

Jani Yliherva

OIKAISUKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

OIKAISUKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

Jani Yliherva
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jani Yliherva
Opinnäytetyön nimi: Oikaisukoneen käytettävyyden parantaminen
Työn ohjaajat: Juha Männistö, Janne Rantamäula
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 34 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamo 2:lla. Työn tavoitteena oli RAP5-linjan esioikaisukoneiden käytettävyyden parantaminen.

Työssä selvitettiin oikaisukoneen toiminnalliset ongelmat. RAP5-linjalla ajetaan kahdentyyppisiä ruostumattomia teräslajeja: austeniittisiä ja ferriittisiä ruostumattomia teräksiä. Kuumanauhan toimitustilassa molemmille laaduille on määritetty samat oikaisukoneen rakoarvot. Ferriittiset laadut ovat ominaisuuksiltaan pehmeämpiä, joten oikaisukone taivutti niitä liikaa ja tuotantonauhan pujottaminen seuraavalle koneelle estyi. Aiemmin ongelman ratkaisemiseksi oikaisukonetta säädettiin manuaalisesti tarpeen mukaan.

Opinnäytetyössä kokeiltiin eri rakoarvoja ja niiden vaikutusta lopputulokseen. Saatuja tuloksia verrattiin oikaisuteorian avulla laskettuihin tuloksiin ja näiden pohjalta tehtiin ehdotus käytettävistä rakoarvoista.

Käytettävyyden parantamiseksi oikaisukoneille tehtiin lisäksi varaosakartoituksen sisältävä ennakkohuoltosuunnitelma. Ennakkohuoltoa tarvitsevien komponenttien vikaantumisvälit selvitettiin laitteen vikahistorian ja työntekijöiden haastattelujen avulla. Oikaisurullille määriteltiin sopivat vaihtovälit, jotka toteutetaan suunnitelluissa vuosihuolloissa. Vaihtoväleillä saadaan vähennettyä tuotannon aikaisia pysähdyksiä, mikä parantaa linjan toimintavarmuutta.

Työn pääkohdat olivat rakoarvojen määrittäminen parhaan oikaisutuloksen saamiseksi, ennakkohuollon kehittäminen ja varaosakartoitus. Kaikilta osa-alueilta päästiin tavoitteisiin.

Asiasanat: esioikaisu, rakoarvo, ferriittiset, kunnossapito

ABSTRACT

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

Author: Jani Yliherva
Title of thesis: Improving Usability of Leveler Machine
Supervisors: Juha Männistö, Janne Rantamäula
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018
Pages: 34 + 2 appendices

This thesis was made for the Cold Rolling Mill 2 of Outokumpu Tornio Works. The purpose of the thesis was to optimize the use of the RAP5 line pre-leveler machines with ferritic stainless steels and to make a plan for pre-maintenance.

The study examined the behavior of ferritic stainless steels on the pre-leveler machine and determined the optimum straightening groove values for the pre-leveler. Two kinds of steel are processed in the RAP5 line: austenitic and ferritic. Before this thesis was made, operators used the same straightening values with ferritic hot-rolls that they use with austenitic hot-rolls. Ferritic steels are softer than austenitic steels, and thus, with the same straightening values the pre-leveler straightened ferritic steels too much. That may prevent the roll to proceed to the next machine.

The practical research was carried out by experimenting, interviewing employees and finally comparing the results with theory. Besides this, a pre-maintenance program was planned and a spare part analysis was made.

As a result of the thesis the set values for ferritic hot rolled steel were obtained. The validity period for the straightening rolls was determined by interviewing employees and by analyzing the time during which the parts were damaged. Also, a spare part list was made of the most critical spare parts. By doing this, loss of production can be avoided. All goals were achieved.

Keywords: pre-leveler, gap adjustment, ferritic, maintenance

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden kylmävalssaamo 2:lla. Työn ohjaajina toimi Outokummun puolelta kunnossapitoinsinööri Janne Rantamaula ja aluetyönjohtaja Jukka Pohjanen. Työn toimeksiantajana toimi käyttöpäällikkö Jukka Sieppi. Oulun ammattikorkeakoulun puolelta ohjaajina toimivat lehtori Juha Männistö ja lehtori Tuija Juntunen.

Haluan kiittää kaikkia opinnäytetyössä avustaneita. Lisäksi haluan kiittää vanhempiani, että sain asua heidän luonaan opinnäytetyön teon ajan sekä avopuolisoani Elinaa tuesta ja kärsivällisyydestä.

Torniossa 15.5.2018

Jani Yliherva

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Outokumpu Oy	8
1.2 Tornion tehtaat ja Kemin kaivos	9
1.3 RAP5	10
1.4 RAP5 prosessi	11
2 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN OIKAISU JA LAITTEISTON KUNNOSSAPITO	14
2.1 Ruostumattomat teräkset	14
2.2 Ferriittiset teräslajit	14
2.3 Oikaisukone	16
2.4 Rakoarvon määrittäminen	17
2.5 Kunnossapito	21
2.5.1 Kunnossapidon tavoitteet	21
2.5.2 Kunnossapidon lajit	22
2.5.3 RCM	23
3 OIKAISUKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN	26
3.1 Oikaisukoneen ajoparametrien optimointi	26
3.2 Ennakkohuollon kehittäminen	27
3.2.1 Taloudellinen vaikutus	29
3.2.2 Varaosakartoitus	31
4 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITTEET	
Liite 1 Laskennalliset rakoarvot eri plastisoitumisasteen mukaan 810-laadulle	
Liite 2 Laskennalliset rakoarvot eri plastisoitumisasteen mukaan 814-laadulle	

LYHENTEET

KUTI kunnossapidon tietojärjestelmä

Kupu-uuni teollisuusuuni lämpökäsittelyprosesseja varten

RAP5 valssaus, hehkutus, peittäus, 5

Rp0.2 jännitys, joka antaa 0,2 %:n venymän

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä parannetaan oikaisukoneen käytettävyyttä kylmävalssaamon RAP5-linjastolla Outokummun terästehtaalla Torniossa. Työhön kuuluu oikaisuparametrien säätöä, ennakkohuollon suunnittelua ja varaosakartoitusta.

Aiemmin RAP5-linjastolla tuotettiin austeniittisia teräslaatuja. Markkinoiden muuttua rinnalle ovat tulleet ferriittiset teräslaadut, joiden kysyntä on edelleen kasvussa. Syynä tähän on muun muassa edullinen hinta. Ferriittinen teräs on ominaisuuksiltaan pehmeämpää kuin austeniittinen, joten se taipuu oikaistaessa herkemmin. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 51.) Ferriittisille teräslaaduille ei ole tehty omia säätöparametreja, vaan niille käytetään samoja arvoja kuin austeniittisille kuumanauhoille. Ferriittisiä teräslaatuja ajettaessa operaattorit joutuvat säätämään manuaalisesti oikaisukoneelle sopivat arvot.

Opinnäytetyössä haetaan ferriittisille laaduille sopivat ajoparametrit. Työtä toteutetaan kokeilemalla ja seuraamalla operaattoreiden manuaalisesti säätämiä oikaisuarvoja. Lisäksi oikaisuparametreja tarkastellaan oikaisuteorian pohjalta. Tulosten perusteella ferriittisille teräslaaduille tehdään omat parametritaulukot.

Oikaisukoneille ei ole ollut käytössä määriteltyjä ennakkohuoltoja, vaan laitteita on korjattu vian ilmaantuessa. Tavoitteena on, että toimivalla ennakkohuollolla pystytään vähentämään laiterikkoontumisista aiheutuvia ylimääräisiä seisakkeja. Jotta ennakkohuoltoa voidaan tehdä tehokkaasti, on varastossa oltava riittävä määrä tarvittavia varaosia. Siksi oikaisukoneelle tehdään lisäksi varaosakartoitus.

1.1 Outokumpu Oy

Outokumpu on maailmanlaajuisesti toimiva suomalainen metalliteollisuuskonserni, jonka toiminta alkoi Itä-Suomesta vuonna 1910 löytyneestä kuparimalmi esiintymästä. Yhtiön päätuotteena on ruostumaton teräs, jonka kehityksessä sillä on ollut tärkeä asema. Vuonna 1932 Outokummusta tehtiin osakeyhtiö, jonka enemmistö oli aluksi valtiolla. Vuonna 2012 Outokumpu osti ThyssenKruppin

ruostumattoman teräksen yksikön Inoxum GmbH:n, minkä myötä siitä tuli ruostumattoman teräksen markkinajohtaja maailmassa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja toimitusjohtaja on Roeland Baan. (Outokumpu. 2018.)

Outokumpu valmistaa ruostumatonta terästä Suomessa, Saksassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa. Kuvassa 1 ovat Outokummun tuotantolaitokset. Toimintaa Outokummulla on jokaisella mantereella. Vuoden 2017 liikevaihto oli 6 363 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos oli 392 miljoonaa euroa. Outokummulla on työntekijöitä yli 10 000 yli 30 maassa. Suomessa työskentelee noin 2 400 henkilöä. (Me olemme Outokumpu. 2018, 7, 13, 21.)



