



VAAKAKARAISEN TYÖSTÖKES- KUKSEN HUOLTO-OHJE

Niigata SPN 501

Tapio Huhtasalo

Opinnäytetyö
Marraskuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

Tapio Huhtasalo:
Vaakakaraisen työstökeskuksen huolto-ohje
Niigata SPN 501 #10

Opinnäytetyö 47 sivua
Marraskuu 2013

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda visuaalisempi ja toimivampi kunnossapito-ohjeistus Gardner Denverin Tampereen tehtaalle ennalta valituille laitteille. Kunnossapito-ohjeistuksen parantamisen avulla pyrittiin lisäämään koneiden luotettavuutta ja nostamaan käyttöastetta. Työ kohdennettiin yhteen kriittisimmistä työstökeskuksista Niigata SPN 501:een, koneeseen numero 10. Työn tekemisen yhteydessä suoritettiin myös erityismittauksia. Esimerkiksi lasermittauksen avulla tehty koneen koordinaattien uudelleen kompensointi sekä kone numero seitsemästä tehty värähtelymittaus.

Uudet ohjeet tehtiin yhteistyössä koneistajien ja kunnossapidon henkilöstön kanssa laitetoimittajien suosituksia huomioiden. Ohjeiden teossa hyödynnettiin eri vuorojen koneistajien teknistä tietämystä. Huollot ja tarkistukset jaoteltiin päivittäisiin, viikoittaisiin sekä kuukausittaisiin osioihin. Kaikista toimenpiteistä otettiin kuvia, jotka dokumentoitiin lyhyiden sanallisten tarkenteiden kanssa Excel-pohjaan.

Osaa vanhojen huolto-ohjeiden mukaisista huoltotehtävistä pidettiin tarpeettomina ja toisaalta joitain uusia kunnossapitotoimenpiteitä määriteltiin uuteen ohjelmaan. Myös laitetoimittajan suosituksien mukaisia huoltointervalleja muutettiin vastaamaan paremmin koneen kunnossapitotarpeita.

Kunnossapito-ohjeistus on aika ajoin muuttuva toimenpidekokoelma, jota tarvitsee päivittää vuosittain. Kun vika-analyysjä tehdään koneen komponenteille, intervallit ja toimenpiteet muuttuvat. Näin voidaan tehtäviä kohdentaa tarkemmin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of the Mechanical Engineering

Tapio Huhtasalo
Maintenance Instructions for the Horizontal Machining Center

Bachelor's thesis 47 pages
November 2013

The aim set for this bachelor's thesis was to create more visual and functional maintenance instructions to Gardner Denver Tampere factory's pre-selected devices. Maintenance guidelines for improvement aimed to increase the reliability of the machines and to rise the utilization rate. My job was allocated to Niigata SPN 501 machine number 10, the most critical machining center. Some special measurements and adjustments were made during the job. For example, coordinate re-compensation by using laser equipment and vibration measurement copied from machine number 7.

The new instructions were created in co-operation with machinists and maintenance personnel. The recommendations of the machine supplier were taken into account. The instructions were made by using the technical knowledge of the each shift. Maintenance and adjustments were categorized to daily, weekly and monthly sections. All actions were photographed and documented with short written refinements to Excel-sheets.

Some of the old maintenance instructions were kept unnecessary, and on the other hand some new tasks were added to the new program. In order to meet better the needs of the machine maintenance, the recommended intervals were changed from the machine supplier's recommendations.

Maintenance guidelines are periodically changing collection of actions which need to be updated annually. Failure analysis to the components will change the intervals and type of the actions. That way action in use can be allocated more specifically.

Key words: maintenance, maintenance instructions, vibration measurement

SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT	6
1 JOHDANTO.....	7
2 GARDNER DENVER YRITYKSENÄ	8
2.1 Gardner Denverin historia.....	8
2.2 Pörssiin liittyminen ja uudet omistajat.....	8
2.3 GD:n jakautuminen tuloalueittain.....	9
2.4 ”The Gardner Denver way” -filosofia.....	10
2.5 Gardner Denverin Tampereen tehdas	10
2.5.1 Gardner Denver Tampereen logon historia.....	11
2.5.2 Gardner Denverin Tampereen tehtaan virstanpylväitä	11
2.5.3 Varaosa- ja jälkimarkkinointi.....	12
2.5.4 Tutkimus ja kehitys	12
3 TPM, KOKONAISSVALTAINEN TUOTTAVA KUNNOSSAPITO	13
3.1 Yleistä	13
3.2 Taustaa	14
3.3 TPM:N päämäärät.....	14
4 NIIGATA SPN 501 VAAKAKARAINEN TYÖSTÖKESKUS	16
4.1 Runko.....	17
4.2 Työstökara	17
4.3 Työkalumakasiini.....	18
4.4 Työkalun vaihtaja	19
4.5 Paletti eli työstöalusta	19
4.6 Esimerkkityökalut	20
5 TYÖSTÖKESKUKSELLE TEHTÄVÄT TUOTTEET	21
6 TPM-JÄRJESTELMÄN LUOMINEN	23
6.1 TPM-toiminnan kehittäminen yhdessä tuotannon ja kunnossapidon kanssa.....	24
6.2 Aikataulu ja toteutus	24
6.3 Turvallisuus TPM:n aikana.....	25
7 NIIGATA SPN 501 HUOLLOT JA TARKISTUKSET	26
7.1 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset.....	26
7.1.1 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset osa 1.....	27
7.1.2 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset osa 2.....	28
7.2 Viikoittain tehtävät huollot ja tarkistukset.....	29
7.3 Kuukausittain tehtävät huollot ja tarkistukset.....	31
7.4 Määräajoin tehtävät huollot ja tarkistukset.....	32
8 ERITYISSÄÄDÖT JA MITTAUKSET	33
8.1 Geometriamittaukset.....	33
8.1.1 Työkalun kiinnityskartion epäkeskisyyden mittaaminen.....	34
8.1.2 Y-liikkeen suoruus	34
8.2 Laserinterferometri	35
8.2.1 Laserinterferometrin toiminta	36
8.2.2 Lasermittausten hyöty kunnossapidossa	38
8.2.3 Kuularuuvien venymän kompensointi lasermittauksen avulla	39
8.3 Värähtelymittaukset	41
8.4 Työstökeskuksen värähtelymittauksen tekeminen.....	42
8.4.1 Värähtelymittauksien tulos kone 7.....	43
8.4.2 Värähtelymittauksien tulos kone 8.....	44

9 POHDINTA.....	45
9.1 Miten TPM-ohjelman onnistuminen voidaan käytännössä todentaa?	45
LÄHTEET.....	47

LYHENTEET JA TERMIT

GD	Gardner Denver
Infra	Ympäristö
TPM	Total Productive Maintenance = kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
Marine	Merikäyttöön suunniteltu kompressori
OEM	Original Equipment Manufacturer = Alkuperäisvalmistaja
5S	Toyotalta lähtöisin oleva tuottavuusstandardi
VSOP	Visual Standard Operating Procedure = visuaalinen toimintaohje
CBN	Kuutiollinen boorinitridi, timantin jälkeen kovin tunnettu materiaali

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee vaakakaraisen työstökeskuksen huoltamista. Vaikka opinnäytetyössä keskitytään tämän keskuksen tarkistuksiin ja huoltotöihin, se on osa suurempaa kokonaisuutta, koneistamon huolto-ohjelman päivitystä.

Opinnäytetyö tehdään Gardner Denverin Tampereen tehtaan koneistamoon. Tekstimuodossa olevat ohjeet korvataan kuvallisilla yksiselitteisillä ohjeilla. Joidenkin koneiden ohjeistus lainataan suoraan laitetoimittajan ohjeista. Toimittajan ohjeiden kirjaimellinen noudattaminen vie paljon aikaa ja voi olla hankalaa, ja siksi ohjeita tiivistetään vastaamaan vaatimuksia paremmin.

Työni tavoitteena on luoda yhtenäinen ja selkeärakenteinen ohjeistus koko koneistamon alueelle, jolloin henkilöstön hallinta helpottuu. Kaikkien koneella työskentelevien on mahdollista tehdä esimerkiksi päivittäiset tarkistukset yksiselitteisen ohjeen mukaan. Koneistamon huoltotöiden visualisoiminen aloitettiin kehityspäällikkö Kai Piironen johdolla tammikuussa 2013. Tavoitteena oli saada koneistamolle ohjeistuksen ensimmäinen vaihe valmiiksi kesäkuun loppuun mennessä.

Työssä keskitytään yhteen työstökeskukseen, jonka toimintakunnon ylläpitäminen poistaa yhden virhemahdollisuuden tuotannosta. Sitä kautta se parantaa joustavuutta kompressorirunkojen valmistuksen kuormituksessa. Koneen valinta on luonnollinen, keskuksella ja sen kolmella sisarmallilla työstetään merkittävä osa suurivolyymillisista tuotteista. Käyttöasteen nosto merkitsee suoraan tehokkuuden parantumista kaikille neljälle.

Opinnäytetyössä kerrotaan yrityksestä yleisesti ja sen jälkeen huoltojen sekä tarkistusten tekemisestä. Työssä otetaan huomioon myös hieman erilaisempien huoltotoimenpiteiden käyttämisestä, mm. laser- ja värähtelymittauksista. Molemmista on esimerkki myöhemmin tekstissä. Työssä on sovellettu Seiichi Nakajiman ja Jyrki Järviön oppeja, osa opinnäytetyöstä perustuu omiin näkemyksiini.

2 GARDNER DENVER YRITYKSENÄ

2.1 Gardner Denverin historia

Gardner Denverin (GD) historia alkaa vuodesta 1859, jolloin Robert Gardnerin (GD:n perustaja) yritys aloitti kierrosnopeuden säätimien valmistuksen höyrykoneisiin. 1883 säätimet palkittiin Kentuckyssä. Vuosisadan vaihteeseen mennessä yritys oli myynyt yli 150 000 säädintä USA:n ja Kanadan markkinoille. Mr. Gardner laajensi toimintaansa lämminvesisäätimien syöttöpumppuihin. Sen jälkeen teknologian käyttö alkoi öljyn ja luonnonkaasun poraustoiminnassa. Teksasista löytynyt öljylähde ja siitä saatava polttoaine autojen lisääntyneeseen tarpeeseen, oli erittäin tärkeä tapahtuma GD:n menneisyydessä. GD:n pumpuilla pumpattiin liete lähteestä pois ja öljy saatiin hyötykäyttöön.

Näihin aikoihin Gardner aloitti korkeapainepumppujen tuottamisen bensiiniasemille. Kokonaisia pumppauslinjoja otettiin käyttöön autojen yleistymisen myötä.

1920-luvun jälkimmäisellä puoliskolla pumppuvalmistaja Gardner ja pora valmistaja Denver yhdistyivät. Vuonna 1927 yhdistyneistä yrityksistä tuli Gardner Denver.

