

Ilari Lindroos

HITAASTI PYÖRIVIEN VAIHTEISTOJEN JA KANNATINRULLIEN
KUNNONVALVONTA SACHTLEBEN PIGMENTS OY:SSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2014

HITAASTI PYÖRIVIEN VAIHTEISTOJEN JA KANNATINRULLIEN KUNNONVALVONTA SACHTLEBEN PIGMENTS OY:SSÄ

Lindroos, Ilari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2014
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 39
Liitteitä: 1

Asiasanat: Kunnossapito, kunnonvalvontajärjestelmä, värähtely

Opinnäytetyöntyön tarkoituksena oli selvittää tehokkaimmat kunnonvalvontamenetelmät Sachtleben Pigmentsin kalsinointiunin hitaasti pyöriville vaihteistolle ja kannatinrullille, jonka avulla voidaan tulevaisuudessa suunnitella tehokkaampi sekä taloudellisempi huoltoaikataulu että parantaa työturvallisuutta ja nostaa käyttöastetta. Tällä hetkellä kunnonvalvonta on aistinvaraista, lukuun ottamatta vuosittaisia öljyanalyyseja. Huoltoaikataulut ovat muokkautuneet kokemuksen ja havaintojen sekä öljyanalyyseistä saatujen tietojen perusteella.

Kalsinointiunin välittömästi korjausta vaativissa tilanteissa voi aiheutua suuriakin kustannuksia muun muassa varaosien, työn ja pigmentin ajettavuusongelman takia. Laitteen, ja sen osien suurien kokojen vuoksi, yllättävät rikkoontumistilanteet aiheuttavat taloudellisten menetysten lisäksi työturvallisuutta vaarantavia tilanteita.

Ehdotuksen uudesta kunnonvalvontajärjestelmästä teki SKF. Tekniset ratkaisut tehtiin yhteistyössä SKF:n kanssa, jonka edustajat tulivat myös paikan päälle tarkastamaan kohteen ja neuvottelemaan parhaista ratkaisuista.

CONDITION MONITORING FOR SACHTLEBEN PIGMENTS SLOWLY ROTATING TRANSMISSION AND SUPPORTROLLS

Lindroos, Ilari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Machinery and production engineering

May 2014

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 39

Appendices: 1

Keywords: Mechanical maintenance, condition monitoring system, vibration

The purpose of this thesis was to determine the most effective methods for condition monitoring for Sachtleben Pigments calcination kilns slowly rotating gears and rollers, a basis for future design for a more efficient and economical maintenance schedule and to increase work safety. Currently, condition monitoring is carried out in a sensory, excluding annual oil analysis. Maintenance schedules are modified with experience, observations and information from the oil analysis.

In situations that require the calcination kilns immediate repair may result in large costs, including parts, labor, and pigment drivability due to an unexpected problem. In the case of an unexpected malfunction, the repair of the device, its parts and due to their large sizes, result not only in economic losses in addition an increase of danger situation and therefore lowering safety.

The proposal of a new condition monitoring system was made by SKF. Technical solutions were carried out in collaboration with SKF whose representatives were also on-site to inspect the item and to negotiate for the best solutions.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SACHTLEBEN PIGMENTS OY	7
3	KALSINOINTIPROSESSI.....	8
4	41-KALSINOINTIUUNI.....	9
4.1	Tekniset tiedot ja rakenne	9
4.2	Kannatinrullat ja -renkaat	10
4.3	Käyttökoneisto	12
5	KALSINOINTIUUNIN KUNNONVALVONTA.....	13
5.1	Nykyinen kunnonvalvonta	14
5.2	Kunnonvalvontatarpeen määrittely	14
6	KUNNONVALVONTA	15
6.1	Kunnonvalvontamittaukset	19
6.2	Kunnonvalvontamittauksissa käytettävät suureet	19
6.3	Hitaasti pyörivien koneiden diagnostiikka.....	20
6.4	Liukulaakerien diagnostiikka	21
7	VÄRÄHTELYMITTAUKSET.....	21
7.1	Värähtelymittauksissa käytettävät anturit	23
7.2	Kunnonvalvonnan mittalaitteet ja online-järjestelmät	24
7.3	Valvontamenetelmät	27
7.3.1	Tunnuslukuvalvonta.....	27
7.3.2	Kokonaistasovalvonta	27
7.3.3	Spektrivalvonta ja spektrianalyysi	28
7.3.4	Verhokäyrävalvonta ja verhokäyräanalyysi.....	29
7.3.5	SEE Technology- menetelmä	29
7.3.6	Akustinen emissio.....	30
7.4	Muita kunnonvalvonnan menetelmiä.....	31
7.4.1	Aistinvaraiset havainnot.....	31
7.4.2	Voiteluaineanalyysit	32
8	SKF:N TARJOUS.....	32
8.1	Järjestelmän kuvaus	36
8.2	Etävalvontapalvelut.....	37
8.3	Koulutus	38
9	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	39

LÄHTEET.....	39
LIIKTEET	

1. JOHDANTO

Sachtleben Pigments Oy:ssä on tarve modernisoida kalsinointiuunin kunnonvalvonnan. Tämänhetkisen aistinvaraisen kunnonvalvonnan ja öljyanalyyysien sekä sen perusteella tehty huoltosuunnitelma ovat aikaansa jäljessä ja kaipaavat teknologiaa avukseen saavuttaakseen parhaat tulokset.

Kalsinointiuunin rikkoutumistilanteet on kyettävä mahdollisimman hyvin ennakoimaan ja estämään sen ollessa laitoksen tärkeimpiä laitteita. Uuni tuottaa kolmanneksen tehtaan pigmentistä, joka kertoo sen tärkeydestä yrityksen tulokselle. Yllättävät rikkoontumistilanteet aiheuttavat sekä taloudellisia menetyksiä että uunille huomattavia vaurioita, kuten esimerkiksi uunin vaipan vääntymisen, jos alasajoa ei päästä suorittamaan kunnolla.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, mitkä kunnonvalvontamenetelmät soveltuvat parhaiten kalsinointiuunin vaihteiden, sähkömoottorien ja kannatusrullien liukulaakerien kunnon mittaamiseen.

Työ aloitettiin perehtymällä kalsinointiuunin rakenteeseen, toimintaperiaatteeseen ja laitteen valvottaviin osiin. Perehtyminen tehtiin tutustumalla uunin kirjallisuuteen sekä seuraamalla uunia toimissa että keskustelemalla kunnossapitohenkilökunnan kanssa. Uunin pääasiallisen kunnossapitomiehen kanssa selvitin uunin nykyisen kunnonvalvonnan tason sekä huoltosuunnitelman. Saamieni tietojen perusteella aloin selvittämään erilaisia kunnonvalvontamenetelmiä. Tutkittuani aihetta ja olemassa olevia kunnonvalvontajärjestelmiä samantyyppisissä laitteissa, päädyin pyytämään tarjousta SKF:ltä.

Tässä työssä kerron ensin Sachtleben pigmentsistä ja tutkittavasta kohteesta sekä sen tehtävästä yrityksessä. Tämän jälkeen kerron kunnossapidosta yleisesti ja sitten käyn

läpi eri kunnonvalvontamenetelmiä. Lopuksi esittelen SKF:ltä saadun tarjouksen sekä siitä tekemäni johtopäätökset.

2. SACTLEBEN PIGMENTS OY

Sachtleben Pigments on porissa sijaitseva kemianteollisuuden tehdas, joka kuuluu Sachtleben Chemie konserniin, jolla on myös tehtaita Saksassa (Krefeld-Uerdingen ja Duisburg). Tehtaan päätuote on titaanidioksidipigmentti, jota käytetään raaka-aineena esimerkiksi maaleissa, painoväreissä, muoveissa ja papereissa. Muita tehtaalla valmistettavia tuotteita käytetään mm. kosmetiikassa ja lääketeollisuudessa. Sachtlebenin porin tehdas on 130 000 tonnin kapasiteetillaan yksi suurimmista sulfaattiprosessista käyttävistä tuotantolaitoksista. Lähes 95% tuotannosta menee vientiin ympäri maailmaa, kaikkiaan noin 100 eri maahan.. (Sachtleben www-sivut 2013)



Kuva 1. Ilmakuva Sachtleben Pigmentsin tehtaasta (Sachtleben www-sivut 2013)

Sachtlebenin Porin tehdas yhdistyi vuonna 2008 saksalaisen Sachtleben Chemie GmbH:n kanssa. Porin tehdas työllistää noin 550 henkilöä ja kaikilla Sachtlebenin tehtailla työntekijöitä on yhteensä noin 2250 Sachtleben Pigments kuuluu nykyään

Rockwood Holdings Inc. –konserniin, joka on kemian erikoistuotteita valmistava maailman johtava yritys ja työllistää yli 10 000 henkilöä. (Sachtleben www-sivut 2013)

3. KALSINOINTIPROSESSI

Kalsinointi tapahtuu pyörivissä kalsinointiuuneissa, joissa on tiilikerrosvuoraus. Tarkoituksena saada syntymään saostuksessa ydinhiukkasten ympärille muodostuneista metatitaanihappoflokeista yksittäisiä titaanioksidikiteitä ja muuttumaan lopulliseen pigmentille ominaiseen kidekokoon ja –muotoon.

Kalsinoitava titaanioksidihydraattimassa koostuu varsinaisen anataasikiderakenteen omaavasta titaanioksidista ja pienestä määrästä saostusvaiheessa lisättyä anataasi- tai rutiiliytimiä. Käytettyjen ytimien tyyppi riippuu valmistettavasta pigmenttituotteesta.

TiO₂-massan mukana uuniin tulee TiO₂:n lisäksi sekä vettä että rikkihappoa. Kalsinoitaessa TiO₂-massaa, poistuu siitä ensin vesi ja sen jälkeen rikkihappo. Samanaikaisesti rikkihapon poistumisen kanssa alkaa pigmentin kidekoko kasvaa ja muuttua rutiilituotteilla rutiilipigmentiksi. TiO₂-pigmentin lopullinen kidemuoto, anataasi tai rutiili, muodostuu vasta kalsinoinnin lopussa. Lopullinen TiO₂- kide syntyy uunissa parin viimeisen metrin matkalla, siis lähes 1000 °C lämpötilaissa. (TiO₂-sulfaattiprosessin lähdeos koulutuspakettiin KIL)

Kalsinoinnin eri vaiheet uunissa:

1. Kosteus poistuu pigmenttisyötteestä.
2. Kemiallisesti sitoutunut hydraattivesi poistuu.
3. Rikkihappo poistuu ja sulfaattien hajotessa syntyy rikkitrioksidia ja rikkioksidia.
4. Titaanioksidikiteiden muodostuminen alkaa (600 °C→)

(Sachtleben loppupään esittely, 2007)

Liite 1:ssä on titaanioksidin sulfaattiprosessikaavio, josta näkee koko prosessin, sekä punaisella suorakulmiolla korostettuna mihin vaiheeseen kalsinointiuunin sijoittuu prosessissa.

4. 41-KALSINOINTIUUNI

Tässä luvussa kerrotaan kalsinointiuunin tekninen kuvaus käyttäen lähteenä sekä Kemira Oy:n että Ahlström Machinery Oy:n piirustuksia ja huolto-oppaita.

