



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Sähkösuodintuhkan puhdistus ja
käsittely**

Kurt Sirén

24.11.2003

Raportti 9/2003

SÄHKÖSUODINTUHKAN PUHDISTUS JA KÄSITTELY

Kurt Sirén

24.11.2003

Tutkimus 0515955

1 JOHDANTO

Nykyaikaisen pohjoismaisen sellutehtaan rikkitase on yleensä ylijäämäinen, ja sen hallitsemiseksi poistetaan kierrosta merkittäviä määriä sähkösuodintuhkaa. Tuhkan poistaminen edesauttaa myös kalium- ja klooripitoisuuksien pitämistä riittävän alhaisella tasolla. Yleisin tapa sijoittaa poistettava tuhka on liuottaa se veteen ja viemäroidä se jäteveden mukana. Kasvavat ympäristövaatimukset saattavat kuitenkin tulevaisuudessa estää tällaisen käytännön. Natriumsulfaatti, joka on tuhkan pääkomponentti, on myös hyötykemikaali monessa muussa tuotannossa, kuten pesuaineiden, lasin, tekstiilien ja eräiden peruskemikaalien valmistuksessa, ja sen viemärointi ei siksi tunnu mielekkäältä. Näistä syistä Soodakattilayhdistys on katsonut aiheelliseksi tutkia mahdollisuuksia puhdistaa sähkösuodintuhka, ja valmistaa siitä yleisiä teollisuuskrieteerejä täyttävä natriumsulfaatti. Tässä esiselvitysluonteisessa tutkimuksessa on kehitetty kiteytykseen perustuvia menetelmiä tähän tarkoitukseen.

2 TAVOITE

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää soodakattilan lentotuhkan paras puhdistusmenetelmä natriumsulfaatin hyötykäyttöä varten. Parhaalla tarkoitetaan tässä menetelmää, jossa halpuus ja tehokkuus yhdistyvät optimaalisella tavalla. Lisäksi pyrittiin löytämään ratkaisu siihen kuljetusongelmaan, joka aiheutuu tuhkan erittäin suuresta tilavuudesta painoon nähden. Tilavaa, erittäin kevyttä ja pölyävää materiaalia on vaikea kuljettaa kannattavalla tavalla pois tehtaalta, esim. jatkokäsittelypaikalle.

3 TAUSTA

Aikaisemmin tehdyssä selvityksessä (Wartiovaara 2001) 16 tutkitusta suomalaisesta tehtaasta 9 liuottivat ja viemäroivät lentotuhkaa. Liuotettu määrä oli näissä keskimäärin 5,3 kg/ADt. Vuonna 2000 arvioitiin liuotetun lentotuhkan määrään olleen Suomessa noin 17000 t (Niemelä 2003).

Natriumsulfaatin lisäksi sähkösuodintuhka koostuu natriumkarbonaatista ja kaliumtai natriumkloridista. Suomalaisissa tehtaissa tehdyn tutkimuksen perusteella (Wartiovaara 2001) voidaan laskea että natriumsulfaattia oli keskimäärin 88,6 %, minimin ollessa 75 % ja maksimin ollessa 95 %.

Aikaisemmassa Soodakattilayhdistykselle tehdyssä selvityksessä natriumsulfaatin käyttökohteista todettiin että yleisin puhtausvaatimus tekniselle käytölle on 99,5 % (Niemelä 2003). Eri käyttökohteissa lienee tämän lisäksi erinäisiä vaatimuksia esim. raskasmetallien suhteen.

Lentotuhkan puhdistamiseen on kehitetty menetelmiä, jotka perustuvat ionivaihtoon, ultrasuodatukseen, sähködialyysiin, uuttoon ja kiteyttämiseen (Niemelä 2003). Kolme ensimmäistä vaativat melko erikoistuneita laitteita. Lisäksi membraaneihin tai ionivaihtopetiin perustuvat menetelmät ovat herkkiä tukkeutumaan tehdasoloissa, eivätkä ne ole toistaiseksi saavuttaneet teollista läpimurtoa.

