

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Janne Savinainen

METALLINTYÖSTÖKONEIDEN GEOMETRIAN TARKASTUS JA
SEN RAPORTOINTI MACHINASSA

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikan
Koulutusohjelma

Karjalankatu
80200 JOENSUU
p. +358 50 260 6800

Tekijä
Janne Savinainen

Nimike
Metallintyöstökoneiden geometrian tarkastus ja sen raportointi Alma Machinassa

Toimeksiantaja
Machinery Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä esitellään konepajateollisuudessa käytettävien lastuavien metallintyöstökoneiden geometrian tarkastusmittaukset. Tässä työssä lastuavat metallintyöstökoneet on jaettu kolmeen ryhmään niiden rakenteellisten ominaisuuksien mukaan. Ryhmät ovat pysty- ja vaakakaraiset metallintyöstökoneet sekä sorvit. Opinnäytetyössä esitellään myös geometrian tarkastusmittauksissa käytettävät mittalaitteet sekä niiden tarkkuusvaatimukset.

Työssä on esitelty jokaiselle koneryhmälle Alma Machina kunnossapito-ohjelmaan laaditut mittauksissa tarvittavat attribuutit sekä niistä koostetut geometrian tarkastusmittauspohjat. Koostetuista tarkastusmittauspohjista pystytään tulostamaan geometrian tarkastusmittausraportit asiakkaalle. Laadittuja pohjia voidaan käyttää ohjeena mittauksen suorittamisessa yhtenäisen mittauskäytännön saavuttamiseksi. Raportoidut geometrian tarkastusmittaukset kerryttävät konekohtaista mitaushistoriaa Alma Machinaan. Mittaushistorian perustella voidaan tarvittaessa ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. Tulevaisuudessa geometrian tarkastusmittauspohjat tulisi tehdä myös harvinaisemmille koneille.

Kieli
suomi

Sivuja 43

Asiasanat
geometria, tarkastusmittaus, mittalaitteet, vaakakarainen, pystykarainen, sorvi



THESIS
May 2014
Degree Programme in
Mechanical and Production Engineering
Karjalankatu
FI 80200 JOENSUU
p. +358 50 260 6800

Author

Janne Savinainen

Title

Geometry Inspection of Machine Tools and Their Reporting in Alma Machina

Abstract

This thesis presents geometry inspection measurements of machine tools used in engineering industry. In this thesis, machine tools are divided into three groups based on their structural qualities. The groups are vertical machining centres, horizontal boring machines and lathes. The measuring devices and their accuracy requirements used in inspection measurements of geometry are also presented.

The thesis introduces attributes and geometric inspection measurement bases derived from them needed in measurements for each machine group in Alma Machina maintenance program. The inspection measurement bases enable printed geometry inspection measurement reports for customers. These bases can be used as a guide in measurements to achieve a consistent measurement practice. Reported inspection measurements of geometry accumulate measuring history for each machine in Alma Machina. Based on measuring history, corrective actions can be started if needed. In the future, inspection measurement bases should also be created for rare machines.

Language

Finnish

Pages 43

Keywords

geometry, vertical machining center, lathe, horizontal boring machine

SISÄLLYS

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
1.1	Machinery Oy.....	6
1.1.1	Machineryn historia.....	8
1.1.2	Alma Machina	9
1.2	Rajaukset.....	10
2	Attribuuttien luonti Machinassa	10
3	Geometrian tarkastus.....	12
3.1	Toleranssi	14
3.2	Mittavälineet geometrian tarkastuksiin	14
3.2.1	Viivaimet	15
3.2.2	Kartiotuurna	17
3.2.3	Keskiötuurna.....	20
3.2.4	Suorakulma.....	21
3.2.5	Vesivaaka	22
3.2.6	Mittakellot.....	22
3.2.7	Mittakivi.....	24
3.2.8	Työntömitta	25
3.2.9	Mikrometri.....	25
4	Lastuavat metallintyöstökoneet.....	26
4.1	Geometrian tarkastusmittauskohteet	27
4.1.1	Sorvi	27
4.1.2	Pystykarainen metallintyöstökone.....	30
4.1.3	Vaakakarainen metallintyöstökone	33
5	Machinassa raportointi.....	37
5.1	Pohjien luominen geometrian tarkastuksen raportointiin	37
5.2	Raporttipohja geometrian tarkastusmittauksen suorittamisessa	39
6	Pohdinta ja jatkokehityssuunnitelmat	40
	Lähteet.....	42

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on yhtenäistää Machinery Oy:llä tehtävät geometrian tarkastusmittausten kohteet, sekä tehdä geometrian tarkastusmittausraportointi mahdolliseksi Alma Machina- kunnossapito-ohjelmassa. Machineryllä ei ole käytössään omaa yhtenäistä geometrian tarkastusmittaus raporttipohjaa, eikä yhtenäistä mallia geometrian tarkastusmittausten suorittamiseen. Geometrian tarkastusmittausraportti laaditaan vastaamaan työstökoneiden valmistajien ja asiakkaiden asettamia vaatimuksia vastaavaksi. Suoritettavat mittaukset perustuvat kuitenkin standardeihin ja niiden asettamiin rajoihin. Standardeista geometriantarkastusmittauksiin on valittu mittaukset, joilla on suurin merkitys koneen valmistajan lupaamaan tarkkuuteen ja asiakkaalla laadun tuottamiseen. Työssä puhutaan useasti koneista, näillä koneilla tarkoitetaan lastuavia metallintyöstökoneita.

Machineryllä käytössä olevassa Alma Machina -ohjelmassa ei ole mahdollisuutta kirjata geometrian tarkastusmittausten tuloksia. Mittausten kirjaukset mahdollistetaan tehtäväksi mittausten yhteydessä Machinaan. Koska mittaustulosten kirjausta ei ole ennen voitu tehdä Machinassa, ei ole myöskään pystytty tekemään raportointia geometrian tarkastuksista asiakkaille ohjelman kautta. Opinnäytetyön tuloksena geometrian tarkastusmittaukset pystytään kirjaamaan Alma Machinaan ja mittaukset pystytään raportoimaan asiakkaille. Machinaan geometrian tarkastusmittausten kirjauksista kertyy asiakkaan jokaiselle koneelle ja laitteelle konekohtainen mittaushistoria. Geometrian tarkastusmittauksista erilaisille metallintyöstökoneille saadaan yhtenäisen mallinen Machinery-raportti asiakkaille.

Alma Machinaa on kehitetty Machineryllä metallintyöstökoneiden ja laitteiden kunnossapitoon yhteistyössä Machinery Oy:n ja Alma Consulting Oy:n kanssa loppuvuonna 2010. Ohjelmistoa on jatkuvasti kehitetty palvelemaan paremmin Machineryn konepajateollisuuden asiakkaita. Kehitystyössä on otettu vahvasti huomioon Machineryn työntekijöiden toiveet ja tarpeet ohjelman toiminnasta, sekä ohjelman jokapäiväisestä käytöstä. Tällä hetkellä Machineryllä tehdään kirjaukset mittalaitteiden kalibrointipalvelun mittaustuloksista Machinaan, jotka voidaan tulostaa ohjelmalla asiakkaille. Geometrian tarkastusmittausten kirjaa-

minen ja raportoinnin mahdollistaminen ohjelman kautta on selkeä parannus ohjelman käyttöön.

Työssä tarkastellaan metallintyöstökoneiden geometrian tarkastuksessa tarvittavia erilaisia mittalaitteita ja niiden tarkkuusvaatimuksia. Työssä selvitetään erilaiset työstökoneille suoritettavat mittaukset geometrian tarkastuksessa. Metallintyöstökoneet on työssä jaettu geometrian tarkastusmittauksien osalta kolmeen ryhmään: Pysty- ja vaakakaraisiin lastuaviin metallintyöstökoneisiin sekä sorveihin.

Työssä Machinaan luodaan geometrian tarkastusmittauspohja jokaiselle kolmelle koneryhmälle. Geometrian tarkastusmittauspohjille luodaan mittauksissa tarvittavat attribuutit. Attribuutti täytyy luoda jokaiselle pohjaan tulevalle tekstile ja tulevalle mittaustuloksen merkinnälle. Geometrian tarkastusmittauspohjaan luodaan attribuutit jokaiselle mittaustulokselle, toleranssiedolle, kuvalle ja mittausta helpottavalle ohjeelle.

Geometrian tarkastusmittauksesta saadut mittaustulokset voidaan kirjata järjestelmään. Mittaustuloksista pystytään tulostamaan geometrian tarkastusmittausraportti asiakkaalle. Geometrian tarkastusraportti tehdään Machinan objektintuotusominaisuuden tai Machinassa olevan raportointityökalu Formula onen avulla.

1.1 Machinery Oy

Machinery Oy on vuonna 1911 perustettu perheyritys ja toimii kolmannessa sukupolvessa. Yritys on Timosen suvun hallinnassa. Machinery Group:iin kuuluu kaksi yhtiötä, toinen yhtiö on AMO Oy ja toinen yhtiö on Machinery Oy. AMO Oy on Suomen suurin kotimainen lelujen maahantuoja ja markkinoija. Machinery Oy:n toimialoina on erilaisten teollisuudessa käytettävien koneiden ja laitteiden sekä teknisten tarvikkeiden maahantuonti, markkinointi, asennus, korjaus- ja huoltopalvelut. Machineryn liiketoiminta-alueita ovat metallintyöstö, rakennuskalusto, moottori ja varavoima sekä puolustusvälineet ja ilmailu (Machinery 2013a; 2013b.)

Metallintyöstössä Machinery on Suomen suurin uusien työstökoneiden toimittaja. Machinery myös välittää käytettyjä työstökoneita Suomessa ja lähimarkkinoilla asiakkaille sopiviin tarpeisiin. Machinery tarjoaa asennus-, ylläpito-, ja huoltopalveluja kotimaisille ja lähimarkkinoiden konepajateollisuudelle. Ylläpito- palveluina Machinery tarjoaa laadunvarmistuspalveluita, jyrsinpäähuoltoa, erilaisia työstökoneiden laakeriremontteja, servomootoreiden huoltoja, karahiontoa ja koneiden asennuksia sekä käyttökoulutuksia. Machineryn tuotteisiin kuuluvat mm. avarruskoneet, pitkäjyrsinkoneet, karusellisorvit, CNC-sorvit, sorvit, koneistuskeskukset, hammastuskoneet, hiomakoneet, särmäyspuristimet, levyleikkurit ja lävistyskoneet. Machineryn tärkeimpiä päämiehiä ovat mm. Tos Varndorf, Zayer, TosHulin, Lagun, Geminis, WFL, Gleason-Plaufer, Niigata, Hyundai-Wia, Brother, Star, DahLih, GoodWay, Danobat, Tos Trecin, Ermaksan, Geka, Cidan ja Koike. Machinery vastaa toimittamiensa koneiden koko elinkaaresta (Machinery 2013a; 2013b.)

Rakennuskalustoalalla Machinery myy, asentaa ja huoltaa monipuolisesti rakennuskalustoa. Rakennuskaluston tuotteita ovat: Telinekalusto, henkilönostimet, uppopumput, turvakaiteet, kulkutie, suoja-aidat, kuivatus- ja lämmityskalusto sekä sääsuojaus. Tärkeimpiä rakennuskaluston päämiehiä ovat: Purso Oy, Gindex, Skyjack, Vepe Oy, Chicago Pneumatic, De Jong ja SDMO (Machinery 2013a; 2013b.)

Moottori- ja varavoima-alalla Machinery toimittaa mekaanisen voimantuoton tuote- ja palveluratkaisuja koneenrakentajille, sekä sähköisen voimantuoton ratkaisupalveluita teollisuuden, kaupan, rakentamisen, merenkulun ja julkisen hallinnon toimijoille. Moottorien ja varavoiman tuotteita sekä palveluita ovat: Cummins teollisuus- ja meridieselmoottorit sekä erilaiset lisälaitteet. Tuotteita ja palveluita ovat myös erilaiset dieselvaravoimalaitteiden projektitoimitukset ja standardiaggregaatit esim. sairaaloille, julkishallinnolle, yrityksille ja maanrakennusurakoitsijoille. Moottori- ja varavoima-ala tarjoaa myös Cummins-dieselmoottoreiden sekä varavoimajärjestelmien huolto-, korjaus- ja varaosapalvelut. Moottori- ja varavoima-alan tärkeimpinä päämiehinä ovat Cummins, SDMO ja Kongsberg (Machinery 2013a; 2013b.)

