



Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.1.2/19/13

VÝŠKOVÉ MIKROMETRY

Praha
Říjen 2013

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/1/13

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. František Podlaha

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup je určen pro kalibraci výškových mikrometrů dle aplikace metrologických předpisů na technické a provozní podmínky kalibrační laboratoře. Výškové mikrometry se například používají k nastavování výškoměrů a orýsovacích přístrojů. Kalibrační postup je platný pro vstupní kontrolu resp. prvotní kalibraci nebo pro kalibraci v pravidelně se opakujících časových intervalech (periodách), takzvanou rekalkibraci.

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[2]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[3]
KATALOGY	Katalog měřicích přístrojů 2012/2013 (například katalog Mitutoyo strana 360, výškové mikrometry série 515)	[4]
ORGANIZAČNÍ SMĚRNICE	Metrologický předpis organizace	[5]
NÁVODY	Návody k obsluze měřicích zařízení (etalonů)	[6]
ČSN EN ISO 10012	Systém managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[7]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením – Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[8]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibraci výškových mikrometrů je dána příslušným předpisem organizace. Příslušní pracovníci musí být seznámeni s tímto kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

4 Názvosloví, definice

Termíny, definice a názvosloví jsou obsahem příslušných norem, které jsou uvedeny ve článku č. 2.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Laboratorní souřadnicový měřicí stroj (dále SMS),
- sada koncových měrek ČSN EN ISO 3650 třídy přesnosti 1,
- průměrná deska ČSN 25 5519,
- digitální úchylkoměr s číslicovým krokem 0,0005 mm (např. Mitutoyo) se stojánkem pro úchylkoměry,
- páčkový číselníkový úchylkoměr s dělením stupnice 0,001 mm se stojánkem na úchylkoměry,
- stavitelné podpěry,
- dotykový tělískový teploměr,
- termohygrograf,
- čisticí prostředky (lékařský benzín, utěrky, štěteček, jelenice, textilní rukavice),
- lapovací papír SIA.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou lhůtu kalibrace.

6 Obecné podmínky kalibrace

Výškové mikrometry se kalibrují ve stálých prostorách kalibrační laboratoře.

Podmínky při kalibraci v laboratorních podmínkách:

Teplota prostředí: $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$

Maximální relativní vlhkost: $(50 \pm 20) \%RH$, nekorozní prostředí

Teplota a vlhkost vzduchu by měly být monitorovány.

7 Rozsah kalibrace

- Charakteristika a technické parametry výškového mikrometru (dále mikrometru),
- vnější prohlídka mikrometru,
- příprava mikrometru ke kalibraci,
- měření metrologických parametrů,
- stanovení chyb jednotlivých metrologických parametrů,
- vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci,
- závěr kalibrace.

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Charakteristika a technické parametry mikrometru

Mikrometr má ve dvou řadách stupňovité uspořádání měrek. Mikrometry se dodávají v metrickém nebo palcovém provedení.

Technické parametry metrické:

- Číslicový krok: 0,001 mm
- Dělení stupnice: 0,002 mm

- Krok měrek: 20 mm
- Nastavení mikrometru: 20 mm
- Stoupání mikrometru: 0,5 mm/ot.
- Největší dovolená chyby kroku měrek: do 310 mm: $\pm 1,5 \mu\text{m}$
310 až 450 mm: $\pm 2,5 \mu\text{m}$
450 mm až 610 mm: $\pm 3,5 \mu\text{m}$
- Rovnoběžnost měrek: do 310 mm: $\pm 2,0 \mu\text{m}$
310 mm až 610 mm: $\pm 2,5 \mu\text{m}$

8.2 Vnější prohlídka mikrometru

- Kontrola inventárního čísla, výrobního čísla a příslušného označení,
- kontrola funkčnosti mikrometru (kontrola chodu mikrometrického šroubu, kontrola displeje, kontrola čitelnosti stupnice, kontrola funkce ovládacích tlačítek),
- vizuální kontrola stavu povrchu měřicích ploch stupňovitě uspořádaných měrek (rýhy, vyvalené hrany, koroze),
- kontrola celkového stavu mikrometru (vady na stojanu jako jsou: opotřebením do-
sedacích ploch, poškozená povrchová úprava, zašlá nečistota apod.).

8.3 Příprava mikrometru ke kalibraci

- Provede se celkové očištění mikrometru,
- zvláště se provede očištění měrek lékařským benzínem,
- jsou-li hrany měřicích ploch jednotlivých měrek vyvalené, srazí se jemným brouskem,
- jsou-li na měrkách drobné rýhy a škrábance odstraní se lapovacím papírem SIA,
- po ošetření povrchu se měrky znovu očístí lékařským benzínem a otřou se utěrkou, která nepouští textilní částice, nebo se otřou jelenicí, pokud ji máme k dispozici,
- mikrometr se dá temperovat (vyrovnání teploty mikrometru na referenční teplotu $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$).

