

Hienon fraktion muodostuminen ferrokromin tuotekäsittelyssä

Mikko Karekivi

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Työn tekeminen töiden ohella oli melko haastavaa ja rasittavaa. Tietojen keräys meni kuitenkin hyvin ja tästä haluan kiittää kaikkia murskaamon työntekijöitä, jotka auttoivat kiireen tullen ottamaan näytteitä sekä näytteen valmistajaa Jouko Rantosta. Kiitän laboriomestaria Kimmo Karvosta ja koko laborioriohenkilökuntaa joustavuudesta tehdä analyyseja, vaikka muitakin töitä varmasti oli paljon.

Lisäksi haluan kiittää työni valvojaa Pekka Niemelää ja Mikko Lintulaa, sekä koulun puolesta valvovaa opettajaa Timo Kauppia. Suurin kiitos kuuluu äidilleni ja isälleni Maila ja Eero Karekivelle, jotka ovat tukeneet opiskeluiden ja työn edetessä.

Kemissä 27.10.2014

Mikko Karekivi

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Mikko Karekivi
Opinnäytetyön nimi:	Hienon fraktion muodostuminen ferrokromin tuotekäsittelyssä
Sivuja (joista liitesivuja):	30 (6)
Päiväys:	15.11.2014
Opinnäytetyön ohjaaja(t):	TkL Timo Kauppi
<p>Lopputyön tarkoituksena oli selvittää, miten paljon hienoja syntyy ferrokromin murskauksen yhteydessä. Eri seulaverkkokoja testaamalla ja näytteitä ottamalla selvitettiin raekokojakaumaa ja tutkittiin, kuinka paljon enemmän saatiin priimaa, 10/80 mm fraktiota ja näin ollen hienojen, 0-10mm osuutta vähennettyä.</p> <p>Työhön tehtiin aluksi näytteenotto-ohjelma, jossa määritettiin näytteiden määrä tietyltä alusmateriaalilta ja seulaverkolta. Samalla tehtiin myös näytteen valmistajalle ohje, miten näytteet tulee seuloa, kirjata ja mitä muuta niistä pitää analysoida. Myös näytteen saaminen kuljettimen päästä piti suunnitella, että se saataisiin otettua turvallisesti ja nopeasti. Siihen suunniteltiin liikuteltava suppilo, joka asetettiin kuljettimen päähän ja kuljetinta pyöritettiin toiseen suuntaan. Kromipalat tulivat kuljettimelta suppiloon ja sen kautta ämpäriin.</p> <p>Kun näytteet oli valmistettu, ne lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi ja sieltä saatiin tietää näytteiden kuonapitoisuudet. Kun kaikista näytteistä oli analysoitu kuonapitoisuudet ja raekokojakauma, niitä alettiin tutkimaan tarkemmin ja raekokojakaumia yhdisteltiin taulukoihin alusmateriaalin ja seulaverkon mukaan. Lisäksi laskettiin syötettyjen tonnien suhde hienojen määrään, mistä saatiin prosenttiluku, joka kertoo sen, kuinka paljon hienojen osuus väheni ja priiman osuus kasvoi.</p>	
Asiasanat: Ferrokromi, ferrokromin murskaus, seulonta.	

ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Mikko Karekivi
Thesis title:	Fine fraction in Ferrochrome crushing
Pages (of which appendixes):	30 (6)
Date:	16. November 2014
Thesis instructor(s):	Timo Kauppi, Lic. (Tech.)
<p>The objective of this thesis was to find out how much fine material is formed when crushing ferrochrome. This was studied with changing the sieve mesh and material which is under casts. First a test program was made and then instructions were given to the employee who sieved the samples. After that the samples were sent to the laboratory of Outokumpu, where the slag percent was analyzed.</p> <p>It was also calculated how much more ferrochrome will be gained if the sieve mesh is smaller than in present. The difference was quite significant when it is a little bit smaller. When the test results of slag and fraction came, these were analyzed and added into the chart.</p>	
<p>Keywords: ferrochrome, crushing of ferrochrome, sieving.</p>	

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU TORNIO WORKS	8
2.1 Ferrokromitehdas.....	8
2.2 Tuotekäsittely	13
2.3 Seulat	16
2.4 Pölynpoisto	17
2.5 Kuonankäsittely	18
3 TEHDYT TUTKIMUKSET	19
3.1 Seulonta	19
3.2 Näytteiden keräys	19
3.3 Näytteiden seulonta ja jatkokäsittely.....	20
3.4 Kuonapitoisuuden määrittäminen.....	21
4 TULOKSET	23
4.1 Raekokojakaumat	23
4.2 Kuonapitoisuudet.....	30
5 TULOSTEN ANALYSOINTI.....	32
6 POHDINTA	33
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	36

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

FeCr	Ferrokromi
CO-kaasu	Häkäkaasu
VKU	Valokaariuuni
MW	Megawatti
MVA	Megavoltiampeeri
kWh/t	Kilowattituntia tuotetonna kohti
mm	millimetri
cm	senttimetri
%	prosentti
t	tonni
r/min	kierrosta minuutissa
m/min	metriä minuutissa
kg	kilogramma

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaalle. Tehdas sijaitsee Torniossa ja siellä valmistetaan kromiittirikasteesta ja muista tarveaineista ferrokromia (FeCr) myytäväksi ja samalla tehdasalueella sijaitsevan terässulaton käyttöön ruostumattoman teräksen valmistukseen. Ferrokromia valmistetaan vuosittain noin 520 000 tonnia nykyisellä tuotantokapasiteetilla, kun F3-laajennus on otettu käyttöön.

Vanhempi ferrokromitehdas, jossa opinnäytetyöhön liittyvät tutkimukset tehtiin, koostuu kahdesta uppokaariuunista (VKU1 ja VKU2), joiden teho on yhteensä noin 100 MW. Tuotantoa tehdään ympäri vuorokauden, aamu-, ilta- ja yövuorossa, joissa miehitys on normaalitilanteessa 13 operaattoria ja yksi vuoromestari. Lisäksi arkisin on päivävuoro, jossa hoidetaan isompia korjaus- ja huoltotöitä sekä pestään ja siivotaan alueita. Ferrokromitehdas on vuoden 2012 alusta ollut oma liiketoiminta-alueensa.

Opinnäytetyössä tehdyt tutkimukset sijoittuvat tässä prosessissa nk. tuotekäsittelypuolelle. Siinä lopputuote murskataan kahteen nk. priimafraktioon (40-80 mm ja 10-40 mm). Lisäksi murskausprosessista syntyy myös nk. hienoa fraktiota (fines tästä eteenpäin), jonka raekoko on selvästi pienempi, ollen tässä tapauksessa välillä 0-10 mm. Tätä raekokoa käytetään suurimmaksi osaksi valanteiden pohjamateriaalina. Loput hienosta fraktiosta myydään. Tavoitteena on mahdollisimman suuri 10-80 mm fraktion saanti, koska se on eniten myyty laji asiakkaille ympäri maailmaa.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hienon fraktion muodostumista ferrokromin murskausprosessissa. Tähän liittyen tavoitteena oli selvittää, miten priimafraktion osuutta saadaan kasvatettua ja selvittää seulakoon vaikutusta saantiin. Työ rajattiin koskemaan pelkästään vanhan ferrokromitehtaan tuotantoa.

2 OUTOKUMPU TORNIO WORKS

Kemin kromiittiesiintymä löydettiin vuonna 1959 ja päätös sen hyödyntämisestä tehtiin vuonna 1964. Ferrokromitehtaan tuotanto käynnistettiin vuonna 1968, sen silloinen tuotanto oli 28 000 t/vuosi. Terästuotanto aloitettiin vuonna 1976 tuotannolla 50 000 t/vuosi. Ferrokromituotantoa laajennettiin vuonna 1985, ja nykyisellään se on noin 260 000 t/vuosi. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 22.7.2013.)

Kuumavalssaamon tuotanto käynnistettiin vuonna 1988. Terässulatolle rakennettiin kromikonvertteri vuonna 1995. Kylmävalssaamaa laajennettiin vuonna 1997 RAP5 -linjalla ja kapasiteetti on nykyään yli 400 000 t/vuosi. (Outokumpu, intranet. Hakupäivä 22.7.2013.)

Kaivoksen laajennuksesta maan alle päätettiin ja hanke käynnistettiin vuonna 1999, ja vuonna 2006 kaivos on siirtynyt kokonaan maanalaiseen tuotantoon. Vuonna 2001 Outokumpu Steelin ja Avesta Sheffieldin tuotanto yhdistyi ja yhtiön nimeksi tuli Avesta-Polarit. Vuonna 2002 Outokumpu osti AvestaPolaritin ja nimi vaihdettiin takaisin Outokummiksi. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 22.7.2013.)

2.1 Ferrokromitehdas

Outokumpu Chrome Oy valmistaa Torniossa ferrokromia kahdessa uppokaariuunissa, joiden muuntajat ovat VKU1 40 MVA ja VKU2 75 MVA. VKU1:llä tämän hetkinen tehoasetus on 33 - 34 MW ja VKU2:lla 65 - 66 MW, yhteisteholtaan noin 100 MW. Uunien yhteinen tuotantokapasiteetti on n. 260 000 t/vuosi.

Kromiittiraaka-aine saadaan Kemin kaivokselta sekä hienojakoisena rikasteena että paririkasteena. Hienorikaste lisäjauhetaan tavoitehienouteensa, joka on 78 - 82 % -200 mesh, minkä jälkeen se pumpataan lietteenä lietetankkiin. Lietetankki toimii välivarastona, jossa sisällä oleva hara pitää rikasteen ja veden sekoittuneena keskenään. Tankista liete pumpataan keraamisille suodattimille, jossa hienonnettu rikaste saadaan eroteltua vedestä ja kuljetettua pelletoinnin päiväsiiloihin. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 25.7.2013.)

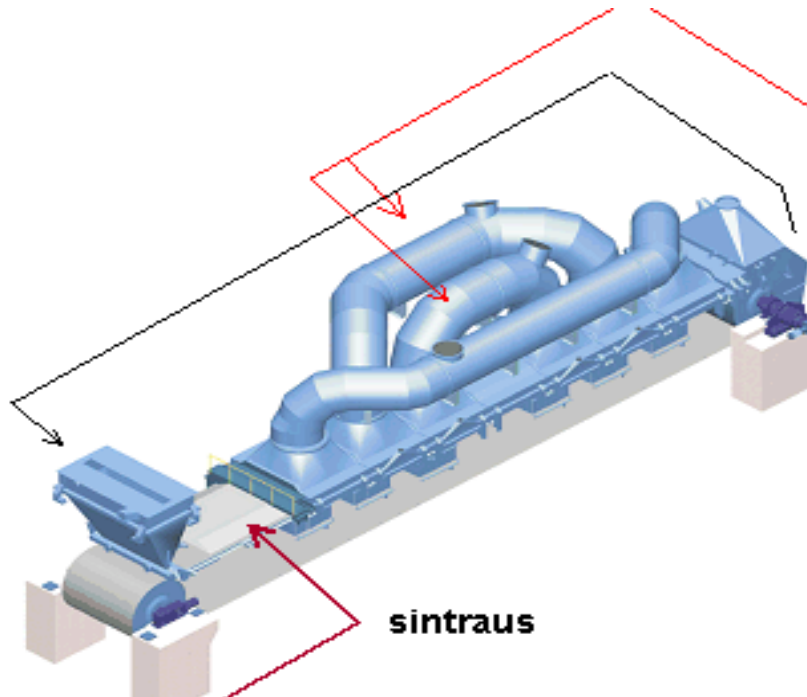
Jauhettu rikaste annostellaan vähintään kahdesta siilosta yhtä aikaa, jotta pelletointiin syötettävä materiaali olisi mahdollisimman tasalaatuista. Rikasteen sekaan annostellaan ruuvikuljettimilla koksipölyä, yleispölyä ja sideaineksi bentoniittia, minkä jälkeen kuljettimella johdetaan sekoittimeen. Sekoittimella sekoitetaan materiaalit ja vesi keskenään. Seoksen määrä säädetään niin, että saavutetaan märkäpelletin tavoitekosteus, joka on 9-10 %. Rikaste pelletoidaan pyörivässä rummussa, jonka kierrosnopeus on 5-10 r/min. Pellettirummun jälkeen märkäpelletit menevät rullaseulalle jossa liian pienet ja ylisuuret pelletit, valssimurskaimen kautta, menevät takaisin pelletointiin. Tavoite koko on 12 - 13 mm, jota voidaan säätää rullaseulan säätöosalla. (Outokumpu, intranet, haku-päivä 25.7.2013.)



