

PRC 1389

Mitutoyo

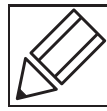
METROLOGICKÁ PŘÍRUČKA

pro přesné měřicí přístroje

ČESKÁ VERZE



Systemy řízení kvality	2
Mikrometry	4
Mikrometrické hlavice	11
Mikrometrické odpichy	14
Posuvná měřítka	15
Výškoměry	18
Koncové měrky	20
Číselníkové, páčkové a digitální úchylkoměry	21
Lineární snímače	24
Laserové scanovací mikrometry	26
Lineární pravítka	28
Profil projektory	31
Mikroskopy	32
Systemy zpracování obrazu	34
Surftest (Přístroje na měření drsnosti povrchu)	36
Konturoměry (Přístroje na měření kontury)	38
Kruhoměry (Přístroje na měření tvaru)	40
Tvrdoměry (Přístroje na zkoušky tvrdosti)	42
Souřadnicové měřicí stroje	44



■ Systém řízení kvality (QC)

Systém pro ekonomickou produkci výrobků nebo služeb v kvalitě, která splňuje požadavky zákazníka.

■ Proces řízení kvality

Aktivity ke snížení odchylky ve výstupu výrobku procesem a udržení této odchylky co nejnižší. Zlepšování procesů a standardizace, stejně jako hromadění technologií, jsou podporovány prostřednictvím těchto aktivit.

■ Statistické řízení procesu (SPC)

Proces řízení kvality s využitím statistických metod.

■ Populace

Soubor všech položek, které mají vlastnosti, které je třeba brát v úvahu, pro zlepšení a řízení procesů a kvality výrobku. Soubor, který je zkoumán, na základě vzorků, je obvykle populace reprezentovaná těmito vzorky.

■ Podíl

Sběr produktů vyrobených za stejných podmínek.

■ Vzorek

Položka (nebo položky) produktu odebraného z populace pro vyšetření jeho charakteristik.

■ Počet vzorků

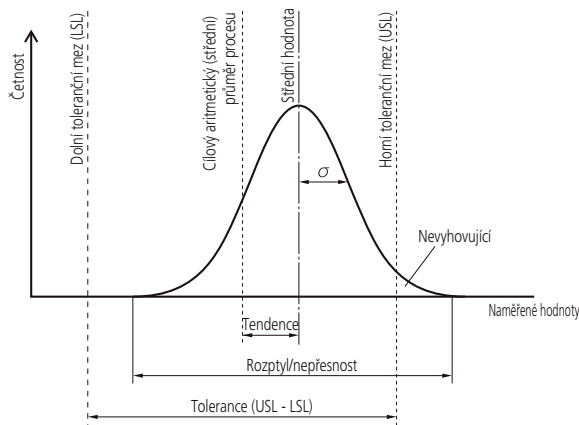
Počet položek výrobku ve vzorku.

■ Tendence

Hodnota vypočtená odečtením skutečné hodnoty od středu naměřených hodnot, kdy se provádí více měření.

■ Rozptyl

Variace v hodnotách cílové vlastnosti, ve vztahu k hodnotě aritmetického (středního) průměru. Standardní odchylka je obvykle používána k reprezentaci rozptylu hodnot kolem hodnoty aritmetického (středního) průměru.



■ Histogram

Diagram, který rozděljuje oblast mezi maximálními a minimálními naměřenými hodnotami do několika sekcí a ukazuje počet hodnot (zobrazení četnosti) v každé sekci ve formě sloupcového grafu. To usnadňuje pochopit přibližný aritmetický průměr nebo přibližný rozsah rozptylu. Symetrické rozdělení ve tvaru zvonu se nazývá normálním rozdělením a je nejčastěji používané v teoretických příkladech s ohledem na jeho snadno vypočitatelné charakteristiky. Avšak je nutná zvýšená pozornost, protože mnoho skutečných procesů neodpovídá normálnímu rozdělení, a výsledek bude chybný, pokud se předpokládá, že tomu tak je.

■ Způsobilost procesu

Prokazování specifické výkonnosti procesu, pokud je proces dostatečně normalizován, všechny příčiny poruch jsou odstraněny a proces je ve stavu statistického řízení. Způsobilost procesu je reprezentována střední hodnotou $\pm 3\sigma$ nebo 6σ , když výstupní charakteristika kvality procesu představuje normální rozdělení. σ (sigma) označuje standardní odchylku.

■ Index způsobilosti procesu (PCI nebo Cp)

Hodnota vyjadřující, jak dobře tento proces může fungovat v mezích tolerance cílové charakteristiky. Vždy by měla být podstatně větší než jedna. Hodnota indexu se vypočítá vydělením tolerance cílové charakteristiky způsobilosti procesu (6σ). Hodnota vypočtená vydělením rozdílu mezi aritmetickým průměrem (\bar{X}) a standardní hodnotou 3σ , může být použita pro vyjádření tohoto indexu v případech jednostranné tolerance. Index způsobilosti procesu předpokládá, že charakteristika sleduje normální rozdělení.

Pozn.: Pokud charakteristika sleduje normální rozdělení, 99,74% dat, leží v rozmezí ± 3 od aritmetického průměru.

Oboustranná tolerance

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

USL: Horní toleranční mez
LSL: Dolní toleranční mez

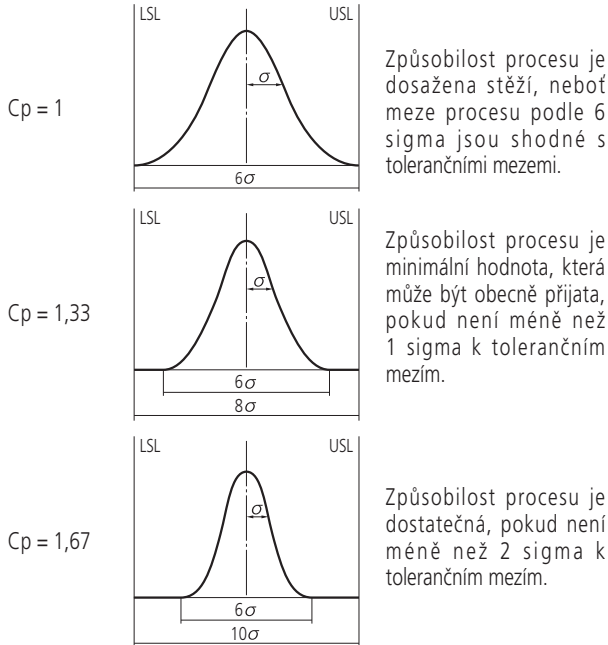
Jednostranná tolerance...Pokud je stanovena pouze horní toleranční mez

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

Jednostranná tolerance...Pokud je stanovena pouze dolní toleranční mez

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

Konkrétní příklady indexu způsobilosti procesu (Cp) (oboustranná tolerance)

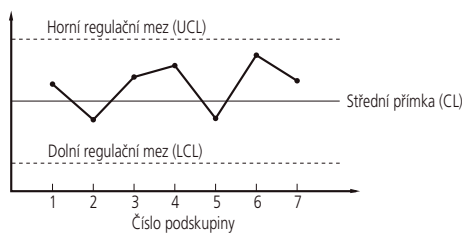


Všimněte si, že C_p představuje pouze vztah mezi tolerančními mezemi a rozptylem procesu a neuvazuje postavení střední hodnoty procesu.

Pozn.: Index způsobilosti procesu, který bere v úvahu rozdíl mezi střední hodnotou procesu od cílové střední hodnoty procesu, se obecně nazývá C_{pk} , který je dán podílem horní tolerance (USL minus střední hodnota) a 3σ (polovina způsobilosti procesu) nebo podílem dolní tolerance (střední hodnota minus LSL) a 3σ , podle toho, co je menší.

Regulační diagram

Slouží k řízení procesu rozdělením odchylek procesu na odchylky způsobené nahodilými příčinami a na odchylky způsobené poruchami. Regulační diagram se skládá z jedné střední přímky (CL) a regulačních mezních přímk, racionálně stanovených výše a pod ní (UCL a LCL). Dá se říci, že tento proces je ve stavu statistického řízení, pokud jsou všechny body uvnitř přímk dolní a horní regulační meze bez výrazných trendů, kdy jsou vykresleny charakteristické hodnoty, které představují výstup procesu. Regulační diagram je užitečný nástroj pro řízení výstupu procesu, a tudíž i kvality.



Nahodilá příčina

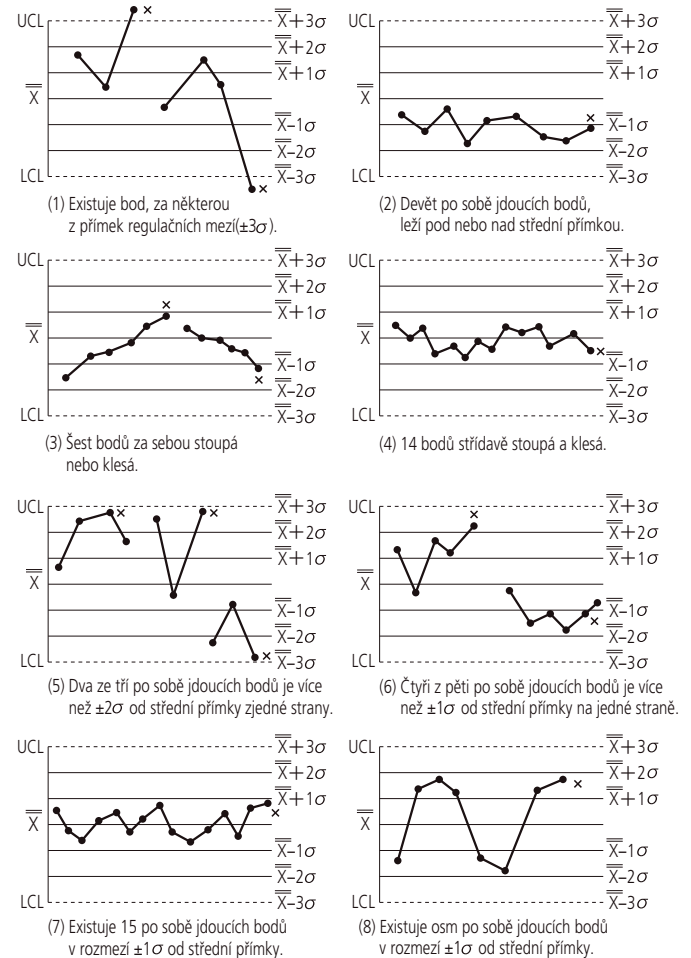
Tyto příčiny odchylek jsou poměrně nedůležité. Nahodilé příčiny je technologicky a ekonomicky nemožné eliminovat, i když mohou být identifikovány.

Regulační diagram \bar{X} -R

Regulační diagram používaný pro řízení procesu, který poskytuje nejvíc informací o procesu. Regulační diagram \bar{X} -R se skládá z regulačního diagramu \bar{X} , který využívá střední hodnotu každé podskupiny pro řízení monitorování abnormální tendence střední hodnoty procesu a regulačního diagramu R, který využívá rozsah pro řízení monitorování abnormální variace. Obvykle jsou oba diagramy použity společně.

Jak číst regulační diagram

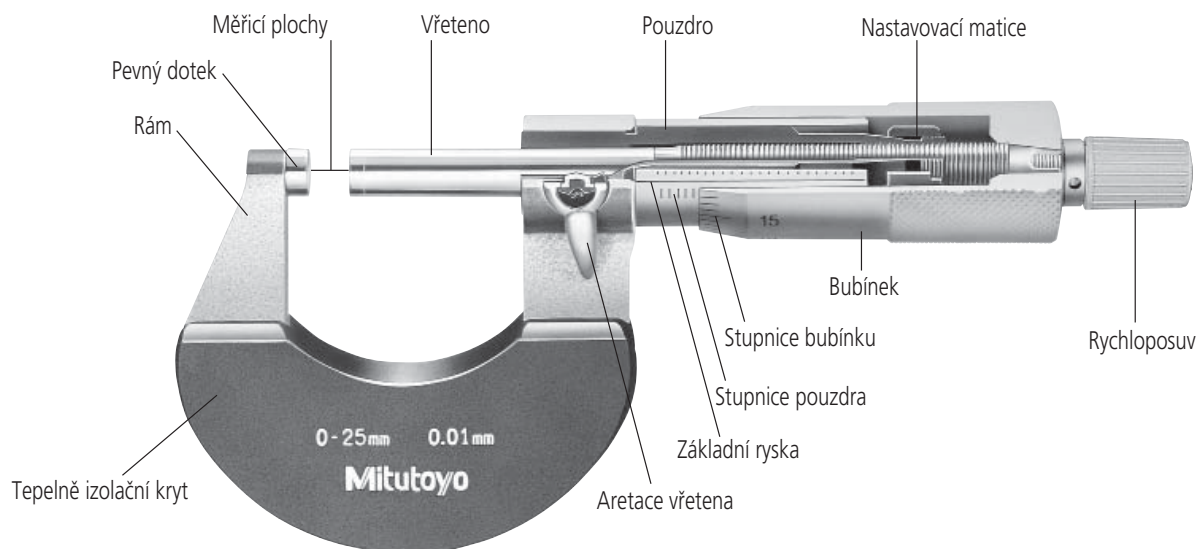
Typické trendy následné pozice bodu v regulačním diagramu, které jsou považovány za nežádoucí, jsou uvedeny níže. Tyto trendy jsou chápány tak, že "zvláštní příčina" má vliv na výstup procesu a k nápravě situace je zapotřebí vliv operátora procesu. Tato stanovená pravidla poskytují pouze vodítko. Vezměte v úvahu specifickou odchylku procesu při stanovování skutečných pravidel. Za předpokladu, že horní a dolní regulační meze jsou 3σ od střední přímky, rozdělte regulační diagram do šesti oblastí v intervalu 1σ uplatněním následujících pravidel. Tato pravidla se vztahují na regulační diagramy \bar{X} a \bar{X} . Všimněte si, že tato "pravidla trendu pro opatření" byly formulovány za předpokladu normálního rozdělení. Pravidla mohou být formulována tak, aby vyhovovaly jakémukoli jinému rozdělení.





■ Názvosloví

Standardní analogový třmenový mikrometr

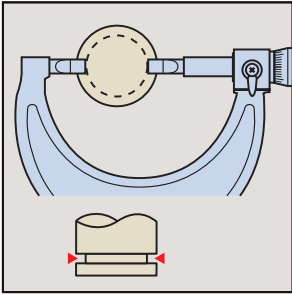


DIGIMATIC Třmenový mikrometr



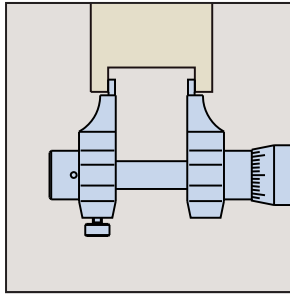
■ Aplikace použití zvláštních mikrometrů

Mikrometr s úzkými měřicími plochami



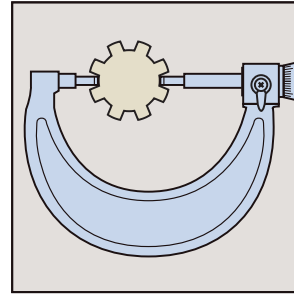
Pro měření průměru v úzkých drážkách

Mikrometr s měřicími čelistmi



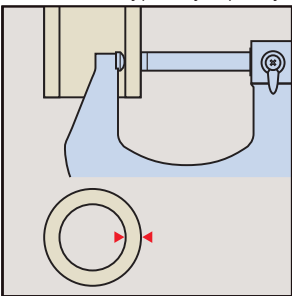
Pro měření malého vnitřního průměru a šířky drážky

Mikrometr s osazenými měřicími hroty



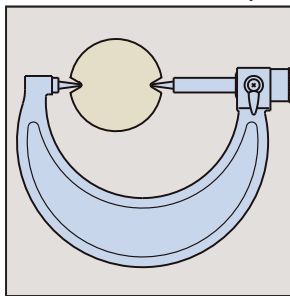
Pro měření průměru drážkovaného hřídele

Mikrometr s vypouklým pevným dotekem



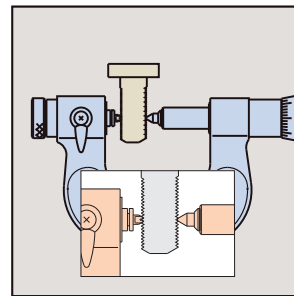
Pro měření tloušťky trubky

Mikrometr s měřicími hroty



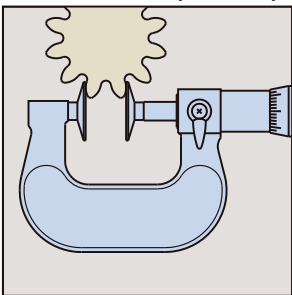
Pro měření patního průměru

Mikrometr na měření závitů



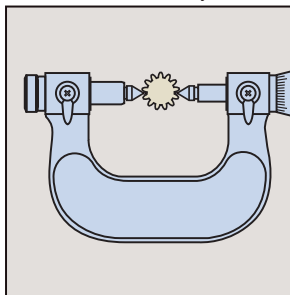
Pro měření efektivního průměru závitů

Mikrometr s talířovými doteky



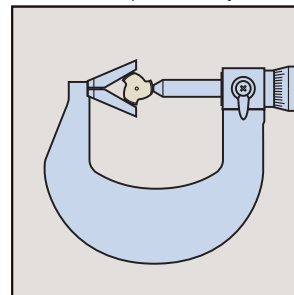
Pro měření "rozměru přes zuby" ozubených kol a kolo se šikmým ozubením.

Mikrometr s kuličkovými doteky



Pro měření středního průměru ozubených kol

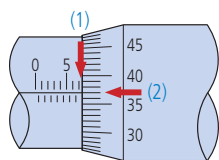
Mikrometr s prizmatickým měřicím dotekem



Pro měření 3 nebo 5ti břitých rezných nástrojů (fréz)

■ Jak odečítat ze stupnice

Mikrometr se standardní stupnicí (dělení: 0,01 mm)



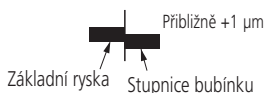
(1) Odečet stupnice pouzdra 7,00 mm

(2) Odečet stupnice bubínku + 0,37 mm

Celkový odečet 7,37 mm

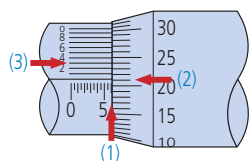
Pozn.) 0,37 mm (2) se odečítá v místě, kde je základní ryska pouzdra zarovnána se stupnicí bubínku.

Stupnici bubínku lze odečítat přímo na 0,01 mm, jak je uvedeno výše, ale může být také odhadnuta na 0,001 mm, pokud jsou rysky téměř shodné, protože tloušťka rysek je 1/5 rozteče mezi nimi.



Mikrometr s noniovou stupnicí (dělení: 0,001 mm)

Noniová stupnice za předpokladu, že je nad základní ryskou pouzdra, umožňuje přímé měření, které má být provedeno na 0,001 mm.



(1) Odečet stupnice pouzdra 6,000 mm

(2) Odečet stupnice bubínku 0,210 mm

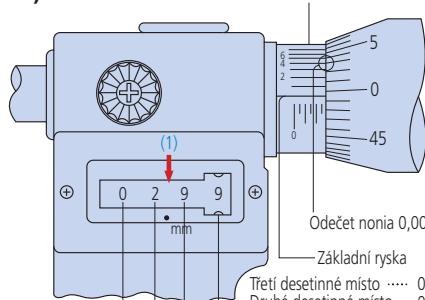
(3) Odečtení z označení noniové stupnice a rysky stupnice bubínku + 0,003 mm

Celkový odečet 6,213 mm

Pozn.) 0,21 mm (2) se odečítá v místě, kde je ryska mezi dvěma stupnicemi (21 a 22 v tomto případě). 0,003 mm (3) se odečítá v místě, jedna z rysek noniové stupnice je zarovnána s jednou z rysek stupnice bubínku.

Mikrometr s mechanickým číslicovým ukazatelem (číslíkový krok: 0,001 mm)

Třetí desetinné místo na noniové stupnici (jednotky 0,001 mm)



Odečet nonia 0,004mm (2)

Základní ryska

Třetí desetinné místo 0,004mm (2)

Druhé desetinné místo .. 0,090mm

První desetinné místo 0,900mm (1)

Milimetry 2,000mm

+ Desítky mm 00,000mm *Zobrazuje čtyři číslice.

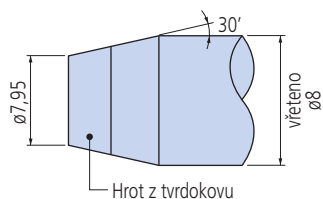
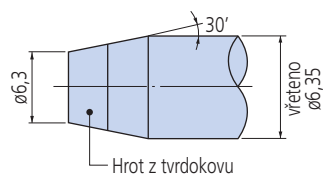
Celkový odečet 2,994mm

Pozn.) 0,004 mm (2) se odečítá v místě, kde jedna z rysek noniové stupnice je zarovnána s jednou z rysek stupnice bubínku.

■ Zařízení limitující měřicí sílu

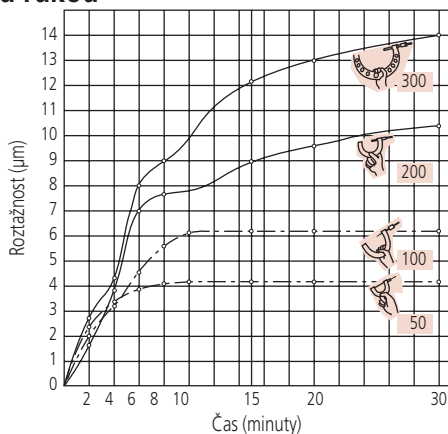
	Slyšitelný v provozu	Ovládnutí jednou rukou	Poznámky
Standardní řehačka	Ano	Nevhodný	Slyšitelné cvakání způsobující malé otřesy
Třecí bubínek (typ F)	Ne	Vhodný	Hladký chod bez otřesů nebo zvuk
Bubínková řehačka (typ T)	Ano	Vhodný	Slyšitelný provoz zajišťuje potvrzení konstantní měřicí síly
Bubínková řehačka	Ano	Vhodný	Slyšitelný provoz zajišťuje potvrzení konstantní měřicí síly

■ Detail měřicí plochy



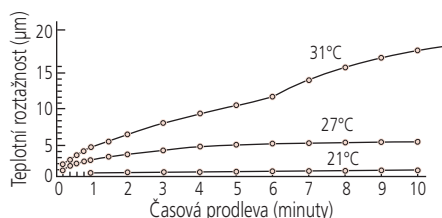
Nákresy výše jsou pouze pro ilustraci a nejsou v měřítku.

■ Roztažnost mikrometru v důsledku držení rámu holou rukou



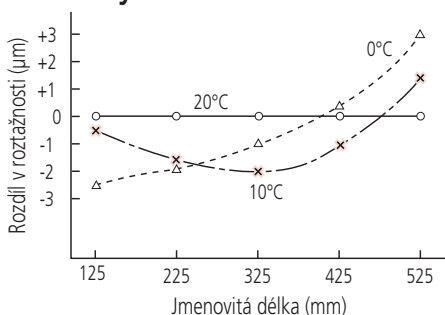
Z výše uvedeného grafu vyplývá, že se rám mikrometru rozpíná v důsledku přenosu tepla z ruky na rám, pokud je rám držen v holé ruce, což může mít za následek, jak je vidět, významné chyby měření, vyvoláním roztažnosti v důsledku teploty. Pokud musí být mikrometr během měření držen v ruce, pak se snažte minimalizovat čas kontaktu. Tepelně izolační kryt, pokud je nainstalován, výrazně sníží efekt roztažnosti nebo mohou být používány rukavice. (Všimněte si, že výše uvedený graf ukazuje typické účinky, které nelze zaručit.)

■ Roztažnost normálu délky se změnou teploty (pro 200 mm tyč při 20°C)



Experimentální graf výše ukazuje, jak se přesný mikrometrický normál rozpíná v čase, pokud lidé, jejichž ruce měly odlišné teploty (viz obrázek), drželi jeho konec při pokojové teplotě 20°C. Tento graf ukazuje, že je důležité nenastavovat mikrometr při přímém držení mikrometrického normálu, ale provádět nastavení pouze v rukavicích nebo normál délky lehce podepřít jeho tepelnými izolátory. Při provádění měření, si uvědomte, že rovněž trvá dlouho, než se roztažený mikrometrický normál vrátí do původní délky. (Vezměte na vědomí, že hodnoty v grafu nejsou zaručené hodnoty, ale hodnoty experimentální.)

■ Rozdíl v teplotní roztažnosti mezi mikrometrem a normálem délky



Ve výše uvedeném experimentu, poté co mikrometr a jeho normál byly ponechány při pokojové teplotě 20°C po dobu asi 24 hodin pro stabilizaci teploty, byl počáteční bod nastaven pomocí mikrometrického normálu. Poté byly mikrometr s jeho normálem ponechány při teplotách 0°C a 10°C po přibližně stejnou dobu a byl ověřen posun počátečního bodu. Ve výše uvedeném grafu je výsledek pro každou z velikostí od 125 do 525 mm při každé teplotě. Tento graf ukazuje, že i mikrometr a jeho normál musí být ponechány na stejném místě alespoň na několik hodin před úpravou počátečního bodu. (Vezměte na vědomí, že hodnoty v grafu nejsou zaručené hodnoty, ale hodnoty experimentální.)

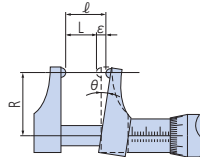
■ Vliv změny metody uchycení a orientace (Jednotky: µm)

Změna metody uchycení nebo orientace mikrometru po nastavení nuly ovlivňuje následně výsledky měření. Nižší uvedené tabulky poukazují na chyby měření, které lze očekávat v ostatních třech případech poté, co je u mikrometru nastavena nula v případě "Uchycení v dolní části a ve středu". Tyto skutečné výsledky ukazují, že nejlepšího nastavení a měření se dosáhne při použití stejné metody orientace a uchycení.

Metoda uchycení	Uchyceno v dolní části a ve středu	Uchyceno pouze ve středu
Orientace		
Maximální měřená délka (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

Metoda uchycení	Uchyceno ve středu v boční orientaci	Uchyceno rukou směrem dolů
Orientace		
Maximální měřená délka (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

■ Abbeho princip



Abbeho princip uvádí, že "maximální přesnost je získána, pokud stupnice a osy měření jsou rovnoběžné".

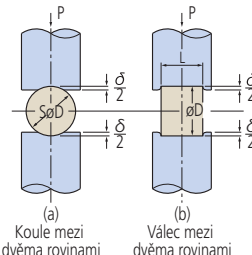
To je proto, že jakákoli změna v relativním úhlu (θ) pohybující se měřící čelisti měřidla, jako je například měřící čelist mikrometru, způsobí posun, který se neměří na stupnici měřidla, a to je Abbeho chyba ($\epsilon = l - L$ na obrázku). Chyba přímosti vřetena, vůle ve vedení vřetena nebo změna měřící síly, to vše může způsobit odlišnosti (θ) a chybu zvětšující se s R.

■ Hookeův zákon

Hookeův zákon říká, že napětí v elastickém materiálu je přímo úměrné napětí způsobujícím toto napětí za předpokladu, že napětí zůstává v elastické mezni hodnotě tohoto materiálu.

■ Hertzův vzorec

Hertzovy vzorce poskytují zdánlivé snížení průměru koulí a válců v důsledku elastického stlačení při měření mezi rovnými plochami. Tyto vzorce jsou užitečné pro stanovení deformace obrobku způsobené měřící silou v bodě a polohou přímkového dotyku.



Za předpokladu, že materiál je ocel a jednotky jsou následující:
 Modul pružnosti: $E = 205 \text{ GPa}$
 Množství deformací: δ (µm)
 Průměr koule nebo válce: D (mm)
 Délka válce: L (mm)
 Měřící síla: P (N)
 a) Zdánlivé snížení průměru koule
 $\delta_1 = 0,82 \sqrt{P^2/D}$
 b) Zdánlivé snížení průměru válce
 $\delta_2 = 0,094 \cdot P/L \sqrt{1/D}$

Měření středního průměru závitu

Metoda tří drátků

Střední průměr závitu může být měřen metodou tří drátků, jak je znázorněno na obrázku.

