



**Mitutoyo**

## **METROLOGISK REFERENSBOK**

Motsvarigheter, omräkningar, geometriska toleranssymboler, hårdhetsjämförelser, triangellösningar, mätning av geometrier, ytjämnhetsmätning, värmeutvidgning

SVENSK  
UTGÅVA



# Innehåll

SIDA  
01

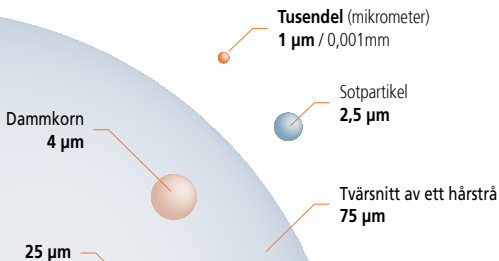
Vad är en tusendels millimeter?	02
Det grekiska alfabetet och grundläggande matematiska symboler	03
Omvandlingar	04
Triangellösningar	05
Mätningar	06
Internationella produktstandarder	09
Benämningar	14
Geometriska toleranssymboler	38
Definition av rundhet	41
Hårdhetsskalor	45
Ytstrukturmätning – en snabbguide	51
Ytjämnhetsmätning – villkor	56
Värmeutvidgningskoefficienter (CTE)	59
Materialegenskaper hos passbitar	61
Passbitsklasser	62
Noteringar	64

# Vad är en tusendels millimeter?

SIDA  
02

## Visste du att...

en 100 mm stålpassbit ökar med  $11\ \mu\text{m}$  i längd när dess temperatur höjs från  $20\ ^\circ\text{C}$  till  $30\ ^\circ\text{C}$ ?



I princip det minsta objektet som är synligt för det blotta ögat  
 **$40\ \mu\text{m}$**

Skala 1500:1

# Det grekiska alfabetet och grundläggande matematiska symboler

Versaler	Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ
Gemener	α	β	γ	δ	ε	ζ	η	θ
Namn	Alpha	Beta	Gamma	Delta	Epsilon	Zeta	Eta	Theta

Versaler	Ι	Κ	Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Π
Gemener	ι	κ	λ	μ	ν	ξ	ο	π
Namn	Jota	Kappa	Lambda	My	Ny	Xi	Omicron	Pi

Versaler	Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Χ	Ψ	Ω
Gemener	ρ	σ	τ	υ	φ	χ	ψ	ω
Namn	Rho	Sigma	Tau	Ypsilon	Fi	Chi	Psi	Omega

+	plus/addera
-	minus/subtrahera
±	plus eller minus
x	multiplitera/gångar
÷	dividera
/	dela
=	är numeriskt lika med
≡	är identiskt eller likvärdigt med
≠	inte lika med
≈	är ungefär lika med
∝	är proportionellt mot
~	är av storleksordningen
>	är större än
<	är mindre än
≥	är större än eller lika med
≤	är mindre än eller lika med

>>	är mycket större än
<<	är mycket mindre än
∑	summan av de villkor som anges
∏	produkten av de villkor som anges
Δ	ändlig skillnad eller ökning
∴	därför
∠	vinkel
//	parallellt med
⊥	vinkelrätt mot
∴	är
√x	kvadratroten av x
∛x	n <sup>e</sup> roten av x
→	närmar sig gränsen
∞	oändlighet

# Omvandlingar

## > Metriska längdenheter

	nm	$\mu\text{m}$	mm	cm	dm	m	km
1 nm	1	0,001	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$
1 $\mu\text{m}$	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

## > Metriska och anglosaxiska enheter

	tum	fot	yard	$\mu\text{m}$	mm	m
1 tum	1	0,08333	0,02778	25400	25,4	0,0254
1 fot	12	1	0,3333	304800	304,8	0,3048
1 yard	36	3	1	914400	914,4	0,9144
1 $\mu\text{m}$	$3,937 \times 10^{-5}$	$3,281 \times 10^{-6}$	$1,094 \times 10^{-6}$	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

## > Ekvivalenta bråk/decimala ekvivalenter

Bråktum	mm	Decimaltum
$\frac{1}{64}$	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

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

# Triangellösningar

SIDA  
05

> Lösning av den snedvinkliga triangeln

## > Sinussatsen

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

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

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

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

## > Area

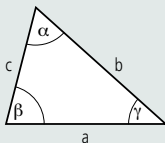
$$A = \frac{1}{2} b c \sin \alpha = \frac{1}{2} a c \sin \beta = \frac{1}{2} a b \sin \gamma$$

## > Sinussatsen

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

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

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



> Lösning av den rätvinkliga triangeln

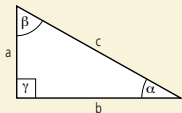
## > Den rätvinkliga triangeln

$$\sin \alpha = \frac{\text{Motst. katet}}{\text{Hypotenusa}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Närligg. katet}}{\text{Hypotenusa}} = \frac{b}{c}$$

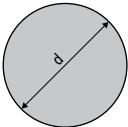
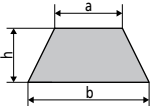
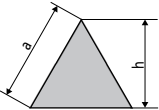
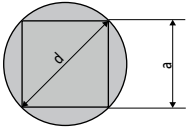
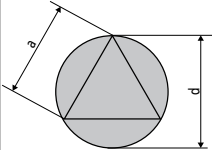
$$\tan \alpha = \frac{\text{Motståen. katet}}{\text{Närligg. katet}} = \frac{a}{b}$$

$$\cot \alpha = \frac{\text{Närligg. katet}}{\text{Motstå. katet}} = \frac{b}{a}$$



# Mätningar

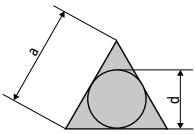
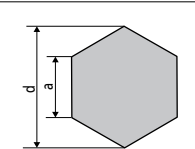
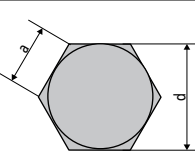
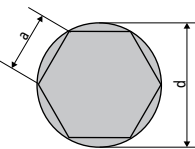
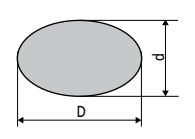
SIDA  
06

	Arealen av en cirkel: $A = \frac{\pi d^2}{4}$	Omkretsen av en cirkel: $U = \pi \cdot d$
	Arealen av en parallelltrapets: $A = \frac{a + b}{2} \cdot h$	
	Arealen av en triangel: $A = \frac{a \cdot h}{2}$	
	Sidan av en kvadrat inskriven i en cirkel: $a = \frac{d}{\sqrt{2}}$	
	Sidan av en liksidig triangel inskriven i en cirkel: $a = \frac{d \cdot \sqrt{3}}{2}$	



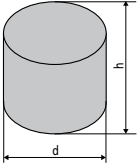
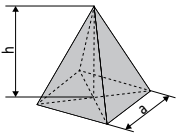
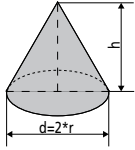
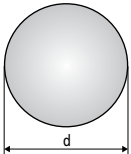
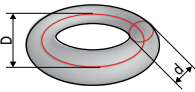
# Mätningar

SIDA  
07

	Diametern av en cirkel inskriven i en liksidig triangel: $d = \frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}$	
	Arean av en regelbunden hexagon: $A = \frac{3 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}}{2}$	Avståndet från ett hörn till ett annat i en regelbunden hexagon: $d = 2 \cdot a$
	Diametern av en cirkel inskriven i en regelbunden hexagon: $d = a \cdot \sqrt{3}$	
	Sidan av en regelbunden hexagon inskriven i en cirkel: $a = \frac{d}{2}$	
	Arean av en ellips: $A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$	

# Mätningar

SIDA  
08

	<p>Arealen av en cylinder:</p> $A = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{d}{2} + h\right)$	<p>Volymen av en cylinder:</p> $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$
	<p>Arealen av en regelbunden fyrsidig pyramid:</p> $A = a^2 + a \cdot \sqrt{4 \cdot h^2 + a^2}$	<p>Volymen av en regelbunden fyrsidig pyramid:</p> $V = \frac{a^2 \cdot h}{3}$
	<p>Arealen av en kon:</p> $A = \pi \cdot r \cdot (r + m)$ $m = \sqrt{h^2 + r^2}$	<p>Volymen av en kon:</p> $V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$
	<p>Arealen av en sfär:</p> $A = \pi \cdot d^2$	<p>Volymen av en sfär:</p> $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$
	<p>Arealen av en torus:</p> $A = \pi^2 \cdot d \cdot D$	<p>Volymen av en torus:</p> $V = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot d^2}{4}$

# Internationella produktstandarder

SIDA  
09

Handmätdon	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätutrustning för dimensionsmätning - Del 1: Skjutmått - Utformning och metrologiska krav	EN ISO 13385-1
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätutrustning för dimensionsmätning - Del 2: Djupskjutmått - Utformning och metrologiska krav	EN ISO 13385-2
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätdon: Höjdmätare - Konstruktion och metrologiska egenskaper	EN ISO 13225
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätdon - Mikrometer för utvändiga mätningar: Konstruktion och metrologiska egenskaper	EN ISO 3611
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Längdindikatorer - Mätklockor, konstruktion och metrologiska egenskaper	EN ISO 463
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätutrustning för dimensionsmätning - Vippindikatorer - Konstruktion och metrologiska egenskaper	EN ISO 9493
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Längdnormaler - Passbitar	EN ISO 3650
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Mätutrustning för mätning med digital display - Konstruktion och metrologiska egenskaper	EN ISO 13102

