

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Lauhikari Mari

**Online-öljyanalyysimittalaitteen merkitys Sendzimir-
valssaimen kunnossapito- ja laatukustannuksiin**

Tuotantotalouden koulutusohjelman opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Kemi 2010

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni aiheen sain Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun Tekniikan tutkimus-, kehitys- ja innovaatioyksiköstä Aslak Siimeksen toimeksiantona. Kiitän Aslakia sekä TKI-yksiköstä työni ohjaajana toiminutta Ville Rauhalaa suuresta avusta ja neuvoista työni etenemisessä ja loppuun saattamisessa.

Kiitos myös opinnäytetyöni ohjaajalle Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun Tuomo Palokankaalle sekä Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon työnjohtaja Mauri Parviaiselle, joka avusti työhön tarvittavien tietojen saamisessa.

Kiitos myös kaikille niille, jotka ovat tavalla tai toisella tukeneet ja auttaneet työni tekemisen aikana.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	Tuotantotalous
Koulutusohjelma	Mari Lauhikari
Opinnäytetyön tekijä	Online-öljyanalyysimittalaitteen merkitys
Opinnäytetyön nimi	Sendzimir-valssaimen kunnossapito- ja laatukustannuksiin
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	28.11.2010
sivumäärä	29 + 4 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Tuomo Palokangas
Yritys	Kemi-Tornion AMK, TKI-yksikkö
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Ville Rauhala, Aslak Siimes

Tämä opinnäytetyö on tehty Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun Tekniikan Tutkimus-, kehitys- ja innovaatio -yksikölle. Kemi-Tornion AMK:n Tekniikan TKI-yksikkö toimii osana ammattikorkeakoulun opetusta järjestäen kursseja ja opinnäytetöitä opiskelijoille. Sen keskeisenä tavoitteena on tukea uusien yritysten ja liiketoiminnan kehittämistä sekä lisätä alueen toimijoiden kilpailukykyä.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin osana TKI-yksikön menneillään olevia eMaintenance ja Oil Analysis -projekteja. Tavoitteena on ollut selvittää Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamalla testauksen alla olevan online-öljyanalyysimittalaitteen merkitys kunnossapito- ja laatukustannuksiin.

Työ rajattiin käsittämään Sendzimir-valssainten öljynsuodatusjärjestelmän kunnonvalvontaa ja kunnossapitokustannuksia sekä niiden merkitystä teräksen laatuun. Työn tuloksena pystyttiin osoittamaan suodattimien vaihdon tärkeys ja sen merkitys laadun paranemiseen. Työssä laskettiin öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapidon kokonaiskustannukset eli materiaalikustannukset ja työkustannukset sekä arvioitiin paremman laadun merkitys kylmävalssaamon kokonaistuotantomääriin ja -myyntiin. Työssä laskettiin neljä arvioitua laadunparannusvaihtoehtoa, joissa laadunparannus lisäisi KYVA:n tuotantoa 0,2 – 25 miljoonan euron arvosta.

Asiasanat: öljyanalyysi, tutkimus- ja kehitystoiminta, kunnossapito, kustannuslaskenta.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Industrial Management
Name	Mari Lauhikari
Title	Importance of On-line Oil Analysis Measuring Device for Maintenance Cost and Quality Cost in Sendzimir Cold-rolling
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	28 November 2010
Pages	29 + 4 appendices
Instructor	Tuomo Palokangas MSc, (Ind.Eng.)
Company	KTUAS, R&D Department
Supervisor	Ville Rauhala, Aslak Siimes

The study was commissioned by Technical Research & Development Department of Kemi-Tornio University of Applied Sciences. R&D Department participates also in teaching at KTUAS by organizing courses and theses for students. Its main objective is to support new businesses development and to increase the competitiveness of the operators in the region.

This study was carried out as part of the R&D Department eMaintenance and Oil Analysis projects. The aim was to determine the effects of on-line oil analysis measuring device to maintenance and quality costs. The on-line oil analysis device prototype has been tested at Outokumpu Tornio Works cold rolling mill since autumn 2009. The study was limited to oil filtration system of Sendzimir cold rolling for condition monitoring and maintenance costs and their importance on the quality costs.

As a result of this study it was possible to demonstrate the importance of replacing the filters and its significance for quality. The total maintenance cost of oil filtration system in the study was calculated including costs of material and work. There is also estimated importance of quality to the total sales of cold-rolling mill. For quality improvement was calculated the estimated four options, which would increase the production of cold-rolling mill of 0, 2 – 25 million Euros.

Keywords: oil analysis, research and development, maintenance, cost accounting.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO.....	1
1.1. Työn tavoitteet ja rajaukset.....	1
1.2. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-toiminta	2
1.3. Outokumpu Oyj.....	2
1.4. Oil Analysis ja eMaintenance	3
1.5. Oil Analysis -projektin tavoitteet ja organisaatio.....	3
1.6. eMaintenance -projektin tavoitteet ja organisaatio	3
2. SENDZIMIR-VALSSAIN	5
2.1. Voitelu- ja suodatusjärjestelmä	5
2.2. Öljynkäsittelylaitteisto.....	6
2.3. Suodatustarkkuus.....	8
3. ÖLJYN KUNNONVALVONTA JA SEN TAVOITTEET	9
3.1. Voiteluöljyn ominaisuudet.....	10
3.2. Voiteluöljyn epäpuhtaudet	11
3.3. Epäpuhtausvauriot Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmässä	12
3.3.1. Suodattimien hidaskuluminen	13
3.3.2. Suodattimen repeytyminen ja rikkoutuminen	13
3.3.3. Suodattimien tukkeutuminen.....	14
3.4. Öljyn suodatusjärjestelmän käytön hallinta	14
4. ONLINE-ÖLJYANALYYSI JA KONENÄKÖ KUNNONVALVONNASSA	15
4.1. Online-öljyanalyysi	15
4.1.1. Mittaustiedot ja kokoluokat.....	15
4.2. Konenäkö online-analytiikassa	17
4.3. Öljyanalyysilaitteisto	18
5. Suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset	19
5.1. Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmän kunnossapitotoimenpiteet	19
5.2. Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmän kunnossapitokustannukset.....	19
5.3. Online-mittauksen vaikutus suodatusjärjestelmän kunnossapitoon ja kustannuksiin	21
6. LAATUKUSTANNUKSET	23
6.1. Laatuluokat	23
6.2. Tuotannon laadunparannus	24
6.3. Laadunparannuksen vaikutukset suodatusjärjestelmän kunnossapitoon	25
7. Yhteenveto.....	26
8. Lähdeluettelo	28
9. LiiteLUETTELO.....	29

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	kylmävalssaamo
KTAMK	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
TKI	Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus
ICT	Information and Communication Technology
OML	Optisen mittaustekniikan laboratorio
OTW	Outokumpu Tornio Works

1. JOHDANTO

Lähtökohtana tälle työlle on Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan TKI-yksikössä kunnossapito- ja konenäköryhmän käynnissä olevat projektit, eMaintenance ja Oil Analysis, joissa yhteistyönä kehitetään konenäköön perustuva menetelmä teollisuuden voiteluöljyjen jatkuvatoimiseen (online) analytiikkaan.

1.1. Työn tavoitteet ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää konenäköön perustuvan online-öljyanalyysimittalaitteen taloudelliset vaikutukset kunnossapito- ja laatukustannuksiin Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamo 1 Sendzimir-valssaimilla.

Työn on rajattu käsittämään Sendzimir-valssainten öljynsuodatusjärjestelmää eli sitä, mikä on online-öljyanalyysimittalaitteen merkitys valssainten öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitoon, ja mitä taloudellista vaikutuksia sillä on kunnossapitokustannuksiin. Outokummulla käytetään offline-öljyanalyysia eli öljystä otetaan näyte manuaalisesti ja tutkitaan tehtaassa laboratoriossa. Mikäli analyysin tulokset viittaavat suureen epäpuhtauksien määrään, voidaan epäillä suodattimissa rikkoutumisia, jotka johtavat suodattimien vaihtoon. Koska suodattimia ei vaihdeta tietyin väliajoin, vaan öljyanalyysin perusteella tarpeen vaatiessa, voi suodattimien vaihtotarve tulla yllättäenkin, eikä vaihtoprosessia pystytä ennakoimaan. Tämän vuoksi voitelujärjestelmään voi päästä suuria epäpuhtauksia, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä prosessiin ja lopputuotteen laatuun.

Online-öljyanalyysijärjestelmä helpottaa huomattavasti öljyn kunnonseurainta, koska se kykenee tuottamaan mittaustuloksia reaaliajassa. Konenäköön perustuva mittalaite tunnistaa öljyssä olevia kiintoainepartikkeleita ja määrittää niiden muodon sekä koot ja määrät eri kokoluokissa. Partikkelien kokotiedon havainnointi antaa näyttöä siihen, milloin suodattimien vaihto on tarpeen eli suodattimien vaihtoprosessi pystytään ennakoimaan ja suunnittelemaan entistä paremmin ja tehokkaammaksi. Lisäksi jatkuvatoimisen seurannan avulla pystytään havaitsemaan suurien partikkeleiden pääsy voitelujärjestelmään ja näin ollen tehdä korjaavia toimenpiteitä konevikojen ja tuotteen laatuhäiriöiden estämiseksi.

Öljynpuhtauden oletetaan vaikuttavan lopputuotteen laatuun. Suuren kokoluokan partikkelien lisääntyminen voiteluöljyssä viittaa näppylöiden lisääntymiseen teräsnauhan pinnassa. (Sieppi 2008, 12.) Tässä työssä on myös tavoitteena selvittää, miten online-öljyanalyysimittalaitteen avulla toimivan suodatusjärjestelmän ennakoiva kunnossapito vaikuttaa lopputuotteen kokonaisuuteen paranevan laadun kautta. Lisäksi työssä laskettiin Sendzimir-valssaimien öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset. Työn tuloksena pystyttiin osoittamaan suodattimien vaihdon tärkeys ja merkitys teräksen laadun paranemiseen.

Online-öljyanalyysimittalaite on testauksessa Sendzimir 2 -valssaimella. Laskelmat on tehty arvioiden ja oletuksien perusteella, koska öljyn puhtauden vaikutuksesta

lopputuotteen laatuun ja näppylöiden määrään ei ole kiistatonta tutkimusta. Öljyn epäpuhtauden lisääntymisen on todettu kuitenkin vaikuttaneen laatuhäiriöiden kasvamiseen lopputuotteessa.