Výpočet středního průměru (E) pomocí rovnic (1) a (2).

Metrický zvit nebo normalizovaný zvit (60°)

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

Whitworthův zvit (55°)

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

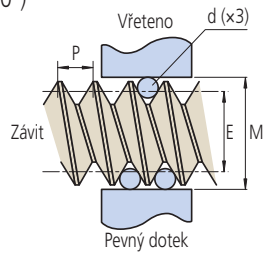
d = Průměr drátku

E = Střední průměr závitu

M = Odečet mikrometru včetně tří drátků

P = Stoupání závitu

(Převod palců na milimetry pro normalizované závity.)



Typ závitu	Optimální velikost drátku v D
Metrický zvit nebo normalizovaný zvit (60°)	0,577P
Whitworthův zvit (55°)	0,564P

Hlavní chyby metody měření třemi drátky

Příčina chyby	Opatření pro odstranění chyb	Přípustná chyba	Chyba, která nemusí být odstraněna ani s opatřeními
Chyba stoupání (obrobek)	1, Opravte chybu stoupání ($\delta p = \delta E$). 2, Změřte několik bodů a použijte jejich průměr. 3, Snižte jednotlivé chyby stoupání.	$\pm 1,8 \mu\text{m}$ za předpokladu, že chyba stoupání je 0,02 mm.	$\pm 3 \mu\text{m}$
Chyba polovičního úhlu (obrobek)	1, Použijte optimální průměr drátku. 2, Není vyžadována korekce.	$\pm 0,3 \mu\text{m}$	$\pm 0,3 \mu\text{m}$
V důsledku rozdílu pevného doteku	1, Použijte optimální průměr drátku. 2, Použijte drátek, který má průměr blízký se průměru drátku na straně jednoho drátku.	$\pm 8 \mu\text{m}$	$\pm 1 \mu\text{m}$
Chyba průměru drátku	1, Použijte předem stanovenou měřicí sílu odpovídající stoupání. 2, Použijte předem stanovenou šířku měřené hrany. 3, Použijte stabilní měřicí sílu.	$-3 \mu\text{m}$	$-1 \mu\text{m}$
Souhrnná chyba		V nejhorším případě $+20 \mu\text{m}$ $-35 \mu\text{m}$	Při pečlivém měření $+3 \mu\text{m}$ $-5 \mu\text{m}$

Metoda jednoho drátku

Střední průměr zvitníku s lichým počtem břitů může být měřen pomocí mikrometru s prizmatickým dotekem a metodou jednoho drátku. Získejte měřenou hodnotu (M₁) a vypočítejte M z rovnice (3) nebo (4).

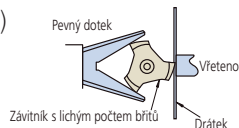
M₁ = Odečet mikrometru využitím jednoho drátku

D = Průměr zvitníku s lichým počtem břitů

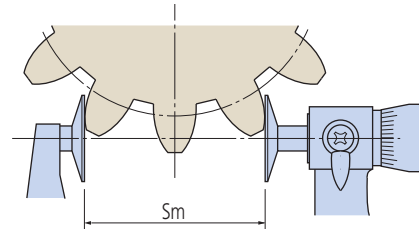
Zvitník se třemi břitů: $M = 3M_1 - 2D \quad \dots\dots(3)$

Zvitník se pěti břitů: $M = 2,2360M_1 - 1,2360D \quad \dots\dots(4)$

Následně přiřaďte vypočtené M do rovnice (1) nebo (2) pro výpočet středního průměru (E).



Měření rozměru přes zuby



Vzorec pro výpočet rozměru přes zuby (S_m):

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

Vzorec pro výpočet počtu zubů uvnitř rozměru přes zuby (Z_m):

$$Z_m' = Z \cdot K(f) + 0,5 \quad (Z_m \text{ je celé číslo nejbližší } Z_m')$$

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

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

m: Modul

α_0 : Úhel záběru

Z: Počet zubů

X: Modifikační koeficient výšky zubu

S_m: Rozměr přes zuby

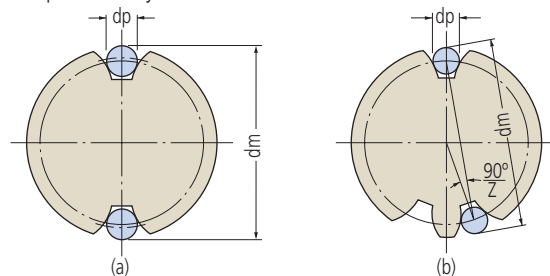
Z_m: Počet zubů uvnitř rozměru přes zuby

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

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

Měření ozubení

Metoda přes válečky



Pro ozubené kolo se sudým počtem zubů:

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

Pro ozubené kolo s lichým počtem zubů:

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

ale,

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

θ (inv θ) získáte z tabulky evolventní funkce.

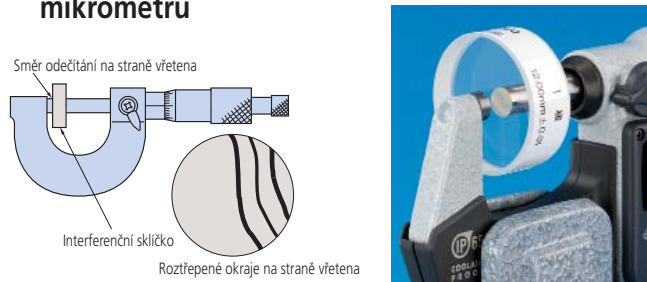
z: Počet zubů

α_0 : Úhel záběru zubů

m: Modul

X: Modifikační koeficient výšky zubu

■ Zkoušení rovnoběžnosti měřících ploch mikrometru

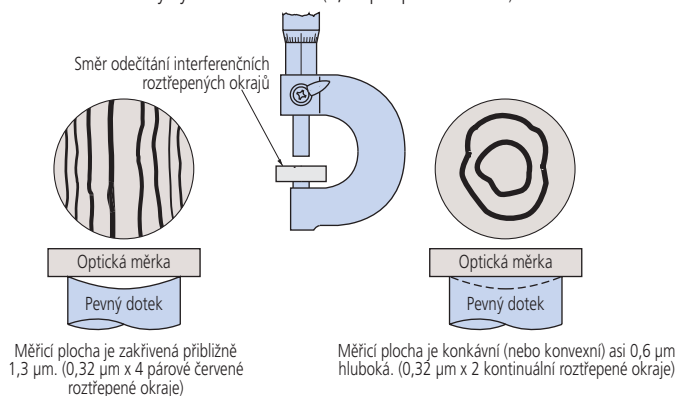


Rovnoběžnost lze odhadnout pomocí interferenčního sklíčka umístěného mezi měřícími plochami. Nejdříve umístíte sklíčko rovnoběžně s měřící plochou pevného doteku. Pak pomocí běžné měřicí síly dotáhněte vřeteno na sklíčko a spočítejte počet červených interferenčních proužků, které vidíte na měřicím povrchu vřetena v bílém světle. Každý roztřepený okraj představuje polovinu vlnové délky výškového rozdílu (0,32 μm pro červené roztřepené okraje).

Ve výše uvedeném obrázku je rovnoběžnost přibližně 1 μm získána z 0,32 μm x 3 = 0,96 μm .

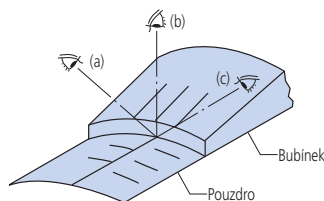
■ Zkoušení rovinnosti měřících ploch mikrometru

Rovinnost lze odhadnout pomocí optické měrky (nebo interferenčního sklíčka) držené proti měřicí ploše. Spočítejte počet červených interferenčních proužků viděných na měřicí ploše v bílém světle. Každý roztřepený okraj představuje polovinu vlnové délky výškového rozdílu (0,32 μm pro červenou).



■ Všeobecná pravidla pro používání mikrometrů

- 1, Pečlivě zkontrolujte typ, rozsah měření, přesnost a další specifikace výběru vhodného modelu pro danou aplikaci.
- 2, Před provedením měření ponechte mikrometr a obrobek při pokojové teplotě tak dlouho, dokud se jejich teploty nevyrovnejí před provedením měření.
- 3, Při odečítání proti bubínku s dělením se na základní rysku dívejte přímo. Pokud jsou rysky stupnice pozorovány pod úhlem, správné zarovnání pozice rysek nelze odečíst v důsledku paralaxní chyby.



(a) Ryska shora



(b) Přímý pohled na rysku

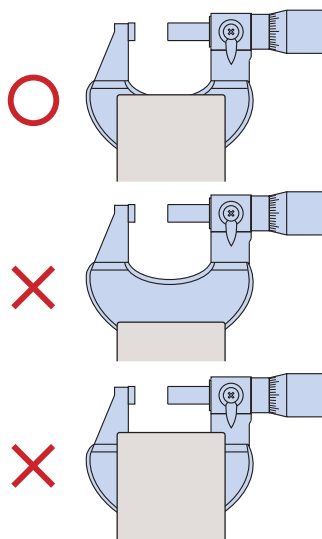


(c) Ryska zdola

- 4, Měřicí plochu pevného doteku a vřetena otřete papírem nepouštějící vláknů, a před měřením nastavte počáteční (nulový) bod.



- 5, Setřete veškerý prach, piliny a jiné nečistoty z obvodu a měřicí plochy vřetena jako součást denní údržby. Kromě toho, dostatečně otřete veškeré nečistoty a otisky prstů na každé části suchým hadříkem.
- 6, Používejte správnou konstantní sílu přístroje tak, aby měření byla prováděna správnou měřicí silou.
- 7, Při upevňování mikrometru do stojanu, by stojan měl upínat mikrometr za střed rámu. Neupínajte jej příliš pevně.



- 8, Dávejte pozor, abyste neupustili nebo nenarazili mikrometrem na cokoliv. Neotáčejte bubínkem mikrometru použitím nadměrné síly. Pokud se domníváte, že mikrometr může být poškozen v důsledku náhodného nesprávného zacházení, zajistěte, aby byla provedena kontrola jeho přesnosti před dalším použitím.
- 9, Po dlouhé době skladování nebo pokud není vidět ochranný olejový film, zlehka naneste na mikrometr antikorozi olej pomocí hadříku v něm namočeným.
- 10, Poznámky ke skladování:
 - Neskladujte mikrometr na přímém slunci.
 - Skladujte mikrometr na dobře větraném místě s nízkou vlhkostí.
 - Skladujte mikrometr v místě s malou prašností.
 - Skladujte mikrometr v pouzdru nebo jiném obalu, který by neměl být uchovávan na podlaze.
 - Při skladování mikrometru, vždy ponechte mezeru 0,1 až 1 mm mezi měřicími plochami.
 - Neskladujte mikrometr v upnutém stavu.

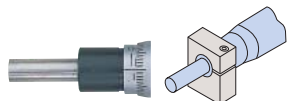


Klíčové faktory ve výběru

Klíčové faktory při výběru mikrometrické hlavice jsou měřicí rozsah, plocha vřetena, vřeteno, dělení, průměr bubínku, atd.

■ Stopka

Jednoduchá stopka



Stopka s upínací maticí



- Stopky použité v konstrukci mikrometrické hlavice jsou klasifikovány jako "jednoduché provedení" nebo "provedení s upínací maticí, jak je znázorněno výše. Průměry stopky jsou vyráběny podle nominální metrické nebo palcové velikosti s tolerancí h6.
- Stopka s upínací maticí umožňuje rychlé a bezpečné uchycení mikrometrické hlavice. Jednoduchá stopka má výhodu širšího uplatnění a mírného polohového nastavení v axiálním směru na konečném zařízení, i když to vyžaduje rozdělení uspořádání upnutí nebo adhezivní upevnění.
- Univerzální montážní příslušenství je k dispozici jako volitelné příslušenství.

■ Měřicí plocha



Plochá



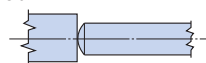
Vypouklá



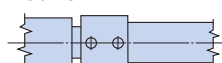
Neotáčivé zařízení

- Plochá měřicí plocha se často používá v případech, kde je mikrometrická hlavice použita v měřicích aplikacích.
- Pokud je mikrometrická hlavice použita jako doplňkové zařízení, může vypouklá měřicí plocha minimalizovat chyby v důsledku vychýlení (obr. A). Alternativně může plochá měřicí plocha na vřetenu tlačit proti kouli, jako je například kulička z tvrdokovu (obr. B).
- Provedení mikrometrických hlavic s neotáčivým vřetenem nebo s neotáčivým zařízením na vřetenu (obr. C) mohou být použity, pokud je třeba zabránit působení kroucení na obrobku.
- Pokud je mikrometrická hlavice použita jako doraz, pak obě ploché měřicí plochy na vřetenu a měřicí plochy zajišťují stabilní kontakt.

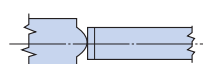
Obr. A



Obr. C



Obr. B



■ Neotáčivé vřeteno

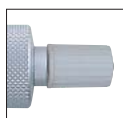
- Provedení hlavice s neotáčivým vřetenem nevykazuje působení kroucení na obrobek, což může být u některých aplikací důležitým faktorem.

■ Stoupání závitu vřetena

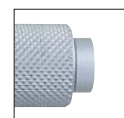
- Standardní provedení hlavice má stoupání 0,5 mm.
- Provedení se stoupáním 1 mm: poskytuje rychlejší nastavení než standardní provedení a zamezuje možnosti chyby čtení 0,5 mm. Vynikající nosné charakteristiky díky většímu závitě šroubu.
- Provedení se stoupáním 0,25 nebo 0,1 mm
Toto provedení je nejlepší pro aplikace vyžadující jemné stavění nebo přesné polohování.

■ Konstantní měřicí síla

- Mikrometrická hlavice opatřená zařízením konstantní síly (řehačkou nebo třecím bubínkem) se doporučuje pro aplikace měření.
- Pokud používáte mikrometrickou hlavici jako doraz, nebo tam, kde je prioritou úspora místa, je pravděpodobně nejlepší volbou hlavice bez řehačky.



Mikrometrická hlavice se zařízením konstantní síly



Mikrometrická hlavice bez zařízením konstantní síly (bez řehačky)

■ Aretace vřetena

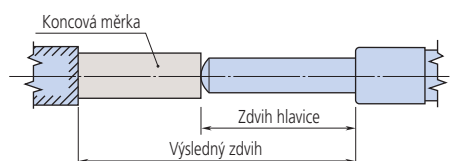
- Pokud je mikrometrická hlavice použita jako doraz, je vhodné používat hlavici s aretací, aby se nastavení nezměnilo ani při opakovaném rázovém namáhání.



■ Měřicí rozsah (zdvih)

- Při výběru měřicího rozsahu pro mikrometrickou hlavici, berte v úvahu dostatečnou rezervu s ohledem na předpokládaný zdvih měření. Pro standardní mikrometrické hlavice je k dispozici šest rozsahů zdvihů: 5 - 50 mm.
- I když se předpokládá malý zdvih, jako jsou 2 až 3 mm, bude cenově výhodné zvolit model s 25 mm zdvihem, pokud je pro instalaci dostatek místa.
- Pokud je nutný zdvih větší než 50 mm, je možné efektivní rozsah měření rozšířit současným použitím koncové měřky. (Obr. D)

Obr. D



- V této příručce je rozsah (nebo konec zdvihu) bubínku označen čerchovanou čarou. Při navrhování přípravku proto berte v úvahu konec zdvihu, neboť bubínek se pohybuje do polohy označené čerchovanou čarou.

■ Aplikace s jemným stavěním

- Pro manipulační aplikace, atd., které vyžadují mimořádně jemné stavění nebo nastavení vřetena, jsou k dispozici jednoúčelové mikrometrické hlavice.

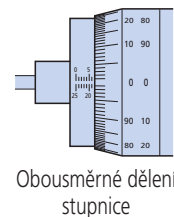
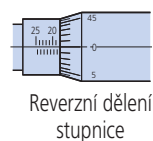
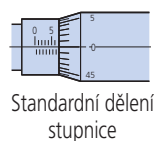
■ Průměr bubínku

- Průměr bubínku výrazně ovlivňuje jeho použitelnost a "jemnost" polohování. Malý průměr bubínku umožňuje rychlé polohování, zatímco velký průměr bubínku umožňuje jemné polohování a snadno čitelné dělení. Některé modely kombinují výhody obou prvků namontováním bubínku s hrubým stavěním (rychlousuvem) na bubínek velkého průměru.



■ Druhy dělení stupnice

- Je nutné věnovat pozornost při odečítání z mechanické mikrometrické hlavice, zejména v případě, že uživatel není s modelem obeznámen.
- "Standardní dělení stupnice", totožné s mikrometrickým odpichem, je standardem. U tohoto druhu dělení stupnice se odečítání zvyšuje podle toho, jak hluboko zajede vřeteno do těla.
- Naopak, pro "reverzní dělení stupnice", se odečítání zvyšuje dle toho, jak vřeteno vyjede z těla.
- "Obousměrné dělení stupnice" je určeno k usnadnění měření v obou směrech pomocí černých číslic pro normální, a červených číslic pro reverzní, provoz.
- Mikrometrické hlavice s mechanickým nebo elektronickým digitálním displejem, které umožňují přímé odečítání měřené hodnoty, jsou také k dispozici. Tyto typy jsou bez chyb špatného odečítání. Další výhodou je, že typ s elektronickým digitálním displejem může umožnit ukládání naměřených dat do počítače a jejich statistické zpracování.



■ Pokyny pro výrobu vlastních přípravků

Mikrometrická hlavice by měla být upevněna za stopku v přesně obrobeném otvoru pomocí upínací metody, která nevyvíjí nadměrnou sílu na stopku. Existují tři běžné upevňovací metody, jak je uvedeno níže. Metoda (3) se nedoporučuje. Pokud je to možné, použijte metodu (1) nebo (2).

(Jednotky: mm)

Způsob montáže	(1) Upínací matice				(2) Vestavěný upínací přípravek				(3) Stavěcí šroub			
	Průměr stopky	ø9,5	ø10	ø12	ø18	ø9,5	ø10	ø12	ø18	ø9,5	ø10	ø12
G7 +0,005 až +0,020		G7 +0,006 až +0,024		G7 +0,005 až +0,020		G7 +0,006 až +0,024		H5 0 až +0,006		H5 0 až +0,008		
Montážní otvor												
Montážní tolerance												
Opatření	Pozornost by měla být věnována tomu, aby čelo A bylo kolmo k montážnímu otvoru. Stopku lze upnout bez problémů při kolmosti 0.16/6.5.				Obruste otřepty vytvořené na stěně montážního otvoru během řezání.				Vhodné závity pro stavěcí šroub jsou M3x0,5 nebo M4x0,7. Aby se zabránilo poškození stopky, použijte pod stavěcí šroub mosazný kolík (pokud to umožňuje tloušťka přípravku).			

Body, které je třeba mít na paměti

A面

■ Maximální zatížení mikrometrické hlavice

Maximální zatížení mikrometrické hlavice závisí především na způsobu montáže a zda je zatížení statické nebo dynamické (například se používá jako doraz). Proto maximální zatížení každého modelu nelze s konečnou platností specifikovat. Limity zatížení doporučené Mitutoyo (pro méně než 100 000 otáček, pokud jsou použity pro měření v rámci rozsahu přesnosti) a výsledky statických zatěžovacích zkoušek při použití malé mikrometrické hlavice, jsou uvedeny níže.

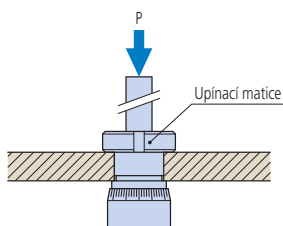
1. Doporučená maximální nosnost

		Maximální zatížení
Standardní provedení	(stoupání vřetena: 0,5 mm)	Až přibližně 39,227 N / 4 kgf *
	Stoupání vřetena: 0,1 mm/0,25 mm	Až přibližně 19,613 N / 2 kgf
Vysoce funkční provedení	Stoupání vřetena: 0,5 mm	Až přibližně 39,227 N / 4 kgf
	Stoupání vřetena: 1,0 mm	Až přibližně 58,840 N / 6 kgf
	Neotáčivé vřeteno	Až přibližně 19,613 N / 2 kgf
	Série 110, provedení s velmi jemným stavěním (s diferenciálním mechanismem)	Až přibližně 19,613 N / 2 kgf

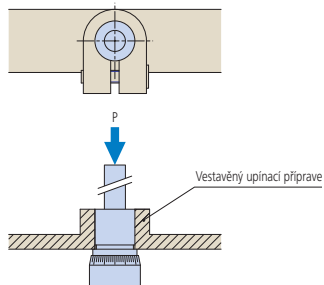
* Až přibližně **19,613 N** / 2 kgf pouze pro velmi malé modely

2. Statická zatěžovací zkouška mikrometrických hlav (za použití modelů 148-104 / 148-103 pro tento test)

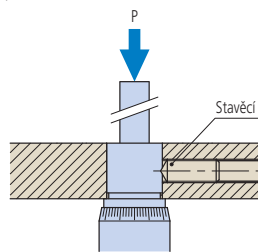
(1) Upínací matice



(2) Vestavěný upínací přípravek



(3) Stavěcí šroub

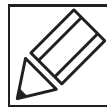


Zkušební metoda

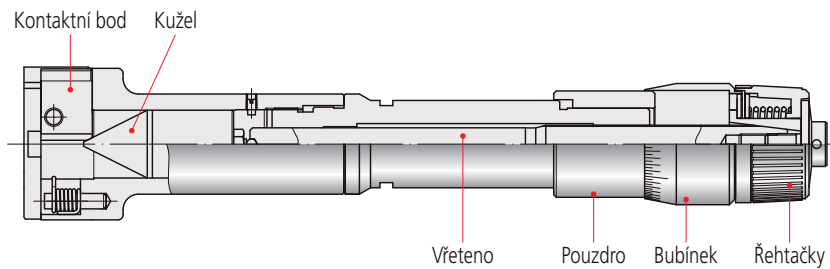
Mikrometrické hlavice byly upevněny dle obr. vedle a následně byla měřena síla, při které byla hlavice poškozena nebo vytlačena z přípravku během působení statického zatížení ve směru P.
(V testech nebyl zohledněn rozsah přesnosti.)

Způsob montáže	Poškození / uvolnění zatížení*
(1) Upínací matice	K poškození hlavní jednotky dojde při 8,63 až 9,8 kN (880 až 1000 kgf).
(2) Vestavěný upínací přípravek	Hlavní jednotka bude vysunuta z přípravku při 0,69 až 0,98 kN (70 až 100 kgf).
(3) Stavěcí šroub	K poškození stavěcího šroubu dojde při 0,69 až 1,08 kN (70 až 110 kgf).

*Tyto hodnoty zatížení by měly být brány pouze jako přibližné vodítko.



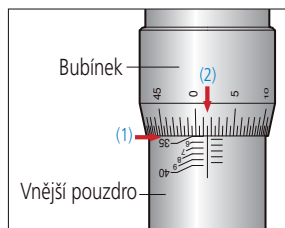
Názvosloví



Jak odečítat ze stupnice

Dělení 0,005mm

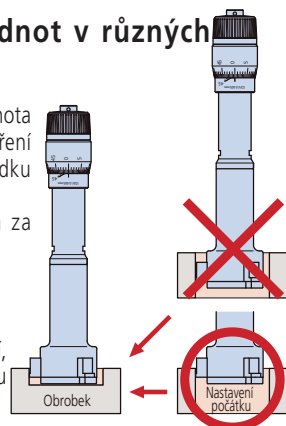
(1) Vnější pouzdro	35 mm
(2) Bubínek	0,015 mm
Celkový odečet	35,015 mm



Změny naměřených hodnot v různých bodech měření

Pokud se používá Holtest, naměřená hodnota se liší od měření přes pevný dotek a měření pouze na hrotu pevného doteku v důsledku mechanizmu přípravku.

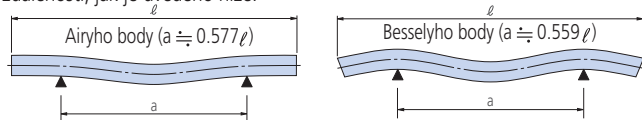
Počáteční bod nastavte před měřením za stejných podmínek.



Při použití hrotu pevného doteku pro měření, nastavte počáteční bod pro použití hrotu pevného doteku.

Airyho a Besselyho body

Pokud normál délky nebo mikrometrický odpich leží vodorovně, podpírán co nejjednodušeji na dvou místech, ohýbá se pod svou vlastní vahou do tvaru, který závisí na rozteči těchto bodů. Mezi body, které řídí tuto deformaci, existují dvě vzdálenosti, jak je uvedeno níže.



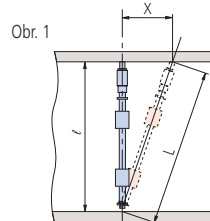
Konce normálu délky (nebo mikrometru), mohou být přesně vodorovně umístěním dvou symetrických podpěr, jak je uvedeno výše. Tyto body se označují jako "Airyho body" a jsou běžně používány k tomu, aby konce normálu délky byly navzájem rovnoběžné, takže délka je dobře definována.

Změny v normálu délky (nebo mikrometru) v důsledku ohýbání, lze minimalizovat roztažením dvou symetrických podpěr, jak je uvedeno výše. Tyto body jsou známy jako "Besselyho body" a mohou být užitečné při používání dlouhého mikrometrického odpichu.

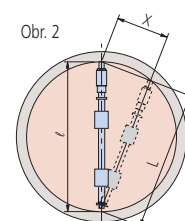
Chyba měření díky změnám teploty mikrometru

Přenos tepla od obsluhy na mikrometr by měl být minimalizován, aby se zamezilo jakékoli významné chybě měření v důsledku teplotního rozdílu mezi obrobkem a mikrometrem. Pokud je mikrometr při měření držen přímo rukou, používejte rukavice nebo jej držte za tepelně izolační kryt (pokud je namontován).

Chyby vychýlení

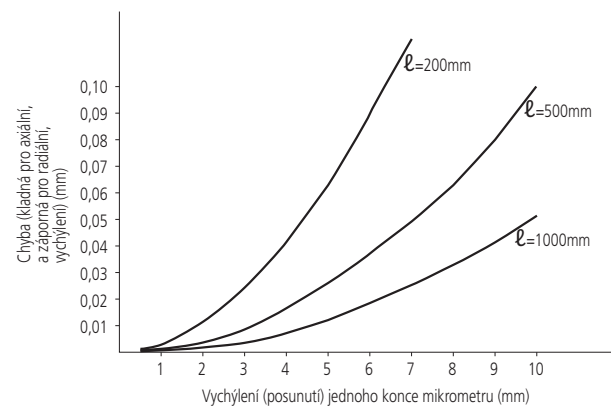


ℓ : Vnitřní průměr, který má být měřen
 L : Měřená délka s axiálním posunutím X
 X : Posunutí v axiálním směru
 $\Delta\ell$: Chyba v měření
 $\Delta\ell$: $L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$



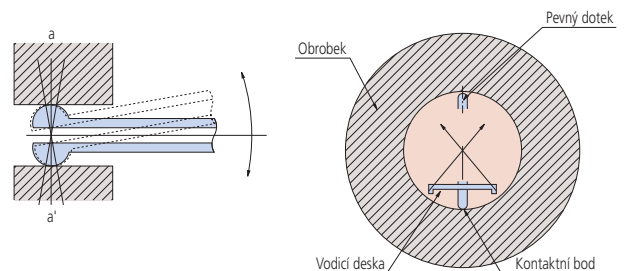
ℓ : Vnitřní průměr, který má být měřen
 L : Měřená délka s axiálním posunutím X
 X : Posunutí v axiálním směru
 $\Delta\ell$: Chyba v měření
 $\Delta\ell$: $L - \ell = \sqrt{\ell^2 - X^2} - \ell$

Pokud je mikrometrický odpich nevyrovnaný v axiálním nebo radiálním směru od odsazení X , když je provedeno měření jako na obrázcích 1 a 2, pak toto měření bude chybné, jak je znázorněno v následujícím grafu (konstruováno na základě vzorců uvedených výše). Chyba je kladná pro axiální vychýlení a záporná pro radiální vychýlení.



