

Mitutoyo

METROLOGINEN HAKUTEOS

Muunnostaulukoita, geometrisia toleransseja, kovuusvertailutaulukoita, kolmioiden ratkaisuja, pinnankarheuden mittausta ja materiaalien ominaisuuksia

SUOMI PAINOS



Sisältö

S
01

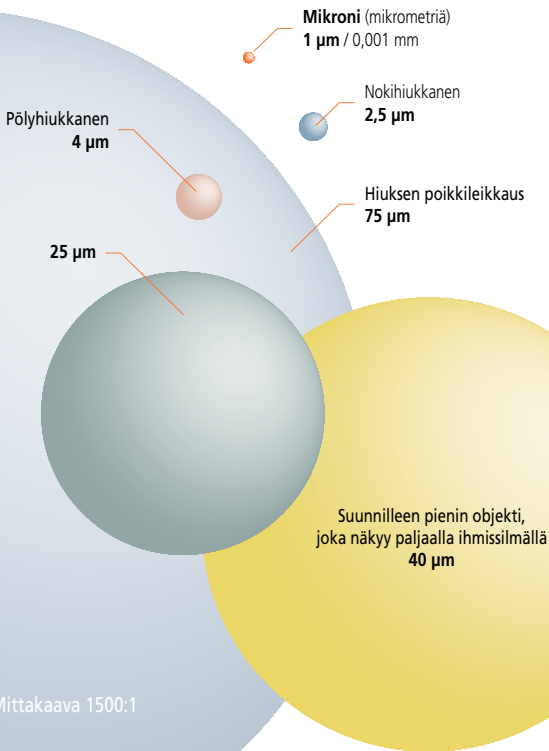
Mikä on mikrometri?	02
Kreikkalaiset aakkoset ja matemaattiset symbolit	03
Muuntotaulukot	04
Kolmioiden ratkaisuja	05
Mittaaminen	06
Kansainväliset tuotestandardit	09
Mittalaitteiden rakenne	14
Geometrinen toleranssien symbolit	38
Ympyrämäisyyden määrittely	41
Kovuusasteikot	45
Pikaopas pinnanlaadun mittaukseen	51
Pinnankarheuden mittausasetukset	56
Lämpölaajenemiskerroin (CTE)	59
Mittapalojen materiaaliominaispiirteet	61
Mittapalojen luokat	62
Muistiinpanoja varten	64

Mikä on mikrometri?

S
02

Tiesitkö?

100 mm teräsmittapala kasvaa pituudeltaan $11\ \mu\text{m}$, kun sen lämpötila muuttuu $20\ ^\circ\text{C}$:sta $30\ ^\circ\text{C}$:een.



Kreikkalaiset aakkoset ja matemaattiset symbolit

S
03

Isot	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ
Pienet	α	β	γ	δ	ε	ζ	η	θ
Nimi	Alfa	Beeta	Gamma	Delta	Epsilon	Zeta	Eta	Theta

Isot	λ	K	Λ	M	N	Ξ	O	Π
Pienet	ι	κ	λ	μ	ν	ξ	ο	π
Nimi	Iota	Kappa	Lambda	Myy	Nyy	Ksi	Omikron	Pii

Isot	P	Σ	T	Υ	Φ	X	Ψ	Ω
Pienet	ρ	σ	τ	υ	φ	χ	ψ	ω
Nimi	Rho	Sigma	Tau	Ypsilon	Fii	Khi	Psi	Omega

+	plus / lisää
-	miinus / vähennä
±	plus tai miinus
x	kertaa / kerro
÷	jakaa
/	jaa
=	on numeerisesti yhtä kuin
≡	on sama tai yhtäsuuri kuin
≠	ei ole yhtäsuuri
≈	on suunnilleen yhtäsuuri kuin
∝	on verrannollinen
~	on suuruusluokkaa
>	on suurempi kuin
<	on pienempi kuin
≧	on suurempi tai yhtä suuri kuin
≦	on pienempi tai yhtä suuri kuin

>>	on paljon suurempi kuin
<<	on paljon pienempi kuin
Σ	annettujen termien summa
Π	annettujen termien tulo
Δ	äärellinen erotus tai lisäys
∴	siksi
∠	kulma
//	yhdensuuntaisuus
⊥	kohtisuoruus
:	on
\sqrt{x}	x:n neliöjuuri
$\sqrt[n]{x}$	n.: juuri x:stä
→	lähestyy rajaa
∞	ääretön

Muuntotaulukot

S
04

> Metriset pituusyksiköt

	nm	μm	mm	cm	dm	m	km
1 nm	1	0,001	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-12}
1 μm	1000	1	0,001	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}
1 mm	10^6	1000	1	0,1	0,01	0,001	10^{-6}
1 cm	10^7	10000	10	1	0,1	0,01	10^{-5}
1 dm	10^8	100000	100	10	1	0,1	10^{-4}
1 m:	10^9	10^6	1000	100	10	1	0,001
1 km	10^{12}	10^9	10^6	100000	10000	1000	1

> Metriset yksiköt ja brittiläiset yksiköt

	in	ft	yd	μm	mm	m
1 in	1	0,08333	0,02778	25400	25,4	0,0254
1 ft	12	1	0,3333	304800	304,8	0,3048
1 yd	36	3	1	914400	914,4	0,9144
1 μm	$3,937 \times 10^{-5}$	$3,281 \times 10^{-6}$	$1,094 \times 10^{-6}$	1	0,001	10^{-6}
1 mm	0,03937	$3,281 \times 10^{-3}$	$1,094 \times 10^{-3}$	1000	1	0,001
1 m	39,37	3,281	1,094	10^6	1000	1

> Murtoluku / desimaalivastineet

Tuuman osa	mm	Tuuman desimaaliosa
$\frac{1}{64}$	0,397	0,0156
$\frac{1}{32}$	0,794	0,0312
$\frac{1}{16}$	1,588	0,0625
$\frac{1}{8}$	3,175	0,125
$\frac{1}{4}$	6,35	0,25

Tuuman osa	mm	Tuuman desimaaliosa
$\frac{3}{8}$	9,525	0,375
$\frac{1}{2}$	12,7	0,5
$\frac{3}{4}$	19,05	0,75
1	25,4	1,0

Kolmion ratkaisuja

S
05

> Teräväkulmaisen kolmion ratkaisu

> **Sinilause**

$$\sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma = a : b : c$$

$$a = \frac{b}{\sin \beta} \sin \alpha = \frac{c}{\sin \gamma} \sin \alpha$$

$$b = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \beta = \frac{c}{\sin \gamma} \sin \beta$$

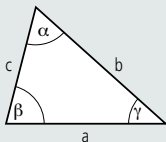
$$c = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \gamma = \frac{b}{\sin \beta} \sin \gamma$$

> **Kosinilause**

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 b c \cdot \cos \alpha$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2 a c \cdot \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 a b \cdot \cos \gamma$$



> **Ala**

$$A = \frac{1}{2} b c \sin \alpha = \frac{1}{2} a c \sin \beta = \frac{1}{2} a b \sin \gamma$$

> Suorakulmaisen kolmion ratkaisu

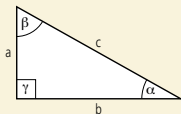
> **Suorakulmainen kolmio**

$$\sin \alpha = \frac{\text{Vastakkainen kateetti}}{\text{Hypotenuusa}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Viereinen kateetti}}{\text{Hypotenuusa}} = \frac{b}{c}$$

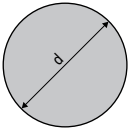
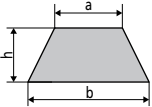
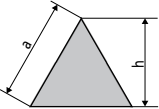
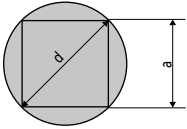
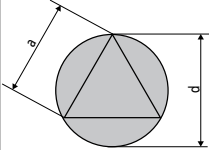
$$\tan \alpha = \frac{\text{Vastakkainen kateetti}}{\text{Viereinen kateetti}} = \frac{a}{b}$$

$$\cot \alpha = \frac{\text{Viereinen kateetti}}{\text{Vastakkainen kateetti}} = \frac{b}{a}$$



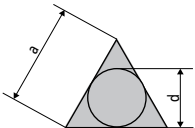
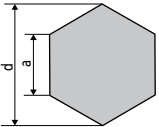
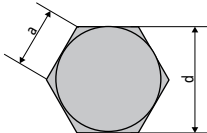
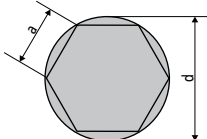
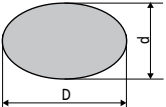
Mittaaminen

S
06

	Ympyrän ala: $A = \frac{\pi d^2}{4}$	Ympyrän kehä: $U = \pi \cdot d$
	Puolisuunnikkaan ala: $A = \frac{a+b}{2} \cdot h$	
	Kolmion ala: $A = \frac{a \cdot h}{2}$	
	Ympyrän määrittämän neliön sivu: $a = \frac{d}{\sqrt{2}}$	
	Ympyrän määrittämän tasasivuisen kolmion sivu: $a = \frac{d \cdot \sqrt{3}}{2}$	

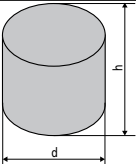
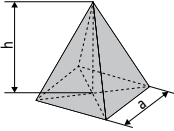
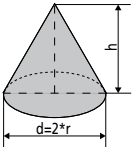
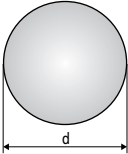
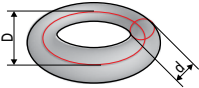
Mittaaminen

S
07

	<p>Vastaavan kolmion määrittämän ympyrän halkaisija:</p> $d = \frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}$	
	<p>Säännöllisen kuusikulmion ala:</p> $A = \frac{3 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}}{2}$	<p>Säännöllisen kuusikulmion leveys kulmasta kulmaan: $d = 2 \cdot a$</p>
	<p>Säännöllisen kuusikulmion määrittämän ympyrän halkaisija:</p> $d = a \cdot \sqrt{3}$	
	<p>Ympyrän määrittämän säännöllisen kuusikulmion sivu:</p> $a = \frac{d}{2}$	
	<p>Ellipsin ala:</p> $A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$	

Mittaaminen

S
08

	<p>Lieriön ala: $A = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{d}{2} + h\right)$</p>	<p>Lieriön tilavuus: $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$</p>
	<p>Säännöllisen nelisivuisen pyramidin ala: $A = a^2 + a \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 + a^2}$</p>	<p>Säännöllisen nelisivuisen pyramidin tilavuus: $V = \frac{a^2 \cdot h}{3}$</p>
	<p>Kartion ala: $A = \pi \cdot r \cdot (r + m)$ $m = \sqrt{h^2 + r^2}$</p>	<p>Kartion tilavuus: $V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$</p>
	<p>Pallon ala: $A = \pi \cdot d^2$</p>	<p>Pallon tilavuus: $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$</p>
	<p>Toruksen ala: $A = \pi^2 \cdot d \cdot D$</p>	<p>Toruksen tilavuus: $V = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot d^2}{4}$</p>

Kansainväliset tuotestandardit

S
09

Käsimittavälineet	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteet - Osa 1: Työntömitat - rakenne ja metrologisia ominaisuuksia	EN ISO 13385-1
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteet - osa 2: Työntömittojen syvyysmittarit - rakenne ja metrologisia ominaisuuksia	EN ISO 13385-2
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteet: korkeusmittausjalat - rakenne- ja metrologiset ominaisuudet.	EN ISO 13225
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteet: Mikrometri ulkoipuoliseen mittaukseen - rakenne ja metrologisia ominaisuuksia	EN ISO 3611
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteistot: mittakellot - rakenne ja metrologiset ominaisuudet.	EN ISO 463
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Dimensionaaliset mittausslaitteet: Mittakellot (viputyypin) - rakenne ja metrologisia ominaisuuksia	EN ISO 9493
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - pituusmittojen standardit - mittapalat	EN ISO 3650
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - mittausslaitteisto: Elektroninen digitaalinen mittakello - rakenne ja metrologiset ominaisuudet.	EN ISO 13102

