

Mitutoyo

KOORDINAATTIMITTAUSJÄRJESTELMIEN MITTAKÄRJET

Oikea valinta, käyttö ja hoito



Johdanto – ensimmäiset mittakärjet	2
1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten	4
1.1 Mittakärkityypit	6
1.2 Kontaktipistemateriaalit	14
1.3 Kuulan halkaisijan ja muodon poikkeamat	16
1.4 Skannausmittakärkien erityisvaatimukset	18
1.5 Mitutoyo StyliCleaner	18
1.6 Kuulan ja varren liittäminen	20
2. Varsimateriaalit	22
3. Tärkeät materiaaliominaisuudet	24
4. Tarvikkeet	26
5. Mittakärkien kalibrointi	28
6. Tärkeitä kriteereitä mittakärjille	30

Johdanto – ensimmäiset mittakärjet

1960-luvulla ja 70-luvun alkupuolella KMK:t olivat käsikäyttöisiä, ja niiden toiminta perustui erimuotoisten, kovien mittakärkien kontaktiin mittauspöydällä olevaan kappaleeseen. Kartioita upotettiin reikiin, puolipalloja käytettiin reunojen paikkojen havaitsemiseen, ja pallopäisiä antureita erilaisilla halkaisijoilla oli käytettävissä yleiseen pintojen tutkimiseen. Kun mittakärki oli halutussa asennossa, operaattori painoi jalkakytintä koordinaattien tallentamiseksi. Halutun koordinaatin saamiseksi suoritettiin laskuja kappaleen muodon ja käytetyn mittakärjen perusteella. Kosketusmittakärki kehitettiin vasta vuonna



1973. Paitsi että se teki manuaalisesta mittauksesta helpompaa, nopeampaa ja tarkempaa, se oli avainkomponentti, joka lopulta teki nykyiset tietokoneohjatut (CNC) -KMK:t mahdolliseksi.

Kova mittakärki ei ollut yhtä monipuolinen kuin nykyaikainen kosketusmittakärki, mutta saattoi olla yllättävän nopea XY-käytössä, jopa ylittäen nykyaikaisten tyyppien nopeuden. Esimerkiksi kartiomittakärjellä, kuten edellä on esitetty, pystyttiin löytämään reikien paikat yhdellä nopealla liikkeellä, käyttäjän vain pitäessä mittakärkeä tiukasti reiässä samalla jalkakytintä painaen. Haitta oli, että se ei voinut tuottaa halkaisijatulosta, ja mittaukseen tuli reiän reunan kunnosta riippuva virhe. Mutta tämä oli erittäin nopea tapa tarkastaa keskipisteiden välisiä etäisyyksiä. Nopeus on suuri etu, ja edellä kuvassa on hyvä esimerkki komponentista, josta on tarkastettava useita paikkakoordinaatteja. Tämä on harvinainen esimerkki käytännöllisesti katsoen jo vanhentuneesta mittakärjestä, jolla edelleen on suorituskykyetu nykyaikaiseen mittakärkeen verrattuna, ainakin rajoitetusti. Kovan mittakärjen tarkkuus riippuu kuitenkin aina sen käyttäjän taitotasosta. Tosin toiminnaltaan vanhentuneita, kovia antureita edelleen vielä käytetään joskus, ja ne voivat olla kustannustehokkaita joissakin sovelluksissa, kuten 2D-profiilin mittauksessa.

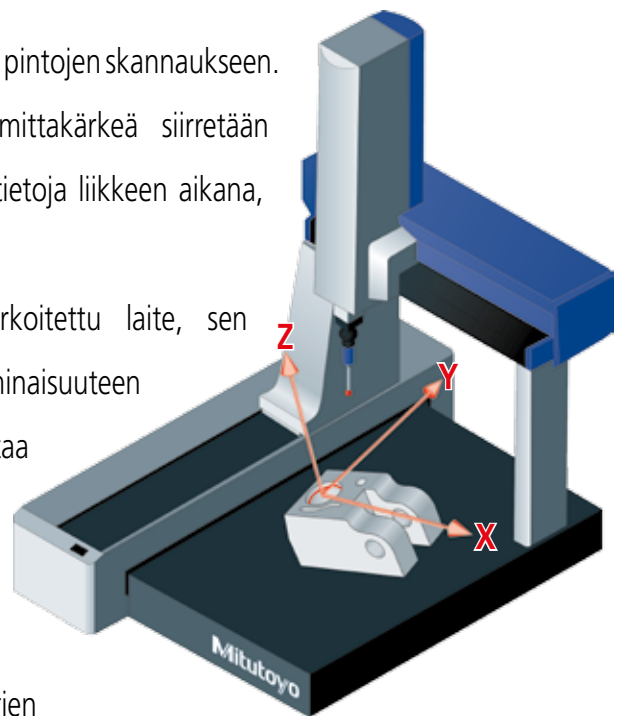


1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

Mittakärjet ovat tärkeässä osassa koordinaattimittauksessa. Ne ovat ensimmäinen ja ainoa yhteys työkappaleen ja mittauskoneen välillä. Tämä kosketus laukaisee mittakärjen kytkinmekanismin, joka siirtää signaalin järjestelmään. Mittakärjet on valmistettu erittäin tarkkaa tiedonkeruuta varten. Kosketusmittakärjen tehtävä on kerätä tietoa työkappaleen pinnalta. Jokainen kosketus edustaa pistettä, jonka sijainti voidaan ilmaista 3D-koordinaatistossa, jonka X-, Y- ja Z-akselit määrittävät. Tätä dataa käyttää sitten erittäin hienostunut mittaushjelmisto, kuten Mitutoyo MCOSMOS, laskeakseen mitattavan työkappaleen elementtien muodon ja koon.

Erityyppinen mittakärki voi olla tarpeen työkappaleen pintojen skannaukseen. Tämä mittaumenetelmä tarkoittaa sitä, että mittakärkeä siirretään työkappaleen pintaa pitkin, ja se kerää jatkuvasti tietoja liikkeen aikana, ja siirtää ne mittaushjelmistoon.

Koska mittakärki on tietojen kokoamiseen tarkoitettu laite, sen on pystyttävä pääsemään mitattavaan ominaisuuteen mahdollisimman suurella tarkkuudella. Tämä tarkoittaa sitä, että sen on oltava virheettömässä kunnossa ja valmistettu mittaumenetelmälle sopivista materiaaleista. Muussa tapauksessa seurauksena voi olla virheellisiä mittaustuloksia sekä mittakärjen tai työkappaleen liiallinen kuluminen.



Oikean mittakärjen valintaa kuhunkin sovellukseen on harkittava huolellisesti. Mutta mikä mittakärki sopii parhaiten, ja missä olosuhteissa, käyttöön mittalaitteissamme ja tiettyssä mittaustyössä? Ratkaisevia tekijöitä ovat työkappaleen muoto ja materiaali, mitattavissa olevat ominaisuudet, koneen anturin liitännän kierteet, sekä ympäristön lämpötila. Mitutoyo tarjoaa yli 600 korkealaatuisen mittakärjen ja laitteiden valikoiman, jotka on valmistettu huolella valituista materiaaleista, kuten teräs, ruostumaton teräs, alumiini, hiilikuitu, kovametalli, keramiikka, rubiini, zirkoniumoksidi ja piinitridi.