Puolustusvälineiden ja ilmailunalalla Machinery Oy on toiminut jo 1940-luvulta alkaen Suomen edustajana puolustusväliteollisuudessa. Machinery Oy:n toimi-

pisteet sijaitsevat Vantaalla, Turussa, Tampereella, Keuruulla, Talvivaarassa ja Joensuussa. Machineryn pääkonttori ja logistiikkakeskus sijaitsevat Vantaalla. Machineryn ”keihään kärki” työstökonehuoltopalveluissa on laadunvarmistus palveluiden tarjoaminen ja kehittäminen palvelemaan asiakasta yhä paremmin (Machinery 2013a; 2013b.)

Machineryn arvoja ovat: kannattavuus, luottamus, arvostus ja ketteryys. Kannattavuus tarkoittaa halua toimia tehokkaasti ja tuloksellisesti. Luottamus tarkoittaa, että yritys pitää lupauksensa, toimii oikeudenmukaisesti ja vastuullisesti sekä vie asiat alusta loppuun hyödyntäen koko yrityksen osaamista. Arvostus tarkoittaa laadukasta esimiestyötä, yksilön ja erilaisuuden arvostamista sekä kannustavan ilmapiirin luomista. Ketteryys tarkoittaa ennakkoluulottomuutta ja aktiivisuutta kehittäessään uusia toimintatapoja. Ketteryys on myös joustavaa palvelua, joka ottaa huomioon asiakkaan kokonaistarpeet. (Machinery 2013a; 2013b.)

1.1.1 Machineryn historia

Machinery Oy on maaliskuun 7. päivä vuonna 1911 perustettu perheyritys. Frans Hall, Ferdinand Jakobsson, Arthur Lindeberg ja Ferdinand Tefte perustivat yrityksen: Aktiobolaget Machinery Osakeyhtiö. 1920-luvulla yritys kasvoi voimakkaasti ja perusti uudet konttorit Tampereelle, Helsinkiin, Seinäjoelle, Viipuriin ja Ouluun. 1930–1940-luvuilla oli huono maailmantalous tilanne ja sota- vuodet vaikeuttivat toimintaa. Sodan jälkeen tarvittiin paljon sotakorvausteollisuuteen koneita, joita Machinery toimitti. Vuonna 1937 Hugo E. Timosesta tuli Machineryn edustaja ja Tampereen konttorinhoitaja. 1950-luvulla oli sodanjälkeinen nousukausi, joka työllisti paljon konepajateollisuutta siten myös työstökonekauppaa. Vuonna 1950 Machineryn toimitusjohtajaksi tuli Hugo E. Timonen ja otti yrityksen hallintaansa. 1960-luvulla kaikki Helsingin toiminnot siirrettiin uusiin tiloihin Vallilaan. 1970-luvulla Machinery vakiinnutti asemansa johtavana koneiden ja laitteiden, sekä teknisten tarvikkeiden maahantuojana. 1980-luvulla Machinery välitti ensimmäiset Hawk-hävittäjät suomeen. 1990-luvulla lama koetteli koko suomea ja Machineryä. 2000-luvulla Machinery kehittää aktiivisesti liiketoimintaansa, rooli palveluiden tuottajana korostuu entisestään. (Machinery 2013a; 2013b.)

1.1.2 Alma Machina

Machina on JAVA-koodipohjainen kunnossapito-ohjelma. Ohjelmointi tapahtuu JAVA-koodeilla. Machina on Machineryn loppuvuonna 2010 kehitykseen ja käyttöön ottama kunnossapito-ohjelma. Ohjelmaa on kehitetty yhteistyössä Alma Consulting Oy:n kanssa jatkuvasti käyttöönotosta lähtien. Ohjelman kehityksessä on pyritty ottamaan huomioon Machineryn työntekijöiden jokapäiväisiä raportointi tarpeita. Ohjelman kehityksessä on otettu myös huomioon asiakkaiden tarpeita. Machinasta on saatavilla asiakas lisenssi, jonka avulla voi reaaliaikaisesti seurata huolto- ja korjaustöiden etenemistä sekä töiden raportointia. Asiakaslisenssi on käytössä muutamilla asiakkailla. Ohjelma helpottaa keskinäistä yhteistyötä asiakkaan kanssa. Asiakas pystyy seuraamaan ohjelmasta koneiden ja laitteiden huoltohistoriaa kustannuksineen konekohtaisesti. Ohjelmasta voi myös seurata huolto- ja korjaustöiden etenemistä. Ohjelmaan kirjaetaan mittalaittepalvelun suorittamat mittalaittekalibrointien tulokset. Asiakas näkee helposti kalibrointitulokset ja mittalaitteiden seuraavat kalibrointipäivämäärät. Samoin geometrian tarkastusraportit on tarkoitus saada helposti asiakkaan saataville ohjelman kautta. Ohjelman avulla asiakkaat voivat myös tehdä huolto- ja korjaustilauksia suoraan järjestelmässä olevalle asiakkaan koneelle tai laitteelle sähköpostin välityksellä. Machineryn asentajat näkevät ohjelmasta avoimena olevat tulevat ja kesken olevat huoltotyöt (Alma 2010a, 2.)

Machinassa asiakkaan koneisiin työt avataan konekohtaisesti, jolloin jokaiselle asiakkaan koneelle kertyy oma huoltohistoria huoltokustannuksineen. Kustannukset on eroteltu vika- ja suunniteltuihin korjauksiin, myös materiaalikustannukset on eritelty ohjelmassa. Asentajat raportoivat ja kirjaavat työhön liittyvät vara-osat, työtunnit ja muut siihen liittyvät kustannukset. Ohjelmaan voidaan lisätä konekohtaisesti tai tuotelajeittain koneisiin liittyvät dokumentit. Ohjelman avulla Machineryllä tehdään raportointi konepajateollisuuteen liittyvien koneiden kunnossapitotapahtumista (Alma 2010a, 2.)

Nyt on tarkoitus saada myös geometrian tarkastusraportointi liitettyä Machinaan kiinteästi, jolloin ei tarvitse olla erillistä geometrian tarkastusohjetta eikä erillistä

geometrian tarkastusraporttipohjaa. Geometrian tarkastusraportti saadaan liitettyä oikealle työlle, sekä oikealle koneelle jo työtilausvaiheessa.

Seuraava geometrian tarkastus pystytään ajastamaan haluttuun ajankohtaan suoritetusta tarkastusmittauksesta. Machinassa raportoidaan mittalaitteiden kalibrintipalvelun mittatulokset, jotka pääasiallisesti ajastetaan vuoden päähän kalibroinnin suorittamisesta, riippuen asiakkaan tarpeista.

1.2 Rajaukset

Geometrian tarkastuksissa keskitytään ainoastaan lastuavien metallintyöstökoneiden geometrisen tarkkuuden mittaukseen ja mittausten raportointiin Machina-ohjelman kautta. Geometriset mittaukset eivät koske Machineryllä suoritettavia lasermittauksia, eikä ballbarmittauksia. Työssä käsitellään geometrian tarkastuksessa käytettäviä mittalaitteita ja niiden tarvittavat tarkkuusvaatimukset tarkastuksiin. Työssä käsiteltävät mittalaitteet soveltuvat käytettäväksi esiteltäviin geometrianmittaustarkastuksiin. Opinnäytetyössä käsiteltävät geometrian tarkastusmittauspohjat soveltuvat vain työssä esitettävillä mittalaitteilla tehtäviksi. Geometrian tarkastuspohjat tehdään sorville, pysty- ja vaakakaraiselle työstökoneelle. Työssä ei käsitellä esim. työstökoneen värähtelyjä, epänormaaleja ääniä. Työssä ei myöskään käsitellä erilaisten toimintojen tarkastelua, esim. nopeutta ja syöttöä.

2 Attribuuttien luonti Machinassa

Machinaan geometrian tarkastusmittauspohjaan on luotava attribuutti jokaiselle merkinnälle. Geometrian tarkastusmittauspohjalla tarkoitetaan ohjelmaan tulevaa raporttia johon asentaja merkitsee mittaustulokset. Näitä merkintöjä ovat kaikki pohjassa oleva kirjoitus, kuva ja muokattava mittaustuloksen kirjauspaikka. Attribuutti on muuttuja, jolla voi olla kiinteä arvo tai arvo voi olla käyttäjän muokattavissa. Kiinteä muuttuja on esimerkiksi geometrian tarkastusmittauspohjissa oleva ohjeteksti, jota käyttäjä ei voi muokata. Muuttuva attribuutti geometrian tarkastuspohjassa on esimerkiksi mittaustuloksen kirjauspaikka, johon käyttäjä voi kirjata erilaisia tuloksia. Attribuuttien luonti tapahtuu Machina-ohjelmassa. Attribuutille määritellään koodi, jonka tarkoitus on kertoa, mihin tarkoitukseen attribuutti on luotu. Ohjelman perusattribuuttien koodit alkavat AL-

MA_ tekstillä ALMA_ attribuutit on sidottu ohjelmointikenttään, eikä niitä voi muokata eikä poistaa. Machineryn pääkäyttäjien itse luomat attribuuttikoodit alkavat kirjain yhdistelmällä MA_ . Attribuutille määritellään nimi nimikentässä. Kuvaukseen kirjoitetaan minkä vuoksi ja mihin tarkoitukseen attribuutti on luotu, sekä käyttöä koskevat tiedot. Attribuutille voidaan määrittää yksikkö. Ohjelmaan on lisätty suuri määrä mittayksiköitä, joista voi valita sopivan attribuutin käyttöön. Seuraavaksi attribuutille määritellään attribuutin tyyppikoodi, joka voi olla teksti, numero, aika, viittaus, kuva tai info. Tämä valinta määrittelee mitä tietoja attribuutin vastauskenttään voidaan kirjata. Jos käytetään yksikköä attribuutilla tyyppi voi olla ainoastaan koodi, teksti tai numero. Koodi attribuuttiin voidaan sisällyttää erilaisia JAVA-koodin laskukaavoja (Alma 2010b, 69–72.)

Jos attribuutin tyyppiä valitaan teksti, voidaan määrittellä attribuutin alityyppi: lyhyt, pitkä, HTML, RTF tai taulukko. Lyhyt teksti on yleisin käytössä oleva attribuutti. Attribuutissa tekstin pituus kentässä on rajoitettu 256 merkkiin. Pitkätyypin attribuutissa ei ole rajoitettu tekstin pituutta. HTML-alityypin attribuutille voidaan arvoksi kirjoittaa HTML-tekstiä, jolloin vastauskenttiin saadaan esimerkiksi hyperlinkkejä. RTF-alityypin kenttä voi sisältää muotoiltua tekstiä (Alma 2010b, 69–72.)

Numerotyyppin attribuutille voidaan valita alityypiksi kokonaisluku, desimaali tai murtoluku. Numero-tyyppin attribuutti on eniten käytetty attribuuttityyppi geometrian tarkastus pohjissa (Alma 2010b, 69–72.)

Aika-tyypille voidaan valita alityypiksi päivämäärä, aika tai päivämäärä ja aika. Aika-tyypin attribuuttia käytetään geometrian tarkastuksen ajastusmäärittelyssä hyväksi määriteltäessä ajankohta, milloin geometrian tarkastus on tehty ja milloin suoritetaan seuraava tarkastus (Alma 2010b, 69–72.)

Boolean on valintakenttä-attribuutti. Booleantyyppin attribuuttia käytetään esimerkiksi tarkastuslistoissa, joissa tarvitaan kyllä tai ei tieto. Viittaus attribuuttia käytetään jos halutaan viitata muihin aiemmin luotuihin attribuutteihin esim. alasvetovalikoiden avulla. Kuva-attribuuttia käytetään, jos pohjaan halutaan lisätä kuva, jokaiselle kuvalle samalla pohjalla on lisättävä oma kuva-attribuutti. Infotyyppille voidaan valita alityypiksi väliotsikko tai ohje. Geometrian tarkastusraportoinnissa käytetyt attribuutit ovat tyyppiä numero ja alityypiksi desimaali (Alma 2010b, 69–72.)

Ohjelmassa olevia attribuutteja yritetään käyttää mahdollisimman paljon pohjien tekemisessä. Ohjelman eri kehitysvaiheissa attribuutteja on luotu todella paljon kokeilu ja testaus tarkoitukseen. Geometrian tarkastuspohjissa tullaan käyttämään hyväksi kehitystyön eri vaiheissa käyttämättömiksi jääneitä attribuutteja. Ohjelmassa tällä hetkellä turhaan olevat attribuutit muokataan käyttötarkoitukseen sopiviksi ja otetaan käyttöön. Useimpia edellä mainittuja attribuuttityyppejä tarvitaan geometrian tarkastuspohjia tehtäessä.

