



Nauhahiontanopeuden nostamisen vaikutukset hiontalinjan
tuotantotehokkuuteen

Ida-Mari Lammi

Konetekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Oy:n tehtaalle Torniossa 17.09-15.12.2012 välisenä aikana. Haluan esittää kiitokset mielenkiintoisesta aiheesta ja tuesta Outokumpu Stainless Oy:lle.

Erityisesti haluan kiittää hiontalinjan käyttöhenkilökuntaa ja työnjohtoa avusta ja osallistumisesta kokeiden suoritusvaiheessa.

Lisäksi haluan muistaa työnohjaajaa DI Tuomas Pääkkölää kritiikistä, neuvoista ja mielenkiinnosta työtäni kohtaan. DI Mari-Selina Kantasta kiitän opastuksesta ja työni valvonnasta.

Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia läheisiäni työn suorittamiseksi saamastani tuesta.

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Ida-Mari Lammi
Opinnäytetyön nimi:	Hiomanauhanopeuden nostamisen vaikutukset hiontalinjan tuotantotehokkuuteen
Sivuja	52
Päiväys:	10.12.2012
Opinnäytetyön ohjaajat:	DI Mari-Selina Kantanen
Toimeksiantaja:	Outokumpu Stainless Oy
Yrityksen valvoja:	DI Tuomas Pääkkölä
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kiilapyörämuutoksen vaikutuksia nauhahiontalinjan ajonopeuksiin ja kapasiteettiin. Työn tarkoituksena oli määrittää maksimaaliset linjanopeudet eri toimitustilaisille asiakastuotenuhoille. Yksi päätavoitteista oli selvittää hiontalinjan nykyinen tuotantotehokkuus analysoimalla historiatietoa, minkä jälkeen tarkasteltiin kiilapyörämuutoksen vaikutusta nykytilanteeseen. Samalla työssä tarkasteltiin asiakashiottujen tuotenuhojen pinnanlaadun kehittymistä linjanopeuden noustessa.</p> <p>Työssä esitellään ruostumattoman teräksen valmistuksen pääkohdat, nauhahiontalinjalla valmistettavat tuotteet sekä linjan rakenne. Teoriaosiossa käsitellään niitä pinnankarheuden mittaamisen perustermejä, joita kokeellisessa osiossa on käytetty.</p> <p>Esitutkimusosassa tarkasteltiin nauhahiontalinjan suorituskykyä ennen kiilapyörämuutoksen toteuttamista. Näitä tuloksia verrattiin kokeellisen osion tuloksiin. Kokeellisessa osassa selvitettiin käytännön olosuhteissa kiilapyörämuutoksen vaikutusta ajonopeuksiin ja pinnankarheuden käyttäytymiseen. Näiden tulosten perusteella linjalle laadittiin ohjeet eri toimitustilojen ajamiseen ottaen huomioon eri laadut, pakkaus- ja leveysalueet.</p> <p>Testien perusteella määritettiin hiontalinjalle ajo-ohjeet eri laatujen ja dimensioiden ajamiseen uusilla ajonopeuksilla. Kiilapyörämuutoksen avulla ajonopeuksia voidaan nostaa, muttei kuitenkaan kaikilla toimitustiloilla ja dimensioilla. Uuden ajonopeuden määrittäminen on vaikeaa, koska tilanne on katsottava rullakohtaisesti. Hiomanauhojen laatu ja kuluneisuus sekä ajettavan rullan pinnanlaatu vaikuttavat omalta osaltansa maksimaaliseen ajonopeuden määrittämiseen. Uusilla ohjeistetuilla ajonopeuksilla voidaan kuitenkin lähes kaksinkertaistaa linjan tuotantotehokkuus.</p>	
Asiasanat: hionta, ruostumaton teräs, tuotanto, tehokkuus.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Ida-Mari Lammi
Thesis title:	Research on the effects of increasing the strip grinding velocity on the production efficiency of the grinding line
Pages:	52
Date:	10 December 2012
Thesis instructor:	Mari-Selina Kantanen, MSc. (Tech.)
Company:	Outokumpu Stainless Ltd.
Supervisor from Company:	Tuomas Pääkkölä, MSc.
<p>The thesis studies the wedge wheel change effects on the belt grinding line speeds and capacity. The purpose was to determine the maximal line speeds of the different delivery modes for the customer surfaces. In particular, the study took into account the results of the earlier studies and the change in the wedge wheel due to the change. At the same time it was studied how the quality of the customer strip surface developed as the line speed increased.</p> <p>This thesis presents the main elements in stainless steel production, tape grinding line in the products manufactured, as well as the line structure. The theory part deals with the basic terms of roughness measurement which were used in the measurements in the experimental part.</p> <p>The pilot study looked at the tape of the grinding line performance before implementing the change wedge wheel. These results were compared to the results of the experimental section. In the experimental part of the study the practical conditions of the wedge wheel speeds and the effect of changes in the behavior of the surface roughness were studied. These results were used as the basis for the new guidelines for different supply forms, taking into account the different grades, thicknesses and widths of the zones.</p> <p>The tests results were used on the basis of grinding line directions to the various grades and dimensions at new driving speeds. With the wedge wheel change, speeds can be increased, but not for all supply forms and dimensions. The new speed is difficult to determine, because the situation is considered roller-specific. A Quality of the abrasive strips and their wear, and the roller surface quality are contributing to the maximum speed determination. With the new instructions, a vehicle speeds can almost double the efficiency of the production line.</p>	
Glossary: grinding, stainless steel, production, efficiency.	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Viimeistelyhiotut nauhatuotteet	7
1.2 Työn tavoite	7
2 HIOTTU RUOSTUMATON TERÄSNAUHA	8
2.1 Ruostumaton teräs	8
2.2 Hiottu tuotenuha	10
3 NAUHAHIONTALINJA	11
3.1 Prosessi	11
3.1.1 Esitylsytys	13
3.1.2 Hiontanauhat	14
3.2 Asiakashiotun materiaalin toimitustilat	14
4 PINNANKARHEUS	15
4.1 Pinnankarheuden aritmeettinen keskiarvo (Ra)	15
4.2 Pinnankarheuden profiilin syvyys (Rz)	16
4.3 Mittausjakson ja mittauspituuden valinta Ra ja Rz-arvojen mittauksessa	16
4.4 Pinnankarheuden mittaaminen	17
5 ESITUTKIMUKSET	18
5.1 Austeniittinen tuotenuha	18
5.1.1 Ajonopeus	18
5.1.2 Tuotantotehokkuus	20
5.2 Ferriittinen tuotenuha	22
5.2.1 Ajonopeus	22
5.2.2 Tuotantotehokkuus	24
5.3 Austeniittinen vs. ferriittinen tuotenuha	25
5.3.1 Ajonopeus	27
5.3.2 Tuotantotehokkuus	28
5.4 Kabiinien käyttö	30
5.5 Hiontanauhojen esitylsytys	31
5.5.1 36-grit nauhojen	31
5.5.2 60-grit nauhat	32
6 HIONTAPROSESSIN TEHOSTAMINEN	34

6.1 Kiilapyörämuutos.....	34
6.2 Linjan nopeus asiakashionnassa.....	34
6.2.1 Austeniittinen tuotenauha	35
6.2.2 Ferriittinen tuotenauha	41
7 TULOKSET	46
7.1 Maksimiajonopeuden määrittäminen	46
7.2 Tuotannontehokkuuden kasvaminen.....	47
8 POHDINTA	51
LÄHTEET	52

1 JOHDANTO

1.1 Viimeistelyhiotut nauhatuotteet

Outokumpu Stainless Oy valmistaa viimeistelyhiottuja tuotteita. Hiontalinjalla tehdään pääasiassa asiakkaan tilaamia tuotenuhoja, joiden pinnalta vaaditaan edustavaa, tasa-laatuista ulkonäköä sekä asiakkaan vaatimaa pinnankarheutta ja hyvää puhdistettavuutta.

Hiottuja ruostumattomia teräksiä käytetään useissa eri arkkitehtonisissa kohteissa, joita ovat hissien verhoilulevyt, julki- ja ulkosivut, sisustuspaneelit. Elintarviketeollisuus käyttää viimeistelyhiottua tuotenuhaa myös meijerilaitteistoissa, laitoskeittiöiden kalusteissa, vuorauksessa sekä kylmäkalusteissa. Suurimmissa osissa käyttökohteista tuote tulee näkyvälle paikalle ja siltä vaaditaan ulkonäöllisesti paljon.

Ruostumattomat teräsnauhat käsitellään hiontalinjalla hiomanauhojen avulla, jotka leikkaavat nauhan pinnasta kerroksen pois jättäen siihen karheamman pinnan. Hiomanauhat joudutaan esitylsyttämään oikean karheuden saamiseksi.

1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on kartoittaa kiilapyörämuutoksen vaikutukset hiontalinjan tuotantotehokkuuteen ja samalla määrittää käytännön maksimilinja nopeudet eri tuoteryhmille ja dimensioille.

Esiselvityksenä tutkitaan hiontalinjan tämänhetkinen tilanne analysoimalla vanhaa olemassa olevaa tietoa sekä tekemällä testejä karheuden käyttäytymisestä alemmilla hiomanauhanopeuksilla.

Linjaan tehdään muutos, jonka jälkeen aletaan selvittää nopeuden nostamisen vaikutuksia linjan tuotantotehokkuuteen. Työssä otetaan huomioon myös tuotenuhan karheuden käyttäytyminen sekä pinnan ulkonäkö.

2 HIOTTU RUOSTUMATON TERÄSNAUHA

Ruostumaton teräs on sopiva dekoratiivisiin ja rakennussovellutuksiin monien ominaisuuksiensa johdosta. Sen hygieenisuus, puhdistettavuus, korroosion kesto ja kierrätettävyys ovat syitä, minkä vuoksi arkkitehdit, suunnittelijat sekä alihankkijat haluavat käyttää terästä arkkitehtuurisissa sovellutuksissa. (Van Hecke 2010, 1)

2.1 Ruostumaton teräs

Ruostumattomat teräkset ovat vähintään 10,5 % kromia sisältäviä seosteräksiä. Kromiseostuksen tarkoitus on parantaa teräksen korroosionkestävyyttä, jolloin teräs on soveltuvampi erilaisiin käyttökohteisiin, kuten elintarvike- ja prosessiteollisuuteen. Aluperin ruostumaton teräs on kehitetty 1920-luvulla elintarvike- ja kotitalouskäyttöön sekä kemianteollisuuden tarpeisiin. Nykyään ruostumatonta terästä käytetään lähes kaikissa mahdollisissa käyttökohteissa. (Taulavuori, Kyröläinen & Manninen 2001, 6)

Ruostumattoman teräksen valmistusketju alkaa kaivokselta, josta malmi käsittelyn jälkeen kuljetetaan ferrokromitehtaan läpi sulatolle. Ferrokromi panostetaan ja sulatetaan valokaariuunissa, minkä jälkeen sula käsitellään konvertterissa. Konvertterissa tapahtuu mellotus, jonka tarkoituksena on kaasujen ja hapen avulla auttaa hiilen palamista. Tämän jälkeen sula teräs kaadetaan senkkauuniin, joka on sulan viimeistelyvaihe. Tässä sulan koostumus tarkennetaan ja lämpötila nostetaan ja tasataan jatkuvavalua varten. Jatkokäsittely varten terässula täytyy saada kiinteään muotoon. Jatkuvavalussa sula laskeaan valusangosta välialtaan kautta vesijäähdytteiseen kuparikokilliin. Tämän pohjassa on valun alkaessa kylmäaihio, jonka avulla aloitetaan valunauhan vetäminen kokilliin läpi. Kokillissa aihio saa halutun muodon. Valmiit ahiot valssataan kuumavalssaamalla, minkä jälkeen ne joko lähtevät suoraan maailmalle asiakkaille tai siirtyvät kylmävalssaukseen. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012 ; Teräskirja 2009, 39, 46)

Mustat kuumanauhat siirretään erikoisajoneuvoilla kylmävalssaamolle viimeisteltäväksi. Ensimmäisenä nauhat hehkutetaan ja peitataan. Hehkutuksen tarkoituksena on kuumentaa nauha niin pehmeäksi, että sen rakenne tasaantuu. Tämä tapahtuu noin 1050–1150 asteen lämmössä. Kylmävalssattavaksi menevän kuumanauhan pinnan täytyy olla

puhdas ja hilseetön. Sen vuoksi nauha jäädytetään ja sen pinnalla oleva oksidikerros rikotaan kuulapuhalluksella. Elektrolyytti- ja sekahappopeittauksella liuotetaan loput nauhan pintaan jääneestä oksidikerroksesta sekä pintaan syntynyt kromiköyhä kerros. Peittäus tapahtuu läpivetolinjassa, jossa nauhaa vedetään peräkkäisissä happoaltaissa. Altaissa käytetään yleensä typpihapon ja fluorivetyhapon seoksia. Nauha neutralisoidaan ja pestään. Teräksen syöpymistä on pyritty ehkäisemään inhibiiteillä, jotka on lisätty happoliuokseen. Peittauksen jälkeen nauha kuivataan ja öljytään, kun tämä prosessi on tehty nauhan väri on muuttunut mustasta kirkkaaksi. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012; Teräskirja 2009, 64–66)

Tämän jälkeen nauha voidaan valssata lopulliseen paksuuteensa Sendzimir- tai Tandem-valssaimella. Nauhaa ohennetaan joko useiden perättäisten valssainten avulla tai usealla pistolla samalla valssaimella. Nauhan paksuus voi muuttua kylmävalssauksen seurauksena jopa 40–90 % ohuemmaksi. Valssauksen ohjaus ja säätäminen tapahtuvat automaattisesti ennalta laskettujen asetusarvojen mukaisesti, mutta näitä voidaan korjata valssauksen aikana tarpeen mukaan. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012; Teräskirja 2009, 69)

Kylmävalssauksen seurauksena nauha lujittuu niin paljon, että se joudutaan hehkuttamaan ja peittaamaan vielä kerran uudestaan. Tällöin nauhan muovattavuus palautuu ja se saa kuitenkin asiakkaan vaatimat lujuusominaisuudet. Jatkuvatoimisessa hehkutuksessa nauha liikkuu esikäsittely-, uuni- ja jäädytysvaiheiden läpi lyhyessä ajassa. Esikäsittelyssä nauha menee pesuun, jonka jälkeen se huuhdellaan ja kuivataan. Tämän jälkeen nauhan menee uunialueen läpi, jossa on esikuumennus-, hehkutus-, ja jäädytysvyöhykkeet. Nauhan lämpötila nousee 700–800 asteeseen. Kun hehkutus on tehty, on vuorossa nauhan peittäus. Kylmävalssattu, hehkutettu ja peitattu nauha viimeistelyvalssataan Ekevyesti, mikä parantaa nauhan sileyttä ja tasomaisuutta. Tämän jälkeen nauha on valmis leikattavaksi leikkauslinjoille tai mahdolliseen viimeistelyyn, kuten harjaukseen tai hiontaan. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012; Teräskirja 2009, 64–66)