1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

1.1 Mittakärkityypit

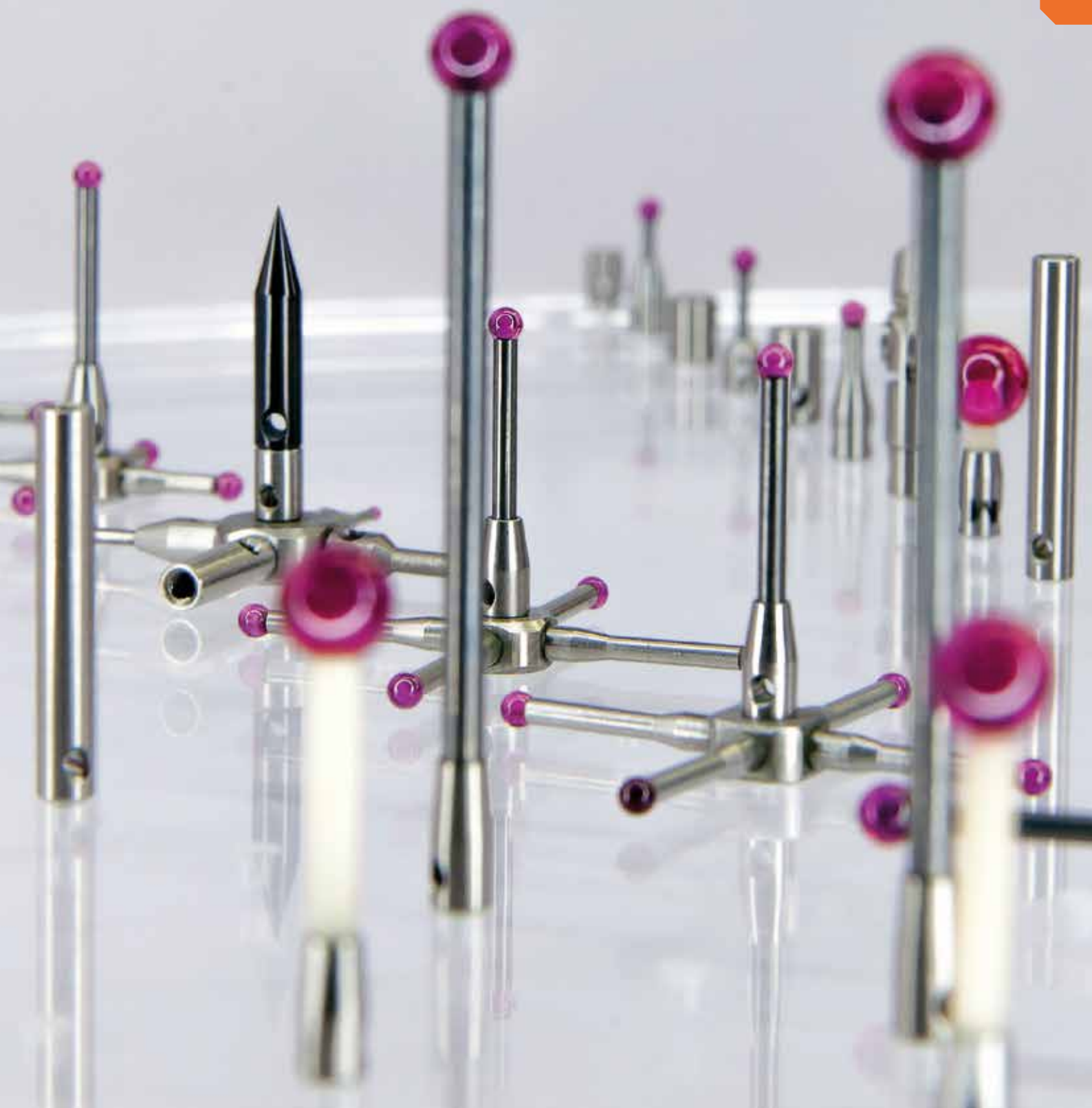
Käytettävät mittakärkityypit riippuvat pitkälti mitattavasta ominaisuudesta ja käytettävästä mittapäästä. Sen on kyettävä saavuttamaan kaikki kohdat. Jos kiinteällä mittapäällä varustetulla KMK:lla on tarkoitus suorittaa kaikki työkappaleen mittaukset, saatetaan tarvita useita mittakärkiä, jotka on asennettu eri asentoihin. Tämä puolestaan vaatii eri muotoisia mittakärkiosia, jatkoja ja niveliä. "Mittakärkikokoonpano" on kaikkien näiden komponenttien yhdistelmä. Mitutoyo tarjoaa näitä kaikkia erilaisista materiaaleista valmistettuna kaikkiin tarkoituksiin ja tarpeisiin. On kuitenkin huomioitava suurin paino, jota anturi voi kantaa. Sen määrittelee anturin valmistaja.

Mittakärjet on varustettu erilaisilla liitäntäkierteillä, kooltaan tyypillisesti M2:n ja M5:n välillä. Kierresovittimet tekevät eri mittakärkien käytöstä erittäin joustavaa.

Suorat mittakärjet

Yksinkertaisin konfiguraatio, joka palvelee useimpia helposti tavoitettavissa olevien elementtien mittaustehtäviä, on suora mittakärki. Verrattuna suoraan mittakärjen varteen kapeneva varsi parantaa vakautta mittauksen aikana. Varret valmistetaan tyypillisesti titaanista, kovametallista, hiilikuidusta, keraamisesta aineesta tai ruostumattomasta teräksestä. Mitutoyo tarjoaa mittakärkikuulia useista eri materiaaleista valmistettuna (rubiinin, keraaminen aine, piinitridi, zirkoniumoksidi ja kovametalli).





1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten



Kääntyvät mittakärjet

Kulmassa pintaan tehtyjen aukkojen mittauksissa voidaan käyttää kääntyvää mittakärkeä erilaisten piirteiden mittaamiseksi mittakärkeä vaihtamatta. Niissä on kiristettävä nivel, joka voidaan joustavasti säätää oikeaan kulmaan.



Tähtimittakärjet

Tähtimittakärki koostuu useista – yleensä viidestä – suorasta mittakärjestä, jotka on koottu tähden muotoon. Kuten suoratkin mittakärjet, kuulat valmistetaan zirkoniumoksidista, rubiinista tai silikoninitridistä. Tyypillisesti tähtimittakärjet muodostuvat mittakärkikeskustasta, jossa on kuusi kierrettä, joihin voi kiinnittää viisi suoraa mittakärkeä. Tällainen kokoonpano auttaa mittaamaan ominaisuuksia paitsi työkappaleen päältä myös sen sivuilta ja sisärei'istä, porauksista ja muista onteloista.



Sylinterimäiset mittakärjet

Ohuita työkappaleita, kuten metallilevyjä, on hankala mitata pallo-mittakärjellä. Jotta varmistetaan oikea kosketus mitattavaan pintaan, valmistajat tarjoavat sylinterin muotoisia mittakärkiä, joita voidaan käyttää X- ja Y-suunnissa mittaamiseen. Sylinterimittakärkeä, jossa on pallonmuotoinen pää, voidaan käyttää myös Z-suunnan mittaamiseen.

1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

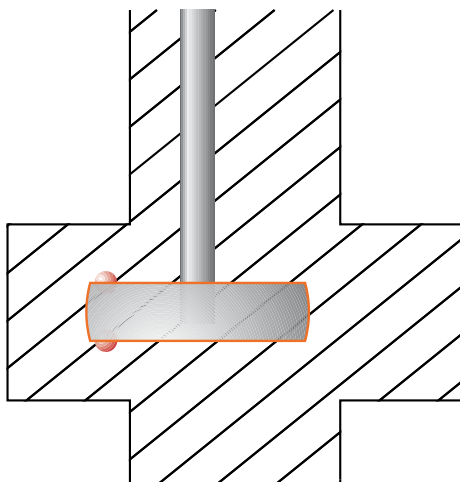
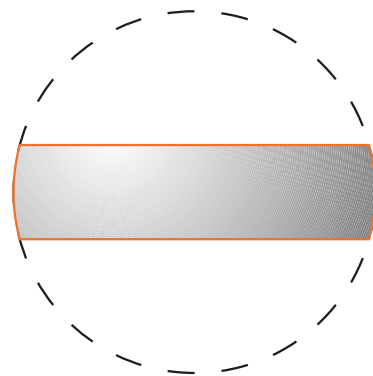
Lautasmittakärjet

