

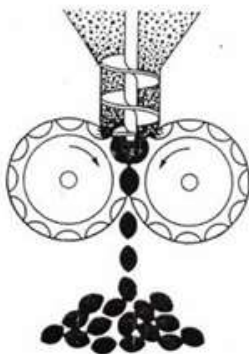
Brikettikokeet Valokaariuuni 2:lla

1.1 Johdanto

Valokaariuunilla 2 on tehty erilaisia brikettien käyttökokeiluja viimeisen vuoden aikana. Kokeiden tarkoituksena on ollut osoittaa briketoinnin olevan käyttökelpoinen ja taloudellisestikin kannattava menetelmä metallioksidisten sivuvirtojen kierrättämiseen takaisin teräspuolen sulattoprosessiin. Kokeissa on tehty ja syötetty valokaariuuniin kolmea erilaista brikettiä yhteensä vajaa 1000 tonnia. Valokaariuunin tuotantokyky on metallioksidien pelkistymisen vaatimasta energiasta huolimatta säilynyt eikä brikettien sulattaminen ole aiheuttanut ongelmia. Briketointi on erittäin potentiaalinen keino kierrättää vähintäänkin suurin osa Torniossa syntyvistä metallioksidi sivuvirroista kustannustehokkaasti.

1.2 Briketointi

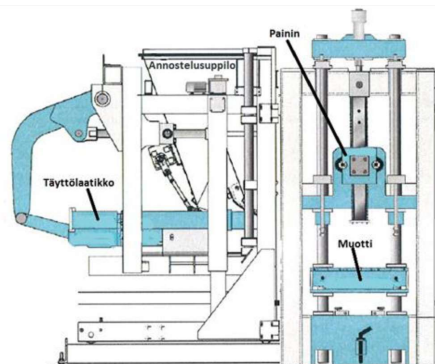
Briketointi tarkoittaa hienojakoisen materiaalin pakkaamista suuremmiksi partikkeleiksi puristamalla tarvittaessa sideaineen avulla. Tässä selvityksessä tehdyt briketit valmistettiin valssibriketointilaitteistolla Carbomax AB:lla Ruotsin Västeråsissa. Sideaineena briketeillä käytettiin melassia, mikä valokaariuunin atmosfäärissä hajoaa ja palaa hiilidioksidiksi ja vedeksi.



Briketointiprosessin jälkeen valmiit briketit kuivaavat sateelta suojassa halliolosuhteissa 7-14 vuorokautta. Tänä aikana briketit saavuttavat lopullisen lujuutensa.

Vaihtoehtoisena menetelmänä valssibriketoinnille voidaan pitää sementtipohjaisen briketin valmistusta, prosessi on sama mitä esimerkiksi SSAB käyttää Raahessa omien kiertopölyjensä käsittelyyn. Tässä esisekoitettu materiaalia syötetään muottiin, jota täytetään ja painetaan tiiviiksi. Sideaineena on sementti sekä Raahen tapauksessa myös masuunikuona. Briketoinnin jälkeen valmiit briketit säilytetään 1-3

vuorokautta "trooppisissa olosuhteissa" jonka jälkeen ne varastoidaan vielä ulkokasoihin kuivumaan noin kuukaudeksi. Tämän jälkeen briketit ovat käyttövalmiita.



Molemmissa prosesseissa briketoitavien materiaalien esikäsittely on samanlainen eli tarvittaessa seulonta, esisekoitus, kostutus, varsinainen sekoitteen teko ja sideaineen lisäys, sekoitus ja lopuksi itse briketointi. Valmiiden tuotteiden ominaisuudet eroavat toisistaan siten, että sementtipohjainen briketi pitää lujuutensa korkeammissa lämpötiloissa kuin melassipohjainen briketi. Vastaavasti se tuo myös kuonainesta sulatettavaksi, esimerkiksi Raahan tapauksessa sementtiä ja masuunikuonaa käytetään lähes 20 % briketin massasta. Tornion prosesseissa sementtipohjaisen briketin ominaisuuksia tarvitaan jos briketiä halutaan syöttää FeCr-puolen Uppokaariuuneihin.

Varsinainen briketointiprosessi Carbomax AB:lla oli turhan työlästä. Laitosta ei ole suunniteltu näin suuriin volyymeihin eikä prosessi kaikkineen mennyt niin sujuvasti kuin aikaisemmissa kokeissa on havaittu. Carbomax ei voinut käsitellä konteissa olevaa irtopölyä vaan vaatimuksena heiltä oli pölyjen pakkaaminen suursäkkeihin. Tornion prosesseissa tähän ei ole tiloja eikä resursseja. Meillä suurin osa pölyistä käsitellään kontteina. Lisäksi suursäkeissä lähetty hiontapöly aiheutti ongelmia kosteutensa vuoksi. Yllättäen myös piikarbidi, mitä käytettiin pelkistimenä, aiheutti ongelmia kuluttavuutensa vuoksi. Tämä yllättää koska Carbomax tuottaa myös Tornion tehtaille Piikarbidi brikettejä muutamia tuhansia tonneja vuodessa.

Koska Carbomax ei ollut halukas kehittämään omaa prosessiaan, jäivät toteutuneen brikettimäärät suunnitellusta jonkin verran.

1.3 Syötteen ja tuotteet

Testeihin valmistettiin kolmea erilaista briketiä. FeCr-briketissä raaka-aineina käytettiin 0-3mm Ferrokromituotetta sekä CRK-letkusuodinpölyä. Vastaavaan brikettiin voidaan lisätä FeCr tehtaan 0-1mm ferrokromituote sekä haluttaessa myös Tapojärven FeCr-kuonarikastamolta tuleva 0-4mm FeCr erote. Tällaiseen brikettiin raaka-ainetta olisi vuositasonsa saatavilla seuraavasti:

CRK-letkusuodinpöly	5500 t
FeCr 0-1 mm	2000 t
0-4mm FeCr-erote	12000 t
FeCr 0-3 mm	0-20000 t

FeCr 0-3 mm jakeen osuus riippuu valuojiin käytettävästä määrästä sekä myynnistä.