# Internationella produktstandarder

SIDA  
10

Ytstruktur	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod - Nominella egenskaper hos släpnålsinstrument	EN ISO 3274
	Geometriska produktionspecifikationer (GSP) - Ytstruktur: Profilmotod - Termer, definitioner och parametrar för ytstruktur	EN ISO 4287
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod - Regler för och förfaranden vid mätning av ytjämnhet	EN ISO 4288
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur; Profilmotod: Ytnormaler - Del 1: Mekanisk kalibrering	EN ISO 5436
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod - Metrologiska egenskaper hos faskorrekt filter	EN ISO 11562
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod; Ytor med skiktade funktionsegenskaper - Del 1: Filtring och generella mätvillkor	EN ISO 13565-1
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod; Ytor med skiktade funktionsegenskaper - Del 2: Höjddkaraktisering med användning av den linjära materialandelskurvan	EN ISO 13565-2
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod – ytor med skiktade funktionsegenskaper - del 3: Höjddkaraktisering med användning av den sannolika materialandelskurvan	EN ISO 13565-3
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Ytstruktur: Profilmotod - Motifparametrar	EN ISO 12085

# Internationella produktstandarder

Koordinatmätmaskiner	Geometriska produktspecifikationer - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 1: Ordlista	EN ISO 10360-1
	Geometriska produktspecifikationer, GPS - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 2: Koordinatmätmaskiner för avståndsmätning	EN ISO 10360-2
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 3: Koordinatmätmaskiner med rotationsbordets axel som fjärde axel	EN ISO 10360-3
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 4: Koordinatmätmaskiner använda för scanning	EN ISO 10360-4
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 5: Koordinatmätmaskiner använda med en eller flera mätspetsar	EN ISO 10360-5
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 6: Bedömning av fel vid beräkning av Gaussiskt anpassade element	EN ISO 10360-6
	Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 7: Koordinatmätmaskiner utrustade med bildgivande avkänningsystem	EN ISO 10360-7

# Internationella produktstandarder

Koordinatmätmaskiner	Geometrisk produktspecifikation (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 8: Koordinatmätmaskiner med optiska längdsensorer	EN ISO 10360-8
	Geometrisk produktspecifikation (GPS) - Leveranskontroll och periodisk kalibrering av koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 9: Koordinatmätmaskiner med flergivarsystem	EN ISO 10360-9
	Geometrisk produktspecifikation (GPS) - Riktlinjer för uppskattning av mätosäkerhet för koordinatmätmaskiner (CMM)	ISO/TS 23165

Hårdhetsprovare	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Vickers - Del 1: Provningsmetod	EN ISO 6507-1
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Vickers - Del 2: Kontroll och kalibrering av provningsutrustning	EN ISO 6507-2
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Vickers - Del 3: Kalibrering av referensblock	EN ISO 6507-3
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Vickers - Del 4: Tabell för hårdhetsvärden	EN ISO 6507-4
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Rockwell - Del 1: Provningsmetod	EN ISO 6508-1
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Rockwell - Del 2: Kontroll och kalibrering av provningsutrustning	EN ISO 6508-2

# Internationella produktstandarder

SIDA  
13

Hårdhetsprovare	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Rockwell - Del 3: Kalibrering av referensblock	EN ISO 6508-3
	Plast - Bestämning av hårdhet - Del 2: Rockwellhårdhet	EN ISO 2039-2
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Brinell - Del 1: Provningsmetod	EN ISO 6506-1
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Brinell - Del 2: Kontroll och kalibrering av provningsutrustning	EN ISO 6506-2
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Brinell - Del 3: Kalibrering av kontrollblock	EN ISO 6506-3
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Brinell - Del 4: Tabell för hårdhetsvärden	EN ISO 6506-4
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Knoop - Del 1: Provningsmetod	EN ISO 4545-1
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Knoop - Del 2: Kontroll och kalibrering av provningsutrustning	EN ISO 4545-2
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Knoop - Del 3: Kalibrering av kontrollblock	EN ISO 4545-3
	Metalliska material - Hårdhetsprovning enligt Knoop - Del 4: Tabell för hårdhetsvärde	EN ISO 4545-4
	Metalliska och övriga oorganiska ytbeläggningar - Vickers och Knoop mikrohardhetsprovning	EN ISO 4516
	Metalliska material - Konvertering av hårdhetsvärden	EN ISO 18265