4.1 Tekniset tiedot ja rakenne

Uunin vaipan halkaisija on 3,6 metriä ja pituus 62,5 metriä, kaltevuutta vaipalla on 3,5%. Kapasiteetti on 120 tonnia per päivä. Uunin syöttöpäässä oleva tiilikerros on muurattu runsaasti piitä sisältävistä, haponkestävistä tiilistä ja poistopäässä lämmönkestävistä (alumiinioksidi) tiilistä. Syöttöpään muuraus suojaa uunin alkupään teräsvaippaa happamalta lietteeltä ja loppupään muuraus taas suojaa teräsvaippaa liialta kuumenemiselta, koska uunin loppupään käyttölämpötila on lähes 1000 °C. Uuni on lievästi kaltevassa asennossa poistopäähän päin, jolloin tuote saadaan kulkemaan uunissa eteenpäin. Uunin polttokammio voidaan huollossa tarvittaessa siirtää erilleen uunin poistopäästä. Uunissa on "pudotussuisti", jossa on ns. pudotuspelti. Pudotuspelti aukeaa säännöllisin väliajoin ja päästää uunista pois pudotuspellin päälle kertyneen valmiiksi kalsinoidun pigmentin suoraan pyörivään jäähdytysrumpuun.

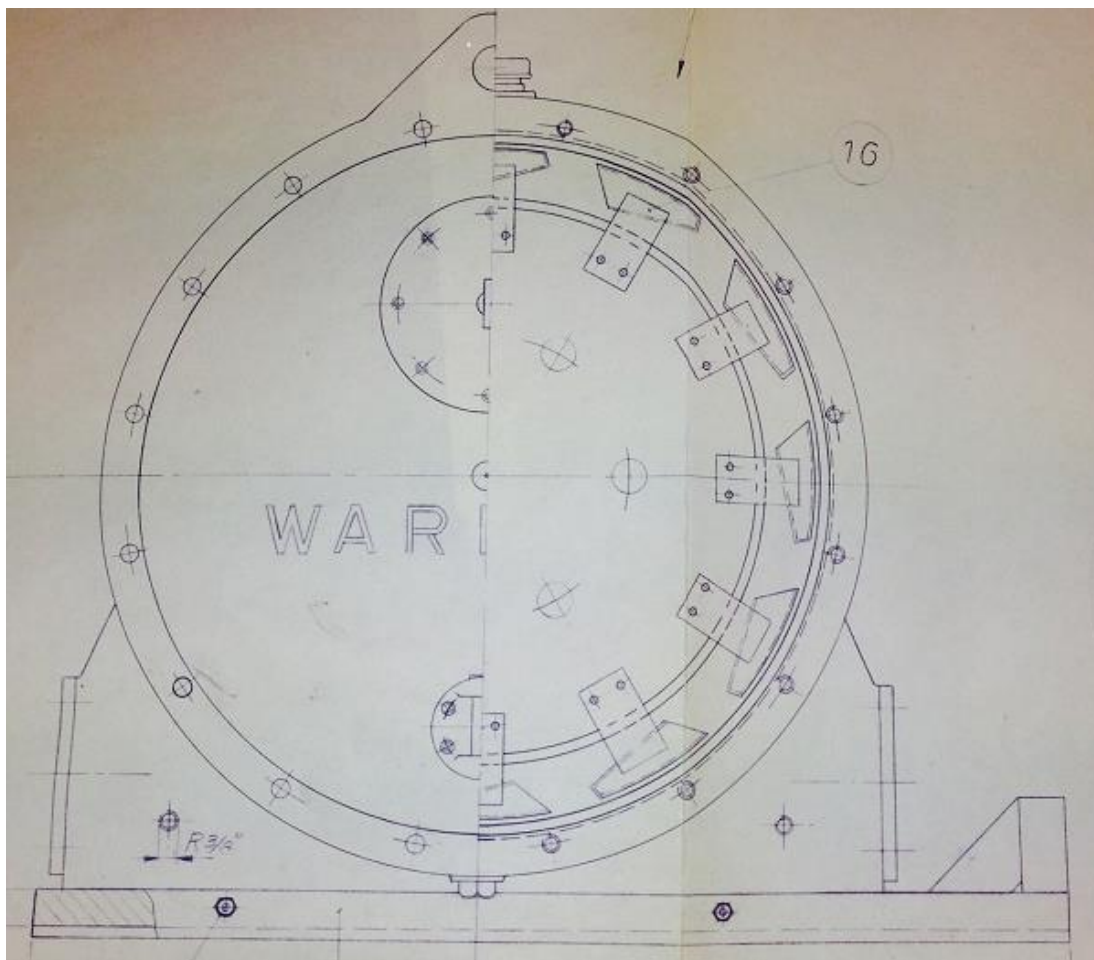


Kuva 2. 41-kalsinointiuuni syöttöpäästä päin kuvattuna. (Sachtleben loppupään esittely)

Kalsinointiuunin kokoonpano käsittää vaipan lisäksi seuraavat osat: 3 kannatinrengasta, 6 kannatinrullaa, hammaskehä, käyttökoneisto, syöttö- ja polttopäädyn. Uunin pyörimisnopeus on normaalisti noin 7,30 minuuttia per kierros. Energialähteenä uunissa käytetään nestekaasua ja varapolttoaineena on kevyt polttoöljy.

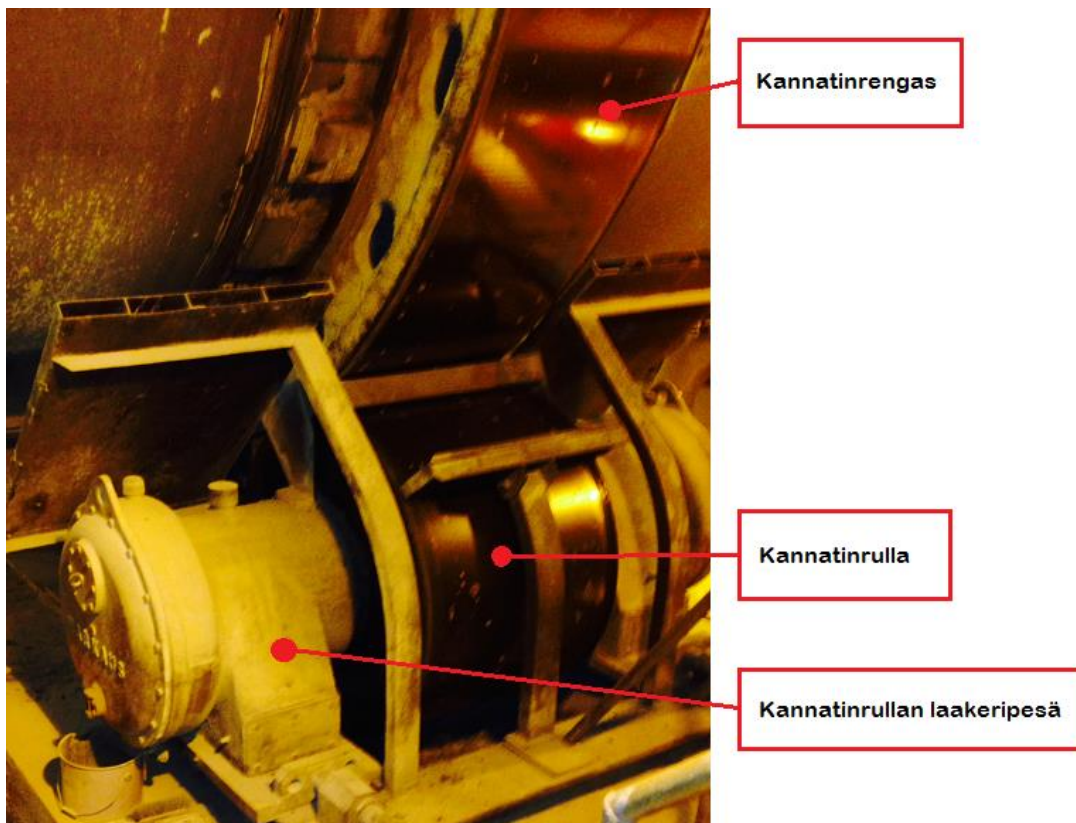
4.2 Kannatinrullat ja -renkaat

Uunia kannattelee 6 kannatinrullaa ja 3 kannatinrengasta joiden tarkoitus on ottaa uunin paino vastaan ja ylläpitää uunin pyöreyttä tuentapisteissä, jossa rasitus on suurin. Kannatinrullien tehtävä on ottaa uunin paino vastaan siten, että uuni pääsee samalla pyörimään akselinsa ympäri. Jokainen kannatinrulla on laakeroitu liukulaakereilla kummaltakin puolelta. Laakereissa voitelu on toteutettu siten että laakerit uivat osittain öljyssä ja laakerin sisällä olevat öljykauhat levittävät öljyä koko laakerin pinta-alalle.



Kuva 3. Laakeripesä, jossa näkyy voitelua parantavat öljykauhat(16). (Sachtleben Pigments 2014.)

Kannatinrenkaat on tehty valuteräksisistä renkaista, jotka on kiinnitetty uunin vaippaan hitsattuihin lattarautoihin liukusovitteella mahdollisimman tiiviiksi, koska vaipan ja renkaan välys vaikuttaa uunin pyöreyyteen ja muurausten pysyvyyteen. Kannatinrenkaat välittävät uunin painon kannatusrullastoihin ja ylläpitävät uunin pyöreyttä tuentapisteissä.

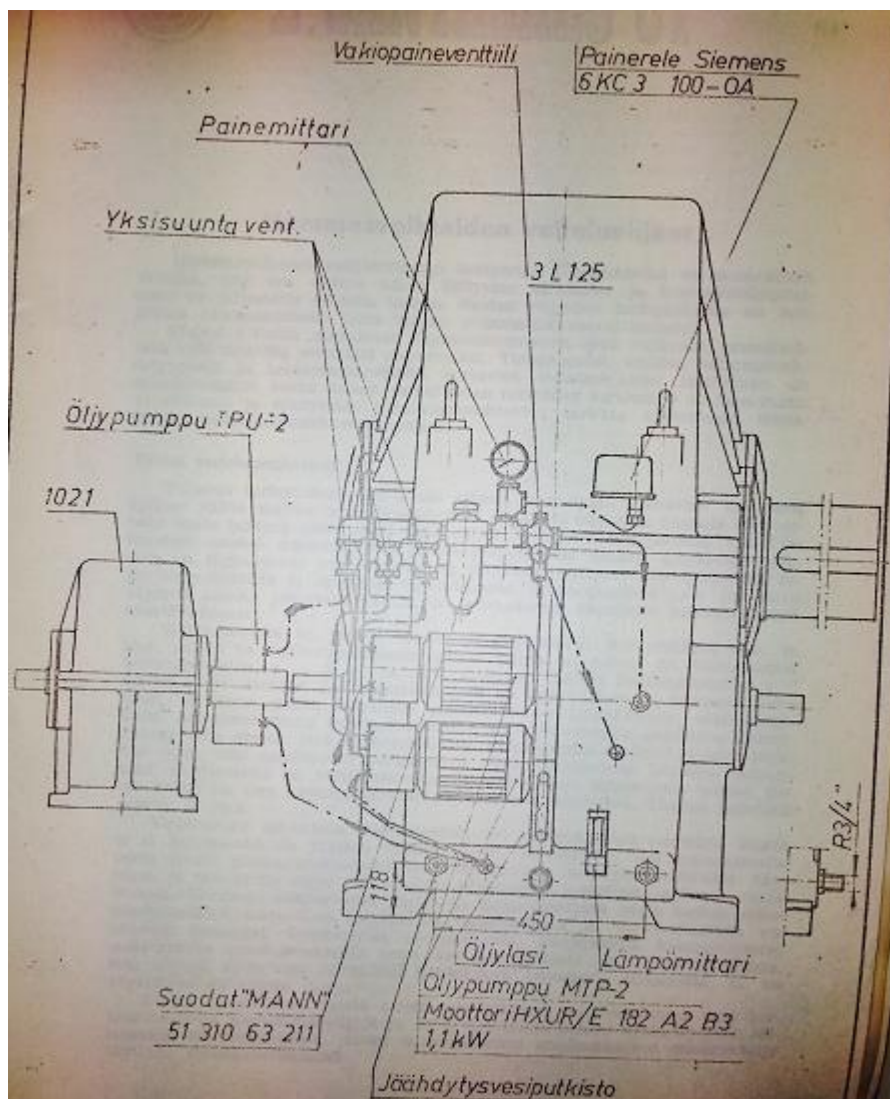


Kuva 4. Kannatinrenkas, kannatinrulla ja kannatinrullan laakeripesä. (Sachtleben Pigments 2014.)