Toisen RST-briketin raaka-aineet olivat hilse, Norexin pöly ja hiontapöly. Tähän lisättiin myös Piikarbidia ja koksia pelkistämään raaka-aineiden metallioksidgeja. Raaka-aineet valittiin siten, että niissä on Nikkelioksidia mutta ei molybdeenioksidia sekä Carbomaxin toiveiden mukaisesti irto- tai säkkitavaraa. Brikettiin voidaan lisätä myös muita nikkelipitoisia sivuvirtoja kuten KiPa-suodinpöly sekä kuulapuhalluspöly ja alite. Näiden määrät vuositasolla ovat.

Hilse	9500 t
Norex	140 t
Hiontapöly	5000–8000 t (ferriittinen pöly kannattaisi erottaa)
KiPa-suodinpöly	320 t
Kuulapuhalluspöly	1200 t
Alite	3000 t

Kolmas briketti tehtiin kuonan kuohutukseen. Tavoitteena oli saada kuonaa kuohuttamalla Valokaariuuni prosessin lämmönnostovaihe tehokkaammaksi. Tähän brikettiin käytettiin Hilsettä ja Tapojärven FeCr kuonarikastamon 0-4mm FeCr-erotetta. Brikettiin lisättiin myös koksia pelkistämään hilseen metallioksidgeja. Jatkossa brikettiä voisi kehittää PET-muovin avulla sekä käyttämällä enemmän FeOx-sisältöisiä pölyjä CrOx-pölyjen sijasta. Tällöin niiden vaatima energia on pienempi ja kuonan kuohuminen on voimakkaampaa.

Brikettien potentiaaliset raaka-aineet olisivat:

Hilse	9500 t
VKU- suodinpöly	5500 t
AOD1- suodinpöly	6100 t

Näiden lisäksi briketin ”painoksi” voidaan käyttää kromijakeet 0-1mm ja 0-3mm sekä Tapojärven 0-4mm FeCr erotetta.

1.4 Käyttökohteet

Tehdyt brikitit käytettiin valokaariuuni 2:lla. Valokaariuuni 1:n ongelma on siilojen vähyys. Siellä voidaan käyttää yhtä ylimääräistä seosainetta tyhjentämällä CaO-siilo. Nykyisin tätä siiloa käytetään vain kun kalkininjektointi uunin holvin lävitse ei toimi. Näitä tilanteita on todella harvoin.

Kokeissa saavutettiin seuraavat käyttömäärät Valokaariuuni 2:lla jakeittain:

FeCr-briketti	5 t/sulatus	26 000 tpa
RST-briketti	4 t/sulatus	10 000 tpa
Kuohutusbriketti	4 t/sulatus	17 000 tpa

Lisäksi VKU1:llä voidaan kuohutusbrikettiä käyttää arviolta noin 3 t/sulatus eli noin 16500 tpa ottamalla CaO-siilo tähän käyttöön.

1.5 Kokeet

Kokeiden aikana suoritettiin normaalien teräs- ja kuona-analyysien lisäksi ylimääräistä näytteenottoa letkusuodinpölyistä sekä valokaariuunin poistokaasuista. FeCr- ja RST-briketit panostettiin sulatusprosessiin romukorin mukana normaalisti. Kuohutusbriketit panostettiin holvin lävitse ”ripotellen” lämmönnostovaiheen aikana.

Vaikutukset teräkseen ja kuonaan

Brikettien vaikutusta teräksen ja kuonan koostumukseen seurattiin Valokaariuunin 7-näytteen (teräsanalyysi), 707-näytteen (kuona-analyysi) sekä AOD:n 720-näytteen (kuona-analyysi) avulla. Analyyseistä seurattiin lähinnä haitta-aineiden tasoja, näiden ei havaittu muuttuvan brikettejä käytettäessä. Tämä oli oletettuakin, koska raaka-aineiden sisältämät haitta-ainepitoisuuden ovat alhaiset ja haitta-aineet ovat sen tyyppisiä, että ne päätyvät savukaasupölyjen joukkoon

FeCr-briketin 7-analyysien vertailu käyttömäärittäin (Row labels = käyttömäärä tonneina, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyyseissä):

LAATU	(Multiple Items)																			✓
Row Labels	Average of C	Average of Si	Average of Mn	Average of P	Average of S	Average of Cr	Average of Ni	Average of Mo	Average of Al	Average of B	Average of Ti	Average of Nb	Average of Cu	Average of Co	Average of Sn	Average of As	Average of V	Average of W		
0	1.090	0.131	0.830	0.032	0.024	19.356	7.666	0.301	0.006	0.001	0.012	0.010	0.410	0.163	0.011	0.008	0.066	0.051		
2	1.249	0.152	0.857	0.032	0.020	19.259	7.456	0.329	0.005	0.001	0.014	0.014	0.417	0.167	0.010	0.008	0.070	0.060		
2.5	0.967	0.020	0.790	0.033	0.027	18.330	7.880	0.310	0.002	0.001	0.011	0.003	0.430	0.200	0.009	0.010	0.060	0.070		
4.1	0.862	0.040	0.750	0.031	0.017	19.600	7.410	0.300	0.002	0.001	0.009	0.002	0.320	0.200	0.007	0.011	0.050	0.030		
5	1.015	0.115	0.882	0.031	0.020	19.816	7.641	0.326	0.003	0.001	0.011	0.007	0.375	0.189	0.009	0.010	0.068	0.039		
Grand Total	1.100	0.132	0.835	0.031	0.024	19.365	7.646	0.305	0.006	0.001	0.012	0.010	0.409	0.165	0.011	0.008	0.066	0.051		

