

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Dimensioltaan suurten teräskappaleiden koneellinen polttoleikkaus

Mikko Saastamoinen

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Tornio Worksin osalta tähän työhön liittyneitä henkilöitä. Kiitokset myös KIPA:lla työskenteleville henkilöille, joita ilman tämä opinnäytetyö ei olisi valmistunut. Haluan myös kiittää tämän työn valvojia Pekka Katilaa ja Jukka Myllymäkeä. Lisäksi erityiskiitokset koko kotiväelle tuesta ja ohjeista työn aikana.

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|--|
| Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala | |
| Koulutusohjelma | Konetekniikka |
| Opinnäytetyön tekijä | Mikko Saastamoinen |
| Opinnäytetyön nimi | Dimensioltaan suurten teräskappaleiden koneellinen polttoleikkaus |
| Työn laji | Opinnäytetyö |
| päiväys | 27.4.2011 |
| sivumäärä | 37 + 3 liitesivua |
| Opinnäytetyön ohjaaja | DI Pekka Katila |
| Yritys | Refelco Oy |
| Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja | Ins. Jukka Myllymäki |

Tämä opinnäytetyö oli projektityö, jonka tavoitteena oli tutkia kierrätysterästen paloittelulaitoksen koneellisen polttoleikkauslinjan apuaineiden kulutuksia erilaisten leikkauskappaleiden välillä. Tehtävänä oli myös tarkastella polttoleikkauksessa syntyvän oksidoituneen metallin määrää suhteessa polttoleikkattavaan kappaleeseen. Tarkoituksena ei kuitenkaan ollut mennä syvemmin teräksen metallurgiaan.

Koneellista polttoleikkausta tarkasteltaessa oli myös tarkoitus mitata koneellisessa polttoleikkauksessa käytettävien kaasujen ja leikkauslisäaineiden määriä suhteessa leikattujen metallien määriin. Opinnäytetyön tehtäviin kuului myös optimoida kaasujen ja lisäaineiden käyttö polttoleikkauksessa. Apuaineiden mittausten yhteydessä oli myös tarkoitus seurata eri leikkauskappaleiden välisiä polttoleikkausnopeuksia. Nopeudet kirjattiin työohjeiksi uusien työntekijöiden koulutusta helpottamaan.

Ennen polttoleikkausta selvitettiin, millainen leikkauskappale oli milloinkin kyseessä. Itse mittaukset suoritettiin seuraamalla koneellista polttoleikkausta ja kirjaamalla ylös käytettyjen polttokaasujen kulutukset koneen näytöltä. Leikkausta ennen ja jälkeen täytettiin leikkausjauhesäiliö ja laskettiin sen kulutus. Polttoleikkauskappaletyypin vaihtuessa selvitettiin edellisessä leikkauksessa syntyneen oksidoituneen metallin määrä.

Apuaineiden kulutuksien tarkastelu osoitti, että eri leikkauskappaleiden polttoleikkauksessa muodostuu eroja. Leikkauskappaleen leikkauspaksuus lisäsi apuaineiden kulutusta ja leikkausjätteen määrä kasvoi. Samalla myös leikkausnopeus laski.

Työ tehtiin Outokumpu Tornio Worksin tehtaalla, Refelco Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön pääpaikkana oli kierrätysterästen paloittelulaitoksen koneellinen polttoleikkauslinja. Tietolähteinä työssä käytettiin eri henkilöiltä saatuja haastatteluja, tehtaan sisäisiä tietojärjestelmiä, Internetiä ja kirjallisuutta.

Asiasanat: kierrätys, polttokaasut, polttoleikkaus, teräs.

ABSTRACT

| | |
|--|---|
| Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology | |
| Degree Programme | Mechanical Engineering and Production Engineering |
| Name | Mikko Saastamoinen |
| Title | Torch Cutting of Large Dimension Steel Blocks |
| Type of Study | Bachelor's Thesis |
| Date | 27 April 2011 |
| Pages | 37 + 3 appendices |
| Instructor | Pekka Katila, MSc |
| Company | Refelco Oy |
| Contact Person/Supervisor from Company | Jukka Myllymäki, BEng, Refelco Oy |

The objective of this thesis was to study the consumption of auxiliary substances used at the mechanical torch cutting line of recycled steel between different cutting materials. Another objective was also to examine the amount of oxidic metal in proportion to torch cut object. In this thesis there was no intention to study steels metallurgy.

When studying mechanical torch cutting the aim was also to measure the amounts of fuel gases and auxiliary substances in proportion to the amounts of cut steel. One goal of this thesis was to optimize the use of gases and auxiliary substances in torch cutting. Another objective was to measure the use of auxiliary substances and to follow the cutting speed of different materials. The cutting speeds were documented as work instructions to help the training of new employees'.

Before torch cutting it was necessary to find out the type of cutting material. The measurements were done while observing mechanical torch cutting and by documenting the amounts of used fuel gases with the computer. Before and after the cutting the containers of cutting powder were filled up and consumption was calculated. When the torch cutting material type changed it was necessary to find out the amount of oxidic metal formed in the previous cutting.

Studying the consumption of auxiliary substances showed that there are differences between different torch cutting materials. The thickness of the cutting materials increased the consumption of auxiliary substances and the amount of cutting waste increased. At the same time the cutting speed lowered.

This thesis carried out at Outokumpu Tornio Works and it was commissioned by Refelco Oy. The study was completed at mechanical torch cutting line at the steel recycling plant. The sources of information for the thesis were personal interviews the internal information systems, the internet, and literature.

Key words: recycling, fuel gases, torch cutting, steel.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|-----|
| ALKUSANAT | I |
| TIIVISTELMÄ | II |
| ABSTRACT | III |
| SISÄLLYSLUETTELO | III |
| KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET | V |
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. OUTOKUMPU TORNIO WORKS | 2 |
| 3. REFELCO OY | 4 |
| 3.1. Tulenkestävät valut | 4 |
| 3.2. Regenerointisuolan neutralointi | 5 |
| 3.3. Kierrätysterästen paloittelu | 5 |
| 4. TERMINEN LEIKKAUS | 6 |
| 4.1. Polttoleikkaus | 6 |
| 4.2. Jauheleikkaus | 8 |
| 4.3. Polttoleikkausnopeus hiilikvivalentin avulla..... | 9 |
| 5. KIERRÄTYSTERÄKSEN PALOITTELULAITOS (KIPA)..... | 11 |
| 5.1. Koneellinen polttolinja..... | 11 |
| 5.2. Mekaaninen leikkauslinja..... | 11 |
| 5.3. Käsinpoltto | 12 |
| 6. POLTTOLEIKATTAVAT KAPPALEET | 13 |
| 6.1. Skollat | 13 |
| 6.2. Aihiot | 14 |
| 6.3. Telat..... | 15 |
| 6.4. Esinauhat | 16 |
| 7. KIPA:N KONEELLISEN POLTTOLEIKKAUSLINJAN TOIMINTAPERIAATE..... | 18 |
| 8. KIPA:LLA KÄYTETTÄVÄT POLTTOLEIKKAUKSEN APUAINEET | 22 |
| 8.1. Nestekaasu..... | 22 |
| 8.2. Happi | 22 |
| 8.3. Rautapulveri | 23 |
| 9. MITTAUSTEN SUORITUS..... | 24 |
| 10. MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU | 25 |
| 10.1. Mittaustulokset..... | 25 |
| 10.2. Vuosittaisten kulutusmäärien arviointi | 27 |
| 11. MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET..... | 28 |
| 11.1. Analysointi, johtopäätökset ja optimointi | 28 |
| 11.1.1. Skollien paloittelu | 28 |
| 11.1.2. Aihoiden paloittelu..... | 29 |
| 11.1.3. Esinauhojen paloittelu..... | 30 |
| 11.1.4. Telojen paloittelu | 31 |
| 11.2. Mittaustulosten vertailu eri teräskappaleiden välillä..... | 32 |
| 12. YHTEENVETO | 34 |
| 13. LÄHDELUETTELO | 35 |
| LIITELUETTELO | 37 |

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

| | |
|------|---|
| RAP5 | Kylmävalssaamo 2 (rolling, annealing, pickling) |
| RESA | Regenerointisuolan neutralointilaitos |
| KIPA | Kierrätysterästen paloittelulaitos |

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli dimensioltaan suurten teräskappaleiden koneellinen polttoleikkaus. Työ tehtiin Outokumpu Tornio Worksin tehdasalueella Refelco Oy:lle kierrätysterästen paloittelulaitoksella. Tämä opinnäytetyö oli projektityö, jossa keskityttiin mittaamaan koneellisessa polttoleikkauksessa käytettävien kaasujen ja leikkauslisäaineen määriä suhteessa leikattujen metallien määriin. Samoin myös selvittämään polttoleikkauksessa syntyvän oksidoituneen metallin määrää suhteessa leikattuihin kappaleisiin, kuitenkin menemättä syvemmin teräksen metallurgiaan. Tarkoituksena oli myös optimoida kaasujen ja lisäaineiden käyttö polttoleikkauksessa.

Eryteisesti oli tarkoitus tutkia, syntyykö apuaineiden kulutuksissa ja polttoleikkausjätteiden määrissä eroja erilaisten leikattavien kappaleiden välillä. Mittausten yhteydessä oli myös tarkoitus seurata eri leikkauskappaleiden välisiä polttoleikkausnopeuksia ja kirjata ne työohjeiksi uusien työntekijöiden kouluttamista helpottamaan.

Ennen mittausten aloitusta KIPA:n raaka-ainevarasto oli lähes tyhjä. Mittaukset aloitettiin 13.1.2011 ja ne päättyivät 18.3.2011. Mittausten lopuksi raaka-ainevarastot olivat tyhjä. Mittausten aikana leikattiin 1610 t kierrätysterästä, josta aihioita 388 t, skollaa 379 t, teloja 177 t ja esinauhoja 666 t.

Ennen varsinaista polttoleikkausta pyrittiin selvittämään, millaista kappaletta milloinkin leikataan. Mittaukset suoritettiin seuraamalla koneellista polttoleikkaustapahtumaa ja kirjaamalla ylös käytettyjen kaasujen kulutukset koneen näytöltä. Aina leikattavan kappaletyypin vaihtuessa selvitettiin edellisessä leikkauksessa syntyneen oksidoituneen metallin määrä.

Refelco Oy:n tavoitteena oli kehittää polttoleikkausta tehokkaammaksi optimoimalla kaikki mahdolliset muuttujat leikkauksessa. Outokumpu Tornio Worksin ja Refelco Oy:n välisessä sopimuksessa on maininta polttoleikkauksen kehittämisestä. Edellä mainittu mahdollisti tämän opinnäytetyön.

2. OUTOKUMPU TORNIO WORKS

Outokumpu-konsernin toiminta keskittyy pääosin teräkseen ja teknologiaan. Torniossa ja Keminmaassa toimivat Outokumpu Stainless Oy ja Outokumpu Chrome Oy ovat osa Outokumpu-konsernin General Stainless -liiketoiminta-alueita. Tornion terästehdas on maailman suurin yksittäinen ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö, joka työllistää noin 2400 henkilöä ja sen välillinen vaikutus alueella on lähes 9000 työpaikkaa. Ainuslaatuinen ja täysin integroitu tuotantoketju käsittää Keminmaan kromikaivoksen, Tornion ferrokromisulaton, jaloterässulaton, kuumavalssaamon ja kaksi kylmävalssaamaa. Suuri osa lopputuotannosta, ruostumattomista teräsnauhoista ja -levyistä, toimitetaan asiakkaille yli 60 eri maahan. Osa tuotannosta kulkee Tornion Röyttän sataman kautta laivoilla Terneuzeniin, Hollantiin. Siellä nauhat ja levyt jatkokäsitellään asiakkaiden haluamiin mittoihin. /6/, /12/

Terästehdas sai alkunsa, kun vuonna 1959 löydettiin Elijärven kromiesiintymä. Vuonna 1964 tehtiin päätös kaivostoiminnan aloittamisesta ja vuonna 1968 käynnistettiin tuotanto. Kaivoksen malmivarat ovat noin 50 miljoonaa tonnia ja mineraalivarantoja on arvioitu olevan noin 90 miljoonaa tonnia. Tällä hetkellä kaivoksen vuotuinen louhinta on noin 1,2 miljoonaa tonnia malmia ja noin 3,5 miljoonaa tonnia sivukiveä. Vuosittain tuotetaan noin 200 000 tonnia palarikastetta ja 400 000 tonnia hienorikastetta. /6/, /12/

