

Arto Ek

KUUMAPANOSTUKSEN PARANTAMINEN

KUUMAPANOSTUKSEN PARANTAMINEN

Arto Ek
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty SSAB Europen toimeksiannosta syksyn 2014 ja kevään 2015 aikana. Työn ohjaajina toimivat lehtori Matti Broström Oulun ammattikorkeakoulusta, työelämän ohjaajina sulaton kehityspäällikkö Mervi Leinonen sekä työn valvojana aihion toimituksen tuotantopäällikkö Agne Bogdanoff.

Työ aloitettiin jo syksyllä 2014 ja erinäisten vaiheiden jälkeen työ saatiin päätökseen vasta toukokuussa 2015. Matkaan mahtui niin motivaatiopulaa kuin kaikenlaista muutakin elämän syheröä. Vuorotyön ja opiskelun yhdistäminen ei ole toimivin yhdistelmä insinööriopinnoissa, mutta sitkeästi päätyyn on päästy.

Haluan kiittää ohjaajia Matti Broströmiä, Mervi Leinosta ja Agne Bogdanoffia ennen kaikkea kärsivällisyydestä ja opettavaisesta otteesta läpi opinnäytetyöprosessin. Kiitos myös muille asiantuntijoille: kehitysinsinööri Lauri Jaako, kehitysinsinööri Terttu Tarkka ja tuotannosuunnittelija Pekka Paananen. Kiitos kuuluu myös aihiohallin väelle.

Raahessa 2.6.2015

Arto Ek

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Arto Ek

Opinnäytetyön nimi: Kuumapanostuksen parantaminen

Työn ohjaajat: Matti Broström Mervi Leinonen, Agne Bogdanoff

Työn valmistuslukumäärä ja -vuosi: kevät 2015

Sivumäärä: 35+3 liitettä

Tämä opinnäytetyö on tehty SSAB Europe Oy:n aihion toimitukseen syksyn 2014 ja alkuvuoden 2015 aikana. Työ tuli aiheelliseksi, kun kuumapanostettavien aihoiden ohjaus- ja toimintatavoissa ilmeni puutteita. Työssä keskityttiin aihoiden kuumapanostuksen kehittämiseen aihiohallien näkökulmasta hakemalla vaihtoehtoisia ratkaisuja aihoiden aikaisempaa paremman ja jouhevamman käsittelyn parantamiseksi.

Työ tehtiin tutkimustyönä ja menetelminä käytettiin lämpötilatutkimuksia, työohjeiden tarkasteluja sekä asiantuntijoiden että työntekijöiden haastatteluja. Lämpötilamittauksessa tutkittiin aihoiden jäähtymistä kuumahautomossa, jossa kuumapanostettavat aihiot olivat pinossa kuumien aihioipinojen välissä. Tutkimuksen perusteena oli turhan huputtamisen ja aihoiden liikuttelemisen vähentäminen eli aihoiden jouhevampi kulku kuumavalssaukseen vaihtoehtoisen toimintatavan avulla. Kuumapanostuksen ohjattavuutta pyrittiin parantamaan tietojärjestelmän muutoksilla ja selkeyttämällä ohjeistusta.

Tulevaisuudessa kuumapanostuksen lisääntyessä tarvittavalle kuumavarastolle etsittiin myös ratkaisua sekä häiriötilanteiden tiedonkulkua pyrittiin parantamaan nauhavalssaamon ja aihiontoimituksen välillä. Valssaamon häiriövalolla saatiin häiriöiden havainnointia ja kontrollointia parannettua ja kuumapanostettaville saatiin luotua muistinvarainen lisäohje ohjauksen parantamiseksi.

Työssä aineistona käytettiin aikaisempia aihoiden käsittelyyn ja kuumapanostukseen liittyviä tutkimuksia, kuumapanostuksesta tehtyjä raportteja sekä eri prosessipaikoissa tehtyjä lämpötilamittauksia. Tuloksia myös verrattiin lämpöhautomomittauksissa saatuihin arvoihin.

Asiasanat: aihio, kuumavalssaus, kuumapanostus, aihion toimitus

ABSTRACT

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

Author: Arto Ek

Title of thesis: Improvement of the hot charging process

Supervisors: Matti Broström, Mervi Leinonen, Agne Bogdanoff

Term and year of completion: Spring 2015

Number of pages: 35+3 attachments

This thesis has been written for the steel slab delivery of SSAB Europe Oy during the fall of 2014 and the early 2015. The motive for this paper was the indication of flaws in the management and execution of the hot charging process. The focus was to improve the slab storage and delivery processes to get better and smoother operation of the hot charged steel slabs.

The research method was the trial period and temperature measurements, the review of the work specifications and the interviews of both experts and employees. The temperature measurements were taken on the cooling of the slabs in the so called heat preservation box where the hot charged slabs were stored in stacks between stacks of hot slabs. The basis of the research was to eliminate the unnecessary hooding and moving of the slabs, that is, to find an alternative method to get the steel slabs to hot rolling. Improvements to the manageability of the hot charging process were looked for through changes in the information systems and by clarifying the process instructions.

As the amount of hot charging is increasing in the future, a solution was searched for the needed heat preserving storage. Improvements were looked for to the flow of information between the coil rolling mill and the slab delivery during incidents and malfunctions.

Further references used were the earlier studies on the management of the steel slabs and the hot charging process, the process reports on hot charging, and heat measurements made in different parts of the process.

Keywords: slab, hot rolling, slab delivery, hot charging

SISÄLLYS

ALKULAUSE	2
1 JOHDANTO	7
1.1 SSAB Europe Oy	7
1.2 Ongelmat ja etsittävät parannuskeinot	8
2 TERÄKSEN KUUMAPANOSTUS	9
2.1 Kuumapanostuslaaduista	9
2.2 Aihoiden jäähtyminen	9
2.2 Panostus	10
2.3 Kuumapanostus	11
2.4 Kuumapanostuksen ohjaus	12
2.4.1 Tuotannonsuunnittelu	12
2.4.2 Jäähdytyshallin yleismies	13
2.5 Huput	13
3 TERÄKSEN VALMISTUS JA AIHIOLIIKENNE	14
3.1 Jatkuvala	14
3.2 Jäähdytyshalli	15
3.4 Nauha-aihiohalli	16
3.5 Kuumapanostuksen aihionkulku	17
4 TUTKIMUKSET JA KOKEET	19
4.1 Tietojärjestelmät	19
4.2 Lämpömittauskokeet	19
4.3 Nauhavalssaamon häiriövalo	23
5 TUTKIMUS- JA KOETULOKSET	24
5.1 Tietojärjestelmä	24
5.2 Jäähdytys aihioinoissa	24
5.2.1 Jäähdytyskokeiden tulokset	25
5.2.2 Vertailu toisiin jäähdytysmenetelmiin	28
5.3 Nauhavalssaamon häiriövalo	29
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	31

6.1 Kuumavarasto	31
6.2 Suorapanostus	32
6.3 Kuumapanostettavien jäähdyttäminen	32
7 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön haastattelukierros aloitettiin keväällä 2014, jolloin kysyttiin kuumapanostukseen liittyviä häiriötekijöitä sekä ongelmia hallin yleismiehiltä ja siltanosturinkuljettajilta. Aihoiden kuumapanostuksen aikana ongelmia tuottaa aihoiden liikuttelu paikasta toiseen. Valssaamon häiriöiden aikana joudutaan aihioita usein siirtämään huppuihin ja hetken päästä takaisin panostusalueelle. Yleismiehille kuumapanostettavat aihiot eivät näy tietojärjestelmissä ennen kuin aihiot fyysisesti saapuvat valusta jäähdtyshalliin. Valssaamon häiriötilanteissa usein ilmoitus jää tekemättä uuniohjaamosta, jolloin kuumapanostus keskeytyy, eikä yleismiehellä ole aina tietoa häiriön syystä eikä häiriön kestotakaan. Haastattelujen pohjalta syntyi idea insinööriyöstä, jolla pyritään parantamaan kuumapanostusta aihiohallin näkökulmasta

1.1 SSAB Europe Oy

SSAB Europe on yksi viidestä SSAB:n osasta, joita ovat SSAB Special Steels, SSAB Americas, SSAB Europe, Tibnor sekä Ruukki Construction. SSAB:lla on kokonaisuudessaan yli 17 000 työntekijää 50 maassa ja yhtiön kokonaistuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia terästä vuodessa. SSAB Europe syntyi vuonna 2014, kun Rautaruukki ja SSAB fuusioituivat yhdeksi yritykseksi. (1.)

SSAB Europen päätuotteita ovat nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteet. SSAB Europe on johtava pohjoismainen terästuottaja. SSAB Europen tärkeimmät tuotantolaitokset sijaitsevat Luulajassa, Raahessa, Hämeenlinnassa sekä Borlängessä. SSAB Europessa työskentelee noin 5 800 työntekijää, joista Raahen terästehtaalla työskentelee 2 800 henkilöä. (1.)

SSAB Europen Raahen tehtaalla valmistetaan sekä standarditeräksiä että erittäin lujia nauhakeloja, arkkilevyjä ja kvarttolevyjä. Osa keloista ja levyistä siirretään junakuljetuksien Hämeenlinnan tehtaalle jatkojalostukseen ja entisille Ruukki Metalsin teräspalvelukeskuksille eli nykyiselle Tibnorille. (1.)

1.2 Ongelmat ja etsittävät parannuskeinot

Tässä opinnäytetyössä pyritään parantamaan kuumapanostuksen jouhevuutta erilaisin toimenpitein aihiohallin toiminnan kannalta. Työssä parannuskohteita ovat

- tietojärjestelmät
- aihoiden turha liikuttelu eri prosessipaikoissa
- häiriötilanteet
- jäähdytys
- työn ohjeistus.

Työn tavoitteena on etsiä ratkaisuja jouhevampaan kuumapanostuksen ohjaamiseen. Parannuskeinoja ovat parantaa tiedonkulkua tietojärjestelmämuutoksen avulla, selvittää ja kokeilla vaihtoehtoisia menetelmiä aihoiden hitaasti jäähtymiseen, esimerkiksi vertaamalla aihoiden jäähdyttämistä hautomossa huppujäähdytykseen sekä parantaa työohjetta ja parantaa häiriöiden hallintaa teknisillä apuvälineillä.

Kuumapanostuksen lisääntyessä kuumavaraston sijoittaminen halleihin on ollut suunnittelussa pitkään, mutta tilanpuutteen vuoksi ei ole löytynyt sopivaa ja kustannustehokasta ratkaisua kuumavaraston sijainnista. Kuumavaraston sijainnille tärkeää on, että aihiot voidaan mahdollisimman helposti ja nopeasti panostaa valssaukseen ja häiriötilanteessa siirtää takaisin huppuihin.