2.2 Hiottu tuotenauha

Karkeahionnalla ja hienohionnalla tarkoitetaan koneistamista, jolla pinnasta poistetaan kerros metallia leikkaamismenetelmällä. Tässä menetelmässä käytetään hyväksi hiukasia, jotka ovat sidottu toisiinsa tai tukimateriaaliin. Aikaansaatu pinta riippuukin useista eri tekijöistä, kuten käytetyn hionta-aineen grit-koosta. Lähtökohtaisesti kuitenkin voidaan ajatella, että mitä hienempi grit-koko, sitä tasaisempi pinta. Mekaanisesti viimeistellyn nauhan pintaan ulkonäköön ja laatuun vaikuttavat kuitenkin useat tekijät, kuten hionta-ainetyyppi, viimeistelyvaiheiden lukumäärä, käytetty laite, pinnanopeus ja käytettävä paine. (Van Hecke 2010, 4,7)

Hiottuja tuotenauhoja on valmistettu usein eri menetelmin. Hionta voidaan tehdä joko väliaineen kanssa (öljy, emulsio) tai kuivahiontana. Väliaineesta johtuen saman karheuden omaava hiontanauha voi tuottaa erinäköistä pintaa, joten nauhojen grit-arvon käyttäminen on suositeltavaa vain suuntaa antavana tietona. (Cochrane, David & Nickel Development Institute 2004, 5)

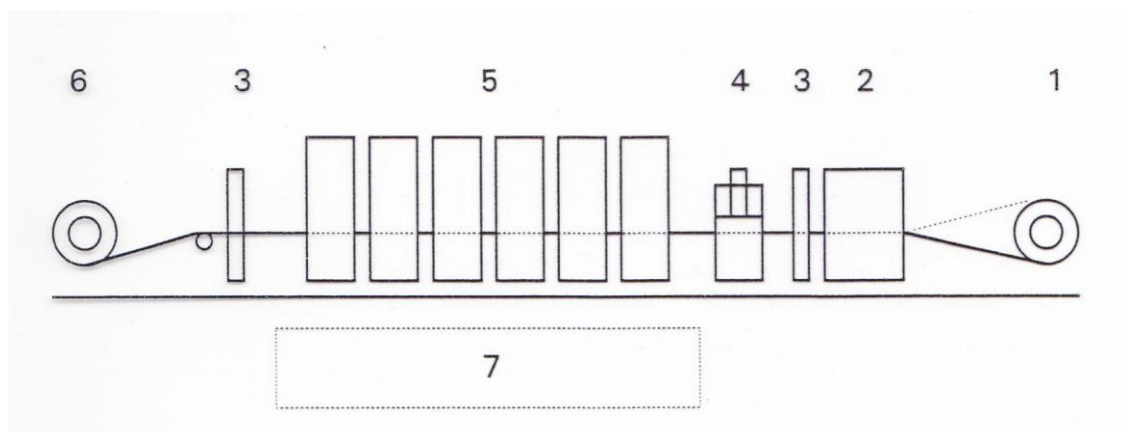
3 NAUHAHIONTALINJA

Outokumpu Tornio Worksin nauhahiontalinjalla tehdään pääsääntöisesti asiakashiontaa, mutta linjaa voidaan käyttää myös korjaushiontaan tai nauhojen puhdistukseen. Hionta tehdään lopputuotenuhalle ja sen pinta hiotaan yleensä 3N- tai 4N-pinnaksi myös 1N-, 3M- tai 4M-pinnan hiominen on mahdollista. Tuotteita käytetään pääsääntöisesti arkkitehtonisissa käyttötarkoituksissa, kuten julkisivut ja verhoilulevyt. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

3.1 Prosessi

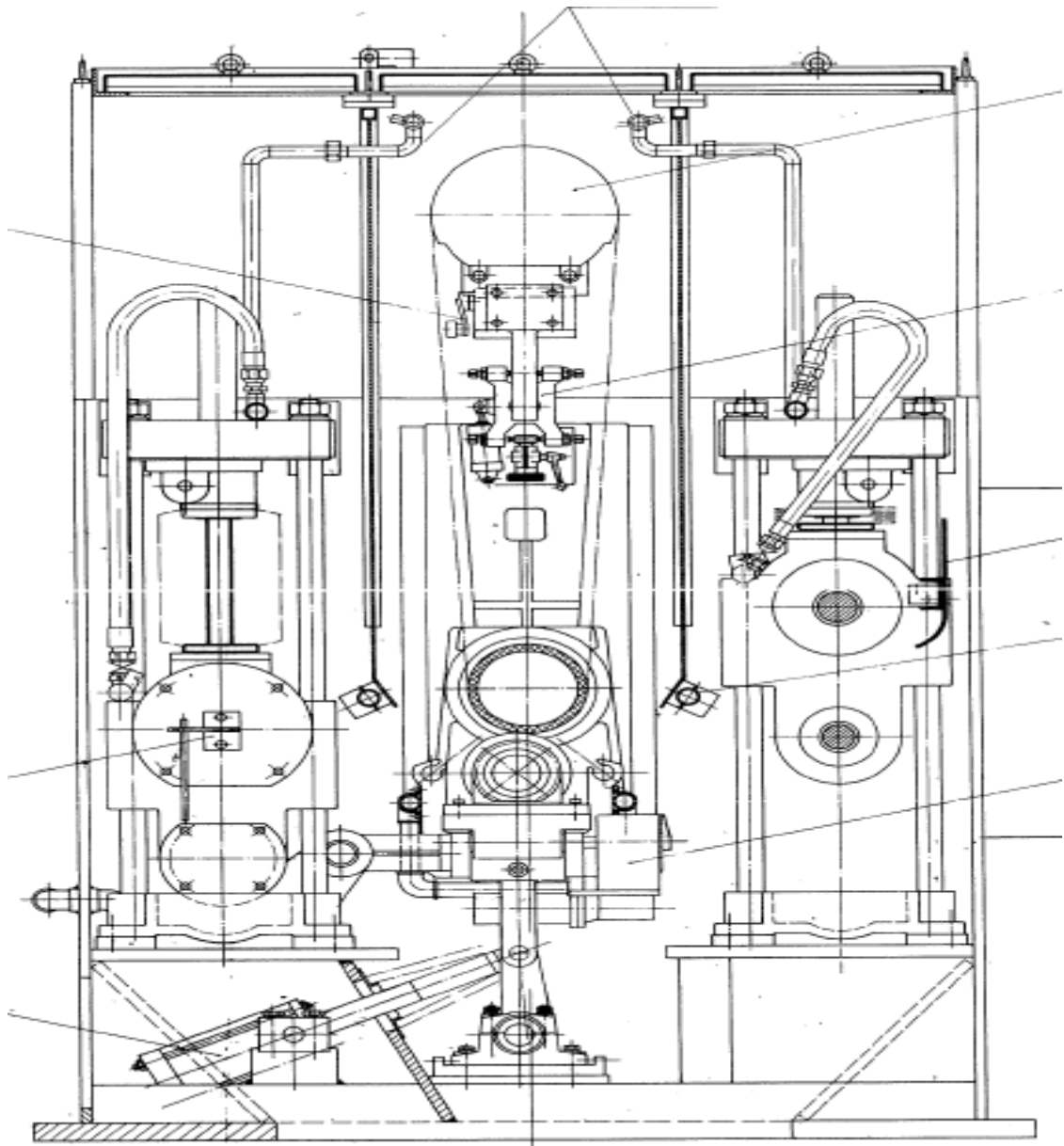
Nauhahiontalinja koostuu useita eri osista (Kuvio 1), mutta tärkeimpiä ovat itse hiomayksiköt, joilla itse tuotenuhan hiominen tapahtuu:

- | | |
|----------------------------------|---|
| – aukikelain | 1 |
| – oikaisukone | 2 |
| – päätyleikkuri (2 kpl) | 3 |
| – hitsauskone | 4 |
| – hiomayksiköt (6 kpl) | 5 |
| – päällekelain | 6 |
| – hiontaöljyn käsittelylaitteet. | 7 |



Kuvio 1. Nauhahiontalinjan pääosat. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 15.10.2012)

Linjalla rulla ajetaan vaunulla aukikelaimelle, jossa rullan pää pujotetaan linjaan. Samalla se hitsataan kiinni hitsauskoneella edellisen rullan häntään. Kun tämä on tehty, tarkastetaan kelainten vedot ja käynnistetään linja. Nauhaa hiotaan hiomakoneilla, joita kutsutaan kabiineiksi. Outokummun nauhahiontalinjalla kabiineita on 6 kappaletta, joista neljä on Acmea (Kuvio 2) ja kaksi Imeasta. Asiakas- sekä korjaushionnat hiotaan 1-4 kabiineilla. Acme kabiineissa on mahdollista valita kaksi eri kierrosnopeutta. Kabiineissa 1 ja 2 vaihtoehdot ovat 10 m/s ja 15 m/s. Kabiineissa 3 ja 4 vaihtoehdot ovat 15 m/s ja 22 m/s. Tällä hetkellä kaksi Imeas-kabiinia toimivat pesureina, eikä niitä käytetä hiointaan ollenkaan. Kabiinien jäähdytykseen käytetään öljysuihkutusta, joka tulee erillisestä öljynkäsittelystä. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 15.10.2012)



Kuvio 2. Kabiinin rakenne. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 15.10.2012)

Käyttöjännite	380 V, 50Hz
Ohjausjännite	220 V, 50 Hz
Magneettiventtiilien ohjausjännite	24 V

Moottorit

Hydraulipumppu	2 kpl	18,5 kW	1500 r/min
Pääkaran käyttö	4 kpl	80/120 kW	1000/1500 r/min
Öljysumun poistoimuri	4 kpl	5,5 kW	1500 r/min
Kulmansäätötelan käyttö	8 kpl	2,2 kW	1500 r/min
Vastatelan käyttö	4 kpl	0,75 kW	1500 r/min

(Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 15.10.2012)

3.1.1 Esitylsytys

Hiontanauhat tulee esitylsyttää ennen niiden käyttöönottoa linjalla, jotta saadaan haluttu pinnankarheus asiakasnauhaan. Asiakashiontojen toteuttamiseksi on linjan varastossa aina oltava saatavilla täysleiveitä (1580–1600 mm) esihiontarullia hiomanauhan tylsytystä varten. Näiden nauhojen paksuus vaihtelee 1,50 – 2,50 mm ja niiden pituus on oltava vähintään 400 metriä. Esitylsytyksessä pyritään kuitenkin käyttämään mahdollisimman pitkiä nauhoja, jotta prosessia ei jouduta keskeyttämään nauhojen tylsytysten aikana. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

Esitylsytykseen valittujen nauhojen tulee olla tasomaisuudeltaan hyvälaatuisia tasaisen lopputuloksen varmistamiseksi. Yhden hiontanauhan tylsytöksessä kuluu aikaa tyypillisesti noin 150 – 200 minuuttia halutusta karheudesta riippuen. Pinnankarheutta seurataan jatkuvilla mittauksilla tylsytysten aikana, kun haluttu karheus on saavutettu voidaan esihionta lopettaa. 4N -tuotteissa tavoitellaan karheutta 0,30 µm ja 3N-tuotteissa karheutta 0,60 µm. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

3.1.2 Hiontanauhat

Hiontalinjalla käytetään kolmea eri tyyppistä hiontanauhaa riippuen halutusta karheudesta. Valmistettaessa 4N -tuotetta hiontanauhaksi valitaan Al_2O_3 , 60 -grit ja 3N -tuotetta valmistettaessa Al_2O_3 , 36 -grit tai Al_2O_3 , 40 -grit. Hiontalinjan käyttämät hiontanauhat sisältävät alumiinioksidirakeita, jotka takaavat suuren aineenpoiston hionnassa. Nauhat sopivat sekä märkä- että kuivahiontaan. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012, Hermes Product Data Sheet, Hakupäivä 30.10.2012)

3.2 Asiakashiotun materiaalin toimitustilat

3N/4N -pinnat ovat asiakastuotteita, joiden pinnankarheus on määritelty myynnin pelisääntöjen antamissa rajoissa. Linjalla valmistetaan erilaisia tuotteita, jotka jaotellaan eri toimitustiloihin niiden hiotun karheuden perusteella. (Taulukko 1) Eri toimitustilat vaativat tiettyjä aikaisempia prosessivaiheita ja niille on määritetty tarkat rajat pinnankarheuden suhteen. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

Taulukko 1. Hiottavien tuotteiden toimitustilat (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

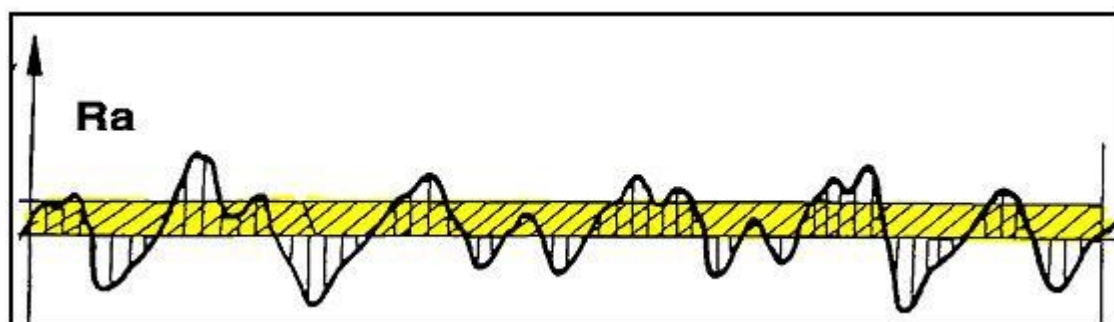
Toimitustila	
3N	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu, toinen puoli hiottu, ($R_a = 0,35 - 0,60 \mu\text{m}$)
4N	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu, toinen puoli hiottu, ($R_a = 0,20 - 0,30 \mu\text{m}$)
1N	Kuumavalssattu, hehkutettu, peitattu, pisto SZ-valssaimella, 3N - hiottu
3M	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu, molemmat puolet hiottu, ($R_a = 0,35 - 0,60 \mu\text{m}$)
4M	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu, molemmat puolet hiottu, ($R_a = 0,20 - 0,30 \mu\text{m}$)

4 PINNANKARHEUS

Ohessa on esitelty tässä työssä käytettyjä pinnankarheuden parametreja. Ne ovat standardista DIN 4768, joka on yksi pinnankarheuden standardeista.