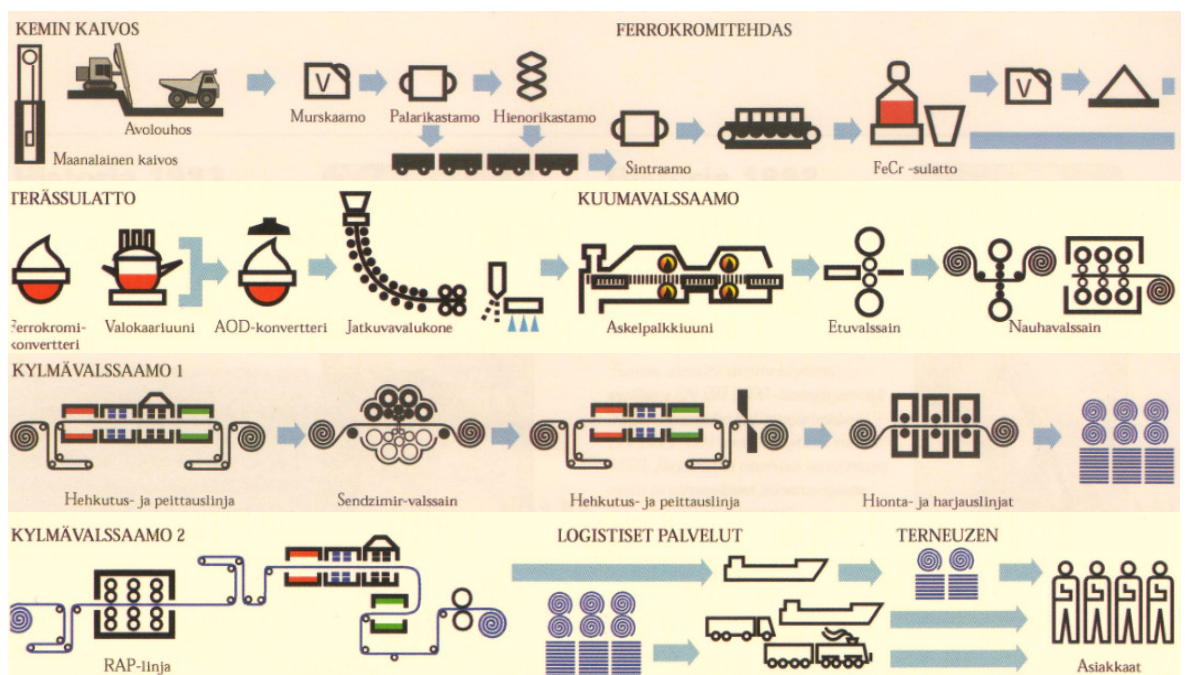
Ferrokromisulaton tuotanto aloitettiin vuonna 1968 ja toinen valokaariuuni saatiin toimintaan 1985. Pelletointi- ja sintrauslinja otettiin käyttöön vuonna 1989. Torniossa kehitetyllä ferrokromin valmistustekniikalla voidaan hyödyntää kustannustehokkaasti myös köyhää ja hinnaltaan edullista kromimalmia. Sintraamalla vuosikapasiteetti on noin 400 000 tonnia ja ferrokromisulaton vuosikapasiteetti on noin 270 000 tonnia. Valtaosa ferrokromitehtaan tuotannosta toimitetaan sulana terässulatolle. /6/, /12/

Jaloterässulaton toiminta alkoi 1976 ja sen toinen linja otettiin käyttöön 2002. 1998 vihittiin käyttöön uusi kromikonvertteri, joka mahdollistaa sulan ferrokromin käytön teräksen valmistuksessa. Terässulaton ensimmäisen tuotantolinjan pansokoko on 95 tonnia ja toisen 150 tonnia. Toisen sulaton myötä vuosituotanto on kasvanut noin 50 000 tonnista

1 700 000 tonniin valettuja aihioita. Suurin osa aihioista kuljetetaan lämpöeristetyissä vaunuissa kuumina suoraan kuumavalssaamolle tai osa jäädytetään ja varastoidaan odottamaan jatkokäsittelyä. /6/, /12/

Kuumavalssaamon tuotanto aloitettiin vuonna 1988. Kuumavalssaamoa laajennettiin vuonna 2004 lisäämällä tuotantolinjaan kolme lisävalssituolia, vaihtamalla vanha kelain uuteen suurtehokelaimeen ja uudistamalla vanha askelpalkkiuuni. Vuosikapasiteetti kuumavalssaamolla on noin 1 700 000 tonnia mustaa kuumanauhaa. Valtaosa kuumavalssaamon teräsnauhasta siirtyy jatkokäsiteltäväksi kylmävalssaamoon. /6/, /12/

Kylmävalssaamo aloitti toimintansa vuonna 1976 ja sen vuosikapasiteetti oli noin 50 000 tonnia. Tuotantokapasiteetti nousi vuonna 1992 yli 250 000 tonniin, kolmannen hehkutus- ja peittauslinjan myötä. Kylmävalssaamoa laajennettiin lisää vuonna 2003, tekemällä toinen kylmävalssaamo, RAP5. Tämänhetkinen kylmävalssaamoiden vuosikapasiteetti on noin 1 200 000 tonnia, josta 750 000 tonnia on kylmärullaa ja 450 000 tonnia kuumarullaa. Näistä suurin osa myydään Eurooppaan ja Aasiaan. Kuvassa 1. on esitelty Outokumpu Tornio Worksin tuotantokaavio. /6/, /12/



Kuva 1. Outokumpu Tornio Worksin rakennekaavio. /12/

3. REFELCO OY

Refelco Oy:n perusti Vilho Törmänen vuonna 1996 ja sen nykyisille omistajille se siirtyi vuonna 2007. Nykyisin Refelco Oy:n omistavat Jukka Myllymäki ja Mauri Saastamoinen. Aluksi yrityksen toimitilat olivat Verkkotehtaankadulla Tornion Torpissa. Näissä tiloissa suoritettiin yrityksen alkuaikoina metallitöitä. Yritys on ollut yhteistyössä Vesuvius Finland Oy:n kanssa vuodesta 2002. Vesuvius Finland Oy toimittaa terästehtaille valutuotteita Suomen lisäksi myös muihin Pohjoismaihin. Valuissa tarvittavat metalliosat valmistettiin Verkkotehtaankadun tiloissa ja valut tehtiin Virkamaankadulla Torpin teollisuusalueella Torniossa. Refelco Oy myi Verkkotehtaankadun toimitilat Lapin Weldmet Oy:lle vuonna 2008. Lapin Weldmet Oy valmisti Refelco Oy:lle kaikki tarvittavat metalliosat vuoden 2010 loppuun asti. Vuoden 2011 alusta lähtien Refelco Oy keskitti kaikki valu- ja niihin liittyvät metallityöt Virkamaankadulle. /10/, /15/

Refelco Oy:n nykyinen toimisto sijaitsee Virkamaankadulla Tornion Torpin teollisuusalueella. Refelco Oy:llä on kolme päätoimialaa: tulenkestävät valut, regenerointisuolan neutralointi ja kierrätysterästen paloittelu. /10/, /15/

3.1. Tulenkestävät valut

Refelco Oy valmistaa happilansseja, joiden kautta puhalletaan happea sulaan teräkseen. Toinen valmistettava tuote on terässulan kaatoputket, jotka valmistetaan kromipitoisesta massasta. Refelco Oy korjaa myös erinäisiä tulenkestäviä tuotteita, kuten esimerkiksi suljinlevyjä, joiden läpi sula teräs lasketaan uunista senkkaan. Tuotteina ovat myös erilaiset poltinkivet ja uunien suutiilet. /10/, /15/

Kaikki nämä valutuotteet menevät pääosin eri terästehtaille. Tulenkestävien tuotteiden valmistusprosessi käsittää teräsosien valmistukset, valutyöt, uunissa kuivauksen, pakkauksen ja toimituksen asiakkaalle. /10/, /15/

3.2. Regenerointisuolan neutralointi

Matalan pH-arvon omaavaa regenerointisuolaa syntyy jaloteräksen kylmävalssausprosessin yhteydessä, kun teräslevyä peitataan. Peittauksessa poistetaan jaloteräslevyn pinnalta epäpuhtaudet erilaisilla hapoilla ja levy saa kirkkaan kiiltävän pinnan. Tämän prosessin seurauksena syntyy happosakkaa. Sakkaa ei voida laittaa kaatopaikalle sellaisenaan, vaan se täytyy neutraloida kalkkiliemellä. Neutralointi tapahtuu RESA:lla, jonka laitteet sekä rakennukset ovat Outokumpu Tornio Worksin omaisuutta ja se sijaitsee kyseisellä tehdasalueella. RESA toimii keskeytymättömässä kolmivuorossa ja sitä käyttää yksi mies vuoroa kohden. /10/, /15/

3.3. Kierrätysterästen paloittelu

KIPA-laitos sijaitsee Outokumpu Tornio Worksin tehdasalueella ja se on otettu käyttöön joulukuussa 2009. Laitos käsittää kolme tuotantolinjaa: koneellisen polttoleikkauslinjan, mekaanisen leikkauslinjan ja käsinpolttopaikan. Laitoksella paloittellaan Outokumpu Tornio Worksin eri prosessivaiheissa syntyviä teräskappaleita. Teräskappaleet pilkotaan määrämittoihin ja pilkotut kappaleet kuljetetaan terässulaton romupihalle kuorma-autolla. KIPA toimii katkeavassa kaksivuorossa. /10/, /15/

Ennen KIPA-laitoksen valmistumista sulatukseen liian suuret metallikappaleet paloiteltiin happipeitsellä ulkotilassa. Leikkauksessa syntyneet savukaasut ja metallipölyt kulkeutuivat ympäristöön. KIPA:lla savukaasut ja pölyt suodatetaan lähes sataprosenttisesti. Leikkauksessa syntyvät metallipölyt puhalletaan merikonttiin ja kontit lähetetään Bewesalle Ruotsiin jatkokäsittelyyn. Suodatinpölyistä eroteltu metalli palautuu Outokumpu Tornio Worksin terässulatolle. /10/, /15/

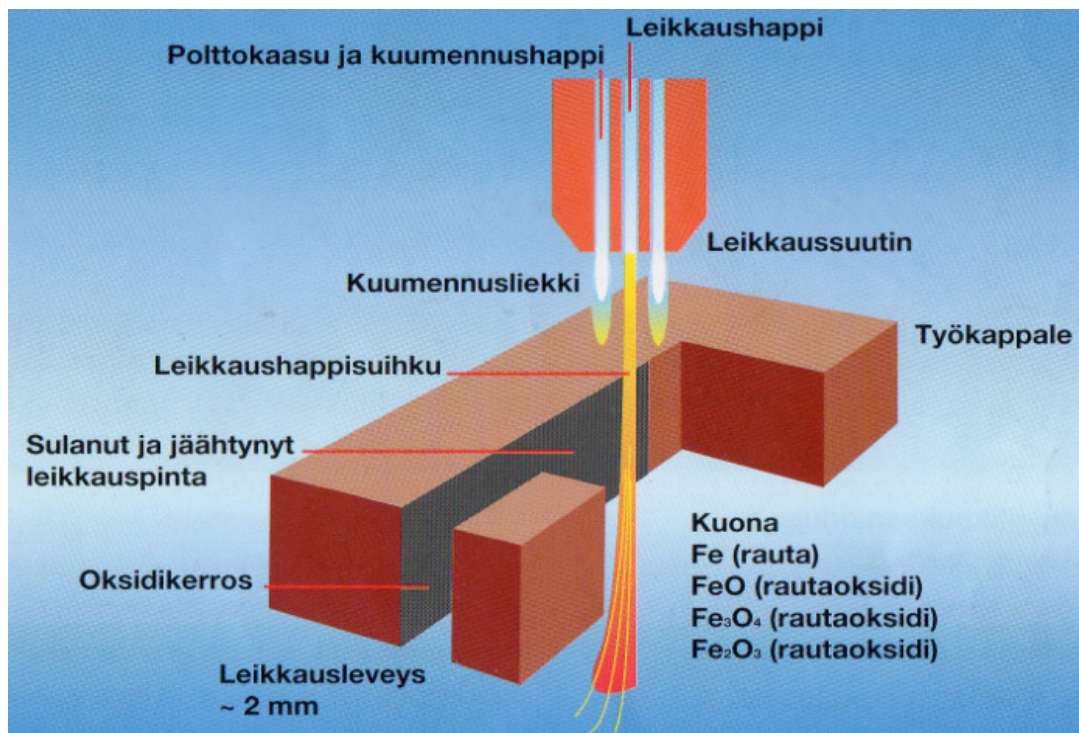
Polttoleikkauksen siirryttyä sisätiloihin leikkauspölyä kerätään pölykontteihin. Mittausten aikana 13.1.2011 – 18.3.2011 leikkauspölyä kertyi pölykontteihin 36,7 t.