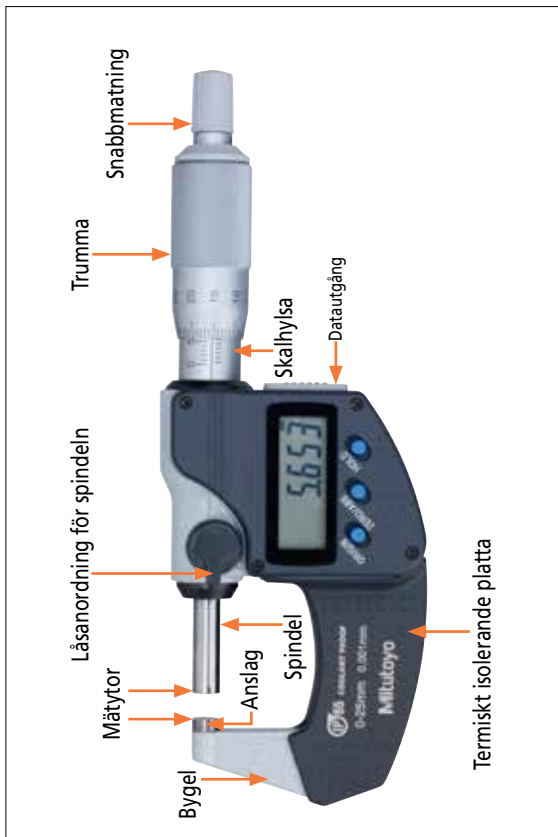
# Benämningar för mätur



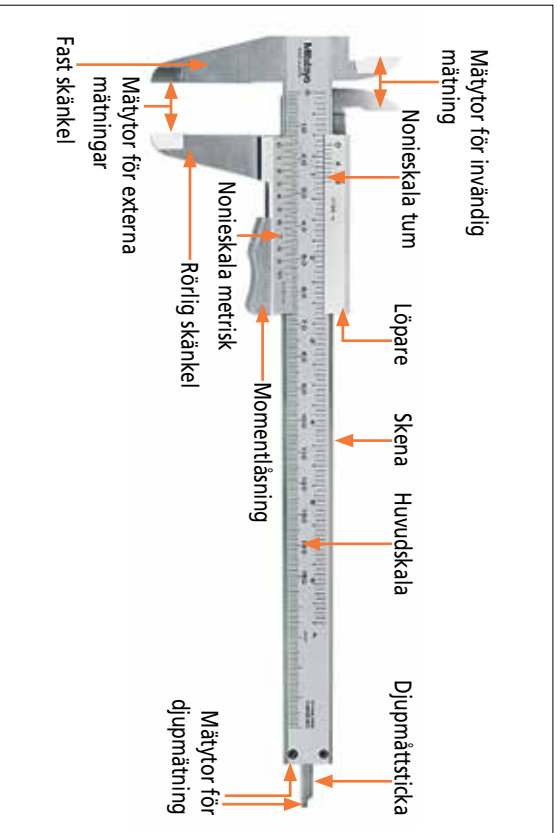


# Benämningar för mikrometer

SIDA  
15

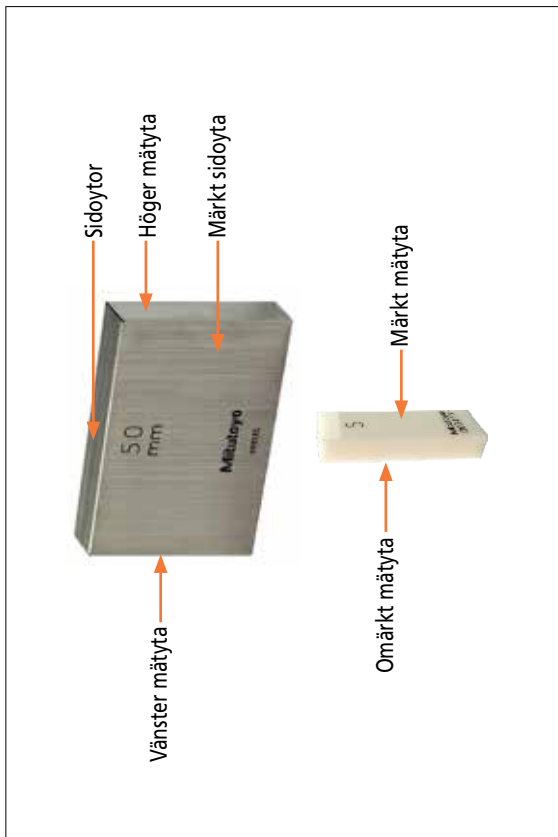


## Benämningar för skjutmått

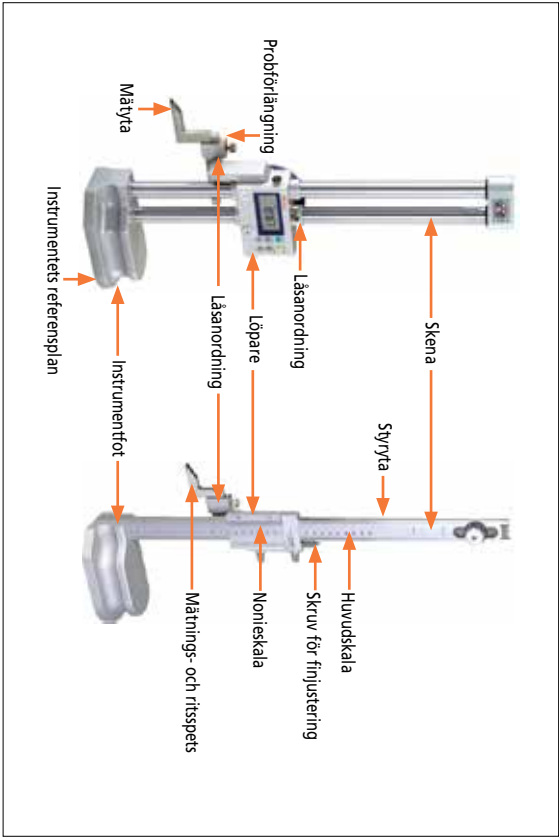


# Benämningar för passbitar

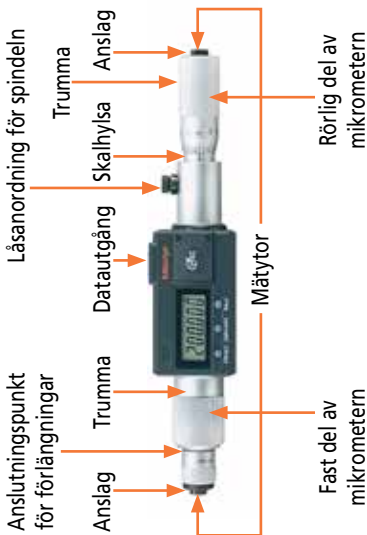
SIDA  
17



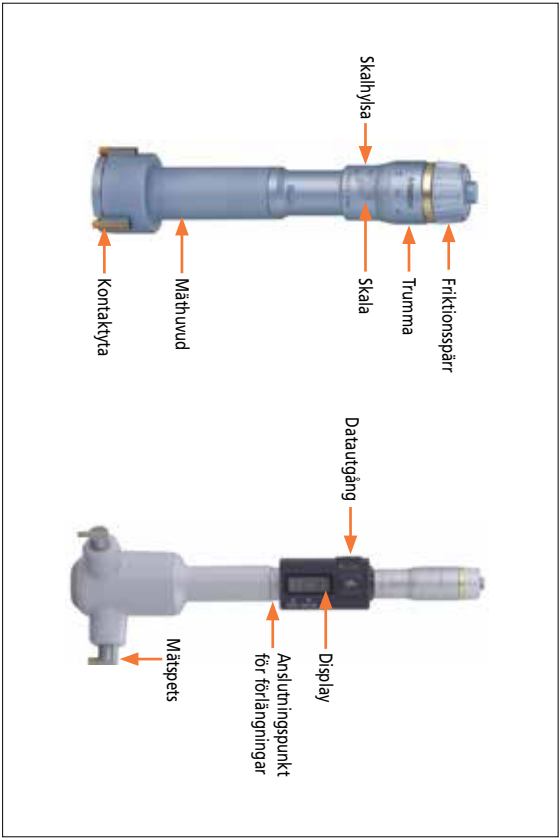
# Benämningar för höjdmätare



# Benämningar för invändig 2-punktsmikrometer

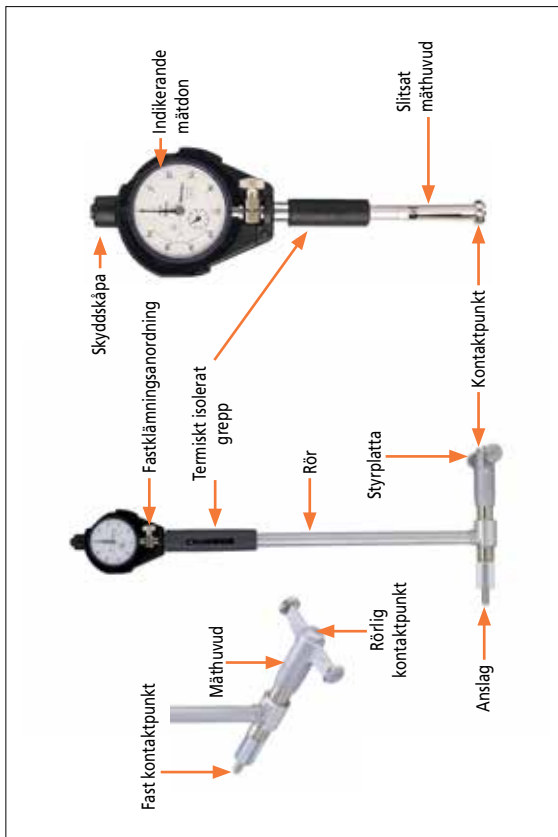


# Benämningar för invändig 3-punktsmikrometer

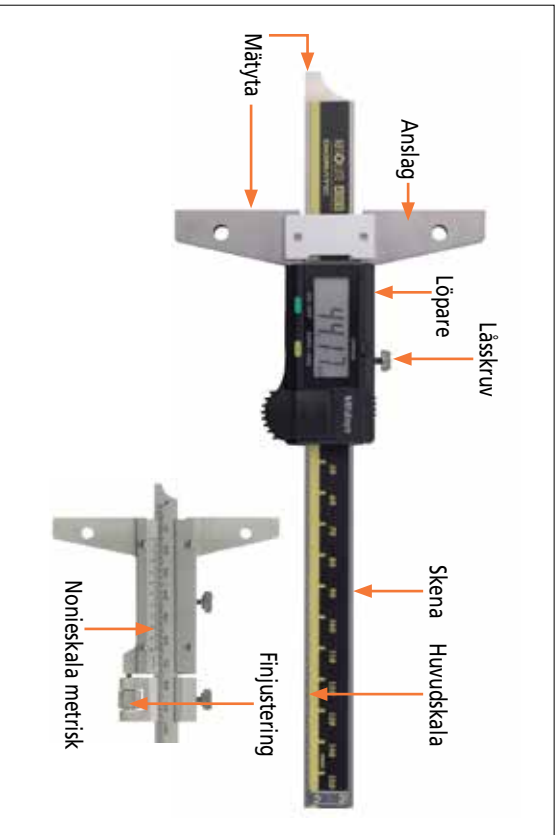


# Benämningar för hållindikator

SIDA  
21



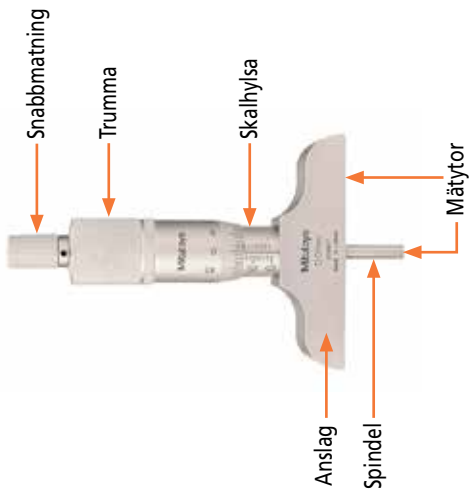
# Benämningar för djupskjutmätt



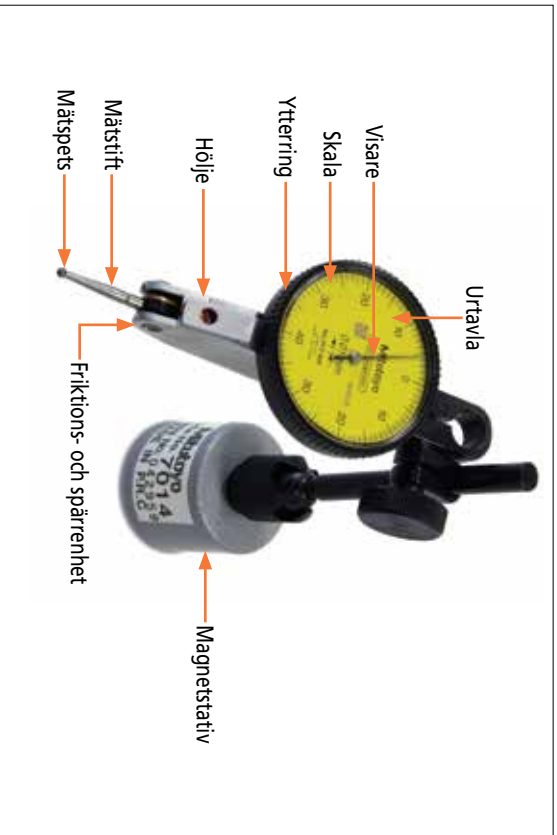


# Benämningar för djupmikrometer

SIDA  
23