4.1 Pinnankarheuden aritmeettinen keskiarvo (Ra)

Pinnankarheuden ilmaisemiseen käytetään useita eri tapoja. Yleisesti käytetyin on kuitenkin menetelmä, jossa mitataan karheuden keski-poikkeama eli Ra-arvo, jonka toinen nimitys on pinnankarheuden aritmeettinen keskiarvo. (Kuvio 3) Keski-poikkeamalla tarkoitetaan pinnan profiilin poikkeamien arvojen keskiarvoa mittausjakson aikana. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)



Kuvio 3. Keski-poikkeaman Ra määritelmä (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

Esim. 1.

$$Ra = \frac{h_1 + h_2 + h_3 \dots + h_n}{n} \quad (1)$$

missä,

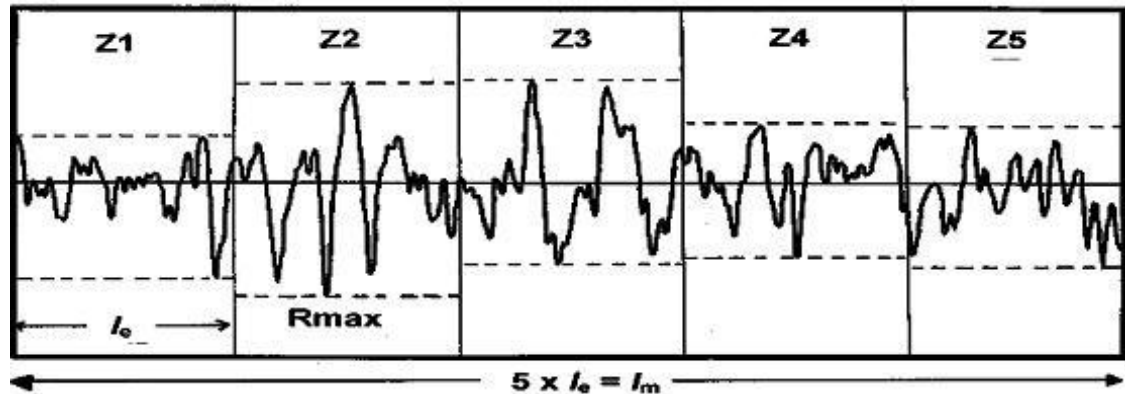
Ra on keski-poikkeama

h_n on pinnankarheusprofiilin korkeus/syvyys

n on mittausjakso

4.2 Pinnankarheuden profiilin syvyys (Rz)

Karheutta usein ilmaistaan myös pinnankarheuden profiilin syvyydellä Rz. Sillä tarkoitetaan pinnan korkeimman kohdan ja syvimmän kohdan keskimääräistä välimatkaa (Kuvio 4). (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)



Kuvio 4. Profiilin syvyyden Rz määrittelmä (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

4.3 Mittausjakson ja mittauspituuden valinta Ra ja Rz-arvojen mittauksessa

Mittausjakson pituus tulee valita siten, että se vastaa tarkastettavan pinnan pinnankarheusvaatimusten määräytyvää mittausjakson pituutta. (Kuvio 5) Mittausjakson pituus valitaan ottamalla huomioon mitattavan materiaalin pinnankarheus. (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

Ra µm	Rz µm	Mittausjakson pituus (mm)	Mittauspituus mm (min)
0.02	0.1	0.08	0.04
0.02 - 0.1	0.1 - 0.5	0.25	1.25
0.1 - 2	0.5 - 10	0.8	4.0
2 - 10	10 - 50	2.5	12.5
10 -	50 -	8.0	40.0

Kuvio 5. Mittausjakson ja mittauspituuden valinta Ra ja Rz-arvojen mittauksessa (Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012)

4.4 Pinnankarheuden mittaaminen

Yleensä pinnankarheuden mittaamenetelmät jaetaan kahteen eri osa-alueeseen, pintaa koskettaviin ja pintaa koskemattomiin -menetelmiin. Yleisin pintaa koskevista menetelmistä on neulamenetelmän käyttö, joka perustuu induktiivisen siirtymäanturin käyttöön. Tällä menetelmällä pinnasta saadaan pintaprofiili, josta lasketaan pinnankarheus korkeussuuntaisista epätasaisuuksista. Menetelmässä neulaa kuljetetaan askelittain pinnan poikki. Tarkan mittaustuloksen saamiseksi on mittauksia otettava useita. Neulamenetelmällä mitattaessa on otettava huomioon tärkeitä tekijöitä, kuten neulan kärjen muoto (säde), mittavarren muodonmuutokset, mittavarren taipuma ja neulavoima. Menetelmän käyttöä rajoittaa teollisuudessa mitattavan pinnan ajonopeus. Suurissa nopeuksissa neula alkaa liikkua ylöspäin mitattavasta pinnasta ja näin muuttaa todellista profiilia. (Lepistö-Saukko 1992,14)

5 ESITUTKIMUKSET

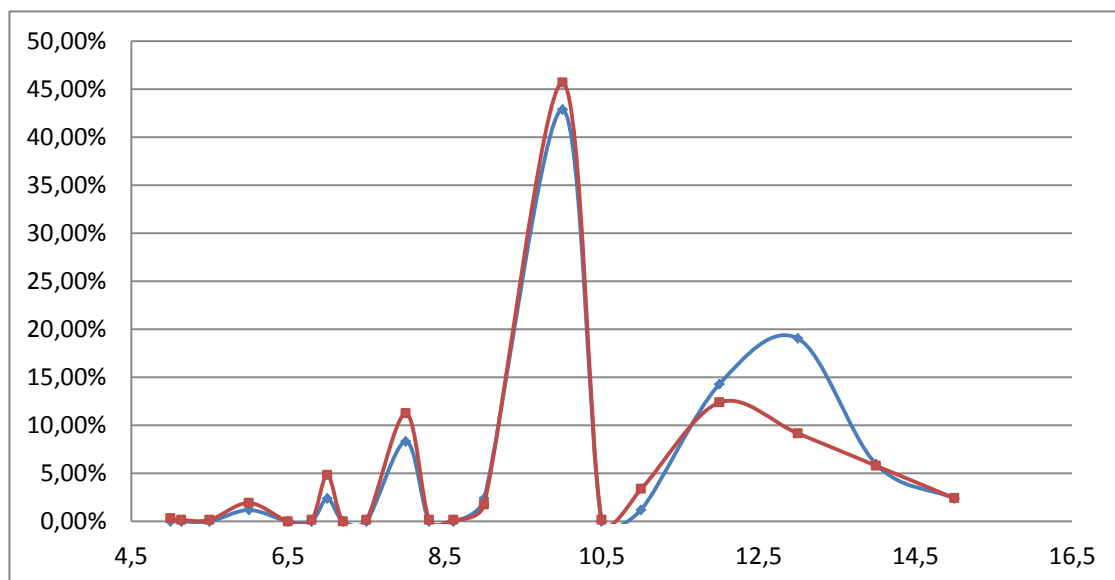
Nauhahiontalinjan tämän hetkistä suorituskkyä alettiin määrittää aikaisemman tallentuneen tiedon perusteella. Tarkasteltavaksi ajanjaksoksi valittiin 1.1.2012 - 15.8.2012. Tietoa analysoimalla ja tutkimalla saatiin aikaan tulokset, jossa nähdään hiontalinjan tämän hetkinen suorituskky. Tietoa tarkasteltaessa tärkeää oli virhetiedon pois rajaaminen. Tietoa päätettiin rajata ottamalla huomioon 90 % tiedoista siten, että 5 prosenttia minimi- ja maksimiarvoista jätettiin huomioimatta. Tuloksia tarkasteltaessa oli otettava huomioon tuotenauhojen pinnanlaadun vaihtelevuus, joka vaikutti ajonopeuksiin ja näin samalla tuotantotehokkuuteen.

5.1 Austeniittinen tuotenauha

Historiatietoa tarkasteltaessa tutkittiin ajonopeuksia ja linjan tehokkuutta eri paksuus- ja leveysalueilla sekä verrattiin niitä keskenään.

5.1.1 Ajonopeus

Tarkastelussa tutkittiin ensimmäiseksi austeniittisia asiakashiottuja tuotenauhoja ja ajonopeuksien jakaantumista eri toimitustilojen kesken. (Liite 2) Ajonopeuksia verrattiin eri toimitustilojen kesken suhteutettuna niiden kokonaistuotantoon tai vaihteleviin dimensioihin. (Kuvio 6). Verrattaessa austeniittisen tuotanauhan toimitustiloja keskenään voidaan todeta, että niiden ajonopeus noudattaa suhteellisen samaa käyrää, vaikka päämääränä on ollut eri karheus alue. Noin 44 prosenttia nauhoista on ajettu keskimäärin nopeudella 1,0 m/minuutissa.



Kuvio 6. Hiontalinjan ajonopeuksien jakaantuminen %-osuutena austeniittisilla asiakashiotuilla tuotenuhoilla.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää myös leveyden ja paksuuden vaikutukset ajonopeuksiin. Austeniittisten tuotteiden keskimääräiset ajonopeudet eri leveysalueilla ja toimitustiloilla ovat kuitenkin lähes samat. (Taulukko 2) Kaikki 4N -tuotteet on ajettu keskimäärin nopeudella 1,4 m/minuteissa. 3N -tuotteiden keskinopeus on ollut ajanjakson aikana noin 1,9 m/minuteissa.

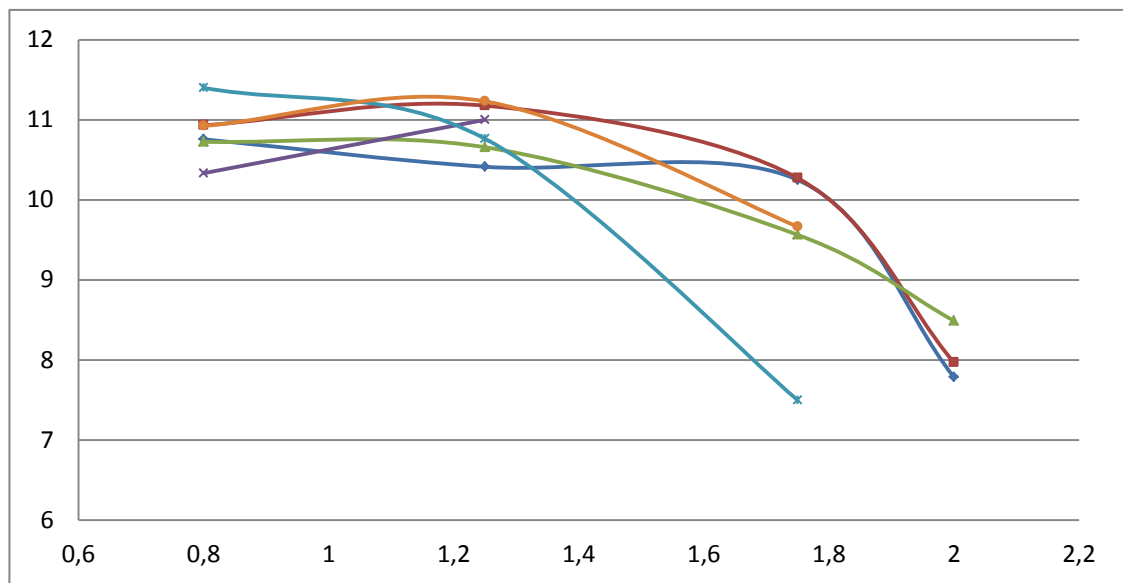
Taulukko 2. Keskimääräiset ajonopeudet toimitustiloilla 3N/4N eri leveysalueilla.

Toimitustila	Leveys (mm)	Ajonopeus (m/min)
4N	1000	1,2
4N	1300	1,8
4N	1500	1,2
3N	1000	1,6
3N	1300	1,6
3N	1500	1,1

Tutkiessa paksuuden merkitystä ajonopeuksien kannalta on selkeämpiä eroja nähtävissä enemmän. (Kuvio 7) Kaikkia toimitustiloja tarkastellessa voidaan todeta, että ajonopeudet lähtevät laskuun paksuuden ylittäessä noin 1,2 mm. Tästä voidaan päätellä, että mitä paksumpia tuotteita ajetaan sitä heikompiin ajonopeuksiin linjalla päästään. Tämä pätee kaikkiin toimitustiloihin ja leveysalueisiin. Keskimääräiset ajonopeudet eri paksuusalueilla heikkenevät myös, mitä paksumpiin tuotenuhoihin mennään. (Taulukko 3)

Taulukko 3. Keskimääräiset ajonopeudet toimitustiloilla 3N/4N eri paksuusalueilla.

Toimitustila	Paksuus (mm)	Ajonopeus (m/min)
4N	0,6-1,00	1,8
4N	1,0-1,50	1,8
4N	1,5-2,00	1,9
4N	Yli 2,00	1,2
3N	0,6-1,00	1,9
3N	1,0-1,50	1,1
3N	1,5-2,00	1,8



Kuvio 7. Ajonopeuden jakaantuminen toimitustilassa 4N ja 3N paksuuden muuttuessa.

5.1.2 Tuotantotehokkuus

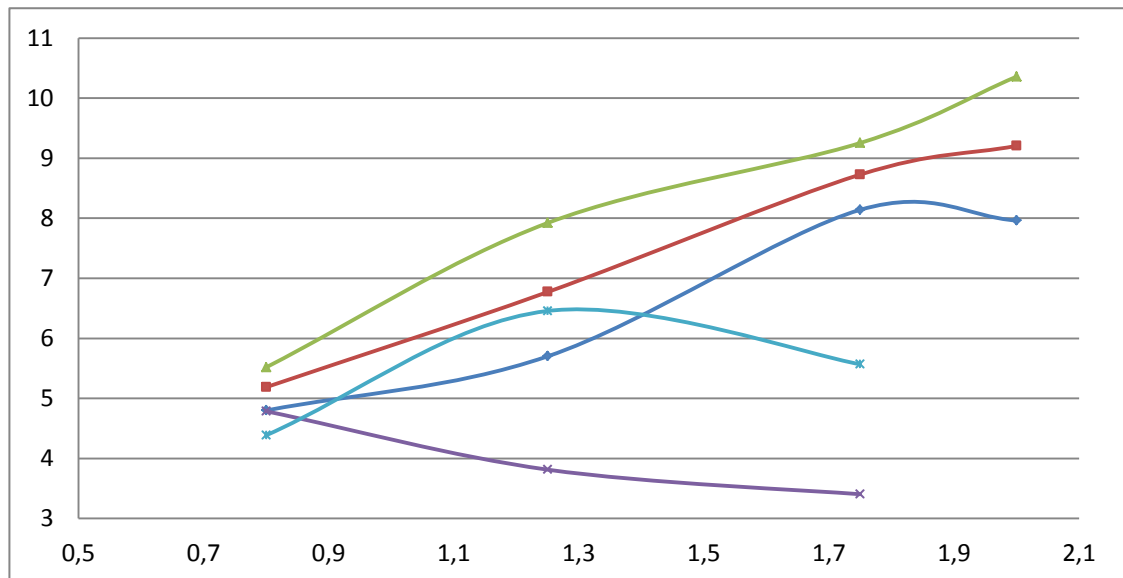
Nauhahiontalinjan keskimääräinen asiakashionnan kuukausituotanto austeniittisilla asiakasnauhoilla on noin 18 t kuluneella aikavälillä (01/12-08/12). Asiakashionnan keskimääräinen tuotantotehokkuus ottaen huomioon asiakashionnan työvaiheet 3N ja 4N, kaikki paksuudet sekä leveysalueet on 1,1 t/h1 (t= tonni, h1= häiriötön tuotantotunti). (Liite 3)

Tutkimuksessa haluttiin selvittää myös, onko eri paksuus- ja leveysalueilla vaikutusta tuotantotehokkuuksien keskiarvoon. (Kuvio 8) 4N – tuotteiden tehokkuus kasvaa tasaisesti paksuuden noustessa, kun taas 3N – tuotteilla tuotantotehokkuus laskee selkeästi riippumatta paksuudesta. Huomattavaa on myös se, että 3N – tuotteet ovat saavuttaneet

huomattavasti alhaisemmat tehokkuudet kuin vastaavat 4N – tuotteet samoissa paksuus-alueissa. Tarkkaillessa eri paksuusalueiden ja toimitustilojen tuotantotehokkuuden keskiarvoa voidaan huomata sama ilmiö. (Taulukko 4)

Taulukko 4. Keskimääräinen tuotantotehokkuus eri paksuusalueilla.