RST-briketin 7-analyysien vertailu käyttömäärittäin (Row labels = käyttömäärä tonneina, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyyseissä):

LAATU	(Multiple Items)																			
Row Labels	Average of C	Average of Si	Average of Mn	Average of P	Average of S	Average of Cr	Average of Ni	Average of Mo	Average of Al	Average of B	Average of Ti	Average of Nb	Average of Cu	Average of Co	Average of Sn	Average of As	Average of V	Average of W		
0.5	1.0	0.09	0.72	0.034	0.03	18.4	7.6	0.4	0.004	0.001	0.01	0.007	0.50	0.16	0.011	0.008	0.1	0.04		
1	1.2	0.03	0.61	0.032	0.03	18.0	7.5	0.3	0.002	0.001	0.01	0.003	0.35	0.17	0.009	0.008	0.1	0.04		
1.5	1.1	0.04	0.57	0.036	0.03	18.8	7.0	0.4	0.002	0.001	0.01	0.004	0.53	0.15	0.011	0.008	0.1	0.04		
2	0.9	0.01	0.69	0.032	0.02	18.6	7.9	0.3	0.002	0.001	0.01	0.002	0.37	0.17	0.009	0.008	0.1	0.04		
3	1.3	0.12	0.85	0.030	0.02	18.5	7.9	0.3	0.004	0.001	0.01	0.011	0.38	0.17	0.008	0.008	0.1	0.04		
4	1.1	0.12	0.86	0.032	0.03	18.8	7.5	0.3	0.003	0.001	0.01	0.009	0.38	0.16	0.009	0.008	0.1	0.04		
1.0	0.03	0.77	0.032	0.02	19.5	7.3	0.4	0.002	0.001	0.01	0.003	0.39	0.15	0.007	0.007	0.1	0.04			
(blank)	1.1	0.11	0.80	0.032	0.03	19.0	7.5	0.3	0.004	0.001	0.01	0.010	0.41	0.16	0.009	0.009	0.1	0.05		
Grand Total	1.093	0.113	0.803	0.032	0.026	18.982	7.506	0.314	0.004	0.001	0.011	0.010	0.404	0.163	0.009	0.009	0.067	0.046		

Kuohutus-briketin 7-analyysien vertailu (Row labels = käyttömäärä tonneina, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyyseissä):

Row Labels	Average of C	Average of Si	Average of Mn	Average of P	Average of S	Average of Cr	Average of Ni	Average of Mo	Average of Al	Average of Ti	Average of Nb	Average of Cu	Average of Co	Average of Sn	Average of As	Average of V	Average of W	
1	1.279	0.158	0.810	0.031	0.028	19.011	6.882	0.724	0.003	0.013	0.016	0.377	0.144	0.009	0.008	0.067	0.050	
(blank)	1.149	0.148	0.849	0.032	0.024	18.900	7.228	0.636	0.005	0.013	0.015	0.399	0.153	0.009	0.008	0.066	0.054	
Grand Total	1.162	0.149	0.845	0.032	0.024	18.911	7.194	0.645	0.004	0.013	0.015	0.397	0.152	0.009	0.008	0.066	0.054	

FeCr-briketin 707-analyysien vertailu käyttömäärittäin (Row labels = käyttömäärä tonneina, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyyseissä):

LAATU	(Multiple Items)												
Row Labels	Average of Cr2O3	Average of Fe2O3	Average of SiO2	Average of Al2O3	Average of MgO	Average of CaO	Average of MnO	Average of TiO2	Average of V2O5	Average of Ni	Average of P	Average of S	
2	5.4	1.38	26.5	9.6	5.1	42.0	2.2	2.5	0.1	0.09	0.012	0.1	
5	7.9	1.47	29.3	6.2	5.3	40.5	3.4	1.9	0.1	0.06	0.012	0.1	
0	8.1	1.44	25.8	9.0	5.2	40.0	2.9	2.3	0.1	0.07	0.012	0.1	
Grand Total	7.8	1.43	26.0	8.9	5.2	40.3	2.9	2.3	0.1	0.07	0.012	0.1	

RST-briketin 707-analyysien vertailu käyttömääräittäin (Row labels = käyttömäärä tonneina, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyysissä):

LAATU	(Multiple Items)												
Row Labels	Average of Cr2O3	Average of Fe2O3	Average of SiO2	Average of Al2O3	Average of MgO	Average of CaO	Average of MnO	Average of TiO2	Average of V2O5	Average of Ni	Average of P	Average of S	
0.5	10.2	1.7	28.0	7.5	5.2	38.2	3.6	1.4	0.2	0.10			
4	5.9	1.4	30.4	5.6	4.7	43.4	2.9	1.8	0.1	0.06			
(blank)	8.1	1.5	27.4	8.1	6.1	38.6	3.2	1.9	0.1	0.08			
Grand Total	7.9	1.5	27.6	7.9	6.0	39.0	3.2	1.9	0.1	0.08			

Kuohutus-briketin 707-analyysien vertailu (Row labels ; 0= ei käytetty, 1= käytetty , Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyysissä):

Row Labels	Average of Cr2O3	Average of Fe2O3	Average of SiO2	Average of Al2O3	Average of MgO	Average of CaO	Average of MnO	Average of TiO2	Average of V2O5	Average of Ni	Average of P	Average of S	Average of C
0	8.62	1.52	26.25	7.15	6.58	38.93	2.91	2.03	0.15	0.012	0.09	0.13	
1	8.18	1.50	27.08	6.93	7.19	37.74	2.91	2.12	0.13	0.012	0.10		
(blank)													
Grand Total	8.57	1.52	26.34	7.13	6.64	38.82	2.91	2.04	0.15	0.012	0.09	0.13	

AOD-kuonien analyysistä laboratoriomme ei toimita V2O5- ja B2O3- analyysijä kuten ei CuO analyysijäkään. Ne siis puuttuvat luvan alkuperäiseen vaatimukseen verrattuna.