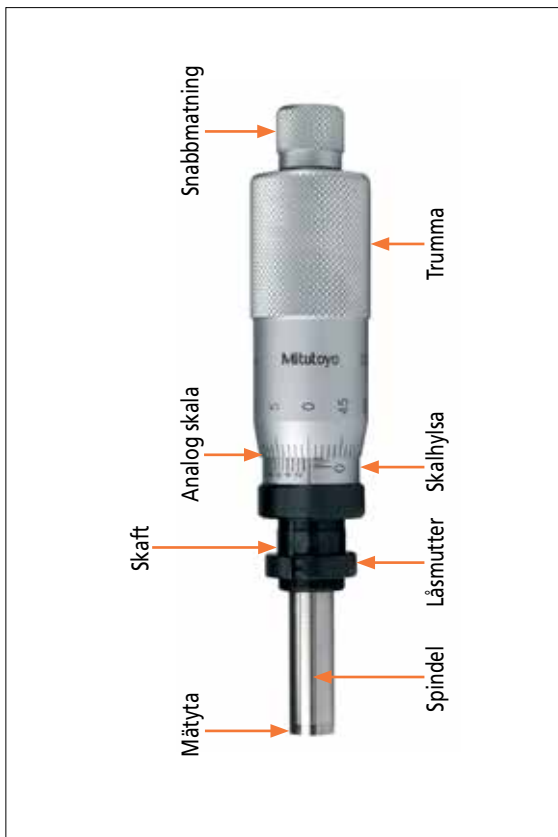


# Benämningar för vippindikator

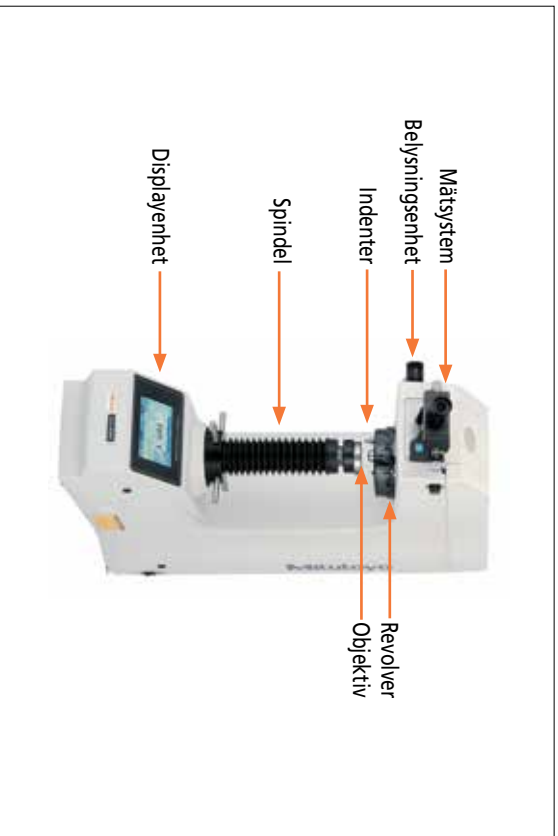


# Benämningar för mikrometerhuvud

SIDA  
25

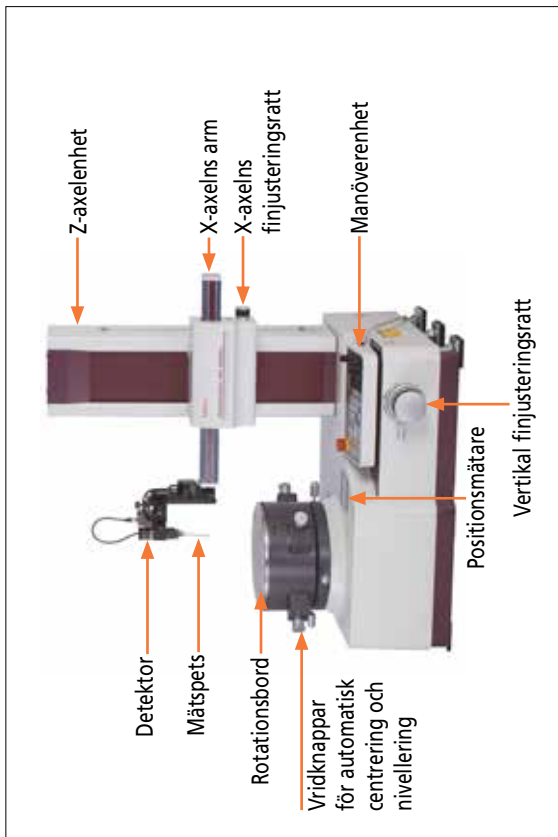


## Benämningar för hårdhetsmätare

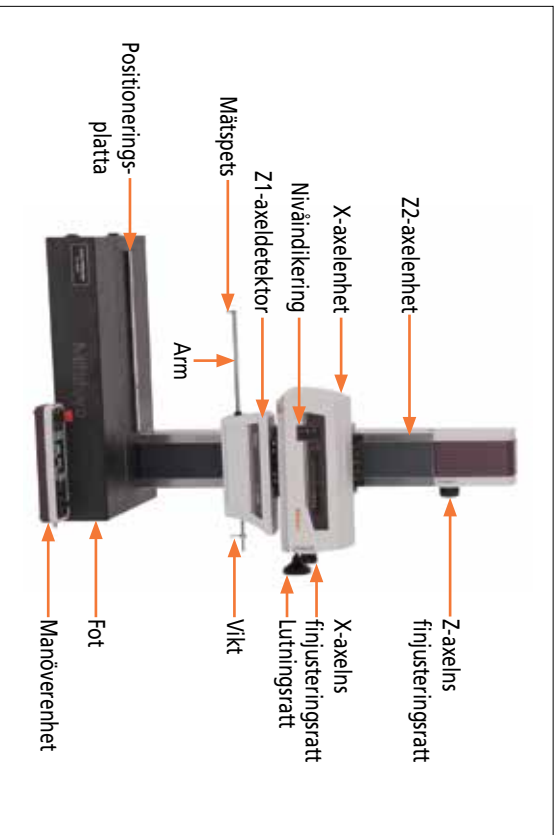


# Benämningar för rundhet- och cylindricitetsprovare

SIDA  
27

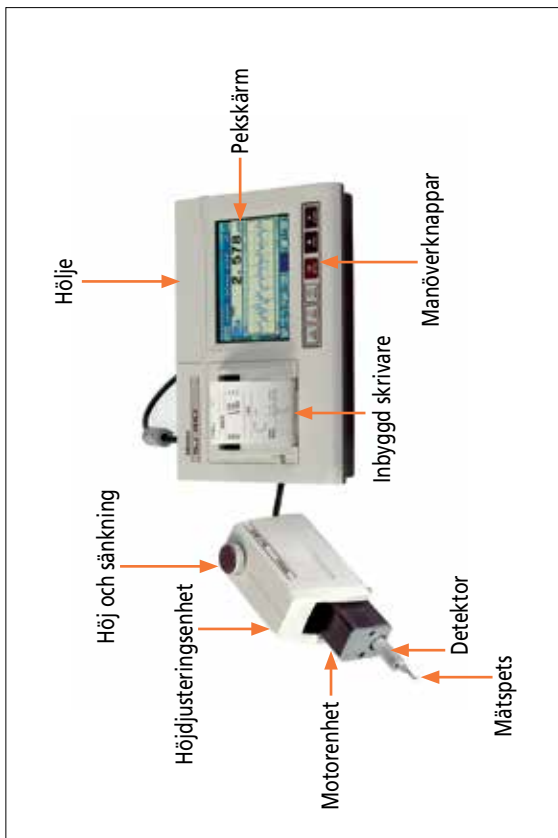


## Benämningar för konturmätare

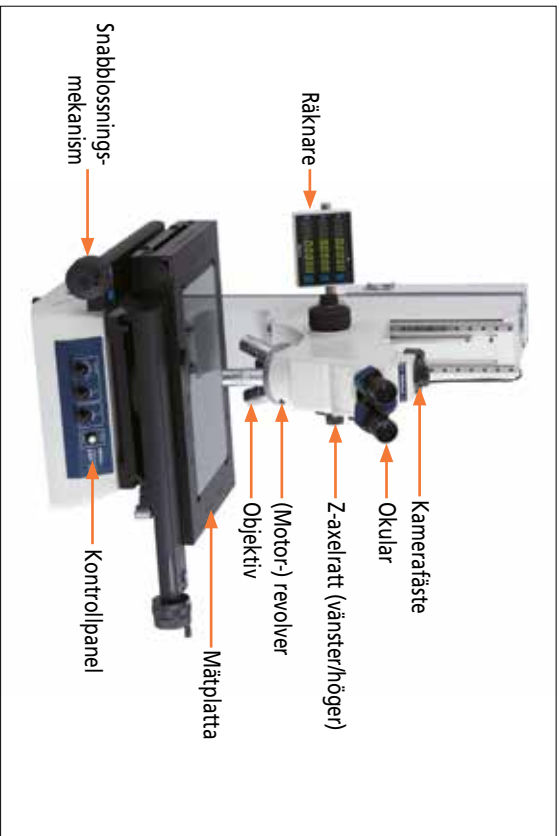


# Benämningar för ytjämnhetsmätare

SIDA  
29



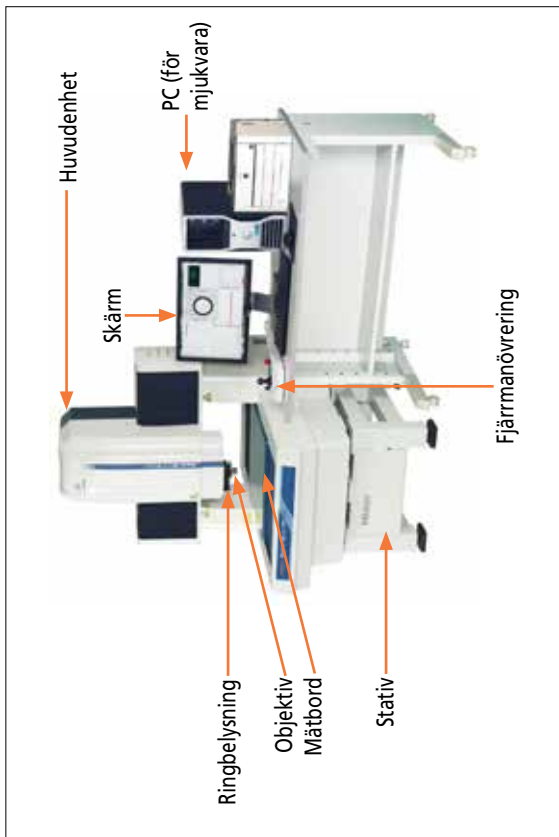
# Benämningar för mätmikroskop



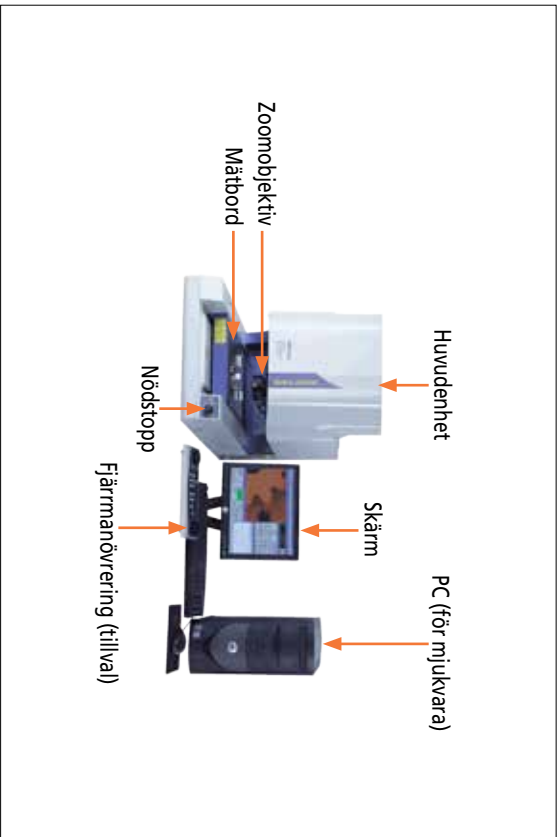


# Benämningar för 3D visionsmätssystem

SIDA  
31

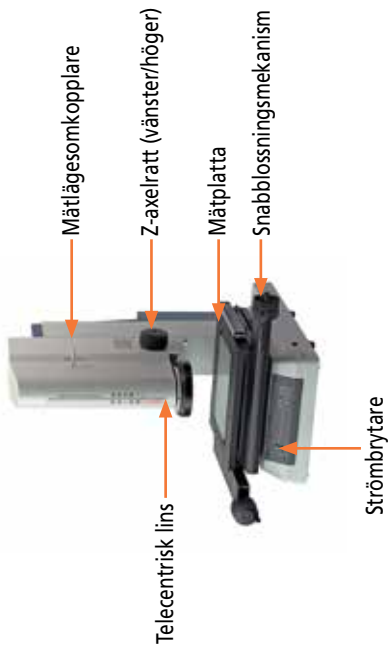


# Benämningar för 3D visionsmätssystem med färgkamera

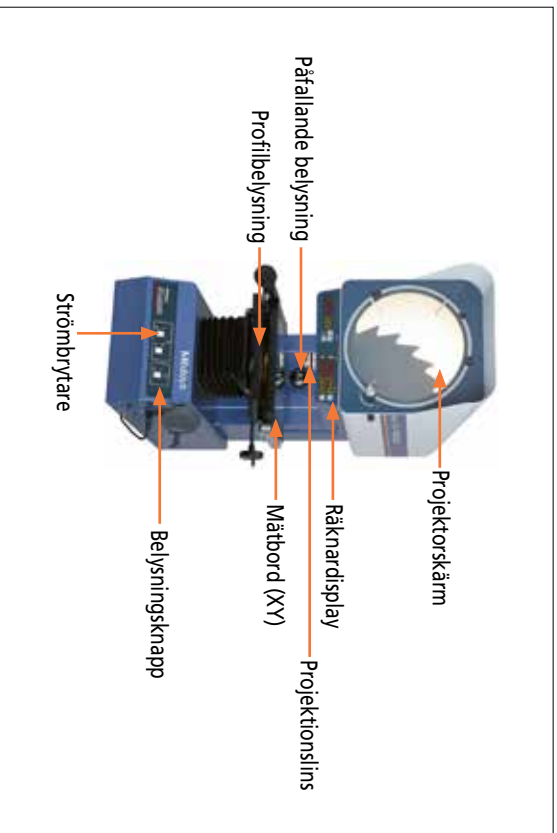


