

# VALUPULVERIAUTOMAATIN KÄYTTÖÖNOTTO

Rauma Harri

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala  
Konetekniikan koulutusohjelma  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Harri Rauma	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
<b>Toimeksiantaja</b>	Outokumpu Stainless Oy Ins. (AMK) Jari Lalli		
<b>Työn nimi</b>	Valupulveriautomaatin käyttöönotto		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	41 + 10		

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää valupulveriautomaatin käyttöönottoon liittyviä etuja Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden linja 1:n jatkuvavalukoneella. Linja 1:n jatkuvavalukoneella on valuprosessissa käytetty manuaalista valupulverin syöttöä koko sen historian ajan.

Tätä opinnäytetyötä varten kerättiin tietoa kirjaamalla päivittäin valupulverin kulu- tusta valuprosessin aikana, tarkastelemalla varastokirjanpitoa ja vertailemalla saatua tietoa koneen antaman reaaliaikaisen tiedon kanssa. Tätä kerättyä ja ver- taittua valupulverin kulutustietoa voidaan käyttää hyödyksi kululaskelmia tehtä- essä ja näin saavuttaa taloudellisia etuja.

Valupulveriautomaatin käyttöönotolla linja 1:n jatkuvavalukoneella saavutettiin teräksen laadun ja työturvallisuuden, sekä työskentelyolosuhteiden parantu- mista. Valupulveriautomaatin käyttö tuli olennaiseksi osaksi valuprosessia ja sen käyttö oli sujuvaa. Valupulveriautomaatin koekäyttöjakso sujui täysin häiriöttä.

Avainsanat

jatkuvavalu, valupulveri, valupulveriautomaatti

Technology, Communication and Transport  
Mechanical and Production Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Harri Rauma	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Arto Jäntti, MEng		
<b>Commissioned by</b>	Outokumpu Stainless Oy Jari Lalli, BEng		
<b>Subject of thesis</b>	Implementation of the Automatic Mold Powder Distribution Mechanism		
<b>Number of pages</b>	41 + 10		

---

The purpose of my Thesis was to search and sort out the benefits of implementation of the Automatic Mold Powder Distribution Mechanism in the continuous casting machine 1 in Outokumpu Stainless Tornio Works. In the casting process of the continuous casting machine 1, the mold powder supply has been manual throughout all its history.

The data of mold powder consumption for the Thesis was collected by recording the consumption of mold powder daily during the casting process, by viewing the SAP data and then comparing the data received with the realtime data. This collected and recorded data of the mold powder consumption can be used for the expense accounting, and it can help to achieve economic benefits.

With the implement of the Automatic Mold Distribution Mechanism in the line 1, the continuous casting machine achieved the improvement of steel quality and worksafety, as well as working conditions. The use of the Automatic Mold Powder Distribution Mechanism became an integral part of the casting process and its use was smooth. The testing period of the Automatic Mold Powder Distribution Mechanism went completely without any reported harms.

**Key words** continuous casting, mold powder, automatic mold powder distribution mechanism

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 PROSESSIN ESITTELY .....	9
2.1 Ruostumattoman teräksen valmistus .....	9
2.2 Jatkuvavalu .....	12
3 VALUPULVERI .....	13
3.1 Yleistä tietoa valupulvereista .....	13
3.2 Tietoa valupulvereiden yleisimmistä kemiallisista koostumuksista .....	16
4 TYÖTURVALLISUUS .....	17
5 VALUPULVERIAUTOMAATTI .....	19
5.1 Tekniset tiedot .....	19
5.2 Asennus .....	20
5.3 Koekäyttöjakso .....	22
6 VALUPULVERIAUTOMAATIN TOIMINTAKUVAUS .....	23
6.1 Valupulveriautomaatin hälytykset .....	26
6.2 Kauko-ohjaimen käyttöohjeet .....	28
7 VALUPULVERIAUTOMAATIN KÄYTTÖ .....	30
7.1 Valupulveriautomaatista saatavat tiedot .....	30
7.2 Käyttäjäkokeimuksia .....	31
8 VALUPULVERIN KULUTUKSEN SEURANTA .....	32
8.1 Seuranta manuaalisyötön aikana .....	32
8.2 Seuranta valupulveriautomaatin aikana .....	35
9 LAATU .....	37
9.1 Laadunvalvonta .....	37
10 POHDINTA .....	39
LÄHTEET .....	40
LIITTEET .....	41

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Stainless Oy:stä opinnäytetyön toimeksiantajaani Insinööri (AMK) Jari Lallia mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö valupulveriautomaatin käyttöönotosta, sekä DI Marko Petäjäjärveä, joka on mahdollistanut laajalla valuprosessia koskevalla tietämyksellään sujuvan tiedonhankinnan opinnäytetyötä varten. Kiitos opinnäytetyön ohjaajalleni Insinööri (YAMK) Arto Jäntille Lapin AMK:sta, kuten myös koneen toimittaneille DI Timo Seilolle ja Guillaume Gerardille, jotka jaksoivat vastaila välillä kiperiinkin konetta koskeviin kysymyksiini. Ja edelleen unohtamatta valuoperaattoreita, jotka vuodesta toiseen omalla vanalla ammattitaidollaan valmistavat maailman parasta ruostumatonta terästä. Heiltä olen saanut tiedot ja taidot, joita pystyin hyödyntämään opintoja tehdesäni. Kiitos siitä. Ja kiitos ennen kaikkea kotijoukoille, vaimolleni Outille, sekä pojilleni Sampolle ja Sisulle. He ovat joutuneet joustamaan, kun olen kulkenut vuo-rotyössä ja silloinkin, kun opiskelut ovat välillä venyneet iltamyöhään saakka.

Martinniemessä 14. tammikuuta 2018,

Harri Rauma

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AOD	Argon-Oxygen-Decarburization
Granuloitu	Rakeistettu
JTSU	Jaloterässulatto
JVK1	Jatkuvavalukone 1
Mellotus	Tapahtuma, jossa raudan hiili reagoi sulaan tuodun hapen kanssa
PDM	Powder Distribution Mechanism
Pelkistys	Tapahtuma, jossa kuonassa oleva kromioksidi palaute- taan teräkseen piiseostuksella
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä
Valusekvenssi	Useamman perättäisen sulan valu
VKU	Valokaariuuni

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on valupulveriautomaatin käyttöönotto. Linja 1:n jatkuva-valukoneella on havaittu ongelmia liittyen valupulverin manuaalisyyttöön. Tässä opinnäytetyössä tullaan käsittelemään näitä ongelmia ja ratkaisuja niihin.

Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden linja 1:llä ei ole aiemmin ollut käytössä valupulveriautomaattia. Työn tarkoituksena on selvittää valupulveriautomaatin käyttöönotosta saatavia etuja teräksen laadun ja työturvallisuuden parantamiseen.

Outokumpu Oyj on yksi ruostumattoman teräksen johtavista tuottajista maailmassa, ja sen vuosittainen tuotantokapasiteetti on noin 3,1 miljoonaa tonnia. Konsernin historia ulottuu yli sadan vuoden päähän, jolloin vuonna 1910 löydettiin Itä-Suomesta kuparimalmiesiintymä, jonka avulla Outokummusta muodostui kaivosteollisuudessa vahvaa jalansijaa kasvattava yritys. Vuosien varrella Outokumpu on kehittynyt monimetalli- ja kaivosyhtiöstä ruostumattoman teräksen markkinajohtajaksi. (Outokumpu Oyj 2017)

Tornion tehdas, jota kutsutaan myös maailman integroiduimmaksi terästehtaaksi, sijaitsee Tornion Röyttässä. Tornion tehtaaseen kuuluu Kemin kromikaivos, ferrokromitehdas, terässulatto sekä kuuma- ja kylmävalssaamot. Tämä mahdollistaa sen, että samalla alueella pystytään hoitamaan koko teräksen tuotantoprosessi, kromimalmin louhinnasta maaperästä valmiiseen teräsrullaan saakka. (Outokumpu Oyj 2017)

Integroidusta tehtaasta saatavat edut näkyvät JTSU:n linja 1:llä, joka hyödyntää sulaa ferrokromia tuotannossaan. Sillä saavutetaan merkittävää kustannustehokkuutta valmistusprosessin aikana. JTSU:lla voidaan sulattaa myös muut ruostumattoman teräksen valmistukseen käytettävät raaka-aineet, kuten nikkeli sekä kierrätysteräs. Sulasta teräksestä saadaan valmistettua lukuisia erilaisia teräslajeja asiakkaiden vaatimusten mukaan. (Outokumpu Oyj 2017.)

Linjan 1 päätuotantolaitteet tilattiin kesällä 1974. Onnistunut koevalu Itävallassa sai Outokummun varmistumaan siitä, että sulattoon voidaan valita Vöest-Alpinen suorakokillinen jatkuvavalukone. Se voitti myös hinnallaan Demagin ja Concastin

vastaavat laitteet. Poikkeuksellisen tiukkojen takuuehtojen ja koulutusvelvollisuuden vastineeksi Vöest Alpine sai Tornioista arvokkaan referenssin ja yhtiön suomalainen tuontiliike Oy Axel von Knorringin Teknillinen Toimisto historiansa suurimman kaupan. (Särkikoski 2005, 220.)

Outokummun käyttöinsinöörejä, teknikoita ja työntekijöitä koulutettiin noin puoleltoista vuoden ajan Kruppilla Saksassa ja laitevalmistajien tehtailla. Koulutusohjelma oli mittava, sillä tehdasta ajava miehistö haluttiin koulua tehtäviinsä oikeassa ympäristössä. Ryhmät oli tarkoitus hitsata niin hyvin yhteen, että ne pystyivät ottamaan tehtaan vastuulleen heti kun se oli valmis. Esimerkiksi Vöest-Alpinen tehtaalla jatkuvaa valua vuoden 1974 lopulla opiskelleet työnjohtajat olivat valmiit käyttämään koneita omin päin enemmänkin kuin mihin isännät olivat varautuneet. (Särkikoski 2005, 241.)

Outokummun JTSU:n JVK 1:llä on käytetty manuaalista valupulverin syöttöä koko sen historian ajan. Manuaalisyötöstä on aiheutunut laatuvaihtelua, johtuen valupulverin vaihtelevasta määrästä kokillissa. (Lalli 2017). Valupulverin määrä on todettu Tornion tehtailla käytännössä toimivaksi silloin, kun valupulverin yläpinta on kokillin kuparin kohdalla. (Petäjäjärvi 2017.)

Syyskuussa 2017 JVK 1:lle otettiin koekäyttöön valupulveriautomaatti ja koekäytöstä saatujen tulosten perusteella päätetään laitteen investoinnista alkuvuoden 2018 aikana. (Lalli 2017.)

Olen ollut kesätyössä kahtena kesänä JVK 1:llä valajana, joten valupulverin käyttö valussa ja sen manuaalisyötöstä johtuvat ongelmat ovat hyvin tiedossani. Oma kokemus valupulverin käytön ongelmista ja koko linja 1:n valuprosessin ymmärtäminen on antanut minulle vahvan pohjatiedon tehdä aiheesta opinnäytetyö.



