

VALSSAIMIEN SAANNIN PARANTAMINEN KELAINAIT-
TEEN KANNALTA

Lari Liikamaa

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2015

Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä	Lari Liikamaa	Vuosi	2015
Ohjaaja	Mari-Selina Kantanen		
Toimeksiantaja	Jukka Sieppi		
Työn nimi	Valssainten saannin parantaminen kelaintaitteen kannalta		
Sivu- ja liitemäärä	62 + 8		

Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Stainless Oy:n kylmävalssaamo 1:lle. Työn tavoitteena oli tutkia kylmävalssainten toimintatapoja kelaintaitteen (257) vähentämiseksi sekä löytää optimaaliset työtavat viimeistelyvalssain 2:lla kelaintaitteen vähentämiseksi. Painopiste oli viimeistelyvalssaimien kelaintaittevirheen (317) tarkastelussa, sillä se on yksi merkitsevimmistä virheistä valssainten alueella. Optimaalisten työtapojen suunnittelussa otettiin huomioon niiden vaikutukset valssainten ja kylmävalssaamon saantiin.

Työn aihe valikoitui aiheen ajankohtaisuuden vuoksi. Kylmävalssaamolla on alettu kiinnittää erityistä huomiota saannin parantamiseen, mihin myös kelaintaitte vaikuttaa merkittävästi.

Työ aloitettiin tutustumalla kelaintaitteiden historiatietoihin. Historiatietojen perusteella saatiin kokonaiskäsitelmä virheen esiintymisestä ja kehittymisestä kylmävalssaamolla. Lisäksi tutustuttiin pinnantarkistukseen liittyviin asioihin koko kylmävalssaamon alueella. Erittäin tärkeänä apuna olivat prosessilinjojen työntekijät, opinnäytetyön valvojani ja useat kehitystyöntekijät.

Työn tuloksena saatiin tietoja kumihiylsyn käytöstä ja sen hyödyistä viimeistelyvalssain 2:lla. Kumihiylsyn käytöstä laadittiin erillinen raportti, jonka avulla kumihiylsyn käyttö saatetaan aktiiviseen käyttöön. Tuloksena saatiin myös paljon hyvää tietoa kumihiylsyn käytön vaikutuksista materiaalivirrassa alaspäin. Keskeisinä tuloksina saatiin tietoa kumihiylsyn toimivuudesta ja säästöpotentiaalista sekä käyttömahdollisuuksista.

Avainsanat

sendzimir, viimeistelyvalssain, kelaintaitte

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	OUTOKUMPU	9
2.1	Outokumpu Stainless Coil EMEA	10
2.2	Tornion tehtaot.....	10
2.3	Kylmävalssaamo 1	11
3	SENDZIMIR-VALSSAIMET	14
4	VIIMEISTELYVALSSAIMET	17
5	HEHKUTUS- JA PEITTAUSLINJAT	18
6	LEIKKAUS- JA KATKAISULINJAT	20
7	LAATU	22
7.1	Laatujohtaminen	23
7.2	Laadunhallinta	24
7.3	Laatupolitiikka	25
7.4	Laatukustannukset.....	25
7.5	Outokumpu laaduntekijänä	26
7.6	Laatuvirheet	28
7.7	Sendzimir-valssainten laatuvirheet	28
7.8	Viimeistelyvalssainten laatuvirheet	30
8	SAANTI.....	32
8.1	Kylmävalssaamon saanti	32
8.2	Valssainten saanti.....	32
9	KELAINTAITE VALSSAINTEN ALUEELLA	34
9.1	Kelaintaite Sendzimir-valssaimilla.....	35
9.2	Kelaushylsy.....	37
9.3	Hihnäkäärijä.....	38
9.4	Kelaintaite viimeistelyvalssaimilla	40
10	MATERIAALIN ROMUTTAMINEN.....	45
11	KELAINTAITTEEN OPTIMOINTI.....	47
11.1	SZ-kelaintaitteiden optimointi.....	48
11.2	VV-kelaintaitetestin tulokset.....	49
12	POHDINTA	59
	LÄHTEET.....	61

LIITTEET	62
----------------	----

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty Torniossa sijaitsevalle Outokumpu Stainless Oy:lle, joka on ruostumattoman teräksen valmistaja. Työ suoritettiin kylmävalssaamo 1:llä vassainten alueella.

Työn ohjaajana Outokumpu Stainless Oy:n puolelta toimi aluetyönjohtaja Jani Lassheikki ja työn toimeksiantajana käyttöinsinööri Jukka Sieppi. Heille haluan esittää kiitoksen mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta sekä hyvistä neuvoista ja opastuksesta työn edistämiseksi. Tämän lisäksi haluan esittää kiitoksen koko kylmävalssaamo 1 valssainten alueen henkilöstölle sekä käyttöinsinööri Tuomas Pääkkölälle hyvistä ohjeista ja neuvoista työn aikana.

Lapin Ammattikorkeakoulun puolelta työn ohjaajana toimi Mari-Selina Kantanen. Hänelle haluan esittää kiitoksen hyvistä kommentteista ja neuvoista, joita työn aikana sain.

Torniossa 8.4.2015

Lari Liikamaa

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	kylmävalssaamo
SZ	sendzimir
VV	viimeistelyvalssain
HP	hehkutus- ja peittäus
RAP5	kylmävalssaamo 2
HA	halkaisulinja
KA	katkaisulinja
RFT	right first time (kerralla valmista)
K1	kelain 1
K2	kelain 2
AK	aukikelain
PK	päällekelain
VO	venytysoikaisu
257	kelaintaite sendzimir-valssain
317	kelaintaite viimeistelyvalssain

1 JOHDANTO

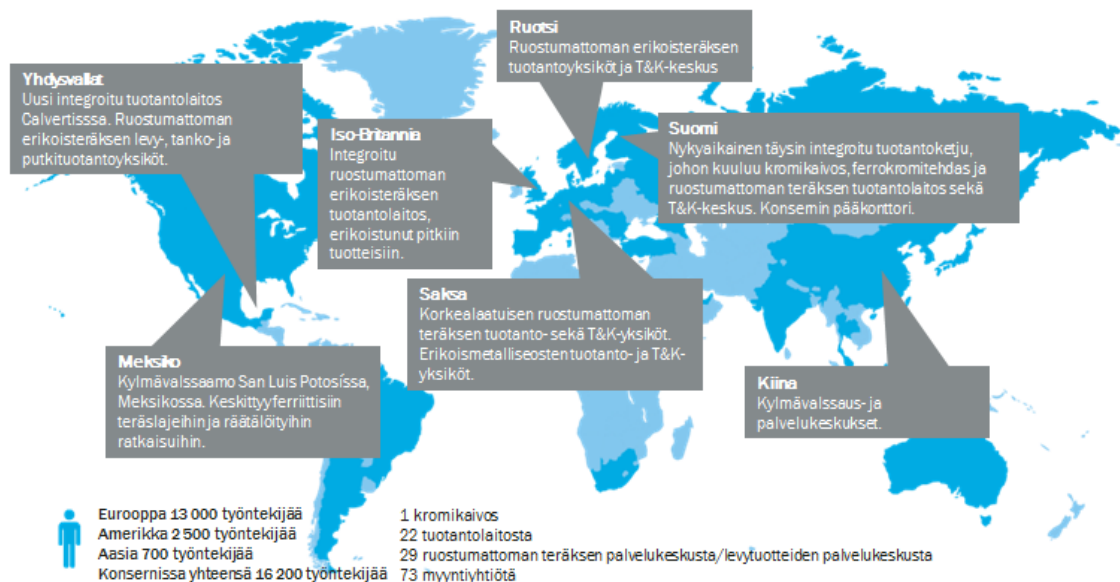
Outokumpu on maailman johtava ruostumattoman teräksen valmistaja, joka tunnetaan muun muassa korkeasta laaduntuottokyvystä ja luotettavuudesta. Tornion terästehdas on merkittävä osa Outokumpua, joka on maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos. (Outokumpu 2015 a.)

Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Outokumpu Stainless Oy:lle. Työn tarkoituksena on tutkia Sendzimir-valssainten kelaintaitteen esiintymistä sekä löytää optimaaliset toimintatavat viimeistelyvalssain 2:lla kelaintaitteen vähentämiseksi. Aihe valikoitui ajankohtaisuutensa vuoksi, koska kelaintaite on olennainen osa laaduntuottokykyä, jota seurataan jatkuvasti erilaisilla mittareilla. Kelaintaitteen määrä on viime vuosina pysynyt kohtalaisena pienine vaihteluineen. Aihevalinta oli minulle sopiva, koska olen työskennellyt kylmävalssaamalla valssainten organisaatiossa määräaikaisena työntekijänä ja opintojeni aikana kesätöissä.

Työssä selvitettiin valssainten alueen kelaintaitteen esiintymisen nykytilanne, pyrittiin tutkimaan Sendzimir-valssainten kelaintaitteen esiintymistä testien avulla, sekä testattiin viimeistelyvalssain 2:lla kumihiylsyn toimivuus kelaintaitteen vähentäjänä. Kumihiylsyn toimivuutta testattiin testi- ja verrokkirullien avulla. Työ painottui viimeistelyvalssaimien kelaintaite (317) virheen vähentämiseen kumihiylsyn avulla. Kumihiylsyä testattiin molemmilla kelaimilla sekä seuraavassa työvaiheessa. Työssä keskityttiin myös seuraamaan leikkaus- ja katkaisulinjoilla tapahtuvien romutuksien merkitsemiseen ja merkitsemistyyliin.

2 OUTOKUMPU

Outokumpu on metalliteollisuuden alalla toimiva yhtiö, joka on perustettu Suomessa 1930-luvulla ja jonka päätuotteena on ruostumaton teräs. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa, Suomessa ja toimitusjohtaja on Mika Seitovirta. Outokumpu on markkinajohtaja ruostumattoman teräksen valmistuksessa 40 prosentin markkinaosuudella Euroopassa ja 12 prosentilla maailmanlaajuisesti. Outokummun valmistamaa ruostumatonta terästä käytetään monenlaisiin käyttötarkoituksiin, muun muassa lääkinnällisiin laitteisiin, keittiötarvikkeisiin ja siltoihin. Outokumpu valmistaa edistyksellisiä materiaaleja, jotka ovat kestäviä, esteettisiä, kustannustehokkaita, lämmönkestäviä, korroosionkestäviä, hygieenisiä ja kierrätettäviä. Lisäksi Outokumpu toimii Suomessa, Kiinassa, Saksassa, Meksikossa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa ja Yhdysvalloissa ja sen palveluksessa on globaalisti yli 12 000 henkilöä. Kuvassa 1 on esitetty Outokummun toiminta eri puolilla maailmaa. (Outokumpu 2015 a.)



Kuva 1. Outokumpu maailmanlaajuisesti. (Outokumpu 2015 a.)

2.1 Outokumpu Stainless Coil EMEA

Outokummun toiminta on jaettu neljään eri liiketoiminta-alueeseen, joilla on selkeät roolit ja tavoitteet. Stainless Coil EMEA:lla on vahvat asiaskassuhteet tärkeimmillä asiakassegmenteillä sekä sillä on hyvä brändin tunnettuus ja suosi-tuimmuus asema asiakkaiden keskuudessa. Stainless Coil EMEA on suurin alue ja se kattaa yli puolet Outokummun myynnistä. (Outokumpu 2015 a.)

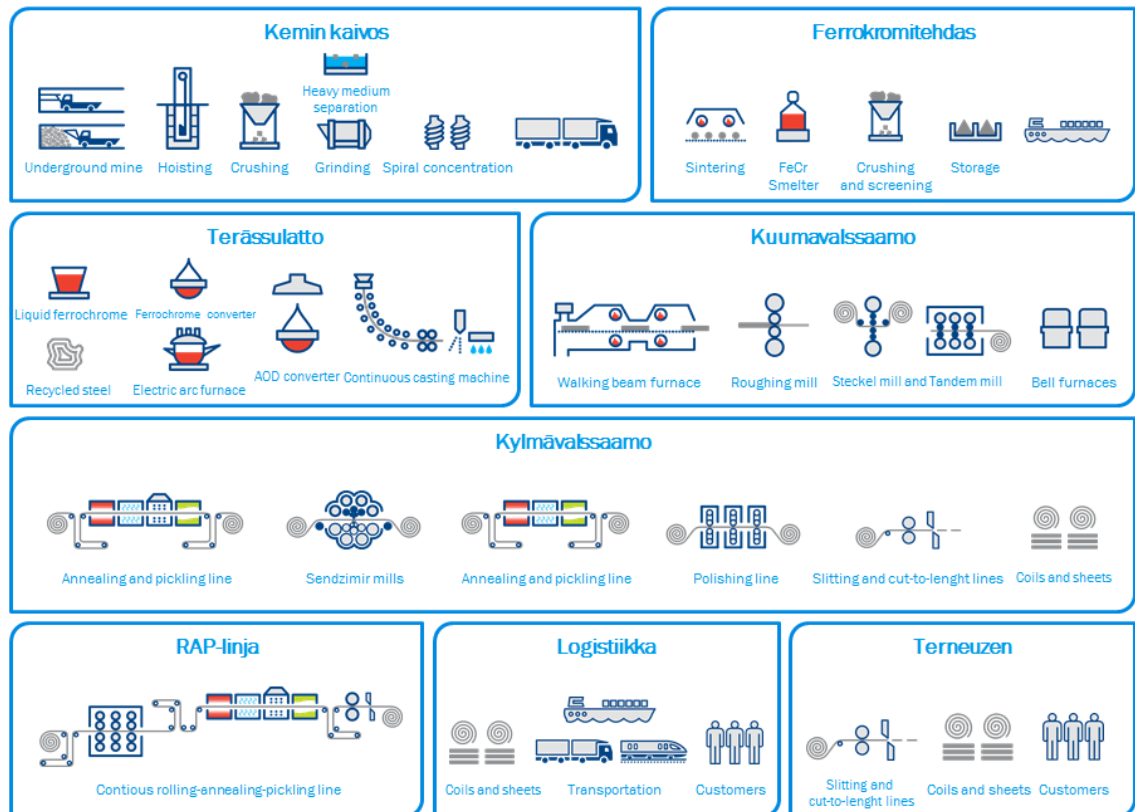
Stainless Coil EMEA:n kuuluvat tehtaat Torniossa, Terneuzenin jatkokäsittely-laitos Hollannissa ja Saksan tehtaat Krefieldissä, Bochumissa, Dillenburgissa, Dahlenbrükissä, sekä Benrathissa. Alueeseen kuuluu myös Elijärven kromi-kaivos, josta yhtiö kykenee tuottamaan ferrokromia sekä kattava myynti- ja pal-velukeskusverkosto koko alueella. Kokonaisuudessaan EMEA liiketoiminta-alue työllistää noin 7600 työntekijää. (Outokumpu 2015 a.)

2.2 Tornion tehtaat

Outokummun Tornion tehtaat on maailman integroiduin ruostumattoman teräk-sen tuotantolaitos. Tornion tehdasalueella toimii ferrokromitehdas ja kaikki te-rästuoannon osastot: kuumavalssaamo, terässulatto, kylmävalssaamo 1 ja kylmävalssaamo 2 (RAP5). Tehdasalueella sijaitsee myös Röyttän satama, jon-ka kautta kuljetetaan Tornion tehtaiden tuotteita muualle maailmaan sekä tuo-daan raaka-aineita tehtaille. (Outokumpu 2015 a.)

Integroidussa tehtaassa tuotteen tuotantoprosessi lähtee Kemin kaivokselta, josta louhittu kromi kuljetetaan Torniossa sijaitsevalle ferrokromitehtaalle. Fer-rokromitehtaan erilaisten työvaiheiden jälkeen saadaan aikaan sulaa kromia, joka kuljetetaan terässulatolle. Terässulatolla kromisulasta valmistetaan aihioita. Aihoiden valmistuksen jälkeen prosessi jatkuu kuumavalssaamalla. Kuuma-valssaamon työvaiheiden jälkeen tuote kuljetetaan kylmävalssaamolle, jossa tuotenauhalle tehdään viimeisteleviä toimenpiteitä, kuten loppupaksuuteen valssaaminen, haluttuun leveyteen tai pituuteen leikkaaminen ja pakkaus. Tor-nion tehtailla sijaitsee kaksi kylmävalssaamaa, kylmävalssaamo 1 ja kylmävals-

saamo 2 (RAP5). RAP5 eroaa kylmävalssaamo 1:stä siten, että se on jatkuva-toiminen valssaus-, hehkutus- ja peittauslinja ja se on rakennettu kolmeen kerrokseen. Jatkuvan toimintansa ansiosta RAP5 on myös logistisesti erittäin tehokas kylmävalssaamo. Kuvassa 2 on esitetty Tornion tehtaiden tuotantokaavio. (Outokumpu 2015 a.)



Kuva 2. Tornion tehtaiden toiminnot osa-alueittain. (Outokumpu 2015 a.)

Tornion tehtaiden myyntituotteisiin kuuluvat austeniittiset, ferriittiset ja duplex-teräkset. Vuotuinen tuotantokapasiteetti on 1.65 miljoonaa teräsaihoita ja 1.2 miljoonaa tonnia valssattuja tuotteita, joista kirkkaita kuumanauhoja on 300 000 tonnia, 2E-materiaalia 150 000 tonnia ja kylmävalssattua 750 000 tonnia. (Outokumpu 2015 a.)