Kansainväliset tuotestandardit

S
10

Pinnan ominaisuudet	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - Nimellisominaisuudet koskettaville (mittakärki) instrumenteille	EN ISO 3274
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - ehdot, määritelmät ja pinnan parametrit	EN ISO 4287
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - säännöt ja menettelyt pintojen arviointiin	EN ISO 4288
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - mittausstandardit - osa 1: Materiaalimittaukset	EN ISO 5436
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - vaihekorjaussuodattimien metrologiset ominaisuudet	EN ISO 11562
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - Pinta, jolla on osoitetut toiminnalliset ominaisuudet - osa 1: Suodatus ja yleiset mittausolosuhteet	EN ISO 13565-1
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - Pinta, jolla on osoitetut toiminnalliset ominaisuudet - osa 2: Korkeuden määrittely käyttäen lineaarista materiaalin suhdekäyrää	EN ISO 13565-2
	Geometriset Tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - pinnat, joilla on kerrostuneita toiminnallisia ominaisuuksia - osa 3: Pituuden määrittely käyttäen materiaalin todennäköisyyskäyrää	EN ISO 13565-3
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Pinnan ominaisuudet: Profiilimenetelmä - Motif - parametrit	EN ISO 12085

Kansainväliset tuotestandardit

S
11

Koordinaattimittauskoneet	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 1: Sanasto	EN ISO 10360-1
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 2: CMM:t, joita käytetään mittaamaan lineaarisia ulottuvuuksia	EN ISO 10360-2
	Geometriset tuotetiedot (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 3: CMM:t, joissa pyöröpöydän akselia käytetään neljäntenä akselina	EN ISO 10360-3
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja tarkastustestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 4: CMM:t, joita käytetään skannaukseen	EN ISO 10360-4
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 5: CMM:t, jotka käyttävät yhtä tai useampaa koskettavaa mittakärkeä	EN ISO 10360-5
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - osa 6: Virheiden arviointi laskettaessa Gaussin malliin liittyviä piirteitä	EN ISO 10360-6
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittauskoneille (CMM) - Osa 7: CMM:t, jotka on varustettu kuvantavilla anturijärjestelmillä	EN ISO 10360-7

Kansainväliset tuotestandardit

S
12

Koordinaattimittauskoneet	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittausjärjestelmille (CMS) - Osa 8: CMM:t optisilla etäisyysantureilla	EN ISO 10360-8
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - Hyväksyntä- ja arviointitestit koordinaattimittausjärjestelmille (CMS) - Osa 9: CMM:t useilla anturijärjestelmillä	EN ISO 10360-9
	Geometriset tuotemäärittelyt (GPS) - suuntaviivat koordinaattimittauskoneen (CMM) - testin epävarmuuden arviointiin	ISO / TS 23165

Kovuusmittauskoneet	Metalleille - Vickers-kovuuskoe - osa 1: Testimenetelmä	EN ISO 6507-1
	Metalleille - Vickers-kovuuskoe - osa 2: Testauskoneiden tarkastaminen ja kalibrointi	EN ISO 6507-2
	Metalleille - Vickers-kovuuskoe - osa 3: Referenssilohkojen kalibrointi	EN ISO 6507-3
	Metalleille - Vickers-kovuuskoe - osa 4: kovuusarvotaulukot	EN ISO 6507-4
	Metalleille - Rockwell-kovuuskoe - osa 1: Testimenetelmä	EN ISO 6508-1
	Metalleille - Rockwell-kovuuskoe - osa 2: Testauskoneiden ja painajien tarkastaminen ja kalibrointi	EN ISO 6508-2

Kansainväliset tuotestandardit

S
13

Kovuusmittauskoneet	Metalleille - Rockwell-kovuuskoe - osa 3: Referenssilohkojen kalibrointi	EN ISO 6508-3
	Muovit - kovuuden määrittäminen - osa 2: Rockwell-kovuus	EN ISO 2039-2
	Metalleille - Brinell-kovuustesti - osa 1: Testimenetelmä	EN ISO 6506-1
	Metalleille - Brinell-kovuuskoe - osa 2: Testauskoneiden tarkastaminen ja kalibrointi	EN ISO 6506-2
	Metalleille - Brinell-kovuuskoe - osa 3: referenssilohkojen kalibrointi	EN ISO 6506-3
	Metalleille - Brinell-kovuuskoe - osa 4: Taulukko kovuusarvoista	EN ISO 6506-4
	Metalleille - Rockwell-kovuuskoe - osa 1: Testimenetelmä	EN ISO 4545-1
	Metalleille - Knoop-kovuuskoe - osa 2: Testauskoneiden tarkastaminen ja kalibrointi	EN ISO 4545-2
	Metalleille - Knoop-kovuuskoe - osa 3: Referenssilohkojen kalibrointi	EN ISO 4545-3
	Metalleille - Knoop-kovuuskoe - osa 4: Taulukko kovuusarvoista	EN ISO 4545-4
	Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet - Vickers ja Knoop - mikrokovuuskokeet	EN ISO 4516
	Metalleille - kovuusarvojen muuntaminen	EN ISO 18265