KUVA 1. Outokummun tuotantolaitokset (Me olemme Outokumpu. 2018, 8)

1.2 Tornion tehtaat ja Kemin kaivos

Tornion tehtaat muodostavat yhdessä Kemin kaivoksen kanssa maailman integroidun ruostumattoman teräksen tuotantolaitoksen. Integroitu tuotantolaitos

sisältää Kemin kaivoksen, ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon ja kylmävalssaamon. Kuvassa 2 on Tornion tehtaiden ilmakuva. Tornion tehtaiden ja Kemin kaivoksen tuotannossa työskentelee tällä hetkellä noin 2 100 Outokumpun työntekijää. Vuosittain Outokumpu tarjoaa myös lukuisille opiskelijoille mahdollisuuden kesätöihin. Vuonna 2017 Outokumpu palkkasi noin 500 kesätyöntekijää. Arvioitu työllisyysvaikutus lähikuntien alueella on yhteensä noin 7 000 henkilöä. (Me olemme Outokumpu. 2018, 21.)



KUVA 2. Ilmakuva Tornion tehtaista (Me olemme Outokumpu. 2018, 19)

1.3 RAP5

RAP5 on kylmävalssaamo 2:lla sijaitseva jatkuvatoiminen valssaus-, hehkutus- ja peittauslinja. Lyhenne tulee englannin kielen sanoista Rolling, Annealing, Pickling, ja numero 5 kertoo sen, että se on viides hehkutus-peittauslinja Torniossa. Rakennuksen esisuunnittelu alkoi keväällä 2000, ja rakentaminen aloitettiin seuraavana vuonna. Hallirakennuksen pituus on 732 metriä, ja halli toimii kolmessa kerroksessa. Koko linjalla on pituutta 816 metriä. (RAP5 Esittely. 2011, 4.)

Linja toimii suurella kapasiteetilla ja jatkuvatoimisena. Nauha valssataan asiakkaan tarpeiden mukaiseen paksuuteen. Nauhan leveyttä voidaan vaihdella. Yksi teräsrulla painaa keskimäärin yli 20 000 kg. Nauhaa mahtuu linjaan yhteensä useampi kilometri kerrallaan kaikkien varaajien ollessa täysiä. Varaajien tehtävänä on toimia puskureina eri prosessiosien välillä, jotta linjastoa pystytään ajamaan automaation määrittelemää ohjenopeutta myös esimerkiksi valssinvaihtojen ja hitsauksen aikana. (RAP5 Esittely. 2011, 7.)

RAP5-linja on täysin automatisoitu. Normaali olosuhteissa linjalla työskentelee keskeytymättömässä 3-vuorossa vain hieman yli 10 henkilöä per vuoro. Päivävuoron aikaan RAP5-tuotantolaitoksessa työskentelee lisäksi kunnossapitohenkilöitä, jotka huolehtivat linjan toimintavarmuudesta. (RAP5 Esittely. 2011, 8.)

1.4 RAP5 prosessi

Kuumanauharullat tuodaan kuumavalssaamolta automatisoituun korkeavaraanastoon, johon mahtuu suuri määrä rullia. Hissinostimilla rullat siirretään alkupään varastorampille. Automaattiset siirtovaunut kuljettavat rullat panganpoistoon, pään oikaisuun ja edelleen askelpalkeille, joista rullat syötetään aukikelaimille, joita on kaksi. (RAP5 Esittely. 2011, 11–12.)

Aukikelainten jälkeen vetorullasto ohjaa nauhan oikaisukoneen läpi lentäville leikkureille, joilla romutetaan nauhaa pujotusnopeudella. Vuorotellen molemmilta aukikelaimilta tulevien nauhojen päät hitsataan yhteen laserhitsauskoneella, jossa linja yhdistyy yhtenäiseksi. Saumat hiotaan molemmin puolin ja lovetaan. Näin saadaan sauma, joka kestää ylivalssauksen. (RAP5 Esittely. 2011, 13.)

Ennen tandem-valssausta nauha ohjataan varaajaan 1. Varaaja 1 toimii puskurina linjan alkupään pujotusten ja saumojen hitsauksen aikana. Varaaja kulkee kuudessa kerroksessa. (RAP5 Esittely. 2011, 14.)

Kolmituolinen tandemvalssain valssaa teräsnauhan haluttuun paksuuteen. Voiteluaineena valssauksessa käytetään öljyä. Hiilidioksidisammutusjärjestelmä huolehtii paloturvallisuudesta, sillä pienikin kipinä nauhan laitaan ajautumisen takia voi aiheuttaa tulipalon. Valssauksen jälkeen öljynpyyhkijärullat pyyhkivät suurimman osan öljystä pois. Loput öljyt pestään rasvanpoistossa ja nauha ajetaan

yläkertaan varaajaan 2 odottamaan seuraavaa prosessiosaa, joka on hehkutus. (RAP5 Esittely. 2011, 15–16.)

Valssaus aiheuttaa nauhaan muokkauslujittumisen ja sitkeyden menetyksen. Hehkutuksen tehtävä on palauttaa muuttuneet kylmämuokkausominaisuudet. Hehkutusuuneissa kuumanauha lämpökäsitellään. Pitkän uunivyöhykkeen jälkeen nauha jäähdytetään. Nauhan jäähdytys toteutetaan ilmaa ja vettä käyttäen. Hehkutusuunissa ja jäähdytyksessä nauhaa kuljetetaan jäähdytettyjen kannatinsrollien päällä, jotka vaihdetaan automaattisilla vihivaunuilla. (RAP5 Esittely. 2011, 17–19.)

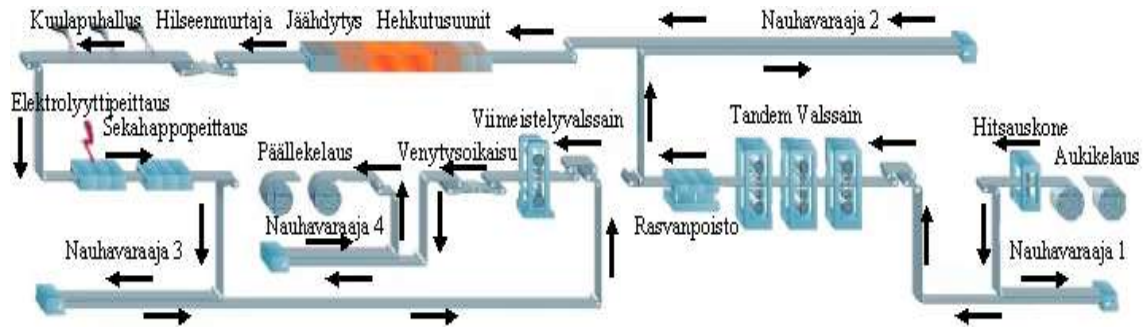
Mekaaninen hilseenmurtaja irrottaa epäpuhtauksia nauhan pinnasta ja parantaa tasomaisuutta. Sen jälkeen kuulapuhalluksessa nauhan pintoihin puhalletaan pieniä teräskuulia, joilla saadaan epäpuhtaudet ja hilse poistettua nauhan pinnasta. (RAP5 Esittely. 2011, 20–21.) Hilseenmurtajaa ja kuulapuhallusta käytetään ainoastaan kuumanauhoille ja ferriittisille teräslaaduille.

Peittaus sisältää viisi vaihetta: esihuuhtelu, elektrolyyttipeittaus, välihuuhtelu, sekahappopeittaus ja loppuhuuhdeltu. Peittauksessa puhdistetaan kemikaalien avulla teräsnauha kromiköyhistä alueista ja oksideista, jolloin väriltään ruskeasta teräsnauhasta tulee teräksen harmaa tuote. Peittauhappoina on käytössä typpi-, rikki- ja fluorivetyhappoa. Elektrolyyttipeittaus poistaa epäpuhtaudet tasavirtaa käyttäen. Sekahappopeittaus poistaa epäpuhtaudet happojen avulla. (RAP5 Esittely. 2011, 22–23.)

Nauhavaraaja 3:n jälkeen on viimeistelyvalssain. Paksuutta voidaan vielä pienentää ja pinnanlaatua parantaa. Venytysoikaisun tehtävänä on kanoottimaisuuden poisto ja nauhan oikaisu. Tätä käytetään vain kylmänauha-ajossa. (RAP5 Esittely. 2011, 24.)

Ennen päällekelausta nauha menee viimeiseen nauhavaraajaan, joka toimii viimeistelyvalssaimen valssinvaihtojen ja päällekelauksen puskurina. Ennen päällekelausta nauha kulkee pinnantarkastuslaitteiden ja loppupään valvomon läpi, missä voidaan vielä tarkastaa visuaalisesti pinnanlaatu. Loppupään lentävällä

leikkurilla nauha katkaistaan hitsausnaumoista ja kelataan takaisin rullalle päällekelaimilla. Päällekelaimia on kaksi, joiden ansiosta rullanvaihdon aikana loppupään ei tarvitse pysähtyä. Siirtovaunut siirtävät nauhat takaisin korkeavarastoon, mistä ne voidaan kuljettaa eteenpäin. Kuvassa 3 on RAP5-prosessikaavio. (RAP5 Esittely. 2011, 26.)



