

Juha-Matti Virpi

**SENKASSA TAPAHTUVAN KUOHUMISEN ESTÄMINEN
INJEKTOINNIN AVULLA**

SENKASSA TAPAHTUVAN KUOHUMISEN ESTÄMINEN INJEKTOINNIN AVULLA

Juha-Matti Virpi
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Juha-Matti Virpi

Opinnäytetyön nimi: Senkassa tapahtuvan kuohumisen estäminen injektoinnin avulla

Työn ohjaajat: Kimmo Vallo, Pentti Huhtanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 31 + 3 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu injektointilaitteistoksi, jota tarvitaan senkassa tapahtuvan kuonan kuohumisen estämiseksi. Terästä sulatettaessa valokaariuunissa muodostetaan kuonaa, jolla on erilaisia tehtäviä sulatusprosessissa. Kuonan on tarkoitus kuohua hallitusti uunissa, mutta joskus syntyy hallitsemattomia kuohumisreaktioita siirtosenkassa. Hallitsematon kuohuminen senkassa voi aiheuttaa tunteja kestäviä tuotantokatkoksia, mutta vähintään hidastaa sulan teräspanoksen kaatamista siirtosenkkaan.

Aiemmin suoritettujen testien perusteella suola vaikuttaa sammuttavan kuohumisen. Työssä etsittiin sopiva laitteisto, jolla suolaa voidaan injektoida suoraan senkkaan kuohumisen ilmettyä. Testilaitteiston parametrit säädettiin sopivaksi, jotta suola virtasi mahdollisimman hyvin. Sopivien parametrien löydyttyä testilaitte asennettiin käyttöpaikalle. Lisäksi testilaitteelle asennettiin etäohjaus valokaariuunin valvomoon, minkä jälkeen suoritettiin käyttötestit injektoimalla suolaa kuohuvaan kuonaan.

Työn tuloksena saatiin testien kautta havainto, että suolan injektointi toimii kuonan kuohumisen estämiseen. Ainoastaan laitteiston puutteet vaikeuttivat testauksia. Tämän perusteella on kannattavaa jatkaa injektointilaitteen kehittämistä ja injektointitestejä.

Asiasanat: kuona, kuohuminen, senkka, valokaariuuni, suola

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical and Production Engineering

Author: Juha-Matti Virpi

Title of thesis: Prevention of Slag Foaming in Ladle with Injection

Supervisors: Kimmo Vallo, Pentti Huhtanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015 Pages: 31 + 3 appendices

The target of this thesis was to find a solution for an injection device, which is needed to prevent slag foaming in ladle. Within steel melting, slag is created because it has many different functions in the melting process. Slag foaming in an electric arc furnace is mostly desired contamination. It has many different functions, but sometimes unmanaged slag foaming in the ladle can cause various damages and stop the process.

The basement of the thesis was the previously managed tests. According to the results of those tests, salt is used to prevent the slag foaming. The main target of the thesis was to find a suitable device to inject salt to the ladle in case of foaming. The test device was tuned and installed in its location. For remote use, remote controls were assembled in the electric arc furnace control room. Usage tests were run in the foaming slag.

The tests verified that a salt injection can prevent foaming of the slag in the ladle. The biggest challenge during the tests was imperfection of the test device. Based on that, it is profitable to continue developing the device and injection tests.

Keywords: slag, foaming, electric arc furnace, salt

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 OUTOKUMPU OYJ	8
2.1 Outokumpu Tornio Works	8
2.2 Jaloterässulatto	8
3 VALOKAARIUUNI	12
4 KUONA	14
4.1 Kuonan koostumus	14
4.2 Kuonan muodostus	14
4.3 Kaadon aikainen kuohuminen	14
4.4 Emulgoituminen	16
4.5 Kuohumisen estäminen	16
4.6 Suolan käytön haitat	17
4.7 Suola	18
5 INJEKTOINTILAITTEISTO	19
5.1 Raepuhallus	19
5.2 Suuttimet	20
5.3 Testilaitteisto	20
5.3.1 Soodapuhalluslaite	20
5.3.2 Massaruisku	21
6 TESTIJAKSO	22
6.1 Alkutestit	22
6.2 Käyttökytkimet	24
6.3 Asennus käyttöpaikalle	24
6.4 Käyttötestit	25
7 ASENNUSSUUNNITELMA	28
8 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	31

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Merisuolan rakeisuus

Liite 3 Asennussuunnitelma

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Outokumpu Stainless Oy:n Tornion Jaloterässulaton valokaariuuni 2:lle (Liite 1). Jaloterässulattolalla valmistetaan ruostumattomia sekä haponkestäviä teräsaihoita kuumavalssausta varten. Ruostumattoman teräksen raaka-aineena käytetään kierrätysterästä, jonka sulatukseen käytetään valokaariuunia. Tuotantoprosessiin kuuluvat valokaariuunin lisäksi AOD-konvertteri, senkkakäsittely sekä jatkuvavalukone.

Valokaariuuniprosessissa synnytetään kuonaa jonka kuohuminen uunin sisällä on toivottavaa, sillä se parantaa muun muassa uunin energiatehokkuutta. Kuohumisreaktio on seurausta oksidien ja hiilen reaktion tapahtuvasta oksidien pelkistymisestä, josta syntyy reaktiotuotteena häkäkaasua. Valokaariuuni 2:n tyyppisessä yksiaukkoisessa uunissa on kuitenkin ongelmana kuonan kuohuminen kaatovaiheessa, mikä ainakin hidastaa kaatoa, mutta voi pahimmillaan aiheuttaa monta tuntia kestävä katkoksen tuotannossa. Terässulaton kehitysinöörin sekä uunin tutkijan toimesta tehdyissä testeissä on havaittu, että suolan lisääminen kuohuvaan kuonaan sammuttaa kuohun.

Opinnäytetyön aiheena on etsiä sopiva laitteisto, jolla suolaa voidaan injektoida kuohuvaan kuonaan. Laitetta etsittäessä tiedettiin käyttöympäristön olevan haastava, sillä valokaariuunin lähistöllä on korkea lämpötila ja paljon pölyä. Työn tarkoituksena oli myös testata laitteiston toimivuus ja tehdä laitteelle asennussuunnitelma. Työssä esitetään käyttötestien tulokset arvioineen ja mahdollisine toimenpiteineen.

2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu on ruostumattoman teräksen markkinajohtaja maailmassa 2,6 miljoonan tonnin kylmävalssauskapasiteetilla. Outokumpu valmistaa materiaaleja, jotka ovat tehokkaita, kestäviä ja kierrätettäviä. Outokumpu valmistaa ruostumatonta terästä tuotantolaitoksissaan Suomessa, Saksassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa, Kiinassa ja Meksikossa. (1.)