2 TERÄKSEN KUUMAPANOSTUS

2.1 Kuumapanostuslaaduista

SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaalla valmistettavia teräslaatuja on noin 170. Osa teräslaaduista on erittäin vaativia, ja onnistuakseen valmistusprosessi vaatii usein erilaisia käsittelyjä ennen lopullista tuotetta. Kuumapanostuksessa tärkeää on aihoiden oikeanlainen lämpökäsittely. Käsittelyssä ahiot pyritään siirtämään mahdollisimman nopeasti valuprosessin jälkeen panostukseen. Koska kuumapanostettavat ahiot ovat korkeasti seostettuja, aihoiden täytyy jäähtyä mahdollisimman hitaasti korkean karkenevuusasteen vuoksi. Jos ahiot jäähtyvät liian nopeasti, on vaarana aihion halkeaminen tai katkeaminen valssiunissa ahiota lämmitettäessä. Kyseessä on booriteräslaadut, joiden katkeama- ja halkeamisherkkyyks on suuri. Kuumapanostuksen yhteydessä usein joudutaan ahiot huputtamaan liian nopean jäähtymisen välttämiseksi. Huputtamisen tarve tulee, kun kuumapanostettavien aihoiden valssausaika venyy yli kuuteen tuntiin valuprosessin päättymisestä. (2; 3; 12)

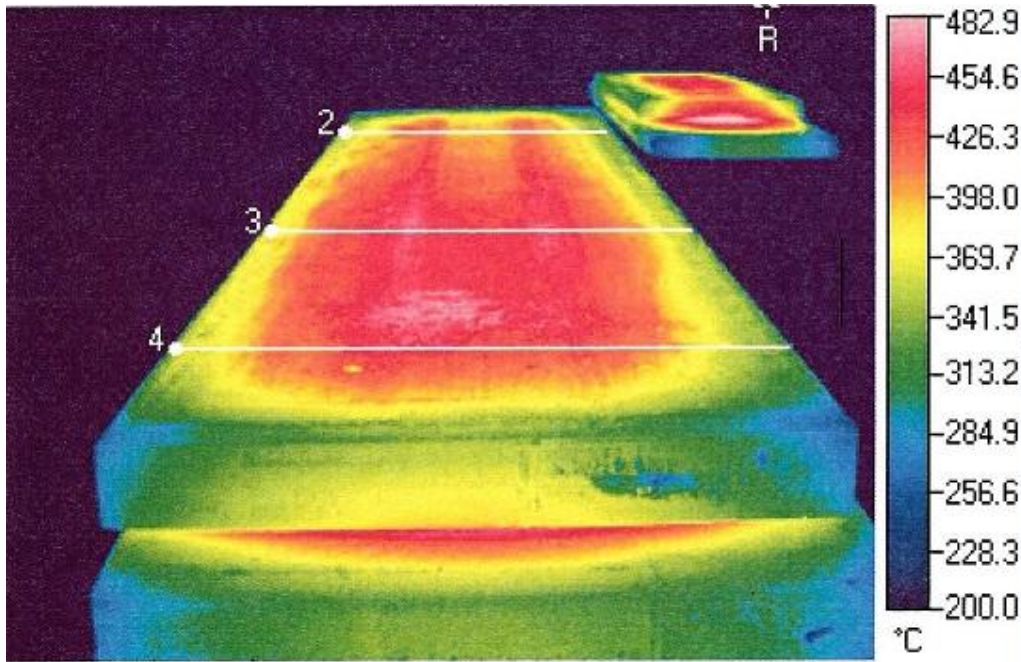
Booriterästen valmistusprosessi etenee normaalitilanteessa valun jälkeen suoraan hupukäsittelyyn. Hupussa aihioita pidetään kolme vuorokautta, jolloin ahiot ovat jäähtyneet oikealla nopeudella ja ovat valmiita valssaukseen. Kuumapanostuksessa huputusvaihe on tarkoitus oikealla ajoituksella jättää välistä kokonaan, mutta ajoituksessa onnistutaan erittäin harvoin.

2.2 Aihoiden jäähtyminen

Saapuessaan jäähdytyshalliin jatkuvavalulaitokselta aihoiden lämpötila on välillä 750 - 850 °C. Ahiot ajetaan alusaihoiden päälle ahiovarastoon tietylle varastopaikalle pinoon jäähtymään ja odottamaan siirtoa seuraavaan prosessipaikkaan eli valssaukseen.

Kuumapanostettavien aihoiden jäähtyminen tulee olla mahdollisimman tasaista ja hidasta aihoiden korkean karkenevuuden vuoksi. Kriittinen jäähtymisväli on 700 – 500 °C välillä, jolloin jäähtymisvauhdin pitää olla tasainen ja hidasku (kuva 1). Liian nopeasti jäähtyvät ahiot saattavat

haljeta tai katketa valssiuunissa aihion lämmitysvaiheessa. Pinojähdytyksessä aihiot jäähtyvät epätasaisesti päistä ja keskeltä, kun tärkeää olisi, että aihiot jäähtyisivät tasaisesti ja jäähtymisvauhti saisi olla noin 10 °C – 20 °C/ tunti kriittisellä lämpöalueella. (4; 6; 10)



Kuva 1. Aihion jäähtyminen lämpökameraotoksena ahiopinossa: aihio jäähtyy reunoista ja päistä ensin ja viimeisenä keskeltä. (4, s. 47)

2.2 Panostus

Aihiot toimitetaan jäähdytyshallista nauha-aihihalliin tuotannosuunnittelun määräämässä panostusjärjestyksessä. Aihiot ajetaan varastoon niin, että panostusjakson sivunumerot ovat järjestyksessä suurimmasta pienimpään, jolloin aihiot voidaan helpoimmin panostaa valssiuuniin. Valssaamalla on kaksi askelpalkkiuunia, joista vuorotellen pudotetaan aihioita valssattavaksi.

Panostuksessa nauha-aihihallissa on rullaradalla kolme paikkaa aihion lastaukseen. Aihiot kulkeutuvat rullarataa pitkin leikkauspurseen poistoon, jonka jälkeen aihionostin nostaa aihiot tasolle. Aihiot kulkeutuvat yksi kerrallaan tasoa pitkin uunille, jossa toiset aihionostimet panostavat aihion valssiuuniin. Valssiuunissa aihiot lämmitetään valssaustilapöytäan, kunnes

aihio on valmis valssaukseen. Uunissa on kymmeniä aihioita samanaikaisesti lämpenemässä ja valssausjärjestyksen mukaan aihiot pudotetaan uunista valssaukseen.

Panostustapojen termiikassa puhutaan usein panostuksesta, kuumapanostuksesta sekä suorapanostuksesta. Normaalisissa panostuksissa aihiot ovat ensin jäädytyshallissa ja etenevät normaaliin valssauksen tahtiin aikanaan nauha-aihihalliin ja siitä valssiuniin.

Kuumapanostuksessa aihoiden järjestykselle on määrätty tietty väli jaksolla, jolle niiden pitäisi ehtiä valmistua valukoneelta. Kuumapanostettavilla aihioilla on tarkat laatuksiteerit, joiden tulee täytyä, että kuumapanostus onnistuu. Näitä ovat ensisijaisesti valunlaatu sekä oikea jäähtymisnopeus. Valun ajoituksen täytyy onnistua hyvin, että kuumapanostus voidaan suorittaa onnistuneesti. Kuumapanostus suoritetaan korkeasti seostetuille booriteräksille.

Suorapanostus termiä käytetään silloin, kun valuaihiot voidaan panostaa kuumana askelpalkkiuniin ilman, että niiden jäähtymisnopeuteen aihiohallissa on tarve kiinnittää erityishuomiota. Suorapanostuksen etuna on, että niitä voidaan valaa tällä hetkellä huomattavasti suurempia erinä kuin haasteellisempia kuumapanostuslaatuja. (6; 14)

2.3 Kuumapanostus

Raahessa kuumapanostusta alettiin tehdä booriteräksille 2010-luvun alkupuolella. Tarkoituksena oli, että booriteräksset saataisiin mahdollisimman nopeasti valuprosessin jälkeen kuumavalssaukseen. Tällöin aihiot eivät ehdi jäähtyä, joten halkeiluriski pienenee. Kuumapanostettavien aihoiden tulee olla tasalaatuisia, jolloin niitä ei kunnosteta eikä leikata enää valuprosessin jälkeen. Lisäksi kuumapanostuksella saavutetaan aihioille nopeampi läpimenoaika, kun kolmen vuorokauden mittainen huputusaika jätetään pois prosessiketjusta. Lisähyötynä kuumapanostuksessa on lämpöhäviöiden vähentäminen sekä energian säästäminen., mikäli aihioehkutusuunin energiankäyttöä voidaan laskea. (2; 5)

Kuumapanostuksessa onnistumisen tärkein kriteeri on lämpötilan hallinta. Kun kuumapanostettavat aihiot tulevat valusta, ne eivät saa jäähtyä liian nopeasti. Optimaalinen jäähtymisnopeus aihioille on 10 - 20 °C/h, jolloin aihiot eivät karkene liiksi ennen panostukseen

siirtämistä. Panostettaessa aihoiden lämpötilan tulee olla välillä 400 – 600 °C, jolloin saadaan paras lämmityskustannusten säästö. (6; 2; 5)

Kuumapanostuksen hallinta on vaikeaa. Konvertterin, jatkuvavalulaitoksen ja valssaamon välillä on erittäin paljon ongelmakohtia. Valun ajoittaminen, valssaamon ongelmat ja liian nopea aihoiden jäähtyminen tuottavat suuria haasteita kuumapanostuksen hallintaan. Kuumapanostuksen ohjauksesta vastaavat tuotannonsuunnittelu, konvertteri, jatkuvavalulaitos sekä aihion toimitus. Tässä opinnäytetyössä pyrkimyksenä on parantaa kuumapanostuksen hallintaa aihiohallien näkökulmasta ja hakea vaihtoehtoisia menetelmiä aikaisempaa paremman ja jouhevamman läpimenon parantamiseksi. (3; 5)

2.4 Kuumapanostuksen ohjaus

Kuumapanostus vaatii sulaton ja valssaamon välistä toimivaa valmistusketjua. Tuotannonsuunnittelu (TS) ohjeistaa konvertteria ja jatkuvavalulaitosta sulatusten valmistamisessa. Jäähdytyshallissa hallin yleismies ohjaa siltanosturinkuljettajia kuumapanostettavien aihoiden jatkokäsittelyssä TS:n ohjeiden mukaisesti. Kuumapanostettavien sulatusten ohjauksessa tärkeää olisi, että informaatioketju olisi mahdollisimman hyvä valmistusprosessista aina valssaukseen asti. Kuumapanostuksen tulisi näkyä tietojärjestelmissä jo valmistusvaiheessa, jolloin tarvittava informaatio kulkeutuisi heti valmistusprosessin alkuvaiheista loppuun asti ilman turhia välikäsiä. (3.)