KUVA 3. RAP5-prosessikaavio (RAP5 Esittely. 2011, 10)

2 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN OIKAISU JA LAITTEISTON KUNNOSSAPITO

2.1 Ruostumattomat teräkset

Ruostumaton teräs on yleisnimitys rautaseoksille, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia ja enintään 1,2 % hiiltä. Seostuksella saadaan aikaan erittäin hyvät korroosionkesto-ominaisuudet. Ilmalle altistuessa teräksen pinnalle muodostuu kromioksidista ohut läpäisemätön kalvo, joka suojaa terästä korroosiolta. Ruostumattomien terästen tärkeimmät ominaisuudet ovat korroosionkestävyys, esteettisyys, palonkestävyys, alhaiset elinkaarikustannukset, täydellinen kierrätettävyys, hygieenisuus, hyvä valmistettavuus, puhdistettavuus ja erinomainen lujuus-paino -suhde. Ruostumattomia teräksiä käytetään muun muassa elintarvikke- ja prosessiteollisuuden laitteissa. (Tibnor, linkit Tuotteet -> Tuotteet -> Ruostumattomat teräkset.)

Ruostumattomat teräkset voidaan jakaa mikrorakenteensa mukaan neljään ryhmään:

- austeniittinen ruostumaton teräs
- duplex-teräs
- ferriittinen ruostumaton teräs
- martensiittinen ruostumaton teräs.

Yleisin näistä on austeniittinen ruostumaton teräs. Niiden kiderakenne on saatu nikkelseostuksella austeniittiseksi. Nikkelin lisäksi austeniittista rakennetta suosivia alkuaineita ovat muun muassa mangaani, typpi ja hiili. (Taulavuori – Kyröläinen – Manninen 2012, 6–7.)

2.2 Ferriittiset teräslajit

Ferriittinen ruostumaton teräs on rautapohjainen seos, joka sisältää 10,5–30 % kromia. Myös muita seosaineita käytetään, kuten molybdeeniä, piitä, alumiinia, titaania ja niobiumia. Ferriittisissä teräksissä ei tyypillisesti käytetä nikkeliä, minkä vuoksi hinta pysyy alhaisempana ja stabiilimpana. Tämän takia ferriittisten teräs-

laatujuen markkinaosuus on kasvanut viimevuosina. Fysikaalisilta ja osittain mekaanisilta ominaisuuksiltaan ne ovat verrattavissa tavanomaisiin hiiliteräksiin. Lujuudeltaan ferriittiset teräslaadut ovat laadusta riippuen 10–45 % pehmeämpiä kuin austeniittiset teräslaadut. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 3, 51.)

Ferriittiset ruostumattomat teräkset voidaan jakaa ISSF:n mukaisesti viiteen eri ryhmään:

- ryhmä 1: Ruostumattomat rakenneteräkset EN 1.4003 / 850-1 ja EN 1.4512 / 853-1
- ryhmä 2: Tavallinen 17-krominen laji EN 1.4016 / 810-1, 810-2
- ryhmä 3: Stabiloidut lajit EN 1.4509 / 812-1
- ryhmä 4: Molybdeeniseostetut lajit EN 1.4521 / 816-1
- ryhmä 5: Superferriittiset lajit, joissa kromipitoisuus >18 % (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 9).

850-X on 12 % kromia sisältävä ruostumaton teräs. Muita seosaineita ovat mangaani ja nikkeli. Materiaalilla on hyvä hitsattavuus, hieno raekoko ja erinomainen sitkeys myös kylmissä lämpötiloissa. Ferriittinen mikrorakenne mahdollistaa hyvän lämmönjohtavuuden, jonka vuoksi lämpölaajenemiskerroin on alhainen. Soveltuu runkorakenteisiin ja maalattaviin kohteisiin, joilta vaaditaan yli 10 vuoden korroosionkestoa. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 15–17.)

853-X on 12 % kromia sisältävä titaanilla stabiloitu matalahiilinen teräs. Sillä on hyvä hitsattavuus, muovattavuus ja työstettävyys. Korroosionkesto-ominaisuudet ovat hyvät, jotka ovat tavallisiin hiiliteräksiin verrattuna yli 100 kertaiset. Seosainekustannukset ovat matalat, joten hinta pysyy sen ansiosta vakaana. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 34–36.)

810-X on 17 % kromia sisältävä ruostumaton teräs. Muita keskeisiä seosaineita ei ole, eli se on stabiloimaton. Valmistaminen on edullista ja siksi se on ylivoimaisesti yleisin laji. Hitsattavuudeltaan se on heikohko ja muokattavuudeltaan kohdalainen. Pinta saadaan erittäin kiiltäväksi, jonka vuoksi se soveltuu hyvin peilipinnoiksi. Korroosionkesto määritellään riittäväksi tavanomaisiin käyttökohteisiin sisätiloissa, joita ovat esimerkiksi kodinkoneet. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 18–23.)

812-X on 18 % kromia sisältävä ruostumaton teräs ja se on kaksoisstabiloitu niobilla ja titaanilla. Korkean kromipitoisuuden vuoksi sillä on hyvä korroosionkesto, mutta ei ylety austeniittisten vakiolaatujen tasolle lähes samasta kromipitoisuudesta huolimatta. Syynä on nikkelin puuttuminen. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 24–28.)

816-X on 18 % kromia ja 2 % molybdeeniä sisältävä ruostumaton teräs. Se on kaksoisstabiloitu titaanilla ja niobilla. Sillä on hyvä hitsattavuus, muovattavuus ja korroosionkestävyys. Se ylittää useissa sovelluksissa austeniittisen EN 1.4404 haponkestävän teräksen tasolle. Se ei sisällä nikkeliä, joten hinta on alhaisempi ja vakaampi. Käyttökohteita ovat esimerkiksi lämmönvaihtimet, käymisastiat ja juomavesiputket. (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 29–33.)

2.3 Oikaisukone

RAP5-linjalla on kaksi oikaisukonetta, jotka sijaitsevat linjan alkupäässä heti aukikelainten jälkeen. RAP5-linjan oikaisukoneiden päätehtävä on poistaa pitkittäis- ja leveysuuntaista kelakaarevuutta nauhasta, jotta sen pujottaminen linjastoon onnistuu. RAP5-linjan oikaisukoneet ovat esioikaisukoneita ja ne eroavat rullaoikaisukoneista siten, että ne eivät ole rakenteeltaan niin vankkoja, oikaisurullia on huomattavasti vähemmän ja tukirullat puuttuvat. Esioikaisukoneella ei päästä samanlaiseen lopputulokseen kuin varsinaisella rullaoikaisukoneella, mutta tasomaisuus on kuitenkin riittävä siihen, että nauha voidaan pujottaa seuraavalle tuotantokoneelle. Kuvassa 4 on periaatekuva viisirullaisesta oikaisukoneesta. (Lindqvist 2012, 11–12.)



KUVA 4. Periaatekuva esioikaisukoneesta (Lindqvist 2012, 12)

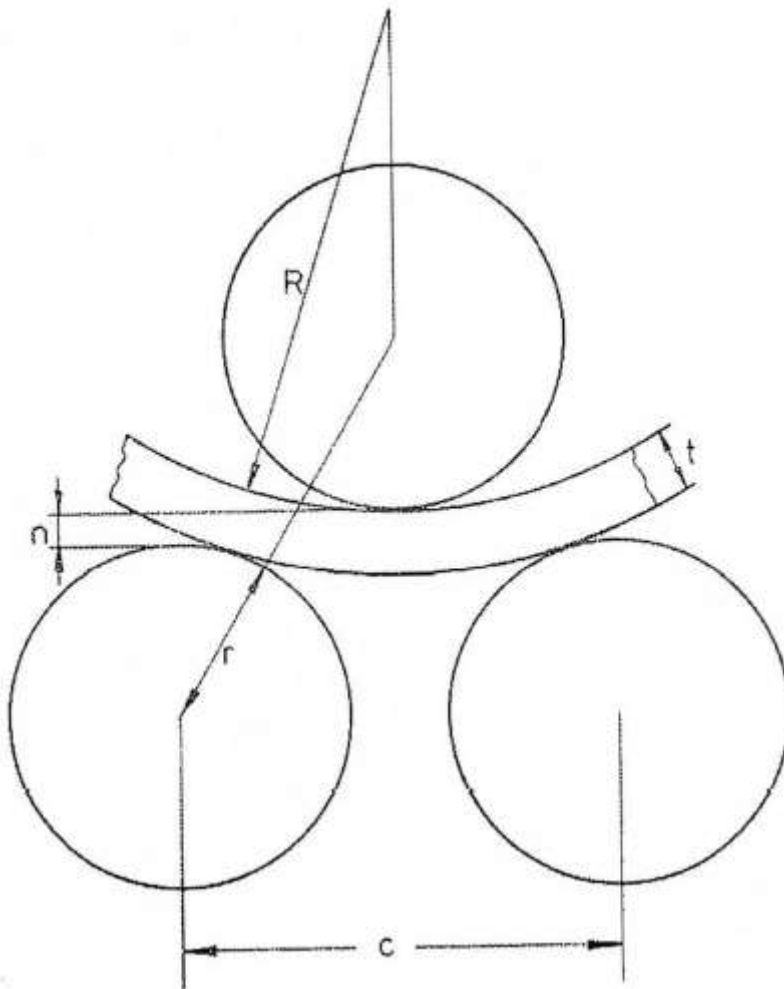
2.4 Rakoarvon määrittäminen

Oikaisukoneiden asetusarvojen määrittämiseksi on olemassa erilaisia laskentamenetelmiä. Käytännössä asetusarvojen valinta tehdään usein kokeilemalla, jota kutsutaan myös yrityksen ja erehdyksen menetelmäksi. Oikaisukoneen asetuksia laskennallisesti selvitetessä merkittävin materiaaliominaisuus on myötölujuus ja ruostumattomien terästen osalta myös muokkauslujittuminen. (Lindqvist 2012, 35.)

