

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Nauhan tasomaisuuden parantaminen RAP5-linjalla

Pertti Yli-Öyrä

Konetekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokummun Tornion Tehtaiden RAP5-linjalle. Opinnäytetyön aiheena on teräsnauhan tasomaisuuden parantaminen RAP-prosessissa. Työ tehtiin vuoden 2012 aikana ja 2013 alussa.

Haluan kiittää työn ohjaajia Timo Kauppia ja Janne Pyykköstä avusta ja kärsivällisyydestä. Kiitokset kuuluvat myös koko RAP5-linjan henkilöstölle avusta, neuvoista ja asiantuntemuksesta. Kaikkein suurin kiitos kuuluu perheelleni tuesta ja jaksamisesta.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Pertti Yli-Öyrä
Opinnäytetyön nimi	Nauhan tasomaisuuden parantaminen RAP5-linjalla
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	10.4.2013
sivumäärä	54 + 4 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	TkL Timo Kauppi
Yritys	Outokumpu Stainless Oyj
Yrityksen valvoja	DI Janne Pyykkönen

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin teräsnauhan tasomaisuutta ja sen muutoksia RAP5-linjan prosessissa. Tasomaisuus on teräsnauhan tai -levyn ominaisuus, joka kertoo sen kyvystä asettua tasaiseksi pinnaksi. Asiakkaan käytössä se on merkittävä ominaisuus vaikkapa seinäverhoilun onnistumisessa tai putken sauman hitsaamisessa. Teräksen tuotannossa se vaikuttaa nauhan valssattavuuteen, ohjautuvuuteen, naarmujen syntymiseen ja linjan eri osien kulumiseen. RAP5-linjalla tasomaisuusvaihtelut aiheuttavat laitaanmenoja, osien ennenaikaista kulumista ja laatuvirheitä tuotenauhaan.

Työ rajattiin koskemaan RAP5-linjan hehkutuksessa ja jäähdytyksessä sekä mekaanisessa hilseenpoistossa tapahtuvia muutoksia. Alueella tasomaisuusvirheiden syinä voivat olla hehkutuksen ja jäähdytyksen lämpötilamuutoksista johtuvat jännitykset tai nauhaan kohdistuvien mekaanisten voimien aiheuttamat venymät. Tutkimusta tehtiin työn ohessa RAP5 loppupään prosessinohitajana. Menetelminä käytettiin silmämääräistä arviota sekä prosessin ajonaikaista ja tallennettua tietoa. Myös aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia hyödynnettiin. Osa tiedoista perustuu aluevastaavien ja muiden asiantuntijoiden haastatteluihin.

Työn tavoitteena oli löytää linjan merkittävimmät tasomaisuusvirheiden aiheuttajat ja määrittellä korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet. Käytettäviä keinoja ovat parametroidin parantaminen, huoltotoimenpiteiden suorittaminen oikeaan aikaan ja eräiden osien muutostyöt. Myös ajonaikaiseen kunnonvalvontaan etsittiin keinoja. Parhaiten huonon tasomaisuuden aiheuttamat ongelmat poistetaan puuttamalla juurisyihin, eli nauhan hehkutuksessa ja jäähdytyksessä tapahtuviin muutoksiin.

Asiasanat: tasomaisuus, jäähdytys, hilseenmurtaja.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Pertti Yli-Öyrä
Title	RAP5-line Flatness Improvement
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	10 April 2013
Pages	54 + 4 appendices
Instructor	Timo Kauppi, LicSc (Tech.)
Company	Outokumpu Stainless Ltd
Supervisor from Company	Janne Pyykkönen, MSc (tech.), Outokumpu Stainless

This study was done for RAP5 line of Outokumpu Stainless Ltd. Flatness indicates steel strip's or sheet's ability to lay down on a level surface. The bigger area of the sheet is touching the surface the better is its flatness. In production poor flatness is the main reason for rolling problems, scratches and steering difficulties. From the customer's point of view, poor flatness means handling and welding problems or appearance defects.

The study was focused on the area between annealing and mechanical descaling. The aim of the study was to deal with the theory of flatness and find the most significant reasons for flatness errors and define solutions to improve and maintain good flatness level. The research was done by using visual observation and interviews. Earlier examinations and history database were also used.

The most important reason for flatness errors is an uneven cooling rate. Poor flatness after cooling section leads to abnormal wearing in the scale breaker and shot blaster. Worn devices make flatness even worse. There are lots of reasons for flatness errors but improvements at cooling section are a way to prevent both flatness problems and abnormal wearing.

Mechanical condition monitoring consists of a combination of surface inspection, camera surveillance and field work. The secure construction of the line makes it difficult to find a damaged part. This study includes a lot of photos and guidelines in order to help to find out product defects and their causes.

Keywords: flatness, cooling, scale breaker.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. RAP5	2
2.1. Toimintakuvaus	3
2.1.1. Materiaalin syöttö linjaan	4
2.1.2. Tandem-valssaus	5
2.1.3. Hehkutus ja jäähdytys	5
2.1.4. Mekaaninen hilseenpoisto	6
2.1.5. Peittäus	8
2.1.6. Viimeistelyvalssaus ja venytysoikaisu	9
2.1.7. Päällekelaus ja tarkastus	9
2.2. Turvallisuus	10
2.3. Laatu	12
3. TASOMAISUUS	14
3.1. Tasomaisuuden merkitys	14
3.2. Tasomaisuus RAP5:lla	15
3.2.1. Hehkutus	15
3.2.2. Jäähdytys	16
3.2.3. Hilseenmurtaja	17
3.2.4. Kuulapuhallus	19
3.2.5. Rullastot	19
4. HUOLTO	21
4.1. Kannatinrullat	22
4.2. Hilseenmurtaja	26
4.3. Kuulapuhallus	29
4.4. Ohjaus- ja S-rullat	30
5. TUTKIMUKSIA	32
5.1. Kuumanauhan tasomaisuus	32
5.2. Kuumanauhan tasomaisuus ilman hehkutusta 13.4.2012	33
5.3. Kylmänauhan tasomaisuus	34
5.4. Kannatinrullien keston parantaminen	35
5.5. Hilseenmurtajan venymän lisääminen	36
5.6. Hilseenmurtajan työtelan materiaalin tarkistus	37
5.7. Ajonaikainen kunnonvalvonta	38
6. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	40
7. KEHITYSIDEOITA	43
7.1. Hehkutusuuni ja jäähdytysvyöhyke	43
7.2. Hilseenmurtaja	44
7.3. Kunnonvalvonta	46
7.4. Tarkastuskierron	48

8. YHTEENVETO	51
9. LÄHDELUETTELO	53
10. LIITELUETTELO	54

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TCM	Tandem-valssain
SPM	Skin Pass Mill = viimeistelyvalssain
RAP	Rolling, Annealing, Pickling = Valssaus, Hehkutus, Peittaus
Reduktio	Valssausaste, eli nauhan ohenema
Myötöraja	Kuormitusarvo, jonka ylittyminen johtaa pysyviin muodonmuutoksiin
A-puoli	Rakennuksen etelän puoleinen pilaririvi, jonka puoleista linjan laittaa kutsutaan A-puoleksi, tarkastuspisteestä katsottuna takareuna
B-puoli	Linjan pohjoisen puoleinen reuna, tarkastuspisteessä etureuna
KUTI	Kunnossapidon tietojärjestelmä

1. JOHDANTO

Outokumpu on perinteisen kaivosyhtiön perustalle muodostunut ferrokromin tuottaja ja ruostumattomien terästen valmistaja jonka Suomen tuotantotoiminta sijaitsee Kemin, Keminmaan ja Tornion alueella. Oma kromikaivos ja pienelle alueelle keskittynyt tehdaskokonaisuus on ehdoton kilpailuvaltti kustannustehokkuuden, läpimenoajan ja logistiikan kannalta. Viimeisimpien yritysjärjestelyjen jälkeen tuotantotoimintaa on Suomen lisäksi Ruotsissa, Iso-Britanniassa, Saksassa, Yhdysvalloissa, Meksikossa ja Kiinassa. Terästuotannon toiminta-ajatuksena on tuottaa tehokkaasti laadukkaita ruostumattomia teräsnauhja ja – levyjä vastaamaan asiakkaiden tarpeita ja vaatimuksia. Outokummun tavoite on olla kiistaton ykkönen alallaan.

Tehokkuuden periaate näkyy hyvin Tornion tehtaen RAP5-linjassa. Se on luotu kirkkaan kuumanauhan ja kylmänauhan massatuotantoon tavallisimmilla teräslajeilla ja laatutasoilla. Linjalla pystytään kerta-ajolla tekemään mustasta kuumanauhasta samanvahvuista tai ohuemmaksi valssattua kirkasta kuumanauhaa lujitusvalssauksella tai ilman. Toisen ajokerran tuote on kylmänauhaa viimeistelyvalssattuna tai ilman..

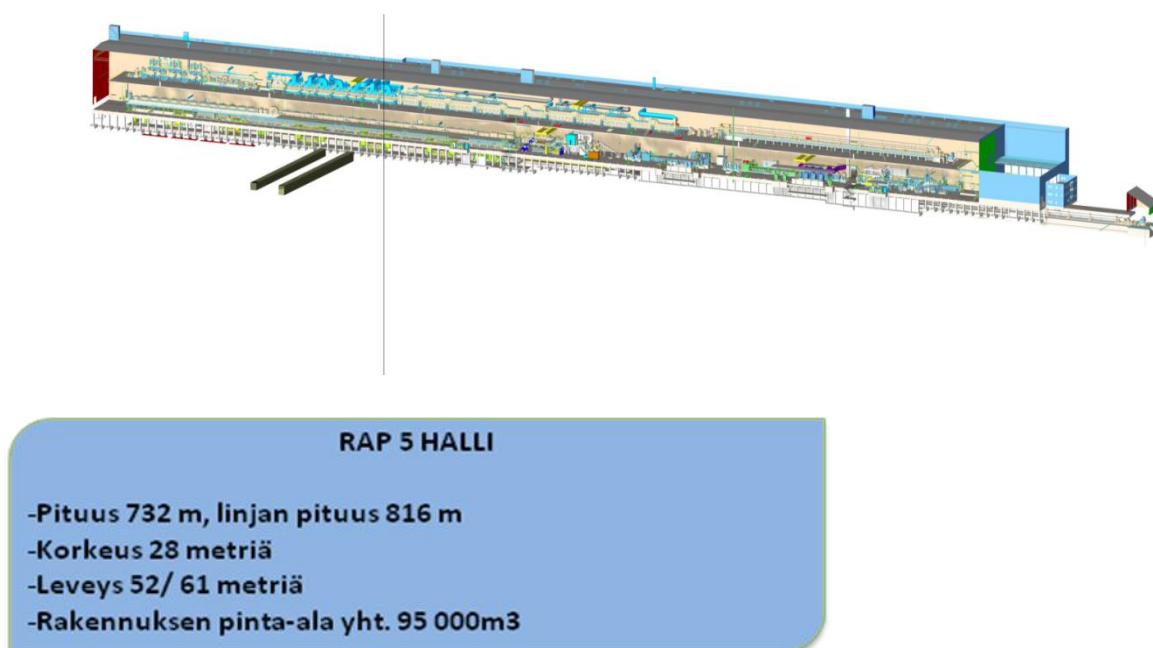
Oma työhistoriani RAP5-linjalla alkoi syksyllä 2002, jota ennen työskentelin 12 vuotta leikkauslinjoilla kaikissa alueen työtehtävissä. Tehtäviini on kuulunut sekä käyttö- että tarkastustehtäviä, joten olen ollut laatua sekä tekemässä että toteamassa. Työhistoriani ja –kokemukseni antavat hyvät lähtökohdat lopputyöhöni.

RAP5-linjalla syntyvistä laatuvirheistä useiden juurisyynä on tasomaisuus, jonka parantaminen ja hyvän tason ylläpito hehkutuksen, jäähdytyksen ja mekaanisen hilseenpoiston alueella on opinnäytetyöni aihe. Tavoitteena oli käsitellä tasomaisuuden teoriaa, tunnistaa ongelmat määritellyllä alueella ja etsiä niihin ratkaisuja.

2. RAP5

RAP5 on kylmävalssaamo 2:n ainoa linja. Nimi on lyhenne sanoista Rolling, Annealing and Pickling, suomeksi valssaus, hehkutus ja peittaus. Numero 5 tarkoittaa, että linja on Outokummun 5. hehkutus-peittauslinja. Valmistuessaan RAP5 oli ainoa lajissaan maailmassa. RAP5:n tekninen tuotantokapasiteetti on 1 100 000 tonnia vuodessa. Se oli linjan valmistuessa maailman korkein lukema. Käytännössä lukema vaikuttaa realistiselta, vaikkei sitä olekaan saavutettu. Linja tehtiin alun perin austeniittisten kuuma- ja kylmänauhojen valmistusta varten, myös ferriittisten terästen valmistus huomioon ottaen. Pian ferriittiset lajit lisättiin tuotevalikoimaan. Linjalla valmistetaan kirkasta kuumanauhaa ja kylmänauhaa leveysalueella 1000 – 1650 mm. Paksuusalue on kylmänauhalla 1 – 3 mm ja kuumanauhalla 1.4 – 6 mm. Lisäksi RAP-linjalla valmistetaan ainoana maailmassa 2E-tuotetta, jonka kauppanimi on karkea kylmänauha. Pinnaltaan se ei paljon poikkea kuumanauhasta, mutta mittatarkkuus on kylmänauhan tasoa. Tuotevalikoiman laajentamiseksi tehdään työtä jatkuvasti.

Kylmävalssaamo 2 oli valmistuessaan tilavuudeltaan Suomen suurin rakennus. RAP5-linjan lisäksi siellä on automaattinen korkeavarasto, valssihiomo, korjaamo, tarveainevarasto ja konttori (kuva1).

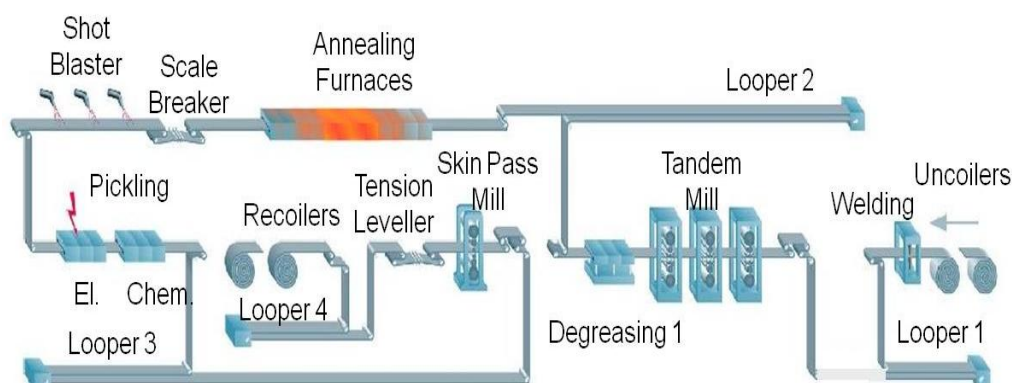


Kuva 1. RAP5 läpileikkaus

Linja on toiminnassa ympäri vuorokauden vuoden jokaisena päivänä. Linjalla on käytössä 5-vuorojärjestelmä. Käyttömiehistöä on alku- ja loppupään valvomoissa yhteensä 7 / vuoro ja lisäksi materiaalsiirron hoitaja, valssinhioja ja vuorotyönjohtaja. Linjan käyttötehtävät suoritetaan tehtäviä kierrättäen tiimimäisesti. Kunnossapidosta huolehtivat vuorossa vuorohuoltoteknikko sekä kone- ja sähköpäivystäjät hänen alaisuudessaan.

2.1. Toimintakuvaus

RAP5:lla valmistetaan yhdellä ajokerralla mustasta kuumanauhasta kirkasta tai 4H- eli kvarttovalssattua kuumanauhaa. Myös tandemvalssattu 2E valmistuu kerta-ajolla. Normaali 1-pintainen kuumanauhakin voi olla tandemvalssattu: ohut kuumanauha on tehokkaampaa valssata loppumittaansa RAP5-linjalla. Kun kirkas kuumanauha ajetaan uudestaan linjan läpi tandemvalssaus päällä ilman kuulapuhallusta, syntyy kylmänauhaa. Kylmänauhaa voidaan valmistaa viimeistelyvalssattuna tai ilman, myös venytysoikaisu on mahdollinen. (kuva 2) /6/



Kuva 2. RAP 5 prosessikaavio

2.1.1. Materiaalin syöttö linjaan

Tuotantomateriaali RAP5:lle tulee lavetilla kuumavalssaamolta RAP5:n automaattiseen korkeavarastoon. Rullat ovat mustaa kuumanauhaa paksuudeltaan max. 6 mm. Korkeavarastosta rullat tulevat ohjelman mukaisessa järjestyksessä hisseillä rampeille, josta siirtovaunut hakevat rullat panganpoistoon. Panganpoistossa poistetaan sidontavanteet rullien ympäriltä ja taivutetaan nauhan pää pujotuksen helpottamiseksi. Tämän jälkeen rullat siirtyvät 7-paikkaisille askelpalkeille, joissa rullat siirtyvät askel kerrallaan palkin toiseen päähän. Kun rulla on palkin toisessa päässä, hakee siirtovaunu rullan aukikelaimelle. Nauhan päätä lähdetään pujottamaan oikaisukoneen kautta leikkurille, missä keulaa romutetaan tarpeellinen määrä niin, että materiaali on valssauskelpoista. Linjassa on kaksi aukikelainta jatkuvan ajon mahdollistamiseksi, siksi myös rampeja, panganpoistoja, askelpalkeja ja siirtovaunuja on kaksin kappalein. Seuraavaksi nauhan pää siirtyy aukikelaimen syöttäessä lisää nauhaa laserhitsauskoneelle, missä nauhan keula hitsataan edellisen rullan häntään. Hitsattu sauma hiotaan, sen päät lovetaan ja sauman kohdalle tehdään saumanseurantareikä. Tästä nauha jatkaa matkaansa 1-varaajaan, joka toimii puskurivarastona tandem-valssaimelle, mikä mahdollistaa tandem-jatkuvan ajon ja antaa alkupäälle aikaa seuraavan nauhan pujotukseen. Varaajan kapasiteetti on 750 metriä. /6/

