

Senkkojen aukeamattomuuden syiden selvittäminen ja toimenpide-ehdotukset aukeavuuden parantamiseksi

Iiro Harju

Opinnäytetyö
Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisalan opinnäytetyö
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

Teollisuuden ja luonnonvarojen
osaamisala
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Tekijä	Iiro Harju	Vuosi	2014
Ohjaaja	Juha Kaarela		
Toimeksiantaja	Outokumpu Stainless Steel Oy		
Työn nimi	Senkkojen aukeamattomuuden syiden selvittäminen ja toimenpide-ehdotukset aukeavuuden parantamiseksi		
Sivu- ja liitemäärä	37		

Työ tehtiin Outokummun terästehtaan terässulatolle. Outokumpu on ruostumattoman teräksen markkinajohtaja maailmassa.

Outokummun terässulatolla erityisesti 1-linjalla oli ongelmia valusenkan vapaasti aukeamisen kanssa. Kun valusenkan pohjassa oleva liukusuljin avattiin, sula ei alkanut valua ja senkka jouduttiin peitsaamaan auki. Senkkaa peitsatessa peitsaaja joutui olemaan senkan vieressä. Senkan auetessa sula tippui noin 1-1,5 metrin matkan. Sulan teräksen osuessa maahan terästä roiskui ympäriinsä, jolloin siitä aiheutui tarpeetonta vaaraa peitsaajalle.

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää senkan aukeamattomuuden aiheuttavat tekijät. Tekijät selvitettiin tilastoimalla senkalle tehtävät toimenpiteet sekä kirjaamalla ylös kellonajat. Tilastot analysoitiin. Saatuja tuloksia verrattiin saatavilla olevaan teoriatietoon sekä kehitettiin havainnoista uusia teorioita, joista aukeamattomuus voi johtua. Kun tekijät tiedettiin, tehtiin linjastoon ja/tai toimintatapoihin parannusehdotuksia senkkojen aukeavuuden parantamiseksi. Lähtökohtaisesti peitsauksen tarve pyrittiin poistamaan kokonaan.

Senkkojen aukeamattomuutta aiheuttivat remontoitujen senkat, esilämmitysaika ja hiekoitus, valureiän kunto sekä huuhtelun loppumisesta kuluva aika valun alkuun.

Uudistusten toteutus sekä toimintatapojen käytäntöön pano jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle. Kustannukset linjaston tai toimintatapojen aiheuttamista muutoksista jätettiin myös työn ulkopuolelle.

University of Applied Sciences of
Lapland
Industrial Management

Author	Iiro Harju	Year	2014
Supervisor(s)	Juha Kaarela		
Commissioned by	Outokumpu Stainless Steel Oy		
Subject of thesis	Explaining the Reasons Why Ladles Do Not Open And Proposals for Actions for Their Better Opening		
Number of pages	37		

This thesis was done for the steel smelting plant of Outokumpu. Outokumpu is a global leader in stainless steel.

There were problems occurred with free-opening of ladles in Outokumpu steel smelting plant, on 1-line in particular. When the slide gate on the bottom of ladle was opened, the melt did not begin to run and the ladle had to be oxygen lanced. When oxygen lancing, the steel worker had to stand next to the ladle. When the ladle opens, the melt falls down about 1-1,5 metres. If the melt hits the floor, the melt steel splatters all over causing unnecessary danger for the oxygen lancer.

The purpose of this thesis was to determine the factors causing non-free opening of ladles. The factors found out were studied by compiling statistics about actions done to a ladle and documenting the timing of the actions. The statistics were analysed. The results were compared with the theoretical knowledge and the new theory was developed from the findings about the causes of non-free opening of ladles. When the factors were known, there were made proposals for improvements on the line and/or operating methods for improving the free-opening of ladles. The starting point for this study was to eliminate the need of oxygen lancing completely.

In the results, the non-free opening of ladles was caused by repaired ladles, preheating the ladles, sanding the caster hole, the condition of the caster hole and the elapsed time between the end of stirring and the opening of the ladle at the caster.

Putting into action of the reforms working methods were left outside of this thesis. Also the costs of alterations to the line or working methods was left outside of the thesis.

Key words ladle, slide gate, caster hole

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN VALMISTUS.....	8
2.1	Outokummun terässulatto.....	8
2.2	Prosessin ongelmakohta.....	9
2.3	Senkan kierron vaiheet	11
3	AIKAISEMPI TUTKIMUS SENAN AUKEAMISESTA	13
4	TUTKIMUSMENETELMÄ	15
5	SENKAN AUKEAMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	17
5.1	Valureikäremontin vaikutus.....	18
5.2	Uudet senkat.....	20
5.3	Esilämmitysajan ja hiekoituksen vaikutus	21
5.4	Valureiän vaikutus	25
5.5	Huuhtelun lopusta valun alkuun kuluvan ajan vaikutus.....	28
5.6	Muita tutkittuja muuttujia	29
5.6.1	Sulan senkassa viipymisajan vaikutus	29
5.6.2	Senkan valusta onnenpyörään siirtoajan vaikutus	30
5.6.3	Senkan kylmänäoloajan vaikutus	31
5.6.4	Senkan iän vaikutus	31
5.6.5	Skollaisuuden vaikutus.....	32
6	SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET SENKKOJEN AUKEAVUUDEN PARANTAMISEKSI	33
7	POHDINTA.....	35
8	LÄHTEET	37

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Steel Oy:lle. Haluan kiittää opinnäytetyön toimeksiantajaa Jari Lallia, opinnäytetyön teorian etsimisessä minua auttanutta Topi Ikäheimosta sekä Jari Savolaista, joka opetti minua käyttämään Exceliä. Haluan myös kiittää senkka-aseman työntekijöitä. Lisäksi haluan kiittää Juha Kaarelaa opinnäytetyön ohjauksesta.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

JTSU1	Jaloterässulatto 1-linja
JVK1	Jatkuvalukone 1-linja
SA1	Senkka-asema 1-linja

1 JOHDANTO

Sain opinnäytetyön aiheen kesätyöpaikastani Outokummun terästehtaalla kesällä 2014. Aihe liittyy työhön, jota tein kesätyökseni, joten tuntui luontevalta tehdä aiheesta opinnäytetyö.

Opinnäytetyössä perehdytään ongelmaan, jossa senkassa oleva teräs ei ala aina valua, kun senkan pohjassa oleva liukusuljin aukaistaan. Tällöin senkka joudutaan peitsaaman auki, jolloin sulaa terästä voi roiskua ympäriinsä. Toimenpide vie minuutista kahteen minuuttiin, mutta se voi joskus aiheuttaa tuotannon keskeytymisen. Lähtökohtaisesti opinnäytetyö tehdään työturvallisuuden parantamiseksi.

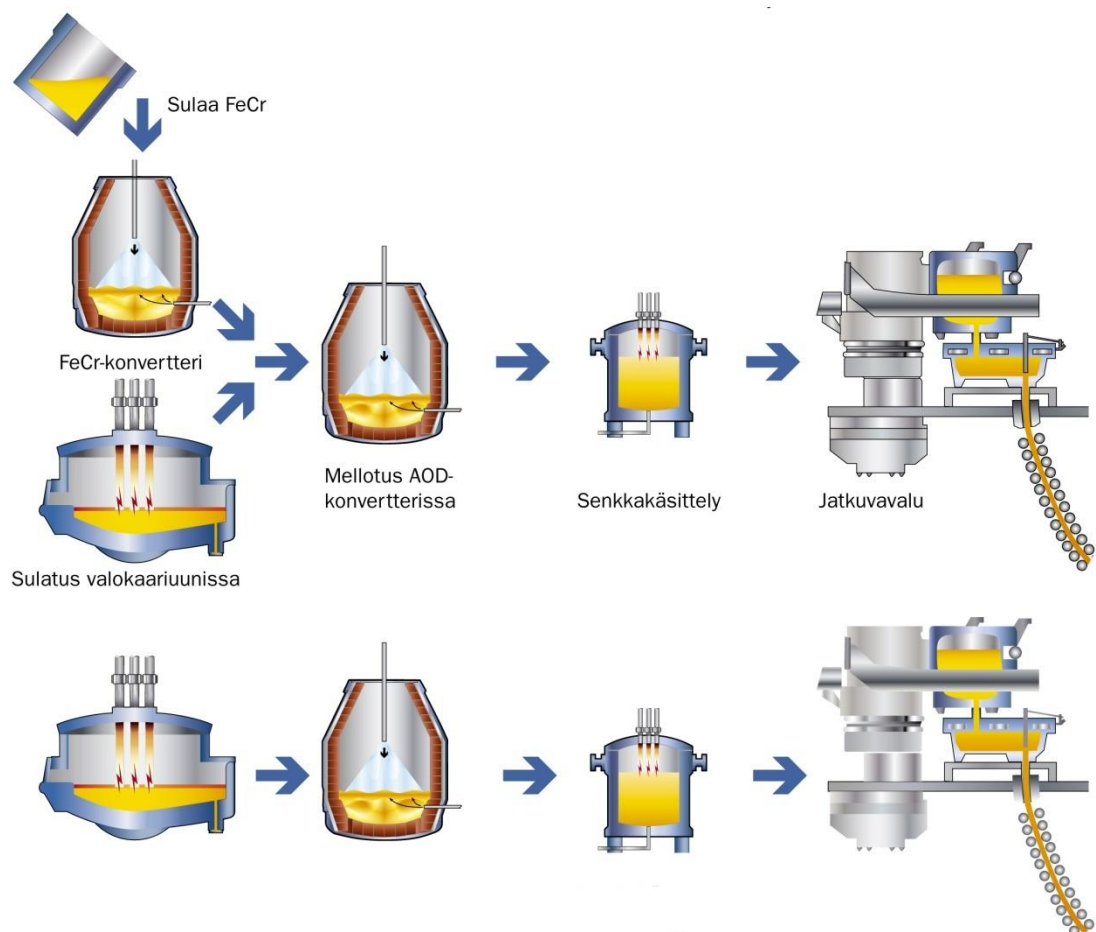
Opinnäytetyön luvussa 2 käsitellään ruostumattoman teräksen valmistusta Outokummun terässulatolla yleisesti. Valmistuksessa perehdytään tarkemmin prosessin ongelmakohtaan, johon muutos halutaan. Kohdassa 3 esitellään aiheeseen liittyvää aikaisempaa Vitlipin tekemää tutkimusta Wheeling-Pittsburgh Steel Corp:ssa. Tutkimus antaa jonkinlaista pohjatietoa siitä, mitkä asiat senkan aukeamattomuuteen mahdollisesti vaikuttavat ja mitä kannattaa tutkia. Luvussa 4 kerrotaan tässä opinnäytetyössä käytetystä tutkimusmenetelmästä, joka on pääpiirteittäin senkan kierron eri vaiheiden tilastointia ja tilastojen analysointia. Luvussa 5 tuloksia analysoidaan ja selvitetään senkan aukeamattomuuden vaikuttavat tai vaikuttamattomat tekijät. Analysoinnissa käytetään joko olemassa olevaa teoriatietoa tai tarpeen vaatiessa kehitetään uusia teorioita. Luvussa 6 saatujen tulosten perusteella tehdään linjastoon toimintatapoihin parannus ehdotuksia, jotta senkat aukeaisivat paremmin. Lähtökohtaisesti peitsauksen tarve pyritään poistamaan kokonaan.