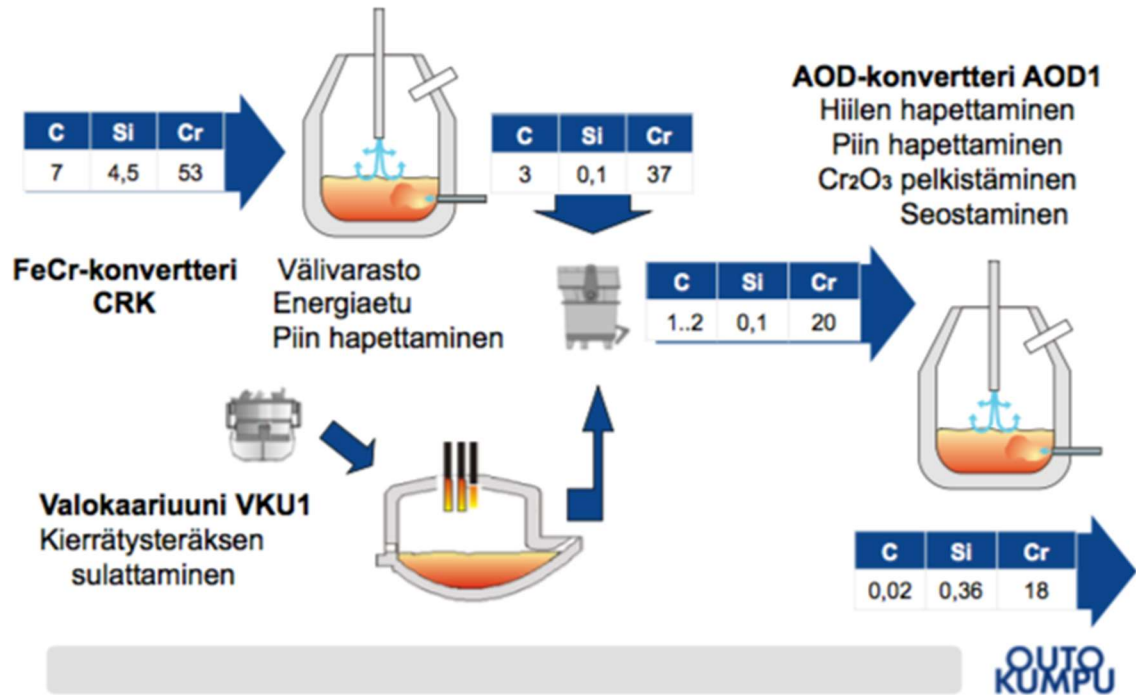
## 2 PROSESSIN ESITTELY

### 2.1 Ruostumattoman teräksen valmistus

Ruostumattoman teräksen teollinen valmistus aloitettiin 1920-luvulla USA:ssa. Valmistus tapahtui sulattamalla rautaa ja niukkahiilistä ferrokromia valokaariuunissa ilman mellotusta. Noihin aikoihin vaikeutena oli riittävän alhaisen hiilipitoisuuden saavuttaminen. Ruostumattomien terästen mellotustekniikka kehittyi 1930-luvulla, jolloin mellotus tapahtui malmilla ja 1940-luvulle siirryttäessä mellotuksessa ryhdyttiin käyttämään happea. Hapen käyttö mellotuksessa mahdollisti ruostumattoman kierrätysteräksen ja runsashiilisen ferrokromin käytön raaka-aineena. (Teräskirja 2014, 40.)

Tornion terästehdas valmistaa ruostumatonta terästä sulattamalla kierrätysterästä valokaariuunissa ja lisäämällä siihen sulaa ferrokromia. Mellottaminen hyvin matalaan hiilipitoisuuteen tapahtuu AOD-konvertterissa. AOD-konvertterissa sulasta teräksestä poistetaan hiili puhaltamalla teräkseen happea, sekä hapen, argonin ja typen seosta. AOD-prosessissa on kolme vaihetta: mellotus, pelkistys ja rikinpoisto. Mellotuksessa terässulassa oleva kromi hapettuu ja pelkistyksessä kuonassa oleva kromioksidi palautetaan teräkseen piiseostuksella. Loppuseostus tehdään tarvittaessa lähelle tulevan tuotteen tavoitekoostumusta. Sulan lämpötila tähdätään noin 1650°C:seen. (Kuva 1) (Outokumpu Oyj 2017.)

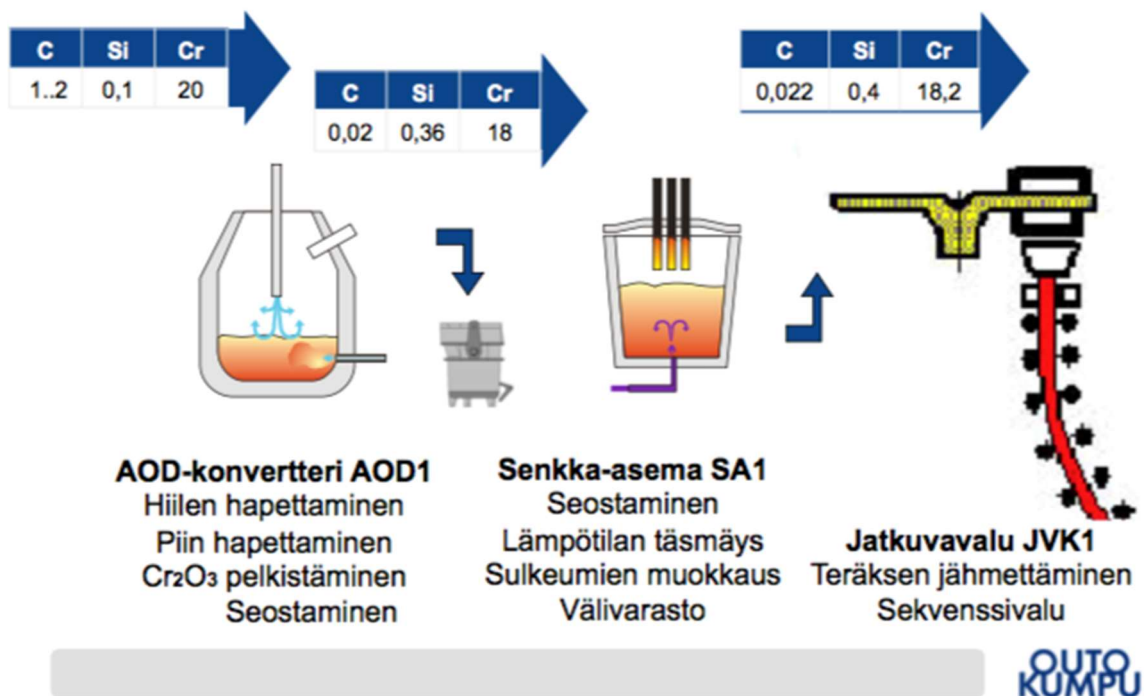
## Sulaton alkupään prosessivaiheet



Kuva 1. Sulaton alkupään prosessivaiheet (Outokumpu Oyj 2017.)

AOD-käsittelyn jälkeen sula kaadetaan valusenkkaan ja siirretään senkka-ase-malle viimeistelykäsittelyyn. Viimeistelykäsittelyssä teräksen koostumus viimeis-tellään seostamalla ja lämpötila säädetään valukoneelle sopivaksi. Seostus ta-pahtuu palaseosaineilla, kierrätysteräksellä, langoilla ja kaasulla. Tavoitteena on sulan koostumuksen täsmäys tuotestandardiin, sulan jäädyttäminen sekä sul-keumien muokkaus. Senkka-aseamalla tehdään myös sulan sekoitus. Tämä ta-pahtuu argon- huuhtelulla, sillä argon ei reagoi teräksen kanssa. Sekoitus teh-dään huuhtelutiilien avulla pohjan kautta sekä lanssilla. Tavoitteena tällä käsitte-lyllä on saada koostumukseltaan ja lämpötilaltaan tasalaatuinen teräs, teräksen jäädyttäminen sekä sulkeumien poisto teräksestä. Näiden toimenpiteiden jäl-keen sula lähetetään valukoneelle valettavaksi. (Kuva 2) (Outokumpu Oyj 2017.)

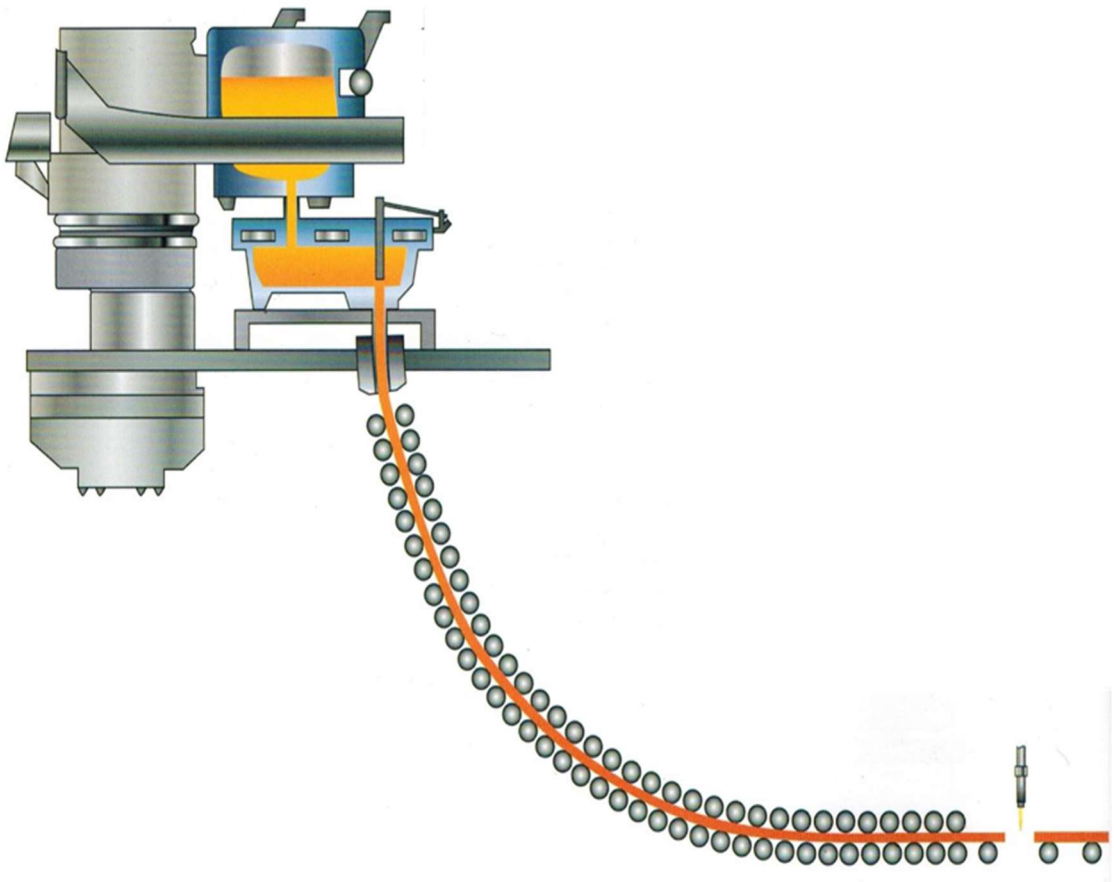
## Sulaton loppupään prosessivaiheet



Kuva 2. Sulaton loppupään prosessivaiheet (Outokumpu Oyj 2017.)

## 2.2 Jatkuvavalu

Sula teräs on saatettava jatkokäsittelyä varten kiinteään muotoon. Lämpötilan laskiessa sula teräs jähmettyy. JTSU:n linja 1:llä tämä tehdään jatkuvavaluna, jolla tuotetaan aihioita valssausta varten. (Kuva 3) Jatkuvavalussa sula teräs laskeaan valusenkasta välialtaan kautta vesijähdytteiseen kuparikokilliin. Kokillissa on valun alkaessa aloituspää, joka on ajettu aloitusketjun kanssa alhaalta ylös. Kokillin täyttymisen jälkeen aloitetaan aloituspään ja ketjun avulla valunauhan vetäminen kokillin läpi. Valunauhaa vedettäessä kokilli on edestakaisessa liikkeessä, jotta aihio ei tarttuisi kokilliin kiinni. Kokilliin syötetään lämmönsiirron tasaamiseksi ja voiteluaineeksi valupulveria. (Teräskirja 2014, 48.)