1.2. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-toiminta

Kemi-Tornion AMK:n TKI-toiminnan tavoitteena on vastata tutkimus- ja kehittämishankkeilla yritysten välittömiin ja pitkän aikavälin kehitystarpeisiin sekä osallistua yritysten olemassa olevien toimintojen kehittämiseen. Keskeisenä tavoitteena on myös tukea uusien yritysten ja liiketoiminnan kehittämistä. /14/

Toiminta on liitetty tiiviisti KTAMK:n Tekniikan opetustoimintaan järjestämällä kursseja, projekteja ja opinnäytetöitä sekä työharjoittelupaikkoja opiskelijoille. Tekniikan tutkimus- ja kehitystoiminnan hankkeisiin kuuluvat:

- kunnossapito
- materiaalin käytettävyys
- optinen mittaustekniikka
- sulautetut järjestelmät
- testaus
- muut teollisuuden hankkeet./14/

1.3. Outokumpu Oyj

Outokumpu Oyj:n toimiala on metalliteollisuus. Outokumpu on yksi maailman suurimmista ruostumattoman teräksen tuottajista. Se toimii yli 30 maassa ja työllistää yhteensä noin 7 600 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2009 oli 2 611 miljoonaa./13/

Outokummun terästuotanto keskittyy pääasiassa Tornion tehtaaseen, Avestan, Nybyn ja Långshyttanin tehtaisiin Ruotsissa ja Sheffieldin tehtaaseen Englannissa. Tornion tehtaas eli Outokumpu Tornio Works on Outokummun merkittävin tuotantolaitos tuottaen miljoona tonnia valssattua ruostumatonta terästä vuosittain. Laitos muodostaa maailman suurimman yhtenäisen ruostumattoman teräksen tuotantoketjun. Tuotantoketju alkaa Keminmaassa sijaitsevasta kromikaivoksesta, Outokumpu Chrome Oy:stä ja jatkuu Torniossa ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon sekä kylmävalssaamojen prosesseissa. Tornion ja Keminmaan tehtailla, johon kuuluu myös Outokumpu Stainless Oy, työskentelee noin 2500 henkilöä. Ruostumatonta terästä toimitetaan teräsnauhoina ja -levyinä Tornioista yli 60 eri maahan./12/13/

1.4. Oil Analysis ja eMaintenance

Oil Analysis ja eMaintenance ovat projekteja, jotka tekevät yhteistyötä Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-yksikössä. Yksikön konenäköryhmän Oil Analysis -projektissa tutkitaan konenäön soveltamista voiteluöljyn online-valvontaan. Kunnossapitoryhmän eMaintenance -projektissa tutkitaan ICT-ratkaisuja hyödyntävän, ennakoivan kunnossapidon mahdollisuuksia ja vaikutuksia tuottavuuteen. /6/

1.5. Oil Analysis -projektin tavoitteet ja organisaatio

Oil Analysis (A Machine Vision Platform for Oil Analysis) -projektin tavoite on kehittää uusi ainutlaatuinen ja kustannustehokas konenäköön perustuva online-öljyanalyysimenetelmä prosessiteollisuuteen. Tällä hetkellä mittalaitteesta on kehitetty prototyyppi, joka on sijoitettuna Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon Sendzimir 2 -valssaimella syksystä 2009. Laitteisto mittaa öljyn mukana kulkeutuvien kiintoainepartikkeleiden koon, määrän ja muodon. Tieto epäpuhtauksien määrästä ja koosta öljyssä auttaa ennakoimaan teollisuuden seisokit sekä kunnossapitotarpeet. /2/

Tiivistetysti projektin tehtäväalueiksi on määritelty monitieteellisen tutkimuksen toteuttaminen liittyen:

- koneiden voiteluun ja kulumiseen
- konenäön käyttöön partikkelianalytiikassa
- haasteellisiin olosuhteisiin liittyvien sulautettujen järjestelmien käyttöön
- ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutukseen
- laitteen kehittäminen öljyn jatkuvatoimiseen kiintoaineanalytiikkaan
- kehitetyn laitteen pilotointi todellisessa teollisuuden kohteessa
- uusien tuotteiden kehittäminen yhteistyössä yritysten kanssa
- suurteollisuuden tarjoaminen liiketoimintamahdollisuuksien hyödyntäminen pienimmille yrityksille
- rajat ylittävän innovaatiojärjestelmän kehittäminen. /5/

Projekti koostuu yhteistyöstä Oulun yliopiston konetekniikan osaston, Luulajan teknillinen yliopiston ja Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun OML:n kanssa. Muita projektin osallisia ovat Outokumpu Tornio Works ja Digipolis Oy Suomesta sekä Rubico Ruotsista. OML:ssa projektipäällikkönä toimii Harri Pikkarainen. /2/5/

1.6. eMaintenance -projektin tavoitteet ja organisaatio

eMaintenance -projektin tavoitteena on yhdistää prosessiteknologian ja ICT-teollisuuden innovaatioverkostot ja vahvistaa Pohjois-Suomen ja Ruotsin verkostoja luomalla

yhtenäisen foorumin EU:n puiteohjelman kanssa ja suunnitella yhteisiä tutkimushankkeita. Muutama prosessiteollisuuden toimija Pohjois-Suomesta ja Ruotsista on osallistunut projekteihin tehdäkseen toteutettavuustutkimuksia, jotta saadaan selville tämänhetkisen kunnossapidon tila ja IT-valmius./9/

Projektin tavoitteena on siis prosessiteollisuuden, toimittajien, alueen pk-yritysten ja kumppaneiden

- verkostoitumisen kehittäminen
- lisätä henkilöstön ja tulevien työntekijöiden osaamista
- tukea erilaisia koulutusohjelmia
- luoda foorumi eurooppalaisiin hankkeisiin./9/

Projektin organisaatioon kuuluu Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Luulajan teknillinen yliopisto ja muutama prosessiteollisuuden toimija. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun TKI-yksiköstä projektiin osallistuu kunnossapidon ryhmä, jota johtaa Aslak Siimes./9/

2. SENDZIMIR-VALSSAIN

Teräsnauhat tulevat Sendzimir-valssaimelle kuumavalssaamolta hehkutus-peittauslinjan kautta sen jälkeen kun kuumanauhan paksuus, pinta ja reunat ovat tarkistettu. Kylmävalssauksella nauhat voidaan valssata joko suoraan loppumittaan, välimittaan tai tehdä nauhalle esipisto./11/ Sendzimir-valssaimella nauhaa voidaan ohentaa jopa 80 prosenttia. Lisäksi teräs lujittuu niin, että se on vielä hehkutettava ja peitattava, jolloin sen muovattavuus paranee ja se saa asiakkaan tilaamat lujuusominaisuudet./2/

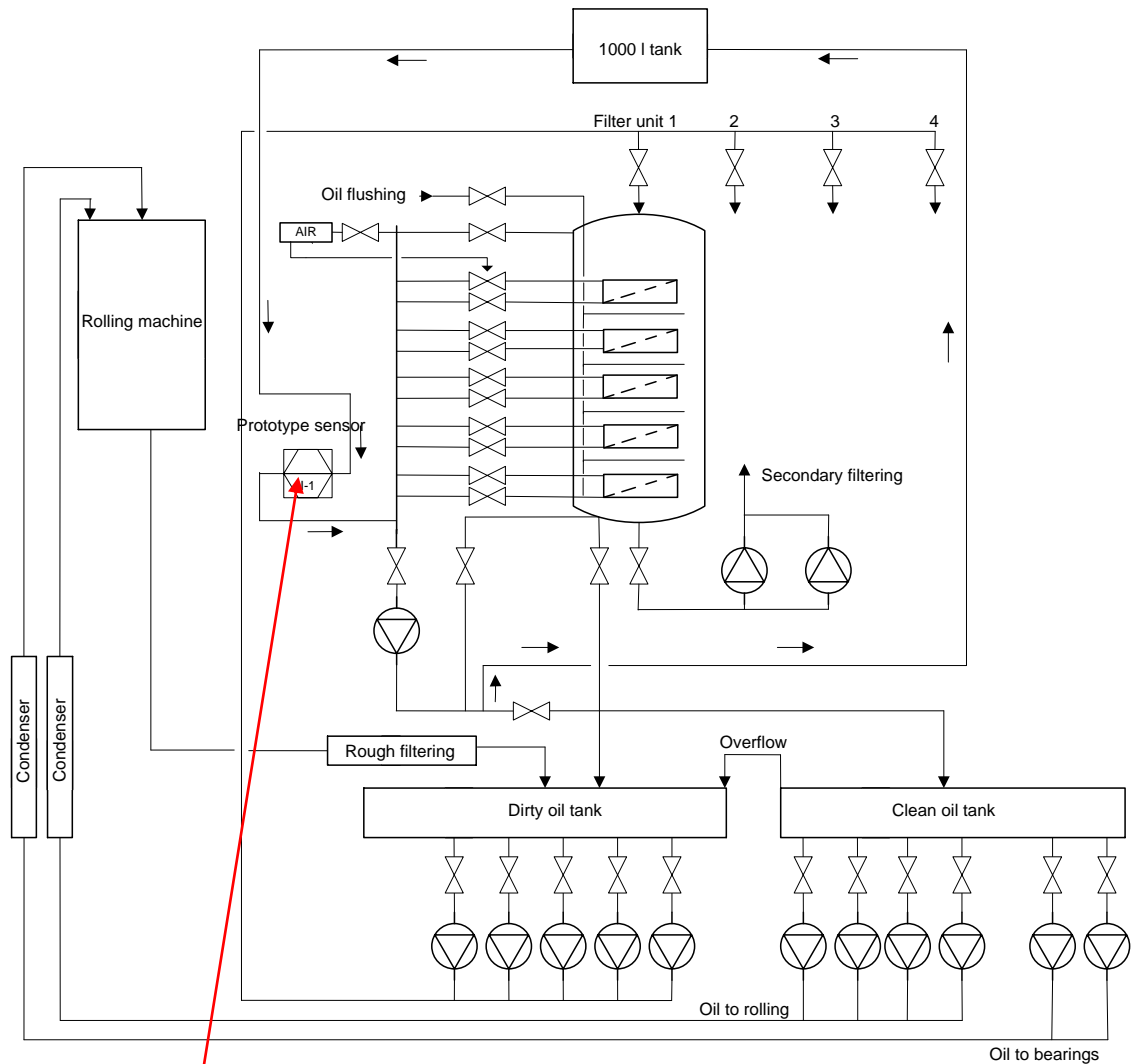
Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamo 1:lla Sendzimir-valssaimia on kolme. Ne ovat toimintaperiaatteiltaan samankaltaisia. Sendzimir-valssaimilla 1 ja 3 voidaan valssata kaikkia nimellislevyksiä 1000mm, 1300 mm ja 1500mm, kun taas Sendzimir 2 - valssaimella voidaan valssata nimellislevydeltyään maksimissaan 1300 mm kuumanauhoja. Valssaimilla 1 ja 3 nauhojen loppupaksuus on noin 2 mm ja valssaimella 2 noin 1 mm. /2/11/

Valssausnopeudet ovat valssaimesta riippuen suurimmillaan noin 500–800 m/min. Rullien painot ovat maksimissaan 26 000kg. Näiden kolmen valssaimen yhteistuotanto vuonna 2006 oli noin 560 000t. /11/

2.1. Voitelu- ja suodatusjärjestelmä

Sendzimir-valssainten voitelujärjestelmän öljykapasiteetti voi olla satoja kuutiometrejä, joten se on yksi suurimmista olemassa olevista voitelujärjestelmistä. Voitelujärjestelmä voitelee valssausprosessia jopa 350 kuutiometrin määrällä valssainten pintaa, tuotteen pintaa ja valssaimen laakereita. Suuren öljyn tarpeen vuoksi se vaati suodatusjärjestelmän, joka pitää öljyn mahdollisimman puhtaana, jotta teräksen laatu ja valssaimen laakerit eivät kärsisi suurista epäpuhtauksien määristä./6/

Valssainten öljynkäsittelylaitteiston suodatusprosessi on kaksiportainen, joka sisältää ensisuodatuksen (primary filtering) ja toisosuodatuksen (secondary filtering). Ensiösuodatusjärjestelmä koostuu neljästä Supamic-tyyppisestä suodatinyksiköstä, jotka suodattavat öljyvirtauksen, joka tulee valssaimelta karkean suodatuksen (Rouhg filtering) jälkeen likaisen öljyn säiliöön. Suodatettu öljy virtaa puhtaan öljyn säiliöön, josta se pumpataan takaisin valssainprosessin ja lääkereiden voiteluun./6/10/