2.1.2. Tandem-valssaus

Tandem-valssain muodostuu kolmesta peräkkäisestä 6-korkeasta valssituolista ja sen kokonaisreduktio on austeniittisella 50 %, ferriittisellä pienemmän muokkauslujittumistaipumuksen vuoksi jopa 80 %. Halutusta reduktiosta riippuen voidaan käyttää yhtä, kahta tai kolmea valssituolia. Linjaa voidaan ajaa myös ilman valssausta. Pienellä reduktiolla valssausvoima on pieni ja se aiheuttaa sutimista ja tekee hallinnan vaikeaksi, siksi vähennetään valssituoleja. Verrattuna Sendzimir-valssaimeen Tandemin työvalssit ovat kooltaan suuremmat ja huonommin tuetut. Jatkuvatoimisen linjan osana edestakaisin ajo ei ole mahdollista, joten reduktio jää pienemmäksi kuin Sendzimirillä. Tasomaisuutta valssatessa hallitaan lähinnä taivutus- ja kallistussäädöillä: kireään osaan nauhaa kohdistetaan enemmän ja löysään kohtaan vähemmän voimaa. Sääto tapahtuu automaattisesti: stressometrillä mittaa siihen kohdistuvan paineen nauhan leveyden eri kohdissa ja valssain säättää taivutusta tai kallistusta, kunnes saavutetaan haluttu painejakauma. Samaan aikaan valssausvoiman hallinnalla säädetään nauhan paksuus suunniteltuun arvoon. Valssauksen aikana nauhaa jäähdytetään ja voidellaan öljyllä, joka pestään pois rasvanpoistossa. Valssausöljy on myös herkästi syttyvää, minkä vuoksi valssaimella on automaattinen hiilidioksidisammutusjärjestelmä. Hiilidioksidin purkautuessa kaikkien hallissa olijojen on poistuttava joko ulos tai valvomoon, kunnes paluu on varmistettu turvalliseksi. /6/

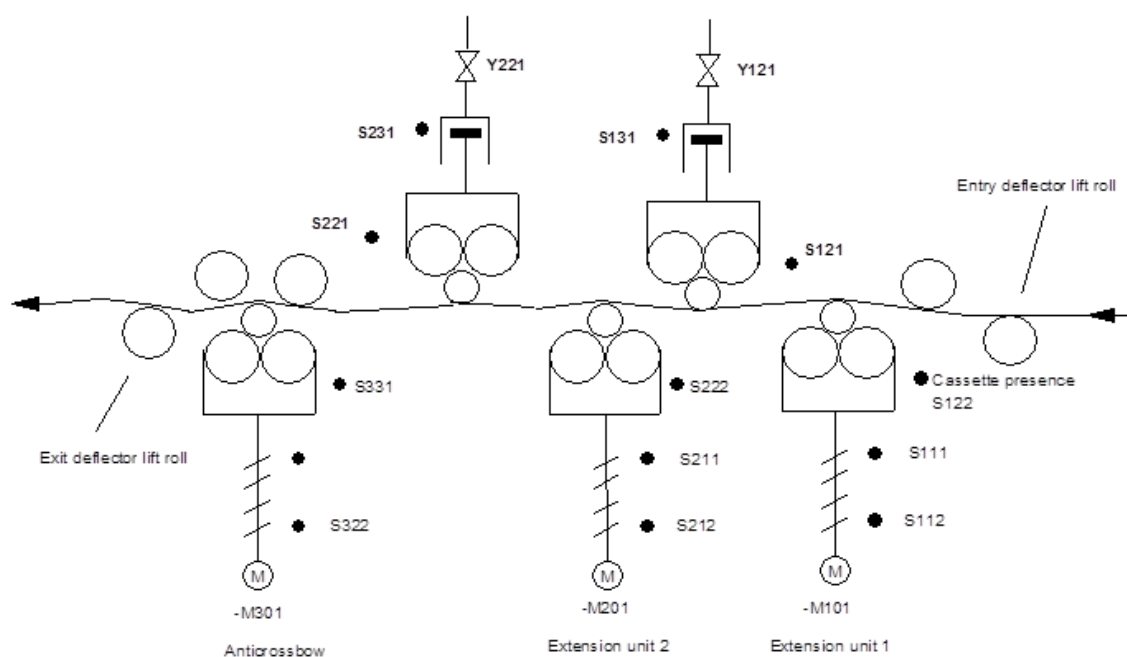
2.1.3. Hehkutus ja jäähdytys

Rasvanpoistosta nauha jatkaa matkaa yläkertaan 2-varaajaan, johon nauhaa mahtuu myös 750 metriä. Tämä antaa mahdollisuuden prosessiosan jatkuvalla tasaiselle käynnille, mikä on tuotteen laadun ja mekaanisten ominaisuuksien kannalta välttämätöntä. Nauhan pysähtyminen uunissa aiheuttaa ylihehkuttumisen, mistä seuraa ei-toivottuja raekokomuutoksia ja nauhan puhdistuminen vaikeutuu. Hehkutusuuni on noin 214 metriä pitkä ja se käyttää polttoaineenaan nestekaasua. Nauhan loppulämpötila määräytyy teräslajin mukaan, tyypillisesti austeniittisilla noin 1100 – 1150 astetta. Uunin jälkeen nauha jäähdytetään jäähdytysvyöhykkeellä. Jäähdytykseen käytetään vettä ja ilmaa ja sen tarkoituksena on jäähdyttää nauha hallitusti sekä estää linjalla olevien kumipintaisten rullien sulaminen. Jäähdytyksen jälkeen nauhan maksimilämpötila on 120 °C, käytännössä

alle 50 °C. Jäähdytysvesi kerää itseensä suuria määriä hilsettä, minkä vuoksi vesi suodatetaan hiekkasuodattimilla, ennen kuin se päästetään takaisin kiertoön. Hilse kerätään kasettilavoille ja viedään sulatolle uudelleen käytettäväksi raaka-aineeksi. /6/

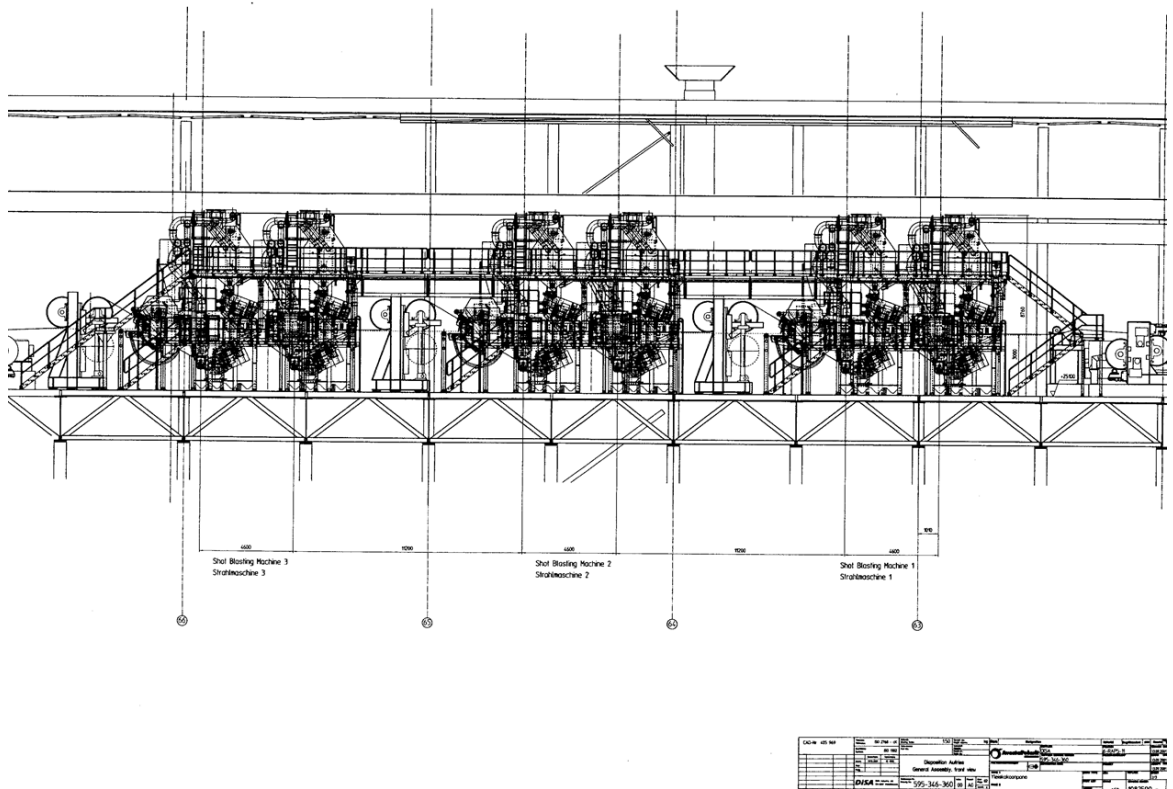
2.1.4. Mekaaninen hilseenpoisto

Seuraava prosessilaitte on hilseenmurtaja (scale breaker), jonka tarkoitus on nauhaa venyttämällä ja taivuttamalla murtaa nauhan pinnassa oleva hehkutushilsekerros. Koska hilseenmurtaja on toimintaperiaatteeltaan oikaisukone, tasaa se samalla nauhan jännityksiä ja parantaa tasomaisuutta. Hilseenmurtajassa on viisi kasettia, kolme nauhan alapuolella ja kaksi yläpuolella. Kaksi ensimmäistä kasettiparia sijaitsevat siten, että ylä- ja alakasetti yhdessä muodostavat nauhaan jyrkän taipuman. Viimeinen alakasetti toimii yksinään ja sen tavoitteena on poistaa nauhan kanoottimaisuus. Lisäksi hilseenmurtajan tulo- ja jättöpuolella on vedonmittausrullastot (kuva 3). Nauhan taivutus tapahtuu säätämällä kasettien limitystä materiaalille määriteltyjen asetusarvojen mukaan. Hilseenmurtajaa voidaan käyttää myös ilman taivutusta, jolloin venymä tehdään pelkällä vedolla. Venymä syntyy laitteen molemmiin puolin sijaitsevien S-rullien vedolla. Venymä on austeniittisella tyypillisesti 0.4 %. Ferriittisellä materiaalilla venymä on lajista riippuen 0.2 - 1.5 %. Nauhan pinnassa oleva oksidikerros eli hilse on muodonmuutoskyvyltään itse nauhaa heikompi ja siksi murtuu. Hilseen murtaminen helpottaa kuulapuhalluksen työtä poistaa hilse nauhan pinnasta.



Kuva 3. Hilseenmurtaja /6/

Kuulapuhallus muodostuu kolmesta peräkkäisestä yksiköstä, jotka linkoavat nauhan pintaan pieniä (<0.5 mm) teräskuulia suurella nopeudella. Jokainen yksikkö koostuu kahdesta koneesta, joissa on kussakin neljä linkoa. Yhteensä linkoja on 24. Kuulien määrä ja linkojen kierrosnopeus säätyvät ajonopeuden, materiaalin ja työvaiheen mukaan. Kuulapuhalluksen teholla on vaikutusta nauhan pinnankarheuteen ja esimerkiksi 2E-pinnalle käytetään alempia kierroksia kuin tavallisella kuumanauhalla. Mekaaninen hilseenpoisto poistaa hilseen kuumanauhasta lähes kokonaan. Samalla syntyy suuria määriä hilsepölyä, joka kerätään pölynpoistossa ja siirtyy sieltä pölykontteihin. Käsittelyn jälkeen pölystä saadaan käyttökelpoista raaka-ainetta sulatolle. Jokaisen kuulapuhallusyksikön jälkeen sijaitsee taittorullasto, joilla nauha ohjataan yläviistoon, mikä vähentää kuulien kulkeutumista nauhan mukana. Kylmänauhalla kuulapuhallusta ei käytetä ja taittorullat ovat ala-asennossa, jolloin nauha kulkee suoraan. (Kuva 4) /6/



Kuva 4. Kuulapuhallus /6/

2.1.5. Peittaus

Elektrolyyttipeittauksessa nauha kulkee altaiden läpi lyijy- ja teräskiskojen välistä. Altaat on täytetty natriumsulfaatin ja veden liuoksella, mikä johtaa hyvin sähköä. Kun kiskoihin johdetaan voimakas sähkövirta, muodostunut sähkökenttä puhdistaa nauhan pintaa. Virtaa säädetään automaatiojärjestelmän ohjauksessa materiaalin ja ajonopeuden mukaan. Välihuuhtelussa nauhan pinnasta pestään ja harjataan neolyyttijäämät pois ja nauha jatkaa sekahappopeittaukseen. Sekahappo on typpihapon, rikkihapon, fluorivetyhapon ja veden liuosta. Se poistaa viimeisetkin hilset pinnasta ja muodostaa pintaan ohuen kromipitoisen passiivikalvon, mikä tekee teräksestä ruostumattoman. Peitattu nauha pestään ja harjataan loppuhuuhdelussa ja matka jatkuu 3-varaajan kautta viimeistelyvalssaimelle (SPM). /6/

2.1.6. Viimeistelyvalssaus ja venytysoikaisu

3-varaaja antaa täytyessään aikaa SPM:n valssinvaihtoihin ja loppupään pujotuksiin prosessiosan pysähtymättä. Senkin kapasiteetti on 750 metriä, eli maksimiprosessinopeudella 5 minuutin pysäytys SPM-valssaimella on mahdollinen.

SPM-valssain on kaksitoiminen: 4-korkeassa moodissa tukivalssi tukee työvalssia ja maksimireduktio on noin 10 %. Sääto tapahtuu paksuusmittauksen perusteella: jättöpuolen mittarilla varmistetaan, että nauhasta tulee suunnitellun paksuista. Paksuuteen vaikutetaan valssausvoimaa lisäämällä tai vähentämällä ja tasomaisuutta hallitaan valssien kallistuksella tai taivutuksella: voimaa kevennetään löysästä kohdasta. Paksuus mitataan poikkileikkaussuunnassa nauhan keskeltä. 4-korkeaa valssausta sanotaan myös lujitus- tai kvarttovalssaukseksi ja sitä käytetään yleensä kuumanauhalle, josta on suunniteltu tehtäväksi kylmänauhaa.

2-korkea valssaus on perinteisesti kylmänauhalle tehtävä viimeistelyvalssaus, mikä parantaa kiiltoa ja tasomaisuutta. Työvalssin halkaisija on noin 700 mm ja sillä ei ole kosketusta tukivalssiin. Reduktio on noin 0,5 %. Valssaus tapahtuu vakiovoimalla, joten paksuusmittausta ei käytetä voiman ohjauksessa. Nauhan paksuus mitataan standardin mukaisesti nauhan reunasta valssaimen jättöpuolella ja mitan paikkaa valvotaan reunatummitimilla.

SPM-valssaimella on mahdollista valmistaa lujitusvalssattua kylmä- tai kuumanauhaa tai viimeistelyvalssattua kuumanauhaa, mutta tähän asti niiden määrä on ollut vähäinen. /6/

2.1.7. Päällekelaus ja tarkastus

Loppupäässä nauhan pinnanlaatu tarkastetaan silmämääräisesti käyttäen apuna koneellista pinnantarkastusjärjestelmää. Tarkastaja arvioi nauhalle sopivan vaativimman käyttötarkoituksen tai ohjaa sen mahdollisiin korjauskäsittelyihin. Tarkastustiedot tallentuvat PIHA-järjestelmään, mihin tallentuu myös nauhan paksuus SPM:n jättöpuolelta mitattuna. Tarkastuksessa pyritään havaitsemaan nauhaan siihen astisissa työvaiheissa syntyneet pintavirheet ja merkitsemään ne. RAP-linjalla syntyvät virheet merkitään myös

ja etsitään niiden aiheuttajat. Virhelähteet pyritään poistamaan mahdollisimman pian. Voimakkaita virheitä sisältävät nauhat ohjataan sivuraiteelle, mistä ne jatkavat korjauskäsittelyyn tai niille etsitään uusi asiakas, jonka käyttötarkoitukseen nauha kelpaa.

Päällekelauksessa nauha kelataan takaisin rullalle ja leikkuri katkaisee nauhan saumanseurantareian ohjaamana alkupäässä hitsatusta saumasta. Leikkurilla voidaan tarvittaessa romuttaa joitakin metrejä nauhan hännästä tai keulasta ja ottaa tarvittaessa näytteet. Leimauslaitteet leimaavat näytteeseen aihionumeron ja viivakoodin sekä nauhaan teräslajin tilaajan haluaman standardin mukaan, nauhan nimellispaksuuden ja aihionumeron. Leikkurilta nauhan pää pujotetaan automaattisesti päällekelaimelle 1 tai 2 vuorotellen. Samalla kun uuden nauhan keula pujotetaan kelaimelle, kelaa toinen kelain valmiin rullan hännän kelaimen pujotusrullan alle ja pysähtyy siihen odottamaan siirtovaunua.

Siirtovaunu hakee rullan kelaimelta ja vie sen sidontaan, samalla merkkuslaite leimaa rullan numeron rullan päälle. Sitomakone sitoo rullan 2 - 3 teräsvanteella, minkä jälkeen varaston siirtovaunu hakee rullan varastorampille. Varastosta rulla jatkaa matkaa lavetin kyydillä KyVa1:lle seuraaviin työvaiheisiin, sataman kautta Hollannin tehtaalle tai asiakkaalle. Suuri osa ajetuista kuumanauhoista siirtyy takaisin alkupäähän kylmänauhaksi tekoa varten. /6/

2.2. Turvallisuus

Outokummun strategiassa turvallisuus ja sen parantaminen on aina etusijalla. Viime vuosina on tehty valtavasti töitä työturvallisuuden parantamiseksi. Koko henkilöstön osaamista on hyödynnetty riskien tunnistamiseksi ja niiden eliminoimiseksi. Linjojen automaation kehittyessä laitteiden suojaus on noussut entistä tärkeämpään rooliin. Toisaalta automaatio on tehnyt laitteiden kauko-ohjauksen mahdolliseksi, joten laitteille ei usein edes tarvitse mennä. Kunnonvalvonnan kannalta tällainen kehitys vaatii parempaa ennakkointia, koska silmämääräinen kunnonvalvonta on vaikeaa.

Koko henkilöstön voimin on tehty riskianalyysjä ja käyttöohjeita turvallisten toimintatapojen löytämiseksi ja oppimiseksi. Kaikkien nähtävissä ja käytettävissä on turvaloki, josta löytyy selvitykset sattuneista tapaturmista ja vaaratilanteista. Jokaisella on oikeus ja velvollisuus tehdä turvahavaintoja kaikista työhön liittyvistä epäkohdista. Jokainen havainto myös tutkitaan ja parhaat palkitaan.

RAP5 on pitkälle automatisoitu linja, jonka ajaminen tapahtuu valvomoista. Linjan laitteille meno ajon aikana on estetty turva-aidoilla. Aitojen sisäpuolelle meno onnistuu sähkölukoilla lukituista porteista. Rullansiirtovaunujen ja valssinvaihtovaunujen alueilla käytetään myös valoverhoja, joiden laukeaminen pysäyttää alueen automaattitoiminnan. Lisäksi vaunuissa käytetään tutkia, valokennoja ja törmäyspuskureita. Vaunujen liikkuminen ilmaistaan merkkiäänellä.

Tehtaan yleiset turvallisuussäännöt määrittävät työssä käytettävän varustuksen. Valvomoiden ulkopuolella vähimmäisvarustus on tulenkestävä työasu, turvakengät, suojalasit ja kypärä varustettuna kuulosuojaimilla. Työstä riippuen voidaan vaatia perusteellisempikin suojaus. Esimerkiksi loppupään henkilöstön kypärässä käytetään kasvot peittävää visiiriä ja niskasuojaa happoroiskeiden varalta. Lisäksi jokaisella on oma haponkestävä haalari ja moottorimaski. Paloryhmän käytössä on palovarustus ja kemikaalisuojapuvut.