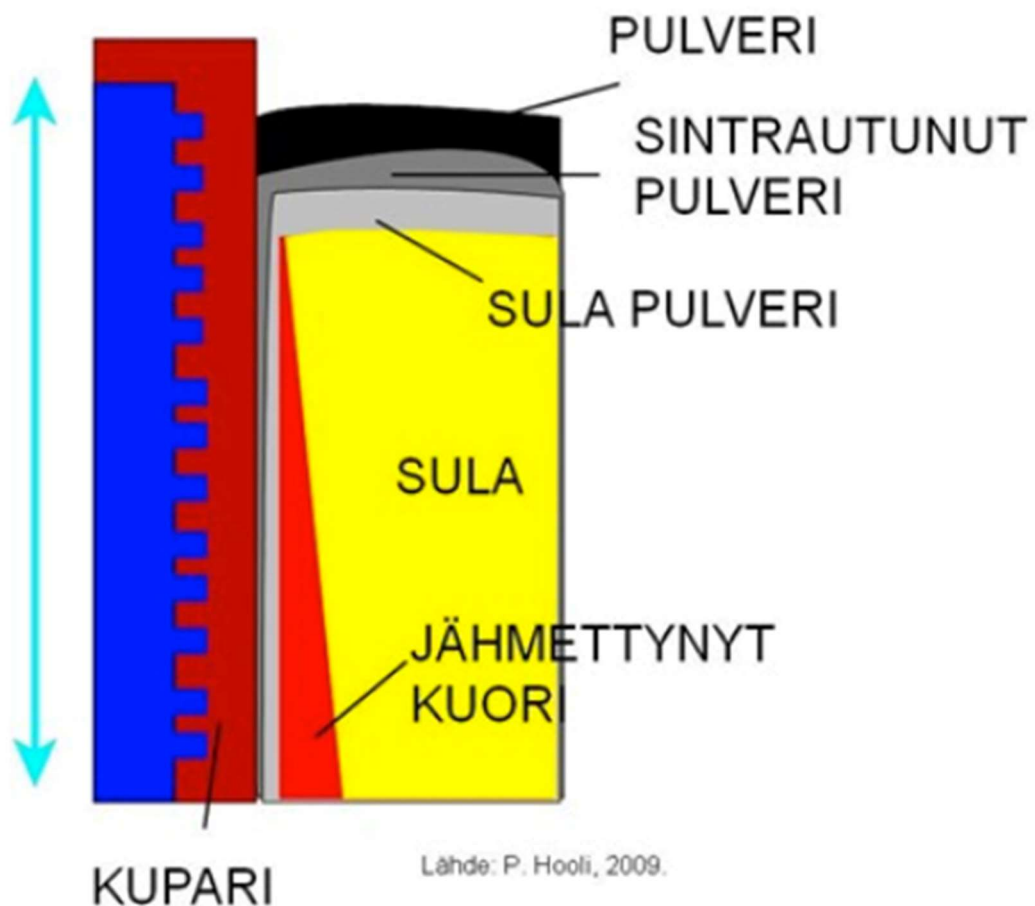


Kuva 3. Jatkuvalukone (Teräskirja 2014, 48)

### 3 VALUPULVERI

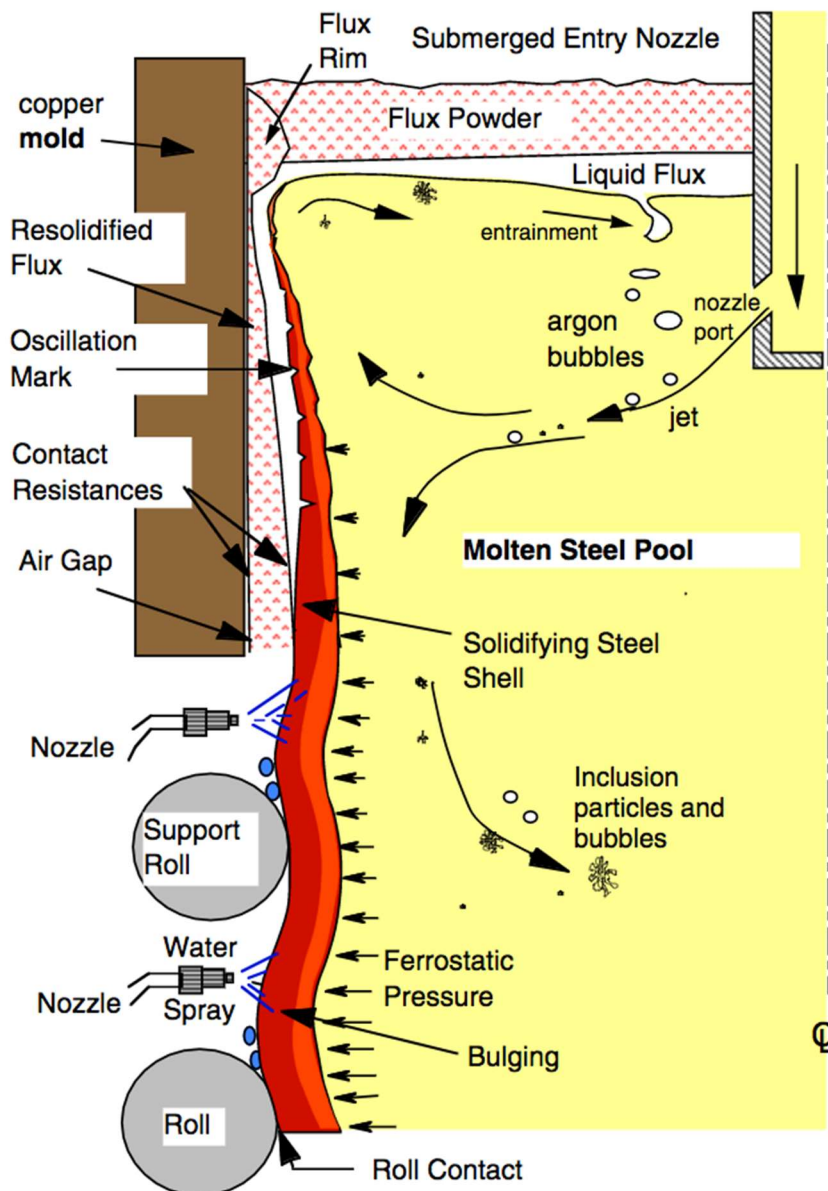
#### 3.1 Yleistä tietoa valupulvereista

Valupulverilla on suuri vaikutus sekä valun onnistumiseen että tuotteen laatuun. Kokilliin syötetään lämmönsiirron tasaamiseksi ja voiteluaineeksi valupulveria. (Teräskirja 2014, 48). Valupulveri syötetään kokilliin terässulan pinnalle, jossa se muodostaa neljä kerrosta: pulverikerroksen, sintraantuneen kerroksen, puuro-maisen kerroksen sekä sulan kuonakerroksen. Valupulveri sulaa ja tunkeutuu kokillin ja jähmettyvän kuoren väliseen rakkoon. Teräksen pinnalla olevan sulan kuonakerroksen on oltava vähintään 10 mm paksu riittävän voitelun takaamiseksi. Kokillin seinämää vasten jähmettynyt kuonakerros koostuu kiinteästä sekä sulasta kerroksesta. (Kuva 4)



Kuva 4. Valupulveri kokillissa (Hooli 2009, 6.)

Valupulverin tehtävänä on toimia lämmöneristeenä kokillin yläpinnalla ja estää näin teräksen hapettuminen ja liuottaa nousevat sulkeumat (Kuva 5), sekä toimia jähmettyvän teräskuoren ja kokillin välisenä voiteluna ja lämmönsiirtäjänä sulasta kokilliin. Lämmönsiirtonopeus vähenee valupulverin jähmettymislämpötilan kasvaessa, täten seuraa vähemmän aihiohalkeamia, jotka johtuvat epätasaisen lämmönsiirron aiheuttamista termisistä jännityksistä.



Kuva 5. Sulkeumien liuottaminen (Thomas 2001, 17.)

Linja 1:llä valetaan pääsääntöisesti ferriittisiä ja austeniittisiä teräslaatuja, joilla kullakin käytetään valuprosessissa eri valupulvereita. Valupulveriautomaatissa voidaan käyttää ainoastaan granuloitua valupulveria. JVK 1:llä on käytössä neljä erilaista granuloitua valupulveria, kukin eri teräslaadulle. Näiden lisäksi käytössä on harvakseltaan yksi ei-granuloitu valupulveri, jota ei voida käyttää valupulveriautomaatissa.

Valupulverit ovat:

- Valupulveri A
- Valupulveri B
- Valupulveri C
- Valupulveri D.

Flukseilla ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ , F) alennetaan valupulverin sulamispistettä ja niillä on myös taipumus alentaa viskositeettia. Valupulverin sisältämä hiili (C) reagoi hapen kanssa muodostaen pelkistävän atmosfäärin (CO), joka estää teräksen pinnan hapettumisen. Hiili estää myös valupulverin sisältämien oksidipartikkelien sintraantumisen ennen sulan kuonan muodostumista. Valupulverin ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus valunopeuteen ja aihion pinnanlaatuun. Käytettävästä valupulverista on tunnettava viskositeetti, jähmettymis- ja sulamislämpötila sekä pintajännitys. Outokummun Tornion tehtaalla valupulverin kemiallinen koostumus on eri, riippuen siitä, valetaanko austeniittista vai ferriittistä teräslaatu. Erot yhdisteissä ei ole kovin suuria, mutta pienilläkin muutoksilla on saatu aikaan toivottuja vaikutuksia valuprosessin laatuun. (Petäjäjärvi 2017.)

### 3.2 Tietoa valupulvereiden yleisimmistä kemiallisista koostumuksista

Taulukossa (Taulukko 1) on lueteltu valupulvereiden yleisimmät kemialliset koostumukset. Näitä kemiallisia koostumuksia käytetään ferriittisillä ja austeniittisilla teräslaaduilla.