Suuren laman aikaan Rooseveltin hallinto teetti massiivisia projekteja GD:llä, mm. tunnelleita, siltoja ja patoja. Padoista voidaan mainita esimerkiksi Hoover-pato. (www.gardnerdenver.com)

2.2 Pörssiin liittyminen ja uudet omistajat

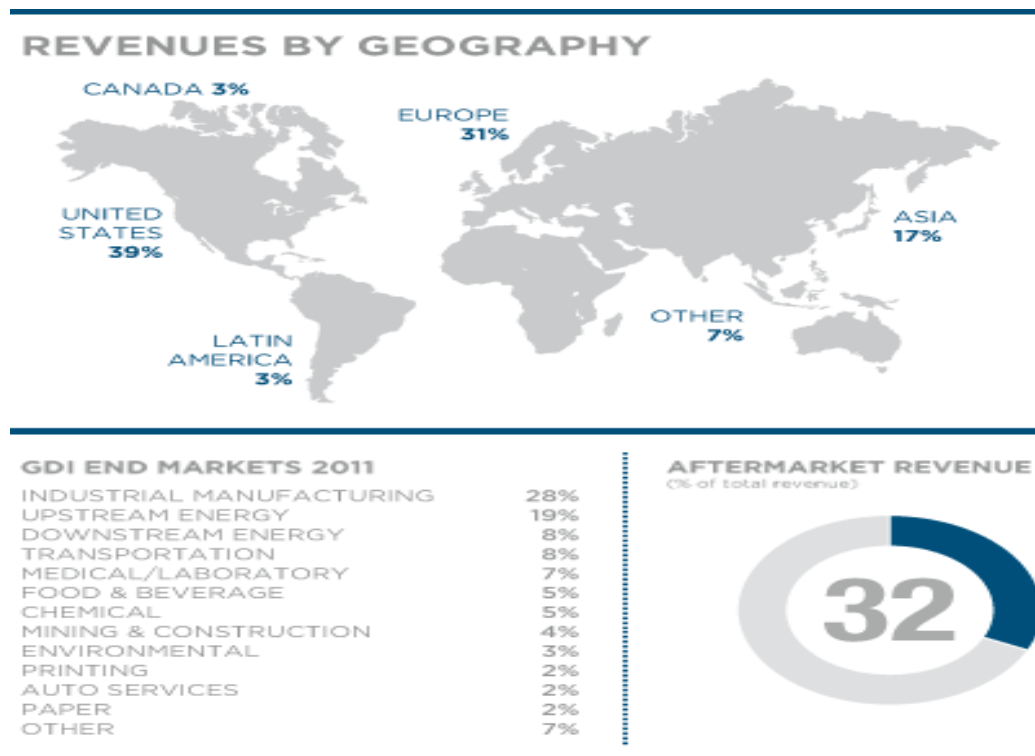
1943 GD siirtyi pörssiyhtiöksi, New Yorkin pörssiin. 1950-luvulla GD osti monia alaan liittyviä yrityksiä Keller Tool Companyn sekä Cycloblower Companyn, jonka erikoisosaamisena olivat ruuvikompressorit. 60-luvulla GD:iin liitettiin Apex Machine and Tool Company ja Martin Decker Company. 1973 yhtiö siirsi pääkonttorinsa Dallasiin, Texasiin. Vuosikymmenen lopussa Cooper Industries osti GD:n. Vuosien 1985 ja 1988 välillä Cooper osti lisäksi Sutorbiltin, DuroFlow Blowersin, OPI Well Servicing Pumpsin sekä Joy Compressorsin. Näin saatiin aikaan suuri koalitio kompressorimaailmassa.

1994 strategia Cooper Industriesilla vaihtui ja syntyi Gardner Denver Industrial Machinery -ryhmä, Gardner Denver, Inc, jonka lyhennykseksi New Yorkin pörssiin tuli GDI.

Nykyään GDI on alansa johtavia valmistajia sekä imu- että korkeapainepuolella. (www.gardnerdenver.com)

2.3 GD:n jakautuminen tuloalueittain

Oheiseen karttaan on merkitty GD:n monien osa-alueiden tuotot maanosittain (kuvio 1). Eurooppa ja USA ovat suurimmat tulonlähdealueet. (www.gardnerdenver.com)



KUVIO 1. Tulojen jakautuminen maanosittain

2.4 ”The Gardner Denver way” -filosofia

Gardner Denver on luonut filosofiansa (kuvio 2) alusta asti lähtökohtanaan sekä työntekijä että asiakas. Gardner Denver on yhdistelmä kokemusta ja asiakaslähtöisyyttä. (www.gardnerdenver.com)



KUVIO 2. The Gardner Denver way, keskeiset ideologiat

2.5 Gardner Denverin Tampereen tehdas

Gardner Denverin Tampereen tehtaalla työskentelee 111 ammattitaitoista ja kokenutta tuotannon työntekijää ja 76 toimihenkilöä. Toimihenkilöistä suurin osa työskentelee suunnittelussa ja uusien tuotteiden menetelmöinnissä.

Vuosimyynä on noin 65 M€, luku sisältää Tamrotor-kompressorit. Tuotteet käsittävät teholuokat 2,2–500 kW jakautuen teollisuuden, Marine-mallien ja OEM-yksiköiden kesken. (Gardner Denver 2012)

2.5.1 Gardner Denver Tampereen logon historia

Alussa Tampella Tamrockin Kompressori-logo oli aika tavanomainen yrityksen logo mukaan lukien tuotenimike (kuvio 3.) Kyseinen kuva on vuodelta 1963, jolloin Tampella Tamrock allekirjoitti yhteistyösopimuksen SRM (Svenska Rotormaskiner) kanssa. Ensimmäinen ruuvikompressori valmistettiin vuonna 1967. Tällöin yrityksen logossa teksti vaihtui Tamrotoriksi. (Gardner Denver 2012)



KUVIO 3. Tamrockin ruuvikompressoritehtaan ensimmäinen logo

1997 Gardner Denver osti Tamrotorin. Vuonna 1999 logossa olivat sekä Gardner Denverin että Tamrotorin nimet. Lopulta vuonna 2003 Tamrotor-teksti väistyi logosta kokonaan jättäen siihen vain tekstin ”Gardner Denver” (kuvio 4). (Gardner Denver 2012)



KUVIO 4. Gardner Denverin logo sellaisena kuin se on säilynyt tähän päivään asti.

2.5.2 Gardner Denverin Tampereen tehtaan virstanpylväitä

Vuonna 1969 luotiin epäsymmetrinen roottoriprofiili, ensimmäisenä maailmassa. 1975 valmistettiin ensimmäinen ennätyksiä rikkonut 321-kompressoriyksikkö. Useita yksiköitä on kuormitettu yli 150 000 tuntia ja ne ovat edelleen käytössä. Suurimmassa osassa on edelleen käytössä alkuperäiset laakerit. Ensimmäinen mikroprosessoriohjattu kompressori valmistettiin vuonna 1986. Vuonna 1995 valmistettiin ensimmäiset Tempest-sarjan kompressorit, joissa oli yksikköön integroitu öljynerotusjärjestelmä. Samana vuonna Gardner Denver sai ISO 9001 -laatusertifikaatin. Vuonna 1997 esiteltiin VS-sarja, mikä tarkoittaa kuorman mukaan säätyvää kierrosnopeutta (variable speed). 2001

saavutettiin 100 000 valmistetun yksikön rajapyykki. Täydellinen Marine-kompressorien tuoteperhe näki päivänvalon vuonna 2007. Vuonna 2012 valmistettiin täysin uudistettu integroitu versio, Tempest 3. (Gardner Denver 2012)

2.5.3 Varaosa- ja jälkimarkkinointi

Gardner Denverillä on varaosatoimituksiin ja koulutukseen erikoistunut yksikkö. Yksikkö toimii Tampereella Hyllilänkadulla. Valmistuksen ja varaosatoiminnan läheisyys luo hyvät mahdollisuudet palvella loppuasiakasta nopealla ja joustavalla palvelulla. Palvelun piiriin kuuluu myös yksiköiden täydellinen kunnostus ja huoltotoimet. (Gardner Denver 2012)

2.5.4 Tutkimus ja kehitys

Tampereen toiminnalla on yli 40 vuoden kokemus yksiköiden ja kompressorikonaisuuksien kehittämisessä. Suunnittelussa käytetään kokonaisuuksiin parhaiten sopivia osakokonaisuuksia, esimerkkinä 3D-suunnittelussa Inventor 3D:tä. Asiakas tarpeet huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa. Kaikki valmistuneet kompressorit testataan heti kokoonpanon jälkeen tarkoitukseen räätälöityjen testiohjelmien ja standardien mukaisesti. (Gardner Denver 2012)

3 TPM, KOKONAISSVALTAINEN TUOTTAVA KUNNOSSAPITO

TPM suomennetaan sanatarkasti kokonaisvaltaiseksi tuottavaksi kunnossapidoksi. TPM-lyhenne tunnetaan samoin kirjoitettuna kaikkialla maailmassa. TPM muistuttaa toiminnoiltaan tuotanto-omaisuuden hallinnan toimintatapaa. (Järviö 2007, s 111)

TPM-filosofian lähtökohta on, että luodaan tuotannon koneille/laitteille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidetään ne. Malli lähtee laatuguru J.M. Juranin toteamuksesta, että luotettavuuden vähentyminen johtuu toimintaolosuhteiden hitaasta muuttumisesta epäedulliseen suuntaan. Näin ollen luotettavuuden/tuottavuuden nosto vaatii näiden olosuhteiden parantamista. (Järviö 2007, s 111)

Alkuperäinen Toyotalta lähtöisin oleva filosofia ja lähestymistapa ei välttämättä ole suoraan kopiointikelpoinen pohjoismaisiin yrityksiin. Tämä johtuu kulttuurieroista, johtamistavoista sekä ihmisten suhtautumisesta. Näiden syiden takia on keskitytty lähinnä periaatteiden esittämisiin. (Järviö 2007, s 111)

Suomessa järjestelmää on kutsuttu myös *tuttava*-nimellä, eli työpaikkojen turvallisuus- ja siisteysohjelmanä. (Järviö 2007, s 111)

3.1 Yleistä

TPM korostaa sanaa kokonaisvaltainen seuraavalla tavalla:

- kokonaistehokkuus: pyrkimys tehokkuuteen, mittareina taloudelliset mittarit
- kokonaiskattavuus: kunnossapitotarpeen pienentäminen, huolto- ja korjaus-toimien helpottaminen rakenteita muuttamalla sekä ehkäisevällä kunnossapidolla
- kokonaisvaltainen osallistuminen: kaikki osallistuvat, häiriötön toiminta on tulos, jonka osatekijöinä ovat kaikki yrityksen osastot ja ihmiset asemasta riippumatta. (Järviö 2007, s 111)

TPM-prosessin idea on, että kaikki ne koneet ja laitteet, joista tuotanto on riippuvainen, pidetään optimikunnossa ja suorituskyvyt maksimoituna. Tämä toteutuu, kun tehtaiden ja laitteiden käyttöhenkilökunta on henkilökohtaisesti ja suoraan vastuussa toteuttamisesta. (Järviö 2007, s 111)

3.2 Taustaa

TPM:n isänä tunnetaan japanilainen Seiichi Nakajima. Hän oli luomassa pohjaa Japanin vahvalle talouskasvulle 1970-luvun lopussa. Nakajiman oppien viisi peruspiilaa ovat:

- lisätään suunnittelun avulla laitteiden tehokkuutta häviöitä karsimalla
- parannetaan olemassa olevaa suunnitellun ja kuntoon perustuvan kunnossapidon tasoa
- määritetään vaatimustasot koulutettujen käyttäjien tekemille huolto- ja puhdistustöille
- lisätään kunnossapidon ja käytön henkilökunnan taitoja ja motivaatiota yksilö- ja ryhmätason koulutuksella
- aloitetaan ehkäisevät kunnossapitotoimet mukaan lukien suunnittelun ja hankintojen kehittäminen. (Järviö 2007, s 111)

3.3 TPM:N päämäärät

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon keskeisiksi päämääriksi voidaan asettaa seuraavat asiat:

- maksimoida koneen kokonaistehokkuus (aika, teho ja laatu-kertoimet)
- kehittää kunnossapitosysteemi, joka kattaa koneen koko eliniän
- sitoa mukaan kaikki ihmiset ja osastot, jotka liittyvät koneen suunnitteluun, käyttämiseen tai kunnossapitoon
- sitoa mukaan koko yrityksen henkilökunta kaikilta tasoilta
- siirtää kunnossapidon suunnittelu ja toteutus niille ryhmille, joiden työtehtäviin kone jollain tavoin liittyy. Tyypillisin tällainen ryhmä koostuu ihmisistä, jotka käyttävät ja huoltavat konetta. (Järviö 2007, s 112)

Nakajiman mukaan TPM-metodissa on kolme erityispiirrettä:

- TPM sisältää menetelmiä tiedonkeruuseen, analysointiin, ongelmien ratkaisuun ja prosessin ohjaukseen. Menetelmillä pyritään parantamaan laitteen tehokkuutta.
- TPM kannustaa käytön ja kunnossapidon henkilökuntaa työskentelemään yhdessä yhdenvertaisina kumppaneina. TPM pitää sisällään myös toimintoja, kuten suunnittelun, laadun, tuotannonohjauksen, ostotoiminnan sekä johdon ja valvonnan.
- TPM edistää jatkuvia laiteparannuksia ja sille on laajaa käyttöä standardisoinnissa, työpaikkojen organisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa sekä ongelman ratkaisussa. (Järviö 2007, s 112)

Kunnossapidon kustannukset voidaan helposti arvioida tunteina, yleiskustannuksina, materiaaleina ja alihankintatyönä ja kaikista näistä kertyvinä kustannuksi-

na. Kustannusten rinnastaminen kunnossapitotyöhön on vaikeampaa. Suurten tuotantokatkojen aiheuttamat tuotantokatkokset on helppo laskea mutta pienten katkojen, rajoitetun tuotantonopeuden, joutokäynnin, laatuhävikkien ja käynnistystappioiden laskeminen on paljon haastavampaa. TPM:n avulla vaikeasti laskettavat mitattavat häviöt vähenevät ja todelliset kustannukset/hyödyt on helpompi arvioida. (Järviö 2007, s 112)

TPM-järjestelmää ei voi kopioida maasta ja kulttuurista toiseen ilman uuden kulttuurin huomioonottamista. TPM tuleeekin räätälöidä yksilöllisesti kunkin tuotantolaitoksen erityispiirteet ja kulttuuri huomioiden. (Järviö 2007, s 112)

TPM-toimintaan siirtyminen on mittava ja aikaa vievä prosessi, jossa kaikkien osapuolien tulee sitoutua toimintaan sataprosenttisesti. (Järviö 2007, s 112)

Monet yritykset, jotka ovat sitoutuneet TPM:n käyttäjiksi, käyttävät järjestelmän oppeja myös muussa toiminnassa. Toyotan sovellus on nimeltään Toyota Production System (TPS). Toyotan toimintatapa on tällä hetkellä kaikilla mittareilla mitattuna tehokkain järjestelmä maailmassa. (Järviö 2007, s 113)

4 NIIGATA SPN 501 VAAKAKARAINEN TYÖSTÖKESKUS

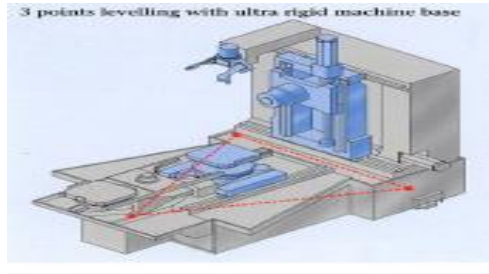
Niigata on japanilainen työstökeskusvalmistaja. Koneiden käyttöliittymä tulee Fanucilta. SPN-tuotenimike käsittää kolmen kokoisia keskuksia: 501 (kuva 1), 701 sekä 901. Numerosarja kertoo keskuksen koon ja työstöalueen koon. SPN 501:n suurin työstöalue on halkaisijaltaan 800 mm ja korkeudeltaan 1000 mm. Suurimman 901:n vastaavat mitat ovat 1750 mm ja 1400 mm. Keskuksien rakenne on ”BOX in BOX” -tyyppinen, eli modulierakenteinen. Moduulit tarkoittavat työstöaluetta ja työkalumakasiinia. Työstettävät kappaleet ladataan koneeseen paletilla. Lastuavat työkalut kiinnitetään karayksikköön käyttämällä työkalukartiota. Koneen siirtotarkkuus on kymmenestuhannes osamillimetri. 501 koneen paino on noin 16 t, ja ulkomitat 2,7x5,6 m. (Niigata 2008)



KUVA 1. SPN 501 työstökeskus. (Niigata 2008)

4.1 Runko

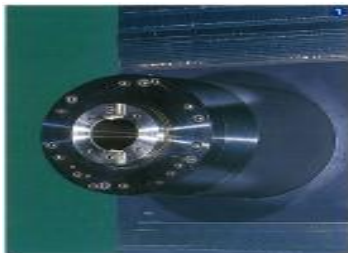
SPN-työstökeskuksen runko on kolmipistetuentainen maksimijäykkyyden saavuttamiseksi (kuvio 5). Suurin liikematka X-suunnassa on 800 mm, Y-suunnassa 750 mm ja Z-suunnassa 750 mm, mallisarjan versiossa 501. Kaikki johteet on voideltu automaattisesti, voitelujärjestelmällä, joka voitelee johteita sopivissa intervaleissa. (Niigata 2008)



KUVIO 5. Niigata työstökeskuksen kolmipistetuentainen runko (Niigata 2008)

4.2 Työstökara

Työstää suorittavia karatyyppejä (kuva 2) on saatavilla erilaisia malleja, riippuen työstön vaatimuksista. Perusmalli on varustettu 12000 rpm 30 kW:n karamoottorilla, jonka maksimivääntö on 420 Nm. Suurempia kierrosnopeuksia ja pienempiä lastuamissyvyksiä vaadittaessa voidaan valita 15000 rpm-malli 400 Nm:n väännöllä. GD:lle valittu yhdistelmä on raskaaseen työstöön soveltuvin yhdistelmä 8000 rpm:n kierrosnopeudella ja 600 Nm:n väännöllä varustettu karayksikkö, jonka teho on 30 kW. (Niigata 2008)



KUVA 2. Työstökoneen kara (Niigata 2008)

Työkalujen kiinnitykseen on useita erilaisia standardoituja kartiomalleja. GD:lle valittu kartio on tyypiltään BT 50 (Kuva 3).



KUVA 3. Kartiotyyppi BT 50 (Kuva: Tapio Huhtasalo 2013)

4.3 Työkalumakasiini

Työkalumakasiini (kuvio 6) on matriisityyppinen, ja makasiineja voidaan lisätä moduuleittain. Standardimäärä on 60 kpl. Työkaluja voi olla standardin mukainen määrä tai valinnaisesti 126/178/230 työstettävien kappaleiden mukaan. (Niigata 2008)



KUVIO 6. Matriisikuvioinen työkalumakasiini sisältä ja ulkoa (Niigata 2008)

4.4 Työkalun vaihtaja

Työkalunvaihtaja on servomootorikäyttöinen kahden haarukkatarttujan yhdistelmä (kuvio 7). SPN 501 -järjestelmässä työkalun maksimipaino on 20 kg. 901-vaihtajassa maksimipaino on 30 kg. Vaihtajajärjestelmä hyödyntää Niigatan kehittämää SSM-toimintatapaa (Synchronous Swing Motion). Järjestelmän ohjaus tulee Fanucilta. Työkalun vaihtajan maksiminopeus on 60 m/min. Työkalun vaihtoaika on 1,4 s. (Niigata 2008)



KUVIO 7. Työkalun vaihtaja SPN 501 (Niigata 2008)

4.5 Paletti eli työstöalusta

Paletteja (kuva 3) käytetään työstettävien osien/osakokonaisuuksien kiinnittämiseen työstöä varten. Paletin koko ja mitoitus on määritelty koneen mallin mukaan. SPN 501:ssä se on 500x500 mm (701: 630x630 mm ja 901: 800x800 mm). Paletteihin kiinnitetään erilaisia jigejä. Niihin kiinnitetään halutun mallisia kappaleita, joita voidaan työstää useissa eri työvaiheissa irrottamalla kappale ja kiinnittämällä se jigien eri koneistuspisteeseen ja lataamalla se koneeseen uudelleen (ns. monivaihettyöstö). (Niigata 2008)



KUVA 3. Paletti/jigiyhdistelmä (Kuva: Tapio Huhtasalo 2013)

4.6 Esimerkkityökalut

Työkaluja on monia erilaisia käyttötarkoituksen mukaan, aina ohutkärkisistä merkitsemistyökaluista suurempiin avartimiin (kuva 4). Pienillä työkaluilla käytetään suuria kierrosnopeuksia ja suurilla pieniä. Kierros- ja syöttönopeudet perustuvat työkalutoimitajien antamiin suosituksiin. Teräpaloissa käytetään yleensä kovametalleja. Käytössä on myös CBN-paloja sekä keraamisia työkaluja.



KUVA 4. Pieni jysintappi O-rengasuran tekemiseen sekä suurempi avartin (Kuva: Tapio Huhtasalo 2013)

5 TYÖSTÖKESKUKSELLE TEHTÄVÄT TUOTTEET

GD:n työstökeskuksilla työstetään pääosin ruuvikompressoreiden runko-osia (kuva 5). Runkoihin koneistetaan tasoja, porataan reikiä ja tehdään erilaisia upotuksia. Tarkimmat koneistukset ovat roottorien ja laakeripesien avarrukset sekä pinnapulttien reiät. Työstökeskuksilla voidaan koneistaa myös kuutionmallisista jigi-aihoista valmiita jigejä. Jigeihin kiinnitettävät kappaleet koneistetaan valmiiksi joko yhdessä tai kahdessa vaiheessa.



KUVA 5. Ruuviyksikön runko (Kuva: Tapio Huhtasalo 2013)

Runkoihin asennetaan kokoonpanovaiheessa imu- ja painelaippa sekä ruuvi- että luistiroottori (kuva 6), jotka ovat merkittävimmät osat ruuviyksikössä.



KUVA 6. Koottu yksikkö, johon on asennettu laipat sekä roottorit (Kuva: Tapio Huhtasalo 2013)

Ruuvissa on neljä tai viisi hammasta ja luistissa viisi tai kuusi. Ruuvi ja luisti eivät fyysisesti kosketa toisiaan, vaan niiden välissä on voiteleva ja jäähdyttävä öljykalvo, jonka vällys vaihtelee 2–10 sadasosamillin välillä. Ruuvia pyöritettäessä ilma/öljyseos puristuu paineaukon puolelle, jolloin seoksen paine kasvaa normaalia ilmanpainetta suuremmaksi, eli kompressoituu. Tähän perustuu ruuvikompressorin paineilman tuottaminen.