# Benämningar för manuellt 2D visionmätssystem

SIDA  
33

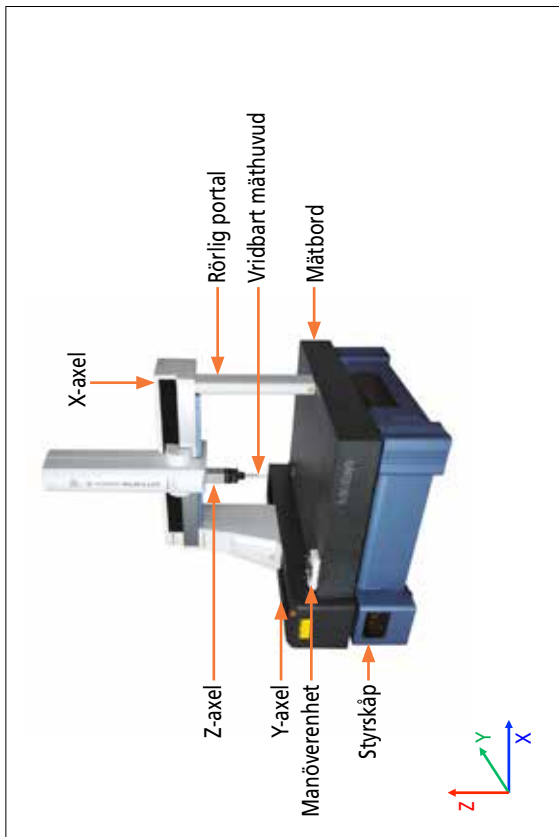


## Benämningar för profilprojektor



# Koordinatmätmaskin med rörlig portal

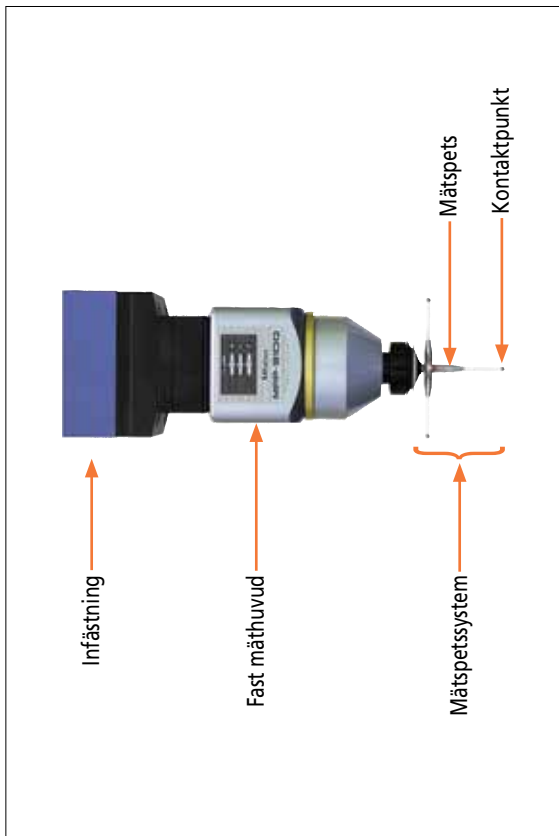
SIDA  
35



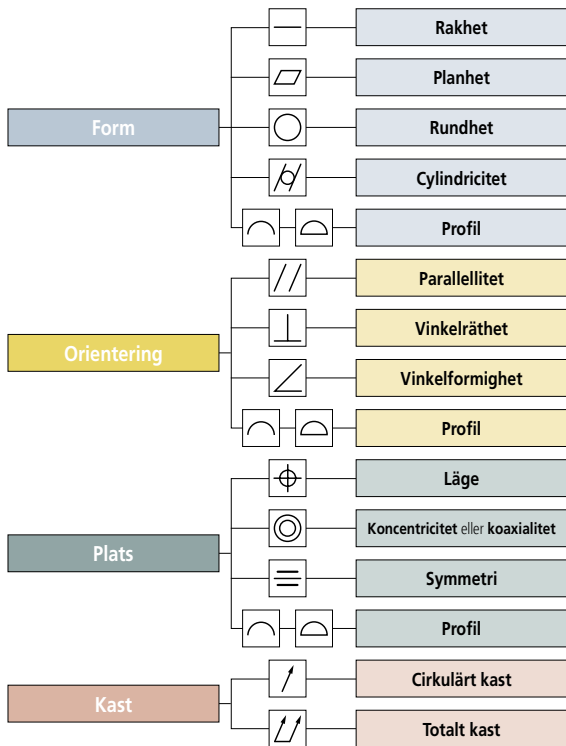


# Koordinatmätmaskin: Fast mät huvud

SIDA  
37



# Geometriska toleranssymboler



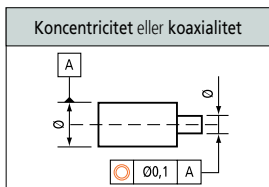
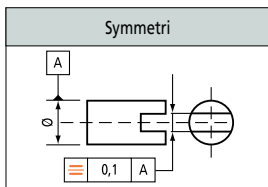
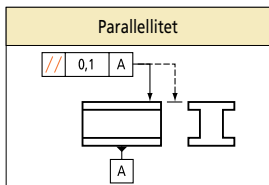
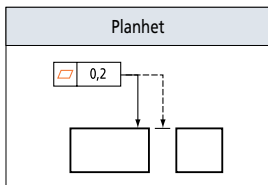
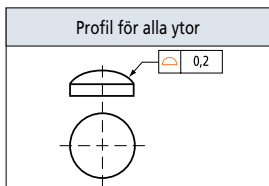
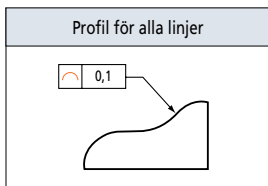
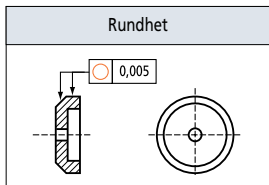
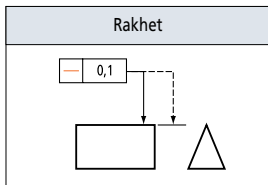
OBS:

Läs EN ISO 1101 Geometriska produktspecifikationer (GPS). Geometriska toleranser. Form- och lägetoleranser för fullständig information.



