

Mitutoyo

MITTAUKSEN PIKAOPAS

Tarkkuusmittavälineet pituudenmittaukseen

SUOMENKIELINEN
PAINOS



IP65 COOLANT PROOF
0-25mm 0.001mm
Mitutoyo

Symbolien merkitys	02
CE-merkinnän, RoHS-direktiivin, WEEE-direktiivin, ja REACH-asetuksen noudattaminen	03
Laadunvalvonta	04
Mikrometrit	06
Mikrometripäät	12
Räikkämikrometrit	16
Työntömitat	18
Korkeusmittalaitteet	22
Mittapalat	26
Mittakellot ja digitaalinäytöt	27
Lineaarimittauslaitteet	31
Elektroniset mikrometrit	33
Lasermikrometrit	35
Lineaariasteikot	37
Profiiliprojektorit	41
Mikroskoopit	43
Videomittauskoneet	45
Pinnankarheuden testauslaitteet	50
Pinnanmuodon mittauslaitteet	52
Ympyrämäisyyden mittauslaitteet	54
Kovuusmittauskoneet	56
Koordinaattimittauskoneet	58

Symbolien merkitys

PG
02

ABSOLUTE®

ABSOLUTE on Mitutoyo Corporationin tavaramerkki.

ABSOLUTE-lineaariasteikko

Tämä on sähköinen mittausasteikko, joka antaa suoraan absoluuttisen lukeman, kun se kytketään päälle. Asteikkoa ei siis tarvitse nolata vaikka virta onkin välillä katkaistu. Mitutoyo-mittalaitteet, joissa nämä asteikot ovat käytössä, tarjoavat merkittäviä hyötyjä olemalla aina valmiita mittaukseen, ilman tarvetta esisäätöihin päälle kytkemisen jälkeen. Tämä ominaisuus saavutetaan käyttämällä sähköstaattisia, sähkömagneettisia ja sähköstaattisten ja optisten menetelmien yhdistelmiä, mutta tärkein sen mahdollistava ominaisuus on Mitutoyon patentoitu teknologia absoluuttisen sijainti-informaation muodostamisesta suoraan asteikolle, jotta se voidaan lukea käynnistettäessä. Nämä lineaariset kooderit ovat laajalti käytössä Mitutoyon mittauslaitteissa, koska laadukas pituusnormaali vaikuttaa merkittävästi luotettavan mittaustiedon saamiseen teollisuudessa, erityisesti vaativissa ympäristöissä, joissa leikkausnesteet, jäähdystynesteet ja pöly eivät saa vaikuttaa mittaustieteen suorituskykyyn.

Edut:

1. Virhettä ei ilmene, vaikka siirret lukupäätä tai karaa erittäin nopeasti.
2. Sinun ei tarvitse palauttaa järjestelmän nolakohtaa, kun järjestelmä on käynnistetty sammutuksen jälkeen*1.
3. Koska tämän tyyppinen lukupää voi toimia pienemmällä teholla kuin inkrementaalinen versio, pariston käyttöikä on noin 3,5 vuotta (keskeytymätön toiminta 20 000 tuntia)*2 normaalissa käytössä.

*1: Ellei paristoa poisteta.

*2: ABSOLUTE DIGIMATIC -työntömitan tapauksessa (sähköstaattisen kapasitanssin malli).

IP-koodit

Nämä ovat koodeja, jotka ilmaisevat minkä verran suojaa kotelo tarjoaa tuotteen sähköiselle toiminnalle vieraiden esineiden, pölyn ja veden pääsyy vastaan, kuten on määritelty IEC-standardeissa (IEC 60529:2001) ja standardissa JIS C 0920:2003.

[IEC: International Electrotechnical Commission]

Ensimmäinen numero	Suojaus vieraita esineitä vastaan	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
0	Suojaamaton	—
1	Suojattu kiinteiltä vierasesineiltä, joilla S ₀ on 50 mm tai enemmän	S ₀ = 50 mm kohdemittakärki ei saa tunkeutua koteloon kokonaan*
2	Suojattu kiinteiltä vierasesineiltä, joilla S ₀ on 12,50 mm tai enemmän	S ₀ = 12,50 mm kohdemittakärki ei saa tunkeutua koteloon kokonaan*
3	Suojattu kiinteiltä vierasesineiltä, joilla S ₀ on 2,5 mm tai enemmän	S ₀ = 2,5 mm kohdemittakärki ei saa tunkeutua koteloon kokonaan*
4	Suojattu kiinteiltä vierasesineiltä, joilla S ₀ on 1,0 mm tai enemmän	S ₀ = 1,0 mm kohdemittakärki ei saa tunkeutua koteloon kokonaan*
5	Suojattu pölyltä	Pölyn sisäänpääsyä ei ole täysin estetty, mutta pöly, joka tunkeutuu sisään ei saa häiritä laitteen tyydyttävää toimintaa tai heikentää sen turvallisuutta.
6	Pölysuojattu	Pölyn sisäänpääsy estetty.

*: Tarkempia tietoja kunkin suojaustason arvioinnissa käytetystä testiolosuhteista löytyy alkuperäisestä standardista.

Toinen numero	Suojaus vettä vastaan	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
0	Suojaamaton	—
1	Suojattu pystysuoraan putoavilta vesipisaroilta	Pystysuoraan putoavilla vesipisarilla ei ole haitallisia vaikutuksia.
2	Suojattu pystysuoraan putoavia vesipisaroita vastaan 15 asteen kallistuskulman sisällä	Pystysuoraan putoavat vesipisarot eivät aiheuta haitallisia vaikutuksia, kun kotelo on kallistettu missä tahansa kulmassa enintään 15° kummallekin puolelle pystysuorasta.
3	Suojattu vesisuihkulta	Vesisuihkulla enintään 60 asteen kallistuksessa pystysuorasta kummallekaan puolelle ei ole haitallisia vaikutuksia.
4	Suojattu vesiroiskeita vastaan	Vesiroiskeilla koteloon mistään suunnasta ei ole haitallisia vaikutuksia.
5	Suojaus vesisuihkua vastaan	Mistään suunnasta koteloon tulevalle vesisuihkulle ei ole haitallisia vaikutuksia.
6	Suojattu kestävästi voimakkailla vesisuihkuilla	Mistään suunnasta koteloon tulevalle voimakkailla vesisuihkuilla ei ole haitallisia vaikutuksia.
7	Suojattu veden tunkeutumista vastaan	Veden pääsy haitallisia vaikutuksia aiheuttavina määrinä ei saa olla mahdollista, kun kotelo tilapäisesti upotetaan veteen vakiooissa paineen ja ajan olosuhteissa.
8	Suojattu jatkuvan veteen upottamisen vaikutuksia vastaan	Veden pääsy haitallisia vaikutuksia aiheuttavina määrinä ei saa olla mahdollista, kun kotelo on jatkuvasti upotettuna veteen olosuhteissa, joista on sovittu valmistajan ja käyttäjän kesken, mutta jotka ovat hankalammat, kuin IPX7.

IP65

IP66

IP67

IP on Mitutoyo Corporationin tavaramerkki.



www.tuv.com
ID 0000006683

Tietoja TÜV Rheinlandin sertifiointimerkinnoistä

Kaikki tuotteet, joissa on vasemmassa näkyvät merkinnät, ovat läpäisseet Saksan sertifiointijärjestö TÜV Rheinlandin suorittamat IP-testit.



oikein



väärin

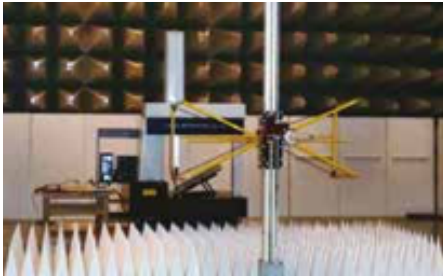
TÄSSÄ KIRJASESSA KÄYTETYT MERKINNÄT

Seuraavia merkintöjä käytetään tässä kirjasessa auttamaan käyttäjää saamaan luotettavia mittaustietoja käyttämällä laitetta oikein.

CE-merkinnän, RoHS-direktiivin, WEEE-direktiivin, ja REACH-asetuksen noudattaminen

CE-merkinnän vaatimusten noudattaminen

Parantaakseen turvallisuutta kullakin laitoksella on ohjelmia konedirektiivin, EMC-direktiivin ja pienjännittdirektiivin noudattamisesta. CE-merkinnän vaatimukset täyttyvät myös. CE tarkoittaa "Conformité Européenne". CE-merkintä osoittaa, että tuote täyttää olennaiset vaatimukset sovellettavasta eurooppalaisista terveys-, turvallisuus- ja ympäristönsuojelun lainsäädännöstä.



CE-merkinnän vaatimustenmukaisuuden arviointi (EMC-direktiivit)

Mitutoyon tuotteisiin liittyvät, tärkeät EU-direktiivit


EU-direktiivin nimi	Sovellettava alue
Konedirektiivi	Vähintään 1 koneen osa, joka voi aiheuttaa vahinkoa ihmiskehölle, jos se liikkuu toimilaitteen, kuten moottorin, liikkeen perusteella.
EMC-direktiivi (direktiivi sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta)	Tuote, joka voi tuottaa sähkömagneettisia aaltoja, tai johon ulkopuoliset sähkömagneettiset aallot vaikuttavat.
Pienjännittdirektiivi	Laitteistot (laitteet), joka käyttävät 50-1000 V AC-jännitettä tai 75-1500 V DC-jännitettä.

Vastauksena RoHS-direktiiviin

RoHS-direktiivi*¹ rajoittaa kemiallisten aineiden käyttöä Euroopassa. Joidenkin sähkölaitteiden, jotka sisältävät ilmoitettuja kuutta ainetta (lyijy, kadmium, elohopea, kuudenarvoinen kromi, polybromibifenyylä (PBB) ja polybromidifenyyleetteri (PBDE)) enemmän kuin direktiivissä mainitut määrät, myynti on kielletty Euroopassa 1.7.2006 jälkeen. RoHS-direktiivi tarkistettiin 1. heinäkuuta 2011. Jatkamme maailmanlaajuisen ympäristönsuojelun tukemista ja toimimme niin, että kaikki tuotteemme noudattavat RoHS-direktiiviä.

*¹ RoHS-direktiivi: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2011/65/EU tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa.

Vastauksena WEEE-direktiiviin

WEEE-direktiivi*² on direktiivi, joka määrittää sähkö- ja elektroniikkaromun asianmukaisen keräyksen ja kierrätyksen. Tämän direktiivin tavoitteena on lisätä näiden tuotteiden uudelleenkäyttöä ja kierrätystä, ja pyrkiä ympäristöystävälliseen tuotesuunnitteluun. Laitteet erottamiseksi kotitalousjätteestä on tuotteeseen merkitty ylivivattu jäteastia -merkintä .

Edistämme tuotteittemme ympäristöystävällistä suunnittelua.

*² WEEE-direktiivi: direktiivi 2012/19/EU, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaitteista.

Vastauksena REACH asetukseen

REACH-asetus*³ säätelee kemiallisten aineiden rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyä ja rajoituksia Euroopassa. Kaikki tuotteet, kuten aineet, seokset ja valetut tuotteet (kuten lisävarusteet ja pakkausmateriaalit) ovat tämän säädöksen alaisia.

Kemiallisten aineiden, joiden on tieteellisesti todistettu olevan vaarallisia ihmisen terveydelle ja ja ympäristölle (erityistä huolta aiheuttavat aineet, SVHC), myynti on on kielletty tai niitä koskevien tietojen ilmoittaminen on pakollisia Euroopassa.

Tulemme aktiivisesti julkaisemaan tietoja tuotteistamme ja tarjoamaan korvaavia vaihtoehtoja, jos havaitsemme tuotteittemme sisältävän mitään luetelluista aineista.

*³ REACH-asetus: Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) Nr. 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista

Laadunvalvonta

Laadunvalvonta (QC)

Järjestelmä tuotteiden tai palvelujen taloudelliseksi tuottamiseksi laadulla, joka täyttää asiakkaan vaatimukset.

Prosessin laadunvalvonta

Toiminnot vähentämään vaihtelua tuotteen tuotantomenetelmässä ja pitämään tämä vaihtelu pienenä. Prosessien parantaminen ja standardointi sekä teknologian kertyminen edistävät näiden toimien kautta.

Tilastollinen prosessinohjaus (SPC)

Prosessin laadunvalvonta tilastollisten menetelmien avulla.

Populaatio

Kaikkien sellaisten kohteiden ryhmä, joilla on ominaispiirteitä, jotka on huomioitava prosessien ja tuotteen laadun parantamisessa ja valvonnassa. Ryhmä, jota tarkastellaan näytteiden perusteella, on yleensä näytteiden edustama populaatio.

Erä

Kokoelma tuotteita, jotka on tuotettu samoissa olosuhteissa.

Näyte

Yksittäinen tuote (tai tuotteita), jotka otetaan pois joukosta sen ominaisuuksien tutkimiseksi.

Otoskoko

Tuotteiden määrää näytteessä.

Poikkeama

Arvo, joka lasketaan vähentämällä todellisten arvojen keskiarvo mitattujen arvojen keskiarvosta, kun tehdään useita mittauksia.

Hajonta

Kohdeominaisuuden arvojen vaihtelu keskiarvon suhteen. Keskihajontaa käytetään tavallisesti kuvaamaan hajontaa keskiarvon ympärillä.

Pylväskaavio

Kaavio, joka jakaa suurimman ja pienimmän mitatun arvon välisen alueen useisiin osiin, ja esittää arvojen määrän (havaintofrekvenssi) jokaisessa osassa pylväsiagrammin muodossa. Se auttaa ymmärtämään karkeasti keskiarvoa ja hajonnan likimääräistä laajuutta. Kellon muotoista symmetristä jakaumaa kutsutaan normaalijakaumaksi. Se on paljon käytetty teoreettinen esimerkki helposti laskettavien ominaisuuksiensa takia. Kuitenkin varovaisuutta on noudatettava, koska monet todelliset prosessit eivät noudata normaalijakaumaa, ja syntyy virhettä, jos oletetaan, että ne tekevät niin.

Prosessin kyvykkyys

Prosessikohtainen suorituskyky, kun prosessi on riittävän vakioitu, kaikki toimintahäiriöiden syyt on poistettu, ja prosessi on tilastollisen valvonnan tilassa. Prosessin kyvykkyys on esitetty keskiarvona $\pm 3\sigma$ tai 6σ , kun prosessin laatuominaisuustuotos on normaalisti jakautunut. σ (sigma) tarkoittaa keskihajontaa.

Prosessin kyvykkyysindeksi (PCI tai Cp)

Mitta sille, kuinka hyvin prosessi voi toimia kohteelle ominaisten toleranssirajojen sisällä. Sen pitäisi aina olla merkittävästi suurempi kuin yksi. Indeksien arvo lasketaan jakamalla kohteen toleranssi prosessin kyvykkyydellä (6σ). Arvoa, joka lasketaan jakamalla keskiarvon (\bar{X}) ja vakioarvon 3σ välinen ero, voidaan käyttää edustamaan tätä indeksiä yksipuolisen toleranssin tapauksissa. Prosessin kyvykkyysindeksi olettaa, että tulos noudattaa normaalijakaumaa.

Huomautuksia: Jos ominaispiirre seuraa normaalijakaumaa, 99,74% datasta on alueella $\pm 3\sigma$ keskiarvosta.

Bilateraalinen toleranssi

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

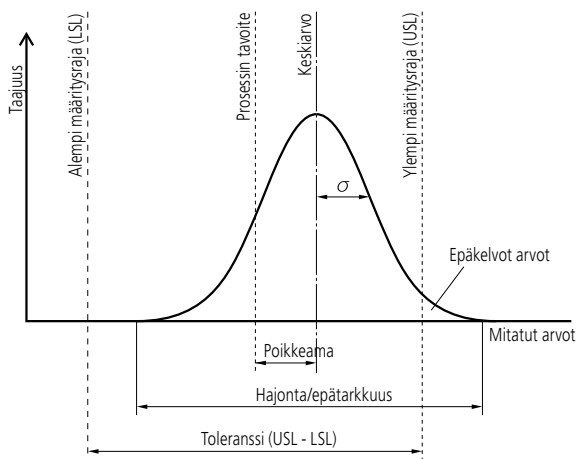
USL: Ylempi määrittelyraja
LSL: alempi määrittelyraja

Yksipuolinen toleranssi ... Jos vain yläraja on määritetty

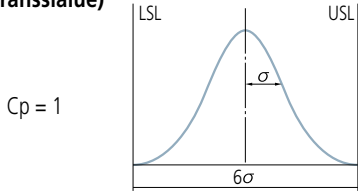
$$C_p = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

Yksipuolinen toleranssi ... Jos vain alaraja on määritetty

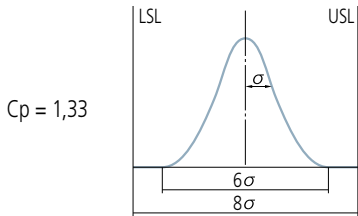
$$C_p = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$



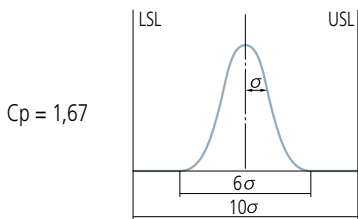
Esimerkkejä prosessin kyvykkyyssindeksistä (Cp) (kaksipuolinen toleranssialue)



Prosessin kyvykkyyks on vaivoin saavutettu, koska 6 sigma -prosessirajat ovat toleranssirajoissa kiinni.



Prosessin kyvykkyyks on pienimmillään, joka voidaan yleisesti hyväksyä, koska se on vähintään 1 sigman päässä toleranssirajoista.



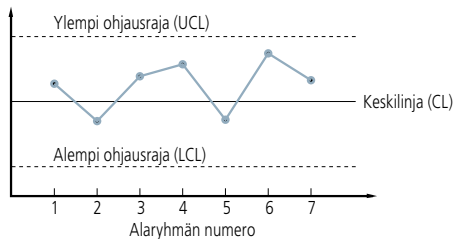
Prosessin kyvykkyyks on riittävä, koska se on yli 2 sigman päässä toleranssirajoista.

Huomaa, että Cp edustaa vain suhdetta toleranssirajojen ja prosessin hajonnan välillä, eikä huomioi prosessin keskiarvoa.

Huomautuksia: Prosessin kyvykkyyssindeksiä, joka huomioi eron prosessin keskiarvon ja prosessin tavoitearvon välillä, kutsutaan yleisesti nimellä Cpk. Se on ylätoleranssi (USL miinus keskiarvo) jaettuna 3σ (puolet prosessin kyvykkyydestä) tai alatoranssi (keskiarvo miinus LSL) jaettuna 3σ:lla, kumpi tahansa on pienempi.

Valvontakaavio

Käytetään prosessin ohjaukseen erottamalla prosessin vaihtelu satunnaiseen vaihteluun ja virhetilojen aiheuttamaan vaihteluun. Valvontakaavio koostuu yhdestä keskilinjasta (CL) ja valvontarajoista, jotka on rationaalisesti määritetty sen ylä- ja alapuolelle (UCL ja LCL). Voidaan sanoa, että prosessi on tilastollisen valvonnan tilassa, jos kaikki pisteet ovat ylemmän ja alemman raja-arvojen sisällä ilman merkittäviä trendejä. Valvontakaavio on hyödyllinen työkalu prosessin tuotoksen ja sen laadun ohjaamiseksi.



Satunnaiset syyt

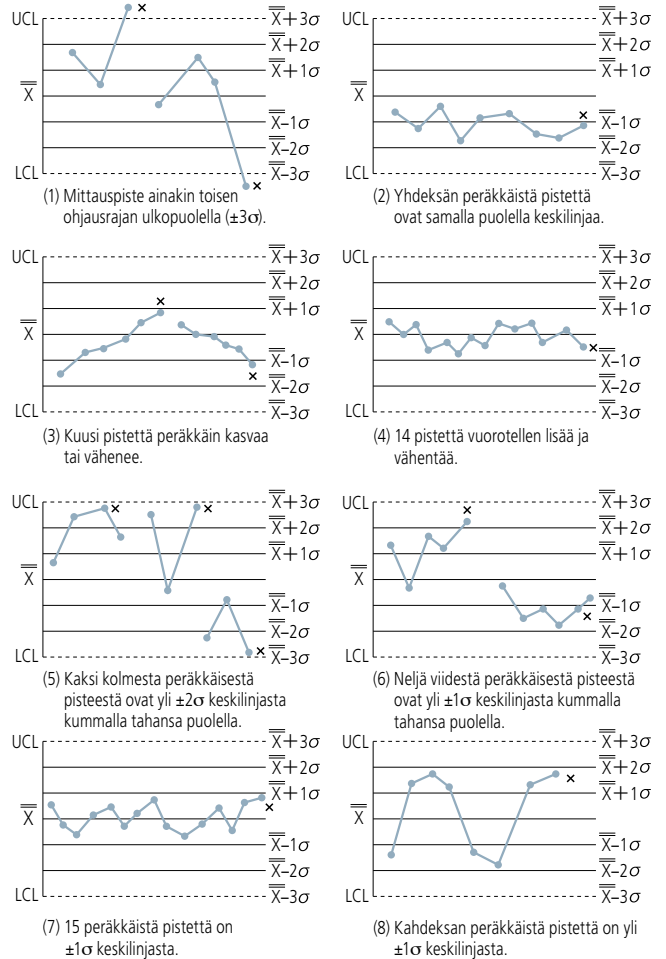
Näillä vaihtelun syillä on suhteellisen alhainen merkitys. Satunnaiset syyt ovat teknisesti tai taloudellisesti mahdottomia poistaa, vaikka ne voidaan tunnistaa.

X̄-R -valvontakaavio

Valvontakaavio, jota käytetään prosessin ohjaukseen, ja joka tarjoaa eniten tietoa prosessista. X̄R-valvontakaavio koostuu X̄-kaaviosta, joka käyttää kunkin aliryhmän keskiarvoa ohjaukseen seuratakseen epänormaaleja poikkeamia prosessin keskiarvosta, ja R-kaaviosta, joka käyttää tulosten vaihtelua prosessin stabiiliuden valvontaan. Yleensä molempia kaavioita käytetään yhdessä.

Miten lukea ohjauskaaviota

Alla on esitetty sellaisia tyypillisiä peräkkäisten pisteiden trendejä, joita pidetään ei-toivottuina. Näiden trendien katsotaan tarkoittavan, että 'erityinen syy' vaikuttaa prosessiin, ja että operaattorin toimia tarvitaan tilanteen korjaamiseksi. Nämä määrittysäännöt ovat vain suuntaa-antavia. Huomioi prosessikohtainen vaihtelu, kun teet määrittysääntöjä. Olettaen, että ylä- ja alaraja-arvot ovat 3σ:n päässä keskilinjasta, jaa ohjauskaavio kuuteen alueeseen 1σ:n välein soveltaaksesi seuraavia sääntöjä. Näitä sääntöjä sovelletaan X-ohjauskaavioon ja X̄-ohjauskaavioon. Huomaa, että nämä 'trendisäännöt toimenpiteille' on muodostettu olettaen, että normaalijakauma toteutuu. Säännöt voidaan muotoilla sopiviksi myös muille jakaumille.



Huomautus: Tämän osan 'Tarkkuusmittalaitteiden pikaoppaasta' (sivut 6 ja 7) on kirjoittanut Mitutoyo perustuen omaan tulkintaansa Japanin standardointiliiton julkaisemasta JIS Quality Control Handbook -teoksesta.

Viitteet

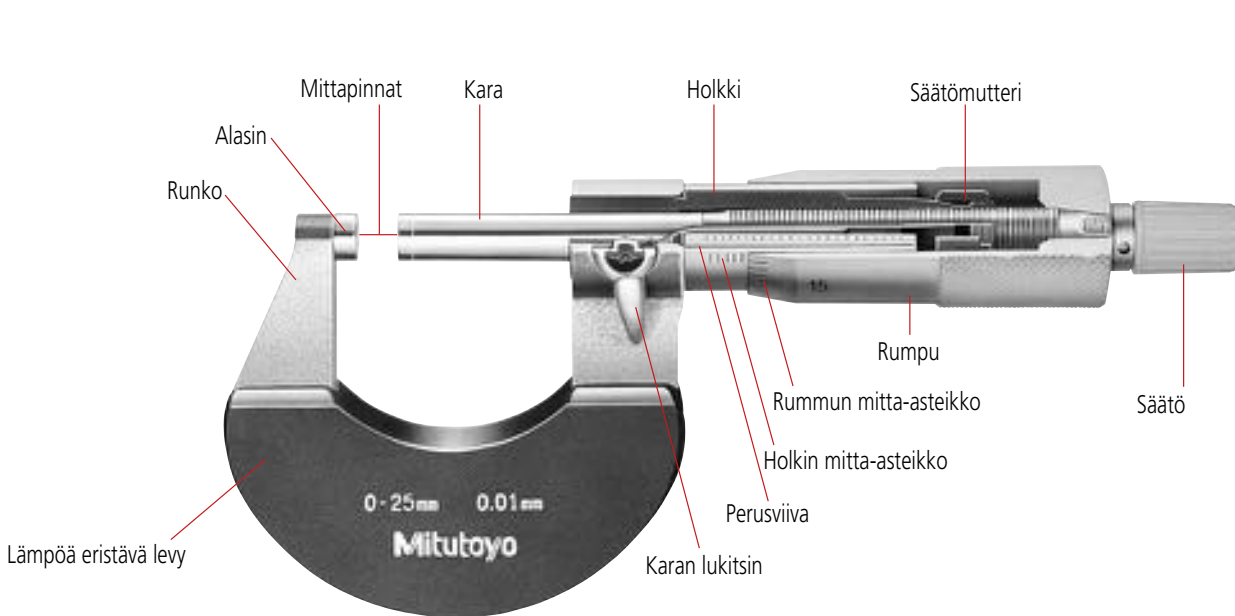
- JIS Quality Control Handbook (Japanin standardiliitto)

- Z 8101: 1981
- Z 8101-1: 1999
- Z 8101-2: 1999
- Z 9020: 1999
- Z 9021: 1998

Mikrometrit

Mittalaitteiden rakenne

Vakiomallinen analoginen ulkopuolinen mikrometri

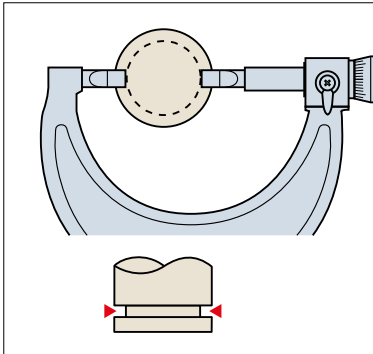


Digitaalinen ulkopuolinen mikrometri



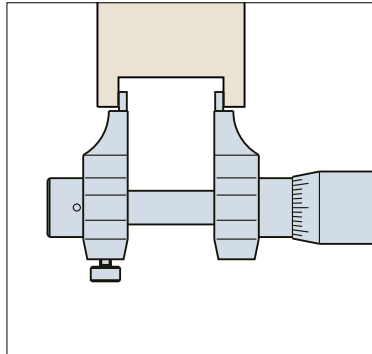
Erityismikrometrien käyttösovellukset

Mikrometri talttakärjillä



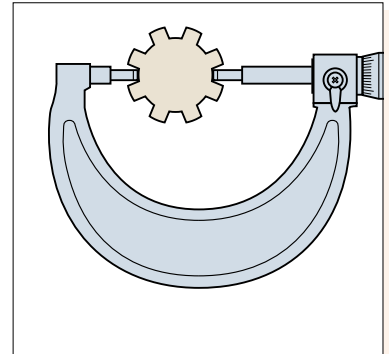
Kapean uran halkaisijan mittaukseen

Sisämikrometri, työntömittatyyppi



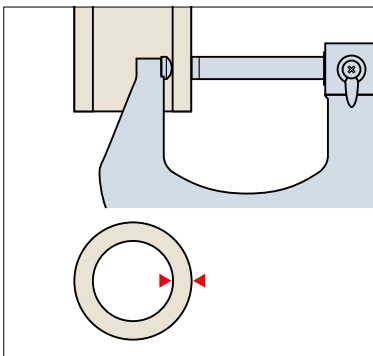
Pienten sisähalkaisijoiden ja urien leveyden mittaukseen

Spline-mikrometri



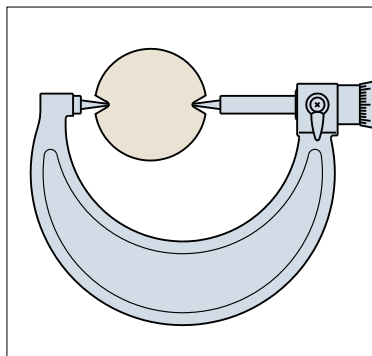
Kaarevapintaisten halkaisijoiden mittaukseen

Putkimikrometri



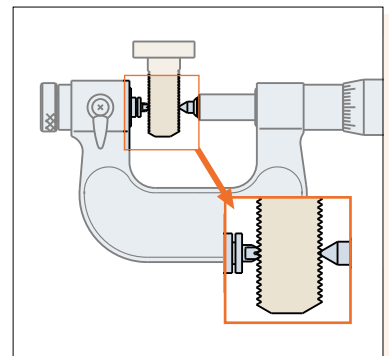
Putken seinämän paksuuden mittaukseen

Pistemikrometri



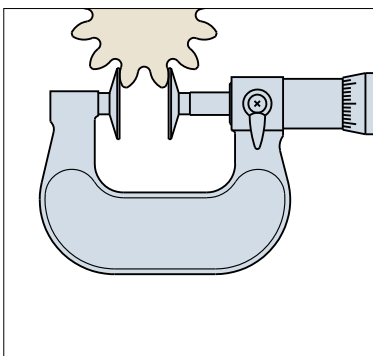
Juurihalkaisijan mittaukseen

Ruuvikierremikrometri



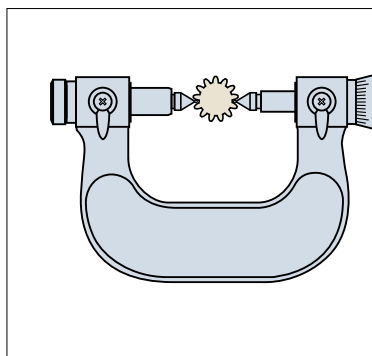
Tehokkaaseen kierteen halkaisijan mittaukseen

Lautasmikrometri



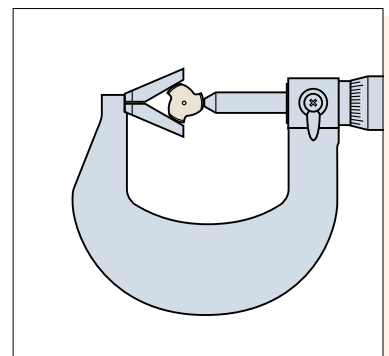
Hammaspyörien mittaukseen

Pallokärkinen mikrometri



Hammaspyörän halkaisijoiden mittaamiseen

V-uramikrometri

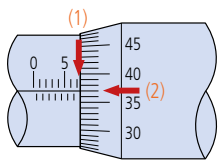


3- tai 5-kulmaisten leikkaustyökalujen mittaamiseen

Mikrometrit

Asteikon lukeminen

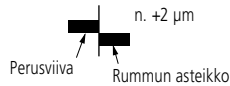
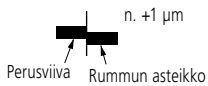
Vakioasteikkoinen mikrometri (asteikko: 0,01 mm)



- (1) Holkin asteikon lukema 7,0 mm
 (2) Rummun asteikon lukema + 0,37 mm
 Mikrometrin lukema 7,37 mm

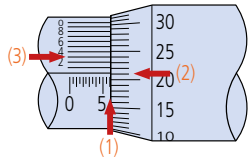
Huomaa) 0,37 mm (2) luetaan kohdasta, jossa holkin perusviiva on kohdakkain rummun asteikon mittaviivan kanssa.

Rummun mitta-asteikko voidaan lukea suoraan 0,01 mm:iin, kuten edellä on esitetty, mutta on myös mahdollista arvioida mittatulokset 0,001 mm:n tarkkuudella, kun mittajuovat ovat lähes kohdakkain, koska juovien paksuus on 1/5 juovien välisestä etäisyydestä.



Nonius-asteikkoinen mikrometri (asteikko: 0,001 mm)

Nonius-asteikko holkin indeksilinjan yläpuolella mahdollistaa tuloksen lukemisen 0,001 mm tarkkuudella.

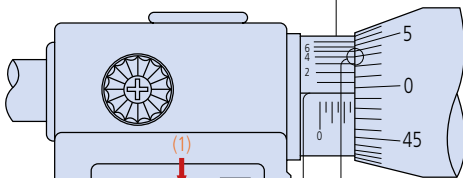


- (1) Holkin asteikon lukema 6,0 mm
 (2) Rummun asteikon lukema 0,21 mm
 (3) Nonius-asteikon ja rummun mittaviivan lukema + 0,003 mm
 Mikrometrin lukema 6,213 mm

Huomaa: 0,21 mm (2) luetaan kohdasta, jossa perusviiva on kahden asteikkoviivan välissä (tässä tapauksessa 21 ja 22). 0,003 mm (3) luetaan kohdasta, jossa yksi nonius-asteikkoviivoista osuu kohdakkain rummun asteikon kanssa.

Mikrometri mekaanisella numeronäytöllä resoluutio: 0,001 mm

Kolmas desimaali nonius-asteikolla (0,001 mm)



Nonius-lukema 0,004 mm
 Perusviiva

- Kolmas desimaali0,004 mm (2)
 Toinen desimaali0,09 mm
 Ensimmäinen desimaali0,9 mm
 Millimetrejä2,0 mm (1)
 + Kymmeniä mm:jä00,00 mm

Näyttölaitteen lukema 2,994 mm

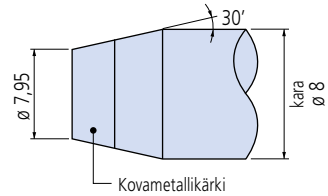
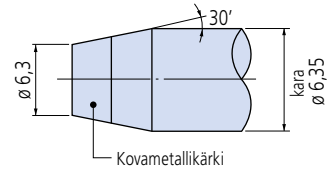
*Osoittaa neljää numeroa.

Huomaa: 0,004 mm (2) luetaan kohdasta, jossa jokin nonius-asteikkoviiva on kohdakkain jonkin rummun mittaviivan kanssa.

Mittausvoiman rajoittamistapa

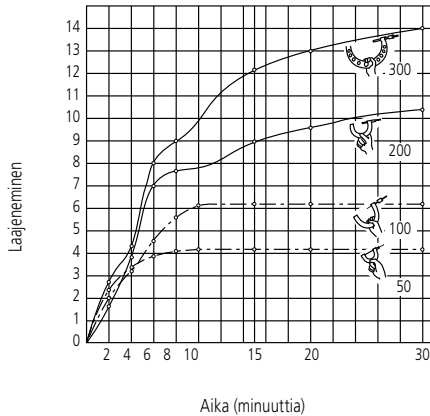
	Pitää ääntä	Yksikätinen käyttö	Huomautuksia
Räikän pysäytin	Kyllä	Sopimaton	Kuuluvat naksahdukset aiheuttavat mikroshokkeja
Kitkärumpu	Ei	Sopiva	Sulava toiminta ilman iskua tai ääntä
Räikkärumpu	Kyllä	Sopiva	Ääni antaa vahvistuksen vakiomittausvoimasta
Räikkärumpu	Kyllä	Sopiva	Ääni antaa vahvistuksen vakiomittausvoimasta

Mittauspintojen yksityiskohdat



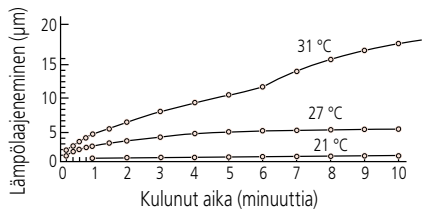
Edellä olevat piirustukset ovat ainoastaan havainnollistamista varten, eivätkä ne ole mittakaavassa

Mikrometrin laajeneminen johtuen laitteen käsittelystä paljain käsin



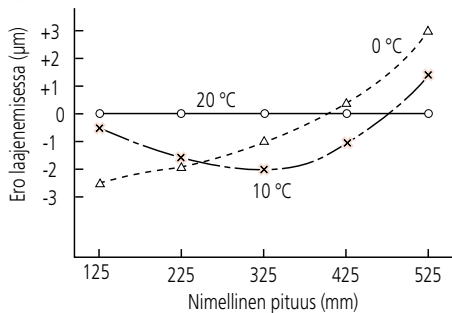
Kaaviossa on esitetty mikrometrin rungon lämpölaajeneminen kädestä runkoon siirtyvän lämmön takia, kun runkoa pidetään paljaalla kädellä. Kuten voidaan nähdä, tämä voi johtaa merkittävään mittausvirheen kasvuun lämpölaajenemisen takia. Jos mikrometria on pidettävä käsin mittauksen aikana, yritä minimoida kontaktaika. Lämmöneriste vähentää tätä vaikutusta huomattavasti, jos sellainen on, tai voidaan käyttää käsineitä. (Huomaa, että kaaviossa edellä on esitetty tyypillisiä vaikutuksia, jotka eivät ole taattuja).

Pituusnormaalin laajeneminen lämpötilan muutoksen vaikutuksesta (200 mm tanko aluksi 20 °C:ssa)



Yläpuolinen kokeellinen kaavio osoittaa, kuinka tietty mikrometrin normaali laajentui ajan mittaan, kun ihmiset, joiden käsien lämpötilat olivat erilaiset (kuten on esitetty) pitivät sen päästä kiinni 20 °C huoneenlämpötilassa. Tämä kaavio osoittaa, että on tärkeää olla asettamatta mikrometria pitäen suoraan mikrometrin normaalista, vaan asetuksia saa tehdä vain käsineet kädessä tai pituusnormaalilla kevyesti sen lämpöeristeistä tukien. Mittausta suoritettaessa huomaa myös, että vie aikaa, ennen kuin laajentunut mikrometrinormaali palaa alkuperäiseen pituuteensa. (Huomaa, että kuvaajan arvot eivät ole taattuja arvoja, vaan kokeellisia arvoja.)