Uudistusten toteutus sekä toimintatapojen käytäntöön pano jätetään opinnäytetyön ulkopuolelle. Kustannukset linjaston tai toimintatapojen aiheuttamista muutoksista jätetään myös työn ulkopuolelle.

2 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN VALMISTUS

2.1 Outokummun terässulatto

Suomessa valmistetaan ruostumatonta terästä Tornion terästehtaalla ja teräsvalimoissa. Tornion nykyisen sulaton, joka käsittää kaksi linjaa, tuotantokapasiteetti on noin 1,6 miljoonaa tonnia vuodessa. Linjan 1 konverterin panoskoko on 95 t ja linjan 2 panoskoko on 150 t. Alla oleva kuva (1) havainnollistaa teräksen valmistuksen eri tuotantovaiheet. (Metallinjalostajat ry. 2009, 40.)



Kuva 1. Ruostumattoman teräksen valmistus Tornion terästehtaalla. (Metallinjalostajat ry. 2009, 40.)

Linja 1 (kuvassa ylempänä) on aloittanut tuotannon vuonna 1976 ja linja 2 (kuvassa alempana) vuonna 2002. Linjojen prosessit koostuvat useista panosprosesseista. Linjalla 1 ferrokromi panostetaan sulana AOD -konvertteriin ja linjalla

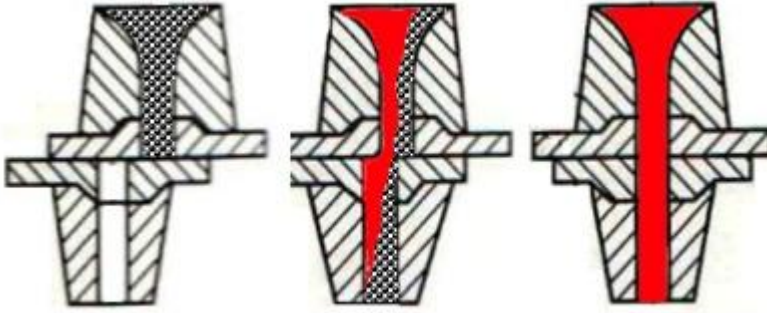
2 kiinteä ferrokromi sulatetaan muun panoksen mukana. Terässulatton tärkeimmät raaka-aineet ovat ferrokromi, teräsromu ja nikkeli. Lisäksi käytetään muita seostusaineita sekä poltettua kalkkia. (Metallinjalostajat ry. 2009, 40; Tervetuloa terässulatolle 2014.)

Ferrokromitehtaalta saatava sula ferrokromi kuljetetaan terässulatolle kromikonvertteriin. Kromikonvertteriprosessin tavoitteena on hyödyntää sulan sisältämä kemiallinen energia. Kromikonvertteri toimii myös prosessoidun sulan puskurivarastona. Sulan sisältämä energia saadaan hyödynnettyä polttamalla sulan sisältä pii puhaltamalla siihen happea. Romupihalla teräsromu lastataan romukoriin ja kuljetetaan valokaariuunille. Ennen panostusta uuniin romukorissa olevat raaka-aineet kuivataan tarvittaessa. (Tervetuloa terässulatolle 2014.)

Valokaariuunissa teräsromu ja osa seosaineista sulatetaan sähköän avulla. Sen jälkeen sula kaadetaan siirtosenkkaan ja kuljetetaan AOD-konvertterille. Linjalla 1 osa siirtosenkan sulasta saadaan ferrokromikonvertterista. Siirtosenkkasula kaadetaan senkasta AOD-konvertteriin hallinosturin avulla. Kaasujensyöttö sulaa tapahtuu lanssilla ja konvertterin pohjassa olevien suuttimien kautta. AOD:ssa tehdään myös tarvittavat seosainelisäykset. AOD-prosessin jälkeen sula kaadetaan valusenkkaan ja siirretään senkkakäsittelyyn. Senkkakäsittelyn tehtävä on viimeistellä teräksen koostumus ja säätää sulan lämpötila valua varten. Sula teräs valetaan laattamaisiksi aihioiksi jatkuvavalukoneella. Valtaosa aihioista on sellaisenaan valmiita valssaukseen ja ne kuljetetaan suoraan kuumavalssaamolle. Aihiot, joihin on valun aikana syntynyt pintavikoja, kunnostetaan aihiohiomossa. Hiomossa pintaviat poistetaan hiomalla aihion pintaa suurella hiomakoneella. (Tervetuloa terässulatolle 2014.)

2.2 Prosessin ongelmakohta

Kun valu aloitetaan tai valun jatkuessa tyhjä senkka vaihdetaan täyteen senkkaan, senkan pohjassa sijaitseva liukusuljin aukaistaan, jolloin sula alkaa valua välialtaaseen. Kuvassa 2 on esitetty liukusulkimen toimintaperiaate.



Kuva 2. Liukusulkimen toimintaperiaate (Metallurgy Incorporation www-sivut, hakupäivä 31.10.2014.)

Kun liukusulkimen levyt liikkuvat niin, että ylä- ja alalevyn reiät ovat kohdallaan, sula alkaa virrata. Musta pistemäinen kuvio esittää reikään laitettavaa täyteainetta, reikähiekkää. Sitä käytetään estämään sulan menemistä valureikään sulan käsittelyn aikana, jotta reikään mennyt sula ei jäähtyisi ja jähmettyisi. Punainen aine esittää sulaa metallia.

Usein liukusuljinta aukaistaessa sula ei jostain syystä ala valua itsekseen, vaan senkka joudutaan peitsaamaan auki. Peitseksi sanotaan noin 3 metriä pitkää onttoa metalliputkea. Peitsen loppupäässä voi olla myös täyteainetta. Peitsaessa peitsen alkupäähän syötetään puhdasta happea, jolloin peitsen loppupää palaa kuumalla liekillä sulattaen metallia.

Sulan alkaessa valua välialtan pinnan tasosta riippuen sula tippuu ilmassa 1-1,5 metriä. Sulan osuessa välialtan pohjaan tai välialtaassa olevan sulan pintaan, roiskuu se ympäriinsä aiheuttaen vaaratilanteen. Senkkaa auki peitsatesa peitsaaja joutuu olemaan valualtaan vieressä, jolloin sulan roiskeet voivat osua peitsaajaan. Toimenpiteen vaarallisuuden vuoksi siitä pyritään eroon.

Joskus peitsaaminen voi aiheuttaa tuotantokaton sattuessa huonoon aikaan. Silloin tällöin sulan valmistuksessa on ongelmia, joiden takia senkka tulee myöhemmin valukoneen haarukkaan, jossa se käännetään tyhjentyneen senkan tilalle välialtan yläpuolelle. Jos senkan joutuu peitsaamaan auki, kestää se 1-2 minuuttia. Välialtan ehtiessä tyhjentyä ennen kuin senkka aukeaa, valu katkeaa.

Valunkeskeytyminen aiheuttaa tuotantokatkoksesta josta aiheutuu tuotannollista tappiota. Tilanne on harvinainen.