Useat teräksen tuotannossa käytettävät kemikaalit ovat terveydelle haitallisia. RAP5-linjalla suurin kemikaalialtistusriski on sekahappopeittauksessa. Rikkihappo, typpihappo ja fluorivetyhappo ovat kaikki voimakkaasti syövyttäviä ja fluorivetyhappo lisäksi erittäin myrkyllinen. Näiltä suojaudutaan käyttämällä laitteistossa parasta saatavilla olevaa tekniikkaa.

Kaasuista linjalla käytetään typpeä, heliumia ja nestekaasua sekä sammutusjärjestelmissä hiilidioksidia. Kaasujen riski on happipitoisuuden laskun aiheuttama tukehtuminen. Nestekaasu on myös sopivassa pitoisuudessa herkästi syttyvää.

Käyttöhenkilöstölle tärkeä turvavaruste on kuulosuojaimissa oleva radiopuhelin, joka mahdollistaa kommunikoinnin sekä kentällä työskentelevien operaattorien että valvomon välillä. Varsinkin poikkeavissa tilanteissa tärkeää on tietää, mitä kaveri on tekemässä ja missä.

2.3. Laatu

RAP5 on suunniteltu teräsnauhan massatuotantoon tavallisimpiin käyttötarkoituksiin. Koska linjalla valmistetaan sekä kuuma- että kylmänauhaa, on hyväksyttävä, että kaikkein vaativimpiin käyttötarkoituksiin kylmänauhalla ei pystytä. Kirkkaan kuumanauhan ja varsinkin tandem-valssatun 2E:n laatu kestää vertailun. Kylmänauhan valmistus on vaativampaa, koska kuumanauhan hilseinen ja karhea pinta jättää jälkensä linjan laitteisiin kulumina ja likaisuutena. Jo tandem-valssaimen rajallinen reduktio estää pinnan täydellisen sileyden aikaansaamisen. Siksi vaativimmat ja suurempaa reduktiota vaativat tilaukset ohjataan perinteisten Sendzimir-valssainten kautta. RAP-linjan normaali laatutaso on sellainen, että kylmänauhan pinta kelpaa hionta- ja verhoilukäyttötarkoituksiin. Kuumanauhaja käytetään paljon putkien ja säiliöiden valmistukseen. Näissä käyttötarkoituksissa mittatarkkuus ja tasomaisuus ovat keskeisiä vaatimuksia. Näissä ominaisuuksissa RAP on huippuluokkaa, mutta niiden ylläpito vaatii tehokasta ja oikea-aikaista kunnossapitoa.

Laatu todetaan pinnanlaadun tarkastuksessa. Siinä arvioidaan nauhan sopivuus tilattuun käyttötarkoitukseen. Jos vaatimukset eivät täyty, joudutaan nauhalle tekemään korjauskäsittely, jos mahdollista. Toinen vaihtoehto on vaihtaa tilauksia rullien välillä, jos sopiva rulla löytyy. Pahimmassa tapauksessa joudutaan tilaus tekemään uudestaan sulatolta lähtien. Asiakkaalla on oikeus valittaa saamastaan tuotteesta. Valituksen käsittelyn jälkeen asiakkaalle korvataan kärsitty vahinko joko rahallisella hyvityksellä tai uudella toimituksella.

Tehtaan tärkeimpiä laatumittareita ovat toimitustäsmällisyys, valmistusvarmuus ja reklamaatiotasoa. Toimitustäsmällisyys kertoo, miten hyvin toimitukset ovat aikataulussa. Valmistusvarmuus ilmaisee, miten hyvin saadaan kerralla valmista. Reklamaatiotasosta

nähdään, paljonko asiakkailta tulee valituksia suhteessa toimituksiin.

3. TASOMAIUUUS

Tasomaisuus on lyhyesti teräsnauhan tai -levyn kyky asettua tasopintaa vasten. Mitä suurempi on kosketuspinta-ala tasoa vasten, sen parempi on tasomaisuus.

3.1. Tasomaisuuden merkitys

Teräsnauhan tasomaisuudella tarkoitetaan useimmiten sen poikkileikkaussuunnassa eri kohtien aaltoilua tai sen vähyyttä. Leikkaamalla leveä nauha useiksi kapeiksi nauhoiksi huomataan, että näiden nauhojen välillä on pituuseroja. Nämä erot näkyvät yhtenäisessä nauhassa aaltoiluna, usein puhutaan löysyydestä. Aaltoilua voi esiintyä missä osassa nauhaa tahansa, mutta yleisimmät tyypit ovat keskilöysä ja reunalöysä (Kuva 5). Tuotannossa nauhan aaltoilu aiheuttaa naarmuja ja taitteita nauhan vastatessa linjojen laitteisiin, myös ohjautumisongelmien syy on laitevaurioiden ohella huono tasomaisuus. Tasomaisuusvirheet aiheuttavat linjan osissa enneaikaista kulumista. Myös nauhan kelaus- ja leikkausvaikeudet sekä levyjen niputusongelmat leikkauslinjoilla johtuvat usein huonosta tasomaisuudesta. Aaltoilevan pinnan hiontakaan ei onnistu. Asiakkaallakin huono tasomaisuus on ongelma. Seinän verhoiluun aaltoileva levy ei kelpaa ulkonäkösyistä, putken hitsaaminen reunavenyneestä nauhasta on mahdotonta ja kaikenlainen levyn automaattikäsittely vaikeutuu. Tasomaisuus seurauksineen on merkittävimpiä teräksen laatuvirheitä.



Kuva 5. Reunavenymä ja keskivenymä /7/

3.2. Tasomaisuus RAP5:lla

RAP5-linjalle materiaali tulee mustana kuumanauhana. Kuumavalssaamon jäljiltä tasomaisuus on vaihteleva, syynä mm. poikkileikkausprofiilin vaihtelut ja käyrät päät. Tandem-valssauksessa tasomaisuutta hallitaan valsseja taivuttamalla ja kallistamalla. Säädot tapahtuvat automaattisesti stressometrien ja paksuusmittarien mittauksen ohjaamana ja lopputulos on yleensä hyvä. Käyrä pää aiheuttaa usein nauhan kulkeutumisen laitaa valssauksessa, mistä seuraa ruttua, nauhakatko tai tulipalo. Voimakkaasti kierot päät pujotetaan valssaimen läpi pesät auki. Tämä alue jää siten paksuksi ja vaatii ylimääräistä huomiota prosessissa ja se joudutaan romuttamaan ennen toimitusta asiakkaalle.

Prosessiosan aluksi nauhan mekaaniset ominaisuudet palautetaan hehkutuksessa valssausta edeltävälle tasolle. Hehkutuksessa ja sen jälkeisessä jäädytyksessä nauhaan syntyy sisäisiä jännityksiä, mikä näkyy tasomaisuuden huononemisenä. Hilseenmurtajan jälkeen tasomaisuus paranee jonkin verran. Koko linjalla on suuri määrä kumi- tai metallipintaisia veto-, ohjaus- ja taittorullia, joiden kulumat tai asentovirheet saavat aikaan nauhan epäsymmetrisen kuormituksen, mikä johtaa myötörajan ylittymiseen ja nauhan venymiseen kuormitetuimmalta kohdalta. SPM-valssaimella tehdyn viimeistely- tai lujitusvalssauksen jälkeen tasomaisuus on useimmiten erittäin hyvä, kylmänauhalle voidaan tehdä vielä tämän jälkeen venytysoikaisu. Huonon tasomaisuuden seurauksia RAP-linjalla ovat naarmut ja laitaa-menot sekä linjan osien enneaikainen kuluminen.

3.2.1. Hehkutus

Valssauksen jälkeen nauha siirtyy hehkutukseen. Yli 1100-asteinen teräs on hyvin pehmeää ja siksi herkkää huonokuntoisten kannatinrullien aiheuttamille painumille ja muodonmuutoksille. Kannatinrullat ovat vesijäähdytteisiä ja niiden tehtävänä on kannatella nauhaa uunilla ja jäädytyksessä. Kylmänauhan tarkempien pinnanlaatuvaatimusten vuoksi niillä käytetään keraamisia kuiturullia. Kuiturullan hajoaminen tai kuluminen aiheuttaa nauhaan painumia ja huonoa tasomaisuutta. Nauhan reunan kohdalla kannatinrullan

kulumisen on voimakkaampaa kuin keskellä ja usein rulla kuluu epäsymmetrisesti kartiomaiseksi (kuva 6). Yleinen on myös kulumatyyppi, jossa kulua ei esiinny koko rullan ympäryksmitalla. Kulumisen aiheuttaa rullan pehmeä materiaali ja nauhan reunojen venymät sekä lämpölaajeneminen. Kulumasta syntynyt pykälä tekee nauhan reunaan teräviä taitteita ja kartiomaisuus ohjaa nauhaa sivuun keskilinjasta. Erityisen voimakasta kulumisen on 2-uunin lopussa kuumimmalla alueella revolvereilla 8 - 12. Lisäksi nauhan korkea lämpötila tekee siitä herkän muodonmuutoksille. Kuumanauhalla käytetään enimmäkseen kuparirullia: rulla kestää paremmin ja sen jättämät pienet painumat eivät ole kuumanauhalla merkittäviä, lisäksi nauhan pinta kuulapuhalletaan, mikä häivyttää pikku painumat ja tekee pinnasta karhean. Kuparirullan hajoaminen on hyvin harvinaista.



Kuva 6. Kartiomaisesti kulunut keraamikuituinen kannatinrulla

3.2.2. Jäähdytys

Hehkutuksen jälkeen nauha jäähdytetään vedellä ja ilmalla. Epätasainen ja liian nopea jäähtyminen aiheuttaa nauhaan jännityksiä, mistä seuraa tasomaisuusvirhettä. Nauhan reunoilla on taipumus jäähtyä keskiosaa nopeammin ja myös ylä- ja alapinnan jäähtymisessä on eroa. Kuumanauhaa jäähdytetään vedellä, mikä on tehokkaampi ja

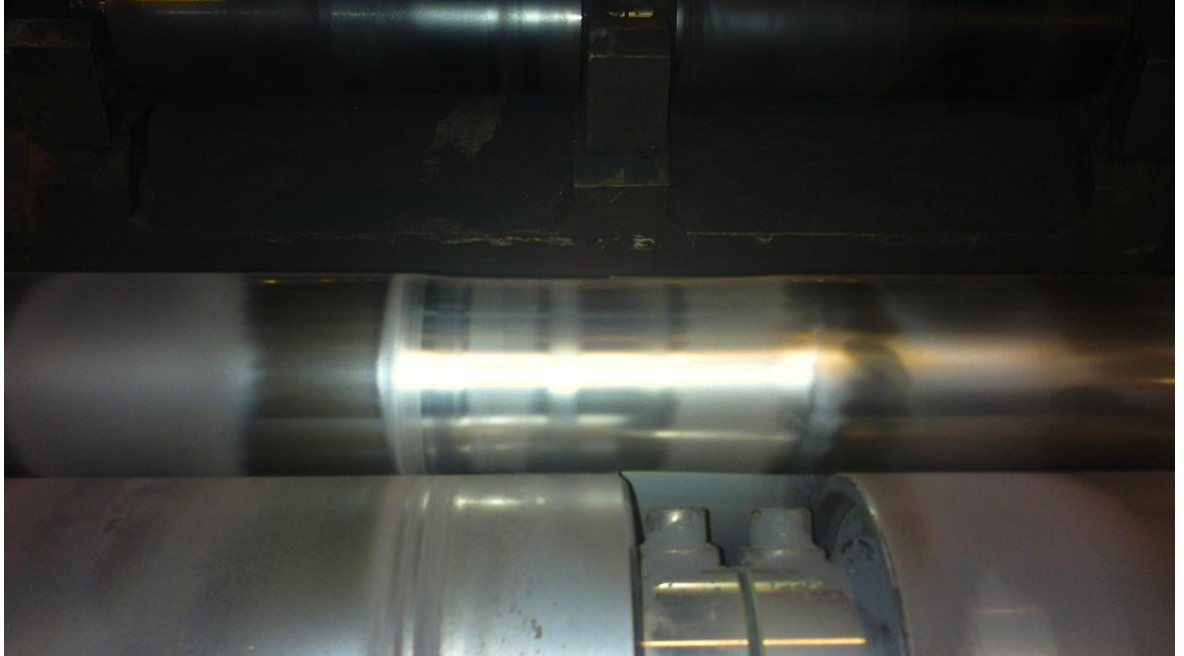
tasomaisuuden kannalta huonompi tapa. Tyypillisesti nauha saa jäähdytysvyöhykkeen alussa kanoottimaisen muodon: keskiosa roikkuu reunoja alempana, joten poikkileikkaus muistuttaa veneen pohjaa. Syynä tähän on nauhan reunojen nopeampi jäähtyminen verrattuna keskikohtaan sekä ylä- ja alapinnan väliset tehoerot. Viime aikoina on testattu kuumanauhan jäähdyttämistä ilmalla alussa eli kaikkein kuumimmilla vyöhykkeillä, tarkoituksena tasomaisuuden parantaminen. Ainakaan vielä ei merkittävää parannusta ole saatu aikaan. HP2-linjalla on mahdollisuus käyttää vesisumua, mikä voisi toimia myös RAP5-linjalla. Jäähdytysilmaan syötetään puhalluskanavassa vettä sumumaisessa muodossa, mikä lisää lämmönjohtokykyä ja jäähdystehoa.

Kylmänauhan jäähdytys tapahtuu aluksi ilmalla ja vesi täydentää jäähtymisen alueella, jossa lämpötila on alhainen eikä metallurgisia muutoksia enää pitäisi tapahtua. Normaaliala lämpölaajenemista ja -kutistumista kuitenkin esiintyy. Ilma puhalletaan jäähdytysvyöhykkeille valtavilla puhaltimilla. Puhaltimet ovat ylä- ja alapuolelle erikseen säädettäviä ja niitä käytetään myös nauhan riippuman hallintaan. Riippuma mitataan vyöhykkeittäin lasermittalaitteilla ja puhallustehoa säätämällä nauha saadaan kulkemaan toivotussa korkeudessa. Tällä estetään nauhan kosketus jäähdytyksen rakenteisiin. Teho ei siten ole välttämättä jäähtymisnopeuden ja tasaisen jäähtymisen kannalta paras mahdollinen. Ilmajäähdytystä ei voi säätää leveyssuunnassa, mistä seuraa reunojen keskiosaa nopeampi jäähtyminen. Myös kylmänauhan muoto ilmajäähdytyksen alueella on kanoottimainen ja muuttuu lopuksi runsasvesiyksikössä reunavenymäksi.

3.2.3. Hilseenmurtaja

Hilseenmurtajan pääasiallinen tehtävä on taivuttamalla ja venyttämällä murtaa hehkutushilse nauhan pinnasta, mikä helpottaa kuulapuhalluksen tehtävää puhalttaa nauhan pinta puhtaaksi. Koska prosessi periaatteessa vastaa venytysoikaisua, saa se aikaan myös nauhan tasomaisuuden paranemisen. Murtajan telojen limitys saa aikaan nauhan taipuman ja haluttu venymäärä määrää alueen vedon voimakkuuden. Maksimiveto rajoitetaan estämään nauhan katkeaminen. Yleensä käytetään arvoa $90 \text{ N} / \text{mm}^2$. Parametrit tulevat linjan automaatiojärjestelmästä teräslajin ja dimensioiden mukaan. Hilseenmurtajan telat ovat halkaisijaltaan pienet, samoin kuin niiden laakerit (kuvat 7 ja 8). Tämä yhdistettynä

likaisuuteen ja koviin vetoihin tekee laitteesta kriittisen tasomaisuuden suhteen. Kuluma tai särkyminen näkyy erilaisina painumina ja huonona tasomaisuutena.



Kuva 7. Kulunut hilseenmurtajan tela



Kuva 8. Kulumaa hilseenmurtajan vedonmittausrullissa

3.2.4. Kuulapuhallus

Kuulapuhallusta käytetään kuumanauhan pinnan mekaaniseen hilseenpoistoon. Laitteisto koostuu kolmesta peräkkäisestä yksiköstä ja niiden välisistä taittorullista. Taittorullilla nauha ohjataan kuulapuhallusyksikön jälkeen yläviistoon, mikä vähentää kuulien kulkeutumista nauhan mukana. Ennen taittorullastoa kuulapuhallusyksikön sisällä sijaitsee taittorullan vastarulla. Näiden rullien aiheuttama taipuma ja tälläkin alueella käytettävä kova veto johtaa rullan kuluessa, tai joutuessa virheelliseen asentoon, tasomaisuusvirheisiin. Kylmänauha-ajolla taittorullaston nostorulla lasketaan ala-asentoon, jolloin nauha kulkee suorana kuulapuhalluksen läpi, eikä tasomaisuusvirheitä pääse syntymään. Tosin kuulapuhalluksen viimeinen taittorulla 3 pidetään yleensä yläasennossa kylmänauhallakin. Syynä tähän on ajoittain esiintyneet ohjautumisongelmat kuulapuhalluksen jälkeisellä ohjausrullastolla.

3.2.5. Rullastot

Nauhan asemaa poikittaissuunnassa suhteessa linjan keskiasemaan hallitaan ohjausrullilla: EMG-raami sisältää induktiivisen tunnistuksen, joka mittaa nauhan aseman keskilinjaan nähden. Mittauspoikkeama aiheuttaa ohjausrullan kallistumisen vastakkaiseen suuntaan, jolloin nauha palautuu keskiasemaan. Ohjaustarvetta aiheuttavat kuumavalssaamon käyrät päät, huonon tasomaisuuden aiheuttama ohjautuminen ja linjan rullien asentovirheet, kuluminen tai vauriot. Uunin ja jäähdytyksen alueella ei ole yhtään rullaa, jolla nauhaa voitaisiin ohjata. Alueen molemmin puolin ohjausrullastot löytyvät, mutta nauha kulkee noin 300 metriä ilman ohjausta alueella, jossa nauhan muodonmuutoksia tapahtuu ja kannatinrullien kulumatkin pyrkivät ohjaamaan nauhaa. Lämpötilamuutosten aiheuttaman venymisen ja kutistumisen vuoksi vetokin alueella on pieni.

Alun perin linjaan oli suunniteltu ohjaus revolvereihin 7 ja 14. Revolverilla 14 ohjaus oli käytössäkin: mittaukseen käytettiin kameroita, jotka antoivat ohjeen rullan käännölle. Jäähdytysvesiroiskeet ja lika häiritsivät mittauksen toimintaa niin paljon, että rulla lukittiin kiinteäksi ja ohjaus poistettiin käytöstä. Revolveri 7:n ohjausta käytettiin käsin tarvittaessa, mutta mittaukseen ei koskaan otettu käyttöön. Mittauksen puuttumisen vuoksi nauhan sivuttaissuuntaista liikettä ei voida valvoa hehkutuksen ja jäähdytyksen alueella. Jos nauha

ei kulje keskellä, aiheuttaa se poikittaissuuntaisia poikkeamia lämpötiloissa sekä hehkutuksessa että jäähdytyksessä.

Nauhan liikuttamiseen ja vetojen hallintaan käytetään S-rullastoja. Niiden suuren kitkan ansiosta voidaan vetoa nostaa tai laskea halutuilla alueilla. Esimerkiksi muutos uunilta hilseenmurtajalle on suuri, joten siellä rullia on useita riittävän kitkan saavuttamiseksi. Suurikokoiset rullat ovat pitkäikäisiä, mutta suuret voimat aiheuttavat pienenkin kulumisen näkymisen tasomaisuudessa.