Runkojen työstötarkkuuksien toleranssi on yleensä 0,015 mm, kaikissa liikesuunnissa. Koska toleranssi on niin pieni, se vaatii työstökeskuksilta erittäin tiukkoja perusvaatimuksia. Toimintakunnon varmistamiseksi koneistamossa on oltava hyvin toimiva ja aktiivinen kunnossapito-ohjelma. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että työstökeskuksilla voidaan saavuttaa vaaditut toleranssit normaaleilla käyttörutiineilla.

6 TPM-JÄRJESTELMÄN LUOMINEN

TPM-järjestelmää lähdettiin luomaan Nakajiman (Nakajima 1988, 77) seitsenportaisen ohjelman mukaisesti.

1. Ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan perusteellinen puhdistus. Tarkoituksena poistaa kulumista kiihdyttävät tekijät. Koneet myös tarkastetaan puhdistuksen yhteydessä.
2. Koneen ympäristön siistiminen: kulku koneille nopeutuu, turvallisuus paranee ja käytettävyys paranee. Samalla nopeutetaan myös erilaisten dokumenttien löytömistä.
3. Puhdistus- ja huolto-ohjeet: koneille laaditaan selvät ohjeet, joiden pohjalta huollot suoritetaan säännöllisesti.
4. Yleistarkastukset: Koneille laaditaan tarkastusohjeet ja koulutetaan koneenkäyttäjät. Jos tarkastuskohteisiin pääsy on vaikeaa, voidaan rakenteita modifioida, jotta tarkastuksen teko onnistuu.
5. Käyttäjien suorittamat tarkastukset: Tarkastusta ei suoriteta pelkästään koneelle, vaan myös käytön ja kunnossapidon tehokkuutta tarkastellaan. Tehokas tietokonejärjestelmä auttaa jakamaan informaatiota koneiden käyttäjien ja kunnossapitajien välillä.
6. Toimintojen organisointi ja optimointi: Tarvikkeille ja työkaluille määritellään tietyt paikat ja kulutustarvikkeille määritellään minimimäärät ja tilausrutiinit. Tarkastuksia voidaan helpottaa värjäämällä ja numeroimalla eri kohteita. Lämpötiloja voidaan seurata antureilla, jotka ilmaisevat eri värein eri lämpötilat.
7. Täysin itsenäinen kunnossapito: Yrityksen tulee kehittää tavoitteitaan ja politiikkaansa. Jatkuvan parantamisen käyttöönotto.

Nakajiman ohjelman kaksi ensimmäistä askelta oli jo toteutettu varsin tehokkaasti ennen varsinaisen TPM-järjestelmän luomista. Myös TPM:n esiaste oli otettu käyttöön. Opinnäytetyön tarkoitus olikin muuntaa ohjeistukset visuaalisemmiksi ja tehostaa huoltoja ja tarkistella niiden intervaleja.

6.1 TPM-toiminnan kehittäminen yhdessä tuotannon ja kunnossapidon kanssa

TPM-toiminta ei onnistu ilman kaikkien yhteistä panostusta koneiden toiminta-asteen ylläpitoon. Tästä syystä TPM-toiminta aloitettiin yhteistyössä käyttäjien ja kunnossapidon työntekijöiden kanssa. Koneistuksen esimiehet olivat alusta alkaen tukemassa toimintaa aikataulujen joustavuuden takaamiseksi.

6.2 Aikataulu ja toteutus

Aikataulun laatiminen oli toiminnan ensimmäinen vaihe. Vuoden 2013 alussa tavoitteeksi asetettiin, että toimiva ensimmäinen versio olisi käytössä kesäkuun 2013 loppuun mennessä (kuvio 8).

Toinen vaihe oli huolto- ja tarkistuskohteiden valinta. Koneita hankittaessa valmistaja toimittaa kattavan tarkistus- ja huolto-ohjelman. Tätä ohjetta käytiin läpi koneiden käyttäjien ja kunnossapidon henkilökunnan kanssa. Ohjeistuksesta otettiin tähän TPM-järjestelmän ensimmäiseen versioon mukaan yhdessä sovitut kriittisimmät kohteet. On selvää, että uusi kone vaatii enemmän tarkistuksia kuin huoltoja. Koneen ikääntyessä huoltojen ja korjausten määrä kasvaa tarkastuksien määrän pysyessä vakiona.

Koneistuksen esimiesten kanssa sovittiin kunkin koneen/laitteen huoltoajankohta. Sovittuna päivänä kutsuttiin töihin käyttäjä/käyttäjät sekä aamu- että iltavuorosta. Mukana oli tietysti myös kunnossapidon henkilökunta. Näin toimittaessa vaihdettiin arvokasta tietoa eri vuorojen käyttäjien kesken ja varmistuttiin siitä, että kaikilla on sama tieto huoltojen ja tarkistuksien määrästä ja tärkeydestä. Seuraavalla viikolla tieto jaettiin ja koulutettiin edellisviikolla yövuorossa olleiden kanssa.

7 NIIGATA SPN 501 HUOLLOT JA TARKISTUKSET

Huolto-ohjeistus laadittiin laitetoimittajan suosittelemia intervaleja noudattaen. Kaikki kuvalliset ohjeet kuumalaminointiin ja varustettiin magneettinauhoilla. Näin ohjeet voitiin kiinnittää samalle alueelle koneen kylkipaneeleihin ja irrottaa paikaltaan tarkistuksia ja huoltoja varten sekä kiinnittää takaisin.

Päivittäin tarkistetaan esimerkiksi että kaikkien mittarien lukemat ovat oikeilla alueilla. Esimerkiksi koneen vuotava paineilmaletku voisi aiheuttaa kokonaispaineen aleneman, joka huomattaisiin lukemia tarkistettaessa.

Viikoittaiset toimet vievät hieman enemmän aikaa tarkistuksien muuttuessa huoltotoimenpiteiksi. Ne ohjeistettiin tehtäväksi ennalta sovittuna viikonpäivänä aamuvuoron aikana, koska silloin on paikalla suurempi joukko avustavia osaryhmiä.

Kuukausittaiset toimenpiteet eriteltiin omaksi kokonaisuudekseen, koska ne vievät eniten aikaa sekä suorittajilta että tukifunktioilta (esimerkkinä osto, työnjohto ja kunnossapito).

7.1 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset

Päivittäin suoritettavia ohjeita tehtiin kaksi tarkistuksien lukumäärästä johtuen ja ne laadittiin niin, että tarkistuksiin suunniteltu viiden minuutin tarkistuskierron voidaan suorittaa kiertämällä kone ympäri vastapäivään. Näin toimiessa aikaa ei kulu liikaa ja taas toisaalta kaikki kohteet tulevat tarkastetuiksi. Päivittäin tehtyjä toimenpiteitä ei kirjata tällä hetkellä. Tulevaisuudessa myös päivittäiset toimet tullaan kirjaamaan listaan. Näin varmistetaan, että kaikki vaadittavat osuudet on tarkistettu/huollettu asianmukaisesti.

7.1.1 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset osa 1.

Kyseessä olevat tarkastukset/huollot on kuvattu VSOP:iin (kuvio 10).

- Karamoottorin värinöiden ja melun aistinvarainen tarkastelu, kara ei saa pitää ääntä eikä väristä. Jos jompaakumpaa esiintyy, se voi tarkoittaa erittäin arvokasta ja aikaa vievää korjausta. Tätä voidaan tarkkailla myös värähtelymittauksilla, johon palataan jäljempänä.
- Hydraulikkaöljyn määrän tarkastaminen. Öljyn määrän vähäisyys tai nopea väheneminen on merkki öljyvuodosta.
- Karajähdyttimen lämpötila. Jos jäähdytin on häiriötilassa, saattaa kenno olla likainen. Ylilämpö voi aiheuttaa karan kiinnileikkautumisen.
- Karajähdyttimen öljymäärä. Vähäinen öljyn määrä indikoi öljyvuodosta, josta seuraa ylilämpö järjestelmässä.
- Johdevoitelujärjestelmän öljyn määrä. Tätä öljyä kuluu aina koneen käydessä jonkin verran. Jos kulutus on normaalia suurempaa, kyseessä on vuoto järjestelmässä, pahimmassa tapauksessa tästä seuraa johteiden liian nopea kulumisen ja koko koneen tarkkuuden alenema.
- Öljysumuvoitelujärjestelmä. Paineilman voiteluöljyä tulee olla säiliössä riittävästi paineilman voitelua varten. Jos öljy pääsee loppumaan, paineilmalaitteet käyvät ”kuivana” aiheuttaen niiden loppuun kulumisen enneaikaisesti.

VISUAL SOP	SPN 501 päivittäiset tarkastukset_1	Sivu 1/1	7.6.2013	Gardner Denver
				
Tarkista, että karamoottori pyörii värinöittä ja melutta. Tarkista työkalun häiriötön vaihto.	Tarkista hydraulikkaöljyn määrä, lisää tarvittaessa. Tarkista hydraulipaine(4.9MPa)	Tarkista että karajähdyttimen lämpötila ei ole liian korkea. Jäähdytin menee silloin häiriötilaan. Ilmoita siitä		
				
Tarkista karajähdyttimen öljymäärä, lisää tarvittaessa	Tarkista johdevoitelujärjestelmän öljyn määrä. Lisää tarvittaessa. Tarkista myös, että pumpun käynnistyessä paine nousee riittävästi.()	Tarkista öljysumuvoitelujärjestelmä, öljymäärä ja ilman paine (min 0.25MPa)		
HYVÄKSYNYT				
PVM:	7.6.2013			
Lainnut:	Tapio Huhtasaari			
Hyväksynyt:	Kari Piironen	Tehtään aamuvuoron aikana		

KUVIO 10. Päivittäisten tarkistusten ja huoltojen ohjeistus osa 1

7.1.2 Päivittäin tehtävät huollot ja tarkistukset osa 2.

Kyseessä olevat tarkastukset/huollot on kuvattu VSOP:iin (kuvio 11).

- Paine-eromittari. Jos paine-ero on liian suuri, suodattimet pitää vaihtaa.
- Lastuamismeste. Neste on pitää olla puhdasta ja sitä pitää olla riittävästi. Oikea määrä voidaan varmistaa altaiden pintaa tarkkailemalla. Puhtaus todetaan mekaanisesti altaan pohjaa kokeilemalla. Jos pohjalla on liikaa kiinneainesta, työstäminen on syytä keskeyttää. Tällöin hiontanesteen puhdistusväliä pitää tihentää.
- Lastunkuljettimen toiminta. Jos lastunkuljetin pyörii epätasaisesti tai liikkeissä on muuta silmännähtävää eroa normaaliin verrattuna, kuljetin pitää puhdistaa ja huoltaa.
- Lastuamismesteen korkeapainepumppu. Jos pumppu ei saavuta vaadittavaa 5 Mpa:n painetta, voi kyseessä olla likainen hiontaneste tai vikaantunut pumppu.
- Lastuamismesteen virtausmittarit. Mittareiden säädöt ovat tarkkoja, pahimmillaan korkeapainepumppu käy nesteettä tai neste tulee yläsäiliöstä yli. Myös nesteen kuohumista saattaa esiintyä, tällöin jäähdytysteho saattaa heikentyä ilmakuplien takia. Näistä seikoista johtuen pitää virtauksien olla ennalta annettujen asetusten mukaisia.
- Pinta-anturin toiminta. Lastuamismesteen pinnan tulee olla täsmälleen oikealla tasolla. Jos pinta on liian alhainen, työstöön syötettävän nesteen määrä on liian pieni. Jos taas anturi ei toimi lainkaan, tulee hiontaneste yli altaan reunan aiheuttaen turvallisuusriskin ja työstökeskukselle nestevajauden.