# Geometriska toleranssymboler

> Exempel på användningsområden

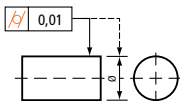


# Geometriska toleranssymboler

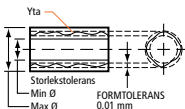
## > Exempel på tolkningar

SIDA  
40

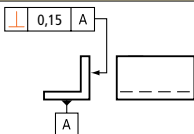
### Cylindricitet



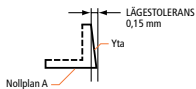
**Tolkning:**  
yta som ska ligga inom 2 koncentriska cylindrar med 0,01 mm skillnad i radie



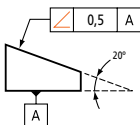
### Vinkelrätthet



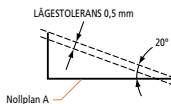
**Tolkning:**  
yta som ska ligga inom 2 parallella normalplan med 0,15 mm avstånd från varandra vinkelrätt mot nollplanet A



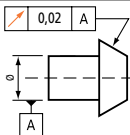
### Vinkelformighet



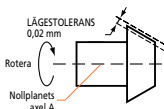
**Tolkning:**  
yta som ska ligga inom 2 parallella normalplan med 0,5 mm avstånd från varandra i 20 graders vinkel till nollplanet A



### Cirkulärt kast



**Tolkning:**  
alla linjer på ytan ska ligga inom 2 cirklar som är koncentriska med nollplanet A och ha ett avstånd på 0,02 mm till normalplanet till ytan.

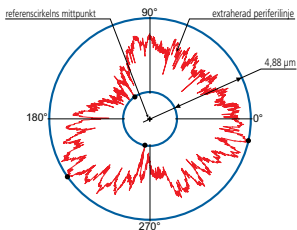


# Definiera rundhet

Avvikelse från perfekt rundhet definieras som differensen mellan radierna hos två koncentriska referenscirklar i samma plan, vars storlekar och mittposition skapas genom en av fyra metoder (som beskrivs nedan) efter att periferilinjén har extraherats. Diagrammen visar hur avvikelsevärdet som erhålls beror på metoden som används.

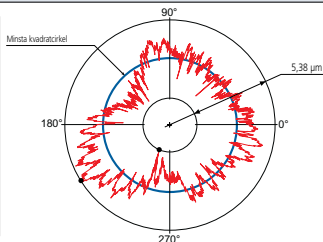
## Minsta zon-referenscirkel (MZCI)

Storlek och position på två koncentriska cirklar som rör vid och tillsammans omsluter den extraherade periferilinjén justeras tills deras radiella differens blir så liten som möjligt.



## Minsta-kvadrat referenscirkel (LSCI)

Storleken och positionen på en cirkel som skapats så att kvadratsumman av de radiella avvikelserna från den extraherade periferilinjén är minsta möjliga. Två koncentriska cirklar som är koaxiella med denna cirkel skapas sedan, och rör vid och omsluter tillsammans den extraherade periferilinjén.

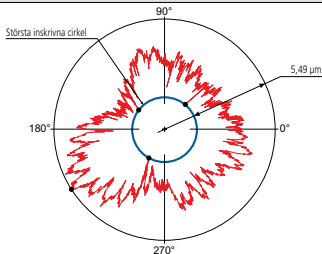


# Definiera rundhet

SIDA  
42

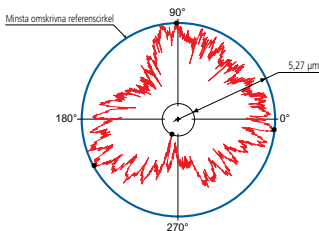
## Största inskrivna referencirkel (MICI)

En inskriven cirkel av största möjliga storlek skapas och rör vid den extraherade periferilinjén. En andra cirkel som är koncentrisk med den första skapas sedan och rör och omsluter tillsammans med den första cirkeln den extraherade periferilinjén.



## Minsta omskrivna referencirkel (MCCI)

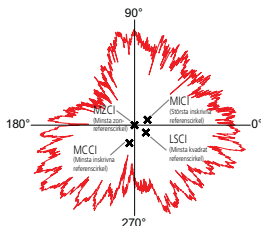
En omskriven cirkel av minsta storlek skapas och rör vid den extraherade periferilinjén. En andra cirkel som är koncentrisk med den första skapas sedan och rör och omsluter tillsammans med den första cirkeln den extraherade periferilinjén.



# Definiera rundhet

## Viktiga axlar för mätning av rundhet/cylindricitet

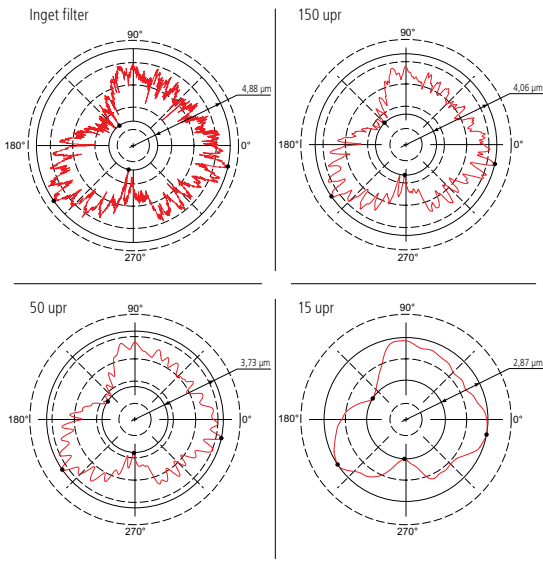
Positionen för de koncentriska cirklarnas mittpunkt definierar den extraherade periferilinjens mittpunkt och därmed positionen för den uppmätta rundheten. Var och en av metoderna som beskrivs ovan resulterar i olika mittpunktspositioner för referenscirkclar, såsom visas.



# Definiera rundhet

## Filtering

Extraerade linjer kan vara lågpasfilterade på olika sätt för att minska eller eliminera oönskade detaljer, med ett gränsvärde i form av vågighet per varv (upr). Effekten av olika upr-inställningar visas i diagrammen nedan för ett faskorrigerat Gaussfilter till 50 % som visar hur det uppmätta rundhetsvärdet minskar när lägre upr-inställningar gradvis jämnar ut den extraerade linjen.



# Hårdhetsskalor

SIDA  
45



Alla hårdhetsmätningar är metodberoende. Tabellerna nedan visar dock de ungefärliga motsvarigheterna mellan hårdhetsskalorna som vanligtvis används. (Mitutoyos specifikation)

## > Härdat stål och hårda legeringar

VICKERS HV 10	HR A	ROCKWELL		ROCKWELL SUPERFICIAL			BRINELL HBW 10/3000	DRAG- HÅLLFAST- HET styrka N/mm <sup>2</sup>
		HR C diamant	HR D	HR 15N	HR 30N diamant	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

# Hårdhetsskalor

SIDA  
46

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIAL			BRINELL HBW 10/3000	DRAGHÅLL- FASTHET styrka N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamant	HR D	HR 15N	HR 30N diamant	HR 45N		
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



# Hårdhetsskalor

SIDA  
47

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIAL			BRINELL HBW 10/3000	DRAGHÅLL- FASTHET styrka N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamant	HR D	HR 15N	HR 30N diamant	HR 45N		
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	-	-

# Hårdhetsskalor

VICKERS HV 10	ROCKWELL			ROCKWELL YTA			BRINELL HBW 10/3000	DRAGHÅLL- FASTHET styrka N/mm <sup>2</sup>
	HR A	HR C diamant	HR D	HR 15N	HR 30N diamant	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	-	-

> Ohärdat stål och de flesta icke-järnhaltiga metaller

HR B 1,5875 mm kula	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIAL			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A diamant	HR F 1,5875 mm kula	HR E 3,175 mm kula	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

# Hårdhetsskalor

SIDA  
49

HR B 1,5875 mm kula	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIAL HR 15T HR 30T HR 45T 1,575 mm kula			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A diamant	HR F 1,5875 mm kula	HR E 3,175 mm kula					
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	-

# Hårdhetsskalor

SIDA  
50

HR B 1,5875 mm kula	ROCKWELL			ROCKWELL SUPERFICIAL			VICKERS HV/10	BRINELL HBW 10/3000
	HR A diamant	HR F 1,5875 mm kula	HR E 3,175 mm kula	HR 15T 1,575 mm kula	HR 30T	HR 45T		
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	-	-

## OBS:

Det är nödvändigt att vara försiktig när man jämför hårdhetsvärden eftersom arbetsstyckets form och typ kan påverka mätningen. Ett sätthärdat stålarbetsstycke kan vara känsligt för intrycksdjup. Därför bör man inte ersätta metoden för hårdhetsmätningen som anges i produkt dokumentationen med någon annan metod utan att man först rådfrågar den konstruktionsansvarige för den produkten.

