneet, että perinteinen $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ alumiinisilikaattivuoraus (nimelliskoostumus 58% Al_2O_3 , 37% SiO_2 , 0.9wt Fe_2O_3) ei sovellu reaktorin vuoraukseen, sillä se ei kestä sulaa mustalipeää n. 950-1000°C lämpötilassa. Sulavaletun α/β alumiinioksidin (45% α / 53% β) kestävyys on parempi kuin em. alumiinisilikaatin,

mutta sekin vaurioitui reaktorissa noin vuodessa, joten se korvattiin vuonna 2006 sulavaletulla MgO-Al₂O₃ spinellillä. (Peascoe et. al. 2001, Hemrick et al. 2011).

Samanlaisia tuloksia on saatu myös laboratoriokokeissa. Peascoe et al. (2001) ja Keiser et al. (2006) tutkimuksissa sulavaletun α/β alumiinioksidin (95% Al₂O₃, 4% Na₂O, 0.5% SiO₂ ja 0.5% muut) kestävyys oli mustalipeäsulassa (900–1000 °C) parempi kuin mulliitin (58% Al₂O₃, 37% SiO₂, 0.9wt Fe₂O₃ ja vähäinen määrä P₂O₅ sideaineessa, huokoisuus max. 9%). Mulliitti reagoi korkeassa lämpötilassa suolasulan kanssa; Silikaattifaasit eivät kestä korkeaa lämpötilaa ja sideaine ei kestä natriumsuolasulia, jolloin näytteissä tapahtui laajenemista n. 8–30%. Saman tyyppisiä tuloksia on saatu myös natrium karbonaattisulissa (Na₂CO₃) 1000 °C lämpötilassa, jossa mulliitti (3Al₂O₃·2SiO₂) reagoi sulan karbonaatin kanssa, jolloin muodostuu suuritulavuuksisia faaseja (Rezaic et al. 2006).

Alumiinisilikaattien kestävyyttä alkalisia suolasulia vastaan voidaan parantaa seosaineilla tai pintakäsittelyillä, jotka muodostavat pinnalle paremmin korroosiota kestävän kerroksen (faasin). Esimerkiksi litiumoksidi (Li₂O₃) pintakäsittely parantaa alumiinioksidin, α -b alumiinioksidin ja MgAl₂O₄- materiaalien kestävyyttä alkalisulissa (Keiser 2004b ja Rezaic et al. 2006).

5.2 MgO ja Mg-spinellit

Magnesiumoksidi (MgO) ja ceriumoksidi (CeO₂) ovat harvoja materiaaleja, joiden ei ole todettu reagoivan natriumkarbonaatti (Na₂CO₃) tai kaliumkarbonaatti (K₂CO₃) sulien kanssa 1000 °C lämpötilassa (Rezaic et al. 2006). Vastaavasti Cheng et al. (2020) on todennut, että magnesium oksidi ei korrodoidu NaCl, Na₂CO₃ ja Na₂SO₄ suolaseoksissa lämpötilavälillä 600–1200 °C. MgO materiaalilla (MgO – vähäisiä määriä Ca₂SiO₄ ja MgAl₂O₄ spinelli sideaineena) on todettu olevan hyvä kestävyys myös mustalipeäsulassa lämpötilassa 1000 °C (Peascoe et al. 2001). Kemiallisen kestävyuden perusteella MgO ja CeO₂ sopisivat hyvin käyttökohteisiin, joissa vaaditaan hyvää kestävyyttä alkalisuolasulia vastaan, mutta kalliina ja huonon saatavuuden takia niiden laajamittainen teollinen käyttö ei ole kannattavaa (Rezaic et al. 2006).

Zao et al. (2018) on tutkinut alumiini-, kromi ja rautaoksidien (Al₂O₃, Cr₂O₃ ja Fe₂O₃) sekä kolmen Mg-spinellin (90p% MgO·Cr₂O₃, 85p% MgO·Fe₂O₃ ja 83p% MgO·Al₂O₃) kestävyyttä natriumkarbonaatissa lämpötilavälillä 600–1200 0176 °C. Kokeissa spinelli-materiaalien järjestys parhaimmasta huonompaan oli seuraava: MgO·Al₂O₃ > MgO·Fe₂O₃ > MgO·Cr₂O₃.