Kuva1. Ensiösuodatusjärjestelmä (primary filtering). Online-öljyanalyysimittalaite (Prototype sensor) on ensiösuodattimen ja puhtaan öljyn säiliön välissä./8/

Kuvassa 1 on Sendzimir 2 -valssaimen ensiösuodatusjärjestelmä. Päälinjan öljyvirtauksesta osa virtauksesta johdetaan 1000 litran öljysäiliöön, josta öljyä virtaa kaksi litraa minuutissa kuvaan merkätun online-mittalaitteen läpi. Mittalaite sijaitsee ensiösuodattimen ja puhtaan öljyn säiliön välissä. /8/

2.2. Öljynkäsittelylaitteisto

Outokumpu Tornio Worksin KYVA:n Sendzimir 2 -valssaimen öljynkäsittelylaitteiston suodatusprosessi on kaksipuolainen. Valssausöljyjärjestelmä sisältää:

- likaisen öljyn säiliön (dirty oil tank)
- puhtasöljysäiliön (clean oil tank)

- varastosäiliön
- ensiösuodatuslaitteiston (primary filtering)
- toisiosuodatuslaitteiston (secondary filtering)
- keräilyssäiliöt
- laskeutumissäiliöt
- lämmönvaihtimet

Puhdasöljysäiliö on 120 000 litraa ja likaisen öljyn säiliö 180 000 litraa. /6/ Öljyä syötetään valssainpesään yli 20 000 litraa minuutissa. Ohjearvo noin 4000kW:n valssaimen öljynsyöttömäärä 12 000 l/min. 20-korkean valssaimen yhteenlaskettu öljynsyöttömäärä menee valssikitaan, laakerivoiteluun ja nauhan jäähtytykseen./6/

Yksi ensiösuodatin koostuu viidestä suodatinlohkosta ja jokainen lohko sisältää 826 suodatinpatruunaa. Järjestelmässä käytetään Supamic-tyyppisiä kuvan 2 mukaisia suodatinpatruunoita. Niiden pituus on 400mm/ patruuna, ja teoreettinen kapasiteetti on yksi litra öljyä minuutissa, joten yhden suodatinyksikön teoreettinen suodatuskapasiteetti on 4130 litraa öljyä minuutissa. Käytännössä kapasiteetti on kuitenkin 3600–3800 litraa minuutissa, kun suodattimet ovat uusia. Valssauksesta riippumatta suodatusjärjestelmä toimii pääasiassa automaattisesti./6/8/



Kuva 2. Supamic-tyyppinen suodatin./1/

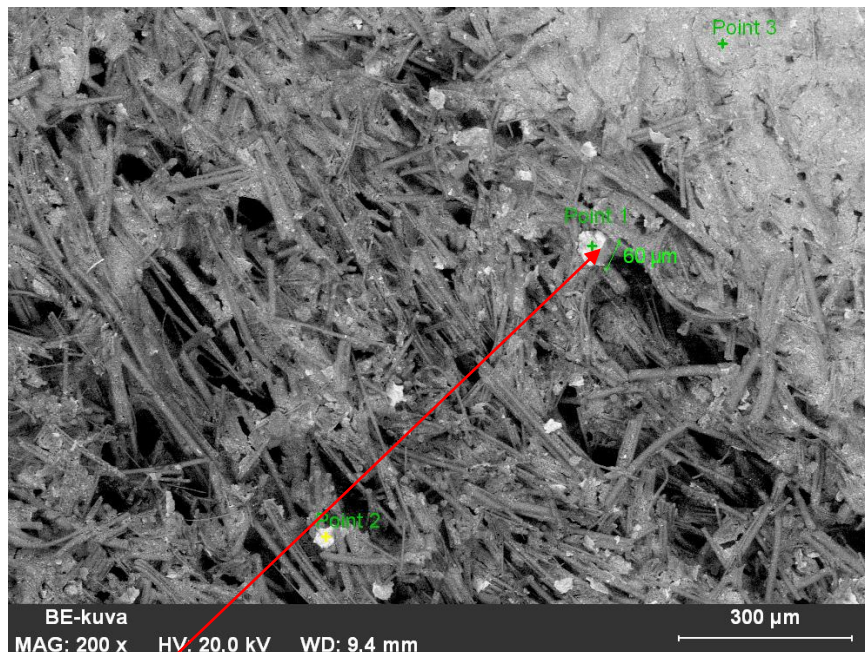
Suodatinmateriaalin tukkeutumisen vuoksi öljynsuodattimet puhdistetaan automaattisesti joka 8-12 tunnin välein yksi kerrallaan. Muuten suodatusteho ja öljyn virtaus puhtaanöljyn säiliöön laskee. Kun automaattinen puhdistus on käynnissä, suodatinyksikkö on tyhjänä öljystä. Puhdistus tapahtuu ilmanpuhalluksella, joka menee jokaisen lohkon läpi päinvastaisessa suunnassa kuin öljynvirtaus. Lopuksi yksikkö täytetään öljyllä, jota kierrätetään yksikössä 10 minuuttia ennen kuin normaali suodatus jälleen alkaa seuraavien 8-12 tunnin ajaksi. Puhdistuksen aikana muut yksiköt ovat käynnissä, jotta valssaus voi jatkua. /6//8/

2.3. Suodatustarkkuus

Valssausöljyn suodatus vaatii paljon suodattimilta suurten virtausmäärien ja prosessissa syntyvän lian määrän takia. Sendzimir 2 -valssaimen suodatinjärjestelmän suodattimet suodattavat partikkelit, jotka ovat pääosin kooltaan 5µm, 10 µm, 15 µm. Suodatusjaksot ovat yleensä 12 tuntia, mutta niitä joudutaan lyhentämään kahdeksaan tuntiin tai jopa kahteen tuntiin, mikäli öljyn virtausmäärä laskee. Virtausmäärän laskusta kertoo suodattimen tukkeutuminen. Tällöin on tehtävä puhdistuspuhallus eli vastapuhallus tehokkaasti suodatustoiminnan jatkumiseksi./6/

Suodatinpatruunoiden tukkeutuminen ja virtausmäärän lasku voi johtua kiinteiden partikkeleiden kerääntymisestä suodatinmateriaaliin tai öljyn ominaisuuksien muuttumisesta. Kun öljyn ominaisuudet muuttuvat, voi tapahtua esimerkiksi ”saippuoitumista”, joka estää öljyn virtaamisen tehokkaasti suodattimien läpi. Suodatustarkkuus voi myös heikentyä suodattimen käyttöiän myötä. Suodatinmateriaalin kuiturakenteessa voi vuosien käytön ja puhdistuspuhalluksen seurauksena tapahtua väsymistä, joka johtaa suodatustarkkuuden alenemiseen. /6/

Kuvassa 3 on osittain tukkeutunut suodatin, jossa näkyy 60µm:n partikkeli. Tämän kokoinen partikkeli on haitallinen valssaimen tukilaakereiden lisäksi lopputuotteen laatuun tekemällä kolon tai valssautuen nauhan pintaan. Mikäli partikkeli on metallia, se voi olla peräisin järjestelmän koneenosista. Tällaisia hiukkasia voi irrota myös valssattavan nauhan pinnasta.



Kuva 3. Mikroskooppikuva osittain tukkeutuneesta suodatinmateriaalista. Kohdassa 1 (point1) 60µm partikkeli./10/

3. ÖLJYN KUNNONVALVONTA JA SEN TAVOITTEET

Öljyanalyysi on tutkimusmenetelmä, jossa otetaan tietyin väliajoin öljystä näyte manuaalisesti tai seurataan öljyn kuntoa jatkuvatoimisella seurantajärjestelmällä. Manuaalisesti (offline) otettu näyte tutkitaan laboratoriossa kun taas jatkuvakäyntinen (online) seurantajärjestelmä tuottaa dataa tarkoituksenmukaiseen tietojärjestelmään. Outokummun Sendzimir-valssaimen öljynkuntoa mitataan Offline -analyysillä eli öljystä otetaan manuaalisesti näyte pulloon ja tutkitaan se Outokummun omassa laboratoriossa. Muutaman kerran vuodessa näyte lähetetään Ranskaan analysoitavaksi./6/

Öljyn kunnossapito on siis pääasiassa öljyssä olevien epäpuhtauksien analysointia, jonka tulokset auttavat kunnossapitohenkilöstön tarttumaan tarvittaviin toimenpiteisiin. Näin varmistetaan laitteiden käynti ja estetään turhat tuotantokatkokset. Erityisesti organisaation strategista johtoa kiinnostavat tuotantokustannukset ovat suoraan yhteydessä tuotantokatkoksiin, joita öljyn ennakoivalla kunnonvalvonnalla pyritään vähentämään. /7/

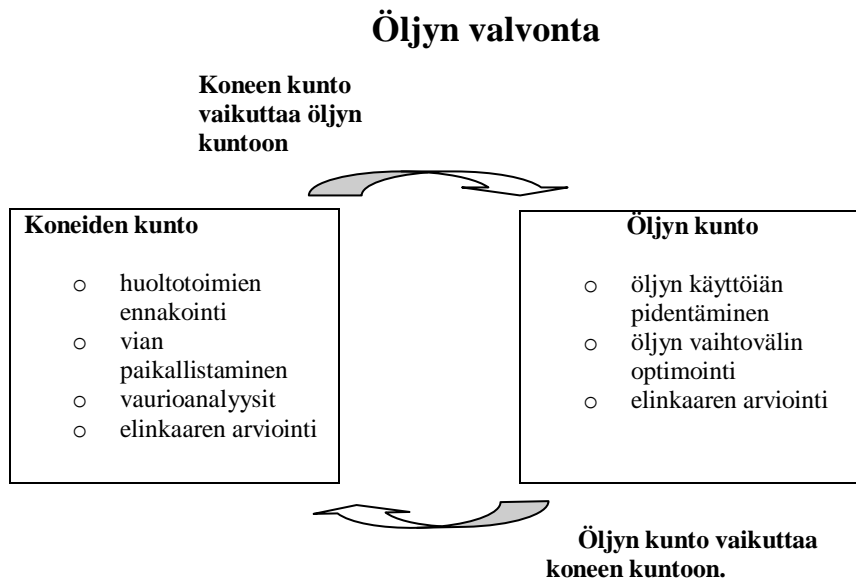
Noin kerran vuodessa Outokummulla öljyn epäpuhtausmäärien tarkistuksen suorittaa Oy Colly Company AB. Offline-öljynäyte otetaan joka suodatinyksikön suodatinlohkon suodattimesta ja tutkitaan kiintoainemäärä sekä hiukkaskokojakauma. Kiintoainepitoisuus kertoo kiinteiden hiukkasten määrän öljyssä. Mikäli näytteiden hiukkaskokojakaumassa ilmenee isoja partikkeleja, suodattimet tutkitaan tarkemmin. Kunnossapitotoimenpiteenä tällöin suoritetaan joko osittainen suodatinpatruunojen vaihto tai kaikkien suodatinlohkojen patruunojen vaihto uusiin. Tutkimuksien mukaan pelkästään kiintoainepitoisuus ei riitä öljyn puhtauden määrittämiseen./6/

Taulukossa 1 on esitetty tulokset Sendzimir-valssausöljyn hiukkasmääristä ja kokojakaumasta optisella mittauslaskimella mitattuna. Optista hiukkaslaskentaa käytetään öljyn epäpuhtauksien analysoinnissa offline-öljyanalyysin lisäksi. Taulukko esittää suodatetun valssausöljyn epäpuhtauksien määrän. Suodatuspatruunoiden suodatustarkkuudesta alle 10µm huolimatta suodatetussa öljyssä havaitaan jopa useiden kymmenien mikrometriä kokoisia partikkeleita. /11/