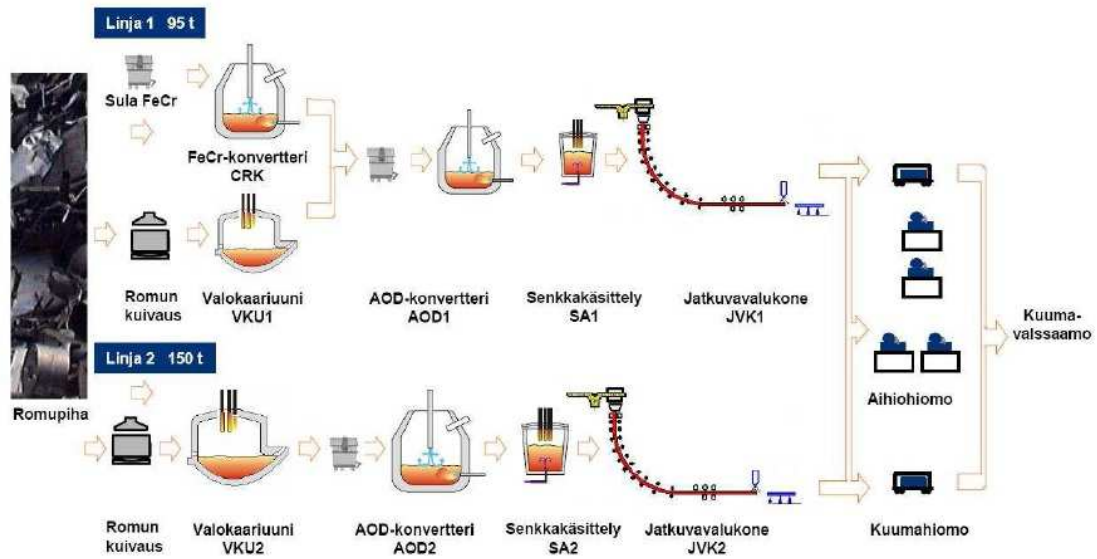
2.1 Outokumpu Tornio Works

Outokummun Tornion tehdas on yksi maailman integroiduimmista terästehtaista, sillä se käsittää toiminnot kromimalmin louhimisesta 30 kilometrin päässä Keminmaassa ruostumattomien teräslevyjen kylmävalssaukseen. Tornion tehdasalueella sijaitsevat kromisulatot, jaloterässulatto, kuumavalssaamo ja kaksi kylmävalssaamoja sekä niiden tukitoiminnot. (2.)

2.2 Jaloterässulatto

Jaloterässulatto käsittää kaksi erillistä teräksen sulatuslinjaa linja 1. ja linja 2., joiden kokonaiskapasiteetti on noin 1,7 miljoonaa tonnia vuodessa (kuva 1). Sulatolla teräs jalostetaan romusta aihioiksi. Linjojen prosessit koostuvat useista panosprosesseista (CRK, VKU, AOD, JVK). (Kuva 1.) Linjalla yksi panoksen koko on 95 tonnia ja linjalla kaksi 150 tonnia. Terässulaton tärkeimmät raaka-aineet ovat teräsromu, ferrokromi ja nikkeli. Lisäksi käytetään muita seosaineita ja poltettua kalkkia. (2.)

Terässlaiton tuotantokaavio



KUVA 1. Terässlaiton tuotantoprosessi (2)

Teräksen valmistus alkaa linjalla kaksi keräämällä kierrätettävää teräsromua romupihalta romukoriin, joilla valokaariuuni panostetaan (kuva 2). Romut lastataan koreihin siltanosturiin kiinnitetyn kahmarin avulla. Kori siirretään valokaariuunin lähistölle romujunalla. Täysi kori nostetaan siltanosturilla valokaariuunin päälle, ja avataan pohjasta jolloin romupanos tippuu valokaariuuniin.



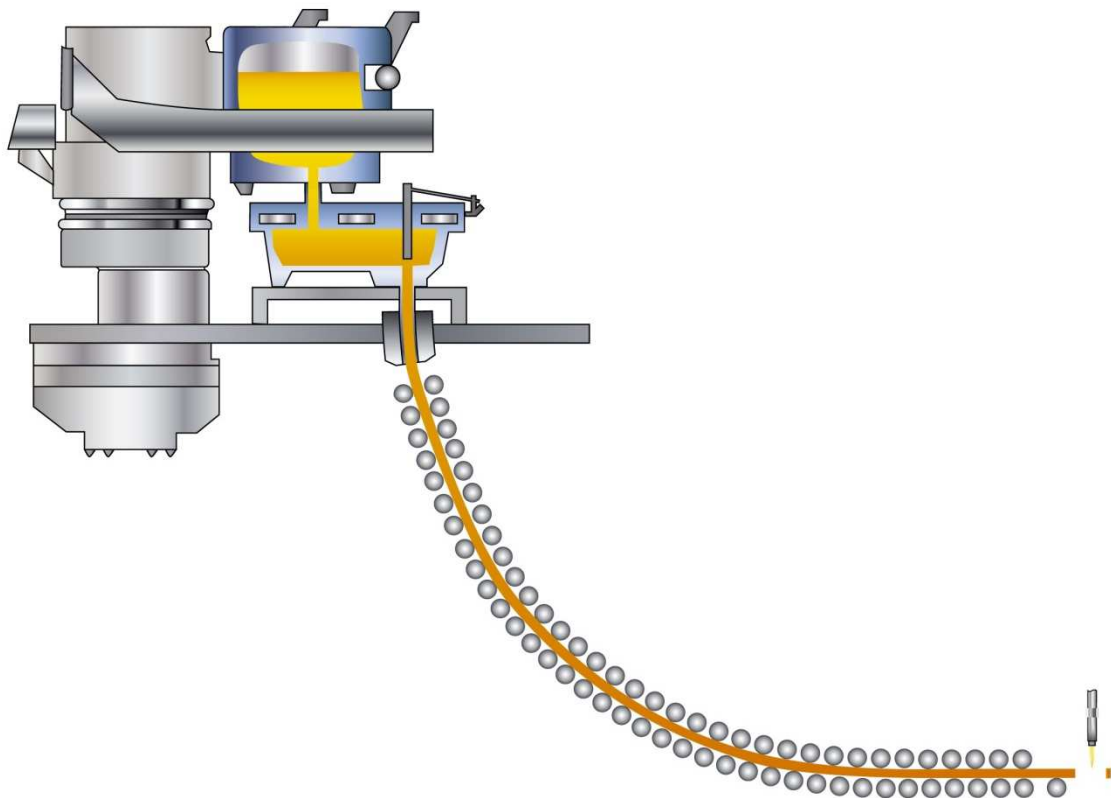
KUVA 2. Valokaariuunin panostus (3.)

Valokaariuuni sulattaa romupanoksen, josta se kaadetaan siirtosenkkaan joka on sulan teräksen kuljetukseen käytettävä tiilivuorattu astia. Senkkavaunu kuljettaa täyden senkan AOD-konvertterille (Argon-Oxygen-Decarburization) jossa senkasta laapataan kaikki kuona pinnalta pois. Kun laappaus on suoritettu, nostetaan senkka siltanosturilla ja sula teräs kaadetaan AOD-konvertteriin.

AOD-konvertterissa teräksestä poistetaan liika hiili hapen ja argonin avulla. Myös sulassa oleva rikki poistetaan. AOD-konvertterissa myös lisätään tarvittavia seosaineita halutun teräslaadun saamiseksi. Kun AOD-prosessi on valmis, sula kaadetaan valusenkkaan. (Kuva 1.)

Valusenkka kuljetetaan senkkavaunulla senkka-asemalle, jossa suoritetaan viimeiset seosainelisäykset ja säädetään sula haluttuun valulämpöön. Senkka-asemalla on käytössä senkkauuni, jolla sulaa voidaan tarvittaessa lämmittää. Seosaineet lisätään joko lanka- tai palasyöttönä. Valusenkan pohjassa on huuhtelukeilat, joista voidaan syöttää inerttejä kaasuja, kuten argonia. Argonin avulla sulaa huuhdellaan ja sekoitetaan jotta lämpötila olisi mahdollisimman tasainen koko panoksessa. Lisäksi voidaan käyttää huuhtelulansseja. (Kuva 1.)

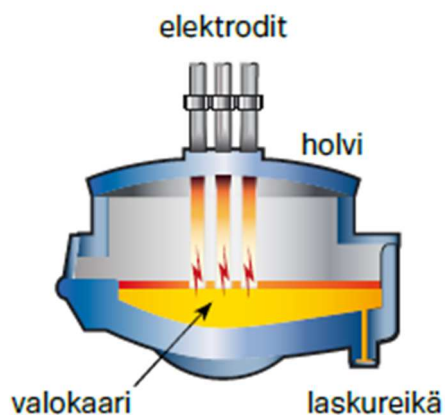
Kun sula on valmis, se nostetaan siltanosturilla jatkuvavalukoneelle (kuva 3). Jatkuvavalukoneella sula teräs johdetaan valusenkan pohjassa olevasta valureiästä välialtaaseen joka toimii eräänlaisena puskurivarastona. Välialtaasta sula johdetaan kokilliin jossa sula teräs alkaa jäähtymään. Kokillissa teräkseen muodostuu kuori. Teräsnauha kulkee valukaaren läpi koko ajan jähmettyen poltteleikkauskoneelle, jossa se leikataan sopivan mittaisiksi aihioiksi. Aihiot merkitään yksilöllisillä koodeilla jonka jälkeen ne ovat valmiita kuumavalssattaviksi. (Kuva 1.) (4, s. 4.)