Monessa paikkaa linjaa käytetään pieniä apurullia kannattelemaan nauhaa esim. naarmujen välttämiseksi. Tällaiset vapaasti pyörivät rullat eivät kestä kauaa ja kumioinnin hajoaminen aiheuttaa joskus näkyviä tasomaisuusvirheitä, yleensä taitteita. Tyypillisesti rullan kumiointi hajoaa nauhan reunan kohdalta ja pintaan muodostuva pykälä tarttuu välillä nauhan reunaan venyttäen sitä. Rullan teräsrungon vastaaminen nauhaan aiheuttaa naarmumaisia painumia.

4. HUOLTO

RAP5 on kiinteiltä kustannuksiltaan erittäin kallis linja. Sen kannattavuus perustuu suureen tuotantotehoon, lyhyeen läpimenoaikaan ja jatkuvaan käyntiin. Siksi kunnossapidon pitää olla ennakoivaa ja suunnitelmallista. Huoltotyöt tehdään ennalta suunnitelluissa huoltoseisokeissa 3 viikon välein. Lisäksi tehdään kaksi pitempää seisokkia vuodessa. Seisokeissa tehdään huoltoja ja tarkistuksia kohteisiin, joihin on määritelty huoltovälit. Sen lisäksi suoritetaan töitä, joita on kertynyt vikailmoituksina kunnossapidon tietojärjestelmään, Kutiin. Pitkissä seisokeissa tehdään yleensä myös muutostöitä linjan suorituskyvyn parantamiseksi. Seisokkien aikataulu on tiukka, joten mahdollisimman paljon töitä yritetään suorittaa yhtä aikaa tehokkaasti ja turvallisesti. Tehtaan oman kunnossapidon kaikki resurssit ovat käytössä ja lisäksi mukana on paljon ulkopuolistakin työvoimaa.

Seisokkien aikana käyttömiehistö valvoo linjan tilaa, töiden etenemistä ja turvallisuutta kenttäkierroksia tekemällä, kameroiden avulla valvomosta ja seuraamalla toimintoja ajopäätteiltä. Käyttömiehistö suorittaa myös ennalta suunnitellun listan mukaisia puhdistus-, tarkastus- ja määrättyjä korjaustöitä. Käyttö osallistuu myös kunnossapidon töihin tarpeen mukaan. Lähes kaikki käyttöhenkilöt on koulutettu ajamaan nostureita kauko-ohjauksella sekä trukkia.

Myös ajon aikana seurataan linjan kuntoa. Valvomossa laitteiden toimintaa valvotaan linjan kamerajärjestelmällä. Myös prosessin ajopäätteille tulevista hälytyksistä saadaan paljon tietoa laitteiden kunnosta. Ajon aikana tehtävillä kenttäkierroksilla käydään tutkimassa laitteita lähemmin. Havainnot perustuvat lähinnä näköön ja kuuloon.

Kunnonarvioinnissa merkittävä osuus on pinnanlaadun tarkastustiedoilla: kun tarkastaja löytää nauhan pinnasta poikkeaman, jäljitetään sen aiheuttaja ja arvioidaan virheen vakavuus. Aiheuttajan hakeminen on usein aikaavievää linjan pituudesta, henkilöstön vähydestä, linjan turvajärjestelmistä, linjan rakenteista sekä mahdollisuuksien suuresta määrästä johtuen.

Vian vakavuudesta riippuen linja voidaan pysäyttää välittömästi korjaukseen tai jos mahdollista siten, että materiaalitappiot saadaan minimoitua. Jotkin laitteet voidaan myös poistaa tilapäisesti kokonaan tai osittain käytöstä.

4.1. Kannatinrullat

Uunin ja jäähdtyksen alueella ei ole vetäviä, eikä ohjaavia rullia noin 300m matkalla. Kannatinrullien tehtävänä on kannatella nauhaa tasaisin välein, ettei se vastaisi alueen rakenteisiin, eikä nauhan oma paino vetäisi sitä poikki. Kannatinrullat sijaitsevat kaksipaikkaisissa revolvereissa, toista rullaa käytetään kuumanauhalla ja toista kylmänauhalla. Kuumanauhalla käytettävät kuparirullat eivät juuri kulu käytössä, vaihdon syynä on yleensä rullan liukuminen laakereissaan sivuun, jolloin käyttöhihna katkeaa tai lähtee pois paikaltaan. Vesivuotoja esiintyy toisinaan. Revolvereissa 7 ja 12 käytetään kuiturullia kuumanauhallakin. Yleensä niillä on jo ajettu kylmänauhaa. Jos kuumanauhassa alkaa esiintyä reunoilla taitteita, ovat nämä rullat todennäköisin virhelähde.

Kylmänauhalla käytettävät rullat ovat pehmeähköjä, myös vesijäähdtytteisiä, keraamisia kuiturullia. Kuiturullan käyttöikä on huomattavasti lyhyempi. Rulla kuluu nauhan reunan kohdalta nopeasti, mikä näkyy nauhassa pistemäisinä painumina ja taitemaisina tasomaisuusvirheinä. Keskialueen kuluma näkyy lommomaisena painumana, varsinkin alueella, jossa nauha on kuumimmillaan eli hehkutuksen viimeisillä vyöhykkeillä, kannatinrullien 8 - 12 kohdalla. Kuiturullia on käytössä kahta tyyppiä. Tyyppi A on käytössä todettu kestävämmäksi, mutta se on kalliimpi. Tyyppi B on halvempi, mutta lyhytikäisempi. A-rullan käyttö on perusteltua laadun kannalta kriittisimmällä alueella, jossa myös rullan käyttöikä on lyhin. Kylmänauhalla tyyppin A rullaa kannattaa käyttää revolvereilla 8 - 12. Muualla kannattaa kustannussyistä suosia tyyppi B:tä.

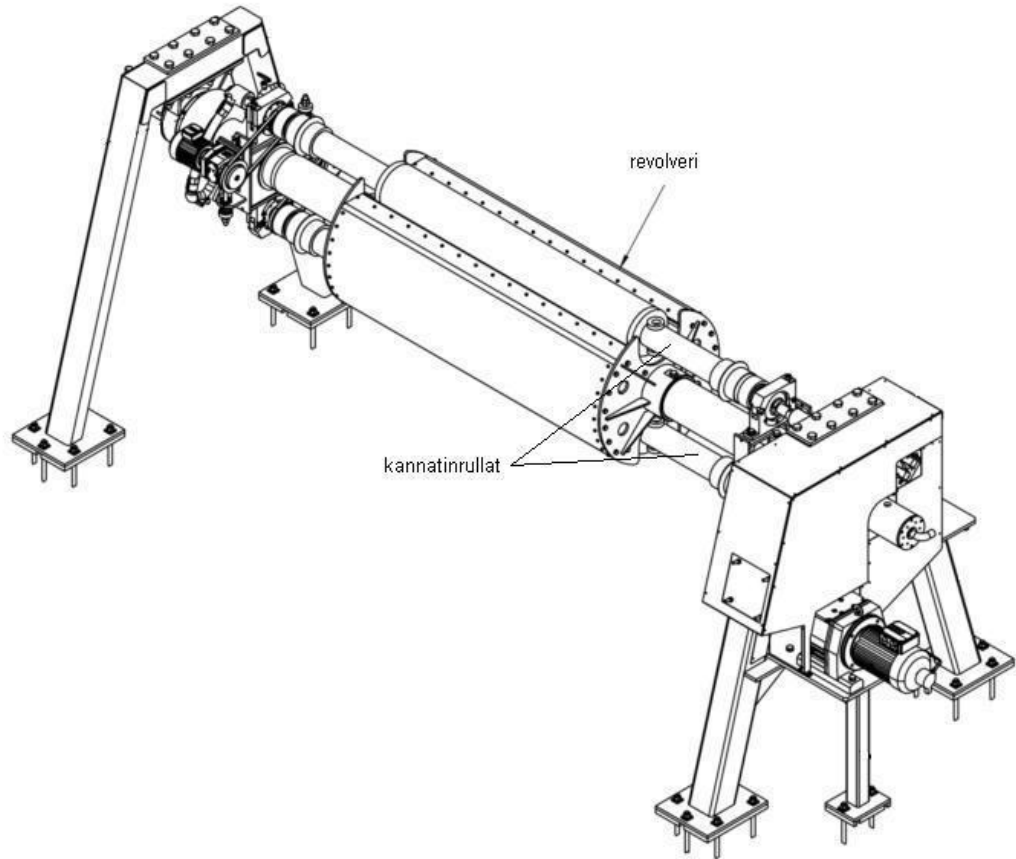
Kannatinrullien kulumisen lisäksi myös revolverien asentovirheet aiheuttavat nauhan ohjautumista pois keskilinjasta. Kun jäähdtyksen jättöpuolen ohjausrullasto ohjaa nauhan takaisin keskelle, kohdistuu veto enemmän nauhan toiseen reunaan, joka venyy.

Uusi keraaminen kuiturulla on halkaisijaltaan 300 mm ja käytöstä poistettu rulla kunnostetaan sorvaamalla. Rulla menee hylkyyn, kun halkaisija menee alle 250 mm tai pinta särkyi. Tällöin rullan runkoon kasataan kuitukiekoista uusi pinta. Kuiturullien kestosta on tehty ja tehdään tutkimustyötä. Tavoitteena on parantaa rullien kestoja ja vähentää laatuvirheitä sekä alentaa kustannuksia. Rullan pinta tehdään kasaamalla se kuitukiekoista, jotka puristetaan hydraulisesti tiiviiksi. Sitten pinta sorvataan. Kokeiluja on tehty virittämällä paineita ja muuttamalla kiekkojen lukumäärää.

Kannatinrullien kunnan tarkastus tehdään käyttöhenkilöstön toimesta: kuumanauha-ajon aikana kylmänauharullat ovat revolverin alapuolella, missä ne on helppo tarkistaa ja vaihtaa. Vaihto tehdään, jos rulla on silmin nähden kulunut, halkeillut tai pinnaltaan myhkyrämäinen. Erityisesti nauhan reunan kohdalla tapahtunut teräväreunainen kuluma huonontaa tasomaisuutta, lisäksi se voi pakottaa nauhan sivuun keskilinjasta. Vaihto tehdään vihivaunua apuna käyttäen. Kuumanauharullat tarkistetaan ja vaihdetaan kylmänauhan ajon aikana. Käytössä olevan rullan kunnan valvonta on vaikeaa: vaurio havaitaan nauhan pinnanlaadusta painumina, taitteina tai reunojen aaltoiluna, joskus myös ohjautumisongelmina. Näiden jälkien toistumistiheys eli virheväli on usein mitattavissa ja siitä voidaan laskea viallisen rullan halkaisija. Tämä tieto karsii vaihtoehtoja.

Kokemuspäisesti tiedetään, että useimmin hajoavat rullat revolvereilla 8 - 12, mikä johtuu sekä suurista lämpötilavaihteluista, että materiaalin herkkyydestä korkeassa lämpötilassa. Joskus viallinen rulla havaitaan uunin tarkastusluukuista katsomalla: joko nauhan kallistuma tai poikkeuksellinen lepatus paljastaa vioittuneen rullan. Jäähdytysvyöhykkeiden sivuilla on myös aukot, joista nauha voidaan nähdä. Jos huonoa rullaa ei muuten löydetä, joudutaan prosessiossa laittamaan ryömintänopeudelle ja kääntämään kuunanauharullat ylös. Kun virhettä aiheuttanut rulla löytyy, käännetään revolverit takaisin viallista lukuun ottamatta. Sitten linja harkinnasta riippuen pysäytetään tai jatketaan ajoa. Vaihdeettavan rullan annetaan jäähtyä niin, että sitä pystyy käsittelemään turvallisesti. On myös mahdollista vaihtaa uusi kuiturulla kuparisen tilalle ja revolverin käännön jälkeen vaihtaa kuparirulla takaisin viallisen kuiturullan tilalle. Tämä on työläämpi tapa, koska joudutaan tekemään kaksi vaihtoa. Rullat vaihdetaan automaattista

vihivaunua apuna käyttäen. Vaihdon jälkeen uusi rulla otetaan käyttöön kääntämällä revolveri ympäri (kuva 9).



Kuva 9. Revolveri kannatinrullineen /1/

Koska virheet ovat helpoiten havaittavissa vasta loppupään tarkastuspaikalla, saattaa vioittunut kannatinrulla aiheuttaa virhettä yli kilometrin matkalle ennen kuin virhettä edes havaitaan. Siksi kylmänauha-ajolle valmistauduttaessa on rullat katsottava huolella. Kylmänauhaerän aikanakin kannatinrullien kulumista ja särkymistä tapahtuu. Lievästi virheellinen kannatinrulla pitää vaihtaa ennen kylmänauhaerän alkua, koska se ei kestä erän loppuun ja käytössä olevan viallisen rullan löytäminen on aikaavievää. Mitä vähemmän kuluneena rulla toimitetaan huoltoon, sitä vähemmällä sorvauksella se saadaan kunnostettua ja sitä useampia sorvauksia sille voidaan tehdä.

Kuvan 10 kannatinrulla oli käytössä revolverilla 13 jäähdytyksen alussa. Kuoppamaisen kuluman seurauksena nauhaan syntyi taitemaista aaltoilua toiseen reunaan. Tällainen kuluma jää rullaa tarkastaessa helposti huomaamatta, koska kuluma jää rullan painopisteen vuoksi ylös näkymättömiin. Siksi rulla on syytä pyöräyttää käsin ympäri tarkastuksen yhteydessä. Kuvan 11 rulla ei vaikuta nauhan tasomaisuuteen, vaan aiheuttaa kuvion mukaisia painumia. Kuvan 12 rullan halkeamat johtavat kuitukiekkojen hajoamiseen ja tippumiseen pois. Nauhaan se aiheuttaa sekä painumia että tasomaisuusvirheitä. Kaikki kuvissa esiintyvät rullat ovat lievästi virheellisiä, mutta ne pitää vaihtaa ennen kylmänauha-ajoa.



Kuva 10. Kuoppamainen kuluma kannatinrullassa



Kuva 11. Kannatinrullan myhkyräinen pinta

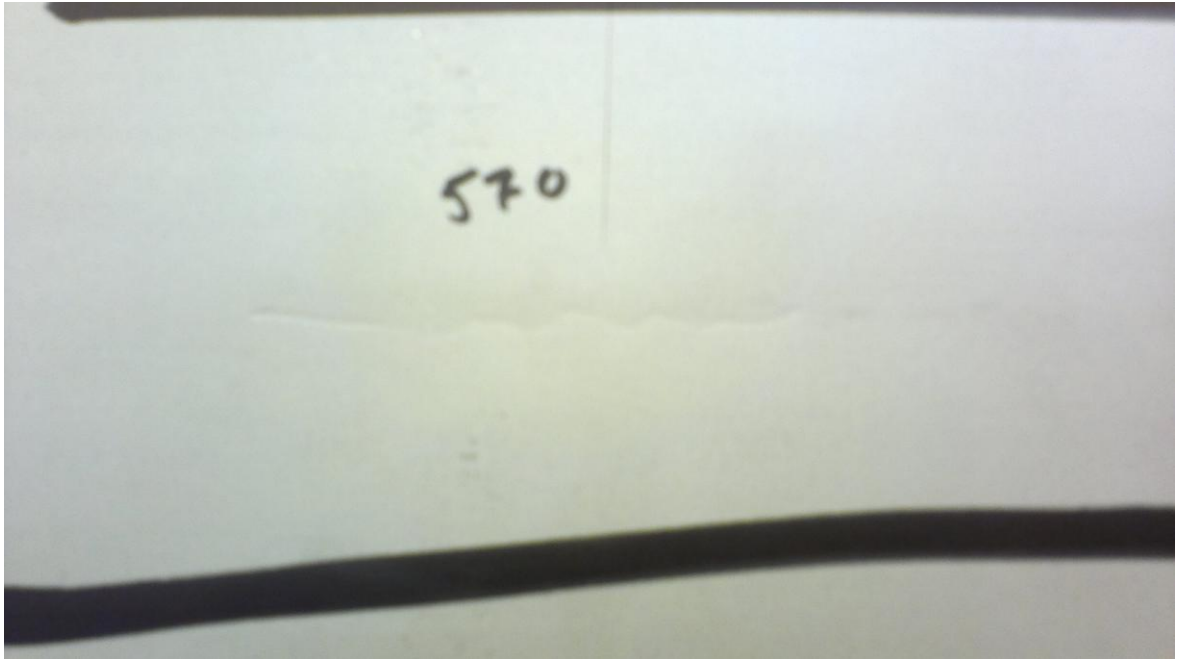


Kuva 12. Halkeamia kannatinrullan pinnassa

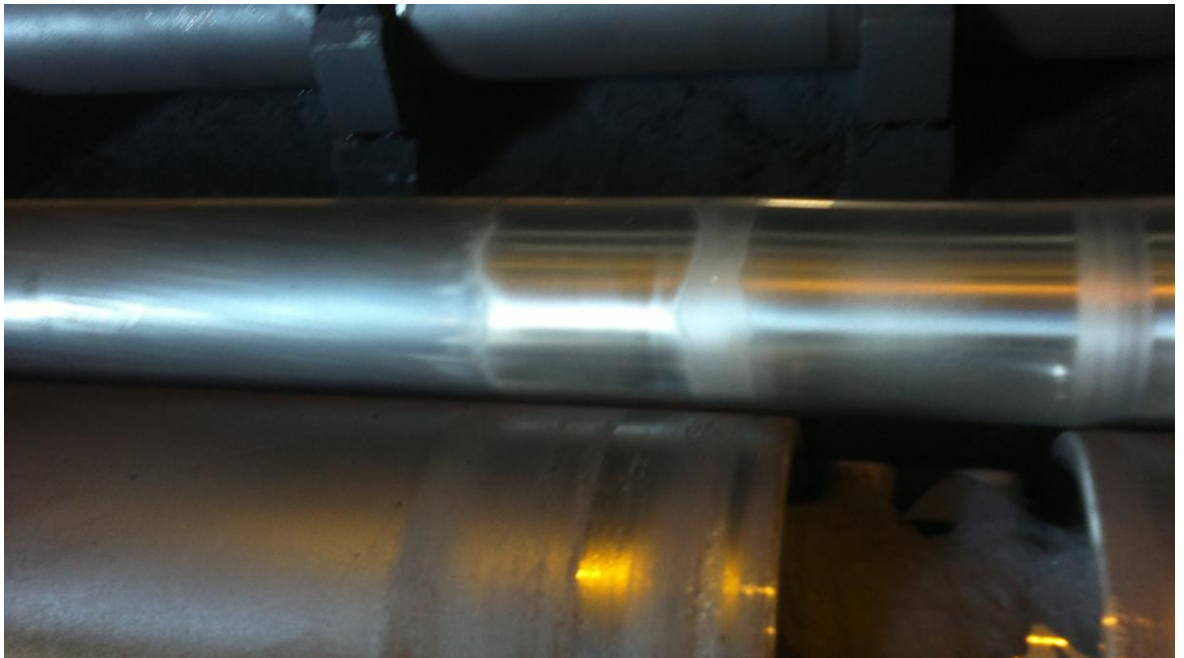
4.2. Hilseenmurtaja

Hilseenmurtajalla nauhaa venytetään hilsekerroksen murtamiseksi ja tasomaisuuden parantamiseksi. Nauhan taivuttamiseen käytetään halkaisijaltaan varsin pieniä teloja:

työtelan halkaisija on 60 – 63 mm. Taivutuksen ja kovan vedon yhdistelmällä kuumanauha venytetään, yleensä venymäasetus on austeniittisella 0,4 %, ferriittisellä lajista riippuen jopa 1,5 %. Veto alueella säätyy automaattisesti, kunnes haluttu venymä saavutetaan. Maksimiveto on kuitenkin rajoitettu arvoon 90 N / mm². Tulevan nauhan vaihteleva tasomaisuus ja irtoava hilsepöly kuluttavat myös laitteen osia. Kulumista pahentaa jäähdytysveden kulkeutuminen kuivaimen läpi hilseenmurtajan sisään. Vesi yhdessä hilsepölyn kanssa kovettuu ja muodostaa voimakkaasti kuluttavia kasaantumia. Kuluma näkyy nauhassa joko tasomaisuuden heikkenemisenä tai painumana (Kuva 13). Voimakkaimmin kuluvat hilseenmurtajan ensimmäiset kasetit, mikä johtuu siitä, että tasomaisuus on niiden kohdalla huonoimmillaan (Kuva 14). Hilseenmurtajan kasettien kestoiksi on arvioitu 1500 km kuumanauhaa. Käytännössä kasetit vaihdetaan 3 viikon välein pidettävissä päiväseisokeissa, jolloin kaseteilla on ajettu tyypillisesti noin 900 km. Seisokin työlistassa kerrotaan, vaihdetaanko kasetit vai käytetäänkö ne vain ulkona imuroitavana. Listassa oleva ohje perustuu niitä näkemättä kasettien ajomäärään, joten tarkastuksen jälkeen päätetään, vaihdetaanko ne vai ei. Kokemuksen mukaan 1200 km ajettut kasetit ovat jo todella huonossa kunnossa. Todellinen kestoikä on alle 1000 km. Kasettien vaihtotyötä ei ole pakko tehdä seisokissa. Työ vie aikaa noin tunnin ja vaatii prosessiosan pysäyttämisen. Sen voi tehdä esimerkiksi moodinvaihdossa. Vaihdon suorittaa linjan käyttömiehistö. Kasettien vaihtovaunulla on tyhjät paikat poistuville kaseteille ja toisessa telineessä ovat uudet kasetit. Kasetit ajetaan ulos ja sisään hydraulisyntereillä. Vanhat kasetit toimitetaan imuroinnin jälkeen huoltoon. /4/