FeCr-briketin 720-analyysien vertailu:

NÄYTE 720														
SULNRO	Cr2O3	Fe2O3	Al2O3	MgO	CaO	SiO2	MnO	TiO2	V2O5	B2O3	Ni	S	C	P
50792	6.3	1.1	13.1	9.3	40.1	23.3	3.3	2.1			0.07	0.09		0.011
50794	5.4	1	12.9	7.8	43.2	22.8	3.2	2.2			0.05	0.08		0.012
FeCr BRQ (2t)														
50506	0.2	0.3	2.6	6.6	61.3	28.7	0.1	0.2			0.1	0.15	0.1	0.01
50508	0.3	0.3	2.7	8	57.4	30.5	0.1	0.2			0.1	0.12	0.1	0.01
50510	0.2	0.5	2.4	7.7	59.6	29.3	0.1	0.2			0.1	0.15	0.1	0.01
50512	0.2	0.4	2.2	7.4	60.6	28.2	0.1	0.1			0.1	0.18	0.1	0.01
50514	0.2	0.2	2.1	8.8	58.8	28.9	0.1	0.1			0.1	0.15	0.1	0.01
50528	0.3	0.6	2.3	7.9	58	29.8	0.1	0.2			0.1	0.17	0.1	0.01
50530	0.6	2	2.4	7.8	58.3	29.6	0.1	0.2			0.1	0.18	0.1	0.01
50532	0.2	0.5	2.8	6.6	60.2	29.4	0.1	0.3			0.1	0.22	0.1	0.01
50534	0.6	1.7	2.5	7.2	58	28.8	0.1	0.2			0.1	0.2	0.1	0.01
50536	0.3	0.6	2.7	7.4	58.8	29.7	0.1	0.3			0.1	0.23	0.1	0.01

RST-briketin 720-analyysien vertailu:

SULNRO	Cr2O3	Fe2O3	Al2O3	MgO	CaO	SiO2	MnO	TiO2	V2O5	B2O3	Ni
50792	6.3	1.1	13.1	9.3	40.1	23.3	3.3	2.1			0.07
50794	5.4	1	12.9	7.8	43.2	22.8	3.2	2.2			0.05
Briketti	0.9	0.7	1.8	8.4	57.7	28.1	0.4	0.42			0.05
FeCr BRQ (2t)	0.31	0.71	2.47	7.54	59.1	29.29	0.1	0.2			0.1

Kuohutus-briketin 720-analyysien vertailu (Row labels; 1= käytetty brikettiä, blank= ei käytetty brikettiä, Average of = komponentin keskimääräinen pitoisuus analyysissä):

Row Labels	Average of Cr2O3	Average of Fe2O3	Average of Al2O3	Average of MgO	Average of CaO	Average of SiO2	Average of MnO	Average of TiO2
1	0.44	0.70	1.22	7.98	57.78	28.12	0.22	0.40
(blank)	0.90	1.00	1.28	8.16	57.43	27.70	0.22	0.33
Grand Total	0.84	0.96	1.27	8.13	57.48	27.76	0.22	0.34

Teräsnäytteiden (7-näytteet) erot johtuvat käytännössä raaka-aineiden vaihtelusta. Suurin panostettava materiaali on kierrätysteräs, jota panostetaan 80–130 tonnia sulatukseen. Brikettien 5 tonnin käyttömäärä ei näy tuossa käytännössä mitenkään.

Valokaariuunin kuonanäytteiden suurin ero on metallioksidien määrän pieneneminen brikettejä käytettäessä. Tämä kertoo brikettien sisältämien MeOx-jakeiden pelkistymisestä ja sitä kautta metallien saannin olevan paremmalla tasolla kuin yleensä. Tämä on suuri taloudellinen aspekti, mikä tulee ottaa huomioon päätöksiä tehtäessä.

AOD-kuonien analysointi brikettien vaikutusta arvioitaessa on täysin turhaa. Valokaariuunikuona joka AOD-konvertteriin päätyy, laimenee siellä noin 1:10:en. Lisäksi valokaariuunissa lämpötila on huomattavasti korkeampi kuin AOD:ssa.

Vaikutukset ilmapäästöihin

Kokeiden aikana mitattiin Valokaariuunin savukaasulaitoksen ilmapäästöt RST-brikettiä käytettäessä. Kupari ja kadmiumpitoisuutta lukuun ottamatta muiden mitattujen komponenttien pitoisuudet olivat testien aikana hieman suuremmat.