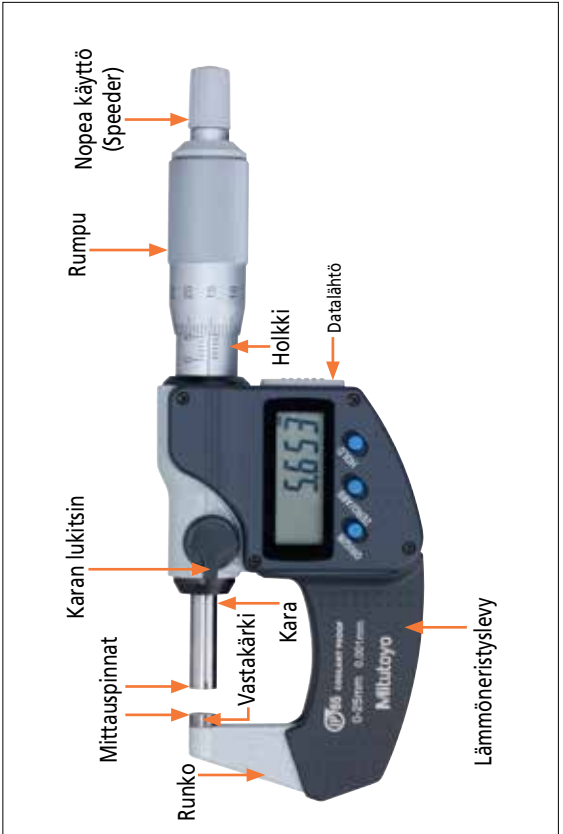
Mittakellon osat

S
14



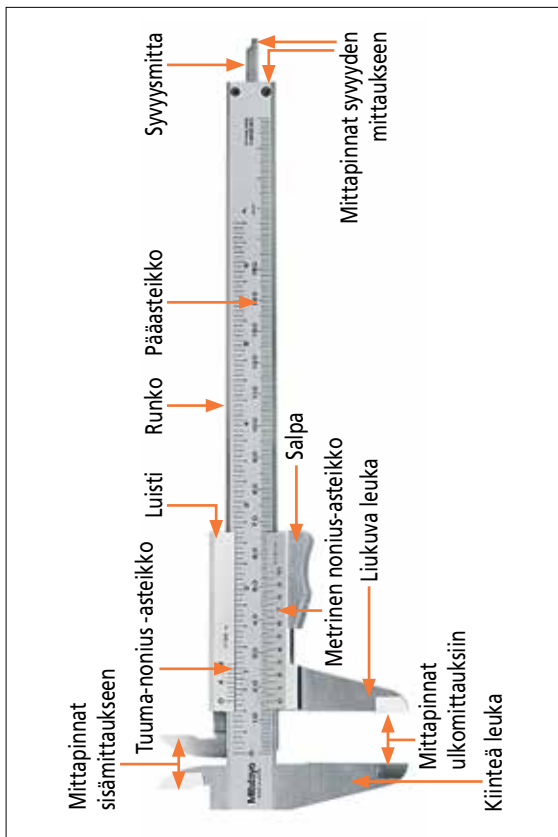
Mikrometrin osat

S
15



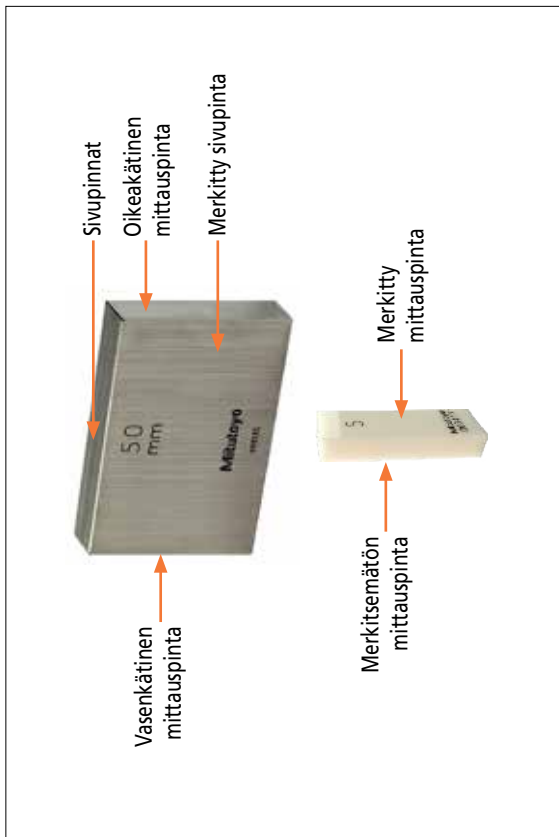
Työntömitan osat

S
16



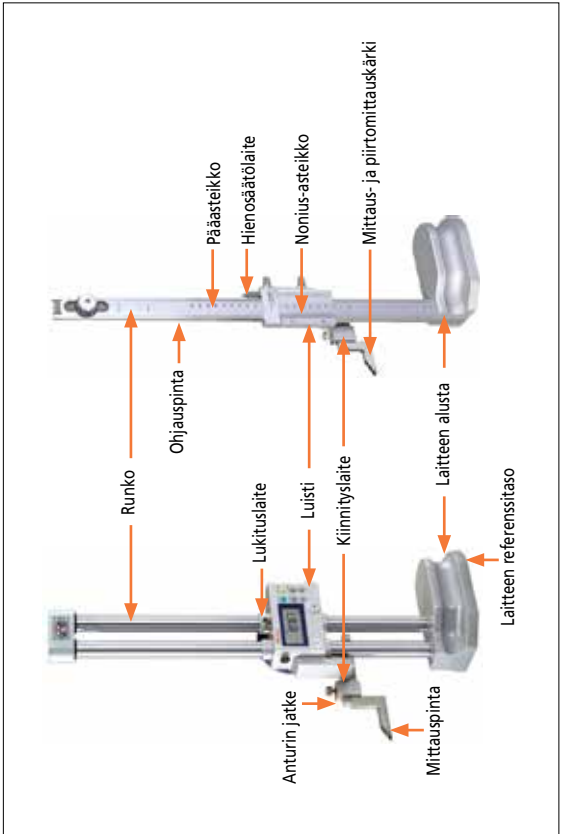
Mittapalojen osat

S
17



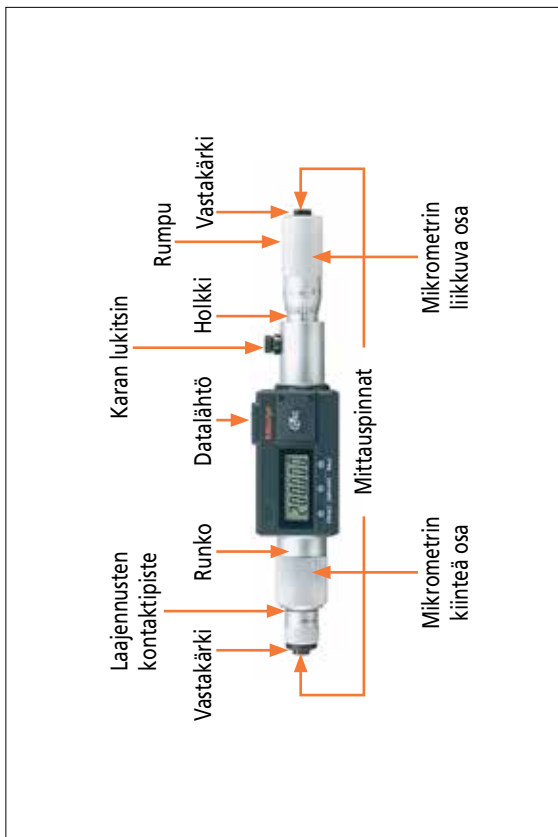
Korkeusmittajalan osat

S
18



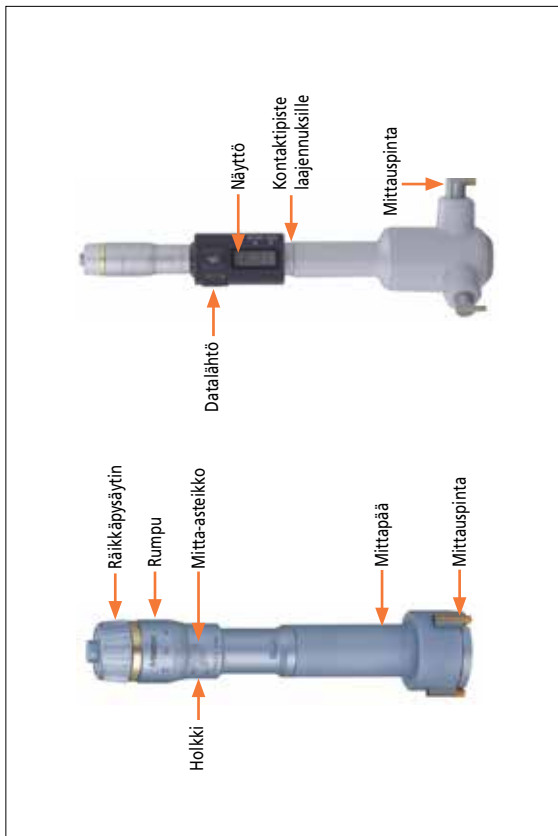
2-piste-sisämikrometrin osat

S
19



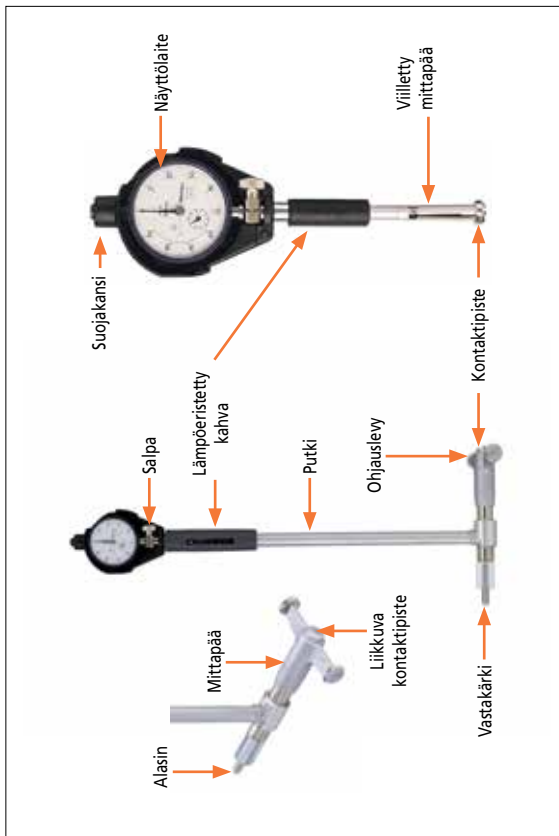
3-piste-sisämikrometrin osat

S
20