4. TERMINEN LEIKKAUS

Terminen leikkaus on leikkausprosessien ryhmä, jossa lämpöenergian avulla leikataan metallia joko polttamalla tai sulattamalla. Tärkeimmät menetelmät ovat poltto-, plasma- ja laserleikkaus. Näistä yleisin on polttoleikkaus, joka on helpoimmin opittava menetelmä ja edullinen kustannuksiltaan. Plasmaleikkaus soveltuu kaikkien metallien, erityisesti ruostumattoman teräksen ja alumiinin käsittelyyn. Laserleikkaus on teollisuudessa vakiintunut menetelmä, jota käytetään leikattaessa rakenneteräksiä, ruostumatonta terästä tai alumiinia, erityisesti kun vaaditaan suurta leikkausnopeutta ja huippulaatua. Tässä työssä tarpeellisinta oli tutustua tarkemmin polttoleikkauksen toimintaperiaatteeseen ja samalla siihen yhdistettyyn jauheleikkaukseen. /1, s. 3/

4.1. Polttoleikkaus

Polttoleikkaus on joustava, helppo- ja monikäyttöinen menetelmä. Polttoleikkaus mahdollistaa yli 5 mm:n paksuisten teräslevyjen leikkaamisen. Menetelmä mahdollistaa niin käsin- kuin koneleikkauksen. Leikattava kappale kuumennetaan kuumennusliekillä syttymislämpötilaansa ja poltetaan leikkaushappisuihkussa. Kuumennusliekin ja materiaalin palamisesta syntyy lämpöenergiaa, jonka avulla jatkuva polttoleikkaaminen on mahdollista. Polttamisen yhteydessä syntyvät oksidit eli kuona ja sula metalli puhalletaan leikkaushappisuihkulla pois leikkausurasta. Samalla leikattavaan kappaleeseen syntyy leikkausrailo, kun suutinta liikutetaan leikkaussuuntaan. Kuvassa 2 on esitetty polttoleikkauksen periaate. Seosterästen leikattavuus riippuu seosaineista. Monet niukka- ja rusnasseosteisetkin voidaan leikata, jos hiilipitoisuus on pieni. Taulukosta 1 selviää eri seosaineiden enimmäispitoisuudet, jolloin polttoleikkaus on mahdollista pelkän hapen avulla. /1, s. 3/, /3, s. 85/, /11, s. 1/, /17, s. 3-4/



Kuva 2. Polttoleikkauksen toimintaperiaate. /1, s. 3/

Polttoleikkauksen edellytyksenä on:

- Materiaalin on pystyttävä palamaan puhtaassa hapessa.
- Syttymislämpötilan on oltava alhaisempi kuin sulamislämpötila.
- Oksidien sulamislämpötilan on oltava alhaisempi kuin leikattavan materiaalin sulamispiste.
- Palamistuotteiden on muodostettava ohutta nestemäistä kuonaainetta.
- Polttolämpötilan on oltava mahdollisimman korkea.

Koska happisuihkun aikaansaamassa palamisessa vapautuva lämpö ei riitä jatkamaan polttoleikkausta vaan suuri osa lämmöstä johtuu pois, prosessi tarvitsee lisälämpöä. Tätä saadaan kuumennusliekistä. Liekki kuumentaa materiaalin mahdollisimman nopeasti syttymislämpötilaan, minkä lisäksi se tasaa lämpöhäviöä. /1, s. 3-4/, /2, s. 95-96/, /17, s. 3-5/

Taulukko 1. Teräksen seosaineiden vaikutus polttoleikattavuuteen /17, s. 23/

| Seosaineet | Leikattavissa ilman esikuumennusta Enintään (%) | Huomautuksia |
|------------|---|--|
| Hiili | 0,3 | esikuumennettuna 1,6 % asti |
| Pii | 2,5 | yli 4 % ei leikattavissa |
| Mangaani | 13 | enintään 18 % Mn ja 1,3 % C |
| Kromi | 1,5 | 1,5...3 % esikuumennettuna 600 °C |
| Volframi | 10 | sallittu, kun: C = 0,8 %, Ni = 0,2 % ja Cr = 5 % |
| Nikkeli | 7 | 35 % Ni asti, kun max 0,3 % C |
| Molybdeeni | 0,8 | yli 0,8 %, pienempi leikkausnopeus, yli 2,5 % ei leikattavissa |
| Kupari | 0,5 | yli 0,5 %, pienempi leikkausnopeus |

4.2. Jauheleikkaus

Sellaiset metallit, joita ei voida polttoleikata, leikataan jauheleikkauksella tai plasmaleikkauksella. Tällaisia metalleja ovat esimerkiksi valurauta, ruostumaton teräs, kupari, kromi ja alumiini. Tämä johtuu siitä, että näiden alkuaineiden oksideilla on korkea sulamispiste, esimerkiksi kromilla 1830 °C ja kromioksidilla 2275 °C. Tällöin kuona-aineen sulamispiste nousee merkittävästi. KIPA:lla käytössä on jauheleikkaus, jossa leikkausliekkiin johdetaan leikkauskykyä parantavaa rautapulveria pulverinsyöttölaitteella. /2, s. 97/3, s. 85/, /4, s. 142/

Rautapulverilla leikattaessa on tärkeää saada jauhesäiliöstä tulevan paineilman ja jauheen seos oikeaksi hyvän leikattavuuden saavuttamiseksi. Korkeaseosteista terästä ei voida leikata jos leikkauspulverin määrä leikkausliekissä ei ole riittävä. Jos taas leikkausjauhetta tulee liikaa, kaikki jauhe ei pala, jolloin leikkausrailo tukkeutuu. /11, s. 6/

Outokumpu Tornio Works valmistaa pääasiassa austeniittisiä ja ferriittisiä teräksiä. Austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat hyvin voimakkaasti seostettuja, kun taas ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat vähemmän seostettuja. Liitteestä 1 voi nähdä

Outokummun valmistamat teräslaadut. KIPA:lla eri teräslaadut selvitetään röntgenlaitteella, joka mittaa terästen seosainepitoisuuksia. /14/

4.3. Polttoleikkausnopeus hiiliekvivalentin avulla

Polttoleikkattaessa ruostumatonta terästä, leikkausnopeudet saattavat hieman vaihdella materiaalin seostuksen mukaan. Polttoleikkausnopeuden voi suuntaa antavasti laskea niin sanotun hiiliekvivalentin avulla, kaavan 1 mukaan. /2, s. 98/, /18/

$$C_{ekv} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{4} \quad (1)$$

Hiiliekvivalentti ilmoittaa seoksen ainesosien koostumuksen mukaiset arvot muuntamalla ne suunnilleen samanarvoiseksi hiilipitoisuudeksi. Kaavasta saatua arvoa käyttämällä voidaan määrittellä kuvan 3 taulukossa vastaava leikkausnopeuden lasku prosentteina. /2, s. 98/

Esimerkiksi materiaalin laatu 1.5404 jossa seosaineet ovat :

$$C = 0,2 \%$$

$$Mn = 0,6 \%$$

$$Ni = 0,3 \%$$

$$Cr = 0,4 \%$$

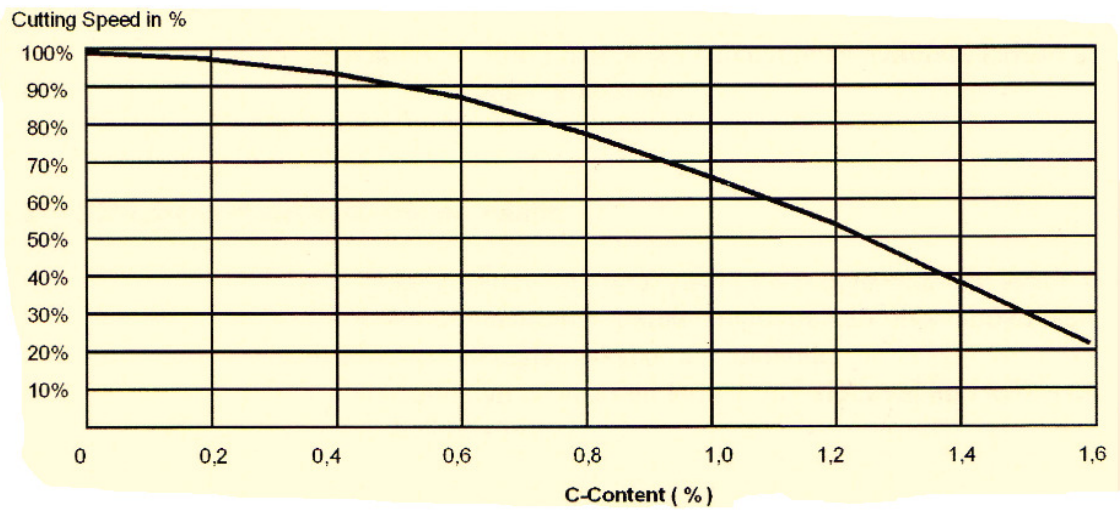
$$Mo = 0,4 \%$$

$$V = 0,3 \%$$

$$C_{ekv} = 0,2 + \frac{0,6}{6} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,4}{5} + \frac{0,4}{4} + \frac{0,3}{4}$$

$$C_{ekv} = 0,2 + 0,1 + 0,02 + 0,08 + 0,1 + 0,08 = 0,58 \approx 0,6$$

Tämä tarkoittaa, että kuvan 3. taulukon perusteella leikkausnopeus on tavalliseen teräkseen St 37 verrattuna pienentynyt noin 87 %:iin. Hiiliekvivalentin kaavalla voidaan laskea vain matalaseosteisten hiiliterästen leikkausnopeuksia. /2, s. 99/



Kuva 3. Polttoleikkausnopeuden määrittystaulukko. /2, s. 98/

5. KIERRÄTYSTERÄKSEN PALOITTELULAITOS (KIPA)

Kierrätysterästen paloittelulaitoksen päätehtävänä on saattaa kierrätysteräs sellaiseen muotoon, että on edullista uudelleen sulattaa ja lajitella eri teräslaadut ja saada teräkset nopeasti kiertoon. Teräslaatuja ovat ruostumaton teräs, haponkestävä teräs, ferriittinen teräs, mangaani teräs ja hiiliteräs. /10/, /15/

KIPA:lla on kolme tuotantolinjaa: koneellinen polttoleikkauslinja, mekaaninen leikkauslinja ja käsinpoltto. /10/, /15/

5.1. Koneellinen polttolinja

Polttoleikkauskoneita ajaa yksi henkilö vuoroa kohden ja koneiden ohjaus tapahtuu valvomossa olevasta ohjauspöydästä. Polttoleikkaajalle kuuluu myös polttovaunun lastaus ja purkaminen kattonosturilla, sekä leikatusta kierrätysteräksestä täyttyneiden vaihtolavojen kuljettaminen kuorma-autolla Outokumpu Tornio Worksin romupihalle. Kaksivuorotyönä terästä polttoleikataan noin 1200 t kuukaudessa. /10/, /14/, /15/

Polttokaasuina KIPA:lla käytetään nestekaasua ja happea. Leikkauksen tehostamiseksi leikkausliekkiin syötetään rautapulveria paineilman avulla. Rautapulveri lisätään polttokoneeseen 25 kg:n pusseissa konekohtaisiin pulverisäiliöihin. /10/, /14/, /15/

5.2. Mekaaninen leikkauslinja

Mekaanisella leikkauslinjalla paloitellaan romutettuja teräsrullia, jotka etupäässä tulevat kuumavalssaamolta ja pieni osa myös kylmävalssaamoilta. Linjalla kunnostetaan myös teräsrullia leikkaamalla pois vioittunut osa rullan ulkokehältä. Mekaanisen leikkauslinjan miehitys on yksi henkilö per vuoro romutettaessa rullia. Mekaaninen leikkauslinja toimii valvomossa olevasta ohjauspulpetista. Leikkauslinjan käyttäjä huolehtii myös leikatun kierrätysteräksen kuljettamisesta Outokumpu Tornio Worksin romupihalle. /14/, /15/

Linjalla voidaan paloitella paksuudeltaan 4 - 14 mm:n levyjä. Levyn maksimaalinen leveys voi olla 2 m. Linjan päälaitteet ovat: aukikelain, veto- ja oikaisuyksikkö, mekaaninen levyleikkuri, kuljetin ja jakelulaite. Mekaanisen leikkauslinjan kapasiteetti on noin 1100 t kuukaudessa. /14/, /15/