2.4.1 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelun tehtävänä kuumapanostuksessa on ohjata kuumapanostusprosessi sulatolta nauhavalssille saakka. Valmistusprosessin alkuvaiheessa TS päättää kuumapanostuksen valssausvälin ja ohjeistaa konvertteria valmistuksen ajoittamisessa. Hankaluuksia ajoituksessa tuottavat muut jonossa olevat sulatukset ja romuteräs, joka pitää olla erikoislaatuista booriterästen valmistusprosessissa. Aihoiden valmistuksen jälkeen tuotannonsuunnittelija ohjaa jäähdytyshallin yleisimestä aihoiden jatkokäsittelyssä. (3; 5)

2.4.2 Jäähdytyshallin yleismies

Jäähdytyshallin yleismiehen tehtävänä kuumapanostuksessa on ohjata jäähdytys- ja nauha-aihiohallin aiholiikennettä. Kuumapanostuksessa panostettavat aihiot ajoitetaan yleensä niin aikaiseen vaiheeseen, että aihiot joudutaan huputtamaan ennen panostusta liiallisen jäähtymisen estämiseksi. Yleismies ohjeistaa siltanosturinkuljettajia aihoiden huppupaikoista ja ennen panostusta oikea-aikaisesta panostusalueelle ajosta. Yleismiehen tulee olla myös tietoinen mahdollisista häiriöistä nauhavalssaamalla, jolloin aihiot voidaan vielä siirtää tarvittaessa takaisin huppuihin jäähtymään.

2.5 Huput

Erikoisterästen käsittelyssä käytetään lämpöeristettyjä kansiä, joita kutsutaan hupuiksi. Aihiot asetetaan pinon huppupaikalle ja kansi nostetaan aihopinojen päälle, jolloin aihiot jäähtyvät hitaasti hupun alla. Hupuja käytetään karkenevien ahiolaatujen hitaasti jäähdyttämiseen tarkoituksena poistaa jännityksiä sekä minimoida aihoiden karkeneminen.

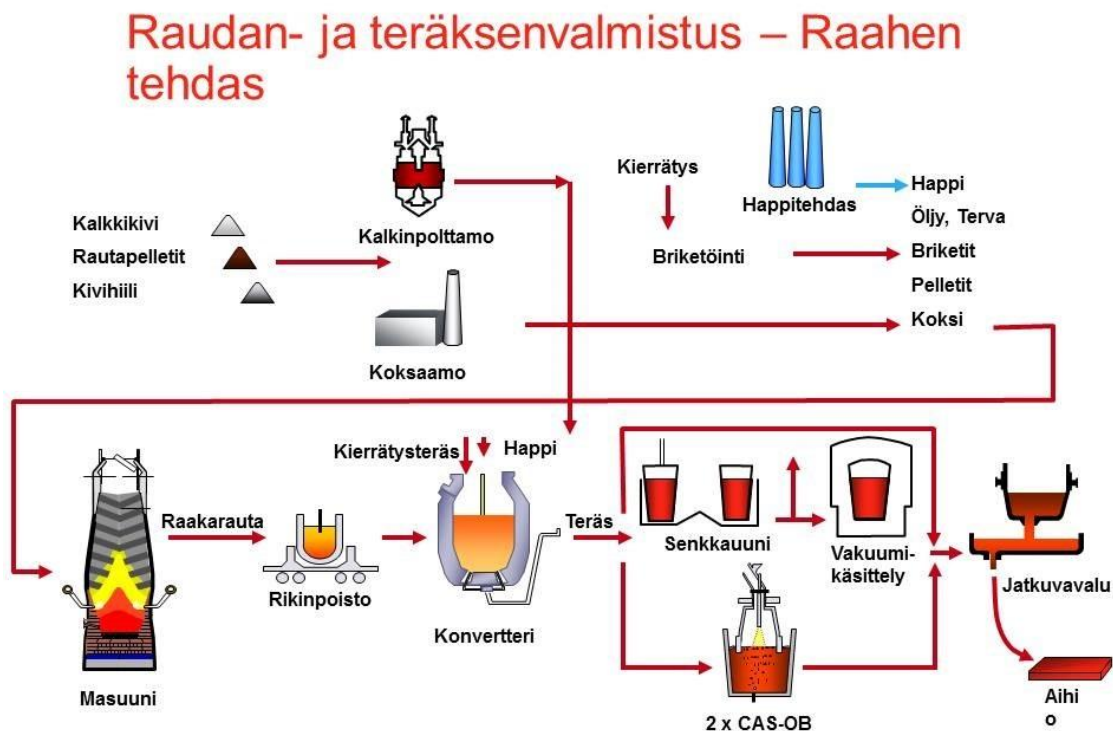
Hupuja on aihiontoimituksen alueella ulkoalueella, jäähdytyshallissa ja nauha-aihiohallissa. Kuumapanostukseen käytetään ainoastaan sisätiloissa sijaitsevia hupuja, jolloin ulkoilma ei pääse vaikuttamaan aihoiden jäähtymisnopeuteen.

Kuumapanostuksen kannalta ongelmallista on huppujen sijainti. Tärkeää olisi, että huput sijaitisivat mahdollisimman lähellä panostusaluetta. Tällä hetkellä nauha-aihiohallin huput ovat noin 80 metrin päässä panostusradasta. Aihoiden siirto huppuun ja panostusalueelle on hidasta, ja huputtaminen vaikuttaa myös muihin hallin prosesseihin, kuten aihion leikkaukseen.

Huppukäsittelyn etuna kuumapanostuksessa on, että aihiot jäähtyvät kannen alla tasaisesti kauttaaltaan. Hallissa pinotut aihiot jäähtyvät päädyistä ensin, jolloin aihoiden päätyjen karkeneminen aiheuttaa vaaran aihoiden katkeamiselle ja halkeamiselle valssiunissa. Lämmitysliekki lämmittää unissa ensin päädyt, jolloin lämpöshokki jäähtyneeseen aihioon voi aiheuttaa vaurioitumisen. Siksi kuumapanostettaville aihioille tärkeää olisi tasainen jäähtyminen.(2; 10; 12; 13)

3 TERÄKSEN VALMISTUS JA AIHIOLIIKENNE

Teräksen valmistusprosessissa rautamalmi sulatetaan masuunilla raakarautaksi. Raakarauta toimitetaan junakuljetuksella konverterille, jossa rauta säilötään mikseriin. Mikseri toimii välivarastona, kunnes terässulatukseen tilattu tarvittava rautamäärä kaadetaan raakarautasenkkaan (kuva 2). Romuterminaalista tilataan sulatukselle sopivaseosteinen romu, minkä jälkeen romu sekä raakarauta kaadetaan konvertertiin. Raakarautasta mellotetaan hiiltä pois sekä seostetaan sekaan ainesosat että saadaan halutun laatuinen teräs.



Kuva 2. Teräksen valmistusprosessit Raahen (9.)

3.1 Jatkuvavalu

Valmis terässeos ajetaan senkkavaunuilla jatkuvavalulaitokselle, josta lopputuotteena on teräsaiho. Jatkuvavalukoneita on kolme. Valukoneet ovat numeroina 4, 5 ja 6. Valukoneella 4

sekä 5 valetaan suurimmaksi osaksi nauha-aihoita, ja valukone numeroltaan 6 valaa pääosin kvarttoaihoita.

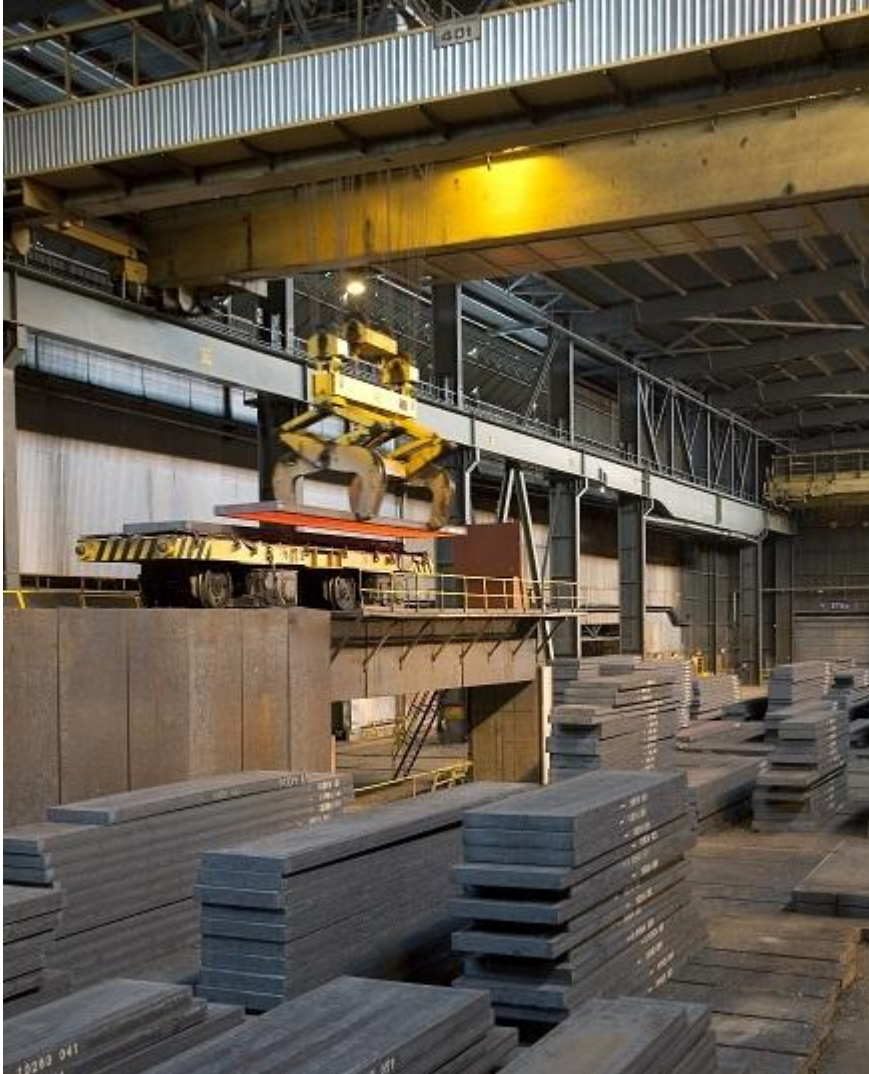
Valuprosessissa sula teräs jähmettyy kiinteään ahiomuotoon kokillissa. Valukoneen toisessa päässä on kaasuleikkauskoneet, joilla teräsnauhasta leikataan suunnitellun kokoiset ahiot. Ahiot kulkevat rullarataa pitkin ensin punnitukseen ja siitä merkkaukseen. Merkkauksesta ahiot kulkeutuvat jäähdytyshalliin joko rullarataa pitkin tai niputtajan kautta aihionsiirtovaunulla.

3.2 Jäähdytyshalli

Jäähdytyshalli sijaitsee jatkuvavalulaitoksen ja valssaamon välissä. Jäähdytyshalli toimii ahioiden välivarastona, jossa jatkuvavalusta tulevat ahiot siirretään varastopaikkoihin ja oikea-aikaisesti myöhemmin seuraavaan prosessipaikkaan siltanostureilla. Ahioiden ohjaukseen käytetään AIVO- (Aihiohallin varastonohjaus) järjestelmää. Jäähdytyshallissa on kolme 40 tonnia nostavaa siltanosturia numeroltaan 131, 132 ja 133 sekä automaattinen puolipukkinosturi 134.