Valmiiksi tehdyt attribuutit liitetään pohjaan raahaamalla attribuutit attribuutti-puusta oikealle geometrian mittauspohjalle. Attribuuttien raahaus tarkoittaa: Otetaan hiiren oikealla näppäimellä kiinni attribuutista, joka kuljetetaan hiiren avulla geometrian tarkastusmittauspohjaan haluttuun kohtaan. Attribuuttien järjestys pystytään muokkaamaan halutuksi raahaamalla attribuutit oikeaan järjestykseen. Attribuutit tulevat pohjaan allekkain automaattisesti. Pohjan määrittelyjä muuttamalla voidaan saada useita attribuutteja halutessa vierekkäin. Geometrian tarkastuspohjissa ei ole tarvetta saada attribuutteja vierekkäin, vaan raporttipohjiin riittää perusasettelu. Yhdellä tarkastuspohjalla ei voi olla kahta samaa attribuuttia. Jos halutaan samalle pohjalle useampi samanlainen teksti tai useampi kuva, täytyy jokainen attribuutti luoda omalla koodilla. Machineryllä käytetään attribuuteissa koodia MA_1,2,3.., jos tarvitaan samalle pohjalle useampia samalla tekstillä olevia attribuutteja. Useampien kuvien liittäminen pohjaan tapahtuu samalla mallilla. Kuvan lisääminen pohjaan tapahtuu ensin lisäämällä kuva-attribuutti pohjaan, jonka jälkeen kuva voidaan raahata kuva-attribuutin paikalle (Alma 2010b, 69–72.)

3 Geometrian tarkastus

Lastuavien metallintyöstökoneiden geometrian tarkastusmittauksissa tarkastellaan erilaisten mittojen, muotojen ja sijaintien keskinäisiä mittauksia. Geometrian tarkastus koskee vain mittoja, sekä joilla on vaikutusta työstökoneen työstötarkkuuteen. Työstökoneen tärkeimpiä työstötarkkuuteen vaikuttavia ominaisuuksia ovat: koneen akseleiden samankeskisyys, suorien ja tasopintojen yhdensuuntaisuus, sekä kohtisuoruus (SFS-ISO 230-1 1992, 12.)

Jos mittauksien poikkeamat voidaan mitata vain suurta tarkkuutta vaativilla tai paljon aikaa vievillä mittauksilla, riittää ettei ylitetä mittalaitteille määritellyjä toleranssirajoja. Geometrian tarkastuksessa käytettävissä mittalaitteissa on oltava mukana kalibrointitodistus ja mittalaitteella tulee olla jäljitettävyys kansainvälisiin mittanormeihin. Mittalaitteen virhe ei saa ylittää tarkastettavan mitan toleranssiarvoa. Tarkastusta tehtäessä mittalaitteiden lämpötila on stabiloitava, ja tarkastettava kone on mahdollisuuksien mukaan suojattava ulkopuoliselta lämmön vaikutukselta. Yleisimpiä ulkopuolisia lämmön tuojia ovat veto ja lämpösäteily (SFS-ISO 230-1 1992, 13.)

Mittaustulosten todentamiseksi mittaukset kannattaa toistaa ja laskea mitattujen mittojen keskiarvo. Jos mittaustulokset poikkeavat suuresti toisistaan, täytyy miettiä onko poikkeavien mittaustulosten syynä mittausten menetelmä, mittaustyökalu tai mitattava työstökone (SFS-ISO 230-1 1992, 14.)

Vuosittain suoritettavilla geometrian mittauksilla voidaan valvoa koneiden kulumista ja muutoksia toistotarkkuudessa. Koneiden vikaantumista voidaan estää tarkastelemalla mittaustuloksia. Koneista korjataan geometriset poikkeamat jo hyvissä ajoin ennen vikaantumista. Geometrian tarkastukset ovat tärkeitä myös laadun kannalta. Työstökoneiden mittausten perusteella tehdyillä korjauksilla pystytään nostamaan työstökoneen mahdollisesti laskenutta tarkkuutta. Jatkuvalle geometrian tarkastusmittausten suorittamisella pystytään pitämään työstökoneiden toistotarkkuus valmistajan lupaamalla tasolla (SFS-EN ISO 9001 2008, 34.)

Geometrian tarkastusmittaukset suoritetaan yleisesti vuosittain. Jos työstökoneen toistotarkkuutta on syytä epäillä esimerkiksi kolaroinnin jälkeen tai koneistettavien kappaleiden laatu ei täytä niille asetettuja vaatimuksia on syytä suorittaa geometrian tarkistukset. Raportointi Geometrian mittaustarkastuksista suoritetaan Machineryllä Machina -kunnossapito ohjelmaan. Machina ohjelmaan kerätään konekohtaisesti geometrian mittaushistoria, josta voidaan seurata koneen käyttäytymistä pitkällä aika välillä. Näin havaitaan mahdollinen tarve huolto- tai korjaustoimenpiteille riittävän ajoissa.

3.1 Toleranssi

Toleranssit ovat raja-arvoja, joita ei saa ylittää. Geometrian tarkastusmittauksiin toleranssiarvoja antavat konevalmistajat ja erilaiset standardit. Standardit antavat tarkat toleranssiraja-arvot geometrian tarkastuksissa käytettäville mittalaitteille. Työstökoneiden geometrian tarkastusmittauksiin standardit antavat raja-arvot eri toimintojen ja suoruuksien tarkastuksiin. Toleranssit liittyvät mittoihin, muotoihin ja sijanteihin, jotka ovat oleellisia työstötarkkuuden sekä työkalujen tarkkuuden kannalta (SFS-ISO 230-1 1992, 14).

3.2 Mittavälineet geometrian tarkastuksiin

Geometriantarkastuksissa on valittava oikea mittalaite mitattavan kohteen ja vaadittavan mittaustarkkuuden perusteella (Maaranen 2007, 27). Geometriatarkastuksissa käytettävissä mittalaitteista tulee löytyä jäljitettävyyttä kansainvälisiin mittanormeihin. Käytettävät mittalaitteet tulee kalibroida ja niiden kalibroinnin tila täytyy pystyä määrittämään (ISO-9001 2008, 34.)

Machineryn mittalaitteissa käytetään eri vuosina erivärisiä kuukausitarroja. Tarroista käy ilmi seuraavan kalibroinnin ajankohta. Machinery Oy käyttää pituusmittavälineiden kalibroinneissa Trimos horizon 1000 pituusmittalaitetta, jolla voidaan tarkastaa pituusmittalaitteet 1000 mm:iin saakka. Mittalaitteiden edellisistä kalibroinneista täytyy löytyä tallenteet. Machinery Oy:ssä mittavälineet ja niiden kalibrointien tulokset kirjataan ja tallennetaan Machina -ohjelmaan, josta ne löytyvät helposti niitä tarvittaessa.

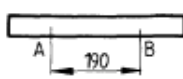
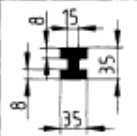
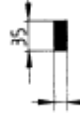
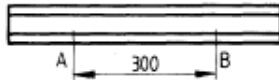
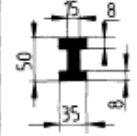
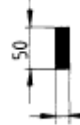
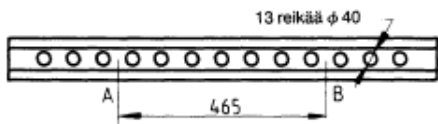
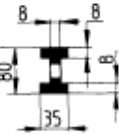
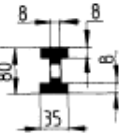
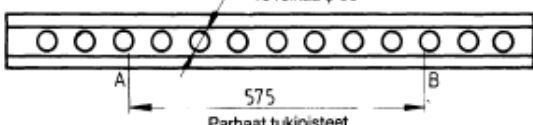
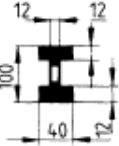
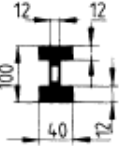
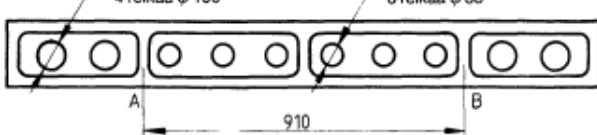


Geometrian tarkastusmittauksissa metallintyöstökoneissa tarvitaan seuraavia mittalaitteita: viivaimia, kartiotuurnia, keskiötuurnia, suorakulmaa, mittakelloa, tarkkuusvesivaakaa, mittakiveä, työntömittaa ja mikrometriä. Mittalaitteet jaotellaan valmistustarkkuuden mukaan kolmeen ryhmään A, B ja C. Luokan A-mitat ovat mittahuoneissa käytettävät referenssinormaalit. Luokan B-mitat ovat tarkastuksissa käytettäviä mittalaitteita. Luokan C-mitat ovat tuotannossa käytettäviä mittalaitteita. Geometrian tarkastuksissa käytettävien mittalaitteiden tarkkuuden tulee olla B-luokan mittalaitteita (SFS-ISO-230-1 1992, 63.)

3.2.1 Viivaimet

Viivaimessa täytyy olla tietyllä tarkkuudella oleva tarkkuussuora, jolla voidaan määrittää vertaamalla pinnan suoruus- ja tasomaisuudenpoikkeamat. (Taulukko 2.) Työstökoneiden kalibroinneissa viivainten tulee täyttää vaatimukset SFS-ISO 268–1:1990 ja SFS-ISO 286–2:1990. Viivaimen jäyhyysmomentti pitää olla suuri. Viivaimen levätessä molemmista päistä tuettuna luonnollinen taipuma ei saa ylittää 10 µm/m. Viivaimen ollessa tuettuna, tasomaisuus- ja suoruuspoikkeama ei saa ylittää $(2+10L)\mu\text{m}$ L= mittauspituus metreinä. (Kuva 1.) Viivaimen leveyden täytyy olla vähintään 35 mm, jos viivainta käytetään vesivaa’an kanssa. Viivaimen suurin virhe 300 mm matkalla saa olla enintään 5 µm, sivupintojen suoruuden tulee olla $10(2+10L)\mu\text{m}$, ja sivupintojen yhdensuuntaisuuden tulee olla vähemmän kuin $15(2+10L)\mu\text{m}$. (Taulukko 1.) Sivupintojen ja mittauspintojen kohtisuoruus tulee olla $\pm 2,5 \mu\text{m}/10 \text{ mm}$. Mittauspintojen pinnanlaatu täytyy olla hyvin hiottu tai kaavittu (SFS-ISO 230-1 1992, 63–64.) Machineryllä viivaimet tarkastetaan kolmen vuoden välein. Viivaimet tarkastetaan useammin, jos on syytä epäillä viivaimen suoruutta.

Nro	Mitat	Päistään tuetun valurautaisen viivaimen taipuma $E=100000\text{N}/\text{mm}^2 \mu\text{m}$	Mittauspinta		Sivupinta		
			Suoruus μm	Yhdensuuntaisuus μm	Suoruus μm	Yhdensuuntaisuus μm	Kohtisuoruus mittauspintaan μm
1	300mm Normaali	1	5	7,5	50	75	± 8
1	300mm Leveä	1	5	7,5	50	75	± 8
2	500mm Normaali	3	7	10,5	70	105	± 12
2	500mm Leveä	3	7	10,5	70	105	± 12
3	800mm	4	10	15	100	150	± 20
4	1000mm	8	12	18	120	180	± 25
5	1600mm	16	18	27	180	270	± 45

Taulukko 1. Viivaimien tarkkuusvaatimuksia (SFS-ISO-230-1 1992, 66 soveltaen)

Nro	Mittauspituus	Kokonaispituus ¹⁾	Kuva	Leveä tyyppi		Normaali tyyppi	
				Poikki-leikkaus	Paino ²⁾ N	Poikki-leikkaus	Paino ²⁾ N
1	300	340	 Parhaat tukipisteet		20		10
2	500	540	 Parhaat tukipisteet		40		30
3	800	840	 Parhaat tukipisteet				50
4	1 000	1 040	 Parhaat tukipisteet				120
5	1 600	1 640	 Parhaat tukipisteet				330

Kuva 1. Geometrianmittauksissa käytettävien viivaimien mitoituksia (SFS-ISO-230-1 1992, 66)

Esimerkkejä toleranssi arvoista viivain mittaus pituuksista					
Mittauspituus L	300mm	500mm	800mm	1000mm	1600mm
Suoruus toleranssi kokopituudella	5 μ m	7 μ m	10 μ m	12 μ m	18 μ m
Paikallinen toleranssi 300mm matkalla	-	6 μ m	5 μ m	5 μ m	5 μ m