Kuva 1. Pellettirumpu ja rullaseula.

Märät kromiittipelletit sintrataan jatkuvatoimisella hapettavalla teräsnausintrausprosessilla. Teräsnauhan pinnalle syötetään 15 - 20 cm:n suojakerros valmiita sintrattuja kiertopellettejä, joiden päälle syötetään märkäpellettejä siten, että patjan kokonaiskorkeus on 43 - 46 cm. Sintrausuuni on noin 28 metriä pitkä, ja se on jaettu kuivaus-, kuumennus-, sintraus- ja jäähdytysvyöhykkeisiin. Uunin ensimmäisessä vyöhykkeessä märkäpelletit kuivataan 300-450 °C lämpötilassa ja kuumennetaan 1000-1250 °C lämpötilaan toisessa vyöhykkeessä, jolloin syötteessä oleva koksi syttyy. Sintrautuminen tapahtuu kolmannessa vyöhykkeessä, jonka lämpötila on 1250-1400 °C. Pelletit jäähdytetään kolmessa erillisessä jäähdytysvyöhykkeessä. Sintrauksessa hyödynnetään energiaa tehokkaasti sisäisen kaasukierron avulla. Näin saadaan minimoitua ulkopuolinen energia, joka on luokkaa 120-250 kWh/t. Tämä lisäenergia saadaan koksista, CO- tai nestekaasusta. Prosessin lämpöalous on edullista, koska pellettien jäähdytykseen käy-

tetty ilma johdetaan uunin alkupäähän, jossa lämmennyt ilma käytetään märkäpellettien kuivaukseen ja esikuumennukseen. Sintrausuunin teräsnauha on rei'itetty, jotta kaasut saadaan menemään koko patjan läpi. Nauhan nopeutta voidaan säätää välillä 0,3-1,0 m/min. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 25.7.2013.)



Kuva 2. Nauhasintrausuuni. Paksumpi punainen nuoli tarkoittaa märkäpellettejä, ohuempi punainen nuoli on CO-kaasun kulku ja mustalla nuolella on merkitty kiertopellettit. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 22.7.2013.)

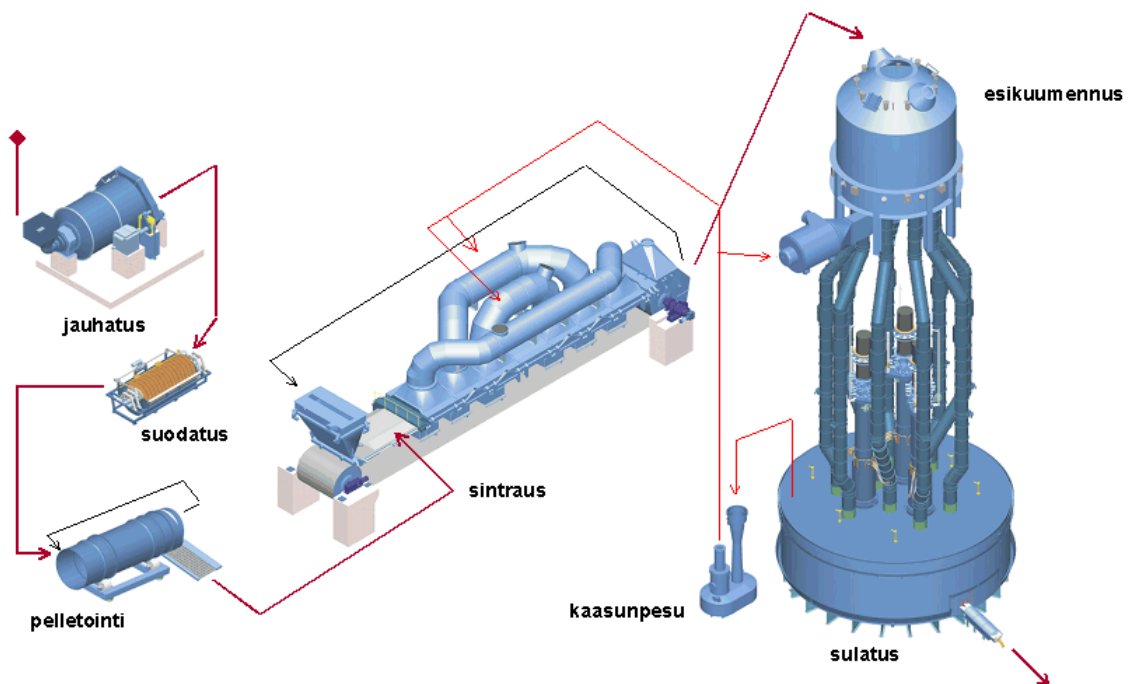


Kuva 3. Sintratut kromiittipelletit.

Ferrokromisulatolle etukuumennukseen syötetään panos, joka sisältää pellettejä, koksia, palarikastetta ja kvartsia, sopivassa suhteessa. Etukuumennuksessa panos lämmitetään 400-700 °C lämpötilaan, jolloin uunissa ei enää ole kosteutta. Tällä saadaan pienennet-

tyä sähkönkulutusta tuotetonnille. Etukuumentaja valvomossa hoitaa tätä aluetta. Sulattajat taas ajavat uuneja automatisoidulla logiikalla ja tarpeen mukaan tekevät vinoajoa, mikäli uunin tilanne sitä vaatii. Vinoajo tarkoittaa, että elektrodien muuntajia ajetaan eri portailla. Uunissa tapahtuu, valokaaren avulla, palarikasteen ja sintrattujen kromiittipellettien ja raudan oksidien pelkistyminen sulaksi ferrokromiksi koksen ja hiilen avulla. Tässä reaktiossa syntyy CO-kaasua, eli häkää. Ferrokromitehtaalla tuotettu metalli on charge chrome -laatua, joka sisältää 52-54 % kromia, 7 % hiiltä ja 3-5 % piitä. Loppu on pääasiallisesti rautaa.

Kuvassa 4 nähdään materiaalin kulku ferrokromi prosessissa. Paksulla punaisella nuolella on raaka-aineen matka tuotteeksi, ohuella punaisella on CO-kaasun kierto prosessissa ja mustalla nuolella on merkitty märkäpelletin ja sintratun pelletin kierto. Pelletoinnissa menee kaikki liian pieni ja liian suuri uudelleen rumpuun ja sintrauksen jälkeen osa pelleteistä menee kiertopellettipatjaksi. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 22.7.2013.)



Kuva 4.

Molemmille uuneille on asetettu optimaalinen laskunottoväli, joka on VKU1:llä 70 MWh ja VKU2:lla 145 MWh. Kun tämä määrä on tullut täyteen, sulanlaskijat ottavat sulan ulos laskurei'ästä senkkoihin, joita on molemmilla uuneilla kaksi aina kerrallaan. Kuonaa on ferrokromiin verrattuna, panoksesta riippuen, noin 1,2-kertainen määrä, ja se

ohjataan senkoista ylivuotona kuonaränniä pitkin rakeistukseen, josta syntyy OKTO-eristettä. Sitä taas myydään teiden ja rakennusten pohjamateriaaliksi. Rakeistettu kuona on erittäin haluttua kyseisissä tapauksissa juuri sen loistavan veden läpäisyn takia. Kun kaikki ferrokromi ja kuona on otettu ulos uunista, niin se joko valetaan pihalle valuojiin tai myydään sulana ferrokromina terässulatolle jatkojalostukseen. Sulat, jotka ovat kaa-dettu valuojiin, annetaan jäähtyä noin tunnin ajan, jonka jälkeen pyöräkoneella ne nostetaan valukentille jäähtymään odottamaan murskausta. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 25.7.2013.)

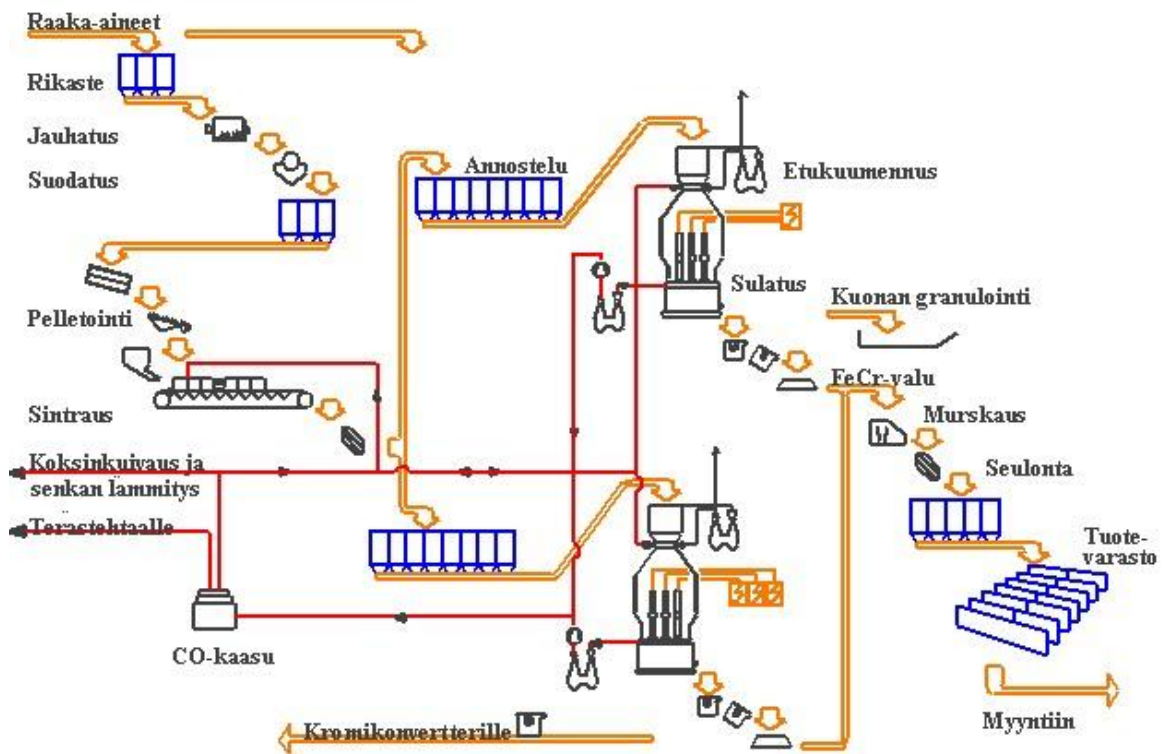


Kuva 5. Sulan ottaminen ulos VKU2:lta



Kuva 6. Sula ferrokromi valetaan valuojaan.

Sulatusprosessista, kromiitin pelkistyessä, syntyy CO-kaasua, joka johdetaan sulatuunista pesureille, missä siitä erotetaan kiintoaineshiukkaset. Pestyä kaasua hyödynnetään omiin tarpeisiin senkanlämmityksessä, sintraamalla ja koksiasemalla. Loput syntyneet kaasut pyritään myymään muille osastoille, joista suurimmat käyttäjät ovat valsaamot ja TOVO:n lämpölaitos. Osittain CO-kaasu poltetaan myös itse katolla piipun päässä, mikäli sitä ei saada myytyä eteenpäin.