Toimitustila	Paksuus (mm)	Tehokkuus (t/h1)
4N	0,6-1,00	1,2
4N	1,0-1,50	1,9
4N	1,5-2,00	1,9
4N	Yli 2,00	1,6
3N	0,6-1,00	1,3
3N	1,0-1,50	1,1
3N	1,5-2,00	1,6



Kuvio 8. Austeniittisen asiakashiötun tuotenuhan tuotantotehokkuuden keskiarvo paksuusalueen muuttuessa.

Molempien toimitustilojen tuotantotehokkuuden keskiarvoja verrattessa voidaan kuitenkin todeta, että 3N –tuotteet eivät ole päässeet samoilla leveysalueilla yhtä hyviin tehokkuuksiin kuin vastaavat 4N –tuotteet. (Taulukko 5)

Taulukko 5. Keskimääräinen tuotantotehokkuus eri leveysalueilla.

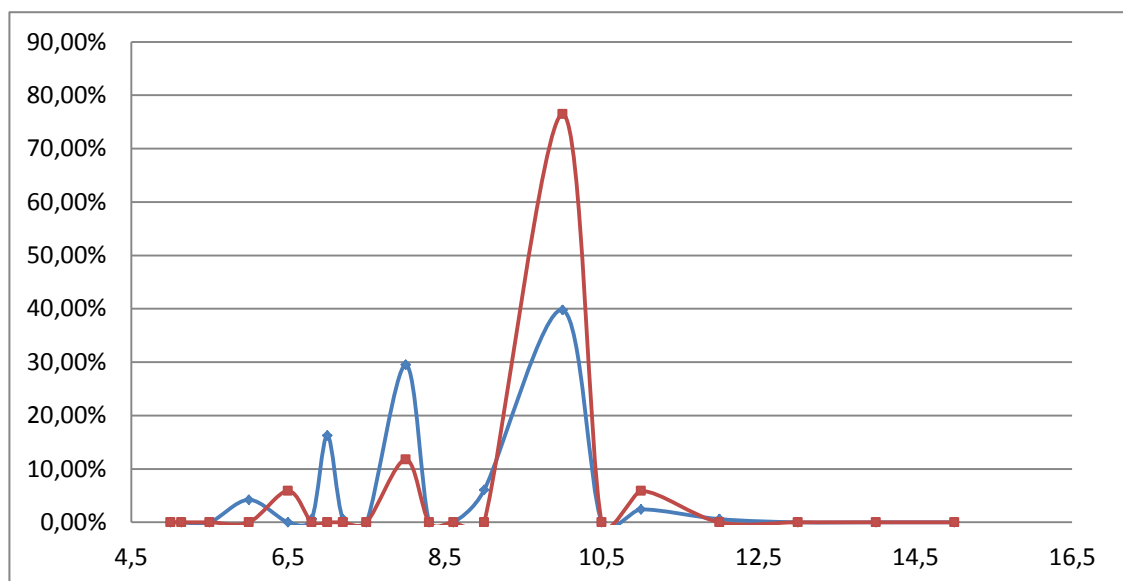
Toimitustila	Leveys (mm)	Tehokkuus (t/h1)
4N	1000	1,0
4N	1300	1,7
4N	1500	1,8
3N	1000	1,2
3N	1300	1,6
3N	1500	1,2

5.2 Ferriittinen tuotenauha

Ferriittisiä asiakashiottuja tuotenauhoja tutkittiin samoin periaattein kuin austeniittisiäkin, jaotellen ne toimitustiloihin, eri paksuus- ja leveysalueihin.

5.2.1 Ajonopeus

Verrattaessa ferriittisen tuotenauhan eri toimitustilojen ajonopeuksia keskenään voidaan huomata selkeitä eroja. (Kuvio 10) Toimitustilassa 3N tuotteet on ajettu keskimäärin nopeudella 1,6 m/minuutissa, kun taas toimitustilassa 4N ajonopeuksien hajonta on suurempaa ja keskinopeudeksi on saatu 1,7 m/minuutissa. Kuvion perusteella voidaan todeta, että ferriittiset 3N – tuotteet ovat tasalaatuisimpia ajaa, koska niistä lähes 80 % on pystytty ajamaan samalla ajonopeudella.



Kuvio 10. Hiontalinjan ajonopeuksien jakaantuminen %-osuutena ferriittisillä asiakashiotuilla tuotenuhoilla.

On huomattava, kuinka 3N –tuotteet ovat päässeet keskimääräisesti suurempiin ajonopeuksiin eri leveysalueille kuin vastaavat 4N –tuotteet. (Taulukko 6)

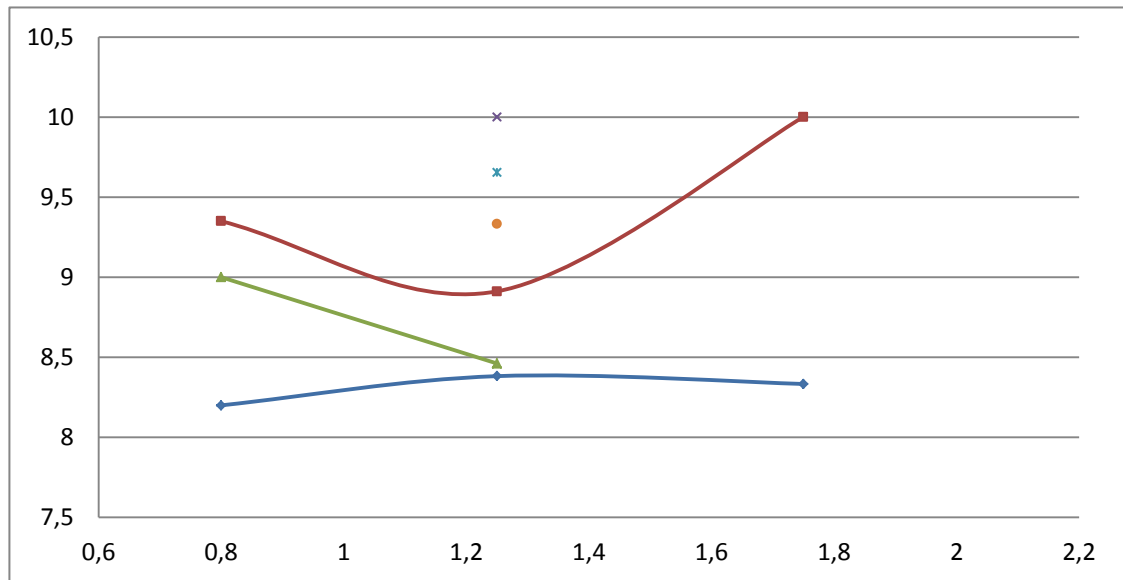
Taulukko 6. Keskimääräiset ajonopeudet toimitustiloilla 3N/4N eri leveysalueilla.

Toimitustila	Leveys (mm)	Ajonopeus (m/min)
4N	1000	1,3
4N	1300	1,1
4N	1500	1,7
3N	1000	1,0
3N	1300	1,7
3N	1500	1,3

Tutkittaessa paksuuden merkitystä ajetuissa ferriittisissä asiakasnauhoissa voidaan huomata, että paksuuden merkitys ei ole kovin suuri ferriittisillä tuotenuhoilla. (Kuvio 11) 4N –tuotteen ajonopeuksien keskiarvot eri paksuusalueilla ovat lähes tulkoon samat. 3N –tuotteita on ajettu huomattavasti pienempi määrä, mutta sen ajonopeuksien keskiarvo on huomattavasti suurempi kuin vastaavilla dimensioalueilla 4N –tuotteella. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Keskimääräiset ajonopeudet toimitustiloilla 3N/4N eri paksuusalueilla.

Toimitustila	Paksuus (mm)	Ajonopeus (m/min)
4N	0,6-1,00	1,9
4N	1,0-1,50	1,6
4N	1,5-2,00	1,75
3N	1,0-1,50	1,6



Kuvio 11. Ajonopeuden jakaantuminen toimitustilassa 4N ja 3N paksuuden muuttuessa.

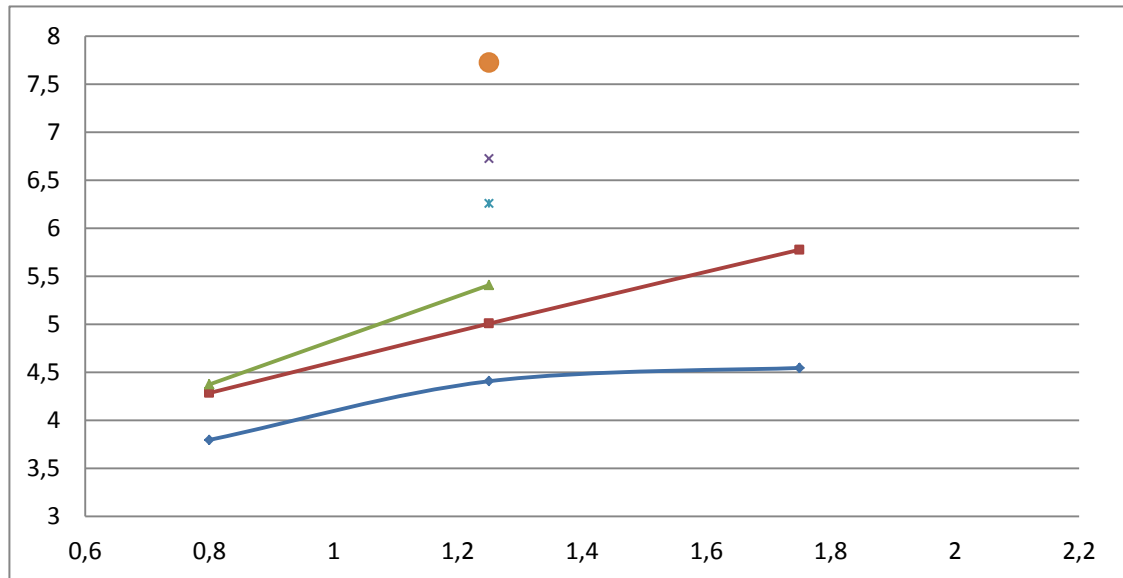
5.2.2 Tuotantotehokkuus

Nauhahiontalinjan keskimääräinen asiakashionnan kuukausituotanto ferriittisillä asiakasnauhoilla on noin 40 t kuluneella aikavälillä (01/12-08/12). Asiakashionnan keskimääräinen tuotantotehokkuus ottaen huomioon asiakashionnan työvaiheet 3N ja 4N, kaikki paksuudet sekä leveysalueet on 1,9 t/h1 (t= tonni, h1= häiriötön tuotantotunti). (Liite 3) 4N – tuotteilla tehokkuus on 1,8 t/h1 ja 3N – tuotteilla se on 1,6 t/h1.

Paksuuden merkitys ferriittisten tuotantotehokkuuden keskiarvoon on suhteellisen pieni. (Kuvio 12) 4N –tuotteiden tehokkuus nousee hieman paksuusalueen muuttuessa, mutta muutos johtuu jo osaksi rullan painon noususta. 3N –tuotteiden tuotantotehokkuus on ferriittisistä paras, mutta niiden tuotantomäärät ovat huomattavasti pienempiä kuin muiden toimitustilojen ja laatujen. 4N –tuotteiden keskimääräinen tuotantotehokkuus kasvaa paksuuden muuttuessa suhteellisen tasaisesti, mistä voidaan päätellä rullapainon olevan suurin syy tehokkuuden kasvuun. (Taulukko 8)

Taulukko 8. Keskimääräinen tuotantotehokkuus eri paksuusalueilla.

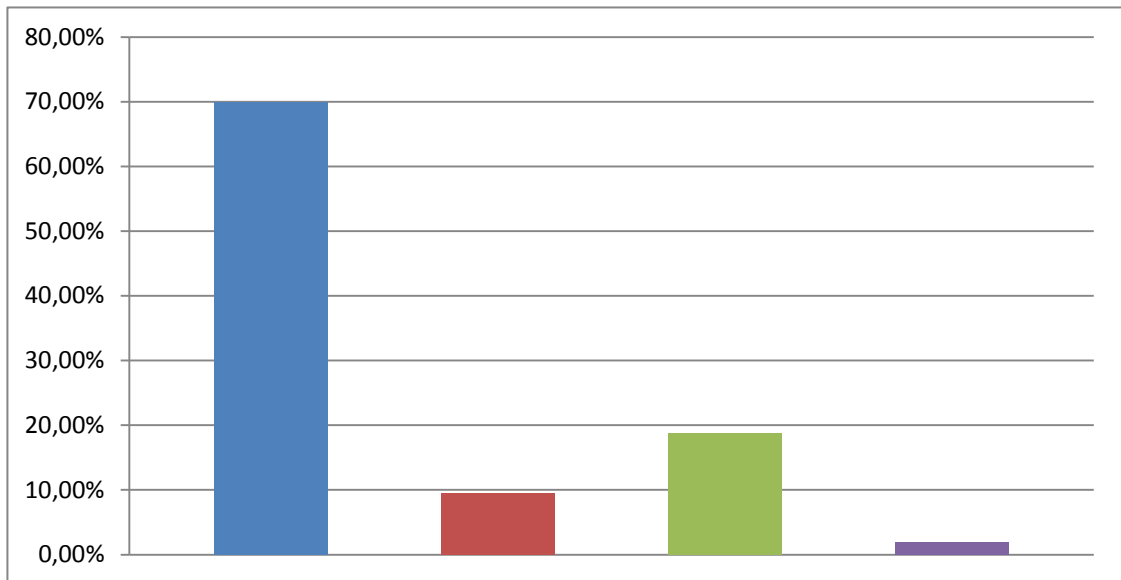
Toimitustila	Paksuus (mm)	Tehokkuus (t/h1)
4N	0,6-1,00	1,3
4N	1,0-1,50	1,96
4N	1,5-2,00	1,16
3N	1,0-1,50	1,63



Kuvio 12. Ferriittisen asiakashiotun tuotenauhan tuotantotehokkuuden keskiarvo paksuusalueen muuttuessa.