Taulukko 1. Valupulverin kemiallinen koostumus

Valupulveri	Teräslaatu	Teräslaatu
Sisältö	Ferriittinen	Austeniittinen
CaO	31-41%	29-39%
SiO <sub>2</sub>	31-39%	34-37%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6-2%	0,5-2%
MgO	0,7-6%	0,8-2%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-8%	4-8%
MnO	0-5%	0-5%
K <sub>2</sub> O	0-1%	0-1%
Na <sub>2</sub> O	6-10%	7-14%
Li <sub>2</sub> O	0-1%	0-1%
F	5-11%	6-10%
C vapaa	1-3%	1-4%
CO <sub>2</sub>	5-7%	4-8%
C kokonais	3-5%	3-5%



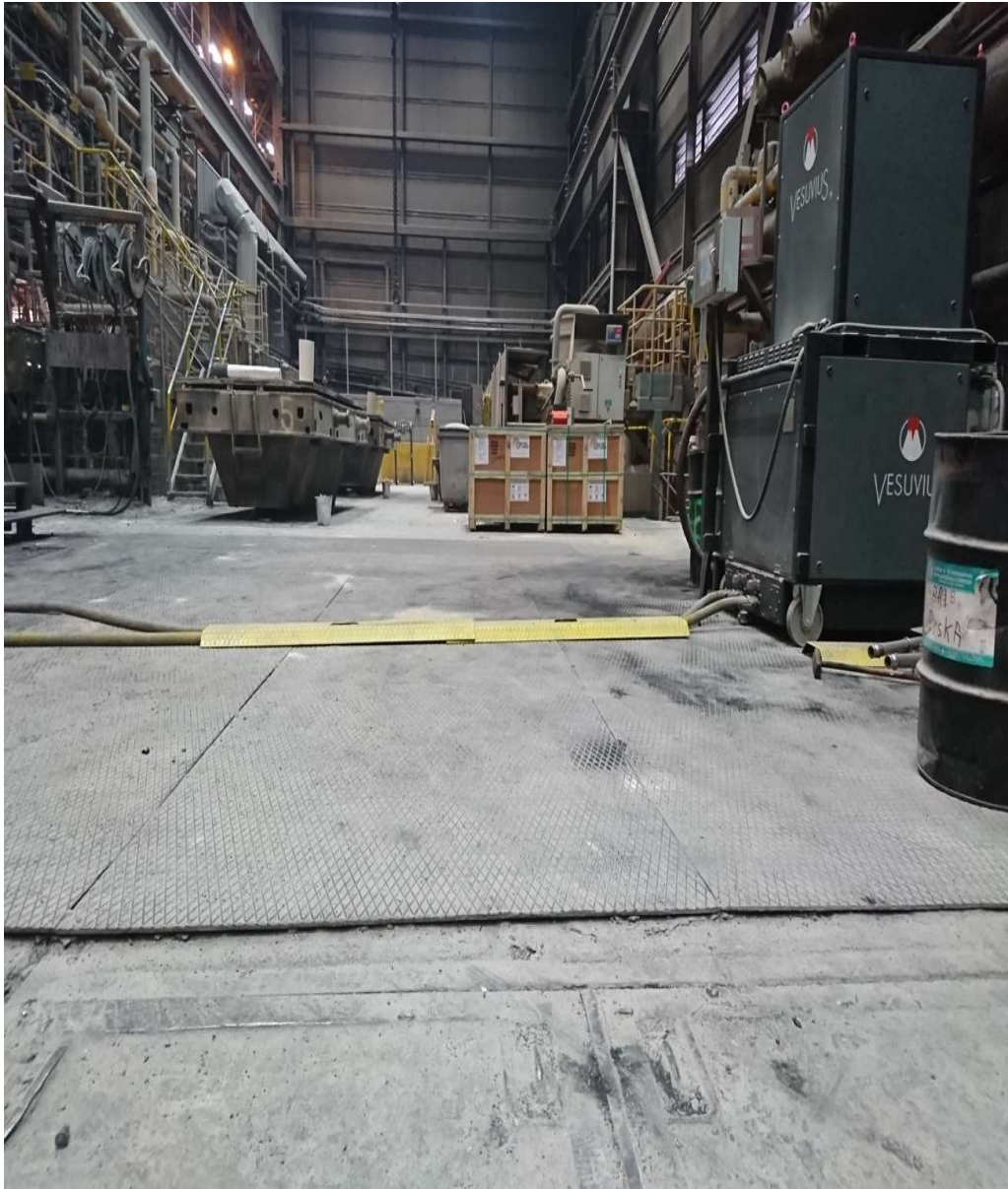
## 4 TYÖTURVALLISUUS

Jokaisen Tornion tehtaalla työskentelevän on tunnettava oman työnsä ja työympäristönsä vaarat ja tiedettävä, miten niiltä suojaudutaan. Työohjeissa kerrotaan töiden turvallinen suorittamistapa ja tarvittavat varotoimenpiteet. (Outokumpu Oyj 2017.)

Valupulveriautomaatin käytöstä on tehty suppea riskikartoitus. Tämän lisäksi operaattorit on vuoro kerrallaan perehdytetty asianmukaisesti laitteen käyttöön. (Petäjäjärvi 2017.) Tätä opinnäytetyötä tehdessäni kiinnitin erityistä huomiota työturvallisuuteen. Joka kerta valukoneelle mennessäni ilmoitin tulostani etukäteen ja kulkiessani valutasolla seurasin nosturiliikennettä ja pyrin olemaan operaattoreiden havaittavissa, estämättä kuitenkaan heidän työskentelyään. Ennen työpisteeseen menoa pukeuduin huomiovaatetukseen, turvakypärään kuulosuojaimineen sekä suojalaseihin.

JVK1:n valutasolla on vähän työskentelytilaa. Valupulveriautomaatti sijoitettiin tämän vuoksi paikkaan, jossa se ei estä valutasolla työskentelyä ja ettei siitä aiheudu merkittävää haittaa kävelyliikenteelle. Valun aikana valupulveriautomaatin letkut kulkevat valutason poikki, aiheuttaen näin kompastumisvaaran. Työturvallisuus-seikkojen vuoksi valupulveriautomaatin syöttöletkujen päälle on asennettu kävelysillat, jotka on maalattu huomiovärillä. (Kuva 6)

Keskimääräinen aika, jonka valuoperaattori viettää valun aikana valutasolla välialtaan läheisyydessä, on ollut valupulverin manuaalisyöttöä käytettäessä noin 20 minuuttia yhden valusenkan aikana. Valupulveriautomaatin käyttöönoton jälkeen tuo aika on lyhentynyt noin kymmeneen minuuttiin. Tämä on osaltaan ollut parantamassa työturvallisuutta, sillä välialtaan läheisyydessä työskentely on ollut riskialtista muun muassa valusenkan nokalta tippuvien kuonapaakkujen vuoksi. Muita turvallisuusriskejä välialtaan läheisyydessä työskennellessä ovat sulan kuumentamat välialtaan seinämät, välialtaasta lentävät sularoiskeet ja valupulverin ja peitostekalkin aiheuttama hienojakoinen pöly.

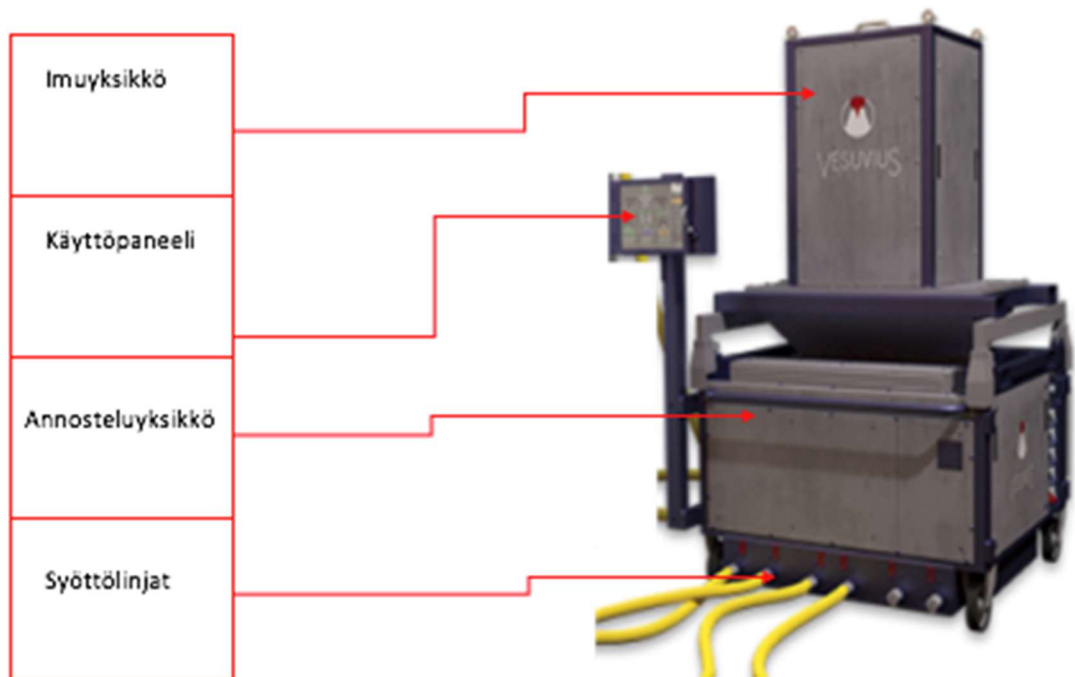


Kuva 6. Valupulveriautomaatin syöttöletkut ja kävelysillat

## 5 VALUPULVERIAUTOMAATTI

### 5.1 Tekniset tiedot

Valupulveriautomaatin valmistaja on ranskalainen Sert Metal. Sert Metal on yhdysvaltalaisen sulan metallin virtaustekniikan johtavan toimijan, Vesuvius Plc:n omistama yritys. (Seilo 2017.) Valupulveriautomaatin merkki ja malli on Vesuvius PDM300. Automaatin mitat ilman säiliötä on 2257x1714x1235 mm. Laite painaa noin 1300 kg ja on asennettu pyörien päälle. Valupulveriautomaatin pääosat ovat imuysikkö, annosteluyksikkö, käyttöpaneeli ja syöttölinjat. (Kuva 7) Valupulveriautomaatti toimii 230 V yksivaiheisella vaihtovirralla. Paineilmalaitteiston vaatima käyttöpaine on 6,2 baria ja tilavuusvirtavaatimus 1200 l/min. (Gerard 2017.)



Kuva 7. Valupulveriautomaatti ja sen pääosat

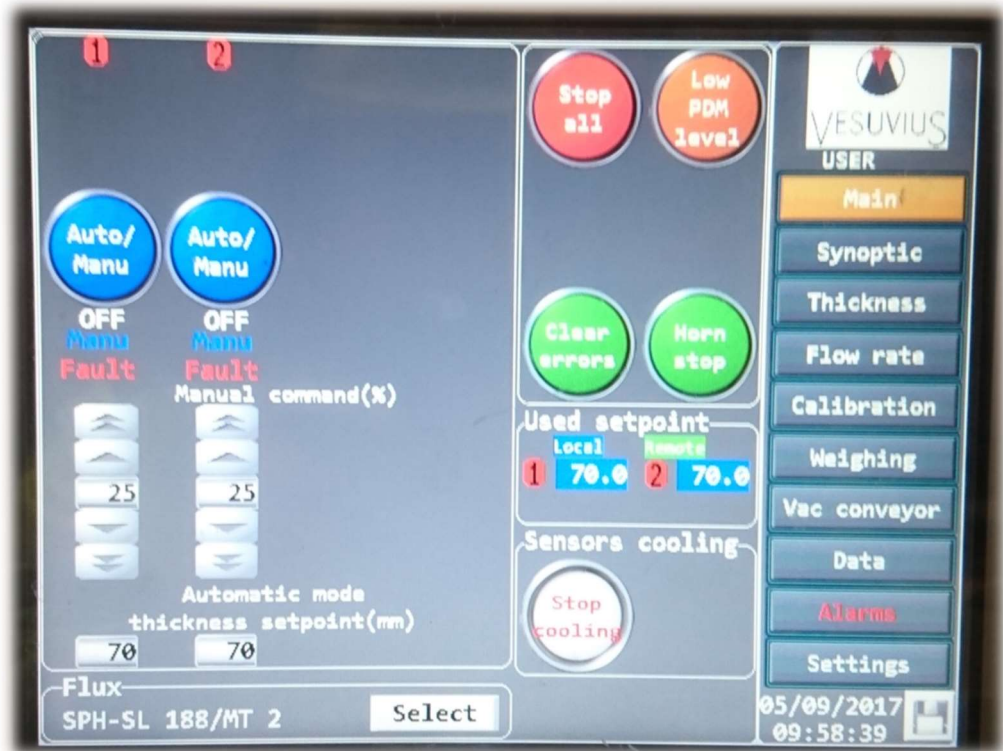
## 5.2 Asennus

Valupulveriautomaatti asennettiin ja otettiin käyttöön syyskuussa 2017. Automaatti sijoitettiin niin, ettei se estä valutasolla työskentelyä, ja kuitenkin niin, että valupulverin syöttöletkut yltyvät hyvin kokilliin saakka. Valupulveriautomaatin sijoituksessa tuli huomioida virran ja paineilman saanti sekä se, ettei automaatti estä varauloskäyntien käyttöä. (Kuva 8)



Kuva 8. Valupulveriautomaatin asennuspaikka

Valupulveriautomaatin käyttöohjelmiston kielenä on englanti (Kuva 9). Valuoperaattoreille on tämän vuoksi tehty suomenkielinen valupulveriautomaatin käyttöohje.