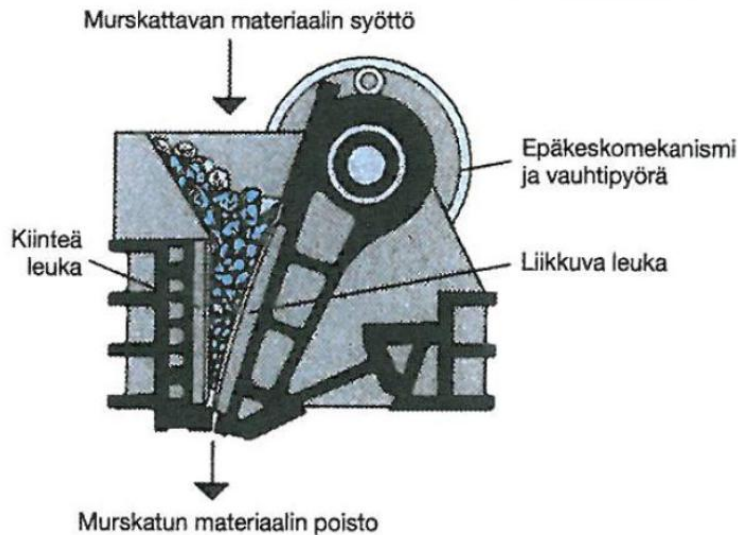
Kuva7. Ferrokromitehtaan tuotantokaavio. (Outokumpu, intranet, hakupäivä 26.7.2013)

2.2 Tuotekäsittely

Tuotekäsittely on ferrokromiprosessissa tuotannon viimeinen vaihe, jossa tuote murskaataan ja seulotaan eri fraktioihin. Murskauksessa käytetään leukamurskaimia, jotka jauhavat kappaleet pienemmiksi. Tuotekäsittelyn loppuvaiheessa raekokojakauma on 0-80 mm ja se jaetaan eri fraktioihin eli jakeisiin seulomalla. Kaikki murskattu ja seulottu ferrokromi käytetään hyväksi, 10-80 mm fraktiolla olevat myydään ulos ja osittain myös yhtiön sisällä terässulatolle ja 0-10 mm fraktiolla olevat käytetään suojamateriaalina valujen alla.

Leukamurskaimessa (kts. kuva 8) murskaus tapahtuu puristuksen voimasta, kun liikkuva leuka painaa materiaalia kiinteää leukaa vasten. Kiinteä ja liikkuva leuka päällystetään kovametallilla, mikä lisää sen kulutuskestävyyttä. Liikkuvan leuan liike aikaansaa-

daan koneen käyttölaitteiden pyörittämän epäkeskon ja työntölaattojen avulla. (Kurttio 2012, 9.)



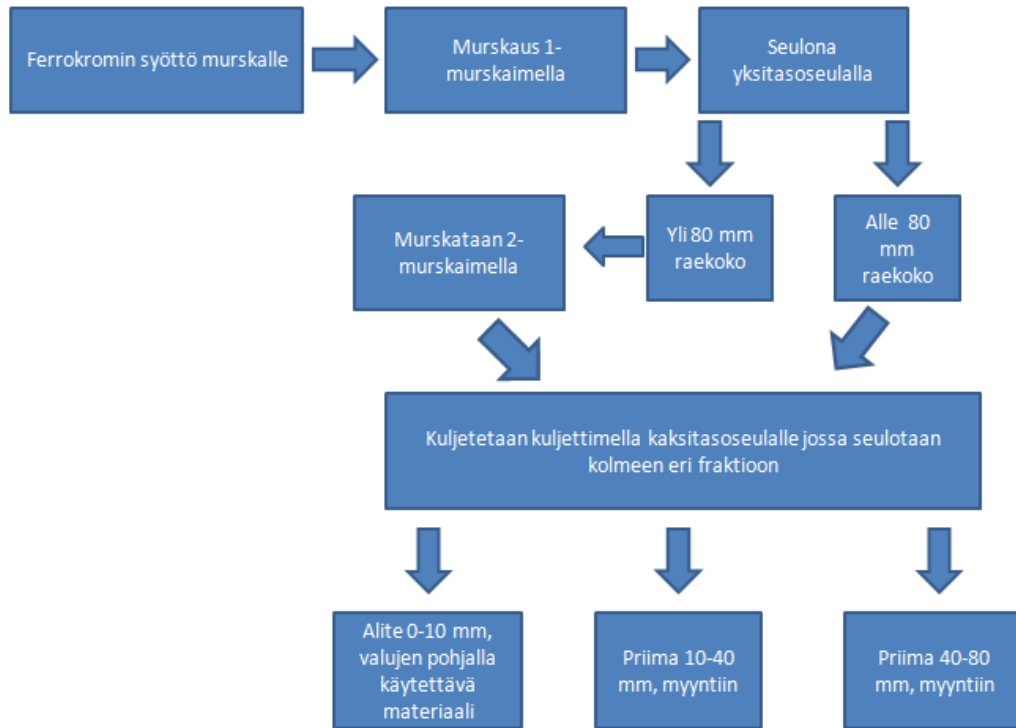
Kuva 8. Leukamurskain (Kurttio 2012, 9.)

Tuotekäsittelyn prosessi etenee seuraavasti. Jäähtyneet valut ajetaan pyöräkoneella ajo-luiskaa ylös murskaamolle, missä ne syötetään vaunusyöttimelle, joka on jatkuvatoiminen syötin aina haluttaessa. Se toimii sillä periaatteella, että vaunu liikkuu valujen alla, jolloin aina etuosassa olevat valut pääsevät tippumaan vaunun eteen, joka sitten taas työntää ne murskaimelle n:o 1. Sen jälkeen ne menevät yksitasoseulalle, joka seuloa kaikki raekooltaan alle 80 mm palat. Ylitteenä tulevat raekooltaan yli 80 mm palat menevät murskaimen n:o 2 läpi ja murskaantuvat siinä pienemmäksi, jolloin saadaan lähes kaikki syötetty ferrokromi murskattua tuotespesifikaation mukaiseen raekokoon. Kaikkea ei saada hyödynnettyä, sillä osa murskautuu niin hienoksi, että se menee pölynpoiston kautta tynnyreihin. Kun syötetyt ferrokromit ovat menneet murskaimen 1 ja osin murskaimen 2 kautta läpi, ne siirtyvät kuljettimella seula-asemalle, missä kaksitasoseula seuloa materiaalin fraktioihin 40-80 mm, 10-40 mm ja alitteena 0-10 mm. Fraktiota 0-10 mm käytetään valukentillä valujen pohjamateriaalina, jotta kuumat valut eivät olisi suoraan betonin päällä, mutta sitä myös myydään eteenpäin lähinnä terässulatolle.

Fraktiota 10-80 mm kutsutaan priimaksi ja 0-10 mm murskettua finesiksi eli alitteeksi. Asiakkaista riippuen tarjolla on 10-80 mm ferrokromimurskettua ja halutessa 10-40 mm

tai 40-80 mm raekooltaan olevaa mursketta, mikä heidän käyttötarkoitukseensa on sopivin.

Tuotekäsittelyprosessin materiaalivirtakaavio on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Tuotekäsittelyprosessin materiaalivirrat.

Murskatusta tuotteesta otetaan automaattisella näytteenottimella näytteitä aina tietyin väliajoin. Näytteenotin pudottaa näytteet ämpäriin, josta ne sitten toimitetaan näytteenvalmistukseen. Näytteistä analysoidaan materiaalin kemiallinen koostumus, tärkeimpinä alkuaineina määritetään kromi (Cr) ja pii (Si). Jotkut asiakkaat haluavat korkean Si-pitoisuuden omaavaa materiaalia, joten tarvittaessa sulatot valjastavat yhden uunin tällaisen materiaalin valmistukseen. Normaalisti Si-pitoisuuden pitää olla alle 4,5 %.

Ferrokromi on erittäin kuluttavaa materiaalia, ja mikäli Si- % on alhainen, se muuttuu sitkeäksi ja ei murskaannu leukamurskaimella kunnolla. Tällöin leuat kuluvat erittäin nopeasti ja ne pitää joko kääntää, tai vaihtaa uusiin. Tämän takia Si-pitoisuus pyritään pitämään n. 3,5 - 4,5 % tasolla.

Normaalissa tuotantotilanteessa leuat vaihdetaan tai käännetään noin kahden tai kolmen viikon välein. Mikäli murskausta tehdään ympäri vuorokauden ja viikonloppuisin, eli viidessä vuorossa, kuluminen on huomattavasti nopeampaa ja leukaremontti joudutaan

tekemään jopa viikoittain. Vaihtovälin määrittää kitakoko ja sen säätövara, mikäli kitakokoa ei ole mahdollista enää säätää oikeaan mittaan niin leuat ovat kuluneet liikaa. Kitakoko on määräävä asia, kun murskataan materiaalia tiettyyn raekokoon.

Murskaamo toimii yleensä kahdessa vuorossa, aamuvuorossa ja iltavuorossa arkipäivisin. Kaksi murskaajaa hoitaa vuorokiertoa siten, että toinen on aina viikon kerrallaan aamuvuorossa ja toinen saman viikon iltavuorossa. Lisäksi murskaamon henkilökuntaan kuuluu päivävuorossa murskaajan apuna kaksi työntekijää, jotka hoitavat pölytynnyrit ja huolehtivat paikkojen siisteydestä ja huoltotoimista. Tuotekäsittelyä valvoo yksi päivätyönjohtaja ja lisäksi osastoinsinööri on mukana vahvasti laatutarkastuksissa ja varastojen käsittelyssä.

2.3 Seulat

Seuloina toimivat yksi- ja kaksitasoseulat, jotka seulovat murskatun ferrokromin kahdessa eri prosessivaiheessa. Seulojen toimintaperiaate on sellainen, että syötetty materiaali etenee tärinän vaikutuksesta seulaverkkoja pitkin ja jakaa materiaalin eri raekokoluokkiin eli fraktioihin. Seulan pituus antaa seulonnan terävyyden ja leveys määrittää sen kapasiteetin, eli leveämmälle seulalle voi syöttää enemmän tavaraa ja seulonnan terävyys määräytyy materiaalin viettämän ajan mukaan, jonka se on seulaverkkojen päällä. Seulonta säästää murskaimia, kun kaikkea tulevaa materiaalia ei tarvitse kierrättää 2-murskaimen läpi. Lisäksi se on erittäin tärkeää, että materiaali saadaan seulottua mahdollisimman tarkasti eri fraktioihin, jolloin voidaan määrittää tarkat tuotespesifikaatiot.

Seulan kulman määrittäminen on myös tärkeää seulonnan tehokkuuden kannalta, koska materiaali pitää saada menemään läpi seulalta sopivalla virtauksella. Jos materiaali ei liiku tarpeeksi nopeasti seulalla, syötettävän materiaalin määrää on pudotettava. Jos taas seula on liian jyrkässä kulmassa, materiaali menee liian nopeasti ohi verkoista ja seulonta ei ole tehokas.

Seulaverkkoina käytetään yleensä polyuretaaniverkkoja, koska rautaverkot ovat tällaisen materiaalin kanssa todella kovaäänisiä. Polyuretaaniverkkoja on saatavana myös rautavahvisteisena, mutta ne ovat huomattavasti kalliimpia kuin normaalit polyuretaaniverkot. Lämpötila on kriittinen tekijä, sillä jos seulalle syötetään liian kuumaa fer-

rokromia, niin seulaverkot sulavat. Kun seulotussa materiaalissa huomataan liian suuria kappaleita, seulaverkot tarkistetaan ja vaihdetaan liian kuluneet ja rikkiäiset verkot uusiin. Kuvassa 10 nähdään Metson valmistama kaksitasoseula.