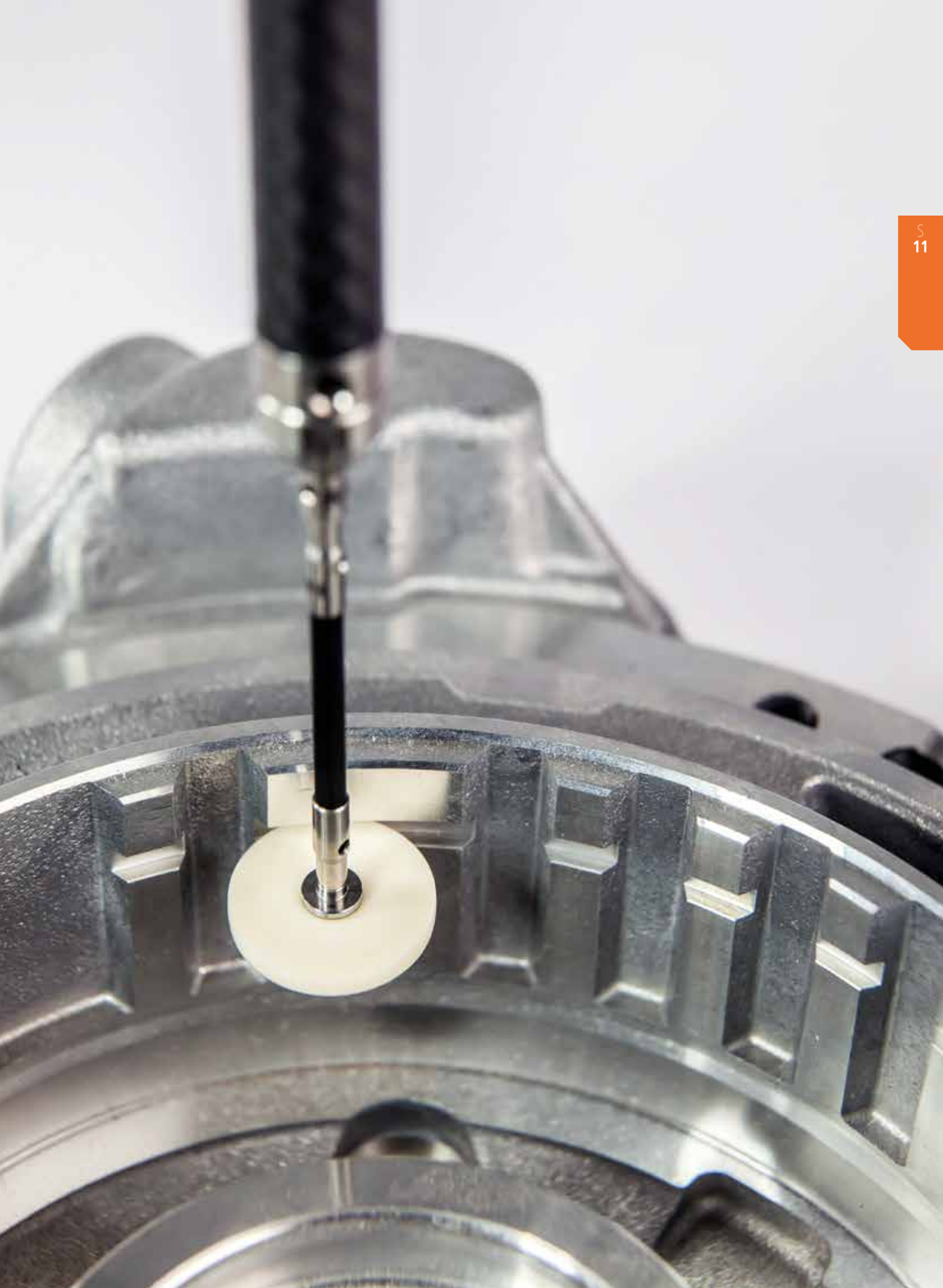
Lautasmittakärki on suuren pallon segmentti, joka on liitetty sen mittapään yhdistävään varteeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että lautasmittakärjen reunat ovat kaarevia. Lautasmittakärkiä on saatavana useilla halkaisijoilla ja paksuuksilla. Kärjen materiaali on tavallisesti keraami, rubiini tai teräs. Niitä voidaan kääntää täysi kierros ilman uudelleenkalibroinnin tarvetta. Lisäksi keskelle voidaan sijoittaa mittakärki, joka tekee lautasmittakärjestä erittäin monipuolisen instrumentin. Tyypillisesti lautasmittakärkiä käytetään mittaamaan sisäuria ja koloja, jotka eivät ole tähtimittakärkien ulottuvilla.

Mittaukset lautasmittakärjellä rajoittavat X- ja Y-suuntiin. Kuitenkin kärjet, jotka on varustettu lautasen ylä- ja alapuolisilla puolipalloilla, mahdollistavat Z-akselin suuntaisen mittauksen. Näin puolipalloilla varustettu levymittakärki voi mitata urasta paitsi läpimitan myös sen leveyden.



Lautasmittakärki on muodoltaan litteä osa suurta palloa (yllä). Puoliympyrä-lautasmittakärjellä voidaan mitata uran leveys (vasemmalla).