MgO-Al₂O₃ ja MgAl₂O₄ sekä muilla vastaavan tyyppisillä materiaaleilla on kohtalainen tai hyvä kestävyys mustalipeäsulassa. Tutkimuksissa on myös todettu, että kattilasta otettu mustalipeäsula ei ole niin aggressiivinen kuin keinotekoinen 80% K₂CO₃-20% Na₂CO₃ sula (Hemrick et al. 2012). Sulavaletulla MgAl₂O₄ spinellillä on havaittu olevan mustalipeässä parempi kestävyys kuin

vastaavalla sideaineellisella spinellillä. Sulavaletun spinellin paremman kestävyys on esitetty johtuvan sulasuolan vähäisemmästä tunkeutumisesta rakenteeseen. Vastaavasti huokoisuus heikentää kestävyttä suolasulissa ja oleellista on minimoida jatkuva huokoisuus, jotta pienennetään kemiallisille reaktioille altistuvaa pinta-alaa ja sulan tunkeutumista kappaleen sisään. Toisaalta huokoisuuden lisääntyessä lämpöshokin kestävyys paranee. (Härkki, 1993)

Sulavaletulla $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ spinellillä on laboratoriokokeissa todettu olevan hyvä kestävyys mustalipeäsulassa lämpötilassa $1000\text{ }^\circ\text{C}$, ja se korvasi vuonna 2006 sulavaletun α/β alumiinioksidin New Berniin kaasuttimen vuorauksena (Peascoe et al. 2001, Hemrick et al. 2011 ja 2012). Vuonna 2008 on patentoitu MgAl_2O_4 spinellitiili/-vuorausmateriaali (MgAl_2O_4 n. 90% tai enemmän) alkalisuolaympäristöihin korkeissa lämpötiloissa (US Patent US7438004). Vastaavasti Minteq toi vuonna 2011 markkinoille ruiskutettavan Fastfire® MG-SP SHOT magnesiumspinellimateriaalin (79.8% MgO , 14.3% Al_2O_3 , 3.2% SiO_2 , 1.7% CaO ja 1.0% muut) käyttökohteina kalkki- ja sementtiunit sekä mustalipeä (Hemrick, 2011).

5.3 ZrO_2 pohjaiset materiaalit

Rezaie et al. (2006) tutkimuksessa tutkittiin zirkoniumoksidin kestävyttä altistettuna mustalipeän eri komponenteille. Termodynaamisen tarkastelun mukaan pääteltiin, että ZrO_2 muodostaisi mustalipeän kanssa reaktiotuotteen ZrC_4 , mutta ei reagoisi Na_2CO_3 :n, K_2CO_3 :n ja Na_2S :n kanssa. Laboratoriokokeissa havaittiin kuitenkin, että $1000\text{ }^\circ\text{C}$:een lämpötilassa ZrO_2 muodosti natriumkarbonaatin kanssa natrium zirkonaattia (Na_2ZrO_3). Reaktiokerros zirkoniumoksidin pinnalla oli suhteellisen ohut, noin $5\text{ }\mu\text{m}$. Tutkimuksen perusteella zirkoniumoksidia pidettiin pienen tunkeumasyvyyden vuoksi lupaavana materiaalina sovelluksiin, jotka ovat kontaktissa mustalipeän suolasulien kanssa.

Gogotsi ja Lavrenko et al. (1992) havaitsivat yttrium-stabiloidun zirkoniumoksidin reagoivan natriumhydroksidin kanssa jo $358\text{ }^\circ\text{C}$:ssa, kaliumhydroksidin kanssa $500\text{ }^\circ\text{C}$:ssa ja heidän tutkimuksessaan havaittiin zirkoniumoksidin merkittävää korroosiota natriumkarbonaatin kanssa $900\text{ }^\circ\text{C}$:ssa.