5.3. Käsinpoltto

Käsinpoltto tapahtuu happilansseilla ja vastaavan tyylisellä käsijauheleikkurilla, kuten koneellisella polttolinjallakin. Käsinpolttopaikalla poltetaan kaikki ne metallikappaleet, joita ei voi paloitella koneellisella tai mekaanisella linjalla. /14/, /15/

Käsinpolttopaikoilla työskentelee kaksi henkilöä per vuoro. Raskaimpien käsinpolttokappaleiden siirtoa ja kääntelyä varten Refelco Oy:llä on pyöräkuormaaja. Paloitellut metallikappaleet lastataan pyöräkuormaajalla vaihtolavoille ja kuljetetaan Outokumpu Tornio Worksin romupihalle lajiteltuina. /14/, /15/

6. POLTTOLEIKATTAVAT KAPPALEET

KIPA:lla paloitellaan Outokummun eri prosessivaiheissa syntyviä teräskappaleita, kuten aihioita, paksuja levyjä, valssin teloja, teräsrullia ja muita teräskappaleita. Polttoleikattavia teräskappaleita ovat: skollat, aihiot, telat ja esinauhat. Muiden polttoleikattavien kappaleiden määrät koneellisessa polttoleikkauksessa ovat niin pieniä, ettei niitä ollut mahdollista lisätä tähän opinnäytetyöhön. /14/

6.1. Skollat

Skollia on kahdenlaisia: kuonapata- ja sulattoskollia. Skollat tulevat KIPA:lle Outokumpu Tornio Worksin terässulatolta. Kuonapataskollat muodostuvat, kun kuonan mukana oleva sula teräs painuu kuonapadan pohjaan ja jähmettyy kiinteäksi kuonapadan pohjalle. Sulattoskollia ovat väliallaskollat ja senkkaskollat. Väliallaskollia muodostuu teräksen jatkuvavalussa ja senkkaskollia senkkojen vuorauksista. Skollat ovat muodoltaan epämääräisiä ja kooltaan eri kokoisia, kuten kuvasta 4 voi huomata. Tämän vuoksi skollia joutuu usein käänteleämään kesken leikkauksen, jotta ne saisi haluttuun noin tonnin palakokoon. Kuvassa 8 on polttovaunuun nostettu kuonapataskollia. Skollia tulee KIPA:lle tasaisena virtana. Skollat voivat olla painoltaan 100 – 100 000 kg ja juuri mahdollisen ison koon vuoksi, suurin osa skollista tulee koneelliselle polttoleikkauslinjalle käsinpolttopaikan kautta. /14/

Skollat ovat vaikeasti polttoleikattavia kappaleita, koska niiden pinnassa tai sisässä saattaa olla kalkkia, kuonaa tai muuta polttoleikkausta vaikeuttavaa materiaalia. Tämän vuoksi skollat puhdistetaan mahdollisimman puhtaaksi ennen koneellista polttoleikkausta. Skollia puhdistetaan pyöräkuormaajalla pudottelemalla. Skollia polttoleikattaessa ilmenee sulan teräksen räiskymistä leikkaussaumassa. Räiskyminen johtuu mahdollisista epäpuhtauksista skollan sisällä. Sulan räiskymistä pyritään välttämään kaikissa polttoleikattavissa kappaleissa, koska se mahdollisesti tukkii leikkaussuuttimen tai leikkauspulverin paineilmapuhalluksen. Leikkausnopeus skollia polttoleikattaessa vaihtelee paljon tilanteen mukaan ja joskus leikkaus pitää pysäyttää kokonaan palamattoman osan tullessa vastaan.

Skollien leikkaus kuluttaa myös paljon polttovaunun arinalevyjä. Skollassa tulenkestävän osan sattuessa kohdalle leikkausliekki leviää ja alkaa kuluttaa arinalevyjä. /14/



Kuva 4. Skollia terässulatolta.

6.2. Aihiot

Aihiot tulevat Outokummun terässulatolta jatkuvavalukoneelta. Yleensä aihoiden kierrätyksen syy on jokin seostusvirhe sulatuksen aikana tai pintavika. Aihioita tulee KIPA:lle säännöllisesti pienissä erissä viikottain. Paloiteltavaksi tuodut aihiot ovat: pituudeltaan 3 – 14 m, leveydeltään 1 – 1,7 m, paksuudeltaan 180 mm ja painoltaan enimmillään 26 t. Aihiot ovat melko vaivatonta ja nopeaa polttoleikattavaa yksinkertaisen muotonsa vuoksi. Ne leikataan 500 mm:n pituisiin paloihin. Aihioissakin saattaa polttoleikattaessa esiintyä sulan teräksen räiskymistä, mutta se johtuu yleensä liian suuresta polttoleikkausnopeudesta. Kuten taulukoista 3 ja 4 näkyy aihiot ovat nopeimmin leikattavia polttoleikkaukappaleita. Eri jaloteräslaadut ovat yhtä hyviä polttoleikattavia. /14/



Kuva 5. Jaloteräsaihoita terässlatoilta.

6.3. Telat

Telat ovat hieman harvinaisempi tuote KIPA:lla, mutta niitäkin tulee paloiteltavaksi noin kerran kuukaudessa. Telat tulevat pääosin kuumavalssaamolta, mutta myös molemmilta kylmävalssaamoilta. Teloja käytetään levyn kuuma- ja kylmävalssausprosessissa. Telat ovat halkaisijaltaan 200 – 1600 mm, pituudeltaan 3 – 6 m ja painoltaan 200 – 65 000 kg. Kuvan 6 telat ovat halkaisijaltaan 600 mm. /14/

Todella suuria teloja kerätään leikattavaksi aina useampi, koska niitä varten täytyy tilata iso nosturi nostamaan ne polttovaunulle. Telat ovat ongelmallisia leikattavia, koska ne ovat pinnaltaan eri materiaalia kuin sisäpuolelta. Tämä aiheuttaa telojen räjähtelyä kesken polttoleikkauksen. Räjähtelyn vuoksi telojen päälle laitetaan terässuoja, jossa on raot 500 mm:n välein polttoleikkausliekkiä varten. Suoja estää teräskappaleiden sinkoutumisen

polttohallissa. Osasyynä telojen räjähtelyyn voi myös olla niiden valmistustavassa. Telat tehdään keskipakoisvaluna ja on mahdollista, että polttoleikattaessa telat lohkeilevat kerroksittain. Teloja polttoleikattaessa leikkaushalliin syntyy paljon käryä. Käryä syntyy, kun valssausprosessissa käytetyt voitelurasvat palavat pois telojen pinnalta. /14/



Kuva 6. 600 mm:n telat kuumavalssaamolta.

6.4. Esinauhat

Esinauhat tulevat pääosin kuumavalssausprosessista. Esinauhoja syntyy, kun kuumavalssauksen aloitus jostakin syystä epäonnistuu. Kuumavalssaamolta polttoleikattavaksi tuleva esinauha on pituudeltaan noin 10 m, leveydeltään 1 – 1,6 m ja paksuudeltaan 10 – 120 mm musta, hilsepintainen teräsnauha. Paksuimmat esinauhat muistuttavat ulkonäöltään aihioita, koska kerran pistetty aihio lasketaan esinauhaksi. Esinauhoihin lasketaan myös rullat jotka ovat paksuudeltaan alle 4 mm:n levyistä, koska ne ovat liian ohuita leikattavaksi KIPA:n mekaanisella rullanleikkauslinjalla. Rullat, jotka polttoleikataan, valmistellaan koneelliseen polttoleikkaukseen käsinpolttopaikalla

leikkaamalla rullan kylki auki ja avaamalla se leikkausvaunulle. Tämän jälkeen rulla paloitellaan yleensä kolmeen osaan. /14/

Esinauhat ovat aihoiden tapaan nopeita polttoleikattavia. Esinauhat eivät kuitenkaan aina ole aivan suoria, kuten kuvasta 7 voi nähdä. Nauhojen väliin jäävät raot haittaavat polttoleikkaamista ja aiheuttavat sulan teräksen räiskymistä. Esinauhat ovat ongelmallisia nostaa kahmarilla polttovaunulle, koska ne ovat pitkiä ja taipuisia. Yleensä esinauhapinojen väleihin on aseteltu välipuita erottelemaan eri teräslaatuja, jotta ne olisi helpompi erotella polttovaunuun nostettaessa. /14/



Kuva 7. Esinauhoja kuumavalssaamolta.

7. KIPA:N KONEELLISEN POLTTOLEIKKAUSLINJAN TOIMINTAPERIAATE

Outokumpu Tornio Works toimittaa pääosan polttoleikattavista kappaleista KIPA:lle kuljetusalustoilla. Kappaleet tuodaan KIPA:n nosturihalliin, josta ne on helppo nostaa polttovaunuun. Kappaleet on yleensä valmiiksi merkittyjä eri värein teräslaatuojen mukaan, jolloin ne on helppo tunnistaa. Haponkestävä teräs on merkitty sinisellä, ruostumaton teräs punaisella, ferriittinen keltaisella ja mangaani valkoisella, hiiliteräkselle ei ole omaa väriä. Esimerkiksi osa kuvan 5 aihioista on ferriittisiä. Jos teräslatua ei ole valmiiksi merkitty, se tunnistetaan KIPA:lla olevalla röntgenlaitteella. Röntgenlaite on käsikäyttöinen Niton XL2 XRF Analyzer. /5/, /14/, /16/

Polttoleikattavat kappaleet nostetaan polttovaunuun 40 t:n nosturilla. Skollat, esinauhat ja telat voidaan nostaa vaunulle 16 t:n kahmarilla, joka on kiinnitettyä nosturiin. Aihiot nostetaan suuren painonsa vuoksi polttovaunulle 30 t:n ahiopihdeillä. Muut polttoleikattavat kappaleet, joita ei voida kahmarilla tai ahiopihdeillä nostaa, nostetaan ketteingeillä. Polttovaunu lastataan yleensä aina samalla teräsladulla, koska tämä helpottaa kierrätykseen menevien teräskappaleiden lajittelua vaihtolavoille polttoleikkauksen jälkeen. Kuvassa 8 on polttovaunu, joka on lastattu skollilla. /5/, /16/

Polttovaunu on 15 m pitkä, 3,5 m leveä ja se painaa noin 45 t. Sen maksimikuorma on 120 t ja siinä on 57 arinalevyä, joiden välistä oksidoitunut metalli pääsee leikkauksen yhteydessä putoamaan polttohallissa olevaan jätemonttuun. Yksi arinalevy painaa noin 650 kg ja osa niistä on päällystetty tulenkestävällä massalla niiden käyttöiän pidentämiseksi. Yksi arinalevysarja kestää noin 10 kuukautta. Arinalevyt ovat polttovaunussa 250 mm:n välein. Polttovaunu liikkuu kiskoilla ja sitä kuljetetaan ketjuvedolla kahden 5,5 kW:n sähkömoottorin voimin. Moottori pyörittää Brevini Riduttori 1 ET3250/FS mallin vaihteistoa, josta voima välittyy ketjuille. /5/, /16/



Kuva 8. Kuormattu polttovaunu.

Kun polttovaunu on lastattu, se ajetaan polttoleikkaushalliin, missä itse leikkaus suoritetaan. Koneellisella polttolinjalla on kaksi polttoleikkauskonetta, joissa molemmissa on kaksi kuvan 9 mallista polttopäätä. Polttopäällä voidaan leikata 1600 mm vahvaa terästä. Polttopäässä käytetään Framag Industrieanlagenbaun toimittamia PB1500N-PM-15 mallin suuttimia, jotka on todettu hyväksi polttoleikattavien kappaleiden kokojen vaihdellessa. Tällä suuttimella voidaan leikata niin suuret kuin pienetkin kappaleet. Kuvan 9 vasemmassa reunassa oleva ohuempi putki on leikkausjauheen syöttöputki. Polttoleikattavat kappaleet pyritään pilkkomaan 1,5 m x 0,5 m x 0,5 m:n mittoihin ja painoltaan tonnin paloihin, jotta sulattaminen olisi taloudellisempaa Outokumpu Tornio Worksin jaloterässulatolla. Polttoleikkauskonetta ajetaan valvomossa olevasta ohjauspöydästä. Polttoleikkaaja tarkkailee leikkausta valvomon ikkunoista ja polttoleikkaushallissa olevien kameroiden avulla ja säättää polttokoneen leikkausnopeuden leikattavan kappaleen mukaan. Leikkauksessa syntyvät savukaasut poistetaan polttoleikkaushallista pääosin jätemontun sivuilla olevien kanavien kautta. Savukaasut puhdistetaan pussisuodatinlaitoksella, jonka kapasiteetti on 200 000 m³/min. /5/, /16/



Kuva 9. Koneellisen polttoleikkauslinjan polttopää.