Dutinoměry

Mitutoyo dutinoměry pro malé otvory jsou vybaveny kontaktními prvky s velkým zakřivením, takže mohou být snadno umístěny pro měření skutečného průměru (ve směru $a-a'$) otvoru. Skutečný průměr je minimální hodnota zobrazená na číselníku při kývání dutinoměrem, jak ukazuje šipka.



Odpružená vodící deska na Mitutoyo dvoubodovém dutinoměru automaticky zajišťuje radiální zarovnání tak, že k nalezení minimální hodnoty (skutečného průměru) je zapotřebí pouze axiální kývací pohyb.

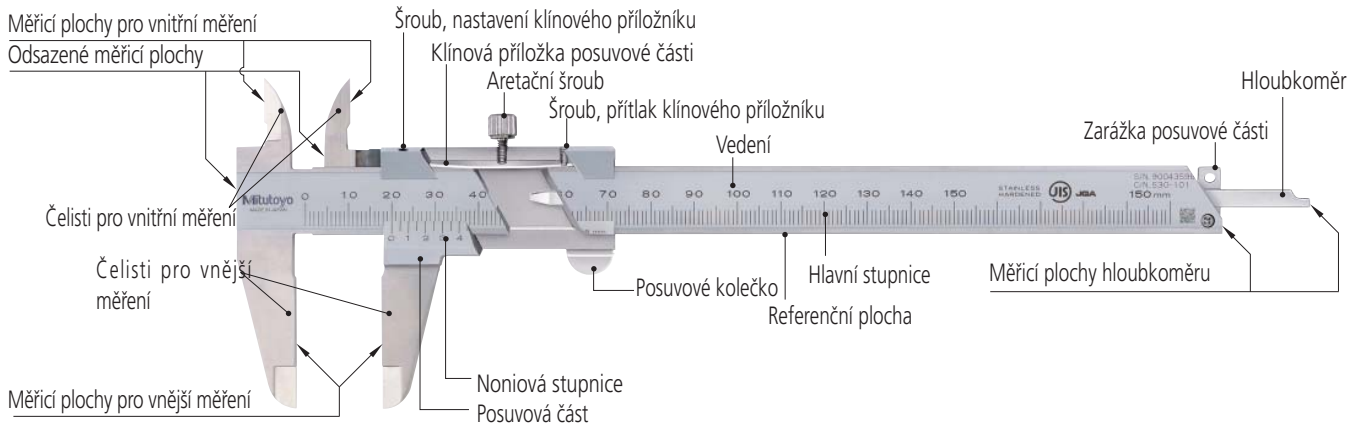
Stručný průvodce přesnými měřicími přístroji



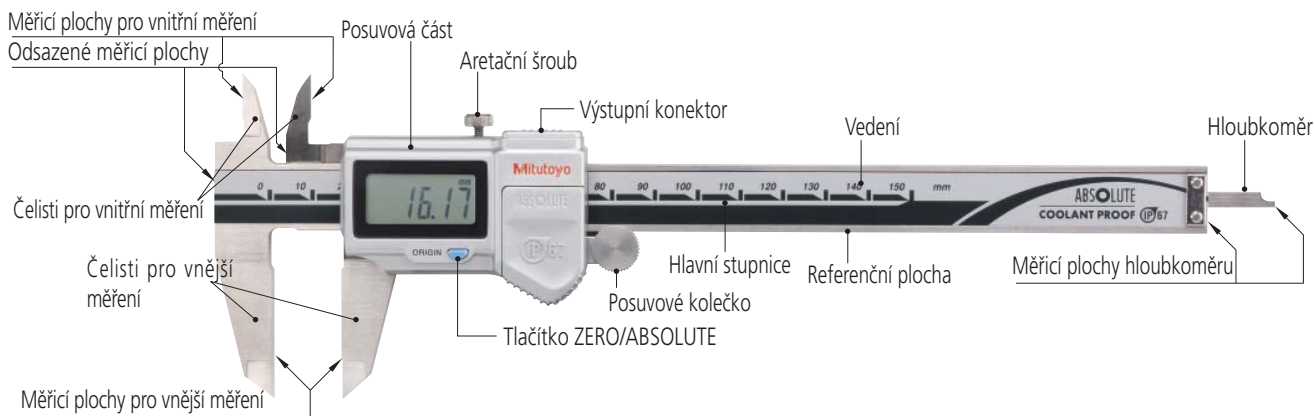
Posuvná měřítka

Názvosloví

Posuvné měřítko



ABSOLUTE DIGIMATIC Posuvné měřítko



Jak odečítat ze stupnice

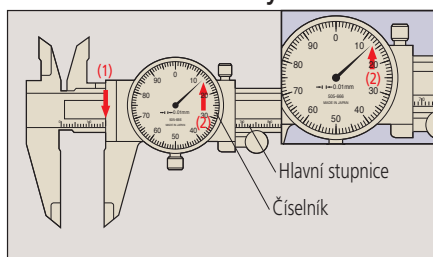
Posuvná měřítka s noniem



Dělení 0,05 mm

(1) Odečet hlavní stupnice	4,00 mm
(2) Odečet noniové stupnice	0,75 mm
Celkový odečet	4,75 mm

Posuvná měřítka s účlykoměrem

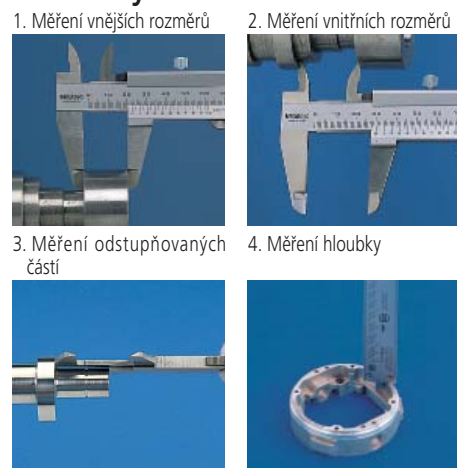


Dělení 0,01 mm

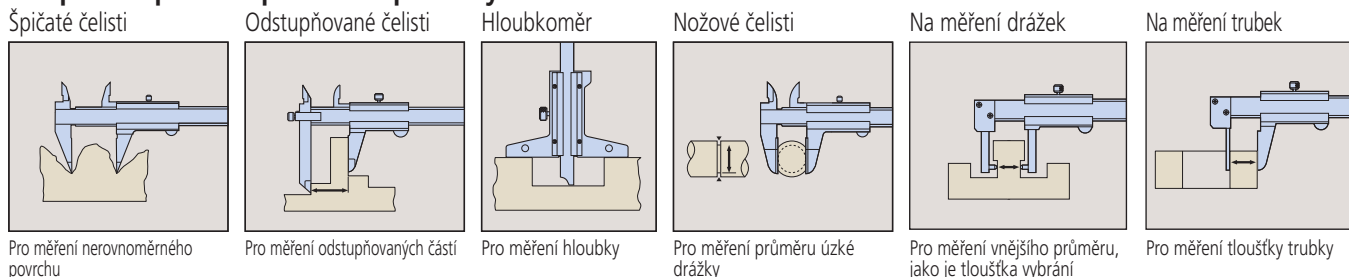
(1) Odečet hlavní stupnice	16 mm
(2) Odečet číselníku	0,13 mm
Celkový odečet	16,13 mm

Pozn.) Vlevo nahoře je odečet 0,75 mm (2) v místě, kde ryska dělení hlavní stupnice odpovídá rysce dělení noniové stupnice.

Příklady měření



Applikace použití speciálních posuvných měřítok



Pro měření nerovnoměrného povrchu

Pro měření odstupňovaných částí

Pro měření hloubky

Pro měření průměru úzké drážky

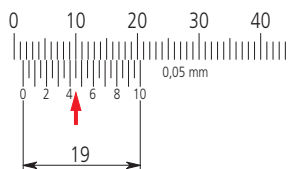
Pro měření vnějšího průměru, jako je tloušťka vybrání

Pro měření tloušťky trubky

■ Druhy noniové stupnice

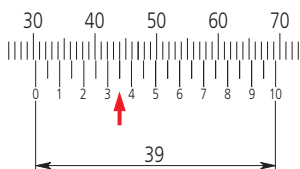
Noniová stupnice je připojena k posuvné části posuvného měřítka a každá ryska na této stupnici je vyrobena o 0,05 mm kratší než jedna 1 mm ryska hlavní stupnice. Toto znamená, že jak jsou čelisti posuvného měřítka otevřeny, každý následující pohyb o 0,05 mm přivádí následující rysku noniové stupnice do shody s ryskou hlavní stupnice a ukazuje tak počet 0,05 mm jednotek, které je zapotřebí započítat (ačkoli pro pohodlí je stupnice očíslována ve zlomcích mm). Alternativně může být jedna ryska noniové stupnice o 0,05 mm kratší než dvě rysky hlavní stupnice, pro vytvoření dlouhé noniové stupnice. Toto dělá stupnici snazší pro odečítání, ale princip a dělení jsou stále stejné.

● Standardní noniová stupnice (dělení 0,05 mm)



Odečet 1,45 mm

● Dlouhá noniová stupnice (dělení 0,05 mm)

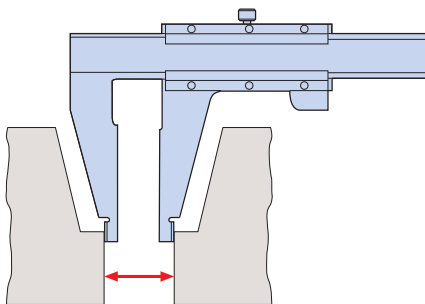


Odečet 30,35 mm

■ O dlouhých posuvných měřítkách

Ocelová pravítka se běžně používají k hrubému měření velkých obrobků. Pokud je ale potřeba více přesnosti, pak je pro tuto práci vhodné dlouhé posuvné měřítko. Dlouhé posuvné měřítko je velmi vhodné pro jeho uživatelskou přívětivost, ale vyžaduje určitou péči při používání. V první řadě je třeba si uvědomit, že neexistuje žádný vztah mezi rozlišením a přesností. Podrobnosti o hodnotách naleznete v našem katalogu. Rozlišení je konstantní, kdežto dosažitelná přesnost se dramaticky mění podle toho, jak je posuvné měřítko používáno.

Metoda měření s tímto nástrojem je problémová díky zkreslení hlavního vedení způsobujícího velkou chybu měření, takže přesnost se bude značně lišit v závislosti na způsobu podpírání posuvného měřítka v době měření. Také dávejte pozor, abyste nepoužili příliš velkou měřicí sílu při použití měřících ploch pro vnější měření, pokud jsou v nejvzdálenějším místě hlavního vedení, takže v tomto místě bude chyba maximální. Toto opatření je také nutné při používání hrotů měřících ploch pro vnější měření posuvného měřítka s dlouhými čelistmi.



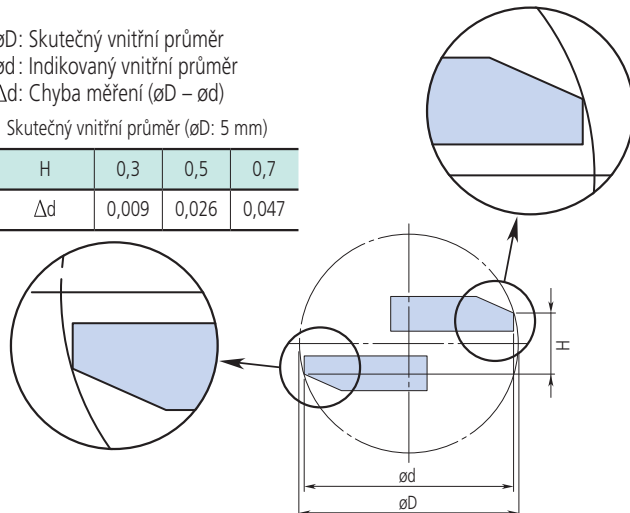
■ Měření malého otvoru pomocí standardního posuvného měřítka

Ke strukturální chybě dochází při měření vnitřního průměru malého otvoru.

$\varnothing D$: Skutečný vnitřní průměr
 $\varnothing d$: Indikovaný vnitřní průměr
 Δd : Chyba měření ($\varnothing D - \varnothing d$)

Skutečný vnitřní průměr ($\varnothing D$: 5 mm)

H	0,3	0,5	0,7
Δd	0,009	0,026	0,047

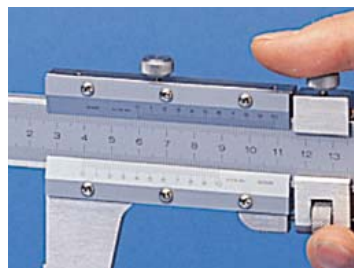
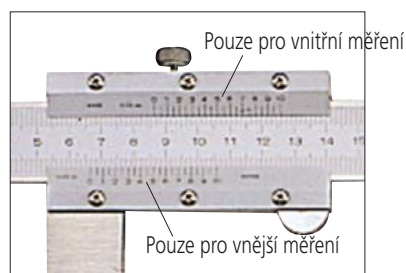


■ Měření vnitřních rozměrů s posuvným měřítkem s odstupňovanými čelistmi

Vzhledem k tomu, že měřících ploch pro vnitřní měření posuvného měřítka jsou na špičkách čelistí rovnoběžné měřící plochy, jsou významně ovlivněny měřicí silou a to je velkým faktorem v dosažitelné přesnosti měření.

Na rozdíl od standardního posuvného měřítka, posuvné měřítko s odstupňovanými čelistmi namůžte měřit velmi malý průměr otvoru, protože je omezeno velikostí odstupňování čelistí, ačkoli to normálně není na obtíž, jako by to bylo neobvyklé mít pro měření velmi malého otvoru toto provedení posuvného měřítka. Samozřejmě, poloměr zaoblení měřících ploch pro vnitřní měření je vždy dost malý na to, aby umožnil správné měření průměru otvoru až do správné nejnižší krajní polohy (uzavření čelistí).

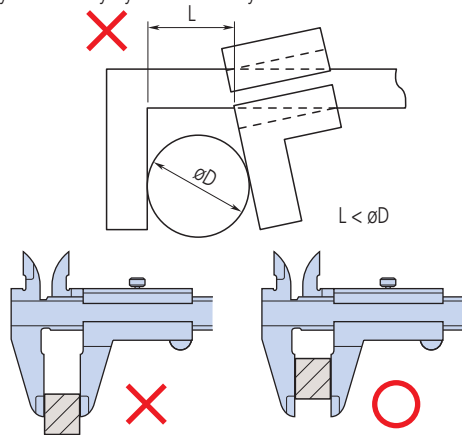
Mitutoyo posuvné měřítko s odstupňovanými čelistmi je na posuvné části vybaveno doplňkovou stupnicí pro vnitřní měření, takže lze odečítat přímo, bez nutnosti výpočtu, stejně jako pro vnější měření. Tato užitečná funkce eliminuje možnost vzniku chyby, ke které dochází při korekci vnitřní tloušťky čelisti u jednoduché stupnice posuvného měřítka.



■ Všeobecné poznámky k používání posuvného měřítka

1. Potenciální příčiny chyby

Řada faktorů může způsobit chyby při měření s posuvným měřítkem. Hlavními faktory jsou paralaxní jevy, nadměrná měřicí síla v důsledku nesouladu posuvného měřítka s Abbého principem, rozdílné teplotní roztažnosti díky rozdílu teplot mezi posuvným měřítkem a obrobkem a vliv tloušťky čelistí s nožovými hroty a vzdálenosti mezi těmito čelistmi v průběhu měření průměru malého otvoru. Přestože existují i jiné chybové faktory, jako je přesnost dělení stupnice, přímost referenční hrany, rovinnost hlavní stupnice na hlavní čelisti a pravouhlost čelistí, jsou tyto faktory zahrnuty do chyby přístroje měřicího zařízení. Proto tyto faktory nezpůsobují problémy, dokud posuvné měřítko odpovídá toleranci chyby přístroje. Poznámky k manipulaci jsou velmi důležité, aby uživatelé mohli pochopit, před použitím, chybové faktory způsobené strukturou posuvného měřítka. Tyto poznámky se vztahují k měřicí síle a popisují, že "ačkoli posuvné měřítko nemá zařízení konstantní síly, je nutné měřit obrobek vhodnou měřicí silou. Dbejte zvýšené opatrnosti při měření kořenem nebo špičkou čelistí, protože v těchto případech by se mohla vyskytnout velká chyba měření".



2. Vnitřní měření

Čelisti pro vnitřní měření vložte tak hluboko, jak jen to je před měřením možné. Odečtěte maximální zobrazovanou hodnotu při vnitřním měření. Odečtěte minimální zobrazovanou hodnotu při měření šířky drážky.

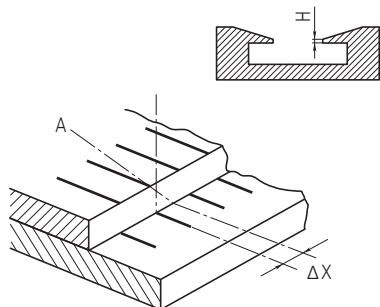
3. Měření hloubky

Odečtěte minimální zobrazovanou hodnotu během měření hloubky.

4. Paralaxní chyba při odečítání stupnice

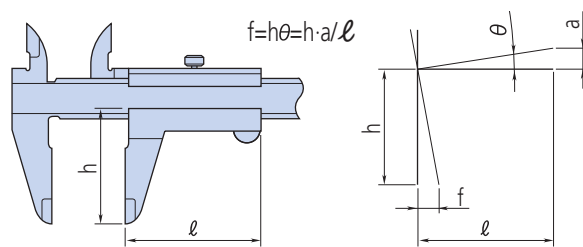
Dívejte se přímo na rysku noniové stupnice při kontrole zarovnání rysky noniové stupnice vůči rysce hlavní stupnice.

Pokud se díváte na rysku noniové stupnice ze šikmého směru (A), je zdánlivá pozice zarovnání zkreslena hodnotou ΔX , jak je znázorněno na obrázku níže, vzhledem k paralaxnímu jevu způsobenému výškou schodu (H) mezi rovinami noniové stupnice a hlavní stupnice, což má za následek chybu odečtení naměřené hodnoty.



5. Chyba naklonění posuvné čelisti

Pokud se posuvná čelist nakloní od paralelní pevné čelisti, a to buď díky působení nadměrné síly na posuvnou část nebo nedostatkem přímosti referenční hrany nosníku, dojde k chybě měření, jak je znázorněno na obrázku. Tato chyba může být zásadní vzhledem k tomu, že posuvné měřítko není v souladu s Abbého principem.



Příklad: Předpokládejme, že chyba sklonu čelisti v důsledku naklonění posuvné části je 0,01 mm pro 50 mm a čelisti pro vnější měření jsou 40 mm hluboké, pak chyba (v hrotu čelisti) se vypočte podle $(40 / 50) \times 0,01 \text{ mm} = 0,008 \text{ mm}$. Pokud plocha vedení je opotřebovaná, pak může být chyba přítomna i při působení správné měřicí síly.

6. Vztah mezi měřením a teplotou

Hlavní stupnice posuvného měřítka je vyryta (nebo namontována) na nerezovou ocel, a přestože koeficient lineární teplotní roztažnosti se rovná jednomu z nejčastějších materiálů obrobku, oceli, tj. $(10,2 \pm 1) \times 10^{-6} / \text{K}$, uvědomte si, že u ostatních materiálů obrobků pokojová teplota a teplota obrobku ovlivní přesnost měření.

7. Manipulace

Čelisti posuvného měřítka jsou ostré, a proto se s přístrojem musí zacházet opatrně, aby nedošlo ke zranění osob.

Zabraňte poškození stupnice digitálního posuvného měřítka a negravírujte identifikační číslo nebo jiné informace o něm elektrickým popisovačem.

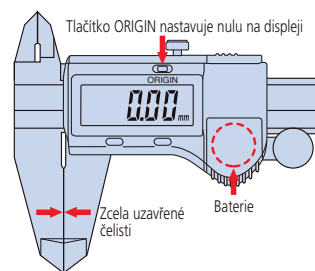
Zabraňte poškození posuvného měřítka nárazem tvrdými předměty nebo pádem na stůl nebo na podlahu.

8. Údržba kluzných ploch vedení a měřících ploch

Otřete prach a nečistoty z kluzných ploch a měřících ploch měkkým suchým hadříkem před použitím posuvného měřítka.

9. Kontrola a nastavení počátku před použitím

Vyčistěte měřicí plochy uchopením listu čistého papíru mezi čelisti pro vnější měření a následně jej pomalu vytáhněte. Zavřete čelisti a zajistěte, aby noniová stupnice (nebo displej) zobrazovaly nulu před použitím posuvného měřítka. Při používání DIGIMATIC posuvného měřítka, obnovte počátek (tlačítko ORIGIN) po výměně baterie.



10. Manipulace po použití

Po použití posuvného měřítka úplně otřete vodu a olej. Pak lehce aplikujte antikorozi oleje a nechte jej uschnout před uskladněním.

Stejně tak otřete vodu z voděodolného posuvného měřítka, protože může také způsobit korozi.

11. Poznámky ke skladování

Vyhnete se přímému slunečnímu záření, vysokým teplotám, nízkým teplotám a vysoké vlhkosti během skladování.

Pokud digitální posuvné měřítko nebude používáno po více než tři měsíce, vyjměte baterii před uskladněním.

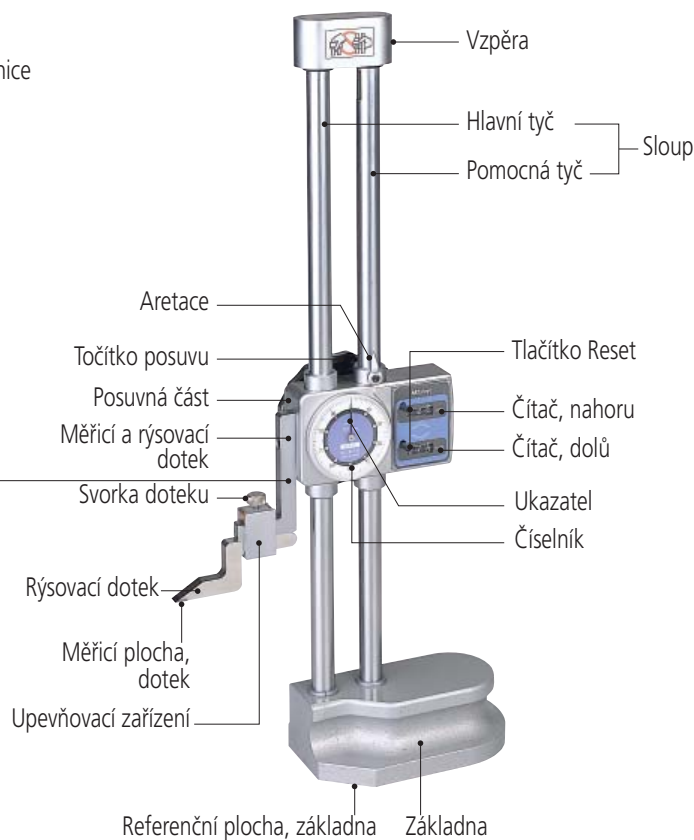
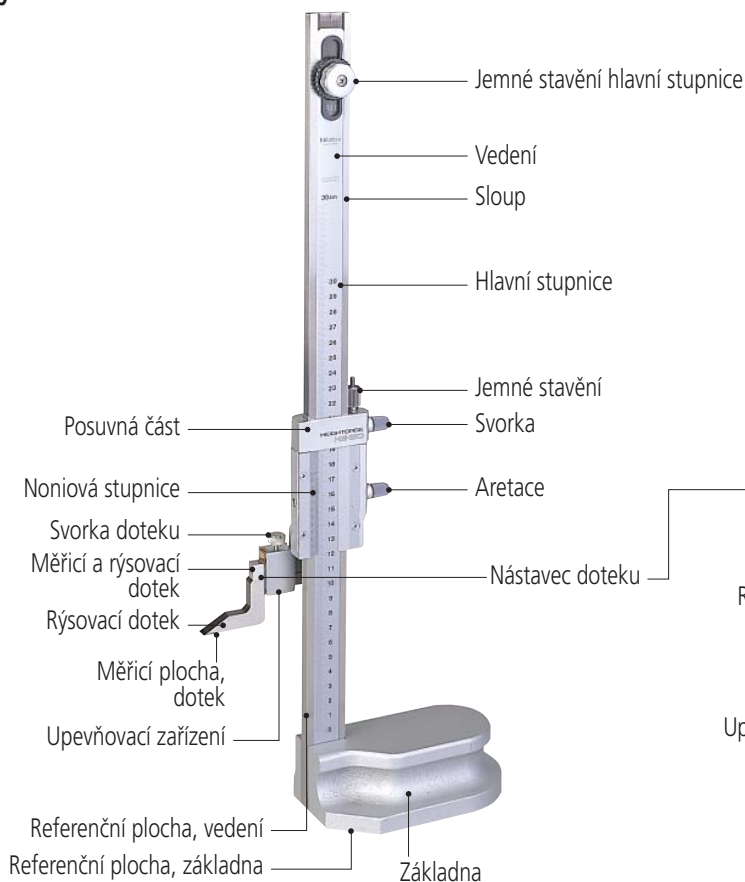
Během skladování nenechávejte čelisti posuvného měřítka zcela uzavřené.



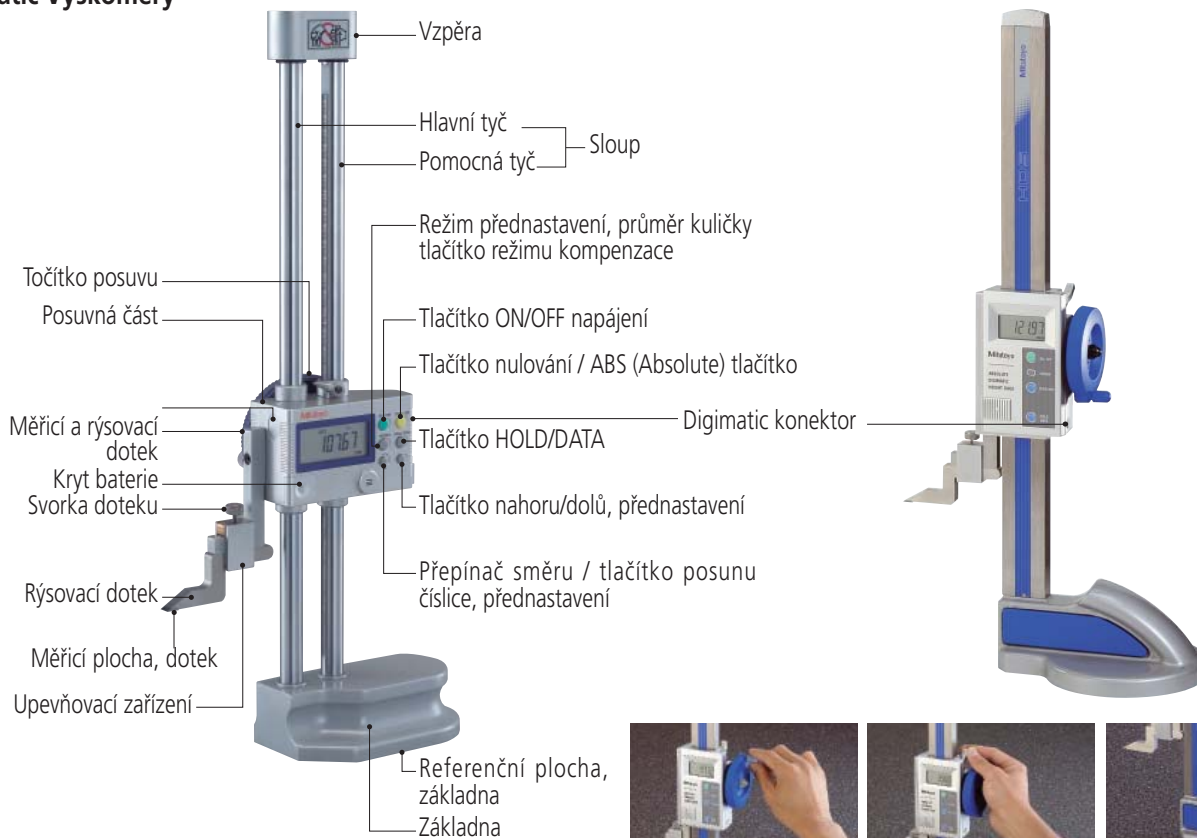
Názvosloví

Výškoměr s noniem

Mechanický číslicový výškoměr



Digimatic Výškoměry



Kolečko posuvné části



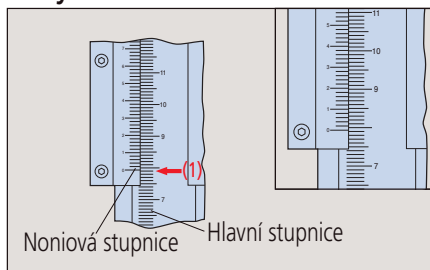
Aretace posuvné části



Ergonomická základna

■ Jak odečítat ze stupnice

■ Výškoměr s noniem



Dělení 0,02 mm

(1) Hlavní stupnice 79 mm

(2) Nonius 0,36 mm

Celkový odečet 79,36 mm

■ Všeobecné poznámky k používání výškoměrů

1. Potenciální příčiny chyby

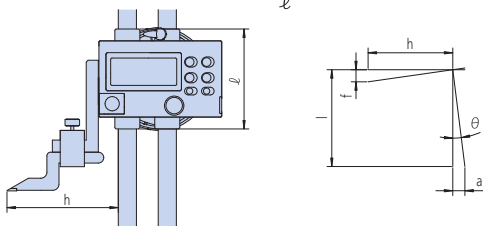
Stejně jako posuvné měřítko, chybové faktory obsahují paralaxní účinky, chybu způsobenou nadměrnou měřicí silou vzhledem k tomu, že výškoměr není v souladu s Abbeho principem a různé teplotní roztažnosti kvůli teplotnímu rozdílu mezi výškoměrem a obrobkem.