Eri tutkimuksissa on myös selvitetty, estäisikö tai hidastaisiko zirkoniumoksidipinnoitus muiden refraktorimateriaalien, kuten aluminosilikaatin tai alumiinioksidin korroosiota suolasulan kanssa kontaktissa ollessaan. Osassa tutkimuksista pinnoitteen ei ole havaittu juurikaan parantavan korroosionkestoa, kun taas osassa tapauksista korroosionkestävyys on parantunut. Ongelmia on aiheutunut muun muassa materiaalien lämpölaajenemiskertoimien eroavaisuuden aiheuttamasta pinnoitteen halkeilusta. (Pallay, 2006) Pinnoitteen korroosionkestoa parantavan vaikutuksen on ehdotettu johtuvan sulasuolan vähäisemmästä tunkeutumisesta rakenteeseen. Pallay (2006) ehdotti

tutkimuksessaan skandium-stabiloidun zirkoniumoksidin, sintrattujen pinnoitteiden ja pintakäsittelyiden käyttöä pinnoitteiden korroosionkestävyyden lisäämiseksi. Sintratut pinnoitteet eivät kuitenkaan välttämättä ole riittävän hyvin substraatissa kiinni.

Oulun yliopiston vuonna 2010 tehdyssä tutkimuksessa ZrO_2 ei pärjännyt hyvin, sillä sen mekaaninen kestävyys ei ollut riittävä. Jatkotutkimukseen ei löydetty kaupallista zirkoniumoksidia, joten se jätettiin tutkimuksesta pois.

6. Massausprosessi ja lisäaineet

Tulenkestävien massauksien oikea asennus sisältää sekoittamisen, paikalleen asennuksen, kovetuksen ja kuivauksen. Väärin käytetty vesimäärä sekoituksessa tai huono tiivistys asennuksen aikana voivat johtaa suurempaan huokoisuuteen, pienempään tiheyteen ja heikentyneeseen lujuuteen. Väärä kovettuminen voi johtaa sementin ei-toivottujen hydraattifaasien muodostumiseen. Jokainen näistä ongelmista voi vaikuttaa lopullisen valettavan vuorauksen huonompaan suorituskykyyn. Valettavien keraamimassojen kuivauksessa on tärkeää saada kemiallisesti sitoutunut ja vapaa vesi poistumaan massasta. Gitzenin ja Hartin mukaan noin 75% hydratoitumisen jälkeen massaan jääneestä vedestä on huokosiin jäänyt ns. vapaata vettä ja loput 25% kemiallisesti sitoutunutta vettä. Kemiallisesti sitoutuneen veden määrää voidaan pienentää käyttämällä kehitettyjä ultra-low cement refraktori massoja. Kuivaus pitää suorittaa hallitusti, ettei massaan jäänyt vesi liian nopeasti laajentuessaan lämpötilan noustessa aiheuta rakenteeseen sisäistä painetta, joka ylittää massauksen lujuuden. Tämä voi johtaa massauksen räjähdysnomaiseen halkeiluun (explosive spall).

Valettavien keraamimassojen asennuksen yhteydessä voidaan käyttää lisäaineita kuten dispergointiaineita, joiden avulla voidaan vähentää käytetyn veden määrää mikä puolestaan lyhentää kuivumisaikaa. Dispergointiaineina käytetään mm. mikrosilikaa, reaktiivista alumiinioksidia tai jauhemaista polymeeria, jotka edesauttavat keraamimassan plastisointia (juoksevuutta). Kovettumista nopeuttavia lisäaineita on myös saatavilla, joista esimerkkinä Basfin FW10, jossa lisäaineena käytetty litium kiihdyttää kalsiumaluminaattisementin asettumista ja hydratoitumista. (Bogan, 2018)

7. Suositukset jatkotutkimuksiin

Jatkotutkimuksissa suositellaan tekemään aluksi laboratoriossa upokaskokeita, joilla haarukoidaan potentiaalisesti toimivat materiaalit ja valmistusmenetelmät sekä verrataan niitä tällä hetkellä käytössä oleviin materiaaleihin.