Polttoleikkauksen jälkeen vaunu ajetaan ulos polttoleikkaushallista ja vaunu tyhjenetään paloitetuista kappaleista kahmarilla vaihtolavoille. Vaihtolavat tyhjenetään Outokumpu Tornio Worksin terässulaton romupihalle, eri teräslaaduille varattuihin häkkeihin. Polttoleikkauksessa syntynyt oksidoitunut metalli kerääntyy polttoleikkaushallissa olevaan jätemonttuun. Monttu pyritään tyhjentämään noin kaksi kertaa viikossa, jottei jätteen määrä kasvaisi liian suureksi. Jättemonttu tyhjenetään RESA:n 12 t:n CAT IT28 pyöräkuormaajalla vaihtolavalle ja kuljetetaan terässulaton romupihalle. Kaikki romupihalle kuljetettavat tavarat punnitaan autovaa'alla. /5/, /16/

KIPA:n valvomosta on mahdollista seurata laitoksen eri apuaineiden kulutuksia, kuten esimerkiksi sähkön, paineilman ja leikkauskaasujen leikkausjauhetta lisätään koneisiin tarpeen mukaan. Kuvassa 10 on nähtävissä leikkausjauhesäiliö ja sen paineilmajärjestelmä. Kumpaakin polttoleikkauskonetta kohden on yksi leikkausjauhesäiliö. Mittaustuloksia voidaan tarkastella tunnin, vuorokauden, viikon tai kuukauden ajalta liitteen 2 mukaiselta näytöltä. Tässä työssä oleellisten polttoleikkauskaasujen mittaus tapahtuu kaasunmittaushuoneessa. Happikaasun mittaus hoidetaan Micro Motion Coriolis F-sarjan anturilla ja nestekaasun mittaus Micro Motion Coriolis ELITE -anturilla. Antureiden mahdollinen epätarkkuus on +/- 0,5 %.



Kuva 10. Konellisen polttoleikkauslinjan leikkausjauhesäiliö.

8. KIPA:LLA KÄYTETTÄVÄT POLTTOLEIKKAUKSEN APUAINNEET

Kipalla käytettäviä apuaineita ovat: nestekaasu, happi ja rautapulveri. Nämä apuaineet yhdessä mahdollistavat erilaisten seostettujenkin terästen polttoleikkaamisen. /14/

8.1. Nestekaasu

Nestekaasua käytetään yleisimmin polttoaineena teollisuudessa, kotitalous- ja retkeilylaitteissa ja ponnekaasuna eräissä aerosolipakkauksissa. Nestekaasuna käytetään Suomessa yleensä propaania, koska propaani höyrystyy helpommin kuin butaani. Propaanin ja butaanin seoksia käytetään ponnekaasuna ja silloin, kun halutaan säätää nestekaasun ominaisuuksia seossuhteella. Normaaliolosuhteissa nestekaasu on väritön, hajuton ja tulenarka kaasu. /9/, /17, s. 10-14/, /21/

KIPA:lla polttoleikkauksessa käytetään AGA:n valmistamaa propaania. Kyseiseen propaaniin on lisätty turvallisuussyistä makeahko tuoksu sen havaitsemiseksi. AGA:n propaanin tiheys on $1,83 \text{ kg/m}^3$, kiehumispiste $-42,1 \text{ °C}$, sulamispiste -188 °C , leimahduspiste -104 °C ja itsesyttymislämpötila 470 °C . Kilogramma propaania sisältää energiaa 12,8 kWh. Alhaisissa pitoisuuksissa propaanilla saattaa olla narkoottisia vaikutuksia. Oireina voi olla huimaus, päänsärky, pahoinvointi ja koordinaatiokyvyn menetys. Korkeissa pitoisuuksissa propaani voi aiheuttaa tukehtumisen. Koska propaani on ilmaa raskaampaa se painuu lattian tai maanpinnan läheisyyteen keräytyen esimerkiksi kuoppiin ja kellareihin. /9/, /14/, /17, s. 10-14/, /21/

8.2. Happi

Happea käytetään teollisuudessa hitsaukseen ja leikkaukseen, palamisilman happipitoisuuden nostamiseen erilaisissa polttoprosesseissa, selluteollisuudessa valkaisevana aineena, otsonin valmistukseen ja elintarvikkeiden suojaasupakkaamiseen

käytettäviin kaasuseoksiin. Sitä käytetään myös kalanviljelyssä, kasvihuoneiden kasteluvesissä, jätevesien biologisessa puhdistuksessa ja sairaaloissa. Happi on voimakas hapetin ja yhdistyy vaihtelevissa lämpötiloissa kaikkiin alkuaineisiin, mutta ei kuitenkaan jalokaasuihin. Happikaasu saattaa syövyttää joitain metalleja erityisesti kosteissa olosuhteissa. Happi ei yksinään ole syttyvää, mutta se ylläpitää palamista ja lisää palon voimakkuutta. Kaasumainen happi reagoi voimakkaasti monien orgaanisten ja epäorgaanisten kemikaalien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Se on hajuton ja väritön kaasu. /8/, /17, s. 14/, /19/, /20/

KIPA:lla käytettävä happi tulee AGA:n valmistamana. Hapen tiheys on $1,429 \text{ kg/m}^3$, kiehumispiste -183 °C ja sulamispiste -219 °C . Korkeiden happipitoisuuksien pitkäaikainen hengittäminen voi aiheuttaa pahoinvointia, huimausta, hengitysvaikeuksia ja kouristuksia. Happi on raskaampaa kuin ilma ja tämän vuoksi se voi kerääntyä suljettuihin tiloihin, erityisesti maan tasolla ja maanpinnan alla. /8/, /14/, /17, s. 14/, /19, s. 5/, /20/

8.3. Rautapulveri

Sellaiset metallit, joita ei voida polttoleikata normaalisti nestekaasun ja hapen avulla, leikataan jauheleikkauksella. Leikkauskykyä parantavana leikkuujauheena KIPA:lla käytetään Oy Högånäs Eldfast Ab:n valmistamaa rautapulveria. Tämä rautajauhe on hienojakoista ja sisältää vähintään 98 % rautaa, enintään 0,2 % hiiltä, 0,015 % rikkiä ja 0,015 % fosforia. Tuotteen tiheys on 2500 kg/m^3 ja sen kiehumispiste on noin 1535 °C . Pulveri laitetaan sille tarkoitettuun erilliseen säiliöön, josta se paineilman avulla syötetään suuttimeen, missä se sekoittuu leikkaushapteen. KIPA:n rautapulveri annostellaan säiliöön 25 kg:n pakkauksissa. /3, s. 85/, /4, s. 142/, /13/, /14/

9. MITTAUSTEN SUORITUS

Mittaukset aloitettiin aina tyhjentämällä polttoleikkaushallin lattiassa oleva jätemonttu RESA:n pyöräkuormaajalla. Kun monttu oli tyhjennetty, levitettiin sinne tonnin painoinen metallinpölyä sisältävä säkki. Metallinpölyn tarkoituksena on estää oksidoituneen teräksen tarttumisen kiinni jätemontun betonipohjaan. Jätteen määrää myöhemmin laskettaessa on huomioitu pölysäkin paino. Samalla täytettiin myös leikkauksessa käytettävän leikkausjauheen säiliöt rautapulverilla ja tyhjennettiin vaihtolavat, joille leikatut kappaleet päätyivät. Alussa piti myös selvittää, paljonko polttokaasuja oli kulunut ennen leikkauksen aloitusta, jotta saatiin kulutuksista tarkat arvot leikkauksen jälkeen. Polttoleikkausvaunua lastattaessa selvitettiin myös millaista kappaletta oli tarkoitus leikata.

Polttoleikkauksen aikana selvitettiin leikkauksessa olevan kappaleen leikkausnopeus. Joskus samoja polttoleikattavia kappaleita oli useammaksi päiväksi, joten tuloksia täytyi odottaa pidemmän aikaa. Polttoleikkauksen jälkeen jätemonttu taas tyhjennettiin ja ajettiin oksidoitunut teräs Outokumpu Tornio Worksin romupihalle vaa'an kautta. Myös polttoleikatut kappaleet vietiin vaa'an kautta romupihalle omille paikoilleen. Näin saatiin laskettua, kuinka paljon jätettä oli syntynyt polttoleikkauksen yhteydessä suhteutettuna leikattuun teräsmäärään. Polttoleikkauksen yhteydessä kuluneiden leikkauskaasujen kulutukset tulivat KIPA:n valvomossa olevan tietokoneen näytölle, josta ne saatiin kirjattua ylös. Kuluneen rautapulverin määrä saatiin täyttämällä leikkausjauhesäiliöt uudelleen ja laskemalla erotuksen alkutilanteesta.

10. MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

Tämän opinnäytetyön mittaukset suoritettiin KIPA:lla 13.1.2011 – 18.3.2011 välisenä aikana.

10.1.Mittaustulokset

Taulukkoon 2 ja 3 on kirjattu tämän opinnäytetyön aikana suoritettujen mittausten tuloksia. Taulukoihin on sisällytetty nestekaasun, hapen ja rautapulverin kulutukset eri teräskappaleiden polttoleikkauksessa suhteessa leikattuihin tonnimääriin. Mukana on myös eri leikkauskappaleiden leikkausnopeuksia ja syntyneen jätteen määriä suhteessa leikattuun teräksen määrään. Leikkausjätteellä tarkoitetaan taulukoissa oksidoitunutta metallia. Taulukosta voi myös nähdä, kuinka paljon on polttoleikattua teräs tonnia kohden kulunut apuaineita. Aihioita on leikattu kahdella eri tavalla, kolme aihiota päällekkäin ja kaksi aihiota päällekkäin. Tällä on haettu mahdollista eroa eri leikkaustapojen välillä. Taulukossa 4 on kaikkien eri leikkauskappaleiden leikkaukseen käytettyjen apuaineiden, jätteen ja leikkausnopeuden keskiarvot. Eri leikkauskappaleiden leikkausnopeuksille on myös tehty työohjeet mittausten pohjalta uusien työntekijöiden koulutusta helpottamaan. Työohje löytyy liitteestä 3. Kaikkien polttoleikattavien kappaleiden jätteiden määrään on voinut tulla hieman lisäystä polttoleikkauksen yhteydessä jätemonttuun pudonneiden, jo leikatuista paloista. Kaavoista 2, 3, 4, 5 ja 6 on laskettu taulukoiden 2, 3 ja 4 arvot:

Nestekaasun kulutus polttoleikattua terästonnia kohden:

$$\frac{\textit{nestekaasu}}{\textit{leikattute räs}} \times 1000 \quad (2)$$

Hapen kulutus polttoleikattua terästonnia kohden:

$$\frac{\textit{happi}}{\textit{leikattute räs}} \times 1000 \quad (3)$$

Pulverin kulutus polttoleikattua terästönä kohden:

$$\frac{\text{pulveri}}{\text{leikattuteräs}} \times 1000 \quad (4)$$

Jätteen määrä polttoleikattua terästönä kohden:

$$\frac{\text{jäte}}{\text{leikattute räs}} \times 1000 \quad (5)$$

Leikkausjätteen määrä prosentuaalisesti:

$$\frac{\text{jäte}}{\text{leikattute räs}} \times 100 \quad (6)$$

Taulukko 2. Apuaineiden kulutus ja leikkausjätteiden synty skollaa ja esinauhoja leikattaessa.

| | Skollat | | | | | | Esinauhat | | |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------|--------|--------|
| Jäte (%) | 9,2 | 8,9 | 4,5 | 17,1 | 15,0 | 21,8 | 6,5 | 7,9 | 5,6 |
| Nopeus (mm/min) | 50 | 30 | 30 | 55 | 50 | 50 | 100 | 65 | 60 |
| Leikattu (kg) | 59940 | 29300 | 49420 | 77400 | 119720 | 42940 | 193020 | 322480 | 150160 |
| Jätettä (kg) | 5500 | 2620 | 2200 | 13200 | 17980 | 9380 | 12500 | 25380 | 8380 |
| Nestekaasua/leikattu t (t) | 0,018 | 0,028 | 0,027 | 0,020 | 0,012 | 0,033 | 0,013 | 0,012 | 0,013 |
| Happea/leikattu t (t) | 0,104 | 0,164 | 0,153 | 0,112 | 0,066 | 0,173 | 0,069 | 0,066 | 0,074 |
| Pulveria/leikattu t (kg) | 2,92 | 2,56 | 3,54 | 3,23 | 3,13 | 7,57 | 2,33 | 2,09 | 2,33 |
| Jätettä/leikattu t (kg) | 91,8 | 89,4 | 44,5 | 170,5 | 150,2 | 218,4 | 64,8 | 78,7 | 55,8 |