Kuva 10. Kaksitasoseula

2.4 Pölynpoisto

Ferrokromin murskauksessa ja seulonnassa syntyy melko paljon pölyä. Murskauslaitoksella on kaksi pölynpoistoyksikköä, yksi murskauksesta ja yksitasoseulalta sekä toinen kaksitasoseulalta imevä. Murskauksen pölynpoistossa on kaksi suodatinta, joista toinen on ilmamäärältään 60000 m³/h (sisältää 336 letkua) ja toinen ilmamäärältään 30000 m³/h (sisältää 168 letkua). Molemmissa pölynpoistoissa käytetään 4900 mm pitkiä polyesterihuopaletkuja, joissa on PTFE-membraani laminoituna pinnalle. Tämä PTFE-membraani on mikrohuokoinen teflonverkko, joka kerää pölyn suodatinletkun pinnalle, josta puhdistusimpulssi pudottaa sen.

Puhdistus tapahtuu paineilmalla, jolla ammutaan puhdistusimpulssi kalvoventtiileiden kautta suodatinletkuille. Puhdistusjärjestelmää ohjaa paine-erokytkin, joka tunnistaa, kun painehäviö kasvaa yli määrätyn raja-arvon. Puhdistus on myös mahdollista laittaa toimimaan tietyn ajan välein, mutta ylimääräinen puhdistus voi rikkoa suodatinletkut. Paine-eroon perustuva puhdistus on kaikkein paras ja toimivin, koska se säästää paineilmaa ja suodatinletkuja.

2.5 Kuonankäsittely

Ilmajähdytetty palakuona, joka kaadetaan senkoista kuonankaatopaikalle, sekä senkasta laapattu kuona viedään alihankkijan rikastamolle. Vanhan ferrokromisulaton ykkösuunilta (FeCr1) jää lähes aina yksi täysi senkka kuonaa, joka kipataan erilliselle kuonankaatopaikalle. Kaikki kuona toimitetaan siis Tapojärven rikastamolle, jossa se murskataan leukamurskaimella ja sen jälkeen vielä kartiomurskaimella 0-20 mm raekoon. Rikastamalla murske erotetaan seulalla 0-4 mm ja 4-22 mm. Jälkimmäisestä, karkeammasta murskeesta erotellaan ferrokromi väliainepiirissä, jossa väliaineena toimii ferropii. Seuloilla erotetaan kuonatuotteeksi OKTO-murskeet 4-11 mm, 10-16 mm ja 16-22 mm. Näistä 0-4 mm murske menee nk. hienoon piiriin jossa, magneettierottimella erotetaan karkeampi ferrokromi kuonasta ja hienempi menee myllyn kautta spiraalipiirille, jossa erotetaan hienoin ferrokromijae, jonka raekoko on välillä 0-4 mm. Prosessissa syntyneet OKTO-murskeet ovat CE-merkittyjä tuotteita, joita käytetään tie- ja maanrakennustöissä. (Ollila, 2001.)

3 TEHDYT TUTKIMUKSET

Työ aloitettiin laatimalla näytteenotto-ohje priimafraktiolle (raekoko = 10-40 mm) ja finesille (raekoko = 0-10 mm). Samalla tehtiin näytteenvalmistusohje näytteenvalmistajalle. Siihen määriteltiin seulasarja, millä saatiin eriteltyä fraktiojakauma seulaverkosta ja alusmateriaalista riippuen.

3.1 Seulonta

Opinnäytetyöhön liittyneissä koeajoissa käytettiin silmäkooltaan #12, #10 ja #8 mm seulaverkkoja. Jokaisella seulaverkolla ajettiin siten, että voitiin kerätä näytteet valujen alusmurskeella 0-10 mm ja 0-4 mm (Tapojärven palaute). Kummallakin alusmurskeella kerättiin näytteitä kahden vuorokauden ajalta. Yhden lisävuorokauden ajaksi murskaimen 1 kitaväliä suurennettiin siten, että se tuotti noin 20 mm mursketta. Ylisuurella kitavälillä käytettiin 0 – 10 mm alamursketta.

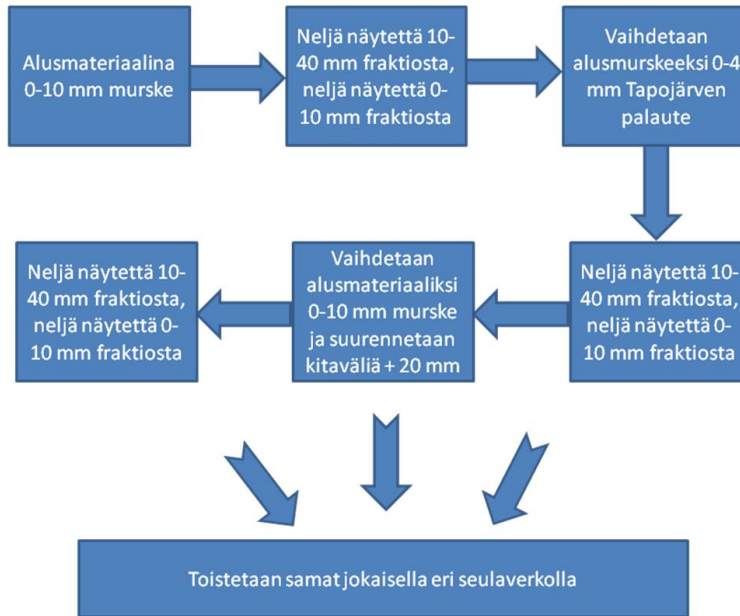
3.2 Näytteiden keräys

Näytteitä kerättiin ferrokromimurskeista 0 - 10 mm ja 10 - 40 mm. Hienompi murske kerättiin alitelaarista ja karkeampi tuotelaareille vievän kuljettimen eteläpäästä siten, että kuljetinta pyöritettiin näytteenoton ajan väärään suuntaan ja kuljettimen päästä kerättiin erikseen valmistetulla suppilolla näytettä noin ämpärin verran talteen.

Molempia murskefraktioita kerättiin neljä kertaa päivässä. Kun oli saatu kerättyä neljä ämpärillistä molempia murskefraktioita, niin vaihdettiin alusmurske, josta taas ajettiin noin päivän verran, jotta uudet näytteet saatiin kerättyä. Yhtenä koeajopäivänä muutettiin kitaväliasetusta noin 20 mm suuremmaksi.

Näytteitä ei saatu otettua aivan päivittäin johtuen siitä, että välillä murskaamo oli pysäytetty huoltoseisokin tai materiaalipulan takia. Näytteenotto-ohjelma saatiin kuitenkin vietyä melko nopeasti läpi.

Kuvassa 11 on esitetty näytteenoton periaatekaavio.

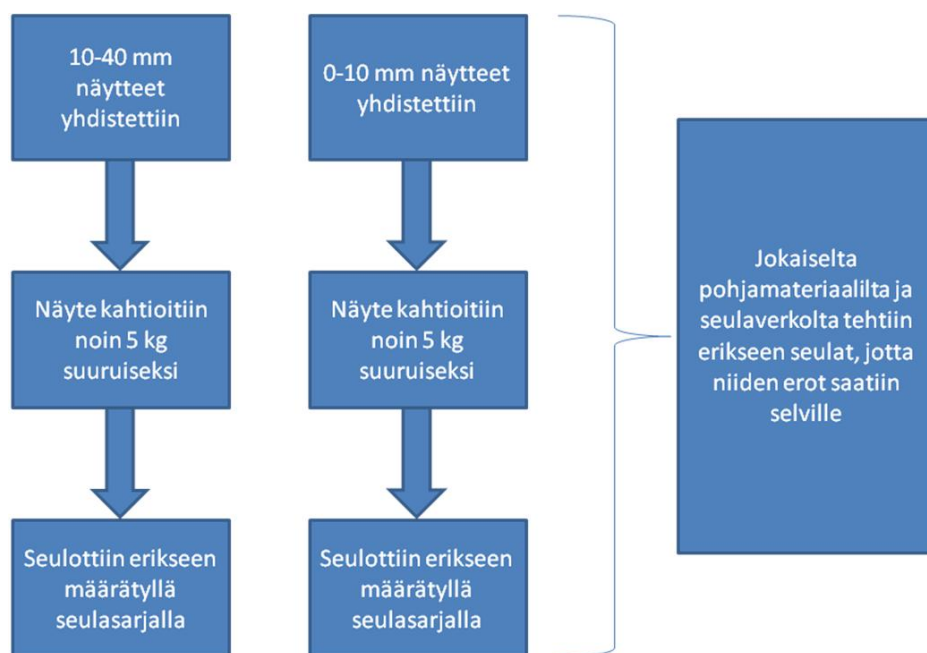


Kuva 11. Näytteenoton periaatekaavio.

3.3 Näytteiden seulonta ja jatkokäsittely

Raekokojakauman määrittystä varten määriteltiin seulasarja, johon valittiin silmäkooltaan #45, 40, 16, 10, 8, 5.66, 2.0, 1.0, 0.5 ja 0.063 mm tasot. Tätä sarjaa käytettiin 10 - 40 mm mursketta seulottaessa. Kun seulottiin hienompaa 0 - 10 mm mursketta, jätettiin pois #45 ja #40 mm tasot. Ennen kuin näytteiden seulonta aloitettiin, näytteet yhdistettiin ja kahtioitiin noin 5 kg erään, joka käytettiin uunissa kuivauksessa. Näin saatiin mitattua murskeen kosteusprosentti punnitsemalla se ennen uunikäsittelyä ja sen jälkeen.

Tämän jälkeen suoritettiin seulonta ja jokainen taso punnittiin, josta saadaan kokonaisuudessaan suhteutettuna kullakin tasolla olevan FeCr:n massa, massa-%, kumulatiivinen-% ja läpäisy-%. Seulonnasta tehtiin mittauspöytäkirja, josta saatiin lähtötiedot myöhempää laskentaa ja tulosten analysointia varten. Lopuksi näytteet jauhettiin ja lähetettiin laboratorioon kuonapitoisuuden määrittämistä varten. Kuvassa 12 on esitetty näytteseulonnan periaatekuva.



Kuva 12. Näytteen valmistuksen periaatekaavio.

3.4 Kuonapitoisuuden määrittäminen

Kuonapitoisuuden määrittäminen ferrokromista ei ole tavanomaista, mutta tutkimuksissa haluttiin seurata, miten kuonapitoisuus muuttuu eri pohjamateriaaleja käyttämällä. Kuonapitoisuuden määrittämisen teki tutkimuskeskuksen analyttinen laboratorio.

Kuonapitoisuus määritettiin seuraavasti: 1. näytteestä valmistettiin natriumhydroksidisulfaatti, josta tehtiin tarvittavat laimennokset ja sille ajettiin AAS-analyysi (atomiabsorptiospektrofotometri), jolla määritettiin näytteen alumiini (Al) ja magnesium (Mg) pitoisuudet. Näistä johdettiin laskennallisesti näytteen Al_2O_3 - ja MgO -pitoisuudet. Varsinainen näytteen kuonapitoisuus (p-%) lasketaan Al_2O_3 - ja MgO -pitoisuuksien perusteella käyttäen verrokkina ferrokromituotannon todellisia keskimääräisiä Al_2O_3 - ja MgO -pitoisuuksia. (Karvonen, 2009.)

Tällöin MgO -pitoisuus lasketaan kaavasta:

$$[\text{MgO}] = 100 \times \text{MgO}_{\text{AAS}} / \text{MgO}_{\text{SLAG}} \quad (1)$$

Missä $[\text{MgO}]$ = murskenäytteen suhteellinen MgO -pitoisuus, MgO_{AAS} = AAS:illa analysoitu Mg -pitoisuus, joka on muunnettu MgO -pitoisuudeksi laskennallisesti ja MgO_{SLAG} = kuonan lähimenneisyyden MgO -taso tuotannossa.

Näytteen Al_2O_3 -pitoisuus lasketaan kaavasta:

$$[\text{Al}_2\text{O}_3] = 100 \times \text{Al}_2\text{O}_{3\text{AAS}} / \text{Al}_2\text{O}_{3\text{SLAG}} \quad (2)$$

Missä $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ = murskenäytteen suhteellinen Al_2O_3 -pitoisuus, $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{AAS}}$ = AAS:lla analysoitu Al_2O_3 -pitoisuus, joka on muunnettu Al_2O_3 -pitoisuudeksi laskennallisesti ja $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{SLAG}}$ = kuonan lähimenneisyyden Al_2O_3 -taso tuotannossa.