2.3 Kylmävalssaamo 1

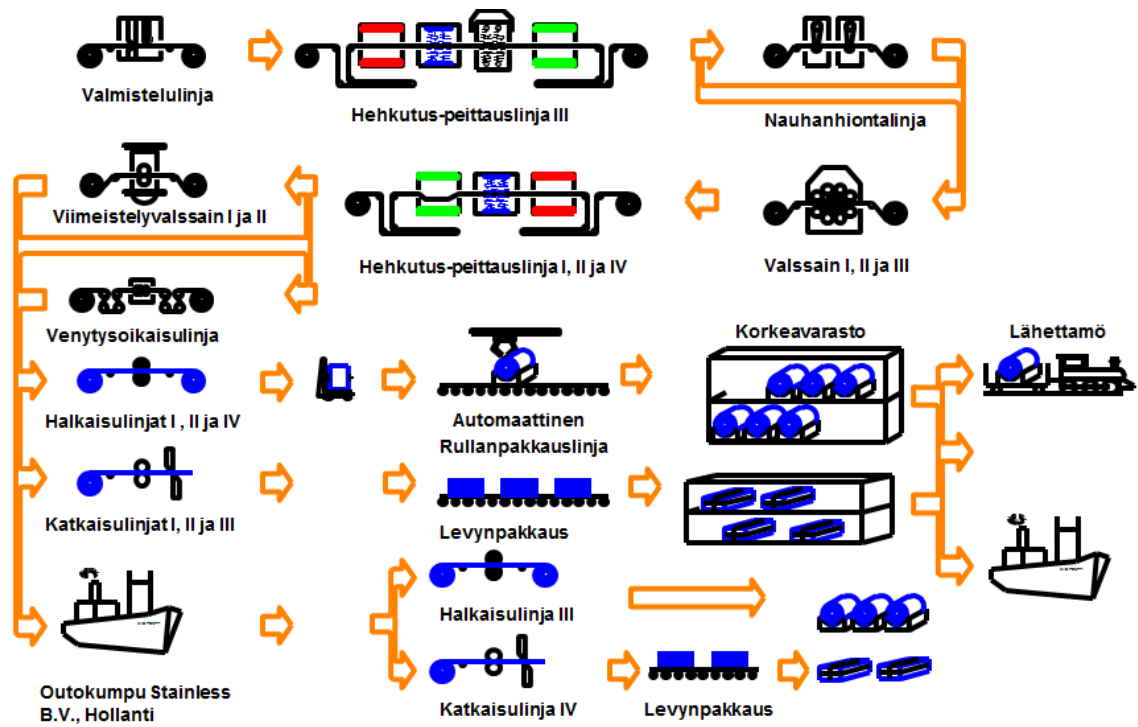
Kylmävalssaamon toiminta on jaettu eri osastoihin. Näihin lukeutuvat käsittelylinjat, valssaimet, leikkaus- ja katkaisulinjat, pinnantarkistus, kuljetus- ja lähetys

ja pakkaus. Kuumavalssaamalla valssatut mustat tuotenauhat kuljetetaan rullankuljetusautoilla HP3:lle. Hehkutusuunissa tuotenauha hehkutetaan 1050-1150°C:ssa, jolloin nauhan mikrorakenne tasaantuu ja kuumavalssauksessa syntynyt oksidikerros muuttuu helpommin poistettavaksi. Tämän jälkeen tuotenauha jäädytetään ja puhdistetaan mekaanisesti kuulapuhalluksella. Lopuksi nauhan pinnasta poistetaan jäljelle jäänyt oksidikerros elektrolyyttisekahappopeittauksella. (Outokumpu 2015 a.)

Esihehkutus- ja peittausprosessin aikana mustan kuumanauhan pinta muuttuu kirkkaaksi. Kuumanauhoista osa lähetetään suoraan leikkaus- ja katkaisulinjoille ja sieltä pakkauksen kautta asiakkaille. Muut rullat kuljetetaan valssaimille kylmävalssattavaksi loppumittaan. Kylmävalssauksessa tuotenauhaa valssataan suurella valssausvoimalla, jolloin siinä tapahtuu muokkauslujittumista. Mikäli nauhoissa huomataan vakavia pintavirheitä, ne kuljetetaan nauhahiontalinjalle korjaushiottavaksi. (Outokumpu 2015 a.)

Kylmävalssatut teräsnauhat käsitellään loppuhehkutus- peittauslinjassa HP1, HP2 ja HP4. Nämä linjat ovat toimintaperiaatteeltaan muuten samanlaisia kuin HP3, mutta niissä ei ole kuulapuhallusta. Tasomaisuuden, kiillon, jäännösjännitysten ja pinnanlaadun parantamiseksi osa tuotenauhoista valssataan viimeistelyvalssain 1:llä tai 2:lla. Tilauksen mukaiseen mittaan valssatulle kylmänauhalle voidaan vielä suorittaa venytysoikaisu tasomaisuuden korjaamiseksi. Osalle rullista voidaan asiakkaan tarpeiden ja toiveiden mukaan suorittaa myös asiakashionta tai korjaushionta nauhahiontalinjalla. (Outokumpu 2015 a.)

Lopuksi rullat menevät leikkaus- ja katkaisulinjoille, jossa nauhat leikataan haluttuun mittaan, jolloin niistä voidaan leikata joko kapeita kaistoja tai levyjä. Ennen leikkausta tuotenauha tarkistetaan vielä kerran mahdollisten pintavirheiden varalta, jonka jälkeen tuotteet pakataan automaattisessa rullanpakkauksessa, automaattisessa levynpakkauksessa tai ne voidaan pakata käsin. Valmiiksi pakattu lopputuote lähetetään lähettämöön, josta ne kuljetetaan asiakkaalle tai jatkokäsittelyyn Hollannin Terneuzeniin. Kuvassa 3 on esitetty kylmävalssaamon tuotantokaavio alueittain. (Outokumpu 2015 a.)



Kuva 3. Kylmävalssaamon tuotantokaavio. (Outokumpu 2015 a.)

3 SENDZIMIR-VALSSAIMET

Sendzimir-valssaus on kylmävalssausta ja sen tarkoituksena on tuotenauhan tilauksen mukainen loppupaksuus. Kylmävalssauksessa nauhassa tapahtuu muokkauslujittumista niin, että nauha voidaan valssata korkeintaan 80 prosentin muokkausasteeseen saakka (Outokumpu 2015 a). SZ-kylmävalssaimia on kylmävalssaamalla kolme kappaletta. Jokainen valssain on toimintaperiaatteeltaan samanlainen, eroavaisuudet tulevat lähinnä paksuus- tai laatualueista, teknisistä eroista ja tehokkuudesta. SZ-valssaimilla valssattavien tuoterullien nimellisleveydet ovat 1000, 1300 ja 1500 mm. Kuvassa 4 on esitetty valssainten eroavaisuuksia.

	Sz 1	Sz 2	Sz 3
Ulkohalkaisija min.	1000 mm, > 3,5 mm 800 mm, < 3,5 mm	1000 mm	1000 mm, > 3,5 900 mm, < 3,5
Ulkohalkaisija max.	2000 mm	1900 mm	2200 mm
Sisähalkaisija min.	585 mm	575 mm	570 mm
Nauhan leveys min.	800 mm	880 mm	800 mm
Nauhan leveys max.	1620 mm	1290 mm	1625 mm
Nauhan lähtöpaksuus max.	8,50 mm	3,50 mm	8,50 mm
Nauhan lähtöpaksuus min.	0,65 mm	0,40 mm	0,80 mm
Rullan paino max.	26 000 kg	24 000 kg	28 000 kg
Jatkopäättömän nauhan paksuus max.	6,50 mm	6,00 mm	6,50 mm
Ala-analyysirajoitukset	ei rajoituksia	ei rajoituksia	XXX-9

Kuva 4. Sendzimir valssainten eroavaisuudet. (Outokumpu 2015 b.)

SZ-valssaimella rulla syötetään syöttökelaimelle hydraulisesti toimivan askelpalkkikuljettimen avulla, jonka jälkeen keskitysautomaatti keskittää rullan leveyden mukaan ja paisuttaa kelaimen. Rullasta saadaan tiedot ja pistosarja rullanumeron perusteella. Näitä tietoja valvomossa työskentelevä operaattori kykenee lukemaan tietokoneelta. Valssaimen kentällä työskentelevä operaattori aukaisee rullan ympärillä olevat terässidokset ja kuljettaa nauhan pään oi-

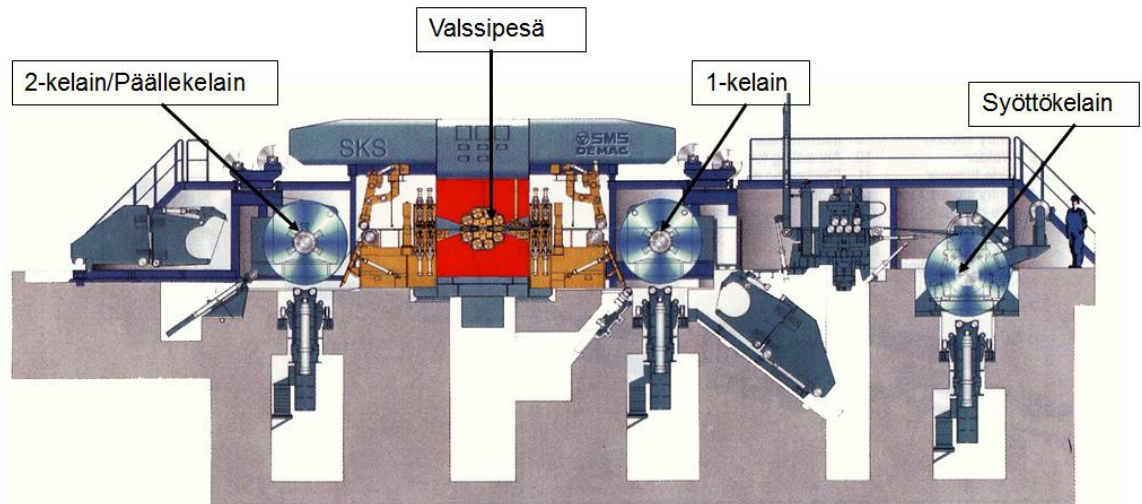
kaisukoneelle, jossa nauhan päästä tehdään helposti pujotettava. Nauha pujotetaan valssaimen läpi 2-kelaimessa sijaitsevan slitsin rakoon, minkä jälkeen kelain paisutetaan ja nauhaa kelataan noin 2 kierrosta kelaimen ympärille.

Ohuiden materiaalien kohdalla kelaimelle asennetaan sileäpintainen hylsy, jonka avulla estetään kelaintaitteen syntyminen. Hylsyä käytettäessä nauhaa kelataan kelaimen ympärille hihna- tai kaarikäärijän avulla. SZ1-valssaimella hylsyn käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista teknisistä syistä. Tämän jälkeen operaattori käynnistää valssaimen puristukset, öljyvirtauksen ja kelainten vedot sekä sulkee öljynpyyhkijät. Valssaimen automatiikka ilmoittaa valssausvalmiudesta operaattorille, joka voi sen jälkeen käynnistää valssauksen.

Valssausnopeus ensimmäisen piston aikana on noin 200 m/min, vaikka kovimmat nopeudet valssaimilla voivat olla jopa 800 m/min. Valssaava operaattori valssaa tuotenauhaa pistosarjan antamien parametrien mukaisesti. Pistosarjassa annettuja parametrejä ovat muun muassa kelainten vedot, valssipesän puristusvoima, öljyn virtaus, koonusvalssien asema ja valssausnopeus. SZ-valssaimella tuotenauhaa valssataan 1-11 pistoa 1- ja 2-kelaimen välillä, kunnes haluttu reduktio on saavutettu. Pistojen lukumäärä on aina normaali tilanteessa pariton, jotta valssattu rulla saadaan 2-kelaimen kautta ulos linjasta.

Viimeisen piston alettua 2-kelaimen yläpuolella olevalta paperikelaimelta laskeaan välipaperi tuotenauhan väliin, sen avulla ehkäistään tuotenauhaan syntyviä virheitä, kuten vetonaarmuja. Tämän jälkeen kentällä työskentelevä operaattori käy tarkistamassa tuotenauhan mahdollisten pintavirheiden varalta. Mikäli pintavirheitä tuotenauhan pinnasta löydetään, päätellään virheen välin perusteella, mistä valssista virhe on peräisin vai voiko se olla peräisin öljynpyyhkijöistä. Tarvittavat valssit tai öljynpyyhkijät vaihdetaan ennen tuotenauhan loppuun ajamista, jotta virheiden syntyminen saadaan ehkäistyä. Tuotenauhan pinnanlaadun ollessa hyväksyttävä valssainta ajava operaattori valssaa tuotenauhan loppuun, ja sen jälkeen valmis tuoterulla kuljetetaan rullavaunun avulla ulos linjasta. Rullavaunun kuljetettua rullan ulos linjasta se menee sitomakoneelle, joka sitoo rullan uudelleen kiinni 2-3 terässidoksella. Sidonnan jälkeen askelpalkkikuljetin

vie rullan lähtörampille, josta se kuljetetaan nosturilla tai vihivaunulla seuraavaan työvaiheeseen. Kuvassa 4 on esitetty valssilaitoksen rakenne.



Kuva 5. Valssaimen rakenne. (Outokumpu 2015 c.)

4 VIIMEISTELYVALSSAIMET

Viimeistelyvalssaus on valssauksen viimeinen vaihe, joka on voimakkuudeltaan muokkausvalssauksia pienempi. Viimeistelyvalssaus antaa tuotenauhalle viimeistellyn pinnanlaadun ja/tai lujuuden, sekä parantaa muovattavuutta. Viimeistelyvalssauksessa tuotenauhaa valssataan yleensä 1 tai 3 pistoa (Outokumpu 2015 c). Viimeistelyvalssaimia kylmävalssaamalla on kaksi kappaletta, VV1 ja VV2.

Viimeistelyvalssaimilla tuotenauhan käsittelyprosessi alkaa tuoterullan linjaan otolla, joka tehdään kuljettajan toimesta siltanosturilla VV1:llä ja automaattinosturilla VV2:lla. Tämän jälkeen askelpalkkikuljettimella olevasta tuoterullasta poistetaan terässidokset ja mahdolliset kumiloimet. Valmistelun jälkeen rullasta mitataan halkaisija ja leveys automatiikan avulla sekä siirretään rulla rullavaunulla 1-kelaimelle leveyden määrittämään kohtaan ja paisutetaan kelain. Tämän jälkeen tuotenauha pujotetaan valssaimen läpi 2-kelaimen käyttäen apuna vectorullastoa ja pujotuspöytiä. Kun tuotenauha on ajettu 2-kelaimen slitsin rakkoon, kelain paisutetaan ja tuotenauhaa kelataan kelaimen ympärille noin 2 kierrosta. Tuotenauhan pujotuksen jälkeen valvomossa työskentelevä operaattori voi aloittaa valssauksen käynnistämällä valssikidan asettelun ja apulaitteet. Valssauksen alettua syötetään tuotenauhan väliin välipaperi paperikelaimelta, joka sijaitsee 2-kelaimen yläpuolella.

Tuotenauhan valssauksen jälkeen operaattori käynnistää valssauksen lopetuksen, jonka aikana valssikidan puristukset aukaistaan, sekä syöttö- ja vectorullat otetaan avuksi ulospujotusta varten. Ulospujotuksessa nauha kelataan valssaimen läpi 1-kelaimelta kokonaan 2-kelaimelle. Tämän jälkeen kelain supistetaan ja rullassa kiinni oleva rullavaunu kuljettaa rullan numerointi ja sitomispaikalle. Tuoterullan numeroinnin ja sitomisen jälkeen se kuljetaan siltanosturilla seuraavaan työvaiheeseen (VV1) tai automaattinosturilla automaattivarastoon ja sitä kautta seuraavaan työvaiheeseen (VV2).

5 HEHKUTUS- JA PEITTAUSLINJAT

Hehkutus- ja peittauslinjat ovat jatkuvatoimisia linjoja, joiden prosessiosuudella nopeus on vakio riippuen nauhan mitoista (paksuus, leveys, teräslaatu). Prosessiosalla tarkoitetaan osaa linjasta, joka sisältää tavanomaisesti hehkutuksen, jäähtytyksen, peittauksen, huuhtelut, sekä linjasta riippuen kuulapuhalluksen. Tuotenuhoja syötetään linjaan kahdelta aukikelaimelta vuorotellen. Tuotenuhojen päät oikaistaan oikaisukoneella ja päät leikataan tasaiseksi päätyleikkurilla. Tuotenuhojen päät liitetään linjan alkupäässä hitsaamalla kiinni toisiinsa ja samanaikaisesti nauhaa syötetään prosessiosalle nauhavaraajasta. (Outokumpu 2015 c.)

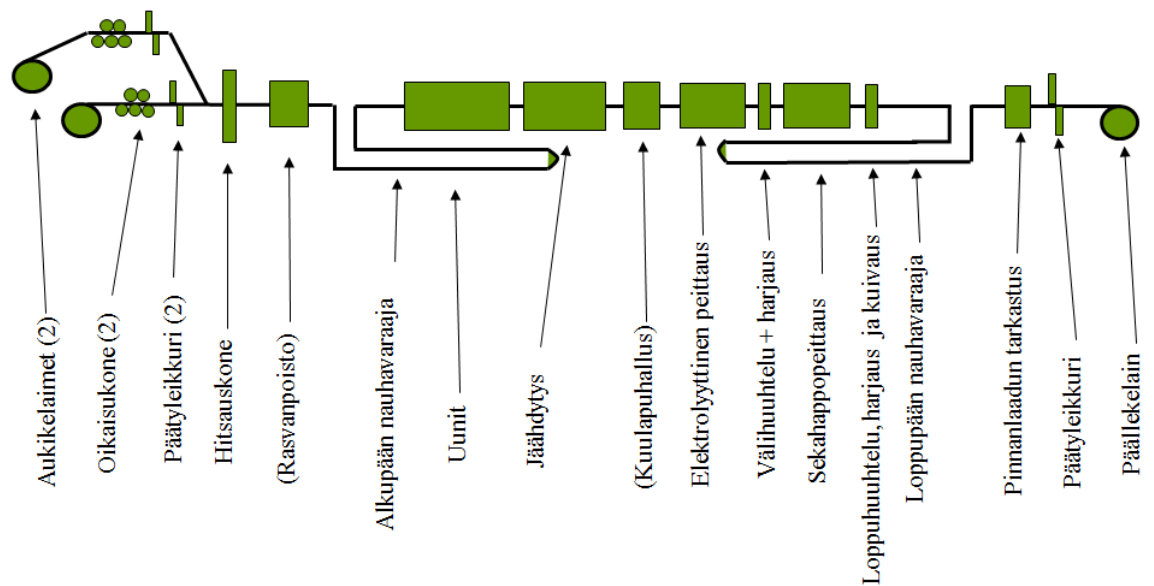
Loppupäässä prosessiosan jälkeen tuotenuhat tarkastetaan, kelataan päällekelaimella rullalle ja leikataan irti toisistaan hitsaussauman kohdalta (Outokumpu 2015 c). Tuotenuhan tarkastuksessa linjan tarkastaja voi havaita nauhassa esimerkiksi SZ-valssaimelta tulevaa kelaintaitetta ja tämä voi aiheuttaa RFT-poikkeaman. Kelaintaite voi myös olla lievä, jonka vuoksi pinnantarkastuksen esimies voi päättää, että tuote kelpaa edelleen asiakkaalle, tuotteelle etsitään uusi asiakas tai tuotteesta tulee 2-laatuista.