KUVIO 11. Päivittäisten tarkistusten ja huoltojen ohjeistus osa 2

7.2 Viikoittain tehtävät huollot ja tarkistukset

Viikoittain tehtävät työt sisältävät enemmän toimenpiteitä kuin tarkastusta. Aikaa vievin toimenpide on koneen sisään sekä paletinvaihtotilaan kertyneiden lastujen poistaminen. Tämä tehdään imuroimalla ja pyyhkimällä koneen sisällä olevia pintoja. Kyseessä olevat tarkastukset/huollot on kuvattu VSOP:iin (kuvio 12).

- Työkalunvaihtajan öljynmäärän tarkastus. Jos näkölasista öljymäärää tarkistettaessa öljynmäärä on liian pieni, työkalunvaihtaja voi jumiutua voiteluongelman vuoksi.
- Palettipöydän siivous sekä johdesuojien tarkastus. Jos palettipöydällä on lastuja, paletti ei lukkiudu kunnolla ja työstö epäonnistuu väärän asemoinnin takia. Jos taas johdesuojat ovat vioittuneita, lastut pääsevät suojien alle ja vahingoittavat johteita aiheuttaen vaurion ja tällöin rullajohteet on vaihdettava. Tämä on aikaa vievää ja siten myös kallista. Johdesuojat voidaan kunnostaa ja oikaista, mikäli viat/virheet havaitaan ajoissa.
- Ruuvikuljettimen siivous. Ruuvikuljetin on yksi lastunpoiston tärkeimmistä osista, siitä tulee tarkistaa suoruuus ja virheettömyys. Näin toimimalla varmistetaan, että lastut kulkeutuvat lastunkuljettimen kautta lastusäiliöön.
- Y-akselin lamellisuoijat. Suojat pitää pyyhkiä säännöllisesti, etteivät lamellien takana olevat kangaskuitusuoijat vahingoittuisi. Vahingoittuminen tarkoittaa suojien uusimista ja suurta rahallista sekä ajallista vahinkoa.
- Paletinvaihtajan puhdistus. Paletinvaihtaja tulee puhdistaa lastuista säännöllisesti, muuten vaihtajan alue täyttyy lastuista ja paletin lukitus ei toimi. Toinen ongelma on se, ettei palettihiisi toimi ollenkaan. Tämä aiheuttaa koneen jumiutumisen sekä työstökoneita palvelevan hissijärjestelmän jumiutumisen. Tällöin pysähtyvät kaikki järjestelmään asennetut koneet, GD:ssä se tarkoittaa neljää tai kuutta koneistuskeskusta. Turvallisuuden kannalta on äärimmäisen tärkeää ottaa hissijärjestelmän virta-avain pois sähkökaapista.

- Optiset paletintunnistimet. Tunnistimien linssit pitää puhdistaa viikoittain. Liikainen linssi ei lähetä/vastaanota signaalia ja pysäyttää hissijärjestelmän kokonaan.

VISUAL SOP	SPN 501 viikottaiset tarkistukset/huollot	Sivu 1/1	7.6.2013	Gardner Denver
				
Tarkista työkalunvaihtajan öljyn määrä vaihtajassa olevasta tarkistuslinssistä.	Siivoa pöytä ja tarkasta johdesuojat. Poista ns porausrenkaat taaemman Z-suojan väleistä.	Siivoa ruuvikuljettimet		
				
Puhdista vipperillä pyyhkien Y-akselin johdesuojat	Puhdista paletinvaihtaja ja koneen sisäosa lastuista. Pöytä on ylhäällä, jos hissi ei ole tuonut toista palettia työstöä varten. Tällöin sen voi puhdistaa hissien puolelta, MUISTA ottaa hissien lukitusavain mukaan.	Puhdista optiset paletintunnistimet.		
HYVÄKSYNYT		Tehdään pesukoneen kyljessä olevan listan mukaisesti		
PVM:	7.6.2013			
Laatinut:	Tapio Huhtasalo			
Hyväksynyt:	Kari Piironen			

KUVIO 12. Viikoittaisten tarkistusten ja huoltojen ohjeistus

Viikoittaiset toimenpiteet kuitataan suoritetuiksi olevaan kuittauslistaan (kuva 13). Näin voidaan todeta tehtävät suoritetuiksi.

VIKKOHUOLLOT	Viikoittain tehtävät tarkistukset ja lisäykset kuitataan nimikirjaimilla	VW6015	VW6035	VW6051	VW6052	VW6053	VW6054	VW6055	VW6056	VW6057	VW6058	VW6059	VW6060
	Kone 1												
	Kone 2												
	Kone 3												
	Kone 4												
	Kone 5												
	Kone 6												
	Kone 7												
	Kone 8												
	Kone 9												
	Kone 10												
Tarkista työkalunvaihtajan öljymäärä													
Pöytä: Tarkista pöydän öljymäärä													
Muut: Imuroi koneen sisätila puhtaaksi Istutusta (palaetnivahtaja, ruuvikuljettimet, lataaja, siirtolaakerit, pöytä, pöydän alusta, kara ym.) Tarkasta ohjaukskaapin suodatin, vaihda tarvittaessa Mullusihien puhdistus													
Viikkohuollot: Ia aamuvuoro tekee kaikki viikkohuollot (TPM-ohjeen mukaan) jos viikolla ei ole tehty tai ei ole ollut mahdollista tehdä viikko- huoltoa koneeseen/koneisiin Iltavuoro lisää koneisiin öljyä terähuoltojen yhteydessä													

KUVIO 13. Viikoittaisten tarkistusten ja huoltojen kuittauslista

7.3 Kuukausittain tehtävät huollot ja tarkistukset

Koneen valmistaja on listannut useita kuukausittain tehtäviä toimintoja. Operaattoreiden kanssa yhteistyössä valitut toimenpiteet (kuvio 14) ovat listalla ja ne on ohjeistettu ja koulutettu kaikille. Suoritetut toimenpiteet tulee kuitata tehdyiksi.

- Karaosan tarkistus. Työstökaran takaosan putket ja liittimet tulee tarkistaa mahdollisten vuotojen osalta. Hydraulikkaletkun vuoto voi muuttua nopeasti koko koneen pysäyttäväksi ja vaaralliseksi vuodoksi.
- Hydraulikkayksikön öljynlauhdutin. Ritilä pitää puhdistaa kuukausittain, jotta lauhduttimen jäähdytyskyky säilyy. Tehokkuuden laskiessa hydraulikan osat lämpiävät ja aiheuttavat toimintahäiriöitä.
- Karan puhdistus. Karalaakerikoteloiden tyhjennysreiät pitää avata. Jos reiät eivät ole auki, työkalu saattaa työstää kappaletta ilman jäähdytystä, mikä aiheuttaa mittaheittoja ja toiminnan epävarmuutta.
- Nesteen PH:n ja vahvuuden mittaus. PH pitää mitata bakteerikasvun rajoittamiseksi sekä vahvuus pitää mitata klinometrillä, jottei väärä konsentraatio aiheuta työstöongelmia.
- Karajäähdyttimen suodattimen puhdistus. Suodatin tulee puhdistaa kuukausittain, jotta jäähdytyskyky säilyisi. Viallinen/tukkoinen suodatin ylikuormittaa järjestelmän.

- Sähkökaapin ilmansuodattimen vaihto. Ilmansuodatin tulee vaihtaa kuukausittain. Jos suodatinta ei vaihdeta säännöllisesti tuloilman puolelle, sähkökaapin lämpötila nousee liian suureksi aiheuttaen toimintahäiriöitä keskuksen toimintaan, esimerkiksi servohäiriöitä.

VISUAL SOP		SPR 501 kuukausittain tehtävät tarkistukset ja huollot	Sivu 1/1	7.6.2013	Gardner Denver
					
Tarkista karan takaosa ja puhdista se ylimääräisestä roskasta. Tarkista putket ja letkut vuotojen osalta.	Puhdista hydraulikkayksikön öljynlauhdutin. Lauhdutinritilä kannattaa kostuttaa muljulla (esim sumutinpullo) ja pyyhkiä vipperillä.	Tarkista karalaakerikoteloiden tyhjennysreiät ja avaa mahdolliset tukokset (älä käytä paineilmaa)			
					
Mittaa nesteen PH ja vahvuus	Puhdista karajäähdyttimen ilmansuodatin. Ota suodatin irti nostamalla sitä alapäästä ja vetämällä sitä ulospäin, puhalla paineilmalla.	Vaihda sähkökaapin ilmansuodatin.			
HYVÄKSYNYT					
PVM:	7.6.2013				
Laatinut:	Tapio Huhtasalo				
Hyväksynyt:	Kai Piironen	Tehdään kuukauden ensimmäisellä viikolla			

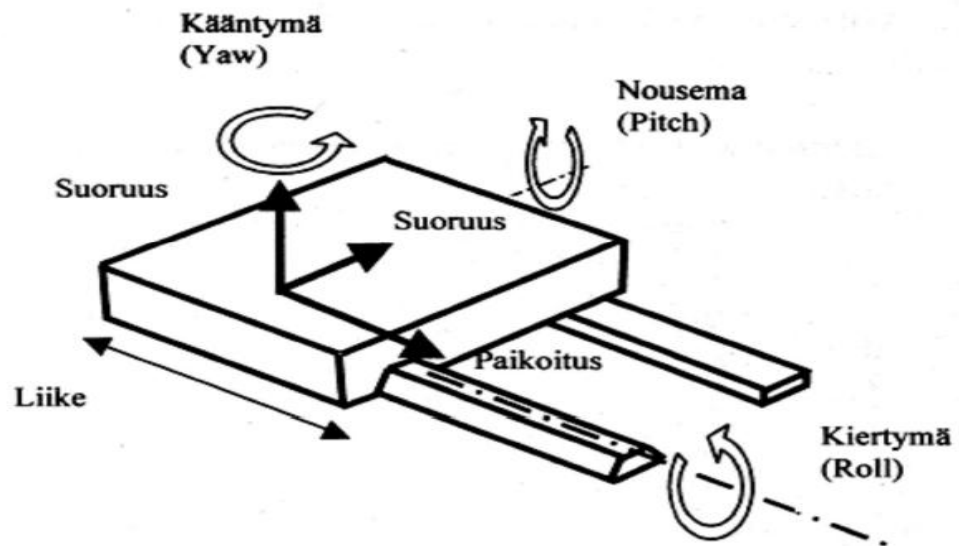
KUVIO 14. Kuukausittaisten tarkistusten ja huoltojen ohjeistus

7.4 Määräajoin tehtävät huollot ja tarkistukset

Työstökeskuksille on määritelty myös puolivuositain ja vuosittain suoritettavat huollot. Nämä huollot suoritetaan yleensä laitetoimittajan huoltoyksikön toimesta. Ne voidaan suorittaa myös keskuksen omistajan toimesta edellyttäen, että omistajalla on riittävän ammattitaitoinen henkilökunta. Tällöin varaosat ja muut huollossa tarvittavat tarvikkeet tilataan huoltoon varten. Yleensä nämä osat ovat suodattimia, öljyjä yms. Huollon jälkeen tulee mitata geometria, jotta voidaan olla varmoja, että keskus pystyy vaadittaviin toleransseihin normaalien olosuhteiden vallitessa.