4 PUHDISTUSKOKEET

4.1 Valitut menetelmät

Tässä työssä keskityttiin uuttoon ja kiteytykseen, jotka ovat vähemmän herkkiä epäpuhtauksille kuin membraani- ja ionivaihtomenetelmät. Uuttoa ja kiteytystä yhdistettiin siten, että ensin poistettiin osa kaliumista ja kloorista uutolla, sen jälkeen liuotettiin jäännös veteen, ja tehtiin kiteytys. Kokeiltiin jäähdytyskiteytystä ja haihdutuskiteytystä. Jäähdytyskiteytyksessä kiteytyy kidevedellinen natriumsulfaatin muoto, ja haihdutuskiteytyksessä kidevedetön muoto. Kiteytys pyrittiin tekemään hallitusti siten, että natriumsulfaatin kidehila muodostuisi mahdollisimman ehjäksi ja virheettömäksi. Tällä tavalla kiteet sulkevat ulos vierasaineet, ja materiaali puhdistaa itsensä, epäpuhtauksien jäädessä liuokseen. Nämä voidaan sen jälkeen suodattaa pois liuoksena tai hienojakoisina hiukkasina. Kiteyttämällä useita kertoja lienee mahdollista puhdistaa natriumsulfaatti edelleen.

Puhdistusprosessin ensisijainen tehtävä on kaliumin, kloorin, karbonaatin sekä raskasmetallien, erityisesti kadmiumin poisto. Tässä tutkimuksessa ei kiinnitetty huomiota raskasmetalleihin, vaan päähuomio suunnattiin ensin mainittuihin komponentteihin.

Koska natriumsulfaatti on maailmanmarkkinoilla halpa peruskemikaali, lentotuhkan puhdistamiseen ei ole mahdollista käyttää kovin paljon apukemikaaleja tai hyvin kaltaisia laitteita. Tämä rajoittaa melko paljon vaihtoehtoja.

Natriumsulfaatin liukoisuusdiagrammi on liitteessä 1.

Kokeen kulku on esitetty kaavamaisesti liitteessä 2.

4.2 Uutto

Uutto-olosuhteita valittiin kirjallisuustietojen perusteella siten (Jaretun 1994), että tuhka/vesisuhde oli 1:1, lämpötila 65 °C ja uuttoaika 30 min. 1000 g tuhkaa liuotettiin 1000 g veteen, ja sekoitettiin koko uuton ajan. Seos suodatettiin buchnersuppilossa valkonauha-paperilla imulla, ja imua jatkettiin kunnes liuosta ei enää eronnut kakusta. Kideaineksen, eli pääasiassa natriumsulfaatin saanto jäi teollista prosessia ajatellen heikohkoksi, ja siksi tehtiin vielä toinen uutto samalla liuoksella. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tuhka/nestesuhdetta kohotettiin. Toisessa uuttovaiheessa sekoitettiin 500 g suodintuhkaa liuokseen, ja uutettiin samoissa oloissa. Suodatuksen jälkeen kakku kuivatettiin 105 °C:ssa saannon tarkistamiseksi. Saanto oli ensimmäisen uuttovaiheen jälkeen 49,2 % ja toisen vaiheen jälkeen 71,7 %. Alkuperäisen suodintuhkan ti-

lavuus oli noin 9 l (1,5 kg), eli 6 l/kg, mikä kuvastaa hyvin mahdolliseen kuljetukseen liittyvän tilavuusongelman.

4.3 Karbonaatin poisto

Uuton ja suodatuksen jälkeen kideaines liuotettiin veteen. Karbonaatin läsnä ollessa voi saostua burkeiittia ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$). Burkeiitti on niukkaliukoisempi kuin natriumsulfaatti, ja siksi haluttiin poistaa se ennen kuin kideaines liuotettiin täydellisesti. Karbonaatti poistettiin eli muutettiin sulfaatiksi laskemalla pH 3:een rikkihapolla. Mahdollisimman täydellisen hiilidioksidin poiston aikaansaamiseksi seosta sekoitettiin 15 min ja lämpötila pidettiin 70 °C:ssa. Sekoituksen jälkeen nostettiin pH takaisin ylös ja säädettiin 7:ksi NaOH:lla.

Koska lopuksi haluttiin saada mahdollisimman kylläinen natriumsulfaattiliuos kiteyttämistä varten, käytettiin mahdollisimman vähän vettä. Lämpötila korotettiin 90 °C:een. Tämä kyllästetty liuos jaettiin kahteen osaan, joista toinen otettiin jäähdytyskiteytykseen ja toinen haihdutuskiteytykseen.