Hehkutuksella palautetaan kylmämuokkauksessa muuttuneet materiaaliominaisuudet. Hehkutuksella pehmennetään metallia ja näin helpotetaan sen muokkausta. Lisäksi materiaalin muodonmuutoskyky paranee, voimantarve vähenee muokkauksessa ja sisäiset jännitykset poistuvat. Tornion HP-linjoilla uunit koostuvat esikuumennusuunista ja poltinuuneista, jotka on jaettu useisiin eri säätövyöhykkeisiin tarkan hehkutustuloksen aikaansaamiseksi. Uunin lämpötilaa voidaan kontrolloida termoelementeillä ja pyrometreillä. (Outokumpu 2015 c.)

Hehkutuksessa loppulämpötilan tulee olla tarkasti hallinnassa oikean teräksen raekoon saavuttamiseksi ja sitä kautta haluttujen materiaaliominaisuuksien saamiseksi. Esikuumennusuunissa tuotenuhaa lämmitetään poltinuunien poistokaasuilla ja poltinuuneissa polttoaineena on propaani tai häkä. Jäähtytys suo-

ritetaan ensin ilmassa ja alhaisimmissa lämpötiloissa ilma- tai vesisumulla ja vedellä. (Outokumpu 2015 c.)

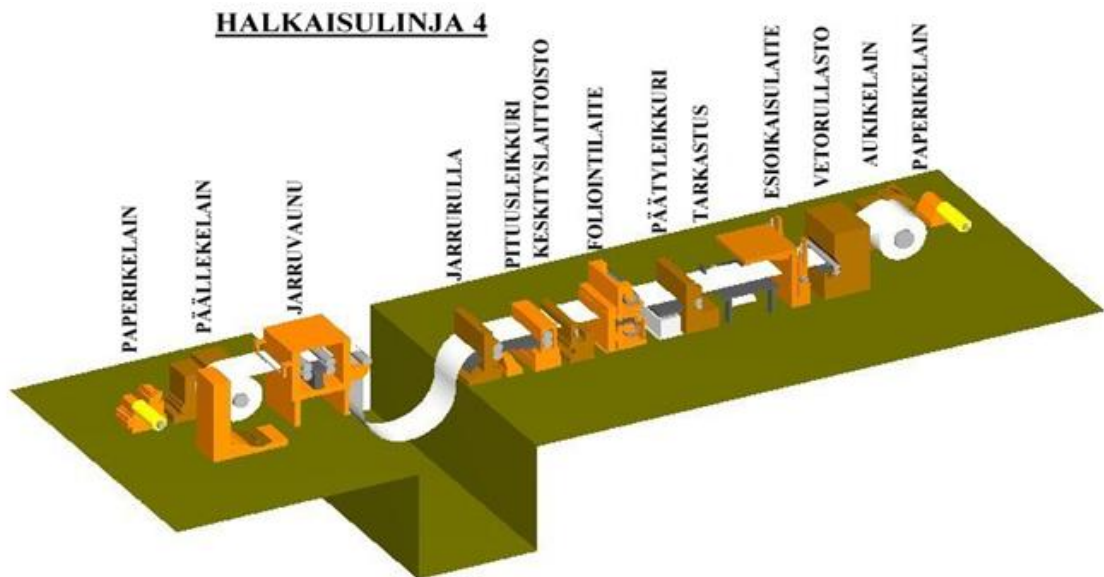
Peittauksessa poistetaan hehkutuksessa syntyneen oksidikerroksen hilse ja kromiköyhä vyöhyke. Peittaus parantaa tuotteen ulkonäköä ja korroosionkestävyyttä. Peittaus jakaantuu kahteen eri osaan: elektrolyytti- ja sekahappopeittaukseen. Peittausten välissä ja niiden jälkeen suoritetaan vesihuuhdeltu ja harjaus. Elektrolyyttinen peittaus on sähkökemiallinen prosessi, jossa sähkövirtaa johdetaan nauhaan elektrolyytin avulla. Sekahappo peittaus poistaa oksidikerroksen jäänteet ja kromiköyhän vyöhykkeen. Happokylpy koostuu muun muassa typpihaposta, fluorivetyhaposta, suolahaposta, rikkihaposta tai näiden seokista. (Outokumpu 2015 c.)



Kuva 6. Hehkutus- ja peittauslinjan periaate. (Outokumpu 2015 c.)

6 LEIKKAUS- JA KATKAISULINJAT

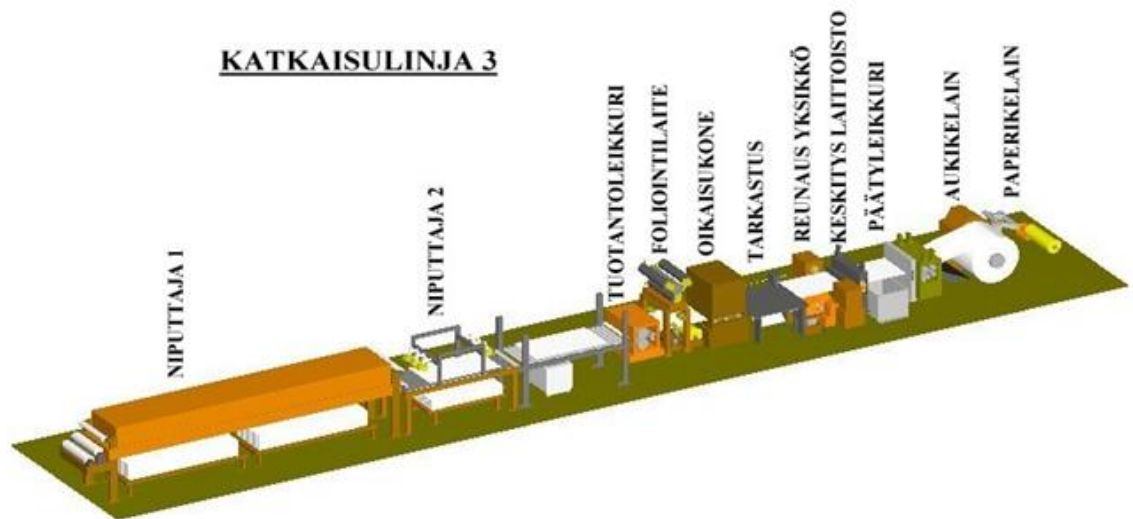
Leikkaus- ja katkaisulinjojen alueeseen kuuluu harjauslinja, halkaisulinjat HA1, HA2, HA3 ja HA4, sekä katkaisulinjat KA1, KA2 ja KA3. Linjoilla tuotetaan levytai rullamateriaalia. Halkaisulinjoilla tuotetaan erilevyistä rullamateriaalia asiakkaan tarpeiden mukaan. Halkaisulinjoilla tuotenuha kuljetetaan aukikelaimelta vetorullaston ja esioikaisulaitteen läpi tarkastukseen, jossa linjan operaattori tarkastaa nauhan virheiltä (Outokumpu 2015 c). Tarkastuksessa katsotaan rullan tiedoista mahdolliset virheet, joita on mahdollisesti havaittu loppuvehkutuspeittäus työvaiheessa. HP-linjan tarkastaja on esimerkiksi merkannut rullan tietoihin, että tuotenuhassa esiintyy SZ-valssaimelta tulevaa kelaintaitetta, joka arvioidaan romutettavaksi tai niin lieväksi, että se sallitaan kyseiselle käyttötarkoitukselle. Halkaisulinjan tarkastaja voi huomata myös tuotenuhassa viimeistelyvalssaimelta tulevaa kelaintaitetta, jonka jälkeen myös päätetään tuotteen kelpaavuudesta.



Kuva 7. Halkaisulinja 4 rakenne. (Outokumpu 2015 c.)

Katkaisulinjalla tuotetaan erikokoisia levytuotteita asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Katkaisulinjalla tuotenuha kuljetetaan päätyleikkurille, jossa nauhojen huonot päät voidaan leikata pois ja romuttaa, jonka jälkeen nauha kuljetetaan keskityslaitteiston ja reunausyksikön kautta tarkastukseen, jossa tarkastaja tar-

kastaa materiaalin. Tarkastuksen jälkeen nauha menee oikaisukoneelle ja foliointilaitteelle, jonka jälkeen tuotantoleikkuri tekee nauhasta määritellyn kokoisia levyjä. Tämän jälkeen levyt niputetaan ja kuljetetaan eteenpäin. (Outokumpu 2015 c.)



Kuva 8. Katkaisulinja 4 rakenne. (Outokumpu 2015 c.)

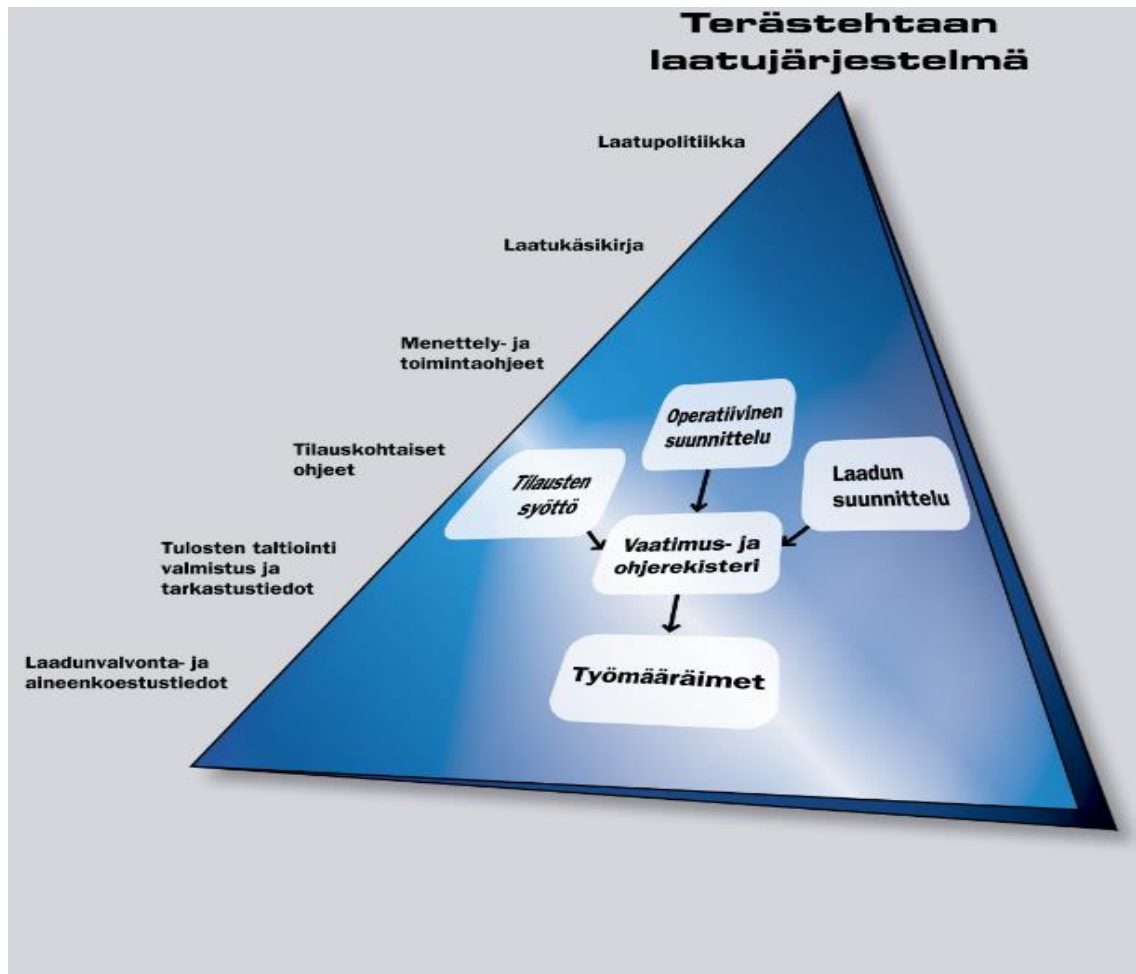
7 LAATU

Laadulla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun piirteitä tai ominaisuuksia, joilla tuote täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Tuotteen ollessa korkealaatuinen, asiakkaat ovat tyytyväisiä ja asiakassuhteet voivat olla pitkäaikaisia. Korkean laadun tuotto tuo yritykselle kannattavuutta ja kasvunmahdollisuuksia. Kuluttajat ovat valmiita maksamaan hyvästä laadusta ja ihmisten ostopäätöksissä laadun merkitys kasvaa jatkuvasti. Kilpailukykyensä säilyttääkseen yrityksen onkin jatkuvasti parannettava ja kehitettävä tuotteitaan. (HAMK tietopankki 2014, 1.)

Laatukäsite voidaan jakaa toiminnalliseen ja tekniseen laatuun. Teknisessä laadussa kuvataan sitä, mitä asiakas itselleen saa eli tuotteen lopputulosta ja kuinka hyvin tuote soveltuu asiakkaan ongelman ratkaisemiseen. Hyvän teknisen laadun edellytyksenä on onnistunut suunnittelu ja tuotanto. Toiminnallisella laadulla taas tarkoitetaan sitä, kuinka asiakas kokee prosessin, esimerkiksi ilmapiirin, jossa palvelu tapahtuu. (HAMK tietopankki 2014, 1.)

Fyysisen tuotteen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa suorituskyky, luotettavuus, käyttövarmuus, kestävyys ja esteettisyys. Palvelun laatuun vaikuttaa myös monet tekijät kuten palveluhalukkuus, luotettavuus ja uskottavuus, ystävällisyys ja viestintäkyky. (HAMK tietopankki 2014, 2.)

Nykyaikaisen terästeollisuuden tavoitteena on tuottaa laadukkaita tuotteita, minkä vuoksi yrityksissä on koko sen toiminnan kattava laatujärjestelmä. Laatujärjestelmän lähtökohtana ovat teräksen kuluttajan eli asiakkaan tarpeet. Yrityksen laatujärjestelmän ylimmäisenä ohjeena on laatupolitiikka, jossa johto on lyhyesti määritellyt, kuinka laatuasioissa tulee toimia. (Teknologiateollisuus ry 2014, 90.) Kuvassa 9 on esitetty laatuun liittyvät osatekijät.



Kuva 9. Terästehtaan laatujärjestelmä. (Teknologiateollisuus ry 2014, 92.)

7.1 Laatujohtaminen

Laatujohtaminen on toimintamalli, jonka avulla organisaatiosta pyritään saavuttamaan laatua korostava ja siihen sitoutuva taho. Laatujohtamisessa kehittämisen painopisteenä ovat pienet ja jatkuvat parannukset. Tavoitteena on saattaa laatu toimintaprosesseihin ja poistaa prosessien toiminnasta virheet, epäkohdat ja hukka. Myös lyhyitä läpimenoaikoja tavoitellaan, koska ne lisäävät nopeutta, sekä joustavuutta ja vähentävät sidotun pääoman määrää. (Logistiikan maailma 2014.)

Yrityksessä laatujohtamisen määrittää laatu politiikka, jossa määritellään toimintapolitiikka ja tavoitteet laadun suhteen. Näiden pohjalta luodaan strategisia tavoitteita tuotteiden toiminnan ja laadun markkina-aseman vahvistamiseksi ja

ylläpitämiseksi. Monilla yrityksillä laatujohtamisen perusarvoja ei ole selkeästi määritelty ja kirjattu, vaan ne ovat ainoastaan omistajien, sekä johdon tietoisuudessa ja sieltä ne välittyvät toimintaan. Olisi suositeltavaa, että arvot kirjattaisiin, avattaisiin erillisellä ohjeella sekä viestittäisiin koko henkilöstölle. Tällöin jokaiselle syntyisi yhtenäinen käsitys siitä, mikä on tärkeää, jolloin pyrkimys yhden-suuntaiseen toimintaan voidaan varmistaa. (Lecklin 2006, 36.)

7.2 Laadunhallinta

ISO 9000–standardissa laadunhallinnalla tarkoitetaan koordinoituja toimenpiteitä organisaation suuntaamiseksi ja ohjaamiseksi laatuun liittyvissä asioissa. Aiemmin on yleisesti käytössä ollut termi laatujohtaminen, joka myöhemmin korvattiin laadunhallintajärjestelmällä. Tätä termiä ei enää suositella, koska tarkoituksena on kehittää laadukasta johtamisjärjestelmää, eikä erillistä laadunhallintajärjestelmää. Johtamisjärjestelmä on rakenne, jonka avulla johdon tahtotila viedään systemaattisesti läpi koko organisaation. Laadukkaalla johtamisella halutaan muun muassa saada järjestelmällisyyttä toiminnanohjaukseen, varmistaa asiakastyytyväisyys ja parantaa työn tuottavuutta. Tavoitteet ovat yrityskoh- taisia ja tilanteista riippuvia, eikä järjestelmästä pidä tehdä erillistä tai liian ras- kasta. (Lecklin, 2006, 29-30.)

ISO 9000–standardissa edellytetään, että organisaation tulee laatia ja ylläpitää laatuohjelmaa. Laatuohjelmaa laadittaessa lähtökohtana ovat yrityksen omat tarpeet ja sen tulee pitää sisällään laadunhallintajärjestelmän soveltamisalan, menettelyohjeet ja kuvauksen prosessien välisistä vuorovaikutuksista. (Lecklin, 2006, 31.)

Suurissa yrityksissä järjestelmä rakennetaan usein tehdas- tai tulosyksikköko- hteisesti, jotta sen hallittavuus säilyisi. Järjestelmän tarpeellisuus ei kuitenkaan ole riippuvainen yrityksen koosta, vaikkakin suuryrityksillä sen tarve käytännön toiminnassa on ilmeinen. On olemassa myös yhdenmiehen yrityksiä, joilla on sertifioitu laadunhallintajärjestelmä. Pienessä yrityksessä järjestelmä ei ole ko- vin monitasoinen ja laaja, mutta se pakottaa määrittelemään ja systematisoi-

maan toiminnan ja keskeiset prosessit. Tuotekehityksen ja markkinoinnin sisällyttäminen järjestelmään voi antaa uudenlaisia näkökulmia näiden alueiden tehostamiseksi. (Lecklin, 2006, 30-33.)