Existují také další chybové faktory způsobené strukturou výškoměru. Zejména je třeba si prostudovat chybové faktory, popsané níže, související se zakřivením referenční hrany a instalací rýsovací jehly, před použitím.

2. Deformace referenční hrany (sloupu) a instalace rýsovací jehly

Stejně jako posuvné měřítko a jak je znázorněno na obrázku, chyby výsledků měření při použití výškoměru, pokud je referenční sloup, který vede posuvnou část, zdeformovaný. Tato chyba může být reprezentována stejným vzorcem pro výpočet chyby způsobené neshodou s Abbeho principem.

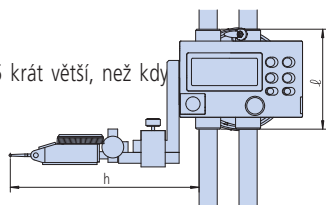
$$f = h \theta = h \frac{a}{L}$$



Instalace rýsovací jehly (nebo páčkového úchylkoměru) je třeba důkladně zvážit, protože ovlivňuje velikost jakékoli chyby v důsledku zakřivení referenčního sloupu, zvýšením rozměru h ve výše uvedeném vzorci. Jinými slovy, v případě, že se používá dlouhá rýsovací jehla (zvl. příslušenství) nebo páčkový úchylkoměr, chyba měření se zvětší.

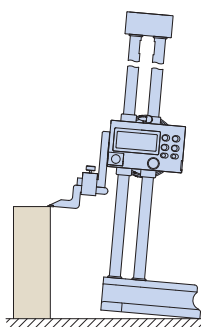
Příklad: Vliv polohy měřicího bodu

Pokud h je 150 mm, chyba je 1,5 krát větší, než kdy h je 100 mm.



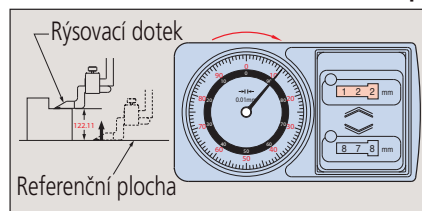
3. Zdvhání základny z referenční plochy

Při nastavování výšky rýsovací jehly od koncové měřky nebo od obrobku, se může základna zvednout z povrchu desky, pokud na posuvnou část působí nadměrná síla směrem dolů, a to má za následek chyby měření. Pro přesné nastavení, přesuňte posuvnou část pomalu dolů, přičemž pohybujte hrotem rýsovací jehly sem a tam po povrchu koncové měřky (nebo obrobku). Správné nastavení je, když se rýsovací jehla jen lehce dotýká, jak se pohybuje přes okraj povrchu. Před použitím je také nutné se ujistit, že je povrch desky a základní referenční plochy výškoměru bez prachu a ořepů.



■ Mechanický číslicový výškoměr

Měření směrem nahoru od referenční plochy

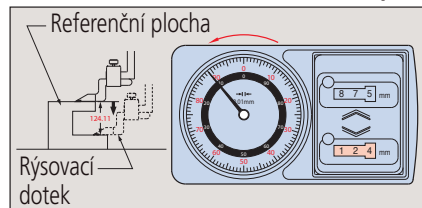


Čítač 122 mm

Číselník 0,11 mm

Celkový odečet 122,11 mm

Měření směrem dolů od referenční plochy



Čítač 124 mm

Číselník 0,11 mm

Celkový odečet 124,11 mm

4. Vztah mezi přesností a teplotou

Výškoměry jsou vyrobeny z různých materiálů. Uvědomte si, že některé kombinace materiálu obrobku, teploty v místnosti a teploty obrobku mohou ovlivnit přesnost měření, pokud tento účinek není povolen provedením korekce výpočtu.

5. Hrot rýsovací jehly výškoměru je velmi ostrý a musí s ním být zacházeno opatrně, aby se zabránilo zranění osob.

6. Nenechte poškodit digitální pravítko výškoměru gravírováním identifikačního čísla nebo jiné informace pomocí elektrického popisovače.

7. Zacházejte s výškoměrem opatrně, abyste jej neupustili nebo s ním do něčeho nenarazili.

■ Poznámky k používání výškoměru

1. Udržujte sloup, který vodi posuvnou část, čistý. Pokud se na něm hromadí prach či nečistoty, stane se posuv obtížným, což vede k chybám při nastavování a měření.

2. Při rýsování, bezpečně zaaretujte posuvnou část v dané poloze pomocí aretace. Po upnutí je vhodné potvrdit nastavení, protože proces upnutí na některých výškoměrech může mírně změnit nastavení. Pokud je to tak, musí existovat tolerance, při nastavení, umožňující tento účinek.

3. Rovnoběžnost mezi měřicí plochou rýsovací jehly a základní referenční plochy by měla být 0,01 mm nebo lepší.

Odstraňte veškerý prach a ořepy na montážním povrchu při instalaci rýsovací jehly nebo páčkového úchylkoměru před měřením. Udržujte rýsovací jehlu a jiné části bezpečně upevněné na místě během měření.

4. Pokud hlavní stupnice výškoměru může být přesunuta, přesuňte ji podle potřeby pro nastavení nulového bodu a pevně dotáhněte upevňovací matice.

5. Chyby způsobené paralaxní chybou nejsou zanedbatelné. Při odečítání hodnoty, se vždy dívejte přímo na stupnici.

6. Manipulace po použití: Zcela otřete vodu a olej. Lehce naneste tenkou vrstvu antikorozního oleje a nechte zaschnout před uskladněním.

7. Poznámky ke skladování:

Vyhňte se přímému slunečnímu záření, vysokým teplotám, nízkým teplotám a vysoké vlhkosti během skladování.

Pokud digitální výškoměr nebude použit více než tři měsíce, vyjměte baterii před uskladněním.

Pokud je k dispozici ochranný kryt, použijte jej během skladování, aby se zabránilo ulpívání prachu na sloupu.

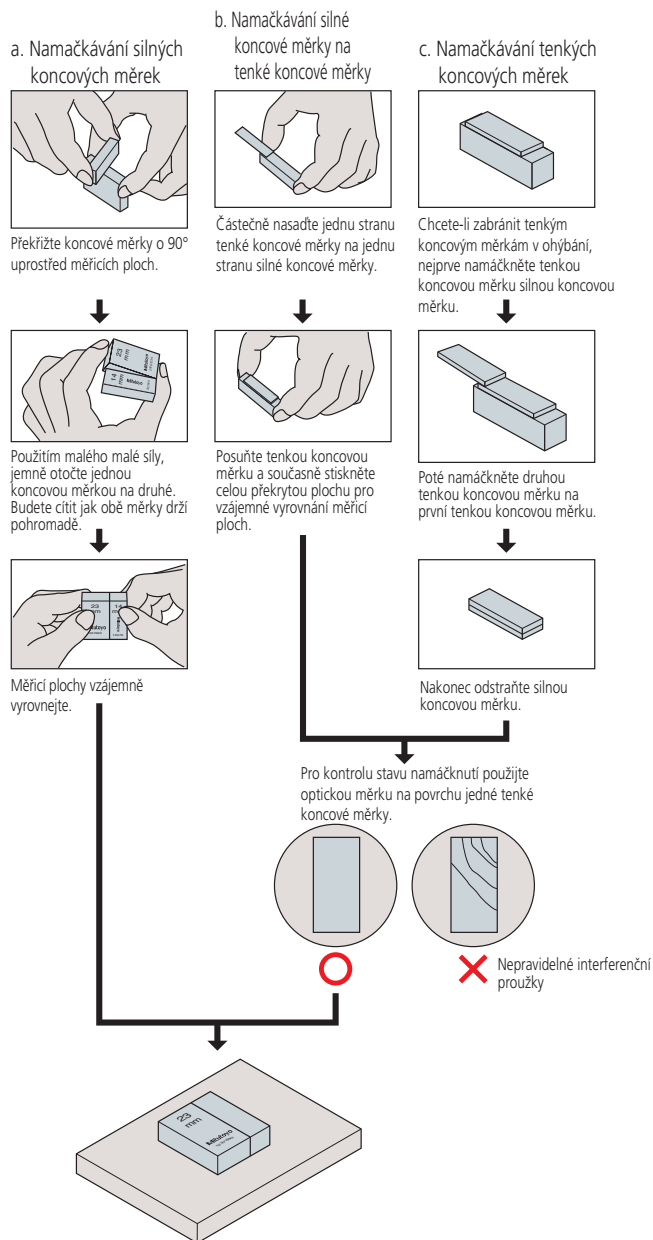


Definice metru

17. Generální konference pro váhy a míry v roce 1983 rozhodla o nové definici jednotky metru jako délky dráhy, kterou urazí světlo ve vakuu během časového intervalu $1/299\,792\,458$ sekundy. Koncová měrka je praktická realizace této jednotky a jako taková je široce používána ve všech průmyslových odvětvích.

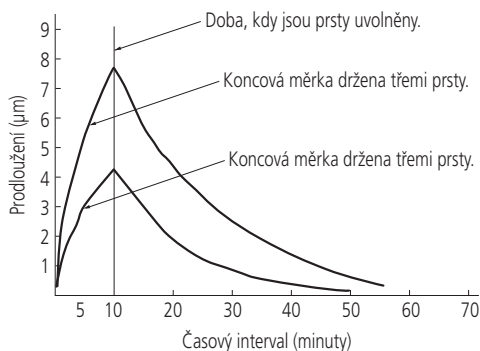
Perfektní namáčknutí koncových měřek

- Namačkávání by mělo být vždy prováděno v čistém prostředí na měkké podložce - pokud koncové měrky vyklouznou z ruky, nebudou poškozeny.
- Otřete olejový film z koncové měrky měkkým hadříkem a petrolejovým etherem.
- Po tomto "hrubém" očištění povrchy očištěte kosmetickým štětcem namočeným v petrolejovém etheru a pak "ofoukněte" dmýchadlem.
- Nikdy na čištění nepoužívejte alkohol nebo běžný benzín. Běžný benzín obsahuje příliš mnoho nečistot a alkohol má vždy složky vody, které mohou způsobit korozi.
- Nejvhodnější pro utírání koncových měřek jsou tkaniny z mikrovlákna.
- Očištěné koncové měrky zkontrolujte vůči korozi a škrábancům.
- Pokud se na měřicí ploše vyskytnou nějaké otřepy, odstraňte je opatrně pomocí speciálního lapovacího kamene (ceraston) pro koncové měrky. Suchou koncovou měrkou pohybujte po ceraston s vynaložením velmi nízkého tlaku.
- V případě, že měřicí plochy jsou v dobrém stavu, ale namáčknutí je stále ještě obtížné, můžete je otřít lékařskou vatou. Její olejové složky vytvoří jemný film a tímlepší přilnavost měřících ploch.

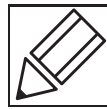


Teplotní stabilizace v čase

Následující obrázek zobrazuje míru změn rozměrů při manipulaci 100 mm ocelové koncové měrky holými rukama.

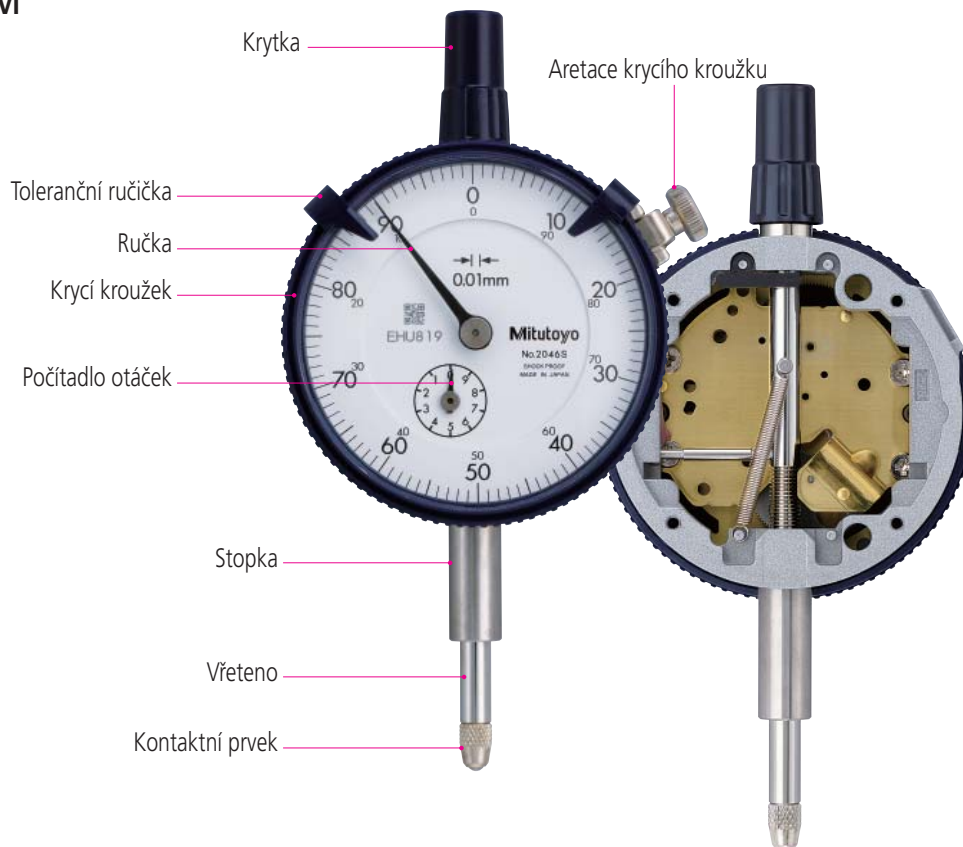


Stručný průvodce přesnými měřicími přístroji



Číselníkové, páčkové a digitální úchylkoměry

Názvosloví



Číselníky

0,01 mm



Průběžný číselník (Obousměrné dělení)



Oboustranný číselník (Víceotáčkový)



Průběžný číselník (Reverzní čtení)



Oboustranný číselník (Jednootáčkový)

0,001 mm



Průběžný číselník (Standardní stupnice)



Oboustranný číselník (Víceotáčkový)



Průběžný číselník (Dvojitá stupnice)



Oboustranný číselník (Jednootáčkový)

Průběžný číselník:

Oboustranný číselník:

Číselník s reverzním čtením:

Jednootáčkový číselník:

Pro přímé odečítání

Pro odečítání rozdílu od referenční plochy

Pro měření hloubky nebo otvoru

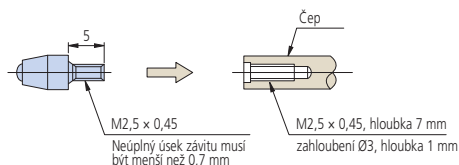
Pro bezchybné odečítání malých rozdílů

Montáž úchylkoměru

Montáž stopky	Metoda	<p>Upínání stonku přímo šroubem</p> <p>8 mm nebo více</p>	<p>Upínání stonku dělenou upínací svorkou</p>
	Pozn.	<ul style="list-style-type: none"> Tolerance montážní díry: $\varnothing 8G7(+0,005$ až $0,02)$ Upínací šroub: M4 až M6 Upínací pozice: 8 mm nebo více od spodní hrany stopky Maximální utahovací moment: 150 N-cm při upínání jedním šroubem M5 Uvědomte si, že nadměrný utahovací moment může nepříznivě ovlivnit pohyb vřetena. 	<ul style="list-style-type: none"> Tolerance montážní díry: $\varnothing 8G7(+0,005$ až $0,02)$
Montáž očka	Metoda	<p>Šroub M6</p> <p>Plachá podložka</p>	
	Pozn.	<ul style="list-style-type: none"> Očka mohou být otočena o 90 stupňů v závislosti na aplikaci. (Při dodání je očko nastaveno vodorovně.) Očka některých modelů série 1 (č. 1911, 1913-10 & 1003), nelze změnit na vodorovně. Aby se zabránilo chybě efektu kosinusu, zajistěte, aby vřeteno každého typu měřidla nebo úchylkoměru bylo namontováno v souladu se zamýšleným směrem měření. 	

Kontaktní prvek

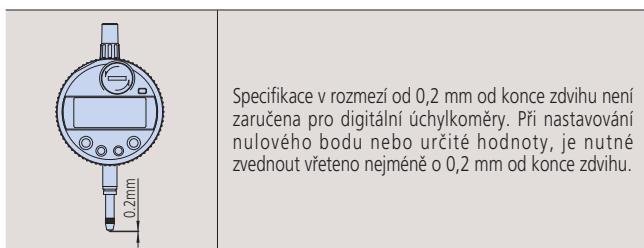
- Závitové připojení je standardizováno pro M2,5x0,45 (Délka: 5 mm).
- Nekompletní část závitů u kořene šroubu musí být menší než 0,7 mm při zhotovování doteku.



Vliv orientace na měřicí sílu

Pozice	Poznámky
<p>Kontaktní prvek směrem dolů (normální orientace)</p>	—
<p>Vřeteno horizontálně (příčná orientace)</p>	<p>Provádí-li se měření s vřetenem horizontálně nebo kontaktním prvkem směrem vzhůru, měřicí síla je menší než v případě, kdy je kontaktní prvek směrem dolů. V tomto případě přezkontrolujte funkci a opakovatelnost úchylkoměru nebo digitálního displeje.</p> <p>Provozní specifikace, dle orientace digitálních a číselníkových úchylkoměrů, naleznete v popisech výrobků v katalogu měřících přístrojů.</p>
<p>Kontaktní prvek směrem vzhůru (orientace vzhůru nohama)</p>	

Nastavení nulového bodu digitálního úchylkoměru

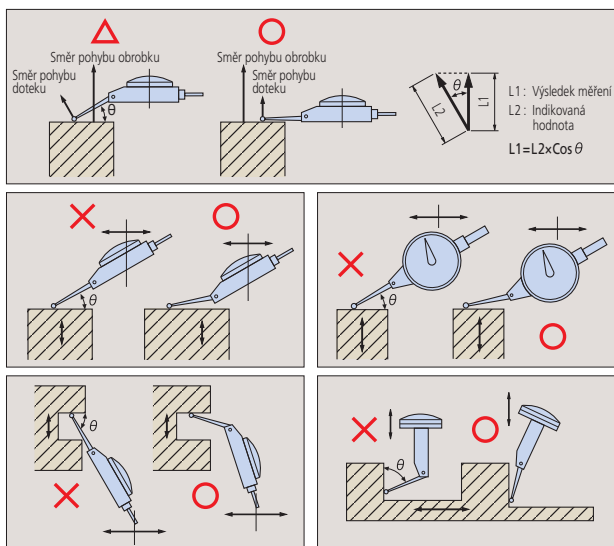


Péče o vřeteno

- Vřeteno nemažte. Mohlo by dojít k usazování prachu, což bude mít za následek poškození.
- Pokud je pohyb vřetena špatný, otřete horní a dolní plochy vřetena suchým nebo alkoholem nasáklým hadříkem. Pokud se pohyb po očištění nezlepší, kontaktujte Mitutoyo za účelem opravy.
- Před provedením měření nebo kalibrace, se ujistěte, že vřeteno se pohybuje hladce nahoru a dolů, a zkontrolujte stabilitu nulového bodu.

■ Páčkové úchylkoměry a kosinový efekt

Během používání vždy minimalizujte úhel mezi směry pohybů.



Odečítání jakéhokoliv úchylkoměru nebude reprezentovat přesné měření, jestliže jeho směr měření je nevyrovnaný se zamýšleným směrem měření (kosinový efekt). Protože směr měření páčkového úchylkoměru je v pravém úhlu vůči nakreslené čáře skrze dotek a čep doteku, tento efekt může být minimalizován nastavením doteku pro minimalizaci úhlu θ (jak je znázorněno na obrázcích). Je-li to nutné, může být pro získání výsledku měření číselníkové odečítání nahrazeno skutečnou hodnotou θ využitím níže uvedené tabulky. Výsledek měření = zobrazovaná hodnota x hodnota kompenzace

Kompenzace pro nenulový úhel

Úhel	Hodnota kompenzace
10°	0,98
20°	0,94
30°	0,86
40°	0,76
50°	0,64
60°	0,50

Příklady

Pokud je na číselníku zobrazovaná hodnota 0,200 mm při různých hodnotách θ , pak výsledky měření jsou:

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

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

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

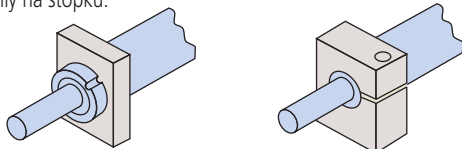
Pozn.: Pro automatickou kompenzaci lze použít speciální dotek evolventního tvaru, který umožňuje pro úhel θ od 0 do 30° provádět měření bez nutnosti manuální kompenzace. (Tento typ doteku je vyráběn na zakázku.)



Snímač

■ Plochá stopka a stopka s upínací maticí

Stopka používaná k upnutí lineárního snímače je klasifikována jako "ploché provedení" nebo "provedení s upínací maticí", jak je znázorněno níže. Upínací matice stopky umožňují rychlé a bezpečné upnutí lineárního snímače. Plochá stopka má výhodu širšího použití a mírného polohového nastavení v axiálním směru na konečném místě instalace, i když se vyžaduje rozdělení fixace upínacího uspořádání nebo fixační lepidlo. Nicméně, dejte pozor, aby nedošlo k působení nadměrné síly na stopku.



Provedení s upínací maticí

Plochá stopka

■ Měřicí síla

Síla působící na obrobek během měření v kontaktním místě lineárního snímače na konci jeho zdvihu, vyjádřena v newtonech.

■ Srovnávací měření

Metoda měření, kde je rozměr obrobku nalezen měřením rozdílu ve velikosti mezi obrobkem a normálem představuje nominální rozměr obrobku.

■ Stupeň ochrany

Ochrana IP54

Typ	Stupeň	Vysvětlení
Chrání lidské tělo a chrání proti cizím tělesům	5: Prachotěsné	Ochrana proti škodlivému prachu.
Chrání před působením vody	4: Ochrana proti stříkající vodě	Voda stříkající proti krytu z kteréhokoli směru nesmí mít žádné škodlivé účinky.

Ochrana IP66

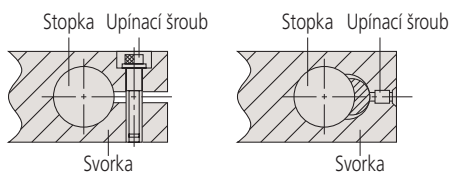
Typ	Stupeň	Vysvětlení
Chrání lidské tělo a chrání proti cizím tělesům	6: Prachotěsné	Ochrana před vnikáním prachu. Kompletní ochrana před dotykem.
Chrání před působením vody	6: Voděodolné	Vodní trysky namířené proti krytu z kteréhokoli směru nesmí mít žádné škodlivé účinky.

■ Bezpečnostní opatření při montáži snímače

- Vložte stopku měřidla do upínky měřicí jednotky nebo stojanu a dotáhněte upínací šroub.
- Uvědomte si, že nadměrně utažená stopka může způsobit problémy ve funkčnosti vřetena.
- Nikdy nepoužívejte způsob montáže, ve kterém je stopka upnuta v přímém kontaktu se šroubem.
- Nikdy nemontujte lineární snímač za jakoukoli část kromě stopky.
- Namontujte snímač tak, aby byl v souladu s plánovaným směrem měření. Montáž snímače pod úhlem vzhledem ke směru měření způsobí chybu v měření.
- Buďte velmi opatrní, aby nedošlo k vyvinutí nadměrné síly na kabel měřidla.

■ Bezpečnostní opatření při montáži Laser Hologage

K upevnění Laser Hologage, vložte stopku do vhodného stojanu nebo upínacího přípravku.



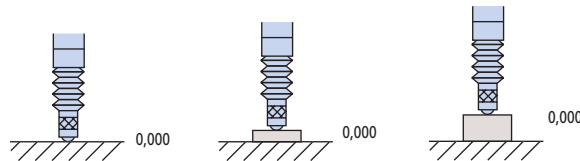
Doporučený průměr otvoru na upevňovací straně: 15 mm +0,034/-0,014

- Upínací otvor vyrobte tak, aby jeho osa byla rovnoběžná rovnoběžná se směrem měření. Měřidlo upevněte pod úhlem způsobujícím chybu měření.
- Při montáži Laser Hologage, neupínějte stopku příliš těsně. Příliš velké utažení stopky může zhoršit posuvné schopnosti vřetena.
- Pokud se měření provádí při pohybu Laser Hologage, namontujte jej tak, aby kabel nebyl napnutý a aby na snímač nepůsobila síla.

Zobrazovací jednotka

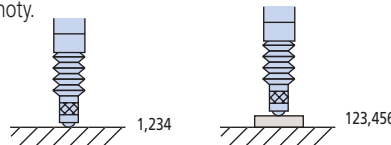
■ Nulování

Zobrazovaná hodnota může být nastavena na 0 (nulu) v jakékoli poloze vřetena.



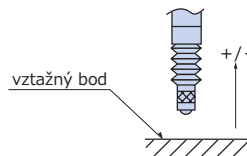
■ Přednastavení

Jakákoli numerická hodnota může být nastavena na displeji pro zahájení počítání od této hodnoty.



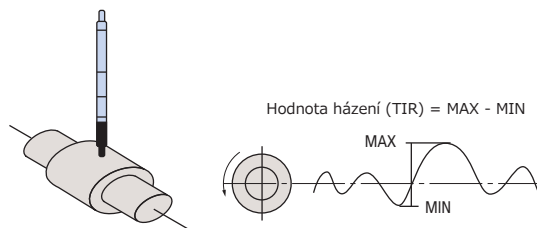
■ Přepínání směru měření

Směr měření vřetena měřidla lze nastavit buď na znaménko plus (+) nebo minus (-).



■ Nastavení MAX, MIN, TIR

Zobrazovací jednotka může během měření podržet maximální (MAX) a minimální (MIN) hodnoty, a MAX - MIN hodnotu.



■ Nastavení tolerancí

Meze tolerance lze nastavit v různých zobrazovacích jednotkách pro automatické zobrazování, zda měření spadají do těchto mezí.

■ Výstup s otevřeným kolektorem

Vnější zatížení, jako je například relé nebo logický obvod, může být řízen kolektorem vnitřního tranzistoru, který je sám o sobě řízen v důsledku výsledku tolerance apod.

■ Reléový výstup

Kontaktní signál, který slouží k indikaci stavu výstupu (sepnuto/rozepnuto).