Jäähdytyshallin miehistövahvuus on kolme siltanosturinkuljettajaa ja yleismies vuorossa sekä kolme näytemiestä jatkuvassa päivävuorossa. Jäähdytyshalli jakaantuu kahteen osaan. Matalapuoli (JäHa1) käsittelee enimmäkseen kvattoaihoita ja korkeapuoli (JäHa2) nauha-aihoita.

Tuotannosuunnittelun ohjeistuksen mukaan ahiot siirretään nauhavalssaukseen ja kvarttopuolelle käyttäen siirtovaunuja sekä vetomestari kuljetuksia siirtoalustoilla. Jäähdytyshalli 2:ssa on varaston lisäksi kuumahuppu karkenevia ahiolaatuja varten ja Jaha1:ssä kvarttoaihoita varten vedynpoistouunit. Jäähdytyshallin päätehtäviin kuuluu jatkuvavalulaitokselta tulevien ahioiden varastoiminen sekä ahioiden oikea-aikainen siirto seuraavaan prosessivaiheeseen (kuva 3).



Kuva 3. Jäähdytysshalli 2 yleiskuva (9.)

3.4 Nauha-aihiohalli

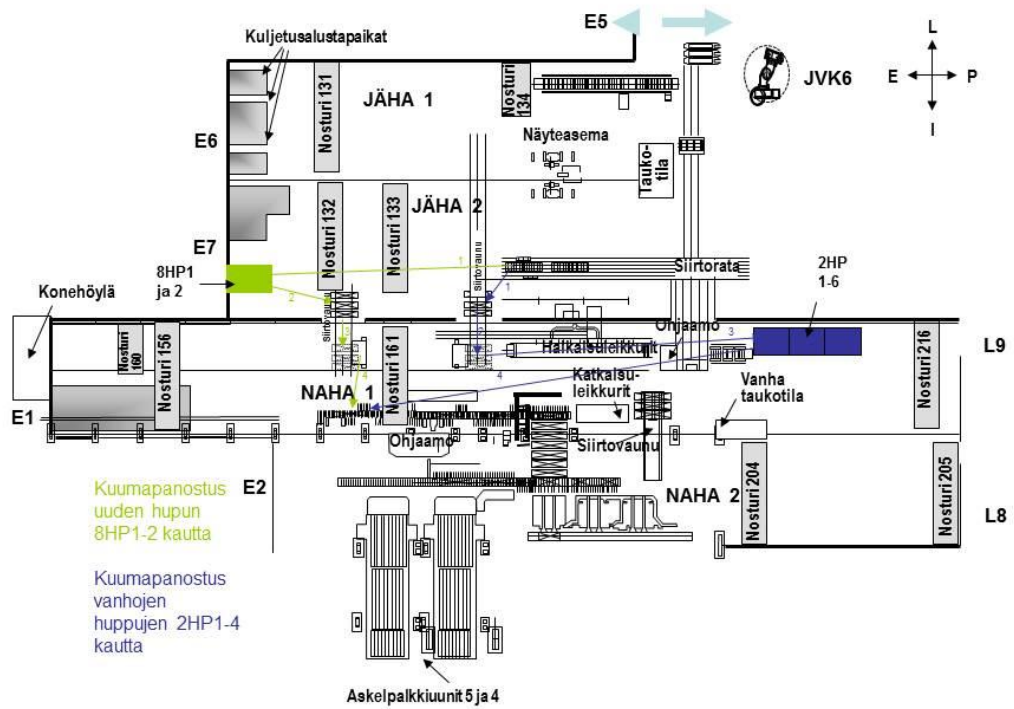
Jäähdytysshallista toimitetut nauha-aihiot ajetaan nauha-aihiohallissa varastoon odottamaan valssausta. Nauha-aihiohallissa (kuva 4) aihioita kunnostetaan, leikataan ja panostetaan oikea-aikaisesti nauhavalssille. Nauha-aihiohallissa on kaksi 35 tonnia nostavaa siltanosturia numeroiltaan 156 ja 161, magneettinosturi 216 ja puolipukkinosturi numeroltaan 160. Nauha-aihiohallissa sijaitsee kolme 12 aihion huppua, joita käytetään pääsääntöisesti aihioiden hitaasti jäähdytykseen. Nauha-aihiohallissa toimii kolmivuorossa kolme siltanosturinkuljettajaa ja leikkaaja, jatkuvassa kaksivuorossa kaksi aihionkunnostajaa ja puolipukinkuljettaja.



Kuva 4 Nauha-aihihalli 1 yleiskuva (9.)

3.5 Kuumapanostuksen aihionkulku

Kuumapanostus ajoitetaan usein tarkoituksella niin, että ahiot kulkeutuvat panostusalueelle huppujen kautta. Huputus voidaan tehdä joko jäähdytyshallissa tai nauha-aihihallissa. Jatkuvalavasta tulleet ahiot siirretään valusta huputukseen parin tunnin jäähdytyksen jälkeen. Jäähdytyshallin huppu sijaitsee JÄHA2-hallin eteläpäässä ja nauha-aihihallissa huput ovat hallin pohjoispäädyssä. Nauha-aihihalliin kuumapanostettavat ahiot siirretään jäähdytyshallista siirtovaunuilla (kuva 5).



Kuva 5. Kuumapanostuksen spagettikaavio (9.)

4 TUTKIMUKSET JA KOKEET

4.1 Tietojärjestelmät

Yleismiehen työkaluina aiholiikenteen ohjaamisessa toimivat aihiohallin varastonohjausjärjestelmä AIVO, sulaton tietojärjestelmä NEUVO sekä nauhavalssaamon tietojärjestelmä SMC. B-koodillisia erikoisteräslautuja valmistettaessa yleismies näkee tietojärjestelmästä käsittelykoodin sekä pystyy huputustarpeen mukaan ohjaamaan aihiot huputettavaksi joko nauha-aihiohalliin (2HPX), jäähdytyshalliin (8HPX) tai ulkohuppuihin (BUNX). Kun aihiot on tarkoitus panostaa kuumana, ei tietojärjestelmässä ole erillistä mainintaa kuumapanostuksesta.

Tuotannosuunnittelu ohjaa aiholiikenteen tietojärjestelmäpuolta, ja asiantuntijan haastattelun yhteydessä tuli idea lisäohjeesta kuumapanostettavien aihoiden merkitsemisestä tietojärjestelmään (liite 2). Lisäohjeen mukaan kuumapanostus tulee näkyviin sulatuskertomuskuvakkeen lisäohje-sarakkeeseen. Sarakkeen tiedoista näkyvät kuumapanostus, jakso sekä suunniteltu sivuväli jaksolla, jolle aihiot on tarkoitus sijoittaa. Näin yleismies pystyy hallitsemaan aihoiden siirtoja ja mahdollisia huputuksia tai huputtamatta jättämisistä. Kuumapanostuksen lisäohje on muistinvarainen, joten sen seuraaminen ja käytön toteutuminen on haasteellista. (3.)

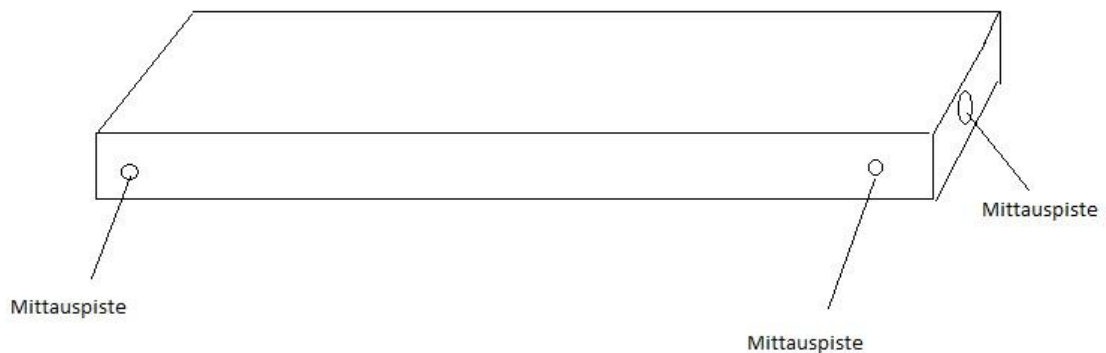
4.2 Lämpömittauskokeet

Joulukuussa 2014 tehtiin jäähdytyshallissa kaksi lämpömittauskoetta (liite1), joissa mitattiin aihoiden jäähtymistä lämpöhautomo-olosuhteissa. Normaalissa hallitilanteessa hautomon rakentaminen on erittäin hankalaa jäähdytyshalliin, koska hallissa ei yleensä ole tilaa. Hautomo vaatii vähintään kolme varastopaikkaa hallikapasiteetista.

Hautomo-olosuhteissa booriteräksille rakennettiin aihioista kaksi korkeampaa suojapinoa jäähtymisvauhdin hidastamiseksi sekä ulkoisten tekijöiden vaikutusten minimoimiseksi aihioopinon jäähtymisessä. Suojattavan pinon etu- ja takapuolelle kasattiin valukoneelta tulevista kuumista

aihioista suojapinot ja suojapinojen väliin lastattiin suojattavat aihiot. Suojattavan pinon päätyihin ei valitettavasti voitu suojausta rakentaa, joten jäähtymistä voitiin hidastaa ainoastaan aihoiden kyljistä.

Aihiot asetettiin ensimmäisessä mittauskokeessa hallin keskiosaan kolmeen pinoon. Hautomon suojapinoissa oli kahdeksan aihiota ja keskimmaisessa, mitattavassa pinossa pidettiin kuusi aihiota. Keskimmaisen pinon viittä alimmaista aihiota mitattiin kahdeksan tunnin ajan ja tulokset kirjattiin muistiin. Kokeen tarkoituksena oli kartoittaa, voiko aihioita tarvittaessa pitää pinossa jäähtymässä pidemmän ajanjakson ennen panostukseen siirtämistä.



Kuva 6. Lämpötilan mittauspisteet ahiosta

Lämpömittauskokeessa käytettiin Fluke 62 MAX+-merkkistä pyrometriä. Laitteen mittausasteikko on välillä $-30\dots650\text{C}^\circ$. Laitteessa on kaksi pyörivää laseria, joiden välillä mitattava lämpöalue sijaitsee. Pyrometrilla mitattiin lämpötilaa aihoiden päädyistä sekä kyljistä (kuva 7) (8.)



Kuva 7. Lämpömittalaite FLUKE 62 MAX+ (8.)

Ensimmäinen lämpömittauskoe suoritettiin 28.12.2014 aamuvuorossa. Mittauksen aikana aihiohallin aihiokapasiteetista oli käytössä alle puolet noin 5 000 tonnia, jolloin suojapinojen määrä mitattavien aihoiden ympärillä oli vähäinen. Ulkolämpötila lastaushetkellä oli -15 °C. JVL-2:n valutilanne oli kokeen alkaessa vähäinen, joten mitattavat aihiot jouduttiin lainaamaan toisesta hallista. Pinot kasattiin siten, että ensin lastattiin mitattava keskipino, jonka jälkeen suojakasat pinottiin (kuva 8). Liiallisen siirtelyn ja odottelun vuoksi mitattavat aihiot ehtivät jäähtyä hieman liian nopeasti ennen mittauksen aloittamista.