4.3 Käyttökoneisto

Kalsinointiunia pyöritetään käyttökoneiston avulla. Koko käyttökoneisto on asennettu yhteiselle alustalle, joka on siirrettävissä kiristysruuvien avulla, joten käyttökoneiston eri osien asento toisiinsa nähden ei muutu käyttöhammaspyörää sovitettaessa hammaskehään nähden. Käyttökoneisto sisältää muun muassa seuraavat laitteet:

- Lieriövaihteen, Santasalo 3L-125A
- Lieriövaihteen, Santasalo 1021
- Käyttöakselin
- 2kpl liukulaakereita
- PIV-variaattorin
- 30kW sähkömoottorin
- Dieselmoottorin
- Hammaskehän voitelulaitteisto



Kuva 5. Lieriövaihte Santasalo 3L-125A. (Sachtleben Pigments 2014.)

5. KALSINOINTIUNIN KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnan tärkeys kalsinointiuunin ylläpidolle tulee esille yhtäkkisissä vikaantumistilanteissa, esimerkiksi kannatusrullan liukulaakerin rikkoontuminen. Korjausaikaa on vaikea arvioida osien saatavuuden ja vian vakavuuden takia mutta arviot ovat, että huonoimmassa mahdollisessa tapauksessa laakerin korjaamiseen menisi 3-7 vuorokautta. Jos sen sijaan laakeri päästäisiin vaihtamaan ennen rikkoontumista olisi sen asennusaika parhaimmillaan neljästä kahdeksaan tuntia.

(Ahlström huolto-opas uunille)

5.1 Nykyinen kunnonvalvonta

Nykyinen kunnonvalvonta on täysin aistinvaraista lukuun ottamatta vuosittain tehtäviä öljyanalyseja. Mittauslaitteita ei siis ole, eli huoltosuunnitelma on tehty hyvin pitkälti kokemuksen ja havaintojen perusteella.

Nykyiseen huoltosuunnitelmaan kuuluu:

- kuukauden välein tarkistetaan kaikki rasvat.
- kerran viikossa rasvan lisäys hammaspyörään.
- kannatusrulliin lisätään päivittäin grafiittivesiliuosta, vaikka rullassa on kiinteänä kuivagrafiittipalat, syystä että uuni pysyy oikealla korkeudella.
- kerran viikossa suoritetaan kaikenkattava aistinvarainen tarkastuskierros uunilla.

(Sachtlebenin kunnossapitohenkilökunta)

Uunin huolto-ohje:

- tarkistetaan kannatusrullien ja käyttövaihteiden sekä pudotuspeltien jäähdytysveden kierto (Kannatusrullien ja käyttövaihteiden jäähdytysveden kierto on jälkeinpäin poistettu veden ja öljyn sekoittumisriskin vuoksi)
- tarkistetaan kannatusrullien öljy (lisätään tarvittaessa)
- tarkistetaan käyttövaihteiden öljyt (lisätään tarvittaessa)
- lisätään käyttöhammaspyörien voitelulaitteeseen vaseliinia sekä tarkistetaan voitelulinjan toiminta

(Kalsinointiuunin huolto-opas, Kemira Oy 1975)

5.2 Kunnonvalvontatarpeen määrittely

Tehdaslaitoksissa käytettävien koneiden kunnonvalvonnan tarve vaihtelee ja mittaus tarve voidaan määrittää PSK 5705:n mukaan mm. seuraavien tekijöiden perusteella:

- laitteen kriittisyys tuotannon kannalta
- huollettavuus

- kunnossapitokustannukset
- varaosien saatavuus
- luoksepäästävyys
- ympäristöolosuhteet
- käyttöolosuhteet
- häiriöherkkyys
- pyörimisnopeus
- laitteen rahallinen arvo
- laitteen käyttöteho
- turvallisuusmääräykset

(Nohynek, Lumme 2007)

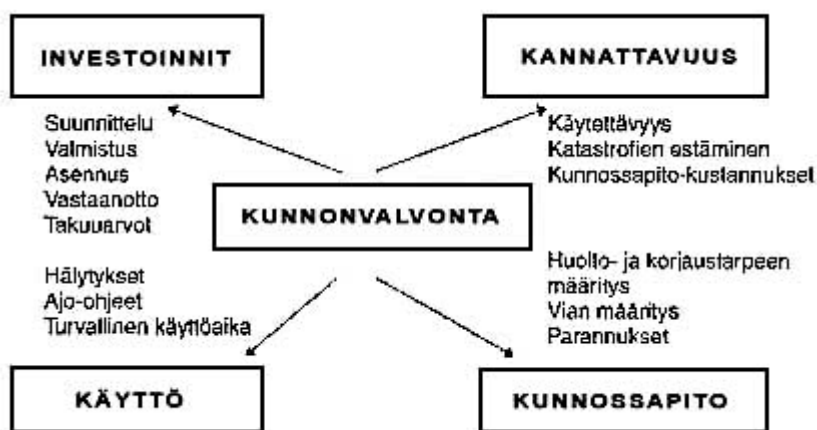
Kunnonvalvontatarvetta määriteltäessä on otettava huomioon laitteen tärkeys yritykselle, joka tässä tapauksessa on erittäin suuri. Uunin kautta kalsinoituu noin kolmasosa tehtaalla tuotettavasta pigmentistä ja sen äkillinen poisjäänti tuotannosta aiheuttaisi suuria taloudellisia tappioita.

Takaisinmaksuaikaa on lähes mahdoton määritellä tarkasti, koska periaatteessa jos kunnonvalvontalaitteistolla saataisiin ehkäistyä tai ennakoitua edes yksi laakeririkko, joka aiheuttaisi monen tunnin tai mahdollisesti päivien tuotannonmenetykset, olisi järjestelmä maksanut itsensä moninkertaisesti takaisin.

6. KUNNONVALVONTA

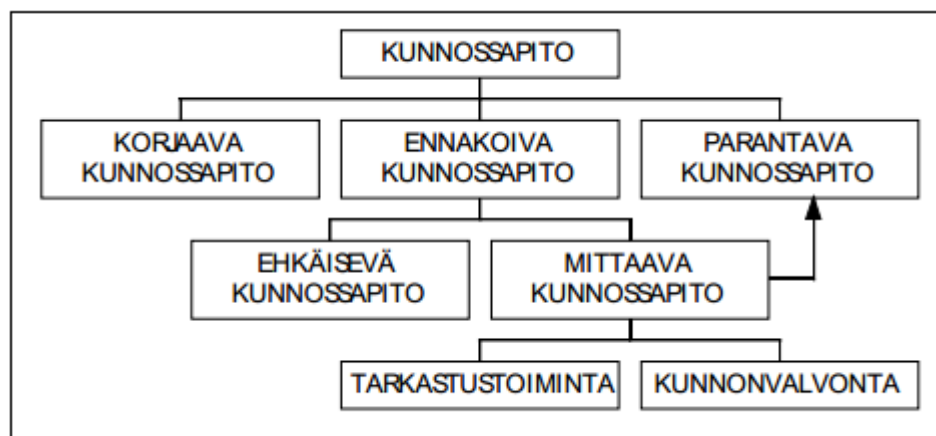
Kunnonvalvonnan merkitys nykyaikaisessa tuotannossa kasvaa koko ajan. Prosessien jatkuva toiminta on tullut entistä tärkeämmäksi asiaksi, koska laitteiden rikkoontumisista aiheutuvat menetykset ovat yritykselle suurimpia kuluja, joita voidaan vähentää tehokkaalla kunnonvalvonnalla ja kunnossapidolla (<http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT>).

Kunnonvalvonta on yleisnimitys kaikille tekniikoille, joita on kehitetty koneen kunnan määrittelyyn sen käynnin aikana. Kunnonvalvonta perustuu muutosten seuraamiseen mittaussuureissa eli kyseessä on jatkuva toiminta. Esimerkiksi lämpötilan kasvu tai värinän lisääntyminen on yleensä merkinä koneen kunnan huononemisesta. Kunnonvalvonta sisältää muutoksen havaitsemisen, sen diagnosoinnin, eli syyn tarkemman selvittämisen lisäksi arvion siitä, kuinka vakava vaurio on eli jäljellä olevan käyttöiän ennustamisen. (ABB:n TTT- käsikirja 2007)



Kuva 6. Kunnonvalvonnan liityntöjä (Nohynek, Lumme 2007)

Kunnossapidolla pyritään siihen, että laitteet pysyvät kunnossa tai se kunnostetaan normaaliin toimintakuntoon (Mikkonen 2009). Kunnossapitotoiminnot on jaettu kolmeen alueeseen: korjaavaan, ehkäisevään ja mittaavaan kunnossapitoon, riippuen mitä kunnossapitotoiminnolla halutaan saavuttaa.



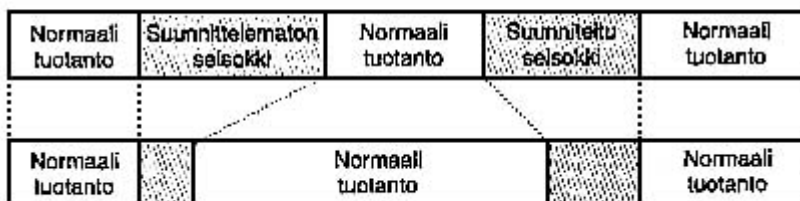
Kuva 7. Kunnonvalvonta osana kunnossapito (ABB:n TTT-käsikirja 2000.)

Korjaava kunnossapito on yksinkertaisimmillaan sitä, että laite huolletaan vaurion jo synnyttyä. Tätä asiaa kunnonvalvonnalla yritetään ehkäistä, koska vaurioituminen yleensä tarkoittaa että prosessiin tulee katkos, josta aiheutuu tuotannonmenetykskustannuksia. Ennen kunnonvalvonnan yleistymistä tärkeille laitteille rakennettiin varalaitte, mutta esimerkiksi kalsinointiuunin kohdalla tämä olisi järjetön ajatus laitteen muun muassa hinnan sekä koon että asennuksen vaativuuden vuoksi.