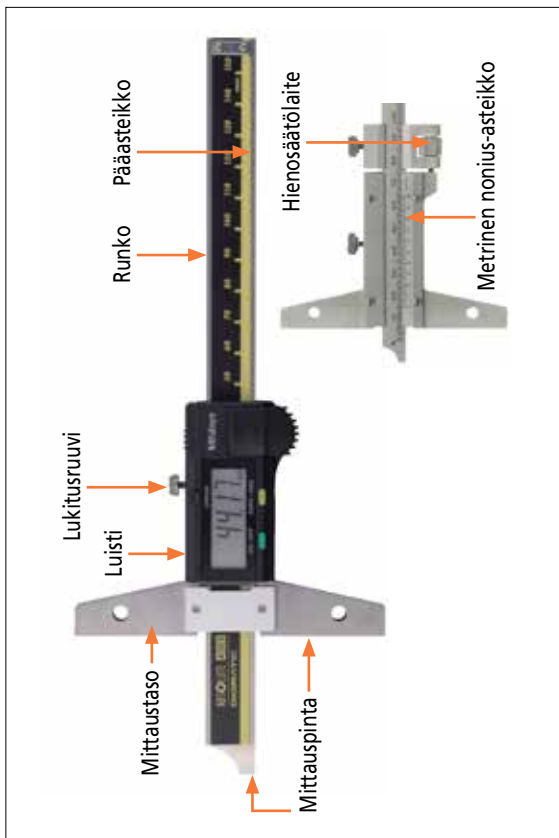
2-piste-sisämittalaitteen osat

S
21



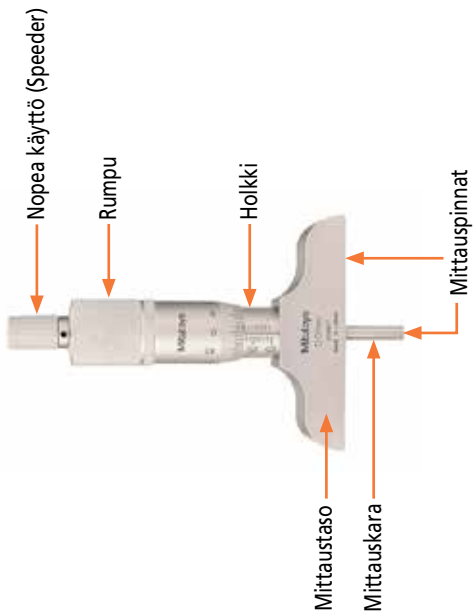
Syvyystyöntömitan osat

S
22



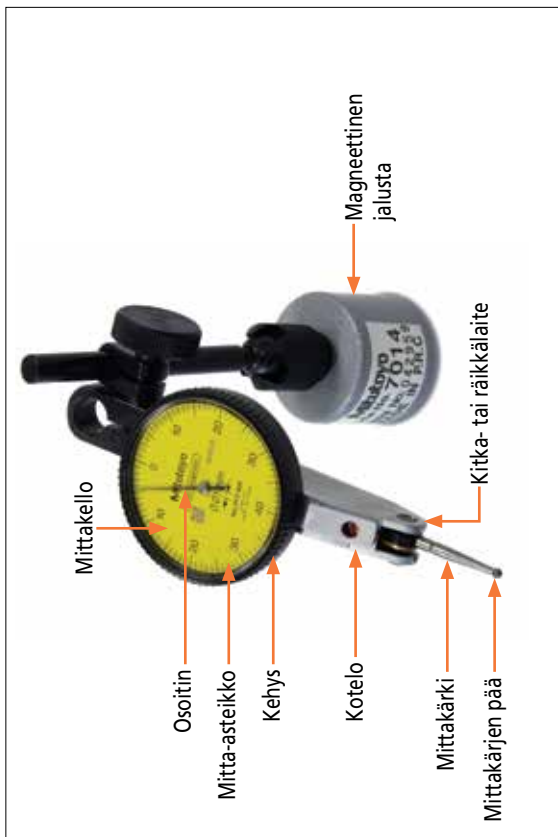
Syvyysmikrometrin osat

S
23



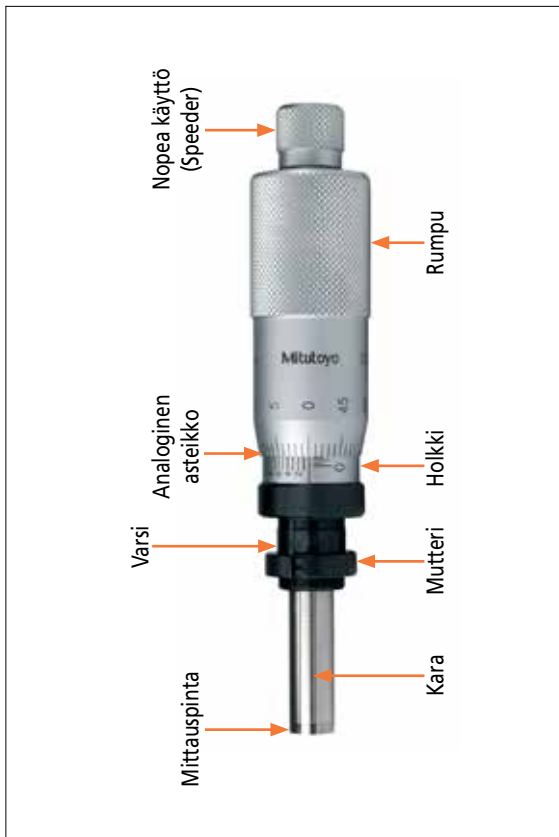
Mittakellon osat

S
24



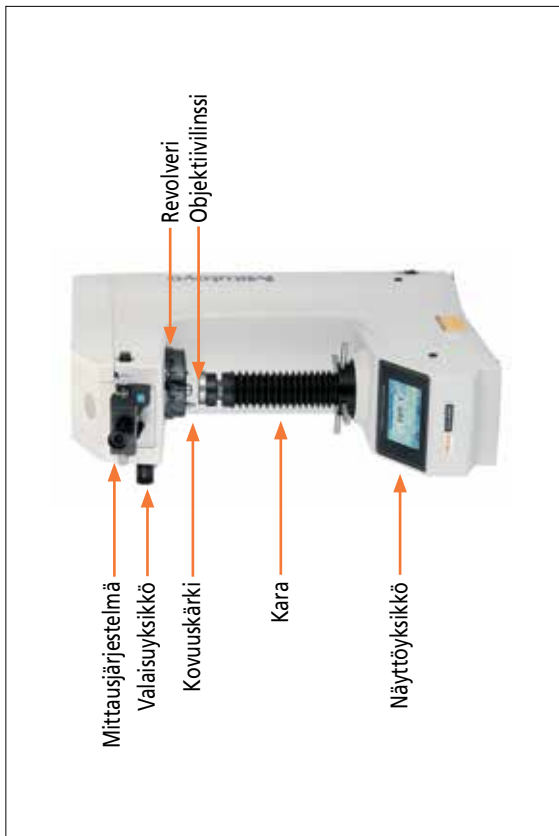
Mikrometripään osat

S
25



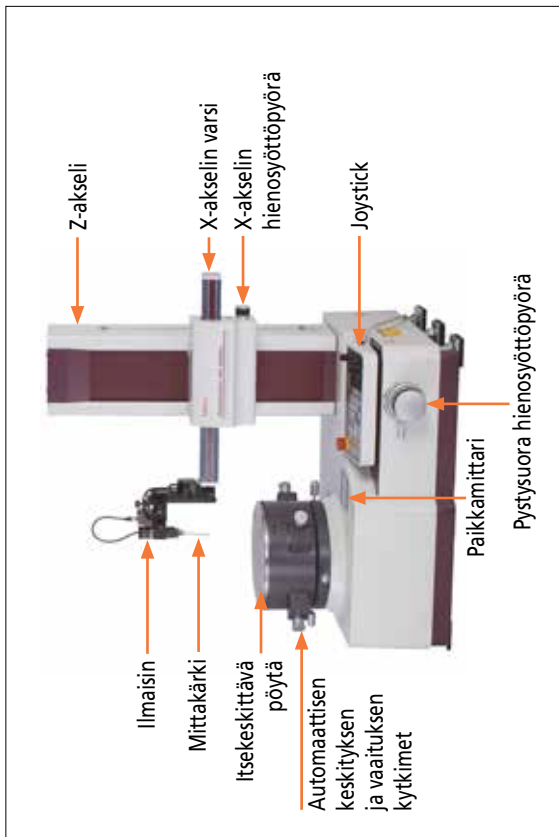
Kovuusmittareiden osat

S
26



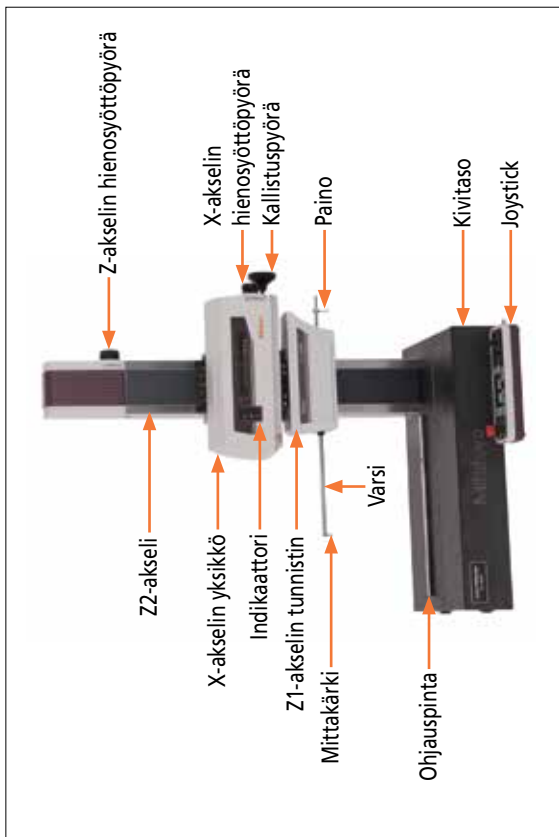
Ympyrämäisyyden ja lieriömäisyyden mittauskoneen osat