2.3 Senkan kierron vaiheet

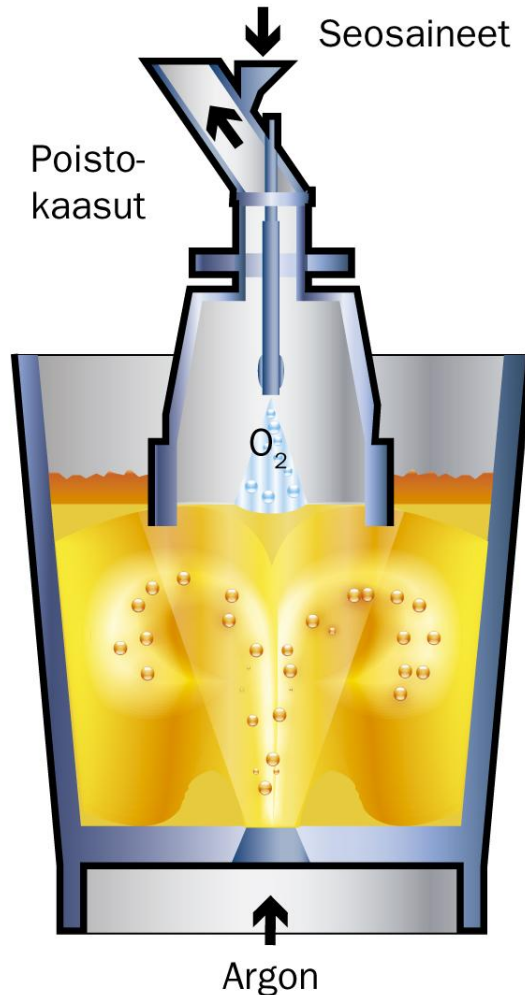
Valun loputtua senkka nostetaan hallinosturilla senkan huoltopaikkaan, jota JTSU1:llä kutsutaan onnenpyöräksi. Onnenpyörässä senkka käytetään ylösalaisin, jolloin pohjalle jääneet kuonat ja teräksen jäämät tippuvat pois. Tämän jälkeen valureikä peitsataan puhtaaksi sinne jääneestä kuonasta. Valureiän puhtaaksi peitsaaminen onnenpyörässä ei ole yhtä vaarallista kuin auki peitsaaminen valukoneella. Valureiän puhtaaksi peitsaaminen on välttämätön toimenpide ja se tehdään joka kerta, toisinkuin auki peitsaaminen valukoneella. Puhtaaksi peitsauksen jälkeen senkalle suoritetaan vaadittavat huoltotoimenpiteet.

Huoltotoimenpiteiden jälkeen reikään heitetään reikähiekkä yleensä AOD:n vaunulla. Jos AOD:n vaunulla on senkka, heitetään reikähiekkä senkkaan onnenpyörässä ja laitetaan senkka lämmitykseen. Hiekanlaiton jälkeen senkkaa lämmitetään, kunnes sitä tarvitaan seuraavan kerran. Lämmitys voi kestää minuutteja, tunteja tai vuorokausia. Jos senkka tarvitaan heti, sitä ei lämmitetä ollenkaan.

Hiekanlaiton tai lämmityksen jälkeen AOD-konvertterissa valmistettu sula kaadetaan senkkaan. SA1:lla sula voi viipyä senkassa 20 minuutista useisiin tunteihin riippuen tuotantotilanteesta. Tähän vaikuttaa tuotannon eri vaiheet sekä mahdolliset tuotantohäiriöt, joiden aikana teräs on senkassa.

Senkakäsittelyn aikana sulaa huuhdellaan pohjan huuhtelun avulla lämpötilan ja koostumuksen tasaamiseksi. Kaasuhuuhtelussa johdetaan senkan pohjassa olevan huokoisen tiilen (huuhtelukeilan) läpi valusenkkaan argonia, jolloin pinta-kuonaan muodostuu kaasun kupliessa ”silmä”. Laitteisto lasketaan tämän päälle ja sen kautta lisätään seosaineita. Lanssin avulla pintaan voidaan puhaltaa myös happea. Kun samanaikaisesti lisätään alumiinia, syntyy alumiinioksidia

Al_2O_3 ja huomattavasti lämpöenergiaa, jota käytetään seosaineiden sulattamiseen. Sulan lämpötilaa voidaan nostaa jopa $10\text{ }^\circ\text{C}$ minuutissa. Syntynyt Al_2O_3 nousee kuonaan. Alla on havaintokuva (Kuva 3) pohjanhuuhtelusta. (Metallinjalostajat ry. 2009, 44.)



Kuva 3. Koostumuksen täsmäys argonhuuhtelun avulla (Metallinjalostajat ry. 2009, 44.)

Senkkäkäsittelyn jälkeen senkka nostetaan valukoneen haarukkaan, jossa se taas valetaan. Senkan tyhjennyttyä se kiertää samat prosessin vaiheet uudelleen ja uudelleen.

3 AIKAISEMPI TUTKIMUS SENAN AUKEAMISESTA

Vitlip on tehnyt Wheeling-Pittsburgh Steel Corp:ssa kattavan tutkimuksen senkan aukeamiseen vaikuttavista tekijöistä. Vitlipin mukaan senkat, jotka aukeavat ilman avustusta, määritellään vapaasti auenneiksi. Senkat, joita joudutaan peitsaamaan, luokitellaan avustetusti auenneiksi. Vaikuttavia tekijöitä ovat teräksen viipymisaika senkassa, senkkojen esilämmityskäytäntö, aika huuhtelun loppumisen ja valun alun välillä, senkan tyhjänäoloaika sekä huuhtelutavan vaikutus. Näiden suhteellinen vaikutus näkyy alla olevasta taulukosta 1. (The AISE Steel Foundation 2003, 7).

Taulukko 1. Senkkojen aukeamiseen vaikuttavat tekijät Vitlipin mukaan. (The AISE Steel Foundation 2003, 7.)

Factor	Free Open	
Steel residence time in the ladle	< 5 hr, 85%	> 5 hr, 80.8%
Ladle preheat practice	normal cycle, 98.2%	repair, 90.9%
Time between end of stirring	< 20 min, 98.4%	> 20 min, 94.1%
Empty ladle cycle time	< 2 hr, 98.7%	> 2 hr, 97.0%
Argon stirring practice	bottom, 98.5%	top, 97.9%

Vitlipin tutkimuksessa vaikuttavin tekijä senkan aukeamiseen on teräksen viipymisaika senkassa. Aika alkaa, kun senkka panostetaan eli siihen kaadetaan sula. Aika loppuu, kun liukusuljin avataan. Valmistusolosuhteissa tavanomaisin aika on 80 minuuttia. Tuotannossa esiintyvien ongelmien ilmetessä pidemmät ajat, kuten yli viiden tunnin viipymisajat, eivät ole lainkaan harvinaisia. Taulukosta 1 nähdään, että sulan ollessa yli viisi tuntia senkassa, vapaasti auenneiden senkkojen osuus laskee. Pidemmän viipymisajan aukenevuuden laskemisen aiheuttaa valureiän täytemateriaalin sintraantuminen täytemateriaalin ollessa kauemmin lämpimän sulan vaikutuksen alaisuudessa. Sintrautumisella tarkoitetaan jauhemaisen aineen partikkeleiden liittymistä toisiinsa, jolloin materiaali tiivistyy ja lujittuu (Sanakirja 2010). (The AISE Steel Foundation 2003, 8.)

Senkkojen esilämmityksessä tutkittiin korjattujen senkkojen vaikutusta normaali jakson mukaisesti kiertäviin senkkoihin. Taulukon 1 mukaan remontoitujen senkkojen aukeavuus on huonompi kuin normaalisti kiertäviin senkkoihin. Tämän selittää senkkojen riittämätön esilämmitys aika verrattuna normaalisti kiertäviin senkkoihin. (The AISE Steel Foundation 2003, 8.)

Senkka-aseamalla lopetetun huuhtelun ja valukoneella aloitetun valun välillä kuluu ajaa todetaan olevan tärkeää. Pidempi aika vaikuttaa negatiivisesti aukeamiseen. (The AISE Steel Foundation 2003, 8.)

Tyhjänäoloaika on aika valun loppumisen ja senkan panostuksen välillä. Wheeling-Pittsburgh Steel Corp:ssa ei ollut tapana lämmittää tyhjillään olevia tavanomaisesti kiertäviä senkkoja. Tyhjän senkan kiertoaika vaihtelee merkittävästi viivästysten vuoksi. Taulukosta 1 nähdään, että yli kaksi tuntia kylmillään ollut senkka aukeaa epätodennäköisemmin kuin alle kaksi tuntia kylmänä ollut senkka. (The AISE Steel Foundation 2003, 8.)

Nykyisin useimmat senkat ovat varustettu pohjassa olevalla huuhtelukeilalla. Jos huuhtelukeila on jostain syystä pois toiminnasta, täytyy sulaa huuhdella yläpuolelta lanssilla. Vitlipin tutkimuksen mukaan Lanssilla huuhdellut senkat eivät aukea yhtä hyvin kuin huuhtelukeilalla huudellut senkat. (The AISE Steel Foundation 2003, 8.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tässä opinnäytetyössä senkan aukeamattomuutta tutkitaan tilastoimalla senkalle tehtävät toimenpiteet senkan kierron eri vaiheissa. Tilastoiminen alkaa, kun senkka tyhjenee valukoneella. Tilastoja eri vaiheista ja tapahtumista kerätään siihen asti, että senkka on jälleen valukoneen haarukassa ja liukusuljin avataan. Tällöin nähdään aukeaako senkka peitsaamatta ja mitä sille on tehty edellisen valun jälkeen. Tilastojen käsittelyn helpottamiseksi tiedot kerätään Excel-taulukoon.

Talteen kerätään senkan käyttökertojen määrä, valureiän käyttökertojen määrä, senkalle tehdyt huoltotoimenpiteet, reikähiekan laittopaikka, reikähiekan määrä, teräslaatu sekä kaikki mahdolliset kellonajat, mitä milloinkin tapahtuu. Kellonajoista selviää vaikuttaako jokin tai jotkin ajat aukeamiseen. Senkan pohjasta ja valureiästä otetaan lisäksi valokuvat. Jos senkassa tai sille tehdyissä toimenpiteissä on jotain epätavallista, mahdolliset huomautukset kirjataan ylös.