Kuva 9. Valupulveriautomaatin käyttöpaneelin päänäkymä

### 5.3 Koekäyttöjakso

Valupulveriautomaatin koekäyttöjakso toteutettiin 5.9 – 2.12.2017 välisenä aikana. Koekäyttöjaksolla oli tavoitteena selvittää valupulverin kokillissa olevan määrän vaikutus teräksen laatuun, valupulveriautomaatin käyttöönoton vaikutus valupulverin kulutukseen, sekä työturvallisuuden muutos aikaisempaan. (Lalli 2017.) Kaiken kaikkiaan koekäyttöjakso sujui täysin häiriöttä.

## 6 VALUPULVERIAUTOMAATIN TOIMINTAKUVAUS

Valua aloitettaessa kokiliin lisätään aloituspulveri manuaalisesti. Odotetaan siihen saakka, kunnes pulveri on kulunut lähes loppuun. Tämän jälkeen lisätään 1-2 säkillistä (10-20kg) valupulveria kokiliin. Tämä vaihe täytyy suorittaa, ennen kuin valupulveriautomaattia voidaan käyttää, koska sillä vähennetään aloituspuhkeaman synnyn riskiä. (Petäjäjärvi 2017.)

Ennen valun aloitusta huolehditaan, että valupulveriautomaatin säiliössä on oikea valupulveri ja tarvittaessa esitäytetään säiliö. Valupulverisäiliöt ovat tilavuudeltaan 100 litran peltitynnyreitä, joihin on kylkeen merkitty kunkin valupulverin numero. (Kuva 10). Peltitynnyrit toimivat väliaikaisina valupulverisäiliöinä ja jos valupulveriautomaatin investointiin päädytään, niin valutasolle hankitaan ja sijoitetaan kiinteät siilot tai säiliöt, josta valupulverin syöttö automaatile voidaan hoitaa.



Kuva 10. Valupulveriautomaatin valupulverisäiliöt

Valupulveriautomaatin syöttöputket asetetaan kokillin kannelle oikeille paikoilleen valuputken molemmin puolen, kuitenkin niin, etteivät syöttöputket osu valuputken seinämiin. Syöttöputkien asettamisessa on noudatettava erityistä varovaisuutta, ettei valuputki pääse vaurioitumaan. Kapeilla ja keskileveillä aihioilla käytetään tarvittaessa yhdellä suuttimella varustettua syöttöputkea ja leveillä aihioilla kahdella suuttimella varustettua syöttöputkea. Tällä toimenpiteellä saadaan varmistettua valupulverin tasainen jakaantuminen kokilliin. Näiden toimenpiteiden jälkeen voidaan käynnistää valupulveriautomaatin syöttölinjat. (Kuva 11)



Kuva 11. Valupulveriautomaatin syöttöputket ja neljä suutinta kokillin päällä



Valun aikana valuoperaattori tarkkailee valupulverin syöttömäärää kokillissa ja säätää valupulveriautomaatin valupulverin syöttömäärän oletusarvoa tarvittaessa. Valupulverin määrää kokillissa on tarkkailtava, varsinkin valuputken juuressa ja valupulveria tulee lisätä sinne tarvittaessa manuaalisesti. (Kuva 12)



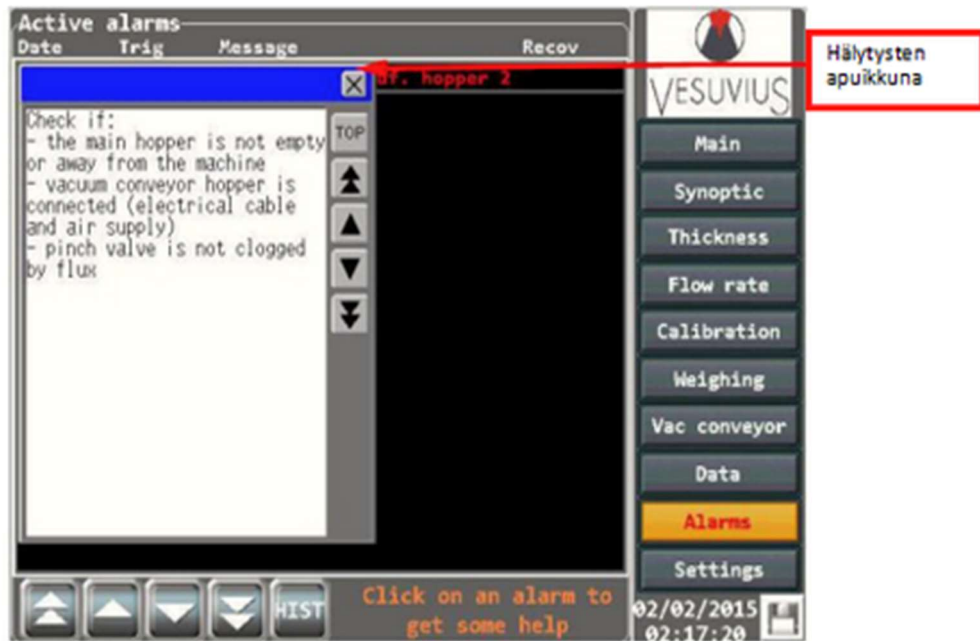
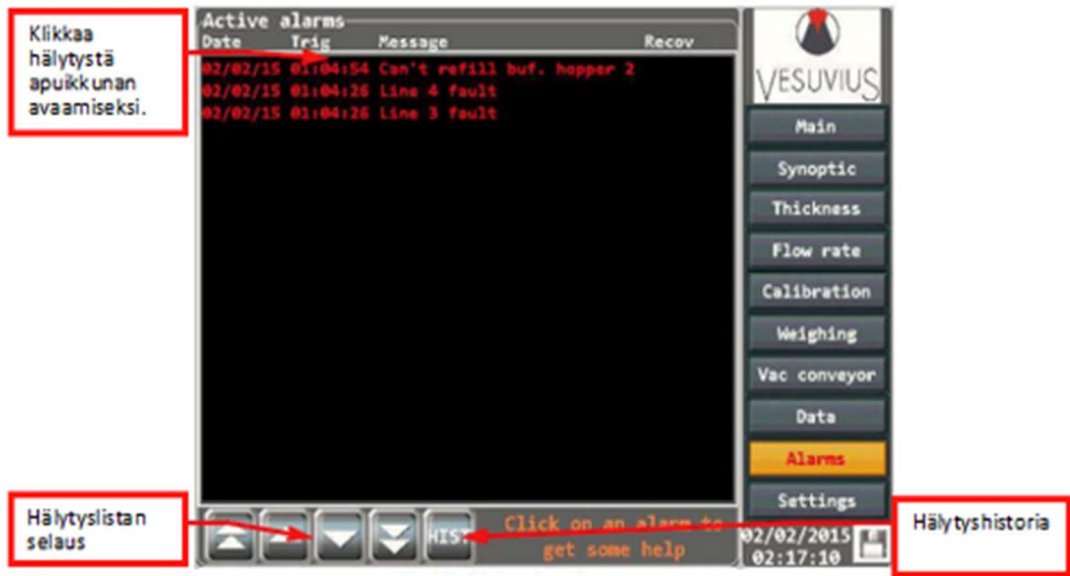
Kuva 12. Valupulverin tason yläpinta kokillissa

Tässä vaiheessa voidaan tarvittaessa myös siirtää syöttöputkia kokillin kannen päällä. Toimenpiteellä varmistetaan valupulverin tasainen jakaantuminen kokilliin. Valupulverin määrää valupulveriautomaatin säiliössä tarkkaillaan ja valupulveria lisätään tarvittaessa säiliöön.

Valun lopetuksessa valupulveriautomaatin syöttö katkaistaan noin 20 minuuttia ennen senkan loppumista. Tämä tieto saadaan valukelloa tarkkailemalla. Jos seuraava valu jatkuu käyttäen samaa valupulveria, poistetaan valupulveriautomaatin syöttöputket kokillin päältä ja kerätään syöttöletkut ja -putket pois valutasolta. Jos seuraava valettava teräslaatu valetaan eri valupulverilla, tällöin käynnistetään noin 30 minuuttia ennen valun lopetusta valupulveriautomaatin "Low PDM"-, eli matala pulveritaso-toiminto. Tätä toimintoa käytettäessä valupulveriautomaatti ajaa mekanisminsa tyhjäksi ja näin ollen hukkaan menevän valupulverin määrä jää pienemmäksi, sillä valupulveria, joka on käynyt koneen sisällä, ei voida käyttää uudelleen valupulverin granuloinnin rikkouduttua. Tällainen valupulveri voidaan kuitenkin käyttää manuaalisesti syötettäessä. Tämän jälkeen valupulveriautomaatti tyhjenetään valupulverista käyttäen "Disch PDM"-, eli valupulveriautomaatin tyhjennys -toimintoa. (Liite 1 (1), 1 (2))

## 6.1 Valupulveriautomaatin hälytykset

Valupulveriautomaatin näyttöön saattaa ilmestyä häiriöstä kertovia hälytyksiä. Painettaessa "Alarms"-, eli hälytykset-painiketta saadaan näytölle tarkemmat tiedot hälytyksen aiheuttamasta ongelmasta. Painamalla kutakin hälytys -ilmoitusta saadaan näytölle ilmestyvään ikkunaan tarkemmat tiedot hälytykseen johtaneista syistä. (Kuva 13)



Kuva 13. Valupulveriautomaatin näytön hälytystila

## 6.2 Kauko-ohjaimen käyttöohjeet

Valupulveriautomaatin toimintoja voidaan ohjata kauko-ohjaimella (Kuva 14). Tällöin kauko-ohjaimen pohjassa oleva virtakytkin tulee vapauttaa, jolloin taustavalaistu näyttö herää. Näyttöön ilmestyy pyyntö painaa "Function"- ja Next line"-nappeja yhtäaikaaisesti pohjaan. Nappeja tulee pitää alas painettuina siihen saakka, kunnes näytön teksti vaihtuu ja kauko-ohjaimesta kuuluu äänimerkki. Kauko-ohjaimen sammutus tapahtuu virtakytkimen painamisella takaisin pohjaan. Kauko-ohjaimen akun varaustaso voidaan todeta merkkivalon väristä. Jos merkkivalossa palaa vihreä valo, on akun varausprosentti tuolloin yli 10%. Jos kauko-ohjaimen akun varaustaso on laskenut alle 10%:iin, palaa merkkivalossa tuolloin punainen valo. Kauko-ohjaimen ollessa kytkettynä laturiin merkkivalon väri on punainen, ja se vilkkuu, ilmoittaen akun latauksen olevan käynnissä. Huomionarvoinen seikka on se, että kauko-ohjainta voidaan käyttää normaalisti latauksen aikana. (Liite 2 (1), 2 (2.))



Kuva 14. Valupulveriautomaatin kauko-ohjain

## 7 VALUPULVERIAUTOMAATIN KÄYTTÖ

### 7.1 Valupulveriautomaatista saatavat tiedot

Valupulveriautomaatista on mahdollista ottaa ulos erilaista dataa. Laite kirjoittaa sisäiselle muistikortille tietoa valupulverin syötöstä ja kulutuksesta päivämäärineen ja kellonaikoineen. Tämä helpottaa automaatin toiminnan seuraamista ja valupulverin kulutuksen yksilöimistä sulatuskohtaisesti. Tiedot voidaan purkaa valupulveriautomaatin käyttöpaneelista USB-väylän kautta muistitikulle. Valupulveriautomaatista saatu tieto viedään Excel-ohjelmaan. Taulukkonäkymässä voidaan valita päivämäärän mukaan haluttu tietue. (Taulukko 2)

Datan tarkastelussa valupulverin kulutusta ei voitu luotettavasti todentaa, sillä vaaluoperaattorit eivät aina muistaneet muuttaa valupulvereiden tietoja valupulveriautomaattiin valettavan teräslajin vaihduttua toiseen.