7.3 Laatupolitiikka

ISO 9000–standardin mukaan laatupolitiikka on johdon julkituoma laatuun liittyvä yleinen tarkoitus tai suunta. Yrityksen ylimmän johdon on asetettava organisaation laatupolitiikka ja varmistettava, että se soveltuu asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin. Laatupolitiikka on välitettävä tiedoksi, ymmärrettävä ja toteutettava läpi koko organisaation, sekä katselmoitava säännöllisesti sen soveltuvuuden ja tehokkuuden tarkistamiseksi. Hyvä laatupolitiikka on lyhyt sekä ytimekäs ja se mahtuu yhdelle sivulle. Myös pienyrityksillä tulisi olla laatupolitiikka, joka on selkeästi viestitty henkilöstölle. (Lecklin, 2006, 40.)

7.4 Laatukustannukset

Philip B. Cosby määrittelee hänen kirjassaan ”Quality Is Free”, laatukustannuksilla olevan kaksi pääkomponenttia: hyvän laadun kustannukset ja huonon laadun kustannukset. Huonosta laadusta syntyy monenlaisia ylimääräisiä niin sisäisiä kuin ulkoisia kustannuksia, kuten esimerkiksi myöhästymisiä, uudelleen suunnittelua, uudelleen valmistusta, apuaikaa, joustavuuden heikkenemistä ja asiakkaiden reklamointeja. (SixSigma 2012, 1.)

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät, kun yritys varmistaa tuotteidensa vastaavuuden asiakkaiden vaatimuksiin. Laatukustannusten määrittelylle ei ole yleistä standardia tai kaavaa, vaan jokaisen yrityksen on itse arvioitava ja sovittava oma tarkastelutapansa. Laatukustannukset eivät ole useinkaan selvästi luettavia, vaan niiden seuraaminen vaatii uudentyypistä ajattelua ja kustannuslaskentaa. Tutkimuksissa on todettu, että laatukustannukset ovat 15-30 prosenttia yrityksen liikevaihdosta ja esimerkiksi palveluyrityksissä niiden osuus on huomattava. (Lecklin, 2006, 155.)

7.5 Outokumpu laaduntekijänä

Outokummun laatupolitiikka perustuu siihen, että palveluiden ja tuotteiden laatu täyttää asiakkaiden odotukset ja vaatimukset. Outokumpu toimii laatuvaatimusten mukaisesti käyttäen hyväksi vahvaa tietämystä, kokemusta ja osaamista yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Laaduntuottokyvyille on asetettu konkreettiset osastokohtaiset mittarit raja-arvoineen ja poikkeamiin reagoidaan nopeasti. Henkilöstön osaamista kehitetään jatkuvasti muun muassa tehtäväalueen muutoksilla, työkierrolla ja koulutuksilla. Vuosittain järjestettävissä kehityskeskusteluissa käydään läpi jokaisen henkilön henkilökohtaista kehityssuunnitelmaa. Outokumpu parantaa jatkuvasti liiketoimintaansa, menetelmiään, tuotteitaan ja teknologiaan vastaamaan asiakkaiden tarpeita Outokumpu-konsernin sisäistä osaamista hyödyntäen. Outokummun toiminnan perustan muodostavat ympäristö-, turvallisuus- ja laatu järjestelmät, joita kehitetään jatkuvasti. (Outokumpu 2015 a.)

ISO 9001:2008 mukaista laadunhallintaa käytetään Outokummun Kemi-Tornio-Terneuzen kaikissa toiminnoissa. Ylin johto varmistaa, että asiakkaiden vaatimukset on määriteltä ja täytetään päämääränä lisätä asiakastyytyväisyyttä. Outokumpu Stainless Oy:n oma laatukäsikirja kuvaa laadunhallintaa soveltamisalanaan yleisesti ruostumattomien litteiden terästuotteiden valmistus. Valmistus tapahtuu kansainvälisten tuote-, valmistus- ja laatustandardien mukaisesti täyttäen asiakasvaatimukset ja soveltuvat lakisääteiset vaatimukset. Kuvassa 10 on esitetty laadunhallinnan ja parantamisen prosessi Outokummun Kemi-Tornio-Terneuzen toiminnoissa. (Outokumpu 2015 b.)

- Osallistuminen laatuohjausryhmien toimintaan
- Tuotteiden testaus ja ohjaaminen

Asiakkaan teknisenä kontaktina toimii tekninen asiakaspalvelu. Asiakasvaatimukset on usein esitetty asiakasspesifikaatioiden muodossa. Asiakasvaatimukset siirtyvät tuotantoprosessiin valmistusohjeina, joita ylläpitää asiakaspalvelu. Suorasta kanssakäymisestä asiakkaan kanssa saatavaa tietoa täydentää kaupallisen tiimin ja tarvittaessa muiden prosessien henkilöiden suorittamat asiakaskäynnit. Vastaavasti myös asiakkaiden vierailut tehtaalla tarjoavat heille tilaisuuden tiedonvaihtoon. Säännöllisissä kokouksissa ja palavereissa käsitellään markkinatilannetta ja sen kehitystä sekä myynnin tavoitteita. Asiakaspalautetta ja laatutilannetta käsitellään johdon katselmuksissa ja kuukausipalavereissa, mutta asiakasvaatimukset tulevat esille myös tuotannonsuunnittelun viikkopalavereissa ja viikoittaisissa Käpistely-tilaisuuksissa, joissa analysoidaan pintavirhenäyhteitä. (Outokumpu 2015 b.)

7.6 Laatuvirheet

Laatuvirheitä Outokummun terästuotannossa voi syntyä jokaisessa työvaiheessa. Laatuvirheellä tarkoitetaan poikkeamia tuotteen laadussa, minkä vuoksi tuotteelle joudutaan etsimään uusi asiakas, siitä joudutaan tekemään 2-laatuista tai pahimmassa tapauksessa tuotetta joudutaan romuttamaan. Korjauskäsittelyjen tekeminen tuotteelle maksaa paljon ja kuormittaa linjoja turhaan. Romuksi menneen tuotteen uudelleen sulatus ja sitä kautta uudelleen käyttäminen tuo myös lisäkustannuksia. Laatuvirheistä johtuen materiaalin läpimenoaika ja varastot kasvavat sekä toimitusvarmuus heikkenee. (Outokumpu 2015 c.)

7.7 Sendzimir-valssainten laatuvirheet

SZ-valssaimilla voi syntyä monenlaisia virheitä, kuten naarmuja, näppylöitä, tärinää tai painumia. Virheet aiheutuvat yleensä erilaisista mekaanisista tekijöistä valssipesän alueella, likapartikkeleista, virheellisestä valssista tai öljynpyyhkijästä. Tuotenuhan loppumittaan valssauksen viimeisellä pistolla valssaimen kentällä työskentelevä operaattori tarkastaa tuotenuhan pintavirheitä. Jos pin-

tavirheitä nauhassa esiintyy, tehdään tarvittavat toimenpiteet virheen eliminomiseksi, kuten esimerkiksi valssien ja öljynpyyhkijöiden vaihto. HP-linjoilla loppuhehkutuksen yhteydessä tarkastaja tarkastaa tuotenuhan ja merkitsee virheet, jos niitä ilmenee. HP-linjan tarkastaja voi huomata tuotteessa SZ-valssauksesta johtuvia laatuvirheitä, jotka merkitään kolminumeroisilla tunnistekoodilla:

- 250 = Painuma
- 251 = Kiinnivalssautunut (lika, rauta, paperi)
- 252 = Vetonaarmu
- 253 = Merkkejä valssihionnasta
- 254 = Välipaperi palanut tai paperista vekkijälki
- 255 = Valssin pysäytysjälki
- 256 = Näppylä
- 257 = Kelaustaite
- 258 = Mittavirheet
- 259 = Tasomaisuusvirheet
- 260 = Valssinvaihtojäljet
- 261 = Iskujäljet
- 263 = TR:n läpivetojälki, pyykkilauta
- 264 = Emulsiojälki valssihionnasta
- 267 = Ruttu
- 269 = Lyhyellä n. 1-2 cm jaksolla esiintyvä tasomaisuusvirhe (myhkyrä)

Pintavirheiden osalta SZ-valssaimilta suurimpia virheiden aiheuttajia ovat vetonaarmut, valssihionnasta aiheutuneet virheet ja näppylä. Pintavirheprosentti kertoo tietyn virheen määrän prosentteina ajetun materiaalin määrästä. Pintavirheen syntyminen materiaaliin ei kuitenkaan välttämättä aiheuta poikkeamaa, joten näitä tietoja käsitellään erikseen. Sendzimir-valssainten virheistä johtuen ilmenee ajoittain RFT-poikkeamia. RFT-poikkeamalla tarkoitetaan poikkeamia,

jolloin tuote ei kelpaa asiakkaalle pinnanlaadun osalta. Eniten RFT-poikkeamia vuonna 2014 aiheutti näppylä, vetonaarmu ja iskujälki.

SZ-valssaimilta pintavirheenä esiintyy kelaintaite, jota merkitään myös kolminumeroisella tunnisteella 257. Kelaintaitteen esiintyminen viime vuosina on ollut suhteellisen tasaista. Viime vuonna 0.1 %:n SZ-valssaimilla ajetusta materiaalista tuli kerralla valmista poikkeama eli tuote ei sellaisenaan kelpaa suunnitellulle asiakkaalle. Pintavirheprosentti kelaintaitteen osalta vuonna 2014 oli 1.7 %, jota pyritään koko ajan parantamaan. Vuonna 2014 SZ-kelaintaite virheestä johtuvia romuttamisia leikkaus- ja katkaisulinjoilla tapahtui 11,1 tonnia.

7.8 Viimeistelyvalssainten laatuvirheet

Viimeistelyvalssaimilla esiintyy erilaisia laatuvirheitä vaikka kyseessä ei ole reduktio eli muokkausvalssaus. VV-laatuvirheet johtuvat yleensä taittorullista, valsseista, liasta tai kelaimista ja niitä kuvataan samanlaisten taulukoiden avulla, kuin SZ-valssaimilla. VV:llä kentällä työskentelevä operaattori tarkastaa jokaisen tuotenuhan mahdollisilta laatuvirheiltä, jotka tarkastetaan viimeisellä pistolla 2-kelaimen takana olevalta tarkastuspaikalta.

Laatuvirheiden eliminoimiseksi tehdään useita eri toimenpiteitä, kuten puhdistetaan tai vaihdetaan valssit, puhdistetaan taittorullia ja linjan pintoja, sekä pidetään kelainten kuntoa yllä. Viimeistelyvalssauksesta aiheutuvat virheet huomaa tarkastaja leikkaus- ja katkaisulinjoilla, jonka jälkeen arvioidaan virheen vakavuutta. Virheen vakavuudesta riippuen tuotteesta voidaan joutua romuttamaan tietty metrimäärä pois tai myymään tuote 2-laatuksena. Nämä toimenpiteet kasvattavat aina saantitappiota. Viimeistelyvalssauksesta johtuvia laatuvirheitä merkitään myös kolminumeroisilla tunnistekoodilla. VV-laatuvirheinä voi esiintyä useanlaisia virheitä, joita ovat:

- 307 = Ruttu
- 309 = Salmiakkiristikko, myötöjuovat (ferriittinen)
- 310 = Painumat taittorullasta (lika, rauta)

- 311 = Kiinnivalssautumat valssista (lika, paperi)
- 312 = Vetonaarmut
- 315 = Paperipoiмут (ei kiinnivalssautuneet)
- 316 = Välipaperin pihkatapit
- 317 = Kelaustaite
- 318 = Karvat
- 319 = Duo-pistopää

VV:n merkittävimminä virheinä RFT-poikkeamissa ovat kiinnivalssautumat valsseista (lika, paperi), taittorullasta johtuvat painumat ja välipaperin pihkatapit. VV kelaintaitteen romutusten määrä vuonna 2014 oli 14,5 tonnia ja tässä opinnäytetyössä niiden eliminointi sai erityistä huomiota.

Opinnäytetyön aikana tulee tutkia kelaintaitteen vähentämisen lisäksi myös mahdollisia virheellisiä romutuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että välttämättä kaikki 317 romutussyyllä romutetut materiaalit eivät ole todellisuudessa VV2 kelaintaitteesta johtuvia.

8 SAANTI

Yritysmaailmassa saannilla voidaan tarkoittaa saavutettua hyötyä alkutuotteesta lopputuotteeksi. Outokummulla saannilla tarkoitetaan materiaalien mahdollisimman hyvää hyödynnettävyyttä eli prosessiin syötetyn materiaalin määrää verrattuna sieltä ulos saatuun määrään. Kylmävalssaamalla lopputuotteen valmistuksessa saannin merkitys kasvaa todella suureksi. Mitä enemmän osasto kykenee tuottamaan prosessiin syötetystä materiaalista lopputuotteeksi, sen parempi saanti on. Saanti vaikuttaa suoraan kilpailukykyyn, tehokkuuteen ja kustannuksiin ja sitä pyritään seuraamaan materiaalin ominaisuuksilla, kuten pituudella ja painolla.

8.1 Kylmävalssaamon saanti

Kylmävalssaamalla saantia lähdetään seuraamaan heti kuumanauhan painosta lähtien. Ensimmäinen rullan saantia huonontava asia on SZ-pistopäät eli valssaamattomat nauhan päät, jotka joudutaan tuoterullaan jättämään SZ-valssauksen yhteydessä. SZ-pistopäitä käsitellään niin sanottuna pakollisen romun osuutena eli ne ovat pakollisia ajatellen valssausta. Loput saantia heikentävät tekijät johtuvat tuotenuhan pintavirheistä. Saantia kuvataan prosentuaalisesti kuumanauhan ja lopputuotteen painosta. Tällä hetkellä saannin eteen tehdään töitä pistopäiden lyhentämisellä ja tinkimättömällä laatutyöllä.

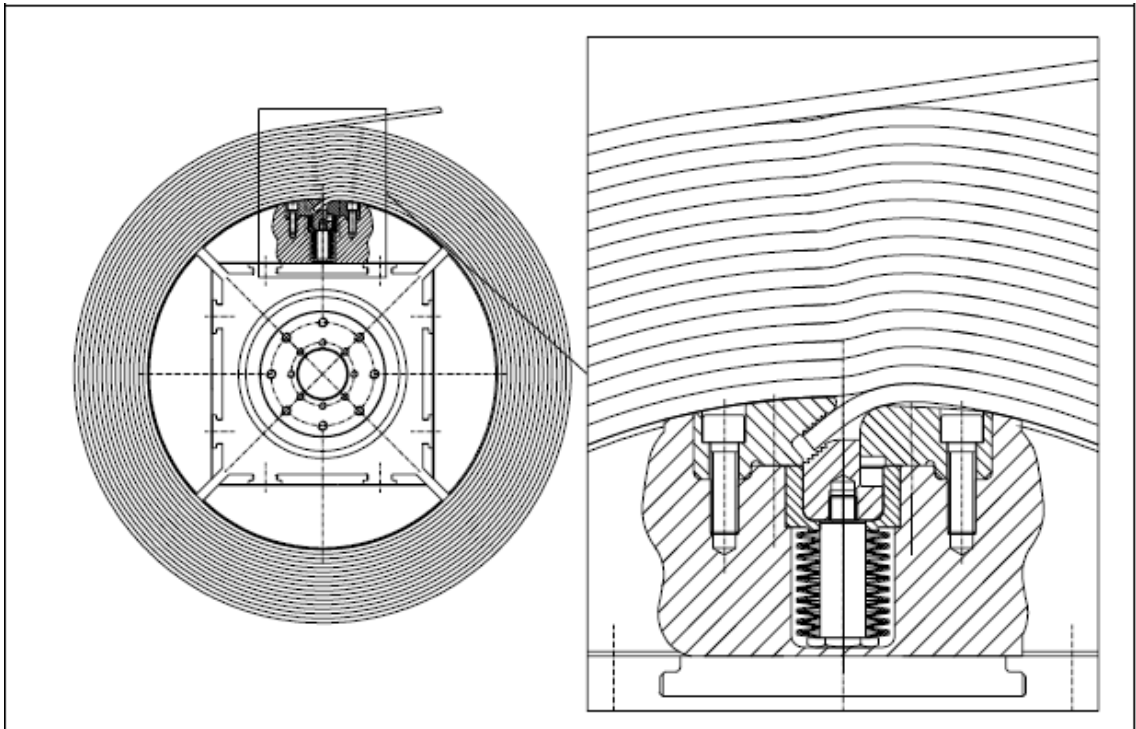
8.2 Valssainten saanti

Valssainten saantia kuvataan yksityiskohtaisemmin kuin koko kylmävalssaamon saantia. Valssainten saannissa otetaan huomioon ainoastaan valssainten tekemät pintavirheet ja niistä aiheutuneet tuotenuhan romutukset. Valssainten saantia voidaan parantaa tehokkaalla laatutyöllä operaattoreiden osalta linjalla ja laatuosaston sekä esimiesten osalta seurantana ja poikkeamiin reagoimalla. Opinnäytetyön aiheenani olevan kelaintaitteiden vähentäminen on myös ajankohtainen asia. Kelaintaitteiden vähentämisellä voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä, kun lopputuotteesta voidaan myydä asiakkaalle enemmän. Myös

valssainten saantia kuvataan prosentuaalisesti vertaamalla kuumanauhan ja lopputuotteen painoa. Lopputuotteen painossa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että laskuihin otetaan mukaan vain valssainten virheiden takia aiheutuneet romutukset.