Laitevalmistajan antamat oikaisu-arvot ovat yleensä vain suuntaa antavia, eikä sillä ole välttämättä tarkkaa tietoa niistä materiaaleista, joita koneella oikaistaan. Koneenkäyttäjien on itse määriteltävä parhaat oikaisu-arvot kullekin materiaalille. Kokeilujen perusteella hyväksi havaitut arvot on laitettu muistiin ja niistä on koottu taulukko, joka on syötetty koneen muistiin. Voi olla niin, että oikeat arvot ovat pelkästään käyttäjien muistin ja kokemuksen varassa. Vaarana on, että konetta käytetään haitallisilla arvoilla, joka voi johtaa laiterikkoihin. (Lindqvist 2012, 35.)

Laskentamalleilla tehdyissä asetusarvojen määrittämisessä saadaan eri lujuisille ja paksuisille levyille sopivaa plastista muodonmuutosta käyttävät oikaisu-arvot. Tällöin koneen liialliselta kuormittamiselta vältytään ja siitä syntyviä laitevaurioita pystytään estämään. Yleisesti asetusarvojen määrittämisessä laskennallisesti on käytetty valintakriteereinä levyn plastisoitumisastetta tai loppukaarevuutta oikaisun jälkeen. (Lindqvist 2012, 35–36.)

Tulopuolen rakoarvojen määrittäminen onnistuu yksinkertaistettuun ympyränkaarimenetelmään perustuvan oikaisuteorian avulla, silloin kun tiedetään oikaistavan materiaalin myötölujuusarvo. Lähtöpuolen rakoarvon määrittäminen on huomattavasti haastavampaa, joten usein on järkevämpää selvittää kokeilemalla sopivat arvot. Yksinkertaistettu oikaisuteoriaperuste perustuu siihen, että määrätyn paksuinen lieriömäinen levynpinta sovitetaan kolmen ensimmäisen rullan väliin kuvan 5 mukaisesti. (Lindqvist 2012, 36.)



KUVA 5. Yksinkertaistetun oikaisuteorian geometriakuva (Lindqvist 2012, 37)

Syöttöpuolen rakoarvo voidaan määrittää johdetun kaavan 1 avulla (Ilonen 2013, 40).

$$h_1^2 + 2Rh_1 + 2rh_1 = t^2 + 2Rt + 2rt - \frac{c^2}{4} \quad \text{KAAVA 1}$$

Kaavassa 2 on ratkaistu syöttöpuolen rakoarvo (Ilonen 2013, 40).

$$\rightarrow h_1 = -(R + t) + \sqrt{(R + r + t)^2 - \frac{c^2}{4}} \quad \text{KAAVA 2}$$

h_1 = syöttöpuolen rullarako

R = levyn taipumissäde

r = oikaisurullan säde

t = levyn paksuus

c = oikaisurullien keskiöetäisyys

Levyn paksuus ja taipumissäde määrittävät levyn pintavenymän ε_y aiheuttaman pintakerroksen muodonmuutoksen kaavan 3 mukaan (Ilonen 2013, 40).

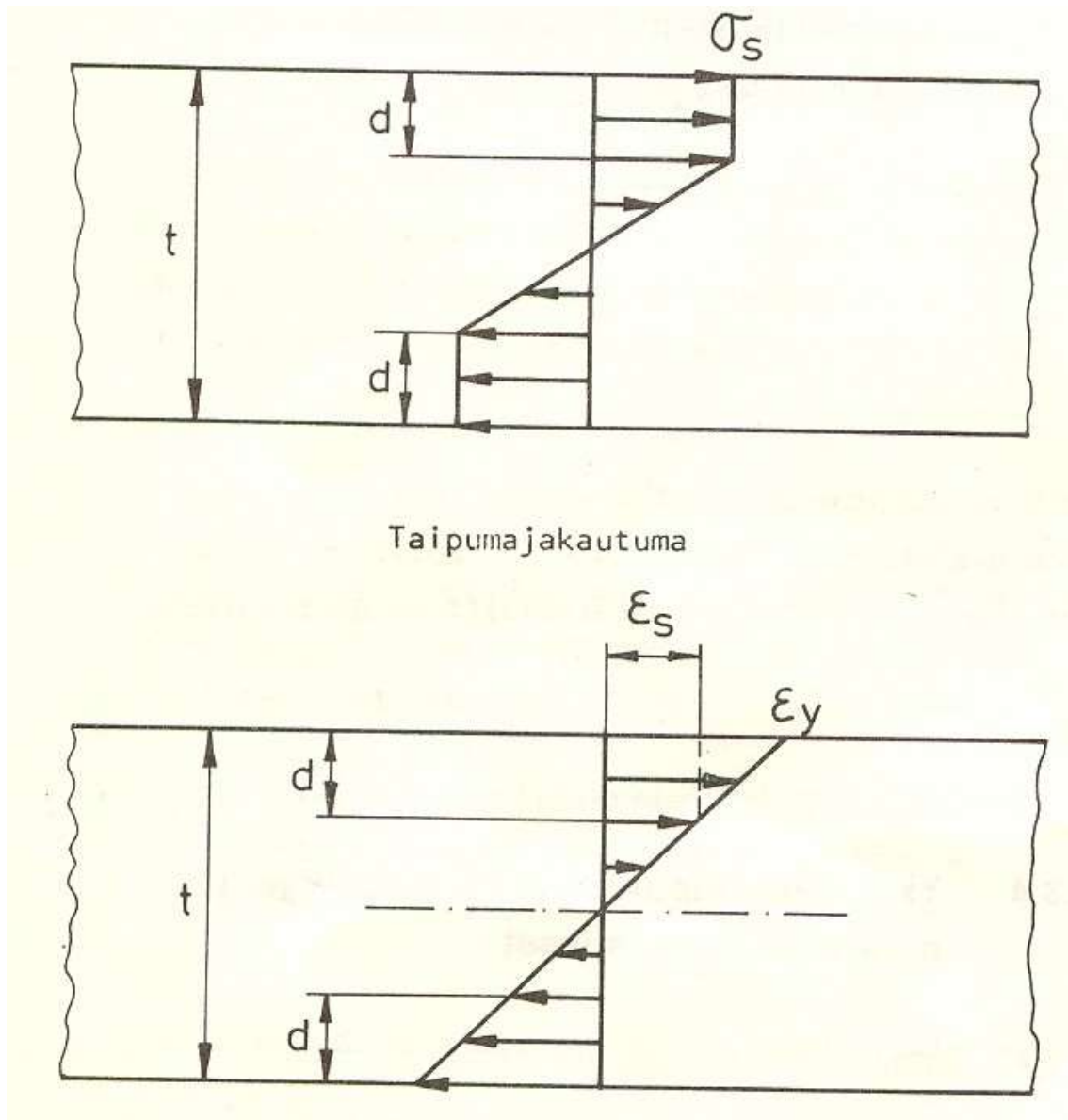
$$\varepsilon_y = \frac{t}{2R} \quad \text{KAAVA 3}$$

Plastisoituneen osan suuruutta levyn paksuudesta kuvataan plastisoitumissyvyydellä D ja se saadaan laskettua osittain plastisoituneen levyn jännitys- ja venymäsuhteiden avulla (Ilonen 2013, 41).

$$D = \frac{2d}{t} = 1 - \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} \quad \text{KAAVA 4}$$

ε_s = alkavan plastisoitumisen aiheuttama venymä (Ilonen 2013, 40).

Plastisoituneen levyn jännitys- ja venymäsuhteet esitetään kuvassa 6.