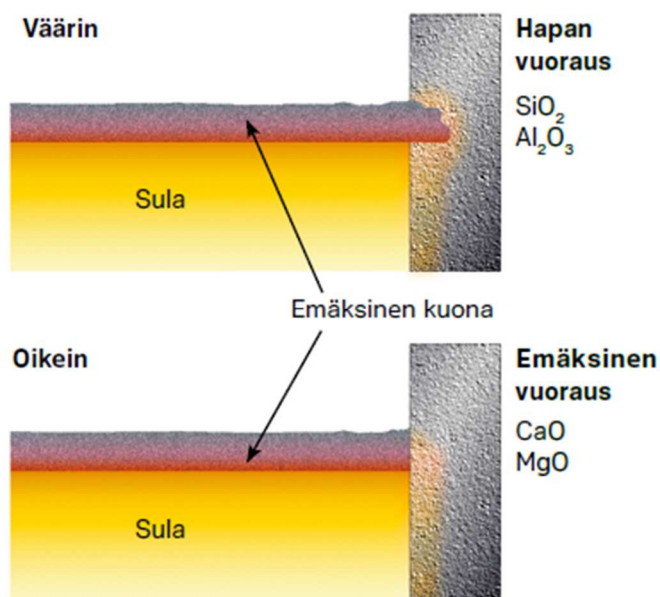
KUVA 3. Kaareva jatkuvavalukone (5, s. 48.)

3 VALOKAARIUUNI

Kierrätysteräksen sulatukseen tarvitaan lämpöenergiaa, joka on tuotava prosessiin ulkopuolelta. Nykyään kierrätysteräksen sulatusmenetelmänä käytetään valokaariuuniprosessia (kuva 4), jossa kierrätysteräs sulatetaan enimmäkseen sähköän aikaansaaman lämmön avulla. Valokaariuunissa on lieriömäinen, matala uunikammio, jossa on tavallisesti emäksinen tulenkestävä vuoraus. (Kuva 5.)



KUVA 4. Valokaariuunin kaavio (5, s. 37.)



KUVA 5. Uunin vuoraus (5, s. 92.)

Tavallisesti uunia voidaan kallistaa kahteen suuntaan, toinen suunta on kuonan vetoa ja laskua varten ja toinen teräksen laskua varten (5, s. 37). Valokaariuuni 2:n tapauksessa kallistus voidaan suorittaa vain yhteen suuntaan, sillä kuonan sekä teräksen lasku hoidetaan samasta kaatoaukosta ja kuonan poisto tapahtuu AOD-konvertterin laappauspaikalla.

Valokaariuunin katon eli holvin läpi työntyy kolme grafiittielektrodia. Elektrodeissa sähkövirta muuttuu lämpöenergiaksi valokaarissa, jotka muodostuvat elektrodien ja panoksen välille. Valokaarissa oleva korkea lämpötila 4000 - 6000°C vaikuttaa siihen, että lämpöenergia siirtyy nopeasti sulatettavaan teräs-panokseen. Sekä sähkövirta että valokaareissa syntyvä säteilyenergia kuumentavat panosta. Jotta valokaari olisi mahdollisimman tehokas, elektrodien kärkien ja panoksen välinen etäisyys on pidettävä jatkuvasti sopivana. (5, s. 37.) Tämä tapahtuu automaattisien säätävien armien eli elektrodien pitimien avulla.

Valokaariuuneja on sekä vaihto- että tasavirtakäyttöisiä (5, s. 37). Valokaariuuni 2 on Siemens VAI:n toimittama vaihtovirtauuni. Sen muuntajan suurin teho on 160 MW. Uunin tilavuus on 200 m³ ja panoksen koko on 140 tonnia. Nimelliskapasiteetti on noin miljoona tonnia terästä vuodessa. VKU 2 sisältää lisäksi pohjajahuhtelukeilat sekä kylkipolttimet, joilla uunin tehoa saadaan entisestään lisätyä ja sulatusaikaa lyhennettyä. (3.)

4 KUONA

Kuonalla on useita tehtäviä valokaariuunissa. Se toimii terästä suojaavana kerroksena sekä ottaa vastaan teräksen epäpuhtaudet, pääasiassa oksidit. Lisäksi kuona suojaa uunin vuorausta valokaaren lämpösäteilyltä ja pienentää teräksen lämpöhukkaa. Teräksen suojaamisessa on tärkeää, ettei atmosfäärin hapettava vaikutus ulotu teräkseen. Näin vältetään teräksen metallipitoisten komponenttien, etenkin kromin, tarpeettomalta hapettumiselta. (6, s. 31.)

4.1 Kuonan koostumus

Kuona koostuu pääosin kalsiumoksidista eli kalkista, piioksidista, alumiinioksidista, magnesiumoksidista ja kromioksidista. Sulatuksen loppuvaiheessa kuona koostuu pääasiassa sulista oksideista, mutta se sisältää myös metallipisaroita ja kiinteitä magnesiakromiittispinelleja. Kuonan kalkki on peräisin prosessiin lisäystä kalkista ja magnesiumoksidi taas liukenee vuorauksesta ja tiilimurskeesta. Kuonan emäksisyys määritetään happamien ja emäksisten komponenttien suhteena. Liian hapan kuona tuhoaa vuorausta ja toisaalta liian emäksinen kuona heikentää kuonan juoksevuutta, jolloin suojausvaikutus heikkenee. (6, s. 34.)

4.2 Kuonan muodostus

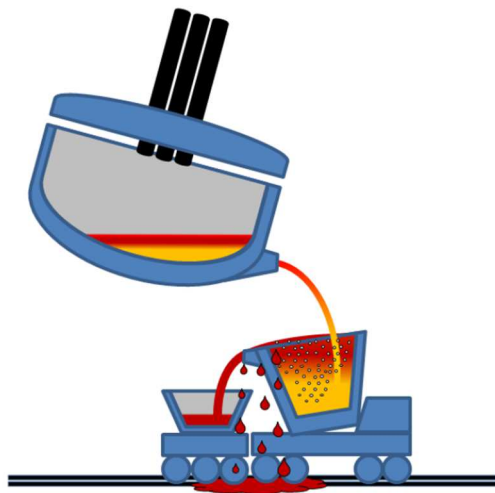
Valokaariuuniprosessin kuonanmuodostus perustuu panosmateriaalien sisältämän piin ja kuonanmuodostajiksi panostettavien emäksisten komponenttien suhteen hallintaan. Prosessissa käytettävät kuonanmuodostajat ovat pääasiassa poltettu kalkki, vuoraustiilimurske ja dolomiittikalkki. Uunin vuoraus on emäksinen, jotta emäksinen kuona ei tuhoaisi sitä (kuva 5). Vuoraustiilimurskeen ja dolomiittikalkin käyttö parantaa kuonan juoksevuutta. Juoksevuuden parantuminen perustuu siihen, että tiilimurskeen ja dolomiittikalkin sisältämä magnesium toimii fluspaattina alentaen sulamispistettä. (6, s. 35.)