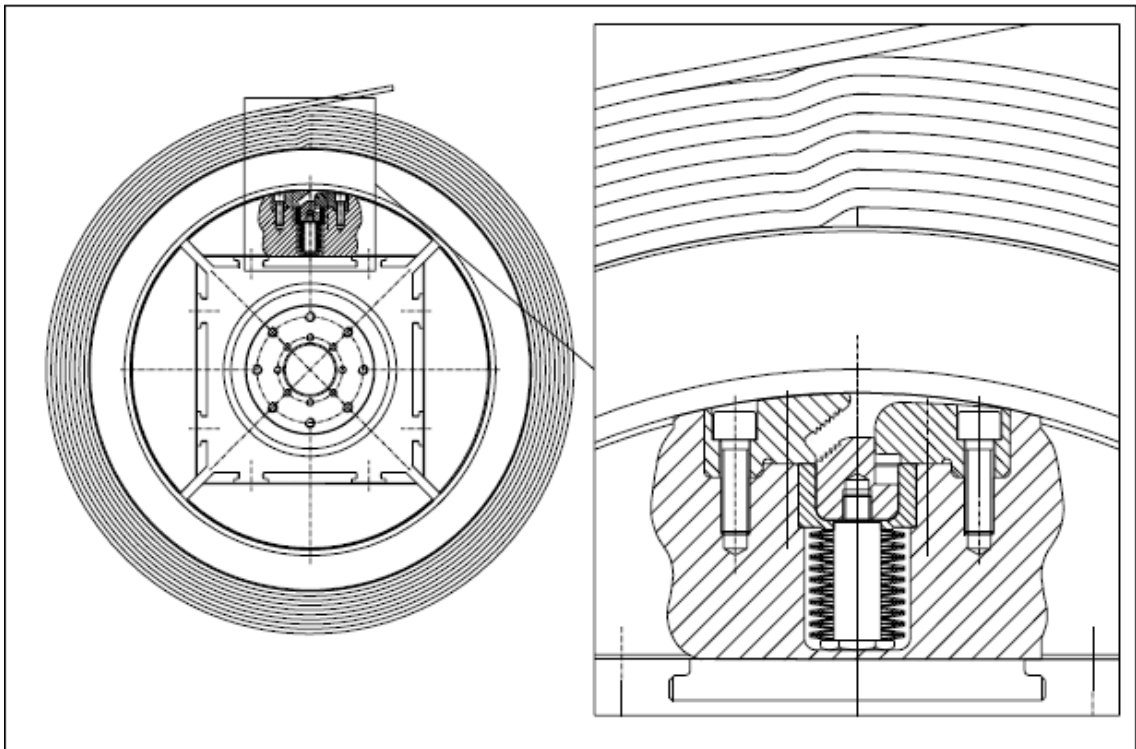
9 KELAINTAITE VALSSAINTEN ALUEELLA

Kelaintaitetta syntyy, kun tuotenuuhaa kelataan kelaimen päälle. Tuotenuuhan ensimmäisiin kierroksiin syntyy leimauma kelaimen rakenteesta eli segmenttien paisutussaumoista, rasvanipoista ja pultin rei'istä. Suurin ongelma on kuitenkin kelaimen slitsirakoon ajetusta nauhan päästä aiheutuva kelauspatti. Patti alkaa loiventua ja tasoittua kierrosten lisääntyessä, jolloin se muokkautuu kelaintaitteeksi ja sen esiintymisväli kasvaa kierros kierrokselta. Tämä voidaan havaita levittämällä rulla auki suoraksi levyksi. Kuvassa 11 on esitetty tuotenuuha kelattuna kelaimelle ja slitsiraon aiheuttama kelauspatti. (Alaluusua 2001, 32.)



Kuva 11. Tuotenuuha kelattuna kelaimelle. (Alaluusua 2001, 32.)

Hylsyn päälle käärijällä kelattuun tuotenuuhaan voi myös syntyä kelauspatti, joka syntyy kun nauhan pää kulkee ensimmäisellä kierroksella toisen nauhan pään ylitse. Etuna tässä toimintatavassa on se, ettei hylsy leimaa nauhaan yhtä paljon, kuin itse kelain. Kuvassa 12 on esitetty hylsyn päälle kelattu tuotenuuha ja se, miten ensimmäisellä kierroksella nauhan pää kulkee toisen nauhan pään ylitse. (Alaluusua 2001, 32.)



Kuva 12. Hylsyn päälle kelattu tuotenauha. (Alaluusua 2001, 33.)

9.1 Kelaintaite Sendzimir-valssaimilla

Kelaintaitteen määrä SZ-valssaimilla on ollut suhteellisen tasainen viime vuosina. Romutuserittelyn avulla saadaan selville valssainten alueen kelaintaitteesta johtuvat romutuksien määrät laadittain ja paksuuksittain. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty SZ-kelaintaitteiden romutusmäärät paksuusalueittain austeniittisilla ja ferriittisillä. Taulukoissa austeniittista laatua on merkitty 7*:llä ja ferriittistä laatua 8*:lla. Sarakkeella ”Tapahtuma kpl” tarkoitetaan toteutuneita romutustapahtumia kappalemääränä.

Taulukko 1. Kylmänauhan romutukset SZ-valssaimien kelaintaitteen vuoksi austeniittisissa laaduissa vuonna 2014.

Linja	Paksuus min.	Paksuus max.	Virhe	Laatu	Ka. Paino	Ka. Pituus	Tapahtuma kpl
SZ1	0,4	0,6	257 7*		339	53	2
SZ1	0,6	0,8	257 7*		1601	195	6
SZ1	0,8	1	257 7*		1075	110	10
SZ1	1	1,2	257 7*		348	24	1
SZ1	1,2	1,4	257 7*		243	17	2
SZ1	1,4	1,6	257 7*		560	35	4
SZ1	1,6	1,8	257 7*		290	15	1
SZ2	0,4	0,6	257 7*		565	104	21
SZ2	0,6	0,8	257 7*		594	91	34
SZ2	0,8	1	257 7*		864	100	6
SZ2	1	1,2	257 7*		153	15	3
SZ2	1,2	1,4	257 7*				0
SZ2	1,4	1,6	257 7*		110	8	1
SZ3	0,4	0,6	257 7*		866	149	4
SZ3	0,6	0,8	257 7*		1119	137	6
SZ3	0,8	1	257 7*		514	45	18
SZ3	1	1,2	257 7*				0
SZ3	1,2	1,4	257 7*		141	10	1
SZ3	1,4	1,6	257 7*		261	19	6
SZ3	1,6	1,8	257 7*		1685	100	1

Taulukko 2. Kylmänauhan romutukset SZ-valssaimien kelaintaitteen vuoksi ferriittisissä laaduissa vuonna 2014.

Linja	Paksuus min.	Paksuus max.	Virhe	Laatu	Ka. Paino	Ka. Pituus	Tapahtuma kpl
SZ1	0,4	0,6	257	8*	994	216	5
SZ1	0,6	0,8	257	8*	527	72	10
SZ1	0,8	1	257	8*	560	54	7
SZ1	1	1,2	257	8*	157	11	2
SZ2	0,4	0,6	257	8*	910	189	30
SZ2	0,6	0,8	257	8*	569	95	27
SZ2	0,8	1	257	8*			0
SZ2	1	1,2	257	8*	294	25	2
SZ3	0,4	0,6	257	8*	549	99	8
SZ3	0,6	0,8	257	8*	689	107	6
SZ3	0,8	1	257	8*	142	16	3
SZ3	1	1,2	257	8*	503	46	3

Taulukoista voidaan havaita, että kelaintaitteen ilmeneminen on pahimmillaan ohuessa materiaalissa. Osaan näistäkin tapauksista voitaisiin vaikuttaa kelaushylsyn käytöllä. Kelaushylsyä ja sen käyttöä käsitellään osioissa 9.2 Kelaushylsy ja 9.3 Hihnäkäärijä.

9.2 Kelaushylsy

Kelaushylsy on SZ-valssaimilla käytettävä teräksestä valmistettu apuväline ohuen materiaalin loppumittaan valssauksessa, jota käytetään SZ2- ja SZ3-valssaimilla. Aluksi kelaushylsy tuodaan nosturilla linjan edustalla sijaitsevalle hylsypaikalle. Hylsypaikalta rullavaunu noutaa hylsyn ja vie sen kelaimelle. Hylsyä voidaan käyttää molemmilla kelaimilla riippuen materiaalin lähtö- ja loppupaksuudesta. Nauhan pujottaminen hylsyn päälle tapahtuu hihnäkäärijällä SZ3-valssaimella ja kaarikäärijällä SZ2-valssaimella. SZ1-valssaimella hylsyn käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista, koska siellä ei ole hylsyn käyttämiseen tarvittavaa laitteistoa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että suurin osa ohuesta materiaalista

valssataan loppumittaan SZ2 ja SZ3-valssaimilla. Kuvassa 13 on esitetty kelaushylsy tuotenauhassa, aukikelaimella ja hylsyvarastossa.



Kuva 13. Kelaushylsy tuotenauhassa, aukikelaimella ja varastossa. (Alaluusua 2001, 2.)

Kelausprosessissa olevan hylsyn täytyy kestää sen aikana kehälle syntyvät paineen vaihtelut sekä säilyttää muotonsa valssauksen jälkeisessä tilassa, mikä vuoksi kelaushylsyn materiaaliominaisuuksien täytyy olla korkealuokkaiset. Kelaushylsyn seinämän vahvuus on 70,5 mm ja se on määritetty laskennallisesti käyttöolosuhteiden ja materiaaliominaisuuksien mukaan. (Alaluusua 2001, 21.)

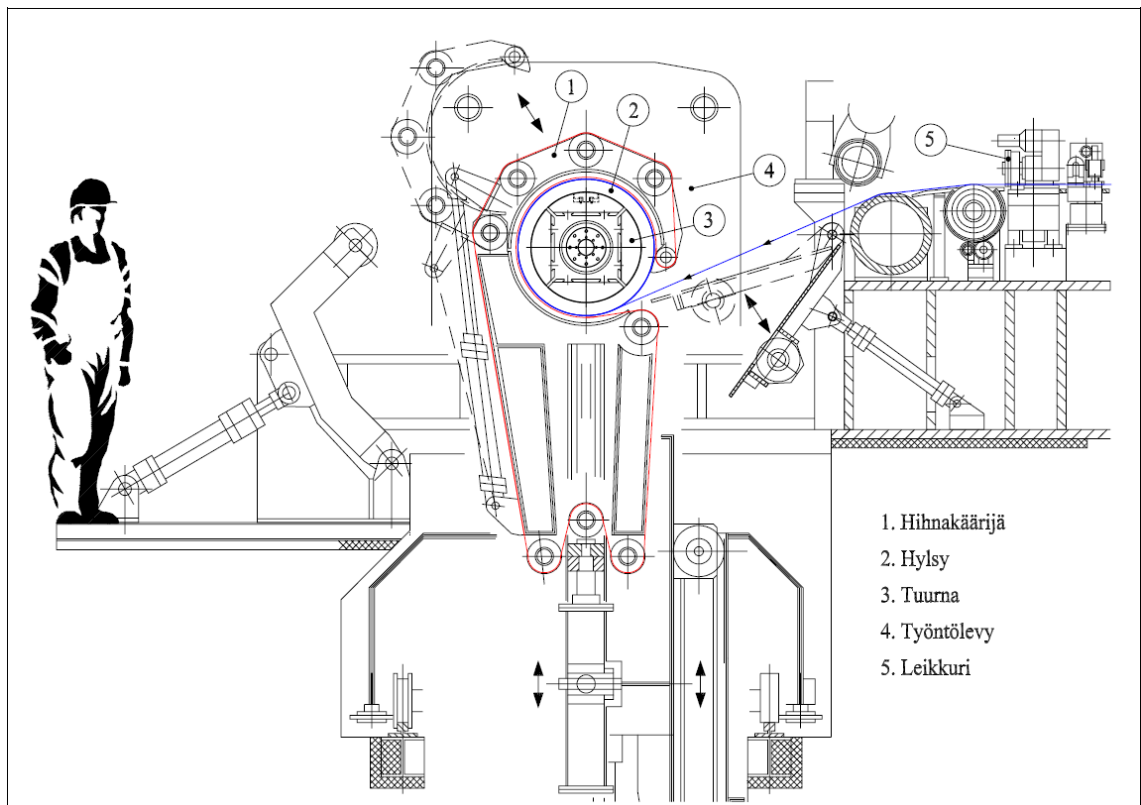
9.3 Hihnäkäärijä

Hihnäkäärijä on apulaite, jonka avulla tuotenauha kääritään hylsyn päälle. Hihnäkäärijöitä sijaitsee valssainten alueella SZ3-valssaimella ja viimeistelyvalssaimilla. SZ2-valssaimella on sen sijaan käytössä kaarikäärijä, joka poikkeaa vain rakenteellisesti, mutta muuten periaate on sama. Hylsyä käytetään tuoterullissa, joissa epäillään syntyvän kelaintaitetta tai lommahduksia. Lommahduksella tarkoitetaan rullan painumista yhdestä kohtaa kasaan sisäisten puristusvoimien vaikutuksesta (Alaluusua 2001, 28). Teräshylsyä käytetään ainoastaan SZ2- ja SZ3-valssaimilla. SZ1:lla ei ole hylsyn käyttö mahdollisuutta, eikä tämän johdosta myöskään hihna- tai kaarikäärijää. VV:llä hihnäkäärijää on käytetty K2:lla pahvihylsyn päälle käärimiseen, sekä kumihylsy testeissä.

SZ:llä yleisen käytännön mukaan hylsy tuodaan K2:lle ja siirretään rullavaunulla kelaimelle. SZ3:lla kummallakin kelaimella on oma hihnäkäärijä, joka mahdollis-

taa hylsyn käytön molemmilla kelaimilla yhtäaikaaisesti. Hihnäkäärijän käytön etuna verrattuna muihin menetelmiin on, ettei se jätä jälkiä materiaalin pintaan ja että sen käyttö johtaa lyhyempiin apuaikoihin (Alaluusua 2001, 7). K1:lle hylsy viedään rullavaunulla hylsypaikalta, johon se tuodaan nosturilla, jota operaat- tori manuaalisesti ohjaa.

SZ2-valssaimella hylsyn käyttö toimii muuten samoin, mutta hihnäkäärijän sijas- ta tuotenauha kääritään hylsyn päälle kaarikäärijällä. Kaarikäärijän käärintävoi- ma ei kuitenkaan yllä hihnäkäärijän tasolle, joten sillä ei voida yhtä paksuja nauhoja kääriä hylsulle. Kuvassa 15 on esitetty hihnäkäärijän toimintaperiaate ja rakenne. Kuvaan punaisella värillä on merkitty hihnäkäärijän hihna ja sinisellä värillä tuotenauha (Alaluusua 2001, 8).



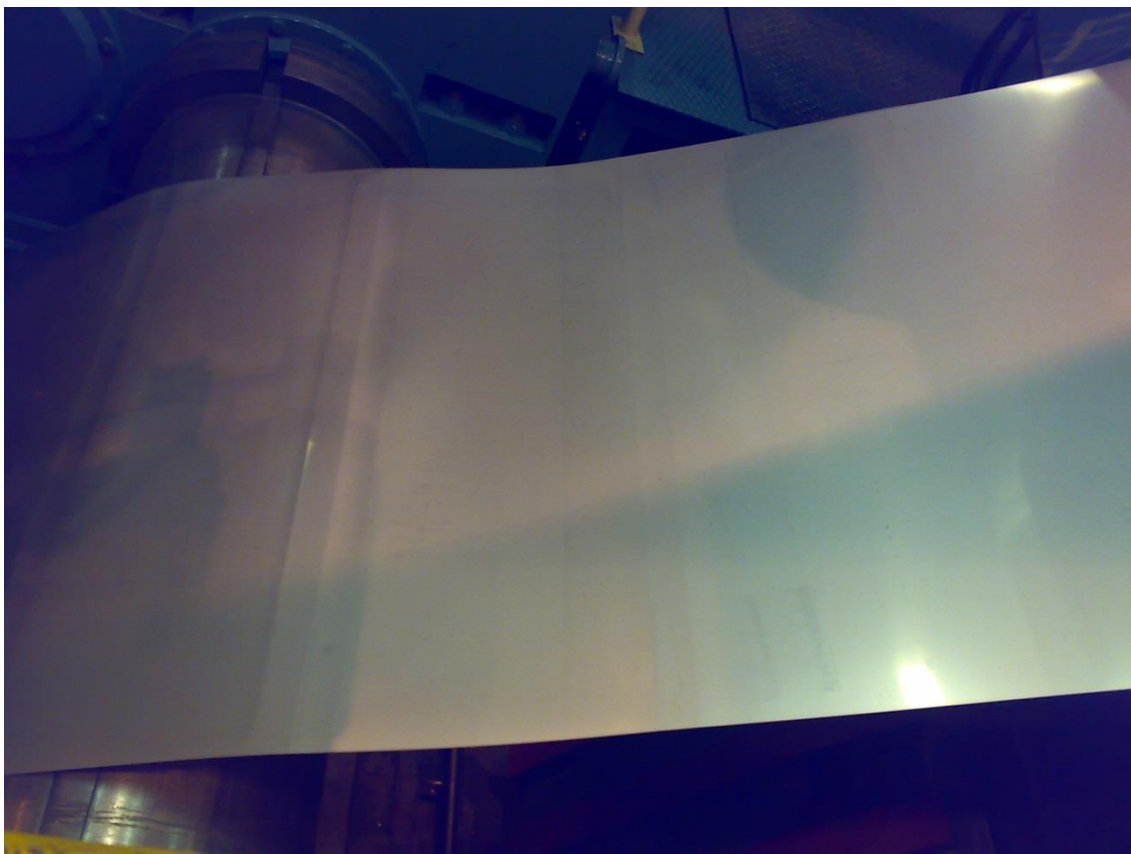
Kuva 14. Hihnäkäärijän rakenne ja toimintaperiaate. (Alaluusua 2001, 8.)

Hihnäkäärijän toimintaperiaate on yksinkertainen. Hihnäkäärijä nousee rulla- vaunu montusta ikään kuin sormet ojellaan ja painautuu kelaimella olevan hyl- syn ympärille. Käärijässä olevat hihnat muotoutuvat tasaisesti hylsyn kehälle.

Pujotusvaiheessa tuotenuha syötetään hihnan ja hylsyn väliin, jolloin käärijä käärii nauhan tasaisesti hylsyn kehälle. Muutaman kierroksen käärittyä tuotenuha pysyy ilman käärijää hylsyn kehällä ja hihnäkäärijä laskeutuu takaisin rullavaunun monttuun. (Alaluusua 2001, 8-9.)

9.4 Kelaintaite viimeistelyvalssaimilla

Viimeistelyvalssaimilla taite syntyy auki- ja päällekelaimen lohkoista koko nauhan leveydellä näkyvänä taitteena, joka ei ole pintaa rikkova virhe. Taite tulee myös hihnäkäärijää käytettäessä, nauhan pään epäjatkos kohdasta. Slitsistä tuleva virheväli on 1915 mm ja tämä taite näkyy pidempään. Toinen jälki tulee lohkoista. Kaksi peräkkäistä taitetta 50 mm välein ja näiden taitteiden virheväli on 480mm. Nämä jäljet näkyvät vain muutamalla ensimmäisellä kierroksella. Taitteen haitta vaihtelee lopputuotteen käyttötarkoituksen mukaan sekä millä linjalla tuote leikataan. Katkaisulinjoilla oikaisukone suoristaa suurimman osan slitsin taitteista (Outokumpu 2015 c). Kuvassa 13 on esitetty VV2 AK:n aiheuttama kelaintaite.