# Ytstrukturmätning – en snabbguide

## 1. Ytprofiler

### Faktisk profil

Profilen som härrör från skärningspunkten mellan arbetsstyckets yta och ett normalplan till den ytan, och i en riktning som maximerar ytjämnhetsvärdet (vanligen vinkelrätt mot bearbetningsspåret).

### Uppmått profil

Profilen som uppstår genom skanning av den *faktiska profilen* med en prob som mekaniskt filtrerar denna profil beroende på mätpetsens radie och, om sådan finns, genom probsystemets glidsko. Ytdefekter såsom repor och bucklor ingår inte i profilen.

### Primär profil (*P*-profil)

Profilen som härrör från filtreringen av den *uppmätta profilen* för att avlägsna eventuella våglängdsdata som är alltför korta för att vara relevanta för en ytstrukturanalys. Parametrarna betecknas med  $P_{suffix}$  ( $P_a$ ,  $P_c$ ,  $P_t$ ,  $P_z$  etc).

> Medellinjen visar vågighet och form.



### Ytjämnhetsprofil (*R*-profil)

Ytprofilen som härrör från filtreringen av den *primära profilen* för att ta bort vågighets- och formvåglängder. Parametrarna betecknas med  $R_{suffix}$  ( $R_a$ ,  $R_c$ ,  $R_t$ ,  $R_z$  etc).

> Vågighet och form filtreras bort så att endast ytjämnheten blir kvar.



# Ytstrukturmätning – en snabbguide

## Vågighetsprofil (W-profil)

Ytprofilen som härrör från filtreringen av den *primära profilen* för att avlägsna ytjämnhets- och formvåglängder. Parametrarna betecknas med  $W_{suffix}$  ( $W_a$ ,  $W_c$ ,  $W_t$ ,  $W_z$ , etc).

- Första filtreringen avlägsnar ytjämnhet men lämnar kvar vågighet och form.

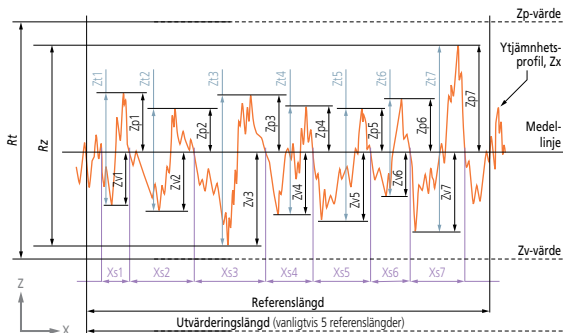


- Andra filtreringen avlägsnar form och lämnar endast kvar vågighet.



## 2. Några vanliga parametrar

- En typisk profil (ytjämnhet).



# Snabbguide till mätning av ytstruktur

## Aritmetiska medelvikelser för profilen: $P_a$ , $R_a$ eller $W_a$

Det aritmetiska medelvärdet för den absoluta profilens  $Z(x)$  värden inom en referenslängd.

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

$l = l_p, l_r$  eller  $l_w$  efter primär, ytjämnhets- eller vågighetsprofil

## Rms-kvadratavvikelsen för profilen: $P_q$ , $R_q$ eller $W_q$

Rms för profilens  $Z(x)$  värden inom en referenslängd.

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

$l = l_p, l_r$  eller  $l_w$  efter primär, ytjämnhets- eller vågighetsprofil

## Total höjd för profilen: $P_t$ , $R_t$ eller $W_t$

Summan av den högsta toppen  $Z_p$  och den djupaste dalen  $Z_v$  inom utvärderingslängden.

## Högsta höjd för profilen: $P_z$ , $R_z$ eller $W_z$

Summan av den högsta toppen  $Z_p$ , och den djupaste dalen  $Z_v$  inom en referenslängd.

## Breddmedelvärde för profilelement: $PS_m$ , $RS_m$ eller $WSM$

Medelvärdet för profilelementbredderna  $X_s$  inom en referenslängd.

$$PS_m, RS_m, WSM = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{S_i}$$

Om inte annat anges är den lägsta höjden på de element som ska ingå, 10 % av  $P_z$ ,  $R_z$  eller  $W_z$ , med det minsta avståndet 1 % av referenslängden.

# Ytstrukturmätning – en snabbguide

## Breddmedelvärde för profilelement: $P_c$ , $R_c$ eller $W_c$

Medelvärde för profilelementhöjderna  $Z_t$  inom en referenslängd.

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

Om inte annat anges är den lägsta höjden på de element som ska ingå, 10 % av  $P_z$ ,  $R_z$  eller  $W_z$ , med det minsta avståndet 1 % av referenslängden.

## 3. Ytjämnhetsvärde/ytjämnhetsklasser

Förhållandet mellan ytjämnhetsvärden och ytjämnhetsklasser, enligt ISO 1302, visas i tabellen nedan.

Ytjämnhetsvärde		Ytjämnhetsklass
Mikrometer ( $\mu\text{m}$ )	Mikrotum ( $\mu\text{inch}$ )	
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
0025	1	N1



# Ytstrukturmätning – en snabbguide

SIDA  
55

## Inställningar för ytjämnhetsmätning (EN ISO 4288)

Icke-periodiska profiler		Periodiska profiler	Mätningvillkor enligt EN ISO 4288 and EN ISO 3274			
$R_t$ , $R_z$ $\mu\text{m}$		$R_a$ $\mu\text{m}$	$RSm$ mm	$r_{\text{tips}}$	Maximal mätpetsradie	
				$\lambda_c = l_r$	Referenslängd	
				$l_n$	Utvärderingslängd	
				$l_t$	Totallängd (utvärderingslängd plus start- och stoppträcka)	
$> 0,025 \dots 0.1$	$> 0,006 \dots 0.02$	$> 0,013 \dots 0.04$	2	0,08	0,4	0,48
$> 0,1 \dots 0.5$	$> 0,02 \dots 0.1$	$> 0,04 \dots 0.13$	2	0,25	1,25	1,5
$> 0,5 \dots 10$	$> 0,1 \dots 2$	$> 0,13 \dots 0.4$	2*	0,8	4	4,8
$> 10 \dots 50$	$> 2 \dots 10$	$> ,04 \dots 1.3$	5	2,5	12,5	15
$> 50 \dots 200$	$> 10 \dots 80$	$> 1,3 \dots 4$	10	8	40	48

\* När  $Rz > 3 \mu\text{m}$  eller  $Ra > 0,5 \mu\text{m}$  en mätpetsradie ( $r_{\text{tips}}$ ) =  $5 \mu\text{m}$  kan användas.

### OBS:

Detta avsnitt utgår från EN ISO 4287 som bör konsulteras för detaljerad information.



# Villkor för mätning av ytjämnhet

## Villkor för ytjämnhetsmätning (EN ISO 4288)

Mätavståndet  $\Delta x$  samt brytvåglängden  $\lambda_s$  av lågpasfiltret är standardiserade. Dock är dessa värden redan inställda i ytjämnhetsmätarna.

**Praktiskt tips 1:** Om det inte finns tillräckligt med utrymme på arbetsstyckets yta för mätpetslängden som behövs för  $l_t$  måste antalet utvärderingslängder minskas och anges i ritningen.

**Praktiskt tips 2:** Om det fortfarande inte finns tillräckligt med utrymme mäts den totala höjden för den primära profilen  $P_t$  över den tillgängliga längden istället för  $R_t$  eller  $R_z$ .  $P_t$  är fortfarande lika med  $R_t$  men är definierad på den primära profilen och mätvärdet är alltid större.



## Utvärdering av ytjämnhetsmätningar (EN ISO 4288)

Mätvärden för ytjämnhet, särskilt de vertikala parametrarna  $R_t$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  och  $R_a$  har en spridning på mellan -20 % och +30 %. Ett enda mätvärde kan därför inte ge en fullständig översikt när de tillåtna parametertoleranserna ska följas. Följande procedur anges i EN ISO 4288 bilaga A:

### Regel för maxvärde

Alla ytjämnhetsparametrar inklusive "max" som det maximala medelvärdet av de fem referenslängderna: Mät minst tre punkter på ytan där de högsta värdena förväntas. Det angivna gränsvärdet får inte överskridas under några som helst omständigheter.

# Villkor för mätning av ytjämnhet

SIDA  
57

## 16 %-regeln


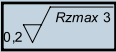




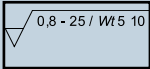
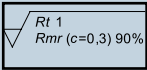
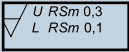
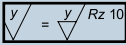
Alla ytjämnhetsparametrar förutom "max" som medelvärdet av de fem referenslängderna:

16 % av de uppmätta värdena kan överskrida det angivna gränsvärdet. Steg-för-steg-proceduren är som följer:

1. Om det första mätvärdet är mindre än 70 % av den angivna gränsen, anses resultatet vara godtagbart.
2. Om resultatet är annorlunda görs ytterligare två mätningar på andra ställen på ytan: Om alla tre mätvärden är mindre än den angivna gränsen, anses resultatet vara godtagbart.
3. Om resultatet är annorlunda, görs ytterligare nio mätningar på andra ställen på ytan. Om endast två av de uppmätta värdena överskrider den angivna gränsen, anses resultatet vara godtagbart.