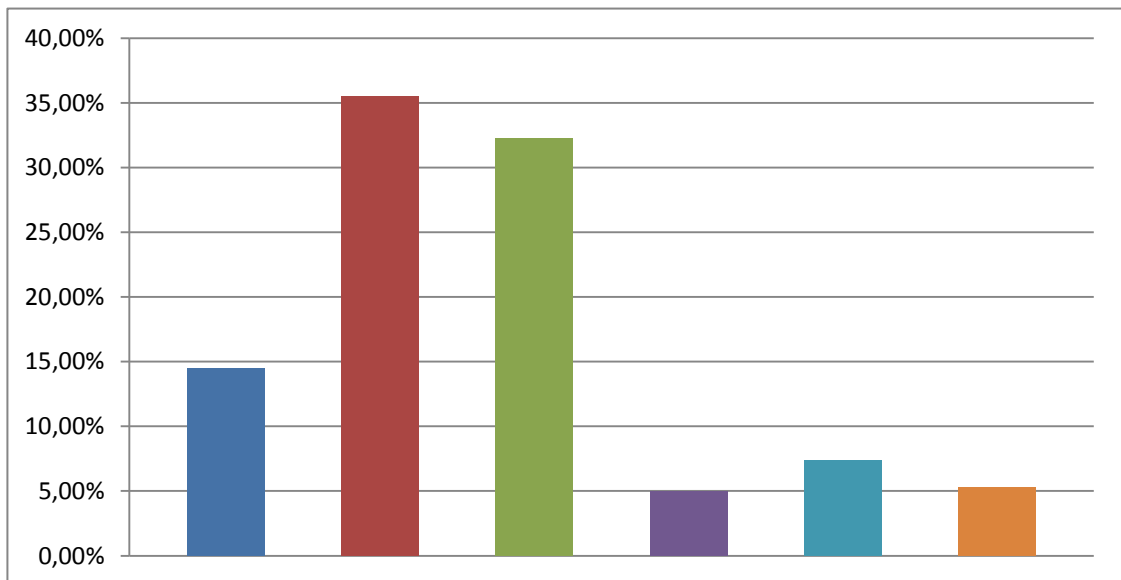
5.3 Austeniittinen vs. ferriittinen tuotenauha

Tässä kappaleessa tarkastellaan austeniittisen ja ferriittisen tuotenauhojen eroavaisuuksia ajettaessa eri toimitustiloja sekä paksuus- ja leveysalueita. (Liite 2) Lähes 80 % hiontalinjan asiakashionta tuotannosta on austeniittisiä tuotenauhoja ja vain 20 % ferriittisiä. (Kuvio 13) Hiontalinjan tuotanto sisältää pääasiassa austeniittisiä 4N – tuotteita.

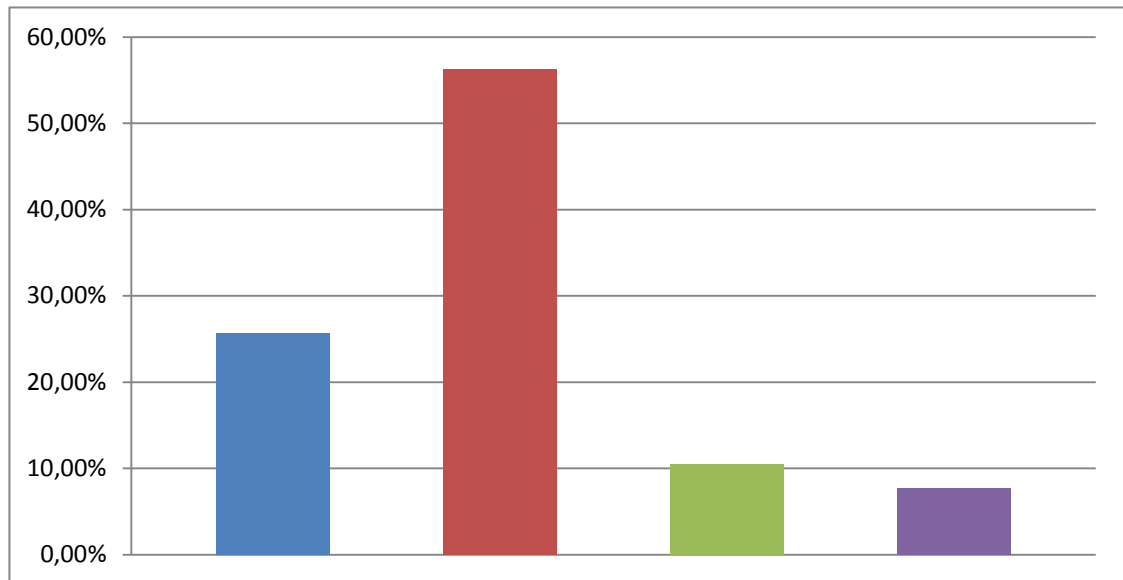


Kuvio 13. Hiontalinjan asiakashionta tuotannon jakaantuminen toimitustiloittain ja laaduttain.

Tarkastellessa hiontalinjan tuotannon jakaantumista eri leveys- ja paksuusalueille voidaan todeta, että austeniittiset 1300-1500 mm leveät ja 1,0-1,50 mm paksut tuotenuhat ovat yleisimpiä tuotteita linjalla. (Kuvio 14-15)



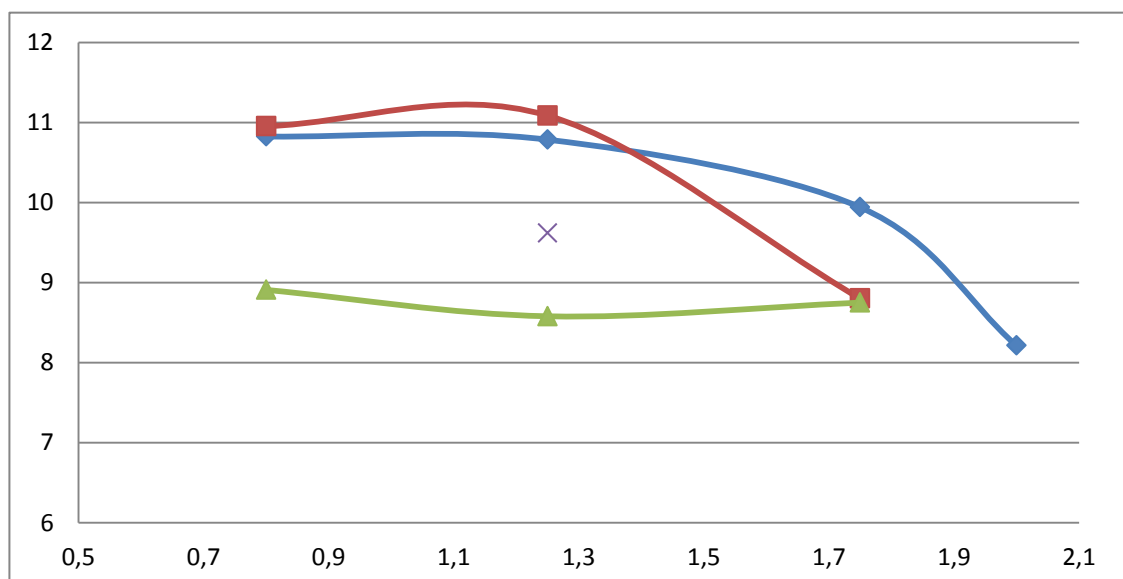
Kuvio 14. Hiontalinjan asiakashionta tuotannon jakaantuminen eri leveys alueilla ja laaduilla.



Kuvio 15. Tuotannon jakaantuminen paksuusalueittain toimitustiloissa 4N ja 3N.

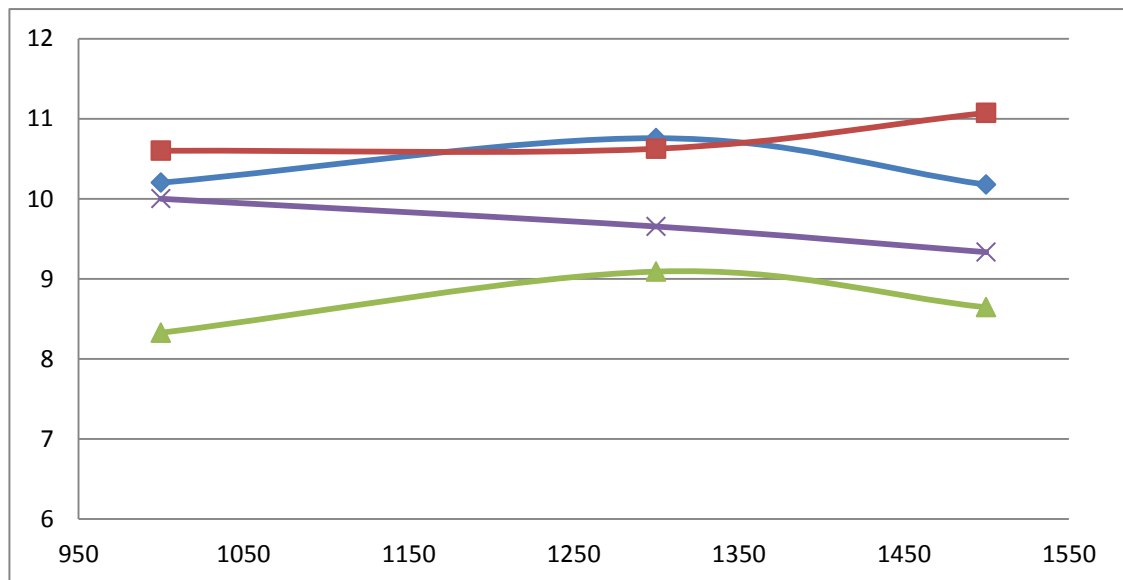
5.3.1 Ajonopeus

Verrattaessa austeniittisten ja ferriittisten tuotenuhojen toimitustiloja keskenään voidaan todeta, että austeniittiset tuotteet on voitu ajaa huomattavasti korkeammilla ajonopeuksilla (1,5 m/min) kuin ferriittiset, joiden keskimääräinen ajonopeus on ollut 1,8 m/minuutissa. (Liite 2) Verratessa näiden kahden laadun toimitustiloja keskenään voidaan sanoa, että ferriittiset tuotteet ovat tasalaatuisempia ajaa samalla ajonopeudella, vaikka paksuus nauhassa muuttuisikin. (Kuvio 16) Austeniittisiin tuotteisiin paksuuden muutoksella on selkeämpi vaikutus kuin ferriittiseen 4N – tuotteeseen.



Kuvio 16. Hiontalinjan ajonopeuksien jakaantuminen kahdella eri laadulla paksuuden ollessa merkitsevin tekijä.

Laatuja verratessa leveysalueittain ottaen huomioon eri toimitustilat, voidaan huomata kuitenkin jotain samankaltaisuuksia toimitustiloja ajettaessa. (Kuvio 17) Leveyden merkitys näyttäisi korostuvan eniten ajettaessa 4N – tuotteita laadusta riippumatta. Molemmilla laaduilla ajonopeudet ovat heikentyneet leveyden kasvaessa. Toimitustilaa 3N tarkasteltaessa yhdenmukaisuus laatuojen välillä ei ole niin suuri. Austeniittisen 3N – tuotteen ajonopeus on parantunut sen mukaan, mitä leveämpi tuotenauha on ollut kyseessä. Ferriittinen vastaava tuote on päässyt heikompiin ajonopeuksiin, mutta sen lasku ei ole ollut yhtä jyrkkää kuin 4N – tuotteilla leveyden kasvaessa.

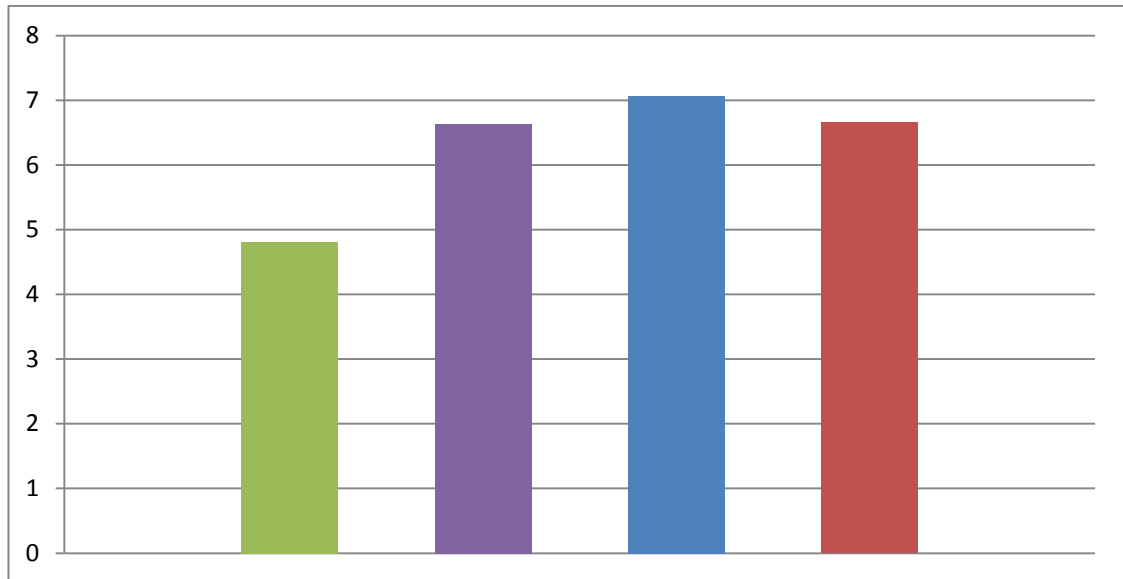


Kuvio 17. Ajonopeuden vertailua austeniittisen ja ferriittisen tuotenauhan kesken toimitustilassa 4N ja 3N leveysalueen muuttuessa.

5.3.2 Tuotantotehokkuus

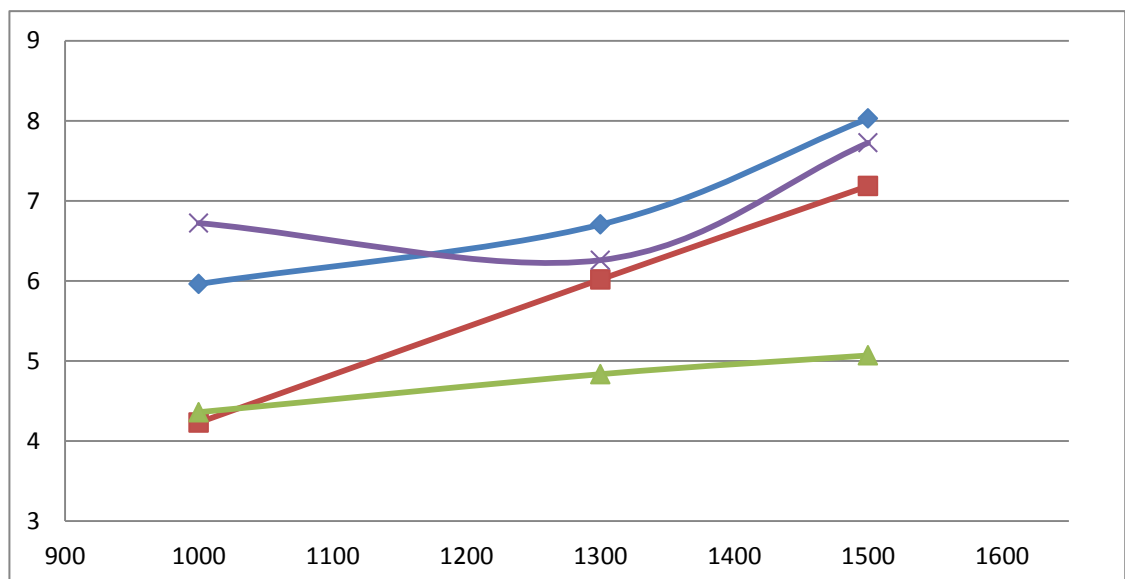
Austeniittisen ja ferriittisen tuotenauhan välistä tuotantotehokkuuden keskiarvoa verrattiin ottaen huomioon eri toimitustilat sekä dimensiot. (Liite 3). Vertailtaessa eri laatuojen toimitustilojen tuotantotehokkuuden keskiarvoja toisiinsa voidaan huomata, että ferriittinen 4N- tuote on päässyt heikompiin tuloksiin kuin muut. (Kuvio 18) Austeniittisen 4N – tuotteen tehokkuuden keskiarvo on 1,1 t/h1, 3N – tuotteen 1,7 t/h1 ja vastaavasti

ferriittisen 4N – tuotteen 1,8 t/h1 ja 3N – tuotteen 1,6 t/h1. Vertailussa on otettu huomioon kaikki leveydet, joiden keskiarvoksi on saatu 1321,00 mm.