Taulukko 2. Ote valupulveriautomaatista saadusta tiedosta

Pvm	Klo	Syöttölinjojen lukumäärä	Pulverin tiheys linja 1 (mm)	Pulverin tiheys linja 2 (mm)	Valupulveri	Kulutus linja 1 (kg)	Kulutus linja 2 (kg)
11.10.2017	4.33	2	78,6	73,7	A	3,8	2,1

Yllä olevassa taulukossa on nähtävissä, että 10.11.2017 aamulla kello 4.33 on valettu austeniittista terästä A-valupulverilla ja mittauhetkellä valupulverin kulutus valun aloittamisesta on ollut syöttölinja 1:llä 3,8 kg ja syöttölinja 2:lla 2,1 kg. Valun jälkeen valupulveriautomaatista voidaan ottaa ulos tiedot koko valun aikaisesta valupulverin kulutuksesta ja nämä tiedot voidaan yhdistää järjestelmästä

löytyvän sulatuskohtaisen sulanumeron kanssa. Näin menetellen saadaan tarkkaa ja reaaliaikaista tietoa valupulverin sulakohtaisesta kulutuksesta. Tätä tietoa voidaan hyödyntää teräksen laatua tarkastellessa. Jos laadussa on huomattavissa muutoksia, voidaan valupulverin syöttöä kokilliin mahdollisesti lisätä tai vähentää.

## 7.2 Käyttäjäkokeuksia

Valupulveriautomaatin käyttöönotto JVK1:llä on kasvattanut työturvallisuutta valutasolla työskentelyn vähentymisen seurauksena. Myös valupulverin manuaalisyötöstä aiheutuvat pölyhaitat ja sitä kautta pölyn joutuminen hengitysteihin on vähentynyt työskentelytilassa huomattavasti. Valupulveriautomaatin käyttö on sujuvaa ja sitä käytetään lyhyissäkin yhden sulan valuissa. (Kinnunen 2017.)

## 8 VALUPULVERIN KULUTUKSEN SEURANTA

### 8.1 Seuranta manuaalisyötön aikana

Suoritin valupulverin kulutuksen seurantaan 1.7-20.8.2017 normaaleiden työtehtävieni ohessa. Seurantaan ei ole merkitty sulatusnumeroita, joten niiden sulatuskohtainen yksilöinti on täten mahdotonta. Aiemmin tällaista seurantaan ei ole suoritettu, joten seurannan lyhyestä aikajaksosta johtuen minkäänlaisia johtopäätöksiä ei näistä mittaustuloksista voida myöskään tehdä. Mittauksissa on kuitenkin havaittavissa tyypillinen ja johdonmukainen asia. Valua aloitettaessa ja ensimmäisen sulan aikana on selkeästi nähtävissä lisääntynyt valupulverin kulutus. Tämä on yleisesti tiedossa ollut asia ja johtuu normaalista prosessin kulusta. (Taulukko 3, 4)



Taulukko 3. Valupulverin kulutus austeniittisilla teräslajeilla

Valupulverin menekki teräslajeittain			
Teräslaji	Valupulveri	Leveys	Kulutus/sula. Kg/95tn.
711-1	A	1276	60
711-1	A	1276	60
	A		
	A		
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
720-1	A	1540	50
	A		
	A		
720-2	A	1281	60
720-2	A	1281	70
720-2	A	1281	50
720-2	A	1343	50
720-2	A	1343	50
	A		
	A		
720-4	A	1281	60
720-4	A	1281	50
720-4	A	1281	30
720-4	A	1281	30
	A		
	A		
725-1	A	1540	80
725-1	A	1540	60
725-1	A	1540	40
	A		
	A		
725-6	A	1281	50
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
725-6	A	1281	40
	A		
726-1	A	1511	70
726-1	A	1511	70
735-1	B	1350	70
735-1	B	1350	60
735-1	B	1314	60
735-1	B	1278	50

Ylläolevassa taulukossa on merkitty austeniittisen teräslajin numero, käytettävä valupulveri, valettavan aihion leveys sekä valupulverin määrä yhtä sulatusta kohden. Sulan painona on käytetty keskiarvoa 95tn.

Taulukko 4. Valupulverin kulutus ferriittisillä teräslajeilla

## Valupulverin menekki teräslajeittain

Teräslaji	Valupulveri	Leveys	Kulutus/sula. Kg/95tn.
810-1	C	1018	50
810-1	C	1018	50
810-1	C	1018	50
810-1	C	1018	50
810-1	C	1018	50
810-1	C	1018	50
810-1	C	1271	50
810-1	C	1271	50
810-1	C	1271	50
810-1	C	1271	50
810-1	C	1525	60
810-1	C	1525	50
810-1	C	1525	50
810-1	C	1525	50
810-1	C	1549	60
810-1	C	1549	60
810-1	C	1549	60
811-3	B	1299	100
811-3	B	1299	90
811-3	B	1299	90
811-3	B	1299	60
811-3	B	1299	50
811-3	B	1299	50
811-3	B	1299	50
811-3	B	1299	50
811-3	B	1299	50
812-1	D	1288	80
812-1	D	1288	70
812-1	D	1288	60
812-1	D	1288	60
812-1	D	1288	60
812-1	D	1360	70
812-2	D	1547	80
812-1	D	1559	80
812-1	D	1559	70
812-1	D	1559	70
812-1	D	1559	70
812-1	D	1559	70
812-1	D	1559	60
814-1	B	1352	90
814-1	B	1352	90
814-1	B	1352	90
816-1	D	1281	80
816-1	D	1281	70
816-1	D	1281	60
816-1	D	1281	60
816-1	D	1281	60
816-1	D	1281	60

Ylläolevassa taulukossa on merkitty ferriittisen teräslajin numero, käytettävä valupulveri, valettavan aihion leveys, sekä valupulverin määrä yhtä sulatusta kohden. Sulan painona on käytetty keskiarvoa 95tn.

## 8.2 Seuranta valupulveriautomaatin aikana

Syys- ja joulukuun välisenä aikana terästä valettiin 133 899 tonnia. Taulukossa on eritelty eri aihioleveydet. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ainoastaan valettuja tonneja, eikä eritellä valupulverin kulutusta eri leveyksillä. (Taulukko 5)

Taulukko 5. Valetut tonnit

JVK1 kk	Kapea	K-Leveä	Leveä	Yht.
Syyskuu	5527	26104	12308	43939
Lokakuu	4490	28264	11400	44154
Marraskuu	5365	24006	16435	45806

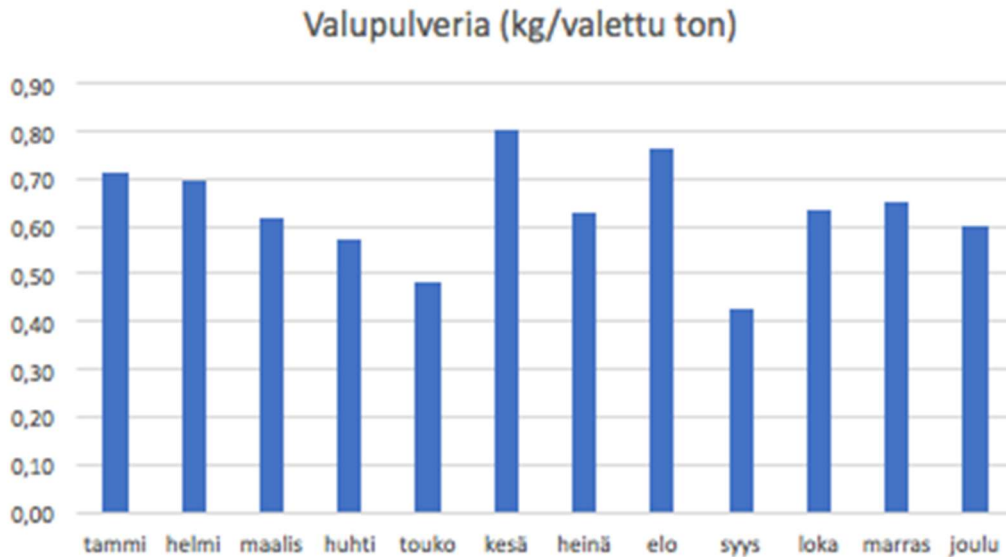
Valupulverin kulutus seurantajakson aikana oli valupulveriautomaatin datan mukaan:

- Syyskuu 16 787 kg
- Lokakuu 20 863 kg
- Marraskuu 12 997 kg

Syyskuussa valupulveria kului 0,38 kg/valettu tonni, lokakuussa 0,47 kg/valettu tonni ja marraskuussa 0,28 kg/valettu tonni. Kesän aikana suorittamani valupulverin kulutuksen seurannan perusteella valupulveria kului austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä 0,53 kg/valettu tonni ja ferriittisillä ruostumattomilla teräksillä 0,47 kg/valettu tonni. Lyhyestä seurantajaksesta huolimatta valupulverin kulutus vaikuttaisi pysyvän vakiona, riippumatta siitä käytetäänkö valun aikana valupulveriautomaattia, vai manuaalisyöttöä.

Valupulvereista ja niiden toimituksesta sulatolle on saatavana SAP-järjestelmän kautta tietoa. Taulukossa on esitetty toimitetut valupulverit kuukausikohtaisesti. (Taulukko 6)

Taulukko 6. Varastosta toimitetut valupulverit



Varastokirjanpidosta saadut tiedot poikkeavat laskennallisesta valupulverin kulu-  
tuksesta. Syy tähän löytyy valupulvereiden varastoinnista sulaton tiloihin. Esi-  
merkkinä voidaan käyttää sitä, että elokuussa toimitettu valupulverierä on voitu  
käyttää marraskuussa. Valupulvereiden kulutuksen yksilöllinen tarkastelu eri te-  
räslaaduille ei myöskään ole mahdollista, sillä valuoperaattorit olivat unohtaneet  
muuttaa valupulveriautomaattiin valupulverin tiedot pulveria vaihdettaessa.