Ennakoiva kunnossapidon tarkoituksena on ehkäisevillä toimenpiteillä estää yllättävät vauriot ja samalla myös käyttökatkokset. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluu säännöllinen huoltotoiminta sekä mittaava kunnossapito.

Ennakoiva kunnossapito

Ilman kunnonvalvontaa

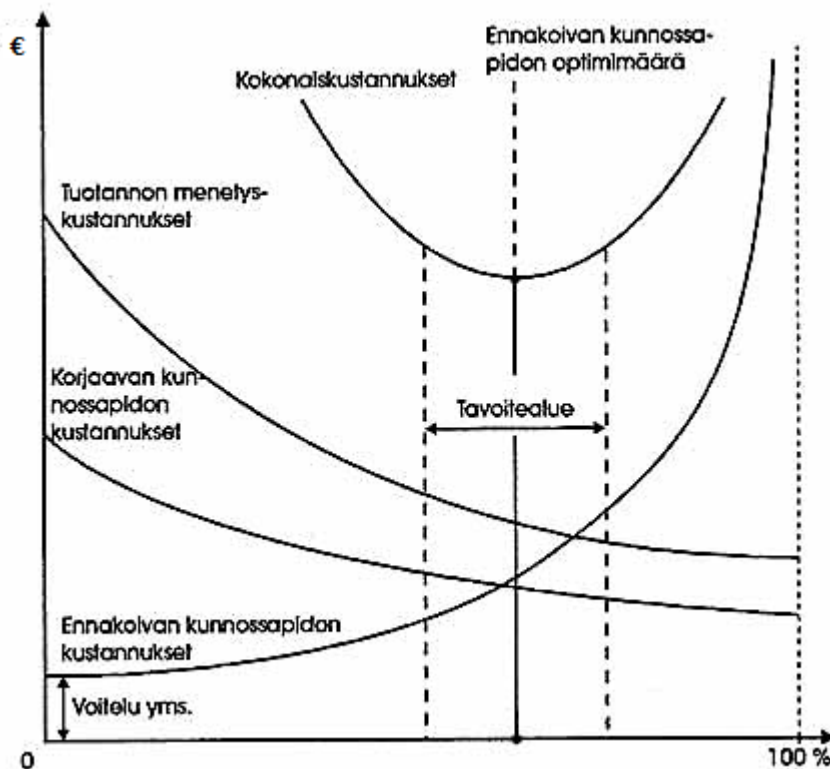


Kunnonvalvonnan avulla

Kuva 8. Tuotantoajan lisääminen kunnonvalvonnan avulla (Nohynek, Lumme 2007)

Ennakoivan kunnossapidon tärkeys korostuu työturvallisuutta ajatellen, jolloin sekä laitteen korjauksen aikainen sekä mahdollisen rikkoutumistilanteen aiheuttama sivullisen henkilön loukkaantumisen tai toisen laitteen rikkoontumisen riski kasvaa.

Ennakoivan kunnossapidon yksi tavoitteista on taloudellisten kulujen vähentäminen välttämällä laitteen yllättävästä rikkoontumisesta aiheutuvat tuotannon menetykset sekä korjauskustannukset, jotka oltaisiin mahdollisesti voitu välttää tai vähentää ennakoimalla tulevat viat.



Kuva 9. Kunnossapidon kokonaiskustannusten riippuvuus ennakoivan kunnossapidon osuudesta. (Patton 1983, Mikkosen 2009 mukaan)

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa. (Mikkonen 2009.) Esimerkiksi laakeririkon sattuessa, sen syyn selvittäminen ja mahdollisten muutosten tekeminen ettei sama vika toistuisi, luokitellaan parantavaksi kunnossapidoksi.

Parantava kunnossapito tarkoittaa laitteiden suorituskykyä, käytettävyyttä, luotettavuutta ja turvallisuutta lisäävää toimintaa, jonka avulla voidaan poistaa esimerkiksi suunnitteluvaiheista johtuvat ongelmatapaukset tai vaurioiden perussyyt ja siten vähentää kunnossapidon tarvetta. Usein myös laitteiden modernisoinnit ja uusinnat voidaan lukea kuuluvan parantavan kunnossapidon piiriin, mikäli niiden toteuttamisen taustalla on kunnossapidollinen ongelma tai suoranaisesti laitteen käytettävyyttä ja luotettavuutta lisäävä muutostyö, jolla voidaan välttää uushankinta. (ABB: TTT –käsikirja 2007)

6.1 Kunnonvalvontamittaukset

Kunnonvalvonta perustuu yleensä siihen, että pyritään havaitsemaan alkavan vikaantumisen aiheuttama muutos mitattavassa suuressa.

ABB:n TTT – käsikirjan mukaan kunnonvalvonta voidaan jakaa seuraaviin osaluueisiin:

- poikkeavan tilanteen havaitseminen (detektio)
- poikkeaman syyn selvittäminen (diagnoosi)
- arvio siitä, kuinka vakava poikkeama on (prognoosi)
- toimenpidesuositus
- poikkeaman alkusyy selvittäminen ja mahdollinen parantava toimenpide

6.2 Kunnonvalvontamittauksissa käytettävät suureet ja mittayksiköt

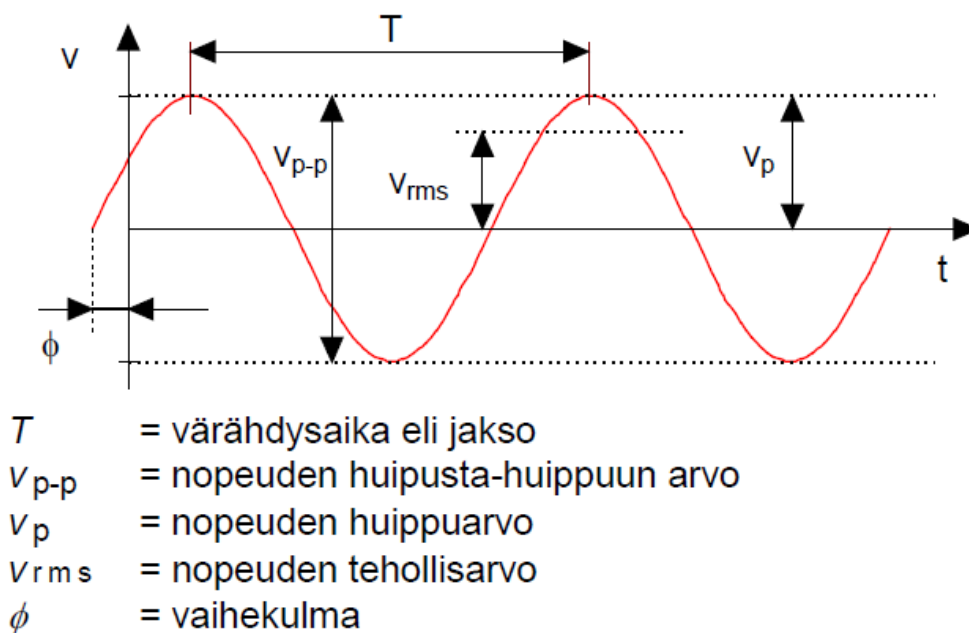
Kunnonvalvonta perustuu erilaisten fysikaalisten suureiden mittaamiseen laitteesta sen käynnin aikana. Seuraavassa taulukossa on värähtelymittauksessa käytettäviä suureita, mittayksiköitä niistä käyttöesimerkit.

Suure	Käytännön mittayksikkö	Si-mittaksikkö	Käyttöesimerkkejä
Siirtymä, s	µm	m	Akselivärähtely
Nopeus, v	mm/s	m/s	Laakerivärähtely
Kiihtyvyys, a	mm/s ² , g	m/s ²	Laakerin kunto
Taajuus, f	Hz	Hz	Taajuusanalyysi
Pyörimisnopeus, n	1/min, rpm, 1/s	1/s	
Vaihekulma,	° (aste)	rad	Vektorivalvonta
Jakso, T	ms	s	Aikatasoanalyysi

Kuva 10. Mekaanisessa värähtelymittauksessa käytettävät suureet ja mittayksiköt.

(Psk-käsikirja 3, 2002)

Yleisimmät värähtelysignaaliin liittyvät parametrit ovat kuvassa 11 esitettynä nopeussignaalin avulla.



Kuva 11. Yleisimmät värähtelysignaaliin liittyvät parametrit. (ABB -ttt käsikirja 2007)

- Huippuarvo kertoo aikatasosignaalin itseisarvoltaan suurimman arvon.
- Huipusta- huippuun arvo kertoo suurimman ja pienimmän arvon erotuksen ja on yleensä n. kaksinkertainen huippuarvoon verrattuna
- Tehollisarvolla on yhteys tärinän sisältämään tehoon. Se kuvaa hyvin tärinän vaarallisuutta ja on yleisimmin käytössä Euroopassa. Siniaallolle tehollisarvo on huippuarvo jaettuna luvulla 2 eli 0.707 kertaa huippuarvo. Kun signaalin muoto poikkeaa sinistä, ei suhdeluku myöskään ole enää sama.
- Vaihekulma kertoo jakson kohdan, johon värähtely on edennyt vertailukodasta. (ABB –ttt käsikirja 2007)

6.3 Hitaasti pyörivien koneiden diagnostiikka

Matalataajuisien värähtelyjen mittaaminen on vaikeaa lähinnä fysikaalisista syistä ja mittalaitetekniikasta johtuen. Hitaasti pyörivän koneen vioista suuri osa on korkeataajuisia värähtelyä jolloin matalan taajuuden mittaukset eivät ole tarpeen.

Hitaasti pyörivillä koneilla tarkoitetaan sellaista laitetta, joiden pyörimisnopeus on alle 10 Hz. (Mikkonen 2009.)

Hitaasti pyörivillä laitteilla viat ovat vastaavia kuin nopeakäyntisillä koneilla, mutta haasteelliseksi niiden mittaamisen tekevät mm. se että dynaamiset voimat ovat huomattavasti pienempiä hitaasti pyörivillä laitteilla kuin nopeammilla ja se että normaalit käyntiin liittyvät ilmiöt, kuten kerran kierroksella esiintyvät herätevoimat toistuvat harvemmin

Kiihtyvyydet ovat erittäin alhaiset matalilla taajuuksilla ja pienten kiihtyvyyksien mittaaminen kiihtyvyyksiantureilla on vaikeaa johtuen mm. mittausjärjestelmän kohinasta, jota ei koskaan pystytä täysin poistamaan. (Mikkonen 2009.)

6.4 Liukulaakerien diagnostiikka

Liukulaakerit muodostuvat tyypillisesti kahdesta eri aineesta joiden rajapinnassa liike tapahtuu. Laakerit valmistetaan usein eri metalliseoksista kuten erityisesti pronssista, kuparista ja alumiinista

Liukulaakereilla varustetut koneet ovat yleensä suuria ja tuotantolaitoksen tärkeimpiä koneita. Niiden tehokas kunnonvalvonta on erityisen tärkeää kustannusten optimoinnissa ja riskien hallinnassa. Liukulaakerin vauriossa riski koneen kiinnileikkauksesta on suuri ja vaurio voi kehittyä hyvinkin nopeasti, siksi tehokas valvonta edellyttää jatkuvatoimista kiinteää järjestelmää. Liukulaakerin vioittumisen syyt voivat olla muun muassa, öljyn epäpuhtaudet, hankaus, korrosio, riittämätön voitelu, murtumat ja säröt. (Villanen, A. & Luukkanen, P., 1998.)