4.4 Jäähdytyskiteytys

Jäähdytyskiteytyksessä tavoitteena on saada $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kiteytymään. Tämä kide muoto muodostuu vain alle 32,4 °C lämpötilassa (Linke). Jos lämpötila on alle 24 °C voi myös muodostua metastabiili $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

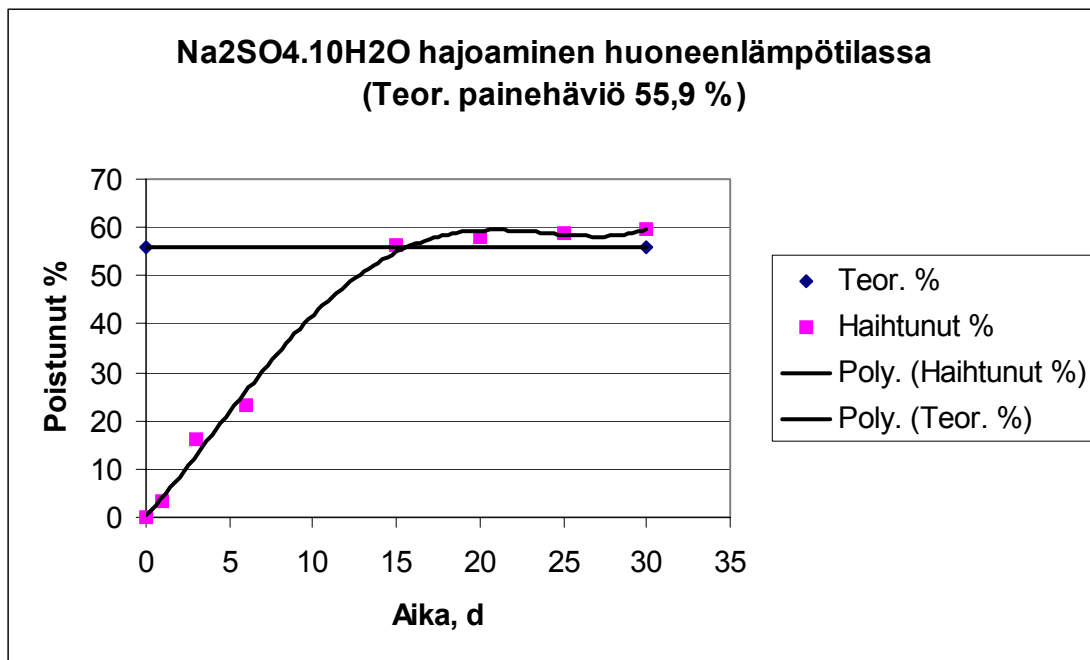
Liuos jäähdytettiin +6 °C:een, ja annettiin seistä yli viikonlopun tasapinon saavuttamiseksi. Sekoituksen järjestäminen oli käytännössä vaikeata, ja se oli jätettävä pois. Kideaines kasvoi karkeaksi massaksi, jossa suurimmat kiteet olivat yli 10 mm kokoisia. Seos suodatettiin buchnerillä valkonauhaperilla imulla.

Kuivatus

Kidemassan kuivatukseen kokeiltiin kahta menetelmää, korkea lämpötila (105 °C) ja matala lämpötila (huoneenlämpötila, n. 23 °C).

Kuivattaminen korotetussa lämpötilassa johtaa siihen, että $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ sulaa kideveteensä (ns. epäkongruenttinen sulaaminen > 32,4 °C). Tällöin muodostuu seos, joka koostuu kidevedettömästä natriumsulfaatista ja kylläisestä liuoksesta. Kideaines oli karkeaa, mutta kun seos kuivui, muodostui kova kakku. Suuressa mittakaavassa toteutettuna tällaisen seoksen käsittely vaikuttaa hankalalta, ja asettaa suuria vaatimuksia laitteistolle.

Jos kuivatus tehdään sulamispisteen alapuolella, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ hajoaa sulamatta, jolloin muodostuu hienojakoista valkoista jauhetta. Huoneenlämpöön jätetty kidemassa hajosi ajan mukaan melko täydellisesti, muodostaen kaupalliseksi tuotteeksi todennäköisesti sopivan jauheen, mutta prosessi oli hyvin hidas. Kuvassa 1 on esitetty painon muutos ajan funktiona. Ilman kosteutta ei mitattu.



Kuva 1. Hajoamisprosessi ajan funktiona.

4.5 Haihdutuskiteytys

Haihdutuskiteytyksen lämpötilassa, yleensä noin 60 - 105 °C, muodostuva kidemuoto on Na_2SO_4 , eli kidevedetön natriumsulfaatti.

Liuoksessa oli suspendoitunutta ainesta, joka luultavasti oli kalsiumkarbonaattia, rautaoksidia ja muita metalliyhdisteitä. Kirkkaan liuoksen aikaansaamiseksi liuos suodatettiin ennen kiteyttämistä.

Liuos haihdutettiin imupullossa 60 °C:ssa lämpölaatalla magneettisekoittimella. Pyritiin kasvattamaan kiteet mahdollisimman suuriksi jotta niiden pintoihin ja kosketuskohtiin sitoutuisi suodatuksessa mahdollisimman vähän nestettä.