4.3 Kaadon aikainen kuohuminen

Valokaariuunissa kuonan kuohuminen on toivottavaa sulatuksen aikana, sillä kuohuva kuona parantaa uunin energiatehokkuutta (7, s. 21). Energiatehokkuus

paranee paremman energiansiirron seurauksena. Kun elektrodit hautautuvat paksuun kuonapatjaan on mahdollista nostaa uuniin syötettäviä sähkötehoja ilman että niiden kulutus nousee. Voimakkaan sulatustehon aiheuttamat vahingot valokaaren heijastuksesta pienenevät, koska kuonapatja absorboi energiaa itseensä ja siirtää energian muualle sulaan. Korkeampi tehonsyöttö mahdollistaa toimimisen pidemmällä valokaarella, joka näin virran pienentyessä suojaa elektrodeja. Lämmönjohtuminen elektrodeista sulaan tehostuu, jolloin sähköinen saanti vastaavasti paranee. (8, s. 18.)

Lisäksi kuohuva kuona vähentää metallihäviötä kuonaan. Erityisesti kromioksidit, mutta myös rauta- ja mangaanioksidit pelkistyvät kuonasta takaisin teräkseen. Pelkistymisen edellytyksenä on, että kuona sisältää runsaasti hiiltä. (6, s. 32.) VKU2:lla ongelmaksi on muodostunut kaadon aikana tapahtuva kuonan tilavuuden äkillinen kasvu, joka on seurausta kuonan kuohumisilmiöstä (kuva 6) (7, s. 21).

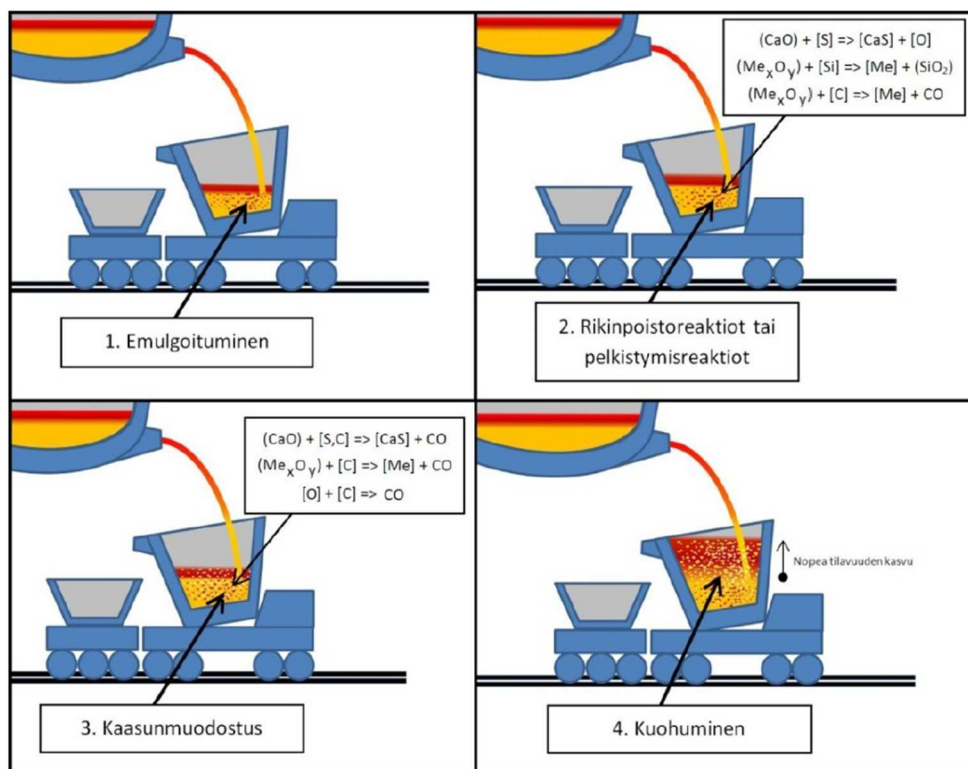


KUVA 6. Kuonan ylikuohuminen kaadon aikana (7, s. 49.)

Kuona kuohuu, mikäli sen läpi virtaa riittävällä virtauksella kaasua ja kuona kykenee pidättämään kaasukuplia muodostamalla kuona-kaasuvaahtoa. Kaasua muodostuu tavallisesti kuonan reagoidessa sulan metallin kanssa, jolloin metallisulan hiili pelkistää kuonan metallioksideja synnyttäen reaktiotuotteena hiilimonoksidia. Vaahtoa muodostuu, mikäli kuplat eivät ehdi hajota ennen uusien kuplien nousemista kuonan pinnalle. (7, s. 21.)

4.4 Emulgoituminen

Kaadon aikana metallisula ja oksidit sekoittuvat ja emulgoituvat keskenään, jolloin oksidien ja metallin välinen reaktiopinta-ala kasvaa huomattavasti. Pinta-alan kasvu voi nopeuttaa haitallista kaasunmuodostusta, jolloin kuohunta senkassa pahenee (kuva 7). Emulgoituminen voi lisääntyä metallisulasta kuonaan siirtyvien kaasukuplien nostaessa metallisulaa kuonaan tai silloin, kun kuplia peittävä nestekalvo emulgoituu kuonaan kuplien puhjetessa. (7, s. 24.)



KUVA 7. Kuohumisen kehittyminen kaadossa (7, s. 49)

4.5 Kuohumisen estäminen

Syksyllä 2014 VKU2:lla kokeiltiin maailmalta saadun vihjeen mukaan suolan käyttöä kuohumisen estämiseksi. Kokeet päätettiin suorittaa merisuolalla, jota pystyttiin hankimaan helposti suuria määriä kerralla. Suola oli pakattu 25 kg:n muovisäkkeihin, joita oli helppo annostella senkkaan tarpeen mukaan, minkä lisäksi ne ovat riittävän raskaita läpäistäkseen kuonapatjan. Kaatoon heitettiin suolasäkkejä 1–4 kpl eli 25–100 kg:aa suolaa kuohumisen ilmettyä. Kokeiden

aikana syöttöön ei käytetty minkäänlaista laitetta, vaan säkit heitettiin käsin. (3, s. 1.)

Suola vaikuttaa sammuttavan kuonan kuohumisen. Suolaa käytetään metallipalojen sammutukseen käsisammuttimilla. D-luokan sammuttimet sisältävät suolaa ja muovirakeita. Suola muodostaa yhdessä muovirakeen kanssa palavan kappaleen päälle kerroksen, joka estää hapen pääsyn paloon ja toimii samalla lämpöloukkuna. Suolan ominaislämpökapasiteetti on suuri, mikä tarkoittaa, että sen lämmittämiseen yhdellä asteella vaaditaan paljon energiaa. (9.) Osa sulatuksista jouduttiin käyttämään useita säkkejä, kun taas osassa pärjättiin yhdellä säkillisellä. Kaikissa kokeiluissa tapauksissa kuohuminen kuitenkin loppui riittävän suolamäärän lisäämisen jälkeen. Kuohumisen riittävän aikaisella sammuttamisella pystytään myös estämään vaunujen laitevauriot, joita ylikuohumistapauksissa aiheutuu. (10, s. 1.) Suola todennäköisesti höyrystyessään pitää kuonapatjaan syntyneen aukon auki ja näin kuohuminen sammuu kaasujen päästessä vapautumaan (11, 12).

4.6 Suolan käytön haitat

Suolan lisääminen senkkaan aiheuttaa sankkaa vaaleaa savua, joka peittää näkyvyyttä sekä VKU2:n kaadossa, että ajoittain myös senkan laappauksen yhteydessä. Merisuolan ja sulan kuonan sekoittuessa tapahtuvia reaktioita tarkasteltiin HSC-ohjelmalla, jotta saataisiin selville, mitä suolalle tapahtuu ko. tilanteessa ja mitä yhdisteitä tällöin muodostuu. (10, s. 2.)

Tarkastelu osoitti, että suurin osa suolasta sulaa, hajoaa ja höyrystyy sekä härmistyy takaisin suolaksi. Todennäköisesti muodostuva savu koostuu pääosin suolasta ja normaalista kaadon aikana muodostuvasta pölystä. Tarkastelussa ei havaittu merkittäviä määriä haitallisia yhdisteitä. Samalla havaittiin, ettei suola muuta kuonan kemiallista koostumusta merkittävästi. Savunmuodostusongelma voitaisiin poistaa puhaltimella, joka puhaltaa näkyvyyttä haittaavan savun pois senkan yläpuolelta. (10, s. 2.)