Mikrometrin ja pituusnormaalin lämpölaajenemisen ero



Edellisessä kokeessa kun mikrometri ja standardi oli jätetty huoneenlämpötilaan, 20 °C, noin 24 tunniksi lämpötilan vakauttamiseksi, niin nolapiste säädettiin mikrometrinormaalilla avulla. Sen jälkeen mikrometri normaaleineen jätettiin 0 °C ja 10 °C lämpötiloihin suunnilleen samaksi ajaksi, ja nolapisteen siirtymä testattiin. Kaaviossa edellä on esitetty tulokset kullekin koolle 125–525 mm kussakin lämpötilassa. Tämä kaavio osoittaa, että sekä mikrometri että sen normaali on pidettävä samassa paikassa vähintään useita tunteja ennen alkuperäisen säätämistä. (Huomaa, että kuvaajan arvot eivät ole taattuja arvoja, vaan kokeellisia arvoja.)

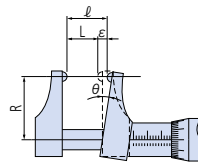
Tuentamenetelmän ja suunnan muutoksen vaikutus (Yksikkö: µm)

Mikrometrin tukemistavan ja/tai suunnan muuttaminen nollaamisen jälkeen vaikuttaa sitä seuraaviin mittaustuloksiin. Alla olevissa taulukoissa on esitetty odotettavissa olevat mittausvirheet kolmessa muussa tapauksessa sen jälkeen, kun mikrometri on nolattu 'Tuettu alareunasta ja keskeltä' -tapauksessa. Nämä todelliset tulokset osoittavat, että on parasta asettaa ja mitata käyttäen samaa suuntaa ja tukemistapaa.

Tukemistapa	Tuettu alareunasta ja keskeltä	Tuettu vain keskellä
Asento		
Maksimi-mittauspituus (mm)		
325	0	-5,5
425	0	-2,5
525	0	-5,5
625	0	-11,0
725	0	-9,5
825	0	-18,0
925	0	-22,5
1025	0	-26,0

Tukimenetelmä	Tuettu keskellä pystysuunnassa	Tuetaan käsin alaspäin
Asento		
Maksimi-mittauspituus (mm)		
325	+1,5	-4,5
425	+2,0	-10,5
525	-4,5	-10,0
625	0	-5,5
725	-9,5	-19,0
825	-5,0	-35,0
925	-14,0	-27,0
1025	-5,0	-40,0

Abben periaate



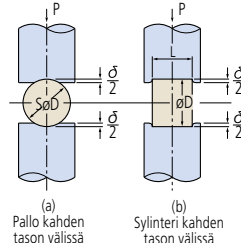
Abben periaatteen mukaan "suurin tarkkuus saadaan, kun asteikko ja mittausakselit ovat yhteneviä". Tämä johtuu siitä, että mikä tahansa vaihtelu instrumentin, kuten työntömitan, liikkuvan mittausleuan suhteellisessa kulmassa (θ) aiheuttaa siirtymän, jota ei mitata mittauslaitteen asteikolla. Tämä on Abben virhe ($\epsilon = l -$ kaaviossa L). Karan suoruusvirhe, vällys karan ohjainpinnoissa tai vaihtelu mittausvoimassa voivat kaikki aiheuttaa (θ):n vaihtelua ja virheen kasvamista R:llä.

Hooken laki

Hooken lain mukaan joustavan materiaalin venymä on verrannollinen venymän aiheuttavaan paineeseen, edellyttäen, että paine pysyy materiaalin elastisuuden rajoissa.

Hertzin kaavat

Hertzin kaavat antavat pallojen ja sylinterien halkaisijan näennäisen pienenemisen, joka johtuu elastisesta puristuksesta tasopintojen välissä mitattaessa. Nämä kaavat ovat käyttökelpoisia määrittäessä mittausvoiman aiheuttamia työkappaleen muodonmuutoksia pistemäisten ja viivamaisten kontaktien tapauksessa.



Olettaen, että materiaali on teräs ja yksiköt ovat seuraavat:
 Kimmomoduuli $E=205$ GPa
 Muodonmuutoksen suuruus: δ (mm)
 Palo tai sylinterin halkaisija: D (mm)
 Sylinterin pituus: L (mm)
 Mittausvoima: P (N)
 a) Näkyvä pallon halkaisijan pienenemys
 $\delta_1 = 0,82 \sqrt{P/D}$
 b) Näkyvä sylinterin halkaisijan pienenemys
 $\delta_2 = 0,094 P/L \sqrt{1/D}$

Mikrometrit

Kylkihalkaisijan mittaus

● Kolmen langan menetelmällä
Kierteen kylkihalkaisija voidaan mitata ns. kolmen langan menetelmällä, kuten on esitetty kuvassa.
Laske kylkihalkaisija (E) yhtälöiden (1) ja (2) avulla.

Metrinen kierre tai yhtenäinen ruuvi (60°)

$$E = M - 3d + 0,866025P \dots\dots(1)$$

Whitworth-kierre (55°)

$$E = M - 3,16568d + 0,960491P \dots\dots(2)$$

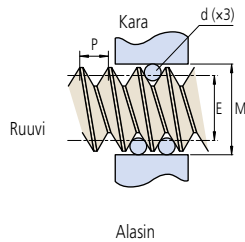
d = Langan halkaisija

E = Kylkihalkaisija

M = Mikrometrin lukema, mukana kolme lankaa

P = Kierteen nousu

(Muunna tuumat millimetreiksi.)



Kierretyyppi	Langan optimaalinen halkaisija
Metrinen kierre (60°)	0,577P
Whitworth-kierre (55°)	0,564P

Merkittävät mittausvirheet kolmen langan menetelmässä

Virheen syy	Varoitimet virheiden eliminoinemiseksi	Mahdollinen virhe	Virhe, jota ei ehkä voida poistaa edes varotoimilla
Nousuvirhe (työkappale)	1. Korjaa nousuvirhe ($\delta p = \delta E$) 2. Mittaa useita kohtia ja käytä niiden keskiarvoa. 3. Vähennä yhden nousun virheitä.	$\pm 18 \mu\text{m}$ olettaen, että nousun virhe on 0,02 mm.	$\pm 3 \mu\text{m}$
Puolen kulman virhe (työkappale)	1. Käytä optimaalista langan halkaisijaa. 2. Korjaus ei ole tarpeen.	$\pm 0,3 \mu\text{m}$	$\pm 0,3 \mu\text{m}$
Johtuen alasimen erosta	1. Käytä optimaalista langan halkaisijaa. 2. Käytä lankaa, jonka halkaisija on lähellä yhden langan puolen keskiarvoa.	$\pm 8 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Langan halkaisijan virhe	1. Käytä ennalta määrättyjä, nousulle sopivia mittausvoimia. 2. Käytä ennaltamäärättyä mittausreunan leveyttä. 3. Käytä vakiomittausvoimaa.	-3 μm	-1 μm
Kumulatiivinen virhe		Pahimmassa tapauksessa +20 μm -35 μm	Mitattuna huolellisesti +3 μm -5 μm

● Yhden langan menetelmä

Kylkihalkaisija pariton-uraisessa tapissa voidaan mitata käyttäen V-uramikrometria yhden langan menetelmällä. Saadaan mitattu arvo (M_1) ja lasketaan M yhtälöstä (3) tai (4).

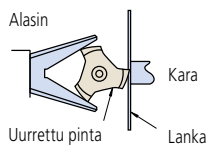
M_1 = Mikrometrin lukema yksilankamittauksessa

D = Parittomasti uurretun tapin halkaisija

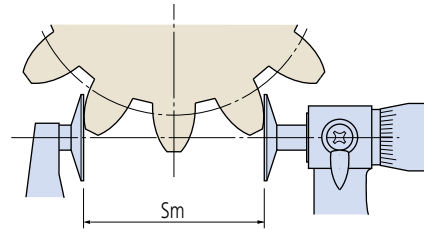
$$\text{Tappi kolmella uralla: } M = 3M_1 - 2D \dots\dots(3)$$

$$\text{Tappi viidellä uralla: } M = 2,2360M_1 - 1,2360D \dots\dots(4)$$

Sitten sijoita laskettu M yhtälöön (1) tai (2) kylkihalkaisijan (E) laskemiseksi.



Tangentin pituus



Tangentin pituuden laskentakaava (S_m):

$$S_m = m \cos \alpha_0 \{ \pi (Z_m - 0,5) + Z \operatorname{inv} \alpha_0 \} + 2Xm \sin \alpha_0$$

Laskentakaava tangentin pituuden sisällä olevien hampaiden lukumäärän laskemiseen (Z_m):

$$Z_m' = ZK(f) + 0,5 \quad (Z_m \text{ on } ZM' \text{:ää lähinnä oleva kokonaisluku.})$$

$$\text{jossa } K(f) = \frac{1}{\pi} \{ \sec \alpha_0 \sqrt{(1 + 2f)^2 - \cos^2 \alpha_0} - \operatorname{inv} \alpha_0 - 2f \tan \alpha_0 \}$$

$$\text{ja } f = \frac{X}{Z}$$

m: Moduuli

α_0 : Painekulma

z: Hampaiden lukumäärä

X: Lisämuutoskerroin

S_m : Tangentin pituus

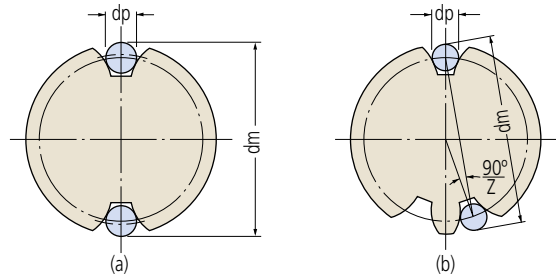
Zm: Hampaiden lukumäärä tangentin pituuden sisällä

$$\operatorname{inv} 20^\circ = 0,014904$$

$$\operatorname{inv} 14,5^\circ = 0,0055448$$

Hammaspyörän mittaus

Mittaus tappien yli - menetelmä



Hammaspyörälle, jossa on parillinen määrä hampaita:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} = dp + \frac{z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta}$$

Hammaspyörälle, jossa on pariton määrä hampaita:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{z} \right) = dp + \frac{z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{z} \right)$$

kuitenkin,

$$\operatorname{inv} \theta = \frac{dp}{dg} - \frac{X}{z} = \frac{dp}{z \cdot m \cdot \cos \alpha_0} - \left(\frac{\pi}{2z} - \operatorname{inv} \alpha_0 \right) + \frac{2 \tan \alpha_0}{z} \cdot X$$

Hae θ ($\operatorname{inv} \theta$) taulukosta.

z: Hampaiden lukumäärä

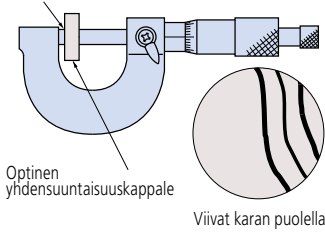
α_0 : Painekulma

m: Moduuli

X: Lisämuutoskerroin

Mikrometrin mittauspintojen yhdensuuntaisuuden testaus

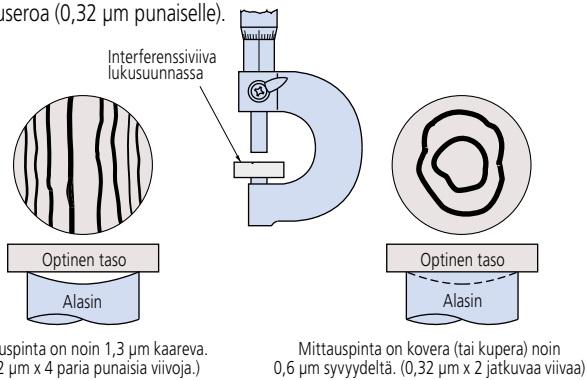
Optisen yhdensuuntaisuuskappaleen lukemasuunta karan puolella



Yhdensuuntaisuus voidaan arvioida käyttämällä optista yhdensuuntaisuuskappaletta, jota pidetään pintojen välissä. Paina ensin yhdensuuntaisuuskappaletta kohti alasimen mittauspintaa. Sulje sitten kara käyttäen normaalia mittaavoimaa, ja laske, kuinka monta punaista interferenssiiviivaa näkyy karan mittauspinnalla valkoisessa valossa. Jokainen viiva edustaa puolen aallonpituuden korkeuseroa ($0,32 \mu\text{m}$ punaisille viivoille).
Yllä olevassa kuvassa on saatu noin $1 \mu\text{m}$ yhdensuuntaisuus: $0,32 \mu\text{m} \times 3 = 0,96 \mu\text{m}$.

Mikrometrin mittauspintojen tasomaisuuden testaus

Tasomaisuutta voidaan arvioida pitämällä optista tasoa (tai viivainta) pintaa vasten. Laske punaisten, mittauspinnalla valkoisessa valossa näkyvien interferenssiviivojen määrä. Jokainen viiva edustaa puolen aallonpituuden korkeuseroa ($0,32 \mu\text{m}$ punaiselle).

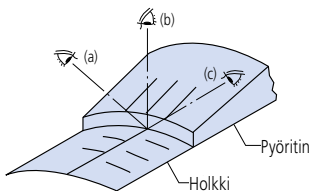


Mittauspinta on noin $1,3 \mu\text{m}$ kaareva. ($0,32 \mu\text{m} \times 4$ paria punaisia viivoja.)

Mittauspinta on kovera (tai kupera) noin $0,6 \mu\text{m}$ syvyydeltä. ($0,32 \mu\text{m} \times 2$ jatkuvaa viivaa)

Yleistä tietoa mikrometrin käytöstä

1. Tarkista huolellisesti tyyppi, mittaalue, tarkkuus ja muut tekniset tiedot valitaksesi sovellukseksi sopiva malli.
2. Jätä mikrometri ja työkalu huoneenlämpötilaan riittävän pitkäksi aikaa, jotta niiden lämpötilat ehtivät tasoittua ennen mittausta.
3. Katso suoraan perusviivaan, kun luet lukemaa rummun asteikolta. Jos astejakoviivoja katsotaan kulmassa, viivojen kohdistusta ei nähdä oikein parallaaksivirheen takia.



(a) Perusviivan yläpuolelta



(b) Tarkasteltaessa suoraan perusviivaa kohden

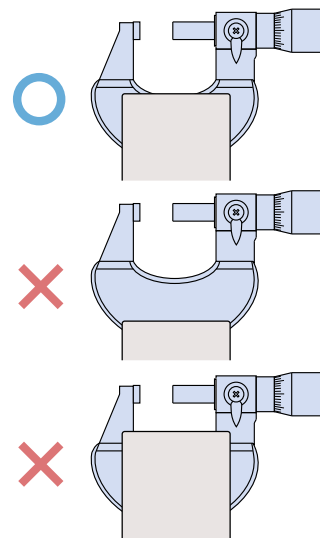


(c) Perusviivan alapuolelta

4. Pyyhi sekä alasimen että karan mittauspinnat nukkaamattomalla paperilla, aseta nolapiste ennen mittausta.



5. Pyyhi pois karan varresta ja mittauspinnalta kaikki pöly, lastut ja muut roskat osana päivittäistä ylläpitoa. Lisäksi pyyhi tahrat ja sormenjäljet kaikista osista kuivalla liinalla.
6. Käytä vakiovoimalaitetta oikein, jotta mittaukset tehdään aina oikeilla mittaavoimilla.
7. Kiinnitettäessä mikrometriä mikrometrijalustaan jalustan on puristettava mikrometrin kehyksen keskikohtaa. Älä kiinnitä sitä liian tiukasti.



8. Varo, ettet pudota tai kolhi mikrometriä mihinkään. Älä käännä mikrometrin rumpua käyttämällä liikaa voimaa. Jos epäilet, että mikrometri voi olla vaurioitunut vahingossa tapahtuneen väärinkäytön takia, niin varmista, että sen tarkkuus tarkastetaan ennen jatkokäyttöä.
9. Pitkän varastoinnin jälkeen, tai jos suojaavaa öljykalvoa ei ole näkyvässä, levitä mikrometriin kevyesti ruosteestoöljyä pyyhkimällä se aineella kostutetulla liinalla.
10. Huomautuksia varastoinnista:
Vältä mikrometrin säilyttämistä suorassa auringonvalossa.
Säilytä mikrometri ilmastoidussa, kuivassa paikassa.
Säilytä mikrometri paikassa, jossa on vähän pölyä.
Säilytä mikrometri laatikossa tai vastaavassa, jota ei pitäisi säilyttää lattialla.
Mikrometrejä säilytettäessä jätä aina $0,1 \dots 1 \text{ mm}$ rako mittauspintojen välille.
Älä säilytä mikrometrejä kiinni puristettuina.

Mikrometripäät

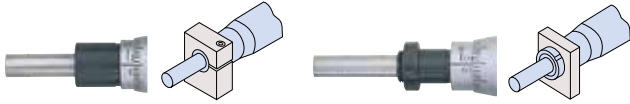
Avaintekijät valinnassa

Avaintekijöitä mikrometrisuovin valinnassa ovat mittausalue, karan mittauspinta, varsi, asteikot, rummun halkaisija, jne.

Varsi

Suora varsi

Varren lukkomutterityyppi



- Mikrometrisuuvia asennettaessa käytettävä varsi on luokiteltu "tavalliseksi" tai "kiinnitysmutteriksi", kuten edellä on esitetty. Varren halkaisija on valmistettu metrisellä tai brittiläisellä mitoituksella ja h6-toleranssilla.
- Kiinnitysmutteri mahdollistaa nopean ja turvallisen mikrometrisuovin kiinnittämisen. Suoran varren etuna on sen laajempi sovellusalue ja pieni sijainnin säätö akselin suunnassa lopullisessa asennuksessa, vaikkakin se vaatii kiinnityksen jaetuilla kiinnittimillä tai kitakiinnityksen.
- Yleiskäyttöisiä kiinnittimiä on saatavana lisävarusteena.

Mittauspinta



Tasainen pinta



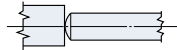
Pallomainen pinta



Pyörimisenestolaite

- Tasainen mittauspinta on usein määritelty käytettäväksi, kun mikrometrisuuvia käytetään mittaussovelluksissa.
- Kun mikrometrisuuvia käytetään syöttölaitteena pallomainen pinta voi minimoida väärästä kohdistuksesta aiheutuvat virheet (Kuva A). Vaihtoehtoisesti tasainen karan pinta voi nojata palloa, kuten kovametallipalloa, vasten (Kuva B).
- Pyörimätön kara -tyyppistä mikrometrisuuvia tai sellaista, joka on varustettu karan pyörimisenestolaitteella (Kuva C) voidaan käyttää, jos työkalupaleeseen kohdistuvaa vääntöä on vältettävä.
- Jos mikrometrisuuvia käytetään pysäyttimenä, niin tasainen pinta sekä karassa että sen osuapinnassa kestää kulumista.

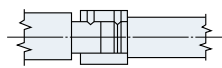
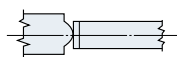
Kuva A



Kuva C



Kuva B



Pyörimätön kara

- Pyörimätön karatyyppi ei kohdistu työkalupaleeseen kiertovoimia, joka voi olla tärkeä tekijä joissakin sovelluksissa.

Karan kierteen nousu

- Vakiotyyppin mikrometrisuuvissa on 0,5 mm nousu.
- 1 mm nousutyyppi: nopeampi asettaa kuin vakiotyyppi, ja vältetään 0,5 mm lukuvirheen mahdollisuus. Erinomaiset kuormankesto-ominaisuudet suuremman ruuvikierteen ansiosta.
- 0,25 mm tai 0,1 mm nousutyyppi: Tämä tyyppi on paras hienosyöttö- tai hienopaikannussovelluksiin.

Vakiovoimalaite

- Mikrometrisuuvia, joka on varustettu vakiovoimalaitteella (räikkä tai kitkarumpu) suositellaan mittaussovelluksiin.
- Jos käytät mikrometrisuuvia pysäyttimenä tai jos tilan säästäminen on tärkeää, pää ilman räikkää on luultavasti paras valinta.



Mikrometrisuuvi vakiovoimalaitteella



Mikrometrisuuvi ilman vakiovoimalaitetta (ei räikkää)

Karalukko

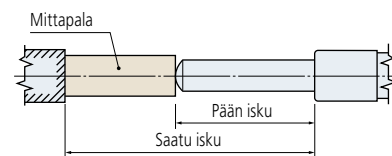
- Jos mikrometrisuuvia käytetään pysäyttimenä, on toivottavaa käyttää päätä, joka on varustettu karalukolla, jotta asetus ei muutu toistuvissakaan iskukuormituksissa.



Mittausalue (isku)

- Kun valitset mittausaluetta mikrometrisuuville, jätä riittävä vara odotettavissa olevaa mittausiskua varten. Kuusi iskualuetta, 5–50 mm, on käytettävissä vakioomallisille mikrometripäille.
- Vaikka odotettu isku on pieni, kuten 2 mm–3 mm, on kustannustehokasta valita 25 mm iskumalli, jos asennuksessa on riittävästi tilaa.
- Jos tarvitaan pitkää, yli 50 mm iskua, samanaikainen mittapalan käyttö voi laajentaa tehokasta mittausaluetta. (Kuva D)

Kuva D



- Tässä oppaassa rummun alue (tai iskun pää) on merkitty katkoviivalla. Jigiä suunniteltaessa, käsittele karaa liikkuvana viivalla ilmaistuihin kohtiin asti..

Ultrahienosyöttösovellukset

- Erityisiä mikrometripäitä on käytettävissä manipulaattorisovelluksiin, jne, jotka vaativat karan ultrahienoa syöttöä tai säätöä.

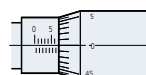
Rummun halkaisija

- Rummun halkaisija vaikuttaa suuresti sen käytettävyyteen ja paikoituksen "hienosäätöön". Pienihalkaisijainen rumpu mahdollistaa nopean paikoituksen, kun taas suurihalkaisijainen rumpu mahdollistaa tarkemman paikoituksen ja helpon asteikkojen lukemisen. Joissakin malleissa yhdistyvät molempien ominaisuuksien edut asentamalla karkeampi syöttörumpu ('nopeuttaja') halkaisijaltaan suureen rumpuun.

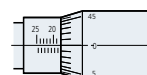


Asteikkotyylit

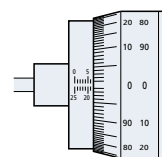
- Varovaisuutta on noudatettava, kun otetaan lukemaa mekaanisesta mikrometripäästä, erityisesti, jos käyttäjä ei tunne mallia.
- "Normaali asteikko" -tyyli, samanlainen kuin ulkopuolisessa mikrometrissä, on vakio. Tämän tyylin lukema kasvaa, kun kara vetäytyy runkoon.
- "Käänteinen asteikko" -tyyppi toimii päinvastoin, lukema kasvaa, kun kara työntyy ulos rungosta.
- "Kaksisuuntainen asteikko" -tyypin tarkoituksena on helpottaa mittausta kumpaankin suuntaan käyttämällä mustia numeroita normaaliin ja punaisia numeroita käänteiseen toimintaan.
- Mikrometripäitä mekaanisella tai digitaalisella näytöllä, jotka mahdollistavat mittausarvon suoran lukemisen, on myös saatavilla. Näissä tyypeissä ei tapahdu lukuvirheitä. Edelleen etuna on, että elektroninen, digitaalinen näyttötyyppi mahdollistaa tietokoneen avulla tapahtuvan mittaustietojen tallennuksen tilastollisen käsittelyn.



Normaali asteikko



Käänteinen asteikko



Kaksisuuntainen asteikko

Ohjeita itse tehtyihin kiinnityksiin

Mikrometritruuvi on asennettava varresta tarkasti koneistettuun reikään sellaisella puristusmenetelmällä, joka ei kohdista varteen liiallisia voimia. On olemassa kolme yleistä asennusmenetelmää, kuten alla on esitetty. Tapaa 3 ei suositella. Käytä menetelmiä (1) ja (2) aina, kuin mahdollista.

(Yksikkö: mm)

Asennustapa	(1) Kiinnitysmutteri				(2) Jaetturunkoinen puristin				(3) Pidätinruuvi			
Muistettavia asioita												
Varren halkaisija	ø 9,5	ø 10	ø 12	ø 18	ø 9,5	ø 10	ø 12	ø 18	ø 9,5	ø 10	ø 12	ø 18
Asennusreikä Sovitustarkkuus	G7 +0,005 – +0,020		G7 +0,006 – +0,024		G7 +0,005 – +0,020		G7 +0,006 – +0,024		H5 0...+0,006		H5 0...+0,008	
Varoitimet	On varmistettava, että sivu A on kohtisuorassa kiinnitysreikään nähden. Varsi voidaan kiinnittää ilman mitään ongelmia suorakulmaisuuksella 0,16/6,5.				Poista halkaisuoperaatiossa kiinnitysreiän seinille syntyneet purseet.				M3x0,5 tai M4x0,7 on sopiva asetusruuvien koko. Käytä messinkitulppaa asetusruuvien alla (jos kiinnityksen paksuus sallii), jotta vältetään varren vaurioituminen.			

Mikrometripäät

Mikrometripäiden maksimikuormituskapasiteetti

Mikrometritruuvien maksimikuormituskapasiteetti riippuu pääasiassa asennustavasta ja siitä, onko kuormitus staattinen vai dynaaminen (esim. käytetään pysäyttimenä). Tästä syystä kunkin mallin maksimikantokykyä ei voida määrittää yksikäsitteisesti. Mitutoyoen suosittelemat kuormitusrajat (alle 100 000 kierroksella, jos käytetään mittaamaan määritellyllä tarkkuusalueella) ja staattisten kuormitustestien tulokset pienellä mikrometritruuvia käyttäen on esitetty alla.

PG
14

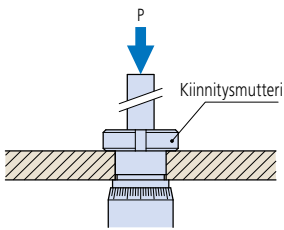
1. Suositeltava suurin kuormitusraja

		Maksimikuormitusraja
Vakiomalli	(karan nousu: 0,5 mm)	Noin 4 kgf saakka*
Korkeatoiminnallinen tyyppi	Karan nousu: 0,1 mm/0,25 mm	Noin 2 kgf saakka
	Karan nousu: 0,5 mm	Noin 4 kgf saakka
	Karan nousu: 1,0 mm	Noin 6 kgf saakka
	Pyörimätön kara	Noin 2 kgf saakka
	MHF mikro-hienosyöttökara (differentialisella mekanismilla)	Noin 2 kgf saakka

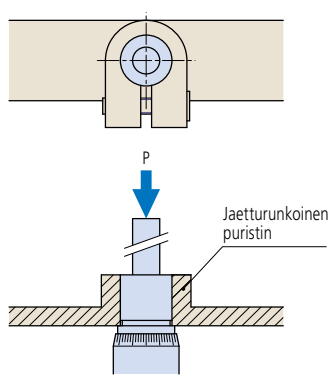
* N. 2 kgf saakka, vain MHT:lle

2. Staattinen kuormitustesti mikrometripäille (käyttäen tässä testissä MHS:ää)

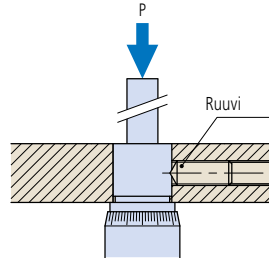
(1) Kiinnitysmutteri



(2) Jaetturunkoinen puristin



(3) Pidätinruuvi kiinnitys



Testausmenetelmä

Mikrometripäät asennettiin kuvissa esitellyillä tavoilla ja voima, jolla kara vaurioitui tai ruuvi irtosi kiinnityksestä, kun staattinen kuormitus tuli P:n suunnasta, mitattiin. (Testeissä ei otettu huomioon määritettyä tarkkuusalueita.)

Asennustapa	Vaurioitumis-/irtoamiskuorma*
(1) Kiinnitysmutteri	Pääyksikkö vahingoittuu 8,63-9,8 kN:ssa (880-1000 kgf).
(2) Jaetturunkoinen puristin	Pääyksikkö työnnetään ulos telineeseen voimalla 0,69-0,98 kN (70-100 kgf).
(3) Pidätinruuvi kiinnitys	Pidätinruuvi vaurioituu 0,69-1,08 kN:ssa (70-110 kgf).

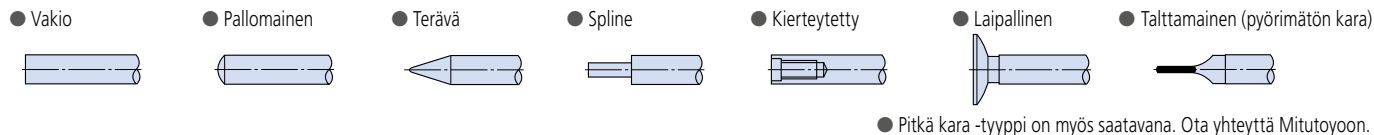
* Näitä kuormitusarvoja on käytettävä vain likimääräisenä ohjeena.



Erikoisvalmisteiset tuotteet (esimerkkejä eri tuotteista)

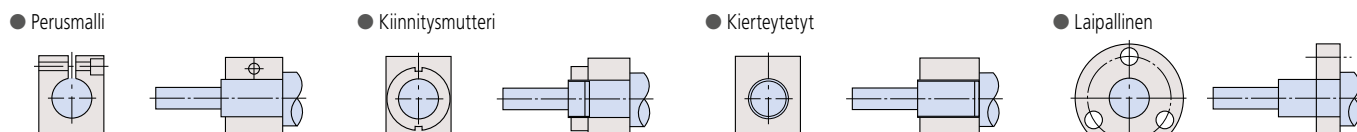
Mikrometripäillä on sovelluksia monilla tieteen ja teollisuuden aloilla. Mitutoyo tarjoaa laajan valikoiman standardimalleja vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Kuitenkin niissä tapauksissa, joissa standardituote ei sovellu, Mitutoyo voi mittatilaustyönä rakentaa pään, joka sisältää tiettyyn sovellukseen paremmin soveltuvia ominaisuuksia. Ota rohkeasti yhteyttä Mitutoyoon keskustellaksesi mahdollisuuksista - vaikka tarvittaisiin vain yksi erikoisvalmisteinen osa.

1. Karamallit



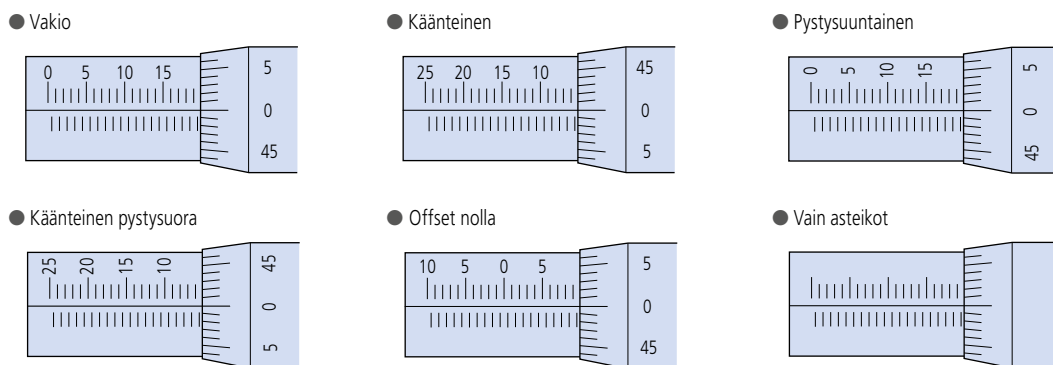
2. Varsityypit

On mahdollista valmistaa mukautettu varsi asennuskiinnikkeisiin sopivaksi.



3. Asteikkotyypit

Saatavilla on erilaisia rumpuasteikkomalleja, kuten käänteinen ja pystysuora. Ota yhteyttä Mitutoyoon tilataksesi mukautettu malli, jota ei ole kuvattu tässä.

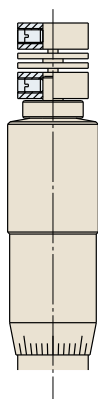


4. Logokaiverrus

Tietty logo voidaan kaivertaa tarpeen mukaan.

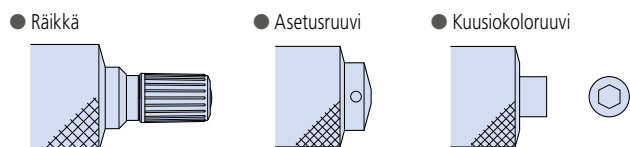
5. Moottorikytkentä

Kytkentä moottorille pään motorisoimiseksi on mahdollista.



6. Rummun asennus

Rummulle on eri asennusmenetelmiä sisältäen räikän, säätöruuvin ja kuusiokoloruuvin.



7. Karakierteen nousu

1 mm nousu nopean syötön sovelluksiin, tai 0,25 mm nousu hienosyöttöön voidaan toimittaa vaihtoehtoina vakiomalliselle 0,5 mm nousulle. Tuomamittaiset nousut ovat myös tuettuja. Ota yhteyttä Mitutoyoon saadaksesi lisätietoja.

8. Karakierteiden voiteluaine

Asiakas voi määrittää voitelujärjestelyt.

9. Täysin ruostumaton rakenne

Kaikki pään osat voidaan valmistaa ruostumattomasta teräksestä.

10. Yksinkertainen pakkaus

Suuret mikrometripäiden tilaukset voidaan toimittaa yksinkertaisissa pakkauksissa OEM-tarkoituksiin.

11. Kara ja mutteri (tarkkuusjohtoruuvi)

Karaa voidaan käyttää tarkkuusjohtoruuvina. Mutteri työstetään määriteltyjen mittojen mukaisesti.

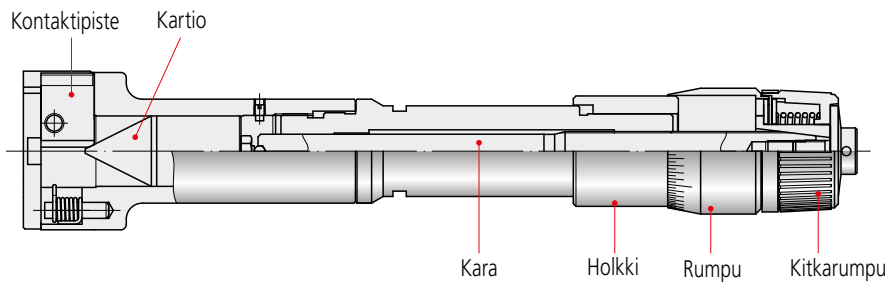
12. Tarkastustodistus

Tarkkuuden tarkastustodistus voidaan toimittaa lisämaksusta. Saadaksesi tarkempia tietoja, ota yhteys lähimpään Mitutoyo-myyntikonttoriin.

Räikkämikrometrit

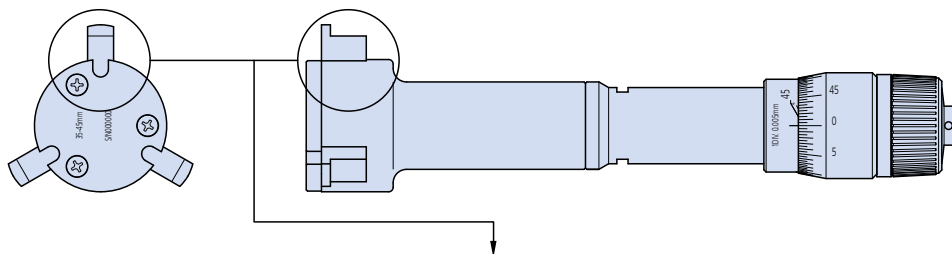
Mittalaitteiden rakenne

PG
16



Erikoistilattavia tuotteita (Holtest / Borematic)

Mitutoyo voi tilaustyönä rakentaa sisämikrometrin, joka sopii parhaiten tiettyyn sovellukseen. Ota rohkeasti yhteyttä Mitutoyoon keskustellaksesi mahdollisuuksista - vaikka tarvittaisiin vain yksi erikoisvalmisteen osa. Huomaa, että olosuhteista riippuen tällaista mikrometriä on yleensä käytettävä asetusrenkaan kanssa tarkkuuden varmistamiseksi. (Erikoistilattu mikrometri voidaan tehdä yhteensopivaksi asiakkaan oma asetusrenkaan kanssa. Ota yhteyttä Mitutoyoon.)

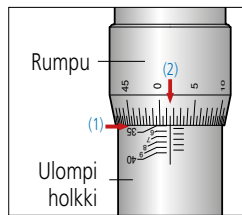


Ominaisuuden tyyppi	Työkappaleen profiili (esimerkki)	Kontaktpisteen kärkiprofiili (esimerkki)	Huomautuksia
Kulmikas ura			
Pyöreä ura			<ul style="list-style-type: none"> ● Mahdollistaa erimutoisten sisäurien ja kiihojen halkaisijan mittauksen. ● Pienin mitattavissa oleva uran halkaisija on noin 16 mm (vaihtelee riippuen työkappaleen profiilista). ● Mitan ℓ on oltava seuraava: W = vähemmän kuin 2 mm: ℓ = vähemmän kuin 2 mm Jos W = 2 mm tai enemmän: ℓ = 2 mm kiinteänä arvona, jota voidaan muuttaa olosuhteiden mukaan.
Spline			<ul style="list-style-type: none"> ● Splinien tai hammastusten määrä on rajoitettu 3:n kerrannaisiin.
Hammastus			<ul style="list-style-type: none"> ● Tiedot työkappaleen profiilista on tulisi toimittaa samaan aikaan, kun mukautettu tilaus jätetään. ● Jos sovellukseksi tarvitsee vakiosta sisämikrometrin poikkeavan mittausalueen, veloitetaan kustomiasetusmitasta aiheutuvat ylimääräiset hankintakustannukset.
Kierrereikä			<ul style="list-style-type: none"> ● Mahdollistaa sisäkierteen tehollisen halkaisijan mittauksen. ● Mitattavissa olevat sisäkierteet on rajoitettu tyyppin, nimellismitan ja kierteen nousun mukaan. Ota yhteyttä Mitutoyoon mitattavan kierteen spesifikaation kanssa saadaksesi neuvoja.