- Lupaavimmat uudet materiaalit: $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{MgO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$, MgO , CeO_2
- Vertailumateriaaleina tällä hetkellä käytössä olevat materiaalit (esim. Hasle D55A-EF, D59A)
- Eri valmistusmenetelmät (sulavalu, sideaineet) ja kiihdyttimet

8. Yhteenveto

Soodakattilan massaukset altistuvat käytössä korkeille lämpötiloille ja alkalisille suolasulille. Tällä hetkellä käytössä olevat, pääosin alumiinioksidi-piidioksidi-pohjaiset massat kestävät käyttäjäkyselyn perusteella 1–1,5 vuotta, ja ne vaihdetaan vuosiseisokin aikana. Ongelmat massausten kestävyudessa johtuvat kokemusten ja tutkimusten mukaan pääasiassa massaan jääneestä kosteudesta sekä massan ja suolasulan välisistä kemiallisista reaktioista. Sulasuola reagoi massan kanssa ja tunkeutuu massan sisälle. Massan sisällä tapahtuvat kemialliset reaktiot saavat aikaan tilavuuden muutoksen ja massan murtumisen.

Tulenkestäviin lipeälle altistuvien materiaalien tutkimus on vuoden 2010 jälkeen keskittynyt pääosin mustalipeän kaasutukseen ja materiaalien kestävyteen kaasuttimissa. Kaasutustutkimuksissa perinteiset alumiinisilikaatti-materiaalit on todettu mustalipeäaltistuksissa korkeassa lämpötilassa huomattavasti kestäviksi kuin esimerkiksi $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ spinellit. $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ spinellien kohdalla valmistusmenetelmällä on merkittävä vaikutus kestävyteen soodakattilan olosuhteissa. Esimerkiksi sulavalettu $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ on toiminut testeissä hyvin, kun taas sideaineellinen $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ on kestänyt huomattavasti huonommin.

Oulussa vuosina 2010–2011 tehdyissä tutkimuksissa parhaiten kesti samottipohjainen materiaali (Hasle D39A). Myös MgO -rauta-tiili antoi lupaavia tuloksia testeissä. Materiaalitoimittajilta ja BLRBAC:n materiaalikomitean katsauksessa vuonna 2010 soodakattilan alaosassa käytettäviksi materiaaleiksi on lueteltu pääosin alumiinisilikaatti-materiaaleja.

Lisäaineilla, kuten kiihdyttimillä voidaan vaikuttaa massojen toimivuuteen esimerkiksi kuivausaikojen lyhentämällä ja huokoisuuteen vaikuttamalla. Jatkotutkimuksessa suositellaankin tutkimaan eri lisäaineiden vaikutusta massojen kuivumisnopeuteen ja kestävyteen. Kiinnostavimpia materiaaleja

jatkotutkimuksen kannalta ovat aiemmissä kokeissa menestyneiden kaupallisten alumiinisilikaattien rinnalla sulavalettu $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, muut Mg-spinellit, MgO, CeO_2 ja mahdollisesti ZrO_2 pinnoitteet.

Lähteet

Bogan, J., *Water-physical and chemical- must be removed before refractory castables can be used in high-temperature applications. Ceramic Industry, Vol. 168, Issue 8, 2018.*

Cheng, G., Zhao, Y., Long, F., Zhang, J., Zhao, T., Liu, L., Wang, x., & Dong, C. 2020. *Analysis and Prediction of Corrosion of Refractory Materials by Sodium Salts during Waste Liquid Incineration—Thermodynamic Study. Materials 2020, 13, 4729.*

Gogotski, Y. G., Lavrenko, V. A., *Corrosion of High-Performance Ceramics. 1992, Berlin, Germany: Springer-Verlag.*

Hemrick, J.G., Keiser, J.R. & Peascoe-Meisner, R.A. 2011. *Material characterization and analyses for selection of refractories used in black liquor gasification. In: Materials challenges in alternative and renewable energy. Eds. Wicks., G., Simon, J., Zidan, R., Lara-Curzio, E., Adams, T., Zayas, J., Karkam, A., Sindelar, R. & Garcia-Diaz, B. p. 363-376.*