S
27



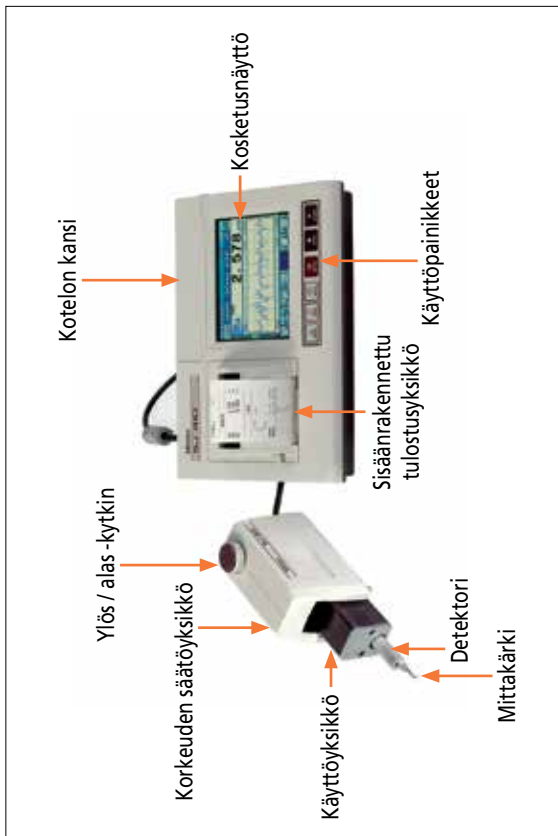
Muodonmittauskoneen osat

S
28



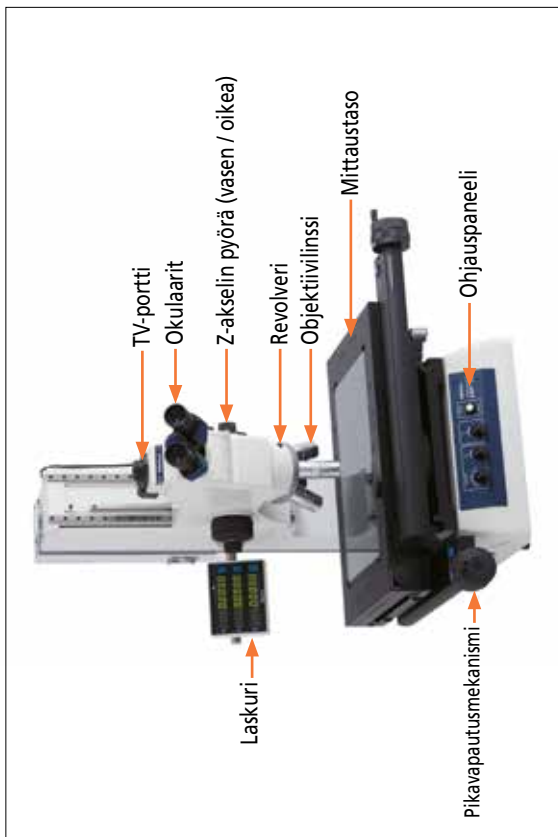
Pinnankarheusmittarin osat

S
29



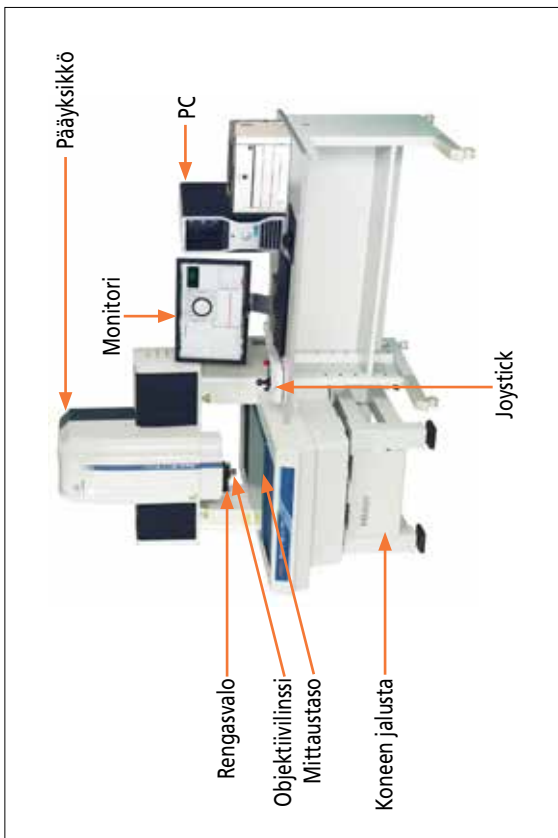
Mittausmikroskoopin osat

S
30



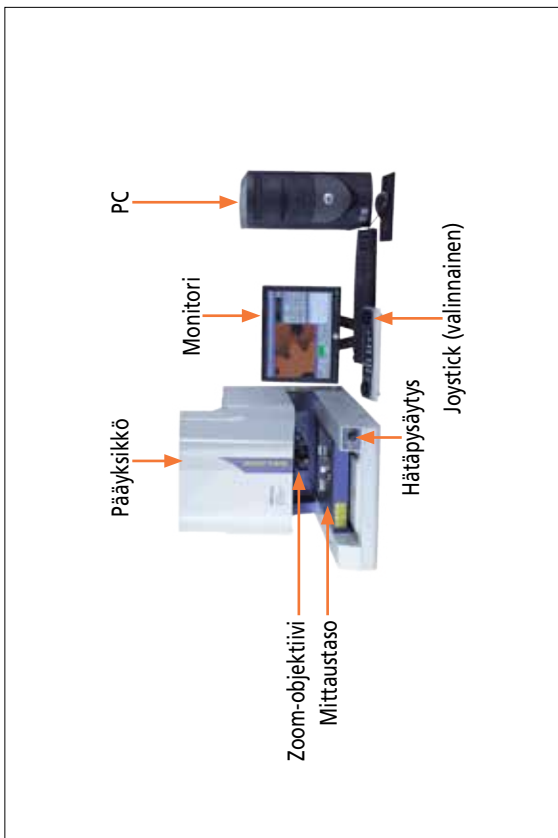
3D-Videomittauskoneen osat

S
31



Värikamerallisen 3D-Videomittauskoneen osat

S
32



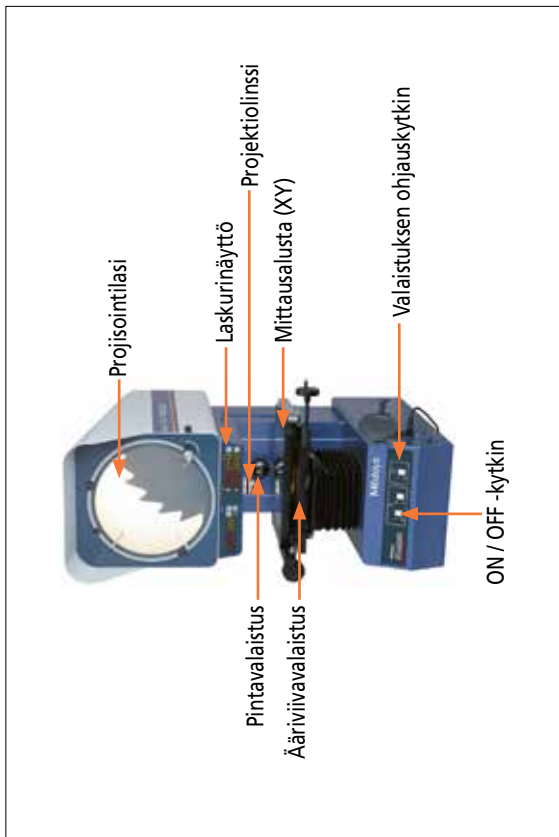
Manuaalisen 2D-Videomittauskoneen osat

S
33



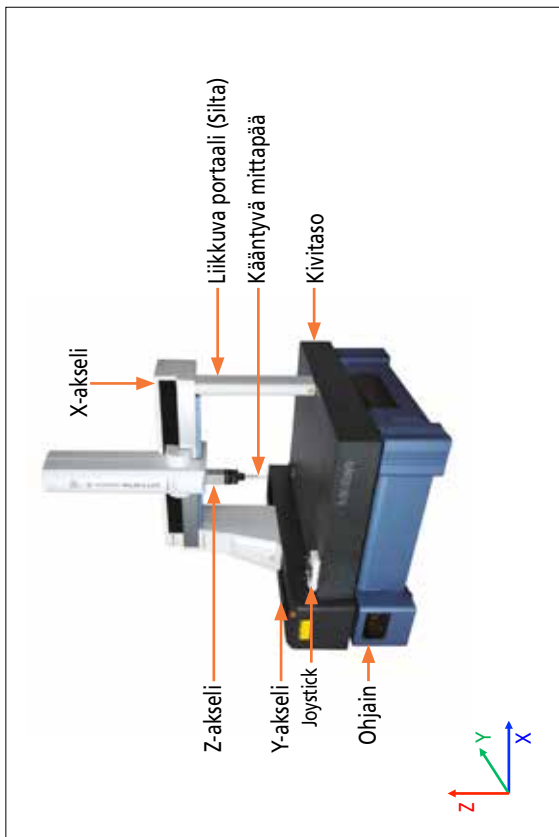
Projektorin osat

S
34



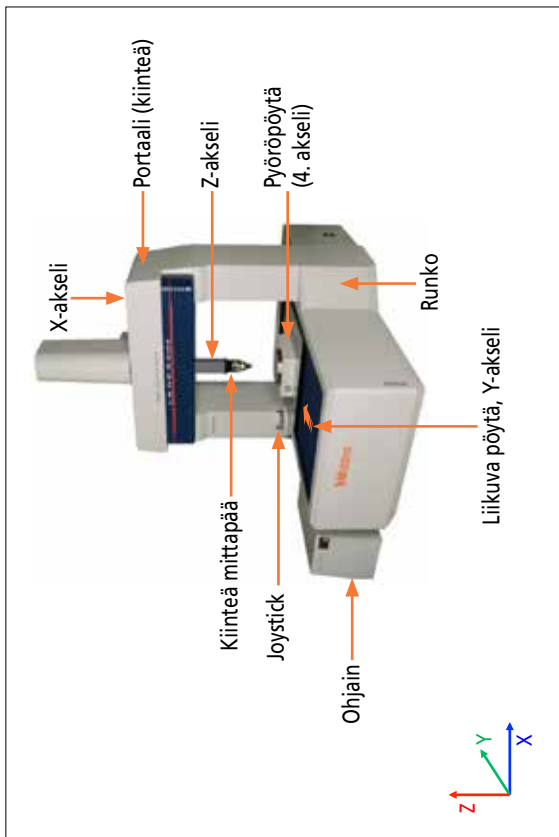
Koordinaattimittauskone, portaalimalli

S
35



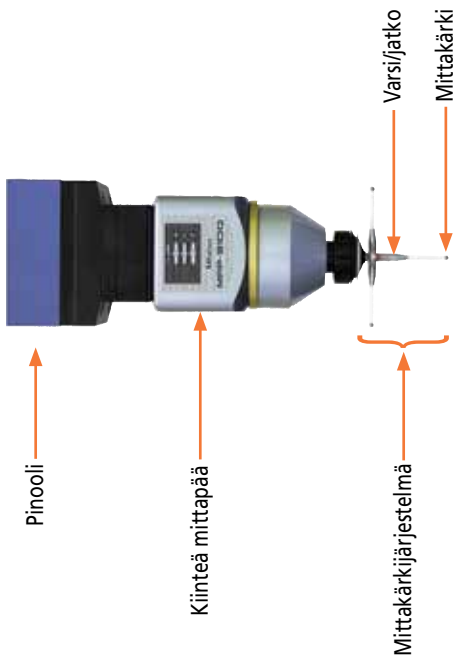
Kooridnaattimittauskone, kiinteä portaali

S
36



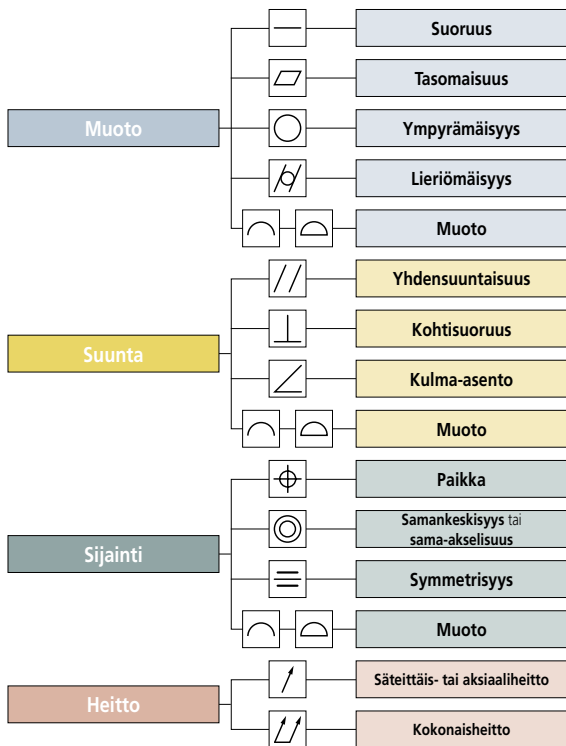
Koordinaattimittauskone, kiinteä mittapää

S
37



Geometrinen toleransien symbolit

S
38



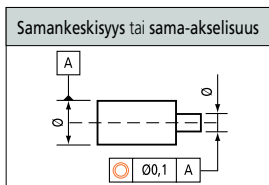
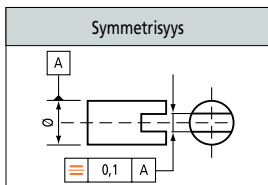
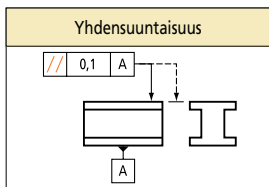
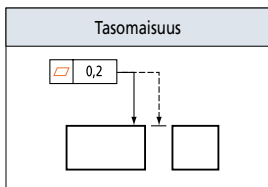
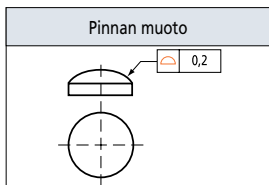
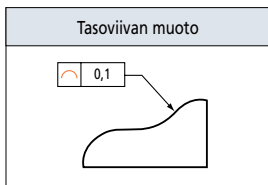
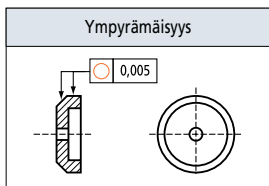
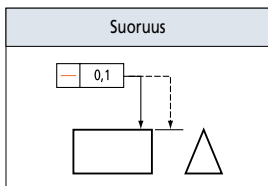
Huom:

EN ISO 1101 Geometriset tuotemäärittelyt (GPS). Geometriset toleranssit.

Geometrinen toleransien symbolit

> Esimerkkejä käytöstä

S
39

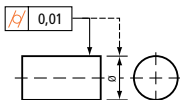


Geometrinen toleranssien symbolit

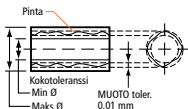
S
40

> Esimerkkejä tulkinnasta

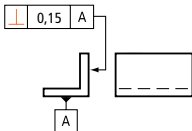
Lieriömyisyys



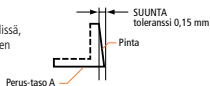
Tulkinta:
pinta 2 samakeskisen
sylinterin sisällä
0,01 mm säde-ero



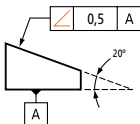
Kohtisuorus



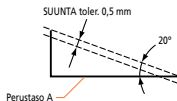
Tulkinta:
pinta kahden 0,15 mm
erossa olevan tason välissä,
joka on yhdensuuntainen
perustason A kanssa



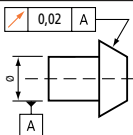
Kulma-asento



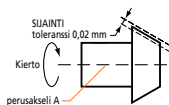
Tulkinta:
pinta joka on
2 samansuuntaisen
0,5 mm erossa olevan
20 asteen kulmaan
perusviivasta A
asetetun tason välissä



Säteittäisheitto

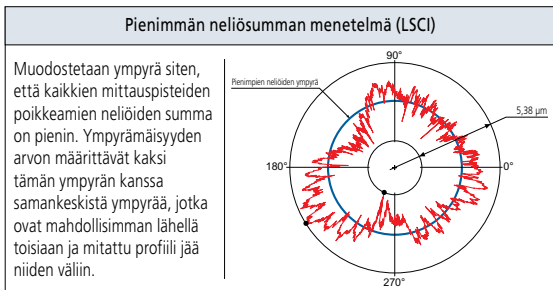
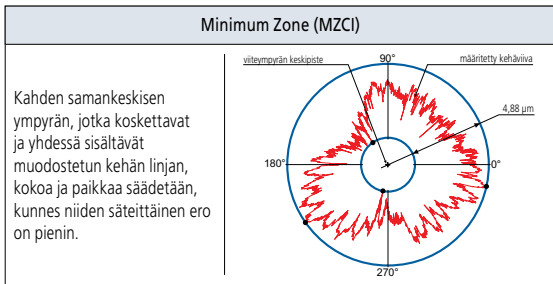


Tulkinta:
mikä tahansa viiva pinnalla
2 samakeskisen ympyrän
sisällä perusviivalla A ja
0,02 mm erossa pinnan
normaalin suuntaan.



Ympyrämäisyyden määrittely

Poikkeaminen täydellisestä ympyrämäisyydestä 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 ympyrämäisyyden laskentaan.

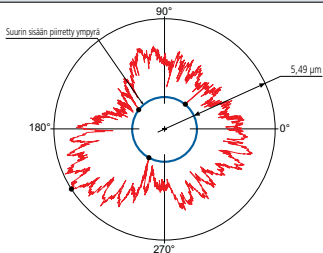


Ympyrämäisyyden määrittely

S
42

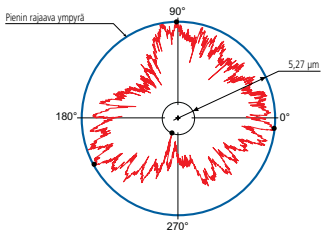
Suurin sisäänpiirretty ympyrä (MICI):

Muodostetaan mahdollisimman suuri ympyrä, joka mahtuu mitatun profiilin sisään. Toinen ympyrä, joka on samankeskinen ensimmäisen kanssa muodostetaan niin, että se on mahdollisimman pieni ja koko mitattu profiili jää ympyröiden väliin.



Pienin ulospäinpiirretty ympyrä (MCCI):

Muodostetaan mahdollisimman pieni ulospäinpiirretty 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.

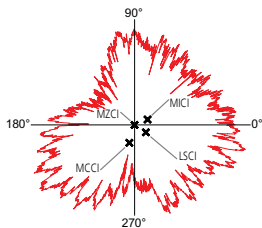


Ympyrämäisyyden määrittely

S
43

Tärkeät akselit ympyrämäisyyden / sylinterimäisyyden mittauksessa

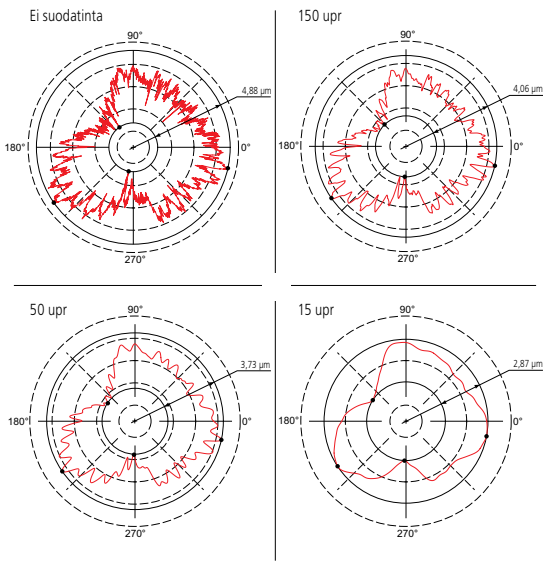
Samankeskisten ympyröiden keskipiste määrittää muodostetun kehäviivan keskipisteen ja sitä kautta mitatun ympyrän paikan. Kukin edellä kuvatuista menetelmistä antaa tulokseksi eri keskipisteen ympyröille, kuten kuvassa on esitetty.