KUVA 6. Jännitys- ja venymäsuhteet osittain plastisoituneessa levyssä (Lindqvist 2012, 39)

Kun kaavat 3 ja 4 sijoitetaan kaavaan 2, saadaan johdettua kaava 5 syöttöpuolen rullaraolle (Ilonen 2013, 41).

$$h_1 = -\left(\frac{t(1-D)}{2\varepsilon_s} + r\right) + \sqrt{\left(\frac{t(1-D)}{2\varepsilon_s} + r + t\right)^2 - \frac{c^2}{4}} \quad \text{KAAVA 5}$$

Kaavasta 5 saadaan ratkaistua plastisoitumisaste D (Ilonen 2013, 41).

$$D = 1 - \frac{\varepsilon_s}{t} \left(\frac{t^2 - h_2^2 - \frac{c^2}{4} + 2r(t - h_2)}{h_2 - t} \right) \quad \text{KAAVA 6}$$

Alkavan plastisoitumisen aiheuttama venymä on myötölujuuden suhde kimmoduuliin kaavan 7 mukaisesti (Ilonen 2013, 41).

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E}$$

KAAVA 7

2.5 Kunnossapito

Kunnossapidon tehtävänä on huolehtia erilaisten asioiden, kuten koneiden ja prosessien parhaasta mahdollisesta tuotantokyvystä. Jotta tämä olisi mahdollista, kunnossapidon täytyy pitää huolta laitteiden toimintakunnon ylläpidosta, oikeiden käyttöolosuhteiden noudattamisesta ja suunnitteluheikkouksien korjaamisesta. (Järviö – Piispa – Parantainen – Åström 2007, 15.)

Koneet ja laitteet kehittyvät ja monimutkaistuvat koko ajan sekä tuotantokapasiteetit kasvavat. Kunnossapidon täytyy kehittyä, jotta toimintavarmuus saadaan mahdollisimman hyväksi. Yritykset panostavat enenemissä määrin käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittämiseen. (Järviö ym. 2007, 18–20.)

SFS-EN 13306 -standardissa kunnossapito määritellään seuraavasti: ”kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”. PSK 6201 -standardissa kunnossapito määritellään seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”. (Järviö ym. 2007, 33.)

2.5.1 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidolle asetetut tavoitteet ovat jatkuvasti kasvaneet suuremmiksi. Aiemmin riitti, että rikkoontuessaan laite tai vika saatiin korjattua. Nykyisin kunnossapidolla pyritään siihen, että odottamattomia laiterikkoja eikä laitevikoja tule ollenkaan, vaan viat korjataan lyhyissä suunnitelluissa seisakeissa. Koneiden täytyy toimia huipputeholla ja optimaalisesti niin, että ne tuottavat asiakkaan määrittelemää laatua. Palvelun täytyy pysyä kilpailukykyisenä, joten virheisiin ei ole

varaa. Lisäksi työympäristön täytyy olla turvallinen kaikille. (Järviö ym. 2007, 11–12.)

2.5.2 Kunnossapidon lajit

Kunnossapidon jaotteluun voidaan käyttää useita eri tapoja. SFS-EN 13306 standardi jakaa toimenpiteen vian havaitsemisen mukaan. Aikaisemmin vika määriteltiin tilaksi, jolloin kone ei pysty suorittamaan sille vaadittua toimintoa. (Järviö ym. 2007, 47.)

Käytännössä kunnossapitotoiminta voidaan jakaa viiteen päälajiin:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisten selvittäminen (Järviö ym. 2007, 49).

Huollon avulla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen kuin vika syntyy tai estetään vaurion syntyminen. Jaksotettu huolto tarkoittaa määräjän välein tehtäviä huoltotoimenpiteitä. Välit määräytyvät käyttöajan, -määrän ja käytön rasittavuuden mukaan. Jaksotettuun huoltoon sisältyy toimintaedellytysten ylläpito, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen ja toimintakyvyn palauttaminen. (Järviö ym. 2007, 50.)

Ehkäisevän kunnossapidon avulla seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametreja päämääränään vähentää vikaantumisten syntyä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Saatujen tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotyöt suunniteltuihin seisakkeihin. Ehkäisevän kunnossapidon toimia ovat tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysoiminen. (Järviö ym. 2007, 50.)

Korjaava kunnossapito on koneen tai osan korjaamista. Korjaavaa kunnossapitoa suorittaessa vika on jo syntynyt ja se pyritään poistamaan ja palauttamaan

laite käyttökuntoon. Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla osan tai laitteen elinaika on laskettavissa. Korjaavaa kunnossapitoa on joko häiriökorjaus, joka on suunnittelematon tai kunnostus, joka on suunniteltu toimenpide. Korjaava kunnossapito sisältää vian määrittämistä, tunnistamista, paikallistamista, korjausta, väliaikaista korjausta ja laitteiston toimintakunnon palauttamista. (Järviö ym. 2007, 49.)

Parantavaa kunnossapitoa on kaikki sellaiset toimet, joilla pyritään parantamaan koneen tai laitteen toimintaa. Se voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- osien ja komponenttien uudistaminen, suorituskyky ei muutu
- uudelleensuunnittelu ja korjaus, luotettavuus paranee
- modernisaatiot, suorituskyky paranee. (Järviö ym. 2007, 51.)

Ensimmäisessä ryhmässä laitetta muutetaan siten, että käyttöön otetaan uudempiä osia tai komponentteja. Esimerkiksi vanhat tasavirtakäytöt korvataan taajuusohjatuilla oikosulkumoottoreilla. (Järviö ym. 2007, 51.)

Toiseen ryhmään kuuluvat erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset. Tarkoituksena on parantaa koneen luotettavuutta, mutta ei pääsääntöisesti suorituskykyä. (Järviö ym. 2007, 51.)

Kolmas ryhmä sisältää modernisaatiot, joiden tarkoitus on suoraan parantaa suorituskykyä. Esimerkiksi jos yrityksellä on jokin täysin toimiva ja hyväksi todettu kone, mutta sen suorituskyky ei vastaa tämän päivän vaatimuksia. Tällöin voi olla järkevää uudistaa vanha kone, jolloin säästytään kalliilta laitehankinnoilta. Koneen ohella voidaan uudistaa myös esimerkiksi koko valmistusprosessi. (Järviö ym. 2007, 51.)

2.5.3 RCM

RCM on lyhenne, joka tulee sanoista Reliability Centred Maintenance, ja se tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Se on menetelmä ehkäisevän kunnossapito-ohjelman luomiseksi. Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa pyritään luomaan kunnossapito-ohjelma, jossa voidaan mahdollistaa turvallinen ja

tehokas laitteiden käyttö siten, että laitteiden käytettävyytaso on paras mahdollinen. Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa nämä toiminnot mahdollistavat turvallisuuden, käytettävyyden ja talouden parantumisen. (Konola 2000, 16.)

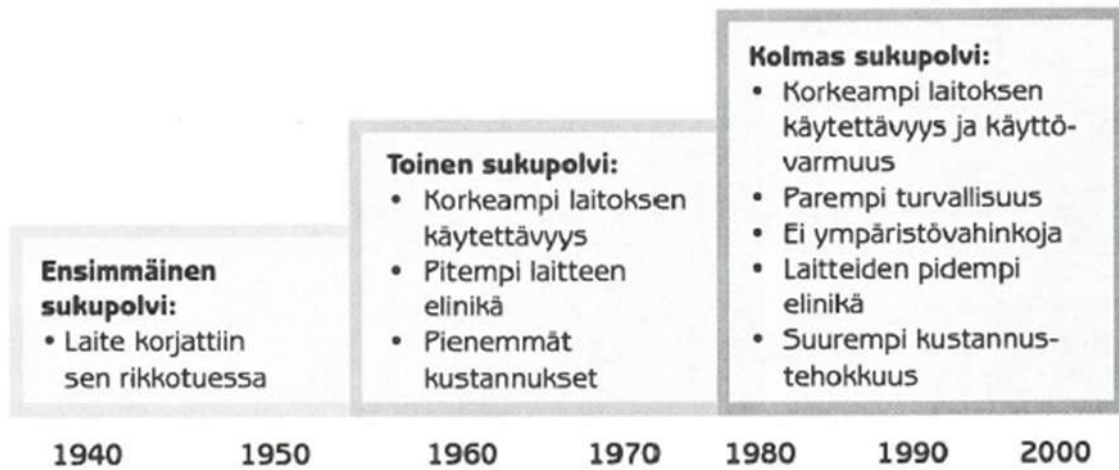
Alun perin RCM kehitettiin ilmailun tarpeisiin 1960-luvun lopussa ja on sittemmin vakiinnuttanut asemansa myös teollisuudessa. RCM sisältää päätöslogiikka-puun, jonka avulla tehokkaat ja soveltuvat rakenteiden ja laitteiden ehkäisevät kunnossapitotoimet saadaan selville. (Konola 2000, 20.)

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon juuret alkavat Toisen maailmansodan ajoilta. Kehitys voidaan jakaa kolmeen suurempaan vaiheeseen.

Ensimmäinen sukupolvi alkaa Toisen maailmansodan aikoihin 1940-luvulla. Siihen aikaan teollisuuden laitteet olivat huomattavasti yksinkertaisempia ja niiden suunnittelussa oli käytetty reilusti varmuuskertoimia. Sen vuoksi koneet olivat luotettavia ja helposti kunnossapidettäviä eikä ollut tarvetta systemaattiselle kunnossapidolle. (Konola 2000, 16–18.)