Kun lähdetään kirkkaasta liuoksesta, tullaan ensiksi metastabiiliin vyöhykkeeseen, jossa on ylikyllästymistä, mutta kiteytyminen ei tapahdu spontaanisti. Kun tietty ylikyllästymisen on saavutettu, alkaa spontaaninen ytimienmuodostus, jolloin hyvin nopeasti muodostuu suuri lukumäärä pieniä kiteitä. Jotta kiteytyminen suuntautuisi kiteiden kasvuun eikä uusien kiteiden muodostumiseen, on ytimienmuodostusnopeus pidettävä pienenä ja kiteiden lukumäärä alhaisena. Tämä osoittautui vaikeaksi, sillä hitaasta haihdutuksesta huolimatta ytimien muodostus oli liian nopeaa. Tehtiin uusi

yritys sen hallitsemiseksi siten, että liuotettiin kiteet uudestaan lisäämällä vettä, ja tehtiin ympäys, eli lisättiin pieni kidemäärä liuoksen ollessa metastabiilissa tilassa. Tämä ei kuitenkaan riittänyt hallitsemaan ytimienmuodostusta, sillä tästä huolimatta muodostui uusia kiteitä hyvin nopeasti.

Lukumäärän pienentämiseksi lisättiin vähän vettä pienimpien kiteiden liuottamiseksi ja lukumäärän vähentämiseksi. Tämän jälkeen jatkettiin haihdutus hyvin hitaasti. Kidemassa oli tämän jälkeen kohtalaisen karkea, keskikoko oli 30 - 50 µm. Hitaasta kiteytyksestä huolimatta kokoa ei pystytty kasvattamaan suuremmaksi. Tämä karkeus on riittävän hyvä suodatusta varten, ja myös sedimentointi onnistuu hyvin, laboratoriomittakaavassa liuos kirkastui noin 15 s kuluessa. Kideainekseen sitoutuvan nestemäärän minimoimiseksi suurempi kidekoko olisi kuitenkin eduksi.

Haihdutettiin kunnes liuoksen määrä oli enää noin puolet seoksesta, ja suodatettiin buchnersuppilossa valkonauhaperilla imulla.

5 ANALYYSITULOKSET JA VERTAILU

Kuivatusta kidemassasta määritettiin puhtaus. Määritettiin kalium, kalsium, magnesium, rauta ja kloori. Tulokset on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Määritetyt pitoisuudet.

	K	Cl	Ca	Mg	Fe
	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Suodintuhka	50	3,7	130	74	17
Uutto	35,2	0,91	*	*	*
Jäähdytyskiteytys	7,2	0,19	36	19	11
Haihdutuskiteytys	17	0,14	140	14	<2

* ei määritetty

Kemiran tavan mukaisesti metallit laskettiin sulfaateiksi ja kloori natriumkloridiksi. Tulokset on koottu kokonaispuhtautena taulukkoon 2 ja yksilöityinä epäpuhtauksina taulukkoon 3. Taulukossa 2 on myös kokeissa saavutettu kidemassan saanto. Saanto on kidemassan kokonaissaanto, eli myös epäpuhtaudet sisältyvät kidemassaan.

Taulukko 2. Saanto ja puhtaus.

	Saanto	Puhtaus
	%	%
Suodintuhka	100	85,8
Uuttovaihe 1	49,2	-
Uuttovaihe 1+2	71,7	92,0
Jäähdytyskiteytys	55,6	98,3
Haihdutuskiteytys	33,6	96,1

Uuton saanto kasvoi merkittävästi kun liuosta kierrätettiin, eli lentotuhkaa lisättiin toisen kerran samaan uuttoliuokseen. Kierrättämällä liuosta enemmän voitaisiin parantaa saantoa, mutta samalla liuoksen kalium- ja klooripitoisuus kasvaa, minkä vuoksi kidemassaan jäävään nesteen sisältämä epäpuhtauksien määrä myös kasvaa, eli puhdistustehokkuus laskee.

Uuttovaiheen jälkeen natriumsulfaatin puhtaus jäi 92 %:iin. Taulukosta 3 ilmenee, että tämä johtui pääasiallisesti kaliumista. Tämä johtunee siitä, että kalium saostuu kidemassaan glaseriittina, $3K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4$.

Jäähdytyskiteytyksessä saanto oli kohtalainen, ottaen huomioon että jo uutossa oli menetetty lähes kolmasosa alkuperäisestä suodintuhkasta. Jos lasketaan saanto jäähdytyskiteytykseen tuodusta liuoksesta, se oli 77,5 %. Korkea saanto johtui kidevedellisen natriumsulfaatin verraten niukasta liukoisuudesta.