Kuva 8. Lämpömittauskokeen ahiopinot

Toinen lämpömittauskoe tehtiin 30.12.2014 iltavuorossa, jolloin ahiopinot lastattiin eri kohtaan hallia kulkureitin lähelle. Mittauksen aikana hallissa oli aihioita noin 6 900 tonnia. Ulkolämpötila lastaushetkellä oli -3 C° . Ahiopinojen lastausjärjestystä muutettiin hieman siten, että mitattavien ahioiden suojapinot lastattiin ensin ja mitattavat ahiot asetettiin viimeisenä paikalleen. Jälleen valutilanne oli lastaushetkellä vähäinen, mutta mitattavat ahiot saatiin kasattua paikalleen. Ahiot olivat keskenään hieman erimittaisia, joka näkyi lämpömittaustuloksissa (kuva 9).



Kuva 9. Ahioiden päädyt jäähtyivät nopeammin, koska ahiot olivat erimittaisia.

4.3 Nauhavalssaamon häiriövalo

Yleismiehen tehtävä on hoitaa aihiohallien välistä aihio liikennettä. Yleismiehen tulee olla tietoinen mahdollisista häiriötekijöistä nauhavalssaamalla, erityisesti kuumapanostuksen aikana tapahtuvista häiriötilanteista. Yleismiehen toimisto sijaitsee jäähdytyshallin keskellä, jäähdytyshallit jakavan pilarilinjan välissä. Valssaamon häiriövalo on sijoitettu nauha-aihiohallin panostustason takana kulkevaan kaiteeseen. Hallien välinen suojaseinä peittää valon näkyvyyden yleismiehen työpisteeseen. Kun häiriövalo syttyy, yleismies ei näe valoa toimistostaan tai ollessaan hallin puolella työskentelemässä, eikä yleensä häiriötilanteissa uunimieskään muista ilmoittaa häiriöstä. Kuumapanostuksen hallinnan parantamiseksi häiriövalon olisi syytä näkyä myös jäähdytyshallin puolella.

Häiriövalon suunnittelussa vaihtoehtoja ja asennusta mietittiin, laitetaanko valo toimimaan vanhalla tyylillä kaapeloimalla satoja metrejä siltanosturien yli tai maan alitse kaapelitunneleita pitkin. Suunnittelun ja kaapeloinnin osalta kustannusarvio venyi useaan tuhanteen euroon. Toisena vaihtoehtona oli, että häiriövalon signaali lähetettäisiin suoraan nauha-aihiohallin valolta radiolähtetimestä jäähdytyshallin valolle, jolloin kaapelointikustannukset vähenisivät.

Häiriövalon paikasta keskusteltiin tarkastelutapaamisessa valssaamon ja sulaton sähkötyönjohdon kanssa. Valo piti saada sellaiseen paikkaan, missä se näkyy yleismiehelle sekä nostureihin. Häiriövalon sijoituksessa huomioitiin myös, ettei valo ota kuljettajien silmiin eikä häiritse normaalia nosturiliikennettä.

5 TUTKIMUS- JA KOETULOKSET

5.1 Tietojärjestelmä

Tietojärjestelmään haettiin muutosta lisäohjeella kuumapanostettavien aihoiden näkymiseksi NEUVO-järjestelmässä jo silloin, kun kuumapanostuspotti otetaan valmistukseen. Kuumapanostettaville aihioille tehtiin lisäohje tuotannosuunnittelijalle panostettavien sulatusten merkitsemisestä tietojärjestelmiin (liite 2). (3.)

Loppuvuoden 2014 ja alkuvuoden 2015 aikana kuumapanostuspotteja tehtiin hyvin hajanaisesti ja ohjeen toteutumista oli vaikea seurata. Ohjeen käyttö on täysin tuotannosuunnittelijan muistin varassa, joten käytön seuraaminen oli vaikeaa. Kuumapanostuksen lisääntyessä ohjeen käyttämisen seuraaminen on helpompaa toteuttaa.

5.2 Jäähdytys ahiopinoissa

Aihoiden jäähdytystä testattiin jäähdytyshallissa joulukuun lopussa (liite 1). Kahdessa mittauskokeessa mitattiin kummassakin kuuden aihion pinosta viiden alimman aihion jäähtymistä. Kuudes aihio pinossa oli kansiaihio. Mittaus suoritettiin standarditeräslaatuja käyttäen, ettei koe aiheuttaisi B-koodillisten aihoiden turhaa romuttamista.

Mittauksen tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö hautomo-olosuhteissa ahiota pitämään ennen panostusta mahdollisesti pidempään kuin tämän hetkinen työohje määrää. Lisäksi mittauksella selvitetään pystytäänkö huputtaminen mahdollisesti jättämään pois ennen kuumapanostusta. (2.)

Ensimmäisen kokeen alkaessa valutilanne oli jatkuvavalulaitoksella vähäinen ja ahiot jouduttiin ottamaan viereisestä hallista. Ahiot jäähtyivät hieman liian kauan ennen mittauksen aloittamista.

Talvella, hallien ollessa lähes tyhjänä ja ulkolämpötilan ollessa -15 °C , jäähtymisnopeus aihioilla oli noin $25 - 30\text{ °C}$ tunnissa kun tavoite aihoiden jäähtymisnopeudelle on noin $10 - 20\text{ °C}$ tunnissa. Aihoiden jäähtymisnopeus oli hieman yli tavoitenopeuden.

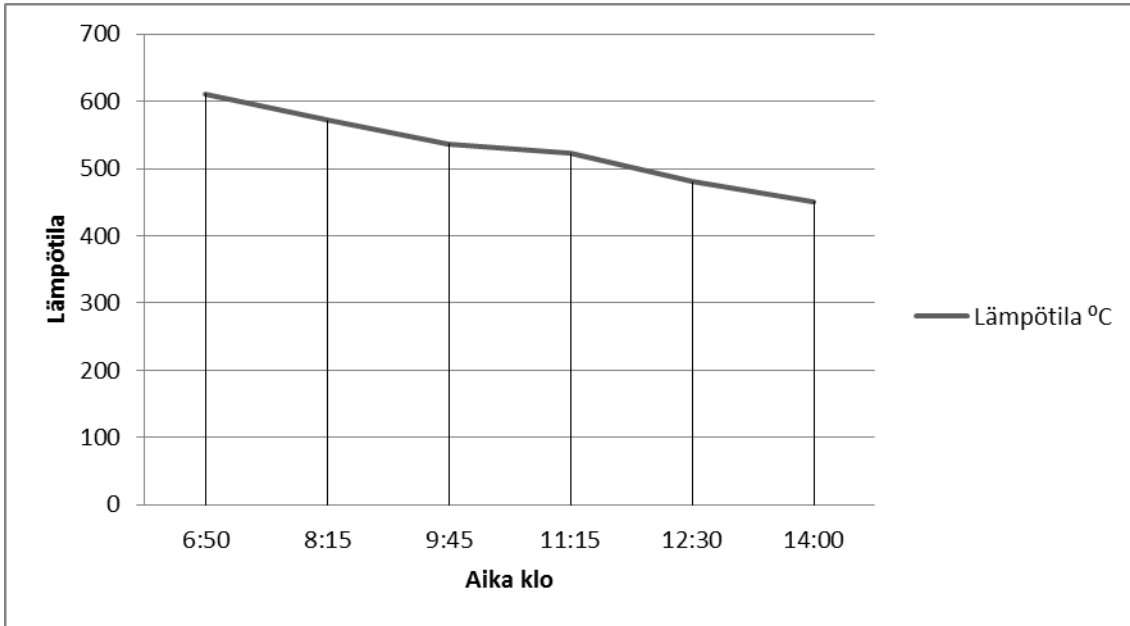
Toisessa jäähtymiskokeessa ahiopinot lastattiin eri kohtaan jäähtyshallia ja pinot tehtiin eri järjestyksessä. Mittauksen alkuvaiheessa ahiot olivat niin kuumia, ettei pyrometrilla pystynyt ahioiden tarkkaa lämpötilaa mittaamaan. Lisäksi ahiot olivat erimittaisia keskenään ja pidempien ahioiden päädyt jäähtyivät erittäin nopeasti. Mittauksen aikana ulkolämpötila oli 12 °C edellistä mittausta korkeampi, mikä myös vaikutti jäähtymisnopeuteen. Ahioiden keskimääräinen jäähtymisnopeus oli noin 20 °C tunnissa, mutta päädyt sen sijaan jäähtyivät yli 35 °C tunnissa. Jos päädyt jäähtyvät noin nopeasti, on vaarana ahioiden halkeaminen tai katkeaminen korkeasti seostetuilla aihioilla valssiunissa.

Molemmille jäähtytyskokeille ominaista oli, että alimmainen mitattava aihio jäähtyi kauttaaltaan muita mitattavia aihioita nopeammin. Nopeamman jäähtymisen alimmalla ahiolla aiheuttivat pinovakauteen vaikuttavat alusahiot, jotka kylmempänä ottivat lämpöä itseensä.

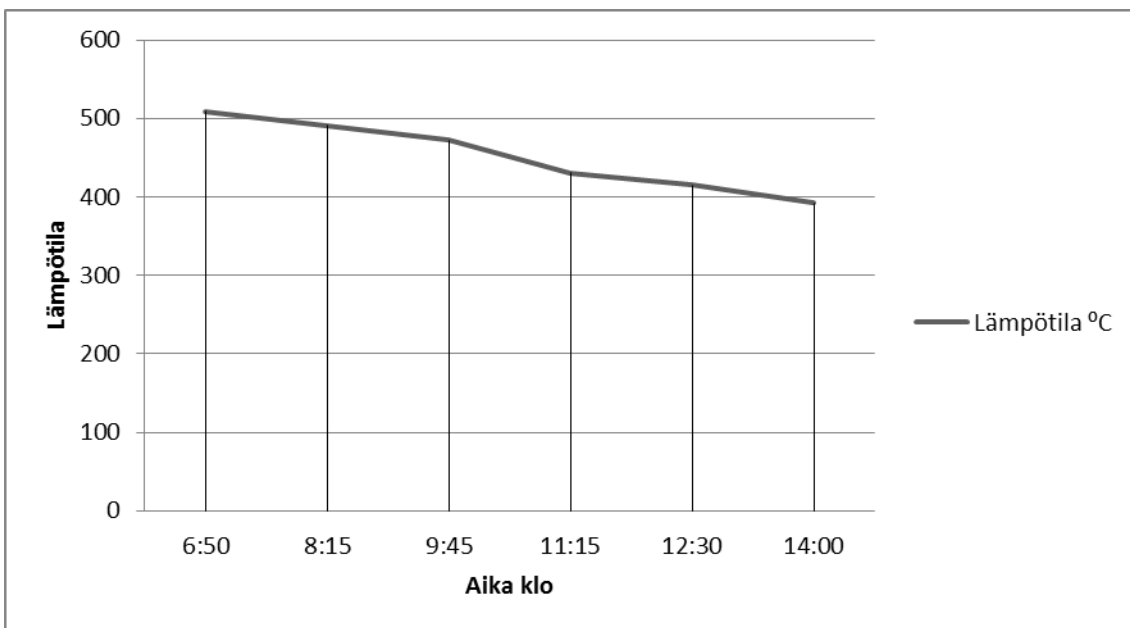
Kuumahautomon toteuttaminen normaalissa tuotantotilanteessa on erittäin haastavaa. Normaalin hallitilanteen aikana varastossa ei ole tilaa kuumahautomolle, joten ahiot joudutaan ohjaamaan huppukäsittelyn kautta.