Kuva 15. VV2 K1:n aiheuttama kelaintaite. (Outokumpu 2015 c.)

Kelaintaitteen määrä on paljon riippuvainen kelainten kunnosta. Mikäli kelaimen lohkojen välissä olevat listat ja lohkot eivät ole samalla tasalla, kelaintaitteen syntymisen todennäköisyys on paljon suurempi. Tästä voidaan päätellä, että kelainten säännöllisellä huoltamisella voidaan vaikuttaa kelaintaitteen syntymiseen. Kelaintaitteen määrä vaihtelee laaduittain, sekä paksuuksittain ja niitä on käsitelty aiemmin taulukossa 4.

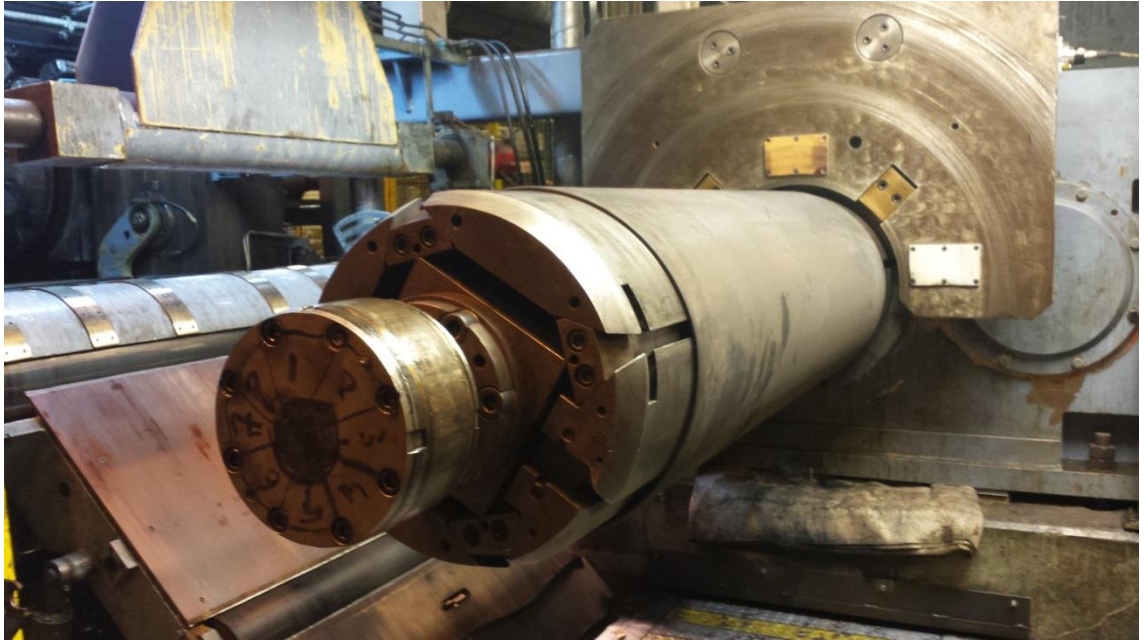
Aikaisemmin kelaintaitteen poistamiseksi on myös käytetty pahvista hylsyä, joka asennetaan kelaimelle käsin. Pahvista hylsyä käytettäessä tuotenauha käärittiin pahvihylsulle hihnakäärijällä. Pahvihylsy todettiin kuitenkin tutkimuksissa toimimattomaksi vaihtoehdoksi, koska pahvihylsy ei kestänyt kelaimen tuomaa rasitusta. Paisuttaessa kelaimen pahvihylsy halkesi ja sen vuoksi ei toiminut kelaintaitteen poistajana. Kuvassa 14 on esitetty pahvihylsy VV2 K2:lla.



Kuva 16. Pahvihylsy asennettuna VV2 K2. (Outokumpu 2015 c.)

Tässä opinnäytetyössä pääpainona oli tutkia elastisen kumihylsyn vaikutusta kelaintaitteen määrään. Käytetty kumihylsy on Böttcher Systemsin valmistama ja sitä käsitellään osiossa 10.2.1 Testi 1, sekä opinnäytetyön liitteenä olevassa kelaintaite tutkimuksessa Liite 1. Vastaavaa kumihylsyä eri dimensioilla on testattu VV2 K2:lla vuonna 2014 kehitysinsinöörin toimesta, jolta sain myös hyviä

neuvoja koskien omia kumihiylsy testejä. Kuvassa 17 on esitetty kumihiylsy asennettuna VV2 K2:lle.



Kuva 17. Kumihiylsy asennettuna VV2 K2.

Hiylsyä testattiin erilaisilla toimintatavoilla eri prosessivaiheissa. VV2:lla kumihiylsyä testattiin molemmilla kelaimilla sekä pelkästään K2:lla. Kumihiylsyn vaikutukset kelaintaitteeseen olivat positiivisia jokaisessa testissä. Opinnäytetyössäni tarkastelin myös viimeistelyvalssainten kelaintaitteen esiintymistä vuonna 2014. Tällä tavalla sain realistisen kuvan kelaintaitteen nykytilanteesta, koska ajanjakso oli sopivan pitkä. Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty kelaintaitteiden romutusmäärät paksuusalueittain austeniittisilla ja ferriittisillä. Taulukoiden sarakkeiden selitykset ovat samat kuin taulukoissa 5 ja 6.

Taulukko 3. Kylmänauhan romutukset VV-kelaintaitteen vuoksi austeniittisissa laaduissa vuonna 2014.

Linja	Paksuus min	Paksuus max	Virhe	Laatu	Ka. Paino	Ka. Pituus	Tapahtuma kpl
VV2	0,4	0,6	317	7*	235	51	179
VV2	0,6	0,8	317	7*	366	48	435
VV2	0,8	1	317	7*	367	36	694
VV2	1	1,2	317	7*	256	20	56
VV2	1,2	1,4	317	7*	280	22	35
VV2	1,4	1,6	317	7*	303	20	81
VV2	1,6	1,8	317	7*	263	17	2

Taulukko 4. Kylmänauhan romutukset VV-kelaintaitteen vuoksi ferriittisissä laaduissa vuonna 2014.

Linja	Paksuus min.	Paksuus max.	Virhe	Laatu	Ka. Paino	Ka. Pituus	Tapahtuma kpl
VV2	0,4	0,6	317	8*	379	78	57
VV2	0,6	0,8	317	8*	434	59	83
VV2	0,8	1	317	8*	411	38	113
VV2	1	1,2	317	8*	403	31	74
VV2	1,2	1,4	317	8*	476	33	16
VV2	1,4	1,6	317	8*	335	20	68
VV2	1,6	1,8	317	8*	181	10	1

10 MATERIAALIN ROMUTTAMINEN

Tuotenuhan romuttamisella tarkoitetaan asiakkaalle kelpaamattoman materiaalin poistamista tuoterullasta. Tuotenuhan romutuksia tehdään pääasiassa HP-linjoilla ja leikkaus- ja katkaisulinjoilla. Ensimmäiset kylmänauhan romutukset tapahtuvat kylmävalssauksen jälkeisessä loppuvehkutuksen yhteydessä. Tuoterullasta poistetaan kylmävalssauksessa syntyneet pistopäät, eli valssamatta jäänyt materiaali rullan molemmissa päissä. Tuoterullan suurimmat romutukset johtuvat nauhassa olevista pintavirheistä, joiden vuoksi materiaali ei ole asiakkaalle kelpaava.

Leikkauslinjoilla romutus aloitetaan tuoterullan alusta. Rulla kelataan linjan läpi kiinni päällekelaimen, jonka jälkeen linjan tarkastaja toteaa mahdolliset pintavirheet nauhasta. Tämän jälkeen linjaa ajava operaattori kelaa tuotenuhaa PK:lle niin paljon, että tarkastaja toteaa asiakkaalle kelpaamattoman tuotenuhan olevan kelattuna. Viimeisenä operaattori katkaisee tuotenuhan siitä kohdasta, jossa virhe loppuu ja kelaa romuksi menevän tuotenuhan rullalle. PK:lta romunauha poistetaan rullavaunun avulla ja viedään sitomakoneelle, jossa rullaan laitetaan sidokset. Sitomakoneelta tuotenuha viedään vihirampille, josta vihivaunu vie romurullan sille osoitettuun paikkaan. Tuotenuhan lopussa olevat mahdolliset romuttamiset hoidetaan samaa toimintatapaa käyttäen.

Joissakin tapauksissa tuotetta voidaan myydä asiakkaalle 2-laatusena tai valmistuva materiaali voidaan myydä sellaisenaan uudelle asiakkaalle. Tuotenuhan romutuksia aiheuttavia syitä on käsitelty aiemmin Laatu-osiossa.

Kelaintaitteen vuoksi romutuksia joudutaan tekemään ajoittain ohuesta materiaalista. Kelaintaitteen syykoodilla romutuksesta päättää linjalla työskentelevä tarkastaja. Kelaintaitteen romuttaminen on hyvin tulkinnanvaraista, koska sitä voi esiintyä usean eri prosessivaiheen seurauksena ja kelaintaitteiden virhevälit, sekä kosmeettisuus vaihtelee. Esimerkkinä voidaan käyttää HA2-linjaa, jossa työskentelee yhdessä vuorossa 4 operaattoria, joista kukin vuorollaan toimii tarkastajana. Linjaa pyöritetään viidessä vuorossa, eli tämä tarkoittaa kahta-

kymmentä eri tarkastajaa, mistä voidaan päätellä, että romuttamisien syistä voi olla useita eri näkemyksiä.

Haastateltuani testien aikana kolmen eri vuoron tarkastajia totesin, että romutuksen merkitsemiseen on olemassa useita erilaisia. Eri vuorojen välillä sekä vuoron sisällä voi olla erilaisia toimintatapoja ja näkemyseroja siitä, mikä on romuttamisen todellinen syy. Näkemyseroja voi syntyä muun muassa kriittisimmän virheen toteamisesta, muiden virheiden esiintymisestä ja määrästä, sekä romutusmäärän jakamisesta eri virheille. Tämän vuoksi täysin realistista tilastointia virheen määrästä on haastavaa tehdä. Tarkastava operaattori merkitsee romutuksien syyt, pituudet ja kappalemäärät RETU-tuotannonohjausjärjestelmään ja näitä tietoja voidaan seurata myös kylmävalsaamon Coldweb-virtuaalityökalulla.

11 KELAINTAITTEEN OPTIMOINTI

Optimoinnin tarkoituksena oli tutkia työtapojen vaikutusta kelaintaitteeseen SZ-valssaimilla sekä optimoida työmenetelmiä kumihiylsyn avulla VV2:lla. SZ:llä kelaushylsyn lisäksi kelaintaitteeseen pystytään vaikuttamaan kelaamalla valsattua tai valssaamatonta tuotenauhaa kelainten suojaksi. Tällä hetkellä valssainten alueella on ajankohtaisena myös SZ-pistopäiden lyhentäminen, jonka vuoksi tuotenauhaa ei voida kelata yhtään ylimääräistä kierrosta kelaimelle. Ylimääräisen tuotenauhan kelaaminen kasvattaa suoraan saantitappiota, koska materiaalia jää valssaamatta loppumittaansa ja se joudutaan jatkokäsittelyssä romuttamaan pois. Työssä suoritettiin testejä SZ-valssaimilla eri kelaustapoja käyttäen ja niiden perusteella tehtiin päätelmiä.

Optimoinnissa tuli ottaa myös huomioon muiden alueiden tekemät pintavirheet tuotenauhaan. Tämä huomioimalla voidaan seurata, tehdäänkö niin sanottuja tarpeettomia ponnisteluja pistopäiden pituuksien muuttamisella ja apuvälineiden käyttämisellä, vaikka tietyn virheen vuoksi tuotenauhaa joudutaan romuttamaan yhtä paljon kuin normaaleja työtapoja noudattaen.

Kylmävalssaamon saanti on erittäin tärkeä ajatellen koko prosessiketjua. Testirullien romutustilastoilla voidaan vertailla valssainten ja koko kylmävalssaamon saavuttamaa saantia. Testaamieni testirullien valssainten ja koko kylmävalssaamon saantia on esitetty taulukoissa 9-10. Tällaisessa tilastoinnissa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että testirullien otanta on suppea ja pitempää testijaksoa ei tällä hetkellä pystytä toteuttamaan.

Testattavat tuotenauhat seurataan loppumittaan valssauksesta aina leikkauslinjoille saakka, koska siten saadaan kokonaiskuva ongelman käyttäytymisestä ja ollaan itse toteamassa sitä jokaisessa vaiheessa. Testeissä pyritään tekemään kaikki testit lähes samalla laadulla ja paksuusalueella. Myös verrokkirullien tulisi vastata mahdollisimman hyvin testattavia tuotenauhoja, jotta vertailukelpoisuus on mahdollisimman hyvä.

11.1 SZ-kelaintaitteiden optimointi

Tässä työssä selvitettiin SZ-kelaintaitteiden esiintymistä ja kelaintaitteeseen vaikuttavia asioita. Tällä hetkellä SZ-valssaimilla on ajankohtaisena kehityksen kohteena SZ-pistopäiden optimointi, johon kelaintaite myös olennaisesti liittyy. Työni aikana tehtiin testejä jokaisella SZ-valssaimella liittyen erilaisiin tuotenauhan kelaustapoihin. Eri kelaustavoilla voidaan vaikuttaa tuotenauhaan syntyvän kelaintaitteen määrään. Kelaustapoja käytetään silloin, kun materiaalin lähtö- ja loppupaksuus on sellainen, että teräshylsyä ei käytetä. SZ2:n hylsyohjeessa on määriteltä, että ylimääräistä tuotenauhaa kelataan kelaimelle seuraavissa tapauksissa:

- Loppupaksuuden ollessa 0,8 mm tai alle sekä lähtöpaksuuden ollessa alle 2,1 mm laitetaan vain K2:lle hylsy ja K1:lle kelataan kolme kierrosta valssattua tuotenauhaa.
- Loppupaksuuden ollessa 0,8 mm tai alle ja lähtöpaksuus on yli 2,1 mm jätetään K2:lle kolme kierrosta valssattua tuotenauhaa ja kelataan K1:lle kolme kierrosta valssattua tuotenauhaa.

SZ3-valssaimella on käytössä vastaavanlainen hylsyohje, kuin SZ2-valssaimella lukuun ottamatta pieniä eroavaisuuksia. SZ3-valssaimen hylsynkäyttöohjeessa tuotenauhaa kelataan seuraavissa tapauksissa:

- Loppupaksuuden ollessa 0,71-0,80 mm ja lähtöpaksuuden ollessa alle 2,1 mm laitetaan vain K2:lle hylsy ja K1:lle kelataan kolme kierrosta valssattua tuotenauhaa.
- Loppupaksuuden ollessa 0,71-0,80 mm ja lähtöpaksuuden ollessa alle 2,10 mm kelataan molemmille kelaimille kolme kierrosta valssattua tuotenauhaa.

Kelauksen optimoinnilla pyritään löytämään tarkka metrimäärä kelaukselle tietylle paksuusalueelle, jotta valssainten saanti pistopään osalta on tavoitteessa. Kelaustapojen testauksen jälkeen tulokset käydään itse toteamassa HP4-tarkastuksessa. Työn aikana tehtyjen testien perusteella ei kuitenkaan voida toteuttaa konkreettisia muutoksia tai tehdä varmoja päätelmiä, koska testien otanta on suppea.

Työssä havaittiin teräshylsyn positiivinen vaikutus kelaintaitteeseen. Jatkossa kehitystä voidaan mahdollisesti viedä eteenpäin teräshylsyt käyttöpotentiaalin kasvatuksella sekä tuotenuhan lähtö- ja loppupaksuuksien muokkauksella. Taulukossa 9 on esitetty SZ-valssaimilla tehtyjen kelaintaitetestien tuloksia. Taulukossa on sanallisesti selvitetty kelaustapa molemmilla kelaimille erikseen ja HP4-loppuvehkutuspeittauksen yhteydessä havaittu kelaintaite.

Taulukko 5. SZ-kelaintaitetestien tulokset.

SZ2		Kelaimessa oleva nauhan määrä						257				
Rullanro	Lähti	Laatu	levey	Sanallisesti		Sanallisesti		K1		K2		yht
				K2	K1	Slitsi	Lohko	Slitsi	Lohko	slitsi		
379451-00	2,7	720-1	1031	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 15m	20,0	13,0	34,0	18,0			54,0
452705-00	2,7	720-1	1035	sekv+1,5 kierrosta ja valssaamaan	sekv+1,5 kierrosta ja valssaamaan	140,0	15,0	76,0				216,0
379395-00	2,7	720-1	1034	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 6m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 6m	50,0		18,0				68,0
379394-00	2,7	720-1	1034	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	30,0		10,0	10,0			40,0
379452-00	2,7	720-1	1033	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	130,0	20,0	32,0	27,0			162,0
382893-00	2,4	720-1	1281	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	300		32				332
382852-00	2,3	720-1	1282	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	20		0				20
385391-00	2,2	720-1	1028	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	90	0	20	0			110,0
385392-00	2,2	720-1	1029	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	185		94	0			279,0
386293-00	2,2	720-1	1027	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	220	25	172	0			392,0
378273-00	2,2	720-1	1027	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	180	15	107				287
456267-00	2,7	725-6	1284	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	20	10	28				48,0
465846-00	2,2	750-2	1027	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	104		123				227,0
453566-00	2,2	750-7	1033	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	sekv+valssuksen aloituksen jälkeen nollattu 11m	270						270
465845-00	2,7	750-2	1025	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	217		220				437,0
462282-00	2,2	750-2	1026	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	sekv+3-kierrosta ja valssaamaan	370		366	0			736,0

Taulukosta voidaan havaita, että näiden kelaintaite testien perusteella 720-1-laadulla kelaintaitteen kannalta paras kelaustapa on kelata sekvenssin jälkeen kolme kierrosta valssaamatonta tuotenuhua kelaimen ympärille. 750-2-laadulla parhaaksi tavaksi osoittautuisi se, että sekvenssin jälkeen kelaimelle kelataan kolme kierrosta valssattua tuotenuhua. Tämä tarkoittaa sitä, että sekvenssin jälkeen valssaus aloitetaan ja valssataan tuotenuhua 11 metriä, minkä jälkeen pistopään metrimäärä nollataan. Kelaimelle kelatusta valssatusta tuotenuhasta tulee osa pistopäätä, joka joudutaan romuttamaan jatkokäsittelyssä pois.