■ Kód DIGIMATIC

Komunikační protokol pro připojení výstupu měřicích přístrojů k různým Mitutoyo jednotkám zpracování dat. To umožňuje připojení k Digimatic Mini procesoru DP-1VR pro provádění různých statistických výpočtů a vytváření histogramů atd.

■ Výstup BCD

Systém pro výstup dat v binárně kódované desítkové soustavě.

■ Výstup RS-232C

Sériové komunikační rozhraní, ve kterém lze data přenášet obousměrně v rámci standardů EIA.

Způsob přenosu naleznete ve specifikaci každého měřicího přístroje.

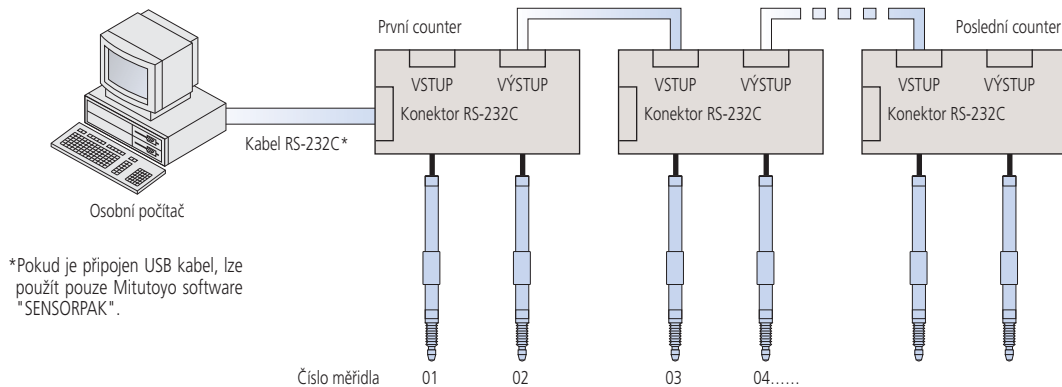
Funkce RS Link Vícebodové měření může být provedeno propojením více EH nebo EV zobrazovacích jednotek RS Link kabely.

■ RS Link pro EH zobrazovací jednotku

Je možné připojit maximálně 10 jednotek a zpracovat až 20 kanálů vícebodového měření najednou.

Pro toto spojení použijte speciální RS Link kabel **obj. č. 02ADD950** (0,5 m), **obj. č. 936937** (1 m) nebo **obj. č. 965014** (2 m).

(Celková povolená délka RS Link kabelů pro celý systém je až 10 m.)



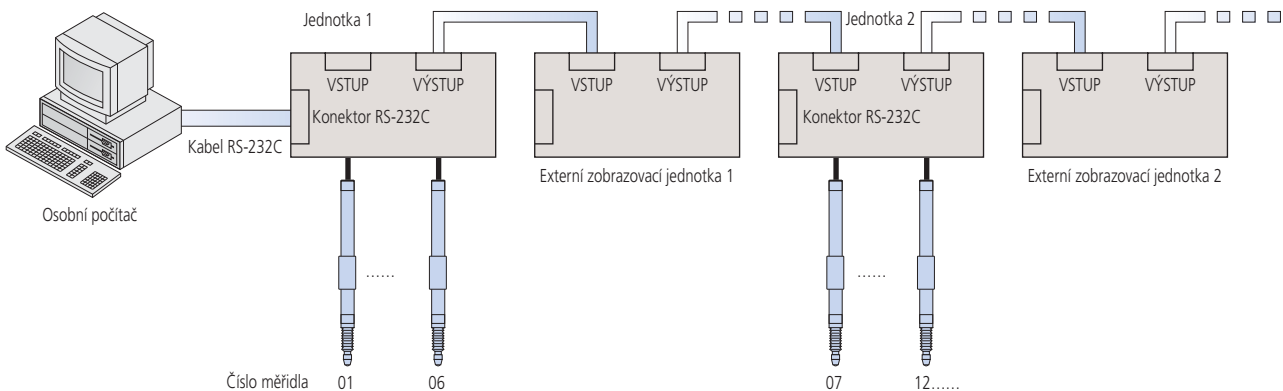
■ RS Link pro EV zobrazovací jednotku

Je možné připojit maximálně 10* jednotek a zpracovat až 60 kanálů vícebodového měření najednou.

Pro toto spojení použijte speciální RS Link kabel **obj. č. 02ADD950** (0,5 m), **obj. č. 936937** (1 m) nebo **obj. č. 965014** (2 m).

(Celková povolená délka RS Link kabelů pro celý systém je až 10 m.)

* Maximální počet jednotek, které mohou být připojeny, je omezen na 6 (šest), pokud je do řetězce zahrnut EH zobrazovací jednotka.





■ Kompatibilita

Váš laserový scanovací mikrometr byl nastaven společně s ID jednotkou, která je dodávána s měřicí jednotkou. ID jednotka, která má stejný kód a stejné sériové číslo jako měřicí jednotka, musí být instalována do zobrazovací jednotky. To znamená, že v případě, že ID jednotka je nahrazena, měřicí jednotka může být připojena k jiné odpovídající zobrazovací jednotce.

■ Obrobek a podmínky měření

V závislosti na tom, zda je laser viditelný nebo neviditelný, tvaru obrobku a drsnosti povrchu, mohou chyby měření ovlivňovat výsledek měření. Pokud se jedná o tento případ, proveďte kalibraci pomocí referenčního obrobku, který má rozměry, tvar a drsnost povrchu podobné konkrétnímu obrobku, který má být měřen. Pokud naměřené hodnoty vykazují vysoký stupeň rozptylu v důsledku podmínek měření, zvýšte počet skenů pro průměrování a pro zlepšení přesnosti měření.

■ Elektrická interference

Aby se zabránilo provozním chybám, signální a reléový kabel laserového scanovacího mikrometru by neměl být veden podél vedení vysokého napětí nebo jiného kabelu, schopného indukovat vířivé proudy do okolních vodičů. Uzemněte všechny příslušné jednotky a stínění kabelů.

■ Připojení k počítači

Pokud laserový scanovací mikrometr má být připojen k externímu osobnímu počítači přes rozhraní RS-232C, ujistěte se, že kabely odpovídají specifikaci.

■ Bezpečnost laseru

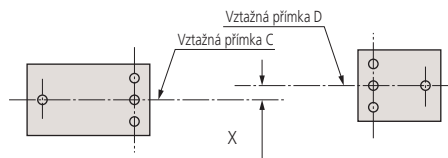
Mitotoyo laserové scanovací mikrometry vyžívají pro měření viditelný nízkou výkonový laser. Laser je zařízení Třídy 2 ČSN EN 60825-1:2007. Varovné a vysvětlovací štítky jsou umístěny na příslušných místech laserového scanovacího mikrometru.

■ Zpětná montáž po vyjmutí ze základny

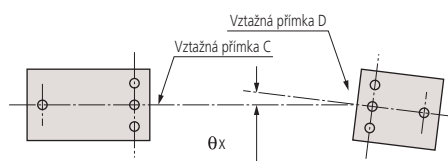
Dodržujte následující omezení při zpětné montáži vysílací a přijímací jednotky pro minimalizování chyby měření v důsledku posunutí optické osy laseru s přijímací jednotkou.

■ Vyrovnání ve vodorovné rovině

- a. Odchylka rovnoběžnosti mezi vztažnými přímkami C a D:
X (v příčném směru)

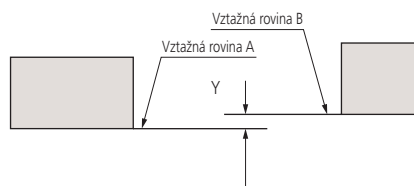


- b. Úhel mezi vztažnými přímkami C a D: θ_x (úhel)

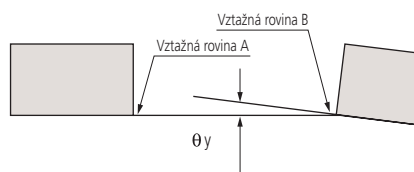


■ Vyrovnání ve vertikální rovině

- c. Odchylka rovnoběžnosti mezi vztažnými rovinami A a B: Y (ve výšce)



- d. Úhel mezi vztažnými rovinami A a B: θ_y (úhel)

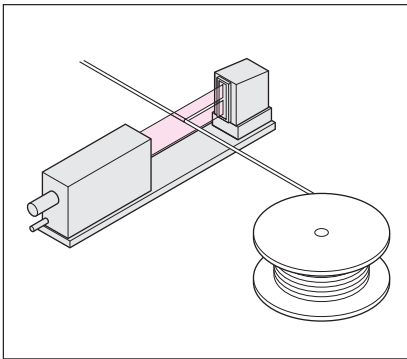


● Přípustné limity posunutí optické osy

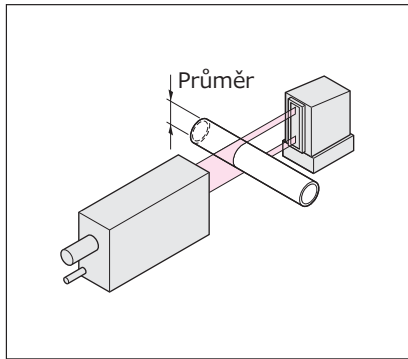
Model	Vzdálenost mezi vysílací a přijímací jednotkou	X a Y	θ_x a θ_y
LSM-501S	68 mm (2.68°) nebo menší	do 0,5 mm (.02°)	do 0,4' (7mrad)
	100 mm (3.94°) nebo menší	do 0,5 mm (.02°)	do 0,3' (5.2mrad)
LSM-503S	130 mm (5.12°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,4' (7mrad)
	350 mm (13.78°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,16' (2.8mrad)
LSM-506S	273 mm (10.75°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,2' (3.5mrad)
	700 mm (27.56°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,08' (1.4mrad)
LSM-512S	321 mm (12.64°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,18' (3.6mrad)
	700 mm (27.56°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,08' (1.4mrad)
LSM-516S	800 mm (31.50°) nebo menší	do 1 mm (.04°)	do 0,09' (1.6mrad)

■ Příklady měření

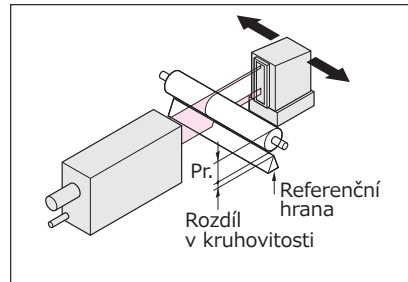
Kontinuální měření skleněných vláken nebo průměru tenkého drátu



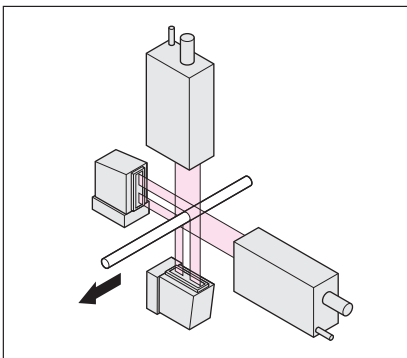
Měření vanějšího průměru válcových obrobků



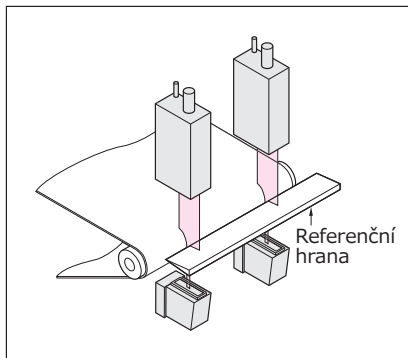
Měření vnějšího průměru a kruhovitosti válcových obrobků



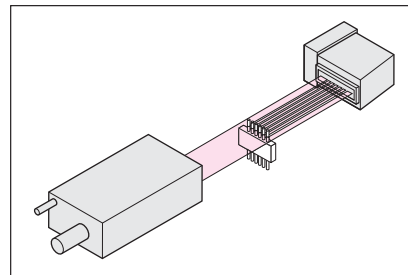
Měření pozice os X a Y elektrických kabelů a svazků vláken



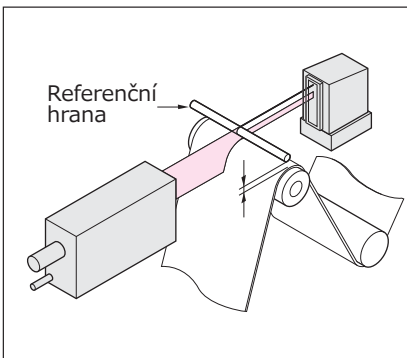
Měření tloušťky filmu a plechu



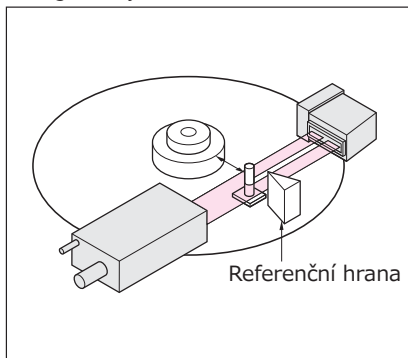
Měření vzdálenosti mezi konektory IC čipů



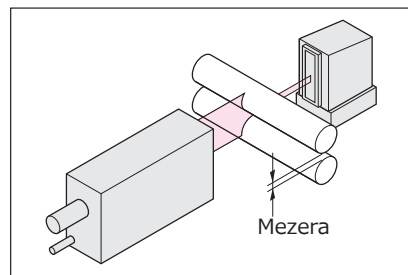
Měření tloušťky filmu plechu



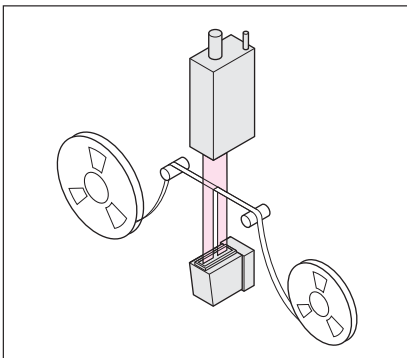
Měření kruhovitosti laserových a magnetických desek



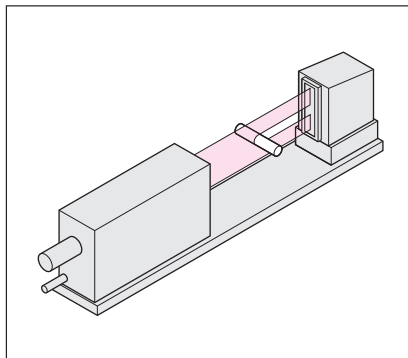
Měření mezer mezi válci



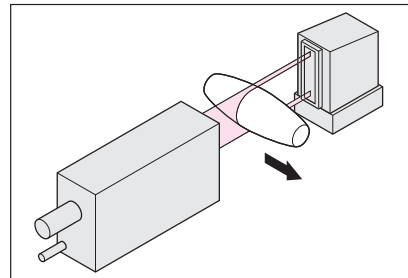
Měření šířky pásů



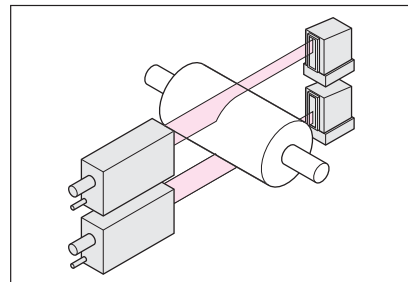
Měření vnějšího průměru optického konektoru a objímky



Měření tvaru obrobků



Duální systém pro měření velkého vnější průměru





Zkoušky pro vyhodnocování lineárních pravítek

1. Zkoušení v rozsahu provozních teplot

Potvrzuje, že neexistuje žádná abnormalita výkonu jednotky v rozmezí provozních teplot a že výstup dat je v souladu s normou.

2. Zkouška teplotního cyklu (dynamických vlastností)

Potvrzuje, že neexistuje žádná abnormalita výkonu jednotky během teplotního cyklu při provozu a že výstup dat je v souladu s normou.

3. Zkouška vibrací (Zkouška plynulosti)

Potvrzuje, že neexistuje žádná abnormalita výkonu jednotky a podléhá vibracím o frekvenci v rozsahu od 30 Hz do 300 Hz při maximálním zrychlení $3g_n$.

4. Zkouška vibrací (Zkouška zrychlení)

Potvrzuje, že neexistuje žádná abnormalita výkonu jednotky s výhradou

vibrací ve specifikaci, nerezonanční frekvence.

5. Zkouška hluku

Měření hluku v souladu se směrnicí EMC EN61326-1 + A1: 1998.

6. Pádová zkouška

Tento test je v souladu s JISZ0200 (Zkouška pádu těžkého materiálu)

Slovník pojmů

■ Absolutní systém

Měřicí režim, v němž je každý bod měření získán vzhledem k pevnému počátečnímu bodu.

■ Inkrementální systém

Měřicí režim, v němž je každý bod měření získán ve vztahu k určitému uloženému referenčnímu bodu.

■ Posunutí počátku

Funkce, která umožňuje počáteční bod souřadného systému posunout do jiného posunutého bodu z pevného počátečního (nulového) bodu. Pro funkčnost této funkce systém potřebuje trvale uložený počáteční (nulový) bod.

■ Obnovení nulového bodu

Funkce, která zastaví každou osu stroje přesně ve specifické pozici stroje, zatímco zpomaluje pomocí integrovaných koncových spínačů.

■ Sekvenční řízení

Typ ovládání, které postupně provádí řídicí kroky podle předepsaného pořadí.

■ Číslicové řízení

Způsob řízení pohybu stroje kódovanými příkazy vytvořenými a prováděnými s pomocí počítače (CNC). Posloupnost příkazů obvykle tvoří "výrobní program", který instruuje stroj k provedení kompletní operace na obrobku.

■ Binární výstup

Vztahuje se k datovému výstupu v binární formě (jedničky a nuly), které představují čísla jako celočíselné druhé mocniny.

■ RS-232C

Standard rozhraní, které využívá asynchronní metodu sériového přenosu dat přes nesymetrické přenosové linky pro výměnu dat mezi vysílači umístěnými poměrně blízko u sebe. Je to prostředek komunikace používaný především pro připojení osobního počítače k periferiím.

■ Výstup s linkovým budičem

Tento výstup je vybaven rychlými operačními rychlostmi, několik desítek až stovek nanosekund a relativně dlouhou, několika stovek metrů, přenosovou vzdáleností. Linkový budič s diferenciálním voltmetrem (RS422A kompatibilní) se používá jako I/F pro NC kontrolér v systému lineárního pravítka.

■ BCD

Zápis, jak vyjádřit číslice 0 až 9, každé číslice desetinného čísla pomocí

čtyřbitové binární sekvence. Přenos dat je jednosměrný výstup pomocí TTL nebo otevřeným kolektorem.

■ RS-422

Standardní rozhraní, které využívá sériového přenosu bitů v diferenciálním tvaru po symetrické přenosové lince. RS-422 je lepší ve svých přenosových charakteristikách a své schopnosti provozu pouze s jedním napájecím napětí +5 V.

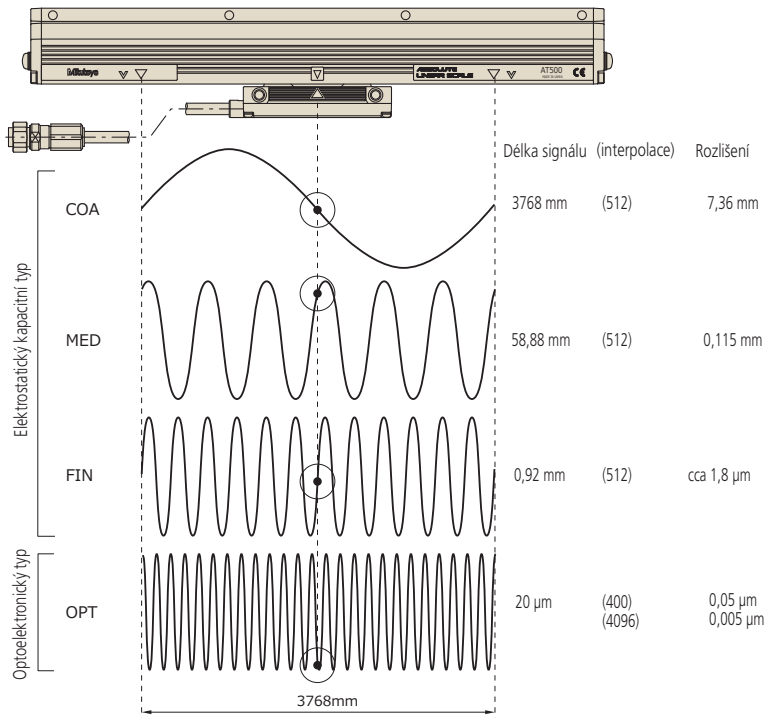
■ Přesnost

Specifikace přesnosti pravítka je uvedena z hlediska očekávané maximální chyby mezi indikovanou a skutečnou polohou v kterémkoli bodě v rozsahu tohoto pravítka při teplotě 20°C. Vzhledem k tomu, že neexistuje definovaná mezinárodní norma pro odměřovací pravítka. Každý výrobce má specifický způsob určení přesnosti pravítka při teplotě 20°C. Specifikace přesnosti uvedené v našem katalogu byly zjištěny pomocí laserového interferometru.

■ Přesnost úzkého rozsahu

Dělení stupnice odměřovacího pravítka je obvykle 20 μm , ačkoli se to liší v závislosti na druhu pravítka. Přesnost úzkého rozsahu se vztahuje na přesnost stanovenou měřením jedné rozteče jednotlivých mřížek na hranici rozlišení (například 1 μm).

Princip Absolute Lineárního pravítka (Příklad: AT300, 500-S/H)

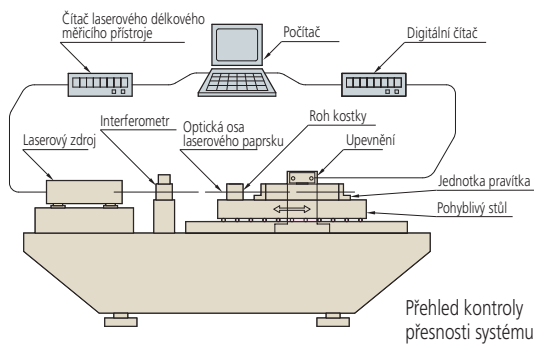


Na základě napájení lineárního pravítka se odečítání polohy provádí ze tří typů kapacitních dílčích stupnic (COArse, MEDium a FINE) a z jedné fotoelektrické dílčí stupnice (OPTical). Tyto dílčí stupnice využívají kombinovaného dělení a jsou umístěny tak, aby byly ve vzájemném vztahu, díky čemuž měření v jednom místě tvoří jedinečný soubor a umožňuje mikroprocesoru vypočítat polohu snímací hlavy na stupnici s rozlišením 0,05 μm (0,005 μm).

Stanovení přesnosti lineárního pravítka

Přesnost určení polohy

Přesnost lineárního pravítka je určena porovnáním indikované hodnoty polohy lineárním pravítkem s odpovídající hodnotou z laserového přístroje měření délky v pravidelných intervalech pomocí kontrolního systému přesnosti, jak je znázorněno na obrázku níže. Protože teplota kontrolního prostředí je 20°C, přesnost pravítka platí pouze v prostředí při této teplotě. Další kontrolní teploty mohou být používány v souladu s vnitřními předpisy.



Přesnost pravítka v každém bodu je definována ve smyslu chybové hodnoty, která se vypočte podle následujícího vzorce:

$$\text{Chyba} = \text{Hodnota indikovaná lineárním pravítkem} - \text{odpovídající hodnota laserovému kontrolnímu systému}$$

Graf, ve kterém je znázorněna chyba v každém bodu efektivního rozsahu polohování, se nazývá diagram přesnosti.

Existují dvě metody, nesymetrická a symetrická, používané k určení přesnosti pravítka, které jsou popsány níže.

(1) Nesymetrická specifikace přesnosti - maximální minus minimální chyba

Tato metoda určuje maximální chybu minus minimální chybu z grafu přesnosti, jak je znázorněno níže. Je to ve tvaru: $E = (\alpha + \beta L) \mu\text{m}$. L je efektivní rozsah měření (mm), a α a β jsou faktory specifikované pro každý model.

Například, pokud konkrétní typ pravítka má specifikovanou přesnost $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu\text{m}$ a efektivní rozsah měření 1000 mm, E je 6 μm.



(2) Symetrická specifikace přesnosti - plus a minus kolem střední chyby

Tato metoda určuje maximální chybu ve vztahu ke střední chybě z grafu přesnosti. Je ve tvaru: $e = \pm \frac{E}{2} (\mu\text{m})$. Toto se používá především ve specifikaci samostatného typu (retrofit) pravítka.

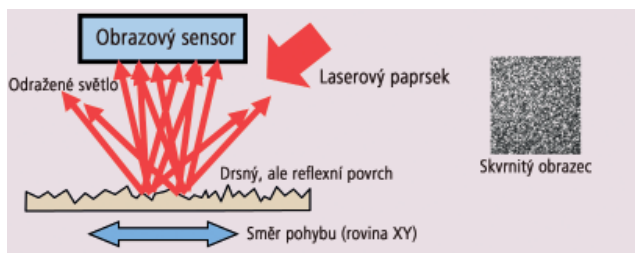


Lineární pravítko rozpozná posunutí na základě dělení konstantní rozteče. Dvoufázové signály sinusové vlny se stejným dělením jako dílky jsou získány tím, že rozpoznají dílky. Interpolace těchto signálů do elektrického obvodu, umožňuje číst hodnotu menší, než je dělení generované pulzními signály, které odpovídají požadovanému rozlišení. Například, pokud je dělení 20 μm, interpolované hodnoty mohou generovat rozlišení 1 μm. Přesnost tohoto zpracování není bez chyb a je nazývána "přesnost interpolace". Celková specifikovaná polohová přesnost lineárního pravítka závisí jak na chybě dělení, tak na přesnosti interpolace.

■ Korelace obrazu a dvourozměrný snímač MICSYS

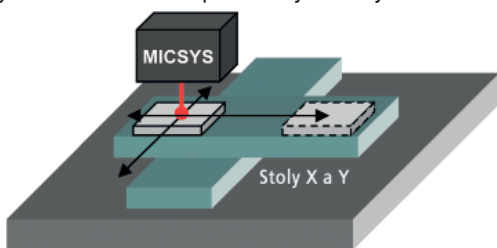
Princip měření

Je-li nerovný povrch objektu ozářen laserovým paprskem, který odrazí koherentní rozptýlené světlo z povrchu, vytváří viditelné rušení v podobě skvrnitého obrazce. Protože se objekt pohybuje v rovině XY, skvrnitý vzor se v reakci pohybuje také. Posunutí objektu lze vypočítat porovnáním, prostřednictvím korelace obrazu, skvrnitých obrazů získaných před a po pohybu a to je princip použitý ve vysoce přesném měřicím systému MICSYS.