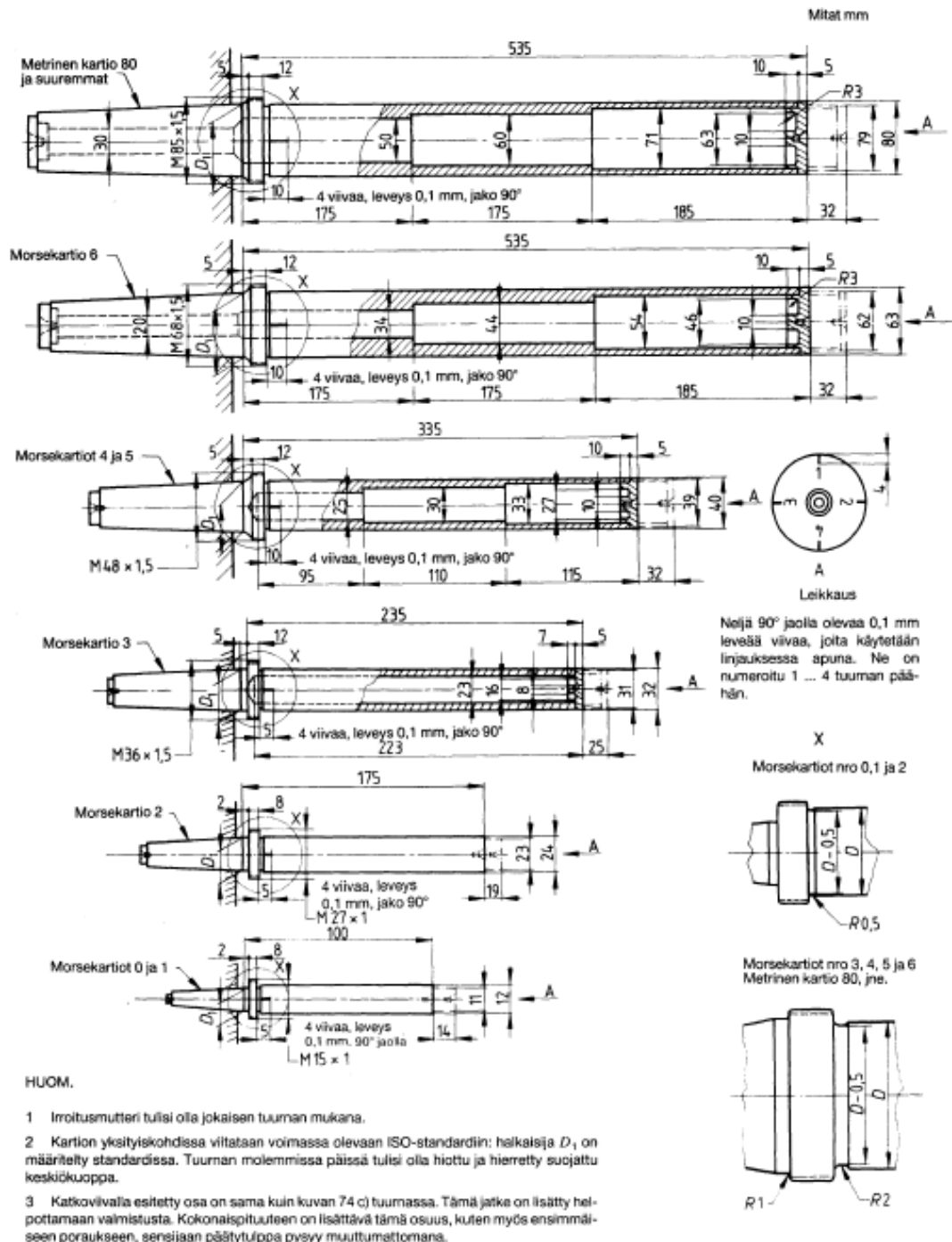
Taulukko 2. Erialaisten viivaimien mittauspituuksien toleranssiarvoja. (SFS-ISO-230-1 1992, 65 soveltaen)

3.2.2 Kartiotuurna

Kartiotuurnia käytetään tutkittaessa akseleiden heittoja tai asemaa koneen toiseen osaan nähden. Tarkastuskartiotuurnia käytetään vaaka- ja pystykaraisissa työstökoneissa geometrian tarkastuksissa. Tarkastuskartiotuurnat kiinnitetään työstökoneeseen kartiotuurnassa olevalla kartiolla koneen työkalukartioon. (Kuva 2.) Ennen mittausta on tarkastettava, että työstökoneen kartio on kunnossa ja että karanlaakereissa ei ole liikaa välystä. Kartiotuurnat on valmistettu karkaistusta ja stabiloidusta teräksestä. Ne ovat pinnoittamattomia tai kovakromattuja. Tuurnassa ei saa olla ympyrämäisyys virhettä. Tuurnan on oltava lieeriömäinen koko mittauspituuden matkalla. (Taulukko 2.) Kartiotuurnan lieriön pinnanlaadun tulee olla hyvin hiottu, jotta mittaustuurnan ja mittauskärjen välinen kitka olisi mahdollisimman pieni (SFS-ISO 230-1 1992, 73.)

	Kartiotuurnien sallitut toleranssit				
	75mm	150mm	200mm	300mm	500mm
Mittauspituus	75mm	150mm	200mm	300mm	500mm
Heitto	2µm	2µm	3µm	3µm	3µm
Halkaisija	2µm	2µm	3µm	3µm	3µm
Kartion toleranssi	Kartioiden tarkkuuden tulee olla vastaavien kartiotulkkien tarkkuusluokkaa.				

Taulukko 2. Kartiotuurnien heitto ja halkaisijatoleranssit. (SFS-ISO-230-1 1992,72 soveltaen)



Kuva 2. Kartiotuurnien mitoitukset (SFS-ISO-230-1 1992, 74)

Työkalukartioon kiinnitettävän kartion ja lieriöosan akselien tulee olla samankeskinen. Jos geometrian tarkastusta tehtävässä koneessa toleranssi on 0.01 mm/300 mm matkalla, on kartiotuurnan tarkkuuden oltava vähintään 2,5 μ m /300 mm matkalla. (Taulukko 3.) Tuurnan kartion tarkkuusluokan tulee olla yhtä hyvä kuin kartiotulkin. Pienimpien kartiotuurnien Morse 0 ja Morse 1 avulla

tehdyissä mittauksissa tulee ottaa huomioon kartiotuurnien luonnolliset taipumat. Suuremmissa kartiotuurnissa taipumat ovat merkityksettömiä. (Taulukko 4.) Käytettäessä Morse 0 ja Morse 1 kartion tuurnia mittakellon lukematarkkuuden tulee olla 1/1000 mm. Mittauskellon mittaussuoran saa olla enintään 50 g. Mittakello tulee asettaa mieluiten tuurnan alapuolelle estämään tuurnan luonnollista taipumista (SFS-ISO 230-1 1992, 73.)

7/24 -Kartion ja Morsekarttioiden mittauspituudet					
Morsekarttiollinen tuurna Nro.	3	4 ja 5	4 ja 5	4 ja 5	6
7/24 Kartio Nro	30	40	45	50 lyhyt	50 pitkä
Mittauspituus	200mm	300mm	300mm	300mm	500mm

Taulukko 3. Kartiotuurnissa käytettävät mittauspituudet eri kartiotyypeillä (SFS-ISO-230-1 1992,72 soveltaen).

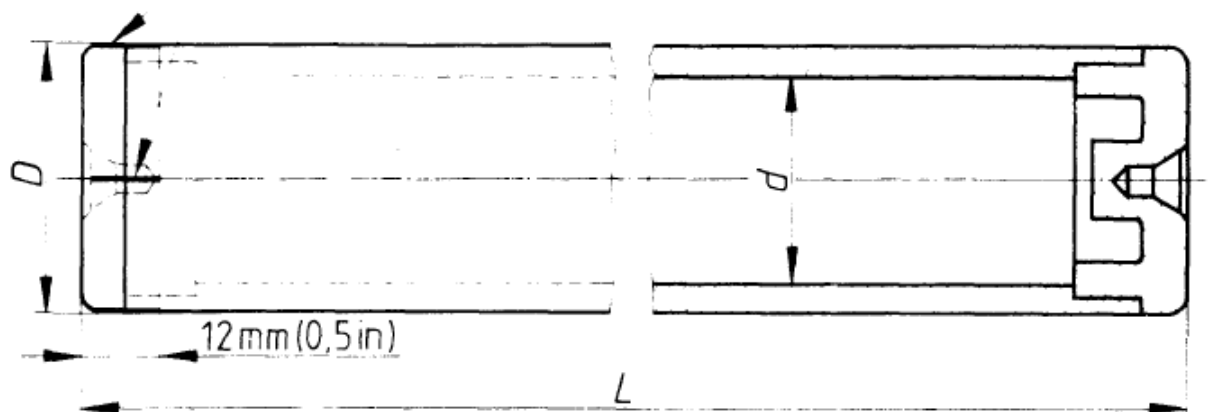
Tuurnien taipumien arvoja							
Kartio nro.	Mittauspituus	Likimain kokonaismassa	Luonnollinen taipuma	Vapaaseen päähän vaikuttava voima P:n aiheuttama lisätaipuma		Kokonaistaipuma	Huom.
				P g	µm		
	mm	kg	µm			µm	
Morse 0	57	0,11	0,65	50	0,9	1,55	Taipumat tulee ottaa huomioon
Morse 1	57	0,13	0,5	50	0,7	1,2	
Morse 2	150	0,73	1,5	100	0,6	2,1	Taipumat merkityksettömiä
Morse 3	200	0,96	1,8	100	0,7	2,5	
Morse 4	300	2,2	3,3	100	0,7	4	
Morse 5	300	3	2,6	100	0,6	3,2	
Morse 6	500	10	5,8	100	0,35	6,15	
Metri- nen 80 tai suurempi	500	15	3,5	100	0,15	3,65	

Taulukko 4. Kartiotuurnien taipuma-arvoja (SFS-ISO-230-1 1992,78 soveltaen).

3.2.3 Keskiötuurna

Keskikartiotuurna kuvaa kahden pisteen kautta kulkevaa suoraa. On erittäin tärkeää, että tuurna on suora ja tuurnan ulkopinta on lieriömäinen. Keskiötuurnan valmistuksessa tulisi käyttää kuumavedettyä hitsaamatonta putkea. Putkiin asennettavissa päätytulpissa tulee olla hiottu ja hierretty keskiökuoppa koneistusta ja mittauksia varten. (Kuva 3.) Putken ulkopinta täytyy olla hiottu tarvittavan lieriömäisyyden ja pinnanlaadun saamiseksi. Ennen viimeistelyhiontaa putken metalli on stabiloitava (SFS-ISO-230-1 1992, 79.)

Keskiötuurna käytetään sorvin geometrian tarkastuksessa tarkastettaessa keskilinjan poikkeamaa karan ja kärkipylkän välillä. Koska työstökoneiden suuruus tarkastetaan 0,01 mm 300 mm matkan tarkkuudella, täytyy tuurnan suuruuden olla vähintään samalla matkalla 3 μm . (Taulukko 5.) Yli 300 mm pitkien tuurnien tulisi olla ontoja, mutta seinämäpaksuus ei saa vaikuttaa massapienenemisen kustannuksella tuurnan jäykkyyteen. Yli 1600 mm:n pituisia tuurnia ei kannata käyttää niiden suuren massan vuoksi (SFS-ISO-230-1 1992, 79.)



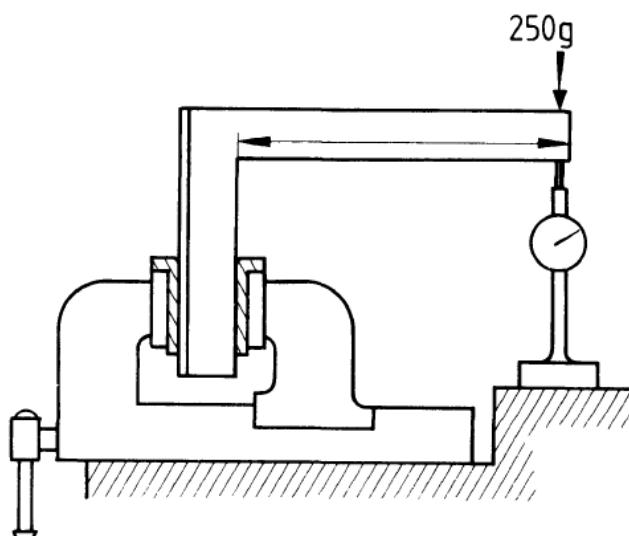
Kuva 3. Keskiötuurna (SFS-ISO-230-1 1992, 79)

Kokonaispituus L	Ulkohalkaisija D	Ulkohalkaisija d	Massa ilman päättytulppia	Luonnollinen taipuma E= 21 000kgf/mm ²	Tarkkuus		Pinnanlaatu
					Halkaisija- toleranssi	Heitto- toleranssi	
150-300mm	40mm	0	1,5-3kg	0,02-0,04μm	3μm	3μm	Hiottu
301-500mm	63mm	0	2,7-4,5kg	0,1-0,7μm	3μm	4μm	
501-1000mm	80mm	61mm	8,3-16,5kg	0,5-8μm	4μm	7μm	
1001-1600mm	125mm	105mm	28,2-45kg	3-19μm	5μm	10μm	

Taulukko 5. Keskiötuurnien mitoitus (SFS-ISO-230-1 1992, 80 soveltaen).