9 Postup kalibrace

9.1 Měření metrologických parametrů

9.1.1 Kontrola rovnoběžnosti měřicích ploch měrek stupňovitého uspořádání

Kontrolu rovnoběžnosti lze provést číselníkovým úchylkoměrem, upnutém v měřicím stojánku na průměrné desce. Horní měřicí plocha první stupňové měrky se vyrovná páčkovým číselníkovým úchylkoměrem, upnutém ve stojánku a koncovými měrkami do nuly. Místo koncových měrek se mohou použít stavitelné podpěry. Tato plocha se bere za výchozí referenční polohu měření. Postupně se měří úchyly rovnoběžnosti horních měřicích ploch stupňovitě uspořádaných měrek v celé jejich délce a celého měřicího rozsahu mikrometru od referenční polohy. Úchyly se zapíše do záznamu o měření. Jednodušším a rychlejším způsobem je měření rovnoběžnosti měřicích ploch měrek pomocí SMS. Nasnímá se množina bodů na horní měřicí ploše každé stupňovitě uspořádané měrky v celém rozsahu mikrometru. Úchyly rovnoběžnosti vyhodnotí měřicí software. Záznamem o měření je výstup z tiskárny.

9.1.2 Zjišťování chyby f_{max} v rozsahu nastavení mikrometru

Chybu f_{max} lze zjišťovat na průměrné desce digitálním úchylkoměrem s číslicovým krokem 0,0005 mm (např. Mitutoyo) upnutém ve stojánku nebo pomocí SMS.

a) Zjišťování chyby f_{max} digitálním úchylkoměrem

Měření se provádí na kalibrované průměrné desce, na kterou se položí mikrometr společně s digitálním úchylkoměrem, upnutém ve stojánku pro úchylkoměry. Do libovolné mezery o velikosti 20 mm dvou sousedících měrek mikrometru se vloží koncová měrka o jmenovité délce 20 mm. Pokud je mezera těsnější nebo volnější musí se příslušný rozměr složit z více koncových měrek. Koncová měrka resp. měrky musí být zasunuty do mezery do poloviny své délky proto, aby vznikla plocha pro ustavení měřicího doteku digitálního úchylkoměru. Po ustavení digitálního úchylkoměru na ploše koncové měrky (měrek) se úchylkoměr vynuluje a tím se získá výchozí měřicí poloha = 0. Chybu f_{max} v nastavení mikrometru 20 mm zjišťujeme na měřicích místech 2,5 mm; 5,1 mm; 7,7 mm; 10,3 mm; 12,9 mm; 15,0 mm; 17,6 mm; 20 mm. Naměřené hodnoty se zapíší do záznamu o měření. Každé měřicí místo se měří 3krát.

b) Zjišťování chyby f_{max} pomocí SMS

Na měrku mikrometru se umístí teplotní čidlo. Měřicím dotekem se nasnímá množina bodů na libovolné horní měřicí ploše měrky mikrometru a určí se referenční rovina pro měření = výchozí poloha nuly souřadnicového měřicího systému. Chybu f_{max} v nastavení mikrometru zjišťujeme na měřicích místech 2,5 mm; 5,1 mm; 7,7 mm; 10,3 mm; 12,9 mm; 15,0 mm; 17,6 mm; 20 mm. Záznamem o měření je výstup z tiskárny. Každé měřicí místo se měří 3krát.

9.2 Stanovení chyb (úchylek) jednotlivých metrologických parametrů

a) Stanovení úchylky rovnoběžnosti měřicích ploch měrek mikrometru:

Odchylka je přímo dána odečtem hodnoty na páčkovém číselníkovém úchylkoměru.

b) Stanovení chyby f_{max} v rozsahu nastavení mikrometru:

Stanoví se dílčí úchylky pro každé měřicí místo jako algebraický rozdíl naměřené hodnoty a hodnoty jmenovité. Chyba f_{max} v rozsahu nastavení mikrometru se stanoví jako algebraický rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu křivky dílčích úchylek.

9.3 Vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci

Zjištěné úchylky Δl (μm) spjaté s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci $U_{k=2}$ (μm) se porovnávají s mezními odchylkami Δ_{DOV} , které povoluje příslušný metrologický předpis. Na základě tohoto porovnání se rozhodne o shodě, která se vyjádří v kalibračním listě.

Pro vyjádření shody platí podmínka: $|\Delta l| < \Delta_{DOV} - U_{k=2}$, v opačném případě se neshoda v kalibračním listě nevyjadřuje, pouze se uvedou naměřené hodnoty.

Příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci mikrometru dle dokumentu EA 4/02 je uveden v článku 11 tohoto kalibračního postupu. Teplota při kalibraci se pohybovala v hodnotách $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mikrometr se kalibroval digitálním úchylkoměrem.

10 Vyhodnocení kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci mikrometrů po provedení kalibrace vystaví k příslušnému mikrometru kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a

označí ho značkou laboratoře. Má-li zákazník zpracován systém značení pracovních měřidel, který musí být nedílnou součástí metrologického řádu (jako organizační směrnici např. ve vztahu k certifikaci) a vznes-li požadavek, pak laboratoř provede označení mikrometru dle jeho systému značení pracovních měřidel. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu. Kopie kalibračních listů včetně záznamů o měření laboratoř archivuje po dobu pěti roků od data uvolnění kalibračního listu. Datum uvolnění se rozumí datum podpisu kalibračního listu oprávněnou osobou. Kalibrační listy a záznamy o měření mohou být ukládány formou elektronické případně magnetické paměti.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného mikrometru,
- e) datum přijetí mikrometru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/19/13),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření, nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který mikrometr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede název/logo akreditačního orgánu, číslo osvědčení o akreditaci, údaje o oprávnění, na jehož základě je kalibrační list vydán, prohlášení, že kalibrační list nesmí být bez písemného schválení kalibrační laboratoře rozmnožován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, popř. vůbec nevystavován.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu minimálně pěti let zároveň se záznamem o měření. Doporučuje se archivovat záznamy o měření a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou, v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty, zanášet do kalibrační karty měřidla, nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

11.3 Umístění značek

Po provedené kalibraci může kalibrační laboratoř označit mikrometr značkou laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř umístit na mikrometr značku s datem příští kalibrace.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou přidělena příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel, změny schvaluje vedoucí zpracovatele (zpravidla vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		převzal		
výtisk číslo	obdrží útvar	jméno	podpis	datum

13.2 Úprava, schválení

Kalibrační postup	jméno	podpis	datum
upravil			
úpravu schválil			

13.3 Revize

strana	popis změny	zpracoval	schválil	datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Použité kalibrační zařízení: stojánek s digitálním úchylkoměrem s číslicovým krokem 0,0005 mm a největší dovolenou chybou 0,0015 mm, sada koncových měrek, průměrná deska.

Monitorovací zařízení: dotykový tělískový teploměr, dělení 0,2 °C,

Předmět kalibrace: výškový mikrometr (0 až 310) mm.

Teplota při kalibraci: 20 °C ± 1 °C

Podíl nejistoty způsobený vlivem kolísání teploty během kalibrace se neuvažuje, protože kolísání teploty během kalibrace je zanedbatelné.

Rozměr koncové měrky: 20,000 mm

Zjištěné úchylky na měřicím místě 15 mm ze třech měření: 1,0 μm; 0,5 μm; 1,0 μm

Rovnice:

$$\Delta l = (l_s - l) \pm U_{k=2}$$

l_s je naměřená hodnota na měřicím místě v (μm)

l je jmenovitá hodnota měřicího místa

Δl je zjištěná odchylka v (μm)

$U_{k=2}$ je rozšířená nejistota měření při kalibraci v (μm)

Zdroje nejistot měření, veličina	Hodnota	Meze nejistoty měření	Typ rozdělení	Standardní nejistota	Koeficient citlivosti	Podíl nejistoty	
Zjištěná odchylka měřicího místa 15 mm	Δl	0,83 μm	-	-	-	-	
Mezní chyba digitálního úchylkoměru	δl_d	0	1,5 μm	Rovnoměrné · 1/√3	0,87 μm	1	0,87 μm
Odchylka středové délky koncových měrek	δl_c	0	0,8 μm	Rovnoměrné · 1/√3	0,46 μm	1	0,46 μm
Chyba způsobená vkládáním koncové měrky do mezery mikrometru	δl_v	0	0,5 μm	Rovnoměrné · 1/√3	0,29 μm	1	0,29 μm
Kombinovaná standardní nejistota pro $k = 1$						u_x	1,03 μm

Stanovení nejistoty typu A:

Směrodatná odchylka spočítaná v tabulkovém procesoru ze 3 měření: $s = 0,289 \mu m$

$$u_A = s/\sqrt{n} = 0,289/1,73 = 0,167$$

n počet měření

$$\text{Rozšířená nejistota } U_{k=2} = k \cdot \sqrt{u_A^2 + u_x^2}$$

$$U_{k=2} = \pm 2 \cdot 1,04 = \pm 2,1 \mu m$$

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17 025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějící kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle předpisů (zejména MPA a EA).

Neprodejné