5.2.1 Jäähtytyskokeiden tulokset

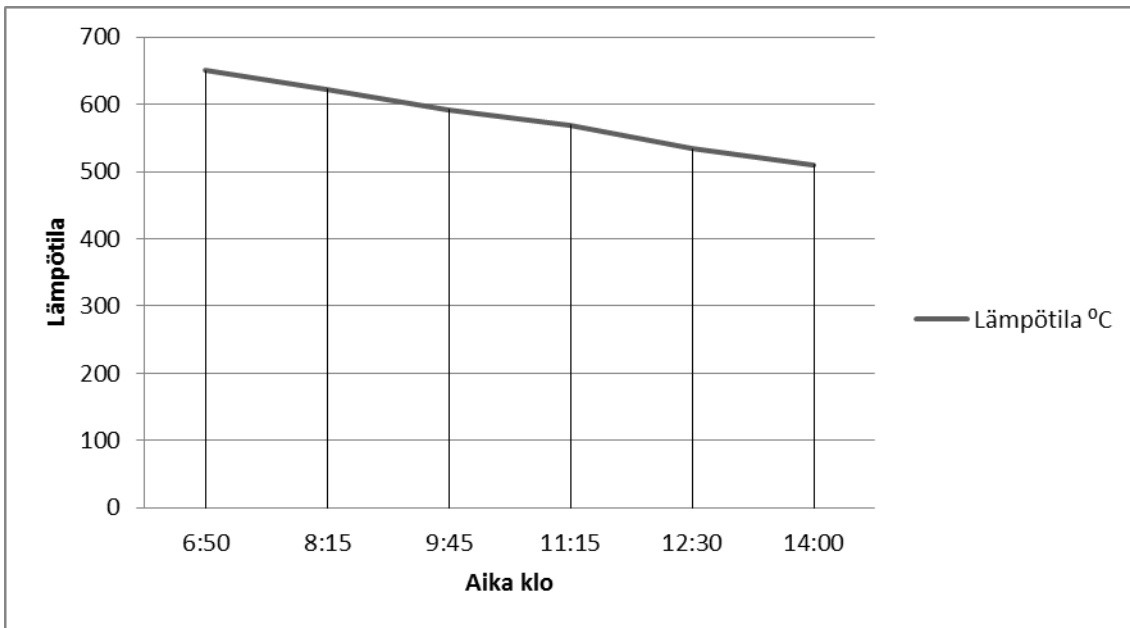
Jäähtytyskokeet tehtiin 28. ja 31.12.2014 jäähtyshalli 2:n ahiovarastossa. Kahdella kahdeksan aihion suojapinolla suojattua kuuden aihion pinoa mitattiin kahdeksan tunnin aikana kuusi kertaa. Viisi alinta ahiota oli mittauksessa ja niistä saaduista keskimääräisestä jäähtymisestä saatiin jäähtymisnopeus ja keskimääräinen lämpötila (kuvat 10 - 14).



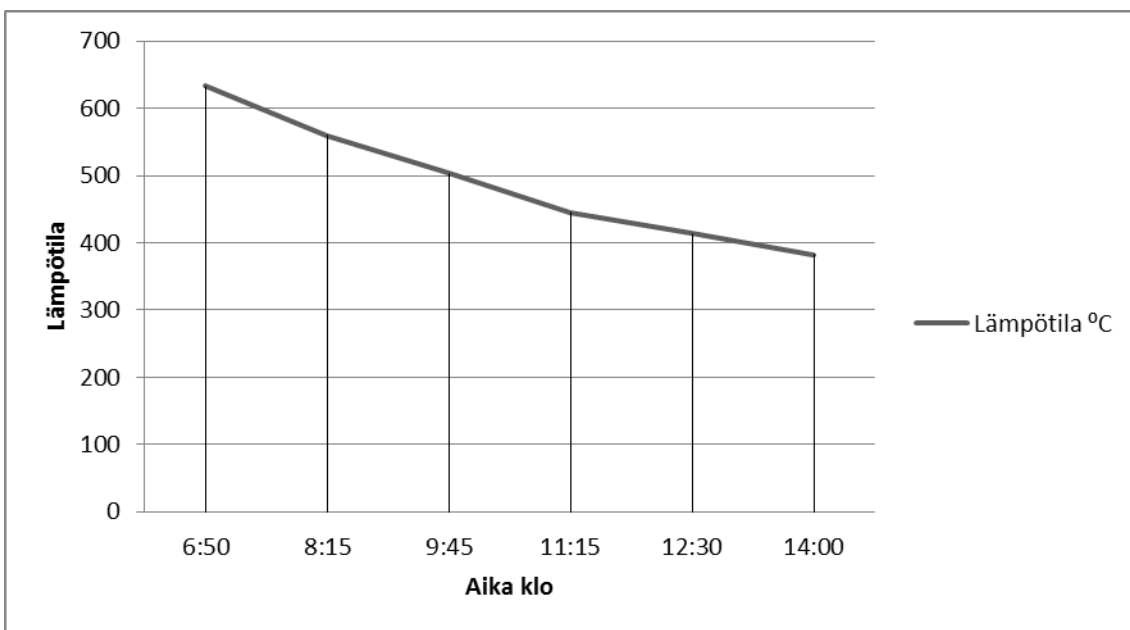
Kuva 10. 1. Jäähdytyskoe 28.12.2014 lämpökäyrä reunasta, aihioopin keskilämpötila



Kuva 11. 1. mittauskoe 28.12.2014 lämpökäyrä päädyistä, aihioopin keskilämpötila



Kuva 12. 2. mittauskoe 31.12.2014 lämpökäyrä reunasta, ahiopinon keskilämpötila



Kuva 14. 2.mittauskoe 31.12.2014 lämpökäyrä ahioiden päädyistä, ahiopinon keskilämpötila

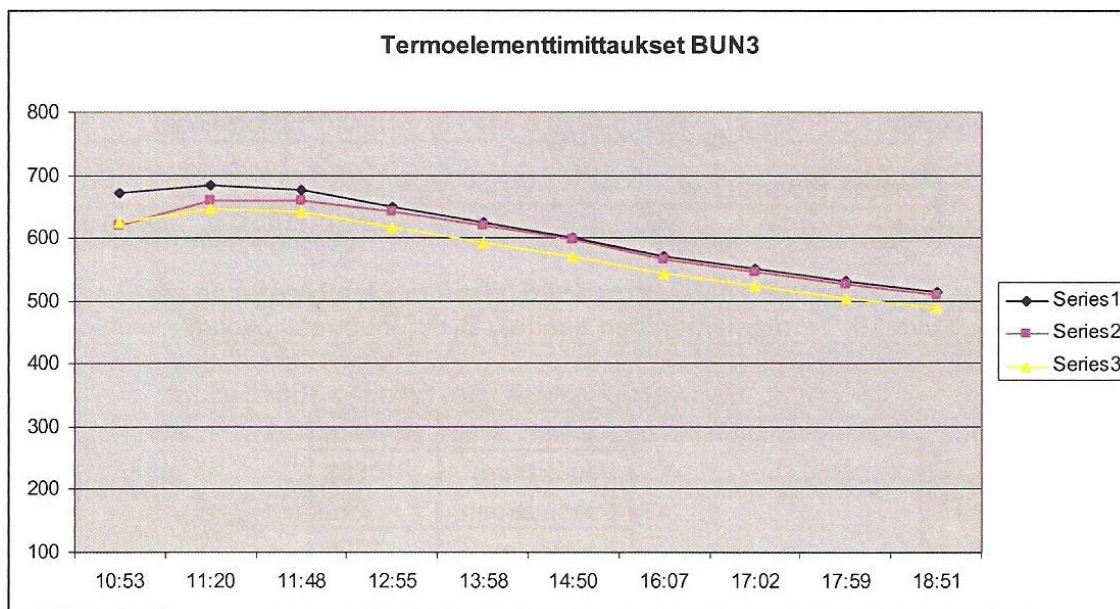
Aihoiden jäähtymiskokeissa huomioitavaa oli alimman aihion nopeampi jäähtyminen sekä päätyjen nopea jäähtyminen. Alin aihio jäähdyi muita mitattavia aihioita nopeammin ollessaan alusaihioita vasten. Ulkolämpötila myös korreloi selvästi jäähtymisnopeuteen ja jälkimmäisen testin reunajäähtymisessä päästiin jo lähemmäs tavoiteltua jäähtymisvauhtia. Samanlainen koe

tulisi suorittaa myös kesäisissä olosuhteissa, jolloin jäähtymisnopeus olisi mahdollisesti huomattavasti hitaampaa ja huputtamisen tarve vähäisempi ennen aihoiden panostamista.

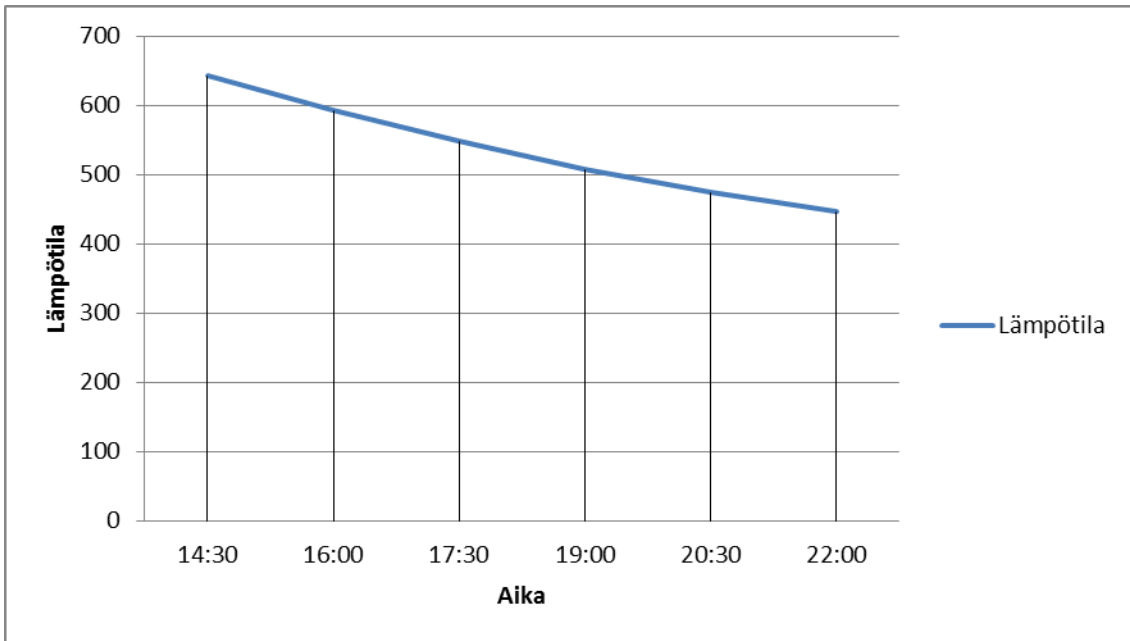
5.2.2 Vertailu toisiin jäähdytysmenetelmiin

Aihoiden jäähtymisnopeutta on mitattu monissa olosuhteissa: siirtokasetilla, hupussa, pinossa, yksittäin varastopaikassa, halkaisukoneen leikkausalustalla, sepelin päällä jäähdytyshallissa jne. Yhtenäistä aiemmille jäähtymismittauksille on, että ulkopuoliset lämmöntonnit ja suojaavat ahiopinot oli eliminoitu mittauksen aikana ympäriltä. Tämän opinnäytetyön mittauskokeessa avainasemassa olivat suojaopinot ja tarkoitus oli testata, vaikuttavatko suojaavat ahiopinot mitattavan ahiopinon jäähtymisnopeuteen. Ulkolämpötilan vaikutustakin haluttiin tarkkailla, mutta ensimmäisen kokeen ylimääräiset siirrot ja odottelu vaikuttivat jäähtymiseen suuremmin kuin ulkolämpötila.