3.2.4 Suorakulma

Mittauspituudet suorakulmissa ovat yleensä alle 500–600 mm, tällä tarkoitetaan suorakulman sivujen enimmäispituutta. Jos mitattavat matkat ovat suurempia, on ehdottomasti järkevämpää käyttää optisia mittalaitteita (SFS-ISO-230-1 1992, 80.) Suorakulman kohtisuoruus toleranssi on 5 μm / 300 mm matkalla. Varrellisten suorakulmien tasomaisuus- ja pylvässuorakulmien suorustoleranssi lasketaan kaavalla $(2+10L)\mu\text{m}$. Kaavassa L= mittauspituus metreinä. Suorakulmat valmistetaan teräksestä, valuraudasta tai muusta käyttöön soveltuvasta materiaalista. Suorakulman materiaali on useimmiten karkaistu ja stabiloitu. Suorakulman jäykkyys tarkastetaan siten, että suorakulman ohuempaa vartta kuormitetaan päästä 250 g massalla yhdensuuntaisessa suunnassa toisen varren suhteen. (Kuva 2.) Taipuma ei saa ylittää $(0,7\sqrt{L})\mu\text{m}$, jossa L on ohuemman varren mittauspituus millimetreinä (SFS-ISO-230-1 1992, 81 - 82.)



Kuva 2. Suorakulman jäykkyyden tarkastusmittaus (ISO-SFS-230-1 1992, 82)

3.2.5 Vesivaaka

Vesivaakaa käytetään kaikkien geometrian tarkistusta vaativien työstökoneiden vaaitukseen tarkastamiseen. Geometrian tarkastusmittauksissa käytettävä vesivaaka on libelliputkessa olevalla asteikolla tai vesivaaka on varustettu mikrometriruuvilla (SFS-ISO 230-1 1992, 82.) Mikrometrillä varustetusta vesivaa'asta kaltevuus luetaan mikrometrin asteikolta ja libelliputkella varustetusta vesivaa'asta kaltevuus luetaan suoraan putken asteikolta. (Kuva 3.)

Työstökoneiden geometrian tarkastuksissa käytettävien vesivaakojen tarkkuuden tulisi olla vähintään 5–10 $\mu\text{m}/\text{m}$. Tällöin mitassa yhden jako-osan muutos on 0.05 mm/m. Vesivaa'an herkkyys tulisi olla 30–50 mm. Jos vesivaa'an pohja on tasomainen koko matkalta, pohjan täytyy olla kovera. Vesivaakamittaukset täytyy suorittaa nopeasti ja mittaukset täytyy toistaa päinvastaisessa järjestyksessä, lämpötilan aiheuttamien muutoksien minimoimiseksi. Libelliputkella varustettu vesivaaka täytyy kalibroida säännöllisesti, libelliputkessa mahdollisesti tapahtuvien muodonmuutosten vuoksi. Vesivaa'an kalibrointipöytäkirjaan merkitään kalibrointipäivämäärä ja kalibroinnin tulos (SFS-ISO 230-1 1992, 83.)



Kuva 3. Vesivaaka 0,02 mm/m asteikolla. (Kuva: Janne Savinainen)

3.2.6 Mittakellot

Mittakelloa käytetään erilaisten muotojen ja mittojen toteamiseen, sekä tarkastamiseen. Mittakellolla pystytään mittaamaan helposti erilaisten pyörähdyskappaleiden epäpyöreys sekä poikkeavuuksia keskilinjasta. Mittakelloja on myös digitaalinäytöllä varustettuna (Maaranen 2007, 33.) Metallintyöstökoneiden geometrian tarkastusmittauksissa riittää tavallisesti mittakello, jonka erottelukyky on 1/100 mm, mutta jos on tarpeen tehdä tarkempia mittauksia esim. työstö-

koneen karan heittoa mitattaessa, on käytettävä 1/1000 mm erottelukykäistä mittakelloa. (Kuva 4.) Geometrian tarkastuksissa käytettävillä mittakelloilla tärkeitä ominaisuuksia ovat: pieni virhekäyrä, pieni käännemitta, pieni mittaussuure, ääriarvot mittauskärjen liikkeen alussa ja lopussa, mittaussuuren suurin paikallinen poikkeama sekä toistotarkkuus jos mittakelloa käytetään ylösalaisin. Esimerkiksi 3 mm mittausalueella olevalla mittakellolla sallittu hysteerinen virhe saa olla enintään 3 µm ja toistotarkkuus virhe saa enimmillään olla 3 µm (DIN 878 2006, 3.)

Mittakelloa käytettäessä mittalaitteen jalan ja kiinnityksen tulee olla erittäin jäykkä ja tukeva (SFS-ISO 230-1 1992, 84). Yleensä mittakellon jalkana käytetään tukevaa magneetti jalkaa. (Maaranen 2007, 33).

Mittakelloja tarvitaan kaikkien erilaisten lastuavien työstökoneiden geometrian tarkastuksissa. Mittakellolla pystytään helposti mittaamaan ja todentamaan koneen akseleiden suoruuksia toisiinsa nähden koneella ajaen. Mittakellolla pystytään mittaamaan helposti erilaisten pyörähdyskappaleiden epäpyöreyyksiä sekä poikkeavuuksia keskilinjasta. Kalibroinnit mittakelloille suoritetaan Machineryllä standardin DIN 878:2003–06 mukaan.



Kuva 4. Mittakello (Kuva: Janne Savinainen)

3.2.7 Mittakivi

Mittakiveä käytetään geometrian mittauksissa akseleiden suoruuksien ja akseleiden kohtisuoruuksien mittaukseen mittakellon avulla. Machineryllä geometriantarkastuksissa on käytössä kaksi erikokoista mittakiveä. Suurempi Machineryllä käytettävä mittakivi on mitoiltaan 1000 mm* 1000 mm* 150 mm. Pienempi käytettävä mittakivi on mitoiltaan 400 mm* 400 mm * 60 mm. Molemmat Machineryllä käytössä olevat mittakivet on valmistettu mustasta graniitista. Mittakivet on valmistettu usein graniitista, koska graniitin lämpölaajenemiskerroin on pieni. Suurempaa kiveä Machineryllä käytetään suurempien työstökoneiden geometrian tarkastuksissa ja pienempää mittakiveä pienempien työstökoneiden tarkastuksissa. (esim. työstökeskuksissa).

Mittakivet jaetaan neljään tarkkuusryhmään joita ovat: 00, 0, 1 ja 2. 00 ryhmän tarkkuus on suurin. Mittakivien mittapoikkeamat voidaan laskea seuraavilla kaavoilla:

00	$2(1+L/1000)$
0	$4(1+L/1000)$
1	$10(1+L/1000)$
2	$20(1+L/1000)$

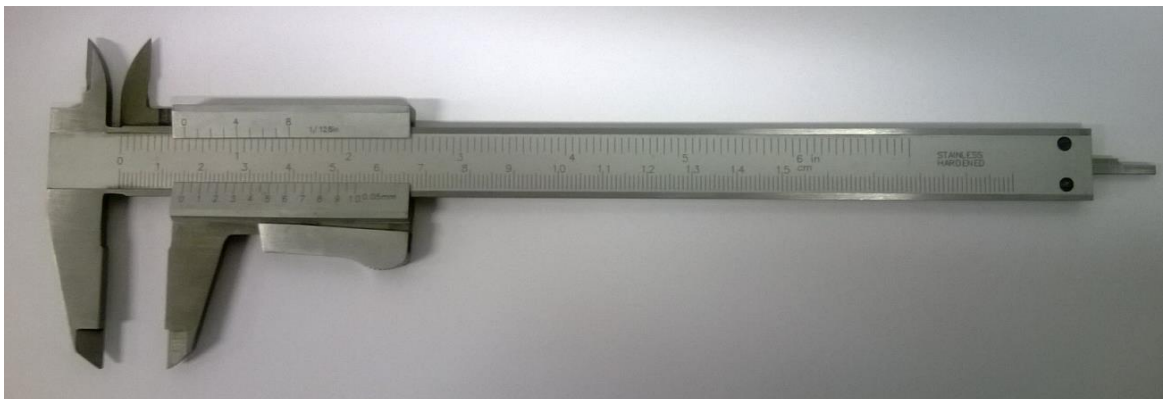
Kaavoissa L on mittakiven tarkasteltava pituus (Guindy Machine Tools Limited 2014)



Kuva 5. Mittakivi 400*400*60 (Kuva: Janne Savinainen)

3.2.8 Työntömitta

Työntömitta on yleisin metalliteollisuuden konepajassa käytettävä mittalaite. Tavallisen työntömitan mittaustarkkuus on 0,05 mm. Työntömitan lukema lue-taan liikkuvassa leuassa olevasta noniusasteikosta (Maaranen 2007, 27). Noniusasteikko voidaan työntömitoissa korvata mittakellolla tai digitaalisella mittapäällä (SFS-EN ISO 13385-1 2011, 5-6). On olemassa monenlaisia erikoistyon-tömittoja, mutta geometrian tarkastuksessa tarvitaan ainoastaan yleisimmin käytettävää normaalia työntömittaa. (Kuva 6.) Tavallista työntömittaa käytetään ulkopuoliseen, sisäpuoliseen, olakkeen ja etäisyyden mittaukseen (Maaranen 2007, 27). Geometrian tarkastuksissa Machineryllä käytettävät työntömitat ka-libroidaan vuosittain ISO 13385–1:2011 mukaan tai useammin, jos on syytä epäillä työntömitan mittaustuloksia.



Kuva 6. Työntömitta mitta-alue 150 mm. (Kuva: Janne Savinainen)

3.2.9 Mikrometri

Mikrometri on myös hyvin yleinen metalliteollisuuden konepajassa käytettävä mittalaite. Yleisesti mikrometrin lukematarckkuus on 0,01 mm. On myös olemas-sa tarkemmallakin lukematarckkuudella valmistettuja mikrometrejä. Geometrian tarkastuksissa tarvitaan tavallista kaarimikrometriä, joka on tarkoitettu ulkopuo-listen pituuksien mittaamiseen.

Suurin mittapoikkeama 0–25 mm mikrometrillä saa enimmillään olla 4 μm (kuva 7.) (DIN 863–1 1999, 4). Tavallisesti kaarimikrometrin mitta-alue on 25 mm

esim. 25–50 mm, 175–200 mm. Mikrometrejä on useita erilaisia sovelluksia erilaisiin mittauksiin. Erikoismikrometrejä ovat esimerkiksi syvyyden, reiän, kierteen, kiilauran ja hammaspyörän mittaamiseen. Oikean mittaustuloksen saamiseksi on tärkeää että mitattava kappale ja mikrometri ovat +20 °C lämpötilassa. Työstöstä ja kädestä johtuva lämpö voi muuttaa nopeasti mittaustulosta (Maaranen 2007, 28–29.)

Geometrian tarkastusmittauksessa Machineryllä käytettävät mikrometrit tarkastetaan aina ennen käyttöä. Kalibrointi mikrometreille suoritetaan vuosittain, tai jos on syytä epäillä mittaustulosten luotettavuutta. Kalibroinnit mikrometreille suoritetaan Machineryllä standardin DIN 863-1 1999 mukaan.



Kuva 7. Mikrometri mitta-alue 0–25 mm (Kuva: Janne Savinainen)

4 Lastuavat metallintyöstökoneet

Metallintyöstökoneita käytetään metallin työstämiseen lastuamalla. Työstökoneen määritelmään mukaan ne eivät ole käytön aikana käsivoimin liikuteltavissa (SFS-ISO 230-1 1992, 12). Yleisimpiä konepajateollisuudessa käytettyjä lastuvia metallintyöstökoneita ovat sorvit, jyrskoneet, aarporat. Lastuavien työstökoneiden jaottelunrajat ovat kuitenkin hämärtyneissä nykyisten koneiden monikäyttöisyyden vuoksi (Huurne 2014.)

4.1 Geometrian tarkastusmittauskohteet

Geometrian tarkastuksen tehdään koneisiin, joihin on suunniteltu seuranta-, mittaus-, analysointi- ja parantamisprosessit. Näin pystytään luotettavasti osoittamaan valmistettavien tuotteiden vaatimusten mukaisuus (ISO-9001 2008, 36.) Geometrian tarkastuspohjat tehdään yleisimpiin metallintyöstöön käytettäviin koneisiin. Tarkastelun kohteina ovat: sorvi, vaakakarainen metallintyöstökone sekä pystykarainen metallintyöstökone.