Jäähdytyskiteytyksessä on hyvin rajalliset mahdollisuudet kasvattaa saantoa, sillä vettä ei poistu liuoksesta muuta tietä kuin sitoutumalla kidevedeksi (ellei kiteytetä jäätä). Siten dekahydraatin liukoisuus määrää täysin saannon. Haihdutuskiteytyksessä vuorostaan voidaan vapaasti valita saanto muuttamalla haihdutetun veden määrää. Liian pitkälle viety haihdutus johtaa kuitenkin puhdistustehokkuuden heikkenemiseen, sillä neste konsentroituu epäpuhtauksien suhteen, ja kidemassaan sitoutunut neste sisältää yhä enemmän tällaisia. Siksi on aina tarkasteltava puhtautta ja saantoa yhdessä. Kokeessa haihdutettiin kunnes neste/kiintoainesuhde oli noin 1 (kiteiden osuus oli 53 % kokonaispainosta), ja tässä suhteessa sekä saanto että puhtaustaso olivat huonommat kuin jäähdytyskiteytyksessä.

Taulukko 3. Yksilöidyt epäpuhtaudet.

	Suodintuhka	Uutettu tuhka	Jäähdytyskit.	Haihdutuskit.
Epäpuhtaus	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Na ₂ CO ₃	24,0	-	-	-
K ₂ SO ₄	111,4	78,54	16,04	37,88
CaSO ₄	0,442	*	0,122	0,476
MgSO ₄	0,366	*	0,094	0,069
FeSO ₄	0,046	*	0,030	<0,005
NaCl	6,10	1,49	0,31	0,23
Yhteensä	142,4	80,03	16,59	38,66

* ei määritetty

Kuten taulukosta käy ilmi, dominoiva epäpuhtaus on kaikissa tapauksissa kaliumsulfaatti. Jäähdytyskiteytyksellä saatiin tehokkaampi kaliumin poisto kuin haihdutuskiteytyksellä. Syynä tähän on ilmeisesti se, että natriumsulfaatin liukoisuus laskee dramaattisesti kun natriumsulfaatti-dekahydraatti alkaa saostua, ja siksi natriumsulfaatin ja glaseriitin liukoisuuksien suhde kääntyy erotusta parantavaan suuntaan.

Myös kalsiumsulfaatin erottuminen oli parempi jäähdytyskiteytyksellä kuin haihdutuskiteytyksellä. Tämä saattoi johtua siitä, että jäähdytyskiteytyksessä kidemassa oli karkeampaa, ja pieninä hiukkasina oleva kalsiumsulfaatti poistui tehokkaammin nesteen mukana.

Magnesium, rauta ja kloori erottuivat paremmin haihdutuskiteytyksellä. Magnesiumin ja kloorin kohdalla ero ei ole suuri, mutta raudan kohdalla se on merkittävä. Vaikuttaa siltä, että korkea lämpötila liuottaa rautaa paremmin, ja että se poistuu liuoksen mukana.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeissa ei vielä saavutettu 99,5 % puhtautta, mutta voidaan kuitenkin olettaa että sellainen on saavutettavissa pienillä parannuksilla. Epäpuhtauden ollessa pääasiassa kaliumia, saavutettu puhtaus saattaa olla riittävä moniin sovelluskohteisiin, kuten esim. lasin valmistukseen. Hivenmetallien pitoisuus oli puhdistetussa tuotteessa pieni. Lähtömateriaalin puhtautta voitaisiin mahdollisesti kohentaa ottamalla ulos sähkösuodintuhka ennen suppilotuhkan mukaantuloa. Koska haihtumattomat hivenaineet, kuten rauta ja mangaani, tulevat tuhkaan pääasiassa carry-overina, suppilotuhkan poisjääminen voisi vaikuttaa olennaisesti näihin. Esim. lasinvalmistuksessa siirtymämetallien pitoisuuksien on oltava pieniä, se ne aiheuttavat lasiin väriä.

Tuloksien perusteella vaikuttaa selvältä, että yhdellä uutolla tai kiteytyksellä ei saada 99,5 % puhtauskriteeriä täyttävää tuotetta, ainakaan alipainesuodatuksella tapahtuvala kideaineksen erotuksella. On tehtävä useita kiteytysvaiheita, uuton kanssa tai ilman, joissa liuos liikkuu vastavirtaan. Tämä voisi tapahtua siten, että jäähdytyskiteytys ja haihdutuskiteytys tapahtuvat peräkkäin. Näiden puhdistuskyky on erilainen eri aineisiin nähden, ja näin voitaisiin hyödyntää kummankin menetelmän hyvät puolet.