Kuva 13. Hilseenmurtajan painuma kuumanauhassa



Kuva 14. Painuman aiheuttaja

Uusien kasettien tiedot syötetään linjan automaatiojärjestelmään, jolloin telojen halkaisijamuutokset otetaan huomioon kasettien korkeusasettelussa. Korkeusasettelu tarkistetaan asettamalla luotilanka kulkemaan hilseenmurtajan läpi. Kun korkeus on nolla, pitäisi ylä- ja alatelan vastata lankaan taivuttamatta sitä. Tarkistus voidaan tehdä myös teräsnauhalla, jolloin oikea asema on 0 - nauhan paksuus. Tämä tarkistus tehdään vuosihuoltoseisokissa linjan molemmilta puolilta. Hilseenmurtajan kasettien ollessa ulkona koneen sisäpuoli imuroidaan hilsepölystä. Imuroinnin suorittaa ulkopuolinen yritys imuautolla. Imuroinnin jälkeen tarkastetaan laitteen sisällä olevat teräksiset vedonmittausrullat silmämääräisesti. Jos vedonmittausrullissa on havaittavaa kulumaa, ne vaihdetaan ensi tilassa.

Ajon aikainen kunnonvalvonta on laitteen umpinaisen rakenteen, pölyämisen ja melun vuoksi vaikeaa, joten vikaantumisen huomaa parhaiten nauhan laadun ja tasomaisuuden heikkenemisenä. Jos vikaa ei ajon aikana pystytä havaitsemaan, voidaan kasetteja ja vedonmittarullia avata, virheen katoaminen paljastaa virhelähteen. Tilapäisesti hilseenmurtajaa voidaan käyttää jokin kasetti auki. Myös vedonmittausrullat voidaan avata, jolloin venymä mitataan tulo- ja jättöpuolen S-rullastojen nopeuserosta. Viallinen kasetti voidaan vaihtaa linjan pysähtyessä. Periaatteessa kasetteja voidaan vaihtaa yksitellenkin, mutta koska kasetit viedään huoltoon yhtenä pakettina, on järkevämpää vaihtaa ne kaikki kerralla.

Aikaisemmin hyvin yleinen hilseenmurtajan vauriotyyppi oli työtelan laakerin jumiutuminen, hilsepölyn ja veden vaikutuksesta. Tämän seurauksena tela katkesi laakerikaulalta ja irtosi. Irronnut tela löytyi joko hilseenmurtajan sisältä tai sen jälkeiseltä S-rullastolta. Laakereita vaihdettiin vuosittain kymmeniä. Ongelma poistui vaihtamalla laakerit paremmin suojattuihin, jotka kestävät hyvin kasettien huoltovälin.

4.3. Kuulapuhallus

Jokaisen kuulapuhallusyksikön jälkeen nauha kulkee suurten taittorullien läpi. Kuulapuhalluksen ollessa käytössä kuumanauhalla nauha nousee taittorullien avulla ylös, mikä estää kuulien kulkeutumisen nauhan mukana. Nauhan kova veto ja voimakas taivutus

kuormittavat rullia ja niiden laakereita. Asentovirhe voi johtua laakerivian ohella rullan korkeusasettelun mekaniikan vauriosta. Kuluma näkyy reunan tai reunojen venymisenä ja asentovirhe toispuoleisena venymänä (kuva 15). Kuormitus alueella on tasaista, joten kunnossapitoon pitäisi riittää huoltovälien määrittäminen ja niiden noudattaminen. Huoltovälin määrittäminen onnistuu liitteen 1 mukainen mittaus suorittamalla seisokeissa ja kirjaamalla tarvittavat huoltotoimenpiteet. Ajonaikaisessa kunnonvalvonnassa poikkeama havaitaan parhaiten ajettavan materiaalin muutoksista. Toispuoleinen kuluma voidaan tilapäisesti kompensoida muuttamalla rullan asentoa irrottamalla ruuvien välinen yhdysakseli ja ajamalla vain rullan toista puolta ylös- tai alaspäin. Tämä ei kuitenkaan poista rullan vaihtotarvetta, koska nauhan reunan nousu kuluman reunan päälle venyttää reunaa herkästi. /3/



Kuva 15. Kulumaa kuulapuhalluksen taittorullassa

4.4. Ohjaus- ja S-rullat

Nauhan kuljetukseen, ohjaukseen ja vedonhallintaan käytettävät rullat ovat kumipintaisia ja niiden halkaisija on 1500 mm. Rullien rakenne on vahva ja pyörintänopeus alhainen, joten ne ovat pitkäikäisiä. Rullan kunto tarkistetaan mittaamalla kuluman syvyys. Mittaus tapahtuu asettamalla linjari rullaa vasten koko sen leveydeltä. Suurin rako linjarin ja rullan

pinnan välillä on kuluma. Jos kuluman syvyys on yli 2 mm, rulla vaihdetaan huoltoseisokin yhteydessä. Pinnan kiillottumisesta johtuvat luistot ehkäistään hiomalla rullan pinta tarvittaessa seisokin yhteydessä. Jos rullan pinnassa on viiltoja, korjataan lievemmit hiomalla. Suuri viilto tai muu pintavaurio johtaa rullan vaihtamiseen. (Liite 1)
/3/

Huoltotarpeeseen vaikuttaa myös rullan sijainti: esimerkiksi S-rullastoilla 7 ja 8 veto on suuri ja siksi kuluman vaikutus näkyy herkästi nauhassa: nauhan reunan nousu kulumasta johtuvan kuopan reunan päälle aiheuttaa nauhan reunaan suuren pistemäisen voiman. Reuna venyy. Lähempänä loppupäätä olevissa rullissa korostuu vikaantumisen vaikutus nauhan pinnanlaatuun. Rullien laakerien käyttöikä on noin 3 - 4 kertaa pidempi kuin rullan pinnan, joten laakereita voidaan kierrättää rullasta toiseen. Hyviä kokemuksia on saatu rullista, joiden pintamateriaalina käytetään polyuretaania kumin asemesta. Polyuretaani ei kestä öljyä, joten valssainten alueella niitä ei voi käyttää. Näiden rullien määrää ollaan kuitenkin lisäämässä. Korkeampi hinta kompensoituu vähemmällä huoltotarpeella. Tärkein syy polyuretaanirullien käyttöönottoon on niiden vähäinen taipumus luistoihin, mikä helpottaa vedonhallintaa. Siksi niitä kannattaisi käyttää erityisesti jäähtytyksen jälkeen ja hilseenpoiston alueella. /3/

5. TUTKIMUKSIA

5.1. Kuumanauhan tasomaisuus



Kuva 16. Voimakas reunavenymä etureunassa tarkastuspaikalla

Tasomaisuusongelmat korostuvat nauhan leveyden kasvaessa. 14.2.2012 yövuoron alussa materiaalina oli austeniittista (laji 720) noin 1500 mm leveää kuumanauhaa. Otoksessa on tandemilla valssaamattomia ja valssattuja rullia. Osaan tehtiin 4-korkea valssaus SPM:llä. 4H-valssauksen jälkeen tasomaisuus oli aina hyvä. Ilman valssausta tasomaisuus ei havaittavasti muuttunut hilseenmurtajan jälkeen.

Tasomaisuusarvio perustuu silmämääräisiin havaintoihin. Arvioitiin aallonkorkeutta etu- ja takareunassa. Arvot ovat millimetrejä. Etureunalla tarkoitetaan sitä reunaa, joka on loppupään tarkastuspisteessä lähimpänä katsojaa (kuva 16). Nauhan tasomaisuus oli aina tyypiltään reunalöysää, keskiosalla ei ollut havaittavaa aallonkorkeutta. Jäähdytyksen alussa nauhan muoto oli kanoottimainen ja muuttui runsasvesiyksikössä reunavenymäksi. Kanoottimaisuuden syynä voi olla veden jääminen nauhan päälle, mikä tehostaa jäähdytysvaikutusta. Alapuolelta vesi valuu saman tien pois.

Taulukko 1. Testisarja 14.2.2012 klo 21.30–23.20

rulla	leveys	paksuus tandem	tasom.jäähd. etr	tasom. jäähd. tkr	tasom. sbr. etr.	tasom. sbr. tkr	tandem	SPM
129292	1539	4,99	40	60	30	0	EI	4H
129331	1539	4,99	40	60	30	0	EI	4H
129333	1539	4,99	10	30	10	0	EI	4H
143184	1539	4,99	60	80	20	10	EI	4H
143222	1539	4,99	10	40	10	0	EI	4H
129251	1539	3,92	40	60	20	10	3	4H
129314	1539	3,82	30	50	20	10	3	4H
143164	1539	3,86	20	40	10	0	3	4H
143244	1539	3,29	10	40	0	0	3	4H
129453	1539	2,84	20	60	20	10	3	4H
129411	1539	2,78	10	30	20	0	3	4H
129433	1539	2,78	10	30	20	0	3	4H
143221	1539	2,17	20	40	20	0	3	4H
142464	1539	2,4	10	40	30	10	3	EI
123771	1539	2,77	10	50	30	10	3	EI
143202	1539	2,2	10	40	40	0	3	EI

5.2. Kuumanauhan tasomaisuus ilman hehkutusta 13.4.2012

Iltavuorossa 13.4. materiaalina oli 810-ferriittinen. Rullat ajettiin työvaiheella 012: Kuumanauha ilman hehkutusta, tandemvalssaus yhdellä tuolilla reduktiolla 20 %. Hehkutusuuni oli pitolämmöllä, asetusarvolla 450 °C. Alhaisella lämmöllä ei hehkutuksessa ja jäädytyksessä pitäisi tapahtua muodonmuutoksia. Seurannan tulokset vahvistivat teorian: tasomaisuus oli tandemvalssauksen jäljiltä erittäin hyvä, aallonkorkeus alle 10 mm. Poikkeuksena oli uunissa 3 tuntia seissyt 137711. Polttimien kohdalla lämpötila on asetusarvoa korkeampi, mikä näkyi reunan aaltoiluna, nauhassa havaittiin myös likaisia läiskiä kyseisillä kohdilla. Uuniseisaukkojaa lukuun ottamatta kyseisen nauhan tasomaisuus oli erittäin hyvä.

Taulukko 2. Ferriittinen ilman hehkutusta

rulla	leveys	paksuus tandem	tasom.jäähd. etr	tasom. jäähd. tkr	tasom. sbr. etr.	tasom. sbr. tkr	tandem	SPM
139131	1530	3,99	10	10	0	0	1	Ei
137711	1534	4,79	60	40	40	0	1	Ei
139093	1538	4,79	10	10	0	0	1	Ei
139092	1537	4,79	10	10	0	0	1	Ei
139113	1536	4,79	10	10	0	0	1	Ei
139111	1537	4,8	10	10	0	0	1	Ei
139094	1524	4,79	10	10	0	0	1	Ei
139194	1274	4,79	10	10	0	0	1	Ei
139193	1275	4,79	10	10	0	0	1	Ei

5.3. Kylmänauhan tasomaisuus

Kylmänauhan jäähdyttämiseen käytetään ilmaa jäähdytysvyöhykkeillä 1 - 7 ja vettä vyöhykkeillä 8 ja 9. Ilmajäähdytyksellä on tarkoitus saada nauha jäähtymään tasaisesti, kunnes lämpötila on sellainen, ettei nopeakaan jäähtyminen aiheuta muodonmuutoksia. Jäähtyminen viimeistellään vedellä, kun nauhan lämpötila on alle 250 °C. Nauhan lämpötila mitataan pyrometreillä vyöhykkeillä 1, 7 ja vesijäähdytyksen jälkeen. Pyrometrimittaus tapahtuu nauhan keskeltä. OK1-pilottiprojektissa mitattiin kosketusmittauksella nauhan lämpötiloja ennen vedellä jäähdytystä. Projektin tarkoitus oli poistaa keskialueella suurissa nopeuksissa esiintynyt lommoutuminen, mikä oli vältetty laskemalla ajonopeutta ohuilla nauhoilla noin 20 %. Tutkittu materiaali oli yli 1500 mm leveää kylmänauhaa, paksuudeltaan 1,2 mm. Teräslajit olivat 720 ja 725, eli austeniittisia ruostumattomia. Testisarjassa oli 7 rullaa. Ajonopeus oli ohjenopeus, eli kyseisellä paksuudella 150 metriä minuutissa. Mittauksessa mitattiin nauhan lämpötila keskeltä ja molemmilta reunoilta. Keskeltä mitattuna lämpötila vaihteli välillä 190 – 220 °C. A-linjan puoleisen reunan lämpötila oli 166 – 210 °C ja B-linjan puoleinen 150 – 190 °C. Keskikohta oli aina kuummin ja B-reuna kylmin. /5/

Toinen tutkimus käsitteli kylmänauhan tasomaisuusmuutoksia jäähdytysvyöhykkeellä. Ennestään tiedettiin, että nopeat lämpötilamuutokset ja leveyssuuntaiset lämpötilaerot aiheuttavat nauhaan voimakkaita sisäisiä jännityksiä, mikä näkyy tyypillisesti nauhan reunojen aaltoiluna. Ylä- ja alapinnan lämpötilat taas näkyvät nauhan ”kanoottimaisuutena”, eli keskikohta roikkuu reunoja alempana. Tutkimuksessa keskityttiin leveisiin nauhoihin, koska niiden tasomaisuusongelmat oli havaittu suurimmiksi. Tasomaisuuden arviointi suoritettiin silmämääräisesti kokeneiden tarkastajien toimesta. Nauhoissa, joissa viimeistelyvalssaus ei ollut käytössä, voitiin tasomaisuus myös mitata käyttäen viimeistelyvalssaimen stressometrillä mittavälineenä. Oletuksena oli, ettei tasomaisuus muuttunut jäähdytyksen ja viimeistelyvalssaimen välillä. Vertailussa todistettiin, että silmämääräisellä arvioinnilla ja stressometrin mittauksella päästiin samoihin tuloksiin. /8/

Tutkimus osoitti, että voimakasta tai keskivoimakasta aaltoilua esiintyi joka nauhassa ja sen voimakkuus riippui dimensioista ja ajonopeudesta. Jäähdytysvyöhykkeiden luukuista voitiin todeta, että nauhan muoto ilmajäähdytysalueella oli kanoottimainen ja muuttui vesijäähdytyksessä viimeisillä vyöhykkeillä reunavenymäksi. Pyrometrilla suoritettu lämpötilamittaus vyöhykkeen 2 jälkeen osoitti, että lämpötila sillä kohtaa oli alhaisin ohuimmilla nauhoilla ja niiden tasomaisuus oli huonoin. /8/

Johtopäätöksenä oli, että nopeasti jäähtyneiden nauhojen jäähtyminen oli myös epätasaisinta, ja siksi tasomaisuus oli huonoin. Nauhan kanoottimainen muoto ilmajäähdytyksen alueella on merkki ylä- ja alapinnan välisistä jäähtymisnopeuden eroista. Punahehkuisen nauhan reunojen tummempi väri kertoo nauhan reunojen alhaisemmasta lämpötilasta, eli reunat jäähtyvät keskiosaa nopeammin. Ainakin ohuen nauhan tasomaisuutta voitaisiin parantaa pienentämällä vyöhykkeiden 1 ja 2 jäähdytystehoa. /8/

Nauhan lämpötilan mittaukseen jäähdytysvyöhykkeellä kokeiltiin lämpökameraa. Revolverien kohdalla pystyttiin kuvaamaan nauhaa kapeasta raosta. Kameran mittausalue ei riittänyt lämpötilan mittaamiseen ja koko nauhan leveyttä ei saatu kerralla kuvaan. Kuvan väreistä nähtiin kuitenkin nauhan reunojen keskiosaa alhaisempi lämpötila. Tämän pystyi toteamaan silmälläkin jäähdytyksen sivulla olevista tarkastusaukoista.