8 ERITYISSÄÄDÖT JA MITTAUKSET

Työstökoneessa on kuusi mahdollista poikkeamasuuntaa yhtä akselinsuuntaa kohti. Liikesuuntaan kohtisuoraan vaikuttavat poikkeamat ovat suoruuspoikkeamia, liikesuunnassa vaikuttava poikkeama on paikoitusvirhe. Kulmapoikkeamat ovat kunkin liikeakselin ympäri, ja ne ovat kiertymä, nousema ja kääntymä (kuvio 15). Nämä poikkeamat vaikuttavat toisiinsa. Siksi työstökeskuksen tarkastuksessa pyritään arvioimaan eri poikkeamasuureiden vaikutusta yksittäisenä virheenä.



KUVIO 15. Työstökeskuksen vapausasteet (Tikka 1997, 240)

8.1 Geometriamittaukset

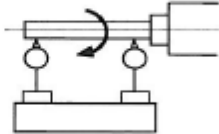
Työstökoneen geometria säädetään käyttämällä kivilevyä ja tuhannesosakelloa. Säädön tarve arvioidaan tuotettujen kappaleiden 3D-mittaustulosten perusteella ennen toleransien ylitystä. Mittakellon mittatarkkuus on 0,001 mm, tällöin sillä voidaan mitata luotettavasti sadasosamillin poikkeamia.

Mittaus suoritetaan automaattisesti vuosihuollon yhteydessä. Näin voidaan todentaa laaduntuottokyky välittömästi huollon jälkeen. Tämä on erityisen tärkeää, jos koneesta on irrotettu tarkkuuteen vaikuttavia osia. Esimerkkinä voidaan mainita karayksikkö.

Kaiken kaikkiaan mittauksia tehdään kymmenen erilaista. Ohessa on mainittuna kaksi esimerkkiä. Liitteinä on lisäksi täydellinen mittapöytäkirja.

8.1.1 Työkalun kiinnityskartion epäkeskisyyden mittaaminen

Työkalun kiinnityskartion epäkeskisyyden mitataan asettamalla mittatuurna kartioon. Tuurnaa pyöritetään ja epäkeskisyyden luetaan mittakellon asteikolta. Tämä tehdään kone-toimittajan ohjeiden mukaisilta etäisyyksiltä (kuvio 16) sekä karan juuresta, että 300 mm päästä. Mittatuloksesta voidaan todeta epäkeskisyyden olevan toleranssien mukainen. 300 mm:n päästä mitattu lukema on lähellä edellisen kappaleen sadasosamillia.

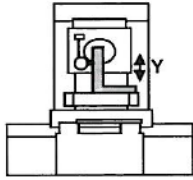
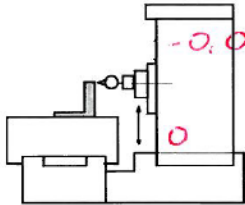
KARAKARTION EPÄKESKEISYYS			
	KARAN PÄÄSTÄ	0,005	0,001
	300 MM PÄÄSTÄ	0,012	0,01

KUVIO 16. Työkalun kiinnityskartion epäkeskisyydenmittauksen tulokset

8.1.2 Y-liikkeen suoruus

Kuvan (kuvio 17) mittapöytäkirjasta havaitaan, että haluttua toleranssia ei saavuteta. Suurin poikkeama 300 mm:n matkalla saa olla 0,005 mm. Kun 400 mm:n matkalla mitattu lukema 0,01 mm karapylvään alaosassa muutetaan 300 mm:n matkalle, lukema on 0,0075 mm. Tämä ylittää sallitun lukuarvon lievästi.

Pylvään yläosan poikkeama on 0,04 mm 400 mm:n matkalla. Suhteutettuna 300 mm:n matkalle, saadaan lukemaksi 0,03 mm. Saatu lukema poikkeaa selvästi koneelle asetetusta maksimiarvosta 0,005 mm. Tulos osoittaa pylvään johteiden kuluneen. Koneen kunnostustarve on kartoitettava.

Y-LIIKKEEN SUORUUS				
 X-Y TASOSSA	 Y-Z TASOSSA	X-Y	0.005 / 300 ⁴⁰⁰	0.07
		X-Z	0.005 / 300 ⁴⁰⁰	0.04

KUVIO 17. Y-liikkeen suoruus

Työstökeskuksen peruskorjausta ei kuitenkaan tarvitse aloittaa välittömästi. Työstöä suorittavaan NC-ohjelmaan voi tehdä kompensatiomuutoksia. Näiden korjausten negatiivinen puoli on se, että kun kone saadaan peruskorjattua, täytyy kaikki ohjelmakorjaukset mitätöidä.

8.2 Laserinterferometri

Tavanomaisilla mittauksilla voidaan mitata suoraan tiettyä vapausastetta, kuten esimerkiksi paikoitustarkkuutta. Mittaukset tehdään aina akseliliikkeen ollessa pysähtyneenä. Paikoitustarkkuuden määrittämisessä käytetään yleisesti laser-interferometriä.

8.2.1 Laserinterferometrin toiminta

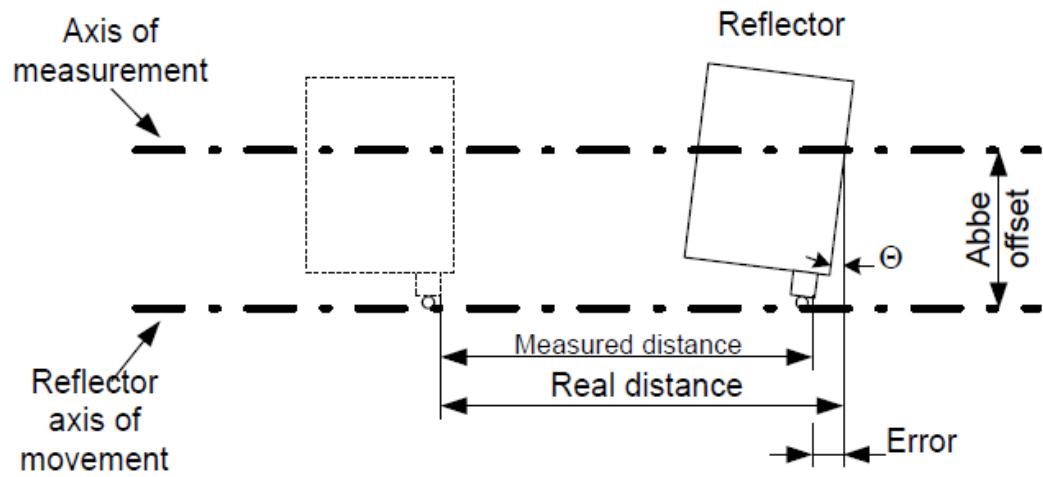
Laserlaitteisto on äärimmäisen tarkka mittalaite pituusmittauksiin, koska laserin aallonpituus on niin lyhyt (Helium/Neonlaser 543 nm ja 633 nm). Tällöin minimaalisenkin pienet mittamuutokset voidaan rekisteröidä ja mitata. Etäisyyksien mittaustoleranssi on kymmenestuhannesosamillin luokkaa (taulukko 1). Keskimääräinen tarkkuus on 0,41 $\mu\text{m}/\text{m}$.

TAULUKKO 1. (www.feanor.com)

Mittausalue	Asteikko	Erottelukyky	Tarkkuus
Etäisyys	0 - 30 m (100 m erikoisversio)	0,01 μm (0,001 μm)	0,41 $\mu\text{m}/\text{m}$
Nopeus	0 - 0,3 m/s (20 m/s erikoisversio)	3 $\mu\text{m}/\text{s}$	0,1 %
Kulma	0 - 3600 arcsec	0,6 arcsec	0,2 %
Suoruus	0 - 3 m	0,1 μm	1 %

Laitteisto koostuu erikoiskomponenteista (kuvio 18) helium/neonlaserista, interferometrillä ja heijastimesta. Lähtetin/vastaanotin-yhdistelmällä lähetetään ja vastaanotetaan lasersädettä. Lähetetty säde heijastetaan kahteen eri suuntaan erilaisten peilien kautta vastaanottimeen.

Näiden säteiden vaihe-ero ilmaisee pituuden mittaeron. Kuvassa ero on ilmaistu sanalla ”error”. Näin saadaan ero todellisen ja koneen ilmoittaman matkan välillä. Mittatuloksen mukaan konetta voidaan säätää vastaamaan todellisia arvoja. (www.feanor.com)



KUVIO 18. Laserinterferometri mittaustapahtuman kaaviopiirros (www.feanor.com)

8.2.2 Lasermittausten hyöty kunnossapidossa

Niigata SPN 501:ssä voidaan käyttää kahta eri mittaustekniikkaa, mittasauvaa tai absoluuttianturia (kuvio 19). Yleensä käytetään mittasauvaa sen luotettavuuden ja tarkkuuden vuoksi. Mittasauvan tarkkuus ei kuitenkaan hyödytä, jos koneessa on mekaaninen vika. Kuularuuvi, joka kuljettaa karayksikköä voi vioittua törmäyksissä tai kulua mekaanisesti. Tällöin konetta voi säätää toimimaan tarkemmin käyttämällä lasermittausta.



KUVIO 19. Kuularuuvi (ISEL 2011, kuularuuviveto).

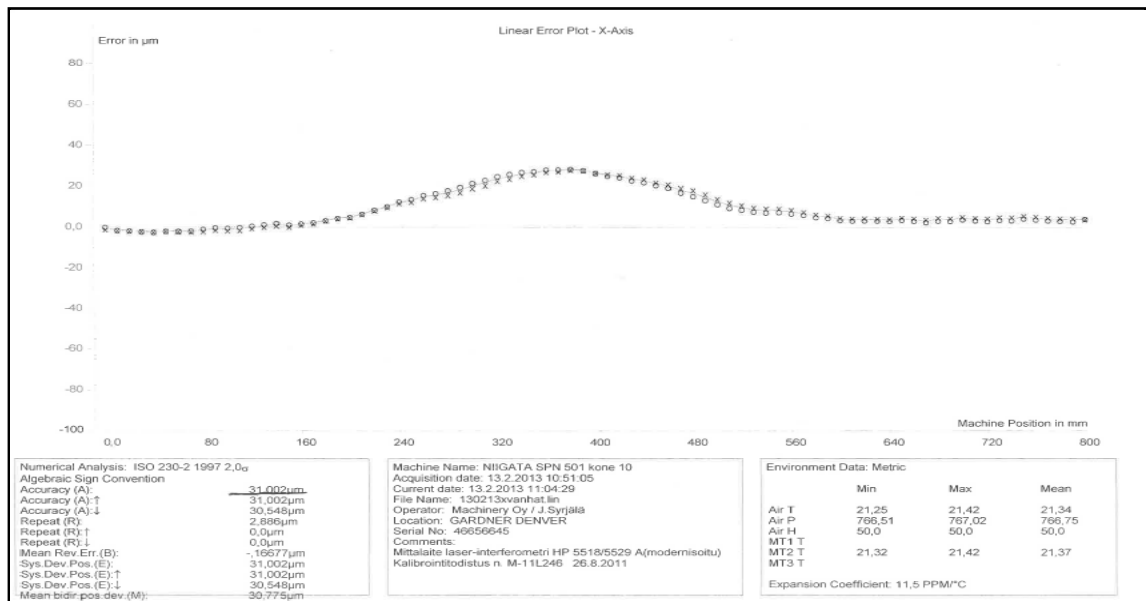


KUVIO 20. Heidenhain LC 100 mittasauva (Heidenhain 2008, yleisesite.)