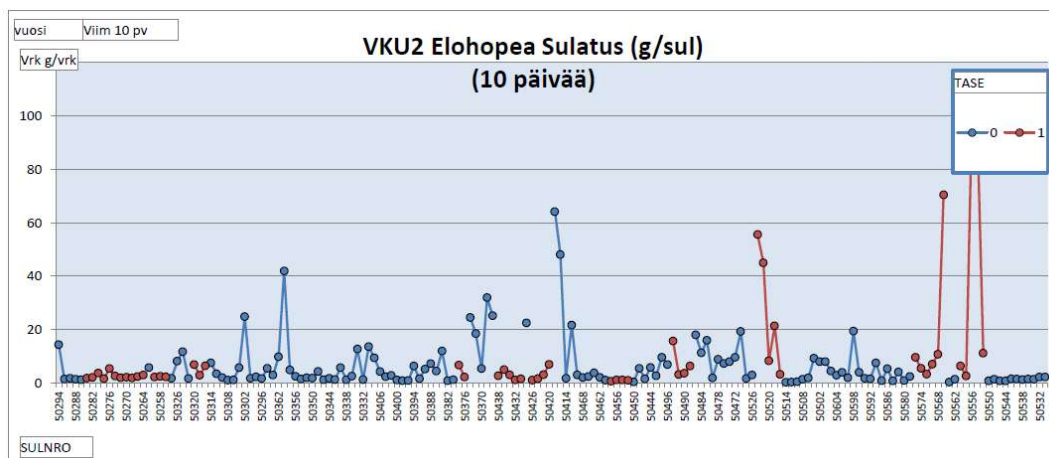
Kohde	15.4 VKU2	
Mittaja	Normaali toiminta	Briketöintikoetoiminta
Päivämäärä	26.8.2015	9.9.2015
Kellonaika	9:50 - 15:40	11:05 - 15:35
Metalli	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{n}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{n}$
Arseeni	$1,4 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,3$
Kadmium	$0,64 \pm 0,23$	$0,39 \pm 0,07$
Kromi	$9,7 \pm 3,0$	23 ± 8
Kupari	$7,8 \pm 3,2$	$3,5 \pm 1,0$
Lyijy	$4,8 \pm 1,4$	$9,7 \pm 1,8$
Nikkeli	$5,1 \pm 1,9$	$7,4 \pm 2,5$
Vanadiini	$0,54 \pm 0,16$	$0,56 \pm 0,14$
Sinkki	39 ± 10	43 ± 6

Sama mittaus tehtiin myös AOD-savukaasulaitoksella. Tässä huomiot mittajilta ovat samat eli Pb-pitoisuutta lukuun ottamatta muiden mitattujen komponenttien pitoisuudet olivat testien aikana hieman suuremmat.

Kohde	15.5 AOD2	
Mittaja	Normaali toiminta	Briketointikoetoiminta
Päivämäärä	27. - 31.8.2015	9. ja 10.9.2015
Metalli	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{n}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{n}$
Arseeni	$1,8 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,5$
Kadmium	$0,84 \pm 0,24$	$1,2 \pm 0,5$
Kromi	10 ± 3	28 ± 8
Kupari	$3,6 \pm 1,0$	$4,0 \pm 1,0$
Lyijy	21 ± 16	$8,5 \pm 2,4$
Nikkeli	$3,5 \pm 0,9$	$8,2 \pm 2,7$
Vanadiini	$0,63 \pm 0,15$	$0,81 \pm 0,19$
Sinkki	11 ± 1	32 ± 11

Näitä tuloksia analysoitaessa on myös huomioitava raaka-ainepohjan vaihtelu sulatuksesta toiseen.

VKU2 suodinlaitoksen Elohopeapäästöihin brikettien vaikutusta ei voida varmuudella sanoa. Alla oleva taulukko kertoo Hg-päästön sulatuksittain 5.7. taaksepäin (viimeisin sulatus oikealla). Kuten taulukosta huomataan, on raaka-ainepohjan merkitys todella suuri ja peittää allensa muut muutokset. Punaisella merkityt ovat ns. tasesulatuksia, missä ei ole käytetty omia kiertoromuja lainkaan.



Vaikutukset letkusuodinpölyihin

Testien aikana analysoitiin myös letkusuodinpölyjen koostumuksia ottamalla vuorokausinäytteitä niinä päivinä, jolloin briquettejä käytettiin eniten. Niiden koostumuksia voi verrata kuukausinäytteisiin.

FeCr ja RST(304)-briketin VKU-letkusuodinpölyanalyysit verrattuna kuukausikeskiarvoihin

VKU2	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
01_2015	1.7	1.6	8.4	0.01	29.9	0.2	10.6	3.2	26.2	2.5	1.3	0.5	4.8
02_2015	2	1.5	8.6	0.01	26.5	0.2	12	3.4	24.8	2.2	0.6	0.9	6.4
03_2015	1.8	1.6	8.3	0.01	29	0.3	10.6	3.6	23.6	2.3	0.5	0.03	6.1
04_2015	1.8	1.9	9	0.018	30.7	0.3	10.1	2.7	23.8	2	0.8	0.9	5.5
05_2015	1.9	1.7	7.7	0.05	35.1	0.3	10.6	2.7	21.7	1.5	0.4	0.6	5.4
06_2015	3.4	1.6	8.2	0.02	37.3	0.3	11.8	2.7	20.6	1.9	0.33	0.5	3.8
Koe FeCr	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
1.7.2015	1.6	1.2	8.5	0.01	24.9	0.2	11.8	3.5	24.2	2.6	0.6	0.6	4.2
2.7.2015	1.8	2.3	8.1	0.01	43.5	0.5	11.2	2.4	18.6	1.5	2.4	0.2	5
3.7.2015	1.4	1.6	8.8	0.01	40.1	0.3	9.9	2.1	23.6	2.2	2.1	0.2	3.5
koe 304													
	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
9.9.2015	2.2	1.2	7.7	0.01	21.4	0.2	11.1	3	23.5	2.1	0.4	0.8	6.9
10.9.2015	2	1.1	8.3	0.01	25.2	0.2	10.3	3.1	22	2.2	0.5	0.7	9
15.9.2015	2.3	1.6	9.4	0.01	43.8	0.3	10.9	2.6	17.3	1.4	0.4	0.2	3.5

FeCr- ja RST(304)- briketin AOD-letkusuodinpolyanalyysit verrattuna kuukausikeskiarvoihin:

AOD2	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
01.2015	4	0.3	3.3	0.01	20.1	0.05	14.3	4.5	41.3	2.9	0.4	0.3	4.2
02.2015	3.2	0.3	5.9	0.01	17.3	0.05	14.9	4.4	41.5	3.2	1.6	0.5	5
03.2015	4.2	0.6	4.1	0.01	18.2	0.2	12.8	3.8	37.4	3.6	2.8	0.6	7.6
04.2015	3.2	0.3	4.1	0.01	17.1	0.05	15.1	4.8	42.1	3.6	0.8	0.4	4.3
05.2015	3.8	0.3	4.6	0.05	19.4	0.08	13.4	4.5	39.6	2.6	1.1	0.7	4.3
06.2015	3.2	0.2	3.3	0.01	20	0.05	14.6	4.5	39.7	3.4	1.1	0.5	5.9
Koe FeCr	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
1.7.2015	3.3	0.4	7.9	0.01	17.8	0.05	13.4	4.4	37.7	3.7	1.6	0.4	6.3
2.7.2015	3.8	0.4	7.5	0.01	18.1	0.06	13	3.8	35.2	2.8	0.8	0.2	9.7
3.7.2015	3.6	0.2	4.6	0.01	15.4	0.05	14.7	5.2	37.6	2.9	0.6	0.4	8.5
koe 304	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	MoO2	PbO	ZnO
9.9.2015	2	0.4	7.9	0.01	23.6	0.05	12.2	4.6	31.6	2.5	0.9	0.4	3.9
10.9.2015	2.3	1.6	9.4	0.01	43.8	0.3	10.9	2.6	17.3	1.4	0.4	0.2	3.5
15.9.2015	2	0.3	6.4	0.01	18.3	0.05	12.9	4.1	37.3	3.5	2.6	0.2	4.8

Kuohutusbrikettien käytöstä ei valitettavasti vastaavia analyysejä ole. Alueella tapahtui organisaatiomuutos, jonka johdosta näitä näytteitä ei otettu.

FeCr- ja RST-brikettikokeiden näytteistä tehtiin osasta myös Fluoridi-, Elohopea-, Kalium- ja Natrium-analyysit VKU2- ja AOD2- letkusuodinpolystä. Tuloksia verrattiin referenssimittausten tuloksiin. Alla olevassa taulukossa 1-3.7. olevat tulokset ovat FeCr-briketin koejaksolta. Vko 37 to ja ke näytteet ovat referenssinäytteet ja 15.9. näytteet ovat RST-briketin koejaksolta.

Tutkimustulokset						Yksikkö		Menetelmä	
Näytteenottopisteet	VKU2, 1.7.2015	VKU2, 2.7.2015	VKU2, 3.7.2015	AOD2, 1.7.2015	AOD2, 2.7.2015				
Näyttenumero	16SS 01178	16SS 01179	16SS 01180	16SS 01181	16SS 01182				
MÄÄRITYKSET									
Kuiva-aine	100	100	100	100	100	m-%	RA4016	L	
Fluoridi (F)	0,26	0,31	0,29	0,34	0,34	mg/kg ka	SFS 3027	V	
Esikäsittely, vesiliukoiset	ok	ok	ok	ok	ok		SFS-EN 15105	V	
Esikäsittely, mikroaaltolahajotus, HNO3/HCl/HF	ok	ok	ok	ok	ok		RA3015	L	
Elohopea (Hg)	12	3,0	2,4	0,38	0,21	mg/kg ka	RA3000	L	
Kalium (K)	10000	5300	5400	6200	6600	mg/kg ka	RA3000	L	
Natrium (Na)	8900	4000	3600	1500	1400	mg/kg ka	RA3000	L	
Tutkimustulokset									
Näytteenottopisteet	AOD2, 3.7.2015	VKU2, vko 37 ke	VKU2, vko 37 to	AOD2, vko 37 ke	AOD2, vko 37 to				
Näyttenumero	16SS 01183	16SS 01184	16SS 01185	16SS 01186	16SS 01187				
MÄÄRITYKSET									
Kuiva-aine	100	99	100	99	99	m-%	RA4016	L	
Fluoridi (F)	0,33	0,29	0,31	0,32	0,26	mg/kg ka	SFS 3027	V	
Esikäsittely, vesiliukoiset	ok	ok	ok	ok	ok		SFS-EN 15105	V	
Esikäsittely, mikroaaltolahajotus, HNO3/HCl/HF	ok	ok	ok	ok	ok		RA3015	L	
Elohopea (Hg)	0,21	36	11	0,50	2,8	mg/kg ka	RA3000	L	
Kalium (K)	6900	5500	14000	11000	13000	mg/kg ka	RA3000	L	
Natrium (Na)	1500	4600	7600	1900	2500	mg/kg ka	RA3000	L	
Tutkimustulokset									
Näytteenottopisteet	VKU2, 15.9.2015	AOD2, 15.9.2015							
Näyttenumero	16SS 01188	16SS 01189							
MÄÄRITYKSET									
Kuiva-aine	100	99				m-%	RA4016	L	
Fluoridi (F)	0,23	0,27				mg/kg ka	SFS 3027	V	
Esikäsittely, vesiliukoiset	ok	ok					SFS-EN 15105	V	
Esikäsittely, mikroaaltolahajotus, HNO3/HCl/HF	ok	ok					RA3015	L	
Elohopea (Hg)	1,7	0,50				mg/kg ka	RA3000	L	
Kalium (K)	4700	12000				mg/kg ka	RA3000	L	
Natrium (Na)	3500	2500				mg/kg ka	RA3000	L	



Muutokset pölyjen koostumuksessa ovat enemmänkin raaka-ainepohjaan sidottuja. Laskennallisesti on huomioitava kaikkein haihtuvien komponenttien päätyvän kuitenkin letkusuodinpölyihin (Zn, Hg, Cd, Pb, jne). Tämä tulee ottaa huomioon myös kustannuksia lisäävänä tekijänä, ellei syntyvän letkusuodinpölyn ZnO- pitoisuus ole riittävän korkea sen käyttämiseen sinkkiteollisuuden raaka-aineena.