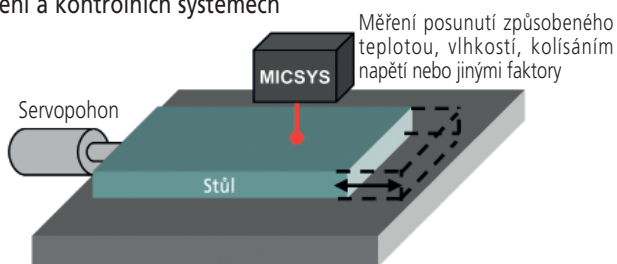


Aplikace

1. Vyhodnocování stolů používaných ve výrobních zařízeních a kontrolních systémech

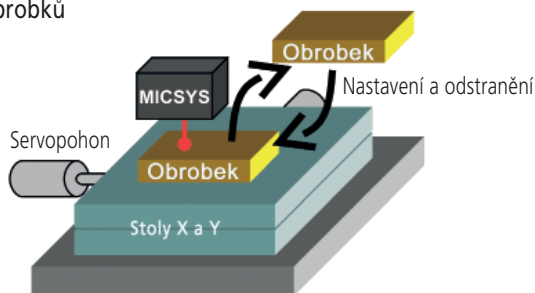


a) Vyhodnocování opakovatelnosti polohy

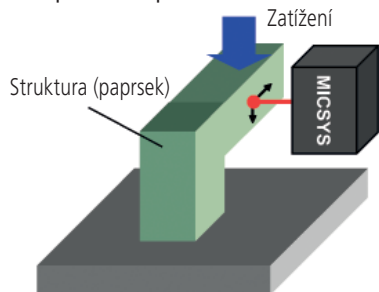


b) Vyhodnocování stability pozastavení a posunu

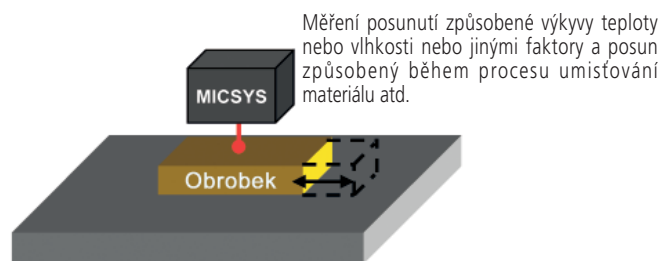
2. Vysoce přesné polohování obrobků



3. Měření přesného posunutí



a) Měření přesného posunu struktury

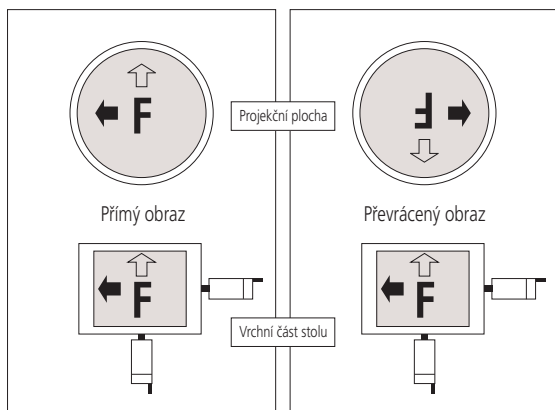


b) Měření přesného posunu obrobku



■ Přímý obraz a převrácený obraz

Obraz objektu promítaného na matnici je přímý, pokud je orientován stejným způsobem jako objekt na stole. Pokud je obraz obrácen shora dolů, zleva doprava a posuv je s ohledem na objekt na stole (jak je znázorněno na obrázku níže), je označován jako převrácený obraz (také známý jako reverzní obraz, který je pravděpodobně přesnější).



F Obrobek
 ← Posuv v ose X
 ⇐ Posuv v ose Y

■ Přesnost zvětšení

Přesnost zvětšení projektoru při používání určitého objektivu je stanovena promítnutím obrazu referenčního objektu a porovnáním velikosti obrazu tohoto objektu, měřené na matnici, s očekávanou velikostí (vypočtena ze zvětšení objektivu, jak je uvedeno) tvořící vzorec procentuální přesnosti zvětšení, jak je znázorněno níže. Referenční objekt je často ve formě skleněného pravítka s malým dělením nazývaným "objektivový mikrometr" nebo "standardní pravítko", a jeho promítaný obraz se měří pomocí většího skleněného pravítka známého jako "odečítací pravítko". (Povšimněte si, že přesnost zvětšení není stejná jako přesnost měření.)

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

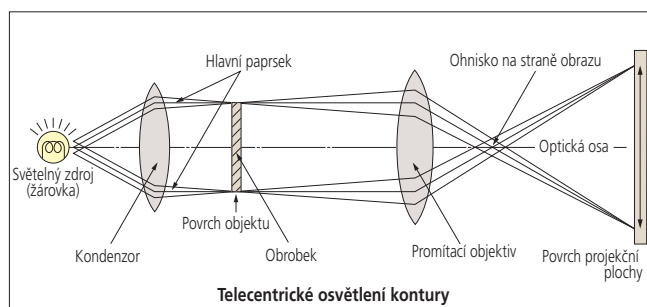
$\Delta M(\%)$: Přesnost zvětšení vyjádřená jako procento jmenovitého zvětšení objektivu
 L: Délka promítaného obrazu referenčního objektu měřené na matnici
 ℓ : Délka sledovaného objektu
 M: Zvětšení promítacího objektivu

■ Typ osvětlení

- Procházející osvětlení: Způsob osvětlení pro pozorování obrobku v průchozím světle, který se používá převážně pro měření zvětšeného obrazu kontury obrobku.
- Dopadající osvětlení: Způsob osvětlení, kdy je obrobek osvětlen světlem přenášeným koaxiálně k objektivu pro pozorování/měření povrchu. (Nutné je polopropustné nebo promítací objektiv s vestavěným polopropustným zrcátkem.)
- Šikmé osvětlení: Způsob osvětlení obrobku šikmým osvětlením. Tento způsob zajišťuje zvýšený kontrast obrazu, což je třeba dodržovat při trojrozměrném a jasném pozorování. Uvědomte si však, že s touto metodou osvětlení může dojít k chybě při měření rozměrů. (Nutné je šikmé zrcátko. Modely série PJ-H30 jsou dodávány se šikmým zrcátkem.)

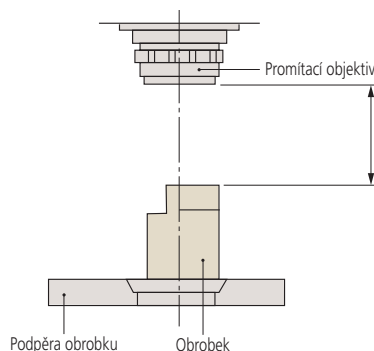
■ Telecentrický optický systém

Optický systém založený na principu, že hlavní paprsek je rovnoběžný s optickou osou umístěním dorazu objektivu do ohniska na straně obrazu. Jeho funkční vlastnost je to, že se obraz nebude lišit velikostí ačkoli se obraz rozostří a jako objekt je posunut podél optické osy. Pro měřicí projektory a měřicí mikroskopy je identický efekt získán umístěním vlákna žárovky do ohniska kondenzoru namísto dorazu objektivu, takže objekt je osvětlen paralelními paprsky. (Viz obrázek níže.)



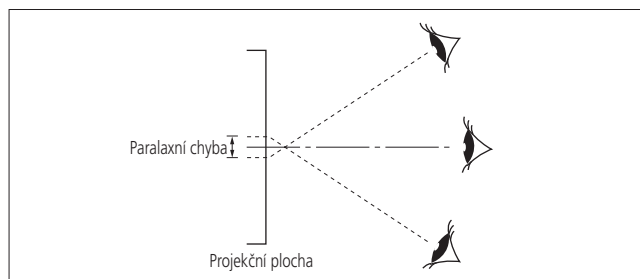
■ Pracovní vzdálenost

Vztahuje se ke vzdálenosti od povrchu promítacího objektivu k povrchu obrobku v ohnisku. To je reprezentováno L ve schématu níže.



■ Paralaxní chyba

Jedná se o posun objektu vůči pevnému pozadí způsobený změnou v poloze pozorovatele a konečným oddělením tohoto objektu a rovinami pozadí.



■ Průměr zorného pole

Maximální průměr obrobku, který lze promítnout použitím konkrétního objektivu.

$$\text{Průměr zorného pole (mm)} = \frac{\text{Průměr matnice profil projektoru}}{\text{Zvětšení použitého promítacího objektivu}}$$

Příklad: Pokud se používá objektiv s 5X zvětšením pro projektor s matnicí $\varnothing 500$ mm:

$$\text{Průměr zorného pole je dán podle } \frac{500 \text{ mm}}{5} = 100 \text{ mm}$$



Numerická apertura (NA)

Údaj NA je důležitý, protože označuje rozlišovací schopnost čoček objektivu. Čím vyšší je hodnota NA, tím jemnější detail může být viděn. Objektiv s vyšší NA také umožňuje průchod více světla a obvykle poskytuje jasnější obraz s užší hloubkou ostrosti, než ten s nižší hodnotou NA.

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

Z výše uvedeného vzorce je zřejmé, že NA závisí na n = index lomu prostředí, který existuje mezi přední částí objektivu a vzorkem (např. pro vzduch, $n = 1,0$) a úhlu θ , který je polovičním úhlem maximálního kužele světla, které může projít objektivem.

Rozlišovací schopnost (R)

Minimální zjištělná vzdálenost mezi dvěma obrazovými body, která představuje mez rozlišení. Rozlišovací schopnost (R) je určena numerickou aperturou (NA) a vlnovou délkou (λ) osvětlení.

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

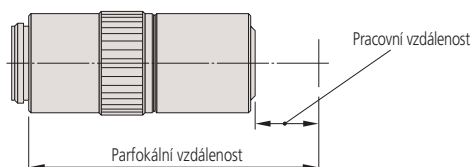
$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ se často používá jako referenční vlnová délka

Pracovní vzdálenost (W.D.)

Vzdálenost mezi přední stranou objektivu mikroskopu a povrchem obrobku, při které je získáno nejostřejší zaostření.

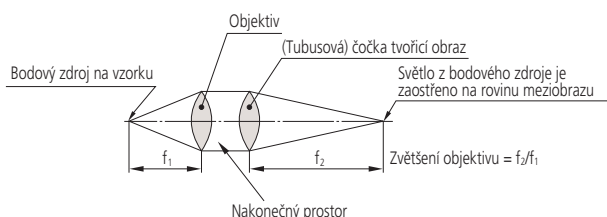
Parfokální vzdálenost

Vzdálenost mezi montážní polohou objektivu mikroskopu a povrchem obrobku, při které je získáno nejostřejší zaostření. Objektivy společně namontované na stejném karuselu, by měly mít stejnou parfokální vzdálenost tak, aby při použití dalšího objektivu bylo zapotřebí minimálního doostření.



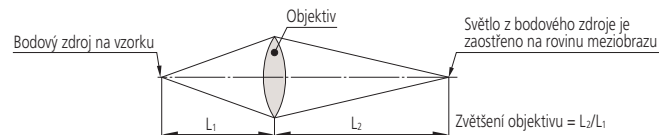
Nekonečný optický systém

Optický systém, kde objektiv tvoří obraz v nekonečnu a tubusová čočka je umístěna v tubusu mezi objektivem a okulárem tak, aby vznikl meziobraz. Po průchodu objektivem světlo efektivně prostupuje rovnoběžně s optickou osou do tubusové čočky přes to, co se nazývá "nekonečný prostor", ve kterém mohou být umístěny pomocné prvky, jako jsou například diferenciální interferenční kontrastní hranoly (DIC), polarizátory atd., s minimálním vlivem na korekce ostření a odchyly.



Konečný optický systém

Optický systém, který používá objektiv k vytvoření meziobrazu v konečné poloze. Světlo z obrobku procházející objektivem směřuje směrem k rovině meziobrazu (umístěné v přední ohniskové rovině okuláru) a v této rovině konverguje.



Ohnisková vzdálenost (f)

Jednotky: mm

Vzdálenost od hlavního bodu k ohnisku objektivu: pokud f_1 představuje ohniskovou vzdálenost objektivu a f_2 představuje ohniskovou vzdálenost obrazu tvořícího (tubusovou) čočku, pak je zvětšení určeno poměrem mezi nimi. (V případě nekonečně korigované optické soustavy.)

$$\text{Zvětšení objektivu} = \frac{\text{Ohnisková vzdálenost obrazu tvořícího (tubusovou) čočku}}{\text{Ohnisková vzdálenost objektivu}}$$

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

Ohnisko

Paprsky světla rovnoběžně procházejí optickou osou konvergujícího systému čoček a průchodem tímto systémem konvergují (zaostřují se) k bodu na ose známé jako zadní ohnisko, nebo-li ohnisko obrazu.

Hloubka ostrosti (DOF)

Jednotky: mm

Také známá jako "hloubka pole". Je to vzdálenost (měřeno ve směru optické osy) mezi dvěma rovinami, které definují hranice přijatelné ostrosti, je-li mikroskop zaměřen na objekt. Pokud se numerická apertura (NA) zvyšuje, hloubka ostrosti se stává mělká, jak o tom svědčí výraz níže:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2}$$

$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ se často používá jako referenční vlnová délka

Příklad: Pro objektiv **M Plan Apo 100X (NA = 0,7)**

Hloubka ostrosti tohoto objektivu je

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

Světlé a tmavé světelné pole

Ve světlém světelném poli je celý kužel světla soustředěn objektivem na povrch vzorku. Toto je normální režim prohlížení pomocí optického mikroskopu. S tmavým světelným polem, je vnitřní plocha světelného kuželu blokována tak, že je povrch osvětlen pouze šikmým světlem. Tmavé světelné pole je vhodné pro odhalování povrchových škrábanců a znečištění.

Apochromatické a achromatické objektivy

Apochromatický objektiv je objektiv korigovaný pro chromatické odchyly (barevné skvrny) ve třech barvách (červená, modrá, žlutá).

Achromatický objektiv je objektiv korigovaný pro chromatické odchyly ve dvou barvách (červená, modrá).

■ Zvětšení

Poměr velikosti zvětšeného obrazu objektu, vytvořeného optickým systémem jako daného objektu. Zvětšení odkazuje obvykle na laterální zvětšení, ačkoli to může znamenat laterální, vertikální nebo úhlové zvětšení.

■ Hlavní paprsek

Paprsek emitovaný z bodu objektu mimo optickou osu a procházející středem aperturní clony v soustavě čoček.

■ Aperturní clona

Nastavitelná kruhová clona, která reguluje množství světla, které prochází skrze soustavu čoček. Rovněž je označovaná jako aretace clony a její velikost ovlivňuje jas a hloubku ostrosti.

■ Doraz pole

Doraz, který řídí zorné pole v optickém přístroji.

■ Telecentrický systém

Optický systém, kde jsou světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou v objektu nebo prostoru obrazu. To znamená, že zvětšení je téměř konstantní v rozmezí pracovních vzdáleností, tudíž téměř eliminuje chyby pozorování.

■ Vzpřímený obraz

Obraz, ve kterém jsou orientační body vlevo, vpravo, nahoře, dole a pohybující se směry stejné jako u obrobku na pracovním stole.

■ Číslo pole (FN), skutečné zorné pole a zvětšení zobrazované na monitoru

Jednotky: mm

Pozorovací rozsah povrchu vzorku je určen průměrem dorazu pole okuláru. Hodnota tohoto průměru v mm, se nazývá číslo pole (FN). Naopak skutečné zorné pole je rozsah na povrchu obrobku, během aktuálního zvětšení a pozorování objektivem.

Skutečné zorné pole lze vypočítat podle následujícího vzorce:

(1) Rozsah obrobku, který může být pozorován mikroskopem (průměr)

$$\text{Skutečné zorné pole} = \frac{\text{FN okuláru}}{\text{Zvětšení objektivu}}$$

Příklad: Skutečné zorné pole 1X objektivu je $24 = \frac{24}{1}$
Skutečné zorné pole 10X objektivu je $2,4 = \frac{24}{10}$

(2) Pozorovací rozsah monitoru

$$\text{Pozorovací rozsah monitoru} = \frac{\text{Velikost obrazového snímače (délka uhlopříčky)}}{\text{Zvětšení objektivu}}$$

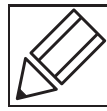
● Velikost obrazového snímače

Formát	Délka uhlopříčky	Délka	Výška
0,847 cm / 1/3"	6,0	4,8	3,6
1,270 cm / 1/2"	8,0	6,4	4,8
1,693 cm / 2/3"	11,0	8,8	6,6

(3) Zvětšení zobrazované na monitoru

Zobrazení zvětšení na monitoru =

$$\text{Zvětšení objektivu} \times \frac{\text{Délka uhlopříčky na monitoru}}{\text{Délka uhlopříčky snímače fotoaparátu}}$$

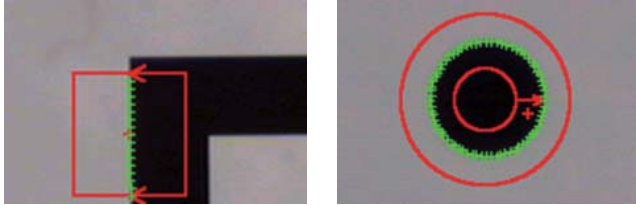


■ Obrazové měření

Systémy zpracování obrazu poskytují zejména následující možnosti zpracování.

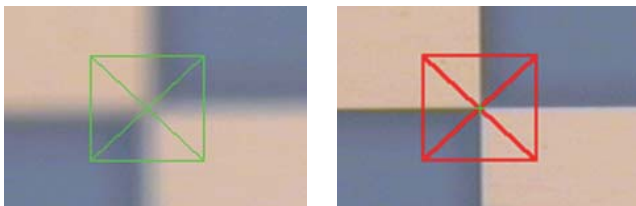
■ Detekce hrany

Detekce/měření hrany v rovině XY



■ Automatické zaostřování

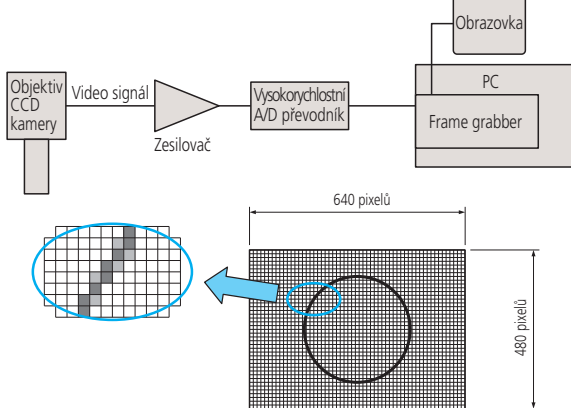
Zaostřování a měření v ose Z



■ Rozpoznávání vzorů

Zarovnání, polohování a kontrola vlastnosti

■ Ukládání obrazu



Obraz je složen z pravidelného pole pixelů, který přesně odpovídá obrázku na jemném kreslicím milimetrovém papíru, kde je každý čtverec jinak vyplněný.

■ Odstíny šedi

PC ukládá obraz po vnitřním převedení na číselné hodnoty. Číselná hodnota je přiřazena každému pixelu obrazu. Kvalita obrazu se liší v závislosti na tom, kolik úrovní šedi je definováno číselnými hodnotami. PC poskytují dva typy stupnice šedi: dvou-úrovňová a více-úrovňová. Pixely v obraze jsou obvykle zobrazeny jako 256-úrovňová stupnice šedi.

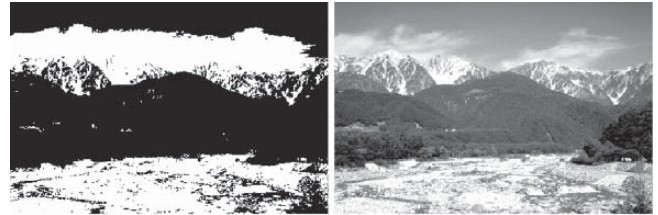


Pixely, které jsou v obraze světlejší než daná úroveň, jsou zobrazeny jako bílá a všechny ostatní pixely jsou zobrazeny jako černá.

Každý pixel je zobrazen jako jedna z 256 úrovní mezi černou a bílou. To umožňuje zobrazit vysoce věrný obraz.

■ Rozdíl v kvalitě obrazu

Rozdíl mezi obrazy ve 2-úrovňové a 256-úrovňové stupnici šedi



Příklad zobrazení ve 2-úrovňové stupnici šedi

Příklad zobrazení v 256-úrovňové stupnici šedi

■ Změna v obrazu v závislosti na prahové úrovni

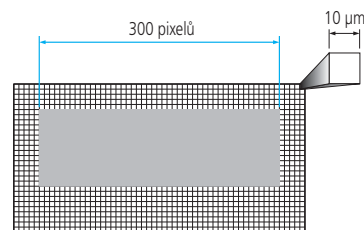


Tyto tři obrázky jsou zobrazeny jako stejný obraz 2-úrovňové stupnice šedi v různých úrovních řezů (prahových hodnotách). Protože se číselné hodnoty mění v závislosti na prahové úrovni, která je nastavena, nepoužívá se 2-úrovňová stupnice šedi pro vysoce přesné systémy zpracování obrazu.

■ Měření rozměrů

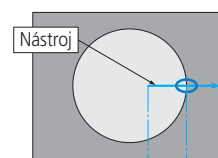
Obraz se skládá z pixelů (obrazových bodů). Je-li počet pixelů v měřené části počítán a násoben velikostí pixelu, pak část může být převedena na číselné hodnoty v délce. Například předpokládejme, že celkový počet pixelů, v příčné velikosti čtvercového obrobku, je 300 pixelů, jak je znázorněno na obrázku níže.

Pokud je velikost pixelu 10 μm pod zvětšením zobrazení, je celková délka obrobku dána $10 \mu\text{m} \times 300 \text{ pixelů} = 3000 \mu\text{m} = 3 \text{ mm}$.



■ Detekce hrany

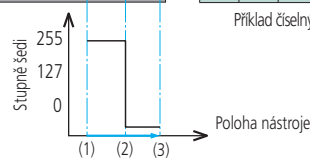
Jako příklad jak se skutečně detekují hrany obrobku v obraze je popsáno pomocí následujícího černobílého obrázku. Detekce hrany se provádí v rámci dané oblasti. Symbol, který vizuálně definuje tuto oblast je uvedený jako nástroj. Vícenásobné nástroje jsou poskytnuty tak, aby vyhovovaly různým geometriím obrobku nebo měření dat.



Systémem detekce hrany skenuje v rámci oblasti nástroje, jak je znázorněno na obrázku vlevo a zjišťuje hranici mezi světlem a stínem.

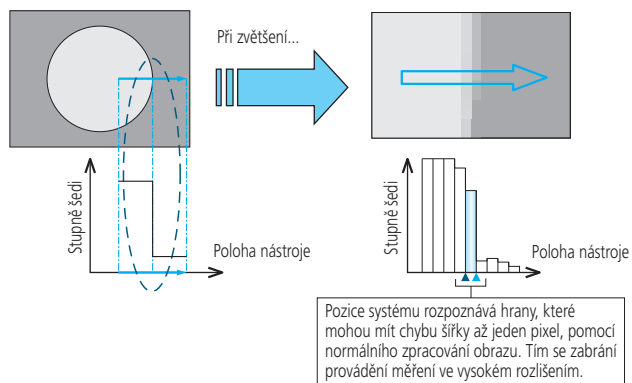
244	241	220	193	97	76	67	52	53	53
243	242	220	195	94	73	66	54	53	55
244	246	220	195	94	75	64	56	51	50

Příklad číselných hodnot přiřazených pixelům na nástroji



- (1) Počáteční poloha skenování
- (2) Poloha detekce hrany
- (3) Koncová poloha skenování

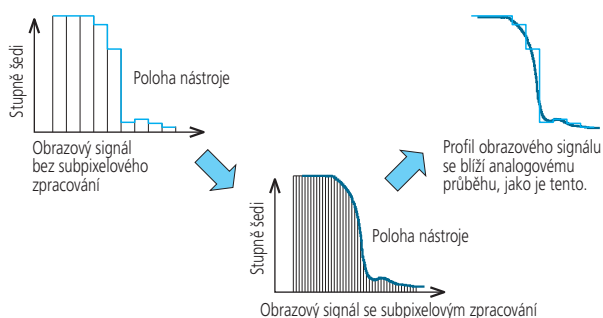
Měření ve vysokém rozlišení



Pro zvýšení přesnosti při detekci hran, se používá subpixelové zpracování obrazu.

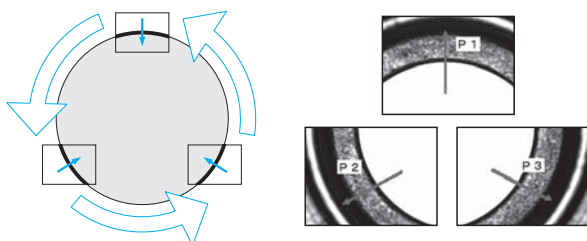
Hrana je detekována stanovením interpolace křivky z přilehlých dat pixelů, jak je znázorněno níže.

V důsledku toho je možné měření s rozlišením vyšším než 1 pixel.

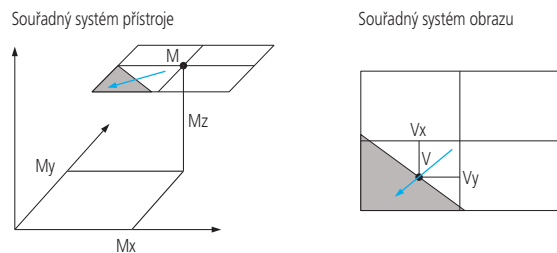


Měření podél více částí obrazu

Velké prvky, které nemohou být zobrazeny na jedné obrazovce, musí být měřeny přesně řízeným polohovacím CCD snímačem a stolem tak, aby se našel každý referenční bod v rámci jednotlivých obrazů. Tím se rozumí, že systém může měřit i velkou kružnici, jak je uvedeno níže, na základě detekce hrany, pohybem stolu napříč různými částmi okraje.



Složené souřadnice bodu



Poloha stolu měřicího přístroje
 $M = (M_x, M_y, M_z)$

Poloha detekované hrany (od středu obrazu)
 $V = (V_x, V_y)$

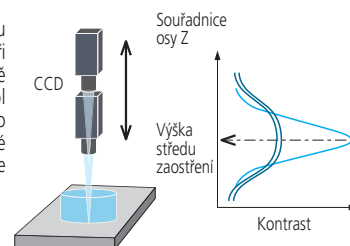
Aktuální souřadnice jsou udány $X = (M_x + V_x)$, $Y = (M_y + V_y)$ a samostatně $Z = M_z$.

Protože měření se provádí při uložení jednotlivých měřících míst, může systém bez problémů měřit rozměry, které nemohou být zobrazeny na jedné obrazovce.

Princip automatického zaostřování

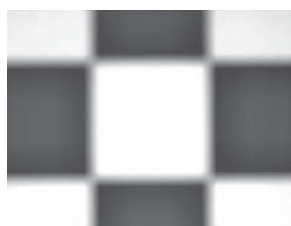
Systém může provést měření v rovině XY, ale nemůže provést měření výšky pouze pomocí CCD kamery. Systém je běžně dodáván s mechanismem automatického zaostřování (Auto Focus - AF) pro měření výšky. Následující část vysvětluje mechanismus AF, který používá společný obraz, ačkoli některé systémy mohou používat laserový AF.

Systém AF analyzuje obraz při pohybu CCD kamery nahoru a dolů v ose Z. Při analýze kontrastu obrazu, bude přesně zaostřený obraz zobrazen jako vrchol kontrastu a rozostřený se zobrazí jako nízký kontrast. Proto výška, ve které se nachází vrchol kontrastu obrazu, se nazývá výškou středu zaostření.



Rozdíly v kontrastu v závislosti na podmínkách zaostřování

Kontrast hrany je vzhledem k rozostřeným hranám nízký.



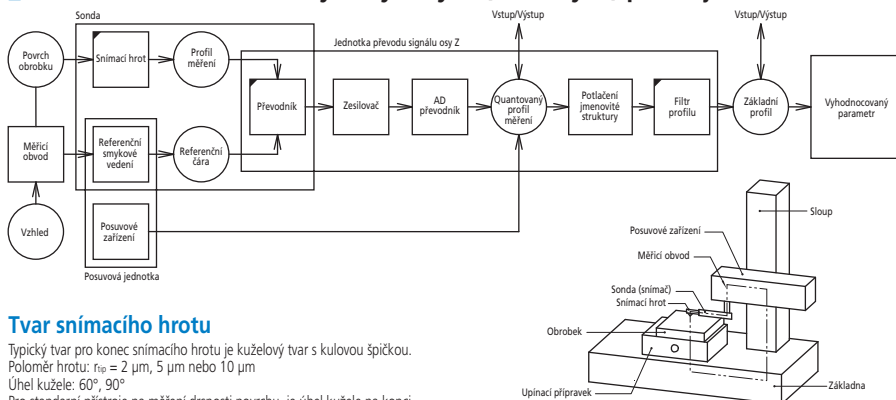
Kontrast hrany je vysoký díky přesně zaostřeným hranám.