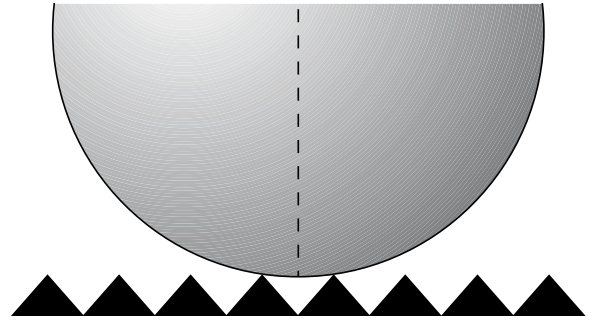


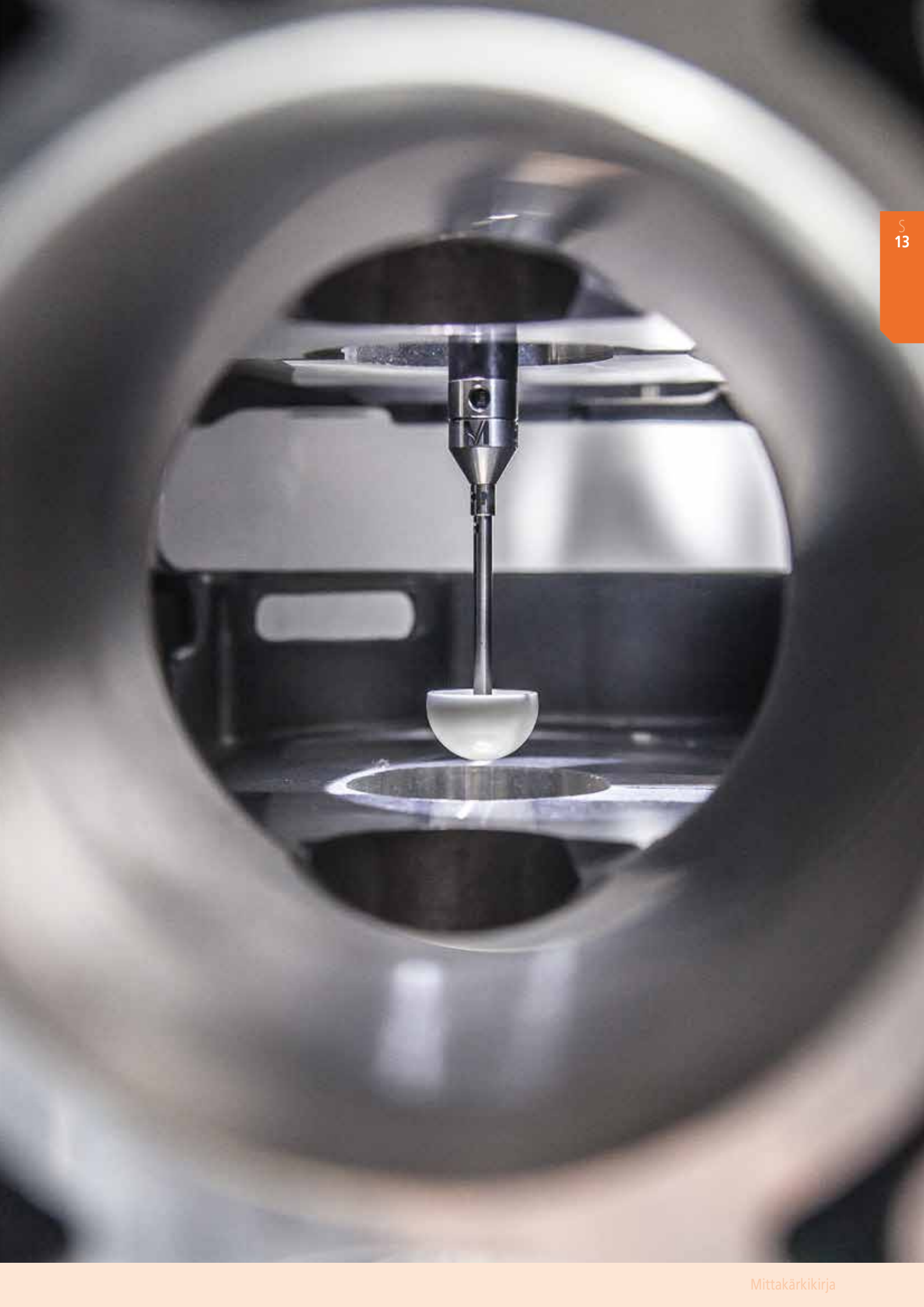


1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

Puolipallomittakärjet

Tätä mittakärkityyppiä käytetään enimmäkseen syvällä työkappaleiden sisällä, erityisesti karkean pinnan mittauksessa. Mitä suurempi halkaisija, sitä paremmin puolipallo voi kompensoida pinnan karheutta.





1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

1.2 Kontaktipistemateriaalit

Rubiini

Kaikista mittakärkimateriaaleista kovimpana rubiini on täydellinen yleisratkaisu erittäin hyvin kulutusta kestävien, pallomaisten kontaktipisteiden valmistukseen. Rubiinista valmistettuja kontaktipisteitä on käytetty sekä kokeiltu ja testattu useimmissa tavallisissa sovelluksissa vuosikymmenten ajan. Rubiinin alhainen tiheys mahdollistaa mittakärjen pään massan pitämisen mahdollisimman pienenä, joka mahdollistaa tehokkaasti massan hitauden aiheuttamien väärin kosketuksien havaitsemisen, kun KMK liikkuu tai värisee.



Zirkoniumoksidi

Zirkoniumoksidista – keraamisesta yhdisteestä – valmistettujen kontaktipisteiden erityisten pintaominaisuuksien takia niitä pidetään parhaana valintana hiovien pintojen voimakkaaseen skannaukseen, kuten esimerkiksi valurautaisille työkappaleille. Zirkoniumoksidilla on käytännöllisesti katsoen sama kovuus ja kulutuskestävyys kuin rubiinilla. Materiaali myös liukuu karkeilla pinnoilla pehmeämmin (kitkattomammin).

Piinitridi

Piinitridi on erittäin kova ja erinomaisesti kulutusta kestävä materiaali, jolla on kaikista kuulamateriaaleista pienin pinnankarheus. Erityinen etu: Piinitridi ei vedä puoleensa alumiinihiukkasia, kun skannaat alumiinisen työkappaleen pintaa. Muiden materiaalien käyttö tähän tarkoitukseen voi johtaa kosketuspisteen huomattavaan pinnoittumiseen ja siten kärjen halkaisijan kasvamiseen.

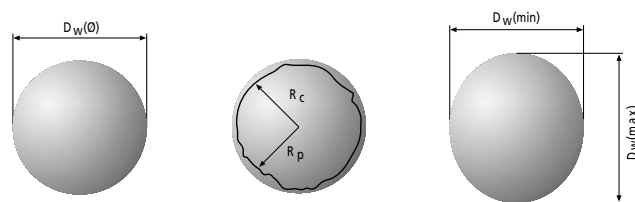




1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

1.3 Kuulan halkaisijan ja muodon poikkeamat

Ihanteellisessa, vaikkakin teoreettisessa, tapauksessa kärki on täysin pallonmuotoinen. Todellisuudessa kärkikuula voi kuitenkin olla vain hyvin lähellä täydellisen pallon muotoa. Poikkeamat muodossa ja halkaisijassa ovat väistämättömiä. Kuulan luokka – arvosta 48 (vähiten tarkka) arvoon 3 (korkein luokka) – kuvaa sen tarkkuutta. Poikkeama täydellisestä pallosta vaikuttaa mittauksiin. Halkaisijan toleranssit kuitenkin kompensoidaan kalibrointiprosessissa. Mitutoyo käyttää vain korkealuokkaisia kuulia.



Halkaisijan ja muodon poikkeamat

Luokka	Kuulan \varnothing	VDs maks.	Ra maks.	tDws
G3	12,7 mm	0,08 μm	0,010 μm	0,08 μm
G5	12,7 mm	0,13 μm	0,014 μm	0,13 μm
G10	25,4 mm	0,25 μm	0,020 μm	0,25 μm
G16	25,4 mm	0,40 μm	0,025 μm	0,40 μm
G20	38,1 mm	0,50 μm	0,032 μm	0,50 μm

Kärkimateriaalien ominaisuudet

Ominaisuudet	Yksikkö	Safiiri	Rubiini	Alumiinioksidi	Piinitridi gehiitti (HP-Si3N4)	Zirkoniumoksidi ATZ
kemiallinen kaava		Al2O3	Al2O3	Al2O3	SiN4	ZrO2
yhdenmukainen	paino-%	99,99	99	99,8	>90	76/20/4
tiheys	g/cm3	3,99	3,99	3,86	3,2	5,5
kovuus	HV	2300	2300	1900	1600	1400
paineenkestävyys	MPa	2100	2100	2500	3000	>2000
vastaava kuitu	MPa	400-700	400-700	350	850	2400
murtumislujuus K1c	MN/m 3/2	1	1	3,5	7	10
elastisuusmoduulit	GPa	430	430	350	320	220
lämpölaajeneminen	10-6/K	5,4	5,4	7,8	3,2	9
lämmönjohtavuus	W/mK	36	36	29	40	6
ominaislämpökapasiteetti	J/kgK	755	755	900	750	600
suurin käyttöpaikan ilman lämpötila	°C	1800	1800	1900	1100	1000
kemiallinen kestävyys	(hapot) (liuotus)	optimaalisesti hyvä	optimaalisesti hyvä	optimaalisesti hyvä	optimaalisesti hyvä	hyvä hyvä



1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

1.4 Skannausmittakärkien erityisvaatimukset

Tiedonkeruu skannaamalla tarkoittaa, että mittakärkeä siirretään työkappaleen pinnalla jatkuvasti. Tämä lisää sekä mittakärjen että työkappaleen kulumista. Koska jäämät voivat vaikuttaa mittaukseen, kerrostumat on poistettava oikean mittausdatan varmistamiseksi. Tämän tyyppisen kerääntyneen liinan poistamiseen mittakärjestä tarvitaan nukkaamaton liina.



Hankaavien materiaalien skannaus

Hiovista materiaaleista, kuten valuraudasta, valmistettujen työkappaleiden skannaaminen vaatii erittäin vahvasta materiaalista valmistetun kärjen. Pienet hiukkaset voivat aiheuttaa kulumista sekä kärjessä että työkappaleessa. Ihanteellinen materiaali hiovien aineiden skannaamiseen on zirkoniumoksidi.



Alumiiniosien skannaus

Alumiinisia osia skannattaessa on vältettävä rubiiniikuulaisten mittakärkien käyttöä. Nämä kaksi materiaalia vetävät toisiaan puoleensa. Tuloksena olisi paksu pinnoite rubiinikuulaan. Näihin mittauksiin piinitridikuulat ovat paljon parempi vaihtoehto.