Asteikon lukeminen

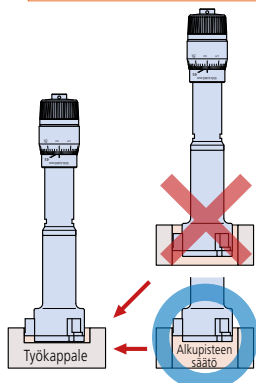
Asteikko 0,005 mm

(1) Ulompi holkki	35 mm
(2) Rumpu	0,015 mm
Lukema	35,015 mm



Muutokset eri mittauspisteissä mitatuissa arvoissa

Kun käytetään Holtestiä, mitattu arvo vaihtelee koko mittauspinnoilla tehtävän mittauksen ja pelkästään mittauspinnan kärjillä tehtävän mittauksen välillä. Aseta mittalaite samalla periaatteella kuin mittaus tehdään.



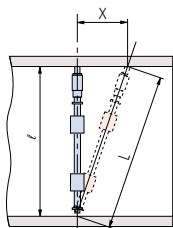
Kun käytät pelkkiä kärkiä mittaukseen, aseta mittalaite myös samalla periaatteella.

Mittausvirheet, jotka johtuvat lämpötilan vaihtelusta putkimaisissa sisämikrometreissä.

Lämmön siirtyminen käyttäjästä mikrometriin on minimoitava merkittävien, työkappaleen ja mikrometrin välisestä lämpötilaerosta aiheutuvien mittausvirheiden välttämiseksi. Mikrometriä käsitellessä, tulisi aina käyttää käsiineitä ja/tai pitää kiinni lämpöeristeestä.

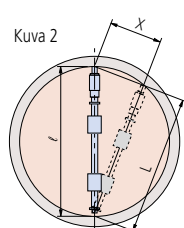
Kohdistusvirheet

Kuva 1



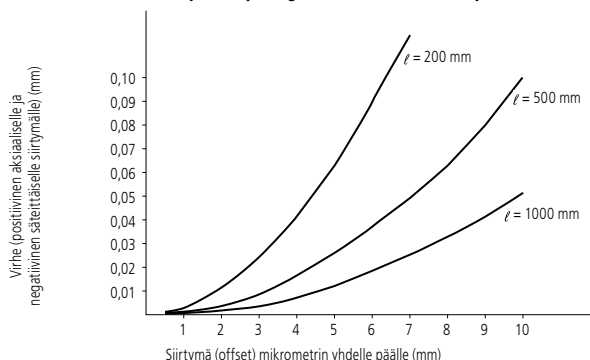
ℓ : Mitattava sisähalkaisija
 L : pituus mitattuna aksiaalipoikkeamalla X
 X : Aksiaalinen offset
 ℓ : Mittausvirhe
 $L - \ell = \sqrt{\ell^2 - X^2} - \ell$

Kuva 2



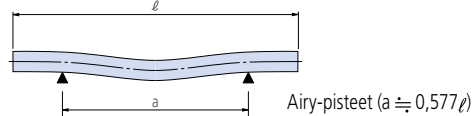
ℓ : Mitattava sisähalkaisija
 L : pituus mitattuna säteittäisellä siirtymällä X
 X : Siirtymä säteen suunnassa
 ℓ : Mittausvirhe
 $L - \ell = \sqrt{\ell^2 - X^2} - \ell$

Jos putkimainen sisämikrometri on kohdistettu väärin aksiaalisessa tai radiaalisessa suunnassa poikkeamaetäisyyden X verran mittausta tehtäessä, kuten kuvioissa 1 ja 2, niin tämä mittaus on virheellinen, kuten on esitetty alla olevassa taulukossa (muodostettu edellä esitettyjen kaavojen avulla). Virhe on positiivinen aksiaaliselle siirtymälle ja negatiivinen säteittäissiirtymälle.

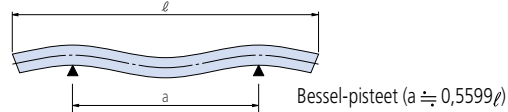


Airy'n ja Besselin pisteet

Kun pituusstandarditanko tai sisämikrometri on vaakasuorassa, mahdollisimman yksinkertaisesti kahdesta kohdasta tuettuna, se taipuu oman painonsa alla muotoon, joka riippuu tukipisteistä. Kuten alla on esitetty, on olemassa kaksi näiden pisteiden välistä etäisyyttä, joilla muodonmuutosta voidaan hallita tunnetulla tavalla.



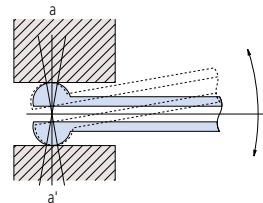
Tangon (tai mikrometrin) päät voidaan asettaa täsmälleen vaakasuoraan sijoittamalla kaksi tukea symmetrisesti toistensa suhteen, kuten edellä on esitetty. Nämä pisteet tunnetaan 'Airyn pisteinä', ja niitä käytetään yleisesti sen varmistamiseen, että pituustangon päät ovat toistensa kanssa samansuuntaisia, jotta tangon pituus on hyvin määritelty.



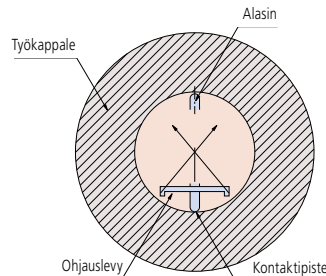
Taivutuksesta johtuva tangon (tai mikrometrin) pituuden muutos voidaan minimoida sijoittamalla kaksi tukea symmetrisesti, kuten edellä on esitetty. Nämä pisteet tunnetaan 'Besselin pisteinä', ja niistä voi olla hyötyä, kun käytetään pitkiä sisämikrometrejä.

Halkaisijan mittaus

- Mitotoyon pienten reikien sisämittalaitteiden mittauskärjet ovat pallomaisia, jotta ne voidaan sijoittaa helposti reiän todellisen halkaisijan mittaamiseksi (suuntaan $a-a'$). Todellinen halkaisija on pienin mittakellossa näkyvä arvo, kun mittalaitetta keinutetaan, kuten nuolella on osoitettu.



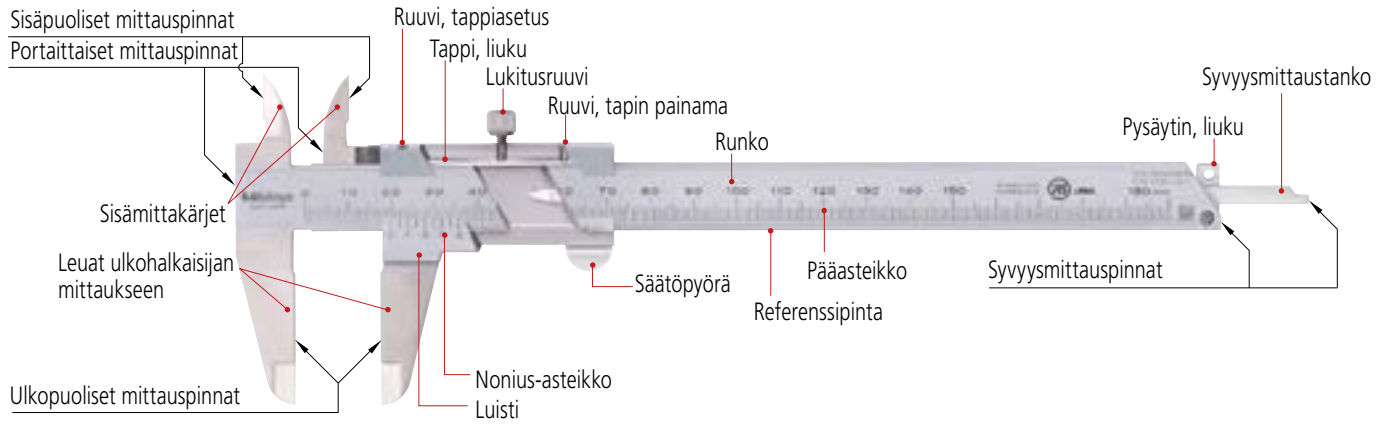
- Jousikuormitteen ohjauslevy Mitotoyon kahden pisteen mittalaitteessa varmistaa automaattisesti säteittäisen kohdistuksen niin, että vain aksiaalinen, keinuva liike on tarpeen minimilukeman (todellisen halkaisijan) löytämiseksi.



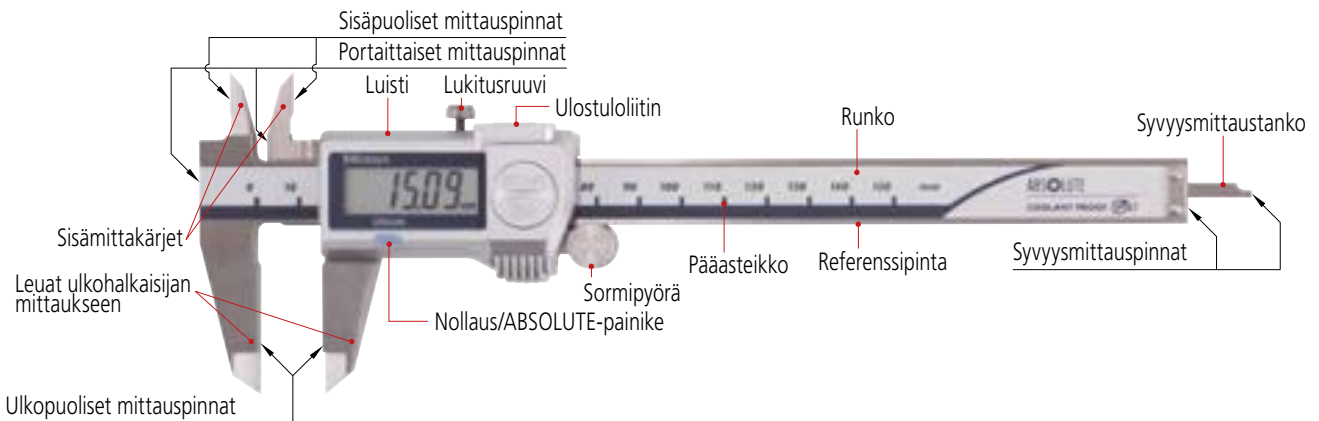
Työntömitat

Mittalaitteiden rakenne

Vakiotyöntömitta nonius-asteikolla



Absolute Digimatic -työntömitta



Asteikon lukeminen

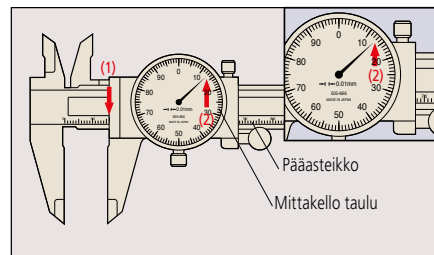
● Nonius-työntömitat



Asteikko 0,05 mm

(1) Pääasteikon lukeminen	4,00 mm
(2) Nonius-asteikon lukeminen	0,75 mm
Työntömitan lukema	4,75 mm

● Työntömitat mittakellolla



Asteikko 0,01 mm

(1) Pääasteikon lukeminen	16 mm
(2) Mittakello taulun lukeminen	0,13 mm
Mittakellotyöntömitan lukeminen	16,13 mm

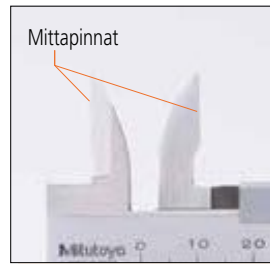
Huomautus: Ylhäällä vasemmalla, 0,75 mm (2) luetaan kohdasta, jossa jokin pääasteikon viivoista on kohdakkain jonkin nonius-asteikon viivan kanssa.

Mittausesimerkkejä

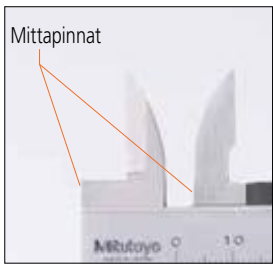
Ulkomittaus



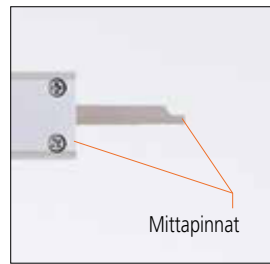
Sisämittaus



Askelmittaus

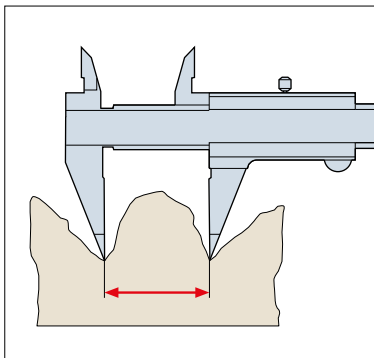


Syvyyden mittaus



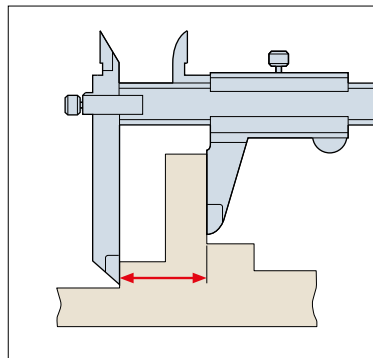
Erikoistyöntömitat

Teräväkärkinen malli



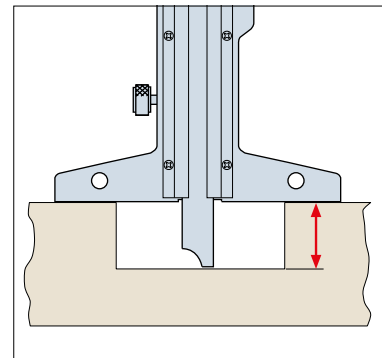
Epätasaisen pinnan mittaukseen

Aseteltava etuleuka



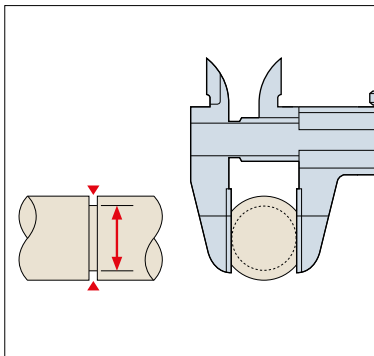
Porrasmaisen pinnan mittaukseen

Syvyysmalli



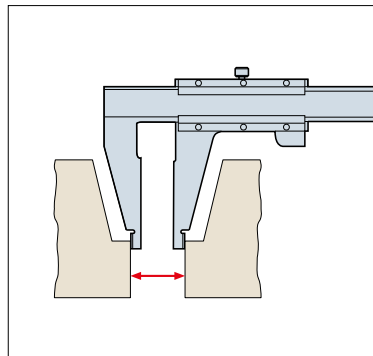
Syvyyden mittaukseen

Ohennetut leuat



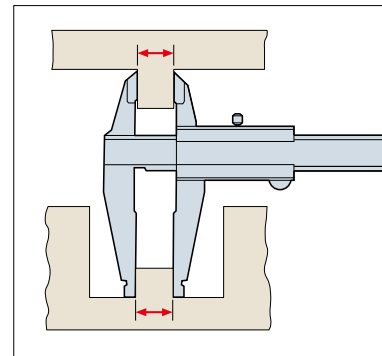
Kapean uran halkaisijan mittaukseen

Sisäpuolisilla leuoilla



Ulkohalkaisijan, kuten syvennyksen paksuuden, mittaukseen

Putken paksuus -tyyppi



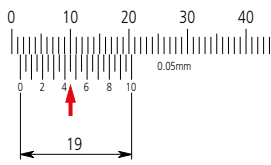
Putken paksuuden mittaukseen

Työntömitat

Nonius-asteikkojen tyypit

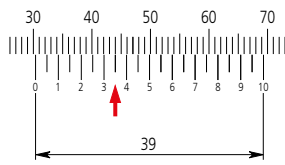
Nonius-asteikko sijaitsee työntömitan luistissa. Kukin asteikon jaotus on 0,05 mm lyhyempi kuin pääasteikon 1 mm:n jaotus. Tämä tarkoittaa sitä, että kun työntömitan leuat avautuvat, jokainen peräkkäinen 0,05 mm liike tuo seuraavan nonius-asteikon viivan kohdakkain pääasteikon viivan kanssa, ja näin 0,05 mm yksiköiden määrä voidaan laskea (vaikka mukavuussyistä asteikko on numeroitu mm:n murto-osina). Vaihtoehtoisesti, yksi nonius-jako voidaan tehdä 0,05 mm lyhyemmäksi kuin kaksi pääasteikon jakoa, jolloin syntyy pitkä nonius-asteikko. Tämä tekee asteikosta helpomman lukea, mutta periaate ja astejako ovat edelleen samat.

● Standardi nonius-asteikko (astejako 0,05 mm)



Lukema 1,45 mm

● Pitkä nonius-asteikko (astejako 0,05 mm)

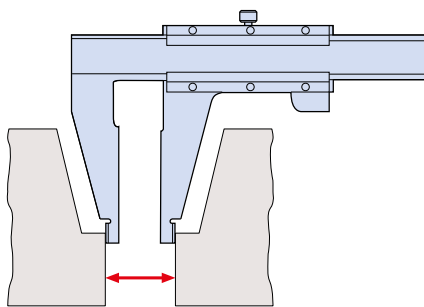


Lukema 30,35 mm

Tietoja pitkistä työntömitoista

Teräsviivaimia käytetään yleisesti suurten työkalupalojen karkeaan mittaamiseen, mutta jos tarvitaan hieman parempaa tarkkuutta, on pitkä työntömitta sopiva tehtävään. Pitkä työntömitta on erittäin kätevä käyttäjäystävällisyytensä ansiosta, mutta sen käyttö vaatii jonkin verran tarkkuutta. Ensinnäkin on tärkeää ymmärtää, että ei ole mitään suhdetta resoluution ja tarkkuuden välillä. Saadaksesi lisätietoja, katso esitteessämme annetut arvot. Resoluutio on vakio, kun taas saatava tarkkuus vaihtelee huomattavasti sen mukaan, miten työntömittaa käytetään.

Tätä instrumenttia käytettäessä mittaamenetelmä on ratkaiseva, koska pääasteikon vääristymä aiheuttaa suuren mittausvirheen, joten työntömitan tukemisestapa vaikuttaa voimakkaasti mittaustulokseen. Varo myös, ettet käytä liikaa mittaavoimaa käyttäessäsi ulkopuolisia mittauspintoja, koska ne ovat kauimpana pääasteikosta ja virhe on niissä suurimmillaan. Tämä varoimenpide on tarpeen myös silloin, kun käytetään pitkäleukaisen työntömitan ulkopuolisten mittauspintojen kärkiä.



Pienten reikien mittaus M-tyypin työntömitalla

Rakenteellinen virhe d tapahtuu, kun mitataan pienten reikien sisähalkaisijaa.

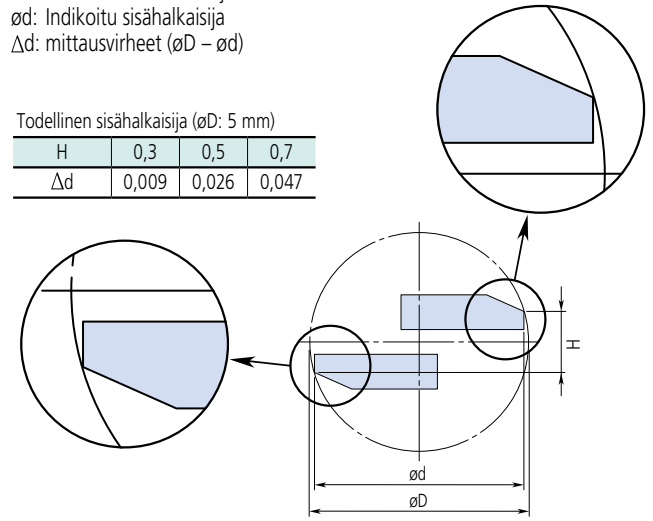
$\varnothing D$: todellinen sisähalkaisija

$\varnothing d$: Indikoitu sisähalkaisija

Δd : mittausvirheet ($\varnothing D - \varnothing d$)

Todellinen sisähalkaisija ($\varnothing D$: 5 mm)

H	0,3	0,5	0,7
Δd	0,009	0,026	0,047

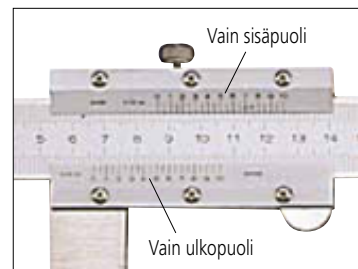


Sisämitta CM-tyyppisellä työntömitalla

Koska CM-tyypin työntömitan sisäpuoliset mittauspinnat ovat leukojen kärjet, vaikuttaa käytettävä mittaavoima huomattavasti mittauspintojen yhdensuuntaisuuteen, ja tästä tulee tärkeä tekijä saavutettavissa olevan mittaustarkkuuden suhteen.

Toisin kuin M-tyypin työntömitta, CM-tyypin työntömitta ei voi mitata hyvin pieniä reiän halkaisijoita, koska se on rajoitettu porrastetun leukojen kokoon. Tästä ei tosin ole tavallisesti haittaa, koska on harvinaista mitata hyvin pieniä reikiä tämän tyyppisellä työntömitalla. Tietysti sisäpuolisten mittauspintojen kaarevuussäde on aina riittävän pieni, jotta saadaan tehtyä oikea sisähalkaisijan mittausta alarajaan saakka (leukojen sulkeutuminen).

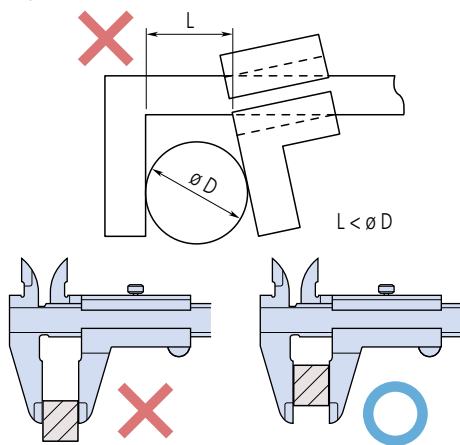
Mitotoyon CM-tyypin työntömitat on varustettu ylimääräisellä asteikolla liu'ussa sisämittojen mittaamiseen, jotta niitä voidaan lukea suoraan ilman laskentaa, kuten ulkopuolisissa mittauksissa. Tämä hyödyllinen ominaisuus eliminoi sen virheen mahdollisuuden, joka ilmenee, kun on lisättävä sisäpuolisen leuan paksuuden korjaus yhden asteikon työntömittaan.



Yleistä tietoa työntömitan käytöstä

1. Mahdollisia virheiden syitä

Monet tekijät voivat aiheuttaa virheitä mitattaessa työntömitalla. Tärkeisiin tekijöihin kuuluvat parallaksin vaikutus, liiallinen mittaavoima sen takia, että työntömitta ei noudata Abben periaatetta, työntömitan ja työkappaleen lämpötilaeroista johtuvat erilaiset lämpölaajenemiset, sekä kapeiden leukojen paksuuden ja niiden välin vaikutus pienten reikien halkaisijan mittausten aikana. Vaikka on olemassa myös muita virhetekijöitä, kuten astejaon tarkkuus, referenssiereunan suoruus, rungon pääasteikon tasomaisuus ja leukojen kohtisuoruus, nämä tekijät ovat mukana mittalaitteen toleransseissa. Siksi nämä tekijät eivät aiheuta ongelmia niin kauan, kuin työntömitta täyttää mittalaitteen toleranssit. JIS:iin on lisätty käsittelyohjeita, jotta kuluttajat voivat ymmärtää työntömitan rakenteeseen liittyvät virhetekijät ennen laitteen käyttöä. Nämä ohjeet liittyvät mittaavoimaan ja määräävät, että "koska työntömitassa ei ole vakiovoimalaitetta, on työkappaleita mitattava sopivalla, tasaisella mittaavoimalla. Ole erityisen varovainen, kun mitaat sitä leuan juurella tai kärjellä, koska näissä tapauksissa voi ilmetä suuri virhe."



2. Sisämittaus

Ennen mittausta aseta sisäleuka niin syväälle kuin mahdollista. Lue suurin ilmennyt arvo sisämittauksen aikana. Lue pienin ilmennyt arvo uran leveyden mittausten aikana.

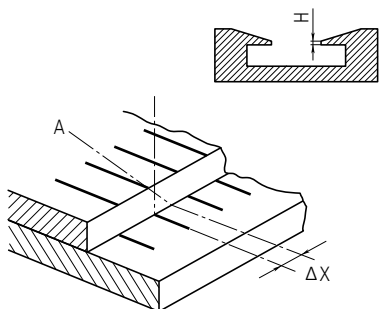
3. Syvyyden mittaus

Lue pienin ilmennyt arvo uran syvyysmittauksen aikana.

4. Parallaksivirhe asteikkoja luettaessa

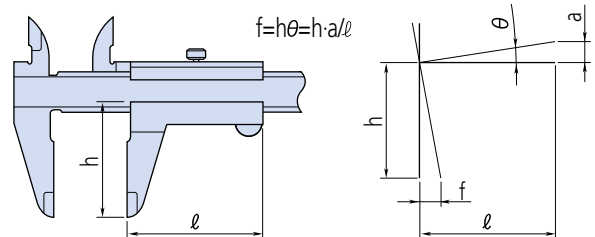
Katso suoraan nonius-asteikon jakoviivaan, kun tarkistat nonius-asteikon kohdistusta pääasteikon viivoihin.

Jos katsot nonius-asteikkoa vinosta suunnasta (A), vääristyy näkyvä kohdistuspaikka alla kuvassa näkyvän mitan ΔX verran nonius-asteikkojen ja pääasteikon välisen porrastuskorkeuden (H) aiheuttaman parallaksiefektin takia. Tästä aiheutuu mittausero luentavirhe. Tämän virheen välttämiseksi JIS vaatii, että askeleen korkeus ei saa olla suurempi kuin 0,3 mm.



5. Liikkuvan leuan kallistusvirhe

Jos liikkuva leuka kallistuu kiinteään leukaan verrattuna, joko liiallisen voiman takia, tai rungon suoruusvirheen takia, aiheutuu mittausero kuvassa esitetyllä tavalla. Tämä virhe saattaa olla merkittävä johtuen siitä, että työntömitta ei vastaa Abben periaatetta.



Esimerkki: Oletetaan, että leukojen kaltevuusvirhe kallistuksen takia on 0,01 mm matkalla 50 mm, ja ulkopuoliset mittauleuat ovat 40 mm syväällä. Silloin virhe (leukojen kärjessä) lasketaan $(40/50) \times 0,01 \text{ mm} = 0,008 \text{ mm}$. Jos ohjauspinta on kulunut, niin virhettä voi ilmetä jopa oikealla mittaavoimalla.

6. Mittauksen ja lämpötilan suhde

Työntömitan pääasteikko on kaiverrettu (tai kiinnitetty) ruostumattomaan teräkseen, ja vaikka lineaarinen lämpölaajenemiskerroin on sama kuin yleisimmällä työkappalemateriaalilla, teräksellä, ts. $(10,2 \pm 1) \times 10^{-6}/K$, niin huomaa, että muilla työkappalemateriaaleilla huoneenlämpötila voi vaikuttaa mittaustarkkuuteen.

7. Käsittely

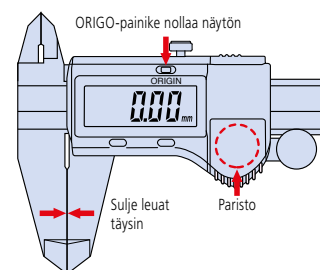
Työntömitan leuat ovat teräviä, ja siksi laitetta on käsiteltävä varoen loukkaantumisen välttämiseksi. Vältä vahingoittamasta digitaalisen työntömitan asteikkoa, äläkä kaiverra tunnusnumeroa tai muita tietoja siihen sähköisellä merkintäkynällä. Vältä vaurioittamasta työntömittaa altistamalla sitä kovien esineiden iskuille tai putoamiselle penkille tai lattialle.

8. Liukupintojen ja mittauspintojen kunnossapito

Pyyhi pois pöly ja lika liuku- ja mittauspinoilta pehmeällä, kuivalla liinalla ennen työntömitan käyttöä.

9. Tarkistus ja nolapisteen asettaminen ennen käyttöä

Puhdista mittauspinnat asettamalla puhdas paperi ulkopuolisten leukojen väliin, ja sitten vetämällä se hitaasti ulos. Ennen kuin käytät työntömittaa, sulje leuat ja varmista, että nonius-asteikko (tai näyttö) näyttää nollaa. Käytettäessä Digimatic-työntömittaa, nollaa origo (ORIGIN-painike) pariston vaihtamisen jälkeen.



10. Käsittely käytön jälkeen

Työntömitan käytön jälkeen pyyhi siitä pois kaikki vesi ja öljy. Levitä sitten kevyesti ruostesuojaöljyä ja anna kuivua ennen varastointia. Pyyhi vesi pois myös vedenkestävästä työntömitasta, koska myös se voi ruostua.

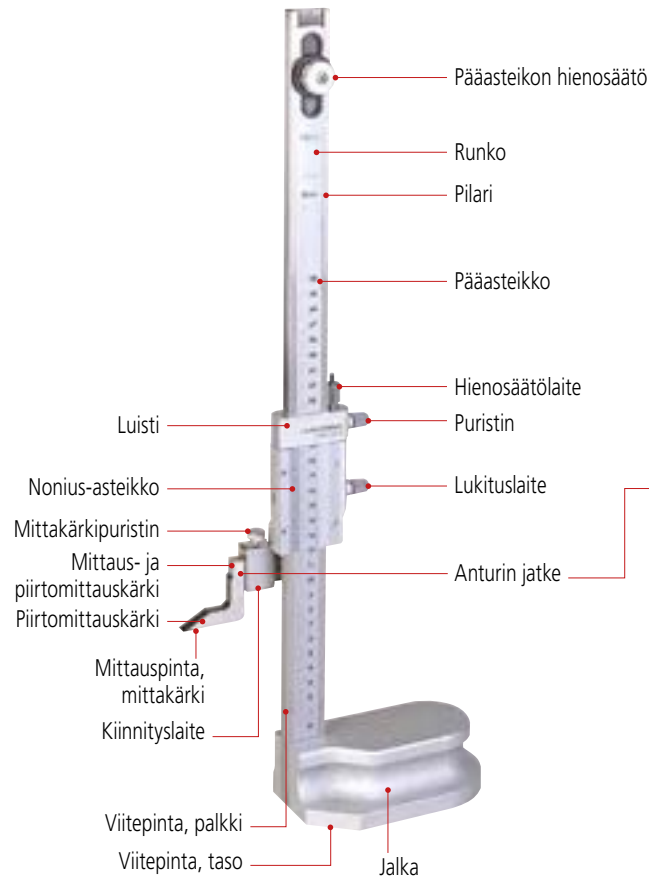
11. Huomautuksia säilytyksestä

Vältä suoraa auringonvaloa, korkeita lämpötiloja, matalia lämpötiloja, ja runsasta kosteutta varastoinnin aikana. Jos digitaalista työntömittaa ei käytetä yli kolmeen kuukauteen, poista paristot ennen varastointia. Älä jätä työntömitan leukoja täysin suljetuiksi säilytyksen ajaksi.

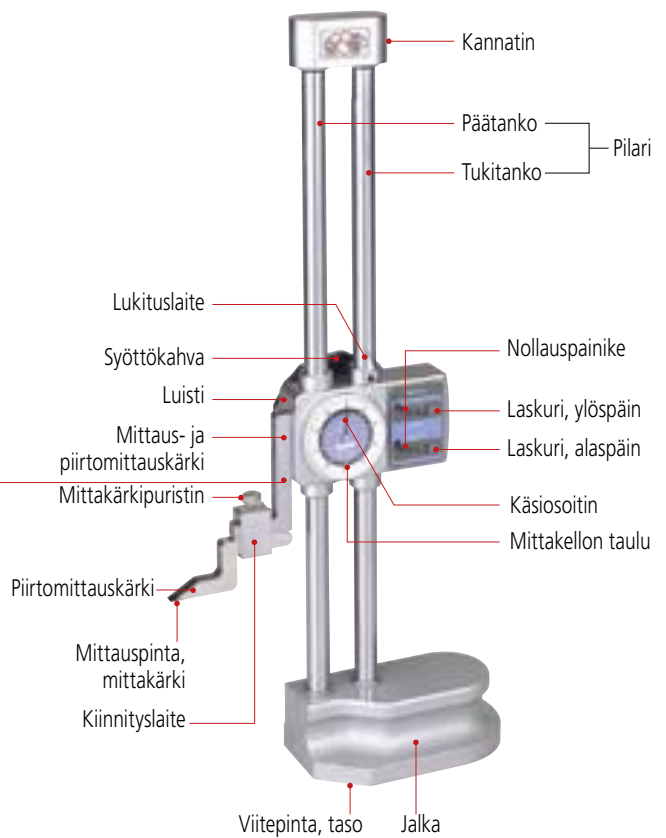
Korkeusmittalaitteet

Mittalaitteiden rakenne

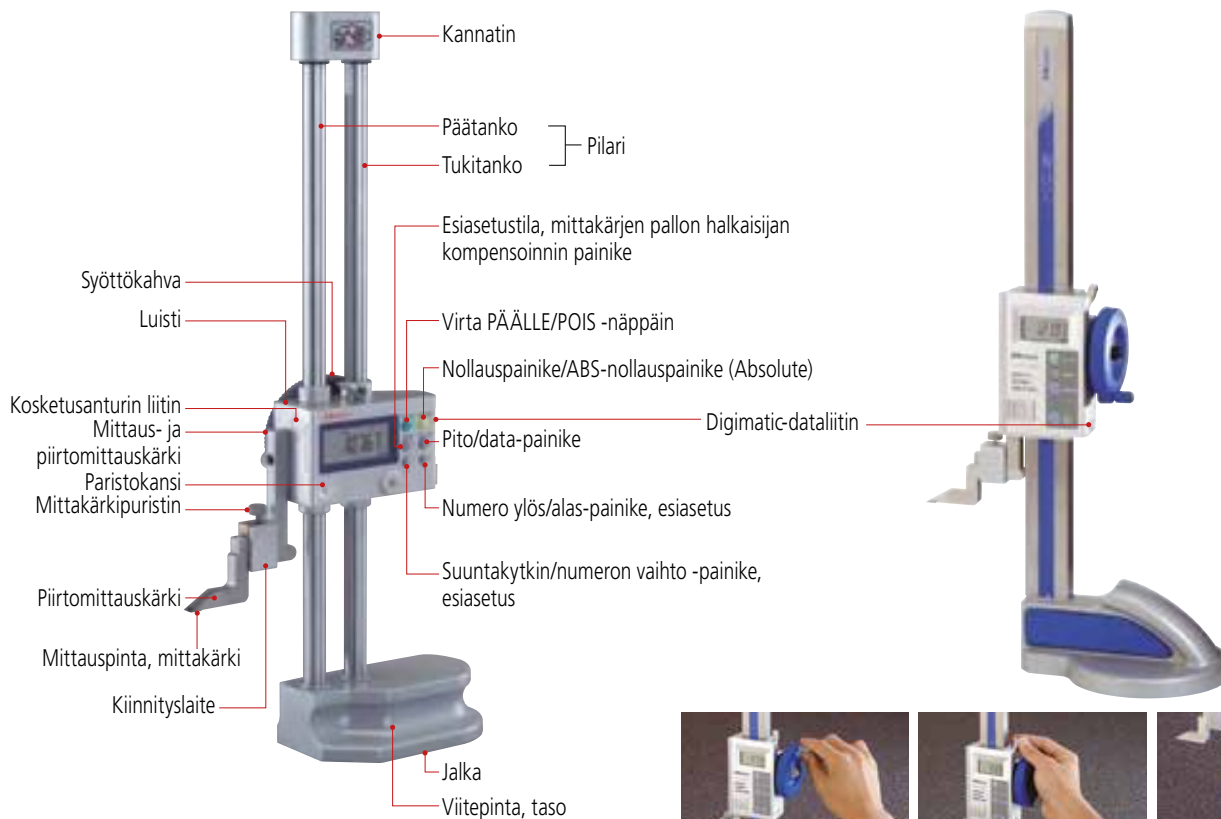
Korkeusmittalaite noniuksella



Korkeusmittalaite laskurilla



Digimatic-korkeusmittalaitteet



Liu'un käsipyörä



Liu'un kiristysvipu



Ergonominen käsittely

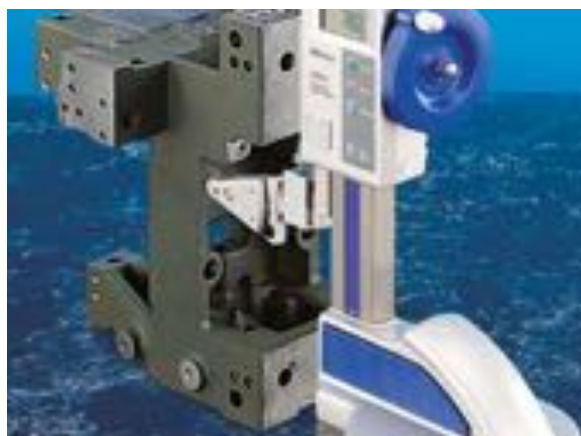
Korkeusmittaussovellukset lisävarusteilla ja muilla mittausvälineillä



Mittakellon kiinnitys



Kosketusmittakärjen kiinnitys



Keskitysmittakärjen kiinnitys

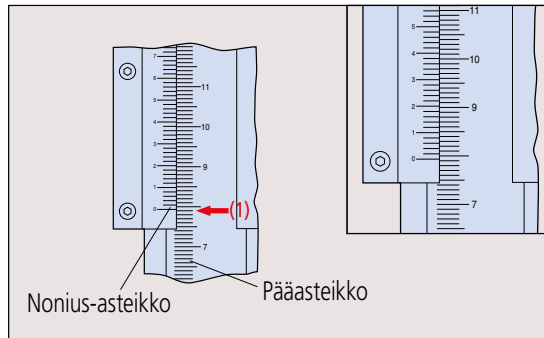


Syvyydenmittauslaitteen kiinnitys

Korkeusmittalaitteet

Miten lukea

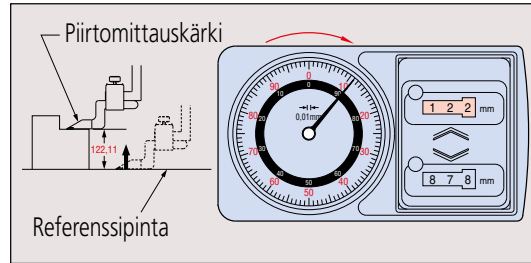
Korkeusmittalaite noniuksella



Asteikko	0,02 mm
(1) Pääasteikko	79 mm
(2) Nonius	0,36 mm
Lukema	79,36 mm

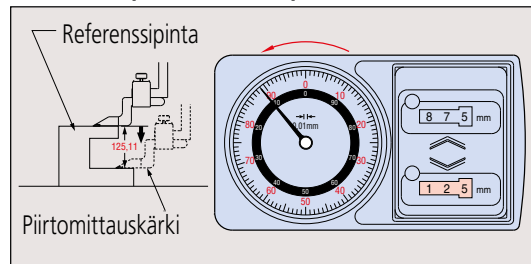
Korkeusmittalaite laskurilla

Mittaa ylöspäin referenssipinnasta



Laskuri	122 mm
Mittakello	0,11 mm
Lukema	122,11 mm

Mittaa alaspäin referenssipinnasta



Laskuri	125 mm
Mittakello	0,11 mm
Lukema	125,11 mm

Yleistä tietoa korkeusmittalaitteiden käytöstä

1. Mahdollisia virheiden syitä

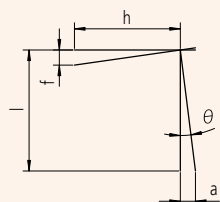
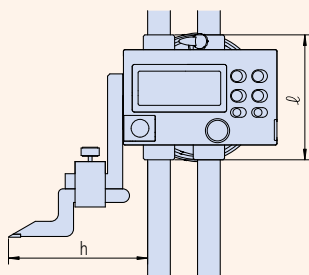
Kuten työntömitassa, vaikuttaviin virhetekijöihin kuluva parallaksiefekti, liiallisen mittausvoiman aiheuttamat virheet johtuen siitä, että korkeusmittalaite ei noudata Abben periaatetta, ja korkeusmittalaitteen ja työkappaleen erilaisista lämpötiloista johtuva erilainen lämpölaajeneminen.