Toisen maailmansodan kuluessa tilanne muuttui. Sota aiheutti työvoimapulaa ja samalla tuotannon vaatimukset kasvoivat. Se ajoi kehitystä tuotannon koneellistumiseen. Koneiden määrän kasvaessa ja monimutkaistuessa laitteet tulivat alttiimmiksi vioille, joten kunnossapidon tarve kasvoi rajusti. Sen mukana myös kustannukset kasvoivat. Tämä ajoi kunnossapidon kehitystä eteenpäin merkittävästi. (Konola 2000, 17.)

1970-luvun puolivälin jälkeen kunnossapidon kehitys on saanut täysin uuden muutosnopeuden, joten sen jälkeen se on muuttunut jopa enemmän kuin mikään muu tieteenala. Nykyään ei riitä, että rikkoontunut laite korjataan, vaan odotukset kunnossapidon näkökulmasta nähdään paljon laajemmin. Kuvassa 7 esitellään kehityksen vaiheet. (Konola 2000, 17.)



KUVA 7. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon kehitysvaiheet (Konola 2000,18)

3 OIKAISUKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

3.1 Oikaisukoneen ajoparametrien optimointi

Opinnäytetyössä selvitettiin, millä oikaisukoneen säätöarvoilla ferriittisten teräslaatuojen oikaisutulosta voidaan parantaa. Lähtökohta oli se, että austeniittisilla ja ferriittisillä kuumanauhoilla käytettiin samoja oikaisuaroja. Ferriittisiä oikaistessa nauha taipuu niin paljon, että sen pujottaminen leikkurin kitojen väliin estyy. Tämä johtuu siitä, että ferriittiset ovat ominaisuuksiltaan pehmeämpiä kuin austeniittiset ja siksi taipuvat helpommin (Ferriittisten koulutus RAP. 2011, 51).

Silloin, kun tuotantonauha ei oikene asetusarvoilla, operaattori voi säätää valvossa manuaalisesti tulopuolen ja jättöpuolen rakoarvoja. Yleensä käsin säätämällä saadaan haettua arvot, joilla saadaan riittävä oikaisutulos aikaiseksi. Tiedot eivät kuitenkaan tallennu mihinkään ja seuraavalla kerralla rakoarvot joudutaan säätämään uudestaan kokeilemalla.

Oikaisukoneiden ajoparametrien tutkiminen aloitettiin haastattelemalla valvossa työskenteleviä operaattoreita ja seuraamalla, miten oikaisukonetta säädetään ja millä arvoilla saadaan paras tulos. Jokainen työntekijä säätää oikaisukonetta eri tavalla, joten vaihtoehtoja kertyi useita. Tietokonejärjestelmä tallentaa oikaisukoneen asematietoa jatkuvasti muistiin, joten sen avulla pystyttiin keräämään usean kuukauden ajalta kaikki ferriittisten oikaisussa käytetyt rakoarvot. Tiedot kerättiin taulukkoon ja niiden perusteella saatiin käsitys, millä arvoilla ferriittiset teräkset saadaan oikaistua.

Tulopuolen rakoarvon määrittämiseksi oikaisuteorian avulla tarvitaan materiaalin myötölujuusarvo. Kuumavalssatuista ferriittisistä teräslaaduista ei ollut saatavilla riittävän uusia tuloksia, joten materiaaleille tehtiin standardien mukaiset vetokeet Outokummun tutkimuskeskuksessa. Tätä työtä varten saatiin tulokset 814- ja 810-laaduista. Muista laaduista tulokset saadaan myöhemmin, jolloin niitä voi hyödyntää tarvittaessa jatkotutkimuksissa.

Laskuissa käytettiin myötölujuutena vetokoetulosten keskiarvoa. 814-laadulle myötölujuuden keskiarvoksi saatiin $R_{p0.2} = 446$ MPa ja 810-laadulle $R_{p0.2} = 284$

MPa. 810-laadut käyvät kupu-uunissa hehkutuksessa ennen RAP5-linjalle tuloa, missä materiaalin mikrorakenne homogenisoidaan ja materiaali pehmenee ja myötölujuus pienenee. Myös 850-laatu käy kupu-uunissa. Laskennan perusteella rakoarvoa tulisi säätää näille laaduille pienemmäksi. Aikavälillä 1.1.2018-15.5.2018 ei havaittu kuitenkaan ferriittisten laatuojen välillä merkittäviä poikkeamia samoilla rakoarvoilla oikaistaessa. Liitteessä 1 ovat laskennalliset rakoarvot eri plastisoitumisasteen mukaan 810-laaduille ja liitteessä 2 laadulle 814.

Kokeilemalla saatuja tuloksia verrattiin teorian avulla saatuihin. 814-laadun tulokset 70 % plastisoitumisasteella laskettuna olivat lähellä kokeilemalla saatuja arvoja, etenkin paksuilla ferriittisillä materiaaleilla, joita RAP5-linjalla pääosin ajetaan.

Oikaisuteorian avulla jättöpuolen rakoarvoa ei pystytä määrittämään laskennallisesti, mutta sen mukaan jättöpuolen rakoarvon tulisi olla lähellä aineenpaksuutta. Teoria on tarkoitettu rullaoikaisuun, jossa lopputuotteen on oltava täysin levyistä. RAP5-linjan esioikaisukoneella pyritään oikaisemaan pitkittäisuuontaista kelakaarevuutta niin, että nauhan päät jäävät kuitenkin hieman kaarelle ylöspäin. Tämä estää nauhan päiden tökkäämiset ja säästää muun muassa kumisia nauhankuljetusmattoja ja -rullia. Jättöpuolen rakoarvoa säädettiin kokeilemalla puristamaan sen verran, että lopputulos oli hyvä.

3.2 Ennakkohuollon kehittäminen

Ennakkohuollon kehityksessä selvitettiin, mitkä ovat oikaisukoneelle asetetut tavoitteet, mikä laitteen luotettavuus täytyy olla, mitkä ovat laitteen toiminnalliset viat ja mitä ne aiheuttavat. Lähtökohtana RAP5-linjalla on, että laitteita huolletaan niin paljon, että laiterikkoja ei tule. RAP5-linjan kapasiteetti on suuri ja linjaa pyritään käyttämään jatkuvatoimisena. Linjaa käytetään pullonkaulalinjana, joten ylimääräiset seisakit aiheuttavat aina tuotannonmenetyksiä.

Oikaisukone on mekaanisesti yksinkertainen laite: kiinteän rungon sisällä on alapuolella kolme oikaisurullaa, jotka ainoastaan pyörivät sähkömoottorien avulla kardanin välityksellä. Yläpuolen kaksi oikaisurullaa liikkuvat pyörimisen lisäksi pystysuunnassa ja niiden asemaa muuttamalla säädetään rakoarvot sopiviksi.

Lisäksi yläpuolen rullien siirto auki-asennosta työasentoon hoidetaan hydraulikäyttöisillä ruuvinostimilla.

Eniten ongelmia oikaisukoneilla ovat aiheuttaneet oikaisurullien laakeriviat ja akselien katkeamiset. Vuosien 2009–2018 aikana oikaisukoneilla on sattunut yhteensä 20 tuotannon aikaista rullavikaa. Se tarkoittaa vuodessa lähes kaksi ylimääräistä seisakkia ja on kaksi pysähdystä liian paljon, jos linjaa pyritään ajamaan jatkuvatoimisena.

Kierreruuvista aiheutuvia vikoja tapahtuu välillä, mutta ei merkittävän usein. Syitä on kierrelaipan kierteen vaurioituminen tai ruuvin sokan katkeaminen. Nauhan tunnistuksen valokennon vaurioita on ilmennyt vuosittain. Syynä ovat kierot hännänpäät, jotka osuvat ennen oikaisukonetta olevaan valokennoon rikkoen sen. Tätä ongelmaa ei pystytä ennakkohuollolla poistamaan. Kardaantin pulttien löysytymiset aiheuttavat pultin reikien repeytymisiä ja pahimmillaan koko kardaantin rikkoontumista. Pulttien määräaikaisilla kiristyksillä vältetään kardaantin aiheuttamilta ongelmilta. Veturullaston ja oikaisukoneen välissä oleva kulutuslevy on vaihdettava määräajoin. Seisakeissa tehtävillä silmämääräisillä tarkastuksilla pystytään määrittämään vaihdon tarve. Tarkastusluontoisista töistä tehtiin kuvan 9 mukainen tarkastuslista.