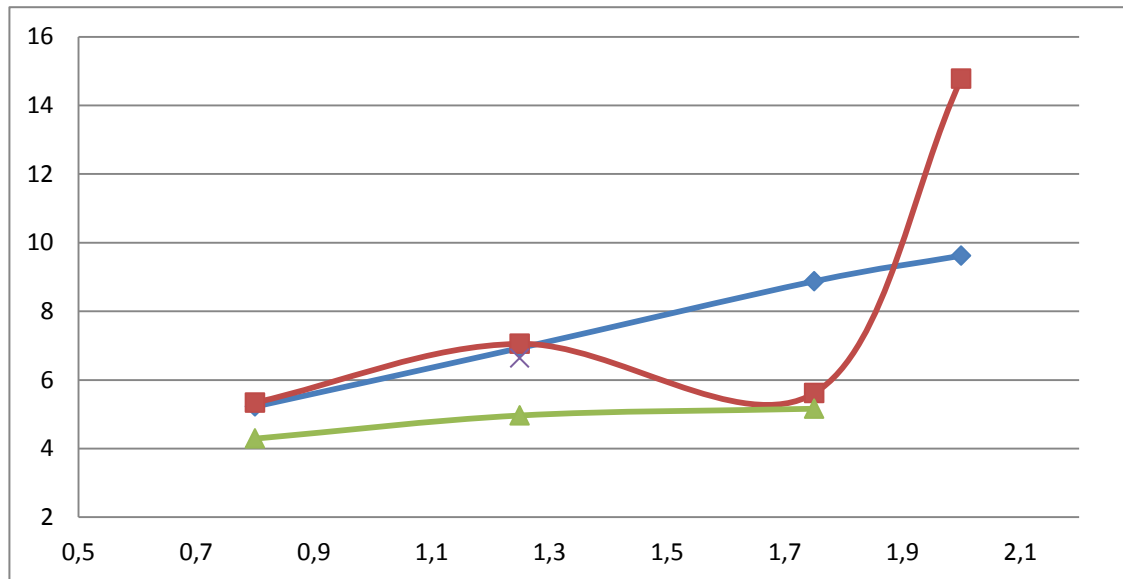
Kuvio 18. Tuotantotehokkuuden keskiarvon jakaantuminen eri toimitustilojen kesken laaduilla austeniittinen ja ferriittinen.

Vertailtaessa eri leveysalueiden vaikutusta tuotantotehokkuuksien keskiarvoon eri toimitustiloissa voidaan todeta, että kaikkien toimitustilojen tuotantotehokkuus on noussut leveyden kasvaessa. (Kuvio 19) Huomattavaa on kuitenkin se, että austeniittisten tuotteiden tehokkuudet ovat huomattavasti suurempia kuin ferriittisten.



Kuvio 19. Tuotantotehokkuuden keskiarvon jakaantuminen eri leveysalueilla 4N- ja 3N-tuotteilla.

Verrattaessa tuotteiden tuotantotehokkuuden keskiarvoa taas paksuusalueittain keskenään voidaan huomata laatujen kesken yhtenäisyyksiä. (Kuvio 20) 4N –tuotteita ajettaessa molempien laatujen tuotantotehokkuus on noussut tasaisesti paksuuden kasvaessa. Taas austeniittisen 3N –tuotteen kohdalla on erotettavissa selkeä notkahdus paksuusalueiden välillä. Ferriittisellä vastaavalla tuotteella tällaista ei ole, koska sitä ajetaan hyvin rajatuilla paksuusalueilla.



Kuvio 20. Tuotantotehokkuuden keskiarvon jakaantuminen eri paksuusalueilla 4N- ja 3N –tuotteilla.

5.4 Kabiinien käyttö

Kabiinien käytöstä ei ole olemassa olevaa historiadataa, jota voitaisiin käsitellä samoin tavoin kuin ajonopeuksiakin. Prosessinhoitajat kuitenkin merkkäävät jokaiselle ajetulle asiakashiontanauhalle käytetyt kabiinin RETU-järjestelmään, jolloin voidaan tarvittaessa katsoa rullanumero kohtaisesti, millä kabiineilla sitä on hiottu. (Pörhölä, Haastattelu 25.9.2012)

Pääsääntöisesti kuitenkin asiakashionnat pyritään toteuttamaan kabiineilla yksi, kaksi ja kolme, joissa hiomanauhanopeutena käytetään joko 1 m/s tai 2 m/s. Korjaushiontoja suoritettaessa käytetään kaikki kabiineja kerralla. (Pörhölä, Haastattelu 25.9.2012)

5.5 Hiontanauhojen esitylsytys

Pinnankarheuden käyttäytymistä esitylsytyksen aikana mitataan käsikäyttöisellä karheusmittarilla ajettujen hiomanauhakilometrien mukaan. Prosessinhoitajat tietävät vuosien kokemuksen ansiosta suuntaa antavan kilometrimäärän sekä 60- että 36-grit nauhojen tylsytystä varten. Koska kabiinien kierroslukuja nostetaan on ensin varmistettava nykytilanne pinnankarheuden käyttäytymisen kannalta testien avulla. Testeissä tarkkailtiin pinnankarheuden käyttäytymistä nauhan eri mittapituuksilla sekä ajanjaksoilla.

5.5.1 36-grit nauhojen

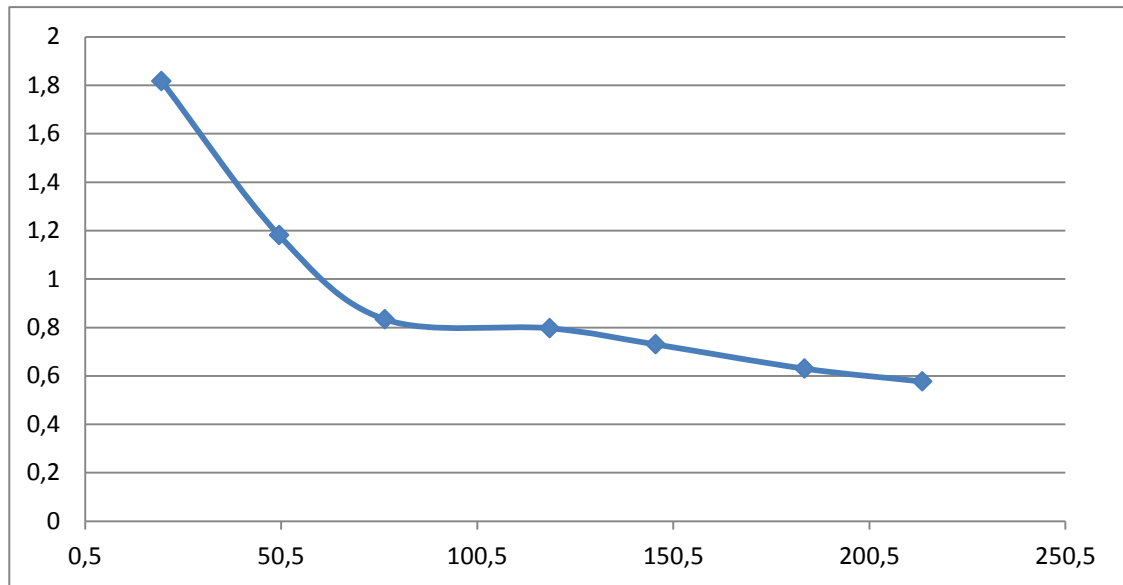
Kierrosnopeus		Hiomanauhatyyppi
Kabiini 1	1 m/s	RP 377YX P36
Kabiini 2	1 m/s	RP 377YX P36
Kabiini 3	2 m/s	SB 38823 P40
Kabiini 4	2, 5 m/s	RP 377YX P36
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	

Linjan ajonopeus 1,5 m/min

Tarkasteltaessa karheuden käyttäytymistä hiomanauhoissa, joita ovat käyttäneet kabiinit 3 ja 4, voidaan todeta, että karheus lähtee aluksi jyrkästi laskemaan, jonka jälkeen karheus muuttuu huomattavasti hitaammin. (Kuvio 21) Molempien kabiinien tylsytettävät nauhat valmistuivat samassa ajassa vaadittuun karheuteen.

Ajallisesti 36-grit -nauhojen esitylsytykseen vaaditaan keskimäärin noin neljä tuntia/hiomanauha. Kilometrejä saavutettavan karheuden haluamiseksi kabiinissa 3 kertyi 260 km. Testiä tehdessä huomattiin, että kabiinin 4 kilometrimittarin kalibroinnissa on vi-

kaa kiilapyörämuutoksesta johtuen. Mittaria ei ole kalibroitu ottamaan huomioon uusia nopeampia kierroslukuja ja sen vuoksi laskee ajetus kilometrit väärin.



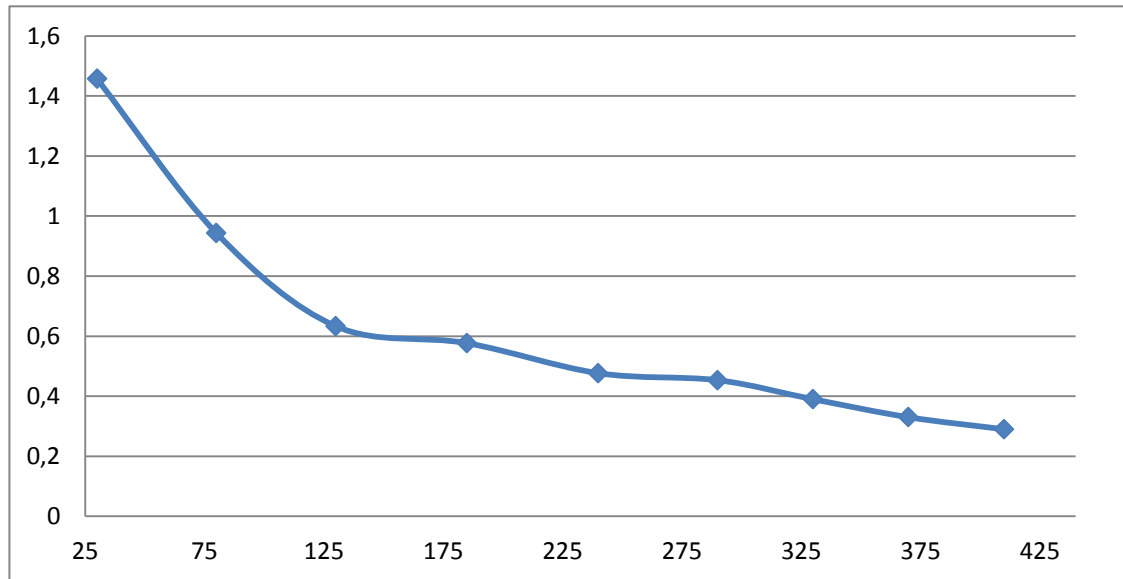
Kuvio 21. Pinnankarheuden käyttäytyminen esitylsytyksessä verrattuna tylsytysaikaan.

5.5.2 60-grit nauhat

Kierrosnopeus		Hiomanauhatyyppi
Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	2 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 4	2,5 m/s	SB 38823Y P60
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	
Linjan ajonopeus	3,7 m/min	

Esitylsytettäessä 60-grit nauhoja voidaan huomata yhteneväisyyksiä 36-grit nauhojen kanssa. (Kuvio 22) Voidaan todeta, kuinka karheus ensin laskee jyrkästi alaspäin ja hetken kuluttua taas sen muuttuminen tasoittuu. Näiden nauhojen esitylsytyksen tavoitte-

na on päästä huomattavasti alhaisempaan karheuteen kuin 36-grit -nauhoilla. Tavoiteltuun karheuteen päästiin keskimäärin noin 7 tunnissa ja kilometrejä kertyi kabiineilla 1 ja 2 noin 370 km:ä ja kabiinilla 3 noin 840 km:ä.



Kuvio 22. Pinnankarheuden käyttäytyminen esitylsytyksessä verrattuna tylsytysaikaan

Tulosten perusteella sekä linjan henkilöitä haastatteleamalla selvisi, kuinka tärkeää silotusnauhojen hyvä pinnanlaatu ja tasomaisuus ovat. Jos nauhan tasomaisuus on heikko se näkyy helposti hiomanauhojen epätasaisena laatuuna, mikä taas heijastuu suoraan asiakashiottujen tuotteiden pinnanlaatuun. (Pörhölä, Haastattelu 25.9.2012)

Esitylsytyksen onnistuneisuuteen vaikuttaa myös silotusnauhojen kierrättäminen. Prosessinhoitajat kertovat huomanneensa 36-grit hiomanauhojen silotusnauhojen peilaavan väärän karheuden 60-grit hiomanauhoihin. Vaikka silotusnauha käsitellään muilla linjoilla ennen sen käyttöä uudelleen, hiottu karheus jää nauhan pintaan jossain muodoin. Esitylsyttäessä samoilla silotusnauhoilla uudelleen tämä karheus vääristää mittaustuloksia. (Pörhölä, Haastattelu 25.9.2012)

6 HIONTAPROSESSIN TEHOSTAMINEN

Tuotantotehokkuutta pyritään nostamaan kiilapyörämuutoksella, joka antaa mahdollisuuden nostaa kabiinin kierroslukuja suuremmiksi, mikä mahdollistaa suuremman hiomanauhanopeuden käytön. Muutoksen ollessa valmis aletaan ajonopeuden nostoa toteuttaa käytännön testeillä.

6.1 Kiilapyörämuutos

Kiilapyörä muutos toteutettiin kabiini 4:een, joka nostaa kabiinin kierrosluvut 2,5 m/s:iin ja 4,8 m/s:iin. (Liite 1) Muutoksen seurauksena linjan ajonopeutta yritetään nostaa paremman tuotantotehokkuuden saamiseksi.

Jo heti ensimmäisiä testejä tehdessä ilmeni ongelmia 4. kabiinin toiminnassa. Kabiinin käyttöjännite ei pysynyt päällä kuin hetkellisesti ja kabiini jätti tuotenauhaan tärinäjälkeä, joka vaikutti ulkonäkökriteereihin. Kunnossapito alkoi selvittää ongelmaa, mutta ratkaisua siihen ei löydetty ja päätettiin asentaa samanlainen kiilapyörä 3. kabiiniin, jotta sen toimintaa päästäisiin käytännössä testaamaan.