4.7 Suola

Suolana on käytetty merisuolaa (NaCl), joka nimensä mukaan valmistetaan suolaisesta vedestä haihduttamalla. Merisuolalle on kuitenkin ominaista se, että se sisältää kidevettä, eli se on kosteaa. Lisäksi merisuola imee atmosfääristä kosteutta itseensä. Merisuolan ongelma on paakkuuntuminen joka voi aiheuttaa sen, että sitä ei saada siilosta valumaan injektointilaitteelle. (12.)

Ongelmaan yksi vaihtoehtoinen ratkaisu on vuorisuola, joka on luonnossa esiintyvää suolaa (NaCl), mutta se sisältää 99,5 % kuiva-aineita, joten se ei paakkuunnu niin helposti (12). Lisäksi on oletettavaa, että koska merisuola sisältää paljon kosteutta, se on osasy sengkassa tapahtuvaan suureen savun ja höyryn muodostukseen.

5 INJEKTOINTILAITTEISTO

Injektointilaitteiston etsiminen aloitettiin tutkimalla erilaisia kaupallisia ratkaisuja sooda- ja raepuhalluslaitteistoista. Koska käyttöympäristö ja -tarkoitus tuovat erilaisia haasteita, ei suoraan valmista ratkaisua ollut olemassa. Alkuvaiheen selvitystyö koskikin lähinnä eri vaihtoehtojen kartoitusta ja sopivan valmistajan löytämistä.

Haasteita tässä vaiheessa loi esimerkiksi yritysten keskittyminen ydinosaamiseen ja sitä kautta haluttomuuteen alkaa kehittää uutta. Injektointia päätettiin testata vuokraamalla sopiva käsikäyttöinen laite ja tekemällä sillä testijakso. Sopivaa vuokralaitetta etsittäessä havaittiin kuitenkin sooda- ja raepuhalluslaitteistojen puhallettavan materiaalin raekoon rajoitukset. Nordblastilta saadun tiedon mukaan suurin raekoko on 700 mikrometriä. Karkean merisuolan raekoko mitattiin Outokummun analyysilaboratoriossa sen ollen 2 - 5,6 mm (liite 2).

Prosessityöntekijöitä haastatteleamalla sopiva laite löytyi jo sulatolta, sillä senkka-asemalla ennen käytössä ollut massaruisku oli tarpeeton ja kaikin puolin sopiva suolan injektointiin. Sen letkukoko on 2" ja siinä on erillinen siilo ja painesäiliö. Käyttöpaine on 6 bar. Massaruiskutuksessa käytetty massa sisältää erikokoisia rakeita, joten myös karkean suolan ruiskutus on mahdollista.

5.1 Raepuhallus

Raepuhallus on mekaaninen pintakäsittelymenetelmä, jota käytetään yleisesti konepajateollisuudessa ja maalamoissa pintojen puhdistukseen. Raepuhalluksen periaatteena on paineilman voimalla puhaltaa rakeita suurella nopeudella käsiteltävälle pinnalle. Puhallusaineen ja ilman seos johdetaan raepuhaltimesta kumiletkua pitkin työkohteeseen, jossa se vapaana suihkuna sinkoutuu suuttimen läpi puhdistettavaa kappaletta vasten. (13, s. 1.)

5.2 Suuttimet

Suuttimet voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: sylinterimäinen suutin, jossa on kapeneva sisääntuloaukko, ja sylinterimäinen suutin, jossa on kape-neva sisääntulo ja aukeneva ulostulo. Jälkimmäisiä kutsutaan myös venturisuut-timiksi. Nykyisin suihkupuhalluksessa käytetään useita erilaisia versioita molem-mista suutintyypeistä, joiden nimellishalkaisijat, kurkkuosoiden sijainnit ja pituus vaihtelevat paljonkin käyttötarkoituksen ja puhallusmateriaalin mukaan. (14, s. 12.)

5.3 Testilaitteisto

5.3.1 Soodapuhalluslaite

Testilaitteeksi kartoitettiin aluksi Nordblast Oy:ltä Nordblast NB 28-1 Professi-onal -soodapuhalluslaitetta. Se on valmistettu Suomessa laadukkaista ammatti-käyttöön tarkoitetuista komponenteista ja sen suunnittelussa on kiinnitetty eri-tyistä huomiota käyttömukavuuteen. (15.)

Tekniset tiedot ovat seuraavat:

- säiliön koko 28 litraa
 - paino 70 kg
 - kompressoritarve: minimi 5 m³/min, suositus 5-10 m³/min
 - käyttöpaine 1 - 7 bar
 - letkujen pituudet: Tuloilmanletku 10 m, puhallusletku 15 m
- (15).



KUVA 8. Nordblast NB 28-1 Professional -soodapuhalluslaite (15.)

Nordblast Oy:ltä pyydettiin tarjous ensin puhelimitse hinta-arvion saamiseksi ja sitten kirjallinen tarjous sähköpostitse. Vuokrahinnaksi ilmoitettiin X €/vrk alv 0%. Lisäksi rahtikustannuksiksi ilmoitettiin X €/ suunta.

Kuitenkin vasta juuri ennen tilausta ilmeni, ettei soodapuhalluslaite kykene ruiskuttamaan yli 0,7 mm raekoko. Tällainen raekoko on liian pieni massaltaan jotta se voisi läpäistä kuonakerroksen vaaditulta etäisyydeltä. Soodapuhalluslaitetta ei vuokrattu, kun löydettiin parempi ratkaisu tehtaan sisältä.

5.3.2 Massaruisku

Massaruisku on Finnconatorin valmistama laite, tyypiltään UMR 800A , jonka säiliön koko on 2 m³ ja materiaalin syöttö on 0,5–6 m³ tunnissa. Massaruiskun letkuliitäntä on kooltaan 2” eli 50 mm ja se on varustettu laippaliittimellä. Massaruisku koostuu materiaalisiilosta ja painesäiliöstä, sekä erilaisista venttiileistä ja niiden ohjausjärjestelmistä. Ruiskun käyttöpaineet ovat 1 - 9 bar saattoilmalle ja painesäiliölle 1 - 9bar. Suosituspaine säiliölle on 6 bar. Lisäksi massaruiskussa on sähköliitäntä, joka on tyypiltään 3-vaihe.

6 TESTIJAKSO

Testijakso aloitettiin käymällä muutamia päiviä helmikuun 2015 aikana seuraamassa VKU2:n prosessia. Siinä pyrittiin erityisesti havainnoimaan kuonan kuohumista ja siihen liittyviä toimenpiteitä. Lisäksi suoritettiin suullista kyselyä eri vuoroissa työskenteleville sulattajille, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä kokonaiskuva valokaariuuniprosessista ja kuonan kuohumisesta sekä siihen mahdollisesti johtavista syistä. Helmikuun lopussa asennettiin korkeapainelinjaan paineenalennusventtiili, jotta saataisiin testilaitteiston vaatima 7 bar:n paine. Korkeapainelinja normaali paine on 22 bar. Tehtaan instrumentti-ilmaverkossa paine on 6 bar. Käytössä olisi ollut myös esimerkiksi 30 bar:n tyypilinja ja argonlinja, mutta paineilman käyttöön päädyttiin sen helpon saatavuuden vuoksi.

Sopivaa injektointilaitetta etsittäessä ongelmaksi muodostunut suolan raekoon rajoittava tekijä laitteen suhteen saatiin ratkaistua käyttämällä raepuhalluslaitteen sijaan massaruiskua. Massaruisku siirrettiin VKU 2:n läheisyyteen maaliskuun 2015 alussa. Toimivuus testattiin tekemällä koepuhalluksia merisuolalla ja hakemalla sopivia säätöjä.