1	Kardaani pulttien kiristykset (jos katkenneita pultteja, niin vaihdetaan kaikki)	
2	Kalibroinnin yhteydessä tarkistetaan nostoruuvien kunto (jos messinkipölyä, niin menossa rikki)	
3	oikaisurullien pinnat	
4	kulutuslevyn kunto	
5	laakerien kunto pyörittämällä oikaisurullia. Tarkkaillaan äänien perusteella.	
6	hydrauliliitokset ja letkut yms. mahdollisten vuotojen varalta	
7	rasvaletkujen tarkistukset	

KUVA 9. Ennakkohuollon tarkastukset

Kunnossapidon apuna Outokummulla käytetään kunnossapidon tietojärjestelmä KUTI:a. Sinne on määritelty oikaisukoneelle yksi ennakkohuoltotyö, oikaisukoneen kalibrointi, joka tehdään kaikissa huoltoseisakeissa. Tämänhetkinen huoltoseisakkien väli on kaksi viikkoa. Ala- ja yläpakan kunnostuksista on mallityöt olemassa, mutta ne eivät ole ennakkohuolto-ohjelmassa mukana. Oikaisukoneen

vikahistoriaa analysoimalla ja haastattelemalla henkilökuntaa päädyttiin siihen tulokseen, että määräaikaisille oikaisukoneen rullien vaihdoille on tarvetta. Lopullinen suunnitelma on, että kaikki oikaisurullat vaihdetaan kahden vuoden välein seisakeissa.

3.2.1 Taloudellinen vaikutus

Lähtökohtaisesti laitteita huolletaan niin paljon, ettei laiterikkoja tule. Kunnossapitokustannuksien tulisi kuitenkin olla pienemmät kuin viasta aiheutuvat tuotannonmenetykset, jotta sitä olisi järkevää toteuttaa. Jos laitteen sijainti on sellainen, että se aiheuttaa tuotannon pysähdyksen, on järkevää vaihtaa rikkoontuva laite tai komponentti määräaikaishuolloissa, ennen kuin se tulee käyttöikänsä päähän. Oikaisukoneet sijaitsevat linjan alkupäässä, ja ne ovat kahdella eri rampilla. Toisen vikaantuessa toimintaa voidaan jatkaa vielä toiselta rampilta, mutta tuotant nopeutta joudutaan hidastamaan ohjenopeudesta (Sieppi 2018). Pakanvaihtoon kuluva työaika on vähintään neljä tuntia. Oikaisukone 2 sijaitsee alapuolen ajorampilla. Sen vikaantuessa linja joudutaan pysäyttämään korjaustöiden ajaksi.

Tuotannon menetystä lisäävä tekijä on uuninseisaukset. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotantonauha pysähtyy uunin kohdalle, jolloin nauha menee pilalle ja joudutaan siltä kohdalta romuttamaan. Oikaisukoneen tapauksessa uuninseisauksilta pystytään usein välttymään. Linjaa ei tarvitse pysäyttää heti, vaan sitä voidaan ajaa yhden rampin kautta siihen asti, kunnes huoltotyöt aloitetaan. Sillä välin linjaan voidaan syöttää apunauhoja, jotka päätyvät joka tapauksessa romutukseen. Apunauhoja käytetään normaalisti seisakkien aikana ja silloin, kun linjalla vaihdetaan teräslaatua.

Ylimääräinen seisakki aiheuttaa tuotannonmenetyksiä ja tiettyjä kustannuksia, kuten sähköstä ja kaasusta aiheutuvia, tulee siitä huolimatta, vaikka linja ei tuotakaan mitään. Näiden tietojen pohjalta kunnossapidon kannattavuutta laskiessa laskentaperusteena voidaan käyttää linjan käyttökustannuksista muuttuvia kustannuksia. Tulokset ovat kuitenkin laskennallisia ja suuntaa antavia. Kustannusten laskentakaava on esitettyä kaavassa 8. (Sieppi 2018.)

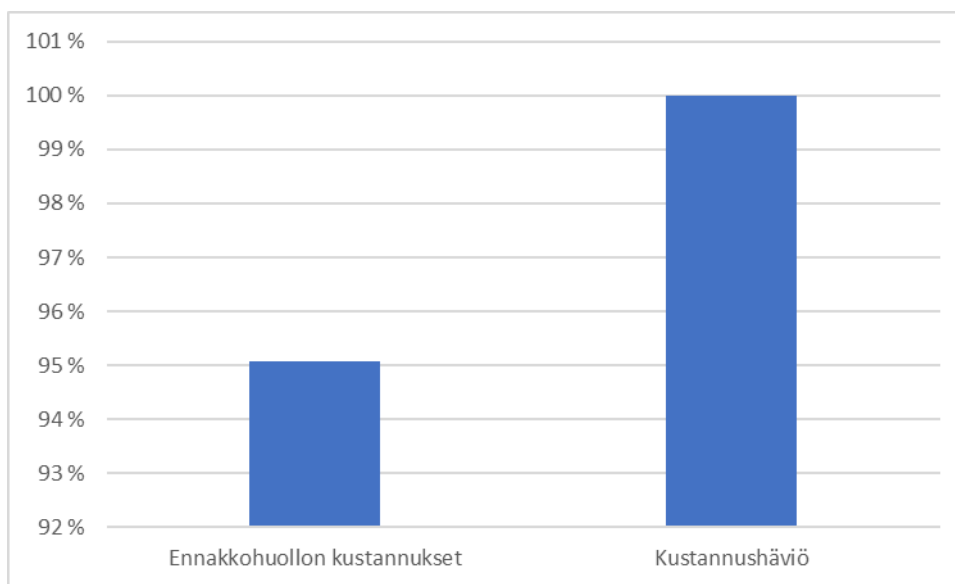
$$Ka. \text{ tuotantoteho } \frac{t}{h_1} * \text{ muuttuvat kustannukset } \frac{\text{€}}{tn} *$$

keskimääräinen käyntiaste (ilman seisakkeja) %

KAAVA 8

RAP5-linjan huollon kannattavuuslaskennassa on mahdollista käyttää kuluna pullonkaulalinjana menetety tuotannon kautta menetettyä katetta. Summat ovat silloin jopa kymmenkertaisia verrattuna kaavan 8 esitettyyn laskentatapaan. Tätä laskentatapaa käytetään muun muassa suunniteltaessa investointeja. Todellisuus on näiden kahden laskentatavan välissä. (Sieppi 2018.)

Kahden vuoden välein tehtävät oikaisurullien määräaikaisvaihdot kustantavat vähemmän kuin kaavan 8 laskennalla saatu minimitalanteissa oleva tuotannon menetys. Jo tämän laskennan perusteella ennakkohuolto-ohjelmaan on järkevää lisätä oikaisurullien määräaikaisvaihdot. Kuvassa 10 on esitetty ennakkohuollon arvioidut kustannukset verrattuna tuotannon menetyksestä syntyviin kustannuksiin.



KUVA 10. Ennakkohuollon kustannukset verrattuna oikaisukoneen vioista aiheutuviin tuotannonmenetyksiin minimitalauksessa kaavan 8 avulla laskettuna

3.2.2 Varaosakartoitus

Varaosatilannetta selvitetiin KUTI-järjestelmän varaosahistoriatietojen avulla. Sen perusteella saatiin selville, mitä varaosia vuosien aikana on tarvittu oikaisukoneelle, kuinka paljon ja millä aikavälillä.

Oikaisukoneilla huoltoa aiheuttavat komponentit ovat ala- ja yläpakka. Oikaisukoneille ei ollut KUTI-järjestelmässä varaosaluetteloja, vaan ainoastaan valmistajan osaluettelot. Oikaisukoneen ala- ja yläpakasta sekä muutamasta muusta osasta, joita oikaisukoneella tarvitaan, tehtiin varaosaluettelo, josta löytyy kaikki tarvittava tieto. Tiedot kerättiin Exceliin valmistajan piirustuksia, osaluetteloita ja tehdasselainta apuna käyttäen.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä parannettiin oikaisukoneen käytettävyyttä kylmävalssaamon RAP5-linjastolla Outokummun terästehtaalla Torniossa. Työ sisälsi oikaisuparametrien säätöä, ennakkohuollon suunnittelua ja varaosakartoitusta.

Oikaisukoneen asetusarvot

Oikaisukoneelle tehtiin saatujen tulosten perusteella ehdotus ferriittisille teräsladuille käytettävistä rakoarvoista. Taulukko toimitettiin ensin paperisena versiona valvomoon, jotta operaattorit voivat tarvittaessa muokata arvoja. Testikäytön jälkeen uusi rakoarvojen säätötaulukko voidaan lisätä automaatioon.

Aluksi kaikki ferriittiset käyttävät samoja rakoarvoja. Eri ferriittisten laatuojen välillä ei havaittu niin suuria eroja oikaisukoneen toiminnassa, että olisi ollut järkevää tehdä kaikille laaduille omat taulukot. Jos jatkossa huomataan, että jokin laatu poikkeaa oikaisussa muista huomattavasti, sille voidaan luoda oma taulukko. RAP5-linjan oikaisukoneen tarkoitus on esiioikaista tuotantonauhan päät niin, että ne on mahdollista syöttää seuraaville laitteille. Tämän vuoksi oikaisutulokselle ei ole asetettu niin suuria vaatimuksia kuin esimerkiksi rullaoikaisukoneelle, jolla tehdään lopputuotteita. Asetusarvojen määrittämisessä saavutettiin asetetut tavoitteet.