7. VÄRÄHTELYMITTAUKSET

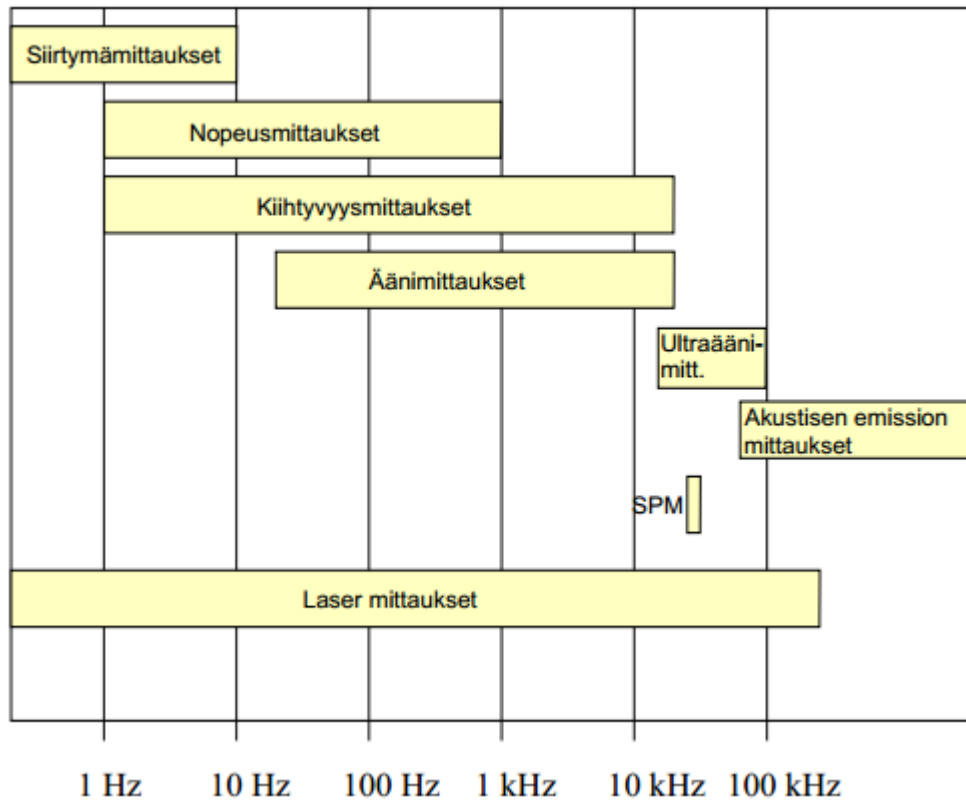
Värähtelymittauksilla tarkoitetaan siirtymän, nopeuden, kiihtyvyyden tai äänen mittaamista kohteen pinnasta tai sen läheltä. Mittauksissa huomioitavat taajuusalueet ovat yleensä 0 – 20 kHz, mutta ultraäänen, akustisen emission ja iskusysäysten taajuusalueet voivat olla huomattavasti korkeampia. (Mustonen 2000)

Värähtelymittaus on yleisimmin käytetty menetelmä kunnonvalvonnassa, ja sitä käytetään myös käytönvalvonnassa sekä vikaselvityksessä ja sen avulla määritetään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittymistä mahdollisen vikaantumis-, huolto tai korjausajankohdan määrittämiseksi. (Nohynek, Lumme 2007)

Värähtelymittausmenetelmiä ja mittalaitteita on tarjolla lähes rajattomasti, joten ilman aikaisempaa kokemusta on kunnonvalvonnan tarpeisiin mittalaitteen ja mittausmenetelmän valitseminen vaikeaa. Värähtelymittaukset voidaan jakaa karkeasti seuraaviin luokkiin:

1. Yksinkertaiset menetelmät koneiden yleistärinän valvontaan ja vierintälaakerien kunnonvalvontaan.
2. Monimutkaisemmat menetelmät koneiden tärinän yksityiskohtaiseen valvontaan ja laakereiden kunnonvalvontaan.

(Nohynek, Lumme 2007)



Kuva 12. Värähtelylle tyypilliset taajuusalueet (ABB:n TTT-käsikirja 2000.)

7.1 Värähtelymittauksissa käytettävät anturit

Nykyiset värähtelyn mittauksessa käytetyt anturit voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään eli kiihtyvyy-, nopeus- ja siirtymäantureihin. Vaikka eri anturityypit mittaavatkin kaikki värähtelyä, on niiden toimintaperiaatteissa oleellisia eroja. (Mikkonen 2009.)

Pietsosähköinen kiihtyvyyssanturi on yleisin värähtelymittausanturi. Sen etuja ovat sen pienikokoisuus, dynamiikka-alueen laajuus, siinä ei ole liikkuvia osia ja sen laaja taajuusalue joka on hertsin osista satoihin kilohertzeihin. Pietsosähköiset anturit ovat lisäksi epäherkkiä ympäristöolosuhteille sekä helppoja asentaa.

Kiihtyvyyssanturin toimintaperiaate on yksinkertainen, vaikka sen rakenne onkin monimutkainen. Keskeinen komponentti siinä on pietsosähköinen kide, jonka kiinnityselementit kiinnittävät anturikuoreen, ja jonka päälle tai sivuille on asennettu

massa. Kun anturi on kiinnitettyä kohteeseen, tämä massa puristaa pietsosähköistä kidettä, johon syntyy anturin kiihtyvyyteen verrannollinen varaus. Tämä varaus johdetaan anturin sisäiseen tai ulkoiseen varausvahvistimeen, jossa se muunnetaan jännitteeksi, jolloin muodostuu anturista saatava mittaussignaali. (Nohynek, Lumme 1996.)

Siirtymäanturit mittaavat kohteen etäisyyttä suhteessa anturin paikkaan. Niitä käytetään yleensä akselin aksiaalisen ja radiaalisen aseman tai värähtelyn ilmaisemiseen. Yleisin siirtymäanturi on pyörrevirta-anturi, joka tarvitsee toimiakseen esivahvistimen, joka on sijoitettu erilleen anturista. Anturin kärjessä olevan kelan ja mittauskohteen etäisyyden muuttuessa, muuttuu anturin induktanssi ja samalla ulostulojännite, joka on suoraan verrannollinen etäisyyden muutokseen. Pyörrevirta-antureiden hyödyntämistä kunnonvalvontamittauksissa rajoittavat anturin suppea taajuusalue, varsin pieni dynamiikka ja hankala kiinnitystapa. (Mikkonen 2009.)

Nopeusanturit ovat toimintaperiaatteeltaan seismisiä ja ne mittaavat absoluuttista värähtelyä. Nopeusanturin taajuusalue on varsin suppea, yleensä luokkaa 10...1000Hz ja ovat dynamiikaltaan hieman parempia kuin siirtymäanturit. Nopeusanturi on toimintaperiaatteidensa vuoksi varsin suurikokoinen ja sisältää liikkuvia osia, jotka rajoittavat sen toimintaikää. Nopeusanturit ovat varsin herkkiä magneettikentille sekä anturin suuntaamiselle, jotka aiheuttavat helposti virheellisiä tuloksia. (Mikkonen 2009.)

7.2 Kunnonvalvonnan mittalaitteet ja online-järjestelmät

Värähtelymittaus voidaan suorittaa kiinteiden, puolikiinteiden tai kannettavien mittalaitteiden avulla.

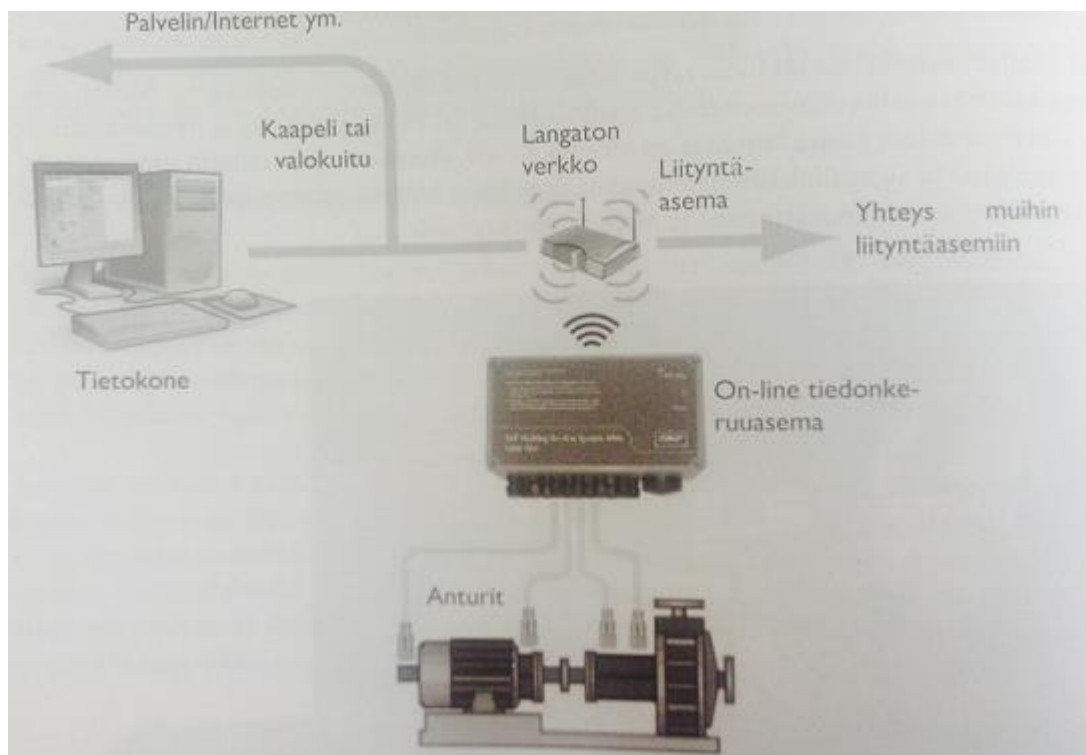
Kannettavalla mittalaitteella tehdään yleensä niin sanottuja reittimittauksia aikataulun mukaisesti. Kannettavien mittalaitteiden hyödyt ovat sen

käyttömahdollisuudet sekä halpa hinta. Huonona puolena kannattavissa mittalaitteissa ovat kiinteisiin antureihin nähden epätarkat mittaustulokset.

Puolikiinteässä järjestelmässä anturit ovat kiinteästi asennettu, mutta itse mittaus suoritetaan kannettavalla mittalaitteella. Mittaustulokset ovat tarkempia kuin kannettavalla, mutta mittausvälit ovat pidempiä kuin kiinteillä eikä alkavia vikoja välttämättä huomata ajoissa.

Huomioitavaa sekä kannettavilla että puolikiinteillä mittauksilla on että mittaustulokset vaihtelevat helposti mittaajan vaihtuessa, tätä saadaan vähennettyä käyttämällä magneettisia antureita.