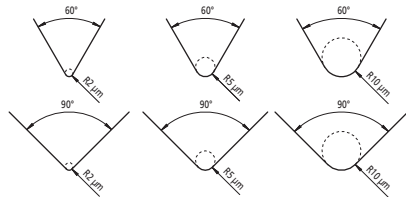
- ČSN EN ISO 1302:2002 Geometrické požadavky na výrobky (GPS)
 - Označování struktury povrchu v technické dokumentaci výrobků
- ČSN EN ISO 4287:1999 Geometrické požadavky na výrobky (GPS)
 - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu
- ČSN EN ISO 4288:1999 Geometrické požadavky na výrobky (GPS)
 - Struktura povrchu: Profilová metoda - Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu
- ČSN EN ISO 3274:1999 Geometrické požadavky na výrobky (GPS)
 - Struktura povrchu: Profilová metoda – Jmenovité charakteristiky dotkových (hrotových) přístrojů

Jmenovité charakteristiky dotkových (hrotových) přístrojů



Tvar snímáčního hrotu

Typický tvar pro konec snímáčního hrotu je kuželový tvar s kulovou špičkou. Poloměr hrotu: $r_{hp} = 2 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$ nebo $10 \mu\text{m}$
 Úhel kužele: 60° , 90°
 Pro standardní přístroje na měření drsnosti povrchu, je úhel kužele na konci snímáčního hrotu 60° , pokud není uvedeno jinak.



Statická měřicí síla

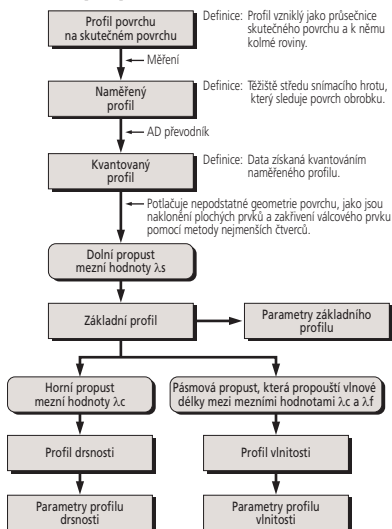
Jmenovitý poloměr zakřivení konce snímáčního hrotu: μm	Statická měřicí síla ve střední poloze snímáčního hrotu: mN	Tolerance změn statické měřicí síly: mN/ μm
2	0,75	0,035
5	0,75 (4,0) ^{Pozn.1}	0,2
10		

Pozn.1: Maximální hodnota statické měřicí síly ve střední poloze snímáčního hrotu má být 4,0 mN pro speciální strukturované sondy včetně vyměnitelného snímáčního hrotu.

Metrologické charakteristiky fázově korigovaných filtrů

Filtr profilu je fázově korigovaný filtr bez fázového zpoždění (příčina zkreslení profilu v závislosti na vlnové délce). Hmotnostní funkce fázově korigovaného filtru prokazuje normální (Gaussovo) rozdělení, v němž je přenosová amplituda na 50% mezní vlnové délky.

Postup zpracování dat



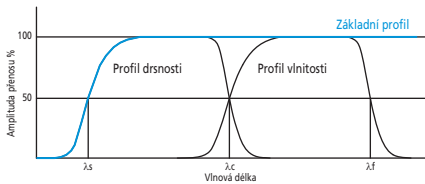
Vztah mezi mezní hodnotou a poloměrem snímáčního hrotu

Následující tabulka uvádí vztah mezi mezní hodnotou drsnosti profilu λ_c , poloměrem snímáčního hrotu r_{hp} a mezním poměrem λ_c/r_{hp} .

λ_c mm	λ_s μm	λ_c/λ_s	Maximální r_{hp} μm	Maximální základní délka mm
0,08	2,5	30	2	0,5
0,25	2,5	100	2	0,5
0,8	2,5	300	2 Pozn.1	0,5
2,5	8	300	5 Pozn.2	1,5
8	25	300	10 Pozn.2	5

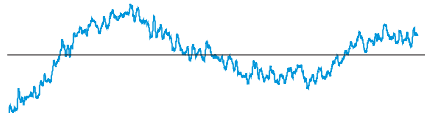
Pozn.1: Pro povrch s $Ra=0,5 \mu\text{m}$ nebo $Rz=3 \mu\text{m}$, se obvykle nevyskytne významná chyba v měření, i když $r_{hp} = 5 \mu\text{m}$.
 Pozn.2: Pokud mezní hodnota λ_s je $2,5 \mu\text{m}$ nebo $8 \mu\text{m}$, zeslabení signálu v důsledku efektu mechanického filtrování snímáčního hrotu s doplněným poloměrem hrotu, se zobrazí více pravoúhlého pásmu profilu drsnosti. Z tohoto důvodu malá chyba v poloměru hrotu nebo tvaru snímáčního hrotu nemá vliv na vypočtené hodnoty parametru z měření. Pokud je nutný konkrétní mezní poměr, musí být tento poměr definován.

Profily drsnosti



Základní profil

Profil získaný z měřeného profilu použitím dolní propusti s mezní hodnotou λ_s .



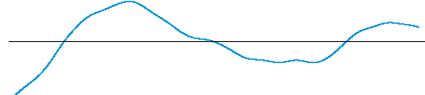
Profil drsnosti

Profil získaný ze základního profilu potlačení dlouhových složek pomocí horní propusti s mezní hodnotou λ_c .



Profil vlnitosti

Profil získaný ze základního profilu potlačení dlouhých složek λ_f a krátkých složek λ_c pomocí pásmové propusti.



Definice parametrů

ČSN EN ISO 4287:1999

Výškové parametry (výstupky a prohlubně)

- Největší výška výstupku základního profilu P_p
- Největší výška výstupku profilu drsnosti R_p
- Největší výška výstupku profilu vlnitosti W_p

Výška Z_p největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky



Největší hloubka prohlubně základního profilu P_v

- Největší hloubka prohlubně profilu drsnosti R_v
- Největší hloubka prohlubně profilu vlnitosti W_v

Hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky



Největší výška základního profilu P_z

- Největší výška profilu drsnosti R_z
- Největší výška profilu vlnitosti W_z

Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky

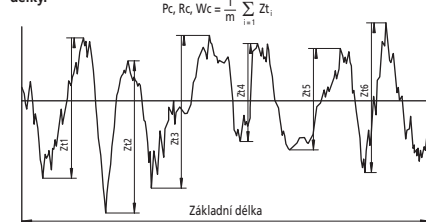


⚠ Ve starší IS a ISO 4287-1:1984 byla použita značka pro udání "výšky nerovnosti z deseti bodů". V některých zemích jsou užívány přístroje pro měření drsnosti, které měří dřívější parametr Rz . Tomu proto musí být věnována pozornost při používání existující technické dokumentace a výkresů, protože rozdíl výsledků získaných rozdílnými typy přístrojů nejsou vždy zanedbatelně malé.

Průměrná výška prvků základního profilu P_c

- Průměrná výška prvků profilu drsnosti R_c
- Průměrná výška prvků profilu vlnitosti W_c

Průměrná hodnota výšek Z_t prvků profilu v rozsahu základní délky.



Celková výška základního profilu P_t

- Celková výška profilu drsnosti R_t
- Celková výška profilu vlnitosti W_t

Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky



Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)

Průměrná aritmetická úchylnka základního profilu P_a
 Průměrná aritmetická úchylnka profilu drsnosti R_a
 Průměrná aritmetická úchylnka profilu vlnitosti W_a

Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky

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

s l jako l_p, l_r nebo l_w podle případu.

Průměrná kvadratická úchylnka základního profilu P_q

Průměrná kvadratická úchylnka profilu drsnosti R_q

Průměrná kvadratická úchylnka profilu vlnitosti W_q

Kvadratický průměr pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky

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

s l jako l_p, l_r nebo l_w podle případu.

Šikmost základního profilu P_{sk}

Šikmost profilu drsnosti R_{sk}

Šikmost profilu vlnitosti W_{sk}

Podíl průměrné hodnoty třetí mocniny pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny P_q, R_q nebo W_q v rozsahu základní délky

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left[\frac{1}{l} \int_0^l Z^3(x) dx \right]$$

Výše uvedená rovnice definuje R_{sk} . P_{sk} a W_{sk} jsou definovány podobným způsobem. P_{sk}, R_{sk} , a W_{sk} jsou mírou symetrie a hustoty pravděpodobnosti hodnot pořadnic.

Špičatost základního profilu P_{ku}

Špičatost profilu drsnosti R_{ku}

Špičatost profilu vlnitosti W_{ku}

Podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocniny pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny P_q, R_q nebo W_q v rozsahu základní délky

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left[\frac{1}{l} \int_0^l Z^4(x) dx \right]$$

Výše uvedená rovnice definuje R_{ku} . P_{ku} a W_{ku} jsou definovány podobným způsobem. P_{ku}, R_{ku} , a W_{ku} jsou mírou špičatosti a hustoty pravděpodobnosti hodnot pořadnic.

Délkové parametry

Průměrná šířka základního profilu P_{Sm}

Průměrná šířka profilu drsnosti R_{Sm}

Průměrná šířka profilu vlnitosti W_{Sm}

Aritmetický průměr šířek X_s prvků profilu v rozsahu základní délky

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



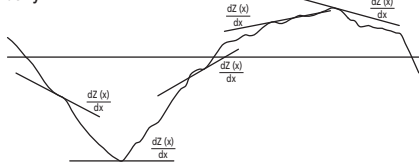
Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon základního profilu $P_{\Delta q}$

Průměrný kvadratický sklon profilu drsnosti $R_{\Delta q}$

Průměrný kvadratický sklon profilu vlnitosti $W_{\Delta q}$

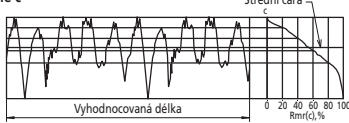
Kvadratický průměr sklonů pořadnic dZ/dx v rozsahu základní délky



Křivky, funkce hustoty pravděpodobnosti a související parametry

Křivka materiálového poměru profilu (Abbott Firestoneova křivka)

Křivka reprezentující materiálový poměr profilu v závislosti na výšce úrovně c



Materiálový poměr základního profilu $P_{mr}(c)$

Materiálový poměr profilu drsnosti $R_{mr}(c)$

Materiálový poměr profilu vlnitosti $W_{mr}(c)$

Poměr délky materiálu elementů profilu $MI(c)$ na dané úrovni c , k vyhodnocované délce

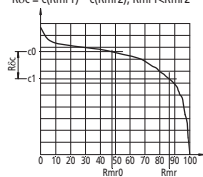
$$P_{mr}(c), R_{mr}(c), W_{mr}(c) = \frac{MI(c)}{l_n}$$

Rozdíl výšky úseku základního profilu $P_{\Delta c}$

Rozdíl výšky úseku profilu drsnosti $R_{\Delta c}$

Rozdíl výšky úseku profilu vlnitosti $W_{\Delta c}$

Svislá vzdálenost mezi úrovněmi dvou úseků daného materiálového poměru



Vzájemný materiálový poměr základního profilu P_{mr}

Vzájemný materiálový poměr profilu drsnosti R_{mr}

Vzájemný materiálový poměr profilu vlnitosti W_{mr}

Materiálový poměr určený úrovní částí profilu $R_{\Delta c}$ (nebo $P_{\Delta c}$ nebo $W_{\Delta c}$), vztažený k úrovni c_0

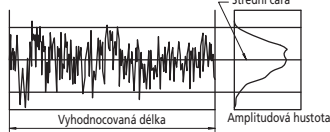
$$P_{mr}, R_{mr}, W_{mr} = P_{mr}(c_1), R_{mr}(c_1), W_{mr}(c_1)$$

kde $c_1 = c_0 - R_{\Delta c}(R_{\Delta c}, W_{\Delta c})$
 $c_0 = c(P_{m0}, R_{m0}, W_{m0})$

Empirické rozdělení výšek profilu

(výškové parametry křivky amplitud profilu)

Hustota pravděpodobnosti pořadnic $Z(x)$ v rozsahu vyhodnocované délky

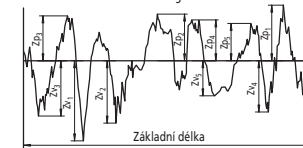


Konkrétní parametry JIS

Výška nerovnosti z deseti bodů, Rz_{10}

Součet absolutní průměrné výšky pěti nejvyšších vrcholů profilu a absolutní průměrné hloubky pěti nehlubších prohlubní profilu, měřených od střední čáry základní délky profilu drsnosti. Tento profil je získán ze základního profilu pomocí fázově korigované pásmové propusti s mezními hodnotami λ_c a λ_s .

$$Rz_{10} = \frac{|Z_{p1} + Z_{p2} + Z_{p3} + Z_{p4} + Z_{p5}| + |Z_{v1} + Z_{v2} + Z_{v3} + Z_{v4} + Z_{v5}|}{5}$$



Symbol	Použitý profil
RzJIS82	Naměřený profil povrchu
RzJIS94	Profil drsnosti odvozený od základního profilu pomocí fázově korigované horní propusti

Průměrná aritmetická úchylnka profilu Ra_{75}

Aritmetický průměr absolutních hodnot úchylek profilu od střední čáry v rozsahu základní délky profilu drsnosti (75%). Tento profil je získán z měřeného profilu pomocí analogové horní propusti s dělicím poměrem 12db/oktávu a mezní hodnotou λ_c .

$$Ra_{75} = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} |Z(x)| dx$$

Základní délka pro parametry drsnosti povrchu

ČSN EN ISO 4288:1999

Tabulka 1: Základní délky pro parametry ($R_a, R_q, R_{sk}, R_{ku}, R_{\Delta q}$), neperiodického profilu drsnosti, křivky materiálového poměru, funkce hustoty pravděpodobnosti a související parametry

R_a μm	Základní délka l_r mm	Vyhodnocovaná délka l_n mm
(0,006) < R_a ≤ 0,02	0,08	0,4
0,02 < R_a ≤ 0,1	0,25	1,25
0,1 < R_a ≤ 2	0,8	4
2 < R_a ≤ 10	2,5	12,5
10 < R_a ≤ 80	8	40

Tabulka 2: Základní délky pro parametry (R_z, R_v, R_p, R_c, R_t) neperiodického profilu drsnosti

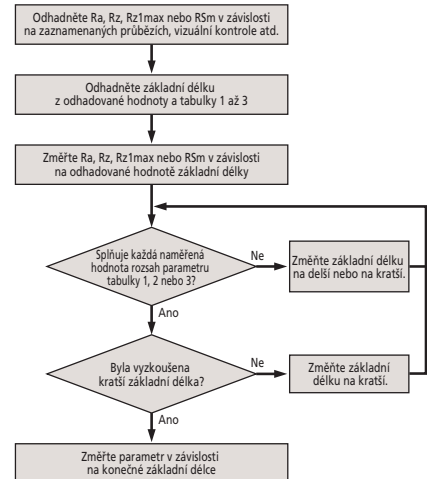
R_z R_z max μm	Základní délka l_r mm	Vyhodnocovaná délka l_n mm
(0,025) < R_z, R_z max ≤ 0,1	0,08	0,4
0,1 < R_z, R_z max ≤ 0,5	0,25	1,25
0,5 < R_z, R_z max ≤ 10	0,8	4
10 < R_z, R_z max ≤ 50	2,5	12,5
50 < R_z, R_z max ≤ 200	8	40

1) R_z se používá pro měření R_z, R_v, R_p, R_c a R_t .
 2) R_z max se používá pouze pro měření R_z max, R_v max, R_p max a R_t max.

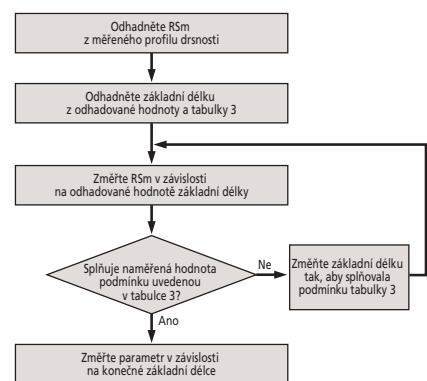
Tabulka 3: Základní délky pro měření parametru periodického profilu drsnosti a parametru R_{sm} periodického nebo neperiodického profilu

R_{sm} mm	Základní délka l_r mm	Vyhodnocovaná délka l_n mm
0,013 < R_{sm} ≤ 0,04	0,08	0,4
0,04 < R_{sm} ≤ 0,13	0,25	1,25
0,13 < R_{sm} ≤ 0,4	0,8	4
0,4 < R_{sm} ≤ 1,3	2,5	12,5
1,3 < R_{sm} ≤ 4	8	40

Postup stanovení základní délky, pokud není stanovena



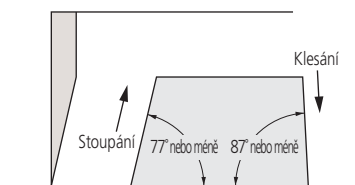
Obr.1 Postup stanovení základní délky neperiodického profilu, pokud není stanovena.



Obr.2 Postup stanovení základní délky periodického profilu, pokud není stanovena.



Měřitelný úhel

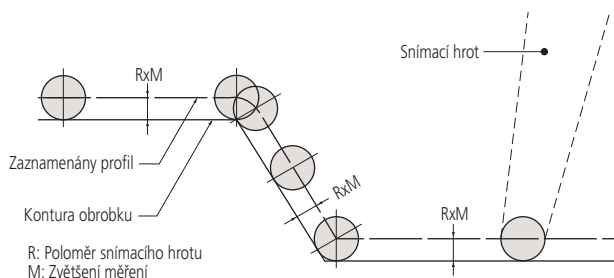


Maximální úhel, pod kterým snímací hrot může měřit směrem nahoru nebo dolů podél kontury obrobku, ve směru posunu snímacího hrotu, se označuje jako měřitelný úhel. Jednostranně zkosný snímací hrot s úhlem hrotu 12° (jako je znázorněno ve výše uvedeném obrázku) může měřit maximálně 77° stoupání a maximálně 87° klesání. Pro kuželový snímací hrot (kužel 30°), je měřitelný úhel menší. Stoupání s úhlem 77° nebo celkově menším, může ve skutečnosti obsahovat úhel větší než 77° díky vlivu drsnosti povrchu. Drsnost povrchu také ovlivňuje měřicí sílu.

Pro model CV-3200/4500, stejný typ snímacího hrotu (SPH-71: jednostranně zkosný snímací hrot s úhlem hrotu 12°) může měřit maximálně 77° stoupání a maximálně 83° klesání.

Kompence poloměru snímacího hrotu

Zaznamenaný profil představuje těžiště středu kulového hrotu posunujícího se po na povrchu obrobku. (Typický poloměr je $0,025\text{ mm}$.) Samozřejmě není stejný jako skutečný profil povrchu. Aby bylo možné dosáhnout přesného záznamu profilu, je nutné během zpracování dat kompenzovat vliv poloměru hrotu.

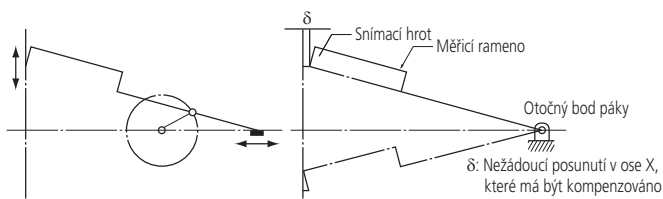


Je-li profil odečten ze záznamníku prostřednictvím šablony nebo pravítka, je nutné předem kompenzovat poloměr snímacího hrotu podle použitého zvětšení měření.

Kompence natáčení ramene

Snímací hrot je nesený na otočném ramenu, takže se natáčí tak, jak je snímán povrch a dotykový hrot nesisí pouze ve směru osy Z. Proto je nutné, k zajištění přesnosti, použít kompenzaci ve směru osy X. Existují tři způsoby kompenzace natáčení ramene.

- 1: Mechanická kompenzace
- 2: Elektronická kompenzace



3: Zpracování softwarem. Pro měření kontury obrobku, který zahrnuje velký posun ve svislém směru s vysokou přesností, musí být použita jedna z těchto kompenzačních metod.

Přesnost

Vzhledem k tomu, že snímací jednotky osy X a Z obsahují pravítka, není přesnost zvětšení zobrazena v procentech, ale jako přesnost lineárního posunutí pro každou osu.

Bezpečnostní vypínač přetížení

Pokud je na snímací hrot vyvíjena nadměrná síla (přetížení), z důvodu, že se hrot potýká s příliš strmým sklonem na obrobku nebo z důvodu otřepu atd., bezpečnostní zařízení automaticky přístroj zastaví a zazní alarm. Tento typ přístroje je běžně vybaven samostatným bezpečnostním zařízením pro zatížení ve směru sledování (osa X) a zatížení ve svislém směru (osa Z).

Pro model CV-3200/4500 je bezpečnostní zařízení funkční, pokud se rameno uvolní z držáku snímače.

Jednoduchá nebo komplexní ochrana ramene

V případě jednoduchého natáčivého ramene, tvar, který snímací hrot sleduje v průběhu svislého pohybu (směr Z) je kruhový oblouk, který vede k nežádoucímu posunutí v ose X, pro které musí být provedena kompenzace. Čím větší je oblouk pohybu, tím větší je nežádoucí posunutí (δ) v ose X, které má být kompenzováno. (Viz obrázek vlevo dole.) Alternativou je použití komplexního mechanického uspořádání spojování pro získání lineárního posunutí tvaru v ose Z a proto se vyhnout potřebě kompenzace v ose X.

Metody měření v ose Z

Ačkoli způsob měření v ose X je běžně prováděn prostřednictvím digitálního pravítka, měření v ose Z se dělí na metody analogové (použití diferenciálního transformátoru atd.) a metody digitálního pravítka.

Analogové metody se liší v rozlišení osy Z v závislosti na zvětšení měření a měřicím rozsahu. Metody digitálního pravítka mají pevné rozlišení.

Obecně platí, že metoda digitálního pravítka poskytuje větší přesnost ve srovnání s analogovou metodou.

Metody analýzy kontury

Po dokončení procesu měření můžete konturu analyzovat jednou z následujících dvou metod.

Sekce zpracování dat a program pro analýzu

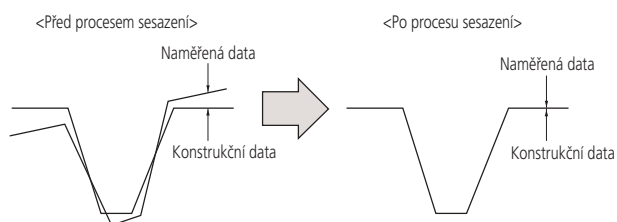
Měřená kontura je vstupem do sekce zpracování dat v reálném čase a speciální program provede analýzu pomocí myši nebo klávesnice. Úhel, poloměr, krok, rozteč a další údaje se zobrazí přímo jako číselné hodnoty. Snadno může být provedena analýza kombinace souřadných systémů. Graf, který prochází korekcí poloměru snímacího hrotu, je odeslán na tiskárnu jako zaznamenaný profil.

Tolerování s konstrukčními daty

Naměřená data kontury obrobku mohou být porovnána s konstrukčními daty, pokud jde o skutečné a navržené tvary, než jen analýzu jednotlivých rozměrů. Při této technice je zobrazena a zaznamenaná každá odchylka naměřené kontury od jmenovité kontury. Také mohou být zpracovány data jednoho obrobku například tak, aby se staly základními konstrukčními daty, se kterými jsou ostatní obrobky porovnávány. Tato funkce je zvláště užitečná v případě, že tvar sekce značně ovlivňuje výkon výrobku nebo když jeho tvar má vliv na vztah mezi párováním nebo sestavami součástí.

Sesazení

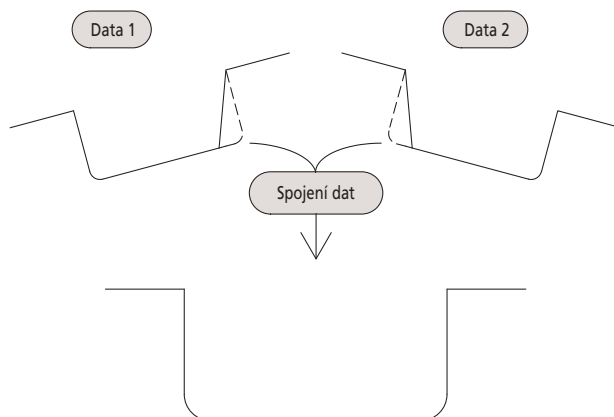
Pokud existuje norma pro data profilu povrchu, tolerování s konstrukčními údaji probíhá v souladu s touto normou. Pokud neexistuje žádná norma, nebo pokud je vyžadováno tolerování pouze tvarem, lze provést sesazení mezi konstrukčními daty a daty měření.



Algoritmus pro zpracování sesazení hledá odchylky mezi oběma sadami dat a odvozuje souřadný systém, ve kterém je součet čtverců odchylek minimální, pokud jsou konstrukční data překryta naměřenými daty.

Spojování dat

Obvykle, pokud je snímání celé kontury bráněno omezením měřitelným úhlem snímacího hrotu, pak musí být kontura rozdělena na několik částí, které jsou měřeny a vyhodnocovány samostatně. Tato funkce zabraňuje této nežádoucí situaci tím, že spojuje jednotlivé části do jedné kontury překrytím společných prvků (přímek, bodů) na sebe. Pomocí této funkce může být zobrazena celá kontura a různé analýzy provedeny obvyklým způsobem.



Příklady měření



Měření oboustranným snímacím hrotem pro měření nahoře a dole



Měření vnitřního/vnějšího prstence kontury ložiska



Měření vnitřního ozubení



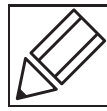
Měření tvaru vnitřního závitu



Měření tvaru vnějšího závitu



Měření kontury



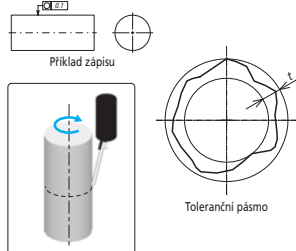
ČSN ISO 4291 Metody hodnocení úchylek kruhovitosti. Měření změn poloměru

ČSN EN ISO 1101 Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Geometrické tolerování - Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení

Strana 40

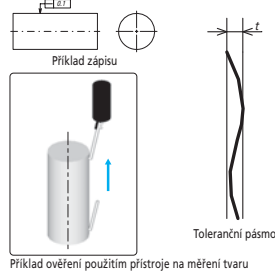
Kruhovitost

Každá obvodová čára musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma koplánárními kruhy s rozdílem v poloměru t .



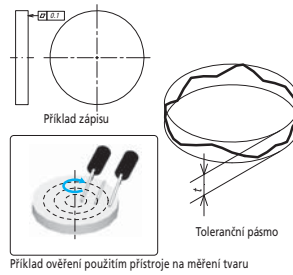
Přímost

Každá čára na povrchu musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma rovnoběžnými přímkami o vzdálenosti t od sebe a ve stanoveném směru.



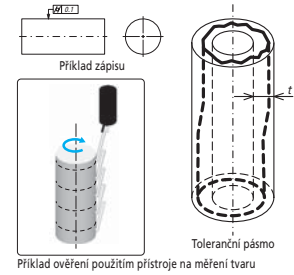
Rovinnost

Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma rovnoběžnými rovinami o vzdálenosti t od sebe.



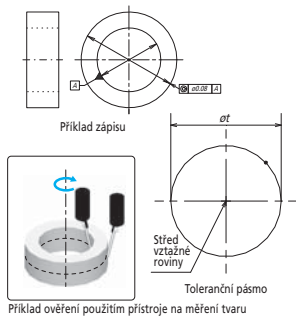
Válcovitost

Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma sousými válci s rozdílem v poloměru t .



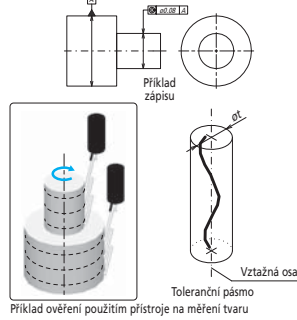
Soustřednost

Střed musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném soustředným kruhem o průměru t s nulovým bodem.



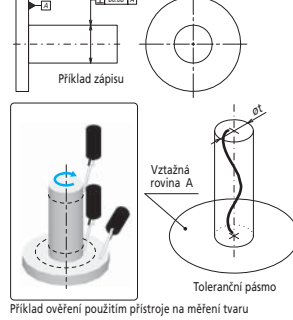
Souosost

Osa musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném válcem o průměru t , sousým se vztaznou rovinou.