Uutolla voidaan vähentää epäpuhtauksia suhteellisen yksinkertaisella laitteistolla, mutta kokeissa puhtaus jäi tasolle 92 %. Tuhka/liuossuhdetta voidaan jossain määrin korottaa paremman saannon saavuttamiseksi, mutta samalla puhdistustehokkuus vähenee. Jotta seos ei teollisessa prosessissa muodostuisi liian raskaasti sekoitettavaksi, kiintoainepitoisuus on pidettävä alhaisena, eli käytännössä liuos on kierrätettävä riittävän paljon. Kiteiden kasvaessa ne laskeutuvat nopeasti pohjalle, muodostaen vaikeasti liikuteltavan patjan. Uttovaiheen välttämättömyys ei ole selvä.

Paras puhdistus saavutettiin jäähdytyskiteytyksellä, ilmeisesti johtuen siitä, että natriumsulfaatin ja glaseriitin liukoisuuksien suhde muuttuu edullisemmaksi kun natriumsulfaatti-dekahydraatti alkaa saostua, eli dekahydraatti vähentää dramaattisesti natriumsulfaatin liukoisuutta. Dekahydraatti saostuu vain alle 32,4 °C asteen lämpötilassa. Jäähdytyskiteytyksellä saatu parempi puhtaus johtui paremmasta kaliumin poistotehokkuudesta.

Jäähdytyskiteytystä voitaisiin pohjoismaisissa oloissa suuren osan vuodesta toteuttaa ulkoilmajäähdytyksellä, ja loppuosan vuodesta kohtuullisen pienellä energiankäytöllä, sillä jo noin +6 °C tuottaa jo melko hyvän saostuksen ja kohtalaisen saannon.

Jäähdytyskiteytyksessä on kiinnitettävä huomiota siihen, että tuotteen kuivatus voi olla melko vaativaa. Jotta natriumsulfaattidekahydraatti ei sulaisi omaan kideveteensä, muodostaen paakkuuntuvaa kovaa ainesta, lämpötila on pidettävä alle 32 °C. Silloin kuivuminen on hyvin hidasta (huoneoloissa vaatien jopa viikkoja), ja edellytyksenä on että ilman kosteus voidaan pitää riittävän alhaisena. Tuote on tosin silloin jauhemainen ja hyvä. Jos taas halutaan tehdä kuivatus nopeammin korottamalla lämpötila, joudutaan käsittelemään sulan ja kiintoaineen seosta, joka paksuna kerroksena vaatii sekoittamista kuivuakseen, ja joka helposti muodostaa kovan kakun. Ratkaisu tähän pulmaan voisi olla että dekahydraatti liuotettaisiin uudestaan, ja tehtäisiin haihdutuskiteytys. Tämä voisi olla mielekästä molempien menetelmien hyvien puolien hyödyntämistä ajatellen.

Haihdutuskiteytys vaatii enemmän energiaa, ja poistaa kaliumin huonommin kuin jäähdytyskiteytys, mutta erityisesti raudan poisto on parempi. Kidekoon kasvattaminen ja ytimienmuodostusnopeuden hallinta osoittautuivat odotettua vaikeammiksi. Kidekoko on kuitenkin riittävä suodattamiseen. Kylläisen liuoksen käsitteleminen johtaa usein saostumiseen putkistoissa jos lämpötila laskee, mutta kuten liukoisuusdiagrammista käy ilmi, natriumsulfaatilla on negatiivinen liukoisuuskäyrä, joten sen ei pitäisi olla ongelma tässä tapauksessa..

Kidevedettömällä natriumsulfaatilla ja dekahydraatilla on merkittävä tiheysero, ensimmäisen ollessa 2,68 ja jälkimmäisen 1,464. Tämän vaikutus tuli ilmi kokeessa, kidevedettömän sulfaatin laskiessa nopeammin pohjalle vaatien voimakkaampaa sekoitusta kuin kidevedellinen. Tällä seikalla saattaa olla merkitystä teollisessa toteutuksessa, uuton ja haihdutuskiteytyksen vaatiessa enemmän energiaa sekoitukseen kuin jäähdytyskiteytys, jossa kiteet pysyvät liikkeessä nesteen mukana helpommin.

Kuljetusongelma voisi ratketa sillä tavalla, että tehtaalla tehtäisiin ensimmäinen uutto ja/tai kiteytys, jolloin materiaalin tilavuus vähenee lähes kymmenesosaan, ja tuote vietäisiin sen jälkeen laitokselle, jossa jatkopuhdistus tapahtuisi useammalle sellutehtaalle keskitetysti.

7 JATKOTUTKIMUSTARPEET

Edelleen puhdistaminen 99,5 % tasolle.

Raskasmetallien ja muiden hivenaineiden poistaminen.