Näistä murskenäytteen kuonapitoisuus saadaan laskettua MgO- ja Al_2O_3 -pitoisuuksien aritmeettisena keskiarvona:

$$\text{kuona-\%} = [\text{MgO}] + [\text{Al}_2\text{O}_3] / 2 \quad (3)$$

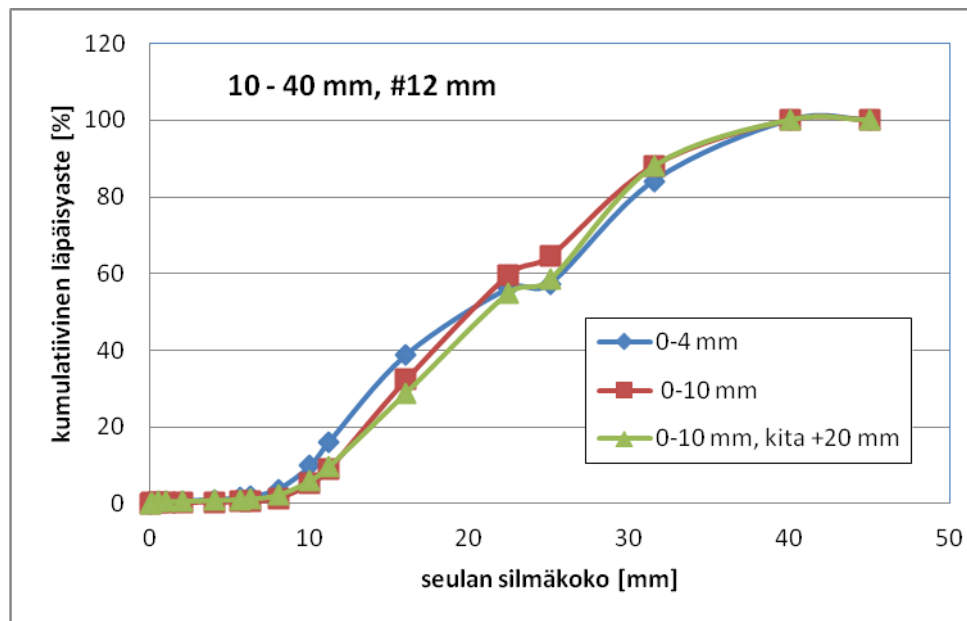
missä kuona-% = murskenäytteen kuonapitoisuus, $[\text{MgO}]$ ja $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ edellisten mukaisesti komponenttien suhteelliset, laskennalliset pitoisuudet. (Karvonen, 2009.)

4 TULOKSET

Seuraavassa on esitetty seulonnan tuloskuvaajat, joista selviävät eri alusmateriaalien ja seulaverkkojen tuottamat raekokojakaumat.

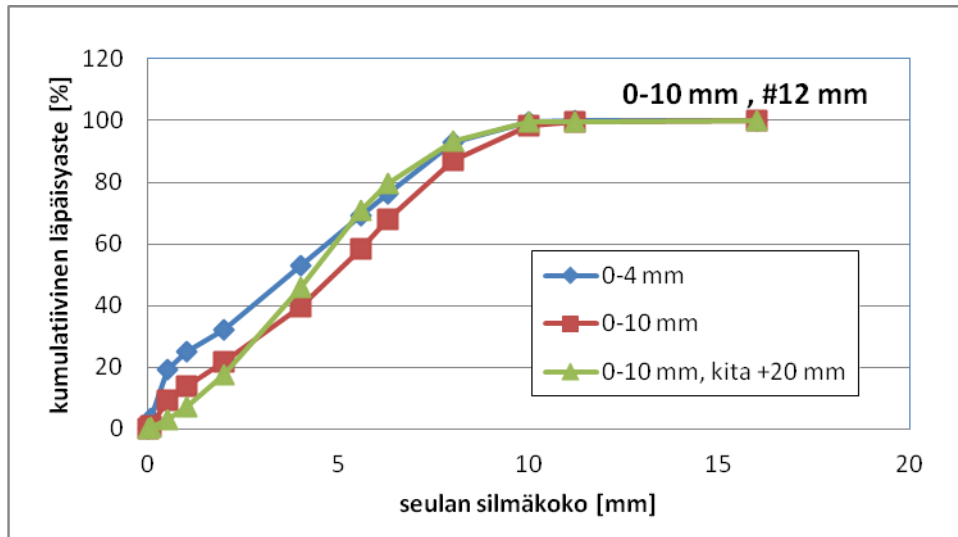
4.1 Raekokojakaumat

Seulonnan mittauspöytäkirjat ja niistä lasketut raekokojakaumat on esitetty erillisessä liitteessä (LIITE1). Kuvassa 13 nähdään priimafraktion (10 - 40 mm) seulonnassa 12 mm silmäkoolla syntynyt raekokojakauma, eli kumulatiivinen läpäisyaste (-%) eri alusmateriaaleja käytettäessä. Käyrät ovat melko yhdenmukaisia, tosin 0 - 4 mm alusmurskeella hienomateriaalin osuus hieman kasvaa. Tämä johtuu siitä, että hieno, 0 - 4 mm murske tarttuu valanteiden pohjaan ja irtoaa murskauksen ja seulonnan yhteydessä läpäisten alimman seulaverkon. Myös kitavälin ollessa suurempi hienojen määrä hieman kasvaa johtuen siitä, että suurempi osa menee toisen murskaimen läpi, joka jauhaa palat hienommaksi.



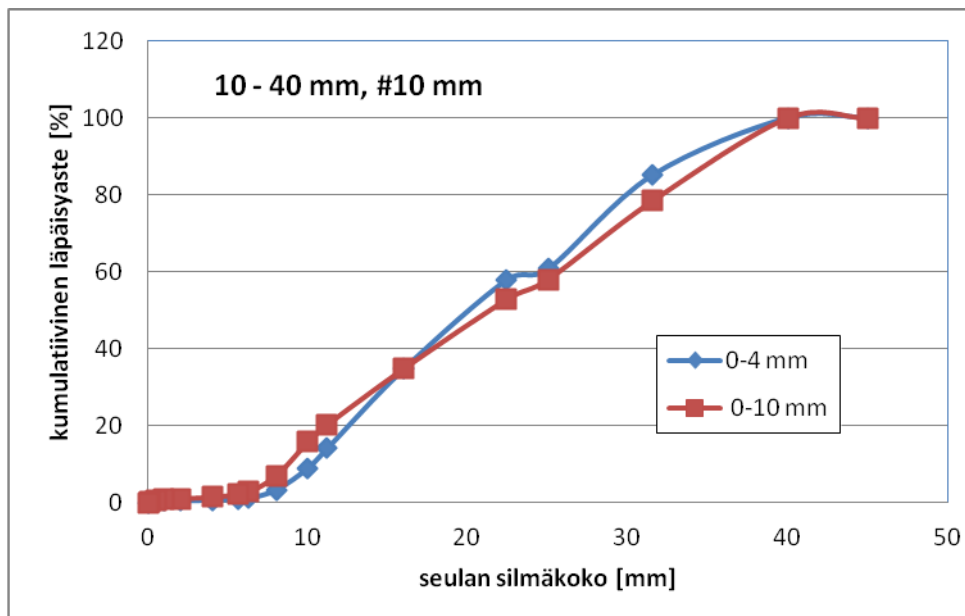
Kuva 13. Priimafraktion (10 - 40 mm) raekokojakaumat eri alusmateriaaleja käytettäessä, seulaverkko # 12 mm.

Kuvassa 14 nähdään finessin (0 - 10 mm) seulonnassa 12 mm silmäkoolla syntynyt raekokojakauma. Tässäkin on havaittavissa, että alusmurskeen ollessa 0 - 4 mm, hienomman materiaalin osuus kasvaa. Priimafraktioon verrattuna kumulatiivinen läpäisyaste kasvaa nopeammin kasvun ollessa lähes lineaarista.



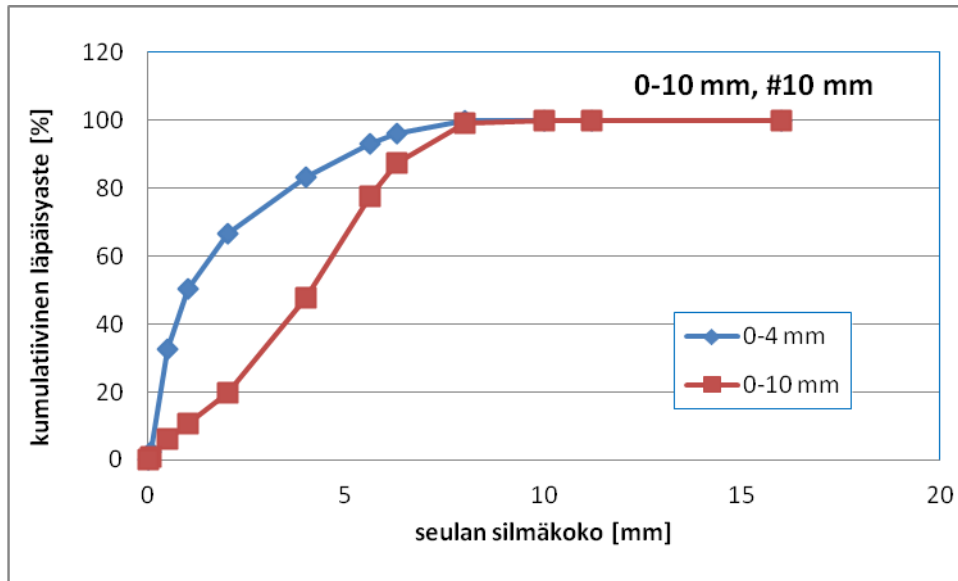
Kuva 14. 0-10 mm fraktion raekokojakaumat, seulaverkko # 12 mm.

Seulaverkon silmäkoon ollessa 10 mm, tulokset ovat suhteellisen tasaiset primafraktiolle (10 - 40 mm), mikä nähdään kuvasta 15. Tarkempi tarkastelu osoitti, että 10 - 40 mm fraktiolla olevaa raekokoa saadaan kasvatettua 5 prosenttiyksikköä 12 mm seulaverkoon verrattuna, ilman että tarvitsee muuttaa tuotespesifikaatiota. Tämä on huomattavasti parempi verkkokoko, ainakin kuivan kelin aikaan, jolloin seulaverkon tukkeutuminen ei esiinny kovin paljon. Tämän testin yhteydessä ei pystytty suorittamaan seulontaa kitavälin asetuksella +20 mm, koska murskaimen leuat olivat liian kuluneet.



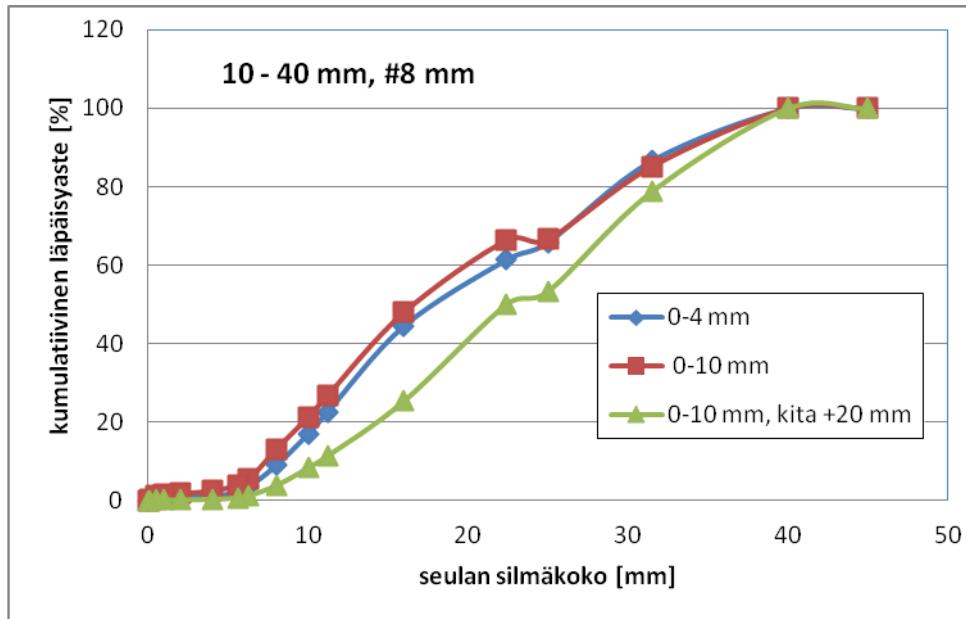
Kuva 15. Priimafraktion (10 - 40 mm) raekokojakaumat eri alusmateriaaleja käytettäessä, seulaverkko # 10 mm.