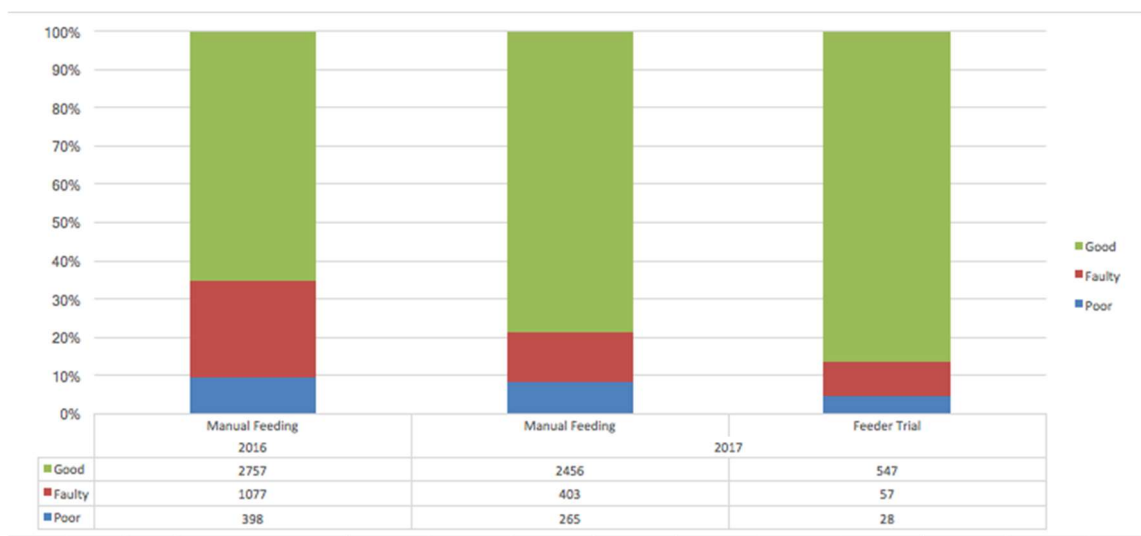
## 9 LAATU

Ruostumaton teräs on korroosionkestävä, vahva, hygieeninen ja kierrätettävä materiaali. Useiden elinkaariselvitysten mukaan ruostumattoman teräksen kokonaiskustannukset ovat kilpailevia materiaaleja pienemmät monissa käyttökohdeissa. Tämän vuoksi ruostumatonta terästä on vaikea korvata sen ainutlaatuisien ominaisuuksiensa ansiosta. Kestävien ratkaisujen taustalla ovat ruostumattoman teräksen ominaisuudet sekä Outokumpun kyky tarjota taloudellisin teräslaatu ja tekninen asiakastuki. (Outokumpu Oyj 2018.)

### 9.1 Laadunvalvonta

Outokumpu Stainless Oy:n tuotteiden laatua valvotaan tarkasti. Pylväsdiagrammeissa on esitetty laadunvalvonnan tuloksia manuaalisen valupulverin syötön sekä valupulveriautomaatin käytön aikana.

Taulukko 6. Lopputuotteen laadun valvonta



Yllä olevassa taulukossa on nähtävissä vuoden 2016 kokonaistilanne manuaalisyötön aikana, vuoden 2017 tammi-elokuu manuaalisyötön aikana, sekä vuoden

2017 syys-joulukuu automaattisyötöllä. Kuvaajissa on esitetty vihreällä värillä hyvät, punaisella vialliset ja sinisellä hylätyt tuotteet. Hyvien osuus vuoden 2016 tasoon ja tammi-syyskuuhun 2017 on valupulveriautomaatin käyttöönoton jälkeen parantunut ja viallisten ja hylättyjen osuus laskenut.

## 10 POHDINTA

Linja 1:n jatkuvavalukoneella on valuprosessissa käytetty manuaalista valupulverin syöttöä koko sen historian ajan. Valupulverin manuaalisyötöstä on aiheutunut teräksen laatuvaihtelua, johtuen valupulverin vaihtelevasta määrästä kokilissa. Valukoneen käyttöhenkilöstö on myös altistunut valupulveripölylle, jota väistämättä manuaalisyötöstä on aiheutunut. Valupulveriautomaatin käyttöönotto on selvästi parantanut työskentelyolosuhteita linja 1:n jatkuvavalukoneella. Automaatin käyttö on tullut olennaiseksi osaksi valuprosessia, helpottaen valuoperaattoreiden työskentelyä ja parantaen työskentelyolosuhteita. Valupulverin pölyäminen valutasolla on vähentynyt automaattisyötön ansiosta. Sitä kautta valutason ilmanlaatu on parantunut ja valuoperaattoreiden altistuminen valupulveripölylle on vähentynyt. Senkan kyljestä tippuvien kuonapaakkujen vuoksi tapahtuneita vaaratilanteita ja työtapaturmia ei ole syntynyt. Valupulveriautomaatin koekäyttöjakso on sujunut hyvin ja täysin häiriöttä. Valupulveriautomaattiin lisävarusteena saatava valupulverin pinnantason mittaus saattaisi parantaa prosessia. Teräksen laadun todetaan parantuneen seurantajakson aikana. Työstä saattujen tulosten perusteella suosittelen Outokumpu Stainless Oy:lle valupulveriautomaatin investointia linja 1:n jatkuvavalukoneelle.

## LÄHTEET

Guillaume, G. 2017. Sert Metal. Keskustelu valupulveriautomaatin toimittajan kanssa 5.9.2017.

Hooli, P. 2009. Outokumpu Oyj. Oulun yliopisto. Viitattu 23.1.2018. [http://cc oulu.fi/~kamahei/q/477416s/KLTP-2017-pyromet\\_valu.pdf](http://cc oulu.fi/~kamahei/q/477416s/KLTP-2017-pyromet_valu.pdf).

Kinnunen, M. 2017. Outokumpu Stainless Oy. Puhelinkeskustelu valuoperaattorin kanssa 18.11.2017.

Lalli, J. 2017. Outokumpu Stainless Oy. Keskustelu linja 1:n käyttöpäällikön kanssa 25.8.2017

Outokumpu Oyj. 2017a. Outokummun työturvallisuus. Viitattu 14.11.2017. <http://www.outokumpu.com/fi/yritys/outokumpu-suomessa/tornion-tehtaat/tyoturvallisuus/Sivut/default.aspx>.

Outokumpu Oyj. 2017b. Outokumpu yrityksenä. Viitattu 14.11.2017. <http://www.outokumpu.com/fi/yritys/Sivut/default.aspx>.

Outokumpu Oyj. 2018. Outokummun tuotteiden tuoteominaisuudet. Viitattu 11.1.2018. <http://www.outokumpu.com/fi/vastuullisuus/kestava-materiaali/tuoteominaisuudet/Sivut/default.aspx>

Petäjäjärvi, M. 2017. Outokumpu Stainless Oy. Keskustelu tutkimusinsinöörin kanssa 11.10.2017.

Seilo, T. 2017. Vesuvius Scandinavia. Keskustelu Skandinavian alueen valupulveriautomaatin edustajan kanssa 5.9.2017.

Särkikoski, T. 2005. Outokummun historiikki. Outo malmi- Jalo teräs. Jyväskylä: Gummerus.

Teräskirja. 2014. 9 uud.p. 2014. Porvoo: Metallinjalostajat ry.

Thomas, B.G. 2001. University of Illinois. Viitattu 23.1.2018. [http://ccc.illinois.edu/PDF%20Files/Publications/01\\_Dantz\\_Ch\\_final.pdf](http://ccc.illinois.edu/PDF%20Files/Publications/01_Dantz_Ch_final.pdf).



## LIITTEET

- Liite 1. Petäjäjärvi, M. 2017. Valupulveriautomaatin käyttöohjeet suomeksi
- Liite 2. Petäjäjärvi, M. 2017. Valupulveriautomaatin kauko-ohjaimen käyttöohjeet suomeksi
- Liite 3. Vesuvius Plc. 2017. Vesuvius PDM300 Technical Specifications

## PDM300 Valupulveriautomaatti

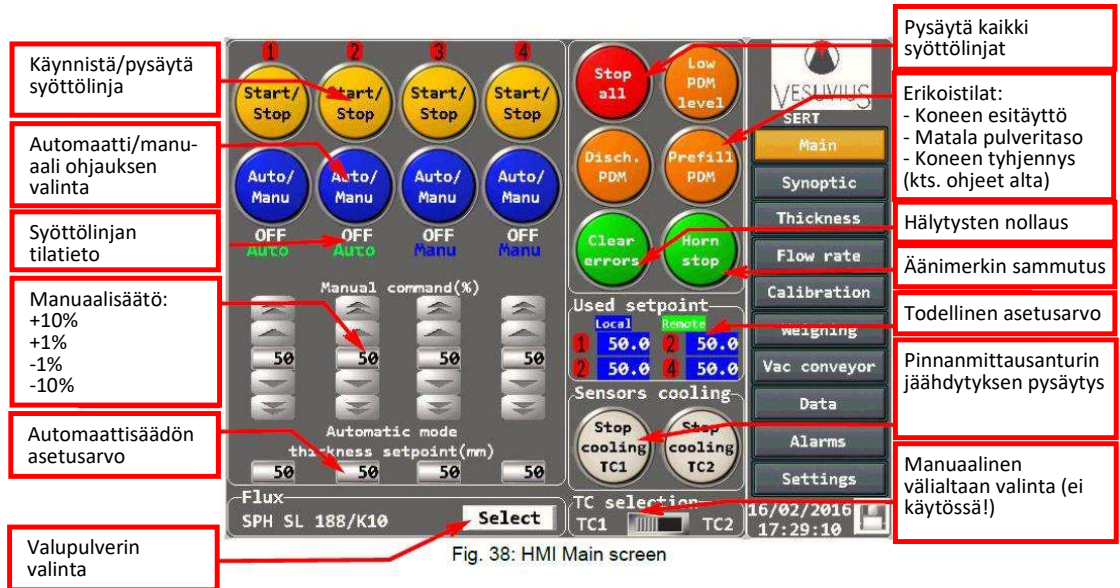
### 1. YLEISTÄ VALUPULVRIAUTOMAATIN KÄYTTÖSTÄ

- Valupulveriautomaattia voi käyttää kaikille granuloituille valupulvereille (Ei ST-E:lle!)
- Valun aloitus:
  - o Tarvittaessa esitäytä automaatti oikealla valupulverilla. Tarkkaile pulverin määrää tynnyrissä ja lisää tarvittaessa.
  - o Syötä aloituspulveri normaalisti manuaalisesti.
  - o Syötä kokilliin manuaalisesti 1-2 säkkiä ko. teräslajin normaalia valupulveria.
  - o Aseta automaatin syöttöputket valuputken molemmille puolille
  - o Kapeille ja keskileveille voidaan käyttää yhdellä suuttimella varustettua syöttöputkia. Leveälle koolle on hyvä käyttää kahdella suuttimella varustettuja syöttöputkia, jotta valupulveri jakautuu kokilliin tasaisemmin.
  - o Käynnistä valupulveriautomaatin syöttölinjat
- Valun aikana:
  - o Tarkkaile valupulverin määrää kokillissa ja säädä syöttömäärää tarvittaessa.
  - o Tarkkaile valupulverin määrää valuputken juuressa (etu – ja takapuoli) ja lisää tarvittaessa valupulveria manuaalisesti. Siirrä tarvittaessa syöttöputkia lähemmäs valuputkea.
  - o Tarkkaile valupulverin määrää tynnyrissä, jotta se ei pääse loppumaan. Lisää tarvittaessa.
- Valun lopetus ilman valupulverin vaihtoa
  - o Jos seuraava valu jatkuu samalla valupulverilla, poista syöttöputket kokillista ennen valun lopetusta.
- Valun lopetus ja valupulverin vaihto
  - o Jos seuraavassa valussa käytetään eri valupulveria, käynnistä ”matala pulveritaso” (Low PDM level) toiminto noin 30 minuuttia ennen valun loppumista. Tällöin valupulveriautomaatti ajaa itsensä tyhjemmäksi ja hukkaan menevän valupulverin määrä on pienempi.
  - o Tyhjennä valupulverin syöttöautomaatti edellisestä valupulverista käynnistämällä ”koneen tyhjennys” (Disch. PDM)



**HUOM! Kertaalleen valupulveriautomaatin läpi ajettua valupulveria ei saa syöttää takaisin automaattiin. Valupulveri hienontuu automaatin läpi kulkiessaan ja uudelleen syötettäessä se tukkii koneen. Automaatin läpi ajettua valupulveria voi kuitenkin käyttää valussa manuaalisesti kokilliin syötettynä.**

## 2. PÄÄNÄYTÖN ("Main") TOIMINNOT



- "Prefill PDM" = Esitäyttö
  - o Esitäyttää koneen valuvaihteen esim. koneen tyhjennyksen ja valupulverin vaihdon jälkeen.
- "Low PDM level" = Matala pulveritaso
  - o Ajaa koneen sisällä olevan valupulverin määrän minimiin, jolloin valupulverin vaihdossa hukkaan menevän valupulverin määrä on mahdollisimman pieni.
  - o "Low PDM level" toiminto on hyvä käynnistää noin 30 minuuttia ennen valun loppumista, jos valupulveri joudutaan vaihtamaan seuraavaa valua varten.
- "Disch. PDM" = Tyhjennys
  - o Tyhjentää koneen ja syöttölinjat valupulverista esim. ennen valupulverin vaihtoa

## 3. HÄLYTYKSET

- Laitteen häiriötilanteissa hälytykset löytyvät syöttölaitteen käyttöpaneelin hälytys ("Alarms") näytöltä
- Klikkaamalla hälytystä avautuu uusi ikkuna, jossa on selitetty hälytyksen todennäköisimmät syyt.