Terässulatolla senkkojen aukaisutilastoinnissa on käytössä nappi, jota valukoneella painetaan, kun senkka joudutaan peitsaamaan auki. Nappia painamalla tieto siirtyy tietokantaan, josta nähdään jälkeinpäin peitsattiinko senkka auki vai ei. Nappia ei kuitenkaan aina muisteta painaa, jolloin tilastointi on epätarkkaa, eikä senkkojen aukeamisprosentista saada oikeanlaista kuvaa. Terässulaton tietokannasta saatavaa tietoa senkkojen aukeamisesta ei ole käytetty tilastoinnissa.

Suurin osa tiedoista on minun paikalla ollessa kirjoittamaani tietoa. Joissain tapauksissa poissa ollessani työkaverini ovat täyttäneet pyytämäni kohdat. Ajoissa voi esiintyä minuuttien heittoja. Senkan lämmitysaikaan on laskettu myös senkan siirtoaika onnenpyörästä AOD:lle, jos senkkaa on lämmitetty onnenpyörässä. Heittoja aiheuttavat myös eri ajoissa olevat kellot, sekuntien pyöristäminen ja inhimilliset kirjanpitovirheet. Koska ajat ovat tavallisesti kymmeniä minutteja tai tunteja, minuutin kirjanpitovirheen vaikutukset ovat vähäisiä.

Kaikkea kerättyä tietoa ei välttämättä käytetä jälkeinpäin, mutta tiedot kirjataan varmuuden vuoksi, koska niitä ei välttämättä ole jälkeinpäin saatavilla. Tilastoista etsitään yhtäläisyyksiä peitsaamatta auenneiden ja peitsausta vaatineiden senkkojen välillä. Jos yhtäläisyyksiä löytyy ja niille on järkevä teoria, voidaan niitä pitää todennäköisinä syinä senkkojen aukeamattomuudelle tai aukeamiselle.

5 SENKAN AUKEAMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Koska senkkojen aukeamattomuuteen on useita syitä, on vaikeaa määrittää tarkasti, mikä aiheuttaa aukeamattomuuden yksittäisessä tapauksessa. Useissa tapauksissa senkan aukeamiseen voi vaikuttaa monta tekijää yhtä aikaa.

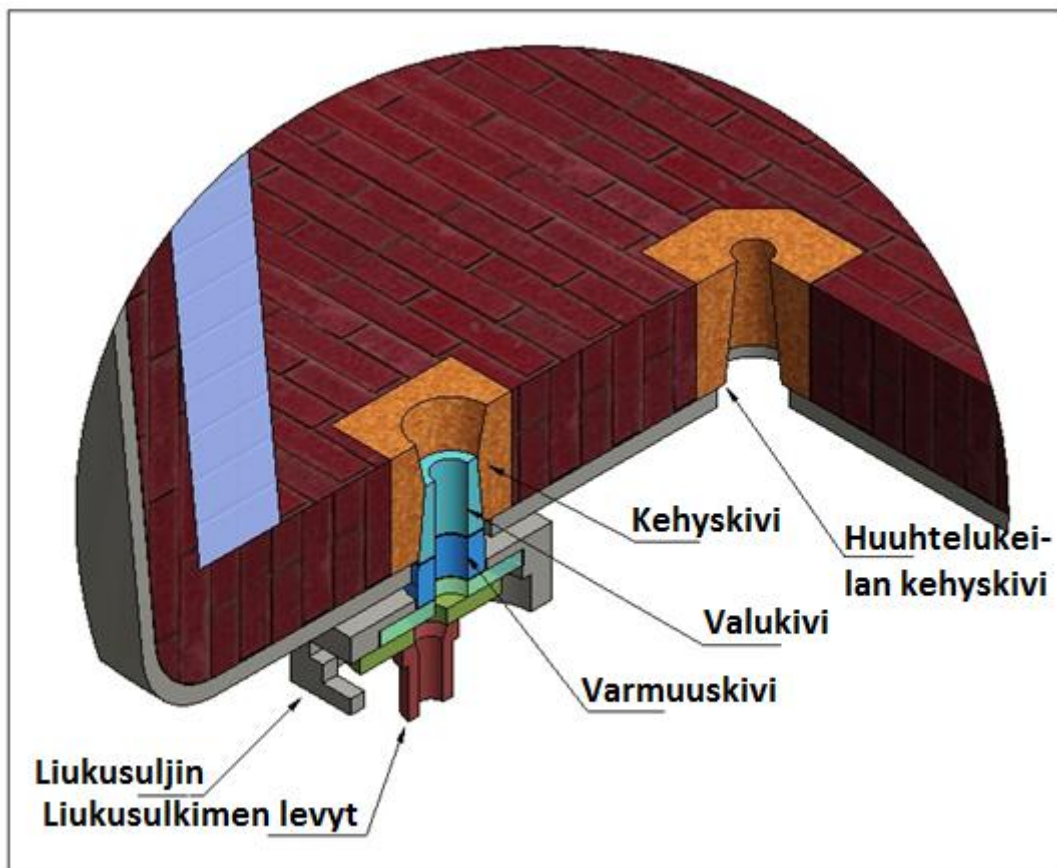
Koska Vitlipin tutkimukset on tehty Wheeling-Pittsburgh Steel Corp:ssa vallitsevissa olosuhteissa, eivät senkkojen aukeamiseen vaikuttavat tekijät ole välttämättä samassa suhteessa tai edes samoja kuin Outokummun terässulatolla. Olosuhteissa tai toimintatavoissa voi olla huomattavia eroja tehtaiden välillä. Esimerkiksi Outokummun terässulatton linjalla 2 senkat aukeavat vapaasti huomattavasti useammin kuin linjalla 1. Yleisesti tämän uskotaan johtuvan siitä, että valureikä on linjan 2 senkoissa hieman suurempi kuin ensimmäisen linjan senkoissa.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu ja tilastot kerätty terässulatton linjalta 1, koska sillä senkat aukeavat huomattavasti huonommin kuin linjalla 2. Tilastot on kerätty 3.7 – 2.10.2014 Tilastoituja senkkoja on 173 kpl. Otanta on satunnainen. Tilastoiduista senkoista 65 kappaletta (38 %) on peitsattu auki valukoneella. Terässulatton tietokannan mukaan näistä senkoista auki peitsattuja on ainoastaan 37 kpl, jolloin senkkoja on peitsattu auki 76 % enemmän kuin tietokannassa näkyy.

Seuraavissa kappaleissa käsittelen omien tutkimustietojeni perusteella tehtyjä havaintoja ja kehitettyjä teorioita. Remontoiduissa ja uusissa senkoissa on jonkin verran eroa tavanomaisesti kiertäviin senkkoihin, joten ne käsitellään ensimmäisenä. Remontoitujen ja uusien senkkojen jälkeen jäljelle jää 145 senkkaa, joista 46 kappaletta eli 32 % peitsattiin auki valukoneella. Remontoitujen ja uusien senkkojen jälkeen käsitellään jäljelle jääneiden senkkojen aukeamattomuuden syitä aloittaen eniten aukeamiseen vaikuttavasta tekijästä.

5.1 Valureikäremontin vaikutus

Valureikä kuluu isommaksi, kun sitä käytetään. Turvallisuussyistä reikää ei saa päästää kulumaan liian suureksi. Tarvittaessa valureikään tehdään valureikäremontti, jossa siihen vaihdetaan varmuuskivi, valukivi sekä liukusulkimen levyt ja jouset. Kivet vuorataan paikoilleen niille tarkoitetuilla massoilla. Uuden valukiven ja varmuuskiven sisähalkaisija on noin 5 cm, levyjen sisähalkaisija on hieman näitä pienempi. Valukivi, varmuuskivi ja liukusulkimen levyt muodostavat valureiän, joka on noin 80 cm mittainen. Alla on havaintokuva (Kuva 4) valureiän rakenteesta.



Kuva 4. Valureiän rakenne (Kuvasta poiketen JTSU1:llä valukivi yltää senkan pohjan tasalle asti, Alcar International www-sivut, hakupäivä 31.10.2014)

Remontoitu senkka on tavanomaisesti kiertävää senkkaa kylmempi, koska se on kauemmin ilman lämmitystä. Uusi valureikä ei ole ehtinyt kulua, joten se on pienempi kuin kulunut valureikä. Varmuuskiven ja valukiven väliin laitetaan

massa, joka voi joskus valua. Jos valukiveä ei laiteta liian syvälle ja massa on sekoitettu sopivaksi, massa ei valu. Suurin ero tavanomaisesti kiertävään senkaan on senkan pohjaan heitettävä massa sekä metalliputki, johon reikähiekkalaite laitetaan remontoituissa senkoissa. Reikä on pidempi yläpuolisen massauksen takia, jos massa menee metalliputken ympärille, kuten usein käy. Alla olevassa kuvassa 5 on remontoitu senkka, johon on heitetty massasäkit yläpuolelta.



Kuva 5. Valureikäremontoidun senkan pohja

Yleensä valureikäremontti tehdään, kun valureikää on käytetty 12 kertaa. Silloin tällöin reikä kuluu tavanomaista nopeammin, jolloin valureikäremontti tehdään joitakin kierroksia aiemmin, joskus jopa kolme kertaa käytettyyn valureikään. Kulumista käsitellään tarkemmin kohdassa 5.5 Valureiän vaikutus. Remontoituja senkkoja on tilastoitu 22 kpl, joka on 13 % tilastoiduista senkoista. Vakituksilla työntekijöillä näitä on arviolta vain noin 8-10 % kaikista senkoista hitaamman kulumisen takia.

Tilastojen mukaan remontoitujen senkat eivät aukea koskaan. Tämä johtuu siitä, että osa metalliputkesta, joka on massan pinnan alapuolella sulaa hiekan sekaan ja kiteytyy sulanteon aikana. Jos massa ei mene putken ympärille AOD:n kaataessa sulan senkkaan, putki kaatuu tai irtoaa, jolloin sulaa menee reikään. Tällöin sula kiteytyy reikään senkkäkäsittelyn aikana.