Hemrick, J.G., Smith, J.D., O'Hara, K., Rodriques-Schroer, A. & Coalvito, D. 2012. *Novel refractory materials for high alkali, high temperature environments. ORNL/TM-2012/245.*

Hemrick, J.G. 2011. *Novel refractory materials for high alkali, high temperature environments. NFE-07-00093. US Patent US7438004, 2008. MgAl_2O_4 Spinell refractory as containment liner for high-temperature alkali salt containing environments.*

Hukkanen, R., Mattila, R., *Kokeellinen vertaileva tutkimus tulenkestävistä massoista soodakattilassa. Oulun Yliopisto, Tilaustyö Suomen soodakattilayhdistys ry:lle, 2010*

Härkki, J., *Metallurgin hyvä tietää: Korkealämpötilaprosessien rakennemateriaalit. Prosessitekniikan osasto, Oulun yliopisto, moniste 33. Oulu*

Keiser, J.R., Peascoe, R.A., Hemrick, J.G., Hubbard, C.R., Pint, B.A., Gorog, J.P., Chandran, R.R. & Hou, P.Y. 2004a. *Materials Issues in Black Liquor Gasification Systems.*

Keiser, J.R., Peascoe, R.A., Hemrick, J.G., Hubbard, C.R., Tortorelli, P.F. & Pint, B.A. 2004b. *Performance of Materials in Black Liquor Gasification Environments.*

Keiser, J.R., Hemrick, J.G., Gorog J.P. & Leary, R. 2006. *Improved Materials for High-Temperature Black Liquor Gasification. ORNL TM-2006/71.*

Makkonen, H., Mattila, R., *Soodakattilan keraamiset rakenteet, Raportti 2005.*

Mattila, R., *Ceramics in the furnace, esityskalvot, Skyrec-seminar, Oulun Yliopisto, 2011.*

Pallay, K. J., *Surface modifications to mitigate refractory degradation in high-temperature black liquor gasifiers, Thesis, Georgia Institute of Technology, 2006.*

Peascoe, R.A., Keiser, J.R., Hubbard, C.R., Keiser, J.R., Gorog, J.P., Brown, C.A. & Nilsson, B.H. 2001. *“Comparison Of Refractory Performance in Black Liquor Gasifiers And A Smelt Test System”,*

Proceedings of the International Chemical Recovery Conference, Whistler, British Columbia, ss. 297-300, June 11-14, 2001.

Peascoe, R.A., Keiser, J.R., Hubbard, C.R., Brady, M.P. & Gorog, J.P. 2001. Performance of selected materials in molten alkali salts. 10th ISCPPI, Vol.1, August 21-24, 2001. s.189-200.

Rezaie, A., Headrick, W.L. & Fahrenholtz, W.G. 2005. Refractory Selection for High-Temperature Black Liquor Gasification. J. Am. Ceram. Soc., 89 (1) 309-315.

Smook 1992, Handbook for Pulp & Paper Technologists, 2nd Edition. Angus Wilde Publications, Vancouver, B.C., Canada. S. 145

Vakkilainen, E., Kraft Recovery Boilers – Principles and Practise, Suomen soodakattilayhdistys r.y., 244 s. 2005

Volkamann, D., Reuther, C. & Just, T., Refractories for gasification reactors – a gasification technology supplier's point of view. Refractories Applications and News, Vol. 9, Number 5, 2004

Zhao, Y., Cheng, G., Xiang, Y., Long, F. & Dong, C. 2018. Thermodynamic Study of the Corrosion of Refractories by Sodium Carbonate. Materials 2018, 11, 2197.