1.5 Mitutoyo StyliCleaner

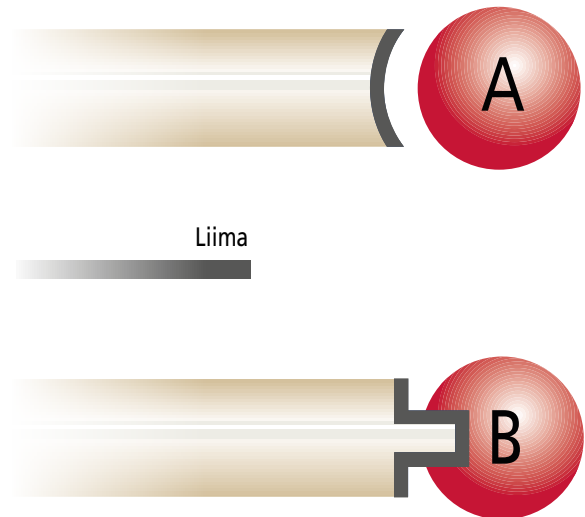
Paras tapa puhdistaa kosketusmittakärki on Mitutoyo StyliCleaner – integroitu ratkaisu pölyn ja lastujen poistamiseen koordinaattimittauskoneen mittakärjistä. StyliCleaner puhdistaa automaattisesti mittakärjen pään – myös mittausprosessin aikana. Jopa vain 30 sekunnissa paineilman ja pesuaineen yhdistelmä poistaa luotettavasti kaiken lian kärjestä. StyliCleaner ei vain korvaa itse käsin puhdistusta, vaan myös kaikki siihen liittyvät, aikaavievät mittakärjen kulmien uudelleenkalibroinnit. Lisäksi StyliCleaner varmistaa mittakärkien kalibrointiprosessin onnistumisen.



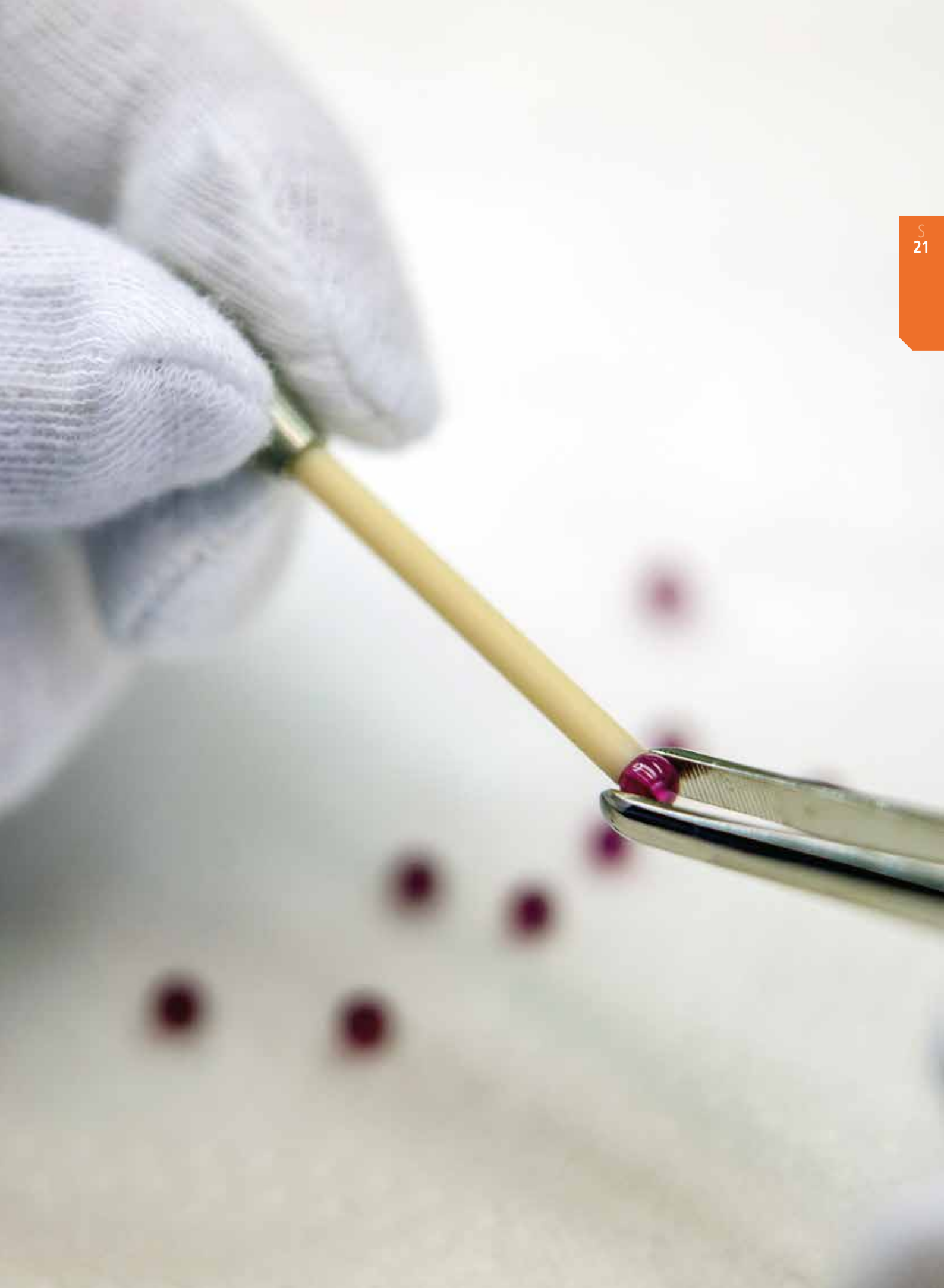
1. Ensimmäinen kontakti: Oikea mittakärki mittaussovellustasi varten

1.6 Kuulan ja varren liittäminen

Yleisesti käytetään kahta eri tapaa liittää kuula ja varsi – joko kuppi- tai akseli/reikä-asennuksena. Kuppiliitoksen tapauksessa pallo on liimattu varren päässä olevaan pallopintaiseen kuppiin. Akseli- ja reikäkokoontamiseen kuuluu reiän poraaminen kuulaan ja porrastetun varren liima-asennus tarkasti poraussyvyttä vastaavasti. Viimeksi mainittu muoto on tietenkin paljon vakaampi.



Tappi- ja reikäliitos mahdollistaa erittäin hyvän vakauden.



2. Varsimateriaalit

Mittakärjen varren materiaali on valittava huolella, jotta se soveltuisi mittaustyöhön. Yleensä on käytettävä lyhyintä ja vakainta mittakärkeä. Pitkien mittakärkien varsien on oltava erittäin jäykkiä minimoidakseen mittausvoiman aiheuttaman taivutuksen ja siten myös mittausvirheet. Termisesti stabiilit materiaalit tai materiaaliyhdistelmät ovat välttämättömiä mittausympäristöissä, joissa lämpötila vaihtelee. Tällä tekijällä on kuitenkin vähäinen merkitys tiloissa, joissa on vakaa lämpötila.

Teräs

Ensisijainen materiaali korkean lujuuden tarkkuusmittakärjille, jotka mahdollistavat erittäin tarkat mittaukset. Ylivoimainen lujuus tekee teräksestä erinomaisen materiaalivaihtoehdon mittakärkien ja viite-elementtien valmistukseen.

Keraaminen materiaali

Erittäin kevyt ja erittäin jäykkä. Ihanteellinen materiaali, varsinkin pitkille varsille. Niiden vähäinen laajenemistaipumus korkeammissa lämpötiloissa tekee keraamisista mittakärjistä sopivia käytettäväksi myös tuotantoympäristössä.

Hiilikuitu

Korkealaatuinen materiaali, jonka laajenemiskerroin on käytännöllisesti katsoen nolla jopa 45 asteen ympäristön lämpötilaan saakka. Hiilikuitu on myös erittäin kevyt ja erittäin jäykkä, joten se sopii erityisen hyvin pitkien mittakärkien valmistukseen.

Hiilikuituputki

Lämpölaajenemiskerroin ei käytännössä ole havaittavissa lämpötiloissa välillä 15–40 °C. Mitutoyo käyttää hiilikuituputkea huippulaatuisiin mittakärkiin, edistyneisiin mittakärkikonfiguraatioihin ja mittakärkien jatkoihin.