Ympyrämäisyyden määrittely

Suodatus

Määritetyt linjat voivat olla alipäästösuodatettuja eri tavoilla, joilla vähennetään tai poistetaan ei-toivottuja yksityiskohtia, raja-arvo asetettuna UPR-arvon mukaisesti (aaltoja/kierros). Eri UPR-asetusten vaikutus on esitetty piirroksissa alla, vaihekorjatulle 50 % Gauss-suodattimelle. Ne kuvaavat, miten mitattu ympyrämäisyyden suuruus pienenee kun pienenevä UPR-arvo asteittain tasoittaa mitattua profiilia.



Kovuusasteikot

S
45



Kaikki kovuusmittaukset ovat menetelmistä riippuvaisia. Taulukot esittävät eri kovuusasteikkojen likimääräisiä vastaavuuksia. (Mitutoyon määrittely)

> Karkaistu teräs ja kovat seokset

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL PINTA			BRINELL HBW 10/3000	VETO vahvuus N / mm ²
	HR A	HR C timantti	HR D	HR 15N	HR 30N timantti	HR 45N		
240	60,7	20,3	40,3	69,6	41,7	19,9	224	770
245	61,2	21,3	41,1	70,1	42,5	21,1	230	785
250	61,6	22,2	41,7	70,6	43,4	22,2	236	800
255	62,0	23,1	42,2	71,1	44,2	23,2	242	820

Kovuusasteikot

S
46

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL PINTA			BRINELL HBW 10/3000	VETO vahvuus N / mm ²
	HR A	HR C timantti	HR D	HR 15N	HR 30N	HR 45N timantti		
260	62,4	24,0	43,1	71,6	45,0	24,3	247	835
265	62,7	24,8	43,7	72,1	45,7	25,2	252	850
270	63,1	25,6	44,3	72,6	46,4	26,2	257	865
275	63,5	26,4	44,9	73,0	47,2	27,1	261	880
280	63,8	27,1	45,3	73,4	47,8	27,9	266	900
285	64,2	27,8	46,0	73,8	48,4	28,7	271	915
290	64,5	28,5	46,5	74,2	49,0	29,5	276	930
295	64,8	29,2	47,1	74,6	49,7	30,4	280	950
300	65,2	29,8	47,5	74,9	50,2	31,1	285	965
310	65,8	31,0	48,4	75,6	51,3	32,5	295	995
320	66,4	32,2	49,4	76,2	52,3	33,9	304	1030
330	67,0	33,3	50,2	76,8	53,6	35,2	314	1060
340	67,6	34,4	51,1	77,4	54,4	36,5	323	1095
350	68,1	35,5	51,9	78,0	55,4	37,8	333	1125
360	68,7	36,6	52,8	78,6	56,4	39,1	342	1155
370	69,2	37,7	53,6	79,2	57,4	40,4	352	1190
380	69,8	38,8	54,4	79,8	58,4	41,7	361	1220
390	70,3	39,8	55,3	80,3	59,3	42,9	371	1225
400	70,8	40,8	56,0	80,8	60,2	44,1	380	1290
410	71,4	41,8	56,8	81,4	61,1	45,3	390	1320
420	71,8	42,7	57,5	81,8	61,9	46,4	399	1350
430	72,3	43,6	58,2	82,3	62,7	47,4	409	1385
440	72,8	44,5	58,8	82,8	63,5	48,4	418	1420
450	73,3	45,3	59,4	83,2	64,3	49,4	428	1455
460	73,6	46,1	60,1	83,6	64,9	50,4	437	1485
470	74,1	46,9	60,7	83,9	65,7	51,3	447	1520
480	74,5	47,7	61,3	84,3	66,4	52,2	(456)	1555
490	74,9	48,4	61,6	84,7	67,1	53,1	(466)	1595
500	75,3	49,1	62,2	85,0	67,7	53,9	(475)	1630

Kovuusasteikot

S
47

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL PINTA			BRINELL HBW 10/3000	VETO vahvuus N / mm ²
	HR A	HR C timantti	HR D	HR 15N	HR 30N	HR 45N timantti		
510	75,7	49,8	62,9	85,4	68,3	54,7	(485)	1665
520	76,1	50,5	63,5	85,7	69,0	55,6	(494)	1700
530	76,4	51,1	63,9	86,0	69,5	56,2	(504)	1740
540	76,7	51,7	64,4	86,3	70,0	57,0	(513)	1775
550	77,0	52,3	64,8	86,6	70,5	57,8	(523)	1810
560	77,4	53,0	65,4	86,9	71,2	58,6	(532)	1845
570	77,8	53,6	65,8	87,2	71,7	59,3	(542)	1880
580	78,0	54,1	66,2	87,5	72,1	59,9	(551)	1920
590	78,4	54,7	66,7	87,8	72,7	60,5	(561)	1955
600	78,6	55,2	67,0	88,0	73,2	61,2	(570)	1995
610	78,9	55,7	67,5	88,2	73,7	61,7	(580)	2030
620	79,2	56,3	67,9	88,5	74,2	62,4	(589)	2070
630	79,5	56,8	68,3	88,8	74,6	63,0	(599)	2105
640	79,8	57,3	68,7	89,0	75,1	63,5	(608)	2145
650	80,0	57,8	69,0	89,2	75,5	64,1	(618)	2180
660	80,3	58,3	69,4	89,5	75,9	64,7	—	—
670	80,6	58,8	69,8	89,7	76,4	65,3	—	—
680	80,8	59,2	70,1	89,8	76,8	65,7	—	—
690	81,1	59,7	70,5	90,1	77,2	66,2	—	—
700	81,3	60,1	70,8	90,3	77,6	66,7	—	—
720	81,8	61,0	71,5	90,7	78,4	67,7	—	—
740	82,2	61,8	72,1	91,0	79,1	68,6	—	—
760	82,6	62,5	72,6	91,2	79,7	69,4	—	—
780	83,0	63,3	73,3	91,5	80,4	70,2	—	—
800	83,4	64,0	73,8	91,8	81,1	71,0	—	—
820	83,8	64,7	74,3	92,1	81,7	71,8	—	—
840	84,1	65,3	74,8	92,3	82,2	72,2	—	—
860	84,4	65,9	75,3	92,5	82,7	73,1	—	—
880	84,7	66,4	75,7	92,7	83,1	73,6	—	—

Kovuusasteikot

S
48

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL PINTA			BRINELL HBW 10/3000	VETO vahvuus N / mm ²
	HR A	HR C timantti	HR D	HR 15N	HR 30N	HR 45N		
900	85,0	67,0	76,1	92,9	83,6	74,2	—	—
920	85,3	67,5	76,5	93,0	84,0	74,8	—	—
940	85,6	68,0	76,9	93,2	84,4	75,4	—	—

> Karkaisematon teräs ja useimmat ei-rautametallit

HR B 1,5875 mm pallo	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICAL			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A timantti	HR F 1,5875 mm pallo	HR E 3,175 mm pallo	HR 15T	HR 30T	HR 45T		
100	61,5	—	—	93,1	83,1	72,9	240	224
99	60,9	—	—	92,8	82,5	71,9	234	218
98	60,2	—	—	92,5	81,8	70,9	228	212
97	59,5	—	—	92,1	81,1	69,9	222	208
96	58,9	—	—	91,8	80,4	68,9	216	205
95	58,3	—	—	91,5	79,8	67,9	210	201
94	57,6	—	—	91,2	79,1	66,9	205	196
93	57,0	—	—	90,8	78,4	65,9	200	193
92	56,4	—	—	90,5	77,8	64,8	195	189
91	55,8	—	—	90,2	77,1	63,8	190	182
90	55,2	—	—	89,9	76,4	62,8	185	177
89	54,6	—	—	89,5	75,8	61,8	180	172
88	54,0	—	—	89,2	75,1	60,8	176	165
87	53,4	—	—	88,9	74,4	59,8	172	165
86	52,8	—	—	88,6	73,8	58,8	169	163
85	52,3	—	—	88,2	73,1	57,8	165	160
84	51,7	—	—	87,9	72,4	56,8	162	157
83	51,1	—	—	87,6	71,8	55,8	159	155

Kovuusasteikot

S
49

HR B 1,5875 mm pallo	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICAL HR 15T HR 30T HR 45T 1,575 mm pallo			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A timantti	HR F 1,5875 mm pallo	HR E 3,175 mm pallo					
82	50,6	—	—	87,3	71,1	54,8	156	153
81	50,0	—	—	86,9	70,4	53,8	153	151
80	49,5	—	—	86,6	69,7	52,8	150	149
79	48,9	—	—	86,3	69,1	51,8	147	146
78	48,4	—	—	86,0	68,4	50,8	144	144
77	47,9	—	—	85,6	67,7	49,8	141	141
76	47,3	—	—	85,3	67,1	48,8	139	139
75	46,8	99,6	—	85,0	66,4	47,8	137	137
74	46,3	99,1	—	84,7	65,7	46,8	135	135
73	45,8	98,5	—	84,3	65,1	45,8	132	132
72	45,3	98,0	—	84,0	64,4	44,8	130	130
71	44,8	97,4	100,0	83,7	63,7	43,8	127	128
70	44,3	96,8	99,5	83,4	63,1	42,8	127	127
69	43,8	96,2	99,0	83,0	62,4	41,8	125	125
68	43,3	95,6	98,0	82,7	61,7	40,8	123	123
67	42,8	95,1	97,5	82,4	61,0	39,8	121	121
66	42,3	94,5	97,0	82,1	60,4	38,7	119	119
65	41,8	93,9	96,0	81,8	59,7	37,7	117	117
64	41,4	93,4	95,5	81,4	59,0	36,7	116	116
63	40,9	92,8	95,0	81,1	58,4	35,7	114	114
62	40,4	92,2	94,5	80,8	57,7	34,7	112	110
61	40,0	91,7	93,5	80,5	57,0	33,7	110	107
60	39,5	91,1	93,0	80,1	56,4	32,7	108	106
59	39,0	90,5	92,5	79,8	55,7	31,7	107	104
58	38,6	90,0	92,0	79,5	55,0	30,7	106	102
57	38,1	89,4	91,0	79,2	54,4	29,7	104	99
56	37,7	88,8	90,5	78,8	53,7	28,7	103	—
55	37,2	88,2	90,0	78,5	53,0	27,7	101	—
54	36,8	87,7	89,5	78,2	52,4	26,7	100	—