6.2 Linjan nopeus asiakashionnassa

Linjan nopeuden lisäämiseksi tuotenauhoille tehtiin yksinkertainen koe. Tuotenauhoja hiottiin eri nopeuksilla samalla tarkkailen pinnankarheuden käyttäytymistä. Pinnankarheus tarkastettiin käyttämällä käsikäyttöistä mittaria sekä tarkkailemalla nauhan ulkonäköä silmämääräisesti.

Linjan nopeutta alettiin nostaa vähitellen lähtien liikkeelle 1 m/min:sta. Testien tavoitteeni oli löytää maksiminopeus linjalle siten, että laatu- ja pinnankarheusvaatimukset täyttyvät. Nopeuden nostamista kokeiltiin sekä 3N- että 4N – pinnalle. Itse hiominen tapahtui normaalin työtavan mukaan eli kolmella hiomayksiköllä, joissa oli esitylytetyt 60 -grit tai 36 -grit hiomanauhat halutusta pinnankarheudesta riippuen.

6.2.1 Austeniittinen tuotenauha

Testit aloitettiin austeniittisella tuotenauhalla, koska suurin osa hiontalinjan asiakastuotannosta on eri dimensioilla varustettuja austeniittisiä nauhoja.

Testi 1 4N-tuotteen testirulla

Kierrosnopeus		Hiomanauhatyyppi
Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	4,8 m/s	SB 38823Y P60
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	
Rullanumero	194125-00	
Laatu	720-1	
Paksuus	1,00 mm	
Leveys	1543,00 mm	

Testit aloitettiin austeniittisella tuotenauhalla, joka varattiin puolituotevarastosta linjalle. Nauha voitiin pysäyttää välillä, jotta saatiin todelliset mittaustulokset. Rulla ajettiin 4N nauhaksi siten, että linjan nopeutta nostettiin hallitusti ylöspäin välillä mitaten karheuksia. Karheuden käyttäytymistä seurattiin mittaamalla nauhan pinnasta karheus. (Taulukko 9) Rulla ajettiin kuluneilla hiomanauhoilla.

Taulukko 9. 4N -testin mittaustulokset

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Mittapituus (m)	Karheus ka (μm)	Ajo aika (min)	Nopeus (m/min)
1810	1813	2730	160	0,22	18	1
1825	1828	2750	300	0,24	30	2
1832	1835	2776	435	0,26	38	3
1850	1853	2817	780	0,24	60	4
1858	1862	2837	980	0,24	68	5
1862	1867	2848	1053	0,21	73	6
1870	1875	2868	1250	0,21	83	7

Alustavasti testin tuloksien perusteella voidaan todeta, että tuotenuhan karheus pysyy annetuissa rajoissa, vaikka linjan ajonopeutta nostettaisiinkin radikaalisti ylöspäin. Linjanopeuden ollessa 3 m/min:ssa huomattiin kuitenkin tuotenuhan ulkonäössä muutoksia, se muuttui sameaksi eikä ollut enää niin edustava. Optimaali ajonopeus 4N-tuotteiden hionnassa kyseisellä nauhalla oli 2 m/min:ssa, jolloin tuotteen ulkonäkö täyttää vielä sille annetut kriteerit. Määrittäessä linjan miniminopeuksia 4N-tuotteille huomattiin, että nopeuden ollessa alle 1 m/min:ssa pinnankarheuden arvot laskevat annettujen rajojen ulkopuolelle.

Testi 2 4N-tuotteen asiakashionta

Kierrosnopeus	Hiomanauhatyyppe
Kabiini 1	1 m/s SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s SB 38823Y P60
Kabiini 3	4,8 m/s SB 38823Y P60
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201
Mittausjakson pituus	0,8 mm
Mittauspituus	1,25 mm (min)
Rullanumero	218241-00
Laatu	720-1
Paksuus	1,46 mm
Leveys	1290,0 mm

Taulukko 11. 4N – tuotteen mittaustulokset.

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
523	916	2600	130	0,22	20	1
535	929	2631	304	0,21	35	2
552	945	2667	537	0,19	53	3
579	972	2728	828	0,24	83	4

Testi 4 4N-tuotteen asiakashionta

Kierrosnopeus		Hiomanauhatyyppe
Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	4,8 m/s	SB 38823Y P60
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	
Rullanumero	212541-00	
Laatu	720-9	
Paksuus	1,47 mm	
Leveys	1540,0 mm	

Ajonopeutta alettiin nostamaan portaittain ylöspäin, mutta jo heti testin alussa huomattiin, että nauha ei saavuta tarvittavia pinnankarheustuloksia nopeuden nostamisen kannalta. (Taulukko 12) Tähän voi vaikuttaa hiomanauhojen kuluneisuus tai niihin vaihteleva laatu. Prosessityöntekijät eivät saaneet muutettua uuden nauhan tietoja järjestelmään, jolloin kabiini 3:sen kilometrit eivät pitäneet paikkaansa ja ne jätettiin huomioimatta.

Taulukko 12. 4N – tuotteen mittaustulokset.

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
624	1018	-	280	0,22	30	1
642	1036	-	580	0,20	49	2
670	1063	-	1045	0,21	80	3

Testi 5 4N –tuotteen asiakashionta

Kierrosnopeus	Hiomanauhatyyppi
---------------	------------------

Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	4,8 m/s	SB 38823Y P60

Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201
Mittausjakson pituus	0,8 mm
Mittauspituus	1,25 mm (min)
Rullanumero	186814-00
Laatu	720-1
Paksuus	1,97 mm
Leveys	1287,0 mm

Nauhaa ajettaessa huomattiin, että nopeuden nostaminen ei onnistunut. Tuotenuhan reunat jäivät jatkuvasti huonosti hiotuiksi. Syynä tähän olisi, että nauha oli otettu linjaan alakautta, mikä jättää nauhan reunat eri tasolle. Näiden paksumpien nauhojen ajamisessa sen puolisuuslinjassa on merkittävä tekijä. Pinnankarheuden puolesta ajonopeuksia olisi voitu nostaa, mutta huonon reunajäljen vuoksi se ei olisi ollut kannattavaa. (Taulukko 13)

Taulukko 13. 4N –tuotteen testitulokset.

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
4300	4600	6643	220	0,26	26	1

Testi 6 3N-tuotteen testirulla

Kierrosnopeus	Hiomanauhatyyppi	
Kabiini 1	1 m/s	RP 377YX P36
Kabiini 2	1 m/s	RP 377YX P36
Kabiini 3	4, 8 m/s	RP 377YX P36
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	
Rullanumero	196942-00	
Laatu	725-1	
Paksuus	0,86 mm	
Leveys	1566,0 mm	

Ajonopeuksia kasvattamalla ei 3N-tuotteissa enää päässä haluttuun karheusarvoihin. (Taulukko 14) Hiomanauhan kuluminen nopeutuu huomattavasti ja vaikuttaa tuotenuuhan ajamiseen. Testin aikana huomattiin, että haluttuihin karheusarvoihin ei päästä suurempia kierrosnopeuksia käyttäen ja niitä laskettiin. Vielä tämänkään jälkeen pinnan karheuden arvot eivät pysyneet toimitustilan lupaamissa ja tultiin lopputulokseen, että 3N – tuotteiden ajaminen 3. kabiinia käyttäen on hyödytöntä.

Taulukko 14. 3N-tuotteen mittaustulokset.

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
397	345	578	60	0,43	9	1
412	362	636	380	0,35	40	2
441	390	733	850	0,29	88	3
465	414	816	1400	0,33	128	4
479	429	864	1700	0,30	151	5
488	437	894	1880	0,27	164	6
497	447	925	2045	0,31	180	7

6.2.2 Ferriittinen tuotenauha

Testejä suoritettiin myös ferriittisille tuotenauhoille, joiden toimitustila oli 4N.

Testi 1 4N – tuotteen testirulla

Kierrosnopeus		Hiomanauhatyyppi
Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P40
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	4,8 m/s	SB 38823Y P60
Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201	
Mittausjakson pituus	0,8 mm	
Mittauspituus	1,25 mm (min)	
Rullanumero	164691-01	
Laatu	812-1	
Paksuus	1,00 mm	
Leveys	1540,0 mm	

Testi aloitettiin käyttämällä linjahenkilöstön normaaleja työtapoja ajettaessa ferriittisiä tuotenauhoja. Testin aikana todettiin, että pinnankarheus jäi jatkuvasti yli sallittujen rajojen. (Taulukko 15) Kierrosnopeudet pudotettiin testin aikana myös pieniin eikä siläkään toivottuihin tuloksiin päästy. Huomattiin myös, että linjahenkilöstö on tottunut

Taulukko 17. 4N –tuotteen testitulokset

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
4443	3266	8386	57	0,29	11	1
4450	3273	8402	150	0,30	19	2
4464	3287	8433	420	0,29	34	3

Testi 4 4N – asiakashionta

Kierrosnopeus	Hiomanauhatyyppe
Kabiini 1	1 m/s SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s SB 38823Y P60
Kabiini 3	2,5 m/s SB 38823Y P60

Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201
Mittausjakson pituus	0,8 mm
Mittauspituus	1,25 mm (min)
Rullanumero	189723-00
Laatu	812-1
Paksuus	1,19 mm
Leveys	1280,0 mm

Lähtökohdiltaan nauha oli samanlainen kuin edellisessäkin testissä. Nauhaa ajettiin samoilla ajonopeuksilla, mutta pienemmillä kierroksilla. Tällä ei pinnankarheuteen merkittävää muutosta saatu vaan se pysyi lähes muuttumattomana ajonopeudesta riippumatta. (Taulukko 18) Saadut pinnankarheuden mittaustulokset jäivät jatkuvasti 4N – tuotteen pinnankarheusrajojen ylärajalle.

Taulukko 18. 4N –asiakashionnan testitulokset

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
4495	3317	8496	60	0,33	11	1
4505	3327	8511	210	0,29	22	2
4567	3389	8602	1538	0,29	91	3

Testi 5 4N – asiakashionta

Kierrosnopeus Hiomanauhatyyppi

Kabiini 1	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 2	1 m/s	SB 38823Y P60
Kabiini 3	2,5 m/s	SB 38823Y P60

Mittalaitteen tyyppi	Mitutoyo SJ-201
Mittausjakson pituus	0,8 mm
Mittauspituus	1,25 mm (min)
Rullanumero	190512-00
Laatu	812-1
Paksuus	1,48 mm
Leveys	1280,0 mm

Jo heti testin alussa huomattiin, että pinnankarheuden mittaustulokset olivat arvoltansa liian suuria. (Taulukko 19) Kabiini 3:sen kierrosluvut päätettiin nostaa suuriksi kesken ajon ja kokeilla, kuinka karheus muuttuu sen seurauksena. Karheuden mittaustulokset muuttuivat radikaalisti tämän seurauksena ja nopeuden nostaminen onnistui.

Taulukko 19. 4N –asiakashionnan testitulokset

Kabiini 1 (km)	Kabiini 2 (km)	Kabiini 3 (km)	Pituus (m)	Karheus ka (μm)	Aika (min)	Nopeus (m/min)
45489	3408	8629	64	0,40	11	1
		suuret kierrokset				
4594	3412	8639	100	0,31	16	2
4600	3420	8656	180	0,30	24	3
4613	3431	8680	340	0,30	37	4
4649	3467	8764	948	0,28	73	5

7 TULOKSET

Testin tuloksien perusteella oli tarkoitus määrittää uudet maksimaaliset linjanopeudet eri laaduille, dimensioille ja toimitustiloille. Samalla määritettiin myös uusien linjanopeuksien tuoma mahdollinen tuotantotehokkuuden kasvu.

7.1 Maksimijonopeuden määrittäminen

Uusi ajonopeus määritettiin laaduille ja toimitustiloille, jotka testien perusteella hyötyivät kiilapyörämuutoksen tuomasta kierrosnopeuden nostamisesta. Testeissä todettiin, että 4N – tuotteiden ajamisessa laaduilla austeniittiset ja ferriittiset alle 2,00 millimetriä paksut tuotenauhat saavat etua muutoksesta ja niiden ajaminen nopeimmilla ajonopeuksilla tuottaa hyvää asiakasedustavaa pintaa, joka pysyy pinnankarheuden tavoitearvoissa. Austeniittisilla 4N –tuotteilla etu on huomattava, ajonopeuksia voidaan nostaa kaikilla leveysalueilla paksuuden ollessa alle 2,00 millimetriä. (Taulukko 20) Huomattavaa on myös se, että linjan miniminopeus kyseisillä tuotteilla tulee olemaan 10 m/min, koska nopeuden alittaessa sen pinnankarheuden arvot nousevat liian suuriksi.

Ferriittisten tuotteiden ajonopeuksien määrittäminen muodostui hankalammaksi tehtäväksi. Suuret vaihtelut tulevan materiaalin pinnankarheudessa aiheuttavat sen, että on vaikea määrittää yhtä ja oikeaa ajonopeutta. Ohjeelliseksi nopeudeksi voidaan kuitenkin määrittää kaikille leveyksille, joiden paksuus on alle 2,00 millimetriä 2 m/minuutissa. (Taulukko 21) Tilanne kuitenkin täytyy katsoa aina rullakohtaisesti linjalla, jotta ajettava tuote täyttää vielä sille annetut pinnankarheuden vaatimukset ja ulkönäön.

Taulukko 20. Austeniittisten 4N –tuotteiden ohjeelliset ajonopeudet.

Paksuusalue	Austeniittinen 4N		
	Leveysalue		
	1000 mm	1300 mm	1500 mm
<1,50 mm	2 m/min	2 m/min	2 m/min
1,50-2,00 mm	2 m/min	2 m/min	2 m/min
>2,00 mm	1 m/min	1 m/min	1 m/min

Taulukko 21. Ferriittisten 4N –tuotteiden ohjeelliset ajonopeudet.

Paksuusalue	Ferriittinen 4N		
	Leveysalue		
	1000 mm	1300 mm	1500 mm
<1,50 mm	2 m/min	2 m/min	2 m/min
1,50-2,00 mm	2 m/min	2 m/min	2 m/min
>2,00 mm	1 m/min	1 m/min	1 m/min

7.2 Tuotantotehokkuuden kasvaminen

Uusi tuotantotehokkuus pystyttiin määrittämään, kun tiedossa oli mahdolliset ajonopeudet, jolla tuotenuhoja voidaan tulevaisuudessa ajaa ja tutkimalla historiatiedoista keskimääräiset rullien pituudet, painot, ajoajat, ajonopeudet sekä kapasiteetit. (Liite 6) Näiden tietojen avulla voidaan laskea jokaiselle laadulle, toimitustilalle sekä dimensiolle niiden uusi mahdollinen tuotantotehokkuus.

Aluksi laskettiin uusi ajoaika, johon käytettiin hyväksi keskimääräisiä rullien pituuksia, uutta ajonopeutta sekä vanhaa keskimääräistä apuaikaa. (Taulukko 22)

$$t = \left(\frac{l}{v}\right) \times t_1 \quad (2)$$

missä,

t = ajoaika [min]

l = nauhan pituus [m]

v = ajonopeus [m/min]

t_1 = apuaika [min]

Taulukko 22. Uusi keskimääräinen ajoaika 4N – tuotteille minuuteissa.