- lentotuhkaan rikastuvat haihtuvat alkuaineet, kuten arseeni ja kadmium (elohopeapitoisuudet olivat Wartiovaaran selvityksen mukaan alhaiset, <0,08 mg/kg).
- lasinvalmistuksessa väriä antavien siirtymämetallien poisto (Mn, Ni, Co, Se ym.).

Laatukriteerit eri käyttökohteissa.

- lasinvalmistus, pesuainevalmistus, tekstiiliteollisuus

VIITTEET

Wartiovaara I 2001. Sellutehtaan lentosuola - käsittelytapojen kartoitus ja raskas-metallipitoisuuksien määrittäminen, tutkimusraportti Metsäteollisuus ry:lle. KCL, Espoo.

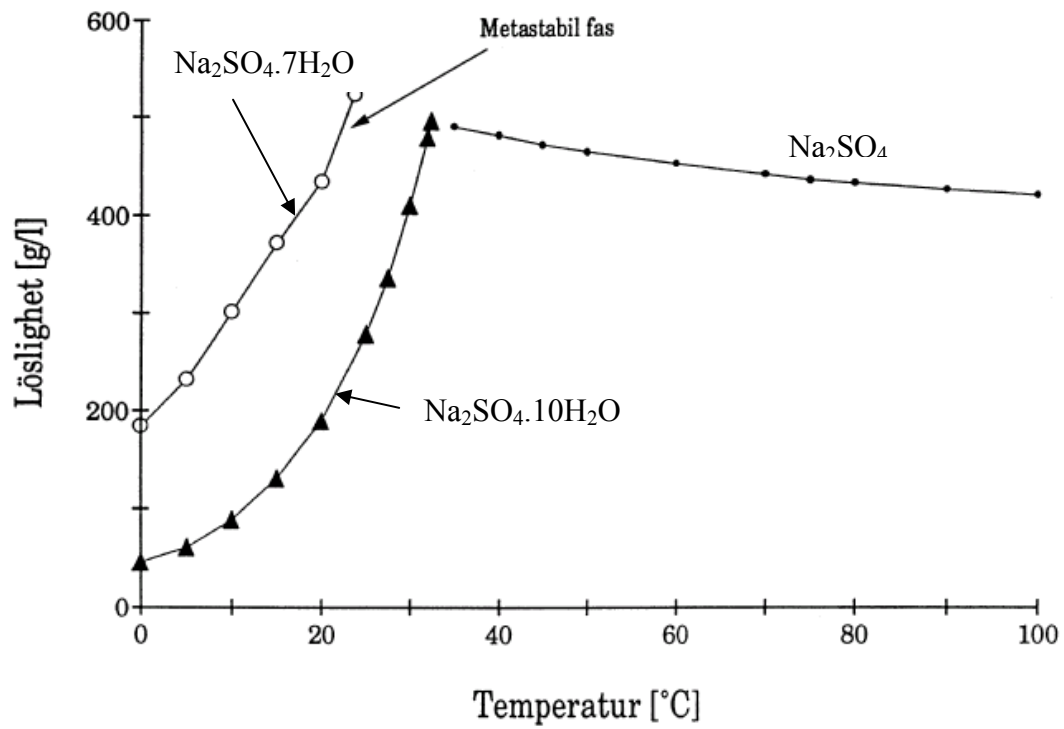
Niemelä K 2003. Soodakattilan lentotuhkan hyötykäyttö. Esiselvitys Suomen Soodakattilayhdistykselle. KCL Reports 2659 24.1.2003.

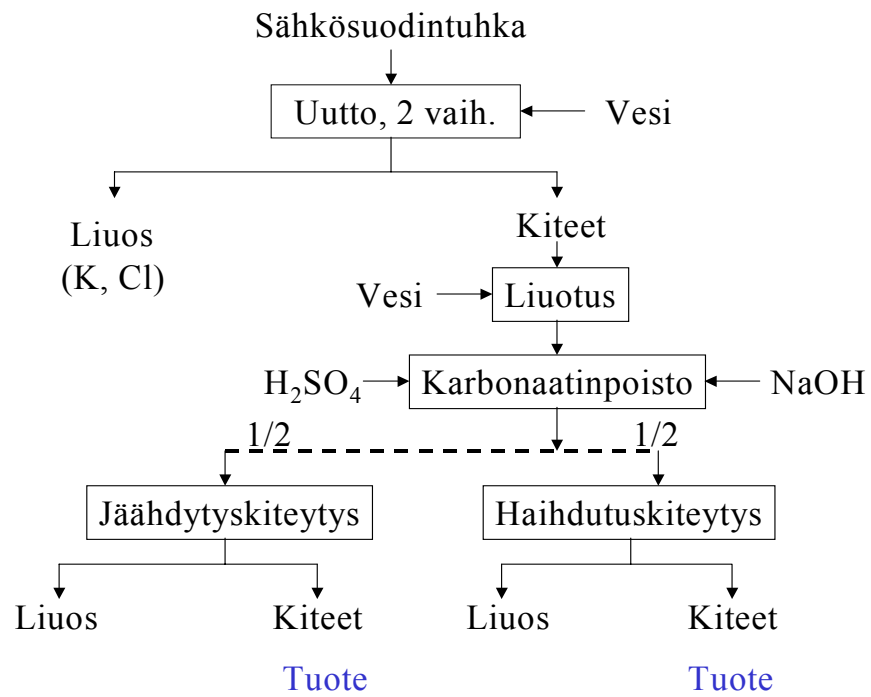
Jaretun A 1994. Utstötning av klorid och kalium genom lakning av elektrofilteraska. Lunds Tekniska Högskola, rap. LUTKDH/(TKKA-7004)/1-32/(1994).