On olemassa myös muita virhetekijöitä, jotka aiheutuvat korkeusmittalaitteen rakenteesta. Erityisesti, vääntyneeseen runkoon ja piirtimen asennukseen liittyviin, alla kuvattuihin virhetekijöihin on perehdyttävä ennen käyttöä.

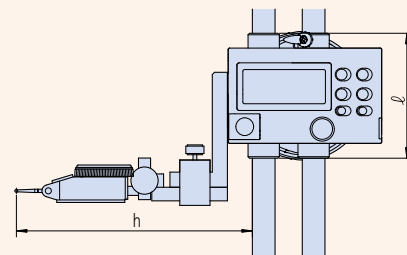
2. Rungon (pilarin) vääntyminen ja piirtimen asennus

Kuten työntömitalla, ja kuten seuraavassa kuvassa on esitetty, mittausvirhettä syntyy korkeusmittalaitteen käytössä, kun käytetään vääntyneitä liukua ohjaavaa referenssireunaa. Tämä virhe voidaan esittää samalla virheiden laskentakaavalla, jota käytetään tilanteissa, joissa Abben periaate ei täyty.

Piirtimen (tai viputyypisen mittakellon) asentaminen vaatii huolellista harkintaa, koska se vaikuttaa kaikkien virheiden suuruuteen vääntyneen referenssireunan takia kasvattamalla mittaa h edellä olevassa kaavassa. Toisin sanoen, jos käytetään lisävarusteena saatavaa pitkää piirintä tai viputyypistä mittakelloa, mittausvirhe tulee suuremmaksi.



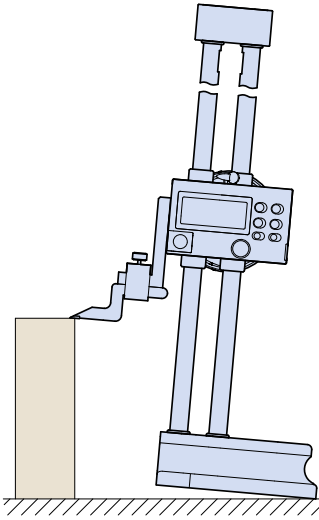
$$f = h \theta = h \frac{a}{l}$$



Esimerkki: mittaustipistin sijainnin vaikutus
Kun h on 150 mm, virhe on 1,5 kertaa suurempi kuin silloin, kun h on 100 mm.

3. Alustan nouseminen referenssipinnalta

Jos käytetään liiallista alaspäin suuntautuvaa voimaa, kun asetetaan mittalaineen nollapistettä mittapalojen tai työkappaleen avulla, alusta voi nousta irti pinnasta ja tämä aiheuttaa mittausvirheen. Tarkkaa asetusta varten, siirrä liukua hitaasti alaspäin liikuttaen piirtimen kärkeä edestakaisin mittapalan pinnan (tai kohdan) yli. Oikea asetus on, kun piirrin tuntuu koskettavan kevyesti kun se liikkuu pinnan reunan yli. On myös ennen käyttöä tarpeen varmistaa, että pintalevy ja korkeusmittauslaitteen pohjataso ovat pölyttömiä eikä niissä ole purseita.



4. Virhe, joka johtuu pääasteikon kaltevuudesta (pilari)

JIS-standardien mukaan pilarin referenssireunan kohtisuoruuden vertailutason pintaan on oltava parempi kuin:

$$\left(0,01 + \frac{L}{1000}\right) \text{ mm} \quad L \text{ ilmaisee mittauspituuden (yksikkö: mm)}$$

Tämä ei ole kovin tiukka määrittely. Esimerkiksi sallittu kohtisuoruus on 0,61 mm kun L on 600 mm. Tämä johtuu siitä, että tällä virheellä on pieni vaikutus, ja se ei muuta liu'un kaltevuutta, toisin kuin vääntynyt pilari.

5. Tarkkuuden ja lämpötilan suhde

Korkeusmittalaitteet on valmistettu useista materiaaleista. Huomaa, että jotkin yhdistelmät työkappaleen materiaalista, huoneenlämpötila ja työkappaleen lämpötila voivat vaikuttaa mittaukseen tarkkuuteen, jos tätä vaikutusta ei huomioida suorittamalla korjauslaskentaa.

6. Korkeusmittalaitteen piirrtopuikon kärki on erittäin terävä ja sitä on käsiteltävä huolellisesti, jotta vältetään vammoilta.

7. Älä vahingoita digitaalista korkeusasteikkoa kaivertamalla siihen tunnusnumeroita tai muita tietoja sähköisellä merkintäkynällä.

8. Käsittele korkeusmittalaitetta huolellisesti, jotta se ei putoa tai iskeydy mitään vasten.

Huomautuksia korkeusmittauslaitteen käytöstä

1. Pidä liukua ohjaava pilari puhtaana. Jos siihen kertyy pölyä tai likaa, liukuminen vaikeutuu, mikä johtaa virheisiin asettamisessa ja mittaamisessa.
2. Piirrottaessa lukitse liuku turvallisesti paikalleen lukituksen avulla. On suositeltavaa vahvistaa asetus lukituksen vapauttamisen jälkeen, koska kiristys voi joissakin korkeusmittauslaitteissa muuttaa asetusta hieman. Jos näin on, tämän vaikutus täytyy ottaa huomioon asetuksessa.
3. Yhdensuuntaisuus piirtimien mittauspinnan ja pohjan viitepinnan välillä on oltava 0,01 mm tai parempi.
Poista ennen mittausta kaikki pöly tai purseet asennuspinnalta, kun asennat piirrin- tai viputyypistä mittakelloa. Pidä piirrtopuikko ja muut osat tukevasti kiinni paikallaan mittauksen aikana.
4. Jos korkeusmittalaitteen pääasteikkoa voidaan siirtää, siirrä sitä tarvittaessa asettaaksesi nollakohta, ja kiinnitä kiristysmutterit tiukasti.
5. Parallelsista aiheutuvia virheitä ei voida jättää huomiotta. Kun luet arvoa, katso aina suoraan asteikkoon.
6. Käsittele käytön jälkeen: Pyyhi kaikki vesi ja öljy kokonaan pois. Levitä ohut kerros ruostesuojaöljyä, ja anna kuivua kokonaan ennen varastointia.
7. Huomautuksia varastoinnista:
Vältä suoraa auringonvaloa, korkeita lämpötiloja, matalia lämpötiloja, ja runsasta kosteutta varastoinnin aikana.
Jos digitaalista korkeusmittalaitetta ei käytetä yli kolmeen kuukauteen, poista paristot ennen varastointia.
Jos suojuus on käytettävissä, käytä sitä varastoinnin aikana estääksesi pölyn tarttumisen pilariin.

Mittapalat

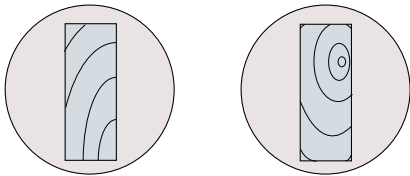
Metrin määritelmä

Vuonna 1983 17th General Conference of Weights and Measures päätti uudesta metrin määritelmästä, valon tyhjiössä kulkema matka 1/299 792 458 sekunnin aikana. Mittapala on tämän yksikön käytännön toteutus, ja sellaisena sitä käytetään laajalti kaikkialla teollisuudessa.

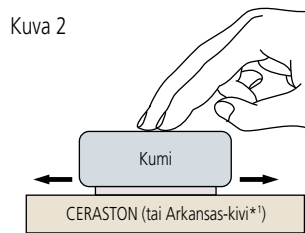
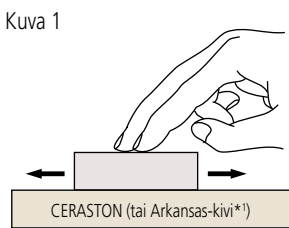
Mittapalayhdistelmän valinta, valmistelu ja kokoaminen

Valitse yhdistettävät mittapalat tarvittavan kokoisen pinon muodostamiseksi.

- Huomioi mittapalojen valinnassa seuraavat seikat.
 - Käytä mahdollisimman vähän mittapaloja.
 - Valitse mahdollisimman pitkiä mittapaloja.
 - Valitse koko siitä, jossa on vähiten merkitsevä luku, ja etene takaisin kohti merkitsevempiä numeroita.
- Puhdista mittapalat sopivalla puhdistusaineella.
- Tarkista mittauspinnot optisella tasolla purseiden varalta seuraavasti:



- Pyyhi jokainen mittauspinta puhtaaksi.
- Aseta optinen taso varovasti mittapalan mittauspinalle.
- Liu'uta optista tasoa kevyesti, kunnes interferenssikuvioita tulee näkyviin.
 - Arvio 1: Jos interferenssiiviivoja ei näy, oletetaan, että mittauspinnoilla on suuria purseita tai likaa.
 - Arvio 2: Jos interferenssiiviivat katoavat, ei mittauspinalla ole purseita.
 - Arvio 3: Jos jotkut interferenssiiviivat jäävät edelleen paikallisesti näkyviin, kun tasoa siirretään varovasti edestakaisin, mittauspinnoilla on purseita. Jos viivat liikkuvat optisen tason mukana, on optisella tasolla purseita.
- Poista mahdolliset purseet mittauspinnoilta litteällä, hienojakoisella hiomakivellä. Katso alla olevat kuvat menetellystä.



- Pyyhi mahdollinen pöly ja öljykalvo mittapalasta ja Cerastonista (tai Arkansas-kivestä) liuotinaineen avulla.
 - Aseta mittapala Cerastonille niin, että purseinen mittauspinta on kiven hiovaa pintaa vasten. Kevyttä painetta kohdistuen siirrä mittapalaa edestakaisin kymmenkunta kertaa (Kuva 1). Käytä kumityynyä ohuille mittapaloille tasaisen paineen tuottamiseen (Kuva 2).
 - Tarkista mittauspinnot optisella tasolla purseiden varalta. Jos purseet eivät ole poistuneet, toista vaihe (2). Jos purseet ovat liian suuria, niitä ei saa poistaa hiomakivellä. Jos näin on, hävitä mittapala.
- *1 Mitutoyo ei tarjoa Arkansas-kiviä.

- Levitä hyvin pieni määrä öljyä mittauspinnoille ja levitä se tasaisesti koko pinnalle. (Pyyhi pintoja, kunnes öljykalvo on lähes poistunut.) Rasvaa, karaöljyä, vaseliinia, jne., käytetään yleisesti.

- Aseta varovasti mittapalojen pinnat päällekkäin imeytystä varten. Käytettävissä on kolme menetelmää (a, b ja c, kuten alla on esitetty) imeytettävien mittapalojen koon mukaan:

a. Paksujen mittapalojen imeytys

Aseta mittapalat ristikkäin 90° kulmassa mittauspintojen keskeltä.

Kierrä mittapaloja samalla kohdistuen niihin kevyt voima. Tunnet imeytymisen liu'uttamalla paloja.

Kohdista mittauspinnot keskenään.

b. Paksun mittapalan imeytys ohueen mittapalaan

Aseta ohuen mittapalan toinen puoli päällekkäin paksun mittapalan toisen puolen kanssa.

Työnnä ohut mittapala painamalla samalla koko päällekkäistä aluetta kohdistaaaksesi mittauspinnot toistensa kanssa.

Käytä optista tasoa yhden ohuen mittapalan pintaan tarkistaaksesi imeytymisen onnistumisen.

c. Ohuiden mittapalojen imeytys

Ohuen mittapalan taipumisen estämiseksi imeytä ensin ohut mittapala paksuun mittapalaan.

Imeytä sitten toinen ohut mittapala ensimmäisen ohuen mittapalan päälle.

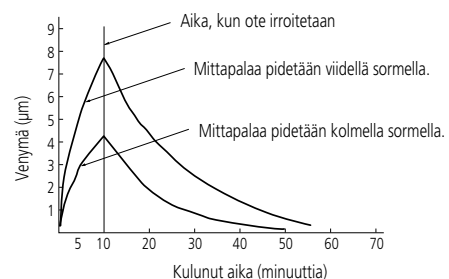
Lopuksi poista paksu mittapala pinosta.

Epäsäännöllinen interferenssikuvio

Pyyhi paljaat mittauspinnot ja rakenna pino valmiiksi edellä kuvatulla tavalla.

Lämpöstabilointiaika

Seuraava kuva esittää mittapalojen pituuden muutosta käsiteltäessä 100 mm teräsmittapalaa paljain käsin.



Mittakellot ja digitaalikellot

Mittalaitteiden rakenne



Mittakellojen taulut

0,01 mm



Jatkuva näyttö
(kaksisuuntainen astejako)



Tasapainotettu mittakello
(useita kierroksia)



Jatkuva näyttö
(käänteinen lukeminen)



Tasapainotettu mittakello
(yksi kierros)

0,001 mm



Jatkuva näyttö
(vakioasteikkoväli)



Tasapainotettu mittakello
(useita kierroksia)



Jatkuva näyttö
(kaksois-asteikkoväli)

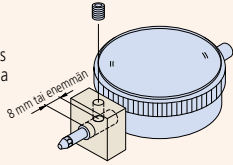
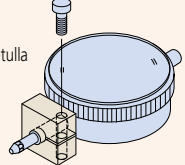
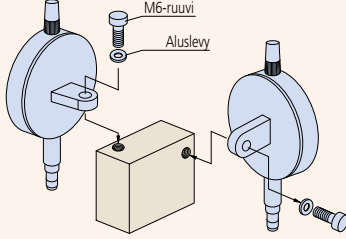


Tasapainotettu mittakello
(yksi kierros)

Jatkuva näyttö: Suoraan lukemiseen
 Tasapainotettu mittakello: Eron lukemiseksi viitepinnan suhteen
 Käänteinen mittakellon lukeminen: Syvyyden tai reiän läpimitan mittaukseen
 Yhden kierroksen mittakello: Virheetöntä pienten erojen mittausta

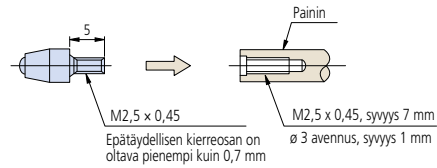
Mittakellot ja digitaalikellot

Mittakellon asennus

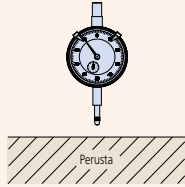
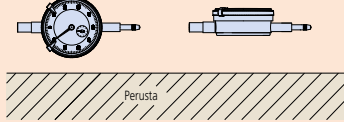
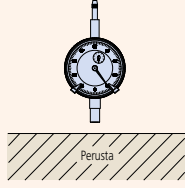
Varsiasennus	Menetelmä	 <p>Varren kiinnitys suoraan ruuvilla</p> <p>8 mm tai enemmän</p>	 <p>Varren puristaminen jaetulla puristuskiinnittimellä</p>
	Huom	<ul style="list-style-type: none"> Asennusreiän toleranssi: $\varnothing 8G7 (+0,005...0,02)$ Kiristysruuvi: M4-M6 Puristuskohta: 8 mm tai enemmän varren alareunasta Maksimi puristusvääntömomentti: 150 Ncm, kiinnitettäessä yhdellä M5-ruuvilla Huomaa, että liiallinen puristusvääntömomentti voi vaikuttaa haitallisesti karan liikkeeseen. 	<ul style="list-style-type: none"> Asennusreiän toleranssi: $\varnothing 8G7 (+0,005...0,02)$
Silmukka-asennus	Menetelmä	 <p>M6-ruuvi</p> <p>Aluslevy</p>	
	Huom	<ul style="list-style-type: none"> Silmukoita voidaan kääntää suunnassa 90 astetta sovelluksen mukaan. (Silmukka on asetettu vaakasuoraan toimitettaessa.) Joidenkin Series 1 -mallien (No.1911T-10, 1913T-10 & 1003T) silmukoita ei kuitenkaan voi säätää vaakasuunnassa. Kosinivirheen välttämiseksi varmista, että kaikki mittarit tai mittakellot on asennettu tarkoitetun mittaussuunnan suuntaisesti. 	

Kontaktielementti

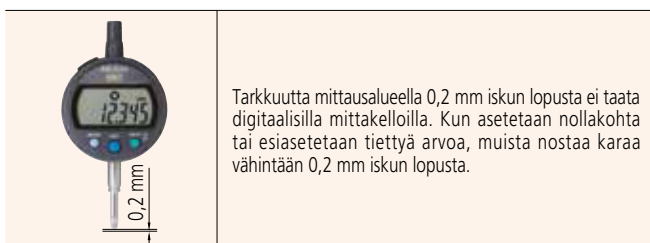
- Ruuvikierre on standardi M2,5 x 0,45 (pituus: 5 mm).
- Epätäydellisen kierreosan ruuvin juuressa on oltava pienempi kuin 0,7 mm, kun valmistetaan kontaktipistettä.



Mittausvoiman vaikutussuunta

Paikka	Huomautuksia
Kontaktielementti alas (normaali asento) 	—
Kara vaakasuuntaan (poikittainen asento) 	Jos mittaus suoritetaan kara vaakatasossa tai kontaktielementti ylöspäin, mittausvoima on pienempi, kuin kontaktielementti alaspäin. Tässä tapauksessa varmista, että tarkistat mittakellon tai digitaalisen näytön toiminnan ja toistettavuuden. Digitaalisen näytön ja mittakellon toiminnan määrittämisiksi varten katso yleisluettelon tuotekuvaukset.
Kontaktielementti ylös (ylösalaisin) 	

Digitaalisen mittakellon nolapisteen asettaminen



Karan huolto

- Älä voitele karaa. Se saattaa aiheuttaa pölyn kerääntymistä, josta voi seurata toimintahäiriö.
- Jos karan liike on huonoa, pyyhi karan ylempi ja alempi pinta kuivalla tai alkoholiin kastetulla liinalla. Jos puhdistus ei paranna liikettä, ota yhteyttä Mitutoyoon laitteen korjausta varten.
- Ennen mittauksen tai kalibroinnin tekemistä varmista, että kara liikkuu sujuvasti ylöspäin ja alaspäin, sekä varmista nolapisteen vakaus.

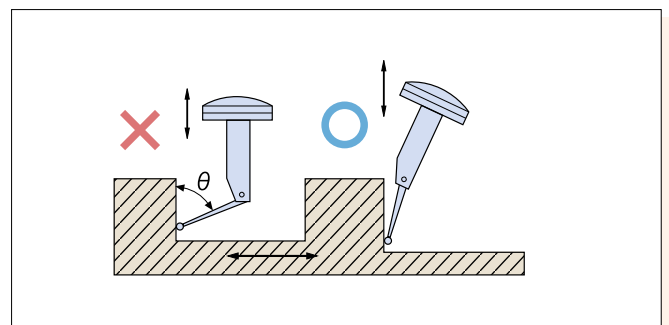
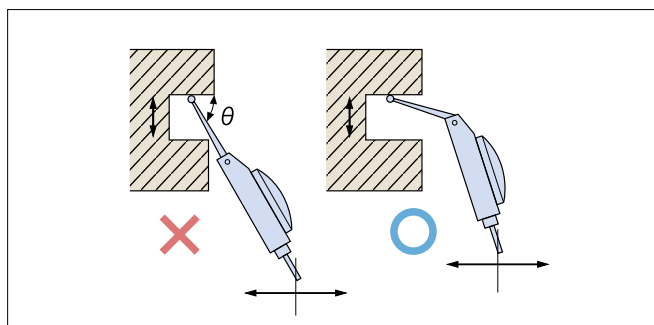
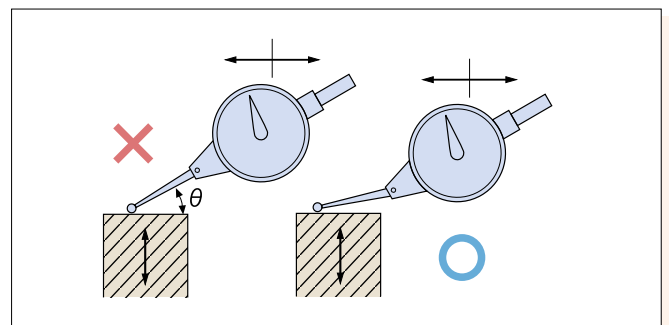
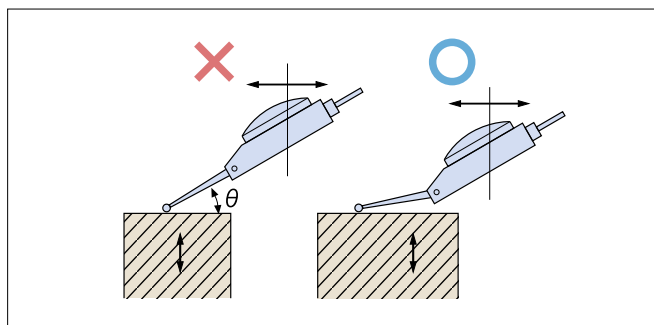
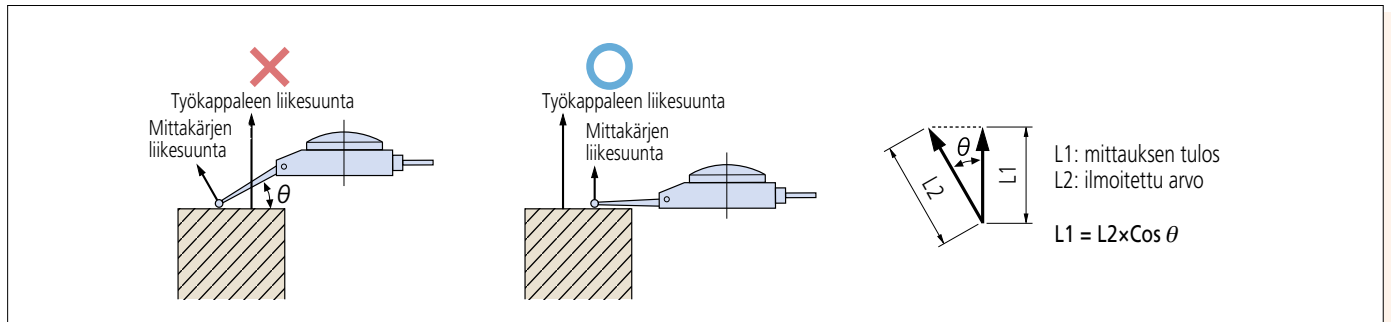


Mittakellot ja digitaalikellot

Mittakellot ja kosinivirhe

Käytön aikana minimoi aina liikesuuntien välinen kulma.

PG
30



Minkään mittakellon lukema ei edusta oikeaa arvoa, jos sen mittaussuunta on vinossa tarkoitettun mittaussuunnan suhteen (kosinivirhe). Koska mittakellon mittaussuunta on kohtisuorassa kontaktpisteen ja mittapään taitteen kautta piirrettyyn viivaan, tämä efekti voidaan minimoida asettamalla mittapää minimoimaan kulma θ (kuten kuvassa on esitetty). Tarvittaessa mittakellon lukemaa voidaan kompensoida todellisella θ -arvolla käyttämällä alla olevaa taulukkoa, josta saadaan mittauksen arvo.

Mittauksen tulos = ilmoitettu arvo x korjausarvo

Nollasta eroavan kulman kompensoiminen

Kulma	Korjausarvo
10°	0,98
20°	0,94
30°	0,86
40°	0,76
50°	0,64
60°	0,50

Esimerkit

Jos 0,200 mm mittaus on saatu mittakellosta eri arvoilla θ , mittausten tulokset ovat:

Jos $\theta = 10^\circ$, $0,200 \text{ mm} \times 0,98 = 0,196 \text{ mm}$

Jos $\theta = 20^\circ$, $0,200 \text{ mm} \times 0,94 = 0,188 \text{ mm}$

Jos $\theta = 30^\circ$, $0,200 \text{ mm} \times 0,86 = 0,172 \text{ mm}$

Huomautus: Erityistä kosketuskärkeä voidaan käyttää soveltamaan korjaus automaattisesti ja mahdollistamaan mittausten tekemisen ilman manuaalista kompensointia kaikilla kulman θ arvoilla 0–30°. (Tällainen kosketuskärki on mittailaustyötä.)

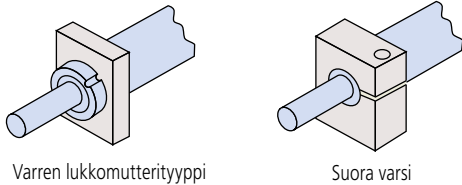


Lineaarianturit

Pää

Suora varsi ja varsi kiinnitysmutterilla

Lineaarianturia asennettaessa käytettävä varsi on luokiteltu "tavalliseksi" tai "kiinnitysmutterityyppi", kuten edellä on esitetty. Kiinnitysmutterivarsi mahdollistaa nopean ja turvallisen lineaarimittauslaitteen puristamisen. Suoran varren etuna on sen laajempi sovellusalue ja pieni sijainnin säätö akselin suuntaan lopullisessa asennuksessa, vaikkakin se vaatii kiinnityksen jaetuilla kiinnittimillä tai kitkakiinnityksen. Huolehdi kuitenkin, että varteen ei kohdistu liiallista voimaa.



Mittausvoima

Tämä on se voima, joka kohdistuu työkaluun mittauksen aikana lineaarimittauksen kosketuspisteessä, sen iskun lopussa. Voima ilmaistaan Newtonina.

Vertaileva mittaus

Mittausmenetelmä, jossa työkaluun mittoja havaitaan mittaamalla työkaluun ja sellaisen vertailukappaleen välinen ero, joka edustaa työkaluun nimellismittaa.

IP-luokitus

IP54-luokka

Malli	Taso	Kuvaus
Kosketussuojaukset ihmiskehoon ja vierasesineitä vastaan	5: Pölysuojattu	Suojaukset haitallista pölyä vastaan
Suojaukset kastumiselta	4: Roiske-suojattu	Mistä suunnasta koteloon tulevilla vesiroiskeilla ei ole haitallisia vaikutuksia.

IP66-luokka

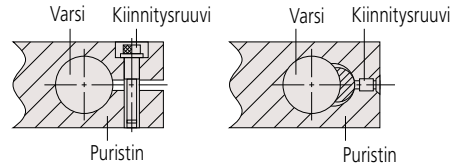
Malli	Taso	Kuvaus
Kosketussuojaukset ihmiskehoon ja vierasesineitä vastaan	6: Pölytiivis	Suojaukset pölyn sisäänkäynniltä. Täydellinen suojaus kosketusta vastaan
Suojaukset kastumiselta	6: Vedenkestävä tyyppi	Mistä suunnasta koteloon tulevilla vesisuihkulla ei ole haitallisia vaikutuksia.

Mittapään asennuksen varotoimet

- Aseta mittausvälineen varsi osaksi mittausyksikön tai jalustan asennuspuristinta, ja kiristä kiinnitysruuvi.
- Huomaa, että varren liiallinen kiristäminen voi aiheuttaa ongelmia karan toiminnalle.
- Älä koskaan käytä kiinnitysmenetelmää, jossa varsi on puristettu suoraan kosketukseen ruuvien kanssa.
- Älä koskaan kiinnitä lineaarimittauslaitetta millään muulla osalla, kuin varrella.
- Asenna mittapää niin, että se on linjassa tarkoitettua mittaus suunnan kanssa. Pään asentaminen kulmassa sen suuntaan nähden aiheuttaa virhettä mittaukseen.
- Noudata varovaisuutta, jotta mittausvälineeseen ei kohdistu voimaa kaapelin kautta.

Varotoimet Laser Hologagen asennuksessa

Kiinnittäaksesi Laser Hologagen, aseta varsi erilliselle jalustalle tai kiinnitykseen.



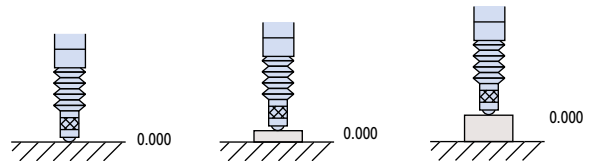
Suosittelava reiän halkaisija kiinnityspuolella: 15 mm +0,034/-0,014

- Koneista kiinnitysreikä niin, että akseli on yhdensuuntainen mittaus suunnan kanssa. Mittalaitteen asentaminen kulmassa aiheuttaa mittausvirhettä.
- Laser Hologagea kiinnittäessäsi älä purista vartta liian tiukalle. Varren ylikiristäminen saattaa heikentää karan liukumista.
- Jos mittaus suoritetaan Laser Hologagen liikuessa, niin asenna se niin, että kaapeli ei ole rasituksessa, eikä mittalaitteen päähän kohdistu tarpeeton voimaa.

Näyttöyksikkö

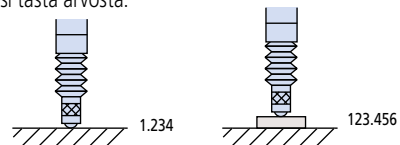
Nolla-asetus

Näyttöarvo voidaan asettaa nolaksi (0), missä tahansa karan asemassa.



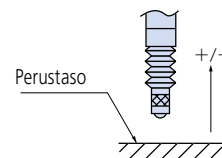
Esiasetus

Mikä tahansa numeerinen arvo voidaan asettaa näyttöyksikköön laskennan aloittamiseksi tästä arvosta.



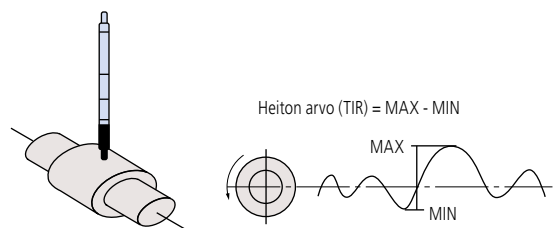
Suunnan vaihto

Mittalaitteen karan mittaus suunnan voidaan asettaa joko plus- (+) tai miinus suuntaiseksi (-) tietyistä luvusta alkaen.



MAX, MIN, TIR -asetukset

Näyttöyksikkö voi mittauksen aikana säilyttää maksimi- (MAX) ja minimi- (MIN) arvot, sekä MAX - MIN arvot.



Toleranssiasetus

Eri näyttölaitteille voidaan asettaa toleranssirajoja osoittamaan automaattisesti, onko mittaus näissä rajoissa.

Avoin kollektorilähtö

Ulkoista kuormaa, kuten relettä tai logiikkapiiriä, voidaan ajaa sisäisen transistorin kollektorilähdöllä, jota ohjaa toleranssin arviointitulokset, jne.

Relelähtö

Kontaktisignaali, joka on auki/kiinni-tilan lähtö.

RS-422

Standardi, kaksisuuntainen, nollaviitesignaaleilla tai ilman. Mitutoyo RS422 -lineariasteikot sisältävät digitointielektronikan (suorakulma-aaltolähtösignaalin).
Virtalähde 5VDC

Digimatic-koodi

Tietoliikenneprotokolla mittausvälineiden lähtöjen kytkemiseen erilaisiin Mitutoyon tietojenkäsittely-yksiköihin. Tämä mahdollistaa lähdön kytkemisen Digimatic Mini Prosessori DP-1VR -laitteeseen erilaisten tilastollisten laskelmien suorittamiseksi ja histogrammien luomiseksi, jne.

BCD-lähtö

Järjestelmä datan lähettämiseksi binäärikoodatussa desimaalimuodossa.

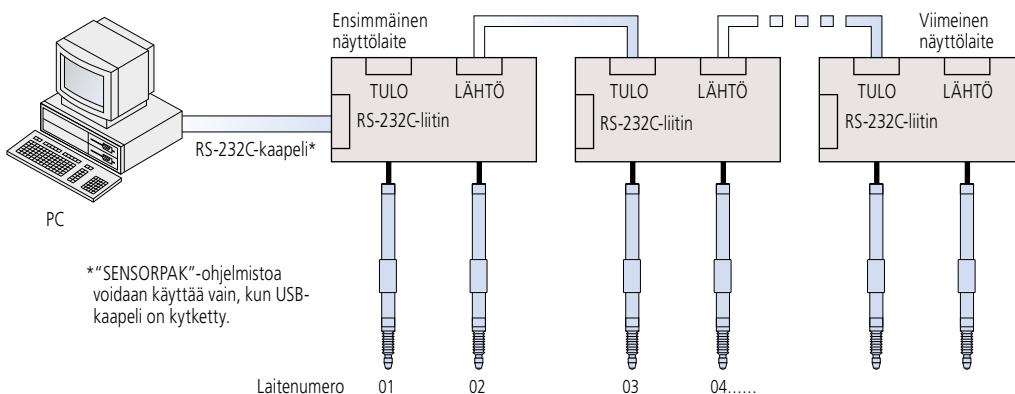
RS-232C

Sarjaliikenneliitäntä, jossa dataa voidaan lähettää kaksisuuntaisesti EIA-standardien mukaisesti.
Saadaksesi tietoja siirtomenettelystä, katso kunkin mittauslaitteen tekniset tiedot.

RS Link -toiminto Monipistemittauksia voidaan suorittaa kytkemällä useita EH- tai EV-laskureita RS-linkkikaapeilla.

RS-linkki EH-näyttölaitteelle

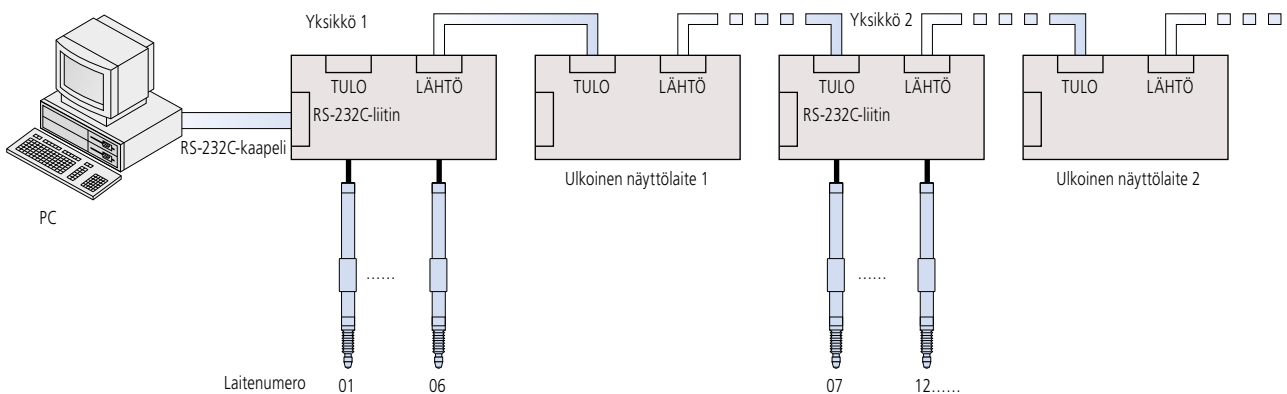
On mahdollista liittää enintään 10 näyttölaitteyksikköä ja käsitellä jopa 20 monipistemittauksen kanavaa kerrallaan.
Käytä tähän liitäntään erillistä RS Link -kaapelia **nro.02ADD950** (0,5 m), **nro.936937** (1 m) tai **nro.965014** (2 m).
(RS-linkkikaapelien sallittu kokonaispituus koko järjestelmässä on enintään 10 m.)