Kunnossapidolliset kehityskohteet

RAP5-linja on suurella tuotantokapasiteetilla varustettu jatkuvatoiminen linja. Linjan toimintavarmuus on sen vuoksi erittäin tärkeää, ja siksi ennakkohuollolla on tärkeä merkitys. Yksikin vikaantunut laite voi pysäyttää koko prosessin, jolloin tuotantotappiota alkaa syntyä välittömästi.

Oikaisukoneet sijaitsevat heti linjan alkupäässä eikä ilman niitä nauhaa voida syöttää linjaan. Siksi on tärkeää, että oikaisukoneet pysyvät toimintakuntoisina. Tuotantonauha syötetään linjaan kahdelta eri rampilta, joten se auttaa tilanteissa, joissa toinen oikaisukone vaurioituu. Tuotantoa voidaan jatkaa toisen rampin kautta. Tuotanto kuitenkin hidastuu ja rikkoontunut oikaisukone on korjattava

mahdollisimman pian. Korjaaminen aiheuttaa ainakin oikaisukone 2. tapauksessa ylimääräisen seisakin.

Oikaisukoneen rullat ovat aiheuttaneet oikaisukoneella eniten tuotannonaikaisia vikoja, koska aiemmin vika korjattiin vain sen ilmettyä. Vikahistorian perusteella rullien käyttöikä on arviolta kaksi ja puoli vuotta, joten rullien vaihdoille määriteltiin vaihtoväliksi kaksi vuotta. Oikaisukoneille ei ollut olemassa varaosaluetteloa, josta tarvittavat osat olisi helposti löydettävissä, joten KUTI-järjestelmän osaluetteloon lisättiin kriittisimpien osien osaluettelotiedot. Tiedoista löytyy osan suomenkielinen nimi, osan nimike, saldotilanne ja varastopaikka.

Tuotantonauhan päiden paksuusvaihtelut vaikeuttavat jonkin verran oikaisukoneen toimintaa. Nauhan päät voivat olla paksumpia, kuin mitä oikaisukoneen tiedoissa ilmoitettu maksimipaksuus on. Todellisen paksuustiedon saaminen oikaisukoneelle voisi parantaa oikaisutulosta ja estää laiterikkoontumisia. Kuumavalsaamalla nauhan todellinen paksuus mitataan, joten tätä tietoa voisi hyödyntää oikaisukoneilla. Toinen vaihtoehto olisi lisätä paksuusmittari linjaston alkupäähän ennen oikaisukoneita, jotta oikaisukoneet voisivat säätää rakoarvoa nauhan todellisen paksuuden mukaan.

LÄHTEET

Ferriittisten koulutus RAP. 2011. Koulutusmateriaali. Tornio: Outokummun sisäinen Notes-tietokanta, Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 26.2.2018.

Ilonen, Hanna 2013. Ferriittisten ja austeniittisten ruostumattomien terästen käyttäytyminen rullaoikaisussa. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikan osasto.

Järviö, Jorma–Parantainen, Timo–Piispa, Taina–Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Konola, Jari 2000. Mitä RCM on? Teoksessa Järviö, Jorma (toim.) Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Raportteja 16. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab. S. 15–22.

Lindqvist, Lauri 2012. Rullaoikaisun asetusarvojen laskeminen ja uuden oikaisukonekokonaisuuden määrittäminen. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikan osasto. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/87651/Rullaoikaisukoneen%20asetusarvojen%20laskeminen%20ja%20uuden%20oikaisukonekokonaisuuden%20m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 2.4.2018.

Me olemme Outokumpu. 2018. PowerPoint-diasarja. Tornio: Outokummun sisäinen intranet. Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 3.4.2018.

Outokummun tutkimuskeskus. 2018. Vetokoetulokset. Tornio: Outokumpu Stainless Oy.

RAP5 Esittely. 2011. Esite. PowerPoint-diasarja. Tornio: Outokummun sisäinen K-asema, Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 3.4.2018.

Sieppi Jukka 2018. Käyttöpäällikkö, Outokumpu Stainless Oy. Sähköpostikeskustelu 19.4.2018.

Taulavuori, Tero–Kyröläinen, Antero–Manninen, Timo. 2012. Ruostumattomat teräkset. Vaasa: Oy Fram Ab.

Tibnor. Saatavissa: <https://www.tibnor.fi>. Hakupäivä 28.3.2018.

LASKENNALLISET RAKOARVOT ERI PLASTISOITUMISASTEEN MUKAAN 810-LAADULLE

LIITE 1/1

Rulla 744832		
Laatu 810-1		
Plastisoitumisaste 60%		
paksuus		
mm	rulla1	
0,9	1,1	18,5
1,1	1,3	16,0
1,3	1,5	13,9
1,5	1,7	12,2
1,7	1,9	10,8
1,9	2,1	9,6
2,1	2,3	8,5
2,3	2,5	7,6
2,5	2,7	6,7
2,7	2,9	6,0
2,9	3,2	5,1
3,2	3,6	4,0
3,6	4	2,9
4	4,4	2,0
4,4	4,8	1,1
4,8	5,25	0,2
5,25	5,75	-0,7
5,75	6,75	-2,0

LASKENNALLISET RAKOARVOT ERI PLASTISOITUMISASTEEN MUKAAN 810-LAADULLE

LIITE 1/2

Rulla 744832		
Laatu 810-1		
Plastisoitumisaste 70%		
paksuus		
mm		rulla1
0,9	1,1	22,7
1,1	1,3	19,8
1,3	1,5	17,5
1,5	1,7	15,5
1,7	1,9	13,9
1,9	2,1	12,5
2,1	2,3	11,3
2,3	2,5	10,2
2,5	2,7	9,2
2,7	2,9	8,3
2,9	3,2	7,3
3,2	3,6	6,1
3,6	4	4,8
4	4,4	3,7
4,4	4,8	2,7
4,8	5,25	1,7
5,25	5,75	0,8
5,75	6,75	-0,7

LASKENNALLISET RAKOARVOT ERI PLASTISOITUMISASTEEN MUKAAN 810-LAADULLE

LIITE 1/3

Rulla 744832		
Laatu 810-1		
Plastisoitumisaste 80%		
paksuus		
mm	rulla1	
0,9	1,1	29,3
1,1	1,3	26,0
1,3	1,5	23,3
1,5	1,7	21,1
1,7	1,9	19,1
1,9	2,1	17,5
2,1	2,3	16,0
2,3	2,5	14,7
2,5	2,7	13,5
2,7	2,9	12,4
2,9	3,2	11,2
3,2	3,6	9,7
3,6	4	8,2
4	4,4	6,9
4,4	4,8	5,7
4,8	5,25	4,5
5,25	5,75	3,4
5,75	6,75	1,7

LASKENNALLISET RAKOARVOT ERI PLASTISOITUMISASTEEN MUKAAN 814-LAADULLE

LIITE 2/1

Rulla 745212		
Laatu 814-1		
Plastisoitumisaste 60%		
paksuus		
mm	rulla1	
0,9	1,1	25,2
1,1	1,3	22,2
1,3	1,5	19,7
1,5	1,7	17,6
1,7	1,9	15,9
1,9	2,1	14,4
2,1	2,3	13,1
2,3	2,5	11,9
2,5	2,7	10,8
2,7	2,9	9,9
2,9	3,2	8,8
3,2	3,6	7,4
3,6	4	6,1
4	4,4	4,9
4,4	4,8	3,8
4,8	5,25	2,8
5,25	5,75	1,7
5,75	6,75	0,2

LASKENNALLISET RAKOARVOT ERI PLASTISOITUMISASTEEN MUKAAN 814-LAADULLE

LIITE 2/2

Rulla 745212		
Laatu 814-1		
Plastisoitumisaste 70%		
paksuus		
mm	rulla1	
0,9	1,1	30,1
1,1	1,3	26,7
1,3	1,5	24,0
1,5	1,7	21,7
1,7	1,9	19,8
1,9	2,1	18,1
2,1	2,3	16,6
2,3	2,5	15,2
2,5	2,7	14,0
2,7	2,9	13,0
2,9	3,2	11,7
3,2	3,6	10,2
3,6	4	8,7
4	4,4	7,3
4,4	4,8	6,1
4,8	5,25	4,9
5,25	5,75	3,7
5,75	6,75	2,0

Rulla 745212		
Laatu 814-1		
Plastisoitumisaste 80%		
paksuus		
mm	rulla1	
0,9	1,1	37,5
1,1	1,3	33,9
1,3	1,5	30,8
1,5	1,7	28,2
1,7	1,9	26,0
1,9	2,1	24,1
2,1	2,3	22,4
2,3	2,5	20,8
2,5	2,7	19,4
2,7	2,9	18,2
2,9	3,2	16,7
3,2	3,6	14,9
3,6	4	13,1
4	4,4	11,5
4,4	4,8	10,0
4,8	5,25	8,7
5,25	5,75	7,2
5,75	6,75	5,3