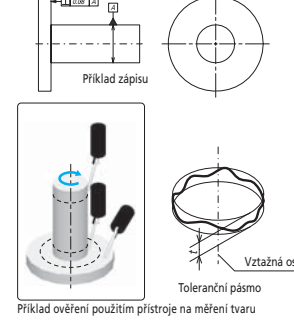
Kolmost

Čára nebo plocha musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma rovinami, o vzdálenosti t od sebe a kolmo ke vztazné rovině.



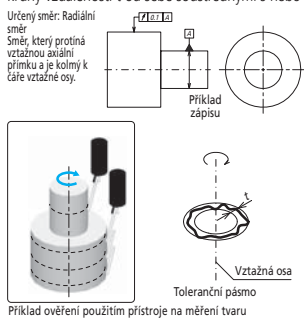
Celková házivost

Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma sousými válci s rozdílem v poloměru t , nebo ploch o vzdálenosti t od sebe, soustředné s nebo kolmé k nulovému bodu.



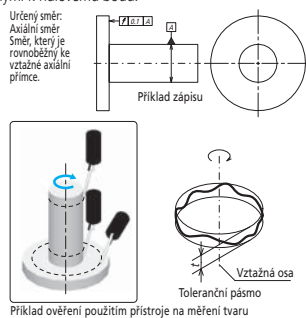
Kruhová házivost

Čára musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma koplánárními nebo soustřednými kruhy vzdálenosti t od sebe soustřednými s nebo kolnými k nulovému bodu.



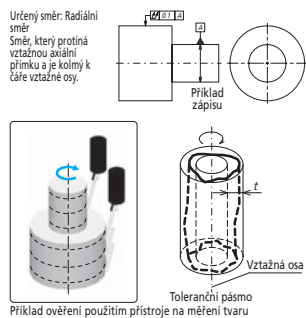
Celková házivost

Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma sousými válci s rozdílem v poloměru t , nebo ploch o vzdálenosti t od sebe, soustředné s nebo kolmé k nulovému bodu.



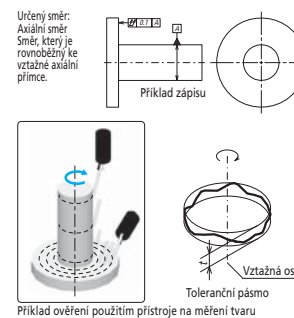
Celková házivost

Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma sousými válci s rozdílem v poloměru t , nebo ploch o vzdálenosti t od sebe, soustředné s nebo kolmé k nulovému bodu.



Celková házivost

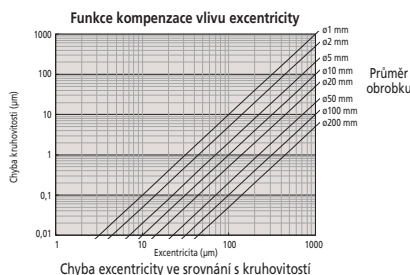
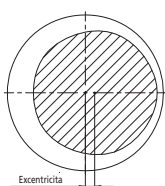
Povrch musí ležet v tolerančním pásmu vytvořeném mezi dvěma sousými válci s rozdílem v poloměru t , nebo ploch o vzdálenosti t od sebe, soustředné s nebo kolmé k nulovému bodu.



Nastavení před měřením

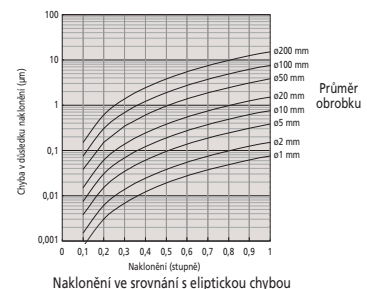
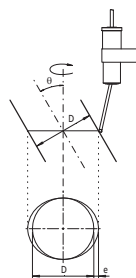
Vystředění

Posun posunutí (excentricity) mezi osou otočného stolu kruhoměru a osou obrobku má za následek zdeformování měřeného tvaru (chyba limaçon) a v důsledku toho dojde k chybě ve vypočtené hodnotě kruhovitosti. Čím větší je excentricita, tím větší je chyba ve výpočtu kruhovitosti. Proto by měl být obrobek vystředěn (shodný s osou) před měřením. Některé kruhoměry podporují přesné měření s funkcí korekce chyby limaçon. Účinnost této funkce lze vidět v níže uvedeném grafu.



Vyrovňání

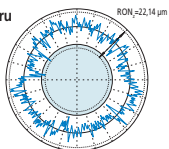
Naklonění osy obrobku vzhledem k ose otáčení měřicího přístroje způsobí eliptickou chybu. Vyrovňání musí být provedeno tak, aby tyto osy byly dostatečně rovnoběžné.



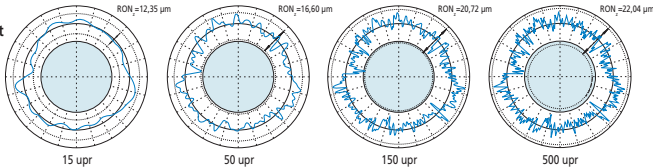
□ Vliv nastavení filtru na měřený profil

Hodnoty kruhovitosti (RON_f), tak jak jsou naměřeny, jsou do značné míry ovlivněny změnou hodnoty filtru cutoff. Filtr je třeba vhodně nastavit pro požadované vyhodnocování.

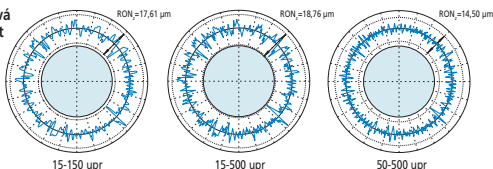
Bez filtru



Dolní propust



Pásmová propust

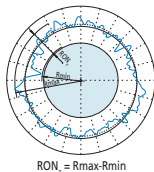


□ Vyhodnocení naměřeného profilu kruhovitosti

Kruhoměry (RON) používají naměřená data pro generování referenčních kružnic, jejichž rozměry definují hodnotu kruhovitosti. Existují čtyři způsoby, jak dosáhnout těchto kružnic, jak je uvedeno níže a každá metoda má individuální vlastnosti, takže by měla být zvolena metoda, která nejlépe odpovídá funkci dílu.

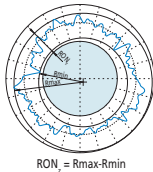
Metoda kružnice nejmenších čtverců (LSCI)

Kružnice je přizpůsobena měřenému profilu tak, aby součet čtverců odchylek profilu dat od této kružnice byl minimální. Hodnota kruhovitosti je pak definována jako rozdíl mezi maximální odchylkou profilu od této kružnice (nejvyšší vystupek k nejnižší prohlubni).



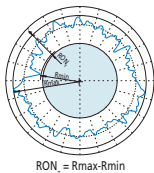
Metoda kružnice nejmenšího pásma (MZCI)

Dvě soustředné kružnice jsou umístěny tak, aby obalovaly měřený profil tak, že jejich radiální rozdíl je minimální. Kruhovitost je poté definována jako radiální rozdíl těchto dvou kružnic.



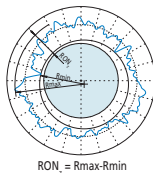
Metoda nejmenší opsané kružnice (MCC)

Vytvoří se nejmenší kružnice, která může obalit měřený profil. Kruhovitost je poté definována jako maximální odchylka profilu od této kružnice. Tato kružnice je někdy uváděna jako kružnice "prstencového měřidla".



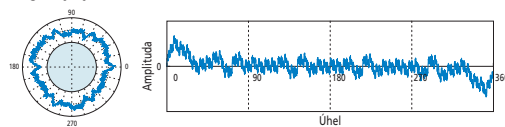
Metoda největší vepsané kružnice (MIC)

Vytvoří se největší kružnice, která může být obalena daty profilu. Kruhovitost je poté definována jako maximální odchylka profilu od této kružnice. Tato kružnice je někdy uváděna jako kružnice "trnového měřidla".

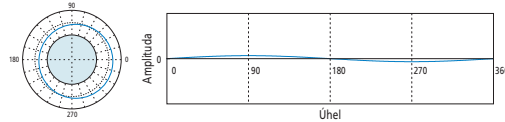


□ Údaje vlnění na otáčku (UPR) v diagramech kruhovitosti

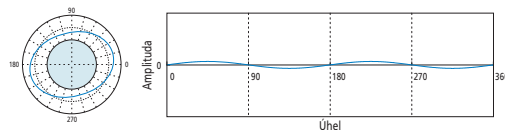
Diagramy výsledků měření



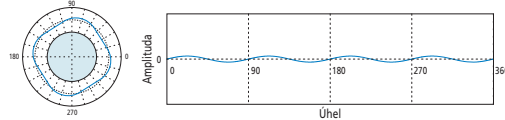
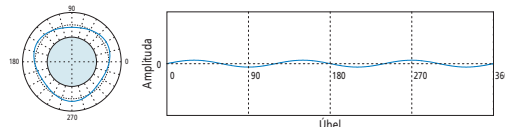
Stav 1 UPR indikuje excentricitu obrobku vzhledem k ose otáčení měřicího přístroje. Amplituda zvlnění složek závisí na nastavení vyrovnání.



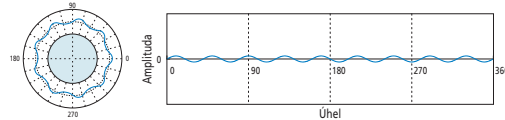
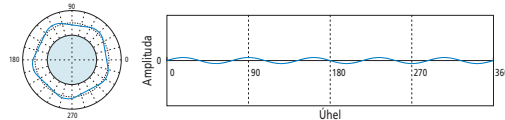
Stav 2 UPR může indikovat: (1) nedostatečné nastavení vyrovnání na měřicím přístroji; (2) kruhovou házivost v důsledku nesprávného upevnění obrobku na obráběcím stroji, který vytvořil jeho tvar; (3) tvar obrobku je elipsovité záměrné například jako píst spalovacího motoru.



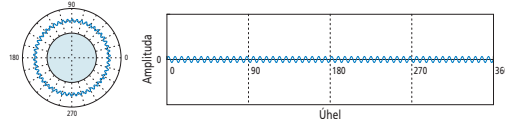
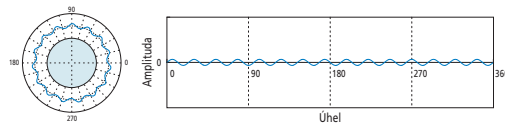
Stavy 3 až 5 UPR mohou indikovat: (1) Deformace v důsledku příliš utaženého upínacího sklíčidla na měřicím přístroji; (2) Deformace způsobené uvolněným tlakem po vyjmutí z upínacího sklíčidla obráběcího stroje, který vytvořil jeho tvar.



Stavy 5 až 15 UPR často indikují faktory nerovnováhy metody obrábění nebo procesů použitých k výrobě obrobku.



Stav 15 UPR (nebo vyšší) je obvykle způsoben chvěním nástroje, vibracemi stroje, účinky chladičí kapaliny, nehomogenitou materiálu atd. a je všeobecně více důležitý pro funkčnost, než pro úpravu obrobku.





Metody zkoušky tvrdosti a obecné zásady pro výběr přístroje na zkoušky tvrdosti

Zkušební metoda	Mikrotvrdot (Micro-Vickers)	Mikro-povrchové charakteristiky materiálů	Vickers	Rockwell	Povrchový Rockwell	Brinell	Shore	Pro pórovité materiály, pryž a plast	Přenosné odrazové provedení
Materiál									
IC destičky	●	●							
Tvrdoměry, keramiky (řezné nástroje)		▲	●	●					
Ocele (tepelně zpracované materiály, suroviny)	●	▲	●	●	●		●		●
Neželezné kovy	●	▲	●	●	●				●
Plasty		▲		●				●	
Brusné kameny				●					
Slitiny						●			
Pórovité materiály, pryže								●	
Tvar									
Tenké plechy (holící strojky, kovové fólie)	●	●	●		●				
Tenké filmy, pokovování, lakování, povrchové vrstvy (nitridované vrstvy)	●	●							
Drobné díly, jehlicovité díly (hodinová ručička, jehla šicího stroje)	●	▲							
Velké vzorky (struktury)						●	●		●
Složení kovového materiálu (tvrdost v každé fázi vícevrstvé slitiny)	●	●							
Plastové desky	▲	▲		●				●	
Desky pórovitého materiálu, pryže								●	
Použití									
Pevnost nebo fyzikální vlastnosti materiálů	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Proces tepelného zpracování	●		●	●	●		▲		▲
Hloubka vrstvy cementování	●		●						
Hloubka vrstvy oduhličení	●		●		●				
Hloubka vrstvy zapálení nebo vysoko-frekvenčního kalení	●		●	●					
Zkouška prokalitelnosti			●	●					
Maximální tvrdost místa svaru			●	●					
Tvrdost svarů			●	●					
Vysokoteplotní tvrdost (charakteristická vysoká teplota, tepelná zpracovatelnost)			●						
Lomová houževnatost (keramika)	●		●						

Legenda: ● Velmi vhodný ▲ Přiměřeně vhodný

Metody měření tvrdosti

(1) Vickers

Metoda zkoušky tvrdosti podle Vickerse, která má nejširší rozsah použití, umožňuje kontrolu tvrdosti s libovolným zkušebním zatížením. Tato zkouška má extrémně velký počet oblastí použití, zejména pro zkoušky tvrdosti prováděných se zkušebním zatížením menším než 9,807 N (1 kgf). Jak je znázorněno v následujícím vzorci, hodnota tvrdosti podle Vickerse je stanovena vydělením zkušebního zatížení F (N) kontaktní oblastí S (mm²) mezi vzorkem a vnikovým tělískem, která se vypočítává z úhlopříčné délky d (mm, průměr ze dvou směrových délek) vtisku vytvořeného vnikovým tělískem (čtvercový jehlanovitý diamant, úhel protilehlé plochy $\theta=136^\circ$) ve vzorku za použití zkušebního zatížení F (N). k je konstanta ($1/g=1/9,80665$).

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

Chyba ve vypočtené tvrdosti podle Vickerse se vypočítá podle následujícího vzorce. Kde Δd_1 , Δd_2 a "a" představují chybu měření, která vznikla díky mikroskopu, chybě odečtení vtisku a délce vodičného proužku vytvořeného protilehlými plochami hrotu vnikového tělíska. Jednotkou $\Delta \theta$ jsou stupně.

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

(2) Knoop

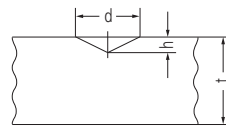
Jak je znázorněno v následujícím vzorci, tvrdost podle Knoop je hodnota získaná vydělením zkušebního zatížení předpokládanou oblastí vtisku A (mm²), která se vypočítá z delší úhlopříčné délky vtisku d (mm), vytvořeného vtisknutím kosodélníkového diamantového vnikového tělíska (úhly protilehlých okrajů $172^\circ 30'$ a 130°) do vzorku, za použití zkušebního zatížení F. Tvrdost podle Knoop je možné také měřit nahrazením vnikového tělíska Vickers za vnikové tělísko Knoop ve zkušebním přístroji mikrotvrdoti.

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

(3) Rockwell a Povrchový Rockwell

Pro měření tvrdosti podle Rockwella nebo Povrchového Rockwella, použijte nejprve předběžné zatížení a následně zkušební zatížení na vzorek a vraťte se k předběžnému zatížení použitím diamantového vnikového tělíska (úhel hrotu kužele: 120° , poloměr hrotu: 0,2 mm) nebo kulového vnikového tělíska (ocelová kulička nebo kulička z tvrdokovu). Tato hodnota tvrdosti se získá ze vzorce tvrdosti, který je vyjádřen rozdílem hloubky vtisku h (μm) mezi předběžným a zkušebním zatížením. Rockwell používá předběžné zatížení 98,07 N a Povrchový Rockwell 29,42 N. Specifický symbol, stanovený v kombinaci s typem vnikového tělíska, zkušebního zatížení a vzorce tvrdosti, je označován jako stupnice. Japonské průmyslové normy (JIS) definují různé stupnice související tvrdosti.

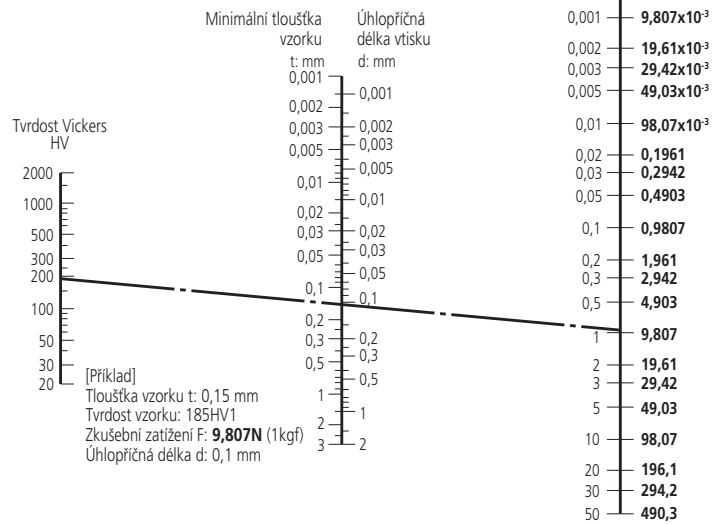
Vztah mezi tvrdostí podle Vickerse a minimální tloušťkou vzorku



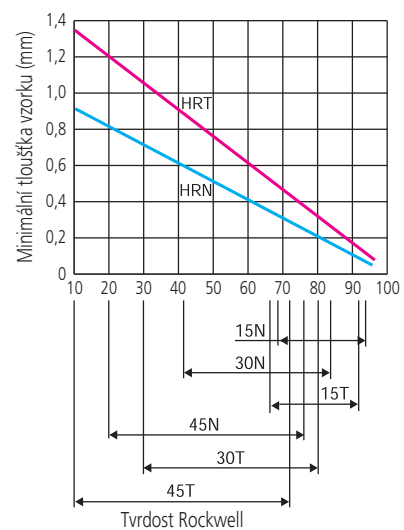
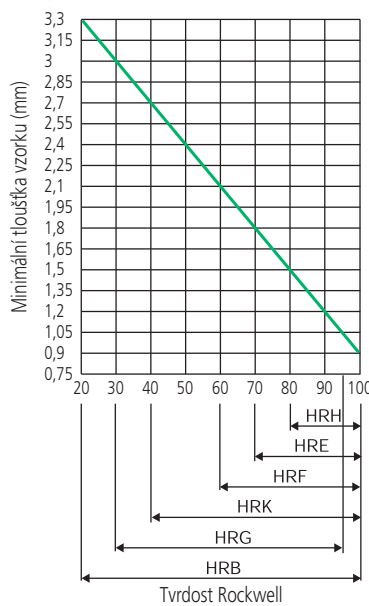
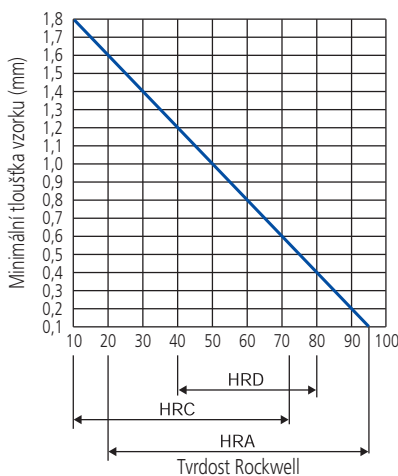
$$HV = 0,1891 \frac{F}{d^2}$$

$t > 1,5d$
 $h \approx d/7$

t: Tloušťka vzorku (mm)
d: Úhlopříčná délka (mm)
h: Hloubka vtisku (mm)



Vztah mezi tvrdostí Rockwell/Povrchový Rockwell a minimální tloušťkou vzorku



Stupnice tvrdosti Rockwell

Stupnice	Vnikové tělísko	Zkušební zatížení (N)	Použití
A	Diamant	588,4	Tvrdokov, tenké ocelové pláty Cementovaná ocel Ocel (více než 100 HRB nebo méně než 70 HRC)
D		980,7	
C		1471	
F	Kulička o průměru 1,5875 mm	588,4	Ložiskový kov, měkká měď Mosaz Tvrdé hliníkové slitiny, beryliová měď, fosforový bronz
B		980,7	
G		1471	
H	Kulička o průměru 3,175 mm	588,4	Ložiskový kov, brusný kámen Ložiskový kov Ložiskový kov
E		980,7	
K		1471	
L	Kulička o průměru 6,35 mm	588,4	Plast, olovo
M		980,7	
P	Kulička o průměru 12,7 mm	1471	Plast
R		588,4	
S		980,7	
V		1471	

Stupnice povrchové tvrdosti Rockwell

Stupnice	Vnikové tělísko	Zkušební zatížení (N)	Použití
15N	Diamant	147,1	Tenká, tvrdá vrstva na oceli jako jsou nauhličovaná nebo nitrovaná vrstva
30N		294,2	
45N		441,3	
15T		147,1	
30T	Kulička o průměru 1,5875 mm	294,2	Tenký plech z měkké oceli, mosazi, bronzu, atd.
45T		441,3	
15W		147,1	
30W	Kulička o průměru 3,175 mm	294,2	Plast, zinek, ložisková slitina
45W		441,3	
15X		147,1	
30X	Kulička o průměru 6,35 mm	294,2	Plast, zinek, ložisková slitina
45X		441,3	
15Y	Kulička o průměru 12,7 mm	147,1	Plast, zinek, ložisková slitina
30Y		294,2	
45Y		441,3	

Kalibrační destičky: Zkušební zatížení tvrdosti Rockwell a Povrchový Rockwell

Č.		Tvrdost Rockwell			Tvrdost Povrchový Rockwell		
Předložné zkušební zatížení	N	98,07			29,42		
	kgf	10			3		
Zkušební zatížení	N	588,4	980,7	1471	147,1	294,2	441,3
	kgf	60	100	150	15	30	45
Diamantové vnikové tělísko		A	D	C	15N	30N	45N
Průměr kuličky (v pakcích)	Ø	F	B	G	15T	30T	45T
	1/16"						
	Ø	H	E	K	15W	30W	45W
	1/8"						
	Ø	L	M	P	15X	30X	45X
	1/4"						
	Ø	R	S	V	15Y	30Y	45Y
	1/2"						



Postup pro posouzení výkonu SMS je definován v mezinárodní normě EN ISO 10360. Mitutoyo se vždy snaží, aby její přístroje byly v souladu s nejnovějšími ISO normami. Tato stránka vám poskytne přehled parametrů podle normy ISO, které Mitutoyo používá v tomto katalogu.

Maximální povolená chyba měření (MPE) délky měření $E_{0,MPE}$ [EN ISO 10360-2]

Postup zkoušky podle této normy předepisuje souřadnicovému měřicímu stroji (SMS) provedení série měření v pěti různých délkách zkoušky a to v každém ze sedmi směrů, jak je znázorněno na obr. 1, za účelem vytvoření sady 35 měření. Tato sekvence se opakuje dvakrát, za účelem vytvoření 105 měření ve všech směrech. Pokud jsou tyto výsledky, včetně povolených nejistot měření, stejné nebo menší, než jsou hodnoty uvedené výrobcem, pak výkonnost SMS prokázala splnění svých specifikací.

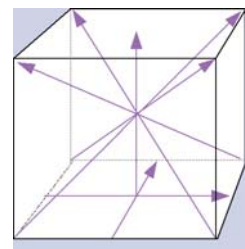
Norma umožňuje překročení stanovené hodnoty až pro pět měření (dva špatné výsledky při třech měřeních ve stejné poloze nejsou povoleny). Pokud tento případ nastane, provádí se dalších 10 měření pro příslušné polohy. Je-li všech 10 výsledků, včetně přičtení nejistot měření, v rámci stanovené hodnoty, předpokládá se, že SMS zkouškou prošel. Při určení maximální povolené chyby měření je třeba zohlednit nejistoty, týkající se kalibrace a metod seřizování, používaných u jednotlivých materiálových etalonů délek zahrnutých do této zkoušky. (Hodnoty získané přidáním rozšířené nejistoty, kombinující obě výše uvedené nejistoty ke všem výsledkům zkoušky, musí být menší než specifikovaná hodnota.) Výsledek zkoušky může být vyjádřen v některém z následujících tří tvarů (jednotky: μm).

$$E_{0,MPE} = A + L/K \leq B$$

$$E_{0,MPE} = A + L/K$$

$$E_{0,MPE} = B$$

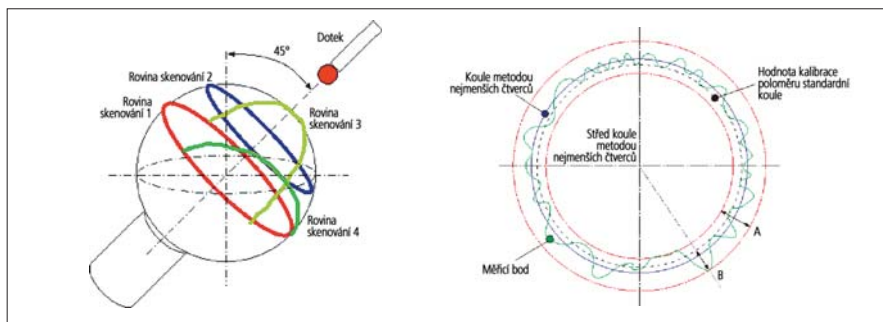
- A: Konstanta specifikovaná výrobcem (μm)
- K: Bezrozměrná konstanta specifikovaná výrobcem
- L: Měřená délka (mm)
- B: Horní mezní hodnota specifikovaná výrobcem (μm)



Obr. 1 Typické směry měření zkoušky v rámci měřicího rozsahu SMS

Maximální povolená chyba snímání skenováním MPE_{THP} [EN ISO 10360-4]

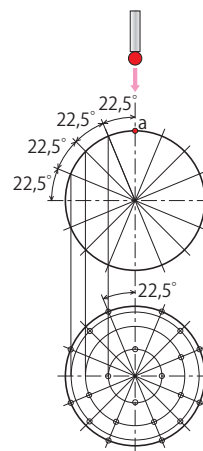
Norma udávající přesnost SMS, pokud je vybaven skenovací sondou. Postup zkoušky předepisuje provádět měření skenováním ve 4 rovinách na standardní kouli a pak, pro výpočet středu koule metodou nejmenších čtverců jsou použity všechny body měření, se vypočte rozsah (rozměr "A" na obr. 3) v němž existují všechny body měření. Na základě středu koule metodou nejmenších čtverců vypočteného výše, se vypočtou vzdálenosti mezi poloměrem kalibrované standardní koule a maximálním bodem měření nebo minimálním bodem měření a použije se větší vzdálenost (rozměr "B" na obr. 3). Rozšířená nejistota, která kombinuje nejistotu tvaru špičky doteku a nejistotu standardního tvaru koule zkoušky, se připočítá ke každému rozměru A a B. Pokud jsou obě vypočtené hodnoty menší než specifikované hodnoty, je tato zkouška skenováním sondou úspěšná.



Obr. 3 Cílové roviny měření pro maximální povolenou chybu snímání skenováním a koncepce jejího vyhodnocování

Maximální povolená chyba tvaru jednotlivého doteku $P_{FTU,MPE}$ [EN ISO 10360-5]

Postup zkoušky stanoví, že se sondou provede měření definovaných cílových bodů na standardní kouli (25 bodů měření, jako na obr. 2) a výsledky se použijí k výpočtu polohy středu koule pomocí metody nejmenších čtverců. Následně se vypočítá vzdálenost R od středu koule pro každý z 25 bodů měření a vypočítá se rozdíl poloměrů $R_{\text{max}} - R_{\text{min}}$. Rozšířená nejistota, která v sobě spojuje nejistotu tvaru špičky doteku a to v rámci standardní koule zkoušky, musí být připočítána k rozdílu poloměrů. Pokud tato konečná vypočtená hodnota je rovna nebo menší než specifikovaná hodnota, sonda zkoušce vyhověla.



Obr. 2 Cílové body ve standardní oblasti pro určení maximální přípustné chyby tvaru jednotlivého doteku

Mitutoyo Česko s.r.o.
Dubská 1626
415 01 Teplice
Czech Republic
Tel: +420 417 579 866
Fax: +420 417 579 867
info@mitutoyo.cz
www.mitutoyo.cz