Taulukko 3. Apuaineiden kulutus ja leikkausjätteiden synty aihioita ja teloja leikattaessa.

| | Aihiot (3kpl) | | Aihiot (2kpl) | | Telat | | |
|----------------------------|---------------|--------|---------------|--------|-------|-------|-------|
| Jäte (%) | 8,8 | 10,4 | 7,3 | 7,3 | 9,8 | 8,9 | 17,5 |
| Nopeus (mm/min) | 100 | 95 | 150 | 150 | 80 | 80 | 75 |
| Leikattu (kg) | 87080 | 131220 | 60140 | 110000 | 47360 | 69740 | 60000 |
| Jätettä (kg) | 7620 | 13640 | 4380 | 8000 | 4640 | 6180 | 10500 |
| Nestekaasua/leikattu t (t) | 0,009 | 0,020 | 0,017 | 0,010 | 0,012 | 0,024 | 0,014 |
| Happea/leikattu t (t) | 0,054 | 0,123 | 0,092 | 0,052 | 0,071 | 0,125 | 0,070 |
| Pulveria/leikattu t (kg) | 1,72 | 3,62 | 2,08 | 2,73 | 2,64 | 3,23 | 3,33 |
| Jätettä/leikattu t (kg) | 87,5 | 103,9 | 72,8 | 72,7 | 98,0 | 88,6 | 175,0 |

Taulukko 4. Apuaineiden kulutusten ja leikkausjätteiden syntymisen keskiarvot kaikkia polttoleikkaukappaleita leikattaessa.

| | Skollat | Esinauhat | Aihiot (3kpl) | Aihiot (2kpl) | Telat |
|----------------------------|---------|-----------|---------------|---------------|-------|
| Jäte (%) | 12,8 | 6,7 | 9,6 | 7,3 | 12,1 |
| Nopeus (mm/min) | 44 | 75 | 98 | 150 | 78 |
| Leikattu (kg) | 63120 | 221887 | 109150 | 85070 | 59033 |
| Jätettä (kg) | 8480 | 15420 | 10630 | 6190 | 7107 |
| Nestekaasua/leikattu t (t) | 0,023 | 0,013 | 0,015 | 0,014 | 0,017 |
| Happea/leikattu t (t) | 0,129 | 0,070 | 0,089 | 0,072 | 0,089 |
| Pulveria/leikattu t (kg) | 3,83 | 2,25 | 2,67 | 2,41 | 3,07 |
| Jätettä/leikattu t (kg) | 127,5 | 66,4 | 95,7 | 72,8 | 120,5 |

10.2. Vuosittaisten kulutusmäärien arviointi

Terästuotannosta johtuen syntyvä romuteräsmäärä vaihtelee voimakkaasti. Arvioitu polttoleikattava romuteräsmäärä vuonna 2011 on noin 13 000 t. Tämän opinnäytetyön mittaustulosten pohjalta sekä kappalejakauman mukaan apuaineiden kulutusmäärä olisi seuraava:

- Nestekaasua 200 t
- Happea 1085 t
- Rautapulveria 34,9 t.

Oksidoitunutta terästä syntyy 1172 t.

11. MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Aluksi selvitettiin KIPA:lla olevien polttokaasumittareiden sijainnit ja niiden tyypit, jotta voitaisiin varmistua mittaustulosten oikeellisuudesta. Mittarit sijaitsivat yläkerran kaasunmittaushuoneessa ja niiden tyypit saatiin haastattelemalla KIPA:n sähkövastaavaa Outokumpu Tornio Worksin kuumavalssaamolla. Alussa tutustuttiin myös KIPA:n toimintaan tarkemmin, jotta laitoksen toimintaperiaate tulisi selväksi. Vaikka joidenkin leikkauskappaleiden kohdalla ei ole kovinkaan monta mittauskertaa, mittausten usean päivän kesto ja leikatut tonnimäärät tuovat uskottavuutta tuloksiin. Erilaisia mittaustuloksia kerättiin reilut kaksi kuukautta.

11.1. Analysointi, johtopäätökset ja optimointi

Refelco Oy:n tavoitteena on minimoida leikattavien kappaleiden varastot ja saada arvokkaat raaka-aineet nopeasti uudelleen kiertoon. Eri teräslaatuojen lajittelulla pyritään optimoimaan arvokkaiden lisäaineiden, kuten nikkelin, molybdeenin ja kromin tehokas hyödyntäminen. Refelco Oy:n kannalta on edullisinta, että samaa teräslautua paloittellaan mahdollisimman suurina erinä, koska tämä edesauttaa edellä mainittua lajittelua.

11.1.1. Skollien paloittelu

Kun skollia polttoleikataan, polttoleikkausjätettä syntyy suhteessa sitä enemmän, mitä epäpuhtaampaa ja paksumpaa leikattava teräskappale on. Jos teräskappaleen sisässä on kuonakerros niin leikkausrailosta tulee leveämpi, koska leikkausliekki ei suuntaudu suoraan teräkseen, vaan kuonakerros ohjaa liekin sivuun. Mitä paksumpi skolla on leikkauskohdastaan, sitä enemmän syntyy leikkausjätettä, koska leikkausrailo leviää leikkauskohdan alareunalta. Jos skolla joudutaan halkaisemaan paksuuden vuoksi pienempiin palasiin, leikkausjätettä syntyy silloin enemmän terästonnia kohden. Tämä vie myös enemmän aikaa terästonnia kohden, koska polttoleikkausvaunu joudutaan ajamaan

ulos polttoleikkaushallista ja kääntämään teräskappale leikattavaan asentoon. Kahmari on jäykkä, siinä ei ole pyöritysmekanismia, jolla käännetään teräskappaleita. Kertaalleen leikatut teräskappaleet nostetaan nosturihallin lattialle ja käännetään leikattavaan asentoon pyöräkuormaajalla. Kun teräskappaleet ovat oikeassa asennossa nosturihallin lattialla, ne nostetaan takaisin polttoleikkausvaunulle. Polttoleikkausvaunu ajetaan takaisin polttoleikkaushalliin ja teräskappaleet leikataan toimitusmittoihin.

Skollien koneellinen polttoleikkaus on taloudellisinta silloin, kun leikattava skolla on puhdas ja kappalekoko äärimitoiltaan polttoleikkaukseen liikeratoihin sopiva. Käsinpolttolaitteilla voidaan esikäsitellä skollia sopiviksi koneelliseen polttoleikkaukseen, jos edellä kuvatut edellytykset eivät täyty. Kun leikataan skollia, leikkausnopeutta on säädettävä jatkuvasti leikattavan teräskappaleen puhtauden ja muodon vuoksi.

11.1.2. Aihoiden paloittelu

Aihioita polttoleikattaessa leikkausjätteen määrä terästönnaa kohden kasvaa jos aihioita on useita päällekkäin. Taulukoista 3 ja 4 voi nähdä, että jätteen määrä ja apuaineiden kulutus on suurempaa, jos polttoleikataan kolmea aihioita päällekkäin, verrattuna kahteen aihioon. Aihion seostuksella ei ole juurikaan vaikutusta koneelliseen polttoleikkaukseen jaloterästä leikattaessa. Kun päällekkäisten aihoiden määrää lisätään, syntyy enemmän leikkausjätettä, koska leikkausrailo leviää leikkauskohdan alareunalta. Leikkausrailon leviämistä edesauttaa myös aihoiden väliin jäävät pienet ilmarat. Leikkaus liekki pääsee leviämään ilmarakoihin ja menettää näin leikkaustehoaan, koska lämpö leviää laajemmalle alueelle.

Aihoiden säännöllisen ja yksinkertaisen muodon vuoksi, ne ovat helppoja polttoleikkauskappaleita. Taulukoista 3 ja 4 on huomattavissa, että polttoleikkausnopeudet pienenevät reilusti, jos aihioita on päällekkäin useampia. Aihoiden koneellinen polttoleikkaus on taloudellisinta silloin, kun aihioita on kaksi päällekkäin, kolmen sijaan. Kahden aihion polttoleikkaaminen on sen verran nopeampaa, että polttovaunun ehtii tyhjentää ja lastata uudelleen, jos verrataan kolmen aihion leikkausnopeuteen. Samalla leikkausjätteen määrä on pienempi. Esimerkkinä kahden aihion, pituus 14 m, leveys 1,3 m,

polttoleikkaus nopeudella 150 mm/min kestää neljällä polttopäällä noin 61 minuuttia. Vastaavasti kolmen yhtä suuren aihion polttoleikkaus kestää nopeudella 100 mm/min 91 minuuttia. Lasketut ajat ovat nettoleikkausaikoja, eli polttokoneen siirtymäajat on jätetty pois laskuista. 14 m:n pituinen aihio pilkkotaan 0,5 m:n paloiksi pituussuunnassa seitsemällä ajokerralla per neljä suutinta.

Esimerkit on laskettu kaavalla 6. jossa:

l = aihion pituus

l_2 = leikatun kappaleen pituus

y = polttopäiden lukumäärä

d = aihion leveys

v_1, v_2 = leikkausnopeus

$$\frac{l}{l_2} \div y \times \frac{d}{v} \quad (6)$$

Kahden aihion leikkaukseen käytetty aika:

$$\frac{l}{l_2} \div y \times \frac{d}{v_1} = \frac{14000 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} \div 4 \times \frac{1300 \text{ mm}}{150 \text{ mm / min}} = 60,67 \text{ min} \approx 61 \text{ min}$$

Kolmen aihion leikkaukseen käytetty aika:

$$\frac{l}{l_2} \div y \times \frac{d}{v_2} = \frac{14000 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} \div 4 \times \frac{1300 \text{ mm}}{100 \text{ mm / min}} = 91 \text{ min}$$

11.1.3. Esinauhojen paloittelu

Polttoleikattaessa esinauja oksidoituneen metallin määrä on verrattain pieni. Myös esinauhoissa pitää välttää polttoleikkaamasta paksuja nauhapinoja, koska leikkausjätteen määrä kasvaa leikattua terästönä kohden. Suurin ongelma esinauja polttoleikattaessa on niiden aaltoileva muoto, joka aiheuttaa esinauhojen väliin ilmarakoja. Ilmaraot ovat

huomattavasti suurempia kuin aihoiden välissä, joten leikkausliekki pääsee helpommin nauhojen väliin ja leviää sinne. Lämmön karkaaminen laajalle alueelle hidastaa polttoleikkausta ja lisää apuaineiden kulutusta.

Rullat ovat tiiviitä paketteja ja ne kuuluvat esinauhoihin, niitä voi polttoleikata kohtuullisen suurella nopeudella ja niistä muodostuu vähän leikkausjätettä. Rullien lastaaminen polttovaunuun on ongelmallista kaarevan muodon vuoksi, koska kahmaria ei saa kunnolla rullan alle. Kun rullat on käsinpolttopaikalla leikattu kyljestä auki, ohuiden levyjen päät sulautuvat toisiinsa kiinni ja rullasta tulee veltto ohutlevypaketti. Taloudellisinta olisi leikata esinauhoja, jotka ovat mahdollisimman paksuja, suorita ja kohtuullisen korkuisissa pinoissa. Esinauhojen leikkauksessa leikkausnopeudet vaihtelevat melko paljon, osittain nauhojen välissä olevien ilmarakojen ja erilaisten nauhatyyppien vuoksi, täten mitään säännönmukaisuutta ei voida todeta.

11.1.4. Telojen paloittelu

Telojen koneellisessa polttoleikkauksessa on leikkausjätteen määrä täysin riippuvainen siitä, miten suurta telaa leikataan. Pienimmät telat ovat helposti polttoleikattavia ja niistä syntyy hyvin pieniä leikkausjättemääriä. Suuret telat taas ovat hankalia polttoleikata ja niiden leikkausjättemäärä tonnia kohden on suuri. Suuria teloja polttoleikattaessa on myös ongelmana leikkausrailon leveneminen alareunalta. Suurten telojen kohdalla on myös sama ongelma kuin suurissa skollissa. Niitä joudutaan halkaisemaan paksuuden vuoksi pienempiin palasiin ja polttovaunua ajamaan edestakaisin telan palojen kääntelyn vuoksi. Suurien telojen polttoleikkaus on myös hidasta, eikä pelkästään leikkausnopeuden vuoksi. Teloja varten täytyy tilata erikseen nosturi, jolla ne saadaan lastattua polttoleikkausvaunulle, polttoleikkaushallin ulkopuolella.