6.1 Alkutestit

Testijakson aluksi massaruiskun toimintaa testattiin syöttämällä sinne merisuolaa 25 kg:n säkeissä ja etsimällä sopivia säiliön- ja saattoilman paineita kunnossapitohenkilön kanssa. Sopivat paineet olivat noin 2 bar säiliölle ja 2 bar saattoilmalle, jolloin suola virtasi hyvin ulos letkusta. Pieniä ongelmia tuottivat vanhat letkut ja suuttimet jotka olivat tukossa massasta. Puhdistamalla tukokset saatiin suola kuitenkin ruiskutettua. Alussa kokeiltu pitkä, noin kolme metriä pitkä suutin jouduttiin hylkäämään, kun osoittautui, että siinä olevan mutkan vuoksi suola ei päässyt virtaamaan ulos. Ongelma ratkesi käyttämällä lyhyttä, noin puoli metriä pitkää suutinta.

Eräässä kokeilussa siiloon syötettiin noin 500 kg:aa merisuolaa ja siitä säiliöön ajettiin noin 140 kg. Ruiskutusta testattiin metalliseen astiaan yhden henkilön toimesta. Tällöin osoittautui, että suutin on syytä kiinnittää tukevasti johonkin,

koska merisuolan virtauksen voimakkuudessa oli vaihteluita, jotka aiheuttivat voimakkaita heilahduksia letkussa.

Paremmat koejärjestelyt tehtiin siirtämällä massaruisku AOD-konvertterin valvomon läheisyyteen ja sijoittamalla sopiva koeruiskutusastia valvomon seinän viereen. Valvomon katolta on sopiva etäisyys verraten tulevaan käyttöpaikkaan, joten massaruiskuun tehtiin pidempi letku ja testejä suoritettiin ruiskuttamalla suola koeastiaan valvomon katolta. Tämä auttoi näkemään paremmin virtaavan suihkun muotoa ja tehokkuutta pidemmillä etäisyyksillä.

Massaruiskussa oli valmiiksi lyhyt, noin 3 metriä pitkä letku, jolla ensimmäiset testit suoritettiin. Heti aluksi oli selvää, että se täytyy vaihtaa pidempään. Sopivaa letkua löytyi valmiiksi senkka-asemalta, mutta siihen täytyi teettää liittimet massaruiskua ja suutinta varten. Letkun teettäminen vaati kunnossapitotilauksen, sillä liittimiin piti hitsata kaulus, jotta ne saatiin kiinnitettyä kumiletkuun. Tämä hidasti osaltaan koejakson alkua. Uuden letkun pituus on noin 20 metriä.

Aluksi massaruisku tyhjennettiin sinne laitetusta merisuolasta ruiskuttamalla mahdollisimman pitkään yhtäjaksoisesti. Tämä osoittautui ongelmaksi, sillä merisuolan paakkuunnuttua painesäiliön seinämille, se ei virrannut kunnolla ulos, vaan paineet pääsivät vapautumaan säiliöstä. Ongelma ratkaistiin koputtelemalla säiliön seiniä suolan irti saamiseksi. Käyttöhenkilöstöltä tulleen tiedon mukaan myös painesäiliössä olevan aineksen määrällä on merkitystä ruiskun toimintaan. Hyväksi minimimääräksi oli kokeellisesti saatu noin 200 kg. Tällöin paine pysyy säiliössä ja ruiskutettava aine virtaa tasaisesti ja pitkään.

Kun massaruisku oli saatu tyhjennettyä merisuolasta, siiloon laitettiin 1000 kg:aa vuorisuolaa. Vuorisuolaa ajettiin painesäiliöön 500 kg:aa, jonka jälkeen sillä tehtiin koeruiskutus. Vuorisuola virtasi paljon paremmin kuin merisuola. Merisuola paakkuuntui, joten se tuli ulos sykäyksinä. Vuorisuola virtasi ulos tasaisesti, mikä on tärkeää, jotta voidaan injektoida vain juuri oikea määrä suolaa kuohuvaan kuonaan. Lisäksi kuohun sammuttamisen kannalta jatkuva virtaus on välttämätön. Käyttöpaineisiin tehtiin myös muutoksia ja nostettiin säiliön paine 2,5 baariin ja saattopaine 5 baariin.

6.2 Käyttökytkimet

Kun massaruisku oli saatu testattua ja säädettyä, tilattiin kunnossapidolta VKU 2:n valvomoon käyttökytkimet testejä varten. Suurin syy tähän olivat turvallisuusustekijät. Lisäksi haluttiin, että uunin operaattori käyttää laitetta, sillä hänellä on paras näkemys siitä, milloin kuonan kuohuminen vaatii toimenpiteitä.

Massaruiskussa on kolme käyttökytkintä, jotka ovat täyttö, paineistus ja ruiskutus. Lisäksi siinä on erillinen vipu yläsiilon fluidisoinnille ja näyttöpaneeli painesäiliön vaa'alle. Kaikki edellä mainitut paitsi fluidisointi olisi haluttu etäkäytettäväksi valvomosta, mutta ongelmaksi muodostui sen vaatima suuri työmäärä.

Lopulta päädyttiin asentamaan vain ruiskutukselle käyttökytkin valvomoon. Injektoinnille oli tarkoitus asentaa jalkapedaali, jotta operaattorilla olisi kädet vapaana muuhun työhön, mutta sellaista ei ollut saatavilla. Väliaikaiseksi ratkaisuksi kaadon hallintalaitteiden välittömään läheisyyteen asennettiin painonappi.

6.3 Asennus käyttöpaikalle

Huhtikuussa massaruisku siirrettiin valokaariuunin muuntajan vieressä sijaitsevaan tilaan ja letku suuttimiseen asennettiin paikalleen. Valokaariuunin kaatoaukon vieressä sijaitsevalla tasolla oli kaiteessa valmiiksi kiinnityspisteitä putkia varten, joita hyväksi käyttäen saatiin suutin kiinnitettyä ja suunnattua. Massaruiskun siirtoa paikalleen hidasti se, että työ voitiin suorittaa vain seisakin aikana, sillä tuotannon aikana valokaariuunin ollessa käynnissä uunihalliin meno on kielletty. Aluksi suutin asennettiin kaiteen yläreunassa olevaan kiinnityspisteeseen ja kumiletku suojattiin palosuojakankaalla. Tässä paikassa päästiin tekemään muutamia testiruiskutuksia.

Kun ruiskua seuraavan kerran testattiin sen oltua käyttämättä viikonlopun yli, tuli ongelmia suolan virtaamisessa. Letku vaikutti olevan tukossa. Ongelmaa lähdettiin ratkomaan tutkimalla koko letku läpi. Massaruiskun päässä letku vaikuttikin painaessa kovalta koko matkan miltei suuttimelle asti. Koska suutinputki oli asennettu kaiteen yläreunaan, letku kulki vapaasti ilmassa tehden suuren lenkin ennen kuin se tukeutui työtasoon. Tämä ei vaikuttanut ongelmalta asennettaessa sillä letku oli hyvin jäykkää, sillä sen seinämäpaksuus oli suuri, noin

12,5 mm. Kuitenkin lämpösäteilyn vaikutuksesta kumi oli pehmentynyt ja letkuun oli tullut jyrkkä mutka sen vapaana roikkuvaan osaan. Kun letkua nostettiin, pääsi paine vapautumaan ja letkussa ollut suola virtasi ulos. Ongelma ratkaistiin siirtämällä suutinputki tason alareunassa sijaitsevaan kiinnityspisteeseen, jolloin letkuun ei muodostunut suurta vapaasti roikkuvaa mutkaa.