Certificate Of Completion

Envelope Id: 56696288A9AD4394A519E8692F07C02C

Status: Completed

Subject: Complete with DocuSign: VTT-M-00806-22.pdf

Source Envelope:

Document Pages: 20

Signatures: 1

Certificate Pages: 1

Initials: 0

AutoNav: Enabled

Envelopeld Stamping: Enabled

Time Zone: (UTC+02:00) Helsinki, Kyiv, Riga, Sofia, Tallinn, Vilnius

Envelope Originator:

Christina Vähävaara

Vuorimiehentie 3, Espoo,

., . P.O Box1000,FI-02044

Christina.Vahavaara@vtt.fi

IP Address: 130.188.17.16

Record Tracking

Status: Original

04 October 2022 | 12:09

Holder: Christina Vähävaara

Christina.Vahavaara@vtt.fi

Location: DocuSign

Signer Events

Janne Pakarinen

janne.pakarinen@vtt.fi

Research Team Leader

Security Level: Email, Account Authentication
(None), Authentication**Signature**

DocuSigned by:



C91D5DDA5EC5446...

Signature Adoption: Uploaded Signature Image
Using IP Address: 130.188.108.238**Timestamp**

Sent: 04 October 2022 | 12:10

Viewed: 07 October 2022 | 14:45

Signed: 07 October 2022 | 14:46

Authentication Details

SMS Auth:

Transaction: 660EC90D78C814049193A28A700A8A9A

Result: passed

Vendor ID: TeleSign

Type: SMSAuth

Performed: 07 October 2022 | 14:45

Phone: +358 50 4412608

Electronic Record and Signature Disclosure:

Not Offered via DocuSign

In Person Signer Events**Signature****Timestamp****Editor Delivery Events****Status****Timestamp****Agent Delivery Events****Status****Timestamp****Intermediary Delivery Events****Status****Timestamp****Certified Delivery Events****Status****Timestamp****Carbon Copy Events****Status****Timestamp****Witness Events****Signature****Timestamp****Notary Events****Signature****Timestamp****Envelope Summary Events****Status****Timestamps**

Envelope Sent

Hashed/Encrypted

04 October 2022 | 12:10

Certified Delivered

Security Checked

07 October 2022 | 14:45

Signing Complete

Security Checked

07 October 2022 | 14:46

Completed

Security Checked

07 October 2022 | 14:46

Payment Events**Status****Timestamps**

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2020
(16A0913-E0208) 21.4.2021
- 2/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 21.4.2021, Teams-kokous ja AFRY Finland Oy, Vantaa
(16A0913-E0209) 21.4.2021
- 3/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 4.11.2021
Sokos hotelli Presidentti, Helsinki
(16A0913-E0210) 4.11.2021
- 4/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lime Kiln alternative fuels and emissions / Meesaunun päästöt erilaisilla polttoaineilla
Henna Hietanen, Jens Kohlmann, AFRY Finland Oy
(16A0913-E0211) 17.11.2021
- 5/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa – hallinta, seuranta ja toimenpiteet
Karri Aunola, Essi Korhonen, Maija Vidqvist, Anu Kettunen, Teollisuuden Vesi Oy
(16A0913-E0212) 21.12.2021
- 6/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport, Phase 2
Roland Balint, Markus Engblom, Åbo Akademi
(16A0913-E0213) 21.12.2021
- 7/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Recovery Boiler superheater corrosion – Impact of amount of melt at T0
Ebba Malm, Åbo Akademi
(16A0913-E0214) 21.12.2021

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 7.4.2022, esitelmät
Sokos hotelli Kaarle, Kokkola, UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat
(16A0913-E0215) 7.4.2022
- 2/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2021
(16A0913-E0216) 26.4.2022
- 3/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2022
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0217) 27.10.2022
- 4/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kyberturvallisuuden perusteet soodakattiloiden automaatiojärjestelmissä
Suvi Kaartinen ja Henry Haverinen, Insta Advance Oy
(16A0913-E0218) 7.11.2022
- 5/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suositus soodakattilan tulipesän seinien ja pohjan komppoundputkien pinnoitehitsin tunkeumalle
Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy, Replico Oy, Valmet Technologies Oy, Kestoisuustyöryhmä
(16A0913-E0219) 26.10.2022
- 6/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista
Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne, Pertti Lintunen, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0220) 9.11.2022