Leikkausjätteen määrää telojen kohdalla lisää myös polttoleikkauksen yhteydessä tapahtuvat räjähtelyt. Teloista räjähtämällä lohkeavat palat saattavat pudota polttovaunun arinalevyjen väleistä jätemonttuun. Palat kulkeutuvat jätemontun tyhjennyksen yhteydessä vaihtolavoille ja Outokumpu Tornio Worksin terässulaton romupihalle. Telojen räjähdysten yhteydessä lohkeilleiden telojen paloja on myöskin vaikea erotella muun

leikkausjätteen seasta, koska ne kuitenkin voivat painaa useita satoja kiloja. Tämä hidastaisi työntekoa merkittävästi, ja niinpä on järkevämpää antaa palojen mennä jätteeksi. Taloudellisimmat polttoleikkaukseen tulevat telat ovat puhtaita ja halkaisijaltaan alle metrin.

11.2.Mittaustulosten vertailu eri teräskappaleiden välillä

Taulukoissa 2, 3 ja 4 olevien mittaustulosten mukaan aihiot ja esinauhat ovat kokonaistaloudellisimpia polttoleikkauksekappaleita. Outokumpu Tornio Worksin terässulatolle palautuva metalli on puhtainta ja niiden polttoleikkaamiseen on käytetty vähiten apuaineita leikattua terästonnia kohden. Aihioista ja esinauhoista muodostuu jätettä suhteellisesti vähiten. Aihiot ja esinauhat ovat helppoja käsitellä ennen leikkausta ja leikkauksen jälkeen. Aihioista syntyy keskimäärin polttoleikkauksetettä 84 kg ja esinauhoista 66 kg per polttoleikattu tonni. Kun aihioita leikataan, kuluu happea keskimäärin 80 kg ja nestekaasua 14 kg per polttoleikattu tonni. Esinauhoja leikattaessa vastaavat kulutusarvot keskimäärin ovat: happea 70 kg ja nestekaasua 13 kg per polttoleikattu tonni. Keskimääräinen leikkausjauheen kulutus polttoleikattua tonnia kohden on aihioilla 2,5 kg ja esinauhoilla 2,25 kg.

Skollat ovat vaikeimpia leikata ja niistä syntyy jätettä eniten sekä apuaineiden kulutus on suurinta tässä opinnäytetyössä tarkastelluista polttoleikattavista kappaleista. Skollia leikattaessa syntyy jätettä keskimäärin 128 kg per polttoleikattu tonni. Happea kuluu keskimäärin 129 kg ja nestekaasua 23 kg per polttoleikattu tonni. Leikkausjauhetta kuluu keskimäärin 3,8 kg per polttoleikattu tonni. Skollien käsittely kahmarilla ja ketteingeillä on vaikeaa. Polttovaunulla skollat putoavat arinalevyjen väliin ja vaikeuttavat kappaleiden käsittelyä.

Teloja polttoleikattaessa muodostuu jätettä lähes yhtä paljon kuin skollien leikkauksessa ja huomattavasti enemmän kuin aihoiden ja esinauhon leikkauksessa. Apuaineita kuluu lähes yhtä paljon kuin skollien leikkauksessa. Teloja leikattaessa leikkausjätettä syntyy keskimäärin 121 kg per polttoleikattu tonni. Happea kuluu keskimäärin 89 kg ja nestekaasua 17 kg per polttoleikattu tonni. Keskimääräinen leikkausjauheen kulutus

polttoleikattua tonnia kohden on teloilla 3,1 kg. Alle metrin halkaisijalta olevat telat on helppo nostaa polttoleikkausvaunulle kahmarilla ja polttoleikatut kappaleet vaunulta pois. Aihioihin, esinauhoihin ja skolliin verrattuna telojen polttoleikkaus on vaarallista, koska telojen pinnoista irtoaa metallinkappaleita.

12. YHTEENVETO

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia apuaineiden kulutuksia ja oksidoituneen metallin syntymistä suhteessa leikattuihin teräksen määriin koneellisessa polttoleikkauksessa. KIPA:n koneellinen polttoleikkauslinja tulikin tutuksi tämän opinnäytetyön valmistumisen ohessa, niin käytännössä kuin paperillakin. Yksi haasteellisimmista asioista opinnäytetyön aikana oli siihen liittyvän aineiston hankkiminen. Tällaisia koneellisia polttoleikkauslinjoja on kuitenkin verrattain vähän. Tästä syystä opinnäytetyön tekemiseen tuli arvokasta tietoa haastattelemalla KIPA:n työntekijöitä ja muita asiaa tuntevia.

Tässä työssä tehdyt mittaukset osoittavat, että olisi taloudellisempaa polttoleikata vain kohtuullisen kokoisia polttoleikkaukaskappaleita ja joiden muoto on yksinkertainen. Tätä puoltavat suuret oksidoituneen metallin määrät ja apuaineiden kulutukset suuria polttoleikkaukaskappaleita leikattaessa. Myös muodoltaan yksinkertaiset polttoleikkaukaskappaleet ovat huomattavasti nopeampia leikata, mutta heti leikkauspaksuuden kasvaessa leikkausnopeuskin pienenee. Tämän opinnäytetyön yhteydessä syntyi myös työhjeet, joissa on polttoleikkausnopeudet eri polttoleikkaukaskappaleita varten. Opinnäytetyön mittauksia olisi voinut tehdä pidemmältäkin ajalta, mutta työn valmistumisen aikataulu olisi venynyt liiaksi.

Tästä opinnäytetyöstä voisi jatkotutkimuksena ottaa tarkasteluun loputkin KIPA:lla käytettävät hyödykkeet, kuten esimerkiksi sähkön ja paineilman. Mukaan jatkotutkimuksiin voisi myös liittää KIPA:lla olevan pussisuodatuslaitoksen pölymäärien tarkan seuraamisen.

13. LÄHDELUETTELO

- /1/ AGA Oy, Termiset leikkausmenetelmät, AGA Oy, 1985
- /2/ Framag Industrieanlagenbau, Torch Cutting Machine, Framag Industrieanlagenbau, 2008
- /3/ Hirvonen, Esko, Koiranen, Esko, Lammassaari, Atso, Pousi, Lasse, Metallialan perusoppi 4, Otava, 1977
- /4/ Huhtamo, O. E., Mekaaninen teknologia, Tampereen Kirjapaino-Oy, 1978
- /5/ Juusola, Mika, Polttoleikkaajan haastattelu, Refelco Oy, Tornio, 28.1.2011
- /6/ Kauppi, Timo, Ruostumattoman teräksen valmistus, luentomateriaali, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2009
- /7/ Koukkula, Rauno, Sähkötekniikan haastattelu, Outokumpu Tornio Works, Tornio, 13.1.2011
- /8/ Lohiniva, Riitta, Käyttöturvallisuustiedote, Happi, Outokumpu, 2008
- /9/ Lohiniva, Riitta, Käyttöturvallisuustiedote, Nestekaasu: propaani (AGA), Outokumpu, 2006
- /10/ Myllymäki, Jukka, Hallituksen puheenjohtajan haastattelu, Refelco Oy, Tornio, 6.1.2011
- /11/ Niemi, Pekka, Jälkikäsittelytekniikka, [WWW-dokumentti], [http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/jalkikasittely_tao/index.html], 2.3.2011

- /12/ Outokumpu, From Chrome Ore to Stainless Steel, Tornio Works
- /13/ Pesola, Susanna, Käyttöturvallisuustiedote, Rautapulveri M 100 ja C.100.29 (leikkuujauhe), Outokumpu, 2002
- /14/ Ruottu, Timo, Työnjohtajan haastattelu, Refelco Oy, Tornio, 18.3.2011
- /15/ Saastamoinen, Mauri, Toimitusjohtajan haastattelu, Refelco Oy, Tornio, 8.2.2011
- /16/ Syväjärvi, Juha, Polttoleikkaajan haastattelu, Refelco Oy, Tornio, 11.2.2011
- /17/ Tekninen tiedotus, Teräslevyjen terminen leikkaus, Metalliteollisuuden kustannus Oy, 1985
- /18/ Trost, Harald, Myyntijohtajan haastattelu, Framag Industrieanlagenbau, Frankenburg, Itävalta, 5.10.2009
- /19/ Turvatekniikan keskus, Hapen turvallinen käsittely ja varastointi, [PDF-dokumentti], [<http://www.woikoski.fi/ohjeet-ja-oppaat>], 28.2.2011
- /20/ Työterveyslaitos, OVA-ohje: Happi, [WWW-dokumentti], [<http://www.ttl.fi/ova/happi.html>], 24.2.2011
- /21/ Työterveyslaitos, OVA-ohje: Nestekaasu, [WWW-dokumentti], [<http://www.ttl.fi/ova/nestek.html>], 24.2.2011