Kuvan 16 perusteella alusmateriaalin merkitys korostuu seulottaessa finessää 10 mm silmäkoolla. Kun alusmateriaalina käytettiin 0 - 4 mm mursketta, niin hienon materiaalin osuus kasvoi huomattavan nopeasti.



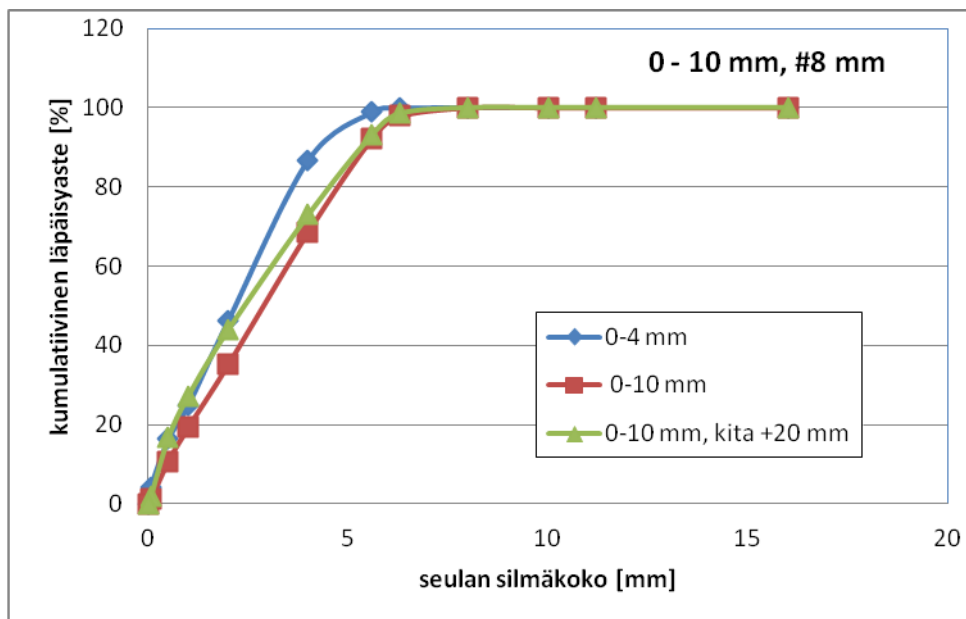
Kuva 16. 0-10 mm fraktion raekokojakaumat, seulaverkko # 10 mm.

Seulaverkon silmäkoon ollessa 8 mm, priiman osuus kasvaa 7 prosenttiyksikköä verrattuna silmäkooltaan 12 mm seulaverkkoon. Tämän kokoisen seulaverkon käyttö ei kuitenkaan ole järkevää, koska tuotespesifikaatiota jouduttaisiin muuttamaan, sillä alle 10 mm osuus kasvaa niin suureksi. Lisäksi tämä voi aiheuttaa enemmän tukkeutumongelmia. Huomattavaa tässä on myös se, että alusmateriaalin ollessa 0 - 4 mm hienoja olisi vähemmän kuin alusmateriaalin ollessa 0 - 10 mm. Tämä johtuu siitä, että tuolloin oli melkoiset sateet, kun murskattiin ja seulottiin alusmurskeen ollessa 0 - 10 mm. Kun tuote on märkää, niin seulonta ei toimi niin tehokkaasti ja hienoja jää priimafraktion pintaan kiinni.



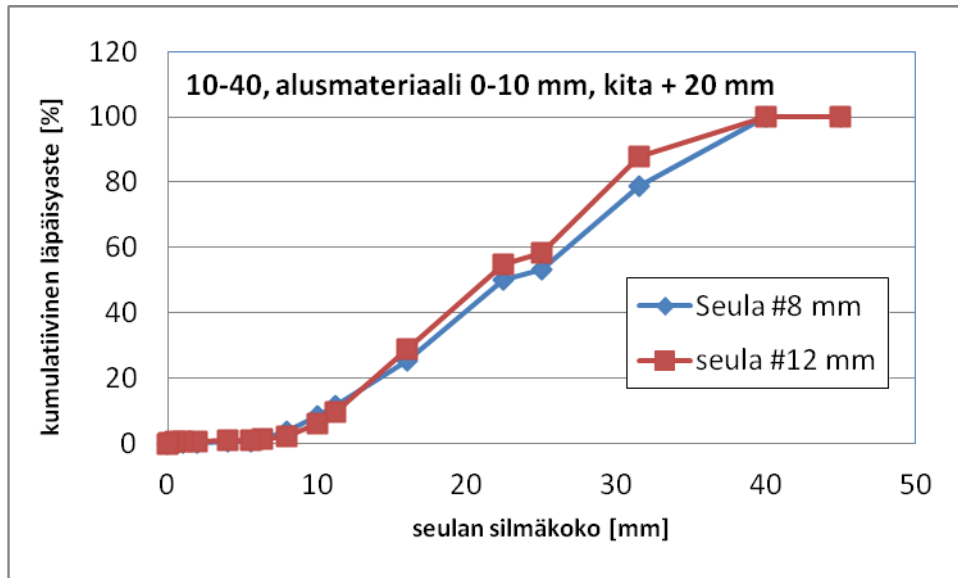
Kuva 17. Priimafraktion (10 - 40 mm) raekokojakaumat eri alusmateriaaleja käytettäessä, seulaverkko #8 mm.

0 - 10 mm fraktiolla olevassa murskeessa ei ole kovin paljoa eroja eri alusmurskeilla. Huomattavaa tässäkin kuitenkin on se, että käytettäessä 0 - 4 mm Tapojärven palautetta, hienon materiaalin osuus kasvaa suhteessa muihin. Näiden tulosten perusteella onkin tehty päätös, että Tapojärven palautetta ei käytettä valanteiden alla pohjamateriaalina, kuin hätätapauksissa.



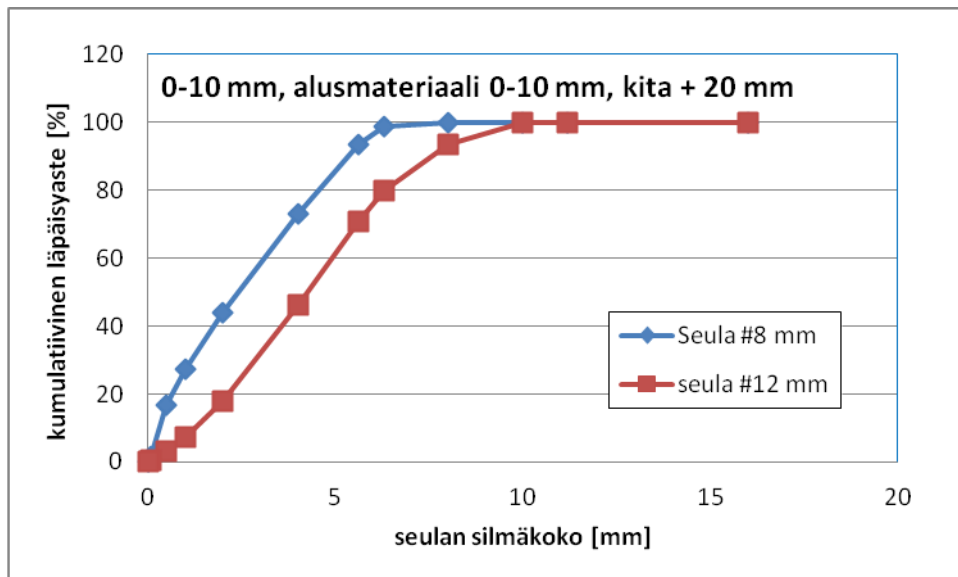
Kuva 18. Finessin (0 - 10 mm) raekokojakaumat eri alusmateriaaleja käytettäessä, seulaverkko #8 mm.

Kuvaaja yhdistelemällä saadaan tarkemmin näkyviin tulokset, jotka saavutettiin testeissä. Kun kitaväli on 20 mm suurempi, alle 10 mm fraktiokoko on hieman suurempi, mutta ei merkittävää eroa.



Kuva 19. 10 - 40 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0-10 mm ja kitaväli + 20 mm.

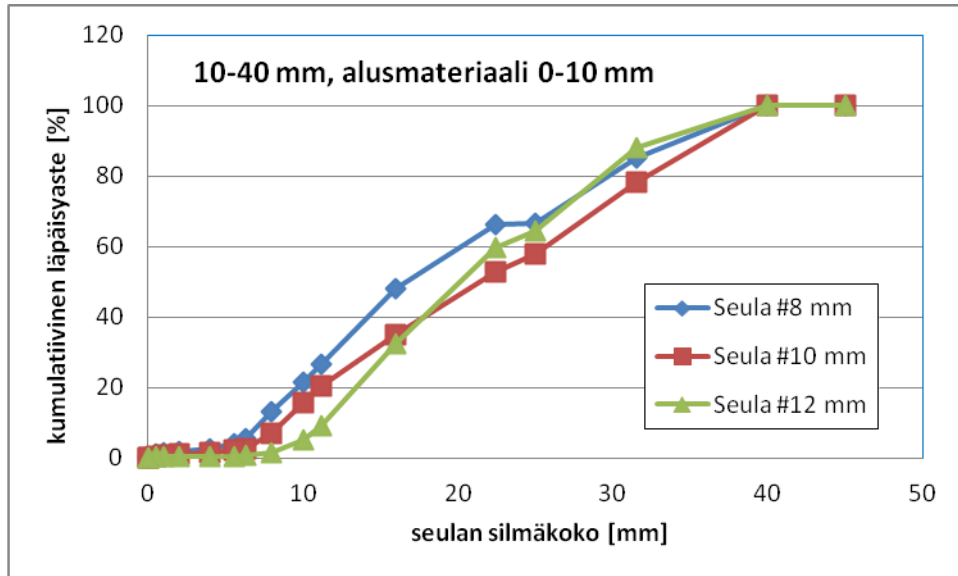
0-10 mm fraktion hienomman osan määrä kasvaa, kun kita on 20 mm suurempi ja seulaverkon silmäkoko on 8 mm.



Kuva 20. 0 - 10 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0 - 10 mm ja kitaväli + 20 mm.