# Villkor för mätning av ytjämnhet

Exempel	Förklaring
	Inget material får avlägsnas, förvalt transmissionsband <b>R</b> profil, 16 %-regeln, medelytjämnhetsdjup 5 µm (övre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband, <b>R</b> profil, maxregel, maximalt ytjämnhetsdjup 3 m (övre gräns), bearbetningstillägg 0,2 mm
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband, <b>R</b> profil, utvärderingslängd från 3 referenslängder, 16 %-regeln, medelytjämnhetsdjup 4 m (övre gräns), koncentriska ytspår
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband <b>R</b> profil, 16 %-regeln, medelytjämnhetsdjup 5 µm, aritmetiskt genomsnittligt ytjämnhetsdjup 1 µm (övre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband <b>R</b> profil, 16 %-regeln, genomsnittligt ytjämnhetsdjup mellan 1 µm (nedre gräns) och 3 µm (övre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband för λs, inga λc filter, <b>P</b> profil, utvärderingslängden samma som arbetsstyckets längd, 16 %-regeln, totalhöjd av primär profil 25 v (övre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband 0,8 (=λc) 25 (=λf=lw) mm, W-profil, utvärderingslängd från 5 referenslängder ln=5*lw= 125 mm, 16 %-regeln, totalhöjd av profilen 10 µm (övre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband 0,8 (= <b>R</b> profil, 16 %-regeln, totalhöjd av ytjämnhetsprofilen 1µm (övre gräns), materialandel av profilen är 90 % i snittnivån c =0,3 µm (nedre gräns)
	Material får avlägsnas, förvalt transmissionsband, <b>R</b> profil, medelspårbredd mellan 0,1 mm (nedre gräns) och 0,3 mm (övre gräns)
	Förklaring av medelvärdet (till höger) av den förenklade benchmarkingen (vänster), om utrymmet är begränsat.

# Värmeutvidgningskoefficienter (CTE)

Tabellen nedan visar de typiska värmeutvidgningskoefficienterna (CTE) för 50 olika konstruktionsmaterial vid måttliga temperaturer.

Material	$\alpha$ i $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	Material	$\alpha$ i $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Aluminiumoxidkeramer	6 – 7	Nickel och dess legeringar	12 – 17
Aluminium och dess legeringar	21 – 25	Nickellegering, låg utvidgning	10
Beryllium	11	Nitrerstål	12
Berylliumkoppar	17	Platina	9
Mässing	18 – 21	Rostfritt stål, åldringshärdbart	10 – 15
Brons, aluminium (gjutning)	16 – 17	Rostfritt stål, austenitiskt	14 – 18
Brons, fosfor-kisel	17 – 18	Rostfritt stål, gjutjärn	11 – 19
Brons, tenn (gjutning)	18	Rostfritt stål, ferritiskt	10 – 11
Gjutjärn, nodulär eller segjärn	10 – 19	Rostfritt stål, martensitiskt	10 – 12
Kermet, aluminiumoxid	8 – 9	Stål, legerat	11 – 15
Kermet, kromkarbid	10 – 11	Stål, legering, gjutna	14 – 15
Kermet, titankarbid	8 – 13	Stål, kol, automatstål	15
Kermet, volframkarbid	4 – 7	Stål, hög temperatur	11 – 14
Koppar	17	Stål, ultrahöghållfast	10 – 14
Kopparnickel och nysilver	16 – 17	Superlegeringar, koboltbaserade	12 – 17
Diamant	1	Superlegeringar, Cr-Ni-Co-Fe	17 – 19
Passbit, CERA block*	9,3 ± 0,5	Superlegeringar, Cr-Ni-Fe	14 – 16
Passbit, stål	10,8 ± 0,5	Superlegeringar, nickelbaserade	14 – 18
Passbit, volframkarbid	5,5 ± 1	Tantalkarbid	8
Glas, smält kvarts	0,55 – 0,59	Tenn och dess legeringar	23
Glas, pyrex	3,3	Titan och dess legeringar	9 – 13
Järn, gråjärn	11	Titankarbid	7
Magnesiumlegeringar	25 – 28	Volfram	4
Molybden och dess legeringar	5 – 6	Zerodur®, glaskeramik**	0,05 ± 0,10
		Zink och dess legeringar	19 – 35
		Zirkonium och dess legeringar	5,5 – 6

\* Zirkoniumkeramik.

\*\* Används för XY-skalorna i högnoggranna koordinatmätmaskiner såsom Mitutoyos LEGEX-serien.

# Värmeutvidgningskoefficienter (CTE)

De flesta fasta ämnen expanderar när temperaturen stiger och drar sig samman när den sjunker. Denna respons på temperaturförändring uttrycks som värmeutvidgningskoefficienten (CTE).

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

$\Delta l$  = Dimensionsförändring

$\alpha$  = Värmeutvidgningskoefficient

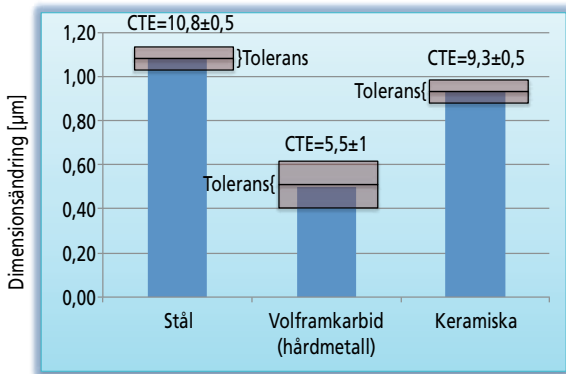
$l_1$  = Dimension vid 20 ° C

$t_2$  = Temperatur efter förändring



$t_1$  = Temperatur före förändring. Referenstemperatur (20 ° C) för metrologi (se EN ISO1).

> Exempel:

Dimensionsförändring för en 100 mm passbit med +1 ° C mot referenstemperaturen (20 ° C). Mitutoyos materialspecifikation.



# Materialegenskaper hos passbitar

	 CERA-Block ZrO <sub>2</sub>	 Stål	 Vollframkarbid
Vickers hårdhetstest (HV)	1350	800	1650
Värmeutvidgningskoefficient (10 <sup>-6</sup> /°C)	9,3 ± 0,5	10,8 ± 0,5	5,5 ± 1
Böj hållfasthet (N/mm <sup>2</sup> =MPa)	1270	1960	1960
Brottseghet K <sub>c</sub> (MPa·m <sup>1/2</sup> )	7	120	12
Elasticitetsmodul (N/mm <sup>2</sup> =MPa)	206000	206000	618000
Poissons tal	0,3	0,3	0,2
Specifik vikt (g/cm <sup>3</sup> =kg/dm <sup>3</sup> )	6	7,8	14,8
Värmeledningsförmåga (W/m·K)	2,9	54,4	79,5
Dimensionsstabilitet	+++	+	++
Korrosionsbeständighet	+++	+	++
Slitstyrka	+++	+	++
Kostnader	hög	låg	hög

# Passbitsklasser

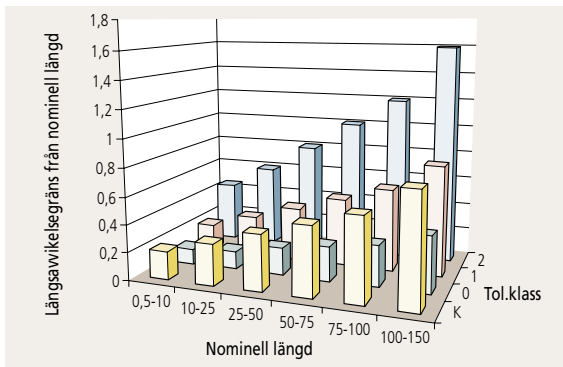
Klasserna anger de metrologiska egenskaperna (toleransklasser). Nedanstående tabell kan användas för att välja passbitar med rätt klass för olika ändamål (anges av EN ISO 3650, BS4311, och JIS B 7506).

	Tillämpning	Tol.klass
Verkstadsbruk	<ul style="list-style-type: none"><li>• Montering av skärande verktyg etc</li></ul>	2
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kalibrering av mätdon</li><li>• Inställningsmått</li></ul>	1 eller 2
Kontroll	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inställning av indikerande mätdon</li></ul>	1 eller 2
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontroll av tolkar etc</li><li>• Kalibrering av mätdon</li></ul>	0 eller 1
Kalibrering	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontroll av noggrannheten hos passbitar för verkstadsbruk</li><li>• Kontroll av noggrannheten hos passbitar för kontroll</li><li>• Kontroll av noggrannheten hos längdmätinstrument</li></ul>	K eller 0
Referens	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontroll av noggrannheten hos passbitar för kalibrering</li><li>• Laboratorier och forskning</li></ul>	K

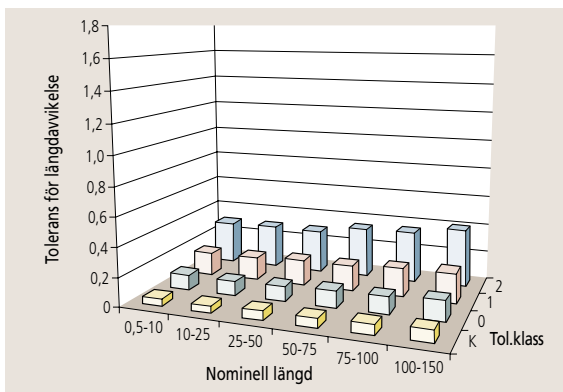


# Passbitsklasser

- > Avvikelsegränser hos passbitar enligt EN ISO 3650




- > Toleranser hos passbitar enligt EN ISO 3650









## Mitutoyo Scandinavia AB

Släntvägen 6 • Box 712  
194 27 Upplands Väsby  
Sverige

Tel: 08-594 109 50

[kontakt@mitutoyo.se](mailto:kontakt@mitutoyo.se)  
[www.mitutoyo.se](http://www.mitutoyo.se)