LIITELUETTELO

- LIITE 1 OUTOKUMPU STAINLESS STEEL GRADES
- LIITE 2 APUAINERAPORTTI
- LIITE 3 TYÖOHJE POLTTOLEIKKAUSNOPEUKSISTA

Outokumpu Stainless Steel Grades




| HEAT AND CREEP | | WET CORROSION AND GENERAL SERVICE | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|------|------------|------|------|--------|-----------|-------------|-------------|--------------------|-----------|--------------------|--|-----------|--------------------|--|
| Austenitic | | Ferritic | | Austenitic | | | Duplex | | Martensitic | Ferritic | Others | BS/UK | DIN/Germany | NF/France | SS/Sweden | Outokumpu products | Welding consumables Covered electrodes EN 1600 |
| Steel designations steel names | EN | ASTM/AUNS | C | N | Cr | Ni | Mo | Others | BS/UK | DIN/Germany | NF/France | SS/Sweden | Outokumpu products | Welding consumables Covered electrodes EN 1600 | | | |
| 4512 | 1.4512 | 409 | 0.02 | 0.02 | 11.5 | 0.2 | - | Ti | 409S | 1.4512 | Z3 CT 12 | - | C | 13 or 19 9L | | | |
| 4003 | 1.4003 | S40977 | 0.02 | 0.02 | 11.5 | 0.5 | - | - | 409S17 | 1.4003 | Z3 CT 12 | - | P | 13 or 19 9L | | | |
| 4000 | 1.4000 | 410S | 0.03 | 0.01 | 12.5 | - | - | - | 409S17 | 1.4000 | Z8 C12 | 2301 | P | 13 or 19 9L | | | |
| 4016 | 1.4016 | 430 | 0.04 | 0.04 | 16.5 | - | - | - | 430S17 | 1.4016 | Z8 C17 | 2320 | P | 19 9L or 23 12L | | | |
| 4509 | 1.4509 | S43982 | 0.02 | 0.02 | 18 | - | - | Nb, Ti | - | 1.4509 | Z3 CT Nb 18 | - | C | 19 9 Nb or 18 8 Mn | | | |
| 4521 | 1.4521 | 444 | 0.01 | 0.01 | 17.8 | - | 2.1 | - | - | 1.4521 | Z3 CND 18-02 | 2326 | P | 19 12 3L or 23 12 2L | | | |
| 4006 | 1.4006 | 410 | 0.12 | 0.04 | 12 | - | - | - | 410S21 | 1.4006 | Z10 C13 | 2302 | P | 13, 19 9 or 24 8 SV* | | | |
| 4005 | 1.4005 | 416 | 0.10 | 0.04 | 13 | - | - | S | 416S21 | 1.4005 | Z11 C13 | 2380 | P | 24 8 SV* | | | |
| 4021 | 1.4021 | 420 | 0.20 | 0.10 | 13 | - | - | - | 420S29 | 1.4021 | Z20 C13 | 2303 | P | 24 8 SV* | | | |
| 4028 | 1.4028 | 420 | 0.30 | 0.20 | 12.5 | - | - | - | 420S45 | 1.4028 | Z3 C13 | 2304 | P | 24 8 SV* | | | |
| 4313 | 1.4313 | S41500 | 0.03 | 0.04 | 12.5 | 4.1 | 0.6 | - | - | 1.4313 | Z6 CND 13-04 | 2385 | P | 24 8 SV* | | | |
| 4548 | 1.4548 | - | 0.05 | 0.07 | 15.5 | 4.2 | - | Mn | - | - | - | - | R | 24 8 SV* | | | |
| 248 SV | 1.4418 | - | 0.03 | 0.22 | 16 | 5 | 1 | - | - | 1.4418 | Z6 CND 16-05-01 | 2387 | P/B | 24 8 SV* | | | |
| LDX 210® | 1.4182 | S32101 | 0.03 | 0.22 | 21.5 | 1.5 | 0.3 | 5Mn | - | - | - | - | P/B | LDX 210® or 22 9 3 NL | | | |
| 2205 | 1.4382 | S32204 | 0.02 | 0.10 | 22 | 4.8 | 0.3 | - | - | 1.4382 | Z3 CND 23-04-Az | 2327 | P | 2304® or 22 9 3 NL | | | |
| 4501 | 1.4482 | S32205-2 | 0.02 | 0.17 | 22.2 | 5.7 | 3.1 | - | 316S13 | 1.4482 | Z3 CND 22-06-Az | 2377 | P | 22 9 3 NL | | | |
| 2507 | 1.4501 | S32780 | 0.02 | 0.27 | 25.4 | 6.9 | 3.6 | W, Cu | - | - | Z3 CND 25-08-Az | 2328 | P | 25 9 4 NL | | | |
| 4310 | 1.4310 | 301 | 0.10 | 0.14 | 17 | 7 | - | - | 301S21 | 1.4310 | Z11 CN 18-08 | 2331 | P | 19 9L | | | |
| 4318 | 1.4318 | 301LN | 0.05 | 0.20 | 17 | 4 | - | - | 284S16 | - | Z12 CN 18-07-Az | - | H/C | 18 9 Mn Mo or 23 12L | | | |
| 4372 | 1.4372 | 201 | 0.06 | 0.08 | 17 | 7.6 | - | - | - | 1.4372 | Z7 CND 17-02 | 2348 | H/C | 19 12 3L | | | |
| 4368 | 1.4368 | 631 | 0.08 | 0.02 | 16.6 | - | - | Al | - | 1.4368 | Z9 CND 17-07 | 2388 | H/C | 19 12 3L | | | |
| 4301 | 1.4301 | 304 | 0.04 | 0.04 | 18.1 | 8.1 | - | - | 304S31 | 1.4301 | Z7 CN 18-09 | 2333 | P | 19 9L | | | |
| 4307 | 1.4307 | 304L | 0.02 | 0.02 | 18.1 | 8.1 | - | - | 304S11 | 1.4307 | Z3 CN 18-10 | 2352 | P | 19 9L | | | |
| 4311 | 1.4311 | 304LN | 0.02 | 0.14 | 18.5 | 9.2 | - | - | 304S61 | 1.4311 | Z3 CN 18-10-Az | 2371 | P | 19 9L | | | |
| 4541 | 1.4541 | 321 | 0.04 | 0.04 | 17.5 | 9.1 | - | Ti | 321S31 | 1.4541 | Z6 CND 18-10 | 2337 | P | 19 9 Nb or 19 9L | | | |
| 4550 | 1.4550 | 347 | 0.05 | 0.04 | 17.5 | 9.5 | - | Nb | 347S31 | 1.4550 | Z6 CND 18-10 | 2338 | P | 19 9 Nb or 19 9L | | | |
| 4305 | 1.4305 | 303 | 0.05 | 0.05 | 17.3 | 8.2 | - | S | 303S31 | 1.4305 | Z8 CND 18-09 | 2346 | P | 19 9L | | | |
| 4303 | 1.4303 | 305 | 0.04 | 0.04 | 17.7 | 12.5 | - | - | 305S19 | 1.4303 | Z1 CN 18-12 | - | P | 19 9L | | | |
| 4306 | 1.4306 | 304L | 0.02 | 0.02 | 18.2 | 10.1 | - | - | 304S11 | 1.4306 | Z3 CN 18-10 | 2352 | P | 19 9L | | | |
| 4567 | 1.4567 | S30450 | 0.01 | 0.01 | 17.7 | 9.7 | - | - | 304S17 | 1.4567 | Z3 CND 18-14-03 | - | P | 19 12 3L | | | |
| 4401 | 1.4401 | 316 | 0.04 | 0.04 | 17.2 | 10.1 | 2.1 | - | 316S31 | 1.4401 | Z7 CND 17-11-02 | 2347 | P | 19 12 3L | | | |
| 4404 | 1.4404 | 316L | 0.02 | 0.02 | 17.2 | 10.1 | 2.6 | - | 316S11 | 1.4404 | Z3 CND 17-11-02 | 2348 | P | 19 12 3L | | | |
| 4427 | 1.4427 | - | 0.05 | 0.05 | 16.9 | 10.7 | 2.6 | S | - | - | - | - | P | 19 12 3L | | | |
| 4436 | 1.4436 | 316 | 0.04 | 0.04 | 16.9 | 10.7 | 2.6 | - | 316S33 | 1.4436 | Z7 CND 18-12-03 | 2343 | P | 19 12 3L | | | |
| 4432 | 1.4432 | 316L | 0.02 | 0.02 | 16.9 | 10.7 | 2.6 | - | 316S13 | 1.4432 | Z3 CND 18-14-03 | 2353 | P | 19 12 3L | | | |
| 4406 | 1.4406 | 316LN | 0.02 | 0.14 | 17.2 | 10.3 | 2.1 | - | 316S61 | 1.4406 | Z3 CND 17-11-Az | 2375 | P | 19 12 3L | | | |
| 4429 | 1.4429 | S31663 | 0.02 | 0.14 | 17.3 | 12.5 | 2.6 | - | 316S63 | 1.4429 | Z6 CND 17-12-Az | 2350 | P | 19 12 3L | | | |
| 4571 | 1.4571 | 316Ti | 0.04 | 0.04 | 16.8 | 10.9 | 2.1 | Ti | 320S31 | 1.4571 | Z3 CND 17-12 | 2353 | P | 19 12 3L | | | |
| 4433 | 1.4433 | 316L | 0.02 | 0.02 | 17.3 | 12.6 | 2.6 | - | 316S13 | 1.4433 | Z3 CND 18-14-03 | - | P | 19 12 3L | | | |
| 3962 | 1.3962 | - | 0.02 | 0.18 | 16.9 | 13.2 | 2.7 | - | - | - | - | - | P | 20 16 3 Mn L | | | |
| 4438 | 1.4438 | 317L | 0.02 | 0.02 | 18.2 | 13.7 | 3.1 | - | 317S12 | 1.4438 | Z3 CND 18-15-04 | 2367 | P | 317L/SN®* | | | |
| 4439 | 1.4439 | 317LN | 0.02 | 0.14 | 17.3 | 13.7 | 4.1 | - | - | 1.4439 | Z3 CND 18-14-05-Az | - | P | 20 25 5 Cu L | | | |
| 725LN | 1.4466 | S31050 | 0.01 | 0.12 | 25 | 22.3 | 2.1 | - | - | 1.4466 | Z2 CND 25-22-Az | - | P | 25 22 2 Ni L | | | |
| 3964 | 1.3964 | - | 0.02 | 0.27 | 20.5 | 15.4 | 3.2 | Mn, Nb | - | - | - | - | P | 20 16 3 Mn L | | | |
| 904L | 1.4539 | 904L | 0.01 | 0.01 | 20.5 | 25 | 6.3 | - | 904S13 | 1.4539 | Z2 NCDU 25-20 | 2362 | P | 20 25 5 Cu L or P12* | | | |
| 4529 | 1.4529 | N08926 | 0.01 | 0.20 | 20.5 | 24.8 | 6.5 | Cu | - | - | - | - | P | P12* or P16* or P54* | | | |
| 254 SMO® | 1.4547 | S31254 | 0.01 | 0.20 | 18 | 18 | 6.1 | Cu | - | 1.4547 | - | 2378 | P | P12* or P16* or P54* | | | |
| 4585 | 1.4585 | S34865 | 0.02 | 0.45 | 24 | 17 | 4.5 | 5.8Mn | - | 1.4585 | - | - | P | P16* or P54* | | | |
| 4713 | 1.4713 | - | 0.07 | 0.02 | 6.5 | - | - | 0.7Al | - | - | - | - | P | 18 9 Mn Mo or 23 12 | | | |
| 4724 | 1.4724 | - | 0.08 | 0.02 | 12.3 | - | - | 0.8Al | - | 1.4724 | Z13 C13 | - | P | 23 12 | | | |
| 4742 | 1.4742 | - | 0.08 | 0.02 | 13.5 | - | - | 1Al | - | 1.4742 | Z12 CAs 18 | - | P | 23 12 or 25 3 MA* | | | |
| 4782 | 1.4782 | - | 0.08 | 0.02 | 27.4 | - | - | 1.4Al | - | 1.4782 | Z12 CAs 25 | - | P | 25 20 or 23 12 | | | |
| 4938 | 1.4938 | 304H | 0.05 | - | 18.1 | 8.2 | - | - | 304S51 | 1.4938 | Z6 CND 19-09 | 2333 | P | 19 9 Nb | | | |
| 4878 | 1.4878 | 321H | 0.05 | - | 17.3 | 9.1 | - | - | 321S61 | 1.4878 | Z6 CND 18-10 | 2327 | P | 19 9 Nb | | | |
| 153 MA™ | 1.4818 | S30415 | 0.05 | 0.15 | 18.5 | 9.5 | - | 1.3Si, Co | - | - | - | - | P | 25 3 Mn Mo or 23 12 | | | |
| 4833 | 1.4833 | 309S | 0.06 | 0.15 | 22.3 | 12.6 | - | - | 309S16 | 1.4833 | Z15 CND 23-13 | 2372 | P | 25 3 Mn Mo or 23 12 | | | |
| 4828 | 1.4828 | - | 0.04 | 0.17 | 21 | 11 | - | 2Si | - | 1.4828 | Z17 CND 20-12 | - | P | 25 3 Mn Mo or 23 12 | | | |
| 253 MA® | 1.4835 | S30815 | 0.09 | 0.17 | 20 | 11 | - | 1.6Si, Co | - | 1.4835 | Z8 CND 25-20 | 2389 | P | 25 3 Mn Mo or 23 12 | | | |
| 4945 | 1.4945 | 310S | 0.05 | 0.05 | 25 | 20 | - | - | 310S16 | 1.4945 | Z15 CND 25-20 | 2361 | P | 25 20 | | | |
| 4941 | 1.4941 | 314 | 0.07 | 0.05 | 24.5 | 19.5 | - | 2Si | - | 1.4941 | Z15 CND 25-20 | - | P | 25 20 | | | |



POSITIOT

RAPORTIT



LOGIIKKA


Valitse raportti


Vuorokausi

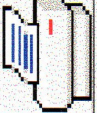
Valitse päivä

Torstai

| | | |
|-----------------------|-----------------|---------------|
| Nestekaasu | 0,72 t/ | Vuorokaudessa |
| Happi | 2,91 t/ | Vuorokaudessa |
| Paineilma | 4319874,00 m3/ | Vuorokaudessa |
| Sähkö | 6272,00 kWh/ | Vuorokaudessa |
| Kaukoliämpö | 1,75 MWh/ | Vuorokaudessa |
| Konttivaaka | 668,40 Kg/ | Vuorokaudessa |
| Piipun ilmanvirtaus | 2836841,00 Nm3/ | Vuorokaudessa |
| Piipun pölynpitoisuus | 534504,70 mg / | Vuorokaudessa |

Hae valittu raportti uudelleen 

Tallenna valittu raportti 

Tulosta haettu raportti 

ARKISTO


Valitse raportti


Kuukausi

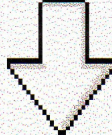
Valitse kuukausi

Maaliskuu

| | | |
|-----------------------|------------------|------------------|
| Nestekaasu | 21,06 t/ | Kuukaudessa |
| Happi | 114,11 t/ | Kuukaudessa |
| Paineilma | 247718,30 m3/ | Kuukaudessa |
| Sähkö | 146582,00 kWh/ | Kuukaudessa |
| Kaukoliämpö | 93,14 MWh/ | Kuukaudessa |
| Konttivaaka | 32584,70 Kg/ | Kuukaudessa |
| Piipun ilmanvirtaus | 51730190,00 Nm3/ | Kuukaudessa |
| Piipun pölynpitoisuus | 9003222,00 mg / | Nm3/ Kuukaudessa |

Nouda tiedot muistikortilta 

Näytä käyttö ohje 



Työohje polttoleikkausnopeuksista

| | mm/min |
|------------------|---------------|
| Skollat | 30 - 55 |
| | |
| Aihiot | 95 - 150 |
| | |
| Esinauhat | 60 - 100 |
| | |
| Telat | 75 - 80 |