RS-linkki EV-näyttölaitteelle

On mahdollista liittää enintään 10* näyttölaitteyksikköä ja käsitellä jopa 60 monipistemittauksen kanavaa kerrallaan.
Käytä tähän vaihtoehtoon erillistä RS Link -kaapelia **nro.02ADD950** (0,5 m), **nro.936937** (1 m) tai **nro.965014** (2 m).
(RS-linkkikaapelien sallittu kokonaispituus koko järjestelmässä on enintään 10 m.)

*Kytettävien näyttölaitteyksiköiden enimmäismäärä on rajoitettu kuuteen (6), jos EH-näyttölaite on ketjussa mukana.



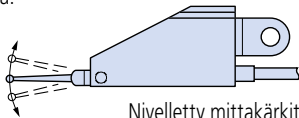
Elektroniset mikrometrit

Mittakärki

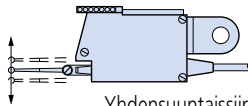
Anturi, joka muuntaa mittakärjen tai painimen kontaktipisteen liikkeen sähköiseksi signaaliksi.

Vipumittapäät

Vipumittapäitä on saatavilla kahta tyyppiä. Yleisin tyyppi käyttää kääntyvää mittakärkeä, jotta kosketuspiste liikkuu ympyrän kaarella; Tämä tyyppi altistuu kosinivirheelle ja siitä syystä mittaukset voivat vaatia lineaarisuuskorjauksen, jos mittaussuunta on huomattavasti erilainen, kuin liikkeen suunta kontaktipisteessä. Vähemmän yleinen tyyppi käyttää yhdensuuntaissiirtolaitteita, jotta kontaktipisteen liike on lineaarinen; Tämä tyyppi ei vaadi korjausta.



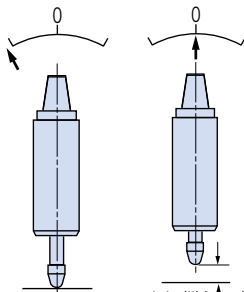
Nivelletty mittakärkityyppi
MLH-521 (mittaussyunta voidaan vaihtaa ylös/alas-vivulla)
MLH-522 (mittaussyunta ei ole vaihdettavissa)



Yhdensuuntaissiirtotyyppi
MLH-326 (mittaussyunta voidaan vaihtaa ylämittakellolla)

Esiliike

Etäisyys ensimmäisestä kosketuksesta siihen, että mittakello näyttää nolllukemaa.



Ensimmäinen kontakti.
Painin liikkuu, kunnes mittakellon lukema on nolla.

Mittausvoima

Voima, jonka mittakärki kohdistaa työkappaleeseen, kun mittakello rekisteröi nolllan. Se ilmaistaan Newtonina (N).

DIGIMATIC-koodi

Mitutoyo-mittauslaitteille määritetty datan esitysmuoto.

Avoin kollektorilähtö

Suora yhteys transistorin kollektoriin.

Relelähmä

Kontaktisignaali, joka on auki/kiinni-tilan lähtö.

Vertaileva mittaus

Mittausmenetelmä, jossa työkappaleen mittoja havaitaan mittaamalla työkappaleen ja sellaisen vertailukappaleen välisiä kokoeroja, joka edustaa työkappaleen nimellismittaa.

Tätä menetelmää käytetään yleensä silloin, kun vaadittu mitta-alue on suurempi kuin instrumentin mitta-alue.

Lineaarisuus

Kerroin mittakärjen antaman tuloksen ja mitatun etäisyyden väliselle suhteelle. Jos tämä ei pysy vakiona hyväksyttävissä rajoissa, niin korjaus on tarpeen.

Nollapiste

Referenssipiste vertailukappaleessa vertailumittauksessa.

Mitta-alue

Valittu mitta-alue määrittää saatavilla olevan resoluution. Pieni alue lisää tarkkuutta, ja päinvastoin. Analogiset Mu-checkerit tarjoavat useita alueita asteikon rajoitetun pituuden takia, kun taas digitaalisille versioille riittää vain kaksi.

Toleranssialue

Sähköiseen mikrometriin voidaan asettaa toleranssirajat, jotka antavat automaattisen arvion siitä, onko mitattu arvo toleranssien sisällä.



Lasermikrometrit

Yhteensopivuus

Lasermikrometri on säädetty yhdessä mittauslaitteen mukana toimitetun ID-yksikön kanssa. ID-yksikkö, jolla on sama koodinumero ja sama sarjanumero kuin mittausyksiköllä, on asennettu näyttöyksikköön. Tämä tarkoittaa sitä, että jos ID-yksikkö vaihdetaan, mittausyksikkö voidaan liittää toiseen, vastaavaan näyttöyksikköön.

Työkappale ja mittausolosuhteet

Riippuen siitä, onko laser näkyvä tai näkymätön, sekä työkappaleen muodosta ja pinnankarheudesta, voi aiheutua mittausvirheitä. Jos näin on, suorita kalibrointi vertailukappaleella, jonka mitat, muoto ja pinnankarheus vastaavat todellista, mitattavaa työkappaletta. Jos mittausarvoissa on suuri hajonta mittausolosuhteista johtuen, lisää keskiarvon laskennassa käytettävien skannausten määrää parantaaksesi mittaustarkkuutta.

Sähköiset häiriöt

Toiminnallisten virheiden välttämiseksi älä vedä lasermikrometrin liitäntä- ja relekaapeleita suurjännitejohtojen tai muiden sellaisten kaapelien rinnalle, jotka voivat indusoida kohinaa lähellä oleviin johtimiin. Maadoita kaikki asianmukaiset yksiköt ja kaapelien suojavaipat.

Tietokoneliitäntä

Toiminnallisten virheiden välttämiseksi älä vedä lasermikrometrin liitäntä- ja relekaapeleita suurjännitejohtojen tai muiden sellaisten kaapelien rinnalle, jotka voivat indusoida kohinaa lähellä oleviin johtimiin. Maadoita kaikki asianmukaiset yksiköt ja kaapelien suojavaipat.

Laserturvallisuus

Mitutoyo Laser Scan -mikrometrit käyttävät mittaukseen pienitehoista, näkyvää laseria. Laser on luokan 2 FI/IEC60825-1 (2007) laite. Varoitus- ja selitystarjoja, kuten kuvassa, on kiinnitetty lasermikrometreihin tarpeen mukaan.



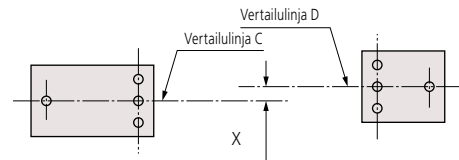
Uudelleen kokoaminen alustalta poistamisen jälkeen

Huomioi seuraavat rajoitukset, kun kokoat uudelleen lähetin- ja vastaanottoyksiköjä, minimoidaksesi mittausvirheet, jotka aiheutuvat laserin optisen akselin vinoutumisesta vastaanottoyksikköön nähden.

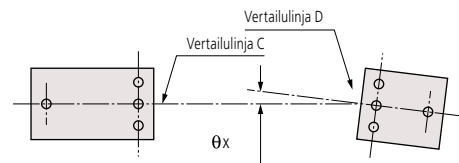
Kohdistus vaakatasossa

a. Yhdensuuntaisuuspoikkeama linjojen C ja D välillä:

X (sivusuunnassa)

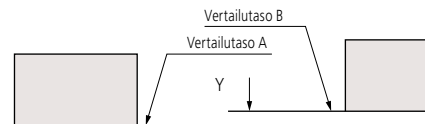


b. Linjojen C ja D välinen kulma: θ_x (kulma)

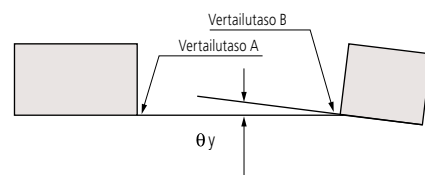


Kohdistus pystytasossa

c. Vertailutasojen A ja B välinen yhdensuuntaisuuspoikkeama: Y (korkeus)



d. Vertailutasojen A ja B välinen kulma: θ_y (kulma)



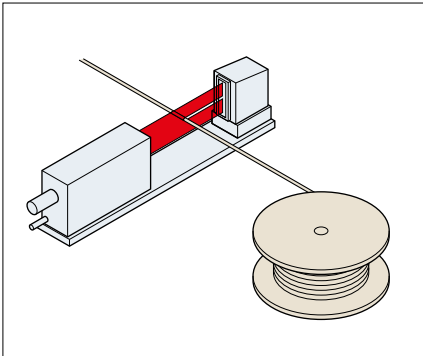
Optisen akselin kohdistusvirheen sallitut rajat

Malli	Lähetinyksikön ja vastaanottoyksikön etäisyys	X ja Y	θ_x ja θ_y
LSM-501S	68 mm (2,68") tai vähemmän	0,5 mm (0,02") sisällä	0,4° (7 mrad) sisällä
	100 mm (3,94") tai vähemmän	0,5 mm (0,02") sisällä	0,3° (5,2 mrad) sisällä
LSM-503S	130 mm (5,12") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,4° (7 mrad) sisällä
	350 mm (13,78") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,16° (2,8 mrad) sisällä
LSM-506S	273 mm (10,75") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,2 (3,5 mrad) sisällä
	700 mm (27,56") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,08° (1,4 mrad) sisällä
LSM-512S	321 mm (12,64") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,18° (3,6 mrad) sisällä
	700 mm (27,56") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,08° (1,4 mrad) sisällä
LSM-516S	800 mm (31,50") tai vähemmän	1 mm (0,04") sisällä	0,09° (1,6 mrad) sisällä

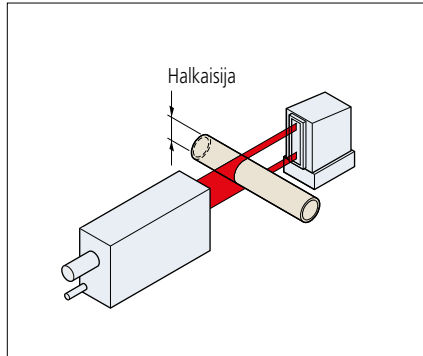
Lasermikrometrit

Mittausesimerkkejä

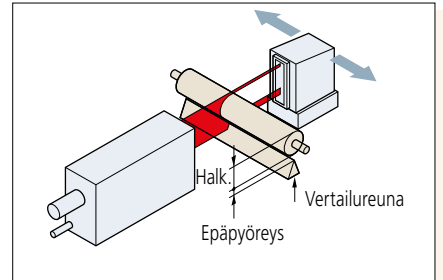
Lasikuidun tai ohuen langan halkaisijan on-line -mittaus



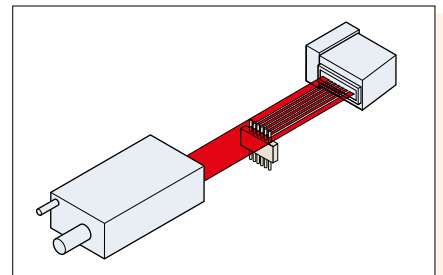
Sylinterin ulkohalkaisijan mittaus



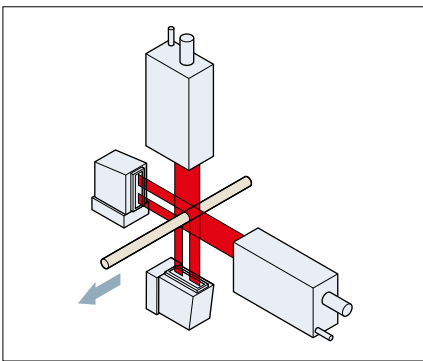
Ulkohalkaisijan ja sylinterin ympyrämuotoisuuden mittaus



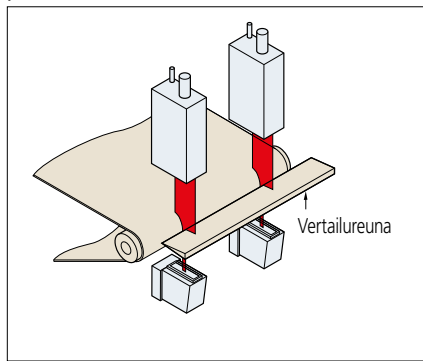
IC-piirin jalkojen välimatkan mittaus



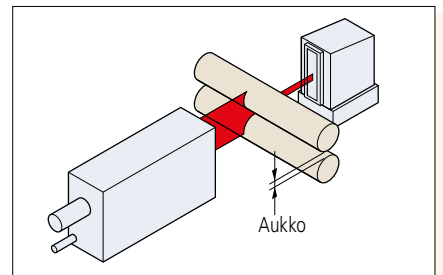
Sähkökaapeleiden ja kuitujen X- ja Y-akselin mittaus



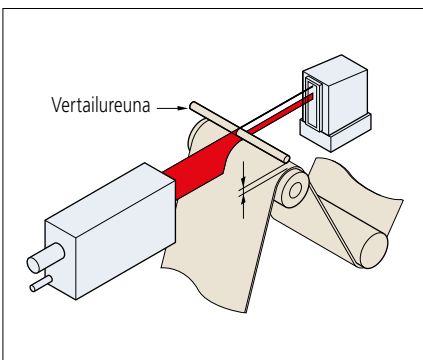
Kalvon ja levyn paksuuden mittaus



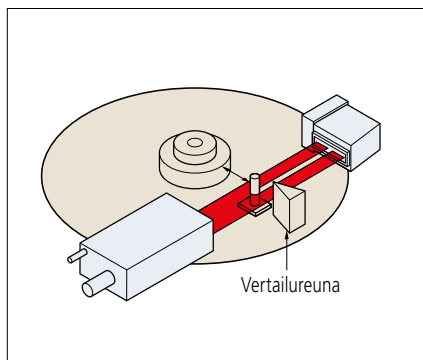
Rullien välisen raon mittaus



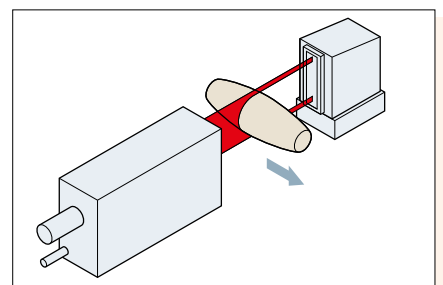
Kalvon paksuuden mittaus



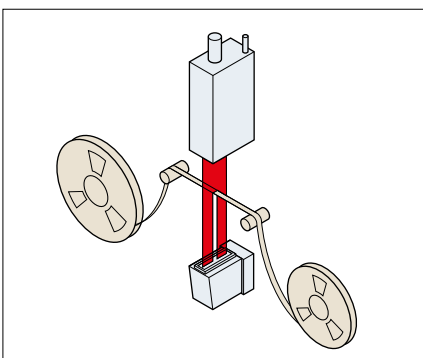
Laserlevyn ja magneettilevyn lukupään liikkeen mittaus



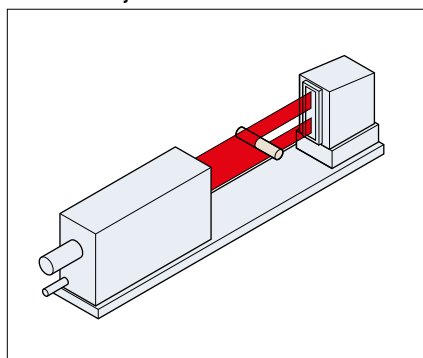
Muodon mittaus



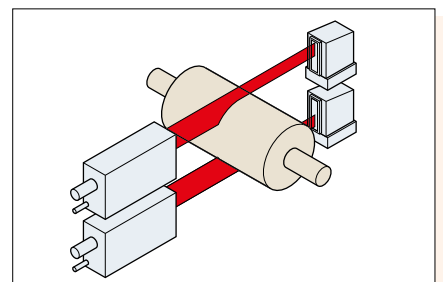
Nauhan leveyden mittaus



Optisen liittimen ja holkin ulkohalkaisijan mittaus



Kaksoismittausjärjestelmä suuren ulkohalkaisijan mittaukseen



Lineaariasteikot

Lineaariasteikkojen arviointitestit

1. Testaus käyttölämpötila-alueella

Vahvistaa, että käytönaikaisessa lämpötilasyklissä ei ole suorituskykypoikkeavuuksia, ja että datalähtö on standardin mukainen.

2. Lämpötilasykli (dynaamisten ominaisuuksien) -testi

Vahvistaa, että käytönaikaisessa lämpötilasyklissä ei ole suorituskykypoikkeavuuksia, ja että datalähtö on standardin mukainen.

3. Tärinäntestaus (sweep-testi)

Vahvistaa, että laitteessa ei ilmene suorituskykypoikkeavuuksia, kun se on alltiina tärinälle, jonka taajuus vaihtelee välillä 30 Hz - 300 Hz ja joissa suurin kiihtyvyyden on $3g_n$.

4. Tärinäntestaus (kiihtyvyydesti)

Vahvistaa, että ei ilmene suorituskykypoikkeavuuksia laitteen altistuessa tärinälle tietyllä ei-resonanssitaajuudella.

5. Kohinatesti

Melutesti on läpäisty EMC-direktiivin EN61326-1+A1:1998 vaatimusten mukaisesti.

6. Pakkauksen pudotustesti

Tämä testi on standardin JISZ0200 (Raskaan materiaalin pudotustesti) mukainen

Sanasto

■ Absolute-järjestelmä

Sijainnin arvo on saatavilla lineaariasteikolta heti päälle kytkemisen yhteydessä, ja laitteen elektroniikka voi kutsua sitä milloin tahansa. Ei ole tarvetta siirtää akselia referenssipisteen löytämiseksi.

■ Inkrementaalinen järjestelmä

Sijainnin arvo saadaan laskemalla yksittäiset inkrementit (mittausaskeleet) jostakin alkupisteestä. Lineaariasteikot on varustettu lisäkiskolla, joka sisältää viitemerkin.

Referenssipiste on siksi skannattava absoluuttisen viittauksen muodostamiseksi tai viimeksi valitun peruskohdan löytämiseksi.

■ Inkrementaalisen etäisyyden koodausviiteimerkit.

Useita referenssimerkkejä, jotka on erikseen sijoitettu matemaattisen algoritmin mukaisesti.

Sekvenssielektroniikka (nc) löytää muutaman millimetrin siirtymisen jälkeen absoluuttisen referenssin kahdesta peräkkäisestä viiteimerkistä. Siirtoetäisyys (kaapeli) jopa 30 metriä.

■ Nollapisteen siirto

Toiminto, joka mahdollistaa koordinaatiston nollapisteen siirtämisen toiseen pisteeseen, joka poikkeaa alkuperäisestä, kiinteästä nollapisteestä. Jotta tämä toiminto toimisi, järjestelmä tarvitsee pysyvästi säilytettävän nollapisteen.

■ Nollapisteen palauttaminen

Toiminto, joka pysäyttää jokaisen koneen akselin tarkasti koneelle ominaiseen paikkaan hidastaen niitä integroitujen rajakytkimien avulla.

■ Sekvenssiohjaus

Ohjaustyypin, joka suorittaa perättäin ohjausvaiheita ennaltamäärätyssä järjestyksessä.

■ Numeerinen ohjaus

Eräs tapa ohjata koneen liikkeitä tietokoneen avulla tuotetuilla ja toteutetuilla, koodatuilla komennoilla (CNC). Sekvenssi komentoja muodostaa tyypillisesti "osaohjelman", joka ohjaa konetta suorittamaan täydellisen toimenpiteen työkappaleelle.

■ Binäärilähtö

Viittaa binäärimuotoiseen lähtödataan (ykkösiä ja nollia), jotka edustavat numeroita kahden potenssina.

■ RS-232C

Liitäntästandardi, joka käyttää asynkronista, sarjamuotoista tiedonsiirtoa tasapainottamattomalla tiedonsiirtolinjalla suhteellisen lähellä toisiaan olevien lähettimien välillä. Se on menetelmä, jota käytetään pääasiassa oheislaitteiden liittämiseen PC:hen.

■ BCD

Notaatio desimaaliluvun kunkin numeron 0-9 ilmaisemiseen nelibittisenä jaksona. Tiedonsiirto on yksisuuntaista TTL:n tai avoimen kollektoriin avulla.

■ Inkrementaalinen lähtösignaali

Mitutoyon lineaariset asteikot tarjoavat differentiaalisen neliöaalto-signaalin (RS422). Siirtoetäisyys (kaapeli) 30 metriin saakka. Virtälähde 5 VDC

■ Virtälähde 5VDC.

Inkrementaalisiin signaaliin 1Vpp.

Mitutoyon lineaariasteikot sinimuotoisella 1Vpp:llä tuottavat jännitesignaaleja, joita voidaan interpoloida pitkälle. Pitkän tiedonsiirtoetäisyys (kaapeli), 150 metriin saakka

■ Tarkkuus

Asteikon tarkkuusmäärittely annetaan suurimpana odotettavissa olevana virheenä ilmaistun ja todellisen pisteen välillä missä tahansa pisteessä, joka on kyseisen asteikon alueella, lämpötilassa 20 °C. Koska asteikkoyksiköille ei ole olemassa kansainvälistä standardia, kullakin valmistajalla on oma tapansa määrittää tarkkuus. Luettelossamme annetut tarkkuusarvot on määritetty laserinterferometrialla.

■ Kapean vaihteluvälin tarkkuus

Asteikon asteikkomerkinnyt yleensä käyttävät 20 µm jakoa, vaikkakin se vaihtelee asteikkotyypin mukaan. Kapean alueen tarkkuus viittaa tarkkuuteen, joka on määritetty mittaamalla yksi väli kustakin hilasta resoluution rajalla (esim. 1 µm).

Lineaariasteikot

Sanasto

■ ABS-liitännät

DRIVE-CLiQ Siemens-FANUC -sarjaliitäntä - Mitsubishiin nopea liitäntä - ja Panasonic-sarjaliitäntä.

ABS-rajapinnat ovat digitaalisia, kaksisuuntaisia rajapintoja lineaariasteikoille. Se pystyy sekä lähettämään asema-arvot että lähettämään tai päivittämään lineaariasteikoille tallennetut tiedot. Sarjamuotoisen tiedonsiirron ansiosta tarvitaan vain neljä signaalilinjaa.

■ Kenttäväylä

Kenttäväylä on täysin digitaalinen, sarjamuotoinen kaksisuuntainen tietoliikennejärjestelmä, joita käytetään kaikissa teollisuusautomaation pohjatasen verkoissa.

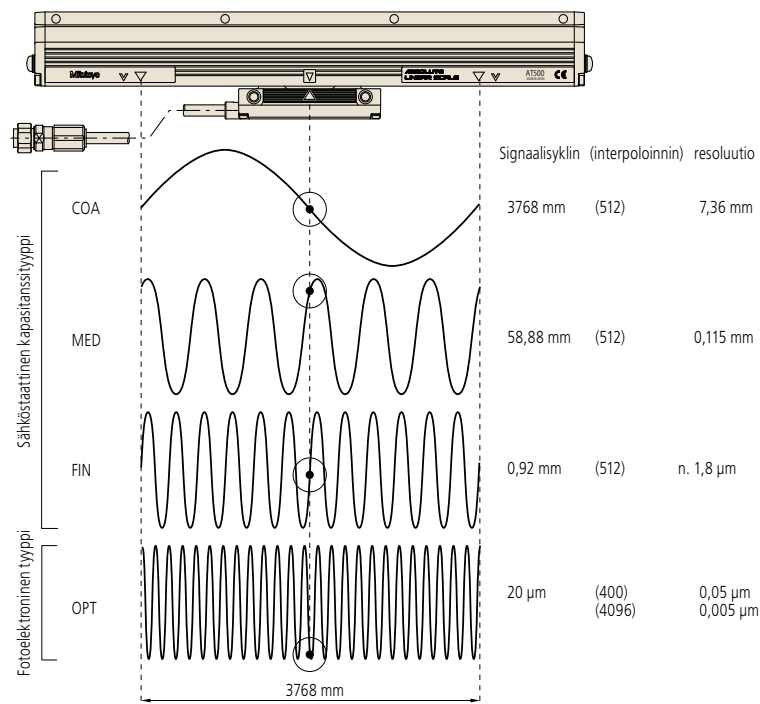
Tyypillinen käyttö on yhdistää pyörivä enkooderi ja lineaariasteikot teollisuus-PC:hen.

■ Resoluutio

Sinimuotoinen signaali ja hilaväli TTL-interpoloimalla. Esimerkiksi 20 µm lineaariasteikon hilaväli: 5 digitointiyksiköllä PSU200: 4 NC = 1 µm -resoluutiolla!

Absolute-lineaariasteikon periaate (esimerkki: AT300, 500-S/H)

Kun lineaariasteikolle kytketään virta, luetaan kolmen kapasitanssityyppisen aliasteikon (COA=karkea, MED=keskitaso ja FIN=hieno) ja yhden valosähköisen aliasteikon (OPT=optinen) asemalukemat. Nämä aliasteikot käyttävät sellaisia välien yhdistelmiä ja ne on sijoitettu siten toistensa suhteen, että lukemat missä tahansa asennossa muodostavat yksikäsitteisen joukon, ja mahdollistavat mikroprosessorille lukupään paikan laskemisen asteikolla 0,05 µm (0,005 µm) tarkkuudella.

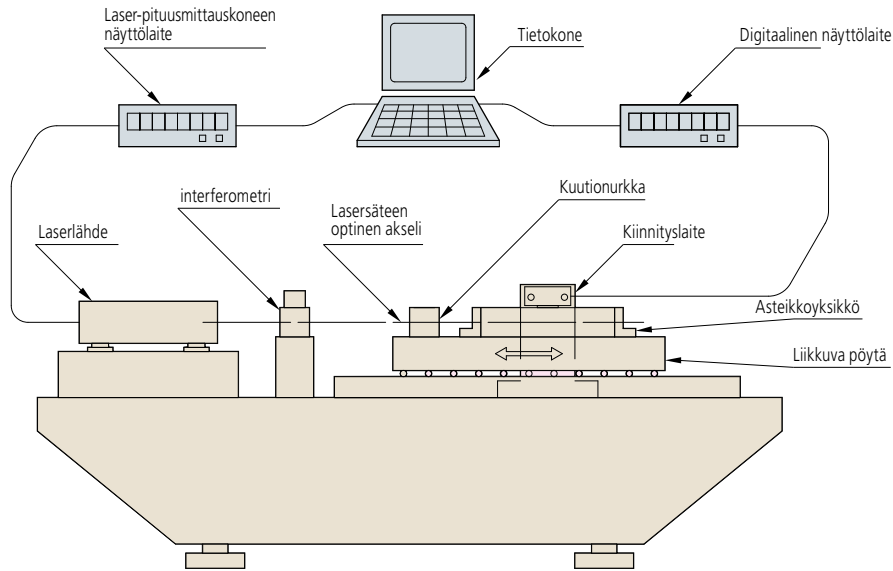


Lineaariasteikon tarkkuuden määrittäminen

Aseman ilmaisutarkkuus

Lineaariasteikon tarkkuus määritetään vertaamalla lineaariasteikon antamaa paikka-arvoa vastaavaan laserpituusmittauskoneen antamaan arvoon säännöllisin väliajoin käyttäen tarkkuuden tarkastusjärjestelmää, kuten alla olevassa kuvassa on esitetty. Koska tarkastusympäristön lämpötila on 20 °C, asteikon tarkkuus on voimassa vain tässä lämpötilassa. Muita tarkastuslämpötiloja voidaan käyttää sisäisten standardien noudattamiseksi.

Katsaus tarkkuuden valvontajärjestelmään



Asteikon tarkkuus kussakin pisteessä määritellään virhearvona, joka lasketaan käyttäen seuraavaa kaavaa:

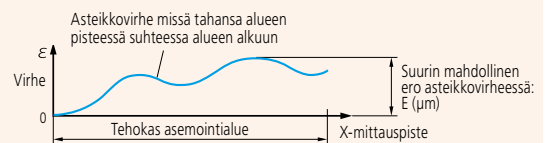
Virhe = Lineaariasteikon ilmaisema arvo - vastaava arvo laservalvontajärjestelmässä

Kuvaajaa, jossa on esitetty virhe kussakin tehokkaan paikannusalueen pisteessä, kutsutaan tarkkuuskaavioksi. Olemassa kaksi tapaa ilmaista asteikon tarkkuus, tasapainottamaton ja tasapainotettu, kuten alla on kuvattu.

(1) Tasapainottamattoman tarkkuuden määrittäminen - suurin miinus pienin virhe

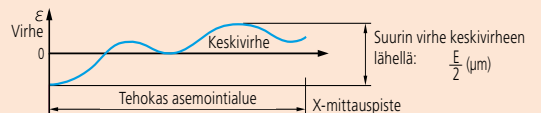
Tämä menetelmä yksinkertaisesti laskee suurin miinus pienin virhe tarkkuuskuvaajassa, kuten alla on esitetty. Se on muotoa: $E = (\alpha + \beta L) \mu\text{m}$. L on tehokas mittausalue (mm), ja α sekä β ovat tekijöitä, jotka on määritetty kullekin mallille.

Esimerkiksi, jos tietyn tyyppiselle asteikolle on määritetty tarkkuus $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$ ja tehokas mittausalue 1000 mm, E on 6 μm .



(2) Tasapainotetun tarkkuuden määrittäminen - plus ja miinus -poikkeamat keskivirheestä

Tämä menetelmä määrittää suurimman virheen suhteessa tarkkuuskuvaajan keskivirheeseen. Se on muotoa: $e = \pm \frac{E}{2} (\mu\text{m})$. Tätä käytetään pääasiassa erillistyyppisten (jälkiasennus) asteikkojen teknisissä tiedoissa.



Lineaariasteikko havaitsee siirtymän asteikon vakiojakoon perustuen. Kaksivaihe-siniaaltosignaali, jolla on sama nousu kuin asteikoilla, saadaan havaitsemalla asteikkoja. Interpoloimalla näitä signaaleja elektronisen piirin avulla on mahdollista lukea asteikkoa pienempiä arvoja muodostamalla pulssisignaaleja, jotka vastaavat haluttua resoluutiota. Esimerkiksi jos asteikon nousu on 20 μm , interpoloidut arvot voivat tuottaa 1 μm erotuskyvyn.

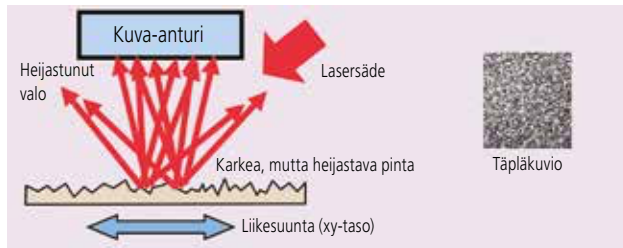
Tämän käsittely ei ole virheetön, ja sen tarkkuutta kutsutaan interpolointitarkkuudeksi. Lineaariasteikon yleinen paikkasidonnainen tarkkuus riippuu sekä asteikkojen välin virheestä että interpolointitarkkuudesta.

Lineaariasteikot

Kuvakorrelaatio ja MICSYS-kaksiulotteinen enkooderi

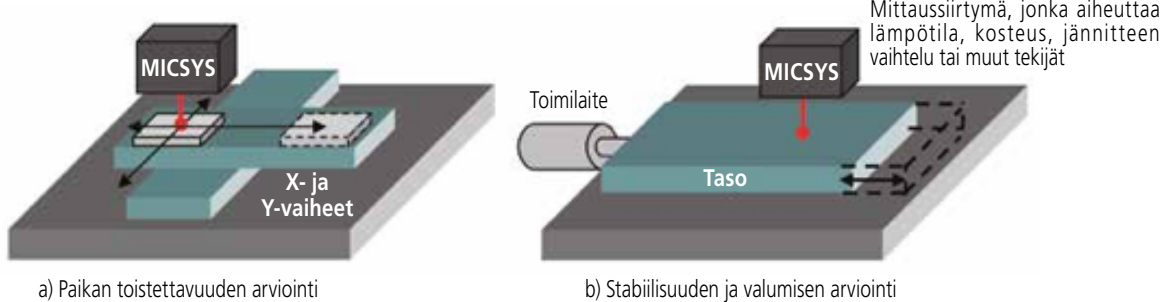
Mittausperiaatte

Kun karkeapintaista esinettä säteilytetään lasersäteellä, pinnasta heijastunut koherentin valon sironta luo näkyvän interferenssikuvion, täpläkuvion. Kun kohde liikkuu xy-tasossa, kuviomalli liikkuu myös vasteena. Kohteen siirtymä voidaan laskea kuvien korreloinnin kautta vertaamalla täpläkuvia, jotka on otettu ennen ja jälkeen liikkeen. Tätä periaatetta käytetään erittäin tarkassa MICSYS-mittausjärjestelmässä.

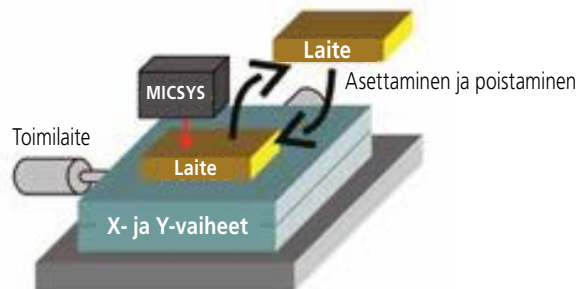


Sovellus

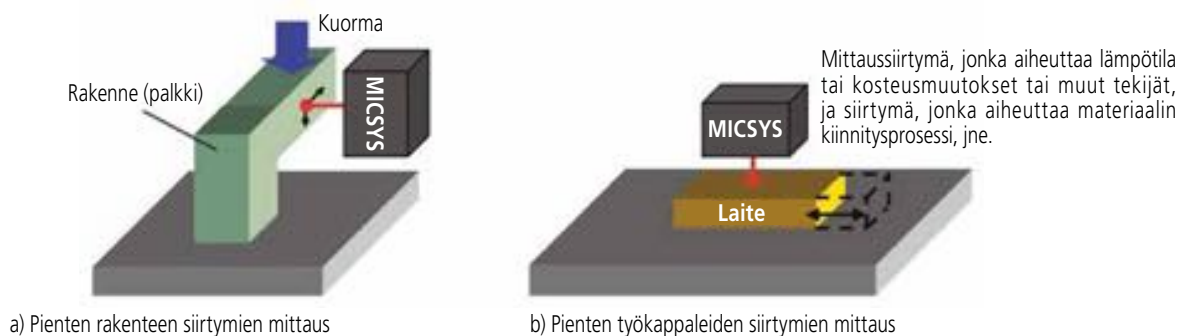
1. Laitteiden ja tarkastusjärjestelmien valmistusvaiheiden arviointi



2. Erittäin tarkka työkalupaleiden paikoitus



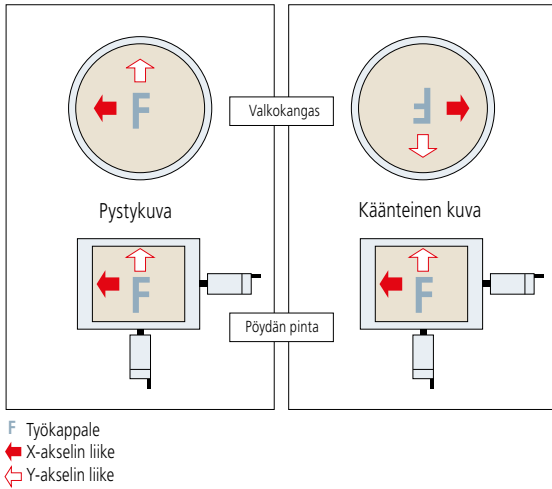
3. Pienten siirtymien mittaus



Profiiliprojektorit

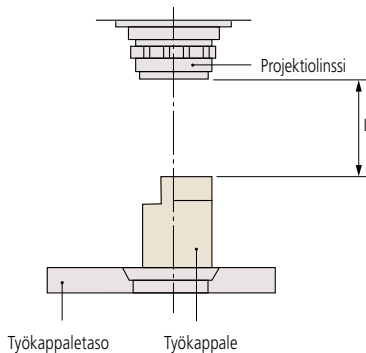
Pystykuva ja käännetty kuva

Näytölle projisoitu kohteen kuva on pystyssä, jos sen suunta on sama, kuin tasolla olevan kohteen. Jos kuva on alustalla olevaan kohteeseen verrattuna käänteinen, yläpuoli alas, vasemmalta oikealle sekä liikesuunnan suhteen (kuten kuviossa on esitetty alla), sitä kutsutaan käännetyksi kuvaksi (tunnetaan myös nimellä käänteinen kuva, joka on luultavasti tarkempi ilmaus).



Työskentelyetäisyys

Viittaa etäisyyteen projisointilinsin pinnasta fokuksessa olevaan työkappaleen pintaan. Sitä edustaa L alla olevassa kaaviossa.