Neljälle remontoituille senkoille tehtiin koe, jossa remontoitusta senkasta peitettiin metalliputki ja hiekat pois ja ne hiekoitettiin uudelleen normaalisti. Senkoista kolme aukesi. Myös kahteen palautussulaan, joissa oli käyttämätön reikä, tehtiin sama operaatio ja senkat aukesivat. Palautussula on sula, jonka koostumusta tai lämpötilaa ei ole saatu kohdalleen senkkäkäsittelyssä, jolloin se on palautettu takaisin AOD-konvertteriin. Ainoan aukeamattoman senkan syytä käsitellään tarkemmin kohdassa 5.3 Esilämmitysajan vaikutus. Aukeamaton senkka oli 18 tuntia lämmityksessä.

JTSU1:lla tehdyssä tutkimuksessa riittämättömällä esilämmitysajalla ei ollut vaikutusta senkan aukeamiseen toisin kuin kappaleessa 3 Wheeling-Pittsburgh Steel Corp:ssa tehdyssä tutkimuksessa.

5.2 Uudet senkat

Erona remontoituihin senkkoihin on, että uutta senkkaa ei massata ylhäältä päin, jolloin metalliputkea ei tarvita ja hiekoitus tapahtuu normaalisti. Uusia senkkoja tilastoitiin vain seitsemän kappaletta, joten niistä ei voi tehdä luotettavaa analyysiä. Tehdyissä tilastoissa niihin kuitenkin näyttäisi vaikuttavan samat tekijät kuin tavanomaisesti kiertävissä senkoissa.

5.3 Esilämmitysajan ja hiekoituksen vaikutus

Yli kahdeksan tuntia lämmityksessä olleita senkkoja on tilastoitu vain yhdeksän kappaletta. Ryhmän senkoista 66 % peitsattiin auki. Yli 12 tuntia lämmityksessä olleita senkkoja oli kolme, näistä kaikki jouduttiin peitsaamaan.

Tämä johtuu reikähiekan sintraantumisen. Eli lämmityksessä jauhemaisen reikähiekan partikkelit liittyvät toisiinsa, jolloin materiaali tiivistyy ja lujittuu. Alapuolella kuva (6) reikähiekan, joka on juuri heitetty senkkaan.



Kuva 6. Hiekoitettu senkka

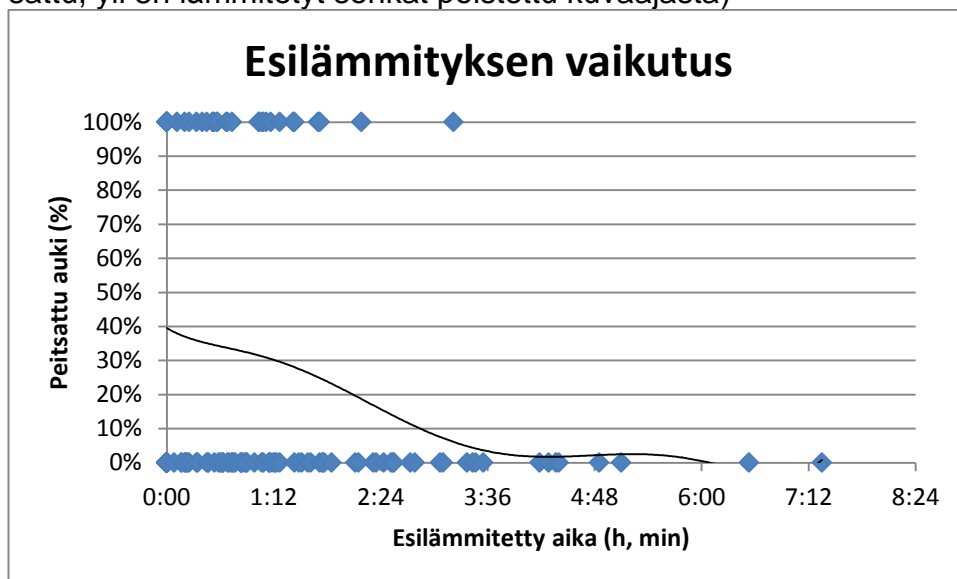
Hiekka heitetään senkkaan muovipusseissa, jolloin se täyttää valureiän. Pussin osuessa senkan pohjaan hiekka leviää laajalle alueelle. Muovipussi jossa hiekka heitetään, palaa keskellä hiekkakasaa. Alla olevassa kuvassa 7 senkka on ollut tunnin lämmityksessä, jolloin hiekka on muuttunut mustasta vaaleaksi ja sintraantumisen vaikutus on silmin havaittavissa.



Kuva 7. Tunnin lämmityksessä ollut senkka

Alla oleva taulukko 2 kuvaa esilämmitysajan vaikutusta senkkojen aukeamiseen. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peit-
saamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkko-
ja.

Taulukko 2. Esilämmitysajan vaikutus aukeamiseen (136 senkkaa, 29 % peitsattu, yli 8h lämmitetyt senkat poistettu kuvaajasta)



Tutkittaessa alle kahdeksan tuntia lämmityksessä olleita senkkoja (136 senkkaa) lämmitysajan kasvaessa senkkojen aukeavuus paranee. Lämmittämättömistä senkoista peitsattiin 41 %. 1h 30 min lämmityksen jälkeen vapaasti aukeasi 32 senkkaa ja ainoastaan neljä senkkaa peitsattiin auki, joka on 13 %.

Havainto on ristiriidassa aiemmin tehdyn yli kahdeksan tuntia lämmityksessä olleiden senkkojen aukeamattomuuden kanssa, joissa reikähiekkä on sintraantunut kiinteäksi. Havainto voidaan selittää AOD:n kaadon aiheuttamalla seurauksilla. AOD:n kaataessa sulan se tippuu senkan pohjalle useita metrejä roiskuen ympäriinsä senkan pohjalla. Huomattavasti hiekkää raskaampana aineena, sula metalli pyyhkäisee reiän päältä hiekat ja tunkeutuu reikään, joka aiheuttaa senkan aukeamattomuuden. Hiekan sintraantuminen suojaa reikähiekkää syrjäytymästä AOD:n kaadon aikana.

Onnenpyörässä hiekoitetuista senkoista on peitsattu auki 27 %, AOD:lla hiekoitetuista 36 %. Onnenpyörässä hiekoitetut senkat ovat olleet pidempään lämmityksessä kuin AOD:lla hiekoitetut senkat, jolloin hiekan sintraantuminen selittää myös onnenpyörän paremman aukeamisprosentin. Onnenpyörässä on hiekoitettu myös yli kahdeksan tuntia lämmityksessä olleet senkat, mikä pienentää eroa AOD:lla hiekoitettuihin senkkoihin.

61 % tilastoiduissa senkoista on käytetty neljää pussia hiekkaa, 19 %:ssa viittä pussia ja 17 %:ssa muita määriä. Lisäksi 3 %:ssa (4 kpl) on käytetty JTSU1:llä syyskuun lopulla käyttöönotettua automaattihiekoitinta. Hiekkaa on yleensä heitetty niin paljon, että valureikä on ummessa. Osa pusseista menee heitettäessä ohi reiästä ja hiekka leveää senkan pohjalle sattumanvaraisesti. Tästä syystä ei voida olla varmoja kuinka korkea tai millainen hiekkakasa on jäänyt reiän päälle, eikä hiekan määrällisestä vertailusta saada luotettavaa tulosta.

Automaattihiekoittimen käyttöönoton jälkeen senkkojen vapaasti aukeavuus on terässulaton tietokannan mukaan parantunut huomattavasti. Vaikka tietokannan mukaan senkkojen aukeavuudesta saatu tieto on epätarkkaa, vaikutus on ollut niin suuri, ettei sitä voida selittää pelkällä tilastoinnissa esiintyvillä virheillä. Tässä työssä tilastoiduista automaattihiekoittimella hiekoitetuista senkoista jokainen aukesi peitsaamatta.

Automaattihiekoitin laskeutuu senkan pohjalle, jättäen keon muotoisen kasan, eikä hiekka leveää senkan pohjalle kuten muovipussissa heitettynä. Terässulaton tietokantaan perustuvan tiedon mukaan voidaan todeta, että hiekan kekomainen muoto suojaa hiekkaa syrjäytymiseltä AOD:n kaataessa sulan senkkaan. Alla olevassa kuvassa 8 on automaattihiekoittimella hiekoitettu senkka.