Taulukko 1. Optisella hiukkaslaskimella mitattuja Sendzimir-valssausöljyn hiukkasmääriä./11/

Hiukkaskoko [µm]	Hiukkasmäärä/100ml öljyä
>4	2-10 milj.
>6	0,5-1 milj.
>10	10 000-500 000
>14	2000–10 000
>21	500–2500
>25	200–1000
>38	50–400
>70	0-15

Öljynvalvonnalla on rajalliset mahdollisuudet pidentää laitteen elinkaarta verrattuna valmistajaan. Analysointi auttaa kuitenkin ennaltaehkäisemään vaurioita ja pidentämään niin laitteen kuin öljynkin elinikää. Vaurioiden ennakoiti ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet pienentävät myös ratkaisevasti tuotantokustannuksia. Kuvan 4 kaaviossa on eritelty koneen kuntoon vaikuttavat tekijät, jotka vaikuttavat öljyn kuntoon sekä öljyn kuntoon vaikuttavat tekijät, jotka vaikuttavat koneiden kuntoon. Öljyanalyysillä eli öljyn valvonnalla pyritään pitämään öljy kunnossa, jotta koneet pysyvät kunnossa. Öljynäytteissä saattaa ilmetä suuria metallipartikkeleita, jotka voivat olla peräisin koneenosista kuten laakereista. Tämä voi kertoa viallisesta laakerista ja näin vian voi paikallistaa öljyanalyysin perusteella. Lisäksi öljyn valvonnan ansiosta voidaan ennakoida huoltotoimenpiteet ja tehdä elinkaaren arviointia niin öljyn kuin koneidenkin osalta./7/



Kuva 4. Öljynvalvonnan kunnossapidollinen tavoite./7/

3.1. Voiteluöljyn ominaisuudet

Öljystä tutkitaan epäpuhtauksien lisäksi öljyn ominaisuuksia parantavat lisäainepitoisuudet. Lisäaineita, joita öljyyn lisätään, ovat mm.

- esterit
- alkoholit
- hapettumisenestoaineet
- vaahtoamisenestoaineet
- viskositeetti-indeksiä ja
- voitelukykyä parantavat lisäaineet./6/

Voiteluöljyn ominaisuuksia pyritään parantamaan lisäaineilla mahdollisimman hyvän valssausjäljen saavuttamiseksi. Lisäaineilla öljyyn saadaan ominaisuudet, joita perusöljyllä

ei ole, kun lopputuotteelle halutaan saada sileä pinta ja parempi heijastavuus. Lisäksi lisäaineilla estetään materiaalin tarttumien työvalsseihin sekä öljyn voitelukalvo sopivan paksuiseksi. Offline-analyysillä tutkitaan myös muita öljyn ominaisuuksia, kuten öljyn kinemaattinen viskositeetti, viskositeetti-indeksi, vesipitoisuus, metallipitoisuus ja happoluvut./6/

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty öljystä tutkittavien ominaisuuksien jaottelu, joita ovat perusominaisuudet, partikkelianalyysit ja kulumametallit. Tässä työssä partikkelianalyysi on merkittävin, koska työssä selvitetään partikkelien vaikutusta suodatinjärjestelmän kunnossapitoon ja lopputuotteen laatuun.

Taulukko 2. Öljystä tutkittavien ominaisuuksien jaottelu./7/6/

A: Perusominaisuuksien analyysit	B: Partikkelianalyysit	C: Kulumametallianalyysit
A.1 Yleisimmät perusanalyysit – ulkonäkö – viskositeetti – kiintoainepitoisuus	B.1 Puhtausluokat	C.1 Alkuainepitoisuudet – koneen osien alkuaineet
A.2 Lisäanalyysit – vesipitoisuus – viskositeetti-indeksi – lisäaineet – hapettuminen – vaahtoaminen	B.2 Määrä ja kokojakauma – partikkelien kokoluokitus	C.2 Ferrografia – magneettiset hiukkaset
	B.3 Partikkelien laatu ja muoto	

3.2. Voiteluöljyn epäpuhtaudet

Öljyn kiinteitä epäpuhtauksia ovat hienojaksoiset partikkelit, kiintoaineet ja suuret kulumapartikkelit, jotka ovat yleensä peräisin valssattavasta materiaalista. Näitä pyritään estämään lisäaineilla, kuten estereillä ja alkoholilla. Kiinteät partikkelit ovat yleisesti ottaen alle 10µm suodatetussa valssausöljyssä. Mikäli öljyssä ilmenee tämän kokoisia partikkeleita tai hieman isompia, niiden ei odoteta aiheuttavan vakavia seurauksia./6/

Yli 15 µm kokoiset partikkelit sen sijaan voivat aiheuttaa vaurioita tukilaakereille. Lisäksi tämän kokoiset partikkelit voivat valssattaa nauhaan kiinni aiheuttaen laatuviikoja lopputuotteeseen. Pienten partikkeleiden lisääntyminen voi kertoa suodattimien tukkeutumisesta. Suuret partikkelit sen sijaan aiheuttavat laatuviikoja sekä laakerivaurioita. Tämä voi olla seurausta rikkiäisistä suodatinpatruunoista, suodattimessa olevasta reiästä tai irronneesta tai väljästä suodattimesta./6/

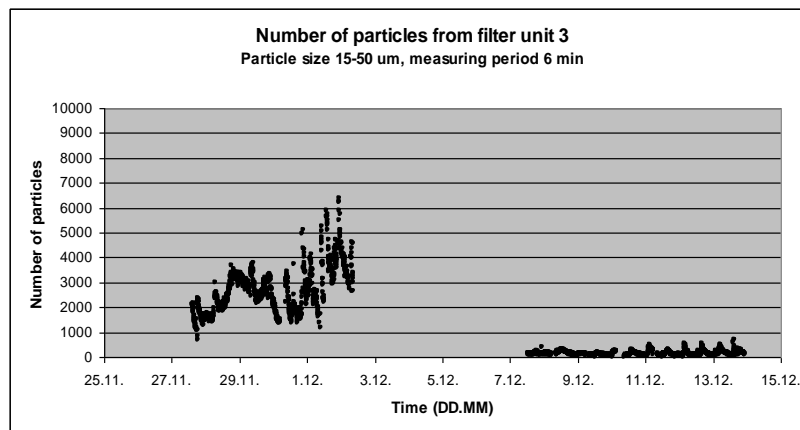
3.3. Epäpuhtausvauriot Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmässä

Epäpuhtaudet eli partikkelit aiheuttavat erilaisia vaurioita suodatinjärjestelmässä. Vaurioita, jotka vaativat toimenpiteitä suodatinjärjestelmässä, ovat:

- suodattimien kuluminen
- suodattimen repeämä, rikkoutuminen
- suodattimen tukkeutuminen
- suodattimen irtoaminen tai kiinnityksen löystyminen./10/

Mitä suurempia partikkeleita öljyn mukana joutuu suodattimiin, sitä suuremmat vauriot siitä koituu. Vaikka suodatin ei olisikaan repeytynyt tai rikkiäinen, se tulisi vaihtaa materiaalin kulumisen aiheuttaman suodatustehon alenemisen takia. Tällä hetkellä suodatinjärjestelmässä voi olla jopa kymmenen vuotta vanhoja suodattimia./10/

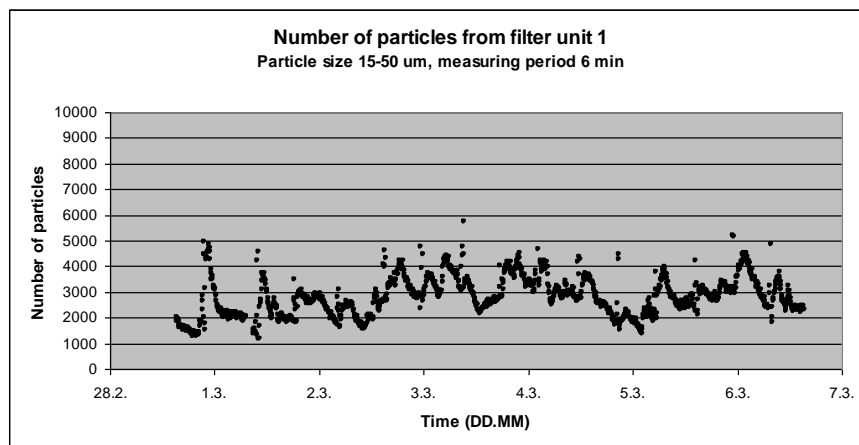
Oil Analysis -projektin konenäköryhmän tekemien testien mukaan uudet suodatinpatruunat vähentävät epäpuhtauksia jopa 95 prosenttia kuten kuva 5 osoittaa. Nämä testit ovat otettu online-mittalaitteella ja vastaavat mittaustuloksia, jotka on tehty offline-mittauksella ja tutkittu laboratoriossa. Testit on tehty kahdessa eri suodatinyksikössä, joissa molemmissa lähtötilanne oli kutakuinkin samanlainen. Kuvassa 5 on otos kuuden minuutin mittausjaksolta, jossa aluksi näkyy 15–50 µm partikkeleiden määrä ennen suodatinpatruunoiden vaihtoa ja partikkeleiden määrä suodatinpatruunoiden vaihdon jälkeen. Kuuden minuutin mittausjakson aikana online-järjestelmän kamera ottaa kuvia mittalaitteeseen virtaavasta öljystä. /10/



Kuva 5. Mittaustietoa suodatinyksikkö 3:lta suodatinpatruunojen vaihtoa ennen ja vaihdon jälkeen. Partikkelien määrä laski 95 % vaihdon jälkeen./10/

3.3.1. Suodattimien hidas kuluminen

Partikkelimäärän kasvu kokoluokassa 15–50 µm indikoi suodattimien kulumista. Testien mukaan kuuden minuutin testijaksolla tämän kokoluokan partikkeleja pääsi keskimäärin 3000 kappaletta, kuten kuvassa 5 ja 6 näkyy, kun suodattimet olivat vanhoja. Suodattimien vaihdon jälkeen uusien suodattimien läpi vastaavan jakson aikana pääsi vain 150 partikkelia./10/



Kuva 6. Dataa kuuden minuutin mittausjaksolta suodatusyksikkö 1:ltä. Kuvassa esiintyvät partikkelit ovat kooltaan 15–50 µm./10/

3.3.2. Suodattimen repeytyminen ja rikkoutuminen

Kun suodattimessa on repeämä tai se on irti tai löysällä, pääsee likaisen öljyn suoraan puhtaan öljynsäiliöön. Tämä näkyy mittalaitteessa isojen yli 15 µm partikkeleiden lisääntymisenä. Silloin kun pienien partikkeleiden määrä pysyy vakaana ja isojen partikkeleiden tiheys kasvaa pysyvästi, tiedetään, että jostain kohti likainen öljy pääsee suoraan läpi./10/

Suodattimen repeämän voi aiheuttaa jokin suurikokoinen partikkeli, joka voi olla terästä tai jotain muuta kovaa materiaalia. Tällaisien partikkelien pääsy puhtaan öljyn säiliöön ja sitä kautta valssausprosessiin ja laakereiden voiteluun voi aiheuttaa vakaviakin vaurioita koneenosissa. Lisäksi suuret partikkelit vaikuttavat oletettavasti teräsnauhan pinnanlaatuun, mikä näkyy silmämääräisesti katsottuna näppylöinä nauhan pinnassa. Tämän vuoksi repeämät olisi syytä huomata mahdollisimman pian, jotta suurta vahinkoa ei pääsisi syntymään./10/