Kovuusasteikot

S
50

HR B 1,5875 mm pallo	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICAL HR 15T HR 30T HR 45T 1,575 mm pallo			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A timantti	HR F 1,5875 mm pallo	HR E 3,175 mm pallo					
53	36,3	87,1	89,0	77,9	51,7	25,7	—	—
52	35,9	86,5	88,0	77,5	51,0	24,7	—	—
51	35,5	86,0	87,5	77,2	50,3	23,7	—	—
50	35,0	85,4	87,0	76,9	49,7	22,7	—	—
49	34,6	84,8	86,5	76,6	49,0	21,7	—	—
48	34,1	84,3	85,5	76,2	48,3	20,7	—	—
47	33,7	83,7	85,0	75,9	47,7	19,7	—	—
46	33,3	83,1	84,5	75,6	47,0	18,7	—	—
45	32,9	82,6	84,0	75,3	46,3	17,7	—	—
44	32,4	82,0	83,5	74,9	45,7	16,7	—	—
43	32,0	81,4	82,5	74,6	45,0	15,7	—	—
42	31,6	80,8	82,0	74,3	44,3	14,7	—	—
41	31,2	80,3	81,5	74,0	43,7	13,6	—	—
40	30,7	79,7	81,0	73,6	43,0	12,6	—	—
39	30,3	79,1	80,0	73,3	42,3	11,6	—	—
38	29,9	78,6	79,5	73,0	41,6	10,6	—	—
37	29,5	78,0	79,0	72,7	41,0	9,6	—	—
36	29,1	77,4	78,5	72,3	40,3	8,6	—	—
35	28,7	76,9	78,0	72,0	39,6	7,6	—	—
34	28,2	76,3	77,0	71,7	39,0	6,6	—	—
33	27,8	75,7	76,5	71,4	38,3	5,6	—	—
32	27,4	75,2	76,0	71,0	37,6	4,6	—	—
31	27,0	74,6	75,5	70,7	37,0	3,6	—	—
30	26,6	74,0	75,0	70,4	36,3	2,6	—	—

Huom:

Varovaisuus on tarpeen, kun verrataan kovuusarvoja, koska työkappaleen muoto ja tyyppi voivat vaikuttaa mittaukseen. Esimerkiksi karkaistusta teräksestä valmistettu työkappale voi olla herkkä painalluksen syytydelle. Siksi tuotteelle määritettyä kovuuden mittaamenetelmää ei pitäisi korvata vaihtoehtoisella menetelmällä ilman viittausta kyseisen tuotteen suunnittelusta vastaavaan tahoon.

Pikaopas pinnanlaadun mittaukseen

1. Pintaprofiilit

Varsinainen profiili

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

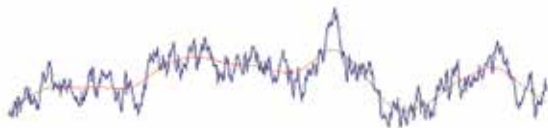
Mitattu profiili

Profiili, joka saadaan kun *varsinainen profiili* skannataan anturilla. Pinnan epätasaisuudet, kuten halkeamat, naarmut ja kolhut eivät ole mukana profiilissa, eikä niitä tule sisällyttää tallennukseen.

Primääriprofiili (P-profiili)

Primääriprofiili saadaan *suodattamalla mitattua profiilia* siten, että määritettyä raja-arvoa lyhemmät aallonpituuden poistetaan analyysistä. Parametrit merkitään kirjaimella *P* (P_a , P_c , P_t , P_z , jne).

- > Keskiviiva kertoo aaltomaisuuden ja muodon.



Karheusprofiili (R-profiili)

Profiili, joka saadaan *suodattamalla primääriprofiilista* aaltomaisuuden ja muodon aallonpituudet pois. Parametrit merkitään kirjaimella *R* (R_a , R_c , R_t , R_z , jne).

- > Aaltomaisuus ja muoto on suodatettu pois, vain karheus jää jäljelle



Pinnanlaadun mittauksen pikaopas

S
52

Aaltomaisuusprofiili (W -profiili)

Profiili, joka saadaan suodattamalla primääriprofiilista karheuden lyhyet ja muodon pitkät aallonpituudet pois. Parametrit osoitetaan kirjaimella W (W_a , W_c , W_t , W_z , jne).

- > Ensimmäisen vaiheen suodatus poistaa karheuden jättäen aaltomaisuuden ja muodon.

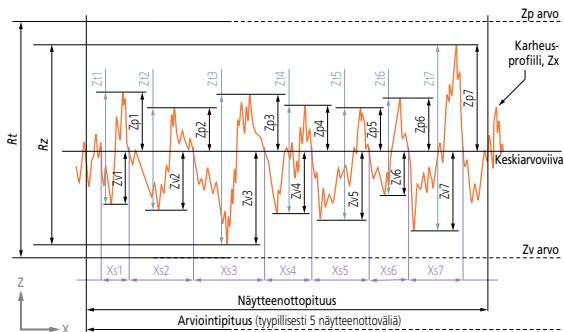


- > Toisen vaiheen suodatus poistaa muodon jättäen vain aaltomaisuuden.



2. Joitakin yleisiä parametreja

- > Tyypillinen profiili (karheus).



Pinnanlaadun mittauksen pikaopas

S
53

Profiilin aritmeettinen keskipoikkeama: P_a , R_a tai W_a

Aritmeettinen keskiarvo absoluuttisen profiilin $Z(x)$ arvoista näytteenottopituudella.

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

$l = l_p, l_r$ tai l_w perusasteen, karheuden tai aaltoisuusprofiilin mukaisesti.

Profiilin keskineliövirhepoikkeama: P_q , R_q tai W_q

Profiilin $Z(x)$ keskineliövirheen arvot näytteenottopituudella.

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx}$$

$l = l_p, l_r$ tai l_w perusasteen, karheuden tai aaltoisuusprofiilin mukaisesti

Profiilin kokonaiskorkeus: P_t , R_t tai W_t

Korkeimman huipun Z_p ja syimmän laakson Z_v summa, arviointipituudella.

Profiilin suurin korkeus: P_z , R_z tai W_z

Korkeimman huipun Z_p ja syimmän laakson Z_v summa näytteenottopituudella.

Profiilielementtien keskikorkeus: P_{Sm} , R_{Sm} tai W_{Sm}

Keskiarvo profiilielementtien leveysistä X_s näytteenottopituudella.

$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{S_i}$$

Ellei toisin ilmoiteta, vähimmäiskorkeus mukaan tuleville elementeille on 10 % P_z , R_z tai W_z , vastaavasti, vähintään 1 % välillä näytteenoton pituudessa.

Pinnanlaadun mittauksen pikaopas

S
54

Profiilielementtien keskikorkeus: P_c , R_c tai W_c

Keskiarvo profiilielementtien korkeuksista Z_t näytteenottopituudella.

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{tj}$$

Ellei toisin ilmoiteta, vähimmäiskorkeus mukaan otettaville elementeille on 10 % P_z , R_z tai W_z , vastaavasti, vähintään 1 % välillä näytteenoton pituudessa.

3. Karheusarvo / luokkanumero

Pinnankarheusarvojen ja luokkien suhde, ISO 1302:n mukaisesti, on esitetty seuraavassa taulukossa.

Pinnankarheusarvo		Luokkanumero
Mikrometriä (μm)	Mikrotuumaa (μinch)	
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

Pinnanlaadun mittauksen pikaopas

S
55

Pinnankarheuden mittauksen alkuasetukset (EN ISO 4288)

Epäsäännölliset profiilit		Säännölliset profiilit	Mittausolosuhteet DIN EN ISO 4288:n ja DIN EN ISO 3274:n mukaan				
Hionta, hoonaus, läppäys, EDM		Sorvaus, jyrsintä	r_kärki	Suurin kärjen säde			
			l_r	Näytteenottomatka			
			l_n	Mittauspituus			
			l_t	Kuljettu matka (mittauspituus plus alku- ja lopetuspituudet)			
<i>R_t</i> , <i>R_z</i> μm	<i>R_a</i> μm	<i>R_Sm</i> mm	r_kärki μm	λ_c = l_r mm	l_n mm	l_t 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	

* Kun *R_z* > 3 μm tai *R_a* > 0,5 μm, voidaan kärjen säteenä käyttää **r_kärki** = 5 μm.

Huom:

Tämä osio perustuu standardiin EN ISO 4287, josta löytyy lisää yksityiskohtaisempaa tietoa.



Pinnankarheuden mittausasetukset

S
56

Pinnankarheuden mittausasetukset (EN ISO 4288)

Lisäksi, mittauspistetiheys Δx ja alipäästösuodattimen raja-arvoaallonpituus λ_s on standardoitu. Nämä arvot ovat kuitenkin pinnankarheusmittareissa esiasetettuina.

Käytännön vinkki 1: Jos työkappaleessa ei ole riittävästi tilaa anturin kulkumatkalle l_t , näytteenottomatkojen määrää on vähennettävä ja se täytyy käydä ilmi piirustuksesta.

Käytännön vinkki 2: Jos tilaa ei ole vielä riittävästi, mitataan primääriprofiilin kokonaiskorkeus P_t käytettävissä olevan pituuden yli karheusarvojen R_t tai R_z sijasta. P_t on edelleen sama kuin R_t , mutta määritelty primääriprofiilin mukaan ja mitattu arvo on aina suurempi.



Pinnankarheuden mittauksien arviointi (EN ISO 4288)

Karheuden mittauksen arvot, erityisesti pystysuorat parametrit R_t , R_z , R_{z1max} ja R_a , vaihtelevat mittauksien välillä -20 % ja +30 %. Yksittäinen mitattu arvo ei siis tarjoa yksiselitteistä vastausta sallittujen toleranssien noudattamisesta. Seuraava menettely on määritelty standardissa EN ISO 4288 Liite A:

Max-sääntö

Kaikki pinnankarheuden parametrit, joissa on lisäys "Max" edustavat keskiarvojen maksimia viideltä näytteenottomatkalta: Mittaus tulee tehdä vähintään kolmessa kohdassa, joissa suurimmat arvot ovat odotettavissa; raja ei saa ylittyä missään mittauskohdassa.

Pinnankarheuden mittausasetukset

S
57

16 % sääntö

Kaikki pinnankarheuden parametrit ilman "max"-päättettä edustavat keskiarvoa viideltä näytteenottomatkalta:


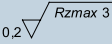




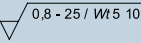
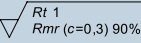
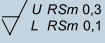
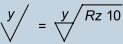
16 % mitatuista arvoista saa ylittää asetetun raja-arvon; vaihe-vaiheelta menettely on seuraava:

1. Jos ensimmäinen mitattu arvo on pienempi kuin 70 % ilmoitetusta rajasta, tämän katsotaan täyttävän annetut ehdot.
2. Mikäli näin ei ole, suoritetaan kaksi ylimääräistä mittausta toisella kohdalla pintaa; jos kaikki kolme mitattua arvoa ovat alle raja-arvon, tämän katsotaan täyttävän annetut ehdot.
3. Mikäli näin ei ole, suoritetaan yhdeksän uutta mittausta muissa kohdissa pintaa; jos enintään kaksi mitatuista arvoista ylittää raja-arvon, tämän katsotaan täyttävän annetut ehdot.