4.1.1 Sorvi

Seuraavana on erilaisia sorvityyppejä, jotka ovat konepajateollisuudessa yleisesti käytössä:

- kärkeisorvit
- revolverisorvit
- tasosorvit
- karusellisorvit
- pitkäsorvit
- automaatti- ja puoliautomaattisorvit
- NC-sorvit (Kuva 8.)

Geometriantarkastusraportti sorville soveltuu käytettäväksi kärkeisorvin, NC-sorvin ja automaattisorvin tarkastuksiin. Jokaisella edellä mainituilla sorvityypeillä koneistetaan pyörähdyskappaleita.

Geometrian tarkastuksen kannalta on tärkeää, että sorvinrunko on asetettu vaakasuoraan. Sorvinrungonsuoruus tarkastetaan käyttämällä vesivaakaa mittauksessa. Sorvinpoikittainen heitto saa olla enintään 0.01 mm 500 mm matkalla. Mittaus tehdään sorvin poikittaiskelkan tai johteiden päältä viivaimen avulla. Pitkittäinen heitto saa paikallisesti olla 0.005 mm yli 250 mm matkalla (DIN 8605 1976, 1.)

Epäkeskeisyys tarkastetaan sorvinkaralta sekä istukasta, johon työstettävä kappale kiinnitetään. Mittaus suoritetaan mittakellolla jonka erottelukyky on 1/1000 mm. Epäkeskeisyys kierroksella saa olla enintään karalla 0,005 mm ja 0,01 mm istukassa. Mittakello asetetaan tukevasti johteen tai kelkan päälle Mittakellonkärki asetetaan karaputkea vasten. Karaa pyöritetään hitaasti, mittatulos on suurimman ja pienimmän mittatuloksen erotus. Istukan epäkeskeisyys mitataan asettamalla mittakellonkärki sorvin pakkaa vasten. Pakkaa pyritetään hitaasti 360°, jonka jälkeen lasketaan suurimman ja pienimmän mittatuloksen erotus (DIN 8605 1976, 3.)

Sorvin pitkittäisakseli ja karan yhdensuuntaisuus mitataan asettamalla mittatuurna koneen istukkaan ja mittakello työkalunpitimeen. Mittakellonkärki asetetaan mittatuurnan pintaa vasten. Koneen kelkkaa ajetaan pitkittäisakselin suuntaisesti 300 mm matka. Mittakellosta luetaan akselin keskeisyysheitto. Mittapoikkeama saa olla horisontaalisesti enintään 0,02 mm 300 mm matkalla. Akselin keskeisyysheitto vertikaalisesti saa olla enintään 0.01 mm 300 mm matkalla (DIN 8605 1976, 4.) Akselin yhdensuuntaisuus säädetään muuttamalla karan suuntauksen säätöä (SFS-ISO-230-1 1992, 33).

Sorvin karan tulee olla myös kohtisuorassa sorvin poikittaisakseliin nähden. Akselin kohtisuoruus tarkastetaan 300 mm halkaisijalla olevalla kiekolla. Kiekosta sorvataan otsapinta puhtaaksi mittaamista vasten. Mittakello asetetaan tukevasti sorvin poikittaiskelkkaan. Mittakellonkärki asetetaan sorvatun levyn otsapintaa vasten, kelkkaa liikutetaan 300 mm sorvin poikittaissuunnassa. Akselin mittapoikkeama saa olla enintään 0.01 mm (SFS-ISO-230-1 1992, 33.)

Karan keskilinjan poikkeama karan ja kärkipylkän välillä ei saa olla liian suuri. Karan ja kärkipylkän yhdensuuntaisuus tarkastetaan suorittamalla mittaus tuurnan avulla. Mittauksessa mittatuurna kiinnitetään sorvin istukkaan ja mittakello asetetaan teränpitimeen. Mittakellonkärki asetetaan mittatuurnan pintaa vasten. Karaa pyöritetään kierros. Karan ja kärkipylkän yhdensuuntaisuus säädetään liikuttamalla kärkipylkkää siten, että tuurnan molemmissa mittakellon lukema on sama. Tämän jälkeen tuurna käännetään 180° ja suoritetaan sama mittaus. Näiden neljän mittauksen keskiarvo poistaa tuurnasta mahdollisesti johtuvat mittapoikkeamat (SFS-ISO-230-1 1992, 30.) Kärkipylkän ja karan keskilinjan poikkeama saa olla enintään 0,02 mm (DIN 8605 1976, 4).

Sorvin työkalurevolverin työkalupaikkojen samankeskisyys karan istukkaan nähden mitataan kiinnittämällä mittakello istukkaan. Mittakellon valitsemisessa on otettava huomioon mittakellon paino, sekä herkkyys. Mittakellon herkkyys ja paino voivat helposti vaikuttaa mittaustuloksiin. Mittakellon kärki asetetaan revolverissa olevan työkalupaikan sisäreiän pintaan. Karaa pyöritetään 360° , jolloin mittakellosta luetaan kellon lukemat, minkä jälkeen lukemista lasketaan suurimman ja pienimmän mittatuloksen erotus, josta saadaan suurin kokonaisheitto. (SFS-ISO 230-1 1992, 50.) Työkalurevolverin työkalupaikkojen ja karan keskeisyyden heitto saa olla enimmillään 0.02 mm (DIN 8605 1976, 4).

Yhdensuuntaisuus istukan ja aksiaalisesti pyörivän työkalun välillä mitataan asettamalla mittakello istukkaan tukevasti. Työkalukartioon asetetaan mittatuurna. Mittakellon kärki asetetaan mittatuurna vasten. Mittaukset tehdään horisontaalisessa ja vertikaalisessa suunnassa ajamalla mittakelloa koneella tuurna pitkin pituus suunnassa. Mittakellosta luetaan yhdensuuntaisuuden mittapoikkeamat (SFS-ISO 230-1 1992, 50.) Yhdensuuntaisuusheitto istukan ja aksiaalisesti pyörivän työkalun välillä saa enimmillään olla vertikaalisesti ja horisontaalisesti olla 0,02 mm. Mittaus kannattaa suorittaa muutamasta työkalupaikasta, mittausepävarmuuden vähentämiseksi.

Yhdensuuntaisuus X-akselin ja radiaalisesti pyörivän työkalun välillä mitataan asettamalla mittakello tukevasti istukkaan ja mittatuurna pyörivän työkalun paikalle. Mittakellon kärki asetetaan mittatuurna vasten ja mittaus suoritetaan muutaman kerran ajamalla kelloa tuurna pitkin X-akselin suuntaisesti. Tuurna pyöräytetään 180° , jonka jälkeen lasketaan mittauksien keskiarvo, millä poistetaan mahdollisesti tuurnasta johtuvat mittapoikkeamat (SFS-ISO 230-1 1992, 41–42.)

Lopuksi sorvilla koneistetaan lastuamistesti, jolla pystytään tarkastamaan akselien keskilinjanpoikkeamat. Lastuamistestin tulos mitataan työntömitalla ja mikrometrillä. Lastuamistestissä sorvataan koneen näyttämän mukaan 100 mm halkaisijalla olevia pintoja 300 mm välein, jonka jälkeen sorvattujen pintojen halkaisija mitataan työntömitalla ja mikrometrillä.



Kuva 8. NC-sorvi (Kuva: Kervinen 2009)

4.1.2 Pystykarainen metallintyöstökone

Pystykaraisessa metallintyöstökoneessa pääkara on koneessa pystyasennossa. (Kuva 9.) Erilaisia pystykaraisia työstökoneita ovat runkomalliset pystyjyrsinkoneet, polvimalliset pystyjyrsinkoneet, pystykaraiset NC-työstökeskukset ja portaalimalliset pystyjyrsinkone (Maaranen 2007, 174.) Geometrian tarkastusraportti soveltuu käytettäväksi edellä mainittuihin jyrsinkoneisiin. Pystykaraisen metallintyöstökoneen vaaitus tarkastetaan koneen valmistajan toimittamien asiakirjojen mukaisesti (Kervinen 2014).

Runkomalliset ja portaalimalliset pystyjyrsinkoneet on tarkoitettu esisijaisesti raskaiden työkappaleiden koneistamiseen. Pystykaraiset NC-työstökeskukset ovat tämän hetken pisimmälle kehitettyä työstötekniikkaa. Pystykaraisella NC-työstökeskuksella pystytään valmistamaan erikokoista kappaletta, rajoituksena

työstettäville kappaleille on koneen pöydän koko. Työstökeskuksella pystytään valmistamaan suurista kappaleiden sarjoista yksittäisiin kappaleisiin. Työstökeskukset ovat numeerisesti ohjattuja työstökoneita (Maaranen 2007, 174–176.)

Pystykaraisen työstökoneen geometrian tarkastuksessa on tärkeää että X-, Y- ja Z- akselit ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden. Akseleiden kohtisuoruus tarkastetaan mittakiven ja mittakellon avulla. Mittauksessa käytettävän mittakellon erottelukyky täytyy olla 1/1000 mm.

Mittakivi asetetaan työstökoneen pöydälle vaakatasoon. Mittakivi tulee asettaa X- tai Y-akselin mukaan kohtisuoraan. Mittakello asetetaan karaan tai tukevasti magneetti jalalla karan päähän. Mittakellon kärki asetetaan kiven pysty suoraan pintaa vasten, tämän jälkeen ajetaan mittakärkeä kiven pinnassa X- ja Y-akseleiden suuntaisesti, yhtä akselia kerrallaan. Akseleiden kohtisuoruus toisiinsa nähden luetaan kellon näyttämästä. Mittapoikkeama saa olla enintään 0,04 mm 1000 mm matkalla, mutta enintään 0,02 mm 300 mm matkalla (ISO 3070–1 2007, 10.)

Kohtisuoruus Z-akselin ja pöydänsuhteen tarkastetaan myös mittakiven ja mittakellon avulla. Mittakivi asetetaan pystyyn työstökoneenpöydälle. Kohtisuoruuden tarkastus tehdään mittakellolla, joka on kiinnitetty karaan. Mittakellon kärki asetetaan kohtisuoraan kivenpintaa vasten, mittaus suoritetaan ajamalla koneen Z-akselia mittakellonkärjen ollessa mittakiveä vasten. Suurin mittapoikkeama mittauksessa saa enimmillään olla 0,02 mm 1000 mm matkalla (ISO 3070–1 2007, 7.)

Koneen aksiaalisliikkeiden yhdensuuntaisuus pöydän suhteen tarkastetaan karaan kiinnitetyn mittakellon avulla. Mittakellonkärki asetetaan vaakatasoon X- Y-akselin suuntaisesti asetetun kiven yläpintaa vasten. Koneella ajetaan X- ja Y-liikkeitä, yhtä akselia kerrallaan mittakiven pintaa pitkin. Mittausmatkana pidetään koko kiven pituutta. Enimmillään mittakellon lukeman heitto saa olla 0,04 mm 1000 mm matkalla (ISO 3070–1 2007, 16.)

Pitkissä jyrsinkoneissa mittauksia suoritetaan kolmesta eri kohdasta, pöydän molemmista päistä ja keskeltä, jolloin suurin mittakellolla mitattu heitto voi olla

0,065 mm 1000 mm matkalla ja kaikkien mittausten suurin keskinäinen ero voi olla enintään 0,1 mm (ISO 3070-2 2007, 22.)

Kohtisuoruus karan keskilinjan ja pöydän välillä tarkastetaan karaan kiinnitetyn mittakellon avulla, joka on kiinnitetty karaan 500 mm sivuun karan keskilinjasta. Mittaus suoritetaan karaan kiinnitetyn viiksen avulla. Mittausviiksi voidaan valmistaa tukevasta materiaalista. Mittakellon kärki on asetettu mittakiven pintaan. Kelloa liikutetaan pyörittämällä karaan vaakatasoon asetetun kiven pintaa pitkin. Mittapoikkeama saa enimmillään olla 0,02 mm 500 mm matkalla (ISO 3070-1 2007, 25.)

Z-liikkeen yhdensuuntaisuus karan keskilinjaan nähden tarkastetaan kartiotuurnan ja mittakellon avulla. Kartiotuurna asetetaan karalle ja mittakello asetetaan tukevaan jalkaan pöydälle. Mittakärki asetetaan X- akselin ja Y- akselin suuntaisesti kartiotuurnan pintaa vasten. Z-akselia ajetaan 300 mm matka. Suurin mittapoikkeama kartiotuurnasta mitattuna saa olla 0,02 mm 300 mm matkalla (ISO 3070-2 2007, 26.)