11.2 VV-kelaintaitetestit ja tulokset

Kelaintaitetestin tekeminen aloitettiin HP4:lta. HP4:lle testirullat tulivat SZ2 ja SZ3-valssaimilta, ja siellä niissä on käytetty teräshylsyt molemmilla kelaimilla. HP4:n jälkeen testejä jatkettiin VV2 ja HA2-linjoilla. Testeissä käytettävä kumi-hylsy oli Böttcher Systemsin valmistama elastinen kumi-hylsy. Hylsyn sisähal-

kaisija on 589 mm, ulkohalkaisija 605 mm ja seinämänpaksuus 8 mm. Kumihylsyn sopivuutta ja eri prosessilinjojen kelainten halkaisijoita on käsitelty liitteessä 1 kelaintaitetutkimusraportti.

Ennen testirullia ajettiin apunauha uuniin, ettei tuotenauhoihin tulisi uuniseisauksia. Tämän jälkeen asennettiin kumihylsy päällekelaimelle, mikä onnistui hyvin. Kumihylsyn asentaminen vaati kolmen miehen työn, koska sovite oli tiukka ja hylsy on rakenteeltaan hankalasti käsiteltävä. Hylsyn asentamiseen kulunut aika mukaan laskien turvalukitusten tekeminen oli noin kahdeksan minuuttia. Hylsyn asentamisen jälkeen linja käynnistettiin ja linjassa keulilla oleva apunauha pujotettiin hylsulle hihnakäärijän avulla, mikä onnistui hyvin. Testirullat olivat SZ:lla valssattu loppumittaan 0,5 mm. Laadultaan ne olivat austeniittisia (750-2) ja leveydeltään 1250 mm. Tämän paksuisia nauhoja ajettaessa HP4-päällekelaimen vedot olivat 44,4 kN. Testirullien numerot olivat seuraavat:

- 451263-00
- 451247-00
- 451246-00
- 451285-00
- 451241-00
- 451262-00

Nauha 451263-00 oli testisarjan ensimmäinen ja tuli heti apunauhan perässä. Apunauhan poistaminen hylsyn päältä onnistui hyvin, eikä hylsy päässyt liikkumaan kelaimella. Myös tämän tuotenauhan pujottaminen ja linjasta poistaminen onnistui hyvin. Tuotenauhan alkuun tuli ruttua ja nauhan suuntaista vaaleaa rantua paperista tai hylsystä. Testisarjan loput 5 tuotenauhaa onnistuivat samoin lukuun ottamatta ensimmäisessä nauhassa alussa ilmestyvää ruttua. Kuvassa 13 on esitetty kumihylsy HP4-päällekelaimella.



Kuva 18. Kumihylsy asennettuna HP4-päällekelaimelle.

HP4-testin jälkeen rullat kuljetettiin vihivaunulla VV2-automaattivarastoon odottamaan jatkokäsittelyä. Rullat otettiin ajoon seuraavana arkipäivänä päivävuoron aikaan. VV2-testin tarkoituksena oli asentaa hylsy myös K1:lle kelaintaitteen poistamiseksi. Tässä testissä testattiin ensimmäistä kertaa kyseistä kumihylsyä VV2:n molemmilla kelaimilla. Kumihylsy vietiin K1:lle kahden operaattorin voimin rullavaunu montun päässä sijaitsevasta porraskuilusta. Hylsy asennettiin kolmen operaattorin voimin, ja hylsyn väljyydestä johtuen se onnistui hyvin. Hylsyn asennuksen jälkeen otettiin ensimmäinen testirulla ajoon.

Rulla 451263-00 onnistuttiin ajamaan normaali sekvenssejä käyttäen K1:lle. K2 puolella hihnäkäärijä oli päässyt käärimään nauhan pään vinoon hylsyn päälle, mistä aiheutui nauhaan ruttua. Ruttu tasoitettiin alapainorullalla ja aaltopahvilla. Automaattisekvenssi oli laittanut K1:n ylipaistukselle, jonka vuoksi K1-taitetta ilmeni vähän. Nauhassa ei kuitenkaan ilmennyt K2-taitetta.

Ajettaessa rullaa 451285-00 K1:lle automaattisekvenssillä, rulla tökkäsi kumihylsyyn, minkä vuoksi se jouduttiin ajamaan kelaimelle manuaalisesti kahden miehen voimin. Rullan sisäkehältä piti myös nauhan häntä teipata kiinni, ettei se roikkuisi ja vastaisi hylsyyn. Rullan pujottamiseen manuaalisesti meni noin 10

minuuttia. Tähän nauhaan K2-taitetta ei ilmennyt yhtään ja K1-taitetta ilmeni noin kolme kierrosta lopusta.

Rullan 451262-00 saaminen kelaimelle oli hankalaa, kuten edellisenkin. Ajo meni samoin kuin edellinen.

Rullaa 451247-00 ja sitä seuranneita rullia ei saatu enää ajettua K1:lle. Sisäkehä oli liian pieni, vaikka nauha olikin HP4:lla ajettu hylsulle. K1:lle asennettu kumihylsy oli myös löystynyt, eikä se ollut niin elastinen, että se olisi palauttanut muotonsa tällä ajotahdilla. Kumihylsyt ovat halkaisijaltaan juuri sopivia HP4-päällekelaimelle, mutta liian suuria VV2-kelaimille. Kuvassa 14 on esitetty kumi-hylsyn väljyys VV2 K1:lla. Hylsyn väljyys ei kuitenkaan VV2 K2:lla haitannut eli hylsyn päälle kääriminen onnistui hyvin. Loput testirullat mukaan lukien rulla 451247-00 jouduttiin lähettämään HA2:lle uudelleenkelattavaksi, jotta ne voitiin ajaa vielä VV2:lla.



Kuva 19. Kumihylsy asennettuna VV2 K1:lle. Kuvasta ilmenee kumihylsyn väljyys.

Seuraavassa testissä VV2:lla ajetaan ensimmäisellä kerralla epäonnistuneet kolme rullaa. Rullat kelattiin uudelleen HA2 linjalla, koska sisäkehä oli VV2

K1:lle epäsopiva ilman hylsyä ja hylsyn kanssa. Nyt ainoastaan K2:lle asennettiin hylsy ja tutkittiin kelaintaitteen esiintymistä molemmilla kelaimilla. Hylsyn asennuksen jälkeen voitiin aloittaa VV2 testi 2.

Rullan 451247-00 kohdalla sekvenssi ylipaisutti K1:n, joten kelantaitetta tuli loppuun noin 5-6 kierroksen verran. K2-taitetta ei tuotenauhassa näkynyt ollenkaan.

Rullan 451246-00 kohdalla kokeiltiin olla ylipaisuttamatta K1:tä, mutta liikkeelle lähdössä VV2-vedot kiristivät rullaa sisäkehältä reilusti, minkä seurauksena jouduttiin ylipaisuttamaan K1:tä. Tuotenauhaan ei tullut kiristymisestä jälkiä, koska välipaperi suojasi nauhan pintaa. K1-taitetta oli saman verran kuin edellisellä rullalla ja K2-taitetta ei näkynyt yhtään. Kuvassa 3 on esitetty rullan kiristymä, joka aiheutui, kun yritettiin ajaa rullaa ilman ylipaisutusta. Rullan kylkeen piirrettiin tussilla suora viiva, jolla tarkkailtiin rullan kiristymää.

Rullan 451241-00 kohdalla K1 ylipaisutettiin, ettei tule uudelleen kiristymää. K1-taite on sama ja K2-taitetta ei näkynyt yhtään.



Kuva 20. Rullan kylkeen piirretyllä viivalla tarkkailtiin rullan kiristymistä.

Viimeistelyvalssainten testien jälkeen rullat lähetettiin vihivaunulla HA2-linjalle, jossa ne viimeistellään asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Nämä rullat reunattiin asiakkaalle, eli rullan reunoista leikattiin pyörivillä terillä tietyn levyiset kaistat pois. Tällä varmistetaan, että asiakas saa tuotenauhan, joka on oikean levyinen, ja siinä ei ole reunoissa repeämiä tai pintavirheitä.

Ensimmäisenä testissä asennettiin kumihylsy aukikelaimelle, ja se onnistui hyvin. Asentaminen oli helpompaa, kuin aikaisemmillä linjoilla. Tämä johtui siitä, että HA2-kelain on kenttätasolla ja kelaimen halkaisija on sama kuin VV2 K1, eli hylsy on väljä. Hylsyn asennuksen jälkeen voitiin aloittaa testit.

Rullan 451285-00 asentaminen kelaimelle oli normaalia tarkempaa kumihylsyn vuoksi, mutta onnistui hyvin. Nauhassa oli poikittaista erittäin lievää kelaintaitteen näköistä värivirhettä alusta noin 250 metriä. Virhe ei sovi virhevälin (noin 3000mm) perusteella VV- tai SZ-taitteeksi, mutta sopisi HP4 s-rullien virheväliin. VV2 K1-taitetta ei ilmennyt. Nauhan lopussa VV2 K2-taitetta haaleana värivirheenä noin 20 metriä. HA2-aukikelaimen taitetta lopussa noin kolme kierrosta.

Rullan 451262-00 kohdalla ilmeni sama haalea poikittainen jälki kuin edellisessäkin tuotenauhassa. Tässä tuotenauhassa jälki ilmestyi myös noin 200 metriä ennen loppua. Lopussa näkyvä jälki oli niin lievä, että sen kykeni havaitsemaan ainoastaan vauhdissa kunnollista valoa vasten katsomalla. VV2 K2-kelaintaitetta esiintyi nauhan lopussa 10 metriä.

Rullassa 451263-00 ilmeni VV2 K1-kelaintaitetta todella lievänä värivirheenä noin 60 metriä alusta, johtuen VV2 K1 ylipaisutuksesta. VV2 K2-taitetta ei ollut nauhassa yhtään.

Näiden testien jälkeen otettiin testivuoroon uudelleenkelatut kolme tuotenauhaa, jotka ajettiin VV2:lla siten, että vain K2:lla käytettiin kumihylsyä. HA2:lla kumihylsyn sijasta näihin käytettiin aaltopahvia adapterina AK:lla. Aaltopahvin asennuksen jälkeen voitiin aloittaa testit.

Rullassa 451247-00 oli K1-taitetta alussa noin 15 metriä rajumpana, jonka jälkeen lieveni reilusti, ennen kuin katosi kokonaan noin 30 metrin kohdalla. K2-taitetta esiintyi erittäin lievänä värivirheenä lopussa noin 20 metriä, joka jää duopistopään sisälle.

Rullassa 451246-00 K1-taitteen määrä oli sama. VV2 K2-taitetta ei rullassa ollut ollenkaan.

Rullassa 451241-00 K1-taitetta oli alussa noin 10 metriä, eli vähemmän, kuin edellisissä rullissa. K2-taitetta ei tässäkään rullassa näkynyt.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kelaintaitetestit onnistuivat hyvin ja saatiin aikaan hyviä tuloksia. Tuotenaupoissa kelaintaitteen määrä oli lähes olematon. Testeissä ongelmat esiintyivät lähinnä hylsyn asentamisessa sen rakenteen ja dimensioiden vuoksi. Verrokkirulliksi valittiin saman paksuisia nauhoja 720-1- ja 750-2-laatusena. Nämä tuotenaupat ajettiin ilman kumihylsyä jokaisessa työvaiheessa, minkä jälkeen nähdään kumihylsyn todellinen vaikutus pinnanlaatuun.

HA2:lla uudelleenkelattujen testinauhojen testit onnistuivat myös hyvin. Näihin tuotenaupoihin laitettiin HA2 AK:lle aaltopahvia niin sanotuksi adapteriksi suuremman sisäkehän vuoksi. Näissä testeissä VV2 K1-taitetta esiintyi enemmän, kuin testeissä, joissa käytettiin kumihylsyä myös K1:lla. VV2 K1-taite jäi kuitenkin jokaisessa tapauksessa nosturin kypäläjäljen ja muiden virheiden vuoksi huomiotta.

Huomioon täytyy myös ottaa, että apuaikaa syntyy HP4- ja VV2-linjoilla yhteensä noin 20 minuuttia. Tämän lisäksi kumihylsyn asentaminen vaatii kolmen miehen työpanoksen sekä erityistä tarkkaavaisuutta turvallisuuden kannalta.

Testissä yhtenä kiinnostavimpana asiana oli kuitenkin kylmävalssaamon ja valssainten saanti. Saantia voidaan mitata prosentuaalisesti vertaamalla kylmävalssaamolle saapuvan tuoterullan painoa eli kuumanauhapainoa lopputuotteen

punnittuun nettopainoon. Testin jälkeen laskettiin rullille saantiprosentit, jotka ovat keskiarvoltaan tavoitteessa. Kuvassa 26 on esitetty kylmävalssaamon saanti testirullille, joka on laskettu kuumanauhapainosta ja loppupainosta.

Taulukko 6. Testirullien saanti koko kylmävalssaamon osalta.

Rullanro	KUNA paino (kg)	Loppupaino (kg)	Saanti %	Saanti % Ka.
451246-00	23040	21020	91 %	89 %
451241-00	23100	19940	86 %	
451247-00	22740	20020	88 %	
451263-00	23170	20980	91 %	
451262-00	23030	20840	90 %	
451285-00	23060	20160	87 %	

Tehtäessä tarkempaa tarkastelua valssainten saantiin täytyy romutuksista vähentää muiden alueiden tekemät virheet pois lukien pistopäät sekä reuna- ja päätyromut. Näiden vähennyksien jälkeen saadaan tietää valssainten saantiprosentti kyseisille tuoterullille. Tämän saantiprosentin saavuttaminen koko kylmävalssaamon laajuisesti tarkoittaisi sitä, että yhdessäkään työvaiheessa ei saisi romutuksia aiheuttavia pintavirheitä syntyä. Valssainten osalta testirullien käsittelyt onnistuivat erinomaisesti, kuten saantiluvusta voidaan päätellä. Kuvassa 27 on esitetty valssainten saanti kyseisille tuoterullille. Saanti on tässäkin taulukossa ilmoitettu prosentuaalisesti.

Taulukko 7. Testirullien saanti valssainten osalta.

Rullanro	KUNA paino (kg)	Loppupaino (kg)	Saanti %	Saanti % Ka.
451246-00	23040	21535	93 %	92 %
451241-00	23100	21033	91 %	
451247-00	22740	20560	90 %	
451263-00	23170	21230	92 %	
451262-00	23030	21690	94 %	
451285-00	23060	21433	93 %	

VV-kelaintaitetestin tulosten todentamiseksi ja luotettavien johtopäätösten tekemiseksi jouduttiin käyttämään verrokkirullia. Verrokkirulliksi oli valittu saman paksuus- ja laatualueen rullia, joiden prosessireitti oli sama. Nämä verrokkirullat ajettiin jokaisessa prosessivaiheessa normaaleilla parametreilla, sekä normaaleja työtapoja noudattaen. Kumihylsyä ei käytetty yhdessäkään työvaiheessa, ja sen johdosta voidaan tehdä päätelmiä sen hyödyllisyydestä. Verrokkirullien rullanumerot ovat:

- 379231-00
- 453543-00
- 382511-00
- 382891-00
- 382892-00
- 382852-00
- 457368-00
- 457344-00

Verrokkirullat ajettiin HA2-linjalla, joten se paransi testin luotettavuutta, koska verrokkirullien seuraaminen tapahtui samanlaisissa olosuhteissa, kun testirullien ajaminenkin. Olin itse linjalla toteamassa kelaintaitteen määrää siitä syystä, että vaikka kelaintaitteen vuoksi ei merkitä romutuksia, sitä voi silti näkyä tuotenuhassa.

Verrokkirullien testit onnistuivat todella hyvin ja havaittiin, että kelaintaitteen määrä vähenee merkittävästi käyttämällä kumihylsyä. Kumihylsyn vaikutuksista koottiin VV-kelaintaitetutkimusraportti, joka sisältää taulukkolaskentaohjelman pohjalle kootut testien tulokset, kumihylsyn käyttömahdollisuudet ja tarvittavat ohjeet kumihylsyn tuotantoon saattamiseksi. VV-kelaintaitetutkimusraportissa on myös laskettu kumihylsyn käytöllä saavutettava mahdollinen säästöpotentiaali sekä kumihylsyn käytöstä aiheutuvat kustannukset. Tutkimusraportti on opinnäytetyön liitteenä 1.

12 POHDINTA

Opinnäytetyöni oli aiheeltaan todella mielenkiintoinen ja haastava. Kelaintaitteiden tutkimiseen liittyi todella paljon muuttujia, jotka tekivät virheen tutkimisesta haastavaa. SZ-valssainten osalta kelaintaite tutkimukset tehtiin lähinnä nykytilanteen selvittämiseksi ja pistopäiden kelaustapa testeillä. Tällä otantamäärällä ei kyetty saamaan aikaan konkreettisia muutoksia tai muutoksia hylsynkäyttöohjeisiin. Viimeistelyvalssainten osalta saatiin myös selvitettyä kelaintaitteen nykytilanne ja siihen vaikuttavat tekijät. Viimeistelyvalssain 2:lle saatiin aikaan konkreettisia tuloksia liittyen kumihylsyn käyttöön. Kumihylsyn käytöstä tehtiin testit ja todettiin sen olevan erittäin hyödyllinen kelaintaitteen ehkäisemisessä. Kumihylsyn käytöstä saatavat rahalliset hyödyt ovat merkittäviä.

Opinnäytetyö aloitettiin historiatietojen tutkimisella ja havaitsin tämän tavan kannattavaksi, koska siten sain kokonaiskäsityksen virheen esiintymisestä. Historiatietojen pohjalta oli hyvä lähteä miettimään mahdollisia syitä kelaintaitteen esiintymiselle eri ajanjaksoille. Työn aikana havaittiin myös, että käyttöhenkilöstön täsmällisellä ja tunnollisella työskentelyllä voidaan vaikuttaa kelaintaitteeseen käytännössä ja tilastollisesti. Kelaintaitteen määrään käytännössä vaikuttaa kelainten kunto ja työtavat. Tilastollisesti kelaintaitteen määrään vaikuttaa romutuksien merkitsemistyyli. Vuorojen ja operaattoreiden välillä olevat erot romutuksien merkitsemisissä vaikuttaa väärin tavalla tilastolliseen tarkasteluun.