5.4. Kannatinrullien keston parantaminen

Hehkutuksen ja jäähdytyksen alueella kylmänauhalla käytettävät kannatinrullat valmistetaan kasaamalla metallirunkoon pinta keraamisista kuitukiekoista. Kuitukiekkojen väliin laitetaan ohuita metallirenkaita parantamaan lämmönjohtokykyä ja tukemaan rakennetta. Paketti puristetaan hydraulisesti kasaan ja lukitaan. Lopuksi rullan pinta sorvataan halkaisijaan 300 mm ja viimeistellään painorullaamalla. Kunnostushionta tehdään samalla tavalla, minimihalkaisija on 250 mm. Kuitukiekkoja on kahta tyyppiä. Tyyppi A kestää kuumuutta ja kulutusta paremmin, mutta on selvästi kalliimpi. Toisaalta se kestää useampia sorvauksia. HP2-linjalla tehdyn opinnäytetyön mukaan tyyppi A on käytössä noin 25 – 30 % kalliimpi. Laatumukautukset eivät ole mukana laskelmissa. HP2-linjan rullat ovat samanlaisia kuin RAP5:lla, joten tulokset ovat ainakin suuntaa antavia. /8/

Rullien keston haetaan parannusta lisäämällä rullaan käytettyjen kuitukiekkujen määrää, mikä vaatii myös korkeamman puristuspaineen, minkä seurauksena rulla myös kovenee. Kyseisen opinnäytetyön valmistumiseen mennessä saatujen tulosten mukaan kiekkojen lisäys vaikuttaa lähinnä siten, että rullien keston hajonta pienenee ja sorvattavuus paranee. /1/

RAP5-linjalla tutkimusta ja kehitystä jatketaan. Erilaisia koerullia testataan eri paikoilla. Tämänhetkiseen tietämykseen perustuen tyyppin A kuiturullaa suositetaan kuumimmissa paikoissa sen keston vuoksi. Viileämmillä paikoilla käytetään tyyppi B:tä kustannussyistä. Tavoitteena on löytää edullisin ratkaisu laadun kärsimättä. /2/

5.5. Hilseenmurtajan venymän lisääminen

Austeniittisella kuumanauhalla venymän asetusarvona on käytetty 0.4 %. Mitattu veto tällä venymällä vaihtelee välillä 35 – 45 N / mm². Maksimi vetoarvoksi on määritelty 90 N / mm². Tämä antaa mahdollisuuden nostaa venymää noin 1 % asti. Venymän nostamista arvoon 0,8 % kokeiltiin. Kokeen aikana havaittiin jo ennen testiä, että 2 – 3 -millisen 1500-levään nauhan tasomaisuus hilseenmurtajan jälkeen oli hyvä, eikä venymän nostolla ollut siihen vaikutusta. Yleensä 0.4 % venymä on riittävä.

Ferriittinen kupu-uunihehkutettu nauha, laji 810, ajetaan kylmillä uuneilla. Näillä nauhoilla venymäasetus on 0,2 %, mitä ei käytännössä saavuteta, koska veto nousee maksimiin noin 0,1 % venymällä. Tasomaisuuden vuoksi hilseenmurtajan käyttö tällä ajotavalla ei ole edes tarpeen.

Ferriittisillä lajeilla 810, 812 ja 850 uuneja käytettäessä venymäasetus on 1 – 1,5 %. Nämä arvot myös saavutetaan noin 70 N / mm² vedolla, joten lisäysvaraa ei paljoa ole.

5.6. Hilseenmurtajan työtelan materiaalin tarkistus

Hilseenmurtajan telojen nopea kuluminen herätti epäilyksiä materiaalin sopivuudesta kohteeseen. Käytöstä poistetulla kasetilla oli ajettu 1276 km kuumanauhaa ja se oli tyypillisesti kulunut voimakkaasti B-linjan puolelta, missä myös nauhan reunan aaltoilu oli voimakkainta. Ensimmäisen kasetin alatela oli voimakkaimmin kulunut. Huollon yhteydessä mitattiin kovuus uudesta telasta, hiotusta telasta ja käytöstä poistetusta telasta sekä kuluneesta että kulumattomasta kohdasta. Kuvien mukaan kovuus pitäisi olla 60 – 62 HRC 4 millimetrin syvyyteen asti. Kunnostuksen yhteydessä suoritettuna mittauksen mukaan uuden telan kovuus oli 64 HRC. Hiotusta telasta mitattiin 63 HRC ja käytetyn kuluneimmasta kohdasta 62 HRC. Taulukossa näkyvä kuluneen telan halkaisija on telan halkaisija edellisen hionnan jälkeen, kuluman kohdalla halkaisija on huomattavasti pienempi, alle 60 millimetriä. Mittauksista voidaan todeta materiaalin täyttävän vaatimukset. Hiontamenetelmä ei aiheuta telalle tahatonta päästöä, vaan kovuus säilyy. Kuluneen osan mittauksen mukaan karkaisu näyttäisi ulottuvan riittävän syväälle. Kuitenkin mittauksista on nähtävissä, että materiaali pehmenee pinnasta syvemmälle mentäessä.

Taulukko 3. Hilseenmurtajan työtelan kovuusmittauksien mittauspöytäkirja

SCALEN 63 VALSSIT
MIN. HALK. 60,00

HALK.	HRC		HRC
63.00	64	UUSI	63.1
62.21	64.1	KIVIHIOITU	63.3
62.01	63.5	KIVIHIOITU	62.6
61.78	63.1	KIVIHIOITU	63.7
61.75	63.3	KIVIHIOITU	62.9
62.45	61.7	KÄYTETTY, MITATTU "MONTUSTA"	
61.40	62.1	KÄYTETTY, MITATTU "MONTUSTA"	

5.7. Ajonaikainen kunnonvalvonta

Linjan kuntoa ajon aikana tarkkaillaan käyttömiehistön suorittamilla kenttäkierroksilla. Kierroksella 19.11.2012 tutkittiin mekaanisen hilseenpoiston aluetta. Ajossa oli yli 1500 mm leveää kuumanauhaa paksuudeltaan noin 3 millimetriä. Kameravalvonnan ja pinnanlaadun tarkastuksen perusteella ei vikoja ollut ja nauhan tasomaisuus oli hyvä. Kierroksella käytettiin apuvälineenä Fluke 62 mini – infrapunalämpömittaria. Erityisesti haluttiin tietoa hilseenmurtajan kunnosta. Näkyvyys laitteen osiin on huono. Lämpötilamittaus suoritettiin pyyhkäisemällä mittalaitteen säde nauhan leveyden yli. Ennen hilseenmurtajaa nauhan lämpötila vaihteli välillä 28 – 32 °C. Sama mittaus hilseenmurtajan jättöpuolella antoi tulokseksi 32 – 35 °C. Lisäksi mitattiin hilseenmurtajan työtelojen lämpötiloja paikoista, mistä mittaus pystyttiin tekemään: tulokset olivat välillä 33 – 37 °C. Mittaukset tukivat oletusta, että laite oli kunnossa. Lämpötilat olivat yllättävänkin alhaisia ja tasaisia. Lämpötilan mittaaminen käsimittarilla vaikuttaa pätevältä menetelmältä niissä paikoissa, mihin on mahdollista saada näköyhteys ajon aikana. Hilseenmurtajan sisällä olevien vedonmittausrullien lämpötilamittaus ei onnistunut. Samalla mitattiin alueella olevien S-rullastojen ja taittorullien laakereita. Tyypillinen

lämpötila oli hieman hallin lämpötilaa korkeampi, noin 32 °C. Korkeimmat lämpötilat löytyivät kuulapuhalluskammioiden sisällä sijaitsevien taittorullien laakereista. Kuulapuhalluksen toiminnasta johtuen lämpötila oli 50 asteen molemmin puolin.

Lämpötilamittaus soveltuu lähinnä laakerivaurioiden ja jumiutuneiden osien etsimiseen. Korkea kitka aiheuttaa osien tai nauhan lämpenemistä. Kenttäkierroksella tutkittavia kohteita ovat S-rullien, ohjausrullien, taittorullien ja vedonmittausrullien laakerit. Hilseenmurtajan työtelan pyörimisen näkee silmällä, mutta tukirullan jumiutuminen on helpoin havaita lämpötilan muutoksesta.

6. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tehtyjen seurantojen perusteella tasomaisuusvaihtelut RAP5-linjalla syntyvät hehkutuksessa ja varsinkin jäähdytyksessä: hehkuttamattoman nauhan tasomaisuus tandemvalssattuna oli erittäin hyvä sekä ennen hilseenmurtajaa että sen jälkeen. Kuumanauhalla parannusta voitaisiin saada aikaan virittämällä jäähdytyksen parametreja vyöhykkeillä 2 ja 3. Lisäksi pitäisi tarkistaa, onko nauhan lämpötila ennen 4-vyöhykettä koko leveydeltä riittävän alhainen, ettei säätämätön vedentulo jäähdytä nauhaa liian korkeassa lämpötilassa.

Kylmänauhalla vesi tulee mukaan vyöhykkeellä 8. Tehtyjen tutkimusten perusteella reunat jäähtyvät ilmajäähdytysalueella nopeammin kuin keskialue ja reunojen välilläkin on eroja. Kosketusmittauksen tuloksena saadut lämpötilat ovat selvästi korkeammat kuin pyrometrien mittaamat. Ajonaikainen lämpötilamittaus ei anna riittävästi tarkkaa tietoa parametroidin muuttamiseen. /5/

Sekä kuuma- että kylmänauhalla olisi syytä mitata nauhan leveysuuntaiset ja ylä- ja alapuolen lämpötilaerot jokaisen jäähdytysvyöhykkeen jälkeen. Välineenä voisi olla lämpökamera. Kokeilussa ei saatu luotettavia tuloksia kameran riittämättömän mittausalueen ja mahdollisten mittauspaiikkojen vähyyden ja ahtauden vuoksi. Koekuvauksissa näkyi kuitenkin lämpötilaero reunojen ja keskikohdan välillä, minkä näki myös silmällä värierosta jäähdytyksen alkuosassa, missä nauha on vielä punahehkuinen: reunat tummuivat ensin.

Reaaliaikainen lämpötilamittaus koko leveysalueella jokaiselle vyöhykkeelle erikseen ja jäähdytyksen säätömahdollisuuksien lisääminen mittauksen ohjaamana antaisi mahdollisuuden hyvään tulokseen kaikilla materiaaleilla ja leveysalueilla. Tällainen ratkaisu vaatisi suuria ja kalliita muutoksia, joten mielekkäämpi ratkaisu on hakea parannusta parametrisillä muutoksilla ja muokkaamalla osia siten, että keskialueen jäähdytysteho kasvaa ja reunojen pienenee. Mittaukseen perustuvaa automaattisäätöä voitaisiin kuitenkin käyttää ylä- ja alapinnan välisen tehoeron säätämiseen. Kylmänauhan

jäähdytyksen tehomuutokset vaikuttavat myös nauhan riippumaan, mitä voidaan osittain korjata virittämällä vetoparametreja hehkutus-jäähdytyksen tulo- ja jättöpuolella.

Toinen merkittävä syy tasomaisuuden heikkenemiseen on osien, erityisesti rullien kulumisen ja vauriot. Mekaanisen hilseenpoiston alueella rakenteet ovat umpinaisia ja visuaalinen kunnonvalvonta on vaikeaa. Tasomaisuusmuutokset alueella johtuvat osien särkymisestä, kulumisesta ja asentovirheistä. Vaikutukset eliminoidaan oikea-aikaisella huollolla, tarkalla kunnonvalvonnalla ja ennen kaikkea kirjaamalla tehdyt havainnot ja toimenpiteet. Historiatiedon ja laitetoimittajan antamien tietojen avulla voidaan arvioida osan kestoikä. Merkittävin osuus kulumisessa on jäähdytyksestä tulevan nauhan huonolla tasomaisuudella: työtelat kuluvat voimakkaimmin B-puolelta, missä nauhan tasomaisuus on huonoimmillaan. Linjan rullissa yleensäkin kulumisen nopeinta 1500 mm leveän nauhan reunan kohdalla. Nauhan mukana kulkeutuva jäähdytysvesi nopeuttaa kulumista, koska se muodostaa hilseen kanssa osia voimakkaasti hiovan massan. Hilseenmurtajan työtelojen ja vedonmittausrullien kulumisen on usein niin nopeaa, että on syytä tarkistaa materiaalin todelliset ominaisuudet. Hiottujen osien kestoikä on lyhyempi karkaisun loppuunkulumisen ja mahdollisesti hionnassa tapahtuvan lämpenemisen johdosta. Koeluontoinen kovuusmittaus osoitti, että työtelojen materiaali on vaatimusten mukainen. Kuitenkin materiaali pehmenee kulumisen myötä. Kestoikää pidentävä vaikutus olisi myös pölynpoiston tehostamisella: käytetyn kasetin tukirullien pinta on karhea ja kuoppainen kiinnivalssautuneen hilseen vaikutuksesta, mikä kuluttaa osaltaan työteloja.

Pyörivien osien kunnonvalvonnassa pieni IR-lämpötilamittari osoittautui hyväksi apuvälineeksi. Vikoja ei kokeessa löytynyt, mutta toimivien laitteiden lämpötilat olivat niin tasaisia, että olettaisi vian löytyvän helposti. Parhaiten laite soveltuu nopeasti pyörivien laakereiden vaurioiden etsintään. Alueella sopivia kohteita ovat hilseenmurtajan rullat ja kuulapuhalluksen lingot. Vedonmittausrullien laakereille ei näköyhteyttä turvallisesti ole ajon aikana. Kiinteä lämpötilamittaus jokaiseen laakeripesään varoittaisi jumiutuvasta laakerista ennen kuin suurempia vaurioita ja laatuvirheitä pääsee syntymään.

Jatkuvassa kunnonvalvonnassa voidaan käyttää myös ajonaikaisen prosessidatan tallentamista pitkän ajan keskiarvona. Tasomaisuutta indikoivia arvoja olisivat valssainten

stressometrien painemittaukset ja ohjausrullien asentotiedot. Tutkimallani alueella ohjausrullien 12 ja 13 kallistuksen keskiarvon muuttuminen kertoo muutoksesta ohjausrullastoa edeltävällä alueella. Vaihtelu on niin suurta, ettei yksittäinen mittaus kerro mitään, mutta esimerkiksi rullakohtaisen keskiarvon vertaaminen aiemmin ajettuun vastaavaan materiaaliin voi antaa hyödyllistä tietoa. Materiaalin laatuvaihteluiden vuoksi vertailuarvoina voitaisiin käyttää ohjausrullastoja ennen ja jälkeen tandemvalsaimen.

7. KEHITYSIDEOITA

7.1. Hehkutusuuni ja jäähdytysvyöhyke

Jäähdytyksen osuus tasomaisuusmuutoksissa on ratkaiseva. Siksi sen kehittämällä saadaan aikaan myös suurimmat parannukset. Jäähtyminen pitäisi tapahtua samaan tahtiin nauhan koko leveydellä ja molemmin puolin. Kylmänauhan jäähdytyksen ongelma on jäähtymisnopeuden erot nauhan ylä- ja alapinnan välillä. Lisäksi reunojen nopeampi jäähtyminen aiheuttaa reunojen tasomaisuusvirheitä. A- ja B-puolen reunojen välilläkin on eroja: syynä voi olla ilmavirtausten epäsymmetrisyys tai nauhan kulku sivussa keskilinjasta. Kuumanauhaa jäähdytetään vedellä aluksi automaation säädön perässä vyöhykkeillä 2 ja 3. Sen jälkeen säätöperiaate on auki tai kiinni. Automaattisäädön parametrit ovat laitetoimittajan määrittämät ja ne säätävät TV-arvon ja ajonopeuden mukaan. Nauhassa esiintyvien poikkileikkaussuuntaisten lämpötilaerojen toteamiseen voitaisiin käyttää lämpökamerakuvausta jokaisen vyöhykkeen jälkeen. Kokeilemani Fluke TI 25 – kamera ei sovellu tarkoitukseen riittämättömän mittausalueen vuoksi. Myös lähtötilanne, eli lämpöjakauma hehkutuksen jälkeen olisi tärkeä tarkistaa. Tällä saataisiin ongelmakohdat esiin. Parannuksia voidaan saada aikaan sekä parametreja hienosäätämällä että ilmakehän muokkauksella ja suutinputkia muokkaamalla. Automaattisäätöisten vyöhykkeiden jälkeen pitäisi varmistaa, ettei nauha ole liian kuumaa mennessään säätämättömälle alueelle. Tarvittaessa pitäisi 4-vyöhykkeellekin rakentaa automaattisäätö.

Jäähdytyksen parametroidissa uskoisin olevan kehittämisen mahdollisuuksia. Kuumanauhalla tarvittaisiin tarkka mittaus lämpötilalle vyöhykkeen 3 jälkeen. Lämpötila pitäisi mitata keskeltä ja reunoilta ylä- ja alapinnalta erikseen. Mittauksen perusteella voitaisiin hienosäätää 2- ja 3-vyöhykkeiden automaattisäätöventtiilien parametrit sekä jäähtymisen tasaisuuden että riittävän jäähdytystehon kannalta. Kylmänauhalla kriittinen kohta on runsasvesiyksikkö, vyöhykkeet 8 ja 9. Siksi vyöhykkeen 7 jälkeen tarvittaisiin samanlainen mittaus kuin vyöhykkeelle 3. Jos lämpötila on liian korkea, nostetaan jäähdytystehoa riippumanhallinta huomioon ottaen. Riippumanhallintaan voidaan vaikuttaa jonkin verran myös vedoilla. Leveys suunnassa ilmajäähdytyksen tehoa ei voi säätää.

Virtauksiin voidaan vaikuttaa kanavien muutoksilla ja suuttimien vaihdoilla erikokoisiin. Veden syöttö sumumaisessa muodossa jäähdytysilman sekaan olisi keino nostaa jäähdytystehoa ilmajäähdytyksessä, mikä pienentäisi runsasvesiyksikön osuutta kokonaisjäähdytyksestä.

Reunojen väliset lämpötilaerot, toispuoleiset tasomaisuusvirheet ja kannatin- sekä muiden rullien epäsymmetrinen kuluminen voivat olla seurausta siitä, että nauha ei kulje keskilinjassa hehkutuksen ja jäähdytyksen alueella. Siksi kannatinrullarevolverien ja kannatinrullien suoruus suhteessa nauhan kulkusuuntaan ja vaakatasoon on syytä tarkistaa ja säätää tarvittaessa. Nykyään tämä toimenpide ei ole säännöllisessä huolto-ohjelmassa, mutta se olisi syytä tehdä esim. 2 vuoden välein ja havaittaessa poikkeavaa kulumista yksittäisillä revolvereilla.

Jos tällainen kombilinja vielä rakennetaan, tai suuremman modernisoinnin yhteydessä kannattaisi harkita ainakin kuumien alueiden revolverien muuttamista kolmipaikkaisiksi. Yksi rulla olisi käytössä ja kaksi vaihdettavissa. Vararulla olisi aina valmiina, mikä nopeuttaisi virheen poistamista.

7.2. Hilseenmurtaja

Hilseenmurtajan kulumiseen vaikuttavat tekijät ovat tulevan nauhan huono tasomaisuus, nauhasta irtoava hilsepöly ja vesi. Tasomaisuuteen voidaan hakea parannusta jäähdytyksen parametrintia virittämällä ja kannatinrullien käyttöä ja kestävyyttä kehittämällä. Jäähdytysveden poistuminen nauhan pinnasta varmistetaan puristusrullien huoltovälejä lyhentämällä sekä muuttamalla kuivaimen kuumailmapuhallusta siten, että vesi ohjautuu nauhan reunan yli. Jos nauhan havaitaan tulevan märkänä ulos jäähdytyksestä, pitää sen syy tutkia ja korjata se lähimmässä seisokissa. Ilmapuhalluksen muuttaminen vettä sivuun ohjaavaksi, kuten alkuperäinen toiminta olikin, sallii puristusrullien käytön pidempään. Hilseenmurtajan sisäinen pölynpoisto vaatii myös parantelua. Ilmapuhallus nykyisellään ei riitä pitämään sekä työteloja että tukirullia puhtaina. Toisaalta pölynpoiston imutehoakin tarvitaan lisää, ettei irtopöly jää pyörimään koneen sisään.

