



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 1.1.2/10/13

MIKROKÁTOROVÉ HLAVICE

Praha
Říjen 2013

Revize tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/2/13

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 mikrokátorových hlavice tuzemské i zahraniční výroby s hodnotou dílku 0,001 mm, dle aplikace platných norem a ostatních metrologických předpisů na technické a provozní podmínky kalibrační laboratoře. Kalibrační postup je platný pro prvotní kalibraci nebo pro kalibraci v pravidelně se opakujících časových intervalech (periodách), takzvanou rekalibraci.

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] |
| DIN 879 | Přesné úchylkoměry | [4] |
| ČSN 99 0687 | Úchylkoměry s torzním páskem. Somkátory. Technické požadavky (zrušená) | [5] |
| ČSN EN ISO 463 Opr. 1 | Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Délková měřidla - Konstrukční a metrologické charakteristiky mechanických číselníkových úchylkoměrů | [6] |
| ORGANIZAČNÍ SMĚRNICE | Metrologický předpis organizace | [7] |
| NÁVODY | Návody k obsluze měřicích zařízení (etalonů) | [8] |
| 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 | [9] |
| ČSN EN ISO 10012 | Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení | [10] |

3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibrace

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibrace mikrokátorových hlavice je dána příslušným předpisem organizace. Příslušní pracovníci se seznámí s tímto kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se certifikace odborné způsobilosti těchto pracovníků nebo osvědčení o odborné způsobilosti.

4 Názvosloví, definice

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

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

Univerzální délkoměr,

- stanice na kontrolu přesných úchylkoměrů,
- dva dotykové tělískové teploměry nebo teploměr digitální se dvěma teplotními čidly
- čisticí prostředky (lékařský benzín, utěrky, štěteček), dle možností ultrazvuková pračka,
- sada náradí na údržbu a opravu číselníkových úchylkoměrů,
- stojan pro úchylkoměry s pohyblivým upínacím pouzdem,
- siloměr.

Poznámka: Všechny měřicí prostředky použité při kalibraci musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Mikrokátorové hlavice se kalibrují ve stálých prostorách kalibrační laboratoře.

Podmínky při kalibraci v laboratorních podmínkách:

teplota prostředí: $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$,

relativní vlhkost: $(50 \pm 20)\%RH$,

teplota a vlhkost musí být monitorovány.

7 Rozsah kalibrace

- Vnější prohlídka mikrokátorové hlavice,
- příprava mikrokátorové hlavice 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 Vnější prohlídka mikrokátorové hlavice

- Kontrola inventárního čísla, výrobního čísla a příslušného označení dle norem viz článek. 2,

- vizuální kontrola celkového stavu mikrokátorové hlavice, viditelné vady a mechanická poškození (prasklé sklíčko, průhlednost sklíčka, poškozený ukazovatel, vadný dotek, zadřený mechanismus, atd.),
- kontrola čitelnosti stupnice a plynulého chodu ukazovatele,
- kontrola správné funkce pohyblivých rysek, kterými se nastavují meze měření.

8.2 Příprava mikrokátorové hlavice ke kalibraci

- Temperature - vyrovnání teploty hlavice na referenční teplotu $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$,
- provede se kompletní očištění hlavice lékařským benzínem (manuálně nebo v ultrazvukové pračce),
- v případě opotřebení nebo poškození kuličky doteku (nepatrné rýhy a oděrky) se provede její pootočení nebo výměna celého doteku.

9 Postup kalibrace

9.1 Měření metrologických parametrů

9.1.1 Mikrokátory tuzemské a zahraniční výroby

Mikrokátor se upne do příslušného kalibračního zařízení a provede se s maximální pečlivostí přesné nastavení výchozí měřicí polohy, to je společné nastavení kalibračního zařízení a mikrokátorové hlavice na spodní hodnotu měřicího rozsahu mikrokátorové hlavice. V průběhu vlastní kalibrace není přípustné mikrokátorovou hlavici ani kalibrační zařízení nulovat nebo jiným způsobem seřizovat. Není-li kalibrační zařízení vybaveno PC s měřicím softwarem, musí se naměřené hodnoty zapisovat do záznamu o měření.

9.1.2 Mechanické mikrokátorové hlavice tuzemské výroby – ČSN

Při jejich kalibraci se zjišťují následující metrologické parametry:

Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} se zjišťuje při dopředném nebo zpětném pohybu měřicího doteku. Během pohybu měřicího doteku není přípustná změna jeho směru. Volba kalibračního kroku závisí na rozsahu mikrokátorové hlavice.

Pro rozsah $\pm 0,08\text{ mm}$ a větší se volí krok $0,01\text{ mm}$.

Pro rozsah menší než $\pm 0,08\text{ mm}$ se volí krok $0,005\text{ mm}$.

Hystereze chyby indikace f_u se zjišťuje jako rozdíl mezi dvěma hodnotami přiřazenými stejnému měřicímu místu při dopředném a zpětném pohybu měřicího doteku.

Opakovatelnost chyby indikace f_w se zjišťuje z pěti opakovaných měření dané hodnoty ve třech měřicích místech a to na začátku, uprostřed a na konci měřicího rozsahu mikrokátorové hlavice.