Työhön kerättiin tietoja lähinnä Outokummun sisäisistä lähteistä, kuten verkkolevyltä, virtuaalityökaluista ja sisäisestä intranetistä. Työn aikana olin Outokummun sisällä yhteydessä moniin eri toimijoihin ja näiltä saamani tietoja yhdistelemällä sain hyödyllistä tietoa työhöni. Työssä esitettyjen tietojen avulla kehitystyö kelaintaitteen vähentämiseksi voi helposti jatkua toimihenkilöiden ja operaattoreiden välillä.

Opinnäytetyöni aikana sain paljon uutta tietoa materiaali- ja laitetekniikasta sekä tilastollisesta työskentelystä teknologiateollisuuden työympäristössä. Koin työni olevan opettavainen ja hyödyllinen tulevaisuuden kannalta, koska laatuasioihin

kiinnitetään teollisuudessa todella paljon huomiota. Työn aikana opin myös katsomaan suurempia kokonaisuuksia eri näkökulmista. Kumihylsyn käyttösuunnitelman laatimisen lisäksi sain tietoa ruostumattoman teräksen lopputuotteen valmistuksesta.

LÄHTEET

Alaluusua, N. 2001. Kelaushylsyjen käyttö Sendzimir-Kylmävalssaimella. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu. Tekniikan koulutusyksikkö. Opinnäytetyö.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uudistettu painos. Helsinki: Talentum.

Logistiikan maailma. 2014. Laadunhallinta, laatujohtaminen ja -järjestelmät. Viitattu 2.2.2015
http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Laadunhallinta,_laatujohtaminen_ja_-j%C3%A4rjestelm%C3%A4t

Outokumpu 2015 a. Sisäinen intranet. Viitattu 14.1.2015.

Outokumpu 2015 b. Lotus Notes-tietokanta. Viitattu 23.1.2015.

Outokumpu 2015 c. K-asema. Viitattu 19.1.2015.

HAMK tietopankki. 2014. Laatujärjestelmän avulla vihreämmäksi -PDF. Viitattu 29.1.2015
http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/biopoint/tietopankki/Documents/Tietokortti_laadunhallinta.pdf.

Teknologiateollisuus ry. 2014. Teräksen laadusta vastaa jokainen sen tekijä - PDF. Viitattu 29.1.2015
<http://tech.teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/teraskirja.html>

SixSigma 2012. Cost of Quality: Not Only Failure Costs. Viitattu 2.4.2015
<http://www.isixsigma.com/implementation/financial-analysis/cost-quality-not-only-failure-costs/>

LIITTEET

Liite 1. Kelaintaitetestin tutkimus

1 Valssainten saannin parantaminen kelaintaitteen kannalta

Opinnäytetyön aiheenani oli valssainten saannin parantaminen kelaintaitteen kannalta. Tässä työssä tarkoituksena on löytää optimaaliset työtavat Sendzimir- ja viimeistelyvalssaimilla kelaintaitteiden vähentämiseksi. Kelaintaitteen vähentäminen vaikuttaa suoraan valssainten ja koko kylmävalssaamon saantiin. Opinnäytetyössä otettiin myös huomioon muiden alueiden tekemiä virheitä. Tässä raportissa käsitellään viimeistelyvalssain 2 kelaintaitteiden vähentämiseen liittyvää testiä, jossa käytettiin Böttcher Systemsin valmistamaa kumihiylsyä. Taulukossa 1 on esitetty kumihiylsyn dimensiot sekä sopivuus eri linjojen kelaimiin.

Taulukko 1 Kumihiylsyn dimensiot ja sopivuudet kelaimille.

Kelain	Paisuttamattomana (mm)	Sovite
HP4 PK	587	Sopiva
VV2 K1	581	Väljä
VV2 K2	581	Väljä
HA2 AK	582	Väljä
HA4	586	Sopiva
HA6	579	Väljä
KA1	570	Väljä
KA3	570	Väljä
HA3	570	Väljä
KA4	573	Väljä
Kumihiylsy	mm	
Sisähalk.	589	
Ulkohalk.	605	
Paksuus	8	
Pituus	1700	
Hinta (€)	1420	

2 Viimeistelyvalssainten kelaintaitetesti

Kelaintaitetestiin valittiin 6 kappaletta 1300 mm leveää tuotenuhua 750-2-laatusena. Jokainen nauha on loppupaksuudeltaan 0,49 mm. Kolmeen näistä rullista käytettiin kumihiylsyä HP4 päällekelaimella sekä VV2:lla molemmilla kelaimilla. Toisiin kolmeen rullaan kumihiylsyä käytettiin ainoastaan K2:lla, koska haluttiin verrata myös K1-kelaintaitetta kumihiylsillä ja ilman.

Verrokkirulliksi valittiin materiaaliominaisuuksiltaan lähes samanlaisia tuoterullia, jotta nähtäisiin kumihiylsyn todelliset vaikutukset kelaintaitteen määrään. Vääristyneiden testitulosten välttämiseksi testi- ja verrokkirullat käytiin itse seuraamassa jokaisessa työvaiheessa. Kuvassa 2 on esitetty Excel-taulukkona materiaalin ominaisuudet, testissä tehdyt toimenpiteet ja virheiden määrä.

Taulukko 2 Testirullien tulokset.

Rullanumero	Leveys (mm)	Laatu	Lähtöpaks. (mm)	Loppupaks. (mm)	Kumihiylsy K1	Kumihiylsy K2	VV2 K1 ylipais.	Kelaintaite K1 (m)	Kelaintaite K2 (m)	Yht. (m)	Romutettu kelaintaite (m)	Merkitsevin virhe	Määrä (m)
451285-00	1250	750-2	2	0,49	x	x		0	20	20	0	420/421	160
451262-00	1250	750-2	2	0,49	x	x		0	10	10	10	420/421	160
451263-00	1250	750-2	2	0,49	x	x	x	60	0	60	0	421	51
451247-00	1250	750-2	2	0,49		x		15	20	35	0	420/421	110
451246-00	1250	750-2	2	0,49		x		15	0	15	0	420/421	105
451241-00	1219	750-2	2	0,49		x		10	0	10	0	420/421	186

Testirullille laskettiin myös saantiprosentit, jotka kuvaavat sitä, kuinka hyvin materiaali on pystytty hyödyntämään. Prosentti on laskettu kylmävalssaamon ja valssainten osalta erikseen. Taulukossa 3 ja 4 on esitetty testirullien saantiprosentit.

Taulukko 3 Testirullien saantiprosentit kylmävalssaamon osalta.

Rullanro	KUNA paino (kg)	Loppupaino (kg)	Saanti %	Saanti % Ka.
451246-00	23040	21020	91 %	89 %
451241-00	23100	19940	86 %	
451247-00	22740	20020	88 %	
451263-00	23170	20980	91 %	
451262-00	23030	20840	90 %	
451285-00	23060	20160	87 %	

Taulukko 4 Testirullien saantiprosentit valssainten osalta.

Rullanro	KUNA paino (kg)	Loppupaino (kg)	Saanti %	Saanti % Ka.
451246-00	23040	21535	93 %	92 %
451241-00	23100	21033	91 %	
451247-00	22740	20560	90 %	
451263-00	23170	21230	92 %	
451262-00	23030	21690	94 %	
451285-00	23060	21433	93 %	

3 Testin tulokset

Testissä saatiin aikaan hyviä tuloksia sekä hyödyllistä tietoa liittyen kumihylsyn käyttömahdollisuuksiin ja sen toimintaan. Taulukossa 3 on esitetty testi- ja verokkirullien tulokset.

Taulukko 5 Kelaintaite testin tulokset.

Rullanumero	Leveys (mm)	Laatu	Lähtöpaks. (mm)	Loppupaks. (mm)	Kumihylsy K1	Kumihylsy K2	VV2 K1 ylipais.	Kelaintaite K1 (m)	Kelaintaite K2 (m)	Yht. (m)	Romutettu kelaintaite (m)	Merkitsevin virhe	Määrä (m)
451285-00	1250	750-2	2	0,49	x	x		0	20	20	0	420/421	160
451262-00	1250	750-2	2	0,49	x	x		0	10	10	10	420/421	160
451263-00	1250	750-2	2	0,49	x	x	x	60	0	60	0	421	51
451247-00	1250	750-2	2	0,49		x		15	20	35	0	420/421	110
451246-00	1250	750-2	2	0,49		x		15	0	15	0	420/421	105
451241-00	1219	750-2	2	0,49		x		10	0	10	0	420/421	186
379231-00	1250	720-1	2	0,49				15	100	115	0	320	102
453543-00	1275	750-2	2	0,49				30	150	180	0	257	110
382511-00	1528	720-1	2,2	0,59				0	200	200	100	320	300
382891-00	1250	720-1	2,4	0,49				20	125	145	0	420/421	74
382892-00	1240	720-1	2,4	0,49				15	105	120	0	421	30
382852-00	1276	720-1	2,4	0,49				30	70	100	0	429	39
457368-00	1026	750-2	3	0,49				20	80	100	0	420/421	100
457344-00	1030	750-2	3	0,49				25	65	90	0	320	47
Testirulla													
Verokkirulla													

Kelaintaitetestin tuloksista voidaan päätellä, että kumihylsyn käytöstä on suurta hyötyä kelaintaitteen vähentämisessä.

4 Kumihylsyn säästöpotentiaali

Testien perusteella kumihylsillä saavutettava säästöpotentiaali on korkea prosentuaalisesti sekä rahallisesti. Käyttämällä kumihylsyä jo aiemmin mainitulla paksuusalueella pystymme vaikuttamaan 88 prosenttiin kelaintaitteen kokonaismäärästä. Kumihylsyjen ja aaltopahvin kokonaiskustannukset ovat arviolta noin 4-6 prosenttia säästöpotentiaalimäärästä.



5 Kumihylsyn käyttöönotto ja mahdollisuudet

Kumihylsyn käyttömahdollisuudet VV2:lla on paksuusalueella 0,4-1,00 mm kaikilla leveyksillä ja laaduilla. Kumihylsyn käyttäminen aloitetaan aluksi ainoastaan VV2 K2:lla 0,5 mm loppumitan tuotenuhoissa, joiden prosessireitti jatkuu Terneuzeniin HA3- ja KA4-linjoille sekä Tornion HA2-linjalle. HA2:lla aukikelaimelle kumihylsyn sijasta asetetaan 1-2 kierrosta aaltopahvia niin sanotuksi adapteriksi. Ennen virallista ohjeistusta ja tuotantoon saattamista ajetaan vielä VV2- ja HA2-linjoilla testejä, joissa VV2 K2:lla käytetään kumihylsyä ja HA2 AK:lla aaltopahvia.

Terneuzenin HA3- ja KA4-linjoilla aukikelaimet paisuvat riittävän suureen halkaisijaan, eli kumihylsyä tai aaltopahvia ei tarvita. Testitarkoituksessa ajetaan kuitenkin Terneuzeniin menevää saman paksuusalueen materiaalia kumihylsulle, jotta varmistetaan siitä, että VV2:lla aiheutuneesta suuremmasta sisäkehästä ei ole haittaa Terneuzenissa. Tästä testistä on kuitenkin sovittava etukäteen pinnantarkistuksen käyttöinsinöörin kanssa.

Jatkokehittelyssä paksuusaluetta laajennetaan ainakin 0,8 mm saakka ja kumihylsyn asennukseen suunnitellaan nostoapuväline. Nostoapuvälineen on kaavailtu olevan kevytkäyttöinen kärry, minkä avulla kumihylsy voidaan nostamatta asentaa VV2 K2:lle. Jos kumihylsyn käyttöä päätetään laajentaa HA2- ja KA3-linjoille, täytyy myös sinne suunnitella nostoapuväline.

Kumihylsulle ajettavat rullat pyritään ajamaan sarjoina, jotta hylsyn asennuksesta johtuva apuaika voidaan minimoida. VV2 K2:lle hylsyn turvallisesta asentamisesta koituu apuaikaa noin 5 minuuttia. VV2:lla aiheutuneen suuremman sisäkehän merkitseminen tapahtuu RETU QTH-näytölle tai rullan huomautuksiin. Jatkossa tuotannonsuunnittelun kanssa yhteistyössä voidaan miettiä toisenlainen vaihtoehto merkitsemiselle (esimerkiksi RETU-ajonäyttöön sisähalkaisijalle oma paikka, johon ilmaistaan hylsyn käyttö tai siitä syntynyt suurempi sisäkehä).



6 Kustannukset, apuajat ja kumihylsyjen saatavuus

Kumihylsystä aiheutuvat kustannukset koostuvat kumihylsyistä, aaltopahvista ja nostoapuvälineestä. Kumihylsyn kappalehinta on 1420 euroa, ja niitä tarvittaisiin aluksi 3-4 kappaletta. Aaltopahvin menekki tulee laskea siten, että sitä kuluu 3-4 metriä rullaa kohden. Jatkokehittelyssä voitaisiin myös miettiä vaihtoehtoisia materiaalia AK:lle. Aaltopahvi joudutaan vaihtamaan lähes jokaiseen rullaan, koska kelaimen paisutus rikkoo pahvin.

Kumihylsyjä on saatavilla tilaamalla Böttcher Systemsiltä erilaisilla dimensioilla. Toimitusaika kumihylsulle on 4-6 viikkoa riippuen mitoista.

Nostoapuvälineen valmistuksesta koituvia kustannuksia syntyy suunnittelusta, materiaalista ja työmäärästä. Nostoapuväline suunnitellaan ja valmistetaan Outokummulla, koska on epätodennäköistä, että ulkopuolisilta markkinoilta löytyisi juuri tähän käyttötarkoitukseen sopivaa laitetta.

Kumihylsyn käytöstä syntyy apuaikaa noin 5 minuuttia asennuksessa ja saman verran hylsyn poistamisessa. Kumihylsyn asennus myös vaatii kahden työntekijän panoksen. Nostoapulaiteella hylsyn asennus onnistuu yhdeltä työntekijältä lyhyemmässä ajassa. HA2:lla apuaikaa syntyy aaltopahvin asennuksesta noin 1-2 minuuttia rullaa kohden.



7 Ehdoitukset kumihylsyn käytön aloittamiselle

- Käytetään aluksi VV2 K2:lla ainoastaan 0,5 mm paksuisiin tuoterulliin, jotka seuraavassa työvaiheessa menevät HA2, HA3 ja KA4.
- Kumihylsulle ajettavat tuoterullat on pyrittävä ajamaan sarjoina apuajan minimoimiseksi. Sarjat voivat olla pitkiä, koska paksuusalue on laaja ja laadulla ei ole väliä.
- Tulevaisuudessa hylsyn käyttäminen HP4 PK ja VV2 K1 on täysin mahdollista. Tämä vaatii VV2 K1 pienemmällä sisähalkaisijalla olevaa kumihylsyä, koska nykyinen hylsy on liian väljä, eikä rullaa saada pujotettua kelaimelle.
- HA2:lle meneviin rulliin laitetaan aaltopahvia 1-2 kierrosta aukikelaimelle suuremman sisäkehän adapteriksi. Aaltopahvin käytöstä AK:lla tulee tehdä työhjeistus ja riskikartoitus, jotka tulee käydä läpi vuoroissa.
- Hylsyä käytetään pääasiassa 0,4mm-1,00 mm paksuusalueella (v. 2014 VV kelaintaitteen romutustapahtumista 88 prosenttia tällä alueella). Tarvittaessa voi käyttää myös paksummilla nauhoilla, VV2 hihnäkäärijän käärimispotentiaali noin 1,2 mm saakka.
- Jokaisella hylsyä käytävällä linjalla tulee olla oma hylsy, jolla pystytään minimoimaan apuaika.
- Kumihylsyn asennuksen kuormittavuuden vuoksi on suunniteltava nostoapuväline.
- Kumihylsyn asennukseen käsin sekä nostoapuvälineellä on tehtävä työhjeistus ja riskikartoitus. Asennukseen ja käyttöön liittyvät asiat sekä toimenpiteet on käytävä läpi vuoroissa.

7.1 Huomioitavia asioita

- Kumihylsyn käyttö mahdollista myös HP4 AK ja VV2 K1. Tällä hetkellä siitä saatava on hyöty sen verran pieni, että apuajat laskettuna se ei ole kannattavaa. VV2 K1 taite jää lähes aina pistopään sisäpuolelle.
- Kumihylsy toimii erinomaisesti VV2 K2:lla väljyydestä huolimatta. HP4-päällekelaimelle täysin optimaalinen (vain 2 mm välily).
- HP4-päällekelaimella käytettäessä täytyy kumihylsulle ajettavat tuotenauhat myös ajaa sarjoina ja sarjan molemmissa päissä tulee olla apunauhat uuniseisauksien varalle.
- HP4-hihnäkäärijän kynnet osuvat melkein tuotenauhaan hihnäkäärijän poistuessa hylsyn päältä. Tuotenauhan ja käärijän kynsien väliin jää noin kaksi senttiä väliä. Linja ei siis voi pyöriä paljoa nopeampaa ja/tai tuotenauha ei voi olla paljoa paksumpaa, etteivät kynnet pääsisi osumaan tuotenauhaan aiheuttaen jälkeä.
- Kumihylsyn asennus vaatii 2-3 ihmisen panoksen jokaisella linjalla, joka johtuu hylsyn löysästä rakenteesta ja sen painosta, joka on noin 40-45 kiloa.
- Leikkaus- ja katkaisulinjojen henkilöstön ohjeistusta materiaalin romutuksista tulisi yhtenäistää, näin romutussyiden tilastollinen tarkastelu muuttuisi realistisemmaksi.

- Osa tarkastajista etsii nauhasta merkittävimmän virheen ja romuttavat koko romutettavan mitan sen perusteella, välittämättä siitä mitä muita virheitä nauhassa on. Toiset tarkastajat taas merkitsevät romutusta usealla virhekoodilla, jos tuotenuhassa on useampaa eri virhettä.
- VV:lla ajettua materiaalia ei lähetetä suoraan asiakkaalle, vaan se käy aina leikkauslinjojen kautta, koska VV2:lla ei ole näytteiden ottoon tarvittavaa laitteistoa. VV2:lta tulevasta suuremmasta sisäkehästä ei koidu siis ongelmaa asiakkaille, koska sisäkehä muuttuu leikkauslinjojen työvaiheen jälkeen taas normaaliksi (610 mm).

Outokumpu Group

Lari Liikamaa