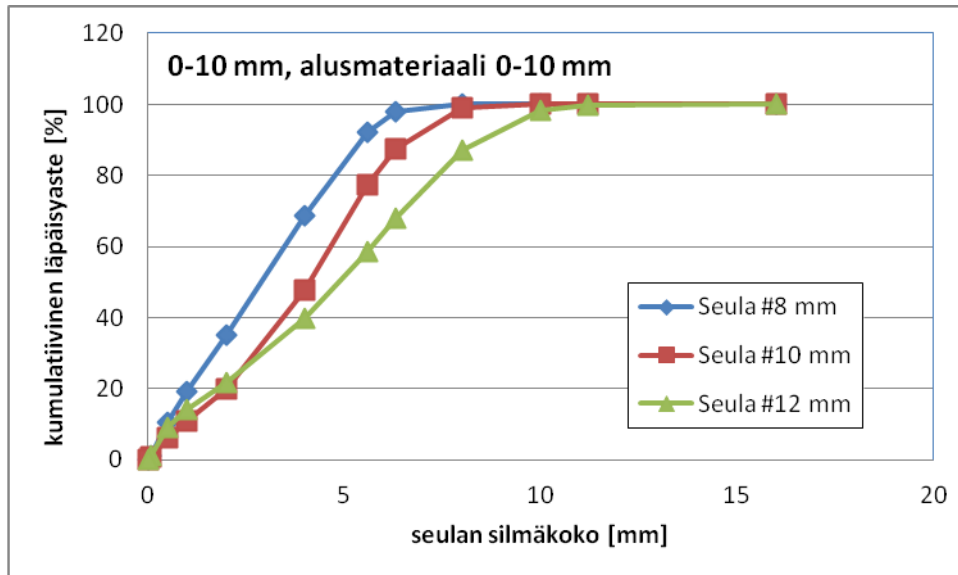
10 - 40 mm ferrokromia saadaan enemmän priimatavarana, kun seulaverkko on silmäkooltaan 10 mm. Tämä ei vielä aiheuta tukkeutumista, eikä tarvitse muuttaa tuotes-

pesifikaatiota. Käyttämällä 10 mm seulaverkko saadaan enemmän priimatavaraa myyntiin.



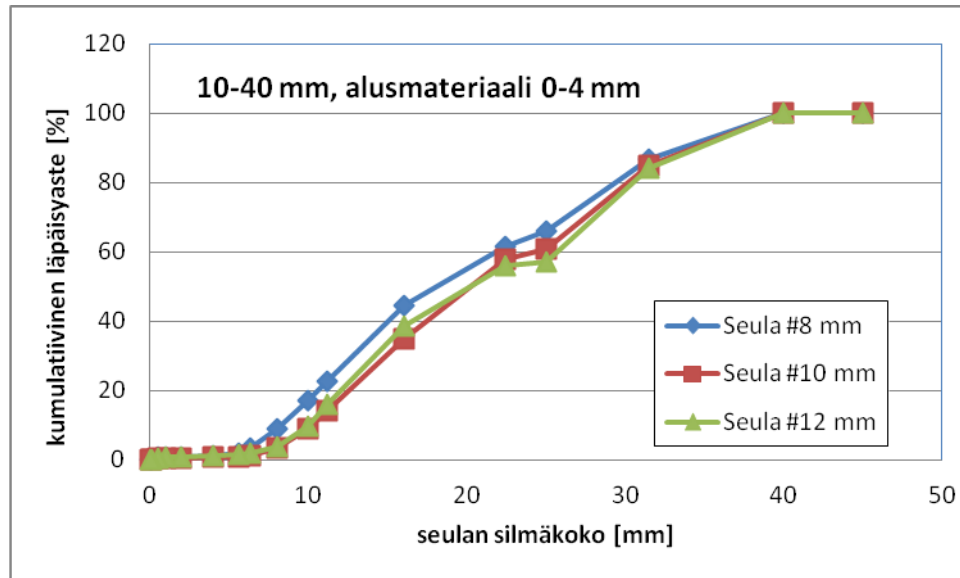
Kuva 21. 10 - 40 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0 - 10 mm.

0 - 10 mm fraktion osuus kasvaa, kun seulaverkko on 8 mm. Tämä johtuu siitä, että enemmän tuotetta menee priiman puolelle, joten käytännössä vain alle 6 mm läpäisee alimman verkon, etenkin syksyllä ja talvella.



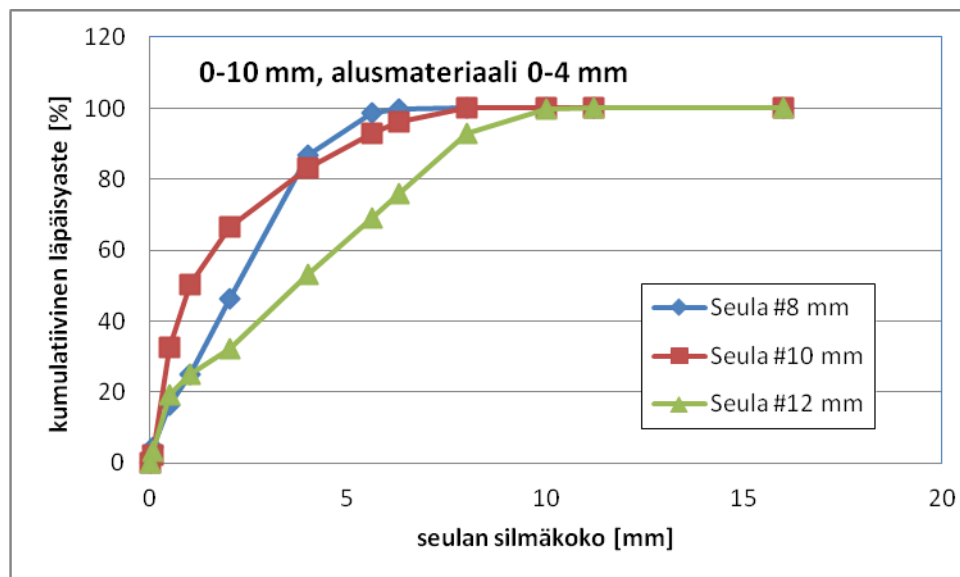
Kuva 22. 0 - 10 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0 - 10 mm.

Alusmateriaalin ollessa 0 - 4 mm ja tarkastellessa 10 - 40 mm ferrokromia, niin tulokset ovat tasaisia. Seulaverkoilla ei tässä tapauksessa ole suurta merkitystä, mutta hienojen osuus lopputuotteessa kasvaa Tapojärven palautteen ollessa valanteiden alla.



Kuva 23. 10 - 40 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0 - 4 mm.

0 - 10 fraktiota tarkkaillessa sen sijaan huomaa merkittäviä eroja, kun alusmateriaalina on 0 - 4 mm murske. Hienon materiaalin osuus on huomattavasti suurempi kuin 0 - 10 mm murskeen ollessa alla. Tämän takia on päätetty että 0 - 4 mm mursketta ei käytetä valanteiden alla.



Kuva 24. 0 - 10 mm fraktion raekokojakaumat eri seulaverkoilla, kun alusmateriaali on 0 - 4 mm.

4.2 Kuonapitoisuudet

Lasketut kuonapitoisuudet on annettu taulukoissa 1 – 4. Kuonapitoisuudet ovat melko tasaiset, kun 0-10 mm mursketta on käytetty alusmateriaalina. Kun taas 0-4 mm Tapojärven palaute on alla, kuonapitoisuus nousee hieman. Tämä johtuu siitä, että kuonaa ei saada täysin eroteltua rikastamon prosessissa, ja se tarttuu valanteiden pohjaan.

	10-40 mm		
	Seulaverkko		
Alusmurske	# 12 mm	# 10 mm	# 8 mm
0-10 mm	1,56 %	1,40 %	1,40 %
0-4 mm	1,80 %	1,27 %	1,70 %

Taulukko 1. Priimafraktion (10 – 40 mm) lasketut kuonapitoisuudet.

Kun kitaväli on 20 mm suurempi, kuonapitoisuuksissa ei ole merkittäviä muutoksia. silmäkooltaan 10 mm seulaverkoilta ei näissä tapauksessa ole tuloksia, kun ei pystytty säätämään leukoja enää isommalle kulumisen vuoksi.

	10-40 mm		
	Seulaverkko		
Alusmurske, kita + 20 mm	# 12 mm	# 10 mm	# 8 mm
0-10 mm	1,56 %		1,30 %

Taulukko 2. Priimafraktion (10 – 40 mm) lasketut kuonapitoisuudet, kun kitaväliä on kasvatettu +20mm.

Hienon fraktion kuonapitoisuudet (taulukot 3 ja 4) sen sijaan ovat huomattavasti suuremmat kuin priimafraktion. Suurin tekijä tässä tietysti on se, että hienossa materiaalissa kuonaa on enemmän, koska se hienontuu helpommin kuin ferrokromi. valanteiden pintaan jää aina hieman kuonaa, joka menee sitten murskausprosessin ja seulonnan läpi. Tässä nyt vaikuttaisi, että kuonan mekaaninen poisto ennen valua on ollut hieman heikompi kuin mihin pyritään. Hienon 0-4 mm murskeen ollessa valanteiden alla kuonapitoisuus on edelleen korkeampi, samasta syystä kuin aiemminkin, rikastamalla ei saada täysin eroteltua ferrokromia ja kuonaa toisistaan.

	0-10 mm		
	Seulaverkko		
Alusmurske	# 12 mm	# 10 mm	# 8 mm
0-10 mm	5,00 %	3,70 %	3,60 %
0-4 mm	5,40 %	5,30 %	12,70 %

Taulukko 3. Hienon fraktion (0 – 10 mm) lasketut kuonapitoisuudet.

	0-10 mm		
	Seulaverkko		
Alusmurske, kita + 20 mm	# 12 mm	# 10 mm	# 8 mm
0-10 mm	3,90 %		5,50 %

Taulukko 4. Hienon fraktion (10 – 40 mm) lasketut kuonapitoisuudet, kun kitaväliä on kasvatettu +20mm.

5 TULOSTEN ANALYSOINTI

Tulosten mukaan seulaverkkojen silmäkoolla ja alusmurskeen fraktiolla on merkitystä lopputuotteen raekokojakaumaan. Yleisesti voidaan todeta, että hieno 0 - 4 mm murske, joka tulee Tapojärven rikastamolta palautteena, nostaa hienon fraktion määrää lopputuotteessa ja samoin kuonapitoisuutta. Finesin eli hienon murskeen osalta oli silmin havaittavaa, että hienompaa materiaalia oli enemmän. Tämä johtuu siitä, että mitä hienempi materiaali on valanteiden alla, sitä helpommin se tarttuu kuumien valanteiden pohjaan ja kulkeutuu murskausprosessiin. Murskauksessa ja seulonnassa se kuitenkin irttoa ja menee alitelaariin seulan alitteena.

Perusasetuksena tuotekäsittelyssä on käytetty silmäkooltaan #12 mm seulaverkkoja, ja testien jälkeen saatiin laskettua murskattujen tonnien ja tuotetonnien suhteella, kuinka paljon milläkin verkolla saadaan prosentuaalisesti nostettua priimafraktion määrää. Näissä laskuissa selvisi se, että mitä pienempi silmäkoko verkossa on, sitä enemmän saadaan priimafraktiota. Kuitenkin suurin etu saatiin, kun paikallaan oli #10 mm seulaverkko. Tällöin hienon fraktion osuus kasvoi noin 5 prosenttiyksikköä (78% → 83%) #12 mm seulaverkkoon verrattuna. Myös #8 mm seulaverkko nosti tätä osuutta, mutta käytännön hyöty jäisi aika pieneksi, sillä tuotespesifikaatiota jouduttaisiin muuttamaan tässä tapauksessa ja tukkeutuminen olisi seulaverkoilla todennäköisempää.

Näytteistä analysoitiin myös kosteutta, joka oli melko tasaista, 0,1 %. Kuitenkin silloin, kun satoi vettä reilusti, niin kosteus kasvoi 0,5 - 0,7 %:iin. Tällaisissa tilanteissa hienoa materiaalia jäi kiinni 10 - 40 mm fraktioon ja irtosi sitten, kun se oli kuivattu ja seulottu testiseuloilla.

Kuonapitoisuuksista pitää todeta, että kuonan mekaanisella poistolla sulan pinnasta on suuri merkitys. Kun sitä jää valanteiden pintaan ja menee siitä murskausprosessin läpi, kuona hienonee helpommin ja menee suurimmaksi osaksi 0 - 10 alitteen sekaan. Toki myös osa kuonasta jää suuremmaksi menee priimafraktion sekaan, jolloin kuonapitoisuus nousee myytävässä tuotteessa. Asiakkaat ovat tästä erittäin tarkkoja ja tekevät helposti reklamaatioita.