Suurennustarkkuus

Projektorin suurennustarkkuus tiettyä linssiä käytettäessä määritetään projisoimalla viiteobjektin kuva ja vertaamalla kuvan näytöltä mitattavaa kokoa sen odotettuun kokoon (laskettu linssin merkitystä suurennuksesta), josta saadaan suurennusprosentin tarkkuusluku, kuten alla on esitetty. Viiteobjekti on usein pieni, merkiviivoilla varustettu lasiasteikko, jota kutsutaan nimellä 'pöytämikrometri' tai 'standardiasteikko'. Sen heijastettu kuva mitataan suuremmalla lasiasteikolla, jota kutsutaan nimellä 'lukuasteikko'. (Huomaa, että suurennustarkkuus ei ole sama kuin mitaustarkkuus.)

$$\Delta M(\%) = \frac{L - \ell M}{\ell M} \times 100$$

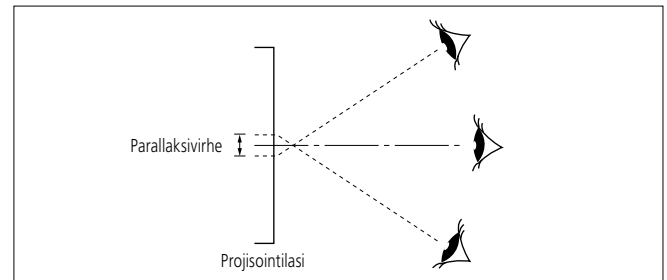
$\Delta M(\%)$: Suurennustarkkuus ilmaistuna prosentteina linssin suurennuksen nimellisarvosta
 L: Ruudulla mitattu viiteobjektin heijastetun kuvan pituus
 ℓ : Viiteobjektin pituus
 M: Projisointilinsin suurennus

Valaistustyyppi

- Muodon valaistus: valaistusmenetelmä työkappaleen tarkkailemiseksi valoa vasten. Sitä käytetään pääasiassa työkappaleen suurennettun ääriivikuvan mittaamiseen.
- Koaksiaalinen pintavalistus: valaistusmenetelmä, jossa työkappale valaistaan koaksiaalisesti pinnan havainnoimiseksi tai mittaamiseksi. (Tarvitaan puoli-peili tai projisointilinsi, jossa on sisäänrakennettu puoli-peili.)
- Vinoa pinnan valaistus: Valaisumenetelmä työkappaleen pinnan vinoon valaisemiseen. Tämä menetelmä antaa parempikontrastisen kuvan, jolloin voidaan havaita kolmiulotteisesti ja selkeämmin. Huomaa kuitenkin, että tällä valaistusmenetelmällä usein syntyy virheitä dimensionaalissa mittauksessa. (PJ-H30-sarjan malleja toimitetaan vinoilla peileillä.)

Parallaksivirhe

Tämä on objektin siirtyä kiinteää taustaa vasten. Sen aiheuttaa havaitsijan sijainnin muutos ja kohteen ja taustan tasojen rajallinen erotus.



Näkökentän halkaisija

Suurin työkappaleen halkaisija, joka voidaan projisoida tietyllä linssillä.

$$\text{Näkökentän halkaisija (mm)} = \frac{\text{Näytön halkaisija profiiliprojektorissa}}{\text{Käytetyn projisointilinsin suurennus}}$$

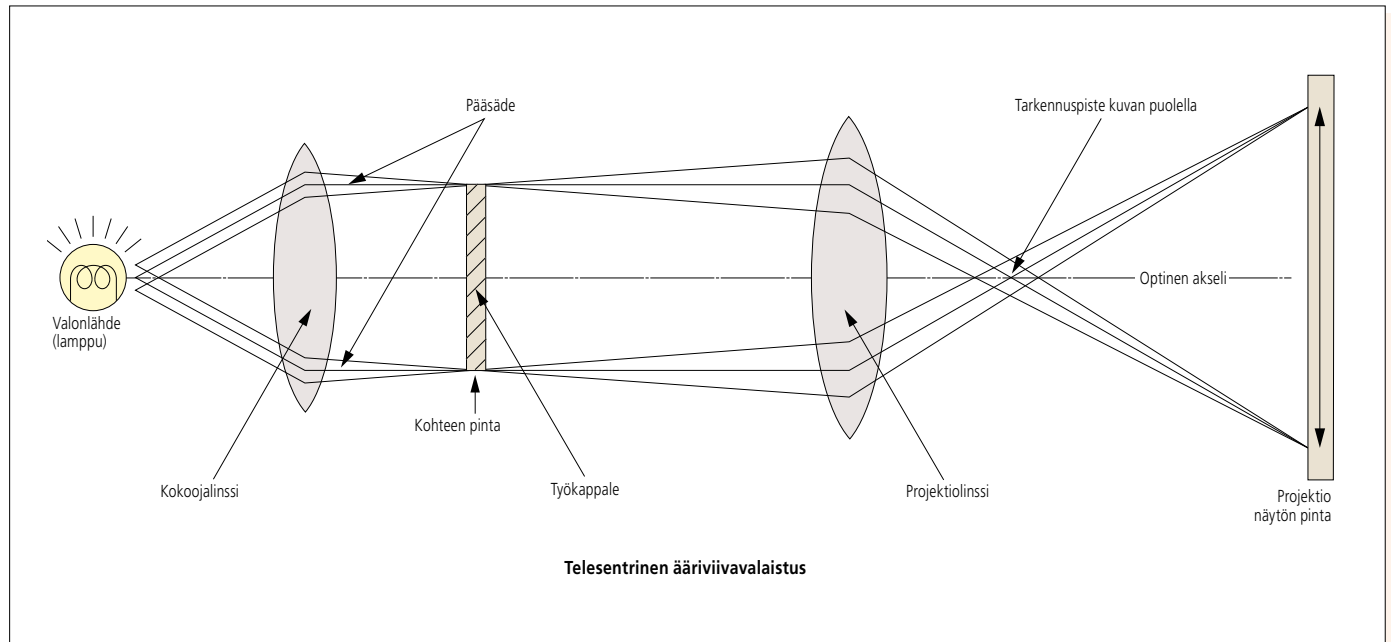
Esimerkki: Jos käytetään 5X linssiä projektorissa, jonka näytön \varnothing 500 mm:
 Näkökentän halkaisija saadaan $\frac{500 \text{ mm}}{5} = 100 \text{ mm}$

Profiiliprojektorit

Telesentrinen optinen järjestelmä

Optinen järjestelmä perustuu siihen periaatteeseen, että pääsäde kohdistetaan samansuuntaiseksi optisen akselin kanssa asettamalla himmennin polttopisteen kuvan puolelle. Sen toiminnallinen ominaisuus on, että kuvan koko ei vaihtele, vaikka kuva samenee, kun esinettä siirretään optista akselia pitkin.

Mittausprojektorilla ja mittausmikroskoopeilla saavutetaan samanlainen vaikutus sijoittamalla valonlähde kokoojalinssin polttopisteeseen himmentimen sijaan, jotta kohdetta valaisevat samansuuntaiset säteet. (Katso alla oleva kuva.)



Mikroskoopit

Numeerinen aukko (NA)

NA-luku on tärkeä, koska se osoittaa objektiivin erotuskykyyn. Mitä suurempi NA-arvo, sitä tarkempia yksityiskohtia voidaan nähdä. Linssi, jolla on suurempi NA kerää myös enemmän valoa ja yleensä antaa kirkkaamman kuvan, jossa on kapeampi terävyysalue kuin sellainen, jolla on pienempi NA-arvo.

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

Kaavasta käy ilmi, että NA riippuu n:stä, väliaineen taitekertoimesta, joka vallitsee objektiivin etupuolen ja näytteen välissä (ilmalle $n = 1,0$), ja kulmasta θ , joka on puolikulma linssiin tulevan valokartion maksimikulmasta.

Erotuskyky (R)

Pienin havaittavissa oleva etäisyys kahden kuvapisteen välillä tarkoittaa resoluution rajaa. Erotuskykyyn (R) määrittävät numeerinen aukko (NA) ja valaistuksen aallonpituus (λ).

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} \quad (\mu\text{m})$$

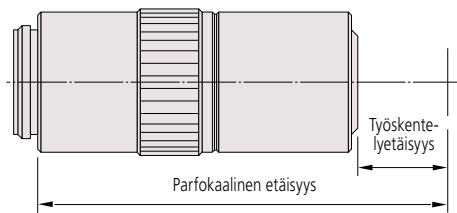
$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ on usein käytetty referenssiaallonpituus

Työskentelyetäisyys (WD)

Mikroskoopin objektiivin ja työkappaleen pinnan välinen etäisyys, jossa saadaan terävin tarkennus.

Parfokaalinen etäisyys

Mikroskoopiin objektiivin asennuspinnan ja työkappaleen pinnan välinen etäisyys, jossa saadaan terävin tarkennus. Samaan revolveriin yhdessä asetetuilla objektiivilinsseillä pitäisi olla sama parfokaalinen etäisyys niin, että kun toinen objektiivi otetaan käyttöön, on tarvittava uudelleentarkennus mahdollisimman pieni.

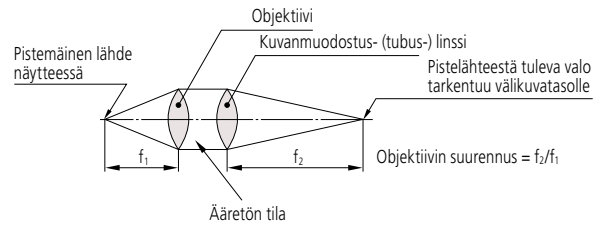


Polttopiste

Kokoojalinssin optisen akselin kanssa yhdensuuntaisesti kulkevat ja sen järjestelmän läpäisevät valonsäteet konvergoivat (tai tarkentuvat) akselin pisteeseen, jota sanotaan etupolttopisteeksi tai kuvan polttopisteeksi.

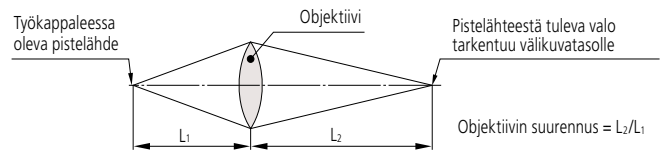
Ääretön optinen järjestelmä

Optinen järjestelmä, jossa objektiivi muodostaa kuvan äärettömyyteen ja putkilinssi on sijoitettu objektiivin ja okulaarin väliseen runkoputkeen tuottamaan välikuvan. Kuljettuaan objektiivin läpi valo oleellisesti kulkee putkilinssiin suuntaan kohtisuorassa optisen akselin kanssa, jota vaihtoa nimitetään 'äärettömäksi tilaksi', jonka alueelle voidaan sijoittaa lisälaitteita, kuten differentiaalisia interferenssikontrasti (DIC) -prismoja, polarisaatio-suodattimia, jne., niin, että ne vaikuttavat tarkennukseen ja aberratiokorjaukseen erittäin vähän.



Äärellinen optinen järjestelmä

Optinen järjestelmä, joka käyttää objektiivia muodostaakseen välikuvan äärelliseen asemaan. Työkappaleesta objektiivin läpi kulkeva valo on suunnattu kohti välissä olevaa kuvatasoa (sijaitsee okulaarin etummaisessa polttotasossa okulaarin), ja se suppenee tässä tasossa.



Polttoväli (f)

yksikkö: mm

Etäisyys peruspisteestä objektiivin polttopisteeseen: Jos f_1 on objektiivin polttoväli ja f_2 on kuvanmuodostus(putki)linssin polttoväli, niin suurennus on näiden kahden välinen suhde. (Äärettömän korjauksen optisen järjestelmän tapauksessa.)

$$\text{Objektiivin suurennus} = \frac{\text{Kuvan muodostavan linssin polttoväli}}{\text{objektiivin polttoväli}}$$

Esimerkki: $1X = \frac{200}{200}$ Esimerkki: $10X = \frac{200}{20}$

Syvyysterävyysalue (DOF)

yksikkö: mm

Tunnetaan myös nimellä 'terävyysalue'. Tämä on etäisyys (optisen akselin suunnassa mitattuna) niiden kahden tason välillä, jotka määrittelevät rajat hyväksyttävälle kuvan terävyydelle, kun mikroskooppi on tarkennettu kohteeseen. Kun numeerinen aukko (NA) kasvaa, syvyysterävyysalue pienenee, kuten on esitetty lausekeessa alla:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2} \quad \lambda = 0,55 \mu\text{m on usein käytetty referenssiaallonpituus}$$

Esimerkki: **M Plan Apo 100X** -linssille (NA=0,7)

Fokuksen syvyys tälle objektiiville on

$$\frac{0,55 \mu\text{m}}{2 \times 0,7^2} = 0,6 \mu\text{m}$$

Kirkaskenttävalaistus ja tumman kentän valaistus

Kirkaskenttävalaistuksessa objektiivi fokusoi koko valokeilan näytteen pinnalle. Tämä on normaali katselutila optisella mikroskoopilla. Tumman kentän valaistuksessa, valokeilan sisempi alue on estetty siten, että pinta valaistetaan vain vinosta kulmasta. Tumman kentän valaistus on hyvä naarmujen ja likaantumisen havaitsemiseksi.

Apokromaattinen objektiivi ja akromaattinen objektiivi

Apokromaattinen objektiivi on linssi, joka on korjattu väripoikkeamaa (värisumentumista) vastaan kolmessa värissä (punainen, sininen, keltainen). Akromaattinen objektiivi on linssi, joka on korjattu kromaattista aberratiota vastaan kahdessa värissä (punainen, sininen).

Suurennus

Optisen järjestelmän kohteesta muodostaman suurennetun kuvan koon suhde kohteen kokoon. Suurennus viittaa yleensä sivuttaiseen suurennukseen, vaikka se voi tarkoittaa sivuttaista, pystysuoraa tai kulmasuurennusta.

Pääsäde

Säde, joka on lähtenyt kohdepisteestä optisen akselin ulkopuolelta ja kulkee linssijärjestelmän aukkosulkimen keskipisteen läpi.

Himmennin

Säädettävä, pyöreä aukko, joka säätelee linssijärjestelmän läpi kulkevaa valon määrää. Sitä kutsutaan myös aukoksi, ja sen koko vaikuttaa kuvan kirkkauteen ja terävyysalueeseen.

Kentän rajaus

Rajain, joka säätelee optisen instrumentin näkökenttää.

Telesentrinen järjestelmä

Optinen järjestelmä, jossa valonsäteet ovat yhdensuuntaisia objektin ja/tai kuvatilin optisen akselin kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että suurennus on lähes vakio laajalla työetäisyydellä, joka lähes eliminoi perspektiivivirheen.

Pystykuva

Kuva, jossa vasemmalle-, oikealle-, ylös-, alas- ja liikesuunnat ovat samat, kuin työkappaleella työtasolla.

Kentän numero (FN), todellinen näkökenttä, ja monitorinäytön suurennus

yksikkö: mm

Näytteen pinnan havaintoalueen määrittää okulaarin kentän rajauksen läpimitta. Tämän läpimitan millimetriarvoa kutsutaan kenttänumeroksi (FN). Sitä vastoin todellinen näkökenttä on alue työkappaleen pinnalla, kun se on suurennettu ja sitä havaitaan objektiivilinssillä.

Todellinen näkökenttä voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

(1) Työkappaleen alue, joka voidaan havaita mikroskoopilla (halkaisija)

$$\text{Todellinen näkökenttä} = \frac{\text{Okulaarin FN}}{\text{Objektiivin suurennus}}$$

$$\begin{aligned} \text{Esimerkki: Todellinen näkökenttä 1X linssillä on } 24 &= \frac{24}{1} \\ \text{Todellinen näkökenttä 10X linssillä on } 2,4 &= \frac{24}{10} \end{aligned}$$

(2) Näytön havaintoalue

$$\text{Monitorin havaintoalue} = \frac{\text{Kameran kuva-anturin koko (lävistäjän pituus)}}{\text{Objektiivin suurennus}}$$

Kuva-anturin koko

Muoto	Diagonaalimitta	Pituus	Korkeus
0,847 cm / 1/3"	6,0	4,8	3,6
1,270 cm / 1/2"	8,0	6,4	4,8
1,693 cm / 2/3"	11,0	8,8	6,6

(3) Monitorinäytön suurennus

Monitorinäytön suurennus =

$$\text{Objektiivilinssin suurennus} \times \frac{\text{Näytön diagonaalimitta monitorissa}}{\text{Kameran kuva-anturin diagonaalinen pituus}}$$

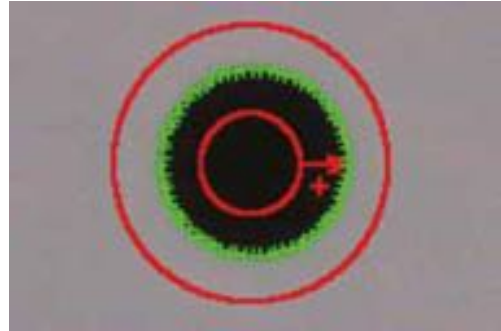
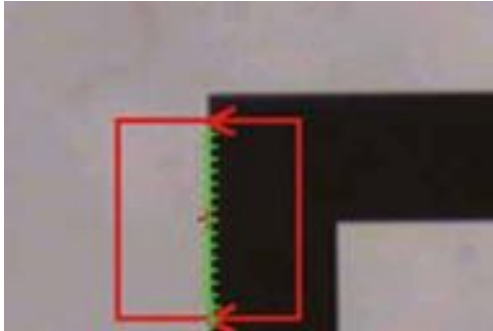
Videomittauskoneet

Videomittaus

Videomittauskoneet tarjoavat mm. seuraavia toimintoja.

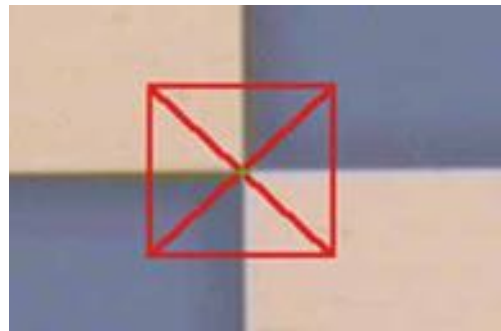
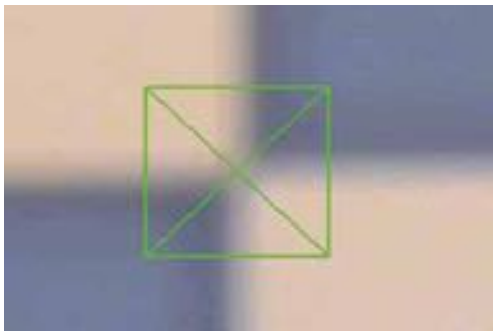
■ Reunan havaitseminen

Havaitaan/mitataan reunat XY-tasossa



■ Automaattitarkennus

Tarkennus ja Z-mittaus

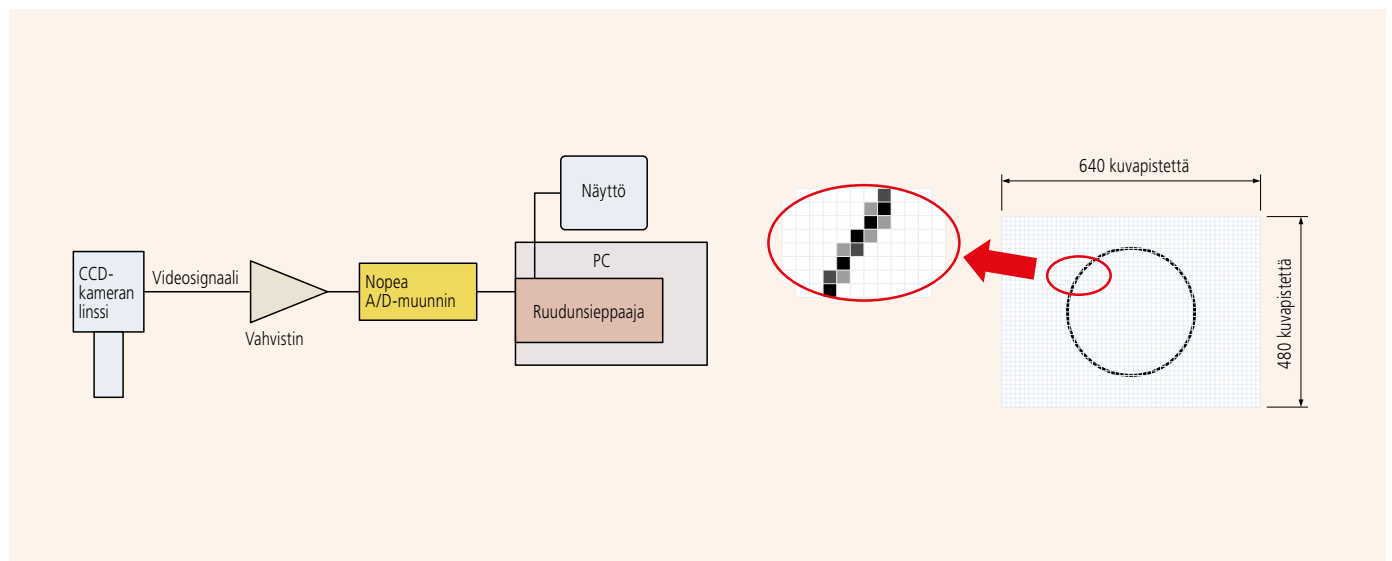


■ Hahmontunnistus

Kohdistus, paikannus ja tarkastus

Kuvan tallennus

Kuva muodostuu säännöllisestä pikselimatriisista. Tämä on aivan kuin kuva hienopiirturipaperilla, jokainen neliön täytetty eri tavalla.



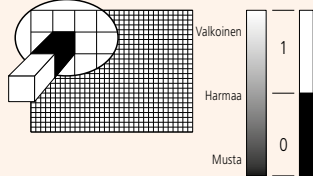
Videomittauskoneet

Harmaasävyarvot

PC tallentaa kuvan muunnettuaan sen sisäisesti numeerisiksi arvoiksi. Kuhunkin kuvan kuvapisteeseen liitetään numeerinen arvo. Kuvanlaatu vaihtelee riippuen siitä, kuinka monta harmaasävyasteikon sävyä numeeriset arvot määrittävät. PC tarjoaa kahdenlaisia harmaasävyasteikkoja: kaksitasoinen ja monitasoinen. Kuvan kuvapisteeset näytetään yleensä 256-tason harmaasävyasteikolla.

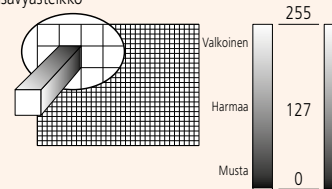
PG
46

2-tasoinen harmaasävyasteikko



Kuvan kuvapisteeset, jotka ovat tiettyä tasoa kirkkaampia, näytetään valkoisina ja kaikki muut pikselit näkyvät mustina.

Monitasoinen harmaasävyasteikko



Jokainen pikseli näkyy yhtenä 256 tasosta mustan ja valkoisen välillä. Tämä mahdollistaa korkealuokkaisten kuvien näytön.

Ero kuvanlaadussa

Ero kaksiporaisessa ja 256-poraisessa harmaasävyasteikon kuvassa



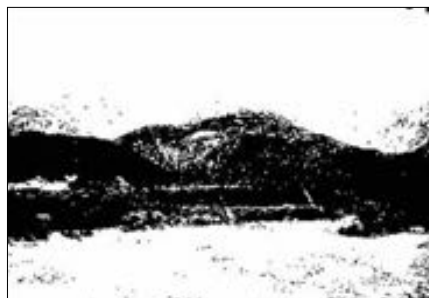
Kuva esitettynä kaksiporaisella harmaasävyasteikolla



Kuva esitettynä 256-poraisella harmaasävyasteikolla

Kuvan vaihtelu kynnyksarvosta riippuen

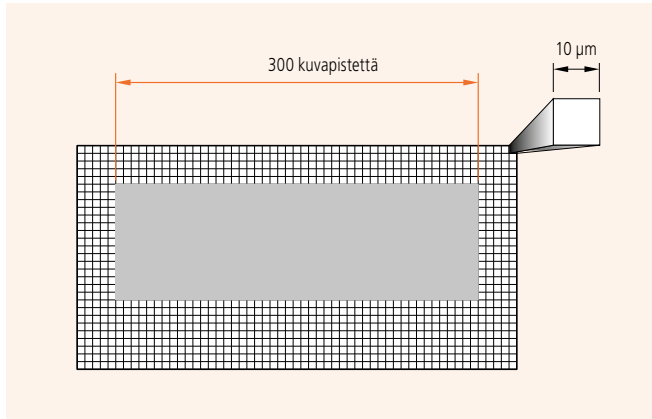
Nämä kolme kuvaa ovat sama kuva esitettynä kaksiporaisella harmaasävyasteikolla eri kynnyksarvoilla. Kaksiporaisella harmaasävyasteikolla saadaan erilaisia kuvia, kuten edellä on esitetty kynnyksarvon erojen takia. Tästä syystä kaksiporaisesta harmaasävyasteikkoa ei käytetä suuren tarkkuuden mittauksiin, koska numeeriset arvot muuttuvat asetetusta kynnyksarvosta riippuen.



Dimensionaalinen mittaus

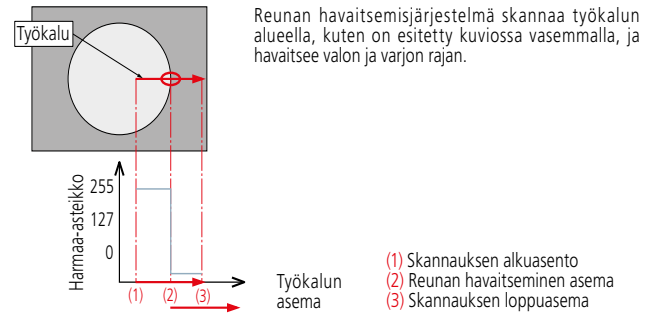
Kuva koostuu pikseleistä. Jos pikselien lukumäärä mitattavassa kohteen osassa lasketaan ja kerrotaan pikselin koolla, niin osa voidaan muuntaa numeeriseksi pituusarvoksi. Esimerkiksi oletetaan, että pikselien kokonaislukumäärä neliömäisen työkappaleen leveysuunnassa on 300 pikseliä, kuten on esitetty alla olevassa kuvassa.

Jos pikselin koko on 10 µm kuvan suurennoksessa, saadaan työkappaleen kokonaispituus laskulla $10 \mu\text{m} \times 300 \text{ pikseliä} = 3000 \mu\text{m} = 3 \text{ mm}$.



Reunan havaitseminen

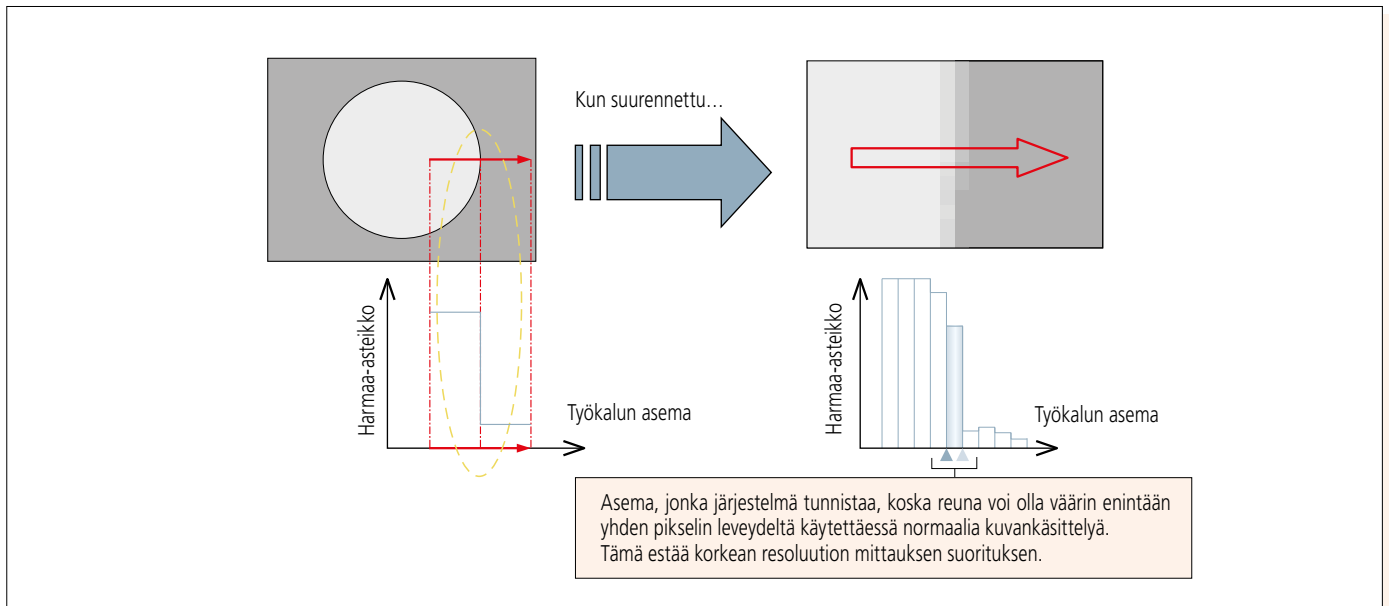
Miten työkappaleen reuna varsinaisesti havaitaan kuvasta on kuvattu käyttäen seuraavaa kaksivärikuvaa esimerkkinä. Reunan tunnistus tehdään tietyllä alueella. Symboli, joka visuaalisesti määrittää tätä aluetta, kutsutaan työkaluksi. Tarjolla on useita työkaluja, jotka sopivat erilaisiin kappaleiden geometrioihin tai mittaustietoihin.



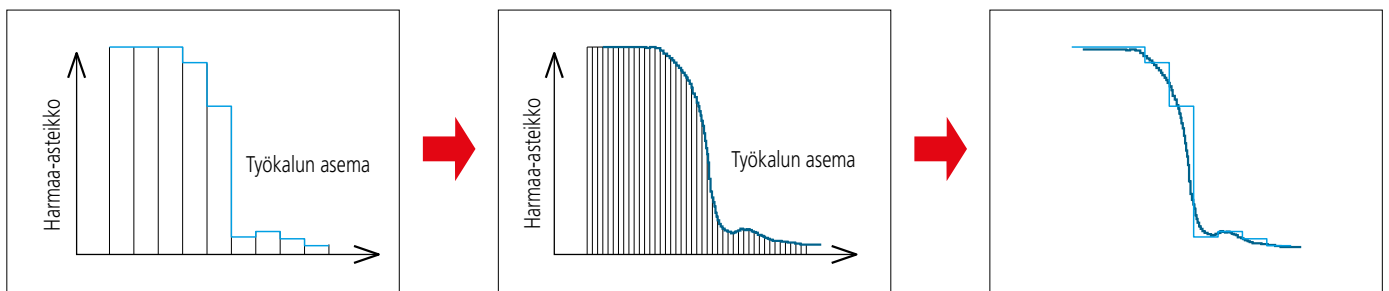
244	241	220	193	97	76	67	52	53	53
243	242	220	195	94	73	66	54	53	55
244	246	220	195	94	75	64	56	51	50

Esimerkki työvälineessä kuvapistetisiin liitetystä numeerisista arvoista

Korkean resoluution mittaus



Reunan havaitsemisen tarkkuuden parantamiseksi käytetään osapikselikuvankäsittelyä. Reuna havaitaan määrittämällä interpolaatiokäyrä vierekkäisistä pikseliarvoista, kuten alla on esitetty. Näin se mahdollistaa mittaukset, joiden resoluutio on korkeampi, kuin 1 pikseli.



Kuvasignaali ilman osapikselikäsittelyä

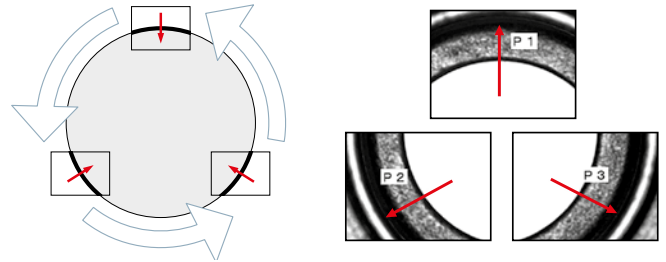
Kuvasignaali osapikselikäsittelyllä

Kuvan signaaliprofiili lähestyy tämänkaltaista analogista aaltomuotoa.

Videomittauskoneet

Mittaus useiden kuvien avulla

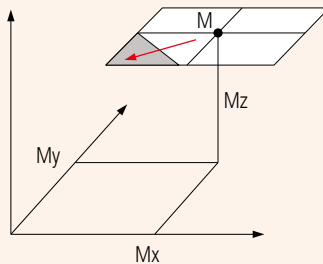
Suuret piirteet, joita ei saada kerralla näkyviin ruudulle, on mitattava säätämällä anturin ja pöydän sijaintia tarkasti, jotta kunkin kuvan referenssipiste on tiedossa. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmä voi mitata jopa suuria ympyröitä, kuten alla on esitetty, havaitsemalla reunoja kun liikutaan pöydän liikealueella.



Pisteen komposiittikoordinaatit

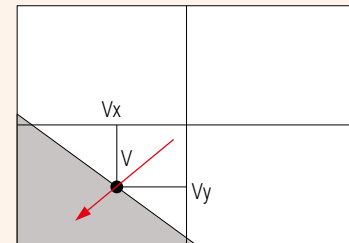
Koska mittaus suoritetaan samalla kun yksittäiset mitatut asemat tallennetaan, järjestelmä voi mitata mittoja, joita ei voida sisällyttää yhdelle näytölle.

Koneen koordinaatisto



Mittauskoneen pöydän asema $M = (M_x, M_y, M_z)$

Videokoordinaatisto

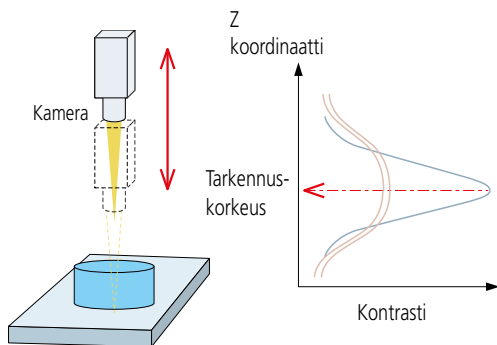


Havaittu reunan asema (kuvan keskustasta) $V = (V_x, V_y)$

Todelliset koordinaatit saadaan kaavoista $X = (M_x + V_x)$, $Y = (M_y + V_y)$, ja $Z = M_z$.

Automaattitarkennuksen periaate

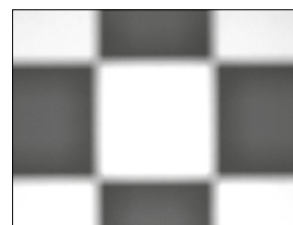
Järjestelmä voi suorittaa mittauksia XY-tasossa, mutta se ei voi suorittaa korkeusmittausta vain kamerakuvan avulla. Järjestelmä on yleisesti varustettu automaattitarkennus (AF) -mekanismilla korkeusmittausta varten. Seuraavassa selostetaan AF mekanismi, joka käyttää yleistä kuvaa, vaikka jotkut järjestelmät voivat käyttää AF-laseria.



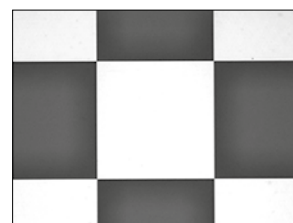
AF-järjestelmä analysoi kuvia siirtäessään kameraa ylös ja alas Z-akselia pitkin. Kuvan kontrastin analyysissä terävä kuva näyttää piikin kontrastissa, ja epätarkka kuva näyttää matalaa kontrastia. Näin ollen korkeus, jolla kuvan kontrastissa on huippu, on tarkka korkeus.

Vaihtelu kontrastissa tarkennustilanteesta riippuen

Reunakontrasti on pieni epätarkkojen reunojen takia.



Reunakontrasti on suuri tarkkojen reunojen ansiosta.



Yleiskatsaus ISO 10360-7:sta

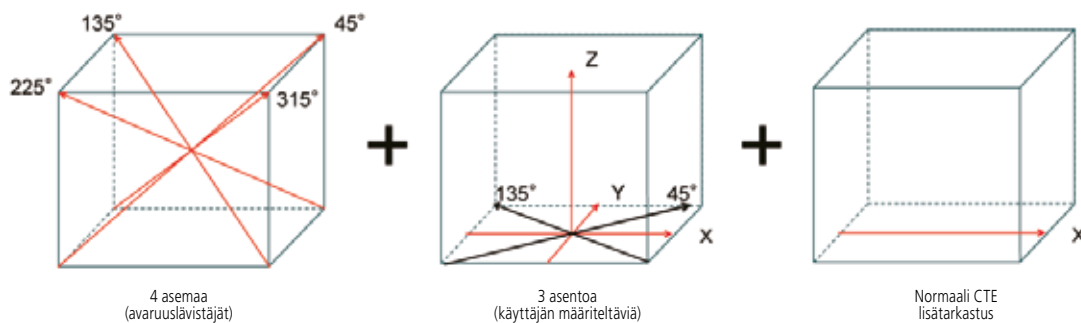
ISO 10360-7 (Geometriset tuotetiedot (GPS) – hyväksyntä- ja verifikointitestit koordinaattimittauskoneille (KMK) - Osa 7: KMK:t, jotka on varustettu kuvantamisanturijärjestelmillä) julkaistiin 1.6.2011.

Joitakin tarkastuskohteita mainitaan ISO10360-7:ssa. Seuraavassa on yhteenvedo testimenetelmästä pituuden mittausvirheen (E) ja anturivirheen (PF2D) määrittämiseksi.

Pituuden mittausvirhe, E

Viisi koepituutta seitsemässä eri suunnassa mittaustilavuuden sisällä, kunkin pituus mitataan kolme kertaa, yhteensä 105 mittausta. Neljä suunnista ovat avaruuslävistäjät. Muut kolme suuntaa ovat käyttäjän määriteltävissä. Oletussuunnat ovat yhdensuuntaisia VMM-akselien kanssa.