Hilseenmurtajan kasettien ja vedonmittausrullien kuluminen on niin nopeaa, että katsottiin tarpeelliseksi tarkistaa rullissa käytetyn materiaalin sopivuus kohteeseen. Epäiltiin, että kestoikää saataisiin lisää vaihtamalla materiaali kovempaan. Voimakkainta kuluminen on ensimmäisen kasetin B-linjan puoleisessa reunassa, mihin vaikuttaa nauhan kyseisen reunan huono tasomaisuus sen tullessa hilseenmurtajan pesään. Laitetoimittajan kuvien mukaan työrullan materiaali on EN 10083/1. Rullat on induktiokarkaistu kovuuteen 60 – 62 HRC noin 4 millimetrin syvyyteen. Karkaisu mahdollistaa toimittajan mukaan 2 - 3 uudelleenhiointaa. Kuitenkin kuluma on usein edennyt niin pitkälle, ettei hiontavaraa ole. Koska kuluminen on nopeinta ensimmäisessä kasettiparissa, pitäisi siinä käyttää aina uusia työteloja, mikä voidaan ohjeistaa huollon tekijöille. Hiotut voi laittaa toiseen kasettipariin, koska sen kuluminen ei ole niin nopeaa.

Hionnan jälkeen teloista mitattiin kovuus. Epäilyksenä oli, että hionnassa mahdollisesti syntyvä lämpö pilaisi karkaisun. Suoritettu kovuusmittaus osoitti materiaalin kovuuden olevan jopa 64 HRC, eikä kovuus laskenut alle 62 HRC kuluneessakaan kohdassa, jossa kulumaa oli useita millimetrejä. Hiotunkin telan kovuus oli säilynyt. Merkittävästi kovempaa materiaalia ei ole olemassa, joten sitä kautta ei käyttöikänsä ole parannusta saatavilla.

Usein huoltoseisokissa pakat tarkistetaan ja pannaan käytetyt takaisin, jos voimakasta kulumaa ei havaita. Seisokki ohjeeseen on kirjattu, vaihdetaanko kasetit uusiin, vai pannaanko vanhat kasetit imuroinnin jälkeen takaisin. Tämä ohje perustuu ajomäärän mukaiseen oletukseen, päätös vaihtamisesta pitää tehdä tarkastukseen perustuen, mikä on syytä tarkentaa seisokin työlistaan. Lievästi kuluneiden kasettien kunnostaminen ei vaadi paljoa hiomista, joten ne kannattaa vaihtaa. Teloissa usein näkyvät raidat eivät näy nauhassa, joten niiden vuoksi ei vaihtoa tarvitse tehdä, kuluminen näkyy telojen halkaisijan pienenemisenä ja sitä ei pidä sallia. Havaintojen mukaan 1000 kilometrin ajomäärää ei pidä ylittää, koska alkuun päästyään kuluminen on nopeaa. Oletetun maksimiamäärän lähestyessä kasetit on syytä tarkastaa esim. kylmänauhalle siirryttäessä käyttämällä ensimmäiset kasetit ulkona tai jonkinlaista optista apuvälinettä käyttäen. Tarkastus on syytä tehdä, kun kaseteilla on ajettu yli 600 kilometriä. Tämän lisäksi nauhan pinnanlaadun tarkastuksen havaintojen perusteella tarkastus voidaan tehdä, jos on syytä epäillä vauriota.

Hilseenmurtajan kulumasta johtuva painuma tai kiillottuma on yleensä leveän nauhan reuna-alueella mutkitteleva jälki.

Hilseenmurtajalla tehdään austeniittiseen nauhaan 0,4 % venymä. Venymää on mahdollista nostaa tästäkin, austeniittisella voimien puolesta noin 1 % asti. Venymää nostaessa on huomioitava nauhan muokkauslujittuminen, joten kaikilla toimitustiloilla, esim. 2E, ei venymän nosto ole suotavaa. Kylmänauhaksi menevillä venymää saa nostaa. Kokeillessa ei merkittävää muutosta havaittu, mutta jos tasomaisuusongelmia ilmenee, voi venymää nostaa austeniittisellä nauhalla noin 0,8 % asti. Kylmillä uuneilla ajettavien ferriittisten venymä ei saavuta tavoitetasoa, joten venymäarvon nostolla ei ole vaikutusta.

Hilseenmurtajan työtela on tuettu tukirullastoilla telan molemmin puolin. Tukirullia on viisi kappaletta kummallakin puolen ja ne ovat päistään laakeroituja. Paikoin on nähtävissä voimakasta kulumaa tukirullan pään kohdalla. Tämä ongelma voitaisiin eliminoida muuttamalla rakennetta siten, että työtela tuettaisiin kahdella yhtenäisellä välirullalla, jotka tuettaisiin nykyisellä tukirullastorakenteella.

Vedonmittausrullien vauriot havaitaan usein seisokin aikana kasettien poiston jälkeen. Lyhyessä seisokissa vaihto jää usein tekemättä, koska siihen ei ole varauduttu. Seisokkiin voitaisiin järjestää valmius vedonmittausrullien vaihtoon valmistelemalla uudet rullat ja tilaamalla asentajat valmiiksi. Jos vaihtotarvetta ei ole, voidaan asentajilla teettää muita töitä. Esimerkiksi varaajien kannatinrullia on vaihdettavaksi.

7.3. Kunnonvalvonta

Mekaaniset muutokset ehkäistään ennakoivalla kunnossapidolla. Laitteiden kunnonvalvonta ajon aikana on vaativaa huonon näkyvyyden, melun ja erilaisten turvaratkaisujen vuoksi. Myös henkilöstön vähyys on ongelma. Kriittisimpien kohteiden tarkistuksiin voitaisiin käyttää erilaisia mittausvälineitä: akustiset mittaukset, lämpötilan mittaukset ja asentovirheiden mittaaminen esim. laserin avulla voisivat tulla kysymykseen. Erityisen ongelmallisia ovat hilseenmurtajan vedonmittausrullat: näkyvyys niihin on ajon

aikana huono ja vaurio, varsinkin jumittuminen, tekee tuotteesta käyttökelvotonta. Jumiutumisen tai rullan katkeamisen syynä on laakerivaurio, minkä ensimmäinen oire on laakerin lämpeneminen. Tämä voidaan ennakoida asentamalla rullien laakereihin kiinteä lämpötilamittaus. Yksinkertaisimmillaan se olisi mittari, jonka näyttö voisi olla koneen ulkoseinässä kävelytason puolella. Käyttäjäkierroksella lukemat voitaisiin tarkistaa. Tehokkaampi versio olisi mittaustulosten tuominen linjan ajopäätteelle ainakin hälytyksenä korkeasta lämpötilasta. Linjan kamerajärjestelmää käytetään paljon pinnanlaadun ja laitteiden kunnan valvontaan. Kameroiden pölyntyminen on ongelma mekaanisen hilseenpoiston alueella, eikä muutama lisäkamera olisi haitaksi.

Määräaikaiset huollot ja tarkistukset pitäisi aikatauluttaa laitetoimittajan suositusten pohjalta ja tarkentaa käytännön kokemuksiin perustuen. Tämä edellyttää toimenpiteiden järjestelmällistä kirjaamista siten, että jokaiselle laitteelle muodostuu selkeä huoltohistoria. Nykyinen Kutu-järjestelmä antaa tähän kaikki mahdollisuudet, mutta tietojen kirjaamisessa on vielä puutteita. Kutin hyötyjen käyttöön saaminen vaatii lisää koulutusta koko henkilöstölle ja kirjaustavoista on luotava yhteiset pelisäännöt, että yksittäisen laitteen kaikki kunnossapitotiedot ovat helposti saatavilla. Esimerkiksi tieto yksittäisen laitteen edellisestä korjauksesta ja tyypillisestä huoltovälistä kertoisi, koska kohde on syytä ottaa tarkempaan seurantaan.

Huolto- ja tarkastusvälien tihentäminen on tarpeen muutamissa kohteissa. Kannatinrullien poikkeuksellisen nopeaan kulumiseen määrätyillä revolvereilla voi syy löytyä revolverin asentovirheestä joko pysty- tai vaakasuuntaan. Siksi asentomittaus pitäisi tehdä ongelmien ilmaantuessa tai vähintään vuoden välein kaikille revolvereille. Nauhan märkyys jäähdytyksen jälkeen on oire puristusrullien kulumasta. Koska kuluma on rakenteen vuoksi vaikeasti havaittavissa, kannattaa ainakin toinen rullapari vaihtaa varmuuden vuoksi, jos puristuspaineen säätö ei auta. Hilseenmurtajan vedonmittarullien asento ja kuluma on tarkastettava aina, kun kasetit käytetään pois. Laakereiden kunto vaatii jatkuvan seuraamisen esim. kiinteällä lämpötilamittauksella, koska laakerivaurio johtaa nopeasti akselin katkeamiseen tai asentovirheeseen, mikä jättää vakavia virheitä nauhaan. Kuulapuhalluksen taittorullaston nostomekanismin vaurion seuraus on nostorullan asentovirhe, mikä aiheuttaa nauhaan toisen reunan venymisen ja saa aikaan rullan

toispuoleisen kulumisen. Nostomekanismin kunnan tarkastaminen automaattiajon aikana voidaan suorittaa aina vaihdettaessa moodi kuumanauhalle.

7.4. Tarkastuskierros

Käyttöhenkilöstön työhön kuuluu valvoa laitteiden kuntoa muiden tehtäviensä ohella. Hehkutuksen ja jäähdytyksen kannatinrullat on helppo tarkastaa ennakkoon, koska tarkastettavat rullat ovat revolverien alapuolella hyvin näkyvillä. Kylmänauha-ajon aikana voidaan tarkastaa kuumanauhalla käytettävät rullat. Kuiturullia käytetään kuumanauhallakin revolvereilla 7 ja 12. Näillä rullilla on yleensä jo ajettu kylmänauhaa. Jos rulla on viallinen, vaihdetaan se uuteen ja jätetään kyseinen revolveri kääntämättä kuumanauhalle siirryttäessä. Näin toimien paikalla on valmiiksi uusi rulla seuraavaa kylmänauhaerää varten. Myös kuparirullat tarkastetaan. Rullan pinnan lisäksi kaikista rullista tarkastetaan käyttöhihna ja sen rattaiden linjaus. Jos rattaat eivät ole linjassa keskenään, on syynä yleensä rullan sivuttainen liukuminen laakereissaan. Tästä seuraa hihnan irtoaminen tai katkeaminen tai rullan jumiutuminen. Tällaiset rullat vaihdetaan uusiin ja vialliset toimitetaan kunnostettaviksi. Myös jäähdytysveden vuoto voi olla syynä rullan vaihtoon.

Jäähdytysvyöhykkeillä voidaan nauhan tasomaisuutta tarkastella vyöhykkeillä sijaitsevista aukoista. Muutos tasomaisuudessa voi olla merkki vioittuneesta kannatinrullasta tai epätasaisen jäähdytyksen aiheuttamaa. Kun muutos havaitaan, tarkistetaan jäähdytyksen toiminta ja muutoskohtaa edeltävä kannatinrulla. Jäähdytyksen aiheuttama tasomaisuusvirhe on tasaista aaltoilua, kun taas mekaanisen vaurion aiheuttama on terävää ruttua tai taitetta.

Jäähdytyksen ja kuulapuhalluksen väliä voidaan tarkastella kulkemalla lähellä laitteita tarkkaillen pyörivien rullien kuntoa. Jos rullissa havaitaan pintavikoja, tutkitaan nauhan pinnanlaadun mahdollisia muutoksia paikan päällä ja tiedotetaan tarkastajaa tutkimaan nauha tarkasti vaurion kohdalta. Jos vaikutusta tuotteen laatuun ei havaita, tehdään työtilaus seuraavaan seisokkiin. Hilseenmurtaja voidaan tutkia katsomalla koneen sisään linjan käydessä muistaen turvallisuus. Silmällä voidaan katsoa telojen pyöriminen ja

pahimmat kulumatkin voidaan nähdä. Linjan ollessa seis päästään näkemään myös vedonmittausrullat: hyvin valaistuna pahemmat kulumat ja laakerivauriosta tai akselin katkeamisesta johtuva asentovirhekin on havaittavissa. Tarkempi tutkimus vaatii kasettien poistamisen.

Kuulapuhalluksen alueella suoraan nähtävissä ovat vain taittorullat: ajon aikana suoraan pintaan, esim. nostorullan tukipalkkiin, vertaamalla voidaan havaita nostorullan kuluma katsomalla rullaa kuulapuhalluskoneen alta hyvän valon avulla. Kulumista esiintyy yleensä 1500 mm leveän nauhan reuna-alueella molemmin puolin tai vain toisella puolen. Sallittu kuluman syvyys on ohjeen mukaan kaksi millimetriä, mikä on vaikeasti silmällä havaittavissa. Erityisesti jyrkkäräjäinen kuluma on ongelmallinen, koska kuluman reuna aiheuttaa nauhaa venyttävää voimaa kapealle alueelle, jolloin myötöraja paikallisesti ylittyy. Taittorullaston kiinteä rulla on vaikeammin tutkittavissa, koska siihen ei ajon aikana saada kohtisuoraa näköyhteyttä turvarakenteista johtuen. Vaihtotarpeen määrittelyssä kuluman määrää tärkeämpi tekijä on nauhassa tapahtuvat muutokset. Yksikön sisäiset viat voi nähdä vain nauhan tasomaisuuden muutoksesta, yleensä asentovirheen aiheuttamasta toispuoleisesta reunavenymästä. Tällaiset muutokset havaitaan tarkastuspaikalla nauhasta ja vian tarkempi paikantaminen onnistuu kamerajärjestelmän avulla. Kuulapuhalluksen alueella kamerat ovat herkkiä likaantumaan, mikä vaikeuttaa vian etsintää.

Tarkastuskierrokset tehdään enimmäkseen aistinvaraisesti, joten kuuloakin kannattaa hyödyntää: poikkeavat äänet ovat yleensä merkki liikkuvan nauhan kosketuksesta rakenteisiin tai jonkin rullan luistosta tai huonosta pyörimisestä. Kuulapuhalluksen taittorullastojen nostorullan mekanismin äänekkyyys ja tärinä on ensimmäinen merkki vauriosta. Siksi rullien ajoa on syytä käydä seuraamassa lähempää ja raportoida poikkeamat työtilauksena. Tämän tarkastuksen voisi tehdä esimerkiksi konepäivystäjä moodinvaihdon yhteydessä.

Loppupään valvomossa työskentelee vuorosta riippuen kolme tai neljä operaattoria, joiden hoitama alue on uunin alusta päällekelaimelle asti mukaan lukien tarkastustoiminta. Kunnonvalvontaakin tapahtuu koko alueella, joten tarkastuskierrokset eivät saa vaatia

kovin paljon aikaa. Siksi kunnonvalvontaa pitää suorittaa myös päivätyöntekijöiden, kunnossapidon ja alueen kunnosta vastaavien työjohtajien toimesta. Samalla saadaan heidän erikoisosaamiseensa perustuvia näkemyksiä.

8. YHTEENVETO

Tasomaisuuden hallinnan kannalta RAP5 on vaikea linja. Kuumavalssaamolta tulevan materiaalin taso on vaihteleva, mikä aiheuttaa ongelmia nauhan hallinnassa tandemvalssauksessa. RAP-linjalla valssatun nauhan tasomaisuus on hyvä. Linjalla merkittävimmät tasomaisuusmuutokset tapahtuvat hehkutuksen jälkeen jäähdytyksessä. Paras tapa poistaa virheet on estää niiden syntyminen. Jäähdytyksen toiminnan parantaminen vaatii runsaasti aikaa, testejä ja tutkimusta. Siinä on ainesta omaan opinnäytetyöhönsä.

Toinen merkittävä tasomaisuusvirheiden aiheuttaja on osien epätasaisen kulumisen, nauhan taipuman ja linjan vetojen yhdessä aiheuttama paikallinen kuormitus nauhaan. Yleisimmät virhelähteet ovat hilseenmurtajan työtelat ja vedonmittarullat sekä kuulapuhalluksen taittorullat. Toisaalta epätasaisen kulumisen pääasiallinen aiheuttaja on huono tasomaisuus. Hilseenmurtajan kasettien vaihtoväli linjan nykykunnossa on maksimissaan 1000 kilometriä kuumanauhaa. Tehokkain keino lisätä hilseenmurtajan käyttöikää on jäähdytyksen parantaminen. Hilseenmurtajan tekemä työ jäähdytyksestä johtuvan huonon tasomaisuuden parantamisessa on sen suurin kuluttaja.

Isojen kumipintaisten rullien kuluminen on hidasta ja laakerivauriot hyvin harvinaisia. Kuitenkin merkitys tasomaisuuteen ja ohjautuvuuteen on suuri. Hilseenpoiston alueella S-rullissa kannattaa tämänhetkisten kokemusten perusteella käyttää uretaanipintaisia rullia. Rullien kuluman mittaus alueella on syytä tehdä seisokeissa ohjeen mukaan, koska kyseisen alueen rullat ovat kovien vetojen vuoksi kriittisiä tasomaisuuden suhteen.

Käyttöhenkilöstön suorittamassa kunnonvalvonnassa tuotteen pinnanlaadun tarkastuksella on hyvin merkittävä rooli. Viallinen laite jättää jälkensä nauhaan ja useimmiten virhe voidaan melko tarkasti paikantaa mm. muotonsa, värinsä ja virhevälinsä perusteella.

Työn tuloksena laadittiin ohje tarkastuskierroksesta alueelle, mikä antaa keinoja havaita virhe linjan käynnin aikana. Lisäksi saatiin dokumentoitua merkittävimmät

tasomaisuusvirheiden aiheuttajat ja tehtiin ehdotuksia parannuksista määritellyllä alueella. Työssä keskityttiin enemmän alueen mekaniikkaan, koska jäähdytyksen kehitystyö on laajuudessaan useamman henkilön työpanoksen vaativa projekti.

Opinnäytetyön tekeminen vuorotyön ohessa osoittautui haastavaksi. Linjalla ajettava materiaali vaihtelee jatkuvasti sekä mitoiltaan että toimitustiloiltaan ja suurempia tasomaisuusongelmia esiintyy vain leveimmillä materiaaleilla. Linja myös seisoi usein materiaalipulassa. Eräs ongelma oli käyttökelpoisen tiedon saatavuus: prosessidataa ja kunnossapitotietoja kerätään valtavasti, mutta sitä ei ole saatavilla käyttäjävälisessä muodossa. Linjan toiminnasta kertovaa tietoa pitäisi tallentaa trendimuodossa sopivaan järjestelmään. Muutokset esimerkiksi moottorin kuormassa, pumpun virtauksessa tai ohjauksrullien asemassa kertovat laitteissa tapahtuvista muutoksista ennen kuin vakavampia ongelmia ehtii kehittyä.

