

Mitutoyo

METROLOGISK SNABBGUIDE

Precisionsinstrument inom dimensionell metrologi

SVENSK UTGÅVA



IP65 COOLANT PROOF
0-25mm 0.001mm
Mitutoyo

Symbolförklaring	02
Överensstämmelse med CE-märkning, RoHS-direktivet, WEEE-direktivet och REACH-förordningen	03
Kvalitetskontroll	04
Mikrometrar	06
Mikrometerhuvuden	12
Mikrometrar med friktionstrumma	16
Skjutmått	18
Höjdritsmått	22
Passbitar	26
Analoga mätur och digitala mätur	27
Givare	31
Elektroniska mikrometrar	33
Mikrometrar med laserscan	35
Linjära skalor	37
Profilprojektorer	41
Mikroskop	43
Visionmätsystem	45
Ytjämnhetsmätare	50
Konturmätinstrument	52
Mätinstrument för rundformighet	54
Hårdhetsprovare	56
Koordinatmätmaskiner	58

Symbolförklaring

PG
02



ABSOLUTE är ett varumärke som tillhör Mitutoyo Corporation.

ABSOLUTE Linjär omkodare

Detta är en elektronisk mätskala som ger en direktavläsning av absolut linjär position vid påslaging, utan att behöva nollställas eller återställas. De mätinstrument från Mitutoyo som innehåller dessa skalor har den stora fördelen att de alltid är redo för mätning utan att det krävs nollställning efter att de slagits på. Elektrostatiske, elektromagnetiska och en kombination av elektrostatiske och optiska metoder används för att genomföra denna kapabilitet, men den viktigaste funktionen är Mitutoyos patenterade teknik för att bygga in absolut positionsinformation i skalan så att den kan läsas av direkt vid start. Dessa linjära kodare används i stor utsträckning i Mitutoyos mätinstrument som inbyggd längdstandard och deras användning bidrar till att generera högt tillförlitliga mätdata inom industrin, särskilt i tuffa miljöer där föroreningar i form av skärvätskor, kylmedel och damm inte får påverka prestandan.

Fördelar:

1. Ingen felräkning uppstår även om du flyttar skänkeln eller spindeln extremt snabbt.
2. Du behöver inte nollställa systemet när du slår på det efter avstängning¹.
3. Eftersom denna typ av kodare kan köra med lägre effekt än den inkrementella kodaren, förlängs batteritiden till cirka 3,5 år (kontinuerlig drift på 20 000 timmar)² vid normal användning.

*1: Om inte batteriet tas bort.

*2: Gäller ABSOLUTE Digimatic SKJUTMÅTT (ELEKTROSTATISK KAPACITANSMODELL).



IP är ett varumärke som tillhör Mitutoyo Corporation.

IP-koder


Dessa koder anger graden av skydd (med hölje) för den elektriska funktionen av en produkt mot inträngande främmande föremål, damm och vatten enligt IEC-standarder (IEC 60529: 2001) och JIS C 0920: 2003.

[IEC: Internationella elektrotekniska kommissionen]

Första indikeringsciffran	Grader av skydd mot fasta främmande föremål	
	Kortfattad beskrivning	Definition
0	Oskyddad	—
1	Skydd mot fasta främmande föremål med diameter 50 mm och större	Ett objekt med diameter på 50 mm ska inte helt kunna tränga igenom höljiet*
2	Skydd mot fasta främmande föremål med diameter 12,5 mm och större	Ett objekt med diameter på 12,5 mm ska inte helt kunna tränga igenom höljiet*
3	Skydd mot fasta främmande föremål med diameter 2,5 mm och större	Ett objekt med diameter på 2,5 mm ska inte helt kunna tränga igenom höljiet*
4	Skydd mot fasta främmande föremål med diameter 1,0 mm och större	Ett objekt med diameter på 1,0 mm ska inte helt kunna tränga igenom höljiet*
5	Skydd mot damm	Inträngande av damm hindras inte helt, men damm som tränger igenom får inte förhindra tillfredsställande funktion hos apparaten eller försämra säkerheten.
6	Dammsäker	Inget inträngande av damm tillåtet.

Andra indikeringsciffran	Grader av skydd mot vatten	
	Kortfattad beskrivning	Definition
0	Oskyddad	—
1	Skyddad mot vertikala vattendroppar	Lodrätt fallande vattendroppar får inte ha skadlig effekt.
2	Skydd mot vertikala vattendroppar inom en lutningsvinkel på 15 grader	Lodrätt fallande vattendroppar får inte ge skadlig effekt då höljiet lutar i valfri vinkel upp till 15° på vardera sidan av den vertikala.
3	Skydd mot sprayande vatten	Vatten som sprayas i en vinkel upp till 60° åt endera sidan av den vertikala får inte ge skadlig effekt.
4	Skydd mot stänkande vatten	Vatten som stänker mot höljiet får inte ge skadlig effekt oavsett riktning.
5	Skydd mot vattenstrålar	Vattenstrålar riktade mot höljiet får inte ha skadlig effekt oavsett riktning.
6	Skydd mot kraftiga vattenstrålar	Kraftiga vattenstrålar som riktas mot höljiet får inte ha skadlig effekt oavsett riktning.
7	Skydd mot inträngande vatten	Inträngning av vatten i mängder som har skadlig effekt ska inte vara möjlig då höljiet är tillfälligt nedsänkt i vatten under standardiserade förhållanden gällande tryck och tid.
8	Skydd mot effekterna av kontinuerlig nedsänkning i vatten	Inträngning av vatten i mängder som har skadlig effekt får inte vara möjlig då höljiet kontinuerligt nedsänks i vatten under förhållanden som fastställs mellan tillverkare och användare, och som är strängare än för IPX7.

*: Mer information om de testförhållanden som används för att utvärdera varje skyddsgrad finns i den ursprungliga standarden.



www.tuv.com
ID 000006683

TÜV Rheinlands certifieringsmärken

Alla produkter med märkena till vänster har klarat IP-testet som utförts av den tyska certifieringsorganisationen, TÜV Rheinland.



korrekta
felaktiga

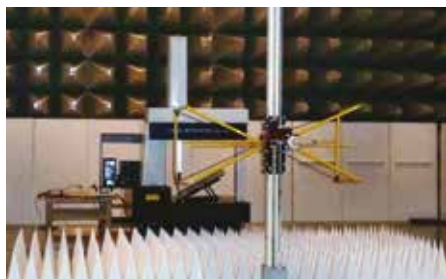
KONVENTIONER ANVÄNDA I DENNA HANDBOK

Följande symboler används i denna handbok för att hjälpa operatören erhålla tillförlitliga mätdata genom korrekt handhavande av instrumenten.

Överensstämmelse med CE-märkning, RoHS-direktivet, WEEE-direktivet och REACH-förordningen

Överensstämmelse med CE-märkning

För att förbättra säkerheten har varje anläggning program för att överensstämma med maskindirektiven, EMC-direktiven och lågspänningsdirektiven. Överensstämmelse med CE-märkning är också uppfyllt. CE står för "Conformité Européenne". CE-märkning indikerar att en produkt uppfyller de väsentliga kraven i relevant europeisk lagstiftning gällande hälsa, säkerhet och miljöskydd.



Överensstämmelseutvärdering för CE-märkning (EMC-direktiv)

De viktigaste EU-direktiven rörande Mitutoyo-produkter

Namn på EU-direktivet	Tillämpligt område
Maskindirektivet	Minst en del av en maskin som kan skada människokroppen om den rör sig på grund av rörelse från ett manöverdon som en motor
EMC-direktivet (direktivet om elektromagnetisk kompatibilitet)	En produkt som kan producera elektromagnetisk våg eller som påverkas av elektromagnetisk våg från utsidan.
Direktiv för lågspänning	Utrustning (enhet) som använder växelspanning på 50 - 1000V eller likspänning på 75 - 1500V.

RoHS-direktivet


RoHS-direktivet*¹ begränsar användningen av kemiska ämnen i Europa. Vissa elektroniska produkter som innehåller de angivna sex ämnena (bly, kadmium, kvicksilver, hexavalent krom, polybromerade bifenyler (PBB) och polybromerade difenyleter (PBDE)) över de kvantiteter som fastställs i direktivet har förbjudits för försäljning i Europa sedan den 1 juli 2006. RoHS-direktivet reviderades den 1 juli 2011. Vi kommer att fortsätta bidra till globalt miljöskydd och arbete så att alla våra produkter överensstämmer med RoHS-direktivet.

*1 RoHS-direktivet: Europaparlamentets och rådets direktiv 2011/65/EU om begränsning av användningen av vissa farliga ämnen i elektrisk och elektronisk utrustning.

WEEE-direktivet

WEEE-direktivet*² är ett direktiv som föreskriver lämplig insamling och återvinning av avfall från el och elektronik.

Syftet med detta direktiv är att öka återanvändningen och återvinningen av dessa produkter och uppmuntra miljövänlig produktdesign.

För att skilja mellan utrustningsavfall och hushållsavfall, används en symbol med överstruken soptunna  på en produkt.

Vi kommer att främja miljövänlig design för våra produkter.

*2 WEEE-direktivet: Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/96/EC om avfall från elektrisk och elektronisk utrustning.

REACH-förordningen

REACH-förordningen*³ är en reglering för registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemiska ämnen i Europa och alla produkter som ämnen, blandningar och gjutna produkter (inklusive tillbehör och förpackningsmaterial) regleras.

Kemiska ämnen som vetenskapligt bevisats vara ämnen som är farliga för människors hälsa och den globala miljön (ämne som medför mycket stora betänkligheter (SVHC)) är inom Europa förbjudna att säljas eller så måste tydlig information lämnas om hur de ska användas för att inte utgöra fara.

Vi kommer aktivt att lämna ut information om våra produkter och om vi finner att våra produkter innehåller några av de listade ämnena kommer de omedelbart att ersättas.

*3 REACH-förordningen: Europaparlamentets och rådets förordning (EC) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier.

Kvalitetskontroll

Kvalitetskontroll (QC)

Ett system för att ekonomiskt producera varor eller tjänster till en kvalitet som uppfyller kundernas krav.

Processkvalitetskontroll

Aktiviteter för att minska variationen i produktprestanda med en process och hålla variationen låg. Processförbättring och standardisering samt teknikackumulering främjas genom dessa aktiviteter.

Statistisk processtyrning (SPS)

Processtyrning genom statistiska metoder.

Population

En grupp av alla objekt som har egenskaper som är av intresse för att förbättra och styra en produkts processer och kvalitet. En grupp som behandlas baserat på prover är vanligtvis den population som representeras av proverna.

Samling

Ett parti produkter tillverkade under samma villkor.

Prov

Ett produktobjekt (eller flera objekt) tagna ur en population för att undersöka dess egenskaper.

Provstorlek

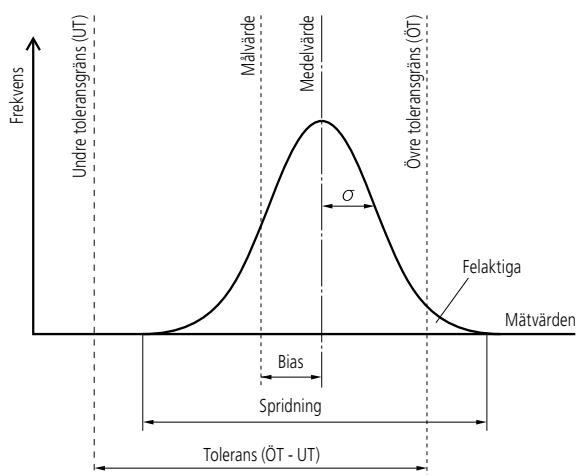
Antal produktobjekt i provet.

Bias

Värde som beräknas genom att subtrahera det verkliga värdet från medelvärdet av uppmätta värden när flera mätningar utförts.

Dispersion

Variationen i mätvärdena i förhållande till medelvärdet. Standardavvikelsen används vanligen för att representera spridningen av värden runt medelvärdet.



Histogram

Ett diagram som delar in området mellan max- och minvärden i flera segment och visar antalet värden (förekomster) i varje segment i form av ett stapeldiagram. Frekvenshistogrammet är en mycket effektiv och grafiskt lättolkad metod för att sammanfatta de insamlade data och visa variationen av processen. En klockformad symmetrisk fördelning kallas normalfördelning och används mycket i teoretiska exempel tack vare dess lätt beräkningsbara egenskaper. Dock bör försiktighet iaktas eftersom många verkliga processer inte överensstämmer med normalfördelningen, och fel kommer att uppstå om så antas.

Processkapabilitet

Processduqlighet påvisar när en process är tillräckligt standardiserad, eventuella orsaker till fel är eliminerade, och processen är under statistisk kontroll. Processkapabiliteten representeras av medelvärdet $\pm 3\sigma$ eller 6σ när kvalitetsegenskaperna från processen visar normal distribution. σ (sigma) indikerar standardavvikelse.

Kapabilitetsindex (PCI eller Cp)

Ett mått på förmågan hos en maskin att producera inom toleransgränserna för målegenskapen. Det ska alltid vara betydligt större än ett. Index beräknas genom att dividera toleransen hos en målegenskap med processkapabiliteten (6σ). Det värde som beräknas genom att dividera skillnaden mellan medelvärdet (\bar{X}) och standardvärdet med 3σ kan användas för att representera detta index vid en ensidig tolerans. Kapabilitetsindex förutsätter att en egenskap följer normalfördelningen.

Notering: Om en egenskap följer normalfördelningen är 99,74 % av datan inom intervallet $\pm 3\sigma$ från medelvärdet.

Tvåsidig tolerans

$$C_p = \frac{\text{ÖT} - \text{UT}}{6\sigma}$$

ÖT: Övre toleransgräns
UT: Undre toleransgräns

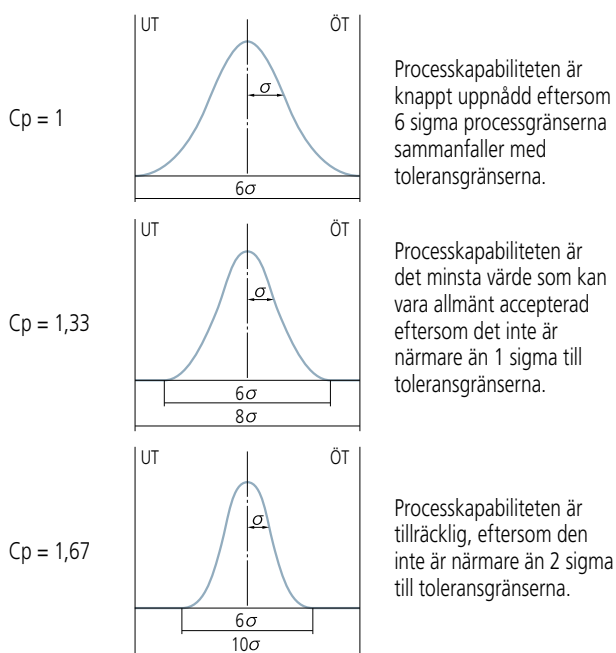
Ensidig tolerans ... Om endast den övre gränsen är given

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

Ensidig tolerans ... Om endast den undre gränsen är given

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

Olika exempel på ett kapabilitetsindex (Cp) (ensidig tolerans)

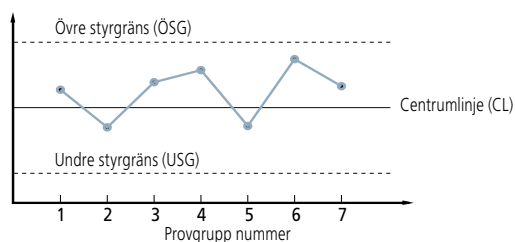


Observera att Cp-värdet endast visar förhållandet mellan toleransgränserna och processens spridning och inte tar hänsyn till läget för processens medelvärde.

Notering: Ett kapabilitetsindex som tar hänsyn till skillnaden mellan processens medelvärde och målprocessens medelvärde kallas Cpk, som är den övre toleransen (ÖT minus medelvärdet) dividerat med 3σ (hälften av processdugligheten) eller den undre toleransen (medelvärdet minus UT) dividerat med 3σ , vilket som är det lägsta.

Styrdiagram

Används för att styra processen genom att separera processens variationer i de som beror på slumpmässiga orsaker och de som beror på en felfunktion. Styrdiagrammet består av en centrumlinje (CL) och styrgränslinjer placerade över och under den (ÖSG och USG). Man kan säga att processen är i ett tillstånd av statistisk kontroll om alla punkter ligger inom de övre och nedre styrgränslinjerna utan anmärkningsvärda trender när de karaktäristiska värdena som representerar processprestandan ritas. Styrdiagrammet är ett användbart verktyg för att styra processprestandan, och därmed kvaliteten.



Slumpmässiga orsaker

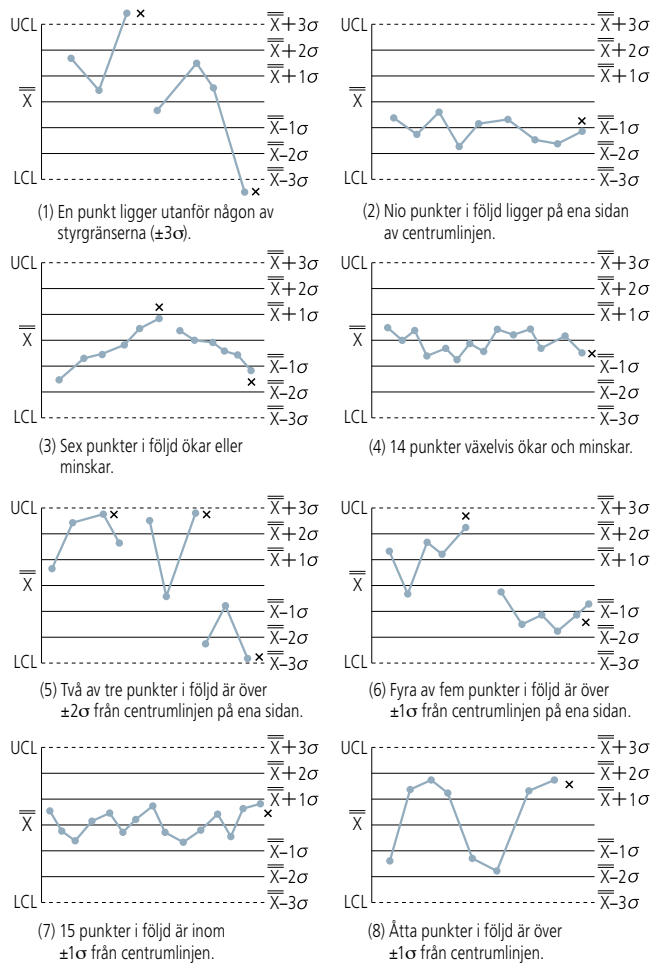
Dessa orsaker till variation är mindre viktiga. Slumpmässiga orsaker är tekniskt eller ekonomiskt omöjliga att eliminera även om de kan identifieras.

\bar{X} -R styrdiagram

Ett styrdiagram som används för processtyrning och som ger mest information om processen. \bar{X} -R styrdiagram består av \bar{X} styrdiagram som använder medelvärdet för varje provgrupp för att övervaka onormal bias i processmedelvärdet och R styrdiagram som använder området för att övervaka onormala variationer. Vanligtvis används båda diagrammen tillsammans.

Hur man avläser styrdiagrammet

Typiska trender av successiv punktposition i styrdiagrammet som anses vara oönskade visas nedan. Dessa trender påvisar att en "speciell orsak" påverkar processprestandan och att åtgärder från processoperatören krävs för att avhjälpa situationen. Informationen ger bara en riktlinje. Ta processspecifika variationer i beaktning vid bestämning av regler. Förutsatt att de övre och nedre styrgränserna är 3σ från centrumlinjen, delas styrdiagrammet in i sex segment i intervall om 1σ för att tillämpa följande regler. Dessa regler är tillämpliga på både X styrdiagram och \bar{X} styrdiagram. Observera att dessa "trendregler för åtgärder" formulerades under antagande av en normalfördelning. Reglerna kan formuleras för att passa en annan fördelning.



Obs: Denna del av "Metrologisk Snabbguide" (sidorna 6 och 7) har skrivits av Mitutoyo baserat på egen tolkning av JIS Quality Control Handbook publicerad av Japanese Standards Association.

Referenser

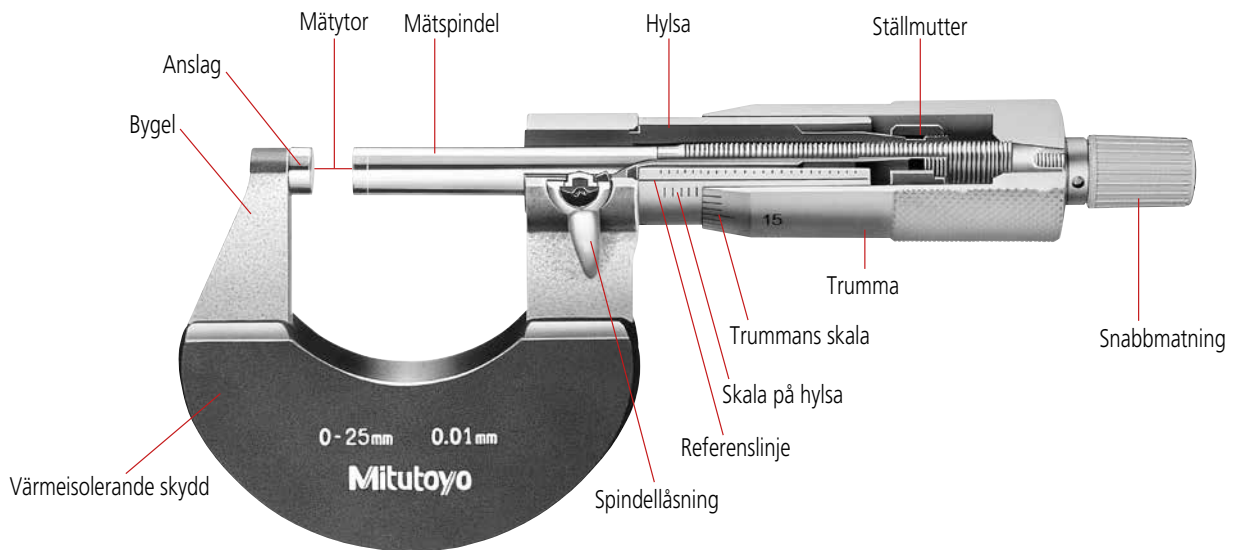
- JIS Kvalitetskontrollhandbok (Japanese Standards Association)

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

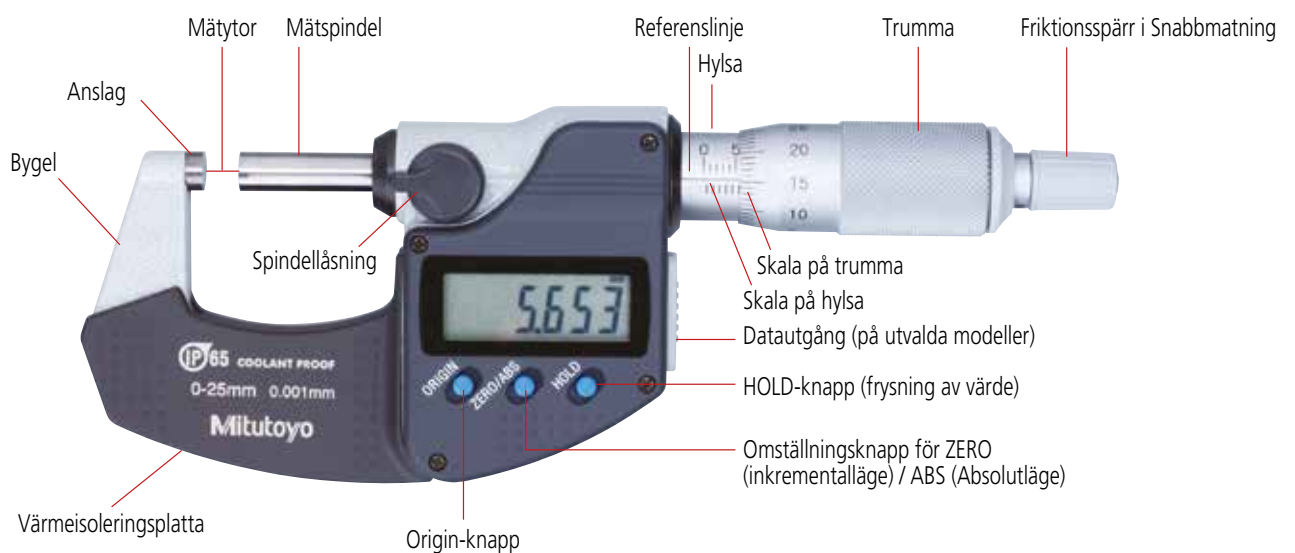
Mikrometrar

Terminologi

Standard analog utväändig mikrometer

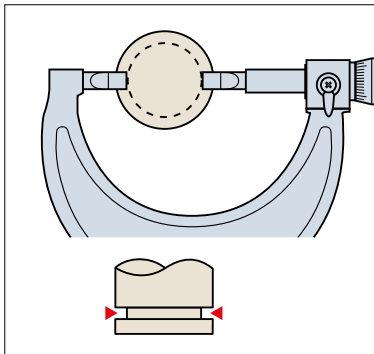


Digimatic utväändig mikrometer



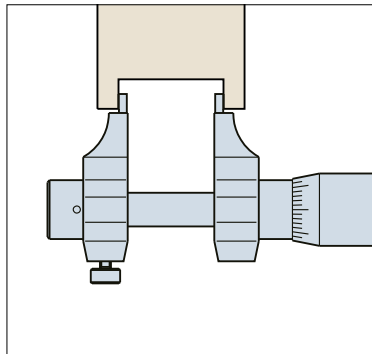
Mikrometrar i specialutförande

Mikrometer med smala mätytor



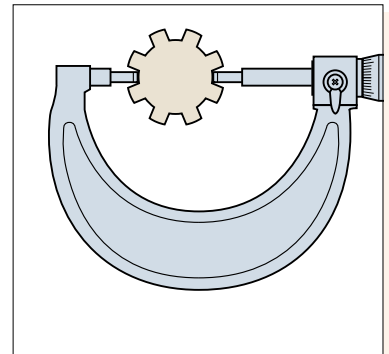
För mätning av diameter i smala spår

Mikrometer med mätskänklar



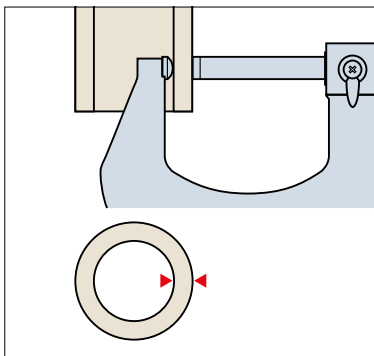
För små invändiga diametrar samt mätning av spårvidd

Splinesmikrometer



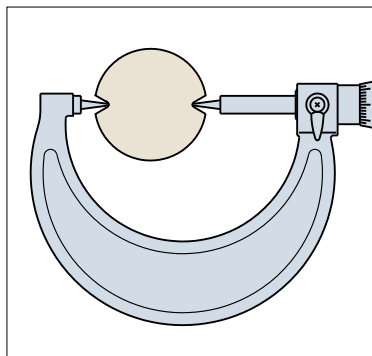
För mätning av diameter på axlar med splines

Rörmikrometer



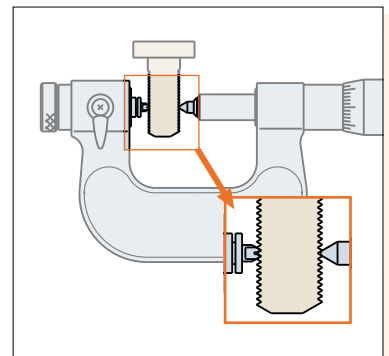
För mätning av godstjocklek på rör

Mikrometer med spetsiga mätytor



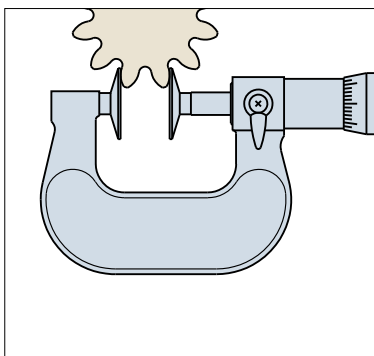
För mätning av spår och ansatser

Gängmikrometer



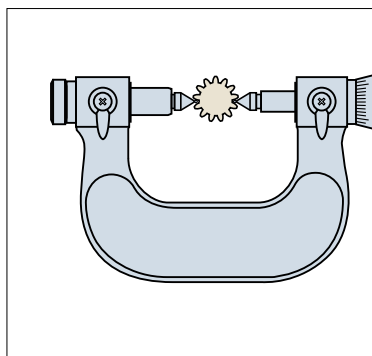
För mätning av effektiv gängdiameter

Utvändig tallriksmikrometer



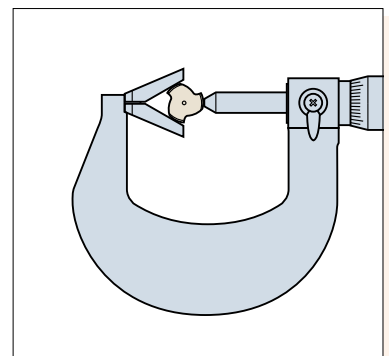
För kuggviddsmätning på raka eller snedskurna kuggar.

Mikrometer med kulinsatser



För mätning av kuggmoduler

Mikrometer med V-format anslag

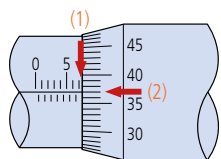


För mätning av 3- och 5-skäriga verktyg

Mikrometrar

Hur man läser av skalan

Mikrometer med standardskala (gradering: 0,01 mm)

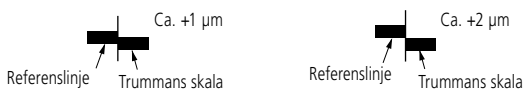


- (1) Avläsning på hylsan 7,0 mm
- (2) Avläsning på trumman + 0,37 mm

Total avläsning 7,37 mm

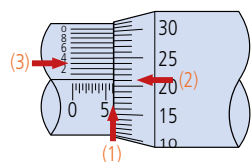
Notering: 0,37 mm (2) är avläst i den position där hylsans referenslinje linjerar med trummans gradering.

Trummans skala kan avläsas direkt till 0,01 mm, som i exemplet ovan, men kan även uppskattas till 0,001 mm när linjerna nästan sammanfaller beroende på att delstreckens tjocklek är 1/5 av avståndet mellan dem.



Mikrometer med nonieskala (gradering: 0,001 mm)

Nonieskalan ovanför hylsans referenslinje möjliggör direkt avläsning inom 0,001 mm.



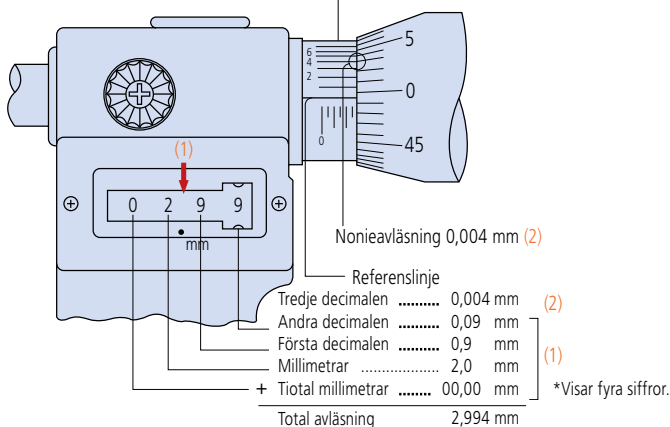
- (1) Avläsning på hylsan 6,000 mm
- (2) Avläsning på trumman 0,210 mm
- (3) Avläsning från nonieskalans markering och trummans graderingslinje + 0,003 mm

Total avläsning 6,213 mm

Notering: 0,21 mm (2) är avläst i den position där referenslinjen är mellan två graderingar (21 och 22 i det här fallet). 0,003 mm (3) är avläst i den position där en av noniens graderingar linjerar med en av trummans graderingar.

Mikrometer med mekanisk digitaldisplay (digitalsteg: 0,001 mm)

Tredje decimalens placering på nonieskalan (0,001 mm-steg)



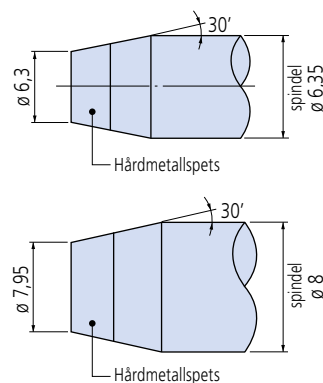
- Nonieavläsning 0,004 mm (2)
- Referenslinje
- Tredje decimalen 0,004 mm (2)
- Andra decimalen 0,09 mm
- Första decimalen 0,9 mm
- Millimetrar 2,0 mm (1)
- + Total millimetrar 00,00 mm *Visar fyra siffror.
- Total avläsning 2,994 mm

Notering: 0,004 mm (2) är avläst i den position där en av noniens graderingar linjerar med en av trummans graderingar.