Vaikutukset letkusuodinpölyjen määrään

Brikettien käyttömäärä verrattuna muuhun valokaariuuniin panostettavaan materiaalin on pieni. Letkusuodinpölyjen määrän muutosta brikettien vaikutuksesta voidaan luotettavimmin arvioida briketin koostumuksen avulla. Haihtuvat metallikomponentit (Zn, Hg, Cd, Pb, Na, F, K, jne) tulevat päätymään suurelta osin letkusuodinpölyihin. Kuonakomponentit (Ca, Si, Mg, Al, Ti, jne) päätyvät vastaavasti suurimmalta osalta kuonaan. Hiili, kosteus ja melassi vastaavasti palavat kaasuiksi ja poistuvat savukaasujen mukana. Metallit, kuten Ni, Cr, Fe, saadaan vastaavasti talteen suurimmalta osin terässulaan.

FeCr-briketissä letkusuodinpölyn määrää merkittävästi lisääviä komponentteja on vain CRK-letkusuodinpölyssä. Briketin reseptissä CRK-pölyä käytettiin 17,1 % josta haihtuvia metallikomponentteja on noin 20 %. Yhtä käytettyä brikettitonnia kohti letkusuodinpölyn määrä nousee siis noin 34,2 kiloa. Kokeissa suurin käyttömäärä / sulatus oli 5 tonnia eli letkusuodinpölyn määrä kasvaa noin 160 kiloa.

RST briketissä vastaavasti letkusuodinpölyn määrää merkittävästi lisääviä komponentteja on hilseessä (1,4 %), jota briketti sisälsi 46 % sekä Norexin pölyssä (40 %) , jota briketti sisälsi 11,2 %. Käytettyä brikettitonnia kohden letkusuodinpölyjen määrää lisääntyy siis laskennallisesti 51 kiloa. Suurin käyttömäärä oli 4 t/sulatus eli letkusuodinpölyn määrä kasvaa noin 200 kiloa.

Kuohutusbriketeissä vastaavasti letkusuodinpölyn määrää merkittävästi lisääviä komponentteja on hilseessä (1,4 %), jota briketti sisälsi 44 %. Käytettyä brikettitonnia kohden letkusuodinpölyjen määrää lisääntyy siis laskennallisesti 6 kiloa. Suurin käyttömäärä oli 4 t/sulatus eli letkusuodinpölyn määrä kasvaa noin 24 kiloa.

Näin pienet muutokset eivät näy suodinalaitoksen pölyjen punnituksissa ilman useita viikkoja kestäviä koejaksoja.

Vaikutukset savukaasujen Elohopeapitoisuuteen

Valokaariuuni 2:n poistokaasuista pyritään poistamaan Elohopea sitomalla se aktiivihiiileen, joka suodatetaan pois letkusuodinpölyihin. Aktiivihiiilen annostelu poistokaasuihin perustuu suotimien jälkeiseen jatkuvatoimiseen Elohopea mittaukseen. Mikäli Hg-pitoisuus kasvaa, injektoidaan kaasujen joukkoon enemmän aktiivihiiiltä. Suurimmat vaihtelut Hg-päästöissä aiheutuvat sulatettavan romuerän sisältämästä Elohopeasta. Romuerän määrä sulatuksessa voi olla jopa 135 tonnia, josta suurimmat yksittäiset päästöt ovat olleet yli 700g tarkoittaen romuerän sisältäneen vähintään 1,5 kiloa Elohopeaa.

Tällainen vaihtelu aiheuttaa sen, että luotettavasti ei voida todeta nykyisellä laitteistolla briketin käytön muuttavan elohopeapäästöä mihinkään suuntaan. Mikäli briketin raaka-aineena käytetään jatkossa VKU-letkusuodin pölyjä, joiden tiedetään sisältävän Elohopeaa, tulee myös Hg-päästön määrä kasvamaan. Tämä voidaan kompensoida aktiivihiiilen syöttömäärää lisäämällä.

Vaikutukset sulatusprosessiin

Sulatuksen tärkeimmät kriteerit ovat tehot päällä aika sekä energian käyttö. FeCr-brikettejä käytettäessä tehot päällä aika oli noin minuutin lyhyempi kuin vertailusulatuksilla (ruostumattomat sulatukset). Energiaa käytettiin noin 2 MW vähemmän. Briketin käyttömäärä tonneina = BRQ t

LAATURYHMÄ	RU									
TASE	0									
BRQ t	ENERGIA kw	Kuohumisindeksi	Tehot päällä min	Kaatolämpötila C	metallipaino	Cr2O3 %	Cr %	Kaadon kesto min	n	
0	65583	2.1	47.3	1598	148.9	7.6	19.33	8.7	208	
2	64399	2.3	47.6	1590	147.5	5.4	19.27	7.4	44	
5	63504	1.2	46.3	1605	146.7	7.9	19.82	5.4	23	
Grand Total	65220	2.1	47.3	1598	148.5	7.3	19.35	8.2	278	

Haponkestävillä sulatuksilla energiaa näyttäisi kuluvan sitä enemmän mitä enemmän brikettejä laitetaan. Neljä MW suurempi energiankulutus ei kuitenkaan voi selittyä pelkästään brikettien ominaisuuksilla. Briketin käyttömäärä tonneina = BRQ t

LAATURYHMÄ	HA									
TASE	0									
BRQ t	ENERGIA kw	Kuohumisindeksi	Tehot päällä min	Kaatolämpötila C	metallipaino	Cr2O3 %	Cr %	Kaadon kesto min	n	
0	63928	2.0	45.4	1600	150.9	7.6	17.59	7.1	135	
2	65283	1.5	45.0	1589	152.7	19.8	17.09	5.5	2	
2.5	65476	1.0	47.0	1556	155.4	4.1	17.53	5.5	2	
3	67916	2.0	49.0	1600	157.7	6.7	17.44	5.0	2	
5	68069	1.9	50.2	1595	151.4	8.7	18.00	11.4	9	
Grand Total	64268	2.0	45.7	1599	151.1	7.7	17.60	7.3	150	

Ruostumattomia brikettejä käytettäessä valokaariuunin energiatehokkuus pysyi vastaavalla tasolla kuin vertailusulatuksilla. Row labels= briketin käyttömäärä tonneina, blank= ei brikettiä käytetty.