Vertailukohdaksi otettiin Veli Vuorenmaan tekemän jäähdytysmittausraportin huppukäsittely (kuva 15) sekä joulukuussa tehdyn jälkimmäisen jäähtymiskokeen tulokset. (kuva16)



Kuva 15. Aihoiden huppujäähdytyskoetulokset (7.)



Kuva 16. Jäähdytyskoe 31.12.2014 keskimääräinen jäähtyminen (reunat ja päädyt)

Vertaillessa aihoiden reunojen jäähdytyksiä, jäähtymiskäyrät ovat lämpöhautomossa ja hupussa melkein samassa. Kokonaisjäähtyminen kuitenkin puoltaa aihoiden huputtamista varsinkin kylmemmällä säällä. Aihiot jäähtyvät hupussa kokonaisuudessaan huomattavasti tasaisemmin ja vastaavat paremmin B-koodillisten vaatimaan laatuun. Kesällä jäähtymiskäyrät mahdollisesti tasoittuvat hallin lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan ollessa huomattavasti korkeammat. Talvella kuumapanostettavat aihiot on syytä ajaa huppujen kautta.

5.3 Nauhavalssaamon häiriövalo

Nauhavalssaamon häiriövalosta tehtiin turvakierroksen yhteydessä kartoitus. Valon sijaintia arvioitiin ja samalla mietittiin häiriövalon sähköistyksen järjestelyjä. Mietinnässä oli muutama vaihtoehto valon paikalle. Samalla turvakierroksella myös päätettiin, toteutetaanko valon asennus kaapeloimalla vai otetaanko jo nauha-aihiohallissa palavasta valosta langattomalla signaalilla valon syttymissignaali jäähdytyshallin puolelle.

Langaton versio olisi ollut helpompi toteuttaa, mutta toimiakseen langaton kytkentä vaatii estottoman ja virheettömän signaaliyhteyden lähettimen ja vastaanottimen välillä. Jäähdytyshallin

ja nauha-aihihallin välissä on peltiseinä, joka estää virheettömän signaalin kulun jäähdytshallin puolelle. Valon toteutus päätettiin tästä syystä hoitaa kaapeloimalla. Häiriövalo kytketään suoraan nauha-aihihallissa palavaan häiriövaloon, jolloin se on toimintavarmempi

Turvakierroksen yhteydessä valittiin häiriövalon sijoituspaikka. Helpoin ja sopivin paikka lampulle oli aihionsiirtoradan jäähdytysallin puoleisessa topparissa, vaunun merkkivalon vieressä (kuva 17). Valo näkyy siitä suoraan nostureihin ja yleismiehen toimistoon.



Kuva 17. Jäähdytyshalli2:n aihionsiirtoradan toppari. Valssaamon häiriövalon sijoituspaikka mustalla ympyrällä

Opinnäytetyön kirjoitusvaiheessa häiriövalon kaapelisuunnittelu ja toteutus olivat alkamassa. Nauhavalssaamon sähkökunnossapito vastaa häiriövalon suunnittelusta, kaapeloinnista ja kytkennästä. Valon asennus todennäköisesti tapahtuu kuluvan vuoden aikana.

6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

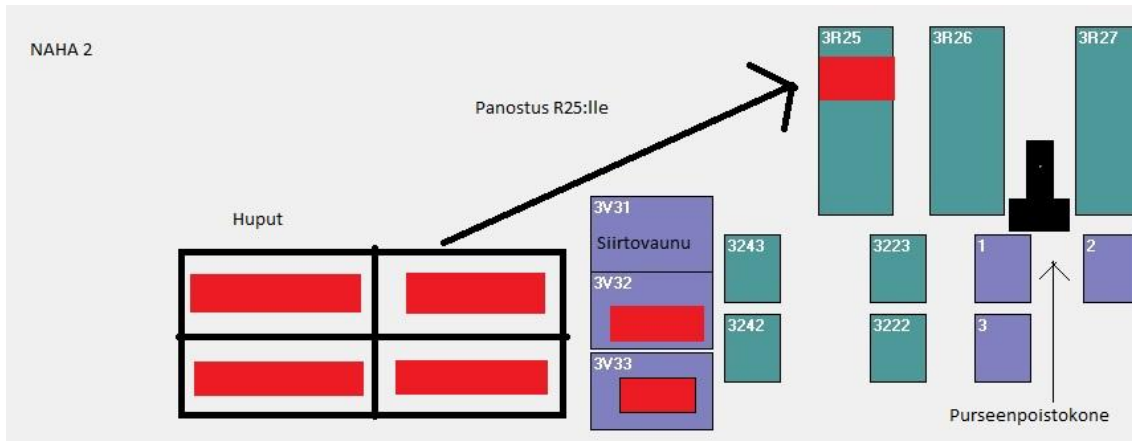
6.1 Kuumavarasto

Aihiohalliin suunniteltiin kuumapanostuksen alkuvuosina kuumavarastoa. Aihiohallien liikkeistä tehtiin simulaatio, ja tulos osoitti, että hyvistä vaihtoehdoista paras mahdollinen kuumavaraston sijoituspaikka olisi jäädytyshalli 2:n eteläpäässä 813X juonto. Varaston paikka sinänsä on ihan hyvä, mutta kuumavarasto söisi liiaksi jo rajallista hallikapasiteettia viemällä suuren osan varastopaikoista. Jos kuumapanostettavien määrä olisi suurempi kuin standarditerästen määrä, voisi kuumavaraston perustaakin kyseiselle paikalle. Kuumavaraston toteutuminen on sen jälkeen ollut harkinnassa vähäisen kuumapanostuksen vuoksi ja nykyisellä huppukapasiteetilla on pystytty kuumapanostus toteuttamaan. (14.)

Kuumavarasto tulisi sijoittaa niin, että se olisi mahdollisimman lähellä panostusrataa, jolloin aihiot eivät ehdi jäähtyä panostusvaiheen häiriön vuoksi ja aihiot saadaan mahdollisimman nopeasti takaisin lämpösuojaan. Tilanpuute on molemmissa halleissa Jäha2 ja Naha1 ongelmana, kun kaikkien muiden teräslaatuja kuin kuumapanostettavien aihoiden valssausjaksot syövät suurimman osan nauha-aihiohallin tilasta sekä valssauksen puskurivarasto jäädytyshallin kapasiteetista.

Kuumavarasto mahtuisi Naha2-hallin puolelle, jos sinne voisi rakentaa järkevämmän aihiokuljetuksen. Nykyisellään ongelmana oleva aihoiden liikuttelu paikasta toiseen ei kuitenkaan vähenisi. Kuumavaraston voisi sijoittaa aihiosiertovaunun pohjoispuolelle. Jos huppukohdan alapuolella ei kulje kaapelitunnelia, mahdollisuus olisi myös upottaa uunit. Näin saataisiin suurempi kapasiteetti käyttöön kuumapanostettavia aihioita varten.

Aihiot saataisiin nopeasti panostukseen 3R25:n kautta rullarataa pitkin (kuva 18), valssitasoa ei tarvitsisi ajaa tyhjäksi ja tarvittaessa häiriötilanteessa huppua ajaminen käy helposti ja nopeasti. Ainoa hankaluutensa toiminnalla on, että aihoiden siirto kuumavarastoon NaHa2:n puolelle olisi todella hankalaa.



Kuva 18. Kuumavarasto NAHA2 hallissa

6.2 Suorapanostus

Suorapanostuksessa aihiot valetaan jo valmiiksi jaksotettuna ja aihioille on valmiiksi tiedossa, mihin väliin ne sijoittuvat. Nykyisessä valujärjestyksessä aihiot tulevat halliin pienin valssaussivu edellä, jolloin pinoon ajettaessa pienin sivu jää alimmaiseksi varastopaikkaan. Kun jäähdytyshallin kuljettaja lastaa siirtovaunua, asetetaan aihiot vaunuun niin, että pienin aihiosivu on alimmaisena ja sivunumerot suurenevat sitä mukaa, kun pino kasvaa. Näin aihiot on helppo purkaa toisessa hallissa. Nykyisellä sivutustyyllillä jäähdytyshallissa joudutaan turhaan pyörittämään pinot ympäri, että aihiot saadaan järjestyksessä siirtovaunulle. Jos aihiot tulisivat suurin sivu edellä, säästyttäisiin turhalta työltä.

6.3 Kuumapanostettavien jäähdyttäminen

Kuumapanostettavat sekä pinossa jäähdytettävät aihiot ajetaan halleihin jäähdyttämään. Jäähdytyskokeessa kävi ilmi, että pinon alimmainen, ensimmäisenä kasaan asetettu aihio jäähtyy muita pinossa olevia aihioita nopeammin. Olisi parempi, jos ennen kuumapanostettavia tai kasassa hitaasti jäähdytettäviä aihioita olisi varastopaikalla pohjimmaisena kuuma aihio alimmaisen aihion liiallisen jäähdyttämisen estämiseksi. (11.)

7 YHTEENVETO

Kuumapanostus erikoisteräksillä on monimutkainen ja haastava prosessi. Valmistuksen ajoittamisen hallinta on lähes mahdotonta, koska valmistuksen ja valssaamisen välissä on liian monta muuttujaa ja häiriötekijää. Näin ollen kuumapanostuksessa joudutaan toimimaan varman päälle, eli ohjaamalla aihiot huppukäsittelyn kautta. Kuumapanostuspottien valmistus on rajallisen huppukapasiteetin vuoksi rajallista. Kuumapotit ovat suuruudeltaan vain 10 - 30 aihion kokoisia, joten kustannussäästöjen määräkin jää tällä hetkellä kovin vähäiseksi lämmityskustannuksissa. Suurempien kuumapanostuspottien valmistaminen vaatisi kuumavaraston, jonka valmistuminen vie oman aikansa.