Karakartion epäkeskeisyys mitataan myös mittakellon ja kartiotuurnan avulla. Kartiotuurna asetetaan karalle, mittakello asetetaan esim. tukevaan jalustaan työstökoneen pöydälle ja mittakellon mittakärki asetetaan kartiotuurnaa vasten. Karaa pyöritetään, jolloin mittakellosta luetaan karan epäkeskeisyys heitto. Karanpäästä mittaheitto saa olla enimmillään 0,01 mm ja 300 mm etäisyydellä karasta suurin mittaheitto saa olla 0,02 mm (ISO 3070-1 2007, 21-22.)

Laakereiden päittäisväly tarkastetaan asettamalla mittakellon kärki kohtisuoraan karassa olevaan kartiotuurnan päähän. Karaan kohdistetaan karan suuntaisesti kohdistuva, valmistajan suosittama voima. Mittakellosta luetaan päittäisliike, joka saa enimmillään olla 0,01 mm (ISO 3070-2 2007, 30.)



Kuva 9. Pystykarainen metallintyöstökone (Kuva: Kervinen 2009)

4.1.3 Vaakakarainen metallintyöstökone

Yleisin vaakakarainen metallintyöstökone konepajoissa on aarpora eli avarruskone. Avarruskoneet ovat yleisesti suurikokoisia metallintyöstökoneita. (Kuva 10.) Avarruskoneissa työkalu kiinnitetään karalle joka on vaakatasossa karalaa- tikossa. Avarruskoneet jaetaan ristipöytätyypisiin ja lattiatyypisiin, sen mukaan miten työstettävä kappale koneeseen kiinnitetään. Vaakakaraisessa työstökoneen geometrisen tarkkuuden kannalta on tärkeää, että karan liikkeet ovat kohtisuorassa muihin akseleihin nähden. Vaakakaraisten metallintyöstökonei-

den vaatitus tarkastetaan koneen valmistajilta saatujen tietojen perusteella (Kerminen 2014).

Z-akselin liikkeen suoruus mitataan vaakakaraisesta työstökoneesta viivaimen ja mittakellon avulla. Viivain asetetaan koneen pöydälle, yhdensuuntaisesti Z-akselin kanssa. Vertikaalisen YZ-tason mittauksessa mittakellon kärki asetetaan viivaimen yläreunaa vasten. Koneetta ajetaan Z-akselin suuntaisesti, mittakellosta luetaan akselin vertikaaliset mittapoikkeamat. Horisontaalista XZ-tason poikkeamaa mitattaessa mittakellonkärki asetetaan lappeelleen asetetun viivaimen sivua vasten. Koneetta ajetaan Z-akselin suuntaisesti, mittakellosta luetaan akselin horisontaaliset mittapoikkeamat. Enimmillään mittapoikkeama saa olla paikallisesti 300 mm matkalla 0,006 mm ja 0,02 mm 1000 mm matkalla. Yli 1000 mm mitattavalla matkalla enimmäis-poikkeama saa olla 0,03 mm (ISO 3070-1 2007, 7.)

X-akselin liikkeen suoruus mitataan vaakakaraisesta työstökoneesta viivaimen ja mittakellon avulla. Viivain asetetaan työstökoneen pöydällä X-akselin suuntaisesti, kohtisuoraan Z-akseliin nähden. X-akselin vertikaalinen XY tason mittapoikkeama mitataan asettamalla mittakellonkärki viivaimen yläpintaa vasten, X-akselia ajetaan 1000 mm matka, mittakellosta luetaan mittapoikkeama. X-akselin horisontaalinen ZX-tason mittapoikkeama mitataan asettamalla mittakellonkärki lappeelleen asetetun viivaimen sivua vasten, X-akselia ajetaan 1000 mm matka, mittakellosta luetaan mittapoikkeama. Mittapoikkeama saa olla 1000 mm matkalla enintään 0,02 mm. Paikallisesti mittapoikkeama saa olla enintään 0,006 mm 300 mm matkalla (ISO 3070–2 2007, 9-10.)

Y-akselin liikkeen suoruus mitataan vaakakaraisessa työstökoneesta suorakulman ja mittakellon avulla. Suorakulma asetetaan työstökoneen pöydällä pystyyn, kohtisuoraan Z-akseliin nähden. Y-akselin taso YZ-tason suhteen mitataan asettamalla mittakello karan suuntaisesti karanpäähän kiinni, magneettijalan avulla. Mittakellonkärki asetetaan suorakulman pintaa vasten. Koneella ajetaan Y-akselin suuntaisesti 1000 mm suorakulmanpintaa pitkin, mittakellosta luetaan YZ-tason mittapoikkeama. Y-akselin taso XY-tason suhteen mitataan asettamalla mittakello kohtisuoraan X-akselia vasten karanpäähän kiinni magneettijalan avulla. Suorakulma asetetaan koneen pöydälle yhdensuuntaisesti Y-akselin kanssa. Mittakellonkärki asetetaan suorakulman reunaa vasten. Koneella aje-

taan Y-akselin suuntaisesti 1000 mm suorakulmanpintaa pitkin, mittakellosta luetaan XY-tason mittapoikkeama. Mittapoikkeama 1000 mm matkalla saa enintään olla 0,02 mm (ISO 3070-1 2007, 11.)

Akseleiden keskinäinen kohtisuoruus vaakakaraisesta työstökoneista tarkastetaan mittakiven ja mittakellon avulla. Akseleiden kohtisuoruus tarkastetaan XY- YZ- ja XZ-tasoissa. XY-tasossa akseleiden kohtisuoruus toisiinsa nähden tarkastetaan asettamalla mittakivi työstökoneen pöydälle X-akselin suuntaisesti. Mittakellon kärkeä ajetaan kivenpintaa myöten Y- ja X-akselinmyötäisesti 500 mm. YZ-tasossa akseleiden kohtisuoruus toisiinsa nähden tarkastetaan asettamalla mittakivi pystyyn Y-akselin suuntaisesti. Mittakellonkärkeä ajetaan kivenpintaa myöten Y- ja Z-akselin myötäisesti 500 mm. XY-tasossa akseleiden kohtisuoruus toisiinsa nähden tarkastetaan asettamalla mittakivi vaakatasoon työstökoneen pöydälle X- ja Y-akselin suuntaisesti. Mittakellonkärkeä ajetaan kivenpintaa myöten Z- ja X-akselin suuntaisesti 500 mm matka. Suurin mittapoikkeama eri tasojen suhteen saa olla 0.02 mm 500 mm matkalla (ISO 3070–1 2007, 13–14.)

Z-liikkeen yhdensuuntaisuus karan keskilinjaan nähden tarkastetaan kartiotuurnan ja mittakellon avulla. Kartiotuurna asetetaan karalle ja mittakello asetetaan tukevaan jalkaan pöydälle. Mittakärki asetetaan X- akselin ja Y- akselin suuntaisesti kartiotuurnan pintaa vasten. Z-akselia ajetaan 300 mm matka. Suurin mittapoikkeama kartiotuurnasta mitattuna saa olla 0,02 mm 300 mm matkalla (ISO 3070-2 2007, 26.)

Karakartion epäkeskeisyys mitataan myös mittakellon ja kartiotuurnan avulla. Kartiotuurna asetetaan karalle, mittakello asetetaan esim. Tukevaan jalustaan työstökoneen pöydälle ja mittakellon mittakärki asetetaan kartiotuurnaa vasten. Karaa pyöritetään, jolloin mittakellosta luetaan karan epäkeskeisyys heitto. Karanpäästä mitta heitto saa olla enimmillään 0,01 mm ja 300 mm etäisyydellä karasta suurin mittaheitto saa olla 0,02 mm (ISO 3070–1 2007, 21–22.)

Laakereiden päittäisvälyt tarkastetaan asettamalla mittakellon kärki kohtisuoraan karassa olevaan kartiotuurnan päähän. Karaan kohdistetaan karan suuntaisesti kohdistuva, valmistajan suosittama voima. Mittakellosta luetaan päittäisliike, joka saa enimmillään olla 0,01 mm (ISO 3070–2 2007, 30.)

Vaakakaraisen työstökoneen pylvään suoruus YZ-suunnassa tarkastetaan mittakellon, mittakiven ja 500 mm pituinen mitta-apuviiksen avulla. Mittakivi asetetaan työstökoneen pöydälle pystyyn X-akselinsuuntaisesti. Mitta-apuviiksi asetetaan työkalukartioon kiinni, viiksen päähän kiinnitetään mittakello. Viiksi asetetaan pystyyn Y-akselin suuntaisesti. Mittakellon kärki asetetaan mittakiveä vasten. Karaa pyöritetään 180° ja mittakellosta luetaan mittapoikkeama. Mittapoikkeama saa enimmillään olla 0,02 mm 500 mm matkalla (ISO 3070–3 2007, 27)

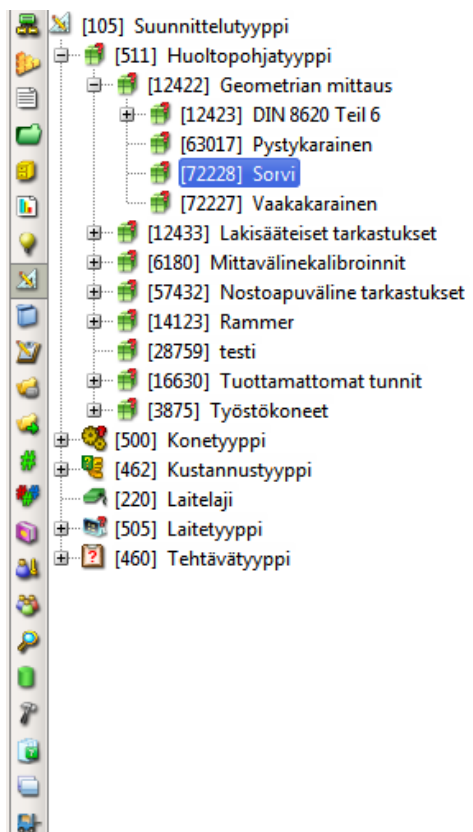


Kuva 10. Vaakakarainen Tos Varnsdorf WHQ 13 CNC (Kuva: Machinery 2014)

5 Machinassa raportointi

5.1 Pohjien luominen geometrian tarkastuksen raportointiin

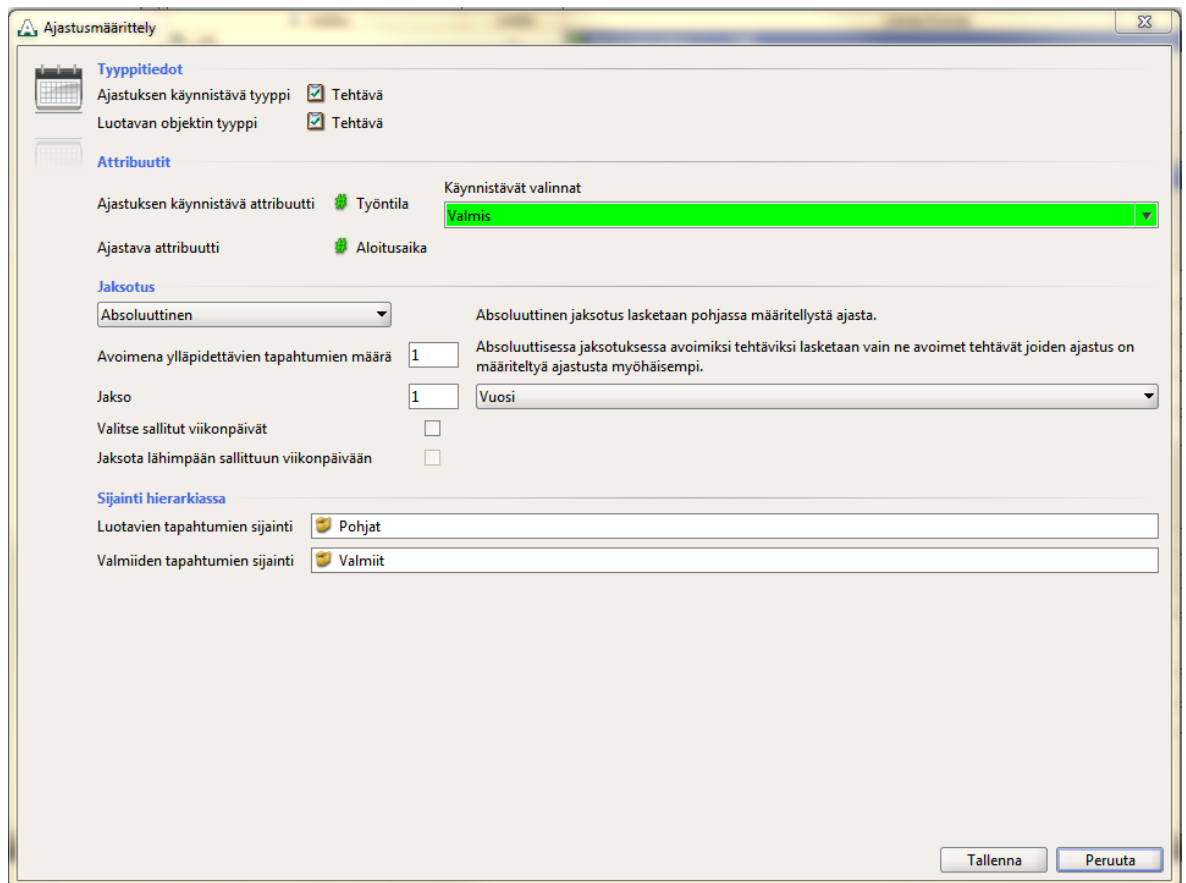
Machinaan luodaan omat geometrian tarkastuspohjat sorville, pysty- ja vaakakaraisille lastuavalle metallintyöstökoneille. Pohjat luodaan suunnittelutyypin puuhun huoltopohjatyypin alle geometrian mittaukseen. (Kuva 1.) Ohjelmassa geometrian tarkastuspohjille luodaan omat attribuutit jokaiselle mittausta helpotavalle ohjeelle, kuvalle ja mittaustulokselle. Geometrian tarkastusmittaajan tulee pystyä tekemään mittaukset Machinassa olevan geometrian tarkastusmittauspohjan perusteella ja kirjaamaan mittaustulokset järjestelmään. Mittauksissa käytettävän geometrian tarkastuspohjan määrittelee työnjohtaja tai muu asiaan perehtynyt henkilö, joka linkittää mittaajalle työtehtävään geometrian mittauspohjan.