6.4 Käyttötестit

Kun ruisku oli saatu toimimaan ja suola virtaamaan, aloitettiin käyttötестit. Testit toteutettiin siten, että kuohumisen ilmettyä siihen pyrittiin ensisijaisesti injektoidaan suolaa yleensä käytetyn veden sijaan. Kuitenkin, yksi suurimmista ongelmista oli se, että ruiskituksen aloituksen ja napin painalluksen välinen aika on liian pitkä. Massaruiskun ohjauslogiikka ohjaa sen toimintaa siten, että kun ruiskutus aloitetaan, logiikka avaa ensin letkuun saattopaineen ja vasta sitten painesäiliön pohjaventtiilin. Tästä johtui, että viive aloituskäskystä suolan injektointin aloitukseen oli jopa 15 - 30 sekuntia. Usein kuohuminen tapahtuu niin nopeasti, että tällaisella viiveellä kuona ehtii valua senkan reunojen yli.

Toinen ongelma oli se, että ruiskun ohjauslogiikka vaatii paineistuksen aloittamisen jokaisen injektointin jälkeen vaikka painetta olisikin säiliössä jäljellä. Koska paineistuskyskyntä ei saatu siirrettyä valvomoon testivaiheeseen, se piti suorittaa aina ruiskun kyljessä olevasta paineistuskyskyntästä. Tämä oli ongelma, jos injektointin päätyttyä kuona alkoi kuohua uudestaan.

Testejä suoritettiin huhtikuun 2015 aikana. Testi-injektointeja ehdittiin tehdä kymmenen. Kahta poikkeusta lukuun ottamatta suolan injektointi vaikutti samuttavan kuonan kuohumisen. Suolaa injektointiin joko kaatosuihkun aikana, kun kuona alkoi kuohua tai, kun uuni oli jo käännetty siten, että sulaa ei virrannut kaatoaukosta. Testejä hidasti kuohumisen satunnaisuus. Lisäksi joskus kuonan kuohuminen tapahtui niin nopeasti, että ruiskun hitaus esti sen käytön.

Onnistuneilla testeillä kuonan kuohuminen joko lakkasi kokonaan tai se pysyi hallinnassa niin hyvin, että kaato saatiin suoritettua keskeytymättä loppuun. Esimerkiksi kaadettaessa sulaa numero 48292 kuona alkoi kuohua voimakkaasti,

kun puolet sulasta oli kaadettu. Suolan injektoinnilla saatiin kuohuminen pidettyä niin vähäisenä, että kaato pystyttiin suorittamaan ongelmitta loppuun. Kaadon aikana suolaa injektointiin noin 70 kg. Ilman suolaa kuohuminen olisi todennäköisesti ollut niin voimakasta, että kuona olisi tullut yli senkasta tai ainakin kaato olisi jouduttu keskeyttämään veden ruiskutuksen ajaksi. Sulassa 48288 kaato jouduttiin keskeyttämään, kun sulan lämpötila vaikutti liian alhaiselta. Kun panosta oli lämmitetty lisää ja kaatoa jatkettu kuona alkoi kuohua voimakkaasti. Kaato keskeytettiin ja suolaa alettiin injektoidaan senkkaan. Juuri, kun kuona oli tulossa yli senkasta, suolan virtaus alkoi ja kuohu laskeutui. Suolaa injektointiin yhteensä noin 40 kg (talukko 1).

TAULUKKO 1. Sulanumerot ja injektoidun suolan määrä

Sulanumero	Suolan määrä (kg)
47838	25
48016	40
48018	40
48220	80
48222	20
48224	50
48288	40
48292	70
48294	15
48296	15

Tapaus, jossa suolan injektointi ei vaikuttanut kuohun laskemiseen, oli sulan numero 48222 kaadossa. Kaadon lopussa kuona alkoi kuohua ja sinne injektointiin suolaa, mutta kun vaikutusta ei havaittu, injektointi lopetettiin. Veden ruiskuttaminen sen sijaan sammutti kuohumisen. Injektoitu suolamäärä oli 20 kg, mikä on melko vähäinen, mutta muissa tapauksissa vastaavassa injektointiajassa on jo havaittu tuloksia. Lisäksi kuonan viskositeetti voi aiheuttaa sen, että suola ei rikkonut sen pintaa käytössä olleella suuttimella. Ratkaisu voisi löytyä de-laval-suuttimesta, joka nostaa virtaavan aineen lähtönopeutta ja tekee suihkusta pis-temäisen.

Suolan injektointimäärä vaihtelee voimakkaasti eri kaatojen välillä, mikä johtuu massaruiskun viiveestä, suolan virtaamisen epätasaisuudesta ja injektointiajasta. Toisinaan ehdittiin ennakoida hieman kuohumista, kun taas toisinaan kuohuminen tapahtui niin nopeasti, ettei suolaa ehditty injektoida kovinkaan suuria määriä. Lisäksi osaan kuohumistapauksia riitti pieni määrä suolaa sammuttamaan kuohun.

Alkuselityksessä (3) mainittua savuamisongelmaa esiintyi jonkin verran. Injektoinnin alettua syntyi sankkaa vaaleaa savua, mutta esimerkiksi kaatosuihkun aikana injektoidaessa se hävisi niin, ettei se häirinnyt näkyvyyttä. Lisäksi AOD-konvertterilla laappajilta kysyttäessä ei suola ollut savunnut enää laapattaessa lainkaan. Ilmeisesti suolan injektointi jatkuvana virtana johtaa sen tasaiseen höyrystymiseen ja sitä kautta suolajäämien poistumiseen ennen laappausta. Myös alkutesteissä käytetty kostea merisuola voi vaikuttaa savuamiseen, kuten myös suolan lisääminen säkeittäin. Tällöin osa suolasta jää todennäköisesti höyrystymättä ja höyrystää ja muodostaa savua vasta sitten, kun laappaus aloitetaan ja kuona pääsee sekoittumaan

7 ASENNUSSUUNNITELMA

Asennussuunnitelma piirrettiin käyttämällä SolidWorks 2014 -ohjelmaa. Alkuperäinen suunnitelma oli, että suunnitelma olisi piirretty VKU 2:n layout-kuvan päälle. Käytännössä kuitenkin Outokummun käyttämän MicroStation -ohjelmiston DGN -tiedostomuodon kääntäminen SolidWorksilla avattavaksi osoittautui mahdottomaksi tiedostojen suuren koon vuoksi. Asennussuunnitelmaksi päädyttiin piirtämään kiinteän injektointiputken kuvaus ja massaruiskun havainnollistava malli.

Asennussuunnitelmaan ei merkitty tarkkoja mittoja, koska putkilinjan asennus käyttöpaikalle vaatii paljon muiden putkilinjojen huomiointia ja ilman layout-kuvaa se on mahdotonta. Asennussuunnitelman tarkoituksena on havainnollistaa putkilinjan muoto ja karkeat mitat. Lopputuloksena esitetään massaruiskun malli ja putkilinjan mahdollinen muoto. Liite 3.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä etsittiin sopivaa ratkaisua kuonan kuohumisen estämiseen senkassa injektoinnin avulla. Kuonan kuohuminen kaadon aikana senkassa on ongelma, johon haluttiin ratkaisu, sillä se saattaa hidastaa merkittävästi uunin tuotantoa ja aiheuttaa laitevaurioita. Valokaariuuni 2:lla syksyllä 2014 tehdyissä testeissä havaittiin, että suolan lisääminen kuohuvaan kuonaan sammuttaa kuohun. Testit tehtiin lisäämällä suolaa 25 kg:n säikeissä. Tältä pohjalta haluttiin löytää ratkaisu suolan injektointiksi senkkaan.

Työ tehtiin tutkimalla ensin kuonan kuohumista ja tutustumalla valokaariuuniprosessiin. Sitten etsittiin sopivia ratkaisuja injektointilaitteistoksi. Injektointilaitteiston löytämiselle tuotti haasteita suolan raekoko ja käyttöympäristö. Valmiita ratkaisuja ei löytynyt markkinoilta, mutta käyttötarkoitukseen soveltuva laite löytyi tehtaalta. Sopivan testilaitteen löydyttyä testattiin ja säädettiin laite ja tutkittiin samalla suolalaadun vaikutusta paakkuuntumiseen ja virtaukseen.