3.3.3. Suodattimien tukkeutuminen

Suodatinmateriaalin tukkeutuminen vähentää suodattimen suodatuskapasiteettia ja aiheuttaa enemmän kuormitusta suodatinyksikön ehjiin osiin lyhentäen ratkaisevasti ehjien suodatinpatruunojen elinikää. Osittain tukkeutuneet suodattimet päästävät läpi enemmän ja isompia partikkeleita kuin uudet suodattimet. Osa suodattimista tukkeutuu pienten partikkeleiden massasta ja jopa metallijätteistä. Tukkeutumisen voi ennakoida myös öljyn virtauksen laskemisesta. Jos öljyn paine laskee alle suositusten, voidaan epäillä suodattimien tukkeutumista./10/

3.4. Öljyn suodatusjärjestelmän käytön hallinta

Online-öljyanalyysimittaustuloksien oikealla hyödyntämisellä pystytään parantamaan voitelujärjestelmän kunnonvalvontaa. Online-mittaustuloksiin perustuvilla tiedoilla voidaan tehdä nopeita muutoksia automaattiseen voitelujärjestelmään, mikäli tulokset viittaavat suurien partikkeleiden lisääntymiseen. Muutoksia voidaan tehdä esimerkiksi tihentämällä vastapuhallusta tai sulkemalla suodatinlohko kerrallaan ja seuraamalla mittaustuloksien muutoksia. Näin voidaan havaita rikkinäinen suodatinlohko mahdollisimman pian, eikä suuria ongelmia ehdi syntyä. Kun valssausprosessi on pysäytetty, voidaan öljyvirtaus ohjata niin, että neljä lohkoa on kiinni ja virtaus menee pelkästään yhden lohkon läpi. Prosessin ollessa käynnissä tarvitaan neljän suodatinyksikön kapasiteetti, jotta prosessi jatkuisi häiriöttömästi. Tällöin voidaan siis sulkea yksi yksikkö, mikäli järjestelmä sisältää viisi suodatinyksikköä./10/

Sendzimir 2 -valssaimella on neljä suodatinyksikköä suodatinjärjestelmässään. Prosessi tarvitsee kaikkien neljän yksikön suodatuskapasiteetin valssauksen aikana, joten yhtäkään suodatinyksikköä ei voida sulkea suodatinpatruunoiden vaihtotyön ajaksi, vaan vaihtotyö voidaan tehdä vain kun valssaus ei ole käynnissä. Jos suodatusyksiköitä on viisi, kuten Sendzimir 1:lla ja 3:lla, voidaan yksi yksikkö sulkea häiritsemättä muiden suodatusyksiköiden tai valssauksen toimintaa. Viisi yksikköä suodatinjärjestelmässä mahdollistaisi suodatinpatruunoiden vaihtotyön ilman seisokkia./6/

4. ONLINE-ÖLJYANALYYSI JA KONENÄKÖ KUNNONVALVONNASSA

Optisen mittaustekniikan laboratorion kehittämä konenäköön perustuvalla öljyanalyysilaitteella tehdään online-öljyanalyysimittauksia. Mittalaite valvoo jatkuvatoimisesti valssausöljyssä esiintyvien partikkeleiden kokoa, määrää ja muotoa. Partikkelikokotiedon havainnointi antaa näyttöä siihen, milloin suodattimet tulisi vaihtaa.

4.1. Online-öljyanalyysi

Online-öljyanalyysimittalaitteen prototyyppi on ollut asennettuna marraskuusta 2009 OTW:n kylmävalssaamalla. Konenäköön perustuva mittalaite havaitsee esisuodatetusta valssausöljystä partikkeleiden koon ja määrän. Siitä saatujen analyysitulosten perusteella voidaan päätellä suodattimen hidas ikääntyminen, tukkeutuminen, repeäminen, irtoaminen tai niiden väljyys. Jos suodattimet eivät ole kunnossa, pääsee valssattavasta nauhasta irronnut materiaali puhdasöljysäiliöön ja sieltä edelleen valssaimeen aiheuttaen mahdollisesti valssien koloutumista ja edelleen näppylävirheitä valssattavaan nauhaan. /6/

Online-öljyanalyysilaitteella voidaan seurata partikkelimäärien ja kokojen muutosta suodatusjaksojen aikana ennen puhdistusjaksoa ja niiden jälkeen. Näin voidaan tarkkailla, kuinka suodatusjaksojen muutokset ja puhdistusohjelma vaikuttavat suodatuskykyyn./6/

4.1.1. Mittaustiedot ja kokoluokat

Mittausdataa partikkeleiden koosta kertyy 1-6 kokoluokkiin kokoarvoilla 15-50 μ m:stä yli 1500 μ m:iin saakka, kuten taulukossa 3 on luokiteltu. Online-öljyanalyysimittalaitteella saatujen tuloksien mukaan kokoluokan 4 ja siitä ylöspäin partikkeleita ei ole enää havaittu, joten partikkelit on jaoteltu uusiin kokoluokkiin 1-3. Nämä kolme kokoluokkaa, jotka on esitetty taulukossa 4, kuvaavat parhaiten suodattimien kunnan heikkenemisestä aiheutuvia vaikutuksia tuotteen laatuun ja laakereiden toimintaan./6/

Taulukko 3. Mittaustietoa tietoa kertyy kuudessa eri kokoluokassa./6/

Luokka	Koko
1	15–50 µm
2	50–200 µm
3	200–400 µm
4	400–750 µm
5	750–1500 µm
6	>1500 µm

Taulukko 4. Uudet kokoluokat./6/

Luokka	Koko
1	15–150 µm
2	150–300 µm
3	>300 µm:iin

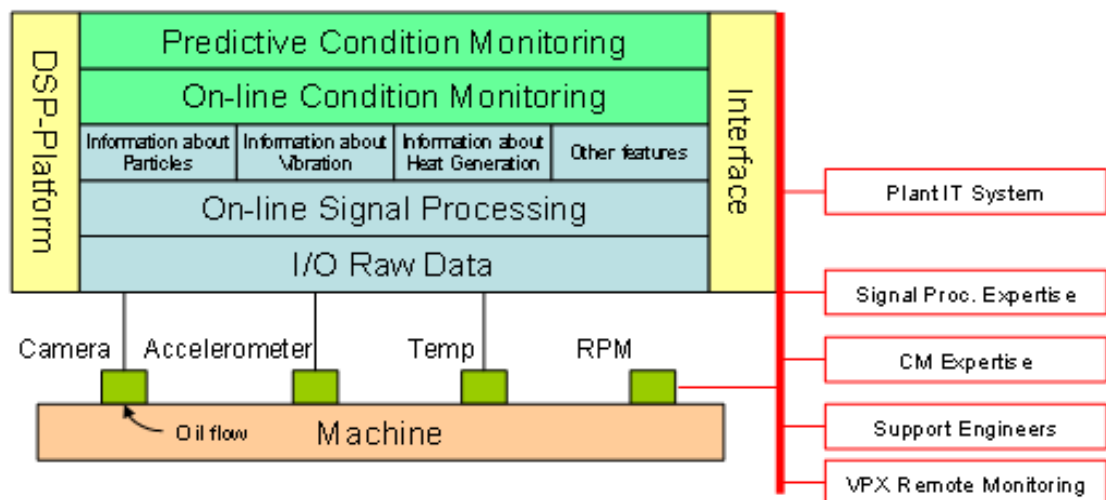
Partikkelikokotiedon havainnointi antaa näyttöä siihen, milloin suodattimet tulisi vaihtaa. Kokoluokan 1 partikkelimäärän kohoaminen antaa tiedon suodattimen hitaasta kulumisesta ja tukkeutumisesta. Kokoluokan 2 ja 3 suurten partikkelimäärien kohoaminen voidaan antaa hälytyksenä, jolloin esimerkiksi suodatinyksikkö voitaisiin sulkea tai viallinen suodatinlohko voitaisiin paikallistaa sulkemalla suodatinyksiköstä yksi lohko kerrallaan ja vertaamalla vaikutusta online- mittaustuloksiin./6/

Öljyn kunnonvalvonta on tärkeää, koska öljyä käytetään laakereiden voiteluun, valssaimen voiteluun, valssaustapahtuman voiteluun sekä teräsnauhan pinnan voiteluun. Jotta öljy pysyisi puhtaana, vaaditaan suodatusjärjestelmältä paljon. Online-öljyanalyysimittalaitteella pystytään saamaan mittausdataa partikkeleiden määrästä ja koosta jatkuvalla syötöllä. Tämä helpottaa suodatinjärjestelmän kunnontarkkailussa, auttamalla löytämään rikkoutuneet tai tukkeutuneet suodattimet. Kun suodattimien vaihto pystytään ennakoimaan, pysyy öljyn kunto hyvänä eivätkä partikkelit ehdi aiheuttaa niin suurta tuhoa laitteisiin tai teräksen pintaan. Öljyn epäpuhtauksien suuri lukumäärä edellyttää toimenpiteitä, riippuen partikkelien kokoluokasta. Toimenpiteitä voivat olla suodattimien vaihto, suodattimien kiristäminen tai kiinnittäminen./6//7/

4.2. Konenäkö online-analytiikassa

Konenäkö on laajalti käytetty teollisuustuotteiden ja raaka-aineiden laadunvalvonnassa, prosessien ohjauksessa ja automaatioissa sekä hahmontunnistuksessa. Öljyanalytiikassa konenäköä on käytetty laboratorioanalytiikassa eli offline-öljyanalyseissa. Jatkuvatoimisissa eli online-öljynvalvonnassa ja koneiden kunnonvalvonnassa konenäön avulla pystytään automaattinen partikkelilaskuri ja mikroskopia toteuttamaan samassa laitteessa kehittämällä kunnonvalvontaa ennaltaehkäiseväksi./5/

Konenäköön perustuva online-öljyanalyysilaitteisto on omiaan vaativiin teollisuuden kohteisiin, kuten Outokummun kylmävalssaamon Sendzimir-valssaimille, laitteiston pitkälle kehitetyn kameratekniikan, digitaalista signaalinkäsittelyalustan (DSP) sekä ohjelmistojen ansiosta. Kuva 7 käsittää koko konenäköön perustuvan mittalaitteen järjestelmän; Voitelujärjestelmästä virtaava öljy menee kammioon, jossa kamera ottaa kuvia kuuden minuutin virtausjaksolta. Kuvat käsitellään ja analysoidaan DSP-alustalla, joka antaa tietoa partikkeleiden määrästä, värähtelystä, lämmöntuotannosta ja muista öljyn ominaisuuksista, jotka liittyvät ennakoivaan kunnossapitoon ja online-kunnonvalvontaan. Näistä tiedoista on liitännä tehtaan IT-järjestelmään, hälytysjärjestelmään, tukihenkilöille, kaukovalvontaan ja kunnossapitoon. /5/