LAATURYHMÄ	RU									
TASE	0									
Row Labels	n	TEHOT [min]	ENERGIA [kW]	KAATOL [°C]	KUOHU	CR2O3 [%]	Kaadon KESTO [MIN]			
1	1	48.0	65054	1593	2.0	10.2	7.0			
1.5	1	50.0	67403	1619	2.0		9.0			
2	1	52.0	68789	1683	3.0		5.0			
3	1	47.0	66210	1652	2.0		6.0			
4	17	48.5	64978	1590	2.3	6.0	7.1			
(blank)	121	48.2	66028	1605	2.0	7.6	8.2			
Grand Total	142	48.3	65926	1604	2.0	7.5	8.0			

Kuohutusbrikettien käyttöä haittasi operaattoreiden tapa käyttää vanhoja sulatusprofiileja uusien sijasta ohjeistuksesta riippumatta. Row labels 1= brikettiä käytetty, blank= ei brikettiä käytetty, ei= sulatusprofiilia ei noudatettu, kyllä = sulatusprofiilia noudatettu. Average of= keskiarvo suureesta tehot=Tehot päällä aika min, Energia= sähköenergian määrä KW, pitoisuudet prosenttiyksikköinä.

TASE	0						
KORILKM	1						
Row Labels	Average of TEHOT	Average of CR2O3	Average of C_7	Average of SI_7	Average of KUOHUMINEN	Average of ENERGIA	
1							
ei	49.66	7.76	1.28	0.16	1.97	67389.57	
Kyllä	47.92	5.78	1.33	0.17	2.15	67172.61	
(blank)							
(blank)	47.99	8.76	1.25	0.15	1.78	65785.46	
Grand Total	48.12	8.56	1.25	0.15	1.81	65970.42	

Kun käytettiin koeajoihin tehtyä profiilia, tehot päällä aika vastasi vertailusulatuksia. Energian tarve brikettisulatuksille oli noin 1,5MW korkeampi (per4 tonnia brikettiä). Tämä kompensoitiin ajamalla briketin syöttö- ja kuohutusvaihe jänniteportaalla 10 normaalin 8 tai 6 portaan sijaan. Näiden brikettien syötön tulee jatkossa ajoittua enemmän sulatuksen loppuun, missä jänniteporras on jopa 4. Tällöin tehollisä on kaikkein suurin ja brikettien käyttö voi jopa nopeuttaa sulatusprosessia.

1.6 Ympäristönäkökohdat

Testein aikana ainoastaan päästöt ilmaan olivat seurannan kohteena ja kuten yllä on sanottu, osa savukaasuista mitatuista metallipitoisuuksista oli korkeammalla tasolla kuin vertailusulatuksilla. Mikäli briketointi olisi normaalitoiminto, tulisi huomioida myös sen kokonaisvaltainen vaikutus. Briketointilaitoksen tulisi sijaita Torniossa, jolloin rahti ja siitä aiheutuvat päästöt olisivat minimaaliset. Briketointilaitoksen päästöt ovat käytännössä laitteistojen pesuvesiä, kaikki syntyvät pölyt kierrätetään briketin joukkoon raaka-aineeksi.

On huomioitava myös letkusuodinpölyjen sisältämien haihtuvien aineiden, ympäristönäkökulmasta lähinnä Sinkin ja Elohopean, kiertäminen prosessissa. Briketoinnin materiaaivirrat pitää rakentaa siten, että VKU2 suodinnlaitoksen pöly käsitellään muulla prosessilla tai siitä voidaan erottaa Sinkki ja Elohopea.

1.7 Taloudelliset hyödyt

Yhtiön sisäistä tietoa

1.8 Johtopäätökset

Käytännössä briketoinnin kustannukset ovat alle 100€/t, joten tällainen kierrätysmuoto on hyvinkin kannattavaa. Briketoitaessa yllä olevia jakeita ei isompia ongelmia ole odotettavissa. Briketti reseptillä on suuri merkitys kannattavuuteen. Brikettiä käytettäessä VKU1:lla on mahdollisuudet syöttää yhtä uutta raaka-ainetta kerrallaan nykyistä kalkkisiiloa hyödyntämällä. VKU2:lla vastaavasti nykyisillä siiloilla voidaan 1-2 erityyppistä brikettiä käyttää jatkuvasti.

Jos Befesa Scandustin hinta laskee tai sitä kautta kierrätettäville sivuvirroille löydetään mielekkäämpi kierrätysmuoto, briketoinnin kannattavuus kärsii voimakkaasti.

Briketointia suunniteltaessa tämän tyyppisiä brikettejä voitaisiin käyttää noin 60 000 tonnia vuodessa. Kapasiteettimielessä tuo on hyvä työluku huomioiden, että esimerkiksi laite kahdentamalla tai työvuoroja lisäämällä, voitaisiin saavuttaa noin 100-130kt:n vuosikapasiteetti.

Vaihtoehtoinen tutkintareitti briketin käytölle on niiden syöttäminen FeCr puolen uppokaariuuneihin. Alustavassa selvityksessä () ei ole tullut esteitä niiden käytölle. Tällöin briketin vaatimukset ovat



kovemmat lämmön keston suhteen ja oikeampi menetelmä on sementtipohjaisen briketin valmistaminen. Näitä brikettejä myös terässulaton VKU:t voivat käyttää. Kuonamäärä ja energiantarve tosin kasvavat.