Käyttöttestien aluksi injektointilaitteisto asennettiin käyttöpaikalle ja tehtiin kaikki tarvittavat sähkö- ja paineilimaliitännät. Lisäksi injektointiletku vietiin paikalleen ja suutin asennettiin senkan kaadon aikaisen sijainnin yläpuolelle. Käyttökytkimille vietiin kaapeli valokaariuunin valvomoon ja sinne asennettiin painonappi injektoinnin käyttöä varten. Myös muut laitteen käyttöön vaikuttavat kytkimet ja sen tuottama informaatio olisi haluttu valvomosta käytettäväksi, mutta aikataulu ja käytön koeluontoisuus estivät tämän.

Käyttöttestit suoritettiin injektoidulla suolalla tarvittava määrä aina kuohumisen ilmettyä ja tutkimalla injektoinnin vaikutusta kuohumisen estämiseksi. Suolan injektointi kuonan kuohumisen estämiseksi vaikuttaa toimivalta ratkaisulta. Testeissä havaittiin, että suurimmassa osasta testitapauksia suolan käyttö laski syntyneen kuohun ja kaatoajan kasvamiselta sekä laitevaurioilta välttyttiin. Myöskään testiraportissa (3) havaittua suurta savunmuodostusta ei juurikaan ilmennyt. Injektoinnin alettua syntyi jonkin verran sankkaa savua mutta se häiveni nopeasti. Myöskään AOD-konvertterilla ei havaittu erityistä savuamista. Oletettavasti suolan vaihtaminen merisuolasta vähemmän kidevettä sisältävään

vuorisuolaan ja suolan lisääminen tasaisena virtana 25 kg:n säkkien sijaan vaikuttaa savunmuodostuksen pienenemiseen.

Käyttötesteissä kuitenkin havaittiin testilaitteiston puutteet jatkuvaa käyttöä ajatellen. Injektoinnin aloituksessa kuluva aika napin painalluksesta siihen, että suolaa todella virtaa ulos suuttimesta, on liian pitkä. Lisäksi laitteiston vaatima paineistus jokaisen injektointikerran jälkeen toi haasteita. Paineistuskylkin sijaitsee fyysisesti laitteen kyljessä, joten vaikka suolaa olisi injektoitu vain muutamia kiloja, jouduttiin poistumaan valvomosta ja kuittaamaan paineistus laitteesta. Myös suolan tunkeutumisessa kuonaan havaittiin kehittämistä. Testejä kannattaa jatkaa hankkimalla sopiva suutin massaruiskuun, jotta suolan läpäisykykyä ja tunkeutumaa saadaan parannettua. Lisäksi massaruiskun ohjauslogiikkaan tulisi tehdä muutoksia, jotta viiveet saadaan poistettua. Myös etäkäyttö valvomosta tulee saattaa valmiiksi kaikilta osin.

Opinnäytetyö onnistui mielestäni hyvin. Alussa esitettyihin ongelmiin löytyi ratkaisu, ja testit osoittivat sen toimivaksi. Työn aikana kohdattiin monia ennalta arvaamattomia haasteita, joihin kuitenkin löytyi ratkaisu. Pienellä jatkokehityksellä injektoinnilla saadaan huomattavat tulokset kuonan kuohumisen estämiseksi.

LÄHTEET

1. Outokumpu Oyj. 2015. Saatavissa: <http://www.outokumpu.com>. Hakupäivä 13.2.2015.
2. Outokumpu intranet O'net. 2015. Tehtaan sisäinen verkko.
3. Outokumpu intranet Hotcircle. 2015. Tehtaan sisäinen verkko.
4. Tuotantoprosessi Torniossa ja Kemin kaivoksella. Outokumpu Oy. Saatavissa: http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Tornio_animaatio_printtiversio.pdf. Hakupäivä 24.2.2015.
5. Teräskirja. 2014. Metallinjalostajat ry. Saatavissa: <http://tech.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/teraskirja.html>. Hakupäivä 24.2.2015.
6. Kunelius, Juho 2010. Valokaariuuni 2:n kaatolämpötilan mallinnus. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, prosessimetallurgian laboratorio.
7. Hyttinen, Niko 2013. Kierrätysteräksen laadun vaikutus valokaariuuniprosessissa tapahtuvaan kaasunmuodostukseen. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, prosessimetallurgian laboratorio. Saatavissa: <http://herkules oulu.fi/thesis/nbnfioulu-201309251726.pdf>. Hakupäivä 3.2.2015.
8. Halmeenpää, Riina 2001. Kuohuva kuona. Tutkielma. Oulu: Oulun Yliopisto, Prosessitekniikan osasto, Prosessimetallurgian laboratorio.
9. Sodium Chloride. 2015. Wikipedia. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_chloride. Hakupäivä 20.4.2015.
10. Kunelius, Juho 2014. VKU2 kaadon aikaisen kuohumisen estäminen kiinteän materiaalin syötöllä. Sisäinen raportti. Outokumpu Stainless Oy Tornio Works.

11. Vallo, Kimmo 2015. Kehitysinsinööri, Jaloterässulatto, Outokumpu Stainless Oy. Haastattelut kevään 2015 aikana.
12. Kunelius, Juho 2015. Uunin tutkija, TRC, Outokumpu Stainless Oy. Haastattelut kevään 2015 aikana.
13. KAMAT-tietokortti. 2007. Rae- ja hiekkapuhallus. Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä. Kortti tehty 19.4.2006. Päivitetty 5.6.2007. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/partner/kamat/tietokortteihin/Documents/Raejahiekkapuhallus.pdf>. Hakupäivä 3.2.2015.
14. Hilli, Jyrki 2014. Raepuhallussuuttimen optimointi Blastman B20-S -robotilla. Opinnäytetyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu, tekniikan ja liikenteen ala, kone- ja tuotantotekniikka.
15. Nordblast Oy. 2015. Saatavissa: <http://www.nordblast.com>. Hakupäivä 6.2.2015.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ JUHA-MATTI UURPI	Tilaaaja ² Outokumpu stairless / Kimmo Vallo
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ KIMMO VALLO	
	Työn nimi ⁴ SEURASSA TAPAHTUVAN KUUTUMISEN ESTÄMISEN INJEKTIOIDUN AVULLA	
	Työn kuvaus ⁵ Esiselvitys laitteistolle, laitteiston asennuksen suunnittelu, mahdollinen koekäyttö?	
	Työn tavoitteet ⁶ Löydetään injektointilaitte, Asennussuunnitelman käyttöön soveltuva (sis. kustannuserät); Laitte on testattu käyttöön toimivaksi.	
	Tavoiteaikataulu ⁷ Valmis huhtikuun loppuun	
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 14 / 1 / 2015 Tekijän allekirjoitus Jukka Uurpi	14 / 1 / 2015 Tilaaajan allekirjoitus Kimmo Vallo

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö.

Result Sieve RM

Page 1 of 1
2015-03-04

Limsno: 36968
 Näytteenotto-pvm: 3.3.2015
 Näytetunnus: Merisuolan rakeisuus
 Näytetiedot:
 Raportin nimi: Seula_Merisuolan rakeisuus
 Seulonta-aika:
 Lisätiedot:

Tekijä: XXXXXXXXXX
 Luotu/muokattu: 03.03.2015
 Kommentti:

Seula	Paino/g	Paino/%	Kumul./%	Läpäisy%	Min%	Max%
11.2	0	0,00	0	100.00		
8	1.2	0,16	0,16	99.84		
5.6	25.7	3,39	3,55	96.45		
4	176.3	23,25	26,8	73.20		
2	337.3	44,48	71,28	28.72		
Pohja	217.8	28,72	100	0.00		

Kokonaispaino: 758,3 100

Raekoko 75% 4,12
 Raekoko 50% 2,96
 Raekoko 25% 1,74