KUVIO 19. Kuularuuvi ja mittasauva. (ISEL 2011 kuularuuviveto, Heidenhain 2008)

8.2.3 Kuularuuvien venymän kompensointi lasermittauksen avulla

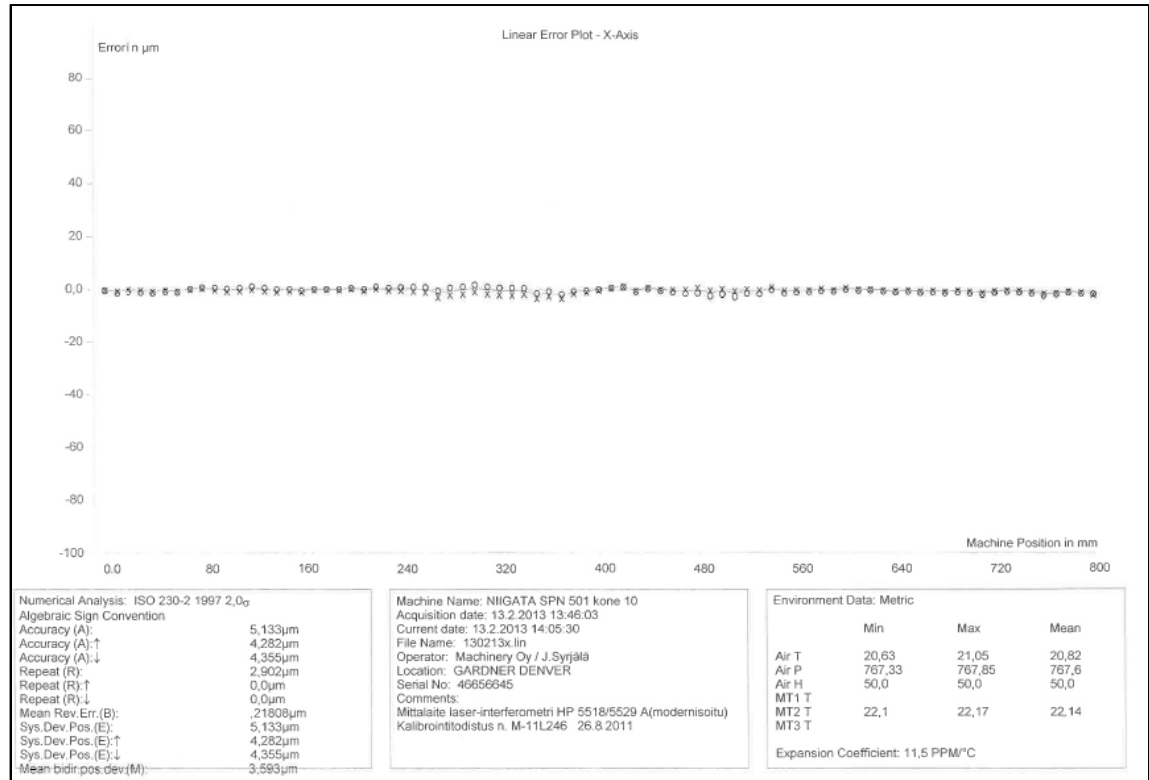
TPM-ohjeen aiheena oleva kone oli törmännyt pikaliikkeellä päin koneistettavaa kappaletta. Tämän jälkeen koneessa alkoi esiintyä käännemittavirhettä (kuvio 20). Virhe korjattiin kompensoimalla käännemittavirheenpuolikas koneen perusparametreihin. Ongelma ei silti poistunut kokonaan, koska käännemittavirhe esiintyi vain hyvin kapealla osalla työstöaluetta, noin 300 mm:n matkalla. Käännemittavirhettä arvioitiin 3D-mittauksen perusteella olevan noin 0,04 mm.



KUVIO 20. Mittaus ennen korjauksia

Koneeseen kytkettiin kiinni laserinterferometri. Käännevirheen kompensoitioarvo nolattiin. Koneen palettipöytää siirrettiin x-suunnassa 10 mm kerrallaan alkaen mitasta 0, eli koneen käyttöoven puoleisesta päädyistä. Aina siirron jälkeen tietokone tallensi muistiin siirron oikean matkan. Näin jatkettiin 800 mm aina liikeradan päähän asti. Päädyistä palattiin samalla tavalla mitaten 10 mm:n siirtoja. Eteenpäin mennessä mittauspisteeseen merkittiin symboli ”X” ja palatessa symboli ”O”. Kun mittaus saatiin suoritettua, mittausdata analysoitiin ja suurimmaksi poikkeamaksi todettiin 3,1 sadasosamillia.

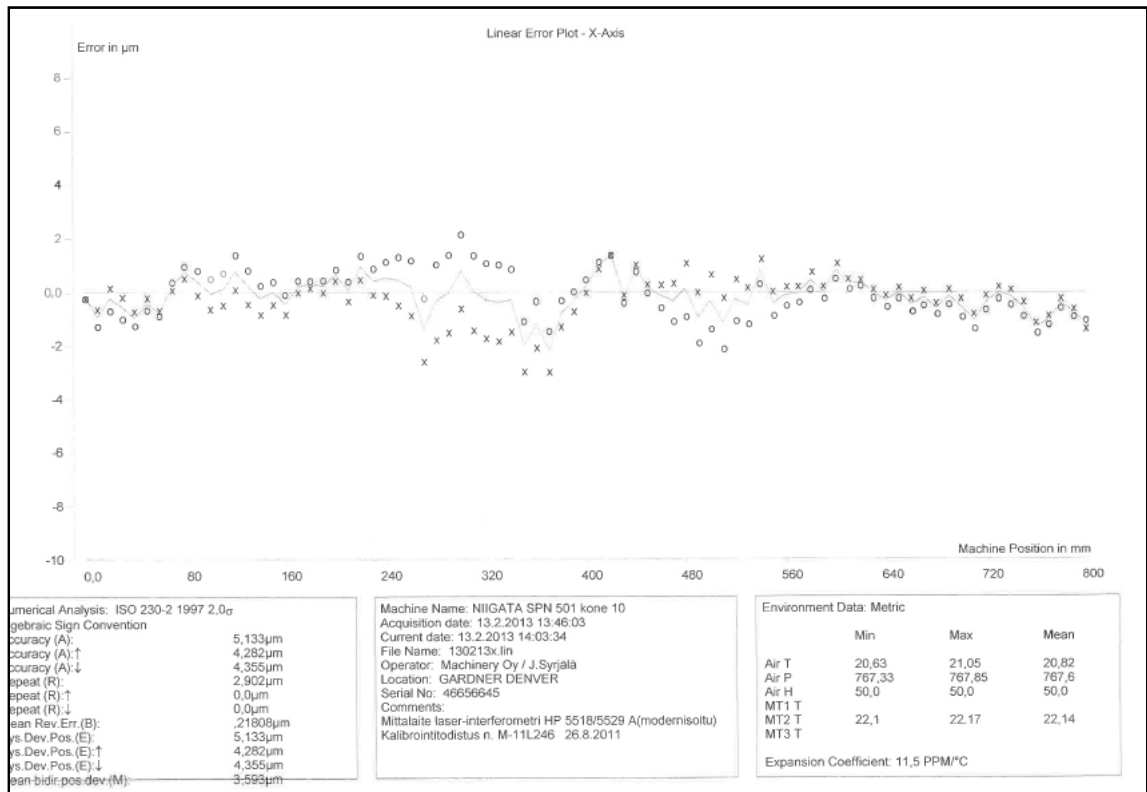
Tämän jälkeen koneeseen syötettiin X-suunnan kompensatioarvot 10 mm:n välein korjaamaan mitattuja virheitä. Kompensoinnin jälkeen suoritettiin uusi mittaus, jonka tuloksena saatiin seuraavanlainen kaavio (kuvio 21).



KUVIO 21. Mittaus korjauksien jälkeen

Tulokseksi tuli maksimipoikkeama 0,002 millimetriä. Tämä oli paljon parempi tulos, kuin oli odotettavissa. Kaikissa mittaustuloksien perusteella oletettiin poikkeaman suuruuden vuoksi kuularuuvien vaihdon olevan tarpeellinen.

Tulosten varmistamisen vuoksi kaavion Y-akseli skaalattiin 0,08 mm:stä 0,008 mm:iin (kuvio 22). Tämä selvitti sen, että kuularuuvi on edelleen vioittunut, mutta pystyy vaadittaviin toleransseihin. Tällä mittauksella varmistettiin, ettei kuularuuvia tai mutteria tarvitse vaihtaa.



KUVIO 22. Mittaus korjauksien jälkeen skaalattuna kapeammalle asteikolle (0.008 mm)

8.3 Värähtelymittaukset

Värähtelymittausanalyysillä voidaan määrittellä muun muassa koneen mahdollinen epätasapaino, linjausvirheet, laakeriviat, vaihteiden hampaiden kuluneisuus, hihnakäyttöjen hihnojen kuluneisuus sekä monet muut erilaiset pyörivien laitteiden vikaantumiset. (www.inspecta.com/fi)

Työstökeskuksissa värähtelymittausanalyysi suoritetaan mittaamalla erityisellä laitteistolla laakereiden ominaistuuksia. Laakerikirjastosta poimitaan kunkin käyttökohteen laakerityyppi sekä sen ominaisvärähtelytaajuus. Korkeataajuisen värähtelyn on havaittu kasvavan selvästi kerrannaisten mukaan, kun voitelukalvo häviää vierintälaakerista tai

jokin laakerivika pääsee syntymään. Taajuuden nousun avulla löydetään värähtelyerot kerrannaisista ja siten niitä voidaan verrata eheän laakerin värähtelytaajuuksiin. Yleisimmin näitä mittauksia hyväksikäytetään aloilla, joissa ovat käytössä pumput, puhaltimet, vaihteistot tai pyörivät koneet (www.inspecta.com/fi)

Karalaakerien tyypit koneissa Doosan 7 ja 8 (taulukko 2)

TAULUKKO 2. Esimerkkikoneiden karalaakerityypit

Doosan HM630	7	NSK 100BNC10TYDBBLP4
Doosan HM630	8	NSK 100BNC10TYDBBLP4

8.4 Työstökeskuksen värähtelymittauksen tekeminen

Värähtelymittaukset aloitettiin Doosan-merkkisistä koneista. Koelaitteisto kytkettiin karayksikköön ja kierrosnopeudeksi asetettiin 4000 rpm eli 66,67 Hz. Mittaus suoritettiin sekä pitkittäin että päittäin, näin saatiin mittaustuloksia molemmilta akseleilta. Tämä testijärjestely osoittaisi karalaakereiden vioittumisen kohdan, ja sitä kautta oikeat toimenpiteet voitaisiin käynnistää. Mittausanalyysit ilmoitettiin neljällä lukemalla, alkaen moottorin päästä. Mittaukset suoritti Petri Sillanpää Nome Oy:stä.