Kuva 11. Suunnittelutyypin puu Machinassa (Janne Savinainen 2014)

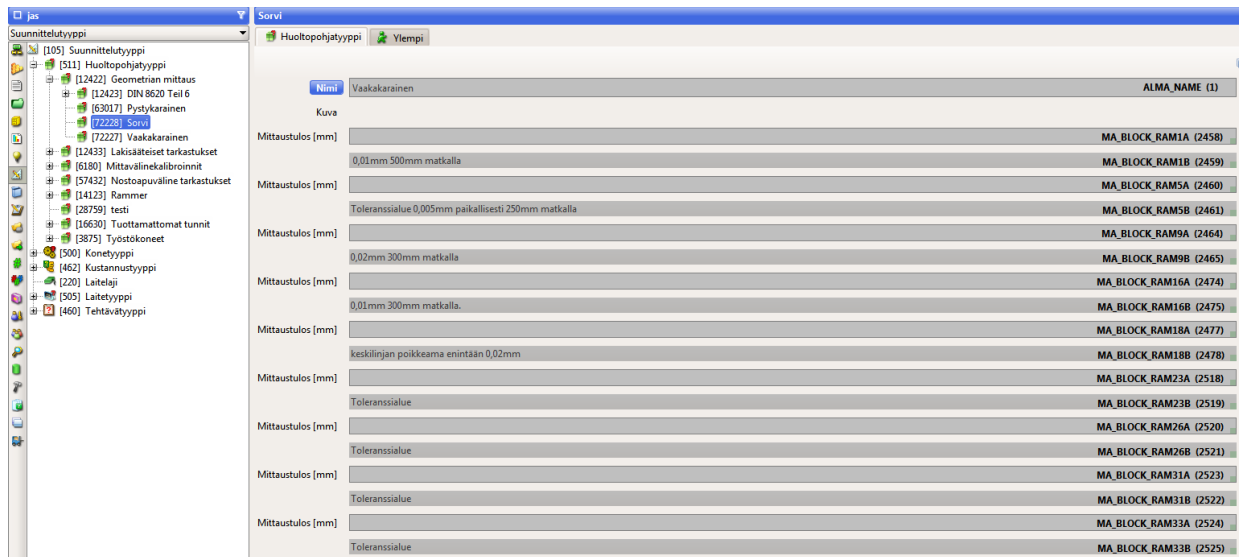
Mittauspohjaan lisätään ajastusmäärittelyattribuutti, jolla pystytään määrittelemään ajastuksen väliaika. Geometrian mittauksen määräaika sovitaan asiakkaan kanssa. (Kuva 12.) Useimmiten geometrian tarkastusmittaukset suorite-

taan vuosittain. Geometrian mittauksista tulee automaattisesti uusi tehtävä, kun mittauksen suorittaja asettaa mittaustehtävän valmiiksi. Mittaukset voidaan suorittaa ajastusmäärittelystä poikkeavasti, jos valmistettavien kappaleiden mit-
tapoikkeamat alkavat suurenemaan huomattavasti tai on muuten syytä epäillä työstökoneen geometrisiä poikkeavuuksia.



Kuva 12. Ajastusmäärittely Machinassa (Janne Savinainen 2014)

Geometrian tarkastusmittauksissa tarvittavat attribuutit luodaan mitattavan kohteen mukaan. Toleranssirajat mittaukselle sekä suoritettavan mittauksen ohje kirjoitetaan Infotyyppin attribuuttiin. Attribuutit muokataan ohjelmassa käyttämättöminä olevista MA_BLOCK_RAM_B koodilla alkavista attribuuteista. Mittaustulosten kirjaamista varten muokataan ja otetaan käyttöön käyttämättöminä olevia tekstityypin MA_BLOCK_RAM_A koodilla alkavia attribuutteja. (Kuva 13.) Attribuuttien järjestys geometrian tarkastusmittauspohjassa muokataan tarttumalla hiiren vasemmalla näppäimellä siirrettävästä attribuutista ja siirtämällä se haluttuun kohtaan geometrian tarkastuspohjassa.



Kuva 13. Muokatut attribuutit Machinassa (Janne Savinainen 2014)

Kuvan lisääminen pohjaan tapahtuu lisäämällä kuva-attribuutti geometrian tarkastuspohjaan, jonka jälkeen haluttu kuva raahataan kuva attribuutin päälle. Jokaiselle kuvalle lisätään oma kuva attribuutti, johon kuvat raahataan. Pohjaan lisätään jokaiselle mitaustapahtumalle kuva. Kuvan tarkoitus on helpottaa ja selkeyttää geometrian tarkastusmittauksen suorittamista. Siirretystä kuvasta käy ilmi mitattava kohde ja mittaus suunta.

Kun mittauksien suorittaja on kirjannut mittauksien tulokset Machina-ohjelmaan, mittauksista voidaan tulostaa objektin tulostus toiminnolla kyseisellä pohjalla olevat attribuutit ja niille kirjatut tulokset.

5.2 Raporttipohja geometrian tarkastusmittauksen suorittamisessa

Geometrian tarkastuspohjia sekä opinnäytetyötä voidaan käyttää ohjeena geometrian tarkastusmittauksen suorittamisessa. Raporttipohjiin tulevat attribuutit järjestetään samaan järjestykseen kuin opinnäytetyössä. Tällä tavoin mittausjärjestyksestä saadaan järkevä ja mitaajat suorittavat tarvittavat mittaukset aina samassa järjestyksessä. Raporttipohjien ja opinnäytetyön avulla Machineryllä pystytään ottamaan käyttöön yhtenäiset toimintatavat mittauksien suorittamiseen. Raporttipohjia ja opinnäytetyötä voidaan käyttää opintomateriaalina koulutettaessa uusi geometrian tarkastusmittaajia.

6 Pohdinta ja jatkokehityssuunnitelmat

Opinnäytetyön tuloksena saatiin Machinery Oy:n kaikille toimipisteille yhtenäinen geometrian tarkastusmittaus- ja raportointimalli. Samalla lisättiin mahdollisuus suorittaa geometrian tarkastusmittaukset Machina -kunnossapito ohjelman avulla. Machinaa on kehitetty vuoden 2011 alkupuolelta lähtien. Geometrian tarkastusraportin luonti ohjelmaan oli tarpeellinen lisä ohjelman käytettävyyteen työkaluna, geometrian tarkastusmittausten suorittajille ja geometrian tarkastusmittausten raportoinnin dokumentointiin. Opinnäytetyössä tulee ilmi mittalaitteet, joita geometrian tarkastuksessa tulee käyttää, sekä standardien niille asettamat tarkkuusvaatimukset.

Opinnäytetyö on muuttunut jonkin verran alkuperäisestä suunnitelmasta. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus tehdä jokaiselle konemallille oma tarkastuspohja, mutta päädyn jakamaan koneet kolmeen selkeään ryhmään niiden ominaisuuksien mukaan, vaaka- ja pystykaraisiin metallintyöstökoneisiin sekä sorveihin. Ryhmäjako on melko pelkistetty, mutta tutustuttuani erilaisten koneiden geometrisiin standardeihin, mielestäni ei ollut järkevää jakaa työstökoneita useampaan ryhmään. Ryhmäjako oli mielestäni onnistunut.

Geometrian tarkastusmittaus raportointiin tulee muutoksia käyttökokemusten kautta. Työn tarkoitus oli saada selkeä runko geometrian tarkastusten tekemiseen ja yhtenäistää Machineryllä käytettävät toimintatavat. Tärkeää oli myös löytää oikeat mittalaitteet ja niiden standardivaatimukset. Machinan kehityksessä otetaan huomioon käyttökokemukset geometrian tarkastusmittauksista. Opinnäytetyön tekemisen aikana ei saatu käyttökokemuksia geometriantarkastusmittausten raportoinnin toiminnasta.

Jatkokehityksenä geometrian tarkastuksiin tulisi lisätä jyrsinkoneiden jyrsinpäiden geometriset tarkastukset, levytyökoneiden geometriset tarkastukset sekä muiden harvinaisempien metallintyöstökoneiden geometriset tarkastukset. Myös Machinaan tulisi liittää kaikki muukin Machineryllä tapahtuva testaus ja mittaus.

Alun perin opinnäytetyön aikatauluksi määriteltiin maaliskuu - lokakuu 2013. Työ ei valmistunut alun perin määritellyssä aikataulussa, johtuen työpaikalla tapahtuneista organisaatiomuutoksista. Työ eteni nopeasti sen jälkeen, kun ai-

kaa sai järjestettyä sen tekemiseen. Työn valmistumista edesauttoi yrityksen tuki ja oma kiinnostus asiaan.

Opinnäytetyö prosessina kehitti itseäni oppimisprosessina paljon tietojen ja taitojen osalta työstökoneiden geometrian mittauksista ja niihin liittyvistä mittalaitteista. Opinnäytetyötä tehdessäni sain paremman näkemyksen geometrian tarkastusmittauksista, josta on paljon apua työhön liittyvissä asioissa.

Lähteet

- Alma. 2010a. Palaverimuistio 2010 09 09.
- Alma. 2010b. Käyttöohje Alma Machina. 21.1.2014.
- DIN 8605. 1976. Machine tools lathes of high accuracy swing up to 500mm, turning length up to 1500mm Acceptance conditions. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DIN 863–1. 1999. Micrometers Part 1: Standard design external micrometers Concepts, requirements and testing. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- DIN 878. 2006. Geometrical product specifications (GPS) – Mechanical dialgauges- Limits for metrological characteristics. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung.
- Huurne Jani. 2014. Palvelupäällikkö, Machinery Oy. Suullinen tiedonanto 9.2.2014.
- ISO 3070-1 2007. Machine tools-Test conditions for testing the accuracy of boring and milling machines with horizontal spindle. Part 1: Machines with fixed column and movable table. Switzerland: International standard ISO.
- ISO 3070-2 2007. Machine tools-Test conditions for testing the accuracy of boring and milling machines with horizontal spindle. Part 2: Machines with movable column and fixed table. Switzerland: International standard ISO.
- ISO 3070-3 2007. Machine tools-Test conditions for testing the accuracy of boring and milling machines with horizontal spindle. Part 3: Machines with movable column and movable table. Switzerland: International standard ISO.
- Guindy Machine Tools Limited.2014. <http://www.gmt.co.in/granite-din.html> 16.1.2014.
- Kervinen Jouni. 2014. Tekninen asiantuntija, Machinery Oy. Suullinen tiedonanto 15.1.2014.
- Maaranen, K. 2007. Koneistustekniikka 1-2 painos. Helsinki: WSOY.
- Machinery Oy. 2013a. <http://machinery.fi/fi/yritys/historia>. Historia 30.12.2013.
- Machinery Oy. 2013b. Machinery Oy intranet 30.12.2013.

- SFS-EN ISO 13385-1. 2011. Geometrical product specification (GPS). Dimensional measuring equipment. Part 1: callipers; Design and metrological characteristics. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.
- SFS-ISO 230–1. 1992. Työstökoneiden tarkastus ohje. Osa1: Työstökoneiden geometrinen tarkkuus kuormittamattomana tai viimeisteltäessä. Helsinki: Suomenstandardoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 9001. 2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.