Kun pituustestiesineen CTE (lämpölaajenemiskerroin) on $< 2 \times 10^{-6}/K$, tehdään lisämittaus esineellä, jolla on normaali CTE ($8-13 \times 10^{-6}/K$).

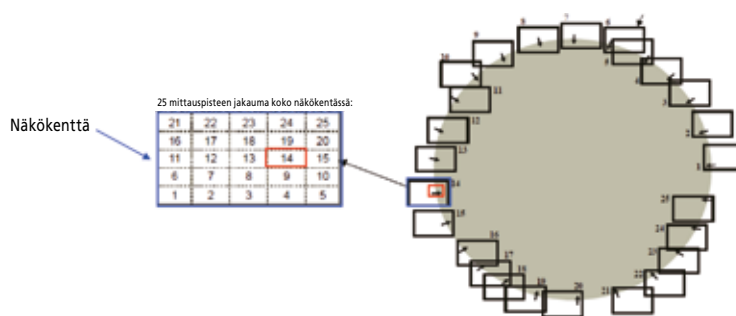


Anturivirhe, P_{F2D}

Mittaa 25 pistettä tasaisesti jakautuneena ympäri testiympyrää (14,4° välein).

Kukin 25 pisteestä on mitattava käyttämällä määrättyä 25:ta aluetta näkökentässä.

Laske anturivirhe 25:sta säteen suuntaisesta etäisyydestä (R_{max} - R_{min}) verrattuna pienimmän neliön ympyrään.



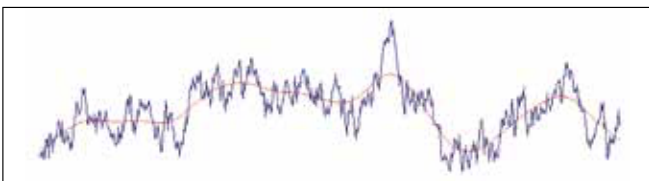
Pinnankarheuden testauslaitteet

Profiilit ja suodattimet (EN ISO 4287 ja EN ISO 16610-21)

Varsinainen profiili on profiili, joka syntyy todellisen pinnan ja sitä vastaan kohtisuoran tason poikkileikkauksena (kohtisuoran tason suunta valitaan niin, että pinnankarheuden arvo on maksimaalinen, tavallisesti suorassa kulmassa työstön jälkien kanssa).

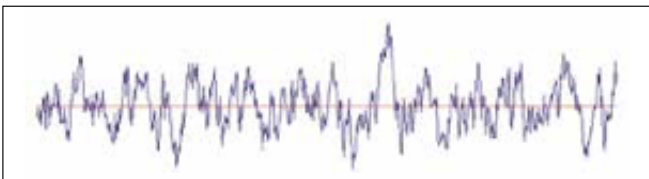
Mittattu profiili on profiili, joka saadaan kun varsinainen profiili skannataan anturilla, joka suodattaa mekaanisesti profiilia kärjen säteellä r , sekä mahdollisesti anturin liukukengällä. Pinnan epätasaisuudet, kuten halkeamat ja naarmut eivät ole mukana profiilissa, eikä niitä tule sisällyttää tallennukseen. Toleranssit voidaan asettaa tarvittaessa DIN EN ISO 8785 -standardin mukaan.

Primääriprofiili (P-profiili) on profiili, joka saadaan mitatun profiilin elektronisesta alipäästösuodatuksesta tietyllä raja-arvoaallonpituudella λ_s . Tämä prosessi poistaa lyhimät aallonpituudet, joita ei pidetä relevantteina pinnankarheuden mittauksessa. Parametrit merkitään kirjaimella P ja arvioidaan näytteenottomatkoittain



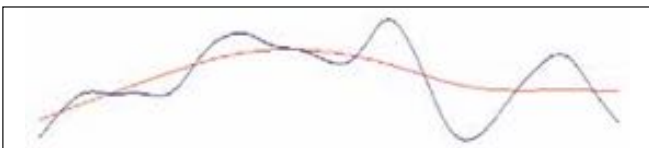
Kuva 1: Primääriprofiili ja keskiarvoviiva λ_s -profiilisuodattimella

Karheusprofiili (R-profiili) on profiili, joka saadaan primääriprofiilin elektronisesta ylipäästösuodatuksesta raja-arvo-aallonpituudella λ_c . Parametrit tunnustaa R-kirjaimesta ja ne analysoidaan koko arviointipituuden l_n matkalta, joka koostuu yleensä viidestä erillisestä näytteenottomatkasta l_r . Mittauspituus on suhteessa profiilin suodattimen raja-arvo-aallonpituuteen λ_c .

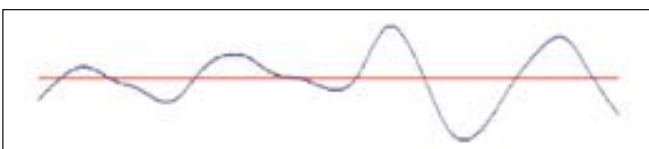


Kuva 2: Karheusprofiili ja keskiarvolinja (ensisijaisen profiilin ylipäästösuodatus λ_c -profiilisuodattimella)

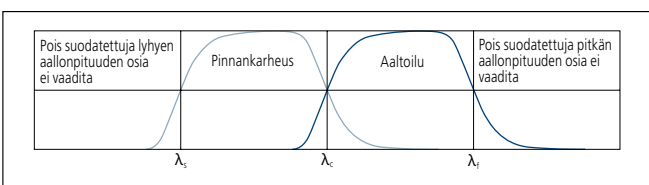
Aaltomaisuusprofiili syntyy primääriprofiilin alipäästösuodatuksesta raja-aallonpituudella λ_c ja ylipäästösuodatuksesta raja-arvoaallonpituudella f . Parametreja merkitään symbolilla **W**, ja ne arvioidaan arviointipituudella l_n , joka koostuu useista näytteenottopituuksista l_w . Mittausjakson pituus l_w vastaa ylipäästösuodattimen raja-arvoaallonpituutta λ_f . Kuitenkaan näytteenottopituuksien määrää ei ole standardoitu, ja siksi ne on aina määriteltävä piirustuksessa. Sen on oltava välillä viidestä kymmeneen.



Kuva 3: Primääriprofiilin keskilinja ja λ_f -profiilin keskilinja ylipäästösuodatuksen jälkeen.



Kuva 4: Aaltomaisuusprofiili ja keskilinja λ_c -profiilisuodatinta käyttävän alipäästösuodatuksen jälkeen



Kuva 5: Eri profiilien suodattimien siirto-ominaisuudet, Gauss-suodatin normin EN ISO 16610-21 mukaisesti

Pinnankarheusparametrit (EN ISO 4287)

Ra - Aritmeettinen keskimääräinen karheusarvo: Aritmeettinen keskiarvo kaikkien profiiliarvojen summasta.

Rmr(c) - Profiilin materiaaliiosa: Osamäärä profiilielementtien materiaaliptuuskien summasta määrättyllä osakorkeudella c (μm) ja arviointipituudelta l_n (ilmoitettuna prosentteina)

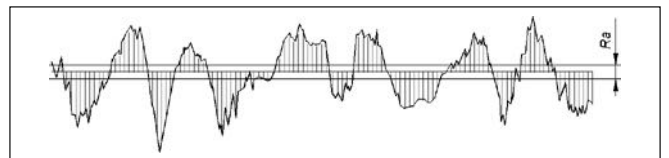
RSm - keskimääräinen huipun leveys: Profiilin elementtien X_{si} (aiemmin S_m) leveysien keskiarvo; vaaka- ja pystysuuntaiset raja-arvot on määritelty arviointia varten

Rt - karheusprofiilin kokonaiskorkeus: Summa korkeimman profiilin huipun korkeudesta Z_p ja matalimman profiililaakson syvyydestä Z_v arviointipituudella l_n

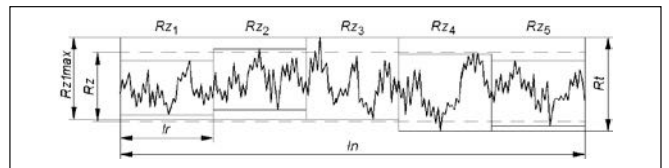
Rz_i - karheusprofiilin maksimikorkeus: Korkeimman profiilin huipun ja syvemmän profiilin laakson summa näytteenottopituudella l_r

Rz1max - Suurin karheuden syvyys: Suurin viidestä Rz_i -arvosta viidellä näytteenottopituudella l_r arviointipituudella l_n

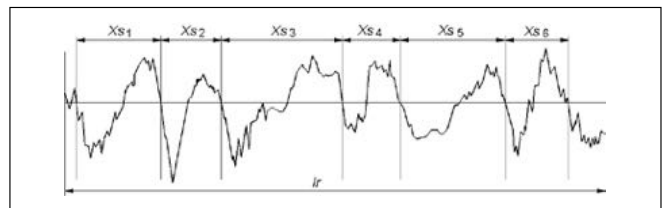
Rz - Keskimääräinen karheuden syvyys: Keskiarvo viidestä Rz_i -arvosta viideltä näytteenottopituudelta l_r arviointipituudella l_n .



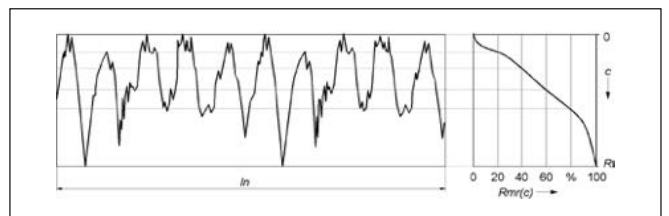
Kuva 6: Aritmeettinen keskimääräinen karheusarvo R_a



Kuva 7: Karheusprofiilin kokonaiskorkeus R_t , keskimääräinen karheussyvyys R_z ja maksimi karheussyvyys R_{z1max}



Kuva 8: Keskimääräinen uran leveys R_{Sm} on keskiarvo profiilielementtien leveysistä X_s



Kuva 9: Profiilin materiaalisuhdekäyrä esittää profiilin materiaaliiosaa $R_{mr}(c)$ osan korkeuden c funktiona (Abbott-Firestone -käyrä)

Ensisijaiset parametrit

Suurin karheussyvyys $Rz1max$ sellaisille pinnoille, joissa yksittäiset poikkeamat vaikuttavat voimakkaasti pinnan funktioon, esim. tiivistyspinnat.

Profiilin materiaaliiosa $Rmr(c)$ ohjuspinnalle ja vastakkaisille tiivistepinnoille.

Keskimääräinen karheussyvyys Rz koskee yleensä kaikkia muita pintoja. Aritmeettinen keskimääräinen karheusarvo R_a reagoi niukasti yksittäisiin piikkeihin tai laaksoihin johtuen keskiarvosta, joka muodostetaan kaikista profiiliarvoista; sen merkitys on siten melko pieni.

Pinnankarheuden mittausolosuhteet (EN ISO 4288)

Epäsäännölliset profiilit		Säännölliset profiilit	Mittausolosuhteet DIN EN ISO 4288:n ja DIN EN ISO 3274:n mukaisesti			
Hionta, hoonaus, läppäys, kipinätyöstö ↓ tai ↓		Sorvaus, jyrsintä, höyläys ↓	$r_{\text{kärki}}$	$\lambda_c = lr$	ln	lt
			Suurin mittakärjen pään säde	Näytteenottomatka	Arviointipituus	Kulkupituus (arviointipituus plus esi- ja jälki-pituudet)
Rt, Rz μm	Ra μm	RSm mm	$r_{\text{kärki}}$ μm	$\lambda_c = lr$ mm	ln mm	lt mm
> 0,025...0,1	> 0,006...0,02	> 0,013...0,04	2	0,08	0,4	0,48
> 0,1...0,5	> 0,02...0,1	> 0,04...0,13	2	0,25	1,25	1,5
> 0,5...10	> 0,1...2	> 0,13...0,4	2*)	0,8	4	4,8
> 10...50	> 2...10	> 0,4...1,3	5	2,5	12,5	15
> 50...200	> 10...80	> 1,3...4	10	8	40	48

*) Jos $Rz > 3 \mu\text{m}$ tai $Ra > 0,5 \mu\text{m}$, voidaan käyttää mittakärjen pään sädettä $r_{\text{kärki}} = 5 \mu\text{m}$.

Lisäksi mittauspisteen etäisyys Δx ja alapäästösuodattimen raja-aallonpituus λ_s on standardoitu. Kuitenkin, nämä arvot on jo asetettu karheuden mitalaitteisiin.

Käytännön vinkki 1: Jos työkappaleen pinnalla ei ole riittävästi tilaa vaaditulle mittauspituudelle lt , niin arviointipituuksien määrää on vähennettävä ja ilmaistava se piirustuksessa.

Käytännön vinkki 2: Jos edelleenkin ei ole riittävästi tilaa, niin ensisijaisen profiilin kokonaiskorkeus pt mitataan yli käytettävissä olevan pituuden Rt :n tai Rz :n sijasta. Pt on edelleen sama kuin Rt , mutta määriteltynä ensisijaisessa profiilissa, ja mittausarvo on aina suurempi.

Karheuden mittausten arviointi (EN ISO 4288)

Karheusmittausarvoilla, erityisesti pystysuorilla parametreillä $Rt, Rz, Rz1max$ ja Ra , on jakauma, joka on jossain -20 % ja +30 % välillä. Yksittäinen mitattu arvo ei siis voi tarjota täydellistä selvyyttä sallittujen parametritoleranssin noudattamisesta. Seuraava menettely on määritely standardissa DIN EN ISO 4288 Liite A:

Maksimisääntö

Kaikki karheusparametrit ja lisätynä "max" viiden näytteenottopituuden keskiarvon maksimina: Mittaa pinnalta vähintään kolme pistettä, joissa suurimpia arvoja odotetaan. Määritetty raja ei saa ylittyä missään pisteessä.

16 % sääntö

Kaikki karheusparametrit lisäämättä "max": ia keskiarvona viidestä näytteenottopituudesta:

16 % mitatuista arvoista voi ylittää asetetun rajan; askel-askeleelta menettely on seuraava:

1. Jos ensimmäinen mitattu arvo on pienempi kuin 70 % ilmoitetusta rajasta, tämä katsotaan yhteensopivaksi.
2. Jos tulos on muu, tehdään kaksi ylimääräistä mittausta toisella kohdalla pintaa; jos kaikki kolme mitattua arvoa ovat vähemmän kuin mainittu raja, tämä katsotaan yhteensopivaksi.
3. Jos tulos on muuta, otetaan yhdeksän uutta mittausta muissa kohdissa pintaa; jos enintään kaksi mitatuista arvoista ylittää mainitun rajan, tämä katsotaan yhteensopivaksi.



Piirustussymbolit (EN ISO 1302)

	Perussymboli	a Yksittäinen pinnan viimeistelyvaatimus b Muut pinnan vaatimukset
	Materiaalin poisto mekaanisella käsittelyllä tarvitaan	c Tuotantoprosessi (esim kääntö, pohjustus, kromaus)
	Materiaalin poisto ei ole sallittua	d Symboli suunnalle (pintaaurat) e Työstövara (mm)
	Sama rakenne kaikilla pinnoilla	x Kirjain yksinkertaistetulle vertailuanalyysille, jos tilaa on vähän

Symbolimerkinät (ylhäällä)
Symbolit suunnalle (asento d, alhaalla)

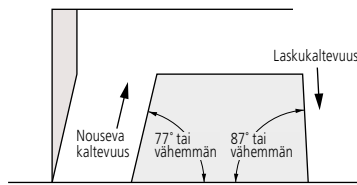
=	⊥	X	M	C	R	P
Yhdensuunt. *	Kohtisuora *)	Risteävä	Sekoitettu	Samankeskinen	Radiaalinen	Suuntaamaton

*) ...näkyvän projektiotasolle, johon symboli on syötetty

Esimerkit	Selitys
	Aineen poistoa ei sallita, oletuspäästökaista, R -profiili, 16 % sääntö, keskikarheuden syvyys 5 μm (yläraja)
	Aineenpoiston sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, maksimisääntö, suurin karheussyvyys 3 μm (yläraja); työstövara 0,2 mm
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, arviointipituus 3 näytteenottopituutta, 16 % sääntö, keskikarheuden syvyys 4 μm (yläraja); samankeskisiä pinnan uria
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, 16 % sääntö, keskimääräinen karheuden syvyys 5 μm ; aritmeettinen keskimääräinen karheusarvo 1 μm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, 16 % sääntö, keskimääräinen karheuden syvyys välillä 0,1 mm (alaraja) – 0,3 mm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista λ_s :lle, ei λ_c -suodatinta, P -profiili, arviointipituus on yhtä suuri kuin työkappaleen pituus, 16 % sääntö, ensisijaisen profiilinn kokonaiskorkeus 25 μm (yläraja)
	Materiaalin poistaminen sallittu, oletuspäästökaista 0,8 ($=\lambda_c$) 25 ($=\lambda_f = lw$) mm, W-profiili, arviointipituus 5 näytteenottopituutta $ln = 5 * lw = 125$ mm), 16 % sääntö, profiilin kokonaiskorkeus 10 μm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, 16 % sääntö, karheusprofiilin kokonaiskorkeus 1 μm (yläraja); materiaaliensa profiilista on 90 % leikkaukorkeudella $c = 0,3 \mu\text{m}$ (alaraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, keskimääräinen uran leveys välillä 0,1 mm (alaraja) – 0,3 mm (yläraja)
	Yksinkertaistettujen benchmarkingien (vasemmalla) merkityksen selitys (oikealla), jos tilaa on rajoitetusti.

Pinnanmuodon mittauslaitteet

Mitattavissa oleva kulma

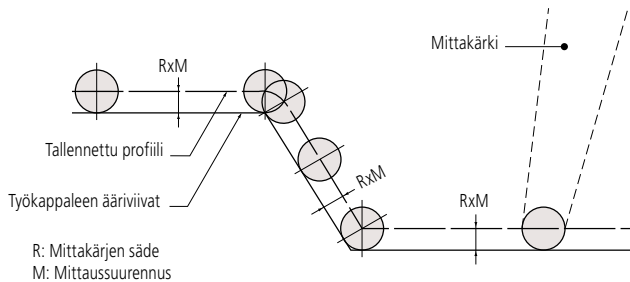


Suurinta kulmaa, jonka mittakärki voi havaita ylös- tai alaspäin pitkin työkappaletta kulkiessaan, kutsutaan mitattavissa olevaksi kulmaksi. Yksipuolinen, terävä mittakärki 12° kärkikulmalla (kuten yllä olevassa kuvassa) voi havaita enintään kaltevuuksilla 77° ylöspäin ja 87° alaspäin. Kartiomaiselle mittakärjelle (30° kartio) jäljitettävä kulma on pienempi. 77°:een kulmassa oleva pinta voi tosiasiaassa olla kaltevampi, johtuen pinnankarheudesta. Pinnankarheus vaikuttaa myös mittausvoimaan.

Mallissa CV-3200/4500, samantyyppinen mittakärki (SPH-71: yksipuolinen terävä mittakärki 12° kärkikulmalla) voi mitata enintään 77° kaltevuutta ylöspäin ja enintään 83° kaltevuutta alaspäin.

Mittakärjen säteen kompensointi

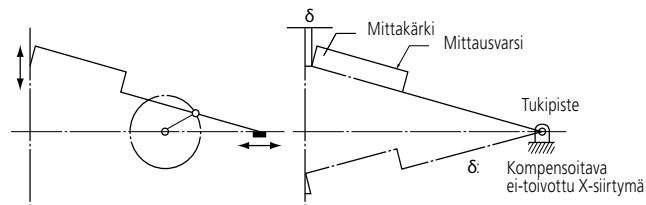
Tallennettu profiili edustaa työkappaleen pinnalla rullaavan pallon keskipisteen kulkemaa rataa. (Tyypillinen säde on 0,025 mm.) Selvästi tämä ei ole sama kuin todellinen pintaprofiili, joten tarkan profiilin saamiseksi on tarpeen kompensoida kärjen säteen vaikutus ohjelmiston avulla.



Kompensointi varren kierrolle

Mittakärkeä kuljetetaan kääntyvässä varressa, joten se kääntyylii, kun pintaa mitataan, ja mittaus ei tapahdu ainoastaan Z-suuntaan. Tästä syystä on tarpeen soveltaa kompensatiota X-suunnassa tarkkuuden varmistamiseksi. On olemassa kolme tapaa kompensoida varren kiertyminen.

- 1: Mekaaninen kompensatio
- 2: Sähköinen kompensatio



- 3: Ohjelmistokäsittely. Sellaisen työkappaleen muodon mittaamiseksi suurella tarkkuudella, johon liittyy suuri siirtymä pystysuunnassa, on toteutettava yksi näistä kompensointimenetelmistä.

Ylikuormitusturva

Jos mittakärjen päähän kohdistetaan liiallinen voima (ylikuormitus), esimerkiksi johtuen kärjen kohtaamasta liian jyrkästä kallistuksesta työkappaleen muodossa, tai purseesta, jne., pysäyttää turvaominaisuus automaattisesti toiminnan ja summeri hälyttää. Tämän tyyppinen instrumentti on yleisesti varustettu erillisillä turvalaitteilla jäljitys suunnan (X-akseli) kuormalle ja pystysuunnan (Y-akseli) kuormalle.

Mallissa CV-3200/4500 turvalaite toimii, jos varsi irtoaa pidikkeestään.

Yksinkertainen tai monimutkainen varren ohjaus

Yksinkertaisen kääntyvän varren tapauksessa rata, jota mittakärki kulkee pystysuoran liikkeen aikana (Z-suunta) on ympyränkaari, joka syntyy ei-toivotusta poikkeamasta X:ssä, joka on kompensoitava. Mitä suurempi kaaren liike on, sitä suurempi on ei-toivottu X-siirtymä (δ), joka on kompensoitava. (Katso kuva alhaalla vasemmalla.) Toinen vaihtoehto on käyttää monimutkaisia mekaanisia vipujärjestelyjä, jotta saadaan lineaarinen siirtymäpaikka Z:n suhteen, ja näin välttää tarvetta kompensointiin X-suunnassa.

Z-akselin mittausmenetelmät

Vaikka X-akselin yleisesti hyväksytty mittausmenetelmä on digitaalinen asteikko, niin Z-akselin mittaus jakautuu analogisiin menetelmiin (eromuuntajan tms. avulla) ja digitaalisen asteikon menetelmiin.

Z-akselin resoluutio vaihtelee analogisissa menetelmissä riippuen mittaussuurennuksesta ja mittausalueesta. Digitaalisten asteikkojen menetelmillä on kiinteä resoluutio.

Profiilin analysointi

Mittauksen päätyttyä voit analysoida mitatun profiilin yhdellä seuraavista menetelmistä.

Käsittelyosa ja analyysiohjelma

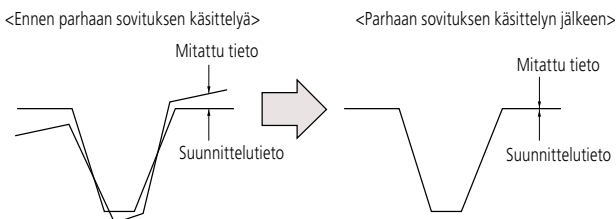
Mitattu profiili syötetään ohjelmistoon reaaliajassa, ja erillinen ohjelma suorittaa analyysin hiirellä ja/tai näppäimistöllä ohjattuna. Kulma, säde, porrastus, nousu ja muut tiedot näytetään suoraan numeerisina arvoina. Koordinaatistoja hyödyntävä analyysi voidaan suorittaa helposti. Kuvaaja, joka kulkee mittakärjen sädekorjauksen läpi tallennetaan ohjelmistoon.

Toleranssien määrittäminen suunnittelutietojen kanssa

Mitattua työkappaleen profiilia voidaan verrata suunnittelutietoihin todellisen ja suunnitellun muodon suhteen sen sijaan, että tehtäisiin vain yksittäisten mittojen analyysiä. Tässä tekniikassa kukin mitatun muodon poikkeama aiotusta muodosta näytetään ja tallennetaan. Myös yhden työkappaleen tietoja voidaan käsitellä niin, että siitä tulee vertailukappale, johon muita työkappaleita verrataan. Tämä toiminto on erityisen hyödyllinen silloin, kun osan muoto vaikuttaa suuresti tuotteen suorituskykyyn, tai kun sen muodolla on vaikutusta osien kokoamiseen tai koottuihin osiin.

Paras sovitus

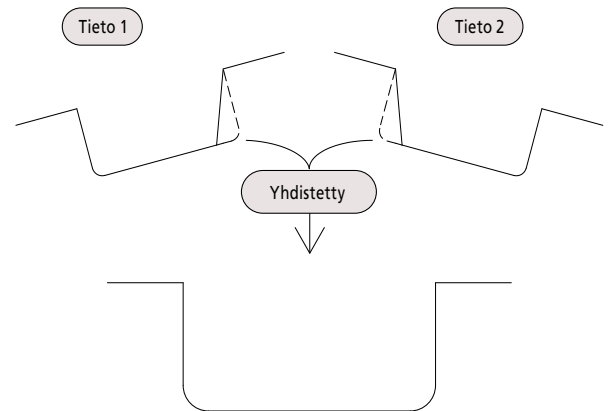
Jos on olemassa standardi pinnan profiilille, toleranssien arviointi suunnitteludatan suhteen suoritetaan standardin mukaisesti. Jos ei ole olemassa standardia, tai jos halutaan toleranssit vain muodon suhteen, voidaan tehdä paras sovitus suunnittelutiedon ja mittaustiedon välillä.



Parhaan sovituksen käsittelyalgoritmi etsii molempien tietosarjojen välisiä eroja ja johtaa niistä koordinaatiston, jossa poikkeamien neliöiden summa on minimoitu, kun mitattu data asetetaan suunnittelutietojen päälle.

Datojen yhdistäminen

Tavallisesti jos koko muodon mittaaminen estyy esim. mittakärjen mitattavissa olevien kulmien rajoitusten takia, se on jaettava useisiin osiin, jotka sitten mitataan ja arvioidaan erikseen. Tämä toiminto välttää tuon epätoivottavan tilanteen yhdistämällä erilliset osat yhdeksi ääriiviivaksi asettamalla yhteisiä elementtejä (viivat, pisteet) päällekkäin toistensa kanssa. Tämän toiminnon avulla voidaan näyttää koko profiili ja suorittaa erilaisia analyysejä tavalliseen tapaan.



Mittausesimerkkejä



Kaksoismittakärki ylös- ja alaspäin mittaukseen



Sisempi/ulompi laakerin profiili



Sisäiset hammastukset



Sisäkierteen muoto



Ulkokierteen muoto

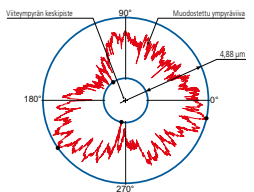
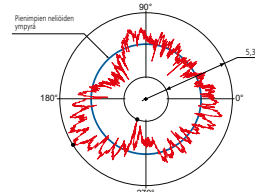
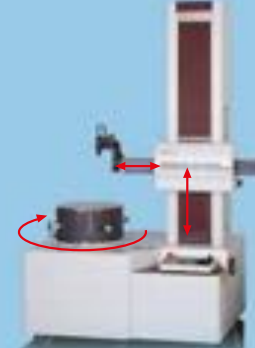
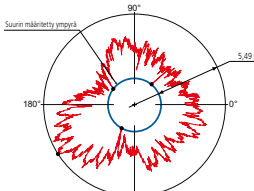
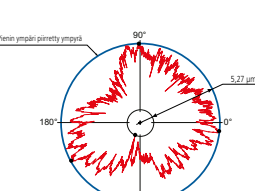
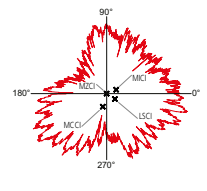



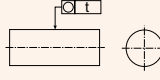
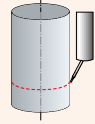
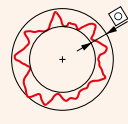

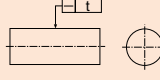
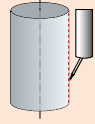
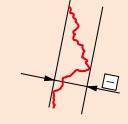

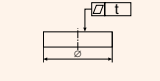
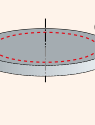
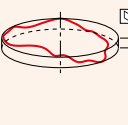

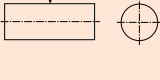
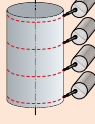
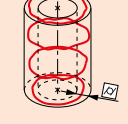

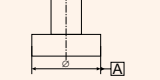
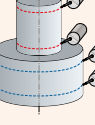
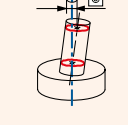
Tulkin muoto

Ympyrämaisuuden mittauslaitteet

Ympyrämaisuuden määrittely

Poikkeaminen täydellisestä ympyrämaisuudesta määritellään kahden samassa tasossa olevan ja samankeskinen ympyrän säteiden erona, joiden koot ja keskipisteen paikka on muodostettu jollakin neljästä menetelmästä (kuvattu alla). Kaaviot osoittavat, kuinka käytetty menetelmä vaikuttaa ympyrämaisuuden laskentaan.

<p>Pienin vyöhykeympyrä (MZCI)</p> <p>Kahden sellaisen samankeskinen ympyrän, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät muodostetun kehälinjan, kokoa ja sijaintia säädetään, kunnes niiden säteittäinen ero on pienin.</p> 	<p>Pienimpien neliöiden ympyrä (LSCI)</p> <p>Konstruoidaan koko ja keskipiste ympyrälle, jolle muodostetun kehälinjan säteittäisten poikkeamien neliöiden summa on pienin. Ympyrämaisuuden arvon määrittävät kaksi tämän ympyrän kanssa samankeskistä ympyrää, jotka ovat mahdollisimman lähellä toisiaan ja mitattu profiili jää niiden väliin.</p> 	
<p>Suurin sisään piirretty ympyrä (MICI)</p> <p>Muodostetaan mahdollisimman suuri ympyrä, joka mahtuu mitatun profiilin sisään ja koskettaa sitä. Toinen ympyrä, joka on samankeskinen ensimmäisen kanssa muodostetaan niin, että se on mahdollisimman pieni ja koko mitattu profiili jää ympyröiden väliin.</p> 	<p>Pienin ympäri piirretty ympyrä (MCCI)</p> <p>Muodostetaan mahdollisimman pieni ulkopuolelle piirretty ympyrä, joka pitää sisällään koko mitatun profiilin. Toinen ympyrä, joka on samankeskinen ensimmäisen kanssa muodostetaan niin, että se on mahdollisimman suuri ja koko mitattu profiili jää ympyröiden väliin.</p> 	<p>Samankeskisten ympyröiden keskipiste määrittää muodostetun kehäviivan keskipisteen ja sitä kautta mitatun ympyrän paikan. Kukin edellä kuvatuista menetelmistä antaa tulokseksi eri keskipisteen viiteympyröille, kuten kuvassa on esitetty.</p> 

Ominaisuuden symboli*	Määritelmä	Geometriset toleranssit*	Testausmenetelmä	Tulos
	Ympyrämaisuus Ympyrämaisuuden poikkeama on kahden samankeskinen ympyrän, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät muodostetun kehälinjan, säteiden ero. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Suoruus Suoruuspoikkeama on kahden samansuuntaisen suoran, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät mitatun profiilin, minimierotus. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Tasomaisuus Tasomaisuuspoikkeama on kahden samansuuntaisen tason, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät mitatun pinnan, minimierotus. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Lieriömaisuus Lieriömaisuuden poikkeama on kahden sama-akselisen lieriön, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät muodostetun lieriömäisen pinnan tason, säde minimierotuksella. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Sama-akselisuus Sama-akselisuuden poikkeama on muodostetun lieriömäisen pinnan akselin ja referenssiakselin suurin säteittäinen etäisyys arviointialueen matkalla. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t/2.			

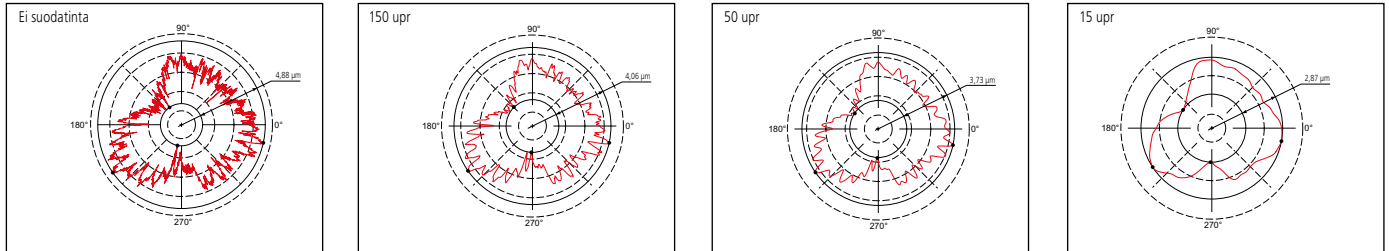
* ISO 1101:2012:n mukaisesti; t = toleranssi

— Vertailuelementti

— Puretut geometria

Suodatus

Poikkeaminen täydellisestä ympyrämuutisuudesta määritellään kahden samassa tasossa olevan ja samankeskisen ympyrän säteiden erona, joiden koot ja keskipisteen paikka on muodostettu jollakin neljästä menetelmästä (kuvattu alla). Kaaviot osoittavat, kuinka käytetty menetelmä vaikuttaa ympyrämuutisuuden laskentaan.



Ominaisuuden symboli*	Määritelmä	Geometriset toleranssit*	Testausmenetelmä	Tulos
	Samankeskisyys Samankeskisyyspoikkeama on muodostetun kehälinjan keskikohdan ja peruselementin keskikohdan välinen etäisyys ympyrän poikkileikkauksessa. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t/2.			
	Yhdensuuntaisuus (taso ja taso) Kahden tason välinen yhdensuuntaisuuspoikkeama on muodostetun tason pinnan ja perustason välinen suurin etäisyysvaihtelu. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Kohtisuuruus (taso + akseli) Tason kohtisuuruuden poikkeama akseliin nähden on suurin etäisyyksien ero mitatun tason ja referenssiakselin kanssa kohtisuoran tason välillä. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Kohtisuuruus (akseli + taso) Akseli kohtisuuruuden poikkeama tasoon nähden on suurin etäisyyksien ero mitatun akselin ja referenssitason kanssa kohtisuoran akselin välillä. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Säteittäisheitto Säteittäisheitto on mitatun profiilin ja referenssisuoran kanssa kohtisuoran tason suurin etäisyysvaihtelu aksiaalisuunnassa. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Aksiaaliheitto Aksiaalinen heitto on muodostetun ympyräviivan ja tason välinen suurin ero lävistäjän kohtisuoraan. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Kokonaisheitto (säteittäinen) Säteittäinen kokonaisheitto on kahden samankeskisen, perusakselin kanssa yhdensuuntaisen lieriön, jotka koskettavat ja yhdessä sisältävät muodostetun lieriömäisen pinnan, säteiden erotus. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			
	Kokonaisheitto (akksiaalinen) Aksiaalinen kokonaisheitto on suurin etäisyyksien vaihtelu mitatun pinnan ja referenssiakselin kanssa kohtisuoran tason välillä. Ominaisuuden toleranssi asetetaan rajoittamalla poikkeama arvoon t.			