Paksuus	Austeniittinen			Ferriittinen		
	4N			4N		
	1000 mm	1300 mm	1500 mm	1000 mm	1300 mm	1500 mm
0,6-1,00 mm	1	4	7	10	13	16
1,0-1,50 mm	2	5	8	11	14	17
1,5-2,00 mm	3	6	9	12	15	18

Itse tuotantotehokkuus voitiin määrittää, kun uusi ajoaika ja rullien keskimääräinen paino oli tiedossa. (Taulukko 23)

$$t/h_1 = \frac{m}{t} \quad (3)$$

missä,

t/h_1 = tuotantotehokkuus

m = rullan massa [tonnia]

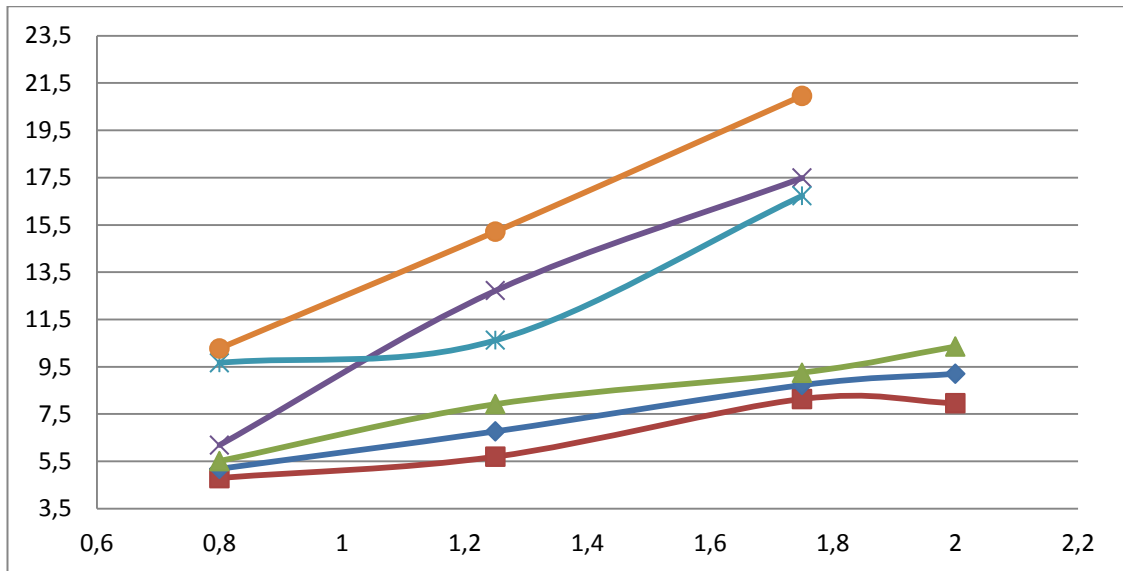
t = ajoaika [h]

Taulukko 23. 4N – tuotteiden uusi keskimääräinen tuotantotehokkuus.

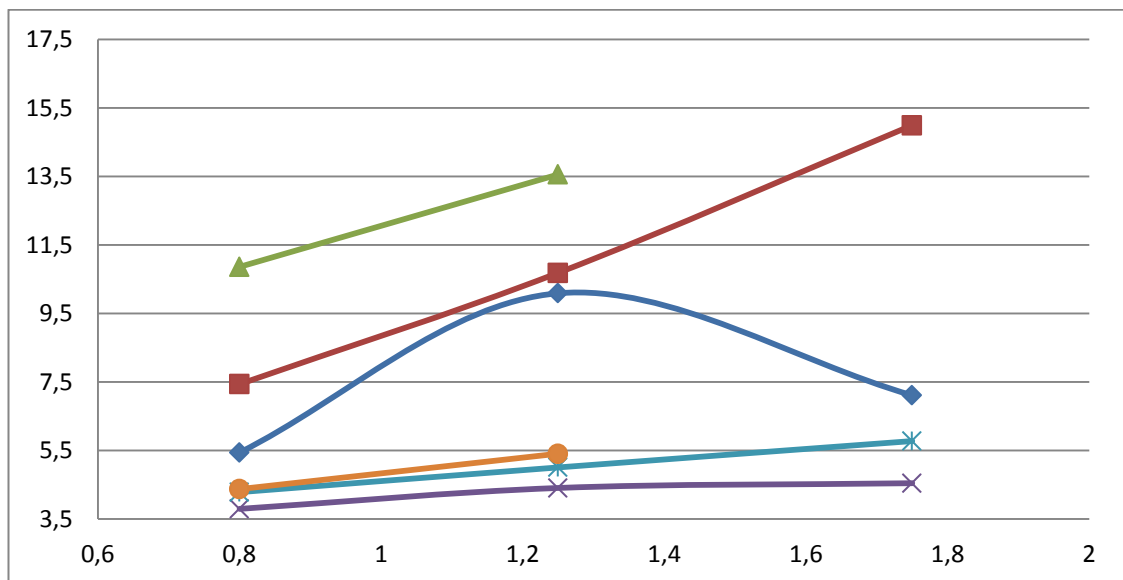
Paksuus	Austeniittinen			Ferriittinen		
	4N			4N		
	1000 mm	1300 mm	1500 mm	1000 mm	1300 mm	1500 mm
0,6-1,00 mm	1,1	4,4	7,7	10,1	13,3	16,6
1,0-1,50 mm	2,2	5,5	8,8	11,1	14,4	17,7
1,5-2,00 mm	3,3	6,6	9,9	12,2	15,5	

Ajonopeuksien nostamisen tuoma hyöty olisi suuri tuotantotehokkuuden nousun kannalta. Austeniittisten 4N – tuotteiden tuotantotehokkuus voi lähes kaksinkertaistua, kun aikaisempi tuotantotehokkuus on ollut 1,1 t/h1 ja uusilla nopeuksilla laskettuna keskiarvo tuotantotehokkuudelle olisi 1,3 t/h1. Ferriittisten 4N – tuotteiden tuotantotehokkuuden keskiarvo on ollut 1,9 t/h1 ja ajonopeuksien nostaminen mahdollistaisi sen kaksinkertaistamisen noin 1,0 t/h1.

Eri laatuihin ja dimensioihin ajonopeuksien nosto vaikuttaa myös suuresti. Vertaillen tuotantotehokkuuden kasvua ottaen huomioon eri paksuus- ja leveysalueet voidaan todeta, kuinka suuri hyöty muutoksen avulla saavutetaan. (Kuviot 22 ja 23) Uusilla ajonopeuksilla päästään kaikilla paksuusalueilla huomattavasti parempiin tuotantotehokkuuksiin kuin vanhoilla käytetyillä nopeuksilla.

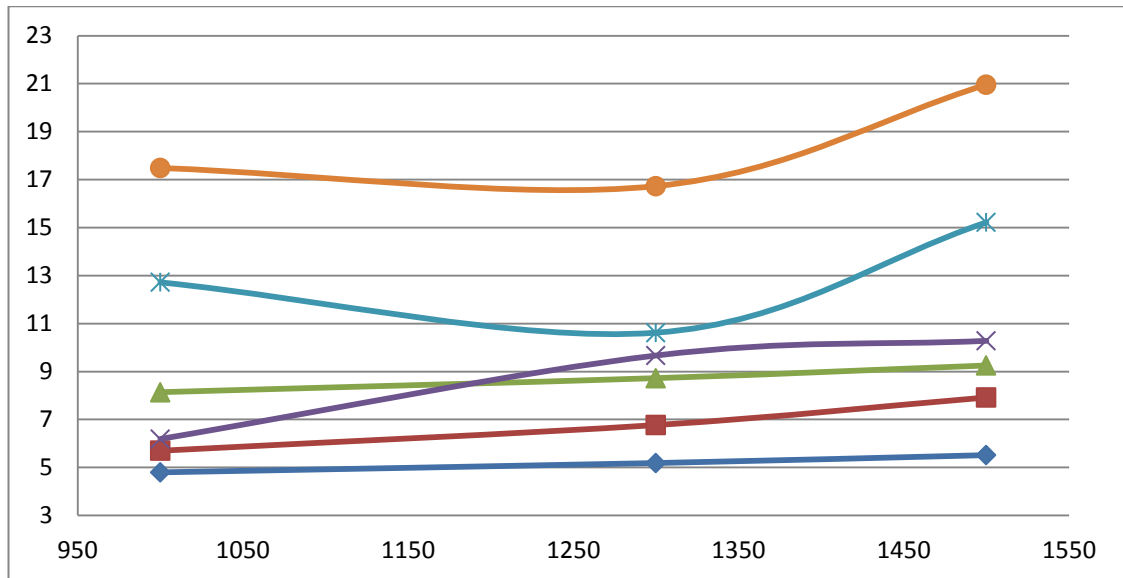


Kuvio 22. Tuotantotehokkuuden kasvun vaikutukset austeniittisillä 4N –tuotteilla eri paksuusalueilla.

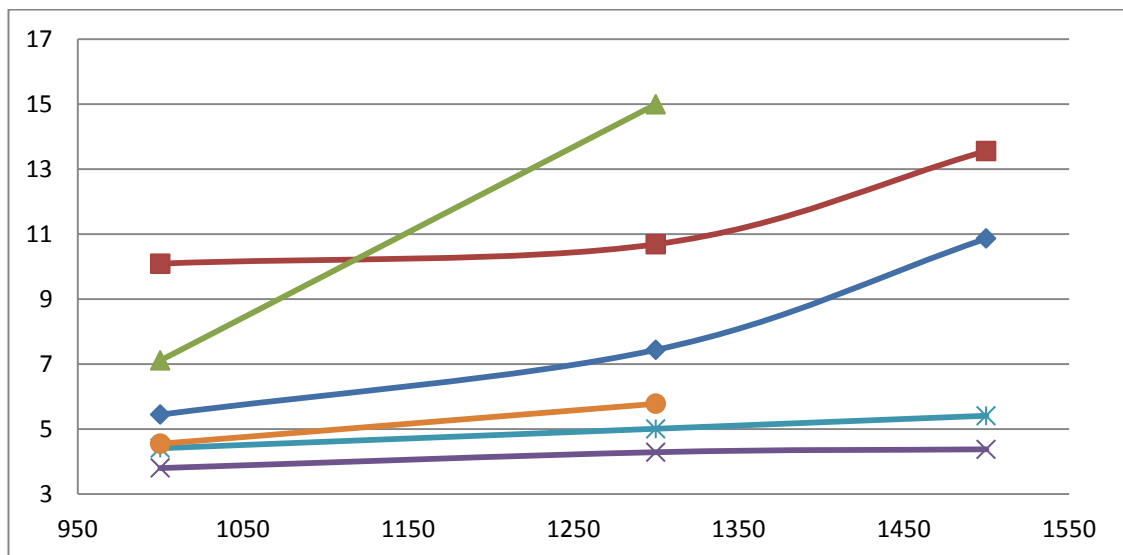


Kuvio 23. Tuotantotehokkuuden kasvun vaikutukset ferriittisillä 4N –tuotteilla eri paksuusalueella.

Muutoksen tuoma hyöty on myös nähtävissä tutkiessa tuotantotehokkuuden kasvua ottaen huomioon leveyden muutokset. (Kuviot 24 ja 25) Ferriittisillä 4N –tuotteilla kiilapyörä muutoksen tuoma kierrosnopeuksien nosto on suuri etu verrattuna aikaisempiin käytettyihin ajonopeuksiin.



Kuvio 24. Tuotantotehokkuuden kasvun vaikutukset austeniittisillä 4N –tuotteilla eri leveysalueilla.



Kuvio 25. Tuotantotehokkuuden kasvun vaikutukset ferriittisillä 4N –tuotteilla eri leveysalueilla.

8 POHDINTA

Kiilapyörämuutoksen tuomien etujen selvittäminen oli mielenkiintoinen ja haastava tehtävä. Nykytilanteeseen perehtyminen tutkimalla nauhahionnan teoriaa ja analysoimalla historiadataa toi työhön laajuutta. Kokeelliset testit osoittivat, että aina voi tulla odottamattomia ongelmia ja viivästyksiä, jotka voivat vaikuttaa haluttuihin lopputuloksiin pääsemistä.

Kiilapyörämuutoksen tuoma ajonopeuden nostaminen mahdollistaa hiontalinjan tuotantotehokkuuden kaksinkertaistamisen. Ajonopeuksien kasvattamiseen kuitenkin vaikuttavat useat muutkin tekijät, kuten hiomanauhojen kuluneisuus ja laatu sekä ajettavan materiaalin pinnanlaatu sekä lähtökarheus. On mahdotonta määrittää siis yksiselitteisesti uutta ajonopeutta, jota voidaan noudattaa linjalla jatkuvasti. Nämä useat tekijät tulevat vaikuttamaan hiottavan nauhan ajonopeuteen huomattavasti.

Laatujen väliset erot ovat myös huomattavat. Austeniittisia tuotenuhoja ajaessa kaikkien testitulokset kuitenkin noudattivat samaa periaatetta, kun taas ferriittisten tuotenuhojen ongelmat eivät antaneet selkeää ratkaisua siitä, kuinka nauhojen ajonopeus pitäisi määrittää. Ongelma voikin olla jo tulevassa materiaalissa ja sen lähtöpinnankarheudessa. Selkeän vastauksen saamiseksi tulisi tuotenuhojen pinnankarheutta tutkia tarkemmillä menetelmillä kuin käsikäyttöistä pinnankarheusmittaria käyttämällä.

Työn tuloksien perusteella ja uusien ajonopeuksien määrittämisen avulla hiontalinjalla on mahdollista tuottaa yhä enemmän asiakashiottuja tuotteita kysynnän kasvaessa. Onnistuneella lopputuloksella ja nopealla toimituksella lisätään yrityksen ja asiakkaan välistä luottamusta, mikä on liiketoiminnan kannalta tärkein tekijä.

LÄHTEET

- Cochrane, David & Nickel Development Institute 2004, Ruostumattoman teräksen pinnanlaadut, 3.painos, Euro Inox, Belgia
- Hermes, Product Data Sheet SB 378 YR, Hakupäivä 30.10.2012
<[http:// www.hermesabrasives.com](http://www.hermesabrasives.com) >
- Lepistö-Saukko, Eeva-Liisa 1992, Pinnankarheuden mittausmenetelmät, Valtiollinen teknillinen tutkimuskeskus VTT
- Outokummun sisäinen Intranet, Hakupäivä 10.09.2012
- Pörhölä Risto, Prosessityöntekijä, Outokumpu Tornio Works. Haastattelu 25.9.2012
- Taulavuori, Tero & Kyröläinen, Antero & Manninen, Timo ,Ruostumattomat teräkset 2012, 5.painos, Teknologiainfo Teknova Oy, Helsinki
- Teräskirja 2009, 8.painos, Metallin jalostajat ry, Tampere
- Van Hecke, Benoit 2010, Dekoratiivisten ruostumaton teräs – pintojen mekaaninen viimeistely, 2.painos, Euro Inox, Belgia