Kiinteät mittalaitteet asennetaan tuotannollisesti tärkeimpien laitteiden valvottaviin osiin, joissa mittaustiheyden tarve on suuri tai jatkuva, johtuen koneen ylläpidon tärkeydestä. Kiinteiden mittalaitteiden hyötyjä ovat sen omatoimisuus asennuksen jälkeen eli ainoastaan rikkoontumistilanteessa sitä täytyy käsitellä manuaalisesti sekä jatkuva tieto laitteen kunnosta että välitön tieto laitteen hälytysrajojen ylittymisestä.



kuva 13. Esimerkki kiinteästi asennettavasti online -kunnonvalvontajärjestelmästä (SKF). (Mikkonen 2009)

Seuraavaksi esittelen värähtelyn mittaamiseen käytettävien mittalaitteita, jaoteltuna Mikkosen 2009 mukaan neljään ryhmään.

Tyyppi 1

Mittalaitteita käytetään yksinkertaisten vikaantumismekanismien todentamiseen. Laitteet ilmaisevat värähtelyn kokonaistasoa yhdellä tunnusluvulla, joka riittää esimerkiksi puhaltimen tasapainotilan valvontaan. Näillä mittalaitteilla arvioidaan laitteen yleiskuntoa, tarkempaan analyysiin tarvitaan kehittyneempi mittalaite.

Tyyppi 2

Mittalaitteita käytetään yleensä vierintälaakerien kunnan ja voitelun valvontaan ja mittaavat korkeataajuisia yli 5000Hz värähtelyä. Mitattua värähtelyä kuvaa korkeintaan kaksi tunnuslukua.

Tyyppi 3

Mittalaitteita käytetään yleensä reittimittauksissa ja erityyppisten vikojen vakavuuden määrittämisessä. Laitteita on monen tasoisia ja hintaisia. Niissä on valittava taajuusalue ja värähtelyä voidaan esittää aika- ja taajuustasossa sekä tyyppillisesti värähtelymittaukseen tai kunnanvalvontaan liittyviä lisäominaisuuksia, kuten muun muassa tasapainotus, ylös-alasajo, monikanavaisuus ja iskukoe. Mittaustuloksia voidaan analysoida suoraan mittalaitteen näytöltä tai tietokoneelta. Analysointi- ja tietokanta ohjelmilla luodaan reittimittauspisteet, mittaasetukset sekä reitit. Ohjelmissa ja mittalaitteissa on monipuoliset spektrin ja aikatason tulkintaan tehtyjä työkaluja. Hälytysrajoja voidaan asettaa monipuolisesti, mikä mahdollistaa valvonnan laitteille joissa esimerkiksi pyörimisnopeus muuttuu.

Tyyppi 4

Mittalaitteita käytetään automaattisessa vikadiagnostiikassa eli kohteissa joissa mittaustiheyden tarve on suuri tai jatkuva. Näitä laitteita ovat esimerkiksi opinnäytetyön aiheena oleva kalsinointiuuni sekä siihen liittyvät osat. Tämäntapaisiin kohteisiin käytetään yleensä kiinteästi asennettavia online-kunnanvalvontajärjestelmiä. Järjestelmän periaate on se, että se tekee asetetun

mittausjakson mukaisesti mittaukset, sekä generoi mitatun suureen riittävän suurista muutoksista hälytyksen järjestelmään.

7.3 Valvontamenetelmät

Seuraavaksi kerron periaatteet värähtelyn valvontamenetelmistä liittyen sähkömoottoreihin, hammasvaihteisiin sekä vierintä- että liukulaakereihin.

7.3.1 Tunnuslukuvalvonta

Värähtelysignaalista voidaan laskea erilaisia tunnuslukuja, joiden kehittymistä eli trendiä seurataan. Mitä useampaa tunnuslukua käyttää, sitä enemmän tietoa laitteesta saadaan. (Mikkonen 2009)

Värähtelyn suuruuden ja vakavuuden arvioiminen mittaussignaalista laskettavilla tunnusluvuilla on aina ollut värähtelyvalvonnan perustyökaluja. (Nohynek, Lumme 1996).

Yleisesti käytettäviä tunnuslukuja PSK 5706:n mukaan ovat muun muassa pyörimistaajuudella tapahtuvan värähtelyn voimakkuus, aikatasosignaalista laskettu tehollisarvo, akselin asema liukulaakeriin nähden ja värähtelyn voimakkuus sähköverkon taajuudella. (Mikkonen 2009)

7.3.2 Kokonaistasovalvonta

Kokonaistasovalvonnassa seurattavana suureena käytetään tavallisimmin tehollis- tai huippuarvoa värähtelykiihtyvyydelle, -nopeudelle tai -siirtymälle, joista standardin PSK 5701:n mukaan käytetään nimitystä kokonaistasovalvonta.

Värähtelyn kuvaavan kokonaistason valvonta on yksinkertaisin, mutta useiden vikojen havaitsemiseen epätarkka valvontamenetelmä, mutta esimerkiksi

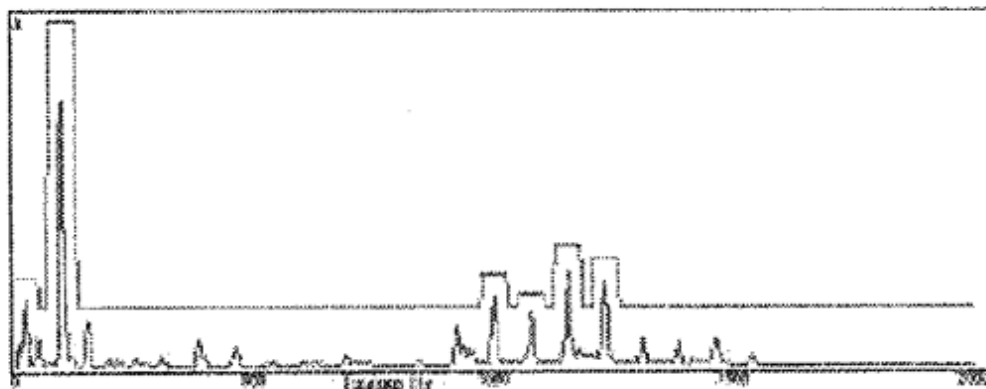
epätasapaino, linjaus- ja resonanssiongelmat näkyvät yleensä kokonaistrendissä. (Psk-käsikirja 3, 2002, Mikkonen 2009)

Trendiseuranta perustuu säännöllisesti toistettaviin mittauksiin, joten huolellisuus ja anturien kiinnitystapa ovat tulosten vertailukelpoisuuden varmistamiseksi erittäin tärkeää. (Mikkonen 2009)

7.3.3 Spektrivalvonta ja spektrianalyysi

Spektrianalyysi on tavallisin vianmäärityksen menetelmä. FFT -laskennalla muodostetaan amplitudispektri, jossa esitetään värähtelyn voimakkuus eri taajuuksilla. Amplitudien suuruus kertoo värähtelyn voimakkuuden, ja taajuustasosta voidaan lukea taajuus, jolla värähtely tapahtuu. Näitä taajuus ja amplituditietoja käytetään hyväksi koneen eri osien kunnon arvioinnissa (Mikkonen 2009)

Spektrivalvonta vaatii mittausten tulkitsijalta huomattavaa kokemusta syystä että, kaikki spektrissä näkyvät piikit eivät kuvaa jotain vikaa, vaan suurin osa niistä johtuu koneen normaalista käynnistä syntyvistä voimista. Valvonnan helpottamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi hälytysrajaspektriä. (Mikkonen 2009) Kuvassa 14 näkyy hälytysrajaspektrin periaate.



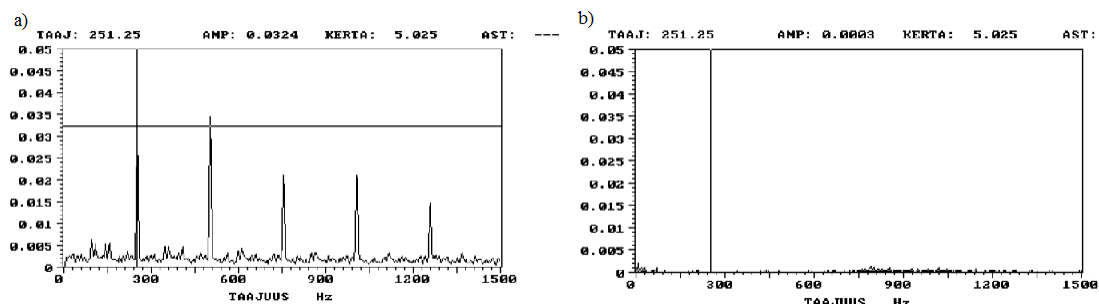
Kuva 14. Spektrivalvonta (PSK -käsikirja 2002)

Spektrivalvontaa käytetään SKF:n kunnonvalvontajärjestelmässä, pääosin sen varmatoimisuuden takia ja kuten yllä olevasta kuvasta näkyy, on hälytysrajojen asettamisen jälkeen helppo tarkkailla kyseistä laitetta tai sen osaa.

7.3.4 Verhokäyrävalvonta ja verhokäyräanalyysi

Verhokäyrävalvonta perustuu mitattujen verhokäyräspektrien vertailuun eri amplitudioiden kasvun seuraamiseen. Verhokäyrä –tekniikalla voidaan havaita ja varhaisessa vaiheessa olevia iskumaisia herätteitä aiheuttavia vikoja. (Nohynek, Lumme 2007, Mikkonen 2009)

Verhokäyräanalyysi (velope analysis) on signaalinkäsittelymenetelmä, jolla signaalista erotetaan säännöllisesti toistuvia heikkotehoisia komponentteja. Tällä tekniikalla voidaan havaita jo varhaisessa vaiheessa olevia iskumaisia herätteitä aiheuttavia vikoja joita ei perinteisillä tekniikoilla havaita, koska esimerkiksi vierintälaakerin alkavat vauriot ovat yleensä värähtelyvoimakkuudeltaan niin heikkoja, että ne peittyvät muun värähtelyn alle. (Mikkonen 2009)



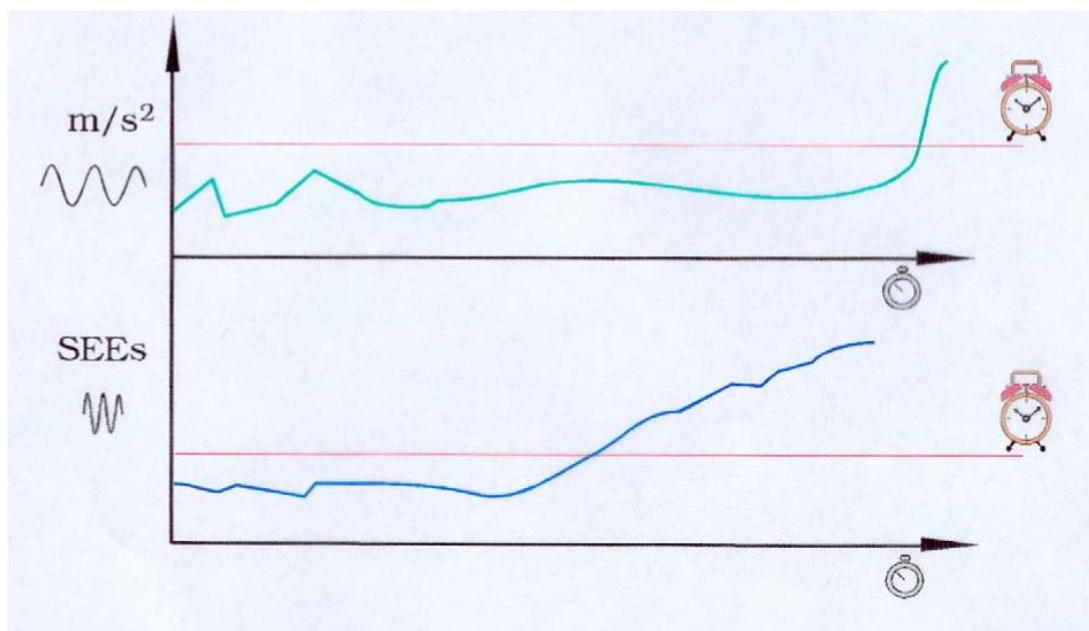
Kuva 15. Verhokäyräspektri vikaantuneesta (a) ja ehjästä (b) laakerista (Mikkonen 2009)

7.3.5 SEE technology – menetelmä

SEE eli Special emitted energy on akustiseen emissioon perustuva laakerien vianpaikannusmenetelmä, jota on kehitetty muun muassa vierintälaakerien monitorointiin. SEE mittauksella havaitaan laakerivaurioita, laakereiden puutteellista voitelua, kavitaatiota ja pyöriivien tai värähtelevien koskettamista toisiinsa. Havaitut

viat ovat samankaltaisia, kuin akustisen emission mittauksella löytyvät, mutta ne ovat luonteeltaan enemmän jaksollisia. Parhaan tuloksen aikaansaamiseksi täytyy käyttää SEE –tekniikan lisäksi värähtely- ja verhokäyrämittauksia, joilla saadaan selville eri asioita kuin SEE –tekniikalla. (Mikkonen 2009.)