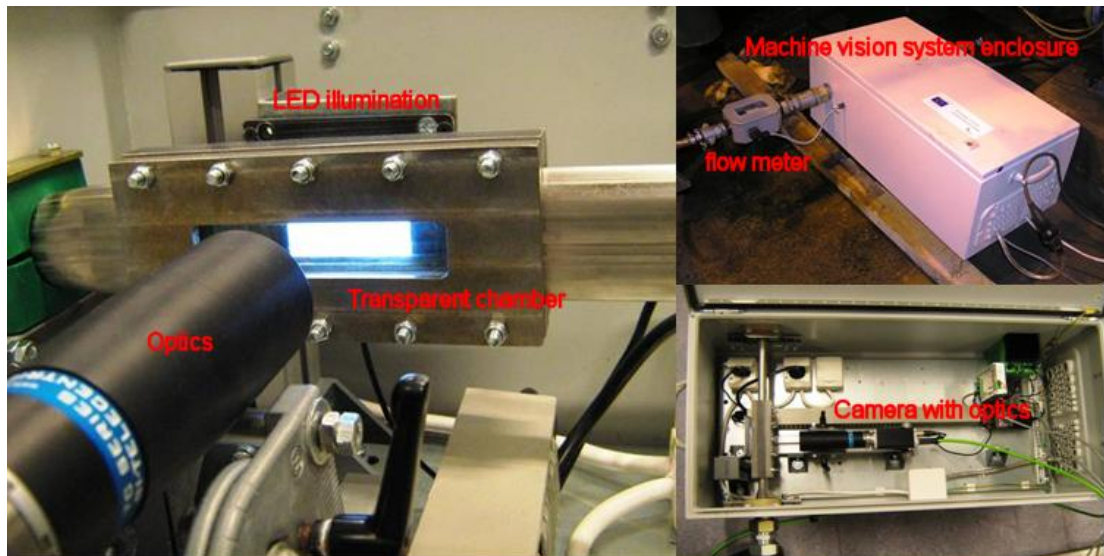
Kuva 7. Konenäköön perustuva online-öljyanalyysijärjestelmä./5/

4.3. Öljyanalysilaitteisto

Outokummun kylmävalssaamalla testauksen alla oleva öljyanalysilaitteiston prototyypin konenäköjärjestelmään on liitetty teollisuus-PC, virtausmittari, etäyhteys ja DSP (Digital signal processing) perustuva avoin alusta. Konenäköjärjestelmä, joka on kotelon sisällä, käsittää:

- kameran, jossa on kaksinkertainen telesettrinen optiikka
- LED-valaistusjärjestelmän ohjainyksiköllä. Ohjainyksikkö ohjaa led-valon päälle kun kamera ottaa kuvan läpinäkyvän kammion läpi virtaavasta öljystä.
- virtausmittarin./8/

Tutkimuksen aikana käytetään PC:tä online-mittalaitteen ottamien kuvien analysointiin ja käsittelyyn, mutta se korvataan tähän tarkoitukseen kehitetyllä avoimella DSP-alustalla tulevaisuudessa. Kuvassa 8 on prototyypin sisältävät laitteet. Öljy virtaa läpinäkyvän kammion (transparent chamber) läpi samalla kun kamera (optics) ottaa led-valoilla (led illumination) valaistusta öljystä kuvan, kuvassa vasemmalla. Kuvassa oikealla on laatikko, jossa konenäkö järjestelmä sijaitsee. Laatikoon on liitetty virtausmittari (flow meter). /8/



Kuva 8. Prototyypin konenäköjärjestelmä. /8/

5. SUODATUSJÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET

Sendzimir-valssainten suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset koostuvat työ- ja materiaalikustannuksista. Työt tehdään täytetöinä tai ylitöinä riippuen siitä, kuinka suuri määrä suodatinpatruunoita on vaihdettava. Työ tehdään tarpeen tullen, kun havaitaan suuria partikkeleita öljyssä. Rikkoutunut/ rikkoutuneet suodatinpatruunat olisi tärkeää paikantaa mahdollisimman pian sen jälkeen kun suuria partikkeleita ilmenee. Suuret partikkelit voivat aiheuttaa valssien koloutumista, näppylöitä teräsnauhan pintaan sekä vaurioita laakereihin, jotka taas aiheuttavat tuotantomenetyksiä, laatu- ja kustannuksia sekä kunnossapitokustannuksia.

5.1. Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmän kunnossapitotoimenpiteet

Sendzimir-valssainten suodatinjärjestelmän kunnossapito tapahtuu pääasiassa offline-öljyanalyysimittauksen sekä erilaisten hiukkaslaskimien avulla. Jos laboratoriotulokset viittaavat suuriin epäpuhtauksiin öljyssä, tehdään suodattimien tarkistus. Mikäli suodatinjärjestelmästä löytyy rikkinäisiä tai irronneita suodattimia, ne vaihdetaan uusiin ja löystyneet patruunat kiristetään. Työ hoidetaan omalla työporukalla ylitöinä tai täytetöinä. Rikkinäiset suodattimet ovat vaikea löytää, koska offline-öljyanalyysi ei kerro, missä suodatinlohkossa rikkinäinen suodatin sijaitsee, vaan lohkot tulee tarkistaa yksi kerrallaan rikkinäisten, tukkeutuneiden tai irronneiden suodatinpatruunoiden paikantamiseksi.

Sendzimir-valssainten suodatusjärjestelmä sisältää 4-5 suodatinyksikköä. Jokainen suodatinyksikkö sisältää yhteensä 4130 suodatinpatruunaa. Patruunat on kiinnitettynä viidelle päällekkäin ladotulle lohkolle. Kukin lohko sisältää 826 suodatinpatruunaa. Jos suodatetussa voiteluöljyssä havaitaan suuri määrä kokoluokaltaan yli 15µm partikkeleita, tehdään suodatinyksiköille tarkistus käymällä yksiköt yksitellen läpi. Repeytyneet suodatinpatruunat vaihdetaan uusiin ja irtonaiset tai heikosti kiinni olevat patruunat kiristetään. Mikäli kaikki patruunat tulee vaihtaa, tehdään myös patruunalevyn pesu, joka kestää yhteensä noin 2x8 tuntia. Koska patruunalevyjä on yksikössä aina viisi, kestää koko prosessi yhteensä 80 tuntia. Uusien patruunoiden asennus kestää noin kahdeksan tuntia per patruuna levy, joten koko yksikköön uusien patruunoiden vaihto kestää 40 tuntia.

5.2. Sendzimir-valssaimen suodatinjärjestelmän kunnossapitokustannukset

Sendzimir-valssainten suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset koostuvat suodattimien vaihto- ja huoltotoimenpiteistä sekä materiaalikustannuksista, jotka koostuvat

pääasiassa uusien suodatinpatruunoiden kustannuksista. Materiaalikustannuksiin liittyy myös käytettyjen patruunoiden hävitys, mutta niitä ei ole tässä otettu huomioon.

Taulukon 5 öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset kertovat kustannuksista, joita kertyy, kun valssaimen kaikkien suodatusyksiköiden suodattimien patruunat vaihdetaan uusiin. Lähellekään aina ei välttämättä ole tarvetta vaihtaa kaikkia patruunoita uusiin. Kun vaihtotarve ilmenee, niin suodattimet käydään läpi ja pelkästään rikkoutuneet ja erittäin kuluneet patruunat vaihdetaan uusiin. Taulukkoon 5 on eritelty myös suodatinpatruunan hinta, joten siitä on helppo päätellä kuinka paljon maksaa, kun vaihdetaan esimerkiksi vain puolet patruunoista.

Taulukko 5. Öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannukset kun kaikki suodatusjärjestelmän suodattimet vaihdetaan.

Työkustannukset/ valssain:		työn kesto:
Sendzimir 1	12 000	vanhojen patruunojen irrotus/ patruunalevy:
Sendzimir 2	9 600	2*8h
Sendzimir 3	12 000	uusien patruunojen asennus: 2*4h
Materiaalikustannukset/ valssain: 13 €/ patruuna		hinta = 20 €/h
Sendzimir 1 (5 suodatinyksikköä)	268 450	asentaja: 40 €/h
Sendzimir 2	214 760	patruunan hinta á = 13 €
Sendzimir 3	268 450	
Kunnossapitokustannukset yhteensä/ valssain:		
Sendzimir 1	280 450	
Sendzimir 2	224 360	
Sendzimir 3	280 450	
yht.	785 260	kokonaiskustannukset ± 1 000 € (arvio)

Taulukon 5 kunnossapitolaskelmat on laskettu Outokummulta saatujen tietojen perusteella. Liitteessä 1 ovat laskelmat, joilla taulukon arvot on laskettu. Materiaalikustannuksiin ei ole laskettu käytettyjen suodatinpatruunoiden hävityskuluja, joita koostuu, kun muovirunkoiset patruunat laitetaan ongelmajäteastiaan, josta ne toimitetaan Ekokemille. Teräsrunkoisista patruunoista, suodatusmateriaali irrotetaan rungosta ja laitetaan ongelmajäteastiaan, teräsosat laitetaan uusiokäyttöön tai sulatolle./15/

5.3. Online-mittauksen vaikutus suodatusjärjestelmän kunnossapitoon ja kustannuksiin

Online-öljyanalyysimittalaitteen tavoitteena on parantaa Sendzimir-valssainten voiteluöljyn kunnonvalvontaa mittalaitteelta saatavia kunnonvalvontatietoja hyödyntämällä. Tämä edistää ennakoivaa kunnossapitoa antamalla aikaa työn suunnitteluun sekä materiaalien hankintaan ja ennaltaehkäisee suurien vahinkojen syntyä muun muassa laakereihin ja lopputuotteen pinnanlaatuun.

Online-öljyanalyysijärjestelmän avulla voidaan reaaliaikaisesti ennakoida suurien partikkeleiden määrän kasvua öljyssä, joten kunnossapitokustannukset mahdollisesti kasvavat lisääntyneiden suodatinvaihtojen vuoksi. Kun ottaa kuitenkin huomioon, mikä merkitys ennakoivalla kunnossapidolla ja suodattimien vaihdolla on lopputuotteen laatuun ja sitä myötä KYVA:n kokonaisuuteen, suodatusjärjestelmän kunnossapitokustannusten on vara kasvaakin. Kunnossapitokustannusten kasvu on perusteltua, jos sillä pystytään estämään suuret vahinkotekijät. Huoltotoimenpiteitä voidaan nopeuttaa, koska järjestelmän ansiosta pystytään paikantamaan vialliset suodattimet siirtämällä öljyvirtausta eri suodatinlohkoihin ja seuraamalla muutoksia reaaliaikaisesti järjestelmään kytketyltä tietoalustalta.

Sendzimir 1 ja 3 -valssainten öljynkäsittelyjärjestelmä sisältää viisi suodatinyksikköä. Neljän yksikön suodatuskapasiteetti riittää täysipainoisen valssauksen suorittamiseksi, mistä syystä yksi yksikkö voi olla suljettuna huoltotoimenpiteitä varten. Sendzimir 2 -valssain sisältää vain neljä suodatinyksikköä, joten yhtään yksikköä ei voida sulkea valssauksen aikana järjestelmän vaatiessa kaikkien neljän yksikön tehon valssauksen jatkumiseksi. Viisi suodatinyksikköä myös Sendzimir 2:lla mahdollistaisi suodatinten vaihdon valssauksen aikana.

Mahdollisia kustannuksia lisääviä tekijöitä ovat:

- suodattimien vaihtotiheyden lisääntyminen, joka tarkoittaa työkustannusten lisääntymistä. Edelleen työ voidaan tehdä täytetyönä, mutta mahdollisesti ylitöitä joudutaan tekemään enemmän ja niiden kustannukset ovat suuremmat.
- materiaalikustannusten lisääntyminen: suodattimien vaihtotarve lisääntymisen myötä suodattimien tarve lisääntyy.