Mättrycksbegränsande utrustning

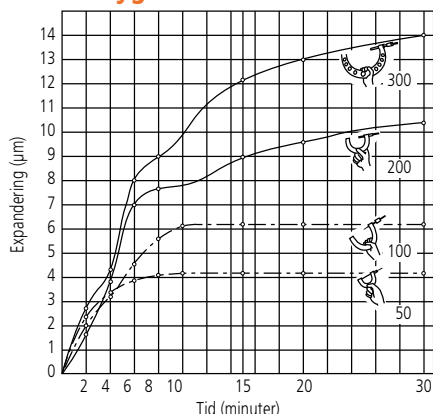
	Hörbart vid användning	Enhandsfattning	Anmärkningar
Friktionsstopp	Ja	Olämplig	Hörbart klickande som alstrar mikrostötar
Steglös frikt.trumma	Nej	Lämplig	Steglös hantering utan stötar eller ljud
Friktionstrumma	Ja	Lämplig	Hörbar hantering som bekräftar konstant mättryck
Friktionstrumma	Ja	Lämplig	Hörbar hantering som bekräftar konstant mättryck

Detaljerat om mätytor



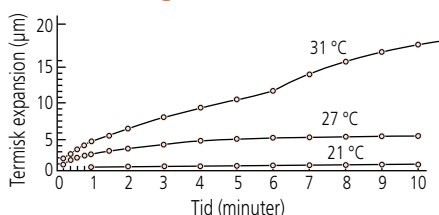
Ovanstående skisser är endast för illustration, de är ej skalenliga

Mikrometerexpanding orsakad av att man hållit i bygel med bar hand



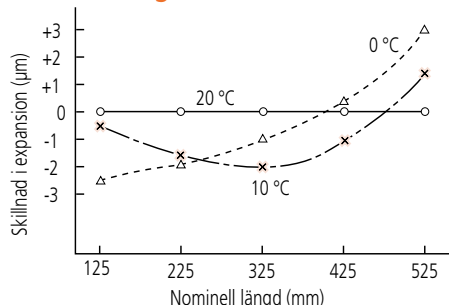
Grafen ovan visar hur mikrometers bygel expanderar på grund av värmeöverföring från hand till bygel när den hållits i med bar hand vilket, som grafen visar, kan resultera i ett betydande mätfel på grund av temperaturorsakad expansion. Om mikrometern måste hållas i under mätningen, försök minimera kontakttiden. Om mikrometern har en värmeisolator minskas denna effekt betydligt, alternativt använd handskar. (Notera att diagrammet ovan visar typiska effekter och är inga garantier).

Inställningsmåttets expansion vid temperaturförändring (för 200 mm mått initialt vid 20 °C)



Ovanstående teoretiska diagram visar hur ett inställningsmått expanderar med tiden som användare, vars handtemperaturer skiljde (som visas), höll i änden av det vid en rumstemperatur på +20 °C. Detta diagram visar att det är viktigt att inte ställa in en mikrometer när man direkt håller i inställningsmättet utan i stället endast göra justeringar med påtagna handskar eller genom att med ett löst grepp hålla inställningsmättet i dess värmeisolatorer. När du utför en mätning bör du även notera att det tar tid innan det expanderade inställningsmättet återgår till den ursprungliga längden. (Observera att värdena i grafen inte är garanterade, utan teoretiska värden.)

Skillnad i termisk expansion mellan mikrometer och längdstandard



I ovanstående experiment, efter det att mikrometern och dess inställningsmått förvarats vid en rumstemperatur på 20 °C i ca 24 timmar för temperaturstabilisering, justerades nollpunkten in med inställningsmättet. Därefter förvarades mikrometern och dess inställningsmått vid temperaturerna 0 °C och 10 °C under ungefär samma tid, och nollpunkten kontrollerades igen. Grafen ovan visar resultaten för varje mått från 125 upp till 525 mm vid de tre olika temperaturerna. Grafen visar att både mikrometer och dess inställningsmått måste förvaras på samma plats i åtminstone flera timmar innan justering av nollpunkten. (Observera att värdena i grafen inte är garanterade, utan teoretiska värden.)

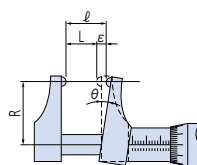
Effekt av att ändra stödmetod och orientering (Enhet: µm)

Om metoden för stöd och/eller riktning av en mikrometer efter nollställning ändras, påverkas efterföljande mätresultat. Tabellerna nedan lyfter fram de mätfel som kan förväntas vid tre andra metoder efter det att mikrometrarna är nollställda enligt metoden "stöd i botten och mitten". Dessa faktiska resultat visar att det är bäst att nollställa och mäta med samma metod för riktning och stöd.

Stödmetod	Stöd i botten och mitten	Stöd endast i mitten
Effekt		
Maximal mätlängd (mm)		
325	0	-5,5
425	0	-2,5
525	0	-5,5
625	0	-11,0
725	0	-9,5
825	0	-18,0
925	0	-22,5
1025	0	-26,0

Stödmetod	Stöd i mitten i sidoläge	Fastklämd riktad nedåt
Effekt		
Maximal mätlängd (mm)		
325	+1,5	-4,5
425	+2,0	-10,5
525	-4,5	-10,0
625	0	-5,5
725	-9,5	-19,0
825	-5,0	-35,0
925	-14,0	-27,0
1025	-5,0	-40,0

Abbes princip



Abbes princip säger att "maximal noggrannhet erhålles när axlarna för skalan och mätning är gemensamma".

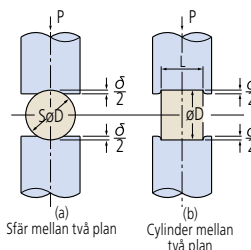
Detta beror på att varje variation i den relativa vinkeln (θ) hos den rörliga mätskänkeln på ett mätton, till exempel en mikrometer med mätskänklar, orsakar förskjutning som inte mäts på mättonets skala och detta är ett Abbefel ($\epsilon = l - L$ i skissen). Rakhetsfel i spindeln, spel i spindelns styrningar eller variationer i mättrycket kan alla orsaka att θ varierar och felet ökar med R.

Hookes lag

Hookes lag säger att töjningen i ett elastiskt material är proportionellt mot den spänning som orsakar töjningen, förutsatt att töjningen förblir inom den elastiska gränsen för materialet.

Hertz formler

Hertz formler ger den synbara minskningen av diametern hos sfärer och cylindrar på grund av elastisk kompression vid mätning mellan plana ytor. Dessa formler är användbara för att bestämma deformationen av ett arbetsstycke orsakad av mättrycket vid punkt- och linjekontakt.



Förutsatt att materialet är stål och enheterna är följande:
 Elasticitetsmodul: $E = 205 \text{ GPa}$
 Omfattningen av deformation: δ (µm)
 Sfärens eller cylinderns diameter: D (mm)
 Cylinderns längd: L (mm)
 Mättryck: P (N)
 a) Synbar minskning av sfärens diameter
 $\delta_1 = 0,82 \sqrt[3]{P^2/D}$
 b) Synbar minskning av cylinderns diameter
 $\delta_2 = 0,094 \cdot P/L \sqrt{1/D}$

Mikrometrar

Mätning av gängdiameter

● Tretrådsmetoden

Gängstigningsdiametern kan mätas med hjälp av tretrådsmetoden som visas i skissen.

Beräkna diametern (E) med ekvationerna (1) och (2).

Metrisk gänga eller Unified skruv (60°)

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

Whitworthgänga (55°)

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

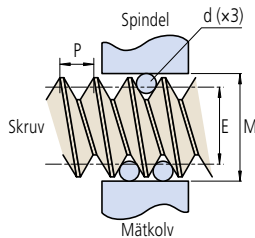
d = Tråddiameter

E = Medeldiameter

M = Mikrometervisning inklusive tre trådar

P = Gängstigning

(Omräkna tum till millimeter för unified skruvgängor.)



Gängtyp	Optimal tråddiameter vid D
Metrisk gänga eller unified skruv (60°)	0,577P
Whitworthgänga (55°)	0,564P

Betydande mätfel vid tretrådsmetoden

Orsak till mätfel	Åtgärder för att förebygga fel	Möjliga fel	Fel som inte går att förebygga
Stigningsfel (arbetsstycke)	1. Åtgärda stigningsfelet ($\sigma_p = \sigma E$) 2. Mät på flera punkter och beräkna medelvärdet. 3. Reducera enstaka stigningsfel.	$\pm 18 \mu\text{m}$ under förutsättning att stigningsfelet är 0,02 mm.	$\pm 3 \mu\text{m}$
Halva vinkelfelet (arbetsstycke)	1. Använd den optimala tråddiametern. 2. Ingen korrigering krävs.	$\pm 0,3 \mu\text{m}$	$\pm 0,3 \mu\text{m}$
Olika mätanslag	1. Använd den optimala tråddiametern. 2. Använd den tråd som har en diameter närmast medelvärdet på enkeltrådsidan.	$\pm 8 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Fel tråddiameter	1. Använd det förbestämda mättrycket som lämpar sig för stigningen. 2. Använd den förbestämda bredden på mätanslaget. 3. Använd ett konstant mättryck.	-3 μm	-1 μm
Sammanräknat fel		I värsta fall +20 μm -35 μm	Vid noggrann mätning +3 μm -5 μm

● Enkeltrådsmetoden

Stigningsdiametern på tre- eller femskäriga gängtappar kan mätas med hjälp av en mikrometer med V-format anslag och enkeltrådsmetoden. Erhåll mätvärdet (M_1) och beräkna M med ekvationerna (3) eller (4).

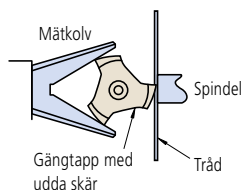
M_1 = Mikrometervisning vid mätning med enkeltrådsmetoden

D = Gängtappsdiameter vid udda skär

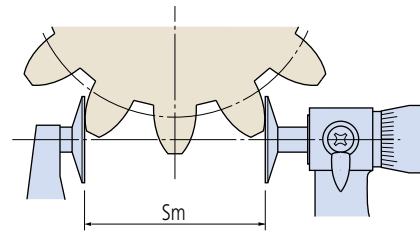
Treskärig gängtapp : $M = 3M_1 - 2D \dots\dots(3)$

Femskärig gängtapp : $M = 2,2360M_1 - 1,2360D \dots\dots(4)$

Använd därefter det framräknade värdet M i ekvationen (1) eller (2) för att beräkna gängstigningsdiametern (E).



Kuggviddsavstånd



Formel för beräkning av kuggviddsavstånd (S_m):

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

Formel för beräkning av antalet kuggar inom kuggviddsavståndet (Z_m):

$$Z_m' = Z \cdot K(f) + 0,5 \text{ (} Z_m \text{ är det närmaste heltalet till } Z_m' \text{.)}$$

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

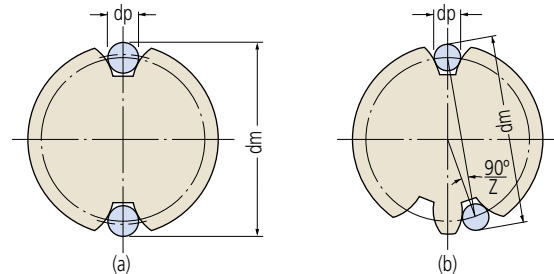
och, $f = \frac{X}{Z}$

- m: Modul
- α_0 : Ingreppsvinkel
- Z: Antal kugg
- X: Profillösförskjutningskoefficient
- S_m : Kuggviddsavstånd
- Z_m : Antal kuggar inom kuggviddsavståndet

inv 20° \approx 0,014904
inv 14,5° \approx 0,0055448

Kugghjulsmätning

Metoden med kulinsatser



För kugghjul med jämnt antal kuggar:

$$d_m = d_p + \frac{d_g}{\cos \theta} = d_p + \frac{z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta}$$

För kugghjul med ojämnt antal kuggar:

$$d_m = d_p + \frac{d_g}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{z} \right) = d_p + \frac{z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta} \cdot \cos \left(\frac{90^\circ}{z} \right)$$

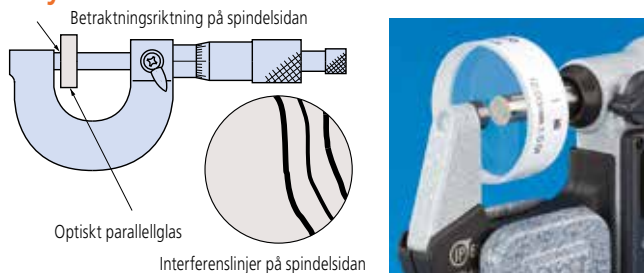
där,

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

Erhåll θ (inv θ) från evolventfunktionstabellen.

- z: Antal kuggar
- α_0 : Ingreppsvinkel
- m: Modul
- X: Profillösförskjutningskoefficient

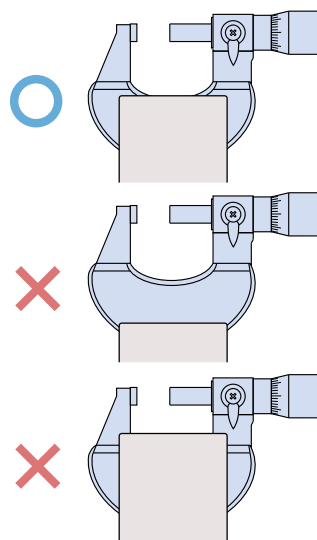
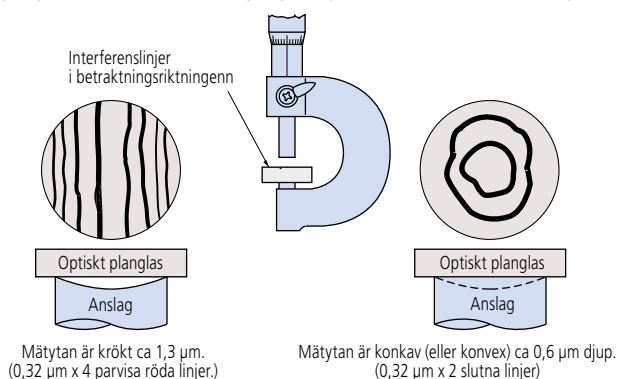
Kontroll av parallelliteten på mikrometerns mätytor



Parallellitet kan uppskattas med hjälp av ett optiskt parallellglas som hålls mellan mätytorna. Börja med att vrida parallellglaset mot anslagets mätyta. Anbringa därefter spindelns mätyta mot parallellglaset med normalt mättryck och räkna antalet röda interferenslinjer som syns på spindelns mätyta i vitt ljus. Varje linje representerar en halv våglängds höjdskillnad ($0,32 \mu\text{m}$ för röda linjer). I skissen ovan har en parallellitet på ca $1 \mu\text{m}$ räknats fram genom $0,32 \mu\text{m} \times 3 = 0,96 \mu\text{m}$.

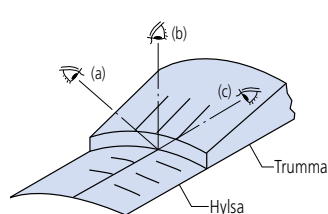
Kontroll av planheten på mikrometerns mätytor

Planhet kan uppskattas med hjälp av ett optiskt planglas (eller parallellglas) som hålls mot en yta. Räkna antalet röda interferenslinjer som syns på mätytan i vitt ljus. Varje linje representerar en halv våglängds höjdskillnad ($0,32 \mu\text{m}$ för röda linjer).



Allmänna råd vid användning av mikrometer

1. Kontrollera noggrant typen, mätområdet, noggrannheten och andra tekniska data för att välja passande modell för ändamålet.
2. Låt mikrometern och arbetsstycket ligga i rumtemperatur tillräckligt länge för att deras temperaturer ska jämnas ut innan mätningen genomförs.
3. Beträkta referenslinjen rakt uppifrån vid avläsning mot trummans gradering. Om skalans linjer betraktas i vinkel kan inte en korrekt linjering avläsas på grund av parallaxfel som då uppstår.



(a) Ovanifrån referenslinjen



(b) Rakt mot referenslinjen



(c) Underifrån referenslinjen

4. Torka av mätytorna på både anslag och spindel med ett luddfritt papper och ställ in nollpunkten före mätningen.



5. Borsta bort damm, spån och annat skräp från spindelns och dess mätytas yta som ett led i det dagliga underhållet. Torka även noga bort eventuella fläckar och fingeravtryck från alla delar med en torr duk.
6. Använd modeller med konstant mättryck på ett korrekt sätt så att mätningen utföres med det rätta mättrycket.
7. Om mikrometern monterats i ett stativ, spänn fast den i mitten av bygelns. Dra inte åt för hårt.

8. Var försiktig så att du inte tappar eller slår i mikrometern i något. Använd bara normal kraft vid rotering av trumman. Om du misstänker att mikrometern kan ha skadats genom felaktig hantering, kontrollera noggrannheten innan den används igen.
9. Efter en längre tids förvaring, eller om det inte syns någon skyddande oljefilm, ska mikrometern smörjas in lätt med en duk fuktad med rostskyddsolja.
10. Råd vid förvaring:
Undvik förvaring i direkt solljus.
Förvara mikrometern på en plats med god luftväxling och låg luftfuktighet.
Förvara mikrometern på en dammfri plats.
Förvara mikrometern i ett etui eller låda, som ej får ligga på golvet.
När mikrometern förvaras ska alltid en spalt lämnas på 0,1 till 1 mm mellan mätytorna.
Förvara inte mikrometern i ådraget läge.

Mikrometerhuvuden

Viktiga faktorer vid val

Viktiga faktorer vid val av mikrometerhuvuden är mätområdet, spindelns mätyta, skaftet, graderingen, trummans diameter etc.

Inspänningskaft

Plant skaft

Med låsmutter



- Skaftet som används för att montera mikrometerhuvudet benämns "plant skaft" eller "med låsmutter" som visas ovan. Skaftets diameter bearbetas till en nominell metrisk eller tumstorlek med hög tolerans.
- Utförande med låsmutter medger snabb och säker uppspänning av mikrometerhuvudet. Det plana skaftet har fördelen att kunna användas i ett bredare område och ger enkel positionering i axiell riktning vid slutgiltig placering, detta kräver dock infästning med slitsad klämma eller limning.
- Fixturer för allmänna ändamål finns som specialtillbehör.

Mätytor



Plan yta

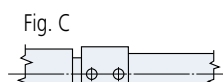
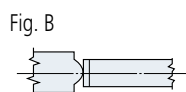
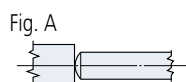


Sfärisk yta



Ickeroterande mätyta

- Plan mätyta är vanligast när ett mikrometerhuvud används i en mätapplikation.
- När ett mikrometerhuvud används för matning, kan en sfärisk mätyta minimera fel orsakade av felaktig linjering (fig. A). Alternativt kan en plan yta på spindeln möta en sfärisk, t ex en hårdmetallkula (fig. B).
- Ett mikrometerhuvud med icke-roterande spindel eller med icke-roterande mätyta på spindeln (fig. C) är lämplig när arbetsstycket inte får utsättas för en vridande rörelse.
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp ger en plan yta både på spindeln och kontaktytan högsta slitstyrka.



Icke-roterande spindel

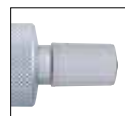
- Ett mikrometerhuvud med icke-roterande spindel utsätter inte arbetsstycket för en vridande rörelse, vilket kan vara en viktig faktor i vissa applikationer.

Spindelstigning

- Standardtypen har 0,5 mm stigning.
- Typ med 1 mm stigning: snabbare rörelse än standardtypen och eliminerar risken för 0,5 mm avläsningsfel. Tål högre belastning tack vare den grövre spindelgången.
- 0,25 mm eller 0,1 mm stigningstyp
Denna typ är bäst lämpad för applikationer med finmatning eller finpositionering.

Funktion för konstant mättryck

- Ett mikrometerhuvud utrustat med en funktion för konstant mättryck (friktionsspärr eller -trumma) rekommenderas för mätapplikationer.
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp, eller i trånga utrymmen, är en modell utan friktionstrumma det lämpligaste valet.



Mikrometerhuvud med funktion för konstant mättryck



Mikrometerhuvud utan funktion för konstant mättryck (ingen friktionsspärr)

Spindellåsning

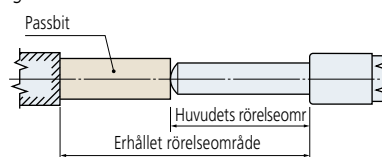
- Om mikrometerhuvudet används som ett stopp är det lämpligt att använda ett huvud med spindellåsning så att inställningen inte ändras även vid upprepade stötar.



Mätområde (rörelseområde)

- Lägg vid valet av mätområde för mikrometerhuvudet till en lämplig marginal med avseende på det förväntade rörelseområdet. Standardsortimentet innehåller sex mätområden, från 5 till 50 mm.
- Även om det förväntade rörelseområdet är kort, såsom 2 till 3 mm, är det kostnadseffektivt att välja en modell med 25 mm mätområde, under förutsättning att det finns tillräckligt utrymme för installation.
- Om det krävs ett rörelseområde över 50 mm, kan en kompletterande passbit förlänga det effektiva mätområdet. (fig. D)

Fig. D



- I denna guide är området (eller ändläget) för trumman angivet med en streckad linje. Vid utformande av en fixtur, beakta att trumman rör sig till ändläget som anges med denna linje.

Applikationer med ultrafin matning

- Mitutoyo erbjuder specialanpassade mikrometerhuvuden för styrande applikationer etc., som kräver ultrafin matning eller justering av spindeln.

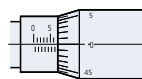
Trummans diameter

- Diametern på trumman har stor betydelse för användbarheten och "finkänslan" vid positionering. En trumma med liten diameter ger snabb positionering medan en med stor diameter erbjuder finpositionering och enklare avläsning. Vissa modeller kombinerar fördelarna från bägge varianterna genom att ha en snabbmatningsknopp på en trumma med stor diameter.

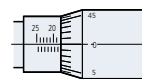


Olika graderingar

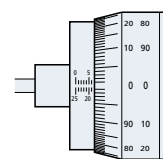
- Stor omsorg måste läggas vid avläsning av ett mekaniskt mikrometerhuvud, speciellt om användaren är ovan vid modellen.
- Standardmodellen har "normal gradering", samma som på en utvändigt mikrometer. På denna typ ökar avläsningen varefter spindeln dras in i trumman.
- Motsatsen är "omvänd gradering" där avläsningen ökar varefter spindeln skjuts ut ur trumman.
- Typen med "dubbelriktad gradering" är avsedd för mätning åt båda hållen genom svart gradering för normal, och röd gradering för omvänd riktning.
- Mitutoyo erbjuder också mikrometerhuvuden med en mekanisk eller elektronisk digitaldisplay, vilka medger direkt avläsning av mätvärdet. Dessa typer eliminerar avläsningsfel. En ytterligare fördel är att typen med elektronisk digitaldisplay möjliggör anslutning till PC för lagring och statistisk bearbetning av mätdata.



Normal gradering



Omvänd gradering



Dubbelriktad gradering

Guide för egenproducerade fixturer

Vid montering av inbyggd mikrometer fixeras den med inspänningsskaflet. För bibehållen noggrannhet måste därför lämpligaste monteringsmetod väljas för att inte påverka mekaniken inuti. Metod 3 rekommenderas inte. Antag metoder (1) eller (2) när det är möjligt.

(Enhet: mm)

Monteringsmetod	(1) Låsskruv				(2) Klämma				(3) Fästskruv			
Att tänka på												
Skaftdiameter	Ø 9,5	Ø 10	Ø 12	Ø 18	Ø 9,5	Ø 10	Ø 12	Ø 18	Ø 9,5	Ø 10	Ø 12	Ø 18
Monteringshål Inpassningstolerans	G7 +0,005 till +0,020		G7 +0,006 till +0,024		G7 +0,005 till +0,020		G7 +0,006 till +0,024		H5 0 till +0,006		H5 0 till +0,008	
Försiktighetsåtgärder	Säkerställ att ytan A är vinkelrät mot monteringshålet. Skaflet kan spännas fast utan problem så länge som vinkelrätheten är inom 0,16/6,5.				Säkerställ att slitsen är fri från grader.				M3x0,5 eller M4x0,7 är en lämplig storlek på fästskruven. Använd en mässingsbussning under fästskruven (om det finns plats i fixturen) för att undvika skador på skaflet.			

Mikrometerhuvuden

Maximal belastning på mikrometerhuvuden

Mikrometerhuvudets maximala belastningskapacitet beror huvudsakligen på metoden för fastspänning och om belastningen är statisk eller dynamisk (t ex om det används som stopp). Därför kan den maximala belastningskapaciteten inte exakt definieras. De av Mitutoyo rekommenderade gränsvärdena för statisk belastning gäller när mikrometerhuvudet används som ett mätinstrument inom sitt område för garanterad noggrannhet (upp till 100 000 rotationer) visas nedan.

PG
14

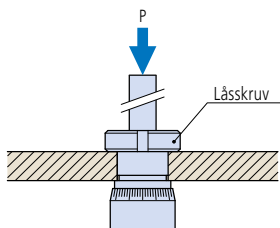
1. Maximal belastningskapacitet

		Maximal belastning
Standardtyp	(spindelstigning: 0,5 mm)	Upp till ca. 4 kgf *
	Spindelstigning: 0,1 mm/0,25 mm	Upp till ca. 2 kgf
Övriga typer	Spindelstigning: 0,5 mm	Upp till ca. 4 kgf
	Spindelstigning: 1,0 mm	Upp till ca. 6 kgf
	Ickeroterande spindel	Upp till ca. 2 kgf
	Serie 110 ultrafin matning (med differentialmekanism)	Upp till ca. 2 kgf

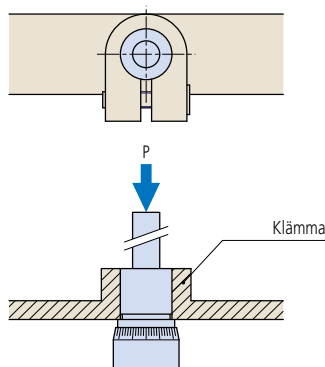
* Upp till ca. 2 kgf endast för miniatyrmodeller

2. Statiskt belastningstest med mikrometerhuvuden

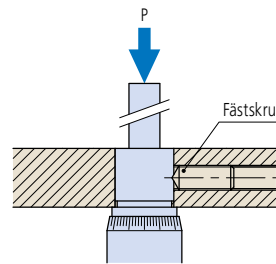
(1) Låsskruv



(2) Klämma



(3) Fästskruv

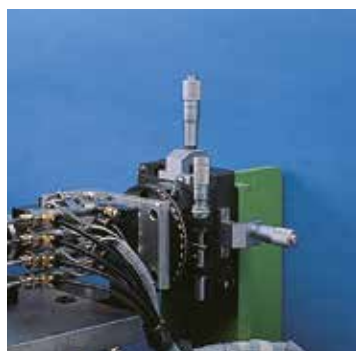


Testförhållanden

Mikrometerhuvudena monterades som i skisserna och kraften då huvudena skadades eller trycktes ut ur fixturen vid statisk belastning, i riktning P, mättes. (Under testerna togs ingen hänsyn till det noggrannhetsområdena.)

Monteringsmetod	Skada / lossningskraft*
(1) Låsmutter	Skada på huvudenheten uppstår vid 8,63 till 9,8kN (880 till 1000 kgf).
(2) Klämma	Huvudenheten trycks ut ur fixturen vid 0,69 till 0,98kN (70 till 100 kgf).
(3) Fästskruv	Skada på ställskruven uppstår vid 0,69 till 1,08kN (70 till 110 kgf).

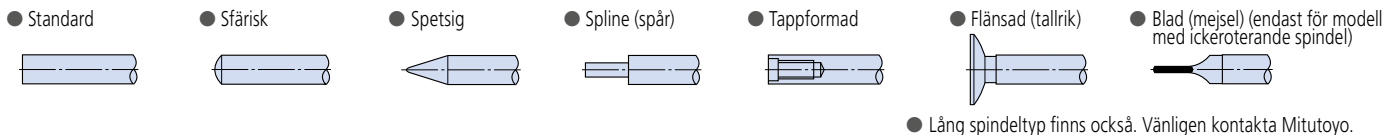
* Dessa belastningsvärden ska endast ses som ungefärliga.



Kundanpassade produkter (introduktioner produktexempel)

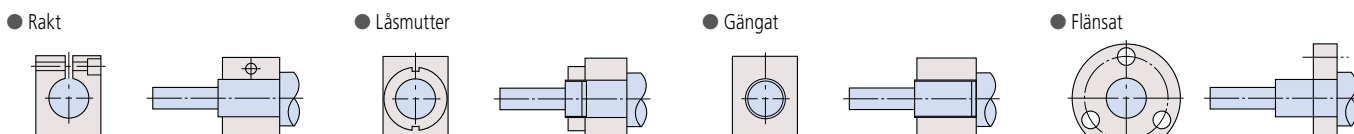
Mikrometerhuvud kan användas inom många områden inom vetenskap och industri och Mitutoyo erbjuder ett brett utbud av standardmodeller för att möta kundernas behov. I de fall då standardprodukten inte är lämplig kan Mitutoyo bygga ett skräddarsytt huvud som innehåller funktioner som är bättre anpassade till din speciella applikation. Vänligen kontakta Mitutoyo angående möjligheterna - även om endast en specialtillverkad bit krävs.

1. Olika typer av spindeländrar



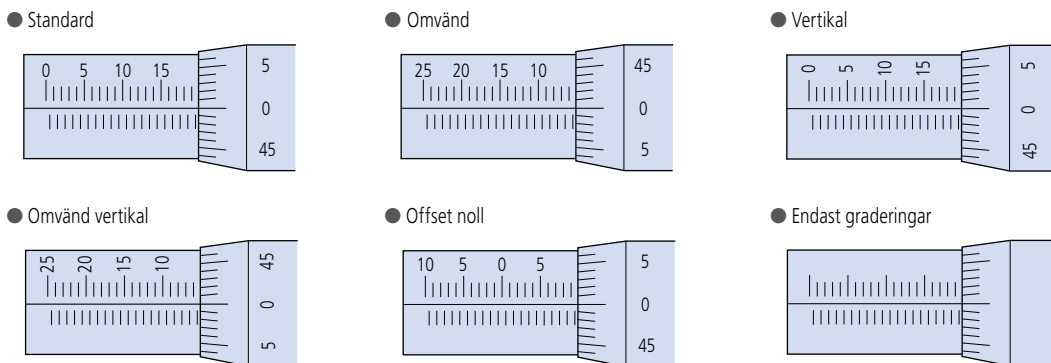
2. Skafattyper

Ett anpassat skaft kan tillverkas för att passa monteringsfästet.



3. Skalgraderingssystem

Olika graderingar för trumma och hylsa, till exempel omvänd och vertikal, finns tillgängliga. Vänligen kontakta Mitutoyo för att beställa ett anpassat utförande som inte visas här.

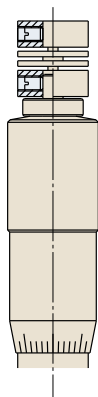


4. Logotypgravering

En egen logotyp kan graveras efter behov.

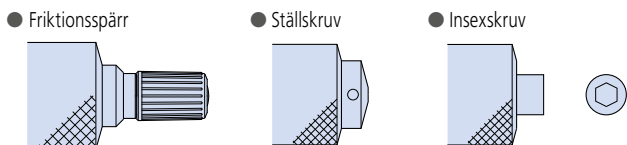
5. Motorkoppling

Kopplingar för motoriserad drift av ett huvud kan utformas.



6. Trummontering

Tre olika metoder för trummontering finns tillgängliga: Med friktionsspärr, ställskruv eller insexskruv.



7. Spindelgängstigning

Stigningar på 1 mm för snabbmatningsapplikationer eller 0,25 mm för finmatning kan levereras som alternativ till standarden på 0,5 mm. Tumstigningar stöds också. Vänligen kontakta Mitutoyo för detaljer.

8. Smörjning av spindelgångar

Smörjordningar kan specificeras av kunden.

9. Helt rostfri konstruktion

Alla komponenter i ett huvud kan tillverkas i rostfritt stål.

10. Enkel förpackning

Stora beställningar av mikrometerhuvuden kan levereras i enkel förpackning för OEM-ändamål.

11. Spindel och mutter (precisionskruv)

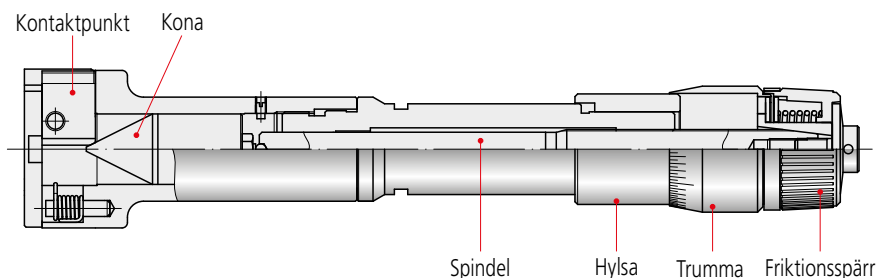
Spindeln kan användas som en precisionskruv. Muttern är bearbetad enligt de angivna dimensionerna.

12. Noggrannhetskontrollcertifikat

Ett noggrannhetsinspektionsbevis kan levereras mot extra kostnad. Kontakta närmaste Mitutoyo försäljningskontor för mer information.

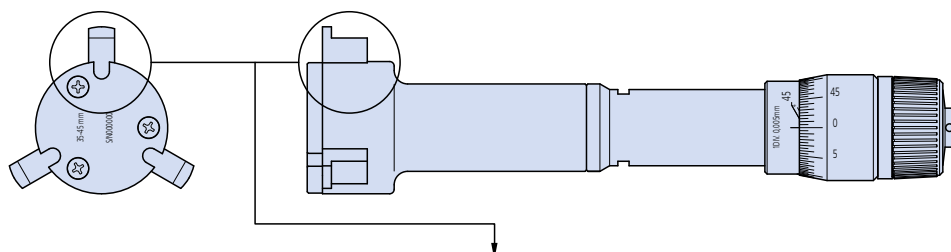
Mikrometrar med friktionstrumma

Benämningar



Specialbeställda produkter (Holtest / Borematic)

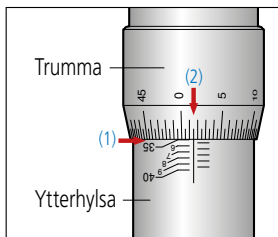
Mitutoyo kan specialtillverka en invändig mikrometer så att den passar just dina behov. Vänligen kontakta Mitutoyo angående möjligheterna - även om endast en specialtillverkad mikrometer krävs. Observera att beroende på omständigheter behöver en sådan mikrometer vanligtvis användas med en inställningsring för noggrannhetssäkring. (En specialbeställd mikrometer kan göras kompatibel med en inställningsring som erhålls av kunden. Vänligen kontakta Mitutoyo.)