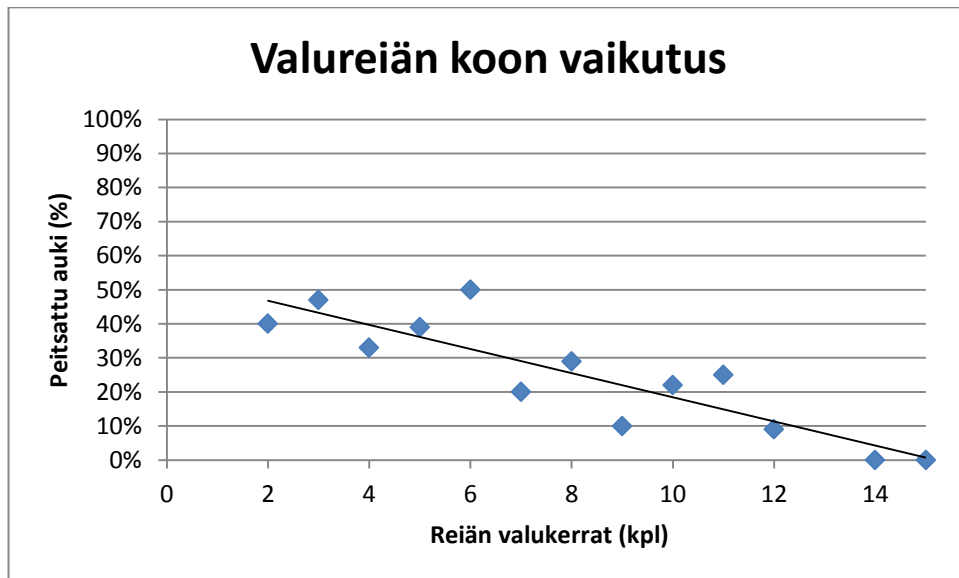
Kuva 8. Automaattihiekoittimella hiekoitettu senkka

Hiekan kekomaisella muodolla voi olla myös välillisiä vaikutuksia, jotka parantavat senkan aukeavuutta. Sulan sintraantumisen alkaa hiekan pintakerroksesta, mikä huomataan vaihdettaessa palautus sulaan hiekkoka onnenpyörässä, jolloin vanhat hiekat peitsataan ensin pois. Hiekka on aluksi jauhemaista ja mentäessä lähemmäs senkan pohjaa hiekka on tiiviimpää. Jos hiekkaa on paksusti reiän päällä ja sen pintakerros on sintraantunut kiinteäksi tai sula on jäähtyessään jähmettynyt hiekan pintaan, liukusulkimen auetessa reiän alueella olevan hiekan lisäksi hiekkakan sisäosassa oleva hiekka valuu pois reiästä. Tyhjän tilan kasvaessa reiän läheisyydessä hiekan pintakerrokseen kohdistuva paine rikkoo pinnan helpommin, jolloin sula alkaa valua.

5.4 Valureiän vaikutus

Varmuuskivi ja valukivi voivat kulua käytössä jopa noin 2 cm halkaisijaltaan isommaksi, jolloin ne vaihdetaan remontin yhteydessä uusiin. Huomioon täytyy

ottaa, että liikusulkimen levyt vaihdetaan joka kolmas kerta, jolloin niiden koko pysyy käytännössä vakiona. Taulukossa 3 on esitetty valureiän käyttökertojen määrän vaikutus senkkojen aukeamiseen. Taulukon siniset pisteet kuvaavat, kuinka monta prosenttia tietyn määrän käytetyistä valurei'istä on peitsattu auki.



Taulukko 3. Valureiän koon vaikutus (145 senkkaa, 32 % peitsattu)

Tavanomaisesti reikä kuluu tasaisesti isommaksi tai lievästi senkan pohjaan päin aukeavaksi kartioksi. Taulukosta 3 näemme, että valureiän kuluessa suuremmaksi senkkojen aukeavuus paranee. Valureiän kuluminen ei ole aina tasaista, joten valureiän muoto ja koko eivät ole symmetrisiä, vaikka valureikää olisi käytetty yhtä monta kertaa. Jos reikä on kulunut varmuuskiven päästä isommaksi, ylälevyn ja varmuuskiven saumakohtaan voi tällöin jäädä onnenpyörässä peitsatessa kuonaa, mikä aiheuttaa reiän aukeamattomuuden. Ilmiö huomataan erityisesti levyjen vaihdon yhteydessä. Monissa taulukko 3:n useita kertoja käytetyissä senkoissa jotka jouduttiin peitsaamaan, on käynyt näin.

Tilastoita tehtäessä kiinnitettiin huomiota väärään asiaan tilastoimalla peitsien määrää. Huomiota kiinnitettiin poltettavien peitsien määrän ja vain kahteen (1 %) senkkaan on jouduttu peitsaamaan kaksi peistä. Muissa tapauksissa yksi peitsi on riittänyt senkan avaamiseen. Huomiota olisi pitänyt kiinnittää siihen kuinka syvälle peitsi työnnetään, ennen kuin senkka aukeaa. Teoriani mukaan

senkan aukeamattomuus johtuu aina reiästä, jos peistä ei peitsata pohjaan asti, sillä tukoksen on oltava reiän alueella. Yleensä peitsi työnnetään pohjaan asti, mutta joskus pelkkä peitsen tökkäys reikään saa senkan aukeamaan.

Reikä voi myös olla kauttaaltaan huonosti peitsattu onnenpyörässä. Tästä syystä ei voida pois sulkea reiän aiheuttamaa aukeamattomuutta, vaikka peitsi peitsattaisiin valukoneella pohjaan asti. Tällaiset reiät ovat harvinaisia ja reikä esiintyy lähinnä harjoittelevilla kesätyöntekijöillä.

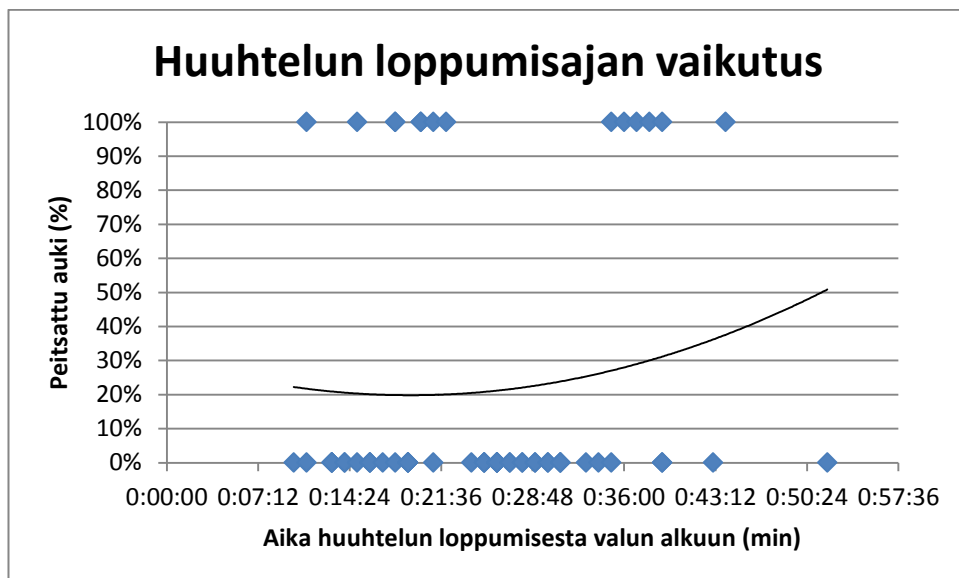
Reiän epätasaista kulumista sekä varmuuskiven päästä kulumista aiheuttaa tarpeettoman kauan kestävä senkan siirto valukoneelta onnenpyörään, jolloin kuona ehtii jähmettyä reikään. Kulumista aiheuttaa myös valukoneella joskus sattuvat niin sanonut vinopeitsaukset. Näitä tulee, kun valukoneella peitsatessa peitsi tökkää ylälevyn, varmuuskiven tai valukiven saumakohtaan, jolloin peitsi lähtee kaivautumaan vinoon. Peitsi voi myös tökätä reiän pintaa, jos reiän pinta on jäänyt onnenpyörässä peitsatessa rypyiseksi. Valureikäremonttia tehdessä yläpuoliset massasäkit osuvat usein keskelle metalliputkea, jolloin reiästä tulee pidempi. Peitsatessa pidempää reikää onnenpyörässä pitää peitsata kauemmin, että

Vakituisten työntekijöiden peitsausjälkeä pidän tasalaatuisena, jolloin senkan huoltotoimenpiteiden tekijän vaikutus aukeamiseen on vähäistä. Kesätyöntekijöillä senkat aukeavat huonommin kuin vakituisilla, jolloin senkan huoltotoimenpiteiden tekijän vaikutus kasvaa. Kesätyöntekijöillä reikä kuluu epätasaisemmin peitsatessa senkkaa onnenpyörässä, koska peitsaus ei ole yhtä harjaantunutta kuin vakituisilla työntekijöillä. Myös nosturinkuljettajana toimivat kesätyöntekijät ovat hitaampia, jolloin kuona ehtii jäähtyä kauemmin ennen senkan saapumista onnenpyörään. Valukoneella senkan auki peitsaaville kesätyöntekijöille sattuu vinopeitsauksia huomattavasti useammin kuin vakituisille.

5.5 Huuhtelun lopusta valun alkuun kuluvan ajan vaikutus

Huuhtelu saa sulan liikkumaan, jolloin lämpö tasaantuu. Sulan ollessa paikoillaan senkassa se alkaa ensimmäisenä kylmettyä pohjalta ja reunoilta. Sulan ollessa pitkiä aikoja ilman huuhtelua voi se kiteytyä ja aiheuttaa senkan aukeamattomuuden. Alla olevassa taulukossa 4 on kuvattu huuhtelun loppumisen ja valun alkamisen välisen ajan vaikutusta senkkojen aukeamiseen. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peitsaamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkkoja.

Taulukko 4. Huuhtelun lopusta valun alkuun kuluvan ajan vaikutus (60 senkkaa, 23 % peitsattu)



Huuhtelun loppumisaika on otettu terässulaton tietokannasta. Tilastossa on vain 60 senkkaa, koska muissa tapauksissa huuhtelut eivät ole kirjautuneet tietokantaan. Senkoista 14 eli 23 % peitsattiin auki.