Pinnankarheuden mittaasetukset

S
58

Esimerkit	Selitys
	Aineen poistoa ei sallita, oletuspäästökaista R -profiili, 16 % sääntö, keskimääräinen profiilin syvyys 5 µm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista R -profiili, maksimisääntö, suurin profiilin syvyys 3 µm (yläraja); sallittu työstö 0,2 mm
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, mittauspituus 3 näytteenottomatkaa, 16 %-sääntö, keskimääräinen profiilin syvyys 4 µm (yläraja); samankeskkiset työstöjäljet
	Aineen poistoa ei sallita, oletuspäästökaista R -profiili, 16 %-sääntö, keskimääräinen profiilin syvyys 5 µm; aritmeettinen keskimääräinen karheusarvo 1 µm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista R -profiili, 16 %-sääntö, karheuden keskimääräinen syvyys välillä 1 µm (alaraja) ja 3 µm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista λs, ei λC suodatinta, P -profiili, mittauspituus on työkappaleen pituus, 16 %-sääntö, primääriprofiilin kokonaiskorkeus 25 µm (yläraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista 0,8 (=λc) 25 (=λf =lw) mm, W-profiili, mittauspituus 5 näytteenottomatkaa 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); materiaaliosa profiilista on 90 % leikkuukorkeudessa c = 0,3 µm (alaraja)
	Aineen poisto sallittu, oletuspäästökaista, R -profiili, uran keskileveys välillä 0,1 mm (alaraja) - 0,3 mm (yläraja)
	Yksinkertaistettujen benchmarkingien (vasemmalla) merkityksen selitys (oikealla), jos tilaa on rajoitetusti

Lämpölaajenemiskerroin (CTE)

S
59

Seuraavassa taulukossa on tyypilliset lämpölaajenemiskertoimen (CTE) arvot 50:lle materiaalille keskilämpötiloissa.

Materiaali	$\alpha \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	Materiaali	$\alpha \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Alumiinioksidi-keramista	6 - 7	Nikkeli ja sen seokset	12 - 17
Alumiini ja sen seokset	21 - 25	Nikkeli-metalliseos, alhainen laajeneminen	10
Beryllium	11	Typetysteräs	12
Beryllium kupari	17	Platina	9
Messinki	18 - 21	Ruostumaton teräs, ikäkarkaistava	10 - 15
Pronssi, alumiini (valettu)	16 - 17	Ruostumaton teräs, austeniittinen	14 - 18
Pronssi, fosfori-pii	17 - 18	Ruostumaton teräs, valettu	11 - 19
Pronssi, tina (valettu)	18	Ruostumaton teräs, ferriittiset	10 - 11
Valurauta, nodulaarinen tai sitkeä	10 - 19	Ruostumaton teräs, martensiittinen	10 - 12
Kerametalli, alumiinioksidi	8 - 9	Teräs, metalliseos	11 - 15
Kerametalli, kromikarbidi	10 - 11	Teräs, metalliseos, valettu	14 - 15
Cermet, titaanikarbidi	8 - 13	Teräs, hiili, automaattiset	15
Kerametalli, kovametalli	4 - 7	Teräs, korkea lämpötila	11 - 14
Kupari	17	Teräs, ultra-high -lujuus	10 - 14
Kuparinikkeli ja nikkeli-hopea	16 - 17	Superseokset, kobolttipohjaiset	12 - 17
Timantti	1	Superseokset, Cr-Ni-Co-Fe	17 - 19
Mittapala, CERA lohko *	$9,3 \pm 0,5$	Superseoksia, Cr-Ni-Fe	14 - 16
Mittapala, teräs	$10,8 \pm 0,5$	Superseoksia, nikkelpohjaisia	14 - 18
Mittapala, volframikarbidi	$5,5 \pm 1$	Tantaalikarbidi	8
Lasi, sulatettua kvartzia	0,55 - 0,59	Tina ja sen seokset	23
Lasi, pyrex	3,3	Titaani ja titaaniseokset	9 - 13
Rauta, harmaa valurauta	11	Titaanikarbidi	7
Magnesiumseokset	25 - 28	Wolframi	4
Molybdeeni ja sen seokset	5 - 6	Zerodur®, lasikeraamiset **	$0,05 \pm 0,10$
		Sinkki ja sen seokset	19 - 35
		Zirkonium ja sen seokset	5,5 - 6

* Zirkonia keraaminen.

** Käytetään XYZ -asteikoille erittäin suuren tarkkuuden CMM:llä, kuten Mitutoyoon LEGEX-sarja.

Lämpölaajenemiskerroin (CTE)

S
60

Useimmat kiinteät aineet laajenevat lämpötilan noustessa ja kutistuvat sen laskiessa. Tämä vaste lämpötilan muutokselle on ilmaistu niiden lämpölaajenemiskertoimenä (CTE).

$$\Delta l = l_1 \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_1)$$

Δl = pituuden muutos

α = lämpölaajenemiskerroin

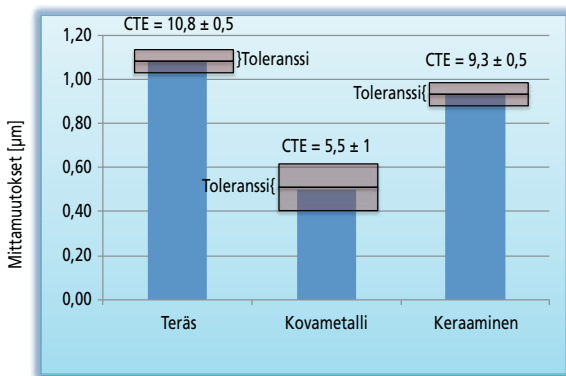
l_1 = pituus 20 °C:ssa

t_2 = lämpötila muutoksen jälkeen

t_1 = lämpötila ennen muutosta. Viitelämpötila (20 °C) metrologiassa (katso EN ISO1).




> Esimerkki:

Pituuden muutos 100 mm mittapalassa +1 °C lämpötilassa viitelämpötilaan (20 °C). Mitutoyoon materiaalisertifikaatio.



Mittapalojen materiaaliominaispiirteet

S
61

	 CERA-Block ZrO ₂	 Teräs	 Kovametalli
Vickers-kovuus (HV)	1350	800	1650
Lämpölaajenemiskerroin (10 ⁻⁶ /°C)	9,3 ± 0,5	10,8 ± 0,5	5,5 ± 1
Taivutuslujuus (N / mm ² = MPa)	1270	1960	1960
Murtumislujuus K _k (MPa·m ^{1/2})	7	120	12
Youngin kerroin (N / mm ² = MPa)	206000	206000	618000
Poisson-suhde	0,3	0,3	0,2
Ominaispaino (g / cm ³ = kg / dm ³)	6	7,8	14,8
Lämmönjohtavuus (W / m·K)	2,9	54,4	79,5
Mittapysyvyys	+++	+	++
Korroosionkestävyys	+++	+	++
Kulutuskestävyys	+++	+	++
Kustannukset	korkea	matala	korkea

Mittapalojen luokat

S
62

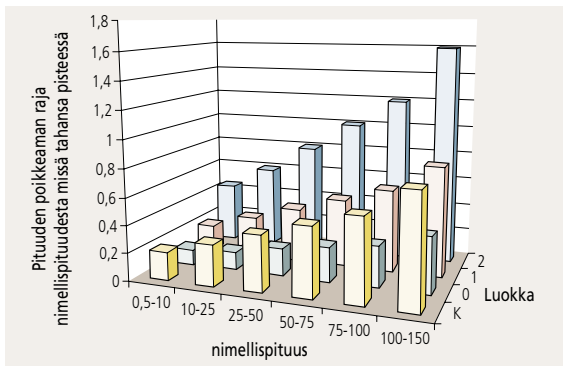
Luokat määrittävät palojen metrologiset ominaisuudet (tarkkuusluokat). Seuraavasta taulukosta voidaan valita oikea mittapalaluokka erilaisiin tarkoituksiin (määritelty standardeissa EN ISO 3650, BS4311, ja JIS B 7506).

	Sovellus	Luokka
Työpajakäyttö	<ul style="list-style-type: none">• Asennustyökalut ja leikkurit	2
	<ul style="list-style-type: none">• Instrumenttien kalibrointi• Valmistusmittarit	1 tai 2
Tarkastuskäyttö	<ul style="list-style-type: none">• Mittalaitteiden asettaminen	1 tai 2
	<ul style="list-style-type: none">• Mittalaitteiden tarkkuuden tarkastaminen• Instrumenttien kalibrointi	0 tai 1
Kalibrointikäyttö	<ul style="list-style-type: none">• Mittapalojen tarkkuuden tarkastaminen työpajoissa• Mittapalojen tarkkuuden tarkastaminen tarkastusta varten• Mittalaitteiden tarkkuuden tarkastaminen	K tai 0
Vertailukäyttö	<ul style="list-style-type: none">• Mittapalojen tarkkuuden tarkastaminen kalibrointia varten• Tieteellinen tutkimus	K

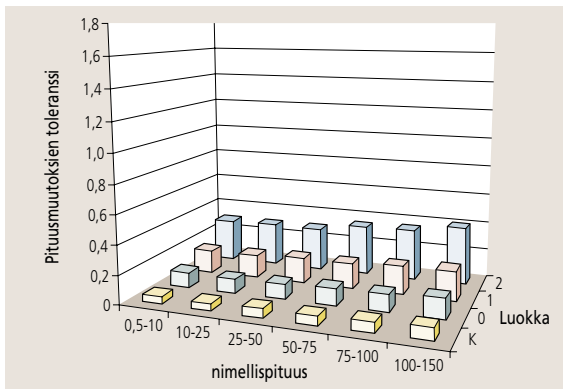
Mittapalojen luokat

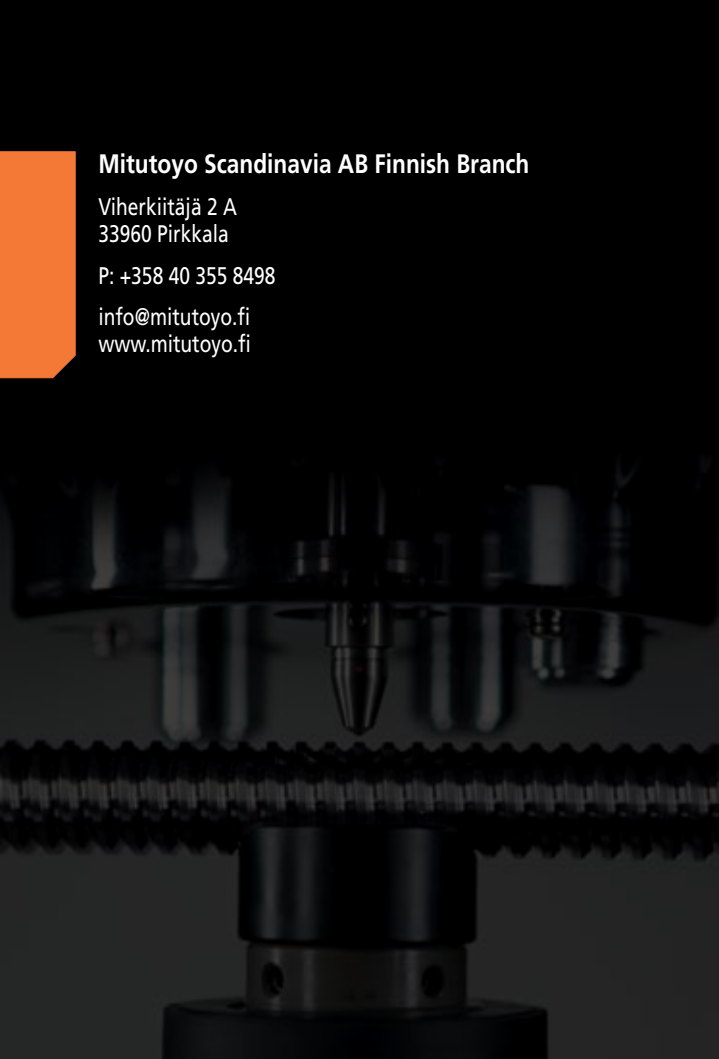
S
63

> Poikkeamarajat mittapaloille EN ISO 3650



> Toleranssit mittapaloille EN ISO 3650





Mitutoyo Scandinavia AB Finnish Branch

Viherkiittäjä 2 A
33960 Pirkkala

P: +358 40 355 8498

info@mitutoyo.fi
www.mitutoyo.fi