Typ av funktion	Arbetsstyckeprofil (exempel)	Kontaktpunktspetsprofil (exempel)	Anmärkningar
Fyrkantspår		Spetsradie R som kan mäta minsta diameter (olika för varje storlek). W=1 eller mer.	<ul style="list-style-type: none"> ● Möjliggör mätning av diametern på spår och splines av olika former. ● Minsta mätbara spår diameter är ca 16 mm (varierar beroende på arbetsstyckeprofilen.) ● Dimensionerna ℓ bör vara enligt följande: För W = mindre än 2 mm: ℓ = mindre än 2 mm För W = 2 mm eller mer: ℓ = 2 mm som standardvärdet som kan ändras beroende på omständigheterna. ● Antal splines (spår) eller tandningar är begränsat till en multipel av 3. ● Detaljer om arbetsstyckeprofilen ska tillhandahållas vid tidpunkten för beställning. ● Om din applikation behöver ett mätområde som skiljer sig från det som standardversionen av en invändig mikrometer erbjuder, tillkommer en extra kostnad för inställningsringen.
Rundspår		Spetsradie R som kan mäta minsta diameter (olika för varje storlek). W=1 eller mer. Radie = 0,5 eller mer.	
Spline		W=0,5 eller mer. Spetsradie R som kan mäta minsta diameter (olika för varje storlek).	
Tandning		45° eller mer. R=0,3 eller mer.	
Gängat hål			

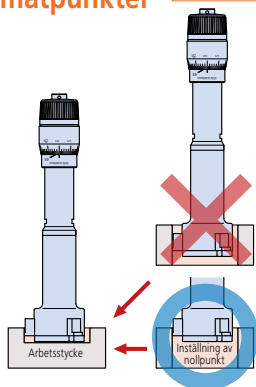
Hur man läser av skalan

Gradering	0,005 mm
(1) Ytterhylsa	35 mm
(2) Trumma	0,015 mm
Avläsning	35,015 mm



Skillnader i mätvärde vid olika mätpunkter

När man använder en Holtest skiljer sig mätvärdet åt om man mäter längs hela mätytan eller bara på spetsen, detta beror på produktens konstruktion. Justera nollpunkten i samma position som mätningen.

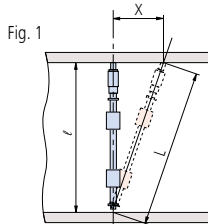


Om du ska mäta med spetsen på mätytan ska nollställningen utföras på samma sätt.

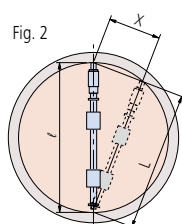
Mätfel orsakade av mikrometers temperaturvariationer

Värmeöverföring från operatören till mikrometern bör minimeras för att undvika betydande mätfel orsakade av temperaturskillnaden mellan arbetsstycket och mikrometern. Om mikrometern hålls i när man mäter, bör man använda handskar eller hålla i värmeisolatorn (om sådan finns).

Mätfel orsakade av felplacering

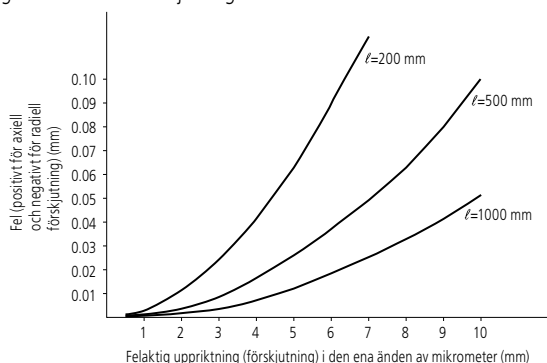


l : Invändig diameter som ska mätas
 L : Uppmätt längd med axiell förskjutning X
 X : Förskjutning i axiell riktning
 l : Mätfel
 l : $L - l = \sqrt{l^2 - X^2} - l$



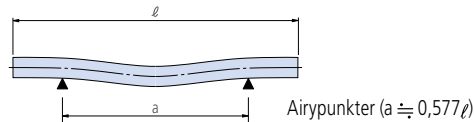
l : Invändig diameter som ska mätas
 L : Uppmätt längd med radiell förskjutning X
 X : Förskjutning i radiell riktning
 l : Mätfel
 l : $L - l = \sqrt{l^2 - X^2} - l$

Om en invändig mikrometer är felaktigt uppriktad i den axiella eller radiella riktningen med det förskjutna avståndet X när en mätning utföres, såsom i figurerna 1 och 2, kommer mätvärdet att vara fel som visas i diagrammet nedan (byggt på formelerna ovan). Felet är positivt för axiell förskjutning och negativt för radiell förskjutning.

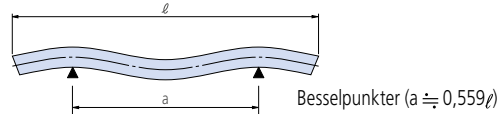


Airypunkter och Besselpunkter

När en längdnormal eller invändig mikrometer ligger horisontellt, med enklast möjligt stöd på två punkter, böjer den sig under sin egen vikt till en form som beror på avståndet mellan dessa punkter. Det finns två användbara avstånd mellan de punkter som styr denna deformation, såsom visas nedan.



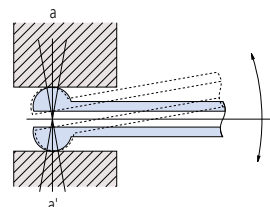
Ändarna på en längdnormal, eller mikrometer, kan fås att ligga exakt horisontellt genom att avståndet mellan de två stöden blir symmetriskt, se ovan. Dessa s k Airypunkter används ofta för att säkerställa att ändarna på en längdnormal är parallella med varandra, så att längden är väl definierad.



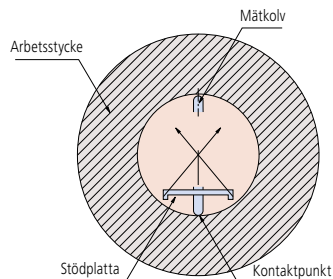
Längdnormalens, eller mikrometers, längdförändring på grund av böjning kan minimeras genom att placera de två stöden symmetriskt såsom visas ovan. Dessa punkter kallas Besselpunkter och kan vara användbara vid mätning med en lång invändig mikrometer.

Hållindikatorer

Mitutoyos hållindikatorer för små hål har stor radie på kontaktytorna, vilket gör det enkelt att positionera för att mäta små hål i riktningen $a - a'$. Hålens diameter är det minsta värdet som visas på mäturet när hållindikatorn vickas fram och tillbaka såsom visas av pilarna nedan.



Den fjäderbelastade stödplattan på Mitutoyos tvåpunkts hållindikatorer säkerställer automatiskt radiell uppriktning så att det endast krävs en axiell rörelse för att finna den minsta avläsningen (hålens diameter).

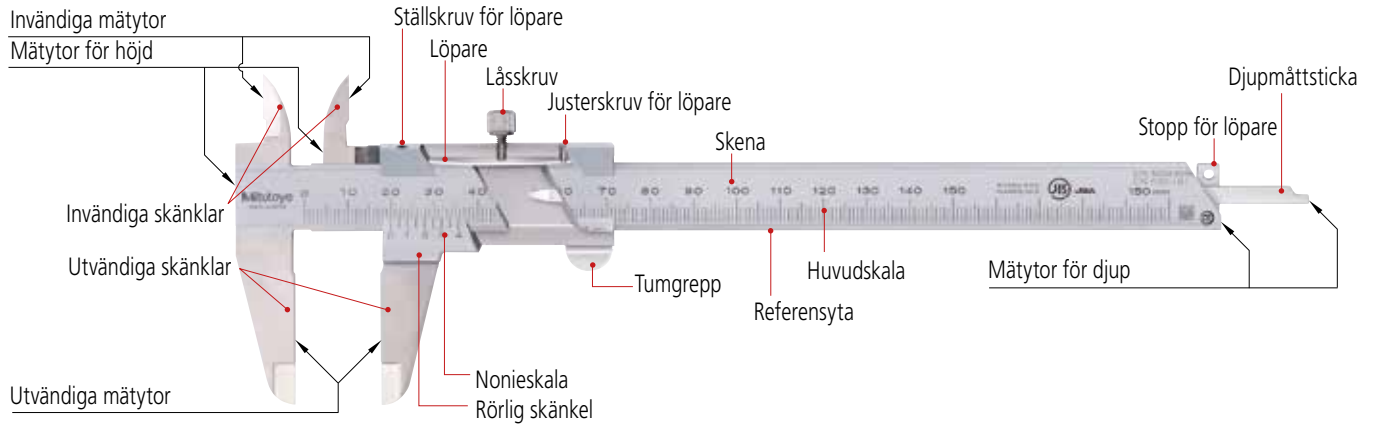


Skjutmått

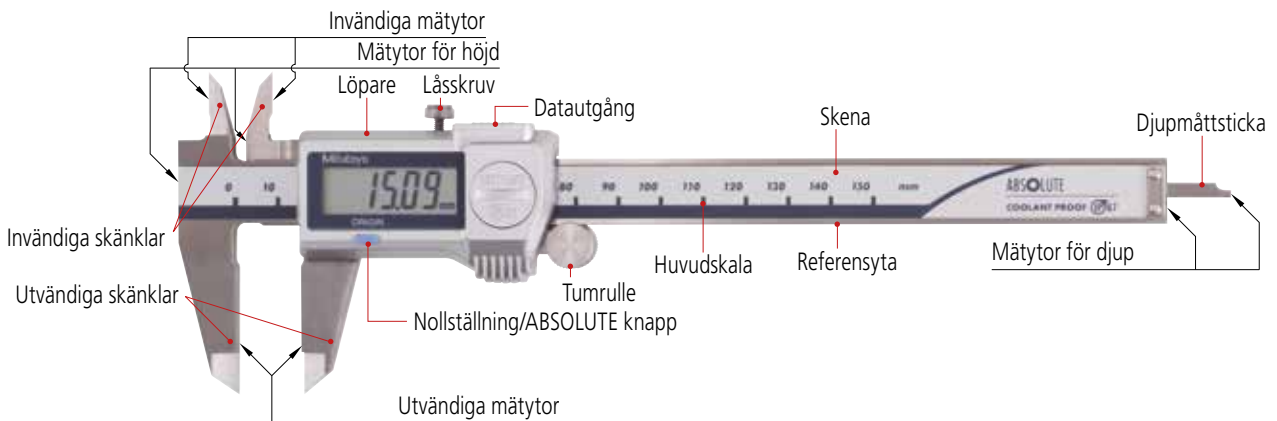
Benämningar

Skjutmått med nonie

PG
18



Absolute Digimatic Skjutmått



Hur man läser av skalan

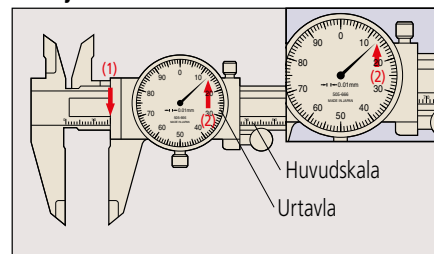
● Nonieskjutmått



Gradering 0,005 mm

(1) Avläsning på huvudskalan	4,00 mm
(2) Avläsning på nonieskalan	0,75 mm
Total avläsning	4,75 mm

● Skjutmått med mätur



Gradering 0,01 mm

(1) Avläsning på huvudskalan	16 mm
(2) Avläsning på urtavlan	0,13 mm
Total avläsning	16,13 mm

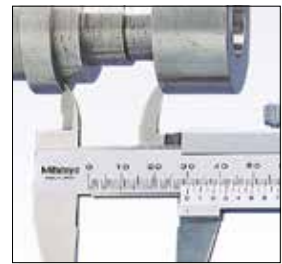
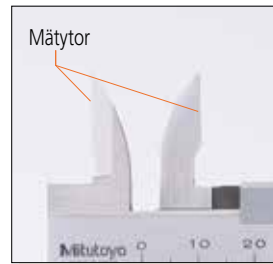
Notering: Vänster ovan: 0,75 mm (2) är avläst i den position där huvudskalans graderingslinje är i linje med en linje på nonieskalan.

Mätexempel

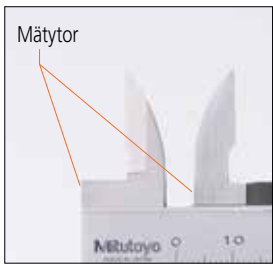
Utvändig mätning



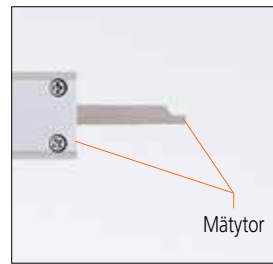
Invändig mätning



Mätning av steg

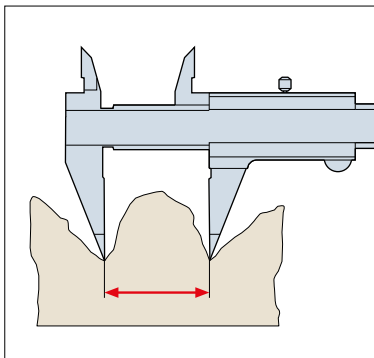


Djupmätning



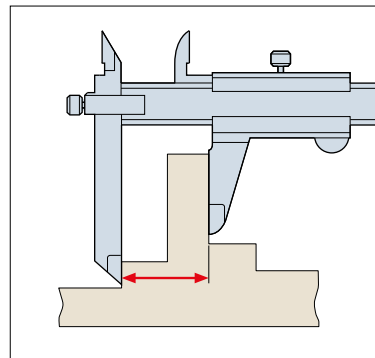
Specialskjutmått

Spetsiga skänklar



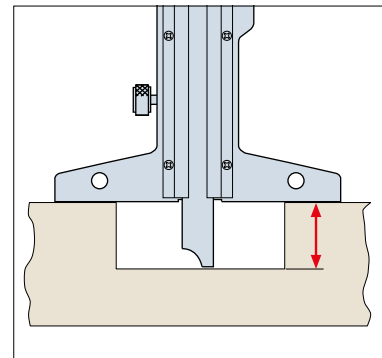
För mätning på ojämna ytor

Förskjutna skänklar



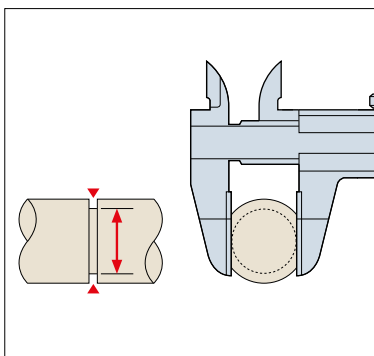
För mätning på ytor med olika steg

Djupmått



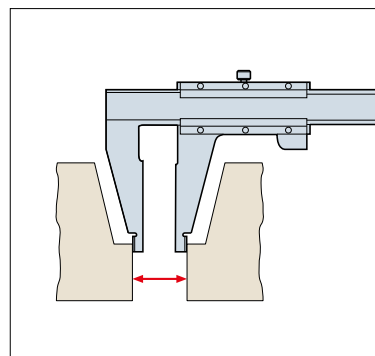
För djupmätning

Tunna skänklar



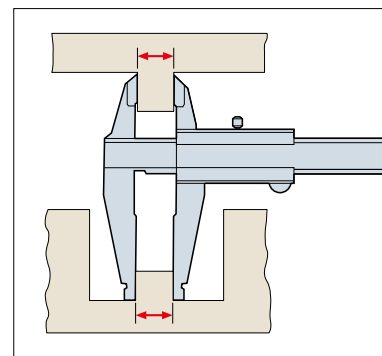
För mätning av diameter i smala spår

Vinklade mätpetsar



För mätning av utvändig diameter såsom tjocklek på försänkningar

Rörtjocklek



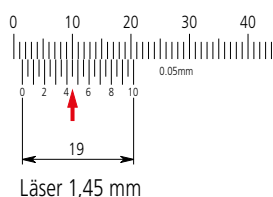
För mätning av godstjocklek på rör

Skjutmått

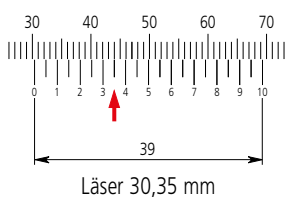
Olika nonieskalor

Nonieskalan sitter på den rörliga skänkeln och varje delning på denna skala görs 0,05 mm kortare än huvudskalans skalindelning på 1 mm. Detta innebär att när skänkeln öppnas, ger varje successiv förflyttning på 0,05 mm en nästkommande nonielinjens sammanträffande med en linje på huvudskalan vilket indikerar antalet 0,05 mm enheter som skall räknas (för enklare avläsning är dock skalan graderad i hela mm). Alternativt kan en noniedelning göras 0,05 mm kortare än två delningar av huvudskalan för att göra en lång nonieskala. Detta gör skalan lättare att läsa, men principen och graderingen är fortfarande detsamma.

- Standard nonieskala (gradering 0,05 mm)

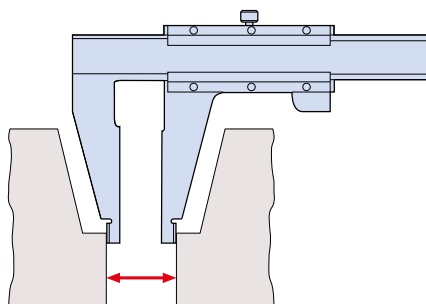


- Lång nonieskala (gradering 0,05 mm)



Om långa skjutmått

Ställinjaler används vanligen för att grovt mäta stora arbetsstycken, men om det krävs litet högre noggrannhet, är ett långt skjutmått lämpligt för detta. Ett långt skjutmått är mycket praktiskt genom sin användarvänlighet, men några saker bör man ha i åtanke vid användning. För det första är det viktigt att förstå att det inte finns något samband mellan upplösning och noggrannhet. För detaljer, se värdena i vår katalog. Upplösningen är konstant medan den erhållna noggrannheten varierar mycket beroende på hur skjutmättet används. Mätmetoden med detta instrument är ett problem eftersom påverkan på skenan orsakar en stor del av mätfelet, så noggrannheten kommer att variera avsevärt beroende på den metod som används för att stödja skjutmättet vid det tillfället. Var också noga med att inte använda för högt mättryck när du använder de utvändiga mätytorna, eftersom de är längst ut från skenan så risken för mätfel kommer att vara högst här. Denna försiktighetsåtgärd är också nödvändig vid användning av skänkelspetsarna på skjutmått med långa skänklar.



Mätning av små hål med ett standardskjutmått

Ett strukturellt fel "d" uppstår när du mäter den invändiga diametern i ett litet hål.

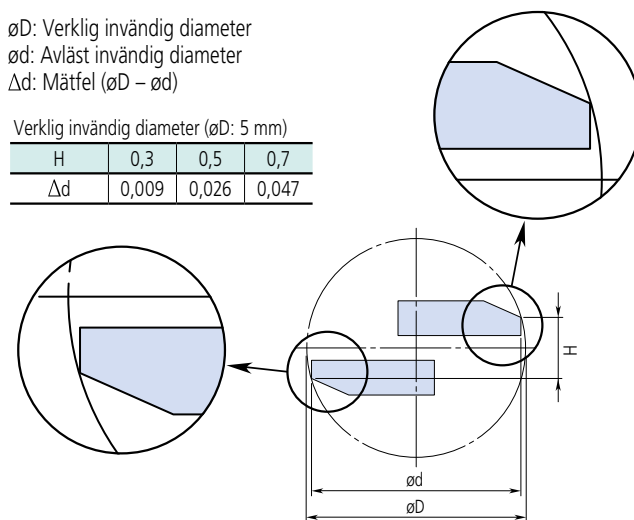
$\varnothing D$: Verklig invändig diameter

$\varnothing d$: Avläst invändig diameter

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

Verklig invändig diameter ($\varnothing D$: 5 mm)

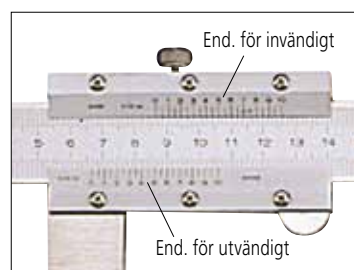
H	0,3	0,5	0,7
Δd	0,009	0,026	0,047



Invändig mätning med rundade mätytor

Eftersom mätytorna för invändig mätning på ett skjutmått sitter längst ut på skänklarna, är mätytornas parallellitet starkt påverkad av mättrycket, och det utgör en viktig faktor för vilken mättnoggrannhet som uppnås.

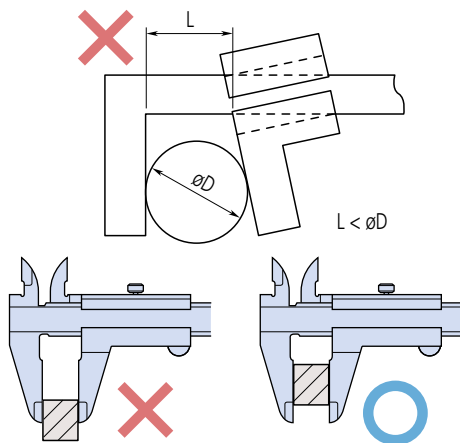
I motsats till ett standardskjutmått, kan ett skjutmått med rundade mätytor inte mäta en mycket liten håldiameter eftersom det är begränsat till storleken på de avfasade skänklarna, men normalt är inget problem eftersom det är ovanligt att mäta mycket små hål med denna typ av skjutmått. Naturligtvis är radien på de invändiga mätytorna alltid tillräckligt liten för att medge korrekta mätningar av håldiameter ända ner till minsta möjliga (nästan slutna skänklar). Mitutoyos skjutmått med rundade mätytor är försedda med en extra skala på den rörliga skänkeln så att de kan läsas av direkt utan behov av beräkning, på samma sätt som vid en utvändigt mätning. Denna användbara funktion eliminerar risken för fel som kan uppstå när man måste addera tjockleken på mätytorna för invändig mätning på ett skjutmått med bara en skala



Allmänna råd vid mätning med skjutmått

1. Potentiella felkällor

Det finns en mängd olika faktorer som kan orsaka fel vid mätning med ett skjutmått. Viktiga faktorer inkluderar parallaxeffekter, för högt mättryck genom det faktum att ett skjutmått inte överensstämmer med Abbes princip, skillnad i termisk expansion på grund av en temperaturskillnad mellan skjutmått och arbetsstycket och effekten av tjockleken på de knivseggformade skänklarna och spelet mellan dessa under mätningen av diametern i ett litet hål. Även om det också finns andra felkällor såsom graderingsnoggrannhet, referenskantens rakhet, huvudskalans planhet på skenan och skänklarnas rätvinklighet, är dessa faktorer inräknade i instrumentets felmarginal. Därför orsakar inte dessa faktorer problem så länge skjutmåttet ligger inom felmarginalerna. Handhavandeinstruktioner är mycket viktiga så att operatören kan beräkna det totala mätfelet som orsakas av skjutmåttets konstruktion före användning. Dessa instruktioner hänvisar till mättryck och föreskriver att "eftersom skjutmåttet inte har en funktion för konstant mättryck måste du mäta ett arbetsstycke med ett så jämnt mättryck som möjligt. Var extra försiktig när du mäter längst in eller längst ut på skänkeln eftersom det största felet kan uppstå i sådana fall".



2. Invändig mätning

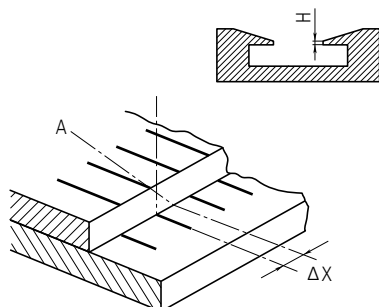
För in de invändiga skänklarna så djupt som möjligt innan mätning. Läs av högsta angivna värdet vid invändig mätning. Läs av det lägsta angivna värdet vid mätning av spårbredd.

3. Djupmätning

Läs av det lägsta angivna värdet vid djupmätning.

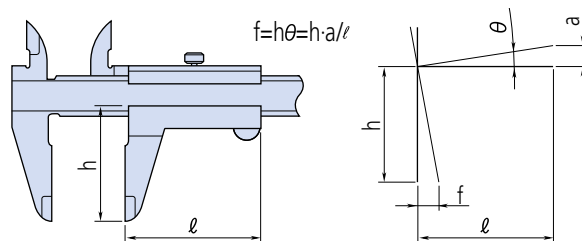
4. Parallaxfel vid avläsning av skalan

Avläs nonieskalans graderingslinje rakt ovanifrån när du kontrollerar var nonieskalans linjer mot huvudskalans graderingslinjer. Om du avläser nonieskalans linje snett ifrån (A) är linjeringspositionen förvrängd av ΔX , som visas i figuren nedan, på grund av en parallaxeffekt orsakad av höjdskillnaden (H) mellan nonieskalans och huvudskalans gradering, vilket resulterar i ett avläsningsfel av det uppmätta värdet. För att undvika detta fel föreskriver JIS att steghöjden inte ska vara mer än 0,3 mm.



5. Lutningsfel på den rörliga skänkeln

Om den rörliga skänkeln lutar så att den inte är parallell med den fasta skänkeln, antingen genom att för hög kraft läggs på löparen eller ett rakhetsfel i skenans referenskant, uppstår ett mätfel som visas i figuren. Detta fel kan vara betydande på grund av att ett skjutmått inte överensstämmer med Abbes princip.



Exempel: Antag att skänklarnas lutningsfel till följd av att löparen lutar är 0,01 mm per 50 mm och de utvändiga skänklarna är 40 mm djupa, då beräknas felet (vid skänkelspetsen) som $(40/50) \times 0,01 \text{ mm} = 0,008 \text{ mm}$. Om gejderytan är sliten kan ett fel kan förekomma även med rätt mättryck.

6. Förhållandet mellan mätning och temperatur

Skjutmåttets huvudskala är graverad (eller monterad) på rostfritt stål. Notera att även om den linjära termiska expansionskoefficienten är lika med den för det vanligaste arbetsstycksmaterialet, stål, $d \text{ v s } (10,2 \pm 1) \times 10^{-6} / \text{K}$, kan andra arbetsstycksmaterial, rumstemperaturen och arbetsstyckets temperatur påverka mät noggrannheten.

7. Handhavande

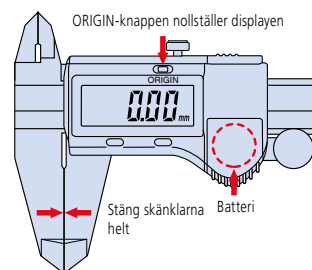
Skjutmåttets skänklar är vassa, och därför måste instrumentet hanteras med försiktighet för att undvika personsador. Undvik att skada skalan på ett digitalt skjutmått och gravera inte in identifikationsnummer eller annan information på den med en elektrisk markeringspenna. Undvik att skada skjutmåttet genom att utsätta det för kontakt med hårda föremål eller genom att tappa det på en bänk eller på golvet.

8. Underhåll av skenans glidytor och mätytor

Torka bort damm och smuts från glidytor och mätytor med en torr, mjuk duk före användning av skjutmåttet.

9. Kontroll och inställning av nollpunkten före användning

Rengör mätytor genom att klämma åt ett rent pappersark mellan de utvändiga skänklarna och dra sedan långsamt ut det. Stäng skänklarna och se till att nonieskalans (eller displayen) visar noll innan du använder skjutmåttet. När du använder ett Digimatic skjutmått, återställ nollpunkten (ORIGIN-knappen) efter batteribyte.



10. Hantering efter användandet

Efter användning av skjutmåttet ska all ev fukt eller olja noggrant torkas bort. Applicera därefter lite korrosionsskyddande olja och låt den torka innan förvaring. Torka även bort vatten från en vattentätt skjutmått och eftersom det också kan rosta.

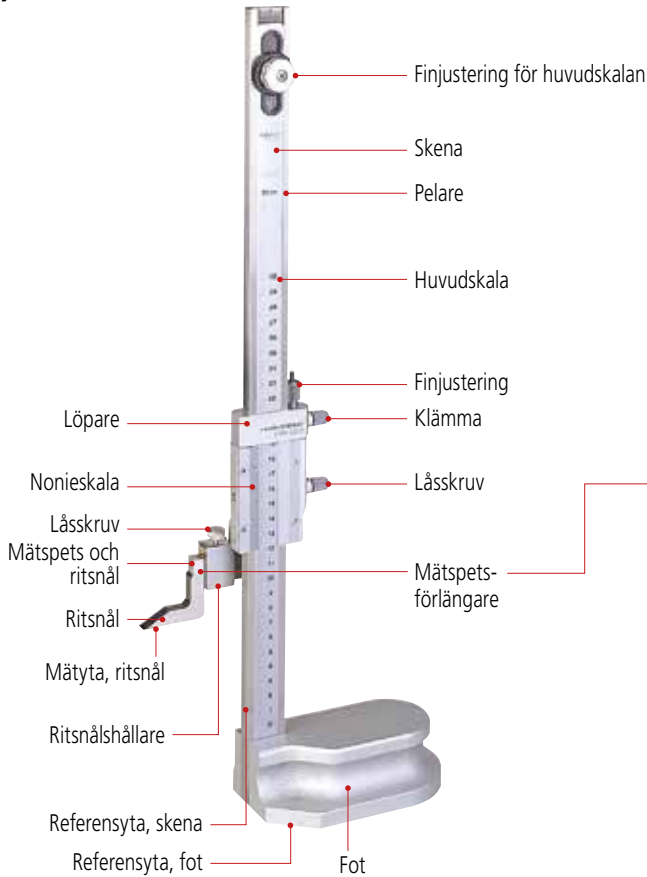
11. Råd vid förvaring

Undvik direkt solljus, höga och låga temperaturer och hög luftfuktighet under förvaring. Ta ur batteriet om ett digitalt skjutmått inte kommer att användas under mer än tre månader. Lämna inte skjutmåttets skänklar helt stängda under förvaring.

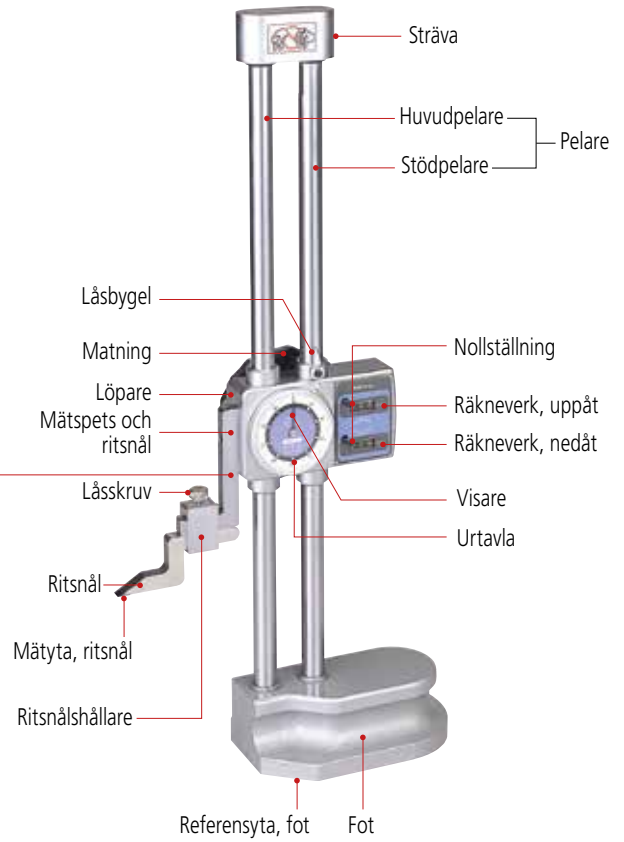
Höjdrätsmätt

Benämningar

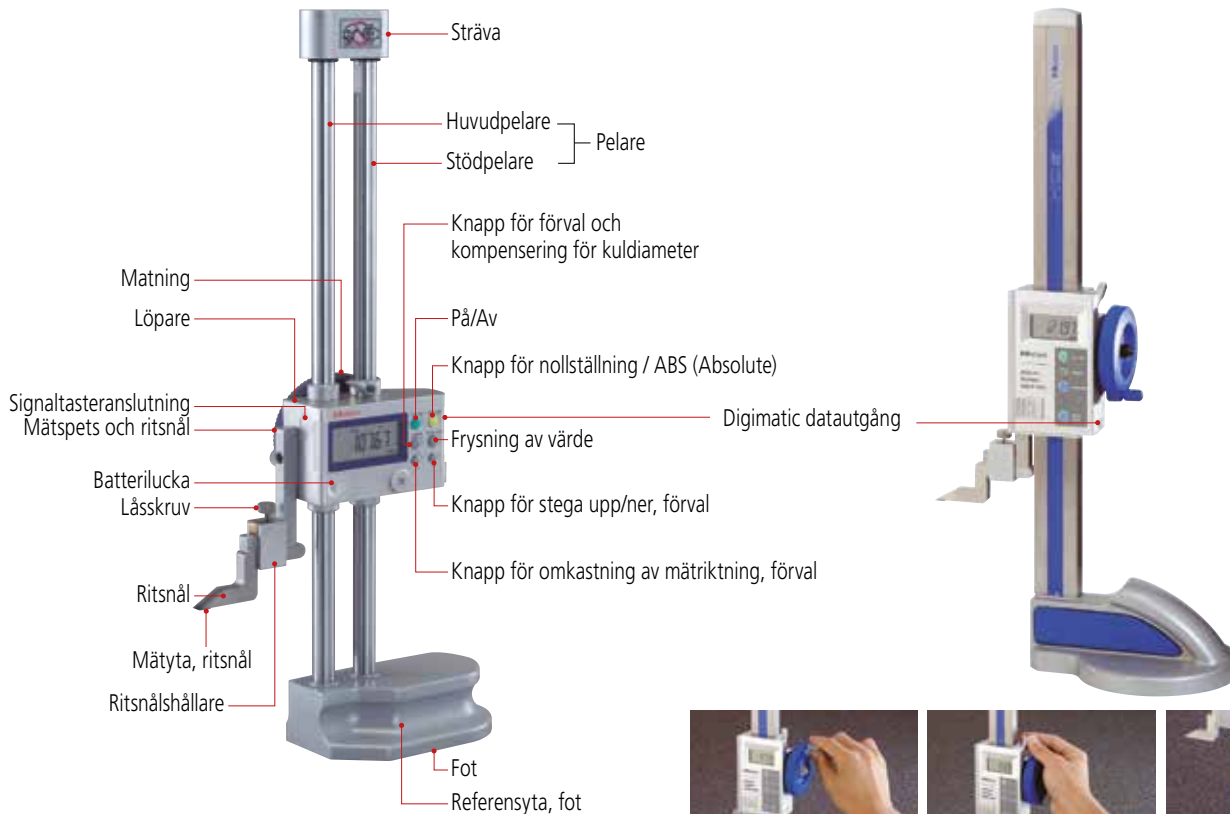
Höjdrätsmätt med nonie



Höjdrätsmätt med räkneverk



Digimatic Höjdrätsmätt



Vertikalförflyttning med ratt



Kraftigt läsvred



Ergonomisk utformning

Användning med höjdrätsmått med tillbehör och andra mätdon.