8.4.1 Värähtelymittauksien tulos kone 7

Kone numero 7 oli laakerivaurioepäilyksen alainen työstökeskus. Epäily oli havaittu karaan asennetun pitkän työkalun epäkeskisyyden vuoksi. Mittauksien (kuvio 23) perusteella saatiin seuraavia tuloksia ja suosituksia:

Karalta mitatut värähtelyt olivat tasoltaan suhteellisen matalat, *taulukko 1*. Voimakkainta värähtelyä oli työkalun päästä pystysuuntaan mitattuna. Hallitsevana taajuutena oli 66,7 Hz (karaan pyörimistaajuus) ja sen kerrannaiset, *kuva 1*. Värähtelykomponenttien tasot ovat vielä suhteellisen matalat. Oireet viittaavat laakerin lievään väljyyteen. Laakerien vikataajuuksia ei ollut näkyvissä.

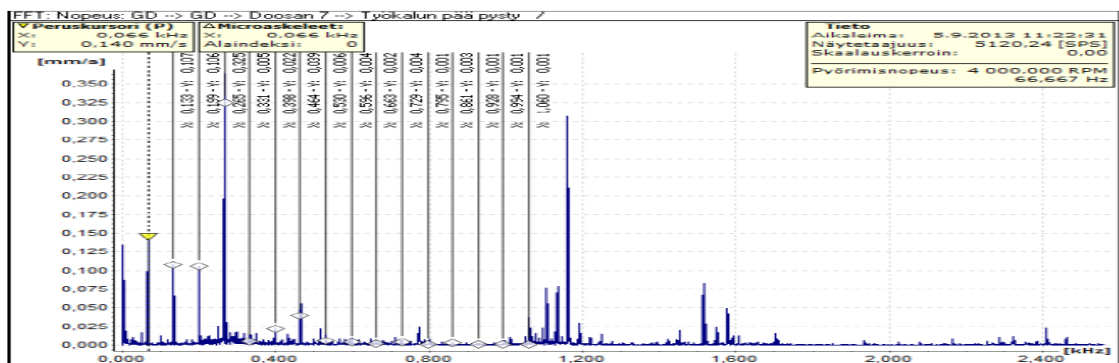
Suosittelaaan seurantamittauksia 4 kuukauden kuluttua.

Taulukko 1

Mittapiste	Värähtelyn voimakkuus mm/s (rms)
Moottorin pää pysty	0,10
Moottorin pää vaaka	0,20
Työkalun pää pysty	0,29
Työkalun pää vaaka	0,23

KUVIO 23. Mittauksien numeraaliset arvot koneesta 7. (Sillanpää Nome Oy)

Työkalun pään pystyvärähtely oli voimakasta ja sitä suositeltiin seurattavaksi. Kaaviona mittauksen kulku kuvailtiin värähtelykuviosta (kuvio 24) perusteella. Kuviossa on huomioitu kaikki värähtelytaajuuksien kerrannaiset. Keltainen nuoli osoittaa ensimmäisen värähtelykerrannaisen kohdan.



KUVIO 24. Kone 7 mittauksien graafinen esitys (Sillanpää Nome Oy)

Seurantamittaus tullaan tekemään suositellun neljän kuukauden päästä.

8.4.2 Värähtelymittauksien tulos kone 8

Kone numero 8 oli laakerivaurioepäilyksien ulkopuolella. Mittaukset tehtiin silti, jotta voitaisiin varmistua keskuksen käyttökunnosta. Samalla saatiin arvokasta vertailupohjaa miten laakerien kuntojen erilaisuus voitaisiin eritellä. Mittauksien (kuvio 25) perusteella saatiin seuraavia tuloksia ja suosituksia:

Karalta mitatut värähtelyt olivat tasoltaan matalat, *taulukko 2*. Voimakkainta värähtely oli työkalun päästä vaakasuuntaan mitattuna. Hallitsevana taajuutena oli 66,7 Hz (karan pyörimistaajuus), *kuva 2*. Laakerien vikataajuuksia ei ollut näkyvissä.

Mittaustulosten perusteella ei huomautettavaa.

Taulukko 2

Mittapiste	Värähtelyn voimakkuus mm/s (rms)
Moottorin pää pysty	0,15
Moottorin pää vaaka	0,09
Työkalun pää pysty	0,16
Työkalun pää vaaka	0,17

KUVIO 25. Mittauksien numeraaliset arvot koneesta 8. (Sillanpää Nome Oy)

Työkalun pään värähtelyt olivat vähäisiä eikä niille saatu voimakkaita värähtelyeroja. Kaaviona mittauksen kulku kuvailtiin värähtelykuvion (kuvio 26) perusteella. Kuviossa on huomioitu kaikki värähtelyn kerrannaiset.



KUVIO 26. Kone 8 mittauksien graafinen esitys. (Sillanpää Nome Oy)

Mittausten perusteella koneessa 8 kaikki parametrit ovat halutulla tasolla. Mittauksen toistamista suositellaan puolivuositain.

9 POHDINTA

9.1 Miten TPM-ohjelman onnistuminen voidaan käytännössä todentaa?

On olemassa erilaisia mittareita, joilla voidaan todentaa kustannustehokkuutta, kunnossapidon vasteaikaa vikaantumisen ilmaannuttua ja niin edelleen. Myös automaattisia tiedonkeruujärjestelmiä on markkinoilla, joilla voidaan tarkastella koneiden käyttöasteita, häiriöiden kestoja ja muita tapahtumia reaaliaikaisesti.

Nakajiman seitsenportaisessa asteikossa olemme tällä hetkellä portaiden neljä ja viisi puolessa välissä eli yleisten tarkastusmenetelmien ja itsenäisen tarkistus/kunnostustoiminnan välissä. TPM-toiminnan perustana käytetty 5S-järjestelmä on vankalla pohjalla. Miten tunnistetaan Nakajiman mallissa TPM-toiminnan onnistumisen ohjelman eri vaiheissa?

1. Puhdistaminen: nestevuodot löytyvät ja vähenevät
2. Ympäristön siistiminen: turvallisuuden ja käytettävyyden paraneminen
3. Puhdistus- ja huolto-ohjeet: huoltojen säännöllinen suorittaminen
4. Yleistarkastukset: koulutettu henkilöstö
5. Käyttäjien suorittamat tarkastukset: käytön ja tehokkuuden tarkkaileminen, tiedonkeruujärjestelmän käytön tehostaminen
6. Toimintojen organisointi ja optimointi: oheistarvikkeiden hallinta ja anturijärjestelmän optimointi värikoodein
7. Täysin itsenäinen kunnossapito: tavoitteiden ja politiikan kehittäminen sekä jatkuva parantaminen

Jos tarkastellaan kohtia 1-4, ne ovat kunnossa tällä hetkellä. Kohdan 5 tiedonkeruujärjestelmä (Camline) on käytössä ja sen käyttöä tulisi monipuolistaa. Kohta 6 tukeutuu suuremmaksi osaksi 5S:ään, TPM:n perustaan, joka on kunnossa kuten aiemmin todettiin. Kulutustarvikkeiden minimimääriin ja tilausrutiineihin tarvitsee kiinnittää huomiota. Kohta 7:n jatkuvan parantamisen toiminta vaatii vielä tehostamista. Kaikilla koneita/laitteita käytävillä operaattoreilla on olemassa arvokasta tietoa, joka pitää saada hyötykäyttöön.

Järviö mainitsee kirjassaan, miten voidaan havaita koneiden/laitteiden parantunut käyttöaste ja vähentynyt kunnossapitotarve. Järviö toteaa, että kunnossapito on otettava vakavasti, muuten seurauksena on epäonnistuminen.

Järviö toteaa tekstissään, että epäonnistuminen johtuu useimmin siitä, ettei asialle ole annettu riittävästi resursseja ja aikaa. Asiantuntija-arvioiden mukaan jopa kaksi kolmesta projektista epäonnistuu joko kokonaan tai osittain. Tässä kohtaa todettiin, että kunnossapito on yksi jokaisen yrityksen tärkeimmistä osatekijöistä, ja se pitää ottaa vakavasti. TPM-järjestelmän käyttöönotossa onnistuneet yritykset ovat luoneet merkittävästi paremmat olosuhteet kaikelle toiminnalle. Esimerkkinä toimitusvarmuuden parantaminen.

Tehdessäni tätä opinnäytetyötä olen saanut erittäin arvokasta tietoa koneiden toiminnasta. Koneen/laitteen jokaisen komponentin tulee olla kunnossa, jotta vaadittavat tunnusluvut saavutetaan. Tämä onnistuu vain tinkimättömällä ohjeiden noudattamisella ja kaikkien tukifunktioiden avulla. TPM:n kolmikannan muodostavat operaattorit, esimiehet ja kunnossapito. Kun nämä kolme ryhmää tuntevat ja tietävät yhteiset tavoitteet, ne voidaan saavuttaa.

Mielestäni työni kunnossapito-ohjeistuksen tekemisessä on onnistunut hyvin. Yhteistyössä eri osa-alueiden osaajien kanssa olemme aikaansaaneet ohjeet, joita on helppo sekä noudattaa että päivittää. Ohjeet tulee katselmoida vuosittain ja muuttaa niitä tarpeen mukaan. Uskon, että tekemäni ohjeistus auttaa nostamaan koneiden käyttöastetta.

Haluan kiittää opinnäytetyöni loppuun saattamisessa esimiestäni Kai Piirroista tinkimättömästä tuesta sekä kollegaani Vesa Kanasta teknisestä avusta. Erityisesti haluan kiittää avovaimoani Sanna-Kaisaa kärsivällisyydestä ja ymmärtäväisyydestä opinnäytetyön tekemisen aikana.

LÄHTEET

Andersson, P., Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.

Gardner Denverin yritysesittely 2012

Järviö, Piispa, Parantainen & Åström. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki. KP-Media

Järviö J. & Lehtiö T. 2012. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki. KP-Media

Lewitt, J. Total productive maintenance. Industrial Press. New York

Nakajima, S. 1988. Total Productive Maintenance. Tokio

Niigata, valmistajan esite 2008

Tuominen K, Tehoa ja laatua kunnossapidon kehittämiseen. Readme.fi. Helsinki

Vierikko, H. Kirjallisen raportoinnin ohje. TAMK

www.feanor.com

www.gardnerdenver.com

www.inspecta.com/fi

Yang, K. Design for Six Sigma. 2nd edition. McGraw-Hill. New York