Hyödyt, joita online-öljyanalyysilaitteiston tulosten analyysien perusteella saadaan, korvaavat kuitenkin kunnossapitokustannusten mahdollisen lisääntymisen. Välitön vaikutus sillä on ennakoivien toimenpiteiden tehostumiseen, jonka myötä välillisiä vaikutuksia ovat:

- suodatustehon paraneminen
 - suodattimien läpi virtaa öljyä suuremmalla teholla, kun patruunat ovat hyväkuntoisia eivätkä suuremmat tukkeumat estä virtaustehoa.
- öljyn kunnon paraneminen
 - suuret partikkelit eivät pääse voitelujärjestelmään, kun suodattimet ovat ehjät
- lopputuotteen laadun paraneminen

– partikkeleiden lisääntymisen myötä lopputuotteen pinnassa on havaittu enemmän näppylöitä, jotka vaikuttavat lopputuotteen laatuun.

– mitä parempi laatuluokitus lopputuotteelle saadaan, sitä parempi käytettävyys tuotteella on.

- suurien vikojen synnyn estyminen
- myynnin kasvu

6. LAATUKUSTANNUKSET

”Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka aiheutuvat tavoitellun laatutason saavuttamisesta sekä huonosta laadusta johtuvista kustannuksista (cost of poor quality).”/3/ Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon Sendzimir-valssaimilta tulevien teräsnauhojen laatuongelmat johtuvat pääasiassa näppylöistä. Kustannuksia syntyy, mikäli tuote ei vastaa asiakkaan tilaamaa laatua ja tuote joudutaan hiomaan tai käsittelemään kokonaan uudelleen. Mitä enemmän nauha sisältää virheitä ja mitä vakavampia virheet ovat, sitä vaatimattomammaksi nauhan käyttötarkoitus laskee ja samalla luokitus voi muuttua rullasta levyksi. Vakavimmat virheet johtavat jopa nauhan romuttamiseen osittain tai kokonaan. Osa vikoja sisältävistä nauhoista myös käsitellään uudelleen. /11/

Eriyisesti öljyn kuntoa seuraamalla on voitu tehdä johtopäätös, jonka mukaan öljyn partikkelimäärien lisääntymisen myötä Sendzimir-valssatun teräsnauhan pinnassa on havaittu enemmän näppylöitä./11/

Tämän oletetaan johtuvan juuri suurien partikkeleiden määrän kasvusta öljyssä. Oletettavasti näppylävirheiden lisääntymisen myötä myös laatukustannukset kasvavat; huonompilaatuinen teräs joudutaan myymään halvemmalla hinnalla tai kustannuksia syntyy uudelleen käsittelystä ja hiomisesta. Mm. hiontaa on jouduttu tekemään lopputuotteelle sitä mukaan enemmän, mitä huonommaksi öljyn kunto on mennyt ja sitä mukaan ilmeisesti näppylät lisääntyneet aiheuttaen suurempia laatuvaurioita. Mitä vakavampia virheet ovat, sitä huonommaksi teräksen luokitus muuttuu. Luokitus voi muuttua rullan sijaan levyksi ja vakavien virheiden takia nauha joudutaan romuttamaan osittain tai kokonaan.

6.1. Laatuluokat

Laatuvaatimukset ovat luokiteltu tuotteen käyttötarkoituksen ja vaatimustason mukaan 1A-3.

- **Laatuluokassa 1A** lopputuotteelta vaaditaan molemmin puolin hyvä pinta esimerkkinä mm. kotitaloustarvikkeet.
- **Laatuluokassa 1** toinen pinta on hyvä ja toisessa sallitaan lieviä pintavirheitä esimerkkinä mm. kotitalouskoneet ja pesupöydät.
- **Laatuluokka 2** on tavallinen taso, jota käytetään mm. rakennus- ja kuljetusvälineiteollisuudessa.
- **Laatuluokka 3** sallitaan vähemmän vaativiin kohteisiin kuten laitevalmistus ja putkiteollisuus. /11/

Sendzimir-valssauksesta peräisin olevista pintavirheistä suurin laatuongelma ovat näppylät. Eriasteisia näppylöitä havaitaan noin kolmasosassa kaikista Sendzimirillä valssatuista rullista. Tarkastus tehdään pääasiassa silmämääräisesti valssausta seuraavan hehkutuksen ja peittauksen jälkeen. Laatuluokissa 1A ja 1 pinnanvaatimukset ovat tiukemmat, joten

näpyylät ovat näiden laatuluokkien tuotteissa haitallisia. Joissakin tapauksissa voimakkaimmat virheet näkyvät vielä viimeistelyvaiheiden jälkeenkin ja mm. harjaus tuo näpyylät vielä selkeämmin esille. /11/

Oletettavasti öljyn puhtautta parantamalla eli suurien partikkeleiden vähentämisellä voitaisiin lopputuote saada hiomatta tai vähemmällä hiomisella suoraan ylimpien laatuluokkien vaatimusten mukaisiksi. Lopputuotteen pinnan laatu voi olla niinkin huonoa, että jopa kokonainen teräsrulla joudutaan romuttamaan kelvottomana. Öljyn puhtautta jatkuvatoimisesti mittaamalla ja suurien partikkeleiden estämisellä voitaisiin vaikuttaa siihen, että rullia ei joutuisi hävitettäväksi./11/

6.2. Tuotannon laadunparannus

Online-öljyanalyysimittalaitteen avulla on tarkoitus parantaa öljynkunnan valvontaa ja estää suurien partikkeleiden pääsyn voitelujärjestelmään. Tämän oletetaan vähentävän laaturvirheitä ja parantavan laatua oleellisesti. Tähän kappaleeseen on laskettu vaihtoehtoja siitä, missä määrin öljyn kunnan myötä teräksen laatu voisi parantua tuotannollisesti ja rahallisesti. Vaihtoehtona on neljä esimerkkiä, joissa rahallinen vaikutus on välillä 0,2 – 25 miljoonaa €.

Teräksen hinta 4000€

Sendzimir-valssainten kokonaistuotanto 560 000 t/a.

1. Jos kokonaistuotannosta hävikki on 1 % ja seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä 560 000t, kokonaistuotannon hävikki on yhteensä 5656t. Prosentin laadunparannuksella hävikistä saataisiin 226 240 €.
2. Jos kokonaistuotannosta hävikki on 1 % ja seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä 560 000t, kokonaistuotannon hävikki on yhteensä 5656t. 10 prosentin laadunparannuksella hävikistä saataisiin 2 262 400 €.
3. Jos kokonaistuotannosta hävikki on 10 % ja seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä 560 000t, kokonaistuotannon hävikki on yhteensä 62 222. Prosentin laadunparannuksella hävikistä saataisiin 2 488 880 €.
4. Jos kokonaistuotannosta hävikki on 10 % ja seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä 560 000t, kokonaistuotannon hävikki on yhteensä 62 222. 10 prosentin laadunparannuksella hävikistä saataisiin 24 888 880 €.

Laskelmissa on käytetty Sendzimir-valssainten vuoden 2006 tuotantokapasiteettitietoa./6/ Ruostumattoman teräksen hinta, on arvioitu mahdollisimman lähelle vuosien 2008–2010 teräksen hintaa.

Laskelmien hävikki koostuu tuotteesta, jota ei voida käyttää seuraavaan prosessiin, tai se on myyntiin kelpaamatonta. Hävikki ei kuitenkaan ole täysin arvotonta, koska myyntiin kelpaamaton romutettu teräsnauha voidaan käyttää uudelleen raaka-aineena.

6.3. Laadunparannuksen vaikutukset suodatusjärjestelmän kunnossapitoon

Taulukon 5 (otsikko 5.2) ja kappaleen 6.2. laskelmilla pystytään suuntaa-antavasti vertaamaan kunnossapitokustannuksia ja kokonaistuotannon laadunparannuksesta saatavaa rahallista hyötyä. Jos kunnossapitokustannukset ovat noin 800 000 €, voidaan ajatella, että yhden prosentin hävikistä laatua parantamalla yhden prosentin verran, kaikista suodatinpatruunoista ¼ voitaisiin vaihtaa uusiin vuoden aikana. Jos taas laatu paranisi yhden prosentin hävikistä 10 %, voitaisiin kaikki suodatusjärjestelmän patruunat vaihtaa jopa kaksi kertaa vuoden aikana. Outokummulla Sendzimir-valssainten suodatusjärjestelmän suodattimia ei huolleta säännöllisesti vaan tarpeen tullen offline-öljyanalysin tai hiukkaslaskimien tuloksien perusteella. Näiden taulukon 5 ja kappaleen 6.2. laskelmien mukaan suodattimien vaihto voitaisiin tehdä säännöllisesti esimerkiksi niin, että kaikki suodatinpatruunat vaihdetaan vuoden aikana neljällä eri kerralla, mikä voisi johtaa siihen, että öljyn kunto paranisi huomattavasti, suurien partikkeleiden pääsy prosessiin estyisi ja sen lisäksi teräksen laatu paranisi niinkin paljon, että siitä voitaisiin saada mahdollisesti parhaimmillaan 0,2 – 25 miljoonan euron hyöty.

7. YHTEENVETO

Lähtökohtana opinnäytetyölleni olivat Kemi-Tornion AMK:n Tekniikan TKI-yksikön eMaintenance ja Oil Analysis -projektit, joissa yhteistyönä kehitetään konenäköön perustuvaa online-öljyanalyysijärjestelmää prosessiteollisuuden tarpeisiin. Työni aiheeksi muotoutui selvittää online-öljyanalyysimittalaitteen vaikutukset Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamo 1 Sendzimir-valssainten kunnossapitokustannuksiin ja laatuksustannuksiin.

Työn alkuperäinen tarkoitus oli verrata kunnossapitokustannuksia ja laatuksustannuksia ennen online-öljyanalyysimittalaitetta ja sen jälkeen. Työn edetessä kävi selväksi, että tutkimusaineistoa ei ollut kasassa tarpeeksi, jotta vertailua olisi voitu tehdä. Riittävää näyttöä ei ollut siihen, kuinka usein suodattimia tulisi vaihtaa online-mittauksien perusteella. Myöskään laatuksustannusvertailua ei voitu tehdä, koska laatuksustannustietoja ei Outokummulta ollut saatavilla. Päädyttiin siis vertailemaan kunnossapitokustannusten vaikutusta arvioituun laadun paranemiseen ja kokonaistuotantoon. Tavoitteena oli osoittaa suodattimien hyvä kunnon tärkeys lopputuotteen laatua ajatellen. Online-mittalaitteen avulla pystytään tarkkailemaan öljyn kuntoa ja havaitsemaan suuret partikkelit öljystä, joten suodatusprosessin tila pystytään paremmin ennakoimaan. Tämän vuoksi suodattimien vaihtotarve mahdollisesti kasvaisi, jonka vuoksi myös kunnossapitokustannukset kasvaisivat. Sillä on kuitenkin niin suuri merkitys tuotannon kannalta, että kunnossapitokustannuksien kasvulla ei näin ollen olisi suurta merkitystä.