Tillbehör för vippindikator



Elektronisk signaltaster



Högnoggrann mätning med centremaster

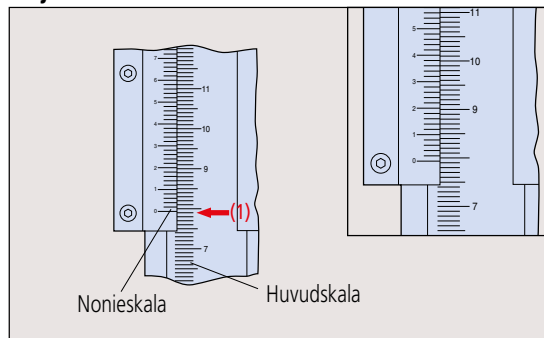


Tillbehör för djupmätning

Höjdritsmått

Hur man läser av skalan

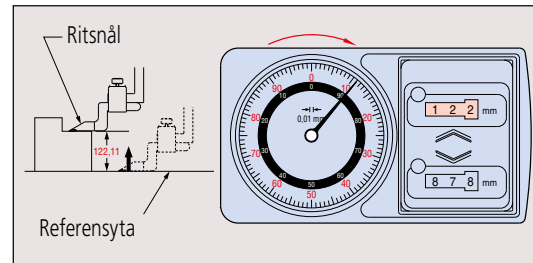
Höjdritsmått med nonie



Gradering	0,02 mm
(1) Huvudskala	79 mm
(2) Nonieskala	0,36 mm
Avläsning	79,36 mm

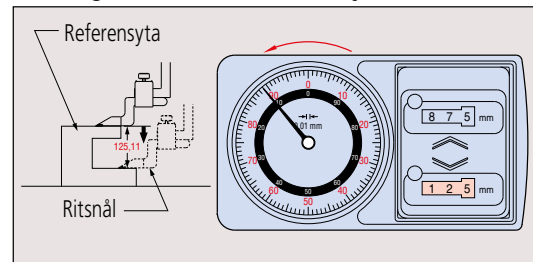
Höjdritsmått med räkneverk

Mätning uppåt från en referensyta



Räkneverk	122 mm
Urtavla	0,11 mm
Avläsning	122,11 mm

Mätning nedåt från en referensyta



Räkneverk	125 mm
Urtavla	0,11 mm
Avläsning	125,11 mm

Allmänna råd vid användning av höjdritsmått

1. Potentiella felkällor

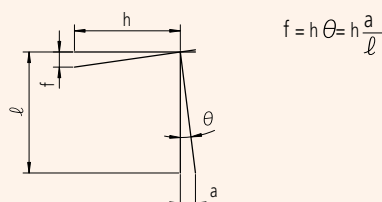
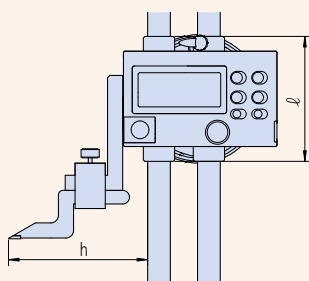
Likhet med skjutmått finns det ett antal olika felkällor vid mätning med ett höjdritsmått, bl a parallaxeffekter, för högt mättryck genom det faktum att ett höjdritsmått inte överensstämmer med Abbes princip och skillnad i termisk expansion på grund av en temperaturskillnad mellan höjdritsmättet och arbetsstycket.

Det finns också andra felfaktorer som orsakas av höjdritsmättets konstruktion. I synnerhet bör felfaktorer relaterade till en skev referenskant och montering av ritsnålen, som beskrivs nedan, beaktas före användning.

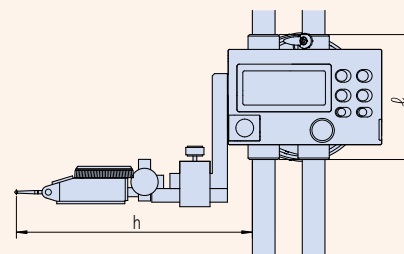
Skev referenskant (pelare) och montering av ritsnål

Som med skjutmått, och som visas i nedanstående figur, uppstår ett mätfel när du använder höjdritsmättet om pelaren som styr löparen blir skev. Detta fel kan representeras med hjälp av samma beräkningsformel för fel som orsakas av avvikelser från Abbes princip.

Installation av ritsnål (eller en vippindikator) kräver noggranna överväganden eftersom den påverkar storleken på eventuella fel på grund av en skev referenspelare genom att öka mättet h i ovanstående formel. Med andra ord, om en lång ritsnål (tillval) eller vippindikator används blir mätfelet större.



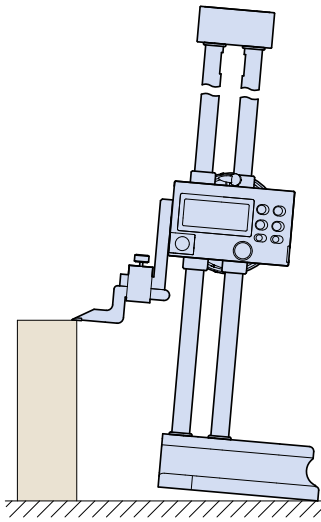
$$f = h \theta = h \frac{a}{l}$$



Exempel: Effekt av mätpunktens position
Om h är 150 mm, blir felet 1,5 gånger större än om h är 100 mm.

3. Risken att foten lyfter från referensytan

När man ställer in ritsnålens höjd från en passbitskombination, eller från ett arbetsstycke, kan foten lyfta från bordet (eller referensytan) om överdriven nedåtriktad kraft läggs på löparen, vilket resulterar i mätfel. För noggrann inställning, förflytta löparen sakta nedåt medan du flyttar ritsnålens spets fram och tillbaka över passbitens yta (eller arbetsstycket). Den korrekta inställningen är när det upplevs bara som en lätt beröring när ritsnålen rör sig över ytan. Det är också viktigt att se till att bordets och fotens referensytor är fria från damm och grader före användning.



4. Fel på grund av lutning av huvudskalan (pelare)

Enligt JIS-standarder bör vinkelrätheten hos pelarreferenskanterna mot fotens referensyta vara bättre än:

$$\left(0,01 + \frac{L}{1000}\right) \text{ mm} \quad L \text{ anger mätlängden (enhet: mm)}$$

Denna specifikation är inte speciellt besvärlig. Till exempel är vinkeln för tillåten vinkelräthet 0,61 mm när L är 600 mm. Detta beror på att denna felfaktor har liten inverkan och ändrar inte löparens lutning, till skillnad från en skev pelare.

5. Förhållandet mellan noggrannhet och temperatur

Höjdrätmått tillverkas av flera olika material. Observera att vissa kombinationer av arbetsstycksmaterial, rumstemperatur och arbetsstyckets temperatur kan påverka mätnoggrannheten om denna effekt inte är tillåten för att kunna utföra en korrekt beräkning.

6. Spetsen på ritsnålen är mycket vass och måste hanteras försiktigt för att undvika personskador.

7. Undvik att skada skalan på digitala höjdrätmått genom att gravera in ett identifikationsnummer eller annan information på det med en elektrisk märkpenna.

8. Hantera höjdrätmåttet med försiktighet så att det inte tappas eller slår i något.

Råd vid användning av höjdrätmått

1. Håll pelaren som styr löparen ren. Om det samlas damm och smuts på den försvåras förflyttning av löparen vilket ger mät- och inställningsfel.
2. Vid ritsning ska löparen spärras i lämplig position med låsanordningen. Man bör kontrollera inställningen efter låsningen eftersom detta moment kan ändra inställningen något på vissa typer av höjdrätmått.
3. Parallelliteten mellan ritsnålens mätyta och fotens referensyta bör vara 0,01 mm eller bättre.
Avlägsna all smuts och damm från monteringsytan innan installation av ritsnålen eller vippindikatorn. Se till att ritsnålen och andra delar sitter ordentligt fast under mätningen.
4. Om höjdrätmåttets huvudskala kan förflyttas, skjut skalan så mycket som krävs för att nollställningen kan genomföras och dra åt låsmuttern ordentligt.
5. Parallaxfel ska inte underskattas. Avläs alltid skalan rakt framifrån.
6. Efter användning av höjdrätmåttet ska all ev fukt eller olja noga torkas bort. Efter det, applicera litet korrosionsskyddande olja och låt den torka innan förvaring.
7. Råd vid förvaring:
Undvik direkt solljus, höga och låga temperaturer och hög luftfuktighet under förvaring.
Ta ur batteriet om ett digitalt höjdrätmått inte kommer att användas under mer än tre månader.
Om det medföljde en skyddshuv, använd den vid förvaring för att undvika att damm samlas på pelaren.

Passbitar

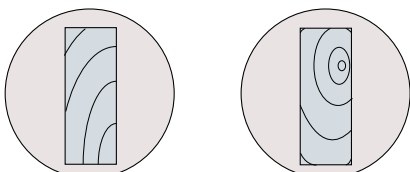
Definitionen av en meter

Den 17:e generalkonferensen för mått och vikt 1983 beslutade om en ny definition av enheten meter som "den sträcka ljuset tillryggaläger i vacuum under 1/299 792 458 sekund". Passbiten omvandlar denna måttenhet till praktisk användbarhet och är använd som standard inom industrin.

Urval, förberedelse och montering av en passbitskombination

Välj passbitar som ska kombineras för att utgöra den storlek som krävs för stapeln.

- (1) Tänk på följande saker när du väljer passbitar.
 - a. Använd det lägsta antalet passbitar som möjligt.
 - b. Välj tjocka passbitar när det är möjligt.
 - c. Välj storlek från den som har de minst signifikanta siffrorna som krävs och arbeta sedan bakåt mot de mer signifikanta siffrorna.
- (2) Rengör passbitarna med ett lämpligt rengöringsmedel.
- (3) Kontrollera mätytorna för att upptäcka grader med hjälp av ett optiskt planglas enligt följande:



- a. Torka varje mätyta ren.
- b. Placera det optiska planglaset försiktigt på passbitens mätyta.
- c. Skjut lätt på det optiska planglaset tills interferenslinjerna syns.
Bedömning 1: Om inga interferenslinjer uppträder finns det troligen en stor grad eller föroreningar på mätytan.
- d. Tryck lätt på det optiska planglaset för att kontrollera att interferenslinjerna försvinner.
Bedömning 2: Om interferenslinjerna försvinner, finns det ingen grad på mätytan.
Bedömning 3: Om några interferenslinjer finns kvar lokalt medan plattan försiktigt flyttas fram och tillbaka, finns det ett grad på mätytan. Om linjerna rör sig med det optiska planglaset, finns det en grad på det optiska planglaset.
- e. Ta bort eventuella grader från mätytan med en platt, finkornig slipsten. Se nedanstående figurer för tillvägagångssätt.

Fig. 1

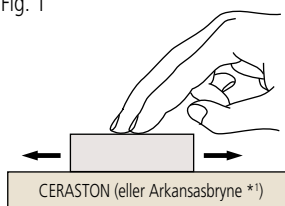
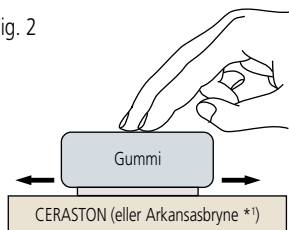


Fig. 2

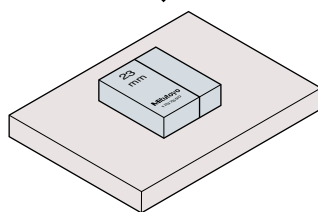
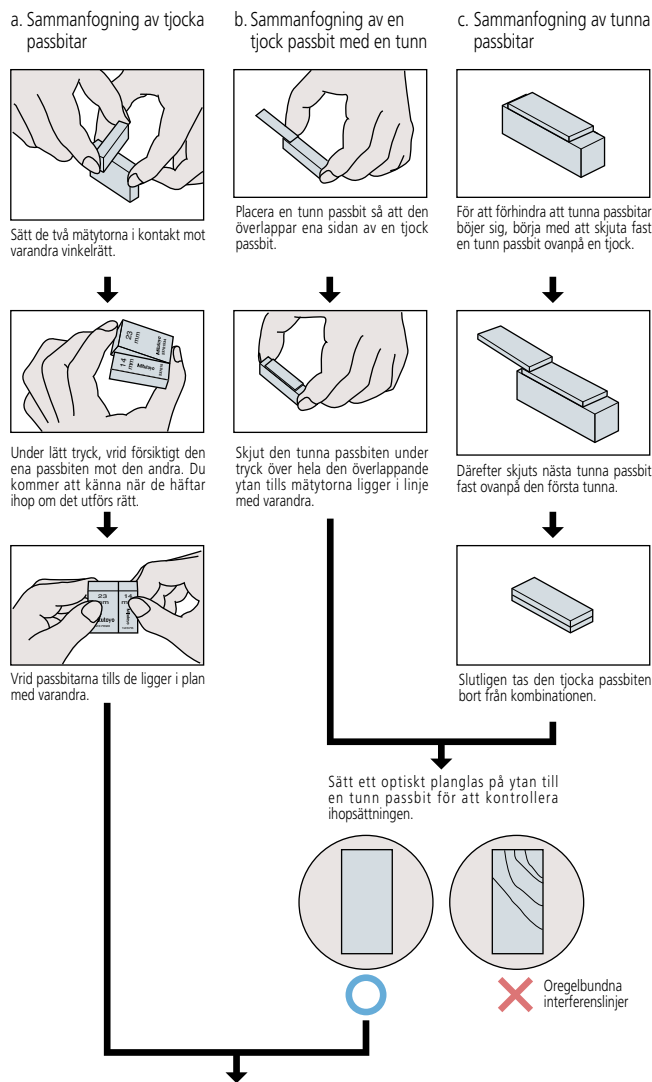


- (1) Torka bort eventuella damm- och oljerester från passbit och Ceraston (eller Arkansasbryne) med ett lösningsmedel.
- (2) Placera passbiten på Cerastonstenen så att mätytan som har grader ligger mot stenens slipande yta. Medan du trycker lätt, rör passbiten fram och tillbaka cirka tio gånger (fig. 1). Använd ett gummiblock för tunna passbitar för att applicera jämnt tryck (bild 2).
- (3) Kontrollera mätytan för att upptäcka grader med ett optiskt planglas. Upprepa steget om graden fortfarande är kvar (2). Om graderna är för stora kanske de inte kan avlägsnas med en slipande sten. Kassera passbiten om så är fallet.

*1 Mitutoyo erbjuder inte Arkansasbryne.

- (4) Applicera en mycket liten mängd olja på mätytan och sprid den jämnt över ytan. Torka ytan tills oljefilmen är nästan borta. Fett, spindelolja, vaselin etc. används vanligen.

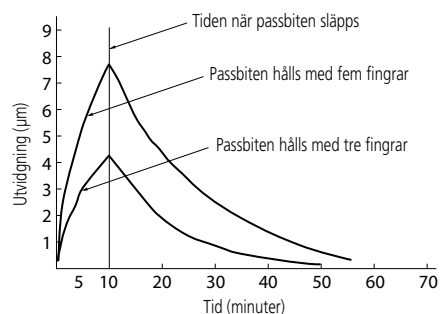
- (5) Lagg försiktigt ytorna på passbitarna mot varandra så att de fogas samman. Det finns tre metoder att använda (a, b och c som visas nedan) beroende på storleken på de passbitar som ska fogas samman:



Torka av de synliga mätytorna och fortsätt bygga upp kombinationen på samma sätt tills den är komplett.

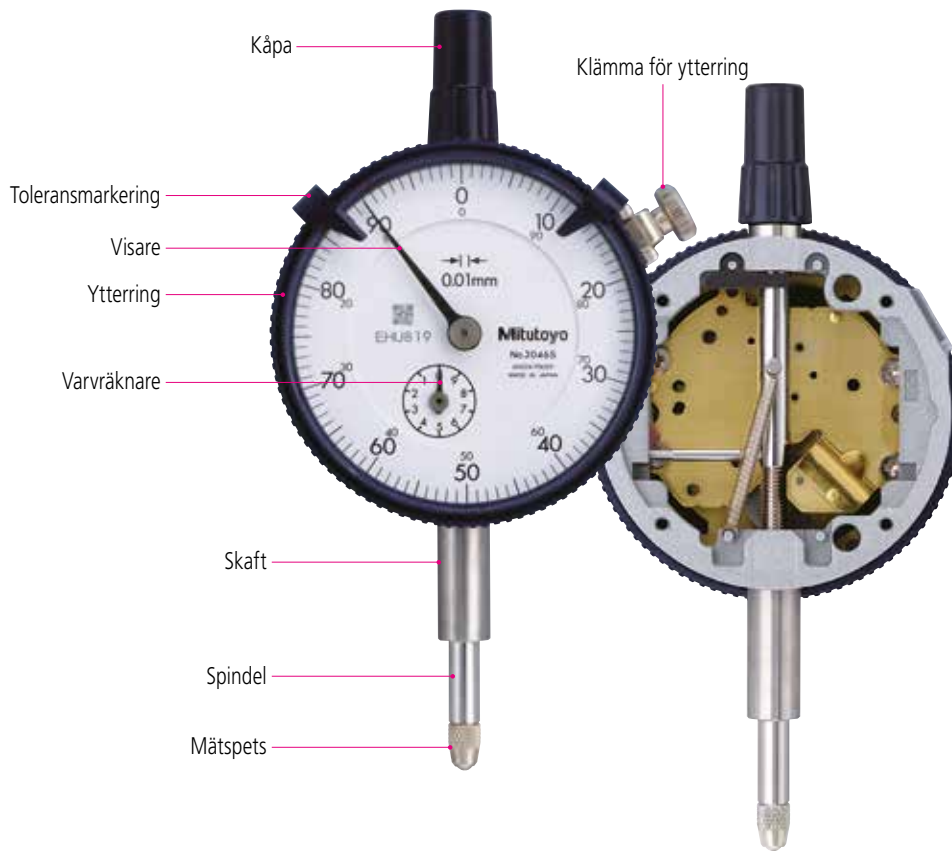
Tiden för termisk stabilisering

Nedanstående diagram visar graden av dimensionell förändring när en 100 mm passbit i stål hanteras med bara händer.



Analoga mätur och digitala mätur

Benämningar



Urtavlor

0,01 mm



Fortlöpande skala
(dubbelriktad gradering)



Dubbelsidig (flervarvs)



Fortlöpande skala
(omvänd skala)



Dubbelsidig (envarvs)

0,001 mm



Fortlöpande skala
(standard delstrecksavstånd)



Dubbelsidig (flervarvs)



Fortlöpande skala
(dubbelt delstrecksavstånd)

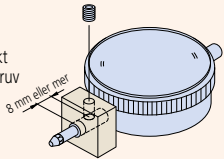
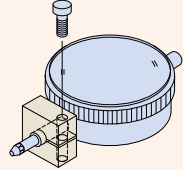
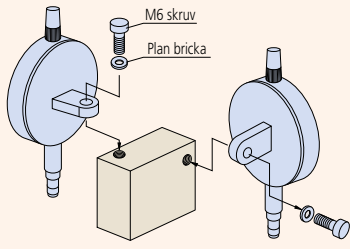


Dubbelsidig (envarvs)

Fortlöpande skala: För direkt avläsning
 Dubbelsidig: För avläsning av avvikelser från en referensyta
 Omvänd skala: För djup- eller hålmätning
 Envarvsskala: För felfri avläsning av små avvikelser

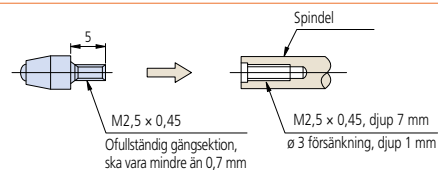
Analoga mätur och digitala mätur

Montering av mätur




Montering i skaftet	Metod	Uppspänning direkt i skaftet med låsskruv 	Uppspänning av skaftet i klämhylsa 
	Notera	<ul style="list-style-type: none"> • Monteringshållets tolerans: $\varnothing 8G7(+0,005$ till $0,02)$ • Låsskruv: M4 till M6 • Uppspänningsposition: Minst 8 mm från skaftets nedre kant • Max åtdragningsmoment: 150 N·cm vid uppspänning med en M5-skruv • Notera att för högt åtdragningsmoment kan påverka spindelns rörelse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monteringshållets tolerans: $\varnothing 8G7(+0,005$ till $0,02)$
Montering i fästöra	Metod		
	Notera	<ul style="list-style-type: none"> • Bakstycket kan monteras vridet 90° för att passa den aktuella applikationen. (Bakstycket sitter med fästörat horisontellt vid leverans.) • Bakstycken till vissa serie 1-modeller (Nr.1911T-10, 1913T-10&1003T) kan dock inte ändras till horisontellt läge. • För att undvika cosinusrelaterade fel, kontrollera att mäturet, oavsett typ, monteras med spindeln i linje med den avsedda mätriktningen. 	

Mätspets

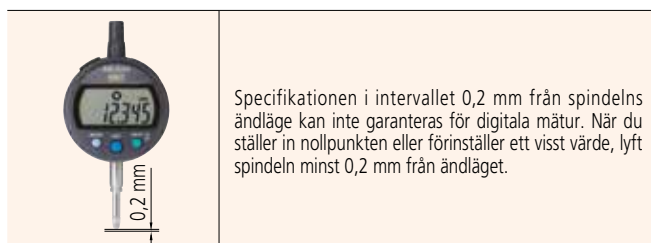
- Skruvens gänga är som standard M2,5x0,45 (längd: 5 mm).
- Vid tillverkning av egna mätspetsar ska den ogängade delen längst in på skruven vara mindre än 0,7 mm.



Mätriktningens effekt på mättrycket

Position	Anmärkingar
Spindeln riktad nedåt (normal position) 	—
Spindeln i horisontellt läge (liggande position) 	Om mätningen utförs med spindeln horisontellt eller uppåt, är mättrycket lägre än när spindeln är riktad nedåt. I detta fall bör du kontrollera funktionen och repeterbarheten på mäturet eller digitaldisplayen. För användarinstruktioner vid olika positioner för olika positioner för analoga och digitala mätur, se produktbeskrivningarna i huvudkatalogen.
Spindeln riktad uppåt (upp-och-nedvänd position) 	

Inställning av nollpunkten på ett digitalt mätur



Hantering av spindeln

- Smörj inte spindeln. Det gör att damm samlas vilket kan leda till brister i funktionen.
- Om spindeln kärvar, torka av den nedre och övre ytan med en duk som är torr eller fuktad med alkohol. Om detta inte hjälper, kontakta Mitutoyo för reparation.
- Innan mätning eller kalibrering, kontrollera att spindeln rör sig obehindrat i bägge riktningarna samt att nollpunkten är stabil.

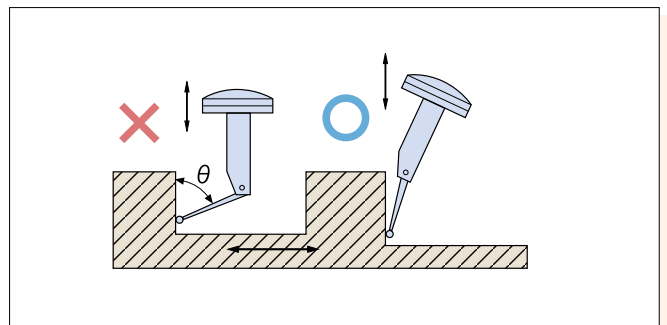
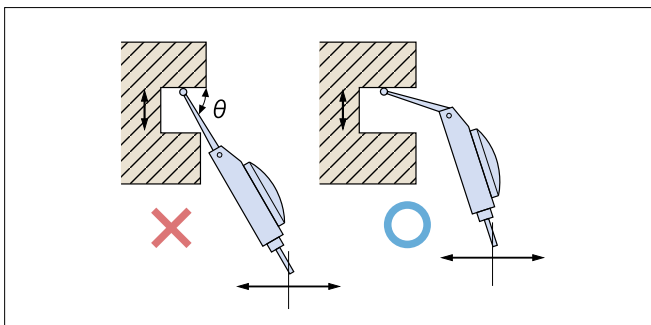
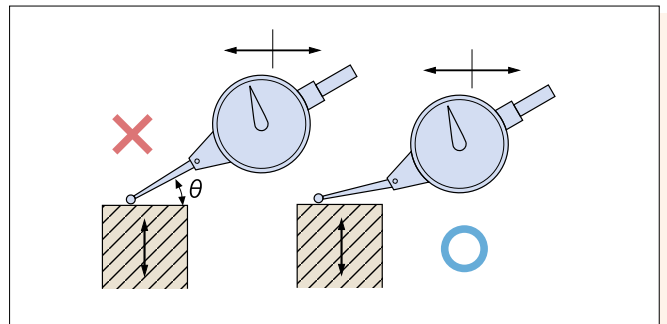
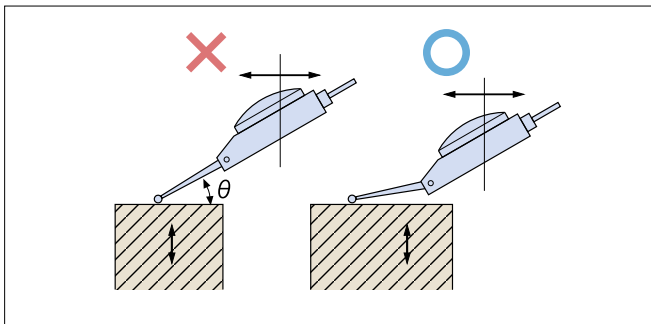
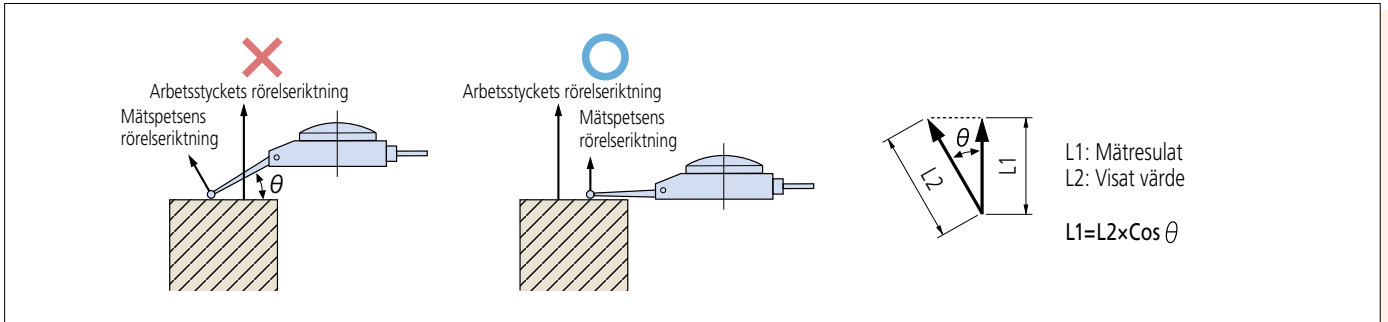


Analoga mätur och digitala mätur

Vippindikatorer och cosinuseffekten

Minimera alltid vinkeln mellan rörelseriktningarna vid mätning.

PG
30



Vippindikatorers visning kommer inte att representera det korrekta mätvärdet om dess mätriktning inte är i linje med den avsedda mätriktningen (cosinuseffekten). Eftersom vippindikatorns mätriktning är vinkelrät mot en linje dragen genom mätspetsen och mätarmens pivotpunkt, kan denna effekt minimeras genom att ställa in mätspetsen med minsta vinkel θ (som visas i figurerna). Om det behövs, kan avläsningen kompenseras för det faktiska θ värdet med hjälp av tabellen nedan för att ge det rätta mätvärdet.

Mätresultat = visat värde x kompenseringvärdet

Kompensering för en icke-nollvinkel

Vinkel	Kompenseringvärdet
10°	0,98
20°	0,94
30°	0,86
40°	0,76
50°	0,64
60°	0,50

Exempel

Om värdet 0,200 mm visas på skalan vid olika värden av θ , är mätresultatet:

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

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

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

Notera: En specialmätspets med evolventform kan användas för att automatiskt lägga till kompenseringen och medge att mätningen utföres utan manuell kompensering för valfri vinkel θ från 0 till 30°. (Denna typ av mätspets specialtillverkas).

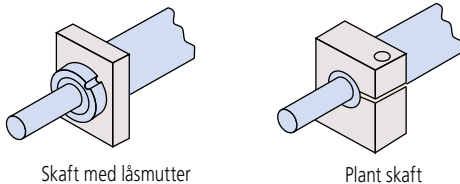


Givare

Huvud

Plant skaft och skaft med låsmutter

Skaftet som används för att montera ett givarhuvud klassificeras som "plan typ" eller "låsmuttertyp", som visas nedan. Låsmuttertypen möjliggör snabb och säker fastspänning av givarhuvudet. Det plana skaftet har fördelen att kunna användas i ett bredare område och ger enkel positionering i axiell riktning vid slutgiltig placering, detta kräver dock infästning med slitsad klämma eller limning. Men se noga till att inte utsätta skaftet för överdriven kraft.



Mättryck

Den kraft som åsätts arbetsstycket under mätningen genom givarens mätspets i dess ändläge, uttryckt i Newton.

Jämförande mätning

En mätmetod där arbetsstyckets dimension fastställs genom mätning av den geometriska skillnaden mellan arbetsstycket och en master som representerar den nominella dimensionen på arbetsstycket.

Kapslingsklassning

IP54 kapslingskod

Typ	Nivå	Beskrivning
Skydd mot beröring och inträngande föremål	5: Dammskyddat	Skydd mot skadligt damm
Skydd mot inträngande vatten	4: Striltätt	Vatten som strilar mot höljet från valfri riktning får inte ha någon skadlig effekt.

IP66 kapslingskod

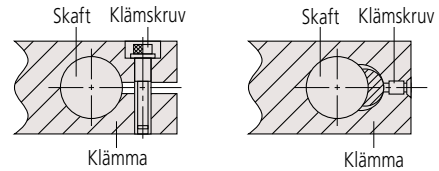
Typ	Nivå	Beskrivning
Skydd mot beröring och inträngande föremål	6: Dammtätt	Skydd mot inträngande damm Fullständigt skydd mot kontakt
Skydd mot inträngande vatten	6: Spoltätt	Vatten som strålar mot höljet från valfri riktning får inte ha någon skadlig effekt.

Försiktighetsåtgärder vid montering av givare

- För in givarens skaft i mäthenhetens eller stativets klämma och dra åt klämskruven.
- Notera att överdriven åtdragning av skaftet kan orsaka problem med spindelns rörelse.
- Använd aldrig en monteringsmetod där skaftet kläms fast genom direktkontakt med en skruv.
- Montera aldrig en givare i någon annan del än skaftet.
- Montera givaren så att den är i linje med den avsedda mätriktningen. Om givaren monteras i vinkel mot denna linje uppstår ett mätfel.
- Se till så att inte kabeln utövar tryck på givaren.

Åtgärder vid montering av Laser Hologage

Fixera Laser Hologage genom att skaftet förs in i ett anpassat stativ eller fixtur.



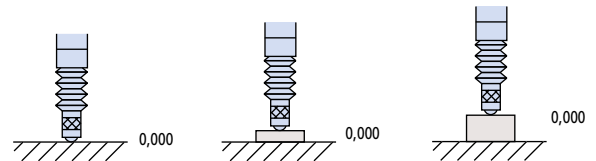
Rekommenderad håldiameter på monteringsidan: 15 mm +0,034/-0,014

- Bearbeta inspänningshålet så att dess axel är parallell med mätriktningen. Monteras givaren i vinkel uppstår ett mätfel.
- Vid fixering av Laser Hologage, spänn inte fast skaftet för hårt. För högt åtdragningsmoment kan påverka spindelns rörelse.
- Om mätningen utförs under förflyttning av Laser Hologage ska den monteras så att kabeln inte sträcks och ingen yttre kraft utövas på givaren.

Displayenhet

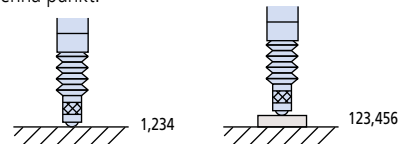
Nollställning

Ett värde på displayen kan sättas till 0 (noll) vid valfri spindelposition.



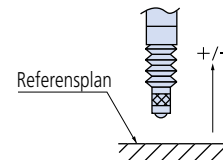
Förval

Ett valfritt numeriskt värde kan ställas in på displayenheten så att räknandet startar vid denna punkt.



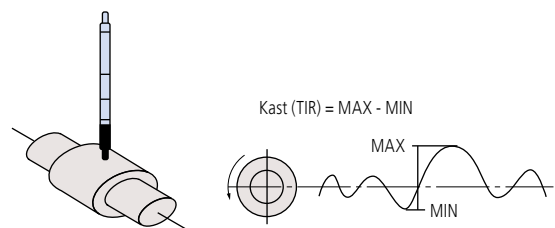
Omkastning av mätriktning

Spindelns mätriktning kan ställas in så att den räknar antingen plus (+) eller minus (-).



Inställning av MAX, MIN, TIR

Displayenheten kan frysa maximum (MAX) och minimum (MIN)-värdena samt MAX - MIN-värde under mätningen.



Toleransinställning

Toleransgränser kan lagras på ett flertal displayenheter för automatisk indikering om mätvärdet ligger inom eller utom dessa gränser.

Open Collector utgång

En extern last, såsom ett relä eller en logikkrets, kan drivas från kollektoranslutningen på en intern transistor vilken själv styrs av t.ex. toleransbedömningens resultat.

Reläutgång

Kontaktsignal som skickar ut status för öppen/stängd.