6 POHDINTA

Testit onnistuivat kohtuullisen hyvin siihen nähden, että valanteita ei aina ollut tarpeeksi, jotta tuloksesta saataisiin edustava. Lisäksi näytteen valmistuksessa oli melkoisen kiirettä ja näytteitä valmistettiin ja seulottiin sillä aikataululla, mihin oli mahdollisuus. Tämä sama ongelma toistui myös laboratoriopalveluissa, kuonapitoisuuden määrittämisen merkeissä. Nämä ovat kuitenkin ylimääräisiä töitä heille, ja resursseja on melkoisen rajallisesti. Lisäksi testijakson toteutusta vaikeuttivat sateiset ilmat, koska tarkoituksena oli saada talteen mahdollisimman tasalaatuisia ja kuivia näytteitä.

Saatujen tulosten perusteella priimafraktion (10 - 40 mm) määrää saadaan kasvatettua 5 prosenttiyksikköä (78% → 83%), kun paikallaan on #10 mm seulaverkko #12 mm verkon sijasta. Pienemmällä #8 mm silmäkoon verkolla muutosta ei ole kuin 2 % enemmän ja tämä seulaverkkokokoko aiheuttaisi jo tuotespesifikaation uudelleen määrittämisen. Tästä johtuen, etenkin kuivalla kaudella kannattaa käyttää #10 mm verkkoa, koska silloin saadaan enemmän tuotetta myytäväksi. Kostealla kelillä saattaa muodostua ongelmaksi seulaverkon tukkeutuminen.

Tapojärven palautteen 0 - 4 mm ollessa valujen alla, kuonapitoisuus nousee ja samalla hienojen määrä kasvaa, kun se tarttuu osittain kuumien valujen pintaan valukentillä. Nyt ollaan tultu siihen tulokseen, että Tapojärven palautetta ei käytetä valujen alla, kuin ainoastaan hätätapauksissa. Valujen alla käytetään omaa 0 - 10 mursketta.

Kun ykkösmurskan kitaväliä suurennettiin noin 20 mm, hienon fraktion määrä kasvoi. Tämä johtui mahdollisesti siitä, että ykkösmurskalta menee yksitasoseulalle enemmän yli 80 mm palaa kuin normaalitilanteessa, ja siksi enemmän tavaraa menee vielä kakosmurskan läpi, joka taas murskaa palat pienemmiksi ja hienoa fraktiota syntyy väkisinkin lisää. Tehdyt testit antoivat selvän indikaation sille, että kitavälin suurennus ei vaikuta positiivisesti tulokseen.

Kuonapitoisuudet kasvoivat Tapojärven 0 - 4 mm murskeen ollessa alla, koska se on erotettu kuonasta ja sitä ei voida saada täysin kuonapuhdaksi. Palaute on niin hienoa pohjamateriaalia, että se kiinnittyy helpommin kuumien valujen pohjaan ja menee siitä sitten murskauksen kautta jälleen tuotteeksi. Tästä johtuu kuonapitoisuuden nousu 0 - 4 mm:n palautteen ollessa valujen alla. Myös valujen kuonapuhdanteen on kiinnitetty

enemmän huomiota. Senkkojen pinnat laapataan mahdollisimman puhtaiksi, koska sillä on merkittävä osuus lopputuotteen kuonapitoisuudessa.

LÄHTEET

Karvonen, Kimmo 2009. Kem 6507 Kuona %:n määrittäminen FeCr:sta, työohje, rev.1/30.12.2009.

Kurttio, Kari, Rikastustekniikan opettamisen kehittäminen, opinnäytetyö, Kemi: Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu, 2012

Ollila, Sami, Ferrokromin erotus palakuonasta, Opinnäytetyö, Kemi: Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu, 2001

Outokumpu Intranet 2012 [www-dokumentti]. Hakupäivä 22.7.2013

[http://myoutokumpu.com/files/Stainless/Locations/Finland/Tornio/Tornio%20Intranet/Documents/Yleisesite_suomi.pdf]

Outokumpu Intranet 2012 [www-dokumentti]. Hakupäivä 25.7.2013

[http://myoutokumpu.com/pages/Page____54758.aspx]

Outokumpu Intranet 2012 [www-dokumentti]. Hakupäivä 26.7.2013

[http://myoutokumpu.com/pages/Page____23219.aspx]

LIITTEET

LIITE 1 Seulonnan mittauspöytäkirjat

10-40 mm, #8 mm			
	0-4 mm	0-10 mm	0-10 mm, kita +20 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
45	100	100	100
40	100	100	100
31,5	86,68	85,2	78,85
25	65,9	66,66	53,37
22,4	61,44	66,41	50,06
16	44,6	48,08	25,45
11,2	22,56	26,77	11,41
10	17,04	21,39	8,41
8	9,03	13,07	3,89
6,3	3,57	5,47	1,31
5,6	2,16	3,96	0,76
4	1,24	2,55	0,41
2	0,94	1,84	0,23
1	0,83	1,51	0,23
0,5	0,73	1,29	0,21
0,063	0,29	0,37	0,08
0	0	0	0

Taulukko 1. 10 - 40 mm raekokojakauma seulaverkolla #8 mm.

10 - 40 mm, #10 mm		
	0-4 mm	0-10 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]	
45	100	100
40	100	100
31,5	85,06	78,38
25	60,74	58,06
22,4	57,89	52,85
16	34,91	34,97
11,2	14,2	20,35
10	9,11	15,93
8	3,4	7,06
6,3	1,26	2,84
5,6	1,04	2,19
4	0,76	1,54
2	0,58	1,07
1	0,49	0,84
0,5	0,43	0,66
0,063	0,17	0,15
0	0	0

Taulukko 2. 10 - 40 mm raekokojakauma seulaverkolla #10 mm.

10 - 40 mm, #12 mm			
	0-4 mm	0-10 mm	0-10 mm, kita +20 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
45	100	100	100
40	100	100	100
31,5	84,18	88,11	87,96
25	57,33	64,5	58,44
22,4	56,12	59,62	54,91
16	38,82	32,31	28,9
11,2	16,2	9,11	9,78
10	9,85	5,16	5,99
8	3,8	1,45	2,23
6,3	1,92	0,68	1,29
5,6	1,55	0,58	1,13
4	1,1	0,46	0,86
2	0,79	0,38	0,65
1	0,69	0,34	0,55
0,5	0,6	0,32	0,49
0,063	0,19	0,15	0,23
0	0	0	0

Taulukko 3. 10 - 40 mm raekokojakauma seulaverkolla #12 mm.

0-10 mm, #8 mm			
	0-4 mm	0-10 mm	0-10 mm, kita +20 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
16	100	100	100
11,2	100	100	100
10	100	100	100
8	100	100	100
6,3	99,84	97,87	98,57
5,6	98,87	92,32	93,26
4	86,79	68,68	72,99
2	46,33	35,21	43,98
1	24,97	19,33	27,29
0,5	16,33	10,76	16,7
0,063	4,3	1,12	1,79
0	0	0	0

Taulukko 4. 0 - 10 mm raekokojakauma seulaverkolla #8 mm.

0-10 mm, seulaverkko # 10 mm		
	0-4 mm	0-10 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]	
16	100	100
11,2	100	100
10	100	100
8	100	98,97
6,3	96,06	87,52
5,6	92,99	77,56
4	83,24	47,75
2	66,63	19,92
1	50,28	10,84
0,5	32,6	6,32
0,063	2,24	0,81
0	0	0

Taulukko 5. 0 - 10 mm raekokojakauma seulaverkolla #10 mm.

0-10 mm, seulaverkko #12 mm			
	0-4 mm	0-10 mm	0-10 mm, kita +20
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
16	100	100	100
11,2	100	99,78	99,79
10	99,79	98,42	99,79
8	92,85	87,22	93,54
6,3	76,12	67,83	79,71
5,6	69,04	58,46	70,9
4	53,11	39,83	46,07
2	32,13	21,91	17,79
1	25,14	14,05	7,36
0,5	19,09	9,31	3,14
0,063	3,4	1,16	0,49
0	0	0	0

Taulukko 6. 0 - 10 mm raekokojakauma seulaverkolla #12 mm.

10-40 mm, alusmat. 0-10 mm, kita +20 mm		
	Seula #8 mm	seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]	
45	100	100
40	100	100
31,5	78,85	87,96
25	53,37	58,44
22,4	50,06	54,91
16	25,45	28,9
11,2	11,41	9,78
10	8,41	5,99
8	3,89	2,23
6,3	1,31	1,29
5,6	0,76	1,13
4	0,41	0,86
2	0,23	0,65
1	0,23	0,55
0,5	0,21	0,49
0,063	0,08	0,23
0	0	0

Taulukko 7. 10 - 40 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 10 mm ja kitavälin 20 mm suurempi kuin normaalisti.

0-10 mm, alusmat. 0-10 mm, kita +20 mm		
	Seula #8 mm	seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]	
16	100	100
11,2	100	99,79
10	100	99,79
8	100	93,54
6,3	98,57	79,71
5,6	93,26	70,9
4	72,99	46,07
2	43,98	17,79
1	27,29	7,36
0,5	16,7	3,14
0,063	1,79	0,49
0	0	0

Taulukko 8. 0 - 10 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 10 mm ja kitavälin 20 mm suurempi kuin normaalisti.

10-40 mm, alusmateriaali 0-10 mm			
	Seula #8 mm	Seula #10 mm	Seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
45	100	100	100
40	100	100	100
31,5	85,2	78,38	88,11
25	66,66	58,06	64,5
22,4	66,41	52,85	59,62
16	48,08	34,97	32,31
11,2	26,77	20,35	9,11
10	21,39	15,93	5,16
8	13,07	7,06	1,45
6,3	5,47	2,84	0,68
5,6	3,96	2,19	0,58
4	2,55	1,54	0,46
2	1,84	1,07	0,38
1	1,51	0,84	0,34
0,5	1,29	0,66	0,32
0,063	0,37	0,15	0,15
0	0	0	0

Taulukko 9. 10 - 40 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 10 mm.

0-10 mm, alusmateriaali 0-10 mm			
	Seula #8 mm	Seula #10 mm	Seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
16	100	100	100
11,2	100	100	99,78
10	100	100	98,42
8	100	98,97	87,22
6,3	97,87	87,52	67,83
5,6	92,32	77,56	58,46
4	68,68	47,75	39,83
2	35,21	19,92	21,91
1	19,33	10,84	14,05
0,5	10,76	6,32	9,31
0,063	1,12	0,81	1,16
0	0	0	0

Taulukko 10. 0 - 10 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 10 mm.

10-40 mm, alusmateriaali 0-4 mm			
	Seula #8 mm	Seula #10 mm	Seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
45	100	100	100
40	100	100	100
31,5	86,68	85,06	84,18
25	65,9	60,74	57,33
22,4	61,44	57,89	56,12
16	44,6	34,91	38,82
11,2	22,56	14,2	16,2
10	17,04	9,11	9,85
8	9,03	3,4	3,8
6,3	3,57	1,26	1,92
5,6	2,16	1,04	1,55
4	1,24	0,76	1,1
2	0,94	0,58	0,79
1	0,83	0,49	0,69
0,5	0,73	0,43	0,6
0,063	0,29	0,17	0,19
0	0	0	0

Taulukko 11. 10 - 40 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 4 mm.

0-10 mm, alusmateriaali 0-4 mm			
	Seula #8 mm	Seula #10 mm	Seula #12 mm
seula [mm]	Kumulatiivinen läpäisyaste [%]		
16	100	100	100
11,2	100	100	100
10	100	100	99,79
8	100	100	92,85
6,3	99,84	96,06	76,12
5,6	98,87	92,99	69,04
4	86,79	83,24	53,11
2	46,33	66,63	32,13
1	24,97	50,28	25,14
0,5	16,33	32,6	19,09
0,063	4,3	2,24	3,4
0	0	0	0

Taulukko 12. 0 - 10 mm raekokojakauma alusmateriaalin ollessa 0 - 4 mm.