SEE mittaus suoritetaan taajuusalueella 250-350 KHz. Tällä taajuusalueella eivät normaalit konetärinät, rakenteen dynaamiset käyttäytymiset tai seisovat aallot häiritse mittausta. SEE- menetelmässä on myös etuna sen kyky havaita laakerivaurion syntyminen aiemmassa vaiheessa sekä todeta myös voiteluongelmat. (SKF:n luentomoniste)



Kuva 16. SEE -teknologia verrattuna värähtelymittauksiin (Kotkamills: meesauunin kunnonvalvonta esite)

SKF:n käyttämät, ja heidän tarjoukseen kuuluvat, yhdistelmäanturit hyödyntävät tavallisen kiihtyvyyssanturin lisäksi SEE –teknologiaa. Tämä antaa mahdollisuuden tarkastella valvottavasta kohteesta eri taajuuksia, joten vikojen ennakointi helpottuu.

7.3.6 Akustinen emissio

Akustisella emissiolla tarkoitetaan materiaalissa syntyviä korkeataajuisia jännitysaaltoja, jotka aiheutuvat paikallisesta jännitysenergian vapautumisesta ja esiintyvät laajalla taajuuskaistalla (PSK 2002). Tällaisia jännitysaaltoja syntyy esimerkiksi toisiinsa nähden liikkuvien pintojen kosketuksessa, särönkasvussa tai materiaalien deformaation yhteydessä. Esimerkiksi laakerivaurion alkuvaiheessa vauriokohdan pinta väsyä, jolloin vauriokohtaan muodostuu pieniä säröjä. Nämä lähettävät akustista emissiota jo ennen kuin ulkoinen vaurio on syntynyt. (Mikkonen 2009)

Yleisimpiä akustisen emission käyttökohteita ovat muun muassa säröytymisen valvonta dynaamisen kuormituksen rasittamissa rakenteissa ja liuku- ja vierintälaakerien kunnonvalvonta. Akustisen emission mittaamiseen käytetään pietsosähköistä antureita, joka vastaa rakenteeltaan kiihtyvyyssanturia, mutta kiteen päällä ei ole yleensä lisämassaa. AE -anturit toimivat taajuusalueella 40kHz – 1MHz. Analyysissä seurataan AE:n muutoksia johonkin määriteltyyn tasoon nähden tai ilmiöiden jaksollisuuksia. (Mikkonen 2009, ABB –ttt käsikirja 2002)

7.4 Muita kunnonvalvonnan menetelmiä

Aiemmin kunnonvalvontaa suoritettiin pääasiassa aistihavaintojen avulla ja nykyään niitä korvaamaan ja täydentämään käytetään erilaisia mittausmenetelmiä. Aistinvaraisen havainnoinnin lisäksi Sachtleben Pigmentsillä tehdään voiteluaineanalyysijä joista kerron seuraavissa kappaleissa lisää. Näiden lisäksi muita menetelmiä ovat:

- lämpötilan mittaus
- NDT –menetelmiä (Non destructive methods)
- äänimittauksia
- venymäliuska-mittausmenetelmä

7.4.1 Aistinvaraiset havainnot

Aistinvaraiset havainnot käsittävät näkö-, kuulo-, tunto sekä hajuaistin hyödyntämistä kunnonvalvonnassa. Esimerkiksi öljyvuodot, epätavalliset äänet, palaneen käry ja epätavalliset koneen värähtelyt kertovat jo alkaneesta ongelmasta.

Kokemuksen kautta huoltoja suorittava asentaja voi pystyä hyvinkin ennakoimaan lähestyviä rikkoontumisia, mutta yleensä jo siinä vaiheessa laitteen vika on edennyt pitkälle ja korjauksen olisi tapahduttava välittömästi suurempien vahinkojen estämiseksi.

7.4.2 Voiteluaineanalyysit

Voiteluainetta analysoimalla saadaan tietoa koneen osien kulumisista, prosessin toiminnasta, voitelun tehokkuudesta ja itse voiteluaineen kunnosta. Voiteluaineen käyttökunnan analysoiminen on tärkeää koneen toiminnallisuutta ajatellen, koska epäpuhtaudet lisäävät kulumista ja huonontavat öljyn kuntoa, öljyn huonontunut kunto heikentää voitelua ja laitteen kuluminen lisääntyy ja lisääntynyt kuluminen ja öljyn huonontuminen lisäävät epäpuhtauksia.

Yleisimmät analyysimääritykset öljyلاadusta ja käyttökohteesta riippumatta ovat ulkonäkö, viskositeetti, happoluku ja kiintoainepitoisuus. (Mikkonen 2009)

41-kalsinointiuunin laakereille sekä vaihteistolle tehdään vuosittain öljyanalyysit, jotka hoitavat Teboil.

8. SKF:N TARJOUS

SKF:ltä Ismo Virtanen sekä Petri Sulo tulivat Sachtleben Pigmentsille paikan päälle tarkistamaan kohteen saadakseen parhaan mahdollisen kuvan valvottavasta kohteesta. Tarkastelun jälkeen kävimme läpi uunin teknisiä tietoja sekä Sachtleben

Pigmentsin mietteitä valvonnan vaativuudesta että laajuudesta. Tämän jälkeen SKF:n edustajat esittelivät heidän tuotteensa, sen mahdollisuudet ja käyttötarkoitukset, jonka jälkeen saimme alustavasti selville kunnonvalvontalaitteistoon vaadittavat laitteet.

Seuraavaksi esittelen SKF:n tarjouksen:

Anturit:

Kannatinrullien liukulaakerit:

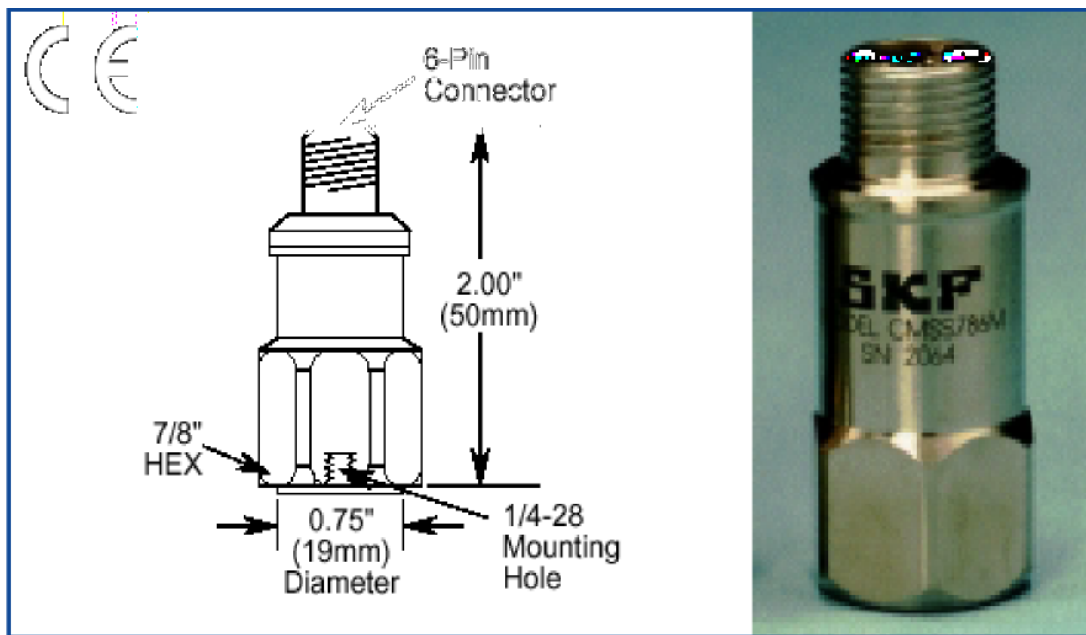
- 12 kpl Yhdistelmäanturi (SEE + kiihtyvyys)
- 12 kpl SEE kortti
- 12 kpl Anturikaapeli ja liitin

Vaihte, sähkömoottori ja käyttökehäpyörien laakerit:

- 8 kpl Kiihtyvyysanturi
- 8 kpl Anturikaapeli ja liitin
- 1 kpl Tahdistusanturi
- 1 kpl Tahdistusanturin magneetti

Jokaiselle kannatinrullan liukulaakerille (yhteensä 12kpl) asennetaan yhdistelmäanturi, joka on kiihtyvyysanturi, johon on integroitu akustiseen emissioon perustuva SEE -anturi. Tämä antaa mahdollisuuden tarkastella samasta kohteesta korkeataajuisen AE-signaalin lisäksi myös normaalia kiihtyvyyssignaalia.

Kiihtyvyysantureita tulee vaihteelle 4 kappaletta, käyttökehäpyörien laakereille 2 ja myös sähkömoottorille 2, jonka lisäksi sähkömoottorin ja ensiöakselin väliin tulee tahdistusanturi.



Kuva 17. SKF:n Yhdistelmäanturi (SEE + kiihtyvyyttä). SKF esite 2011.

Yhdistelmäanturi on herkkä metalli-metalli kontaktille, joka tapahtuu kun laakerielementit osuvat toisiinsa ilman välissä olevaa voitelukerrosta. Anturi lähettää korkean taajuuden pulssijännitelähteitä, joka tuo esiin viallisen tapahtuman.

Välilytkentäkotelot ja runkokaapelointi:

Anturikaapelit kytketään muovisiin välilytkentäkoteloihin (3 kpl), jotka sijoitetaan mitattavien kohteiden välittömään läheisyyteen. Välilytkentäkoteloilta anturisiinaalit liitetään Mittausyksikölle runkokaapeloinnin (Jamak) välityksellä.