RS-422

Standardtyp, dubbelriktad, med eller utan nollreferenssignaler. Mitutoyo linjära mätare RS422 innehåller digitaliseringselektronik (fyrvägsvägsignal). Strömförsörjning 5VDC

Digimaticformat

Ett signalformat för anslutning av mätdon med datautgång till olika Mitutoyo dataprocessorenheter. Detta möjliggör anslutning till Digimatic Miniprocessor DP-1VR för att utföra olika statistiska beräkningar och skapa histogram etc.

BCD-utgång

Ett system för att överföra data i binärkodad decimalform.

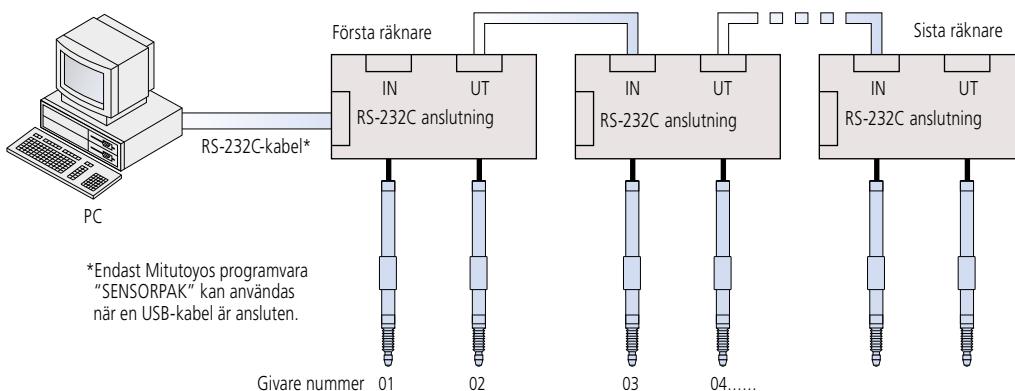
RS-232C-utgång

Ett seriellt kommunikationsgränssnitt i vilket data kan överföras dubbelriktat under EIA standarderna. För överföringsproceduren, se specifikationerna för varje enskilt mätdon.

RS Link-funktion Möjliggör multipunktsmätning genom anslutning av flera EH- eller EV-räknare med RS Link-kablar.

RS Link för EH-räknare

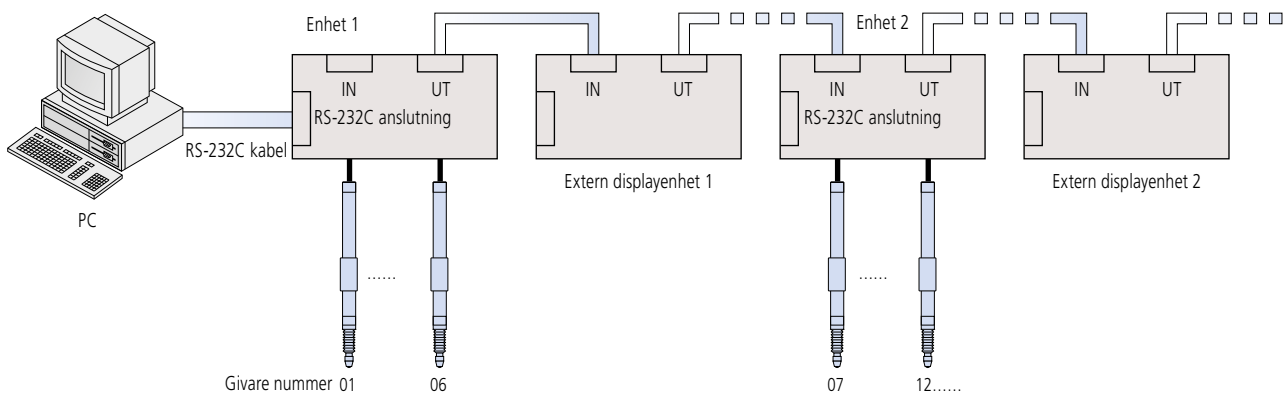
Det är möjligt att ansluta upp till 10 räknare och hantera upp till 20 kanalers multipunktsmätning samtidigt. För denna uppkoppling används en anpassad RS Link kabel **Nr. 02ADD950** (0,5 m), **Nr. 936937** (1 m) eller **Nr. 965014** (2 m). (Den totala tillåtna längden RS Link-kablar för hela systemet är upp till 10 m.)



RS Link för EV-räknare

Det är möjligt att ansluta upp till 10* räknare och hantera upp till 60 kanalers multipunktsmätning samtidigt. För denna uppkoppling används en anpassad RS Link kabel **Nr. 02ADD950** (0,5 m), **Nr. 936937** (1 m) eller **Nr. 965014** (2 m). (Den totala tillåtna längden RS Link-kablar för hela systemet är upp till 10 m.)

* Det maximala antalet räknare som kan anslutas är begränsat till 6 (sex) om en EH-räknare ingår i kedjan.



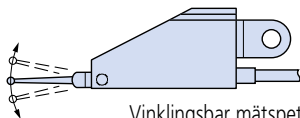
Elektroniska mikrometrar

Prob

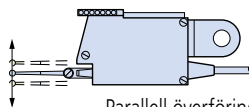
En sensor som omvandlar en kontaktpunkts rörelse, på en mätspets eller en kolv, till en elektrisk signal.

Elektronisk prob

Elektroniska prober finns i två utföranden. Den vanligaste typen använder en vinklinsbar mätspets så kontaktpunkten rör sig i en cirkelbåge; denna typ är föremål för cosinuseffekt och mätningar kan därför kräva linjärrättning om mätriktningen skiljer sig mycket från rörelseriktningen för kontaktpunkten. Den mindre vanliga typen använder en bladfjädermekanism för parallell överföring så att kontaktpunktsrörelsen blir linjär; denna typ kräver ingen rättning.



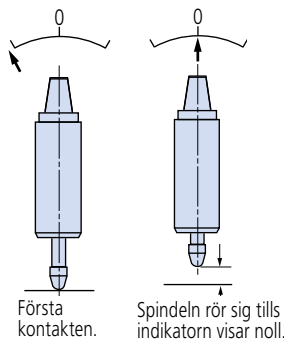
Vinklinsbar mätspets
MLH-521 (mätriktning kan växlas med upp/ner-spaken)
MLH-522 (mätriktningen kan inte ändras)



Parallell överföringstyp
MLH-326 (mätriktningen kan ändras med upp/ner-spaken)

Första rörelsen

Avståndet från första kontakten med ett arbetsstycke tills mätindikatorn visar noll.



Första kontakten.

Spindeln rör sig tills indikatorn visar noll.

Mättryck

Det tryck som mätspetsen applicerar på arbetsstycket när indikatorn visar noll. Det anges i newton (N).

DIGIMATIC-format

Dataformat specifikt för Mitutoyo mätinstrument.

Öppen kollektorutgång

En direktanslutning till kollektorn hos en drivtransistor.

Reläutgång

Kontaktsignal som skickar ut status för öppen/stängd.

Jämförande mätning

En mätmetod där arbetsstyckets dimension fastställs genom mätning av den storleksmässiga skillnaden mellan arbetsstycket och en master som representerar den nominella dimensionen på arbetsstycket. Denna metod tillämpas vanligtvis när mätningen som ska göras är större än instrumentets mätområde.

Linjäritet

Proportionalitetsförhållandet mellan mätspetsens utdata och uppmätt avstånd. Om detta inte är konstant inom acceptabla gränser krävs rättning.

0 (noll)-punkt

En referenspunkt på mastern i en jämförande mätning.

Mätområde

Valt mätområde fastställer den tillgängliga upplösningen. Ett litet område ökar upplösningen och vice versa. Analoga Mu-checkers ger flera områden på grund av skalans begränsade längd, medan digitala versioner endast behöver ge två.

Mätområde

Toleransgränser kan ställas in på den elektroniska mikrometeren för att ge en automatisk bedömning av huruvida ett uppmätt värde faller inom toleransen.



Mikrometrar med laserscan

Kompatibilitet

Din Laser Scan Mikrometer är injusterad tillsammans med ID-enheten som levereras med mäthenheten. ID-enheten, som har både samma artikelnummer och serienummer som mäthenheten, måste installeras i displayenheten. Det innebär att om ID-enheten flyttas, kan mäthenheten anslutas till en annan motsvarande displayenhet.

Arbetsstycket och mätförutsättningar

Beroende på om laserstrålen är synlig eller osynlig, arbetsstyckets form och dess ytstruktur, kan dessa faktorer resultera i mätfel. Om detta uppstår, utför kalibrering med en master som har samma dimensioner, form och ytstruktur som det arbetsstycke som ska mätas.

Om mätvärdena har för stor spridning på grund av mätförutsättningarna, öka antalet scannningar för medelvärde för att förbättra mätnoggrannheten.

Elektrisk störning

För att undvika driftstörningar, dra inte signalkabeln eller mäthenhetens anslutningskabel längs en högspänningskabel eller en annan kabel som kan alstra brusström i närliggande ledare. Jorda alla ingående enheter och kabelskärmar.

Anslutning till dator

För att undvika driftstörningar, dra inte signalkabeln eller mäthenhetens anslutningskabel längs en högspänningskabel eller en annan kabel som kan alstra brusström i närliggande ledare. Jorda alla ingående enheter och kabelskärmar.

Lasersäkerhet

För mätning använder Mitutoyos Laser Scan Mikrometrar en synlig lågeffektslaser. Lasern är en CLASS 2 EN/IEC60825-1 (2007) utrustning. Laserscannmikrometern är, enligt fig. till höger, försedd med alla varnings- och instruktionsskyltar som krävs.

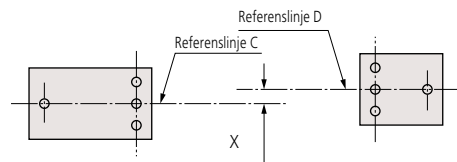


Återmontering efter lossning från basplattan

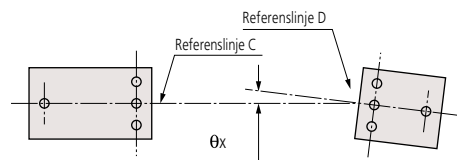
Observera följande gränser vid ommontering av sändarenhet och mottagarenhet för att minimera mätfel på grund av felinriktning av laserns optiska axel mot mottagarenheten.

Uppriktning i det horisontella planet

- a. Parallell avvikelse mellan referenslinjerna C och D:
X (i tvärgående riktning)

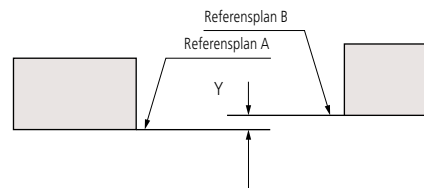


- b. Vinkel mellan referenslinjerna C och D: θ_x (vinkel)

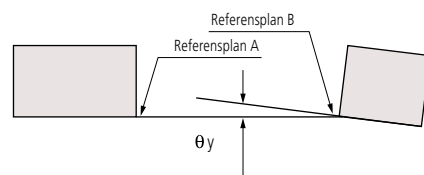


Uppriktning i det vertikala planet

- c. Parallell avvikelse mellan referensplanen A och B: Y (i höjd)



- d. Vinkel mellan referensplanen A och B: θ_y (vinkel)



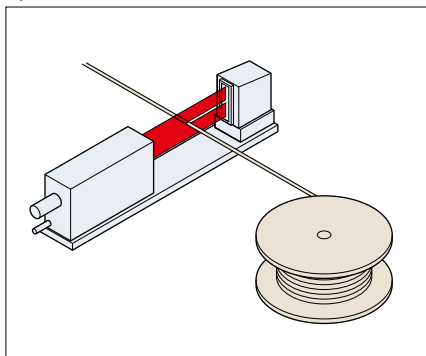
Gränsvärden för den optiska axelns förskjutning

Modell	Avstånd mellan sändarenhet och mottagarenhet	X och Y	θ_x och θ_y
LSM-501S	68 mm (2,68 tum) eller mindre	inom 0,5 mm (0,02 tum)	inom 0,4° (7 mrad)
	100 mm (3,94 tum) eller mindre	inom 0,5 mm (0,02 tum)	inom 0,3° (5,2 mrad)
LSM-503S	130 mm (5,12 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,4° (7 mrad)
	350 mm (13,78 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,16° (2,8 mrad)
LSM-506S	273 mm (10,75 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,2° (3,5 mrad)
	700 mm (27,56 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,08° (1,4 mrad)
LSM-512S	321 mm (12,64 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,18° (3,6 mrad)
	700 mm (27,56 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,08° (1,4 mrad)
LSM-516S	800 mm (31,50 tum) eller mindre	inom 1 mm (0,04 tum)	inom 0,09° (1,6 mrad)

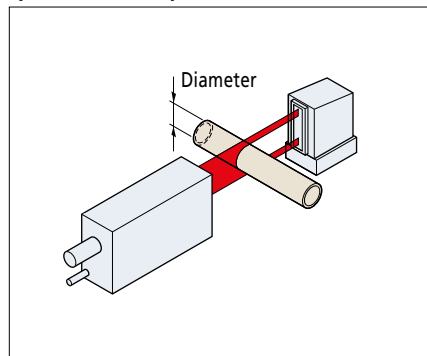
Mikrometrar med laserscan

Mätexempel

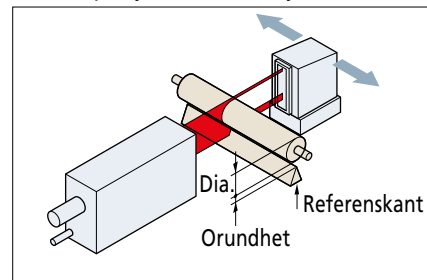
Kontinuerlig mätning av diameter på optisk fiber eller tråd



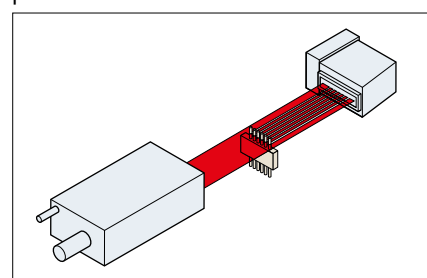
Mätning av utvärdig diameter på cylindriska detaljer



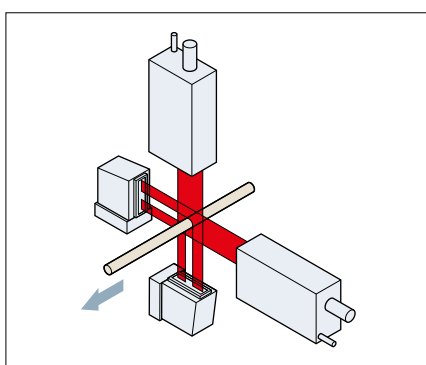
Mätning av utvärdig diameter och ovalitet på cylindriska detaljer



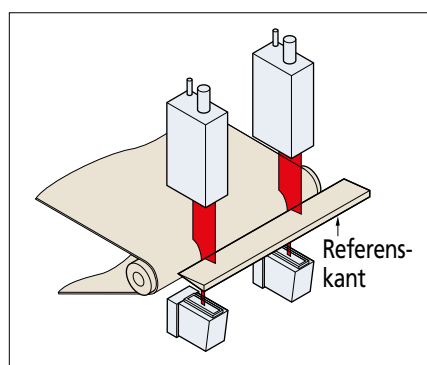
Mätning av avstånd mellan kontakter på IC-krets



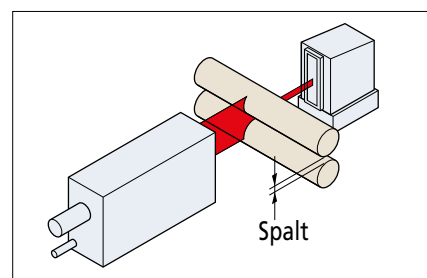
Mätning i X- och Y-led av kabel eller fibrer



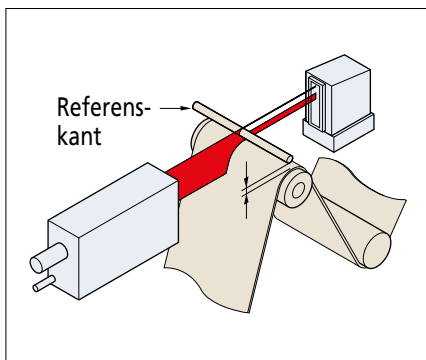
Mätning av tjocklek på t ex film eller folie



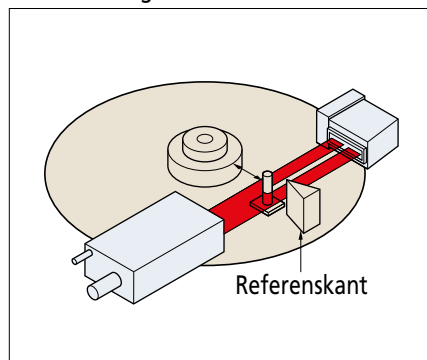
Mätning av avstånd mellan valsar



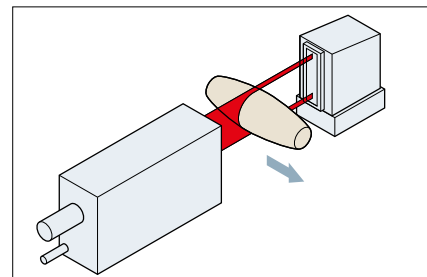
Mätning av tjocklek på film



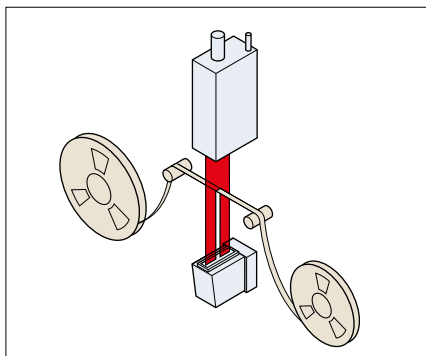
Mätning av läshuvudets rörelse på laser- och magnetskivor



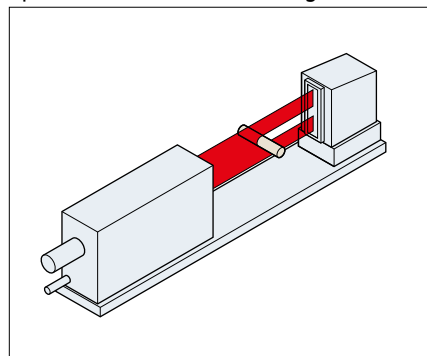
Mätning av form



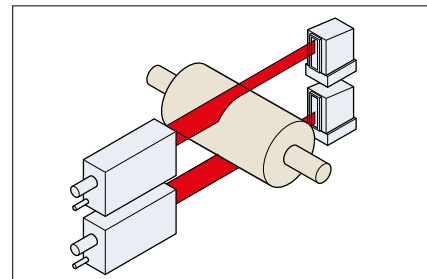
Mätning av tejsbredd



Mätning av utvärdig diameter på optiska kontaktdon och beslag



Dubbelt system för mätning av stora utvärdiga diametrar



Linjära skalor

Tester för utvärdering av Linear Scales

1. Provning inom arbetstemperaturens område

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda inom arbetstemperaturens område, och att dataöverföringen överensstämmer med standarden.

2. Temperaturcykel (dynamiska egenskaper)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda under en temperaturcykel vid användande, och att dataöverföringen överensstämmer med standarden.

3. Vibrationstest (sveptest)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda när den utsätts för vibrationer inom frekvensområdet 30 till 300 Hz med en maximal acceleration på $3g_n$.

4. Vibrationstest (accelerationstest)

Bekräftar att enheten inte uppvisar någon nedsatt prestanda orsakad av vibrationer vid en specifik, icke-resonant frekvens.

5. Störningstest

Testet överensstämmer med EMC-direktivet EN61326-1+A1:1998.

6. Transportskadetest

Testet överensstämmer med JISZ0200 (test av skydd för tappat tungt gods)

Ordlista

■ Absolutsystem

Positionens värde är tillgängligt från de linjära skalorna omedelbart efter påslagning och kan när som helst återkallas av efterföljande elektronik. Man behöver inte flytta axeln för att hitta referenspositionen.

■ Inkrementalsystem

Positionvärdet erhålls genom att räkna enskilda steg (mätsteg) från en viss ursprungspunkt. De linjära skalorna är försedda med ytterligare spår som har ett referensmärke.

Referensmarkeringen måste därför skannas för att upprätta en absolut referens eller för att hitta det senast valda datumet.

■ Inkrementella distansreferensmärken

Flera referensmärken som är individuellt åtskilda enligt matematisk algoritm. Sekvenselektroniken (nc) hittar den absoluta referensen efter några millimeter, som går igenom två på varandra följande referensmarkeringar. Överföringsavstånd (kabel) upp till 30 meter.

■ Nollpunktsoffset

En funktion som möjliggör att ett koordinatsystems nollpunkt förskjuts till en annan punkt än den fasta nollpunkten. För att denna funktion ska fungera krävs en permanent lagrad nollpunkt.

■ Återställning av nollpunkten

En funktion som stoppar maskinens alla axlar exakt i en position som är specifik för maskinen med hjälp av de integrerade gränslägesbrytarna.

■ Sekvensstyrning

En typ av styrning som sekventiellt utför styrning i steg enligt en förutbestämd ordning.

■ Numerisk styrning

Ett sätt att styra maskinens rörelser genom kodade kommandon som skapats och implementerats i dator (CNC). En sekvens av kommandon skapar ett detaljprogram som instruerar maskinen att utföra en hel bearbetning av ett arbetsstycke.

■ Binär utgång

Avser dataöverföring i binär form (ettor och nollor) som representerar siffror som heltal i kvadrat.

■ RS-232C

En gränssnittstandard som använder en asynkron metod av seriella dataöverföringar över en obalanserad avstämmd matarledning för dataöverföring mellan sändare som är belägna relativt nära varandra. Det är en metod för kommunikation som huvudsakligen används för att ansluta en PC till kringutrustning.

■ BCD

En sätt att uttrycka siffrorna 0 till 9 för varje siffra i ett decimaltal med hjälp av fyra bitars binär sekvens. Dataöverföringen är en enkelriktad utgång genom TTL eller öppen kollektor (open collector).

■ Inkrementell utsignal

Mitutoyos linjära skalor ger differentiell kvadratvågssignal (rs422). Överföringsavstånd (kabel) upp till 30 meter. Strömförsörjning 5VDC.

■ Strömförsörjning 5VDC

Inkrementalsignaler 1Vpp.

Mitutoyo linjära skalor med sinusformad 1Vpp ger spänningssignaler som kan vara mycket interpolerade. Långt överföringsavstånd (kabel) upp till 150 meter.

■ Noggrannhet

Noggrannhetsspecifikationen för en skala anges med avseende på det maximala fel som kan förväntas mellan de angivna och sanna positionerna vid vilken punkt som helst inom den skalans område vid en temperatur av 20 °C. Eftersom det inte finns någon internationell standard definierad för skalenheter, har varje tillverkare ett specifikt sätt att specificera noggrannhet. Noggrannhetsspecifikationerna som anges i vår katalog har fastställts med hjälp av laser-interferometri.

■ Noggrannhet i närområdet

Skaldelningen är normalt 20 µm på en skalenheter, men det varierar beroende på vilken typ av skala det är. Noggrannheten i närområdet avser noggrannheten som bestäms genom mätning av en delning av varje gradering vid högsta upplösningen (t ex 1 µm).

Linjära skalor

Ordlista

■ ABS-gränssnitt

DRIVE-CLiQ Siemens-FANUC seriellt gränssnitt - Mitsubishi höghastighetsgränssnitt - och Panasonic seriellt gränssnitt. ABS-gränssnitt är digitala, dubbelriktade gränssnitt för linjära skalor. De kan både sända positionsvärden och sända eller uppdatera information som lagras i linjär skala. Tack vare seriell överföringsmetod krävs endast fyra signallinjer.

■ Fältbuss

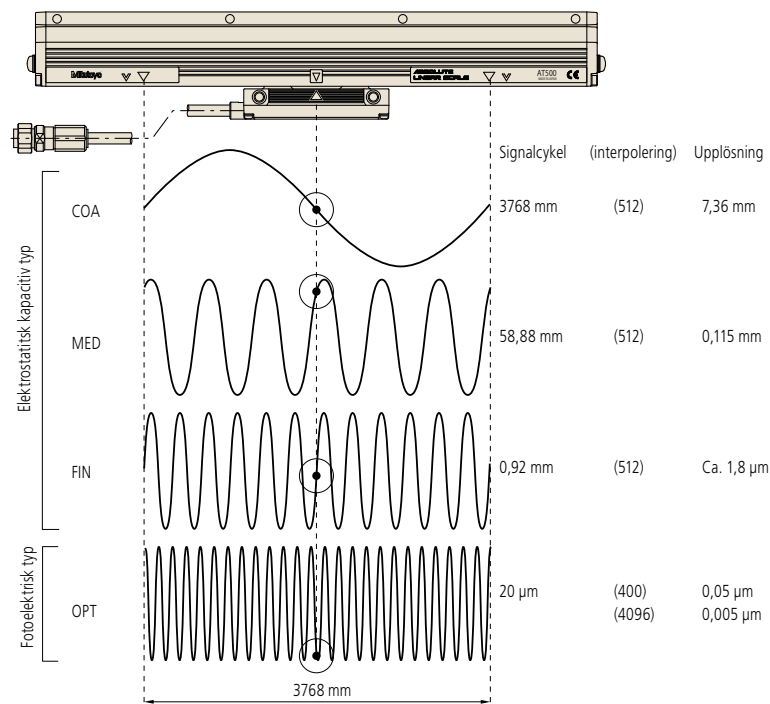
Fältbussen är ett helt digitalt seriellt tvåvägs-kommunikationssystem som fungerar som alla basnätverk i en anläggning med fabriksautomatisering. Typisk användning består av att ansluta roterande avkodare och linjära skalor till industriell PC.

■ Upplösning

Sinusformad signal och graderingshöjd genom TTL-interpolering. Till exempel 20 µm linjärskalas graderingshöjd : 5 genom digitaliseringsenhet PSU200: 4 genom NC = 1µm upplösning!

Principen för Absolute Linear Scale (linjär skala) (exempel: AT300, 500-S/H)

Efter att spänning lagts på linjärskalen, tas positionsavläsningarna från tre underskalor av kapacitiv typ (grov, medium och fin) och en från en fotoelektrisk (optisk) underskala. Dessa underskalor är en kombination av stigningar, och är så placerade i förhållande till varandra, att avläsningarna i vilken position som helst bildar en unik uppsättning och låter en mikroprocessor beräkna läshuvudets position på skalan med en upplösning på 0,05 µm (0,005 µm).

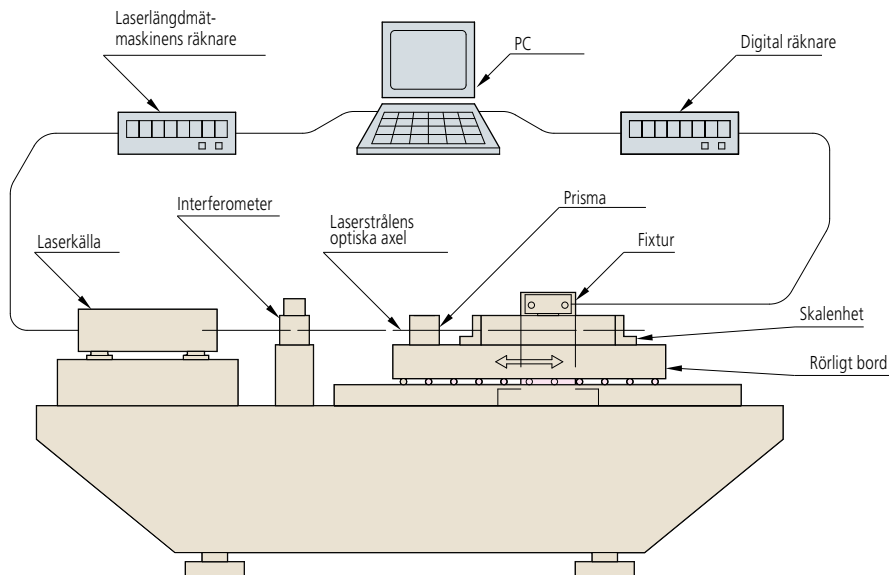


Specificerande av noggrannheten för Linear Scale

Positionell visningsnoggrannhet

Noggrannheten hos en linjär skala bestäms genom att jämföra det positionella värde som anges av skalan med motsvarande värde från en laserlängdmätmaskin med jämna mellanrum, med hjälp av nedanstående system för kontroll av noggrannheten. Eftersom temperaturen vid kontrolltillfället är +20 °C, gäller skalans noggrannhet endast i en miljö som håller samma temperatur. Andra temperaturer kan användas för att följa interna standarder.

Översikt av kontrollsystemet



Noggrannheten för skalan vid varje punkt är definierad i termer av ett felvärde som är beräknat med hjälp av följande formel:

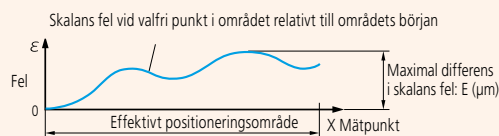
Fel = Värdet som visas av skalan - motsvarande värde från laserkontrollsystemet

En graf i vilken felet vid varje punkt i det effektiva positioneringsområdet ritas kallas ett noggrannhetsdiagram. Det finns två metoder som används för att ange noggrannheten för en skala; obalanserad eller balanserad, som beskrivs nedan.

(1) Obalanserad noggrannhetsspecifikation - största felet minus det minsta felet

Denna metod specificerar bara det största felet minus det minsta baserat på noggrannhetsdiagrammet, som beskrivs nedan. Formeln är: $E = (\alpha + \beta L) \mu\text{m}$. L är det effektiva mätområdet (mm), och α och β är faktorer specifika för varje modell.

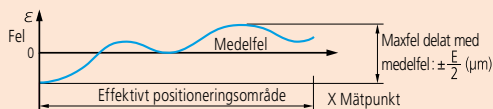
Exempel, om en speciell typ av skala har en noggrannhets-specifikation på $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$ och ett effektivt mätområde på 1000mm, är $E = 6 \mu\text{m}$.



(2) Balanserad noggrannhetsspecifikation - plus och minus från medelfelet

Denna metod specificerar maxfelet relativt till medelfelet från noggrannhetsdiagrammet.

Formeln är: $e = \pm \frac{E}{2} (\mu\text{m})$. Metoden används mest i specifikationerna för separata (eftermonterade) skalor.



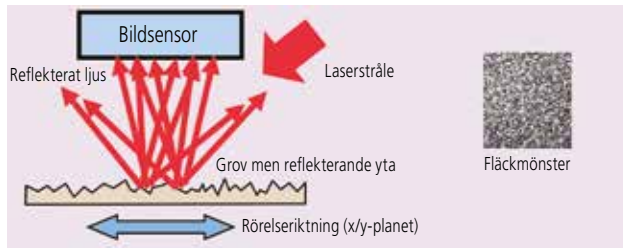
En linjärskala registrerar en förflyttning baserad på graderingar i en konstant stigning. Två-fas sinusformade signaler med samma stigning som graderingarna erhålles genom denna registrering. Interpolering av dessa signaler i den elektriska kretsen gör det möjligt att läsa ett värde som är mindre än graderingen genom att generera pulssignaler som motsvarar den önskade upplösningen. Om graderingens stigning t.ex. är 20 μm , kan interpolerade värden generera en upplösning på 1 μm . Noggrannheten i denna behandling är dock inte felfri och kallas interpolerad noggrannhet. Linjärskalans specifikation för den totala positioneringsnoggrannheten beror både på graderingens stigningsfel och den interpolerade noggrannheten.

Linjära skalor

Bildkorrelation och MICSYS tvådimensionell omkodare

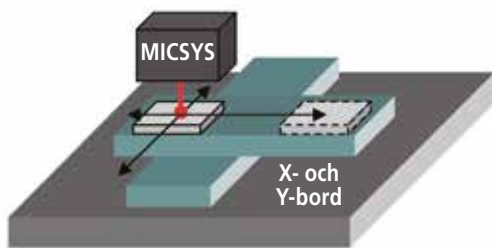
Principen för mätning

När ett objekt med grov yta bestrålas med en laserstråle, sprids det reflekterade ljuset koherent från ytan och skapar en synlig interferens i form av ett fläckmönster. När objektet förflyttas i xy-planen, rör sig också fläckmönstret. Förflyttningen av objektet kan beräknas genom att jämföra, med bildkorrelation, bilderna på fläckmönstret som erhöles före och efter förflyttningen, och det är denna princip som används i det högnoggranna MICSYS mätsystemet.

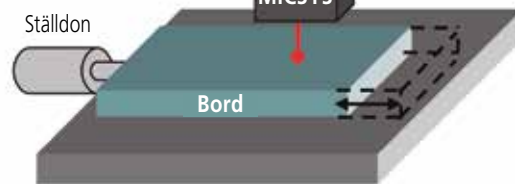


Användningsexempel

1. Utvärdering av bord som används i bearbetningsmaskiner och inspektionssystem



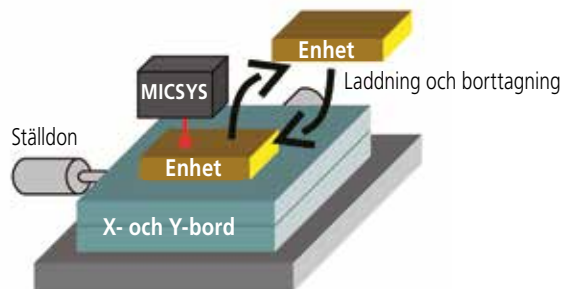
a) Utvärdering av positionsrepetering



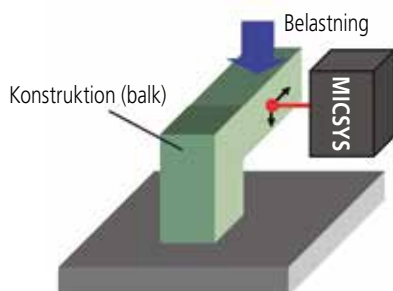
b) Utvärdering av stabilitet och drift vid stillastående

Mäter förskjutningar orsakade av temperatur, luftfuktighet, spänningsvariationer eller andra faktorer

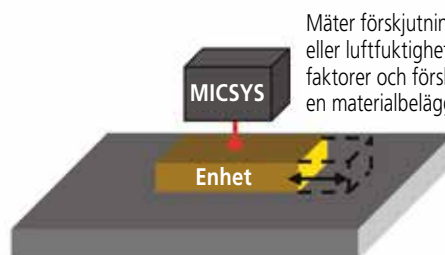
2. Högnoggrann positionering av arbetsstycken



3. Mätning av extremt små förskjutningar



a) Mätning av mycket små rörelser i en konstruktion



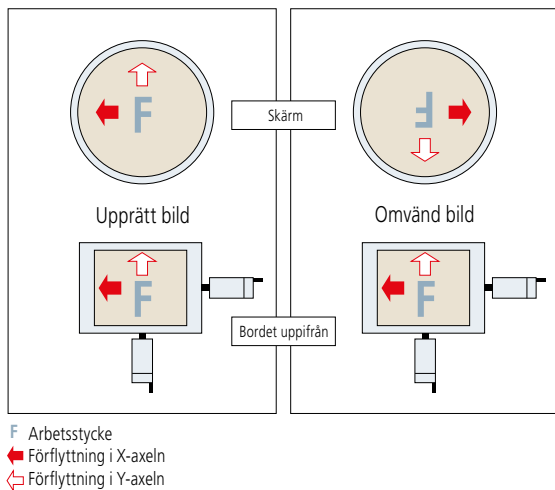
b) Mätning av en detaljs extremt små förskjutningar

Mäter förskjutningar orsakade av temperatur- eller luftfuktighetsvariationer eller andra faktorer och förskjutningar orsakade under en materialbelägningsprocess etc.