Alumiiniseos

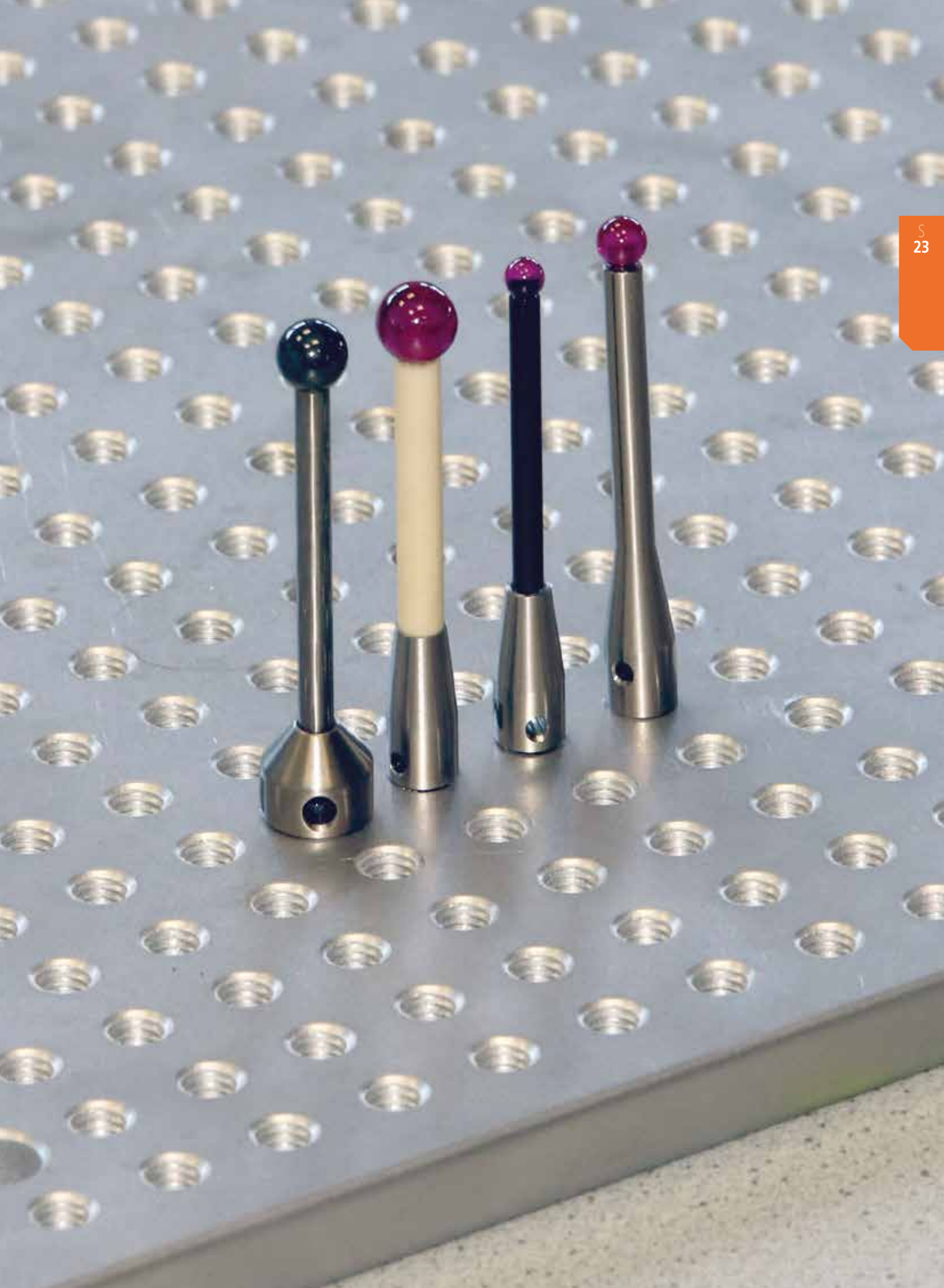
Kevyt ja vakaa, ja siksi sitä käytetään usein mittakärkien jatkoihin. Alumiiniseoksesta valmistetut mittakärkien varret tai jatkot toimivat parhaiten mitattaessa vakaissa laboratoriolämpötiloissa eli mahdollisimman pienten lämpötilamuutosten alueilla.

Kovametalli

Kovametallista valmistetut, taipumista vastustavat mittakärkien varret ovat ihanteellisia kaikkiin mittaustilanteisiin sen vakaassa ympäristön lämpötilassa. Kestävä materiaali, joka on todistanut arvonsa.

Titaani

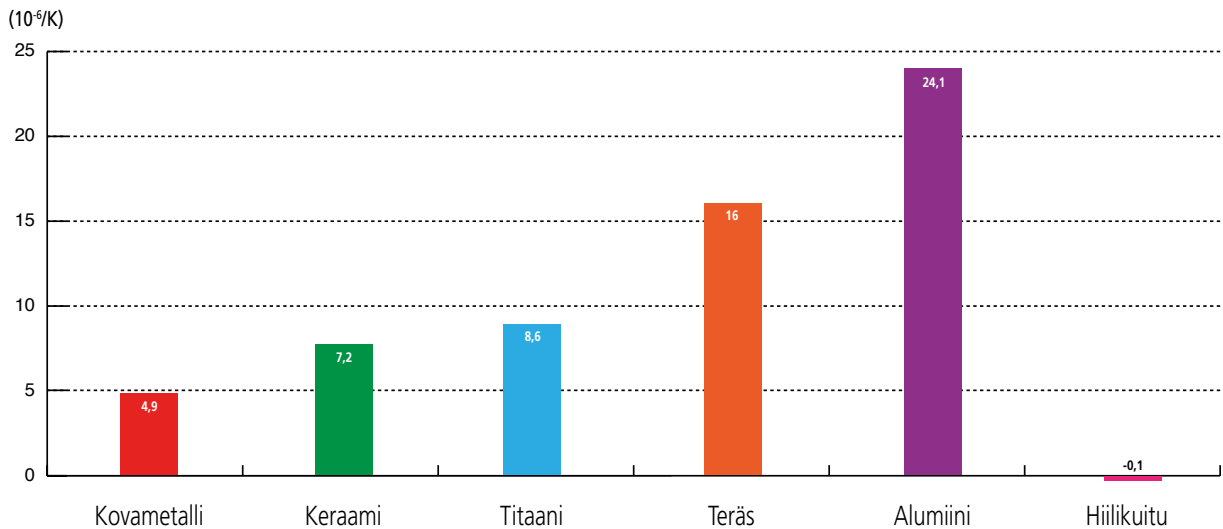
Titaani on erittäin jäykkä, mutta sillä on suhteellisen pieni tiheys. Titaanista valmistetut mittakärkiosat ovat erittäin jäykkiä ja vakaita, mutta yllättävän kevyitä. Mitutoyo käyttää tätä materiaalia ensisijaisesti mittakärkien tukikappaleisiin, liitäntäkappaleisiin ja jatkoihin.