## PDM300 Kauko-ohjain



1. KÄYNNISTYS
  - Vedä kaukosäätimen pohjassa oleva "tatti" ulos.
  - Näyttö pyytää painamaan nappeja 5 ja 6 yhtäaikaisesti (napit "Function" ja "Next line")
  - Pidä napit pohjassa kunnes kaukosäädin piippaa ja näytön teksti vaihtuu
2. SAMMUTUS
  - Paina kaukosäätimen pohjassa oleva "tatti" sisään.








**HUOM!** Kaukosäätimen sammutus ei pysäytä käynnissä olevaa valupulverin syöttöä!

### 3. KAUKOSÄÄTIMEN AKUN VARAUSTASO



- Kaukosäätimessä vihreän valon palaessa akun varaustaso on yli 10%.
- Kun varaustaso laskee alle 10%, valo muuttuu punaiseksi ja alkaa vilkkua.
- Kun kaukosäädin on kytketty laturiin, punainen vilkkuva valo ilmaisee latauksen olevan käynnissä.
- Kaukosäädintä voi käyttää normaalisti latauksen aikana

## 4. KAUKOSÄÄTIMEN PAINIKKEET

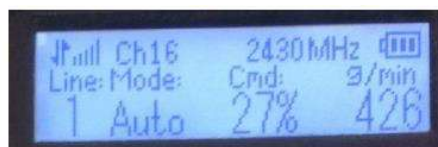
Painike	1. Toiminto	2. Toiminto (kun "Function" painike on painettuna samaan aikaan)
	Käynnistä tai pysäytä valittu valupulverin syöttölinja	Pysäytä kaikki valupulverin syöttölinjat
	Automaatti/manuaali valinta valitulle valupulverin syöttölinjalle	
	Lisää manuaalisesti valupulverin syöttöä 1%:lla valitulle syöttölinjalle	Lisää manuaalisesti valupulverin syöttöä 10%:lla valitulle syöttölinjalle
	Vähennä manuaalisesti valupulverin syöttöä 1%:lla valitulle syöttölinjalle	Vähennä manuaalisesti valupulverin syöttöä 10%:lla valitulle syöttölinjalle
	Pidettävä painettuna yhtäaikaisesti, kun halutaan käyttää muiden painikkeiden 2. toimintoa	
	Valitse seuraava valupulverin syöttölinja (1 => 2)	Valitse edellinen valupulverin syöttölinja (2 => 1)

- Valupulverin syöttölinjan valintapainikkeen valo



Valo	Tila
Punainen valo sammuksissa	Syöttölinja on kiinni
Punainen valo päällä	Syöttölinja on käynnissä
Punainen valo vilkkuu	Syöttölinjassa on häiriö

## 5. NÄYTÖN TIEDOT



- Näytön tiedot (alkaen vasemmalta ylhäältä)
  - o Signaalin voimakkuus (näytössä näkyy "X", jos signaali on hukattu)
  - o Signaalin kanava ja taajuus
  - o Akun varaustaso
  - o Valittu valupulverin syöttölinja
  - o Valitun syöttölinjan ajotapa (automaatti/manuaali)
  - o Valitun syöttölinjan syöttönopeus prosenteissa (muutettavissa + ja – painikkeilla manuaalillassa. Automaattillassa luku on laskennallinen)
  - o Valupulveriautomaatin mittaama syöttönopeus grammoina minuutissa.

FLOW CONTROL SYSTEMS

FLUXES

PURGING PLUGS

SLIDE GATE REFRACTORIES

VAPEX PRODUCTS

VISO PRODUCTS



Smart Powder Distribution Mechanism



Liite 3 (2)

**PDM300 – Powder Distribution Mechanism**

The new PDM300 is a state of the art Mould Powder Distribution Mechanism to precisely adjust and deliver granulated powder at the desired rate into the mould.



PDM300 - Vacuum version

**Main features**

- Designed for up to 4 independently controlled discharge lines
- Adapted for slab and bloom moulds
- Continuous delivery of granulated powder in the mould
- Adjustable mass flow rate control
- Provides real-time powder consumption for each discharge line
- Anticipated buffer draining for fast powder change
- Automatic unclogging of the discharge lines

**PDM300 - Vacuum version**



The PDM300-Vacuum version uses a vacuum unit to aspirate the granulated powder from a remotely located bulk source (bulk bag or silo).

**Typical installation layout**



**Control**



Touchscreen HMI for parameters setting



Wireless remote pendant for setting of powder discharge rate

### Powder Level Sensor

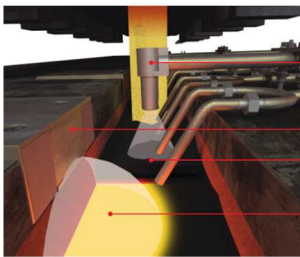
It measures the top level of granulated powder in the mould.

#### Main features

- Mounted on discharge nozzle, tundish car or dedicated support
- Signal accuracy not affected by dust or flame



Sensor mounted on a dedicated support



Powder level sensor

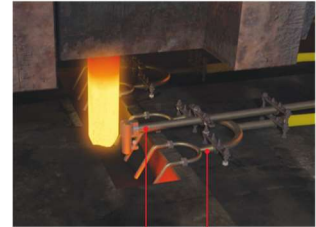
Eddy current mould level sensor

Solid powder level

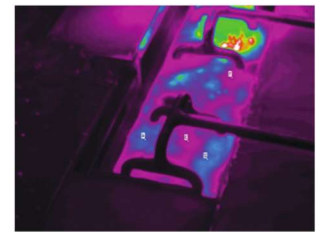
Steel level

Powder thickness calculation as difference between powder level sensor signal and real steel level

#### Example of installation



Powder Level Sensor  
Discharge nozzle  
Sensor mounted on the discharge nozzles



Avoidance of hot spots at the surface of the steel bath

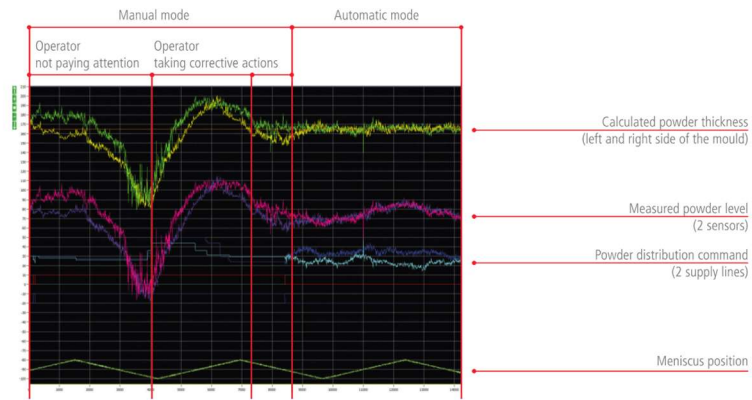


## Powder Level Control

It is a PLC based controller, designed to control and optimize the granulated powder thickness in the mould. It uses DASCO computer to provide data storage and analysis of mould powder control parameters.

### Main features

- Powder thickness control
- Remote control via ethernet and communication with level 2 computer
- Data storage and analysis



DASCO screenshot: Smart Powder Distribution Control during one sequence (4 hours)



Data storage and image analysis



Touchscreen HMI



PLC Control

### Smart Powder Distribution Mechanism

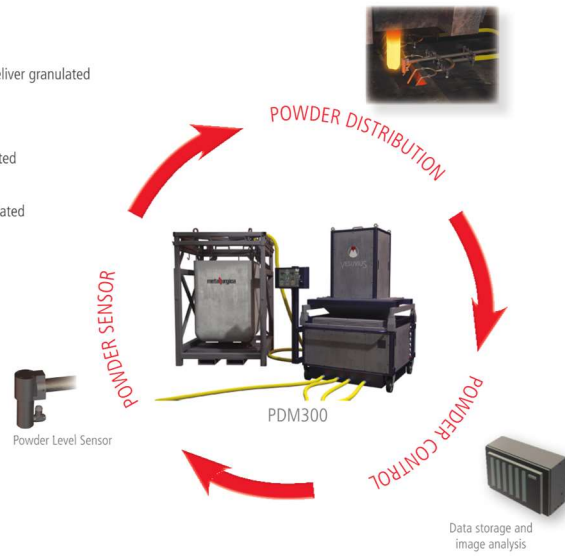
Vesuvius offers a global solution for automatic distribution of granulated casting powder into the mould.

The smart powder distribution mechanism consists of

- PDM300 - Powder Distribution to precisely adjust and deliver granulated casting powder at the desired rate into the mould.

with its key elements:

- Powder Level Sensor to measure the top level of granulated powder in the mould.
- Powder Level Control to optimize the thickness of granulated powder in the mould.



## Liite 3 (6.)



For more information on this product and on our complete package of solutions please contact our local service center:

**VESUVIUS GROUP, S.A.**

Rue de Douvrain,17  
7011 Ghlin - Belgium  
Tel: +32 65 400 810  
Fax: +32 65 311 474  
gh@vesuvius.com

**VESUVIUS INDIA LTD**

P104, Taratolla Road  
700088 Kolkata - India  
Tel: +91 33 240 10 234  
Fax: +91 33 240 1

**VESUVIUS GMBH (METALLURGICA)**

Schieferbank 2-16  
45472 Mülheim an der Ruhr  
Germany  
Tel: +49 208 43 466 0  
Fax: +49 208 43 466 80

**VESUVIUS REFRATARIOS, LTDA**

Av. Brazil 49.550  
Distrito Industrial de Palmares  
CEP 23065-480-Campo Grande  
Rio de Janeiro , Brazil  
Tel: +55 21 2414 0606  
Fax: +55 21 2414 0648

**VESUVIUS USA CORPORATION**

1100 Maple Avenue  
Conneaut, Ohio 44030 - USA  
Tel: +1 440 596 1161  
Fax: +1 440 593 6268

**VESUVIUS ADVANCED CERAMICS**

**(CHINA) CO., LTD**  
221 Xing Ming Street  
China-Singapore Suzhou Industrial Park  
Suzhou 215021, JiangSu Province  
P.R. of China  
Tel.: +86 512 6741 2088  
Fax: +86 512 6741 1700

**VESUVIUS USA CORPORATION**

P.O. Box 4014  
1404 Newton Drive  
Champaign, IL 61822 - USA  
Tel: +1 217 351 5000  
Fax: +1 217 351 5031

**SERT METAL / VESUVIUS GROUP**

3 avenue de l'Europe  
69150 Décines - France  
Tel: +33 4 7826 0180  
Fax: +33 4 7841 4000  
sales@sert-metal.com  
www.sert-metal.com

VESUVIUS reserves the right to modify and/or improve the equipment as described and specified in this leaflet, at any time according to the state-of-art.  
© copyright Vesuvius Group S.A. 2015 all rights reserved.  
All product names in this brochure are trademarks or registered trademarks of Vesuvius plc group of companies.  
[www.vesuvius.com](http://www.vesuvius.com)