Profilprojektorer

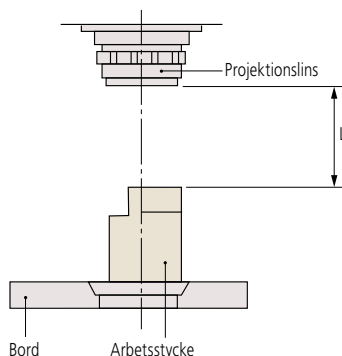
Upprätt och omvänd projicering

En bild av ett objekt som projiceras på en skärm är upprätt om den är orienterad på samma sätt som föremålet på bordet. Om bilden är spegelvänd uppifrån och ned, vänster till höger och även vid förflyttning i förhållande till objektet på bordet (såsom visas i figuren nedan) benämns den inverterad bild (även kallat omvänd bild, vilket troligen är mer riktigt).



Arbetsavstånd

Avser avståndet från projektlinsens yta till arbetsstyckets yta i fokus. Det representeras av L i diagrammet nedan.



Förstoringsnoggrannhet

Förstoringsnoggrannheten hos en projektor, när man använder en specifik lins, avläses genom att projicera en bild av en referensdetalj och jämföra dimensionen på bilden av denna detalj, mätt på skärmen, med den förväntade dimensionen (beräknat från objektivets angivna förstoring). På så sätt kan man få fram en procentuell förstoringnoggrannhet, vilket illustreras nedan. Referensdetaljen är oftast i form av en liten, graderad glasskala och den projicerade bilden av denna mäts med en större glasskala. (Notera att förstoringnoggrannhet inte är detsamma som mät noggrannhet.)

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

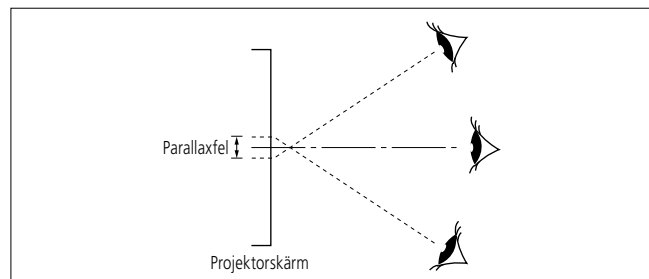
$\Delta M(\%)$: Förstoringsnoggrannheten uttryckt som en procentsats av den nominella linsförstoringen
 L : Längden på den projicerade bilden av referensdetaljen mätt på skärmen
 ℓ : Längden på referensdetaljen
 M : Projektlinsens förstoring

Typ av belysning

- **Profilbelysning:** En belysningsmetod för att observera ett arbetsstycke i genomlysning och används främst för att mäta den förstörade konturbilden av ett arbetsstycke.
- **Påfallande belysning:** En belysningsmetod varigenom ett arbetsstycke belyses med ljus som överförs koaxiellt med linsen för observation eller mätning av ytan. (En halvspiegel eller en projektlins med en inbyggd halvspiegel krävs.)
- **Snedställd belysning:** En metod för belysning genom att snett belysa arbetsstyckets yta. Denna metod ger en bild med förstärkt kontrast, så att den kan observeras tredimensionellt och tydligt. Observera dock att ett fel kan uppstå vid dimensionsmätning med denna belysningsmetod. (En vinklad spegel krävs. Modellerna i PJ-H30-serien är utrustade med en sådan.)

Parallaxfel

Detta är förskjutningen av ett objekt mot en fast bakgrund som orsakas av en förändring i observatörens position och en avgränsad separation av objekt och bakomliggande plan.



Bildfältsdiameter

Arbetsstyckets maximala diameter som kan projiceras med en specifik lins.

$$\text{Bildfältsdiameter (mm)} = \frac{\text{Profilprojektorns skärmdiameter}}{\text{Projektlinsens förstoring}}$$

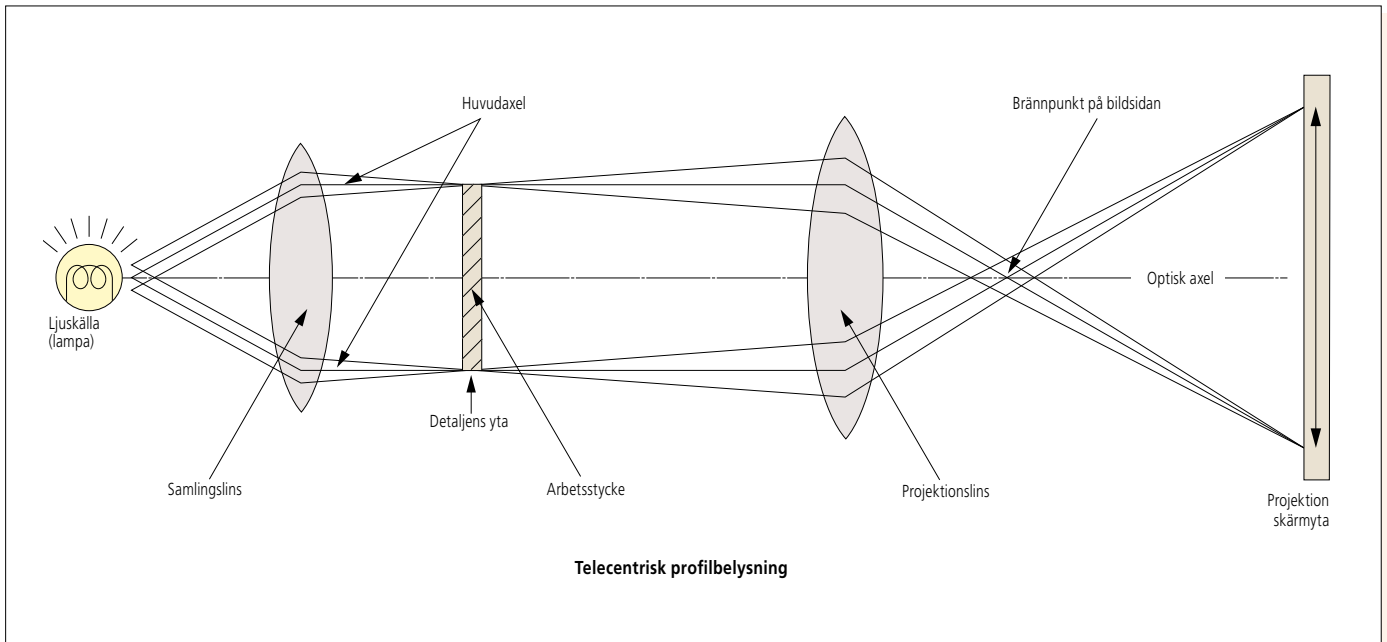
Exempel: En lins med 5X förstoring används i en projektor med skärm med \varnothing 500 mm:

$$\text{Bildfältsdiameteren beräknas enl. } \frac{500 \text{ mm}}{5} = 100 \text{ mm}$$

Profilprojektorer

Telecentriskt optiskt system

Ett optiskt system baserat på principen att huvudaxeln är inriktad parallellt med den optiska axeln genom att placera ett aperturstopp på bildsidans brännpunkt. Funktionen är att bilden inte kommer att variera i storlek även om bilden blir suddig när objektet flyttas längs den optiska axeln. I mätprojektorer och mätmikroskop uppnås en identisk effekt genom att placera en ljuskälla vid samlingslinsens brännpunkt i stället för ett aperturstopp så att objektet belyses med parallella strålar. (Se figuren nedan.)



Mikroskop

Numerisk apertur (NA)

NA-värdet är viktigt eftersom det indikerar objektivlinsens upplösningsförmåga. Ju högre NA-värde, desto finare detaljer som kan ses. En lins med en större NA samlar också mer ljus och kommer normalt att ge en ljusare bild med en smalare skärpedjup än en med ett mindre NA-värde.

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

Formeln ovan visar att NA är beroende på n , brytningsindex av mediet som finns mellan framsidan av objektivets och detaljen (för luft $n = 1,0$), och vinkeln θ , som är halvinkeln av den maximala ljuskon som kan komma in i linsen.

Upplösningsförmåga (R)

Det minsta avläsbara avståndet mellan två bildpunkter, representerar gränsen för upplösningen. Upplösningsförmågan (R) bestäms genom numerisk apertur (NA) och belysningens våglängd (λ).

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

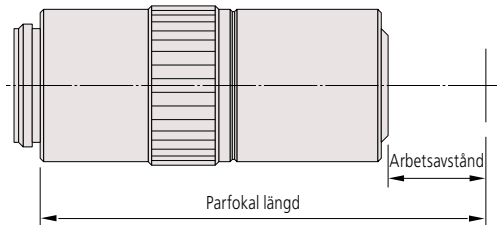
$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ används ofta som referensvåglängd

Arbetsavstånd (W.D.)

Avståndet mellan framkanten på mikroskopets objektiv och ytan på arbetsstycket vid vilken den skarpaste fokusering erhålles.

Parfokal längd

Avståndet mellan infästningen på mikroskopets objektiv och arbetsstyckets yta vid vilken den skarpaste fokusering erhålles. Objektivlinser som monterade tillsammans i ett revolverhuvud bör ha samma parfokal längd så att minsta möjliga omfokusering krävs när man skiftar till ett annat objektiv.

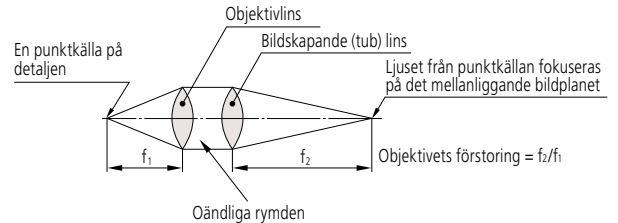


Brännpunkt

Ljusstrålar som färdas parallellt med den optiska axeln i ett konvergerande linssystem och som passerar genom detta system, kommer att konvergera (eller fokuseras) till en punkt på axeln som kallas bakre brännpunkt, eller bildbrännpunkten.

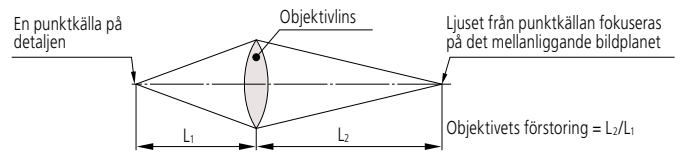
Oändligt optiskt system

Ett optiskt system där objektivet skapar en bild i oändligheten och en tublins placeras inuti tubkroppen mellan objektivet och okularet för att producera den mellanliggande bilden. Efter att ha passerat genom objektivet färdas ljuset effektivt parallellt med den optiska axeln till tublinsen genom den så kallade "oändliga rymden" där hjälpkomponenter kan placeras, såsom prismor för differentiell interferenskontrast (DIC), polarisatorer, etc, med minimal effekt på fokus och korrigerande för aberration.



Ändligt optiskt system

Ett optiskt system som använder ett objektiv för att bilda den mellanliggande bilden vid en ändlig läge. Ljus från arbetsstycket som passerar genom objektivet riktas mot det mellanliggande bildplanet (belägen vid det främre fokalplanet av okularet) och konvergerar i detta plan.



Brännvidd (f)

enhet: mm

Avståndet från punktkällan till linsens fokalpunkt: Om f_1 representerar objektivets brännvidd och f_2 representerar brännvidden för en bildformande (rör) lins bestäms förstoringen av förhållandet mellan de två. (Gäller för ett oändlighetskorrigerande optiskt system.)

$$\text{Objektivförstoring} = \frac{\text{Den bildformande (rör) linsens brännvidd}}{\text{Objektivets brännvidd}}$$

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

Fokuseringsdjup (DOF)

enhet: mm

Även känt som "skärpedjup", är detta avståndet (mätt i riktningen för den optiska axeln) mellan de två planen som definierar gränserna för acceptabel bildskärpa när mikroskopet är fokuserat på ett föremål. Eftersom den numeriska aperturen (NA) ökar, blir fokuseringsdjupet grundare, vilket framgår av förklaringen nedan:

$$\text{DOF} = \frac{\lambda}{2 \cdot (\text{NA})^2} \quad \lambda = 0,55 \mu\text{m} \text{ används ofta som referensvåglängd}$$

Exempel: För en **M Plan Apo 100X** lins ($\text{NA} = 0,7$)

Fokuseringsdjupet för detta objektiv är

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

Ljusfälts- och mörkfältbelysning

I ljusfältsbelysning fokuseras en hel ljuskon av objektivet på detaljens yta. Detta är det normala läget för visning med ett optiskt mikroskop. Med mörkfältbelysning, är det inre området av ljuskonen blockerat så att ytan endast belyses av ljus från en sned vinkel. Mörkfältbelysning är användbar för att upptäcka ytliga repor och smuts.

Apokromatiskt och akromatiskt objektiv

Ett apokromatiskt objektiv är en lins korrigerad för kromatisk aberration (färgskärpa) i tre grundfärger (rött, blått och gult).

Ett akromatiskt objektiv är en lins korrigerad för kromatisk aberration i två grundfärger (rött, blått).

Förstoring

Förhållandet mellan storleken på en förstörd bild av objektet, som skapats av ett optiskt system, och objektets verkliga storlek. Förstoring hänvisar ofta till sidledes förstoring men det kan även betyda i höjded eller vinklad förstoring.

Huvudaxel

En stråle som sänds från en punkt vid sidan om den optiska axeln och passerar genom centrum av en bländare i ett linssystem.

Bländare

En justerbar, rund bländaröppning som styr mängden ljus som passerar genom ett linssystem. Det kallas också aperturstopp och dess storlek påverkar bildens ljusstyrka och skärpedjup.

Fältstopp

Den fysiska öppning som begränsar synfältet i ett optiskt instrument.

Telecentriskt system

Ett optiskt system där ljusstrålarna är parallella med den optiska axeln i objekts- och / eller bildrymden. Detta betyder att förstoringen är nästan konstant över olika arbetsavstånd, och därmed nästan eliminerar perspektivfel.

Upprätt bild

En bild som är orienterad (vänster, höger, upp, ner) och har samma rörelseriktningar som ett arbetsstycke på bordet.

Synfält (FN), verkligt synfält och bildskärmsförstoring

enhet: mm

Det område av detaljens yta som kan observeras bestäms av diametern på okularets fältstopp. Värdet av denna diameter i millimeter kallas synfältet (FN). I motsats, är det verkliga synfältet området på detaljens yta när det faktiskt förstörades och observerades med objektivlinsen.

Den verkliga synfältet kan beräknas med följande formel:

(1) Området på arbetsstycket som kan observeras med mikroskopet (diameter)

$$\text{Verkligt synfält} = \frac{\text{Okularets FN}}{\text{Objektivlinsens förstoring}}$$

Exempel: Verkliga synfältet för en 1X lins är $24 = \frac{24}{1}$
 Verkliga synfältet för en 10X lins är $2,4 = \frac{24}{10}$

(2) Bildskärmens observationsområde

$$\text{Observationsområde} = \frac{\text{Storlek på kamerans bildsensor (diagonal längd)}}{\text{Objektivlinsens förstoring}}$$

Bildsensorns storlek

Format	Diagonal längd	Längd	Höjd
0,847 cm / 1/3 tum	6,0	4,8	3,6
1,270 cm / 1/2 tum	8,0	6,4	4,8
1,693 cm / 2/3 tum	11,0	8,8	6,6

(3) Bildskärmsförstoring

Bildskärmsförstoring =

$$\text{Objektivlinsens förstoring} \times \frac{\text{Skärmens diagonala bildyta}}{\text{Diagonala längden på kamerans bildsensor}}$$

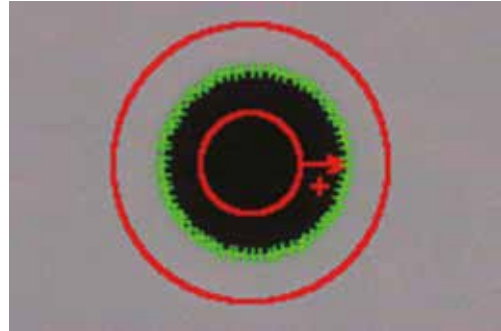
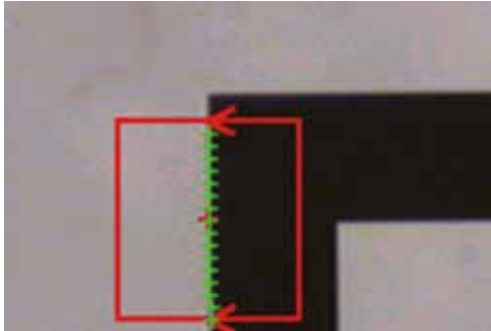
Visionmätssystem

Visionmätning

Visionmätmaskiner erbjuder normalt följande bearbetnings-möjligheter

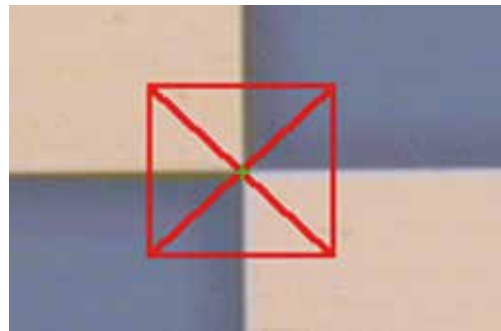
■ Kantavkänning

Identifierar/mäter kanter i XY-planet



■ Automatisk fokusering

Fokusering och mätning i Z-led

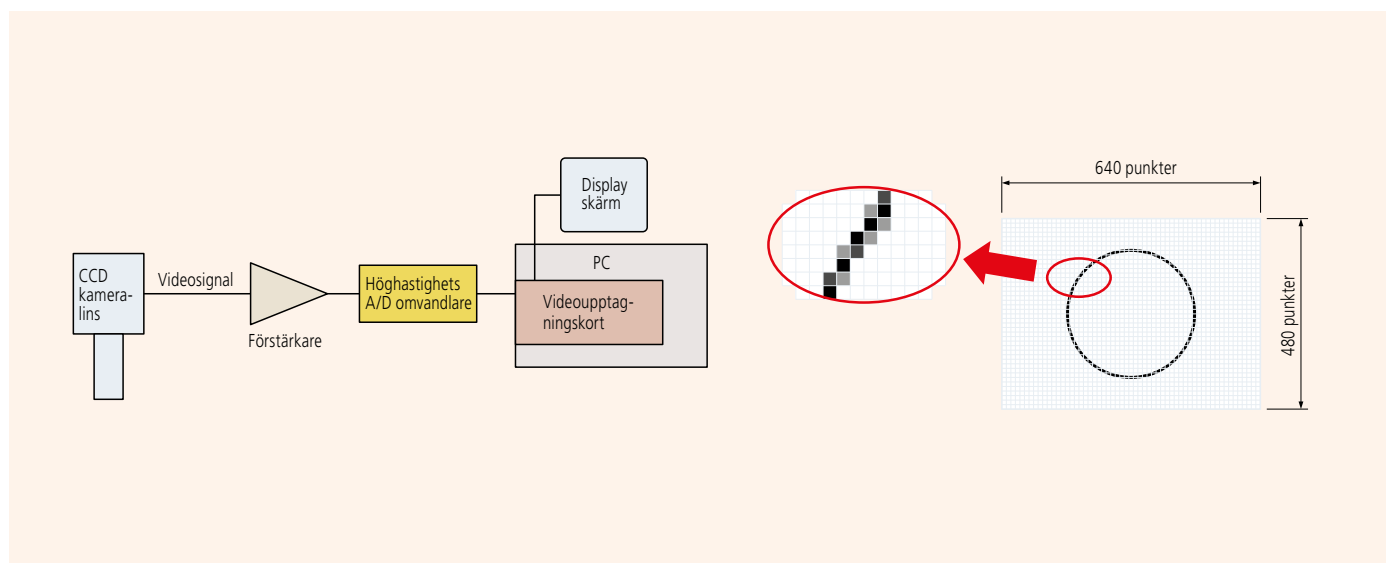


■ Mönsterigenkänning

Uppriktning, positionering och kontroll av en detalj

Bildlagring

En bild består av en regelbunden uppsättning av bildpunkter. Detta är på samma sätt som en bild som plottras på fint papper med varje enskild ruta fylld eller ofylld.



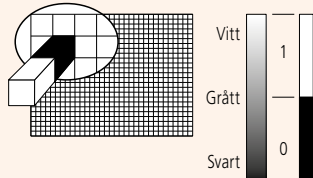
Visionmätssystem

Gråskala

En dator lagrar en bild efter att först omvandla den till numeriska värden. Ett numeriskt värde tilldelas varje bildpunkt i en bild. Bildkvaliteten varierar beroende på hur många nivåer av gråskala som definieras av de numeriska värdena. Datorn ger två typer av gråskala: tvåstegs och flerstegs. Bildpunkterna i en bild visas normalt som 256 nyansers gråskala.

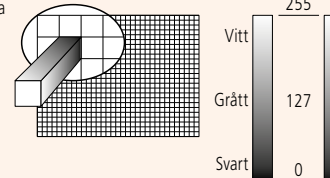
PG
46

2-stegs
gråskala



Bildpunkterna i en bild ljusare än en given nivå visas som vitt och alla andra bildpunkter visas som svart.

256 nyansers
gråskala



Varje bildpunkt visas som en av 256 nyanser mellan svart och vitt. Detta gör att bilderna visas mer naturtroget.

Skillnader i bildkvalitet

Skillnaden mellan bilder i tvåstegs respektive 256 nyansers gråskala



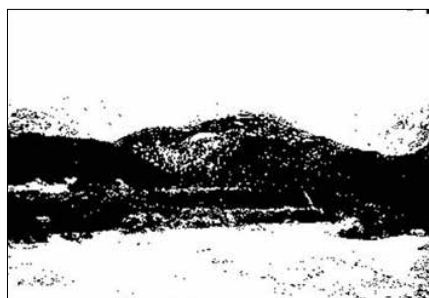
Exempelbild visad i tvåstegs gråskala



Exempelbild visad i 256 nyansers gråskala

Variation i bilder beroende på tröskelnivåer

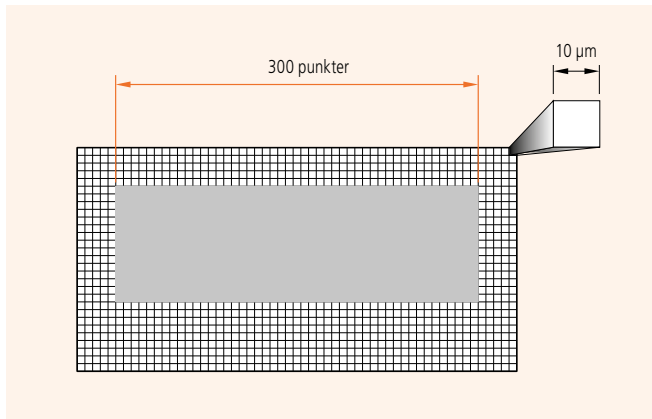
Dessa tre bilder är samma bild som visas som tvåstegs gråskala vid olika gränsvärden (tröskelnivåer). I en tvåstegs gråskalebild produceras olika bilder, enligt ovan, på grund av olika tröskelnivåer. Därför används inte tvåstegs gråskala för högprecisions visionmätning eftersom de numeriska värdena kommer att ändras beroende på vilken tröskelnivå som är inställd.



Dimensionsmätning

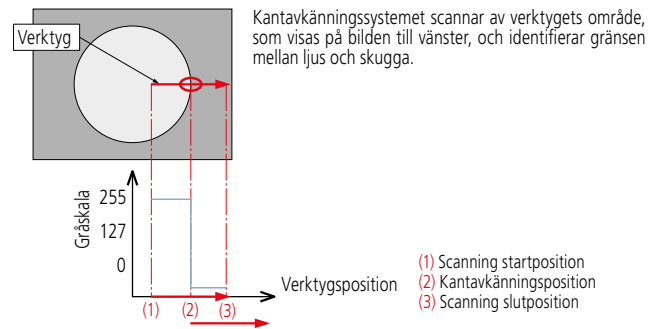
En bild består av punkter ("pixlar"). Om man räknar antalet bildpunkter i en sektion som skall mätas och multiplicerar med storleken på en bildpunkt, kan sektionens längd omvandlas till ett numeriskt värde. Som exempel, anta att det totala antalet bildpunkter på bredden av ett fyrkantigt arbetsstycke är 300 pixlar, såsom visas i figuren nedan.

Om storleken på en pixel är 10 µm vid bildförstoring, är den totala längden på arbetsstycket som ges av 10 µm x 300 pixlar = 3000 µm = 3 mm.



Kantavkänning

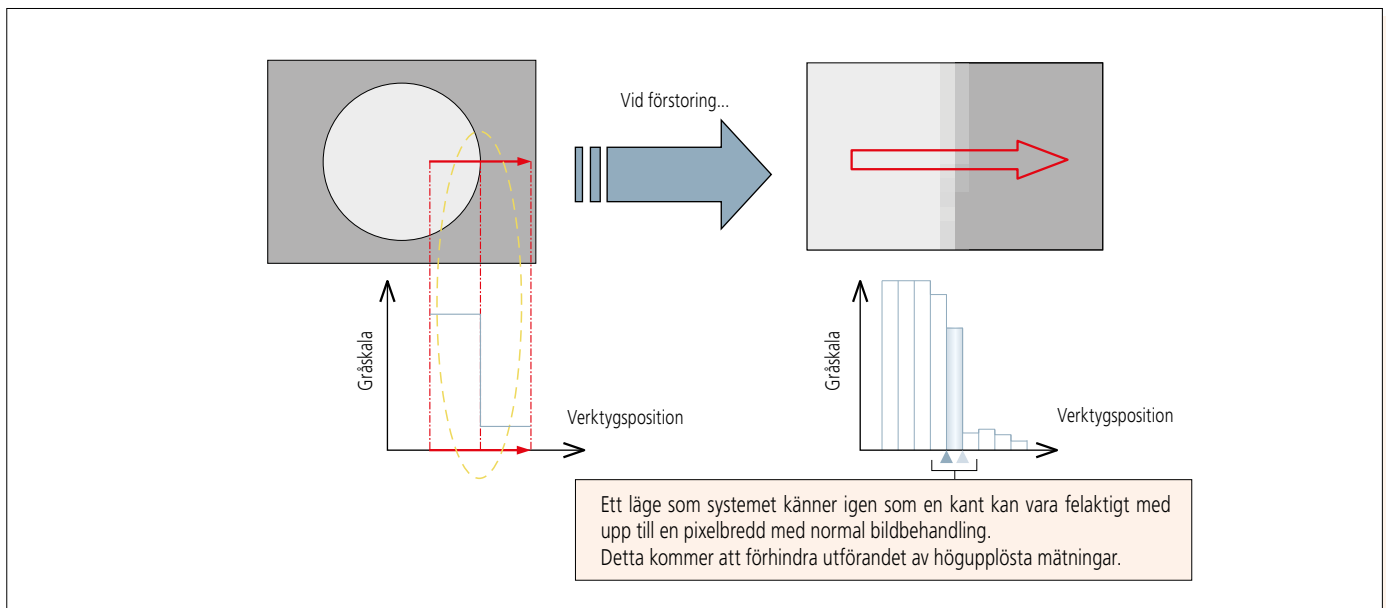
Hur man identifierar ett arbetsstyckes kant i en bild beskrivs med hjälp av följande svartvita bild som ett exempel. Kantavkänning utförs inom ett givet område. En symbol som visuellt definierar detta område kallas ett verktyg. Ett antal verktyg finns för att passa olika arbetsstyckens geometrier eller mätdata.



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

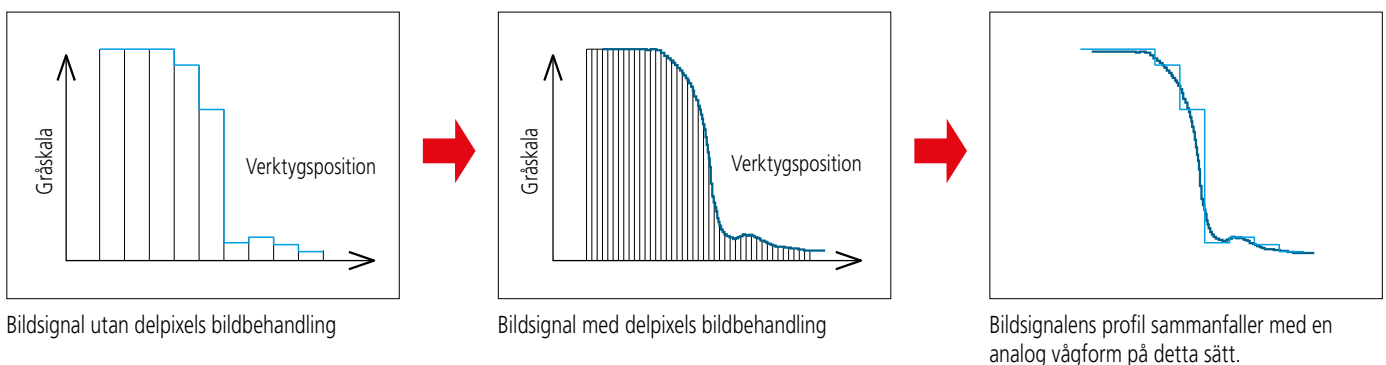
Exempel på numeriska värden tilldelade pixlar på verktyget

Högupplöst mätning



För att öka noggrannheten vid kantavkänning, används bildbehandling på delpixelnivå.

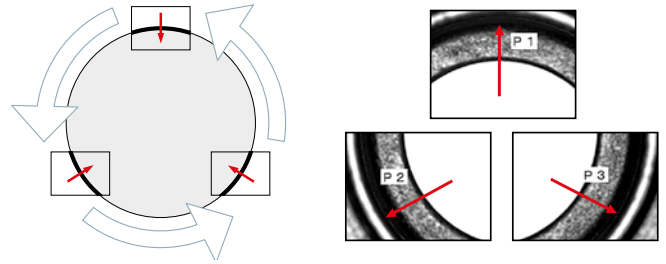
En kant identifieras genom bestämning av en interpolerad kurva från intilliggande pixeldata, som visas nedan. Detta möjliggör mätning med en högre upplösning än 1 pixel.



Visionmätssystem

Mätning längs flera delar av en bild

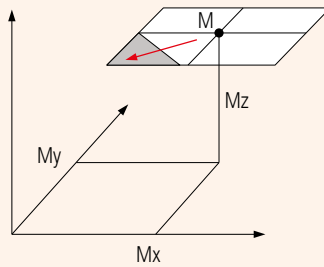
Stora sektioner o dyl som inte ryms på en skärm måste mätas genom exakt styrning av läget för CCD-sensorn och bordet för att lokalisera varje referenspunkt inom enskilda bilder. På så sätt kan systemet mäta även en stor cirkel, såsom visas nedan, genom att identifiera kanten medan bordet förflyttas över olika delar av periferin.



Sammansatta koordinater för en punkt

Eftersom mätningen utförs medan enskilda uppmätta positioner lagras, kan systemet utan problem mäta dimensioner som inte ryms på en skärm.

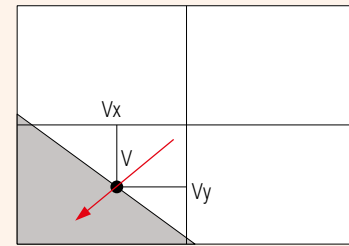
Maskinkoordinatsystem



Mätmaskinens bordposition $M = (M_x, M_y, M_z)$

Faktiska koordinater ges av $X = (M_x + V_x)$, $Y = (M_y + V_y)$ respektive $Z = M_z$.

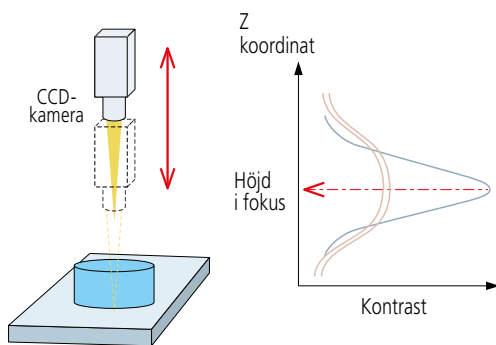
Visionkoordinatsystem



Identifierad kantposition (från centrum av bildfältet) $V = (V_x, V_y)$

Principen för autofokus

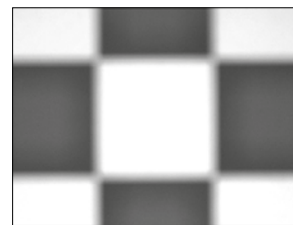
Systemet kan utföra mätning i XY-planet, men inte höjdmätning endast utifrån CCD-kamerans bild. Systemet är därför ofta försett med autofokus- (AF) funktion för höjdmätning. Följande förklarar AF-funktionen som använder en vanlig bild, även om vissa system i stället använder en autofokuslaser.