Linke, W.F. Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds, 4. ed. Vol 1 and 2.

LIIETTEET

Liite 1. Natriumsulfaatin liukoisuus lämpötilan funktiona (Jaretun 1994).



Liite 2. Kokeen kulku.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilalaitosten käyttämät kemikaalit, jatkuvatoimiset analysaattorit, veden laatutiedot ja sovelletut laatuarvot
Kurkela Sinikka
11.1.2002 (16A0913-E0033)
- 2/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 2002, 24.1.2002
UPM-Kymmene Oyj, Kaukas/Scandic Hotel Patria, Lappeenranta, esitelmät
16A0913-00034
- 3/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2001
11.3.2002 (16A0913-E0035)
- 4/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 2002, 21.3.2002, Vapriikki, Tampere
Pöytäkirja (16A0913-E0037)
- 5/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Raportti vetyhauraudesta kuudessa kattilassa
Sinikka Kurkela
2.5.2002 (16A0913-E0038)
- 6/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vetyhyökkäys ja kattilavesinormit
Timo Karjunen
21.5.2002 (16A0913-E0039)
- 7/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kartoitus liuotinsäiliön instrumentoinnista
Pekka Jussila/Jaakko Pöyry Oy
18.8.2002 (16A0913-E0040)
- 8/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2002, 10.10.2002
Marina Congress Center, Helsinki, esitelmät
(16A0913-E0041)
- 9/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Rikkiyhdisteiden vapautuminen mustalipeähaihduttamalla
(16A0913-E0042)
- 10/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila tulevaisuudessa - esiselvitysraportit
Joulukuu 2002 (16A0913-E0043)
- 11/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
NOx Soodakattiloissa
4.12.2002 (16A0913-E0045)
- 12/2002 Suomen Soodakattilayhdistys ry
SOODAKATTILAN UUDET MATERIAALIT (SOMA, 1998-2001).Tekninen loppuraportti
Pekka Pohjanne/VTT Tuotteen ja tuotanto, Hannu Hänninen/TKK, Timo Kiesi/TKK,
Marti Mäkipää/VTT Prosessit, Maria Oksa/VTT Tuotteet ja tuotanto
30.12.2002 (16A0913-E0052)

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 23.1.2003, esitelmät
Stora Enso Oyj, Fine Paper, Oulun tehdas
23.1.2003 (16A0913-E0047)
- 2/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan lentotuhkan hyötykäyttö. Esiselvitys Soodakattilayhdistykselle
KCL/Klaus Niemelä
18.2.2003 (16A0913-E0048)
- 3/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
EPER –päätöksen vaikutukset soodakattiloiden päästöjen raportoinnissa
KCL/ Esko Talka, Simo-Pekka Vanninen
18.2.2003 (16A0913-E0049)
- 4/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2002
18.3.2003 (16A0913-E0046)
- 5/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suopaselvitys
Urho Räsänen, Eletkrowatt-Ekono Oy, Jaakko Pöyry Group
24.3.2003 (16A0913-E0050)
- 6/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 27.3.2003, Jaakko Pöyry Oy, Vantaa
Pöytäkirja (16A0913-E0051)
- 7/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
OKA-hankkeen loppuraportti
Boildec Oy/Karjunen Timo
9.9.2003 (16A0913-E0053)
- 8/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 16.10.2003
Presidentti Congress Center, Helsinki, esitelmät
(16A0913-E0054)
- 9/2003 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Sähkösuodintuhkan puhdistus ja käsittely
Oy Keskuslaboratorio Ab/Kurt Sirén
(16A0913-E0056)