Oman työni kannalta havaitsin tutkimustyön erittäin tehokkaaksi menetelmäksi kehittää omaa erikoisosaamistaan. Tällaiseen, vaikka pienimuotoisempaankin, tutkimustyöhön kannattaisi antaa mahdollisuus kaikille halukkaille kohtuullista korvausta vastaan. Siten saataisiin parannettua linjan toimintaa pureutumalla yksittäisiin ongelmiin tehokkaasti sekä parannettua henkilöstön ammatillista erikoisosaamista. Lisäksi saataisiin dokumentoitua linjan ongelmia ja ominaisuuksia. Aiemmin suoritettut OK1-projektit olivat enemmän toimistolla tehtyjä ryhmätöitä, jotka ovat hiljalleen hiipuneet mm. henkilöstöressien vähyyden vuoksi.

9. LÄHDELUETTELO

- /1/ Auvinen, Jouni, HP-linjojen keraamisten kannatinrullien käytön kehitys, Oulun Seudun Ammattikorkeakoulu, 2011
- /2/ Huhta, Tuomo, Asiantuntijan haastattelu, Outokumpu Stainless, Tornio 2013
- /3/ Jaako, Tommi, Aluetyönjohtajan haastattelu, Outokumpu Stainless, Tornio 2012
- /4/ Kuusela, Petri, Aluetyönjohtajan haastattelu, Outokumpu Stainless, Tornio 2012
- /5/ Outokumpu Stainless, OK1 Pilottiprojekti 12, Jäähdytyksen parantaminen kylmänauhalla 2005
- /6/ Outokumpu Stainless, RAP5 Laitetekoulutus koulutusaineisto, 2007
- /7/ Outokumpu Stainless, TRC5502 Tutkimus koskien kuumanauhojen tasomaisuutta, 2004
- /8/ Puukko, Esa, TRC 5653 The flatness of cold rolled material in RAP-line after the cooling section, 2006

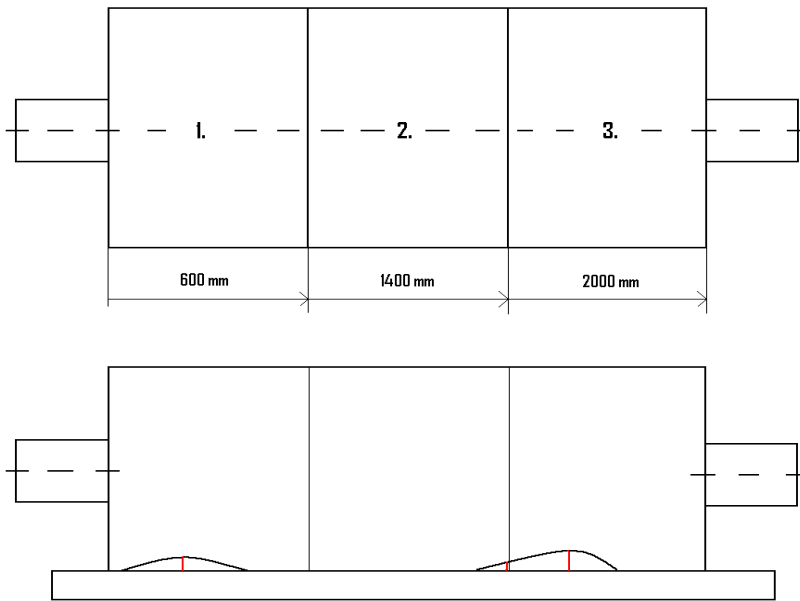
10. LIITELUETTELO

Liite 1. S-rullien kuluneisuuden mittaaminen

Liite 2. Käyttäjäkierros hehkutus - kuulapuhallus

S-RULLIEN KULUNEISUUDEN MITTAAMINEN

S-rullien kuntoa seurataan mittaamalla pinnoitteen kulumista syntyneiden urien syvyytenä sekä muina pinnan epämuodostumina. Urien syvyys mitataan painamalla linjari vaakasuoraan rullan pintaa vasten (kuva 1). Rullan pituus on jaettu kolmeen alueeseen joista kustakin kirjataan ylös suurin lukema.



Kuva 1. Rullan jako kolmeen osaan sekä kunkin alueen kuluneisuuden mittaaminen.

Rullat

- Tarkasta rullien puhtaus ja pintojen kunto
- Tarkasta onko rullan pinnalla suuria kulumisjälkiä tai halkeamia.
- Pintavauriot (lohkeamat, hilseily, pintakerroksen vauriot).
- Profiili.
- Kovuus (SHORE A – katso rullan asennuspiirroksesta).

Merkitse mittaustulokset mittapöytäkirjaan. Kirjaa lisäksi huomiotavaa kohtaan muut rullan pinnan kuntoon liittyvät huomautukset.

Varmista työturvallisuus.

Käyttäjäkierros alueelle hehkutus-kuulapuhallus

Kannatinrullat

Laite	Vikatyyppit	Menetelmä	Seuraus	Vaikutus nauhassa	Toimenpide
Kannatinrulla kuitu	Kartiomainen kuluma	Visuaalinen	Loppuunkuluminen	Ohjausongelmat, reunarutut, lommot	Rullan vaihto
	Halkeamat		Kiekkojen irtoaminen	Lommot	Rullan vaihto
	Myhkyrämainen pinta			Pistemäinen painuma, "leimaaminen"	Rullan vaihto
	Vesivuoto				Rullan vaihto tai muu korjaus
Kannatinrulla kupari/rauta	Hihnapyörät ei linjassa	Visuaalinen	Hihnan katkeaminen ja rullan jumiutuminen	Naarmut	Rullan vaihto

Käytössä olevan rullan vaurio on nähtävissä jäähtyksen jälkeen kameralla 154 tai 70 joko reunan terävänä aaltoiluna tai lommomaisena painumana. Kuumanauhalla todennäköisimmin vaurio löytyy revolvereilta 7 ja 12, joissa on kuiturullat. Ensin käännetään revolveri 12. Jos vika ei löydy sieltä, käännetään 7. Ennen kääntöä varmistetaan, että alla on ehjä rulla.

Kylmänauhalla viallinen rulla on todennäköisimmin revolvereilla 8-12. Jos virheväli on mitattavissa, voidaan viallisen rullan halkaisija laskea kaavalla DD/π , jossa DD = virheväli

Myös 2-tasolta löytyvistä ajomääristä voi tehdä johtopäätöksiä.

Jos vika ei em. keinoilla löydy, voidaan nauhan muutokset nähdä uunin ja jäähtyksen tarkastusaukoista.

Jos tämäkään ei auta, ajetaan prosessia ryöminällä ja käännetään revolverit, kunnes viallinen rulla löytyy.

Kuuman rullan annetaan jäähtyä ennen vaihtoa, sen aikaa ajetaan kuumanauhalla ylhäällä.



Kuoppa kannatinrullassa nauhan reunan kohdalla



Kannatinrullan myhkyräinen pinta



Halkeamia kannatinrullassa



Kartiomaisesti kulunut kannatinrulla

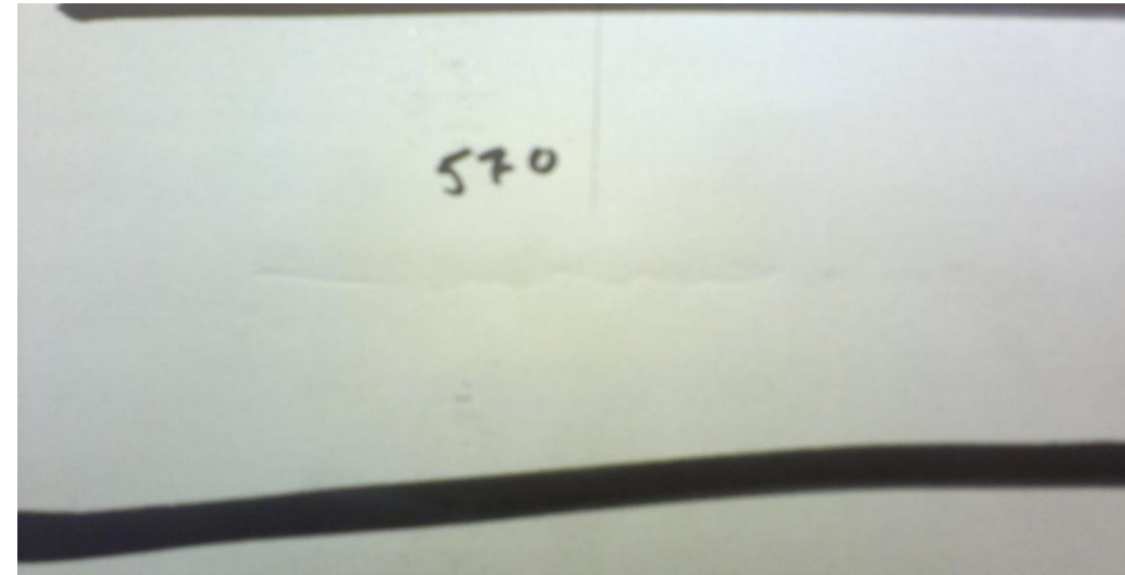


Alempi rulla liukunut laakereissaan

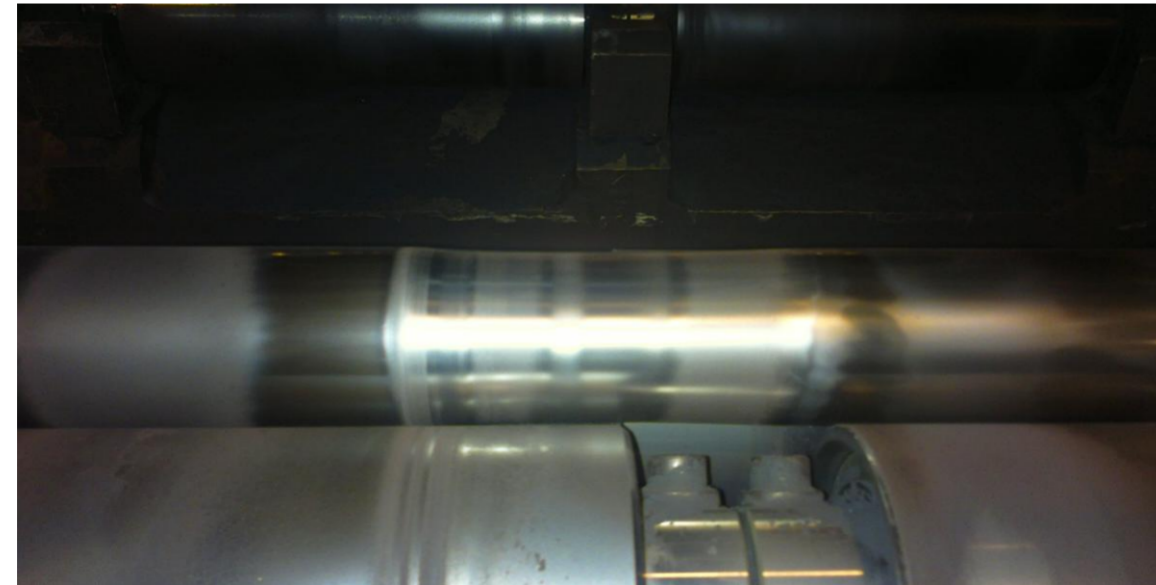
Hilseenmurtaja

Laite	Vikatyyppit	Menetelmä	Seuraus	Vaikutus nauhassa	Toimenpide
Tulopuolen vedonmittausrullat	Kuluma	Visuaalinen	Epätasainen kuormitus nauhaan	Paikallinen tasomaisuusvirhe, painuma	Rullan ajo auki, vaihto seisokkiin
	Laakerivaurio	Visuaalinen, LT-mittaus	Asentovirhe, jumiutuminen	Tasomaisuusvirhe, naarmut	Rullan ajo auki, estettävä kosketus nauhaan vaihto seisokissa
	Rullan katkeaminen	Visuaalinen	Asentovirhe, jumiutuminen	Tasomaisuusvirhe, naarmut	Rullan ajo auki, estettävä kosketus nauhaan vaihto seisokissa
Hilseenmurtajan kasetit	Kuluma	Visuaalinen, LT-mittaus	Epätasainen kuormitus nauhaan	Tasomaisuusvirhe, painuma	Kasetin aukaisu, kasettien vaihto
	Laakerivaurio		Telan jumiutuminen tai irtoaminen	Naarmut, painumat	Kasetin aukaisu, kasettien vaihto
Jätöpuolen vedonmittausrullat	Kuluma	Visuaalinen	Epätasainen kuormitus nauhaan	Paikallinen tasomaisuusvirhe, painuma	Rullan ajo auki, vaihto seisokkiin
	Laakerivaurio	Visuaalinen, LT-mittaus	Asentovirhe, jumiutuminen	Tasomaisuusvirhe, naarmut	Rullan ajo auki, estettävä kosketus nauhaan vaihto seisokissa
	Rullan katkeaminen	Visuaalinen	Asentovirhe, jumiutuminen	Tasomaisuusvirhe, naarmut	Rullan ajo auki, estettävä kosketus nauhaan vaihto seisokissa

Ajon aikana näkyvyys laitteille on huono. Tulo- ja jätöpuolelta voi nähdä osan vedonmittarullista ja ovet avaamalla nähdään kasettien A-puoleiset päät. Katsotaan vedonmittarullien asento silmämääräisesti (asentovirhe johtuu laakerivauriosta tai rullan katkeamisesta) Kaseteista tarkistetaan rullien pyöriminen, myös voimakas kuluma näkyy silmällä, useimmin ensimmäisessä kasettiparissa 1500-leveän nauhan reunan kohdalla. Laakerivaurion voi todeta mittaamalla lämpötila IR-mittarilla, värimuutoksista tai äänestä. Jos virhe näkyy, eikä vikaa muuten löydy, avataan laitteita yksitellen, kunnes virhe poistuu. Viallinen laite jätetään auki ja tutkitaan kun linja pysähtyy / pysäytetään. Kun kaseteilla on ajettu n. 600 km tai enemmän, käydään ne tarkastamassa esim. moodinvaihdon yhteydessä. Tarvittaessa käytetään kasetit ulkona.



Hilseenmurtajan painuma



Kuluma hilseenmurtajan alatelassa

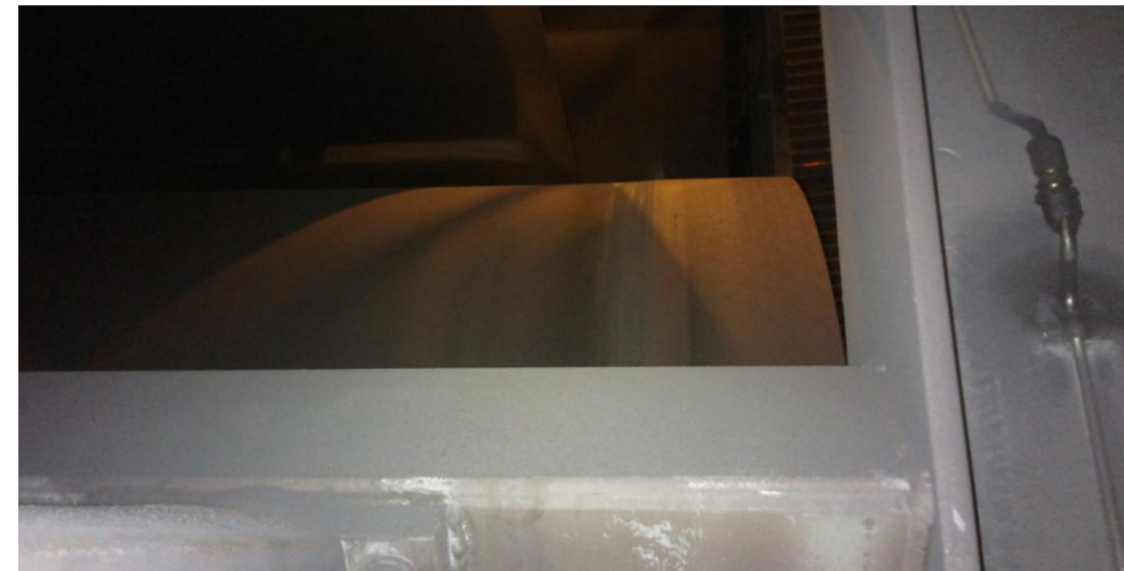


Kuluneet vedonmittarullat

Kuulapuhallus

Laite	Vikatyyppit	Menetelmä	Seuraus	Vaikutus nauhassa	Toimenpide
Kuulalingot	Laakerivaurio	LT-mittaus	Lingon jumiutuminen	Puhdistumisongelmat	Yksikön sammutus, ajonopeuden lasku tarvittaessa, Korjaus mahdollisimman pian
	Hihnavaurio	Hälytys HMI:llä	Yksikön sammuminen	Puhdistumisongelmat	Uudelleenkäynnistys, viallinen linko manuaalille Hihnojen vaihto mahdollisimman pian
Taittorullat	Kuluma	Visuaalinen	Laitaanmeno	Tasomaisuusvirhe	Rullan alasajo, edeltävän yksikön sammutus vaihto seisokissa
	Asentovirhe	Visuaalinen, muutos nauhassa, Laakerit LT-mittauksella Nostorullan liikkeen seuranta	Laitaanmeno	Toispuoleinen tasomaisuusvirhe	Rullan alasajo, edeltävän yksikön sammutus korjaus seisokissa
Koneiston rakenteet	Kuulavuoto	Visuaalinen	Kuulien vuotaminen lattialle	Puhdistumisongelmat	Yksikön sammutus, ajonopeuden lasku tarvittaessa vuodon paikkaus mahdollisimman pian, korjaus seisokissa

Lingon jumiutuessa käyttö hälyttää ylikuormaa HMI:llä, hihnojen katkettua tulee belt-hälytys alikuormasta. Hihnojen vaihdossa on ko. yksikkö sammutettava ja varmistettava lingon pyöriminen. Jos yksikkö halutaan päälle viallisesta lingosta huolimatta, poistetaan hihnat ja estetään kuulien virtaus sulkulevyllä sekä käynnistäessä laitetaan viallisen lingon kuulansyötön säätö manuaalille, mikä ohittaa hihnan valvonnan. Nostettavan taittorullan kuluman näkee kuulapuhalluskoneen alta nauhan tulosuunnasta katsomalla, vertaamalla rullan pinnan suoruutta rullan takana olevaan tukipalkkiin. Muiden rullien kunto on pääteltävä ajon aikana nauhassa tapahtuvista muutoksista. Tarkemmat tutkimukset linjan ollessa seis. Rullan kuluma mitataan laittamalla linjari rullan pintaa vasten ja mittaamalla "kuopan" syvyys. Erityisesti toispuoleinen kuluma aiheuttaa ongelmia. Nostorullan liikkeen seuranta laitteen vierestä: tärinät ja äänet merkkejä vauriosta. Kuulavuoto korjataan väliaikaisesti tiivistemassalla, vuotavat putket vaihdetaan tai väliaikaisesti paikataan ilmastointiteipillä.



Kuluma taittorullassa nauhan reunan kohdalla venyttää reunaa voimakkaasti