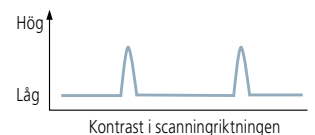
AF-systemet analyserar en bild medan CCD-kameran rör sig upp och ner i Z-axeln. I analysen av bildkontrasten kommer en bild i skarpt fokus visa den högsta kontrasten och en ur fokus kommer att visa en låg kontrast. Därför är den höjd på vilken bildens kontrast är som högst, den höjd som är i fokus.

Variation i kontrast beroende på fokuseringsförhållande

Låg kantkontrast p g a att kanterna är ur fokus.



Hög kantkontrast tack vare skarpa kanter i fokus.



Översikt ISO 10360-7

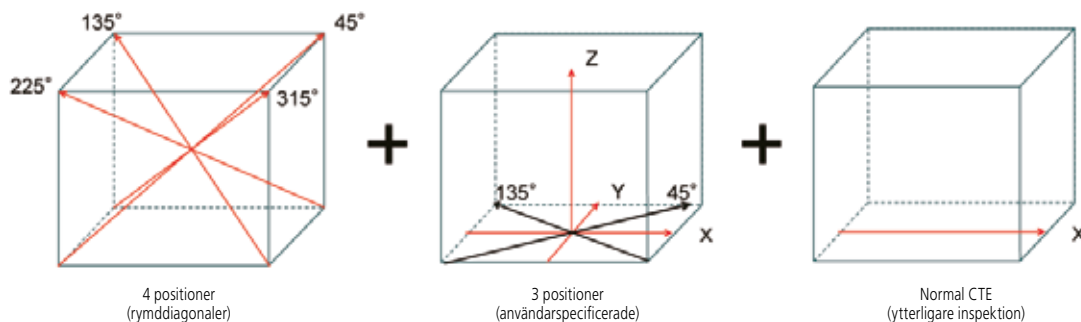
ISO10360-7 (Geometriska produktspecifikationer (GPS) - Godkännande och omprövningstest för koordinatmätmaskiner (CMM) - Del 7: CMM utrustade med bildsondsystem) publicerades den 1 juni 2011.

Några inspekterande artiklar finns listade i ISO10360-7. Nedan sammanfattas testmetoden för bestämning av längdmättningsfel (E) och sonderingsfel (PF2D).

Längdmättningsfel, E

Fem provlängder i sju olika riktningar inom mätvolymen, där varje längd uppmättes tre gånger, vilket resulterade i totalt 105 mätningar. Fyra riktningar är rymddiagonalerna; återstående tre positioner är användarspecificerade; standardlägen är parallella med VMM-axlar.

När CTE (termisk expansionskoefficient) av testlängdarterfakten är $< 2 \times 10^{-6}/K$, utförs ytterligare mätning av artefakt med normal CTE (8 till $13 \times 10^{-6}/K$).

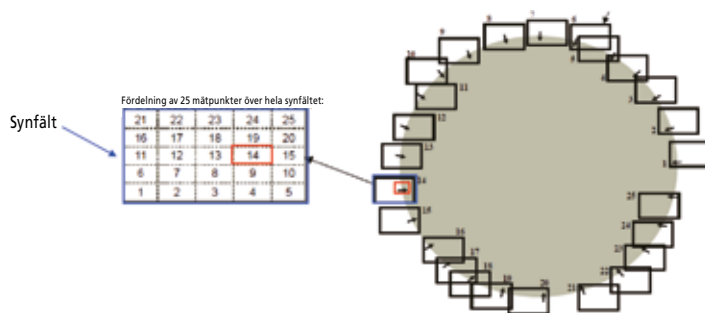


Sonderingsfel, P_{F2D}

Mät 25 punkter fördelade jämnt runt testcirkeln (14,4° höjd).

Var och en av de 25 punkterna ska mätas med de 25 angivna områdena i synfältet.

Beräkna sonderingsfel som område för de 25 radiella avstånden ($R_{max} - R_{min}$) från mitten av minsta-kvadratcirkeln.



Ytjämnhetsmätare

Profiler och filter

(EN ISO 4287 och EN ISO 16610-21)

Den **verkliga ytprofilen** skapas i snittet mellan den verkliga ytan och ett specifikt plan, snittet bör vara vinkelrätt mot bearbetningsriktningen.

Den **uppmätta ytprofilen** är den profil som erhålles genom att den verkliga ytprofilen mäts med en taster. Mätvärdet som erhålles filtreras via instrumentets mätspetsradie r och eventuell släpsko. Ytdefekter på ytan, t ex repor och porer, skall ej beaktas vid kontroll av ytstrukturen. Termer och definitioner gällande ytdefekter är fastställda i SS-EN ISO 8785:1998.

De **primära profilen** är profilen efter användning av nedre våglängdsfiltret λ_s . Därigenom undertrycks de kortvågiga profilelementen. Parametrarna identifieras av P och utvärderas inom den individuella provtagningslängden. I detta fall är detta lika med utvärderingslängden eller längden på den uppmätta ytprofilen.

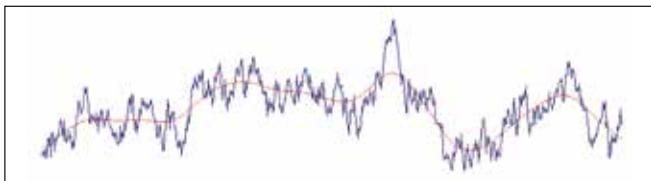


Bild. 1: Primärprofil och medellinje för λ_s -filfiltreret

Ytjämnhetsprofilen är en profil härledd ur primärprofilen genom att undertryckade långvågiga komponenterna med hjälp av profilfiltret λ_c . Parametrarna identifieras med **R** och analyseras över utvärderingslängden **In**, som vanligen består av fem individuella provtagningslängder l_r . På utvärderingslängden motsvarar gränsvåglängden λ_c för profilfiltret.

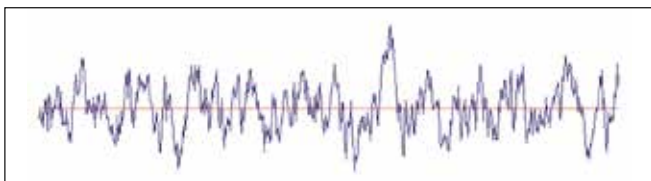


Bild. 2: Ytjämnhetsprofil med medellinje (högpassinering av primärprofilen med hjälp av λ_c -profilfiltret)

Vågprofilen är resultatet av lågpassinering av primärprofilen med cutoff-våglängden λ_c och högpassinering med cutoff-våglängden f . Parameterbeteckningen är **W** och utvärderas över utvärderingslängden **In**, som består av flera utvärderingslängder l_w . Utvärderingslängden l_w motsvarar cutoff-våglängden λ_f för högpassinering. Antalet utvärderingslängder är dock inte standardiserat och måste därför alltid anges på ritningen. Det bör vara mellan fem och tio.

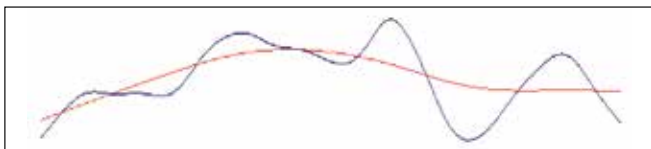


Bild. 3: Medelvärdelinje från primärprofilen och medellinjen för λ_f -profilfiltreret efter högpassinering

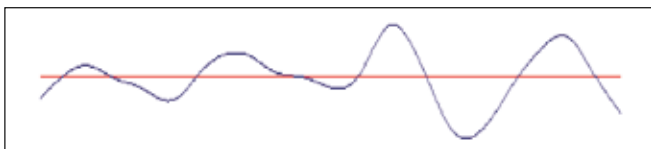


Bild. 4: Vågprofil med medellinje efter lågpassinering med λ_c -profilfiltret

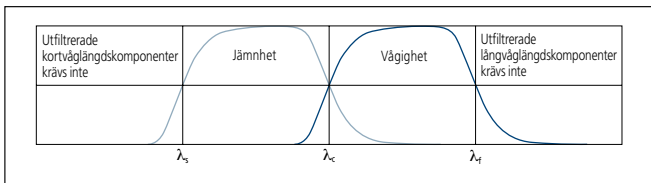


Bild. 5: Överföringssegenskaperna hos filtren för de olika profilerna, Gaussian-filtret enligt EN ISO16610-21

Ytjämnhetsparametrar

(EN ISO 4287)

Ra – Aritmetiskt genomsnittligt ytjämnhetsvärde: aritmetiskt medelvärde av summorna av alla profilvärden

Rmr(c) – Profilens materialandel: Förhållandet mellan materiallängden för profilelementen c (i μm) och av utvärderingslängden **In** (angiven i procent)

RSm – Profilelementens medelbredd: Medelvärdet av profilelementets bredd **Xsi** (tidigare Sm); horisontella och vertikala räkningsgränser har definierats för utvärderingen

Rt – Total höjd av ytjämnhetsprofilen: Summa från höjden **Zp** av högsta profilen och djupet **Zv** av den lägsta profildalen inom utvärderingslängden **In**

Rz – Profilens totalhöjd: Summan av höjden på profilens största topphöjd och profilens största daldjup inom utvärderingslängden **Ir**

Rz1 – Maximal profilhöjd: Det största av de fem Rz_i -värdena från de fem provtagningslängderna l_{r_i} inom utvärderingslängden **In**

Rz – Medelvärde för ytjämnhet: medelvärdet av de fem Rz_i -värdena från de fem provtagningslängderna l_{r_i} inom utvärderingslängden **In**.

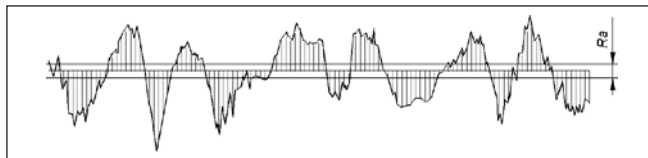


Bild. 6: Aritmetiskt genomsnittligt ytjämnhetsvärde **Ra**

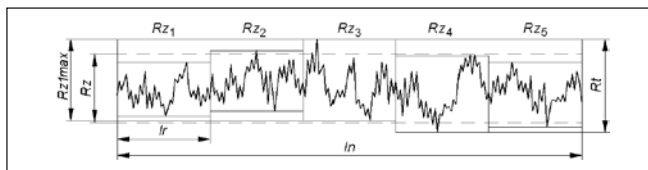


Bild. 7: Totalhöjd för ytjämnhetsprofilen **Rt**, genomsnittligt ytjämnhetsdjup **Rz** och maximalt ytjämnhetsdjup **Rz1max**

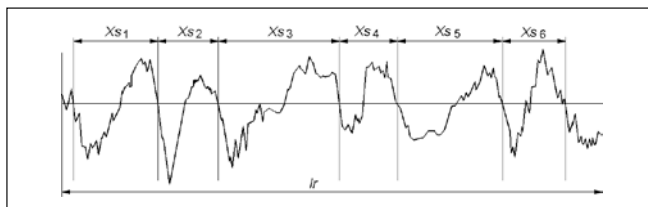


Bild. 8: Den genomsnittliga spårbredden **RSm** är medelvärdet av bredden **Xsi** för profilelementen

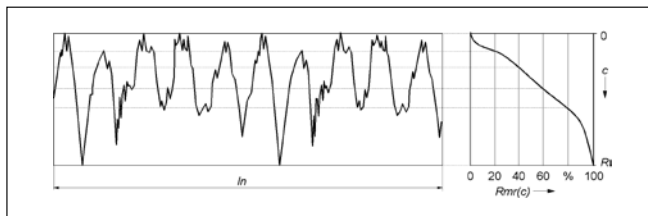


Bild. 9: Profilens materialkvotskurva representerar materialdelen **Rmr(c)** av profilen som en funktion av sektionshöjden c (Abbott-Firestone-kurvan)

Föredragna parametrar

Maximalt ytjämnhetsdjup Rz1max för ytor där individuella avvikelser starkt påverkar ytans funktion, t ex tätningssytor.

Materialdel av profilen Rmr(c) för styrytor och motstående tätningssytor.

Medelvärde av ytjämnhetsdjup Rz brukar gälla för alla andra ytor.

Det aritmetiska medelvärdet av ytjämnhet **Ra** reagerar knappast på enskilda toppar eller dalar på grund av att medelvärdet bildats utifrån alla profilvärden; dess betydelse är därför ganska låg.

Villkor för ytjämnhetsmätning (EN ISO 4288)

Icke-periodiska profiler		Periodiska profiler	Mätförutsättningar enl EN ISO 4288 och EN ISO 3274			
Slipning, honing, läppning, gnistning ↓ eller ↓		Svarvning, fräsning, hyvling ↓	r_{spets} Maximal mätpetsradie	l_r Referenslängd	l_n Utvärderingslängd	l_t Totallängd (Utvärderingslängd med start- och stoppsträcka)
Rt, Rz µm	Ra µm	RSm mm	r_{spets} µm	$\lambda_c = l_r$ mm	l_n mm	l_t mm
> 0,025 ... 0,1	> 0,006 ... 0,002	> 0,013 ... 0,04	2	0,08	0,4	0,48
> 0,1 ... 0,5	> 0,02 ... 0,01	> 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

*) För **Rz** > 3 µm eller **Ra** > 0,5 µm, kan mätpetsradie $r_{spets} = 5$ µm användas.

Dessutom är mätpunktsavståndet Δx och cutoff-våglängden λ_s för lågpasfilter standardiserade. Dock är dessa värden redan inställda i ytjämnhetsmätarna.

Praktiskt tips 1: Om det inte finns tillräckligt med utrymme på arbetsstyckets yta för önskad längd **lt**, måste antalet utvärderingslängder minskas och anges i ritningen.

Praktiskt tips 2: Om det fortfarande inte finns tillräckligt med utrymme, mäts den totala höjden för primärprofilen **Pt** över den tillgängliga längden istället för **Rt** eller **Rz**. **Pt** är fortfarande lika med **Rt**, men definierad i primärprofilen och mätvärdet är alltid större.

Utvärdering av ytjämnhetsmätningar (EN ISO 4288)

Ytjämnhetsmätvärden, särskilt de vertikala parametrarna **Rt**, **Rz**, **Rz1max** och **Ra**, har en spridning någonstans mellan -20 % och +30 %. Ett enda mätvärde kan därför inte ge en fullständig översikt när det gäller att följa de tillåtna parametertoleranserna. Följande procedur anges i DIN EN ISO 4288 bilaga A:

Regel för maxvärde

Alla ytjämnhetsparametrar med tillägg för "max" som maximum av medelvärdet från de fem provtagningslängderna: Mät minst tre punkter på ytan där de högsta värdena förväntas; den angivna gränsen får inte överskridas vid någon punkt.

16 %-regeln

Alla ytjämnhetsparametrar utan tillägg för "max" som medelvärde från de fem provtagningslängderna:

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 detta 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 detta 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 detta vara godtagbart.



Ritningssymboler (EN ISO 1302)

	Grundsymbol	a Krav på en ytfinish b Ytterligare ytkrav
	Materialborttagning genom mekanisk bearbetning krävs	c Produktionsprocess (t.ex. svarvad, slipad, förkromad)
	Materialavlägsning inte tillåten	d Symbol för lägesriktning (ytspår) e Bearbetningsmän (i mm)
	Identisk struktur för alla ytor	x Förenklad riktmarkning, om utrymmet är begränsat

	Symbolposter (överst) Symboler för lägesriktning (position d, botten)	
--	--	--

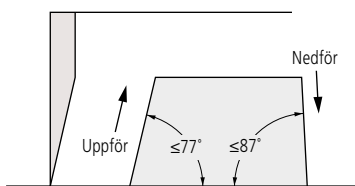
=	⊥	X	M	C	R	P
Parallell	Vertikal *)	Korsande	Blandad	Koncentrisk	Radiell	Oriktad

*)... till projektionsvyn där symbolen är inmatad

Exempel	Förklaring
	Materialavverknig är inte tillåten, förvalt transmissionsband, R -profil, 16%-regeln, genomsnittligt ytjämnhetsdjup 5 µm (övre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, maxregel, maximalt ytjämnhetsdjup 3 µm (övre gräns); bearbetningsmän 0,2 mm
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, bestående av tre referenslängder, 16%-regeln, genomsnittligt ytjämnhetsdjup 4 µm (övre gräns); koncentrisk ytspår
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, 16%-regeln, genomsnittligt ytjämnhetsdjup 5 µm; aritmetisk medelavvikelse 1 µm (övre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, 16%-regeln, genomsnittligt ytjämnhetsdjup mellan 1 µm (nedre gräns) och 3 µm (övre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband för λ_s , ej λ_c -filter, P -profil, utvärderingslängd är lika med arbetsstyckets längd, 16%-regeln, totalhöjd av primärprofil 25 µm (övre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband 0,8 λ_c 25 ($=\lambda_f = l_w$) mm, W-profil, utvärderingslängd bestående av fem referenslängder $l_n = 5 \cdot l_w = 125$ mm), 16 %-regeln, total profilhöjd 10 µm (övre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, 16%-regeln, totalhöjd för ytjämnhetsprofilen 1 µm (övre gräns); materialdel av profilen är 90% vid snittnivå $c = 0,3$ µm (nedre gräns)
	Materialavverknig möjlig, förvalt transmissionsband, R -profil, profilelementens medelbredd mellan 0,1 mm (nedre gräns) och 0,3 mm (övre gräns)
	Innebörden definieras genom tilläggstext på ritningen (vänster), enklare förklaring (höger), används vid platsbrist.

Konturmätinstrument

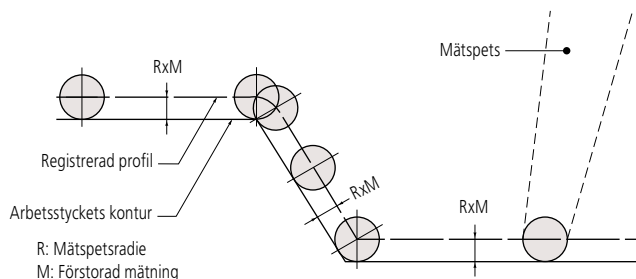
Spårbar vinkel



Den maximala vinkel som en mätspets kan spåra uppför eller nedför längs konturen av ett arbetsstycke, i mätspetsens riktning, kallas den spårbara vinkeln. En mätspets med enkelsidig egg med en spetsvinkel på 12° (som i figuren ovan) kan spåra maximalt 77° uppför och högst 87° nedför. För en konisk mätspets (30° kon), är den spårbara vinkeln mindre. Ett uppförlut med en vinkel på 77° eller mindre totalt kan faktiskt innehålla en vinkel på mer än 77° på grund av effekten av ytjämnheten. Ytjämnhet påverkar också mättrycket. För modellerna CV-3200/4500, kan samma typ av mätspets (SPH-71: enkelsidig egg med en spetsvinkel på 12°) spåra maximalt 77° uppför och högst 83° nedför.

Kompensering för mätspetsradie

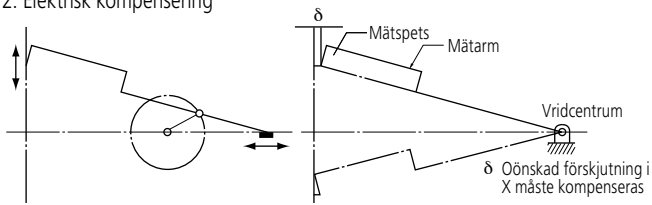
En registrerad profil representerar mätspetskulans ortlinje när den rullar över arbetsstyckets yta. (En typisk radie är $0,025$ mm.) Som synes är detta inte detsamma som den verkliga ytprofilen, så för att erhålla en korrekt registrerad profil är det nödvändigt att kompensera för effekten av mätspetsradien genom databehandling.



Kompensering för armens rotation

Mätspetsen är monterad på en lagrad arm så att den roterar när ytan spåras och inte bara spårar i Z-riktningen. Därför är det nödvändigt med kompensering i X-riktningen för att säkerställa noggrannhet. Det finns tre metoder för att kompensera för armens rotation.

- 1: Mekanisk kompensering
- 2: Elektrisk kompensering



- 3: Behandling i programvaran. För att mäta ett arbetsstyckes kontur, som innebär en stor förskjutning i vertikal riktning, med hög noggrannhet, måste en av dessa kompenseringmetoder användas.

Överbelastningskydd

Om mätspetsen utsätts för ett alltför högt tryck (överlast), beroende på t ex att spetsen möter en alltför brant sluttning på en sektion av arbetsstycket, eller en grad etc, stannar en säkerhetsanordning automatiskt maskinen och avger ett larm. Denna typ av instrument är ofta utrustade med separata säkerhetsanordningar för belastning i spårningsriktningen (X-axeln) och den vertikala riktningen (Y-axeln). Modellerna CV-3200/4500 har ett säkerhetssystem där mätarmen släpper från magnetfästet vid kollision.

Enkel eller komplex armstyrning

I fallet med en enkel lagrad arm, är den ortlinje som mätspetsen spårar runt under vertikal rörelse (Z-riktning), en cirkelbåge som resulterar i en oönskad förskjutning i X, vilken måste kompenseras. Ju större bågrörelse, desto större är den oönskade förskjutning i X (δ) som måste kompenseras. (Se figur, nedre vänster.) Alternativet är att använda ett komplext mekaniskt länkarrangemang för att erhålla en linjärt överförd ortlinje i Z, och därmed undvika behovet av att kompensera i X.

Metoder för mätning i Z-axeln

Även om den vanligaste metoden för att mäta i X-axeln är med en digital skala, finns det två metoder för Z-axeln; analog (användning av en differentialtransformator etc) eller med digital skala. Med analoga metoder varierar Z-axelns upplösning beroende på mätförstoring och mätområde. Generellt ger metoden med digitala skala högre noggrannhet än en analog metod.

Metoder för konturanalys

Du kan analysera konturen med en av två följande metoder efter att ha slutfört mätoperationen.

Databehandlingsdelen och analysprogram

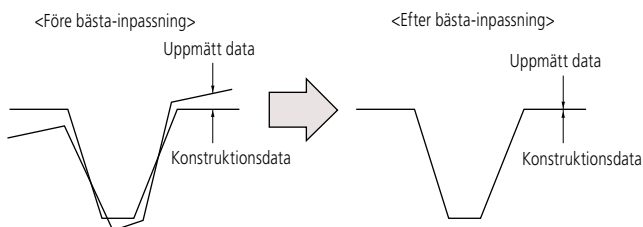
Den uppmätta konturen matas in i databehandlingsdelen i realtid och ett särskilt program utför analysen med hjälp av musen och / eller tangentbordet. Vinkeln, radien, steg, lutning och andra data visas direkt som numeriska värden. Analys som kombinerar koordinatsystem kan lätt utföras. Grafen som körs genom kompenseringen för mätpetsradie matas ut till skrivaren som den registrerade profilen.

Toleransjämförelse med konstruktionsdata

Det uppmätta arbetsstyckets konturdata kan jämföras med konstruktionsdata i form av faktiska och konstruerade former snarare än att bara analysera individuella mått. I denna teknik är varje avvikelse i den uppmätta konturen från den avsedda konturen visad och registrerad. Dessutom kan data från ett arbetsstyckes exempel behandlas så att de blir styrande konstruktionsdata som andra arbetsstycken jämförs med. Denna funktion är särskilt användbar när formen på en sektion har stor påverkan på produktens prestanda, eller när dess form har en inverkan på förhållandet mellan ihopsatta eller sammansatta delar.

Bästa inpassning

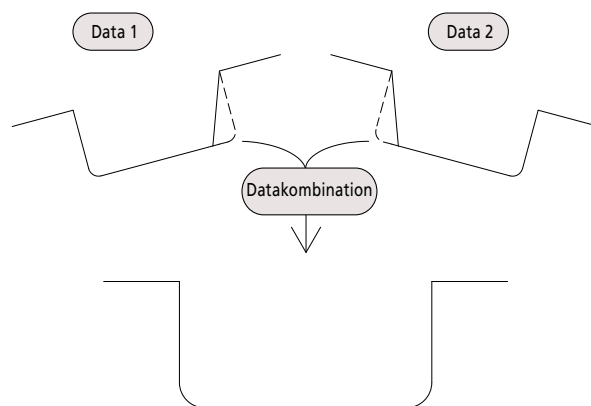
Om det finns en standard för ytans profildata, utförs toleransjämförelse med konstruktionsdata enligt standarden. Om det inte finns någon standard, eller om det endast krävs toleransjämförelse mot form, kan bästa inpassning mellan konstruktionsdata och mätdata utföras.



Bearbningsalgoritmen för bästa inpassning söker efter avvikelser mellan de båda uppsättningarna av data och härleder ett koordinatsystem i vilket summan av kvadraterna av avvikelserna är ett minimum när den uppmätta datan överlagrar konstruktionsdatan.

Datakombination

Om spårning av en komplett kontur förhindras av begränsningar i mätpetsens spårbara vinkel så måste, i de flesta fall, konturen delas upp i flera delar som sedan mäts och utvärderas separat. Denna funktion undviker denna begränsning genom att kombinera de separata sektionerna i en kontur genom att överlagra gemensamma element (linjer, punkter etc) på varandra. Med denna funktion kan hela konturen visas och olika analyser utföras på vanligt sätt.



Mätexempel



Dubbelspets för mätning både uppåt och nedåt



In- och utvändig kontur på en kullagerbana



Invändig kuggprofil



Form på invändiga gängor



Form på utvändiga gängor

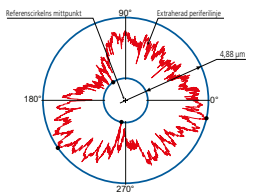
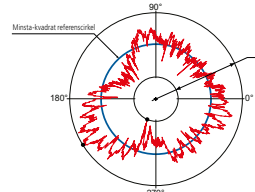

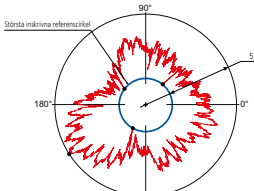
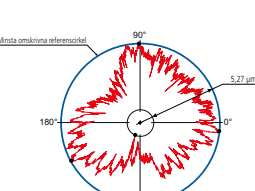
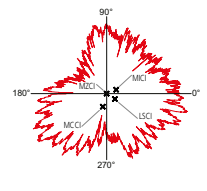



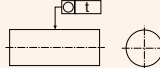
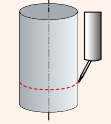
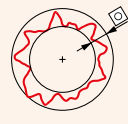

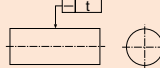
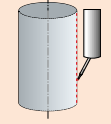
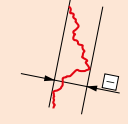

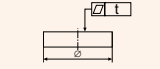
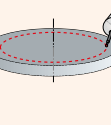
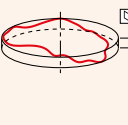

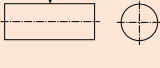
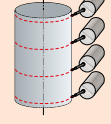
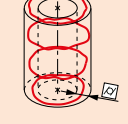

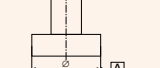
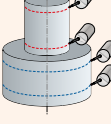
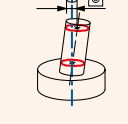
Mallkontur

Mätinstrument för rundformighet

Definiera rundhet

Avvikelse från perfekt rundhet definieras av differensen i 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 avvikelsevärde som erhålls beror på metoden som används.

<p>Minsta zoncirkeln (MZCI)</p> <p>Storlek och position av två koncentriska cirklar som rör vid och tillsammans omsluter den extraherade periferilinjén justeras tills deras radiella skillnad blir så liten som möjligt.</p> 	<p>Minsta-kvadrat referenscirkel (LSCI)</p> <p>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.</p> 	
<p>Största inskrivna referenscirkel (MICI)</p> <p>En inskrivande cirkel av största möjliga storlek som rör vid den extraherade periferilinjén skapas. En andra cirkel som är koncentrisk med den första skapas sedan och rör och omsluter tillsammans med den första cirkeln den extraherade periferilinjén.</p> 	<p>Minsta omskrivna referenscirkel (MCCI)</p> <p>En omskrivande cirkel av minsta storlek som rör vid och innesluter den extraherade periferilinjén skapas. En andra cirkel som är koncentrisk med den första skapas sedan och rör och omsluter tillsammans med den första cirkeln den extraherade periferilinjén.</p> 	<p>Positionen för de koncentriska cirkelarnas mittpunkt definierar den extraherade periferilinjéns mittpunkt och därmed positionen för den uppmätta rundheten. Var och en av de metoder som beskrivs ovan resulterar i olika mittpunktspositioner för referenscirklar, såsom visas nedan.</p> 

Symbol*	Definition	Geometriska toleranser*	Provningsmetod	Resultat
	Rundhet Rundhetsavvikelse är skillnaden i radier mellan två koncentriska cirklar konstruerade för att röra och innesluta den extraherade periferilinjén. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t.			
	Rakhet Rakhetsavvikelse är avståndet mellan två parallella linjer konstruerade för att röra och innesluta den extraherade raka linjen med minimal separation. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t.			
	Planhet Planhetsavvikelse är avståndet mellan två parallella plan konstruerade för att röra och innesluta den extraherade plana ytan med minimal separation. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t.			
	Cylindricitet Cylindricitetsavvikelse är skillnaden i radier mellan två koaxiala cylindrar konstruerade för att röra och innesluta den extraherade cylindriska ytan med minimal separation. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t.			
	Koaxialitet Koaxialitetsavvikelse är det maximala radiella avståndet mellan den extraherade cylindriska ytans axel och referensaxeln längs utvärderingsområdets längd. En funktion tolereras genom att begränsa avvikelsen till ett värde t/2.			

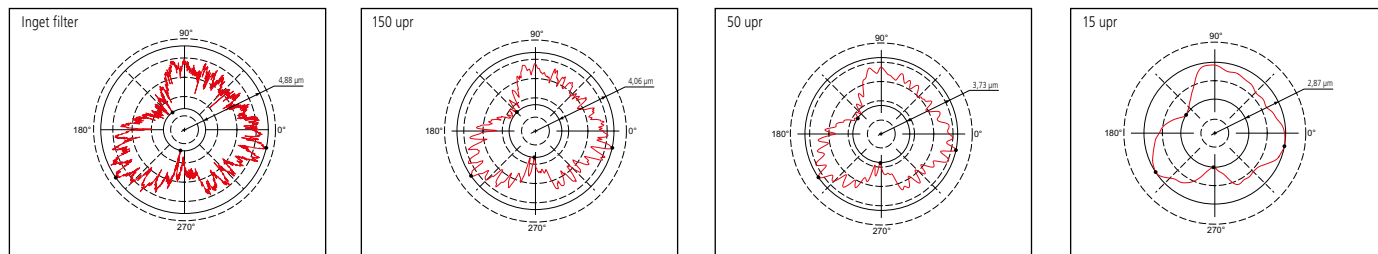
* Efter ISO 1101:2012; t = Tolerans

— Referenselement

— Extraherad geometri

Filtrering

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



Symbol*	Definition	Geometriska toleranser*	Provningsmetod	Resultat
	Koncentricitet Koncentricitetsavvikelse är det maximala radiella avståndet mellan den extraherade periferilinjens mittpunkt och referenselementets mittpunkt i en cirkulär tvärsektion. En funktion tolereras genom att begränsa avvikelsen till ett värde $t/2$.			
	Parallellitet (plan till plan) Plan-till-plan-parallellitetsavvikelse är den maximala skillnaden i avstånd mellan den extraherade plana ytan och referensplanet. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Vinkelräthet (plan till axel) Plan-till-axel-vinkelräthetsavvikelse är den maximala skillnaden i avstånd mellan den extraherade plana ytan och ett plan vinkelrätt mot referensaxeln. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Vinkelräthet (axel till plan) Axel-till-plan-vinkelräthetsavvikelse är den maximala skillnaden i avstånd mellan den extraherade axellinjen och en Axelvinkelrätt mot referensplanet. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Cirkulärt kast Radiell kastavvikelse är den maximala skillnaden i radier på en extraherad periferilinjens centrerad på referenspunktaxeln. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Axiellt kast Axiell kastavvikelse är den maximala skillnaden i avstånd i den axiella riktningen mellan en extraherad cirkulär linje och ett plan vinkelrätt mot axeln. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Totalt cirkulärt kast Radiell total kastavvikelse är skillnaden i radier mellan två koncentriska cylindrar koaxialt med referenspunktens axeln som konstruerats för att röra och innesluta den extraherade cylindriska ytan med minimal separation. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			
	Totalt axiellt kast Total axiell kastavvikelse är den maximala skillnaden i avstånd i den axiella riktningen mellan en extraherad plan yta och ett plan vinkelrätt mot axeln. Tolerans för en funktion uppnås genom att begränsa avvikelsen till ett värde t .			

* Efter ISO 1101:2012; t = Tolerans

— Referenselement

— Extrahd geometri

Hårdhetsprovare

Metoder för hårdhetsprovning och riktlinjer för val av hårdhetsprovare

Material	Provningsmetod	Mikrohardhet (Mikrovickers)	Mikrotyots materialegenskaper	Vickers	Rockwell	Rockwell Superficial	Brinell	Shore	För poröst, gummi och plaster	Återstudsande kula
Halvledare		●	●							
Hårdmetall, keramik (skärverktyg)			▲	●	●					
Stål (värmebehandlat material, råmaterial)		●	▲	●	●	●		●		●
Ickejärnhaltig metall		●	▲	●	●	●				●
Plast			▲		●				●	
Slipsten					●					
Gjutform							●			
Poröst, gummi									●	
Form										
Tunnplåt (rakblad, metallfolie)		●	●	●		●				
Tunn film, plätering, lack, ytbeläggning (nitrelager)		●	●							
Små detaljer, nålformiga detaljer (klockvisare, symmaskinsnål)		●	▲							
Stora arbetsstycken (konstruktion)							●	●		●
Metallisk materialsammansättning (hårdhet för varje nivå i flerskiktsslegeringar)		●	●							
Plastplatta		▲	▲		●				●	
Porös, gummiplatta									●	
Användning										
Styrka eller fysikalisk egenskap hos material		●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Värmebehandlande process		●		●	●	●		▲		▲
Uppkolat härd djup		●		●						
Avkolade lagerdjup		●		●		●				
Flam- eller högfrekvenshårdade lagerdjup		●		●	●					
Test av hårdbarhet				●	●					
Maximal hårdhet på en punktsvets				●						
Hårdhet på svetsfog				●	●					
Hög temperatur-hårdhet (hög temperatur-egenskaper, varm bearbetning)				●						
Brottsighet (keramik)		●		●						

Förklaring: ● ● ● Väl lämpade
▲ ▲ ▲ Rimligt lämpade

Metoder för hårdhetsmätning

(1) Vickers

Vickershårdhet är den testmetod som har det bredaste användningsområdet, och möjliggör hårdhetskontroll med en godtycklig provningskraft. Detta test har ett mycket stort antal tillämpningsområden, särskilt för hårdhetstester utförda med en provkraft som är mindre än **9,807N** (1 kgf). Såsom visas i följande formel, är Vickers hårdhet ett värde som bestäms genom att dividera provkraften F (N) med kontaktarean S (mm²) mellan ett prov och en indenter, vilken är beräknad från den diagonala längden d (mm, medelvärde av två riktningslängder) av ett intryck som bildas av indenteren (en kvadratisk pyramidal diamant, motstående sidor $\theta=136^\circ$) i provet med provkraften F (N). k är en konstant ($1/g=1/9,80665$).