Taulukkoa 4 tarkasteltaessa huomataan, että aikavälillä 10 minuutista 34 minuuttiin 16 % senkoista peitsattiin auki. 35 minuutin kohdalla kuvaajassa tulee piikki, jonka jälkeen 55 % senkoista on peitsattu auki. Taulukosta 4 tehdyn päätelmän mukaan huuhtelu on mahdollisesti vaikuttanut kuuten (35 min jälkeen peitsaut) senkkaan kuvaajan 14:sta peitsatusta senkasta, mikä on 43 %

peitsausta vaatineista senkoista. Myös luvussa 3 esitellyn Vitlipin tutkimuksen mukaan ajalla on vaikutusta. Koska taulukussa on vain 60 senkkaa, voi aika huuhtelun loppumisesta valun alkuun olla vaikuttanut mahdollisesti muihinkin tilastoituihin senkkoihin, joita taulukossa 4 ei ole. On myös muistettava, että vaikutukset voivat olla päällekkäisiä, jolloin aika huuhtelun loppumisesta valun alkuun ei välttämättä ole ainoa syy aukeamattomuuteen.

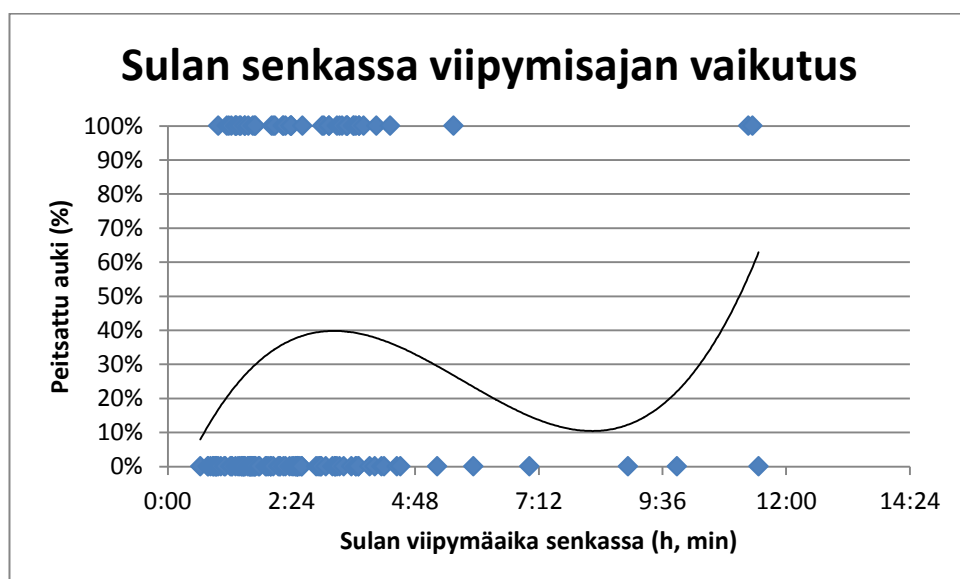
5.6 Muita tutkittuja muuttujia

Muilla tutkituilla muuttujilla ei ole huomattu vastaavanlaisia vaikutuksia tai vaikutus on vähäinen. Joidenkin muuttujien vaikutus, joka voisi olla tilastojen perusteella mahdollinen, voidaan selittää aiemmin käsitellyillä muuttujilla.

5.6.1 Sulan senkassa viipymisajan vaikutus

Taulukossa 5 on esitetty sulan senkassa viipymisajan vaikutus senkkojen aukeamiseen. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peitsaamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkkoja.

Taulukko 5. Sulan senkassa viipymisajan vaikutus (145 senkkaa, 32 % peitsattu)

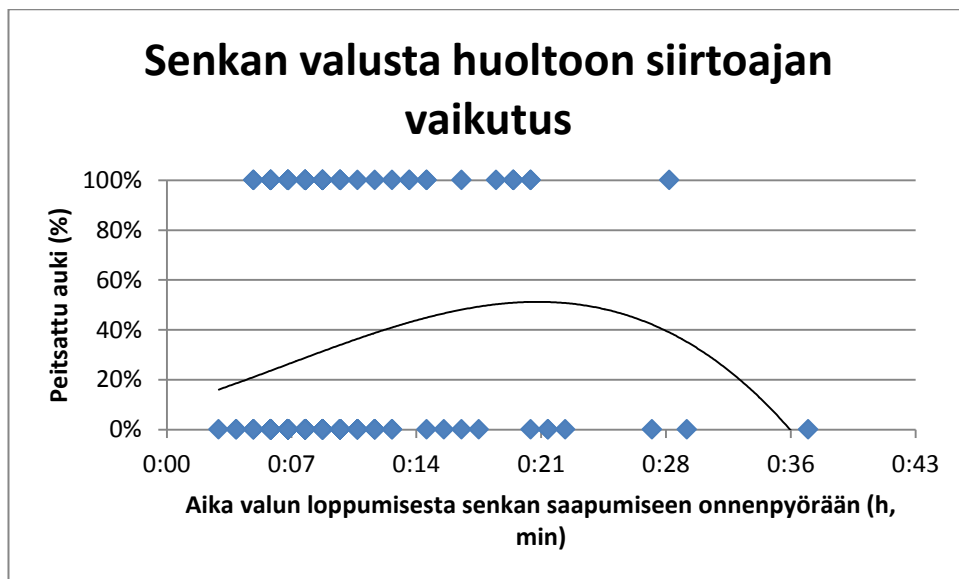


Kaksi yksittäistä peitsaamaan jouduttua senkkaa selittävät taulukon 5 jälkimmäisen nousun taulukon 5 lopussa. Kuvaajan alussa esiintyvä kumpu voidaan selittää vain aikaisemmissa kohdissa olleilla muuttujilla. Voidaan todeta, ettei viipymisajalla ole vaikutusta senkkojen aukeamiseen, kuten Vitlipin tekemässä tutkimuksessa.

5.6.2 Senkan valusta onnenpyörään siirtoajan vaikutus

Taulukossa 6 on esitetty senkan valusta onnenpyörään siirtoajan vaikutus. Kaksi pisimpään kestänyttä siirtoa on poistettu taulukosta taulukon selkeyttämiseksi. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peitsaamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkkoja.

Taulukko 6. Senkan valusta huoltoon siirtoajan vaikutus (143 senkkaa, 31 % peitsattu)

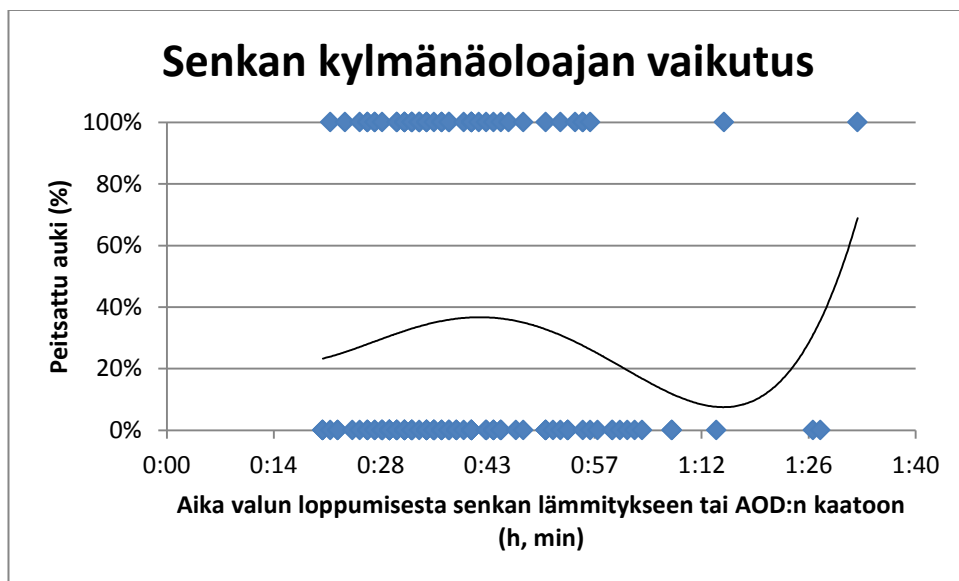


Taulukon 6 keskivaiheilla oleva piikki voidaan selittää ainoastaan aikaisemmin käsitellyillä muuttujilla, jolloin siirtoajalla ei ole vaikutusta senkkojen aukeamiseen. Ei pidä kuitenkaan unohtaa luvussa 5.4 käsitellyn valureiän kulumisen välillistä vaikutusta.

5.6.3 Senkan kylmänäoloajan vaikutus

Taulukossa 7 kuvataan senkan kylmänäoloajan vaikutusta senkkojen aukeamiseen. Kaksi pisimpään kylmänä ollutta senkkaa on poistettu taulukosta taulukon selkeyttämiseksi. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peitsaamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkkoja.

Taulukko 7. Senkan kylmänäoloaika (143 senkkaa, 31 % peitsattu)

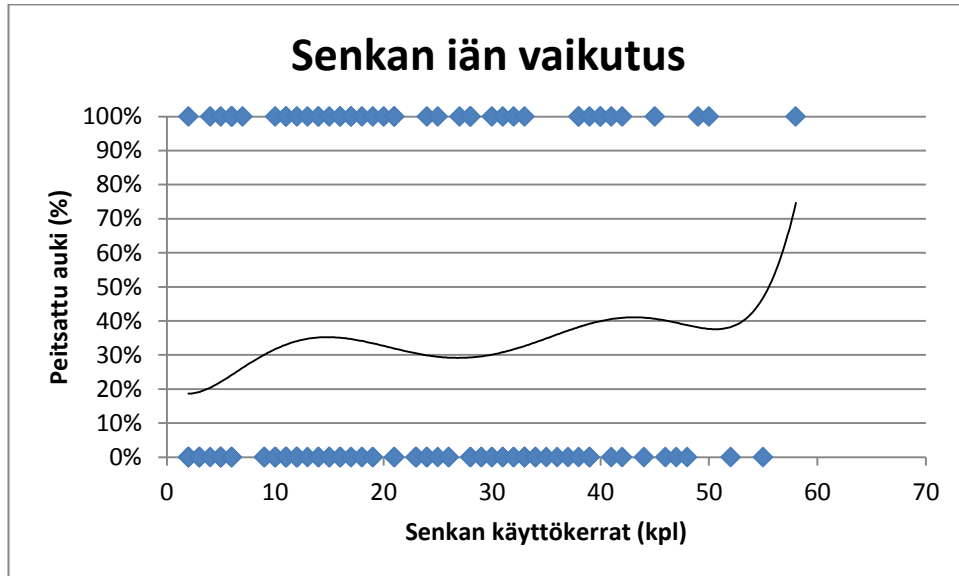


Taulukon 7 keskivaiheilla oleva piikki voidaan selittää ainoastaan aikaisemmin käsitellyillä muuttujilla, jolloin kylmänäoloajalla ei ole vaikutusta senkkojen aukeamiseen.