Ennen kuumavaraston perustamista olisi kustannustehokkaampi ratkaisu suorapanostaa normaaleja ahiolaatuja, jolloin kuumapotit voivat olla huomattavasti suurempia, aihoiden laatu ei kärsi liian nopeasta jäähtymisestä ja lämmityskustannuksissa säästöä syntyy huomattavasti enemmän ja vaivattomammin. Booriteräsaihoilla laatu- ja jäähtymisvaatimukset ovat niin rajalliset, että niiden valmistaminen olisi helpoin nykyisellä tyylillä, huppukäsittelyn kautta.

Työssä saatiin helpotusta hieman tietojärjestelmiin kuumapanostukseen liitetyn lisäohjeen myötä (liite 2). Ainoa ongelma ohjeistuksessa oli, että ohje toimii tuotannon suunnittelijan muistin varassa. Häiriötilanteiden huomiointiin saatiin helpotusta tulevan valssaamon häiriövalon asennuksen yhteydessä sekä testattiin aihoiden jäähtymisvauhtia vuoden vaihteessa halliin rakennetussa aihioautomossa. Talviaikana aihiot tulisi ohjata hupun kautta laadun varmistamiseksi, mutta kesällä mahdollisesti hallissa pinoaminen voisi olla pidempiaikaistakin nykyiseen ohjearvoon (4–6 tuntia) verrattuna, koska jäähtytyshallin lämpötila on kesäisin huomattavasti talvisia olosuhteita korkeampi. Testaaminen vaatisi uuden mittauskokeen kesäaikana. (2; 11)

Valssaamon häiriövalon osalta tilanne jäi opinnäytetyön kirjoitusvaiheen aikana vielä suunnitteluvaiheeseen. Vastuu valon asennuksesta päättyi valssaamolle, ja häiriövalon sijoituksen sekä kytkennän toteutus tehdään todennäköisesti vuoden 2015 aikana.

LÄHTEET

1. SSAB lyhyesti. SSAB. Saatavissa: <http://www.ssab.fi/Sijoittajat-ja-media/Tietoa-SSABsta/SSAB-lyhyesti/> Hakupäivä 27.5.2015
2. Jokitalo, Sampo 2013. Kuumapanostus B2- ja B3-suoritustavan aihioilla. Työohje. SSAB Europe Oy, Raahе.
3. Paananen, Pekka. Tuotannosuunnittelija. Haastattelu marraskuussa 2014.
4. Kiilakoski, Antti 2008. Aihiohallien erikoistuotteet. Koulutusmateriaali. SSAB Europe Oy, Raahе.
5. Jaako, Lauri 2011. Aihoiden kuumapanostus. Koulutusmateriaali. POHTO. SSAB Europe Oy, Raahе.
6. Tarkka, Terttu 2015. Kehitysinsinööri, sulatto. Haastattelu maaliskuussa 2015.
7. Vuorenmaa, Veli 2011. Aihoiden jäähtyminen eri prosessipaikoissa. Tutkimusraportti. SSAB Europe Oy, Raahе.
8. Fluke 62 MAX, 62 MAX+ Infrapunalämpömittarit 1995 – 2015. Fluke corporatio. Saatavissa: <http://www.fluke.com/fluke/fifi/Lampomittarit/Infrapunalampomittarit/Fluke-62-MAX+.htm?PID=74272> Hakupäivä 3.1.2015
9. Sulaton kuvapankki. Intranet. SSAB Europe Oy.
10. Tarkka, Terttu 2005. Suorapanostettavien aihoiden lämpötilan mallintaminen. Diplomityö. Oulu: Oulun Yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto.
11. Mäyrä, Petri 2013. Aihoiden lämpömittaukset ja aihiosimulaattorin (Slabmanager) validointi. Tutkimusraportti. SSAB Europe Oy, Raahе.
12. Alamattila, Ilari 2008. Aihoiden katkeaminen–koetuloksia. Tutkimusraportti. SSAB Europe Oy, Raahе.
13. Karjalainen, Heikki 2008. Aihoiden pintakovuusmittaukset. Tutkimusraportti. SSAB Europe Oy, Raahе.
14. Jaako, Lauri. Kehitysinsinööri, sulatto. Haastattelu helmikuu 2015.

LIITTEET

Liite 1 Aihoiden lämpömittausten tulokset

Mittauspäivä 1. 28.12. 2014 varastopaikka 8173 aamuvuoro						
Mittattavat aihot valukone 6:lta, siirretty ensimmäisenä mittauspisteeseen ja sivukasat tehty myöhemmin						
Hallitilanne 6.00	~5000t					
Ulkolämpötila	-15°C					
23380 valu loppunut	28.12.2014 klo 3.24					
23381 valu loppunut	28.12.2014 klo 4.07					
Pinot valmiit	28.12.2014 klo 6.45					
Lämpömittauskoe 1	8173	Aika				
28.12.2014	1. mittaus klo 6.50	2. mittaus klo 8.15	3. mittaus klo 9.45	4. mittaus klo 11.15	5. mittaus klo 12.30	6. mittaus klo 14.00
23381-021 (4.41)	627°C	574°C	534°C	512°C	479°C	437°C
23381-011 (4.36)	619°C	592°C	562°C	533°C	493°C	474°C
23380-051 (4.34)	631°C	596°C	556°C	550°C	515°C	480°C
23380-041 (4.33)	615°C	574°C	545°C	533°C	490°C	438°C
23380-031 (4.29)	560°C	523°C	487°C	481°C	429°C	426°C
Keskiarvo	611°C	572°C	537°C	522°C	481°C	451°C
Päätylämmöt P&E KA	1. mittaus	2. mittaus	3. mittaus	4.mittaus	5.mittaus	6.mittaus
23381-021 (4.41)	530°C	507°C	470°C	437°C	412°C	387°C
23381-011 (4.36)	510°C	490°C	470°C	438°C	423°C	400°C
23380-051 (4.34)	500°C	495°C	490°C	448°C	436°C	410°C
23380-041 (4.33)	512°C	502°C	490°C	432°C	420°C	395°C
23380-031 (4.29)	490°C	460°C	440°C	396°C	380°C	368°C
Keskiarvo	509°C	491°C	472°C	431°C	415°C	392°C
Mittauspäivä 2. 31.12. 2014 varastopaikka 8157 iltavuoro						
Hallitilanne klo 14.00	~6900t					
Ulkolämpötila	-3°C					
23527 valu loppunut	30.1.2014 klo 13.41					
23525 valu loppunut	30.1.2014 klo 13.04					
Pinot valmiit	30.1.2014 klo 14.23					
Lämpömittauskoe 2	8157	Aika				
30.12.2014	1. mittaus klo 14.30	2. mittaus klo 16.00	3. mittaus klo 17.30	4. mittaus klo 19.00	5. mittaus klo 20.30	6. mittaus klo 22.00
23527-051 (14.13)	>650°C	630°C	597°C	561°C	510°C	483°C
23527-041 (14.13)	>650°C	630°C	593°C	570°C	551°C	540°C
23525-031(14.03)	620°C	613°C	593°C	580°C	561°C	513°C
23527-031 (14.02)	>650°C	622°C	589°C	576°C	546°C	515°C
23527-021 (14.02)	>650°C	620°C	585°C	555°C	506°C	500°C
Keskiarvo	>650°C	623°C	592°C	569°C	534°C	510°C
Päätylämmöt P&E KA	1. mittaus	2. mitaus	3. mittaus	4.mittaus	5.mittaus	6.mittaus
23527-051(14.13)	>650°C	500°C	361°C	308°C	265°C	241°C
23527-041(14.13)	>650°C	640°C	628°C	583°C	528°C	485°C
23525-031(14.03)	575°C	450°C	358°C	302°C	288°C	265°C
23527-031(14.02)	>650°C	603°C	584°C	522°C	509°C	480°C
23527-021(14.02)	>650°C	605°C	580°C	507°C	476°C	436°C
Keskiarvo	>633°C	560°C	503°C	445°C	414°C	382°C

Ohje

TS

P.Paananen

30.09.2014

Ohje lisäohjeen antamisesta kuumapanostussarjalle

1. Taustaa

- Arto Ek tekee opinnäytetyötä kuumapanostuksen kehittämisestä. Työn aikana on ilmennyt tarve, että Neuvossa pitäisi näkyä kuumapanostussarjojen sulatuksilla lisäohje tai huomautus, jossa kerrotaan että sulatuksen aihiot menevät kuumapanostukseen.

2. Toiminta sulatustilauksen laadutuksessa

- Sulatustilauksen laadutuksessa lisätään S116 kuvakkeen JV kenttään tieto kuumapanostuksesta esim **.KUUMAPAN. JAKSO 1168 S. 203-315**

```

SULTIL          ANROT          SULATUS          VALUKOKO 34 210 * 1525
TILATTU 120.0   AIHIOLAATU      LINJA 8          MIN 14
SARJA/JÄRJ/VIIM 994 04   JVK 5 KÄS JPP LV VSV   JVL          MAX
VALULÄMPÖTILA (-/+ ) -25 +35  NÄYT.LKM 2 JOMINY  MAKROE   TR E AR 4   ERYAL

SUOR. R S D T J B C E F G OHJE T-LAATU          OHJE N-LAATU 626-640
TAVAT 1          3          T-L MIN/MAX          N-L MIN/MAX 600 650  MAX 3
ASL: 3715

C          SI          MN          P          S          AL          NB          V          CU          CR
MI .0400 .1500 1.1000          .0150 .0360 .0600
TÄ .0550 .1750 1.2000          .0250 .0410 .0800
MA .0700 .2000 1.5000 .0160 .0050 .0700 .0460 .1000 .1000 .1000 .1
N          MO          TI          CA          B
MI          .0010
TÄ
MA .0100 .0800 .0250          .0010

MI
TÄ
MA          JAKSO/J
          JAKSO/S 1038

HUOM KONV

JV KUUMAPAN. JAKSO 1168 S. 203-315
LAADUTETTU
    
```

Liite 2/2

Tilaus 53234	Valukoko	Välisenkka	Valunopeuden muutokset
Konvertteri	Paksuus: 210 mm 34	VS-jatketiili:	Syy Kohta (m) Nopeus (m/min)
JVKone	Leveys: 1525 mm	Upotussyvyys: mm	
Aihiolaatu	Metripaino: kg/m	VS-täyttöaste: %	
Yleistä	Valunopeus: m/min	VS-kuona: t	
Aihiolaatu:	Valupituus: m	VS-romu: t	
Sarja:	Valuhäiriöt: Rajoite:	VS-peitoste:	
	SS-putken vaihto <input type="checkbox"/> TS ei auennut <input type="checkbox"/>		
Teräs-	Valupulveri:	Hydris-vetymittaus	Valukon-
senkka:	Kokillirunko: Jominy-näyte <input type="checkbox"/>	ppm m	ohjetie
Ed.valu	Lisäohje: KUUMAPAN. JAKSO 1168 S.203-315	ppm m	Lisää
loppui:	Huomautus:		Työo
Välisenkka:	Suoritustapa	Häiriöt	Seis aika Laji
Valu			
loppui:			
Hyv.:			
Vuoro:	Lämpötilat	Ainutukset	