3. Tärkeit materiaaliominaisuudet

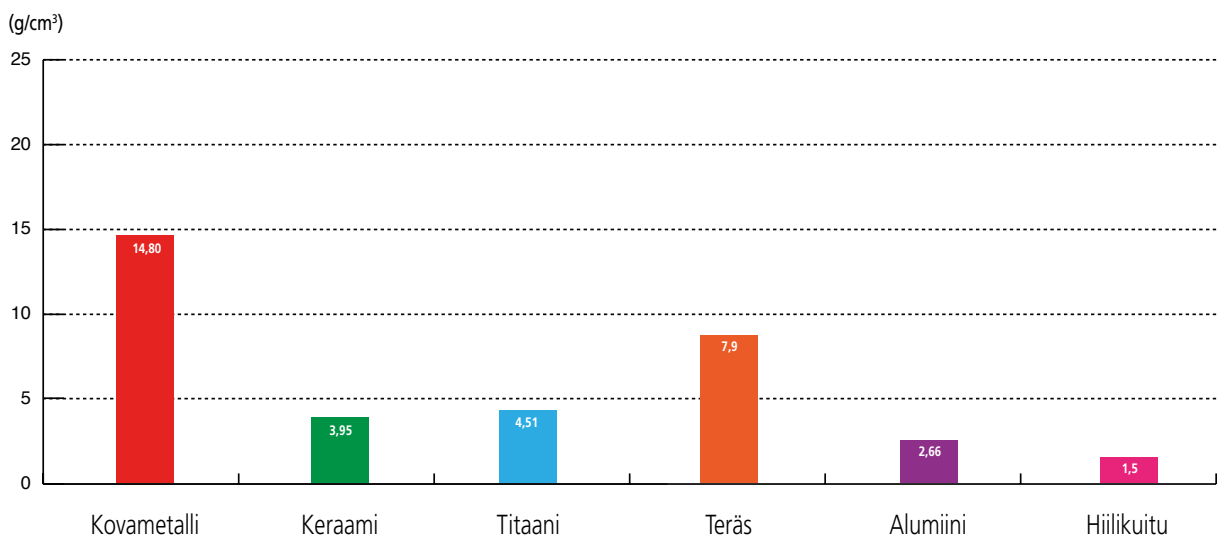
Lämpölaajeneminen

Kun käytetään pitkävärtistä mittakärkeä tai jatkoa, on mittaajan muistettava huomioida materiaalien lämpölaajeneminen ympäristön lämpötilan muuttuessa. Kun käytetään materiaaleja, joilla on suuri pituuden lämpölaajeneminen, voi siitä aiheutua merkittäviä mittausrvirheitä. Tämä pätee erityisesti tuotantoympäristöissä, mutta sillä ei ole juurikaan vaikutusta mittaustalaboratorioissa, joissa on vakaa lämpötila.



Ominaispaino

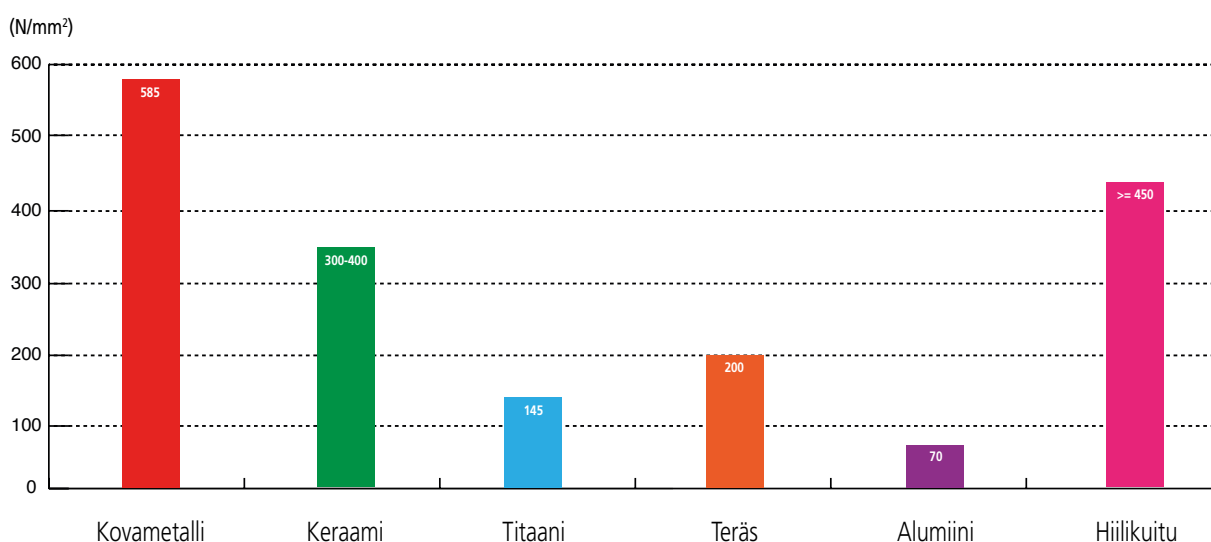
Painon merkitys tulee esiin etenkin, kun käytetään monimutkaisempia kärkiyhdistelmiä. Tällaisissa tapauksissa olisi valittava kevyitä materiaaleja.



Taipuminen

Jos mihinkään kiinteään materiaaliin kohdistetaan kuorma, sen muoto muuttuu väistämättä. Jos materiaali palaa muotoonsa kun kuorma poistuu, sanotaan muodonmuutosta "elastiseksi muodonmuutokseksi". Tämä kuvataan aineen "elastisuusmoduulissa", jota kutsutaan myös "kimmomoduuliksi", "Youngin moduuliksi" tai yksinkertaisesti "E-moduuliksi". Se on jäykkyyden mitta, joka kuvaa voiman ja muodonmuutoksen välistä suhdetta. Mitä korkeampi elastisuusmoduuli, sitä suurempi jäykkyys.

Erityisesti skannauksessa tai käytettäessä pitkää mittakärkeä ja/tai jatkoa, kärjet on valmistettava erittäin jäykistä materiaaleista. Pisteiden mittauksessa esiintyy mittaavoimia. Liian suuri mittakärjen taipuminen aiheuttaa virheellisiä mittaustuloksia.



Yhdellä silmäyksellä

Materiaali	Lämpölaajeneminen (10 ⁻⁶ /K)	Ominaispaino (g/cm ³)	E-moduuli (N/mm ²)
Kovametalli:	4,9	14,80	585
Keraaminen materiaali:	7,2	3,95	300-400
Titaani:	8,6	4,51	145
Teräs:	16	7,90	200
Alumiini:	24,1	2,66	70
Hiilikuitu	-0,1	1,50	>= 450

Yhteenvetona

lhanteellisella mittakärjellä on pieni lämpölaajeneminen, pieni paino ja korkea jäykkyys – mitä pitempi se on, sitä tärkeämpää on kiinnittää huomioita näihin tekijöihin.

4. Tarvikkeet

Sovitinlevyt

Jos tiettyä mittakärkiasennusta käytetään usein, sovitinlevy on hyvä ratkaisu mittausaikojen lyhentämiseen. Esiohjelmoitu asettelu mittakärkimäärittäjä voidaan tallentaa telineeseen ja käyttää sitä säännöllisesti ilman mittakärjen uudelleenkalibrointia.



Jatkot

Jatkot auttavat saavuttamaan kohtia syvällä työkappaleen sisällä. Kuten mittakärkien varsien tapauksessa, jatkosten materiaalivalinta on elintärkeä taivutusvoiman ja lämpölaajenemisen takia. Erityisesti pitkille mittakärjille tai jatkoille hiilikuitu on välttämätön, koska lämpölaajeneminen voi aiheuttaa merkittäviä mittausvirheitä jopa pienten lämpötilamuutosten tapauksessa.

Jatkoja on tarjolla useina eri pituuksina ja materiaaleina (ks. "Mittakärjen varsi") ja erilaisina kierrekokoina – tyypillisesti M2:n ja M5:n välillä.

Nivelliitokset, nivelet/kääntyvät liitokset ja mittakärjen pitimet

Kääntyvien mittakärkien nivelliitokset auttavat mittakärjen asettelussa mittausta varten esimerkiksi kulmassa porattuihin reikiin. Ne kuitenkin on valmistettava äärimmäisen pienille toleransseille ja kiristysmekanismiin on oltava erittäin stabiili, eikä se saa liikkua kosketusvoiman vaikutuksesta. Mittakärkien pidikkeet helpottavat tähtimittakärkien kokoonpanoa. Tyypillisesti nämä lisävarusteet valmistetaan teräksestä, ruostumattomasta teräksestä, kovametallista tai titaanista.