Ennakoiva kunnossapito on tänä päivänä yhä merkittävämpi osa teollisuuden kunnossapidossa. Sen vaikutukset ovat merkittäviä laatuun, tuotantomääriin ja kokonaiskustannuksiin kuin myös kokonaisuuteen. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin ennakoivan kunnossapidon eli suodattimien vaihdon merkitys kunnossapitokustannuksiin ja sitä myötä laatuun ja kokonaistuotantomääriin. Online-öljyanalyysimittalaite on ennakoivan kunnossapidon työväline, joka jatkuvatoimisesti pystyy analysoimaan ja välittämään tietoa öljyn kunnosta ja antamaan tietoa öljyn poikkeavuuksista ja suurien partikkeleiden lisääntymisestä sen konenäköön perustuvan ominaisuuden ansiosta. Työssä laskettiin OTW:n kylmävalssaamon Sendzimir-valssainten kunnossapitokustannukset, selvitettiin online-öljyanalyysijärjestelmän vaikutukset kunnossapitoon ja kunnossapitokustannustekijöihin sekä laskettiin öljynkunnan merkitys laatuun; eli jos pystytään online-mittalaitteen tulosten avulla arvioimaan ja tekemään operatiivisia johtopäätöksiä, joiden avulla voidaan parantaa öljyn kuntoa niin, että myytävää laatua pystytään tuottamaan prosenttia tai 10 prosenttia enemmän prosenttia ja 10 prosenttia vähemmän parantamalla. Laskelmat laskettiin neljällä eri parannusvaihtoehdolla, joista rahalliseksi hyödyksi saatiin 0,2 - 25 miljoonaa €. Jos suuria partikkelit vähenisi suodattimien vaihdon myötä niin merkittävästi, että myytäväksi kelpaavaa terästä pystyttäisiin tuottamaan 5000 - 65 000 tonnia enemmän, olisi se merkittävä summa KYVA:n kokonaisuuteen. Öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannuksiksi muotoutui alle miljoonan kustannukset, kun kaikkien öljynsuodatusyksiköiden suodattimet vaihdettiin uusiin. Mikäli suodattimien vaihto tarve lisääntyy online-mittalaitteen myötä, voi laskelmista helposti päätellä, kuinka paljon maksaa, jos vaihdetaan vain puolet tai osa suodattimista uusiin.

Työssä pystyttiin osoittamaan öljyn kunnon merkitys eli suodattimien vaihdon merkitys laatuun ja kokonaisuuteen. Sen lisäksi että kokonaisuuteen kasvaisi, tuotettaisiin laadullisesti parempaa terästä, josta maksetaan enemmän ja jonka merkitys yhtiön imagoon on merkittävä. Sendzimir-valssaimilta tulevien teräsnauhojen yleisimmät laatuhäiriöt johtuva nauhan pinnassa silmämääräisesti nähtävistä näppylöistä. Näppylävirheet ovat lisääntyneet sitä

mukaan kun öljyyn on päässyt yhä enemmän isoja partikkeleita. Tämän seurauksena voidaan olettaa, että näppylät aiheutuvat ainakin osittain isoja partikkeleita sisältävän öljyn takia. Tieteellistä tutkimusta asiasta ei ole tehty, vaan näppylät on voitu havaita silmämääräisesti lopputuotteen pinnassa. Tämän vuoksi käytössä on olettaus, eikä siis faktaa voida aiheesta välittää.

Online-öljyanalyysimittalaitteen ostajalle tärkein seikka laitteessa on, mikä hyöty siitä on suhteessa kunnonvalvontaan käytettyihin euroihin. Tämän työn tuloksena pystyttiin osoittamaan, että paremmalla kunnonvalvonnalla ja siihen sijoitetuista euroista on merkittävä hyöty lopputuotteen laatuun ja myyntiin. Näiden lisäksi öljyn kunnolla on oleellinen merkitys myös valssaimen kuntoon. Puhtaampi öljy voitelee kolouttamatta valsseja ja pitää laakerit ehjinä. Tämä tuo kunnossapitokustannuksiin säästöjä, vaikka suodattimien vaihtotarpeen lisääntymisen myötä kunnossapitokustannukset kasvaisivatkin.

Työ oli alusta alkaen haastava aiheen vierauden takia. Mitä pidemmälle aihetta käsittelin, sitä haastavammaksi ja moniulotteisemmaksi aihe muotoutui. Tässä tutkimuksessa aihetta ei pystytty kovin syvällisesti tutkimaan. Aiheeseen liittyvä konenäkötekniikka on vaikea ymmärtää kuin myös suodatusjärjestelmä, joka on Outokummun kylmävalssaamalla yksi maailman suurimmista. Materiaali oli pääasiassa englanniksi, joka hidasti aiheen ymmärtämistä. Siitä koen kuitenkin olevan suuri hyöty tulevaisuuden kannalta. Työn lopputulokset olivat suunnitelman mukaiset.

8. LÄHDELUETTELO

- /1/ © EASTSEA CORPORATION, Supamic Filter Element, [WWW-dokumentti], <<http://rolloilfilter.en.ecplaza.net/catalog.asp?DirectoryID=58797&CatalogID=71410>>, 10.10.2010.
- /2/ Gylling, Arne/ Martinsson, Pär Erik, Projekt Plan, Oil Analysis –A machine vision platform for oil analysis, 2008.
- /3/ Järvinen P., Lemetti P., Lillrank P., Malmi T., Virtanen T., Laatumakustannuslaskenta: Käyttötarkoitus ja menetelmät – käytännön työkirja yrityskäyttöön ja opiskeluun, Kustantaja TAI Tutkimuslaitos, Espoo 2001.
- /4/ Kromimalmista ruostumattomaan teräkseen, OK yleisesite FIN, [WWW-dokumentti], <http://www.outokumpu.com/.../pubs_122984145.pdf>14.10.2010.
- /5/ OY, TTK, Konetekniikan osasto, [WWW-dokumentti], <<http://me.oulu.fi/index.php?id=275>>, 2007.
- /6/ Parkkila, Leena, Raportti, tekninen raportti nro.1,2010.
- /7/ Pelimanni, Veli-Matti, Opinnäytetyö, Esitutkimus epäpuhtauspartikkeleiden tunnistamiseksi öljystä konenäön avulla, 2006.
- /8/ Pikkarainen, H., Vähäoja P., An experimental study of applying machine vision technology in on-line solid debris analysis of lubrication oil of a cold rolling stand, 2009.
- /9/ Ramim, Karim, Innovative e-Maintenance Services for Primary Industries and SEMEs, Raportti, Luleå University of Technology, Kemi-Tornio University of applied sciences, 2009.
- /10/ Rauhala V., Sipola J., Vaara P., Parkkila L., Refining condition monitoring information from machine vision based solid debris analysis of lubrication oil in cold rolling mill, 2010.
- /11/ Sieppi, Jukka, Diplomityö, Valssausöljyn puhtauden vaikutus Sendzimir – valssainten laaduntuottoon, 2008.
- /12/ Kela, Jenni, Opinnäytetyö, Sitomakoneiden (RAP5, HP1, HP2 ALP) käyttövarmuuden parantaminen, 2009.
- /13/ Outokumpu Oyj, [WWW-dokumentti] <[http://fi.wikipedia.org/wiki/Outokumpu_\(yritys\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Outokumpu_(yritys))>, 24.11.2010.
- /14/ Kemi-Tornion AMK, Tutkimus ja kehitys, [WWW-dokumentti], <<http://www.token.fi/?Deptid=11777>>, 24.11.2010.
- /15/ Parviainen, Mauri, yhteenveto työ- ja materiaalikustannuksista Sendzimir-valssaimella, 2010.

9. LIITELUETTELO

- LIITE 1 Öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannuslaskelmat; työ- ja materiaalikustannukset OTW:n kylmävalssaamo 1 Sendzimir-valssaimilla
- LIITE 2 Hävikki- ja laadunparannuslaskelmat; neljä vaihtoehtoista laskelmaa, missä määrin öljyn kunnan myötä teräksen laatu voisi parantua tuotannollisesti ja rahallisesti OTW:n kylmävalssaamo 1:llä

Öljynsuodatusjärjestelmän kunnossapitokustannuslaskelmat; työ- ja materiaalikustannukset OTW:n kylmävalssaamo 1 Sendzimir-valsaimilla

Työkustannukset:

Työkustannukset/ patruunalevy:

Vanjojen patruunoiden poisto ja patruunalevyn pesu:

- Työn kesto: 2 * 8h
 - henkilötuntihinta: 20 €/h
- 16 * 20 = 320 €

Uusien patruunoiden asennus:

- Työn kesto: 2 * 4h
 - henkilötuntihinta: 20 €/h
- 8 * 20 = 160 €

Työkustannukset/ suodatinyksikkö (suodattimia 5 kpl/suodatinyksikkö):

- 5 * (320 € + 160 €) = 2 400 €

Sendzimir 2 – valsain (valsaimella 4 suodatinyksikköä järjestelmässä):

- 4 * 2400 € = 9 600 €

Sendzimir 1 ja 3 – valsaimet (valsaimilla 5 suodatinyksikköä järjestelmässä):

- 5 * 2400 € = 12 000 € / valsain

Materiaalikustannukset:**Materiaalikustannukset/ patruunalevy:**

- suodatinpatruunan hinta (Supamic- tyyppinen): 13€ / kpl
→ $13 * 826 = 10\,738 \text{ €}$

Materiaalikustannukset/ suodatinyksikkö (yhdessä suodatinyksikössä 5 patruunalevyä):

- $5 * 10\,738 \text{ €} = 53\,690 \text{ €}$

Materiaalikustannukset/ valssain:

- Sendzimir 2 – valssain:
 $4 * 53\,690 \text{ €} = 214\,760 \text{ €}$
- Sendzimir 1 ja 3 – valssaimet:
 $5 * 53\,690 \text{ €} = 268\,450 \text{ €}$

Kunnossapitokustannukset yhteensä/ valssain:

- Sendzimir 2 - valssain: työkustannukset + materiaalikustannukset
→ $9\,600 \text{ €} + 214\,760 \text{ €} = 224\,360 \text{ €}$
- Sendzimir 1 ja 3 – valssaimet:
→ $12\,000 \text{ €} + 268\,450 \text{ €} = 280\,450 \text{ €/ valssain}$

Hävikki- ja laadunparannuslaskelmat; neljä vaihtoehtoista laskelmaa, missä määrin öljyn kunnon myötä teräksen laatu voisi parantua tuotannollisesti ja rahallisesti OTW:n kylmävalssaamo 1:llä

1. Kokonaistuotannosta x hävikkiä on 1 % ja hävikki pienenee 1 %.

Seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä on yhteensä 560 000 t.

→ Kokonaistuotanto $x = 565\,656$ t

Kokonaistuotannosta hävikkiä on 5 656 t

Prosentin laadunparannus: $0,01 * 5\,656 = 56,56$ t

$= 56,56 \text{ t} * 4\,000 \text{ €} = 226\,240 \text{ €}$

2. Kokonaistuotannosta x hävikkiä on 1 % ja hävikki pienenee 10 %.

Seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä on yhteensä 560 000 t.

→ Kokonaistuotanto $x = 565\,656$ t

Kokonaistuotannosta hävikkiä on 5 656 t

10 % laadunparannus: $0,1 * 5\,656 \text{ t} = 565,6 \text{ t}$

$= 565,6 \text{ t} * 4000 \text{ €} = 2\,262\,400 \text{ €}$

3. Kokonaistuotannosta x hävikkiä on 10 % ja hävikki pienenee 1 %.

Seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä on 560 000 t.

→ Kokonaistuotanto $x = 622\,222$ t

Kokonaistuotannosta hävikkiä on 62 222 t

Prosentin laadunparannus: $0,01 * 62\,222 \text{ t} = 622,22$

$= 622,22 * 4000 \text{ €} = 2\,488\,880 \text{ €}$

4. Kokonaistuotannosta x hävikkiä on 10 % ja hävikki pienenee 10 %.

Seuraavaan prosessiin kelpaavaa terästä on 560 000 t.

→ Kokonaistuotanto $x = 622\,222$ t

Kokonaistuotannosta hävikkiä on 62 222

10 % laadunparannus: $0,1 * 62\,222 = 6\,222,2$

$= 6\,222,2 * 4000 \text{ €} = 24\,888\,800 \text{ €}$