5.6.4 Senkan iän vaikutus

Alla olevassa taulukossa 8 on kuvattu senkan iän vaikutusta aukeamiseen. Ylhäällä olevat siniset pisteet kuvaavat senkkoja, jotka on jouduttu peitsaamaan ja alhaalla olevat siniset pisteet kuvaavat vapaasti auenneita senkkoja.

Taulukko 8. Senkan iän vaikutus (145 senkkaa, 32 % peitsattu)



Taulukossa 8 senkkojen aukeavuudessa havaitaan lievä lasku iän kasvaessa. Koska kuvaaja on aaltoileva ja lasku on niin lievää, ei iällä voida sanoa olevan merkitystä senkkojen aukeamiseen.

5.6.5 Skollaisuuden vaikutus

Senkan skollaisuudella tarkoitetaan senkan pohjalle tai seinille tarttuneita kuona-aineita ja jähmettynyttä metallia. Skollaisuutta on tarkasteltu silmämääräisellä arvioinnilla, jonka perusteella senkat jaettiin kahteen ryhmään, skollaiset ja skollattomat. Skollattomat aukesivat hieman paremmin kuin skollaiset. Skollaisen senkkojen ryhmään on kuitenkin sattunut paljon esilämmittämättömiä tai alle puoli tuntia lämmitettyjä senkkoja, mikä selittää eron. On kuitenkin mahdollista, että skollaisuus korostaisi AOD:n kaadon aiheuttamia pyörteitä senkassa.

6 SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET SENKKOJEN AUKEAVUUDEN PARANTAMISEKSI

Tulosten ja analyysin perusteella suositellaan toteutettavaksi seuraavia toimenpiteitä.

Hiekan vaihtoa suositellaan remontoituihin senkkoihin tilanteessa, jossa hiekkojen vaihto ei vaikuta tuotantoon. Hiekkojen vaihtoon menee 15 minuuttia aikaa, joten tätä ei pysty toteuttamaan jokaiseen senkkaan. Usein ensimmäisen remontin yhteydessä kehyskivi on hyvässä tai erinomaisessa kunnossa. Tällöin yläpuolinen massaus voitaisiin jättää kokonaan tekemättä, jolloin hiekoitus tapahtuisi normaalisti eikä hiekkoja tarvitsisi vaihtaa.

Yli kahdeksan tuntia lämmityksessä olleisiin senkkoihin suositellaan myös hiekkojen vaihtoa, tilanteessa, jossa hiekkojen vaihto ei vaikuta tuotantoon. Turhan työn välttämiseksi, senkkamiehen on pyrittävä kierrättämään senkkoja siten, että onnenpyörän 1-linjan lämmittimeen ei jäisi senkkaa yli kahdeksaksi tunniksi. Koska onnenpyörän lämmittimiä on kesän jälkeen korjattu, on niiden lämmityslämpötila noussut. Tämän takia hiekka voi sintraantua umpeen tutkittua nopeammin. Myös reiän koko voi vaikuttaa sintraantumisnopeuteen.

Hiekoittamiseen suositellaan käytettäväksi automaattihiekoitinta kekomaisen muodon takia aina kuin se on mahdollista. Jos hiekoittimen käyttö ei ole mahdollista, suositellaan käyttämään vähintään viittä **keskelle** reikää osunutta hiekkapussia senkan ehtiessä olla tunnin tai kauemmin lämmityksessä. Jos senkka ei ehdi olla tuntia lämmityksessä, hiekkapussien määrää on syytä lisätä, mitä vähemmän aikaa senkka ehtii olla esilämmityksessä. Mahdollisuuksien mukaan senkkamiehen on pyrittävä kierrättämään senkkoja siten, että ne ehtisivät olla jonkin aikaa lämmityksessä ennen AOD:n kaatoa.

Peitsatessa reikää onnenpyörässä täytyy olla huolellinen. Hyvä reikä on puhdas, sileäreunainen ja suora. Reiän hitaampi kuluminen kasvattaa remonttiväliä joka parantaa senkkojen aukeavuutta. Reiän hyvänä pysymisen kannalta on

tärkeää, että tyhjä senkka ei jää valukoneen haarukkaan venymään. Valukoneella sattuviin vinopeitsauksiin auttaa senkkojen auki peitsaustarpeen vähentäminen. Peitsatessa senkkaa onnenpyörässä peistä ei saa pitää pitkään yhdessä kohtaa, jotta reikä ei kuluisi epätasaisesti.

Tuotannossa esiintyvien ongelmien aikana senkkojen odotellessa joutilaana senkka-aseman vaunulla on syytä suorittaa lyhyitä huuhteluja, jotta sula ei pääsisi jähmettymään.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö aloitettiin tilastoimalla senkkoja heinäkuun alusta eteenpäin. Tilastotietojen keräys osoittautui tuskastuttavan hitaaksi. Aika valun loppumisesta senkan takaisin valuun tulemiseen voi kestää useita tunteja. Huonona päivänä työvuoron aikana ei välttämättä saatu tilastoitua yhtään senkkaa alusta loppuun. Hyvinä päivinä tilastoituja senkkoja saatettiin saada jopa kuusi. Syyskuun alussa tilastoinnissa oli pieni tauko, jonka jälkeen tilastojen keräys jatkui syyskuun loppuun.

Koska remontoitujen senkat eivät auenneet koskaan, oli valureikäremontti helppo luokitella aukeamattomuuden syyksi. Useiden eri vaikuttajien ja muuttujien takia tilastoista oli vaikea löytää muuta tai muita yhtä selviä tekijöitä senkan aukeamattomuuteen. Esilämmitysajan vaikutuksille oli aluksi vaikea keksiä teoriaa, koska sekä lämmittämättömät että yli kahdeksan tuntia lämmityksessä olleet senkat aukesivat huonosti. Automaattisen hiekoittimen käyttöönoton jälkeen yleisesti parantunut senkkojen aukeavuus auttoi keksimään teorian lämmittämättömien senkkojen aukeamattomuuteen.

Koska AOD:n kaadon aiheuttama hiekkojen syrjäytyminen on sattumanvarainen tekijä, ei voida tarkasti määrittää yksittäisiä senkkoja, joihin se on vaikuttanut. Myös valureiän epätasaisesta kulumisesta aiheutuneita aukeamattomuuksia on vaikea määrittää tarkasti. Välillä erinomaisetkin reiät vaativat peitsausta, koska niihin on vaikuttanut jokin toinen tekijä ja toisinaan epätäydelliset reiät voivat aueta. Vaikka vaikuttavien tekijöiden laajuudesta ei ole tarkkaa tietoa, niille on silti teoria sekä tilastollista näyttöä, mikä todistaa tietyillä muuttujilla olevan vaikutusta senkkojen aukeamiseen.

Syyskuun lopussa käyttöönotettu automaattihiekoitin on parantanut senkkojen aukeavuutta huomattavasti tilastojen tekemisen jälkeen. Tekemäni opinnäytetyön tulosten perusteella mahdollisesti toteutettavien muiden muutosten uskon silti vaikuttavan merkittävästi senkkojen aukeavuuden paranemiseen. Vaikka kaikkia muutoksia ei pystyttäisi toteuttamaan tai toimimaan joka tilanteessa

suositusten mukaan, syiden ymmärtäminen auttaa senkkamiestä toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla senkkojen aukeavuuden kannalta.

Senkkakirjanpidon siirtäminen paperilta tietokantaan nostaisi senkkojen tilastoinnin uudelle tasolle. Näin saataisiin useista muuttujista jatkuvaa tilastotietoa. Lämmitysajat sekä muut ajat, joita ei tietokannassa vielä ole, siirtyisivät kirjanpitoon automaattisesti. Senkan auki peitsauksen merkiksi painettava nappi pitäisi korvata peitseeseen johtavaan happiletkuun asennettavalla virtausmittarilla. Virtausmittari ilmoittaisi virtauksen havaitessaan siitä tietokantaan, jolloin toteutettujen toimintatapojen muutoksien vaikutuksista saataisiin tarkka tieto.

8 LÄHTEET

Alcar International ltd, www-sivut 2014. Hakupäivä 31.10.2014.

<http://www.alcarinternational.com/products/>

Metallinjalostajat ry. 2009. Teräskirja. 8. Painos. Tampere: Esa Print Oy

<http://tech.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/teraskirja.html>

Metallinjalostajat ry. 2010. Sanakirja

tech.teknologiateollisuus.fi/file/1358/sanakirja.pdf.html

Metallurgy Incorporation www-sivut 2014. Hakupäivä 31.10.2014.

<http://www.neumetallurgy.com/tech/display.php?aid=106>

Tervetuloa terässulatolle. 2014. Esite. Outokumpu Stainless Oy, Tornio Works.

The AISE Steel Foundation 2003. The Making, Shaping and Threating of Steel. 11th Edition. Casting Volume. Pittsburgh Pa.