Mittausyksiköt:

Mittausignaalien keräys ja käsittely toteutetaan uunin käyttökehän alapuolella sijaitsevaan sähkötilaan sijoitettavalla 32-kanavaisella IMx-S-32 mittausyksiköllä. Mittausyksiköitä on mahdollisuus lisätä jos tarvetta useammalle anturille ilmenee, joko 16- tai 32-kanavaisella yksiköllä.

Tietokoneet:

Laitteistotoimitukseen ei sisälly tietokoneita. Ohjelmisto ja tietokanta sijaitsevat SKF:n toimipisteessä. Sovellusohjelmisto on käytettävissä kaikilta työasemilta, joilta on Internet yhteys.

Liitynnät muihin järjestelmiin:

Kunnonvalvontajärjestelmästä voidaan siirtää tietoa ulos esimerkiksi automaatiojärjestelmään releviestillä.

Kunnonvalvontajärjestelmään voidaan puolestaan siirtää tietoa seuraavilla tekniikoilla:

- mA –viesti
- XML
- OPC

Järjestelmän verkotus:

Kunnonvalvontajärjestelmän anturit kaapeloidaan kentälle sijoitettaviin mittausyksiköihin, joista värähtelymittaukset siirretään ethernet verkon avulla tietokantapalvelimelle. Palvelimella on koko kunnonvalvontajärjestelmän tietokanta, mistä käyttäjät hakevat mittaustiedot internetin välityksellä.

Järjestelmän asennus, käyttöönotto ja dokumentointi sekä konfigurointi:

Tarjous sisältää järjestelmän asennuksen, käyttöönoton ja dokumentoinnin sekä konfiguroinnin.

Asennus ja käyttöönotto on laskettu suoritettavaksi yhtäjaksoisesti normaalina työaikana. Toimittajasta johtumattomat yli- ja odotustyöt kuluineen veloitetaan voimassa olevan SKF tuntiveloitushinnaston mukaisesti.

Dokumentit sisältävät järjestelmän kytkentäkuvat ja käyttöohjeet sekä mittapisteluettelon. Dokumentit toimitetaan tilaajalle sähköisessä muodossa.

Konfigurointi sisältää mittapisteiden konfiguroinnin tietokantaan tilaajan toimittamien tietojen perusteella.

Toimitus

Järjestelmän toimituksessa toimittaja tai tilaaja vastaa tämän tarjouksen mukaisen kunnonvalvontajärjestelmän toimituksesta ja asennuksesta oheisen taulukon mukaan:

	Toimittaja	Tilaaja
SEE yhdistelmäanturit ja elektroniikka	X	
Kiihtyvyyssanturit	X	
Pyörimisnopeusanturit	X	
Anturikaapelit, nipat, liittimet	X	
Tarvittaessa suojakudokset, -putket, kaapelihyllyt ja niiden asennus		X
Tarvittaessa asennusvaiheessa tarvittavat erikoistyökalut, kuten henkilönostimet, telineet tms.		X
Anturien ja mittauskaapelien asennus	X	
Kaapelien kytkentä IMx mittausyksikölle	X	
Kaapelien merkkkaus ja dokumentointi	X	
Välikotelot	X	
Jamak runkokaapelointi	X	
IMx Mittausyksikkö	X	
Mittaushierarkian rakentaminen	X	
Lähtötiedot mittapisteiden konfigurointia varten		X
Jännitesyöttö IMx Yksikölle 230 V suunnittelu		X
Jännitesyöttö IMx Yksikölle 230 V kytkentä		X
Instrumenttimaadoitus mittausyksikölle suunnittelu		X
Instrumenttimaadoitus mittausyksikölle kytkentä		X
Ethernet IMx yksikölle suunnittelu		X
Ethernet IMx yksikölle kytkentä		X
IMx Tiedonkeruuyksikön verkko-osoitteet suunnittelu		X
IMx Tiedonkeruuyksikön konfigurointi	X	
Järjestelmän dokumentointi	X	

Kuva 18. SKF:n tarjouksen toimitusrajat. (SKF tarjous)

8.1.1 Järjestelmän kuvaus

SKF:n kunnonvalvontajärjestelmällä on mahdollista valvoa sellaisia pyörivien koneiden vikoja ja vian kehittymistä, joiden oireet ovat mekaanista värähtelyä. Tällaisia vikoja ovat muun muassa seuraavat PSK 5707 standardissa esitetyt vikatyypit:

- Staattinen ja dynaaminen epätasapaino
- Taipunut akseli

- Resonanssi
- Linjausvirheet
- Mekaaninen väljyys
- Koneen virheellinen kiinnitys
- Vierintälaakeriviat
- Liukulaakerin viat, esim. öljykalvon pyörteily
- Roottorin hankaus
- Hydrauliset ja aerodynaamiset häiriöt
- Hammasvälitysten viat
- Hihnakäyttöjen viat
- Tietyt sähkökoneiden viat, esim. ilmavälin epäkeskeisyys ja roottoriviat ja moottorikäyttöjen viat

8.1.2 Etävalvontapalvelu

SKF Etävalvontapalvelut tarjoaa SKF @ptitude Analyst –ohjelmistoa ylläpidettynä sovelluspalveluna, mikä mahdollistaa nopean ja kustannustehokkaan kunnonvalvonnan aloittamisen.

SKF Etävalvontapalvelun kautta voi myös hankkia jatkuvaa valvontaa ja analysointia. Tällöin SKF valvoo, analysoi ja raportoi koneiden tilasta. Raportit perustuvat uusien SKF:n kannettavien ja online –järjestelmien mittauksiin, jotka tallennetaan Remote Diagnostic Centeriin joko suoraan Internet yhteyden kautta tai latausohjelmiston kautta. Tuloksena tulevat SKF:ltä koneiden tilat sekä ohjeita ja suosituksia, jotka johtavat koneistojen jatkuvaan paranemiseen ja parempaan käytettävyyteen.



Kuva 19. Etävalvonta ja diagnostiikka (SKF esite)

8.1.3 Koulutus

SKF:n tarjoukseen kuuluu myös koulutus järjestelmän käyttöä ja ylläpitoa varten. Koulutuksen tavoitteena on opastaa tilaajan henkilökuntaa käyttämään järjestelmää siten, että valvottavien kohteiden ongelmatilanteita voidaan havainnoida ennakoivasti. Lisäksi osallistujat koulutetaan RDC (Remote Diagnostic Center) palvelun käyttöön.

9. JOHTOPÄÄTÖKSET

Sachtleben Pigmentsillä nähtiin tarpeelliseksi modernisoida tehtaan kalsinointiuunin kunnonvalvontaa. Nykyinen aistinvarainen kunnonvalvonta katsottiin riittämättömäksi uunin tuotantoarvoon nähden. Tutkittuani eri kunnonvalvontamenetelmiä ja eri yritysten käyttämiä samantyyppisiä järjestelmiä sekä oheispalveluja, päädyin ottamaan yhteyttä SKF:ään, joka ainoana yrityksenä tarjoaa järjestelmässään yhdistelmäantureita (kiihtyvyyden + SEE) laakereihin. He myös tulivat paikan päälle käymään Sachtleben Pigmentsillä tarkastamaan kohteen ja saadakseen tarkasti selville yrityksen vaatimukset kunnonvalvontatarpeisiin. Neuvottelujemme aikana kävimme läpi eri vaihtoehtoja, kuten kannettavasta kunnonvalvontajärjestelmästä, joka todettiin kuitenkin riittämättömäksi samoin kuin puolikiinteä järjestelmä. Kiinteä järjestelmä on paras ratkaisu jatkuvan mittaamistarpeen ja myös online yhteyden tarjoaman etävalvontapalvelun vuoksi. Laitteen eri osista kävimme läpi tekniset tiedot joiden perusteella valitsimme anturit ja niiden määrän kuhunkin kohteeseen taatakseen tarpeellisen kunnonvalvonnan tason.

SKF:n tarjous on avaimet käteen -paketti, johon sisältyy Online kunnonvalvontajärjestelmän lisäksi SKF:n RDC palvelun käyttöoikeuden, etävalvontapalvelun ja koulutuksen.

Mielestäni SKF:n tarjoama kunnonvalvontajärjestelmä oheispalveluineen täyttäisi kaikki vaatimukset tarkkaan ja helppokäyttöiseen kunnonvalvontaan. Koulutuksen

ansiosta kunnossapitohenkilöstöllä olisi hyvät puitteet itse tarkastella kohteiden käyttäytymistä ja sen perusteella suunnitella huoltoaikataulut tehokkaammiksi ja asettaa hälytysrajat oikeille arvoille. Järjestelmän käyttöönoton ja konfiguroinnin jälkeen henkilöstön työt vähenisivät, työturvallisuus parantuisi ja vikojen selvittäminen sekä ennakoiminen helpottuisi huomattavasti. Taloudellisesti ajatellen, järjestelmän hyöty selviäisi vasta käyttöönoton jälkeen, koska kalsinointiuunin mahdollisia rikkoontumistilanteita on mahdoton ennustaa ja näin ollen sen tuomat mahdolliset säästöt olisivat vain veikkauksia.

Kalsinointiuunin kriittisyyden huomioon ottaen, pitäisin kunnonvalvontajärjestelmän hankkimista ja käyttöönottamista erittäin tärkeänä. Suositeltavaa olisi myös pyytää tarjousta muilta kunnonvalvontajärjestelmiä toimittavilta yrityksiltä, kuten Metsolta tai Andritzilta, mutta omien tutkimusten mukaan näiden yritysten tarjoamat lisäpalvelut eivät ole niin kattavat, sekä heidän järjestelmiensä käyttämien antureiden yksinkertaisemmat toimintatavat vähentäisivät kunnonvalvonnan tasoa verrattuna SKF:n järjestelmään.

LÄHTEET

1. Sachtleben pigments Oy:n kotisivu
(<http://www.sachtleben.de/index.php?id=850>, 10.04.2014)
2. TiO₂-sulfaattioprosessin lähde- ja koulutusmateriaali, KIL (18.04.2014)
3. Sachtleben Pigments loppupään esittely 2007. Sachtleben pigmentsin koulutusmateriaali. (19.01.2014)
4. Nohynek, P. & Lumme, V-E.1996. Kunnanvalvonnan värähtelymittaukset. Loviisa: Painoyhtymä
5. Oulun ammattikorkeakoulu. Automaatio laboratoriot 2007.
http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/23_Kunnonvalvonta%20ja%20huolto.pdf
6. ABB:n TTT- käsikirja 2007
7. Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media
8. Mustonen, M. 2000. VTT:n tutkimusraportti. Paperikoneiden vierintälaakerien kunnanvalvontamenetelmät.
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/kunvalvmenetf.pdf>
(Luettu 15.4.2014)
9. Psk-käsikirja 3, 5.painos. 2002.
10. Kotkamills: Meesauunin kunnanvalvonta esite.
11. SKF Reliability Systems Uutiset 2011
<http://www.skf.com/binary/12-142289/SKFRS2011.pdf> (Luettu 15.4.2014)
12. SKF Reliability Systems Uutiset 2011
<http://www.skf.com/binary/12-142289/SKFRS2011.pdf> (Luettu 15.4.2014)
13. SKF Meesauunin kunnanvalvonta. Koulutusmateriaali.
14. SKF. 2014. SKF:n edustajan 31.3.2014 lähettämä tarjous.

Prosessikaavio

TiO₂ sulfaattiprosessi
TiO₂ Sulphate Process