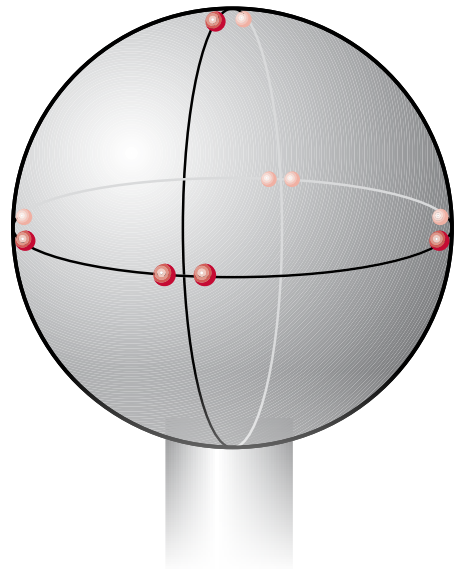


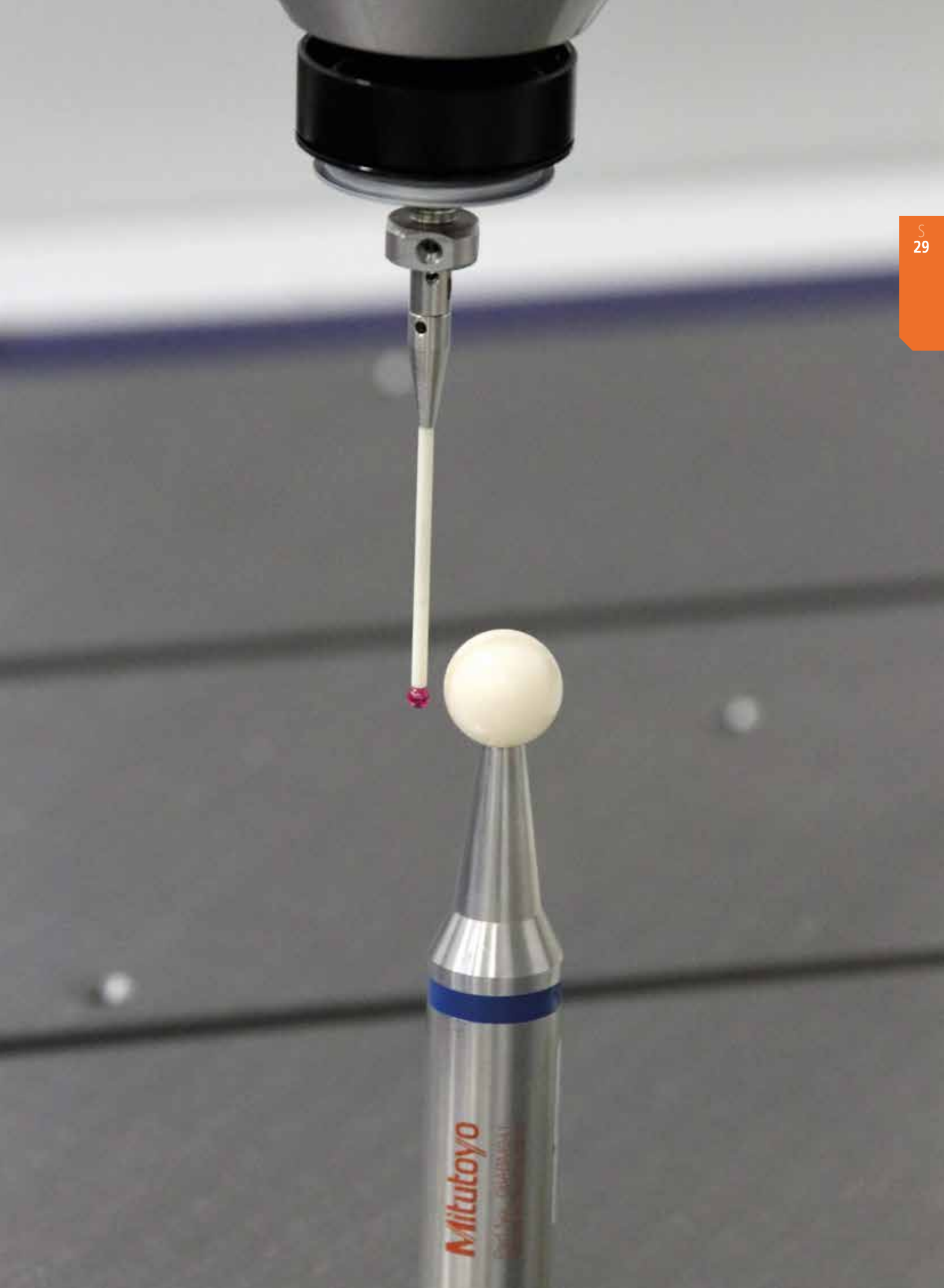
5. Mittakärkien kalibrointi

Koska kaikki mittakärjet – jopa identtiset valmisteet ja mallit – ovat vähintään minimaalisesti erilaisia mitoiltaan ja materiaalikäyttäytymiseltään, perusteellinen mittakärjen testaus on elintärkeää KMK-ohjelmiston tarkkojen mittaustulosten laskennalle. Tätä tarkoitusta varten on olemassa erittäin tarkka kalibrointikuula, jonka halkaisija ja ympyrämäisyysvirheet tunnetaan. Mittakärki saatetaan kosketukseen ennalta määrättyihin kalibrointikuulan pinnan pisteisiin. Ohjelmisto laskee kaikkien kalibroitujen mittakärkien toiminnalliset halkaisijat. Ensimmäisen mittakärjen keskipiste toimii sitten referenssipisteenä kaikille muille mittakärjille. KMK-ohjelmisto kompensoi mittakärjen asentojen ja halkaisijoiden väliset erot. Näin tulos on aina sama (koneen ja mittakärkijärjestelmän teknisten tietojen rajoissa) riippumatta siitä, mitä mittakärkeä käytettiin mittaukseen.



Kalibrointiprosessissa mittakärjellä otetaan kosketuksia kalibrointikuulan pinnalta ennalta määritellyistä pisteistä.





6. Tärkeitä kriteereitä mittakärjille



On käytettävä mahdollisimman lyhyttä ja vakaata mittakärkeä. Jos käytät pitempia mittakärkiosia, tarkista aina, että ne ovat riittävän vakaita.



Varmista, että kiinnike on tukevasti paikallaan, ja että mittakärjissä ei ole vikoja, varsinkaan kiinnitysalueella ja kierteissä.



Varmista, että mittakärkikomponentit ovat tiukasti kiinni, jotta vaihtelu saadaan minimoitua.



Muista vaihtaa vanhat mittakärjet säännöllisesti.



Huomioi ympäristön lämpötila ja olosuhteet, kun käytät lämpöstabiileja komponentteja.



Valmistajan ohjeet mittakärkikomponenttien käyttöönotosta määrittävät sallitut massat, mittakärkien pituudet ja kallistusten ulottuvuusrajoitukset. Noudata aina niitä!



Käytä mahdollisimman vähän yksittäisiä osia ja älä käytä tarpeettomia kierrelitöntöjä.



On suositeltavaa käyttää piinitridikuulia alumiinista valmistettujen kappaleiden skannaukseen.



Käytettävien kuulien tulee olla mahdollisimman suuria. Suurikuulaiset mittakärjet suorittavat mekaanista suodatustoimintoa työkappaleen pinnalla. Koostaan johtuen niillä ei juurikaan ole vaikutusta pinnan hienorakenteeseen, mikä eliminoi irtoamisia tai satunnaisia mittausvaihteluita.



Aina mahdollisuuksien mukaan aseta mittakärjet suoraan kulmaan kohti mitattavia tasoja. Voit käyttää kulmakuutioita ja niveliä kohdistamaan mittakärjet oikein kulmittaisiin mittaustasoihin. Käytä samoja menetelmiä vinossa olevien reikien mittaamiseksi.



Varmista, että käytät mittakärkikomponenteille sopivaa, oikeaa dynamiikkaa ja mittaavoimaa. Vähennä näitä tarvittaessa, kun työskentelet pienikuulaisen, ohennetun mittakärjen kanssa.



Mitutoyo Scandinavia AB
Finnish Branch

Viherkiitäjä 2 A
33960 Pirkkala

p. 040 355 8498

e-mail: info@mitutoyo.fi