* ISO 1101:2012:n mukaisesti; t = toleranssi

— Vertailuelementti

— Puretty geometria

Kovuusmittauskoneet

Kovuustestausmenetelmät ja suuntaviivoja kovuusmittauslaitteen valinnalle

Testausmenetelmä	Mikrokovuus (Micro-Vickers)	Mikropintamateriaalin ominaisuudet	Vickers	Rockwell	Rockwell pinnankovuus	Brinell	Shore	Sieni, kumi ja muovi	Ponnahdustyypit, mukana kuljetettava
Materiaali									
IC-kiekot	●	●							
Kovametalli, keramiikka (leikkuuterät)		▲	●	●					
Teräs (lämpökäsitelty materiaali, raaka-aine)	●	▲	●	●	●		●		●
Ei-rautametalli	●	▲	●	●	●				●
Muovi		▲		●				●	
Hiomakivi				●					
Valu						●			
Sieni, kumi								●	
Muoto									
Ohut metallilevy (ihokarvojen poistoterä, metallikalvo)	●	●	●		●				
Ohut kalvo, pinnoitus, maalaus, pintakerros (nitratu kerros)	●	●							
pienet osat, neulamaiset osat (kellon viisarit, ompelukoneen neula)	●	▲							
Iso näyte (rakenne)						●	●		●
Metallimateriaalikokoonpano (monikerroksisen seoksen kunkin vaiheen kovuus)	●	●							
Muovilautanen	▲	▲		●				●	
Sieni, kumilevy								●	
Sovellus									
Materiaalin lujuus tai fysikaaliset ominaisuudet	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Lämpökäsittely	●		●	●	●		▲		▲
Hiiltyneen kuoren syvyys	●		●						
Hiilikatkerroksen syvyys	●		●		●				
Liekki- tai korkeataajuuskovetuskerroksen syvyys	●		●	●					
Karkenevuustesti			●	●					
Maksimikovuus hitsatusta kohdasta			●						
Hitsin kovuus			●	●					
Korkean lämpötilan kovuus (korkean lämpötilan ominaisuudet, kuumamuokkautuvuus)			●						
Murtumisriski (keramiikka)	●		●						

Avain: ●●● Soveltuu hyvin
▲▲▲ Soveltuu kohtuullisesti

Kovuusmittauksen menetelmät

(1) Vickers

Vickers-kovuus on testausmenetelmä, jolla on laajin käyttöalue. Siinä kovuuden testaus voidaan tehdä satunnaisella testivoimalla. Tällä testillä on erittäin suuri määrä sovellusalueita, erityisesti kovuuksitesteissä, jotka suoritetaan alle **9,807 N** (1 kgf) testivoimalla. Kuten seuraavassa kaavassa näkyy, Vickers-kovuus on arvo, joka määritetään jakamalla testivoima F (N) kappaleen ja painimen välisellä kosketuspinta-alalla S (mm^2), joka lasketaan painimen (neliöpyramiditmantti, vastasivun kulma $\theta = 136^\circ$) testivoimalla F (N) näytteeseen muodostaman painuman halkaisijan pituudesta d (mm, keskiarvo kahden suunnan pituuksista). k on vakio ($1/g = 1/9,80665$).

$$HV = k \frac{F}{S} = 0,102 \frac{F}{S} = 0,102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 0,1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: \text{N} \\ d: \text{mm} \end{matrix}$$

Virhe lasketussa Vickers-kovuudessa saadaan seuraavasta kaavasta. Tässä Δd_1 , Δd_2 , ja 'a' edustavat mittausvirhettä, joka johtuu mikroskoopista, virheestä painuman lukemisesta ja painimen kärjen vastakkaisen pintojen muodostamien reunaviivojen pituudesta. Yksikkö $\Delta \theta$ on astetta.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d_1}{d} - 2 \frac{\Delta d_2}{d} - \frac{a^2}{d^2} - 3,5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(2) Knoop

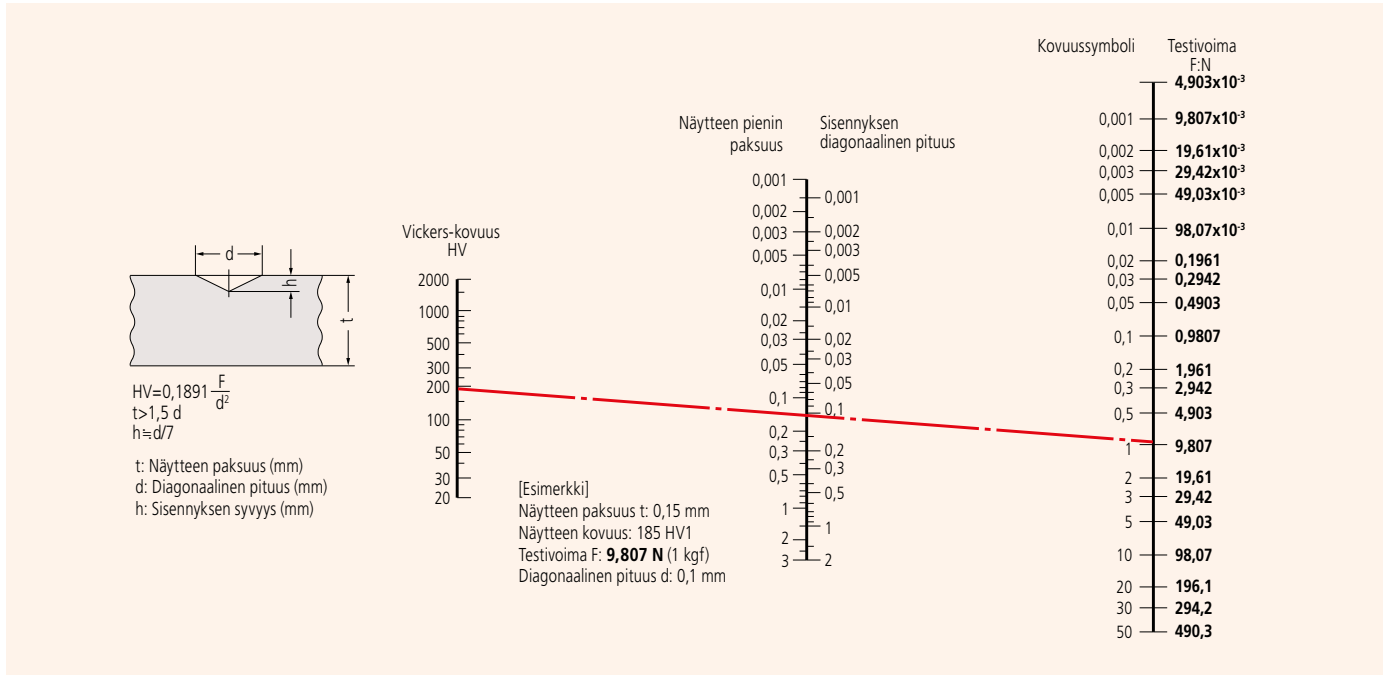
Kuten seuraavassa kaavassa on esitetty, Knoop-kovuus on arvo, joka saadaan jakamalla testivoima projisoidulla painuman alueella A (mm^2), joka lasketaan suunnikastimanttipainimella (vastakkaiset kulmat $172^\circ 30'$ ja 130°) näytteeseen testivoimalla F painuneen syvennyksen pitemmän diagonaalin pituudesta d (mm). Knoop-kovuus voidaan mitata myös korvaamalla mikrokovuustestauskoneen Vickers-painin Knoop-painimella.

$$HK = k \frac{F}{A} = 0,102 \frac{F}{A} = 0,102 \frac{F}{cd^2} = 1,451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: \text{N} \\ d: \text{mm} \\ c: \text{vakio} \end{matrix}$$

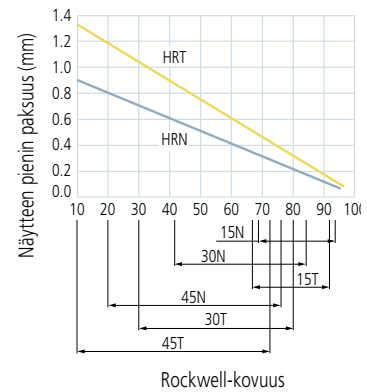
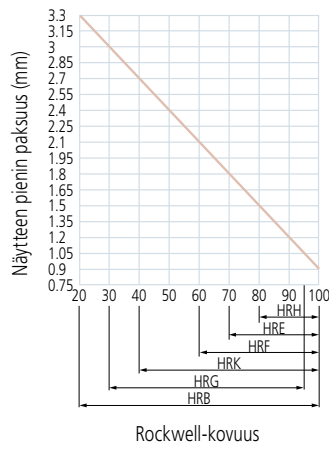
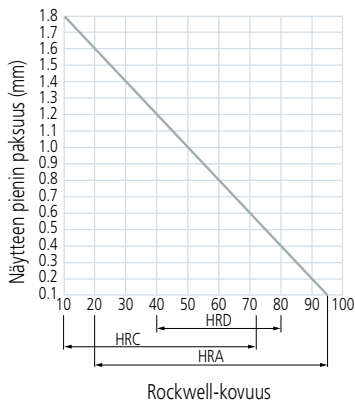
(3) Rockwell ja Rockwell-pinta

Rockwell- tai Rockwell-pinnankovuuden mittaamiseksi käytetään ensin esijännitysvoimaa ja sen jälkeen testivoimaa testattavaan näytteeseen, jonka jälkeen palataan esijännitysvoimaan. Tässä käytetään timanttipaininta (kärkikartiokulma: 120° , kärjen säde: 0,2 mm) tai pallopaininta (teräspallo tai kovametallipallo). Tämä kovuusarvo saadaan kovuuskaavasta esijännitysvoiman ja testivoiman välisen painuman syvyyden h (μm) erolla. Rockwell käyttää esijännitysvoimaa 98,07 N, ja Rockwell pinnan käyttää voimaa 29,42 N. Erityinen symboli, joka liittyy painimen testivoimaan ja kovuuskaavaan, tunnetaan nimellä asteikko. Japanilaisissa teollisuusstandardeissa (JIS) määritellään eri asteikkoihin liittyvät kovuudet.

Vickers-kovuuden ja näytteen vähimmäispaksuuden suhde



Rockwell/Rockwell pinnankovuuden ja näytteen vähimmäispaksuuden suhde



Rockwell-kovuusasteikot

Mitta-asteikko	Kovuuskärki	Testivoima (N)	Sovellus
A	Timantti	588,4	Kovametalli, ohut teräslevy
D		980,7	Karkaistu teräs
C		1471	Teräs (100 HRB enemmän ~70 HRC alle)
F	Pallo, jonka halkaisija on 1,5875 mm	588,4	Laakerimetalli, hehkutettu kuparimessinki
B		980,7	Kova alumiiniseos, berylliumkupari, fosforipronssi
G		1471	
H	Pallo, jonka halkaisija on 3,175 mm	588,4	Laakerimetalli, hiomalaikka
E		980,7	laakerimetalli
K		1471	laakerimetalli
L	Pallo, jonka halkaisija on 6,35 mm	588,4	Muovi, lyijy
M		980,7	
P		1471	
R	Pallo, jonka halkaisija on 12,7 mm	588,4	muovi
S		980,7	
V		1471	

Rockwell-pinnankovuusasteikot

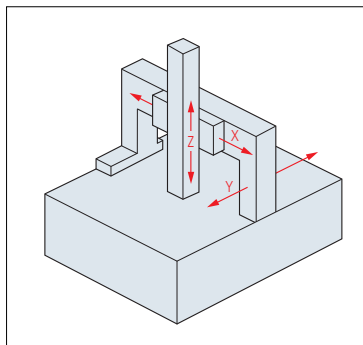
Mitta-asteikko	Kovuuskärki	Testivoima (N)	Sovellus
15N	Timantti	147,1	Karbonointi, typetyt, jne. Ohut, pintakovetettu teräs
30N		294,2	
45N		441,3	
15T	Pallo, jonka halkaisija on 1,5875 mm	147,1	Vähähiilinen teräs, messinki jne.
30T		294,2	
45T		441,3	
15W	Pallo, jonka halkaisija on 3,175 mm	147,1	Muovi, sinkki, laakerimetallit
30W		294,2	
45W		441,3	
15X	Pallo, jonka halkaisija on 6,35 mm	147,1	Muovi, sinkki, laakerimetallit
30X		294,2	
45X		441,3	
15Y	Pallo, jonka halkaisija on 12,7 mm	147,1	Muovi, sinkki, laakerimetallit
30Y		294,2	
45Y		441,3	

Koordinaattimittauskoneet

Mitutoyon koordinaattimittauskoneissa käytetään pääasiassa neljää rakennetyyppiä, jotka tarjoavat etuja kuten erinomainen vakaus, suuri tarkkuus, suuri mittaussnopeus, työkappaleen kiinnityksen helppous, jne.

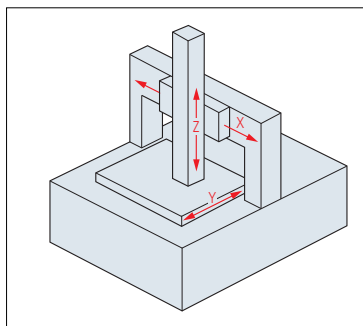
Liikkuva silta -tyypin KMK

Tämä tyyppi on varustettu pystysuoraan liikkuvalla pinolilla (Z-akseli), joka on asennettu kelkkaan (X-akseli), joka liikkuu vaakasuunnassa siltarakenteessa, joka on tuettu pohjasta ja jota ohjataan Y-akselina. Työkappale on asetettu kivitasolle. Monet Mitutoyon KMK-mallit ovat käyttävät tämän tyyppistä rakennetta, jolla saavutetaan suuri tarkkuus sekä suuri nopeus ja kiihtyvyyys. Mitutoyo tarjoaa laajan valikoiman tämän tyyppisiä KMK-laitteita kompakteista malleista suurimpiin kokoihin saakka.



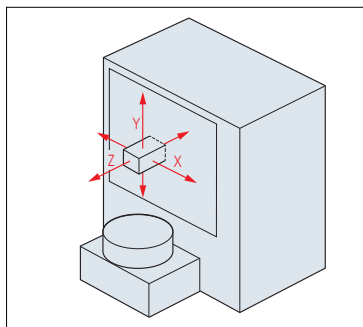
Kiinteä silta -tyypin KMK

Tämä tyyppi on rakennettu pystysuoraan liikkuvasta pinolista (Z-akseli), joka on asennettu kelkkaan (X-akseli), joka liikkuu vaakasuoraan siltarakenteessa, joka on kiinnitetty alustaan, ja pöydästä (Y-akseli), joka liikkuu rakenteessa. Työkappale on asetettu liikkuvalle pöydälle. Mitutoyon ultrakorkean tarkkuuden LEGEX-sarjan CNC-KMK käyttää tätä rakennetyyppiä, ja tarjoaa maailman suurimman tarkkuuden minimoimalla tyhjentävästi eri virhelähteet tutkimuksen ja analyysin avulla.



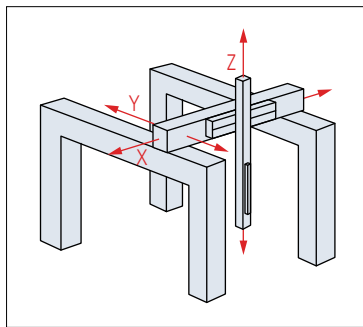
Vaakasuora varsi -tyypin KMK

Tämä tyyppi on varustettu vaakasuoraan liikkuvalla pinolilla (Z-akseli), joka on asennettu kelkkaan ja kelkka (Y-akseli) liikkuu pystysuunnassa pilarissa alustarakenteen tukemana ja pilari (X-akseli) liikkuu rakenteessa vaakatasossa. Työkappale on asetettu alustalle. Mitutoyon in-line-tyyppiset MACH-3A-sarjan CNC-KMK:t käyttävät tätä rakennetyyppiä. Niissä on nopea paikoitus, ne säästävät tilaa, ovat kestäviä ja soveltuvat asennettaviksi suoraan tuotantolinjalle.



Silta/alusta-tyypin KMK

Tämä tyyppi on määritetty pystysuoraan liikkuvana pinolina (Z-akseli), joka on asennettu kelkkaan (X-akseli), joka liikkuu vaakasuoraan kaksoissiltarakenteessa (Y-akseli), joka on tuettu kovalle alustalle. Työkappale asetetaan suoraan lattialle. Mitutoyon ultrasuuri erillistetty CNC-KMK käyttää tätä ratkaisua, joka toistaa Mitutoyon alkuperäistä rakennetta (liikkuva silta lattialle asennettuna). Se mahdollistaa suuren tarkkuuden mittaukset suurille, raskaille työkappaleille maailman suurimmalla mittaussalueellaan.



Koordinaattimittauskoneiden suorituskyvyn arviointimenetelmä

KMK:n suorituskyvyn arviointiin liittyen julkaistiin 2003 uusi julkaisuversio ISO 10360 -sarjasta, jota osittain uudistettiin vuonna 2009. Seuraavassa kuvataan standarditarkastustapa, sisältäen uudistetun sisällön.

Taulukko 1 ISO 10360 -sarja

	Kohta	ISO-standardin nro.	Julkaisuvuosi
1	Ehdot	ISO 10360-1:2000	2002
2	Pituusmittaus*	ISO 10360-2:2001	2001
3	Kääntöpöydällä varustettu KMK	ISO 10360-3:2000	2000
4	Skannausmittaus	ISO 10360-4:2000	2000
5	Yksittäis/monimittakärkimittaus**	ISO 10360-5:2002	2002
6	Ohjelmistojen tarkastus	ISO 10360-6:2001	2001

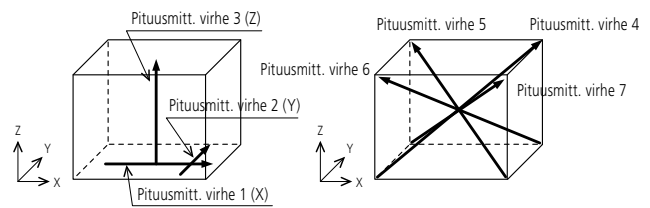
*Tarkistettu vuonna 2009 **Tarkistettu vuonna 2010

Suurin sallittu pituuden mittausvirhe $E_{0,MPE}$ [ISO 10360-2:2009]

Käyttäen standardi-KMK:ta määritellyllä mittapöydällä mittaa viisi eri kalibrintipituutta kolme kertaa kukin seitsemään suuntaan mittaustilavuuden sisällä (kuten kuvassa 1 on esitetty), eli yhteensä 105 mittausta.

Jos nämä mittaustulokset, huomioiden mittauksen epävarmuus, ovat yhtä suuri tai pienempiä kuin valmistajan arvot, niin se osoittaa, että KMK:n suorituskyky täyttää sen tekniset määrittäykset.

Tulos, OK/NG, vaaditaan arvioitavaksi epävarmuustekijät huomioon ottaen. Testin suurin sallittu virhe (vakioarvo) voidaan ilmaista missä tahansa seuraavista kolmesta muodosta (yksikkö: μm).



Kuva 1 Mittaus suunnat pituuden mittausvirheen saamiseksi

$$\begin{matrix}
 E_{0,MPE} MPE_{E,AL/K} B \\
 E_{0,MPE} MPE_{E,AL/K} \\
 E_{0,MPE} MPE_{E,B}
 \end{matrix}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 A: \text{Vakio } (\mu\text{m}) \text{ valmistajan ilmoittama} \\
 K: \text{Vakio, valmistajan ilmoittama} \\
 L: \text{Mittauspituus (mm)} \\
 B: \text{Ylempi raja-arvo } (\mu\text{m}), \text{ valmistajan ilmoittama}
 \end{array}
 \right.$$

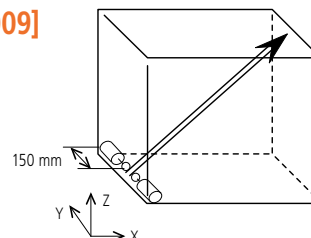
* ISO 10360-2:2009 määrittelee mittauksen neljään eri suuntaan olennaiseksi, ja suosittelee mittauksia kunkin akselin suuntaisesti, kun taas ISO 10360-2:2001 on määrittellyt mittaukset "mielivaltaisiin seitsemään suuntaan."

Seuraavat virheiden määritelmät lisättiin standardiin ISO 10360-2:2009.

Suurin sallittu pituuden mittausvirhe/pituuden mittausvirhe, kun Z-akselin mittakärjen poikkeama on 150 mm $E_{150,MPE}$ [ISO 10360-2:2009]

Pituuden seitsemään suuntaan mittaamisen lisäksi ISO 10360-2:2009 määrittää kahden linjan mittaamisen diagonaalisen YZ- tai XZ-tason yli mittakärjen poikkeamalla.

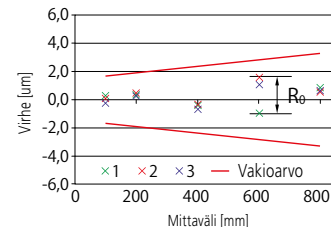
Huom: Mittakärjen siirtymä on oletusarvona 150 mm.



Kuvio 2 Pituusmittausvirhe, kun Z-akselin mittakärjen offset on 150 mm

Suurin sallittu raja toistettavissa pituusmittauksissa $R_{0,MPL}$ [ISO 10360-2:2009]

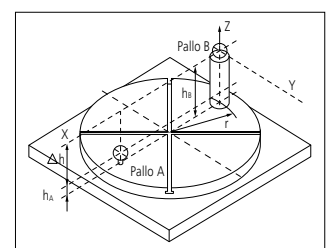
Suurin sallittu raja toistettavissa pituusmittauksissa R_0, MPL [ISO 10360-2:2009] Kun pituus on mitattu 3 kertaa, arvioidaan mittaustuloksien vaihtelua. Sitten laske toistettavuusalue R_0 .



Kuva 3 Pituuden mittauksen toiston vaihteluväli

Suurin sallittu pyörimisakselin radiaalisuunnan virhe MPE_{FR} , Suurin sallittu pyörimisakselin kytkentäsuunnan virhe MPE_{FT} ja suurin sallittu pyörimisakselin aksiaalisuuntainen virhe MPE_{FA} [ISO 10360-3:2000]

Tämän standardin mukaisen testimenettelyn tarkoituksena on sijoittaa kaksi kalibrintikuulaa pyöröpöydälle, kuten on esitetty kuvassa 4. Kierrä pöytää yhteensä 15 asemaan, sisältäen 0° , 7 asemaa plus (+) -suuntaan ja 7 asemaa miinus (-) -suuntaan, ja mittaa kahden kuulan koordinaatit jokaisessa kohdassa. Lisää sitten standardipallon epävarmuus kuhunkin säteen suuntaisten elementtien vaihteluun (alueeseen), joka yhdistää suuntaelementtejä ja kahden kuulan keskipisteen koordinaattien kiertoakselin suuntaelementtejä. Jos nämä lasketut arvot ovat vähemmän kuin annetut arvot, tämä testi on läpäisty.

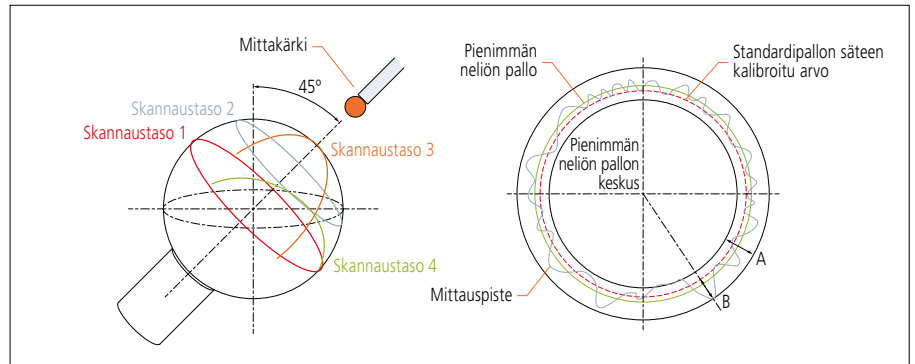


Kuva 4 KMK:n arviointi pyörivän pöydän avulla

Koordinaattimittauskoneet

Suurin sallittu skannauksen anturivirhe MPE_{THP} [ISO 10360-4:2000]

Tämä on standardi KMK:lle, jos se on varustettu skannausmittakärjellä. Skannauksen anturivirhe on ensimmäistä kertaa standardoitu ISO 10360-2:2009:ssa. Tämän standardin mukaisen testimenettelyn tarkoituksena on suorittaa neljän tason skannausmittaus kalibrointikuulalle ja sitten laskea pienimmän neliösumman menetelmällä pallon keskipiste ja laskea alue (mitta 'A' kuvassa 3), jossa kaikki mittauspisteet ovat. Pienimmän neliösumman menetelmällä edellä lasketun pallon kalibrointikuulan ja suurimman mittauspisteen tai pienimmän mittauspisteen välillä, ja otetaan suurempi etäisyys (mitta 'B' kuvassa 3). Lisätään laajennettu epävarmuus, joka yhdistää mittakärjen pään muodon epävarmuuden ja kalibrointikuulan muodon epävarmuuden jokaiseen A- ja B-mittaan. Jos molemmat lasketut arvot ovat vähemmän kuin annetut arvot, tämä skannausmittakärjen testi on läpäisty.



Kuva 3 Tavoitemittaustasot suurimmalle sallitulle skannausanturin virheelle ja sen arviointikonsepti

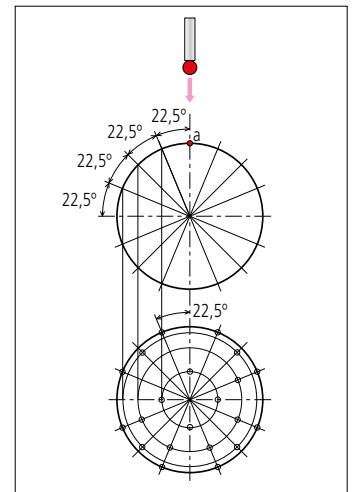
Suurin sallittu yhden mittakärjen muotovirhe $P_{FTU, MPE}$ [ISO 10360-5:2010]

Tämä mittaus sisältyi ISO 10360-2:2009:n dimensionaaliseen mittaukseen. Se on kuitenkin määritelty muodossa "KMK:t, jotka käyttävät yhden tai useamman kontaktimittakärjen järjestelmää" standardissa ISO 10360-5:2010.

Mittausmenettely ei ole muuttunut, ja seuraava on suoritettava.

Mittaa kalibrointikuulasta määritellyt pisteet (25 pistettä, kuten kuvassa 6) ja käytä kaikkia tuloksia pallon keskipisteen laskentaan pienimmän neliösumman menetelmällä.

Laske sitten pienimmän neliösumman etäisyys R pallon keskipisteestä kuhunkin 25:een mittauspisteeseen, josta saadaan säde-ero $R_{max} - R_{min}$. Jos se säde-ero, johon koostettu epävarmuus mittakärjen päästä ja standardi-testipallosta lisätään, on yhtäsuuri tai pienempi kuin annettu arvo, niin voidaan arvioida, että mittapää on läpäissyt testin.



Kuva 2 Tavoitepiste suurimman sallitun anturivirheen määrittämiseksi

KMK:n mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on arvo, jota käytetään arvioitaessa mittaustulosten luotettavuutta.

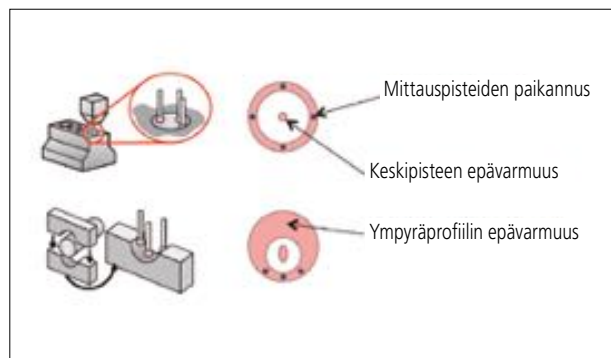
Standardissa ISO 14253-1:2013 ehdotetaan epävarmuuden huomiointia, kun arvioidaan mittaustuloksia suhteessa määrittäykseen.

Ei kuitenkaan ole helppoa arvioida KMK:n suorittamien mittausten epävarmuutta.

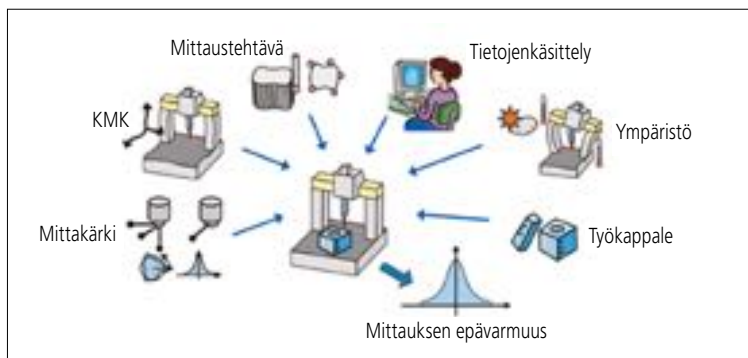
Mittauksen epävarmuuden arvioimiseksi on välttämätöntä kvantifioida jokainen epävarmuuden lähde, ja määrittää, miten se etenee mittaustuloksiin. KMK voi piirustusohjeiden tai käyttäjän tarkoituksen mukaan käyttää kaikenlaisia asetuksia, jotka määrittävät, miten mittaus on suoritettava, kuten mittauspisteiden jakauma tai peruselementtien määrittäminen. Tämä ominaisuus tekee vaikeammaksi havaita epävarmuuden lähteet, jotka vaikuttavat tulokseen. Käytettäessä ympyrän mittausta esimerkkinä, vain yhden mittauspisteiden ero tekee välttämättömäksi epävarmuuden laskemisen uudelleen.

Lisäksi on olemassa monia epävarmuustekijöitä, jotka on huomioitava KMK:een liittyen. Niiden vuorovaikutukset ovat monimutkaisia.

Edellisen takia, on lähes mahdotonta yleistää KMK:n mittausepävarmuuden arvioimista.



Esimerkki ympyrämittauksesta KMK:illa



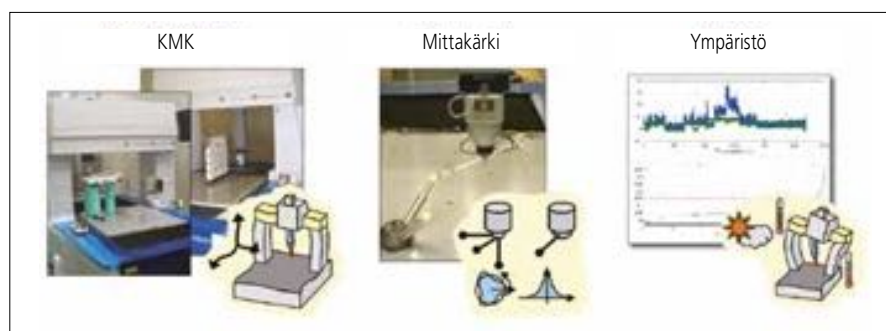
Merkittäviä vaikutuksia, jotka aiheuttavat mittausepävarmuutta KMK:ssa

KMK:n ja virtuaali-KMK-ohjelmiston mittausepävarmuus

Virtuaalinen KMK-ohjelmisto mahdollista monimutkaisten KMK:n mittausepävarmuuksien arvioinnin. Ohjelmisto simuloi KMK:ta tietokoneella perustuen koneen ominaisuuksiin, ja tekee virtuaalisia (simuloituja) mittauksia. Simuloidut mittaukset suoritettiin operaattorin luoman osiohjelman mukaisesti. Koneen ominaispiirteet arvioidaan kokeellisista arvoista, jotka perustuvat todellisen koneen geometrisiin ominaispiirteisiin, lukuominaisuuksiin ja lämpötilaympäristöön, jne. KMK:n mittausepävarmuus voidaan helposti arvioida käyttämällä Virtuaalinen KMK -ohjelmistopakettia.

ISO15530 Osa 4 (ISO/TS 15530-4 (2008)) määrittelee, miten todennetaan tehtäväkohtainen mittausepävarmuus tietokonesimuloinnilla.

Virtuaalinen KMK vastaa tätä määrittäystä.



KMK-epävarmuuselementtien kvantifiointi kokeellisesti

Huom: Virtuaalinen KMK on ohjelmistopaketti, jonka on alun perin kehittänyt PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).

Soveltuvat osat standardista ISO15530: Geometriset Tuotetiedot (GPS) - Koordinaattimittauskoneet (KMK): Tekniikka mittausepävarmuuden määrittämiseksi -

Osa 3: Kalibroittujen työkalujen ja mittanormaalien käyttö

Osa 4: Tehtäväkohtaisen mittausepävarmuuden arviointi simulaation avulla [Tekninen määrittäminen]

Koordinaattimittauskoneet

Pikaopas mittakärkiin

Mittakärjen valinnalla on tärkeä vaikutus KMK:lla saatavien mittausten tarkkuuteen. Tässä pikaopas mittakärjen valintaan.

Mittakärki on osa mittapäätä, joka koskettaa työkappaleeseen, ja johon yleensä kuuluvat varsi ja pallokärki. Mittakärki toimii tuomalla pallon kosketukseen työkappaleen kanssa saadakseensa mittauksen tuloksena olevan signaalin. Mittakärjen muoto ja mitat täytyy valita työkappaleesta riippuen. Joka tapauksessa on tärkeää, että mittakärki on erittäin jäykkä ja sen kärjen muoto on käytännössä täydellinen pallo.



• Mittakärjen valinta

On suositeltavaa, että mittakärki valitaan seuraavien tekijöiden perusteella, jotta varmistetaan suurin mahdollinen mittaustarkkuus.

1. Valitse lyhin mahdollinen mittakärki.

Mitä pitempi mittakärki on, sitä enemmän se joustaa, josta seuraa pienempi tarkkuus. Myös mittakärjen paikan tarkkuus on kääntäen verrannollinen etäisyyteen mittakärjen nivelestä mittakärjen palloon, joten lyhin mittakärki antaa suurimman tarkkuuden.

2. Vähennä liitosten määrää aina, kun mahdollista.

Mittakärjen ja jatkoksen käytön yhdistelmä lisää taipuman ja välysten mahdollisuutta. Käytä mahdollisimman vähän komponentteja kaikkiin käyttötarkoituksiin.

3. Käytä mahdollisimman suurta pallokärkeä.

Suuremman pallon käyttö lisää tilaa pallon ja varren välillä, ja pienentää näin mahdollisuutta varren ja työkappaleen toisiinsa osumiseen ("varsikosketus"). Suurempi pallo myös vähentää pinnan viimeistelyn vaikutusta työkappaleen mittauksen tarkkuuteen.

• Materiaali

Mittakärjen yhteydessä käytetään sovelluksen mukaisesti sopivaa materiaalia varressa, pallossa ja muissa lisävarusteissa. Seuraavassa esitellään yleisesti käytettyjen materiaalien ominaisuuksia ja etuja.

1. Varsi

Taipumisen minimoimiseksi varren on oltava mahdollisimman jäykkä. Mitutoyo tarjoaa seuraavia materiaaleja:



• Volframikarbidi

Tämä materiaali tarjoaa erinomaisen jäykkyyden pienillä varren halkaisijoilla, joten se on ihanteellinen useimpiin tavallisiin sovelluksiin. Mittakärjen massa on otettava huomioon suuren varren läpimitan ja pitkän mittakärjen tapauksessa.



• Ruostumaton teräs

Ei-magneettista ruostumatonta terästä olevat varret tarjoavat parhaan jäykkyyden ja massan suhteen.

- **Keraaminen**

Tätä materiaalia käytetään mittakärjissä lähinnä sen korkean jäykkyys-massa-suhteen takia. Sen lämpöstabiilius on erinomainen, eikä ympäristön lämpötila vaikuta siihen, mikä mahdollistaa paremman mittaustarkkuuden.

- **Hiilikuitu**

Hiilikuitu on sopiva materiaali pitkille mittakärjille, koska hiilikuitumittakärjen massa on n. 20 % kovametallimittakärjen massasta. Erinomaisen lämpöstabiiliuden ansiosta toimintaympäristö ei juuri vakuuta hiilikuituiseen mittakärkeen.

2. Pallokärki

Sopivimman pallokärjen materiaalin valinnassa on otettava huomioon mittausmenetelmä ja työkappaleen materiaali.

- **Rubiini**

Rubiinipallossa on erityisen kova, sileä pinta, jolla on suuri puristuslujuus ja erinomainen mekaaninen toiminta.

Rubiini on tarkoituksenmukainen pallon materiaali monien eri työkappaleiden skannaukseen, mutta se voi aiheuttaa hankausta alumiiniin ja valuraudan skannausmittauksen aikana. Tässä tapauksessa on suositeltavaa käyttää muita materiaaleja, kuten alla on esitetty.

- **Piinitridi**

Piinitridi on samanlainen kuin rubiini, on keraaminen materiaali, joka tarjoaa suuren kovuuden ja vahva kulutuskestävyyden. Koska piinitridi ei sulaudu alumiiniin, se ei aiheuta kulumista, kuten rubiini. Kuitenkin on suositeltavaa, että piinitridipalloa käytetään vain alumiinisille työkappaleille sen huomattavan teräspintojen kulutusherkkyyden takia. Huom: Tämä materiaali on asiakkaiden saatavilla tilauksesta.

- **Sirkoniumoksidi**

Sirkoniumoksidi on keraaminen materiaali, jonka kovuus on erityisen hyvä ja sen kovuus- ja kulumiskestävyysominaisuudet vastaavat rubiinia. Sirkoniumoksidipallo on ihanteellinen valurautatyökappaleiden skannaukseen, koska sillä ei ole tässä materiaalissa hankaavia ominaisuuksia. Huom: Tämä materiaali on asiakkaiden saatavilla tilauksesta.

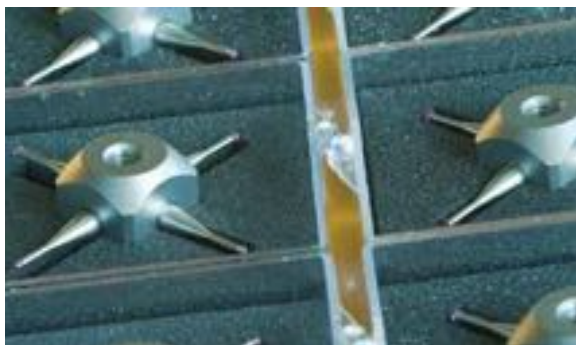
• Kalibrointi

Vaikka on valittu työkappaleelle sopiva mittakärki, ei tarkkoja mittaustuloksia saada, ellei käytettyä mittakärkeä kalibroida ennen mittausta. Kalibrointiin kuuluu kalibrointikuulan mittaus tietyssä työjärjestyksessä, jotta KMK-ohjelmisto voi määrittää pallokärjen ja mittapään/mittakärjen ominaispiirteet.

- **Kalibrointimekanismi**

KMK laskee paikan ja halkaisijan kullekin mittakärjelle käyttäen erityistä mittakärjen kalibrointiohjelmaa.

Tämä ohjelma käyttää KMK:lla tehtyjä kuulan mittauksia jokaisella konfiguroidulla mittakärjellä pallon todellisen läpimitan määrittämiseksi, ja tallentaa mitatut tiedot ohjelmistoon. Kalibrointikuulan tarkka halkaisija tunnetaan aiemmasta kalibrointimittauksesta, ja se tallennetaan myös käytettäväksi laskuissa. Koska työkappaletta voidaan mitata kaikista suunnista, mittakärki kalibroidaan mittauksilla useilta pisteiltä viitepallolta. Skannausjärjestelmän on saatava useita pisteitä kalibrointia varten. Näillä todetuilla menetelmillä kunkin mittakärjen toiminnallinen halkaisija ja kunkin mittakärjen keskipisteen paikat koneen koordinaatistossa saadaan asetettua tarkkoja mittauksia varten.



Mitutoyo Scandinavia AB Finnish Branch

Viherkiitäjä 2A
33960 Pirkkala
Suomi

p: 040 355 8498
email: info@mitutoyo.fi