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

Felet i en framräknad Vickers hårdhet fås av nedanstående formel. Här representerar Δd_1 , Δd_2 och "a" mätfelet som beror på mikroskopet, ett fel vid avläsning av intrycket respektive längden på en kantlinje som genereras av de motstående sidorna på indenterspetsen. Enheten för $\Delta\theta$ är grader.

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

(2) Knoop

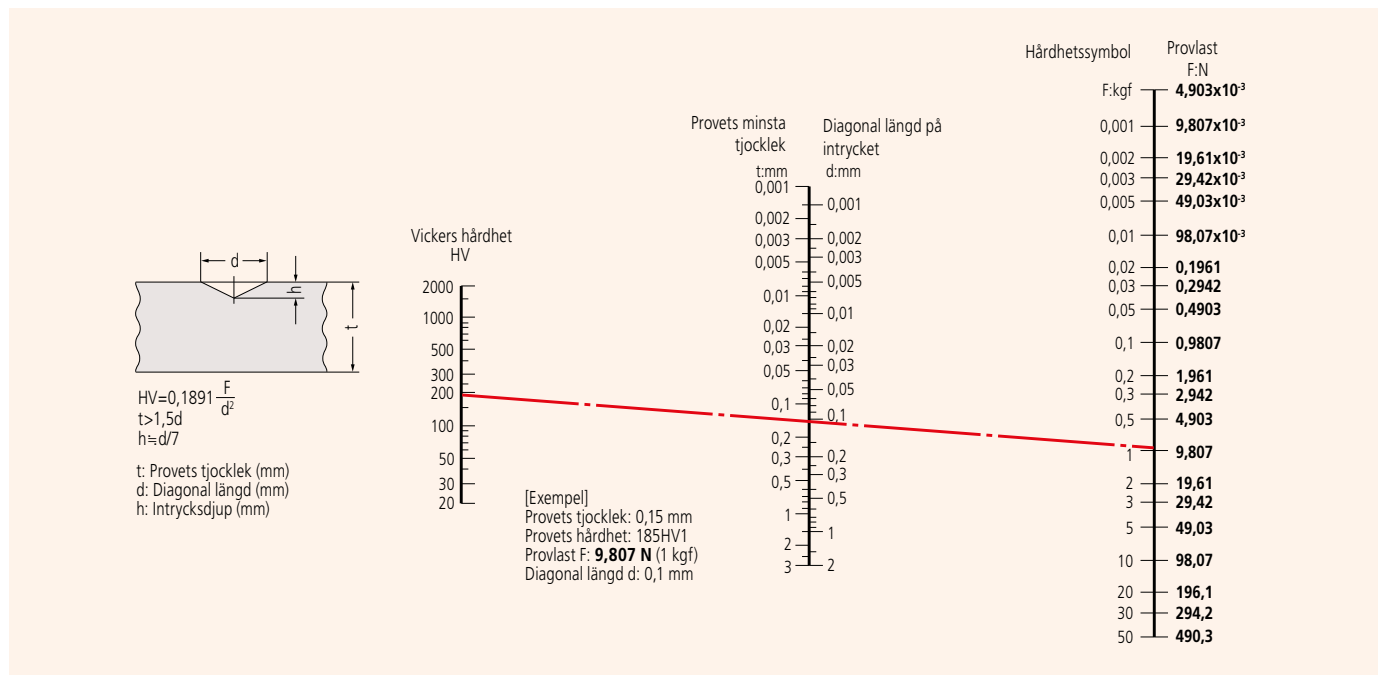
Som framgår av följande formel är Knoop-hårdhet ett värde som erhålls genom att dividera provkraften med det projicerade ytan A (mm²) i ett intryck, som beräknas från den längre diagonala längden d (mm) hos intrycket bildad genom att pressa en romboidformad diamantindenter (motstående kantvinklar på $172^\circ 30'$ och 130°) mot ett prov med provkraften F. Knoop-hårdhet kan också mätas genom att ersätta Vickersindenteren i en mikrohardhetsprovare med en Knoopindenter.

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

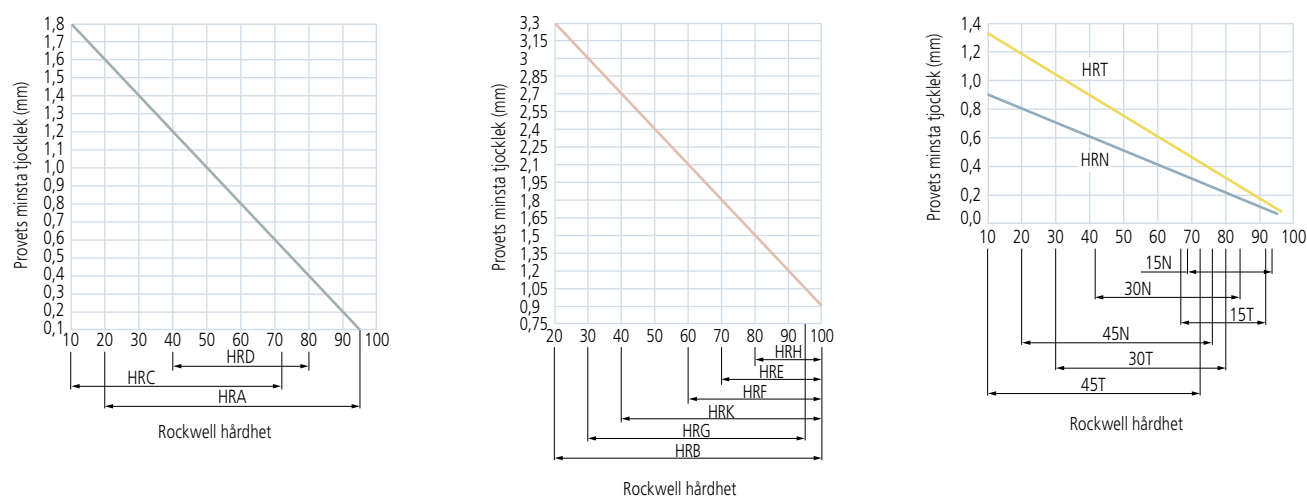
(3) Rockwell och Rockwell Superficial

För att mäta Rockwell eller Rockwell Superficial hårdhet används en diamantindenter (spetsvinkel: 120° , spetsradie: 0,2 mm) eller en sfärisk indenter (stålkula eller hårdmetallkula). Anbringa först en förlast och därefter en provlast till provet och återgå sedan till förlasten. Detta hårdhetsvärde erhålles från formeln uttryckt som skillnaden i intrycksdjupet h (µm) mellan förlasten och provlasterna. Rockwell använder en förlast på 98,07 N och Rockwell Superficial 29,42N. En specifik symbol som tillhandahålls i kombination med en typ av indenter, provlast och hårdhetsformel är känd som en skala. Japanese Industrial Standards (JIS) definierar olika skalor av relaterad hårdhet.

Förhållandet mellan Vickershårdhet och provets minsta tjocklek



Förhållandet mellan Rockwell/Rockwell Superficial hårdhet och provets minsta tjocklek



Rockwell hårdhetsskalor

Skala	Indenter	Provlust (N)	Användning
A	Diamant	588,4	Hårdmetall, tunn stålplåt
D		980,7	Sätthärdat stål
C		1471	Stål (100HRB över ~ 70HRC under)
F	Kula med diameter 1,5875 mm	588,4	Lagermetall, härdad koppar, mässing
B		980,7	Hård aluminiumlegering, berylliumkoppar, fosforbrons
G		1471	
H	Kula med diameter 3,175 mm	588,4	Lagermetall, slipskivan
E		980,7	Lagermetall
K		1471	Lagermetall
L	Kula med diameter 6,35 mm	588,4	Plast, bly
M		980,7	
P		1471	
R	Kula med diameter 12,7 mm	588,4	Plast
S		980,7	
V		1471	

Rockwell Superficial hårdhetsskalor

Skala	Indenter	Provlust (N)	Användning
15N	Diamant	147,1	Karburering, nitring, etc. Tunt ythärdat skikt av stål
30N		294,2	
45N		441,3	
15T	Kula med diameter 1,5875 mm	147,1	Mjukt stål, mässing, tunn bronsplåt etc.
30T		294,2	
45T		441,3	
15W	Kula med diameter 3,175 mm	147,1	Plast, zink, lagerlegeringar
30W		294,2	
45W		441,3	
15X	Kula med diameter 6,35 mm	147,1	Plast, zink, lagerlegeringar
30X		294,2	
45X		441,3	
15Y	Kula med diameter 12,7 mm	147,1	Plast, zink, lagerlegeringar
30Y		294,2	
45Y		441,3	

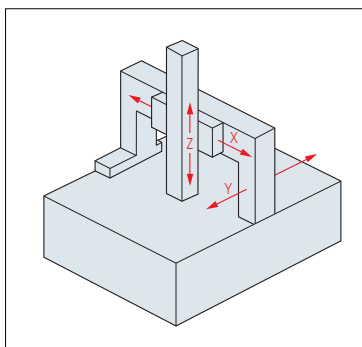
Koordinatmätmaskiner (CMM)

Mitutoyos koordinatmätmaskiner finns med fyra olika konstruktionstyper som ger fördelar såsom utmärkt stabilitet, hög noggrannhet, hög mätastighet, lättåtkomlig fastspänning av arbetsstycket etc.

CMM med rörlig portal

Denna typ är konstruerad med den vertikala axeln (Z-axel) monterad på en horisontellt rörlig slid (X-axel) som i sin tur är monterad på en portal som stöds av bordet och styrs horisontellt för att bilda Y-axeln. Arbetsstycket lastas på bordet.

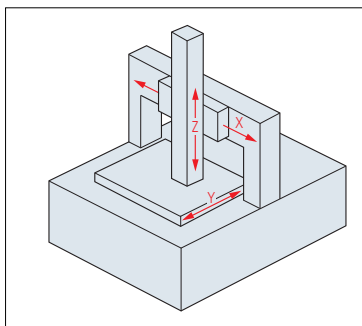
De flesta av Mitutoyos CMM-modeller använder denna typ av konstruktion, som ger hög noggrannhet, hög hastighet och hög acceleration. Mitutoyo erbjuder en omfattande serie CMM av denna typ, från kompakta modeller till de största storlekarna som man hittar i mät- och kontrollrum.



CMM med fast portal

Denna typ är konstruerad med den vertikala axeln (Z-axel) monterad på en horisontellt rörlig slid (X-axel) som i sin tur är monterad på en portal som är fäst vid basen, med ett bord (Y-axel) som rör sig horisontellt på basen. Arbetsstycket lastas på det rörliga bordet.

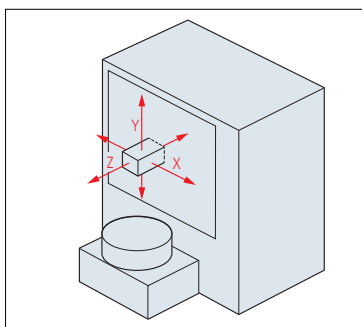
Mitutoyos CNC CMM LEGEX-serie med ultrahög noggrannhet har denna konstruktion, som ger marknadens högsta noggrannhet genom att minimera felkällor tack vare djupgående utredning och analys.



CMM med horisontell arm

Denna typ är konstruerad med den horisontella axeln (Z-axel) monterad på en slid (Y-axel) rör sig vertikalt på en pelare som stöds av basen och där pelaren (X-axel) rör sig horisontellt på basen. Arbetsstycket lastas på basen.

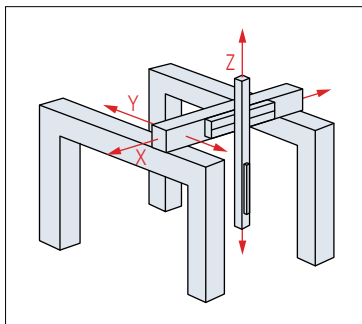
Mitutoyos CNC CMM MACH-3A-serie av in-line-modell har denna konstruktionstyp, som ger snabb positionering, platsbesparing och hållbarhet för att fungera i en line-side/in-line-installation direkt i produktionen.



CMM modell travers på golvet

Denna typ är konstruerad med den vertikala axeln (Z-axel) monterad på en horisontellt rörlig slid (X-axel) som i sin tur är monterad på en travers (Y-axel) som står med dubbla stöd på ett hårt eller gjutet golv. Arbetsstycket ställs direkt på golvet.

Mitutoyos största CNC CMM med separata stöd har denna typ av konstruktion (rörlig travers på golv). Det möjliggör mätning med hög noggrannhet av ett stort, tungt arbetsstycke, med marknadens största mätområde.



Prestationsbedömningsmetod för koordinatmätmaskiner

När det gäller prestationsbedömningsmetoden för CMM utfärdades en revision av ISO 10360-serien 2003 och reviderades delvis under 2009. Följande beskriver standardinspektionsmetoden inklusive det reviderade innehållet.

Tabell 1 ISO 10360-serien

	Objekt	ISO-standard nr.	Utgivningsår
1	Termer	ISO 10360-1:2000	2002
2	Längdmätning*	ISO 10360-2:2001	2001
3	CMM med roterbart bord	ISO 10360-3:2000	2000
4	Skanningsmätning	ISO 10360-4:2000	2000
5	Mätning med en eller flera mätpetsar**	ISO 10360-5:2002	2002
6	Mjukvaruinspektion	ISO 10360-6:2001	2001

* Reviderad 2009 **Reviderad 2010

Max tillåtet längdmättningsfel $E_{0,MPE}$ [ISO 10360-2:2009]

Vid användning av en standardmässig CMM-enhet med angiven prob, mät 5 olika kalibrerade längder 3 gånger vardera i 7 riktningar inom mätvolymen (som anges i fig. 1), vilket blir totalt 105 mätningar. Om dessa mätresultat, inklusive ersättningen för mätosäkerheten, är lika med eller lägre än de värden som anges av tillverkaren, visar det att CMM-enhetens prestanda uppfyller dess specifikation. Resultatet av OK/NG krävs för bedömning med tanke på osäkerheten. Det maximala tillåtna felet (standardvärdet) för testet kan uttryckas i någon av följande tre former (enhet: μm).

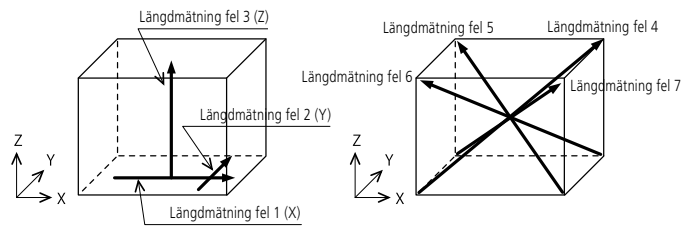


Fig. 1 Mätriktningar för att avgöra längdmättningsfel

$$E_{0,MPE} MPE_{EAL/KB}$$

$$E_{0,MPE} MPE_{EAL/K}$$

$$E_{0,MPE} MPE_{EB}$$

- A: Konstant (μm) specificerad av tillverkaren
- K: Dimensionslös konstant specificerad av tillverkaren
- L: Mätlängd (mm)
- B: Övre gränsvärde (μm) specificerad av tillverkaren

* ISO 10360-2:2009 anger mätning i fyra olika riktningar som nödvändig och rekommenderar mätning parallellt med varje axel, medan ISO 10360-2:2001 specificerade mätning "i godtyckliga sju riktningar."

Följande feldefinitioner har lagts till i ISO 10360-2: 2009.

Max tillåtet längdmättningsfel när Z-axelns mätpets är förskjuten 150 mm $E_{150,MPE}$ [ISO 10360-2: 2009]

Förutom längdmätning i sju riktningar anger ISO 10360-2:2009 mätning i två linjer över det diagonala YZ- eller XZ-planet med mätpetsförskjutning.

Obs: Mätpetsens förskjutning är inställd på 150 mm som standard.

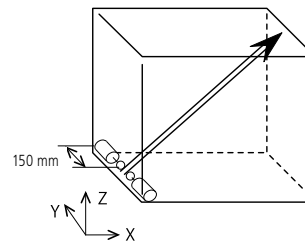


Fig. 2 Längdmättningsfel när Z-axelns mätpets är förskjuten 150 mm

Max tillåten gräns i repetitiva längdmätningar $R_{0,MPL}$ [ISO 10360-2:2009]

Max tillåten gräns i repetitiva längdmätningar R_0 , MPL [ISO 10360-2: 2009] Efter mätning av den givna längden tre gånger, utvärderas variationen i mätresultat. Beräkna därefter repeterbarhetsområdet R_0 .

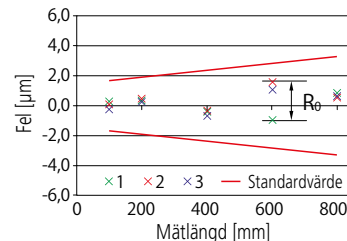


Fig. 3 Repeterande område för längdmätning

Max tillåtet rotationsaxlat radiellt riktningsfel MPE_{FR} Max tillåtet rotationsaxlat anslutningsriktningsfel MPE_{FT} och Max tillåtet rotationsaxlat axiellt riktningsfel MPE_{FA} [ISO 10360-3:2000]

Testförfarandet enligt denna standard består i att placera två standardkuler på rotationsbordet som visas i figur 4. Vrid rotationsbordet till totalt 15 positioner, inklusive 0° , sju positioner i plus(+)riktningen och sju positioner i minus(-)riktningen och mät mittkoordinaterna för de båda sfärerna i varje position. Lägg sedan till osäkerheten för standardsfärformen för varje variant (område) av radiella riktningsmoment, förbindningsriktningselement och roterande axelriktningselement för standardsfärens två mittkoordinater. Om bägge de beräknade värdena är lägre än det specificerade värdet, är utvärderingstestet godkänt.

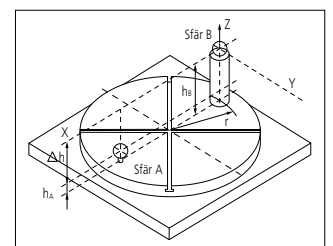


Fig. 4 Utvärdering av en CMM med rotationsbord

Koordinatmätmaskiner

Max tillåten mätosäkerhet för scanning MPE_{THP} [EN ISO 10360-4]

Detta är noggrannhetsstandarden för en koordinatmätmaskin som är utrustad med scannande prob. Skanningsprovfel standardiserades för första gången i ISO 10360-2:2009. Testet utförs genom en scannande mätning i fyra plan på standardsfären och sedan, för minsta-kvadrat sfärcentrumvärde beräknat med alla mätpunkter, beräkna området (dimension "A" i figur 3) där alla mätpunkter finns. Utgående från det sfärcentrumvärde som beräknades med minsta-kvadratmetod ovan, beräkna avståndet mellan den kalibrerade sterstandardsfärradien och det högsta eller lägsta mätvärdet, och ta det större avståndet (mått "B" i fig. 3). Lägg till en utökad osäkerhet som är en kombination av osäkerheten i mätpetsens form och osäkerheten i standardtestsfärens form till varje A- och B-mått. Om bägge de beräknade värdena är lägre än det specificerade värdet, är scanningprobtestet godkänt.

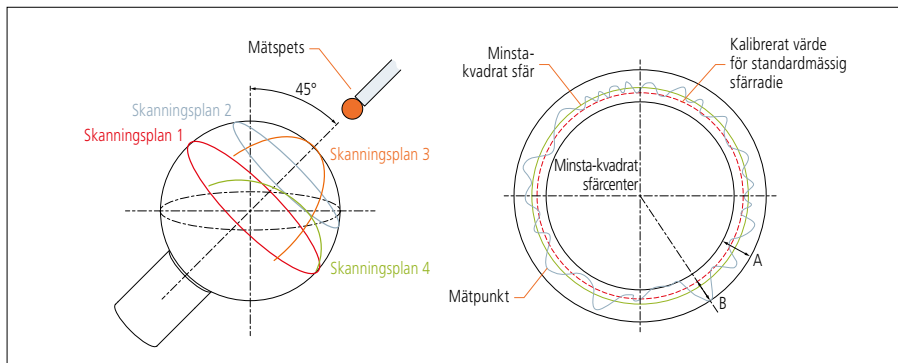


Fig. 3 Målmätplan för Maximal tillåten mätosäkerhet för scanning och metoden för dess utvärdering

Maximal tillåten formavvikelse med en enskild mätpets $P_{FTU, MPE}$ [ISO 10360-5:2010]

Denna mätning inkluderades i dimensionsmätningen i ISO 10360-2:2009. Det är emellertid specificerat som "CMM-system som använder en eller flera mätpetskontaktsondsystem" i ISO 10360-5:2010.

Mätproceduren har inte ändrats och följande bör utföras.

Mät de definierade målpunkterna på en standardsfär (25 punkter, som i fig. 6) och använd alla resultat för att beräkna sfärens mittposition med en minsta-kvadratmetod.

Beräkna sedan avståndet R från sfärens mittläge med en minsta-kvadratmetod för var och en av de 25 mätpunkterna och få radiesskillnaden $R_{max} - R_{min}$. Om radiesskillnaden, till vilken en sammansatt osäkerhet om formerna av mätpetsen och standardtestsfären läggs till, är lika med eller mindre än det angivna värdet, kan det bedömas att sonden har klarat provet.

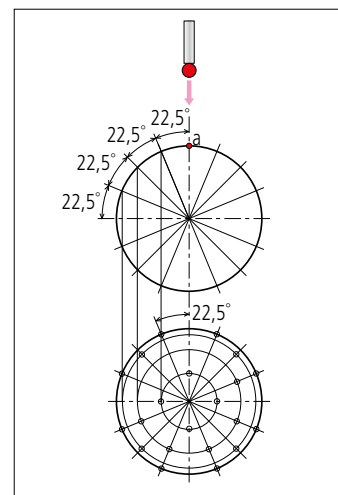


Fig. 2 Målpunkter på en masterkula för bestämmande av Maximal tillåten formavvikelse med en enskild mätpets.

Mätosäkerhet för CMM

Mätosäkerhet är en indikation som används för utvärdering av mätresultatets tillförlitlighet.

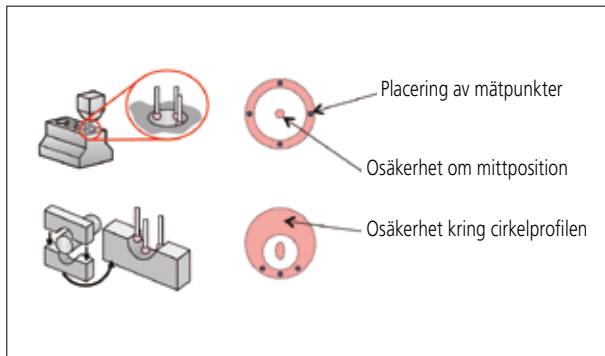
I ISO 14253-1:2013 föreslås att man beaktar osäkerheten när man utvärderar mätresultatet med hänvisning till specifikationen.

Det är emellertid inte lätt att uppskatta mätosäkerhet som utförs av en CMM.

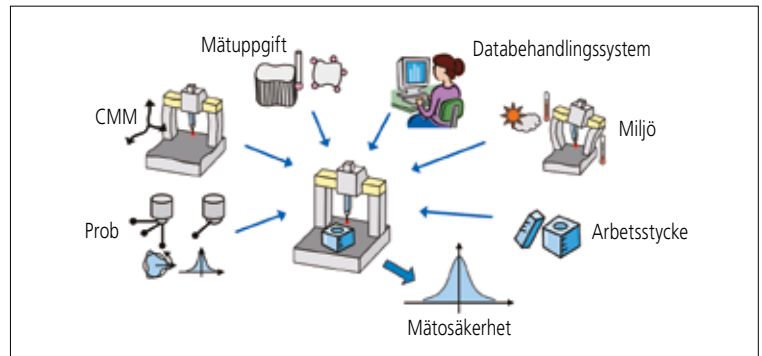
För att uppskatta mätosäkerhet är det nödvändigt att kvantifiera varje osäkerhetskälla och bestämma hur den sprids till mätresultatet. CMM-enheten kan ha alla typer av inställningar som bestämmer hur mätningen ska utföras, såsom mätpunktsfördelning eller datumdefinition, enligt ritningsinstruktionen eller operatörens avsikt. Denna funktion gör det svårare att upptäcka källan till osäkerhet som påverkar resultatet. Om man använder cirkelmätning som exempel, kräver en skillnad på en enda mätpunkt och dess fördelning omräkning av osäkerheten.

Det finns också många källor till osäkerhet som ska beaktas med en CMM och deras interaktioner är komplicerade.

På grund av ovanstående är det nästan omöjligt att generalisera hur man beräknar mätosäkerheten hos en CMM.



Exempel på cirkelmätning med CMM



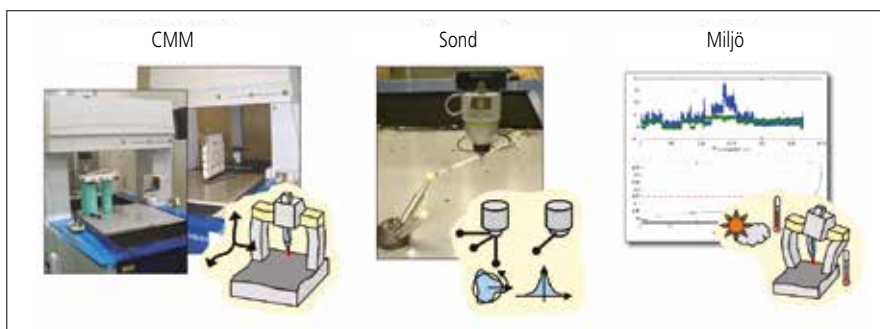
Viktiga faktorer som orsakar mätosäkerhet hos en CMM

Mätosäkerhet för en CMM och Virtual CMM-mjukvaran

Den virtuella CMM-programvaran möjliggör uppskattning av komplicerad mätosäkerhet för en CMM. Programvaran simulerar en CMM på en dator baserat på maskinens egenskaper och utför virtuella (simulerade) mätningar. De simulerade mätningarna utförs enligt det delprogram som skapas av operatören. Maskinens egenskaper utvärderas från experimentella värden baserat på geometriska egenskaper hos den aktuella maskinen, probingegenskaper och temperaturmiljö etc. Mätosäkerheten hos en CMM kan enkelt uppskattas med hjälp av Virtual CMM-mjukvarupaketet.

ISO15530 Del 4 (ISO/TS 15530-4 (2008)) definierar hur man kontrollerar giltigheten för uppgiftsspecifik mätosäkerhet med hjälp av datorsimuleringar.

Virtual CMM överensstämmer med denna specifikation.



Kvantifiering av CMM-osäkerhetsselement enligt experiment

Obs: Virtual CMM är ett programvarupaket som ursprungligen utvecklats av PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).

Relevanta delar av ISO15530: Geometrisk produktspecifikation (GPS) – Koordinatmätmaskiner (CMM): Teknik för bestämning av mätosäkerhet –

Del 3: Användning av kalibrerade arbetsstycken eller mätstandarder

Del 4: Utvärdering av arbetsspecifik mätosäkerhet med simulering [Teknisk specifikation]

Koordinatmätmaskiner

Snabbguide till mätspetsar

Valet av mätspets har en viktig inverkan på den mätnoggrannhet som kan erhållas från en CMM. Här är en snabbguide över hur du väljer mätspets.

Mätspetsen är den del av en prob som kommer i kontakt med arbetsstycket, och består av ett skaft med en kulspets. Proben fungerar genom att kulan förs i kontakt med arbetsstycket för att få en mätning från den resulterande signalen. Mätspetsens form och dimensioner måste väljas beroende på arbetsstycket. I vilket fall som helst är det viktigt att en mätspets har hög styvhet och att dess spetsform är en praktiskt taget perfekt sfär.



• Val av mätspets

Det rekommenderas att en mätspets väljs utifrån följande faktorer för att säkerställa högsta mätnoggrannhet.

1. Välj den kortaste möjliga mätspetsen.

Ju längre mätspets, desto mer kommer den att böjas, med lägre noggrannhet som resultat. Dessutom är mätspetsens positioneringsnoggrannhet omvänt proportionell till avståndet från probens vridning till mätspetskulan. Därför ger den kortaste mätspetsen den högsta noggrannheten.

2. Använd så få komponenter (leder) som möjligt.

Kombinationen av mätspets och användningen av förlängningar ökar böjningsmån. Använd minsta möjliga antal komponenter för alla applikationer.

3. Använd en så stor kulspets som möjligt.

Användningen av en större kula ökar mellanrummet mellan kulan och skaftet, vilket minskar möjligheten för kontakt mellan skaft och arbetsstycke (skakning). En större kula minskar också inverkan av ett arbetsstyckes ytfinish på mätnoggrannheten.

• Material

En mätspets använder ett lämpligt material för sin axel, kula och andra tillbehör enligt applikationen. Följande introducerar funktioner och fördelar med vanligt förekommande material.

1. Skaft

För att minimera böjning måste skaftet vara så styvt som möjligt. Mitutoyo erbjuder följande material:



• Volframkarbid (hårdmetall)

Detta material ger utmärkt styvhet för små skaftdiametrar, vilket är optimalt för de flesta standardapplikationer. Tänk på mätspetsens vikt vid användning av lång mätspets med stor skaftdiameter.



• Rostfritt stål

Icke-magnetiska skaft i rostfritt stål ger den bästa styvheten i förhållande till vikten.

- **Keramisk**

Detta material är det vanligaste för mätpetsar tack vare av dess höga styvheten i förhållande till vikten. Det har utmärkt termisk stabilitet och påverkas inte av omgivande temperatur, vilket medger högre noggrannhet i mätningen.

- **Kolfiber**

Kolfiber är ett material som är lämpligt för långa mätpetsar eftersom en kolfiberspets väger ungefär 20 % av vikten på en karbidspets. Tack vare utmärkt termisk stabilitet påverkas en kolfiberspets väldigt lite av omgivande miljö.

2. Kulspets

Vid val av det mest lämpliga kulspetsmaterialet ska mätprocedur och arbetsstycksmaterial beaktas.

- **Rubin**

En rubinkula ger en särskilt hård, jämn yta med hög tryckhållfasthet och utmärkt mekanisk strykning.

Rubin är lämpligt som kulmaterial för att skanna olika arbetsstycken, men kan orsaka nötning under skanningsmätning av aluminium och gjutjärn. I de fallen är det lämpligt att använda andra material enligt nedan.

- **Kiselnitrid**

Kiselnitrid, som liknar rubin, är ett keramiskt material som ger hög hårdhet och stark motståndskraft mot nötning. Eftersom kiselnitrid inte blandas med aluminium, kommer det inte att orsakas vidhäftningsslitage som rubin. Det rekommenderas dock att en kiselnitridkula endast används för aluminiumarbeten på grund av en tydlig känslighet för nötning på stålytor. Obs: Det här materialet är tillgängligt efter beställning.

- **Zirkoniumoxid**

Zirkoniumoxid är ett keramiskt material med enastående hårdhet och nötningsegenskaper, motsvarande en rubin. En zirkoniumkula är optimal för att skanna gjutjärnstycken tack vare materialets icke-slipande egenskaper. Obs: Det här materialet är tillgängligt efter beställning.

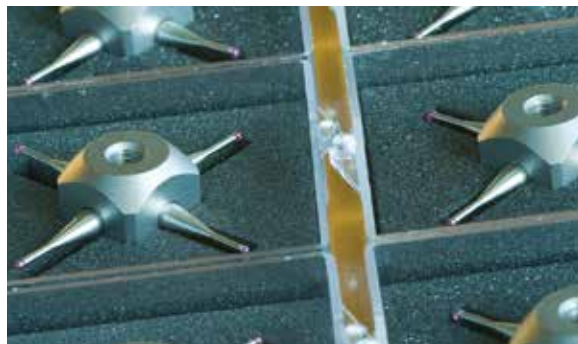
• Kalibrering

Även om en mätpets som är lämplig för ett arbetsstycke väljs, kommer ett exakt mätresultat inte att erhållas om inte proven som ska användas kalibreras före mätningen, vilket innebär att man scannar en masterkula i en definierad sekvens så att CMM-programvaran kan fastställa egenskaperna för kulspets och prob/mätpets.

- **Kalibreringsmekanism**

CMM-enheten beräknar mittpositionen och diametern för varje mätpetskula med hjälp av det specifika mätpetskalibreringsprogrammet.

Detta program använder CMM-mätningar gjorda av referensfären med varje konfigurerad mätpetskula för att bestämma kulornas sanna diametrar och lagrar uppmätta data i programvaran. Den exakta diametern hos referensfären är känd från en tidigare kalibreringsmätning och lagras också för användning i beräkningarna. Eftersom ett arbetsstycke kan mätas från varje riktning kalibreras en mätpets med mätningar vid flera punkter inom referensfären. Ett skanningssystem behöver erhålla ett stort antal punkter för kalibrering. När dessa procedurer observerats, ställer man in den effektiva diametern för varje mätkula och mätkulornas mittpositioner i maskinkoordinatsystemet för att möjliggöra noggrann mätning.



Mitutoyo Scandinavia AB

Släntvägen 6
SE-194 61 Upplands Väsby
Tel: 08-594 109 50

kontakt@mitutoyo.se
www.mitutoyo.se



IP65 COOLANT PROOF
0-25mm 0.001mm
Mitutoyo