9.1.3 Mechanické mikrokátorové hlavice zahraniční výroby – DIN

Při jejich kalibraci se zjišťují následující metrologické parametry:

Chyba měřicího prvku f_e se zjišťuje při dopředném pohybu měřicího doteku. Během pohybu měřicího doteku není přípustná změna jeho směru.

Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} se zjišťuje při dopředném a zpětném pohybu měřicího doteku. Během pohybu měřicího doteku není přípustná změna jeho směru.

Hystereze chyby indikace f_u se zjišťuje jako rozdíl mezi dvěma hodnotami přiřazenými stejnému měřicímu místu při dopředném a zpětném pohybu měřicího doteku.

Chyba indikace v rozsahu f_t se zjišťuje při dopředném pohybu měřicího doteku v rozsahu deseti dílků stupnice v místě největšího rozdílu dvou po sobě následujících

hodnot zjištěných při určování chyby f_e . Během pohybu měřicího doteku není přípustná změna jeho směru. Kalibrační krok je roven hodnotě jednoho dílku stupnice.

Opakovatelnost chyby indikace f_w se zjišťuje minimálně z pěti opakovaných měření dané hodnoty v libovolném místě měřicího rozsahu mikrokátorové hlavice při stejném směru pohybu měřicího doteku a to při dopředném nebo zpětném pohybu.

Kalibrační krok je stejný jako u mikrokátorových hlavice tuzemské výroby.

9.1.4 Digitální mikrokátorové hlavice

Digitální mikrokátorové hlavice se kalibrují obdobným způsobem jako mechanické s tím rozdílem, že se na kalibračním zařízení nastavují jmenovité hodnoty jednotlivých měřicích míst (kalibračních kroků) a na displeji digitální mikrokátorové hlavice se čte úchylka příslušné jmenovité hodnoty. Kalibrační krok se volí dle velikosti celého měřicího rozsahu mikrokátorové hlavice, minimálně 10 měřicích míst.

9.1.5 Kontrola měřicí síly

Měřicí síla při pohybu měřicího doteku se kontroluje pomocí siloměru. Mikrokátorová hlavice se upne do stojanu pro úchylkoměry s pohyblivým upínacím pouzdem. Měřicí síla při zpětném pohybu měřicího doteku se kontroluje tak, že se mezi zasunutý dotek a stolek stojanu vloží siloměr a dotek se uvolní. Na siloměru se čte hodnota měřicí síly. Měřicí síla při dopředném pohybu měřicího doteku se kontroluje tak, že se mezi vysunutý dotek a stolek stojanu vloží siloměr, který je v těsném kontaktu s dotekem.

Rovnoměrným pohybem vyvozeným otáčením šroubu pohyblivého upínacího pouzdra se celá mikrokátorová hlavice posouvá. V okamžiku, kdy ukazovatel na stupnici mikrokátorové hlavice změni svoji polohu, se na siloměru čte měřicí síla. Měření se opakuje třikrát pro každý směr pohybu měřicího doteku. Naměřené hodnoty se zapisují do záznamu o měření, ze kterých se vyhodnotí největší měřicí síla a střední hodnota měřicí síly pro každý směr zvlášť.

9.2 Stanovení chyb (úchylek) jednotlivých metrologických parametrů

9.2.1 Mechanické mikrokátorové hlavice tuzemské výroby – ČSN

Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} se stanoví od nuly jako algebraický rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu křivky dílčích chyb mikrokátorové hlavice zjišťovaných v celém měřicím rozsahu.

Hystereze chyby indikace f_u se stanoví jako největší hodnota ze zjištěných dílčích chyb reverzibility

Opakovatelnost chyby indikace f_w se stanoví jako největší hodnota ze tří hodnot zjištěných úchylek opakovatelnosti na začátku, uprostřed, a na konci celého měřicího rozsahu mikrokátorové hlavice.

9.2.2 Mechanické mikrokátorové hlavice zahraniční výroby – DIN

Chyba měřicího prvku f_e se stanoví od nuly jako algebraický rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu křivky chyb mikrokátorové hlavice zjišťovaných v celém měřicím rozsahu při dopředném pohybu měřicího doteku.

Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} se stanoví jako algebraický rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu křivek dílčích chyb mikrokátorové hlavice zjišťovaných v celém měřicím rozsahu při dopředném i zpětném pohybu měřicího doteku.

Hystereze chyby indikace f_u se stanoví jako největší hodnota ze zjištěných dílčích hysterezí chyby indikace.

Chyba indikace v rozsahu f_t se stanoví jako algebraický rozdíl nejvyššího a nejnižšího

bodů křivky dílčích chyb mikrokátorové hlavice zjišťovaných v rozsahu f_t (dílčím) měřicího doteku.

Opakovatelnost chyby indikace f_w se stanoví jako rozdíl mezi největší a nejmenší opakovatelností chyby indikace mikrokátorové hlavice na zvolené hodnotě a při zvoleném směru pohybu měřicího doteku.

9.2.3 Digitální mikrokátorové hlavice

Chyby digitálních mikrokátorových hlavic se stanoví stejným způsobem jako u mikrokátorových hlavic mechanických.

9.3 Vyhodnocení kalibrace včetně stanovení nejistoty měření při kalibraci

Zjištěné úchyly u (μm) spjaté s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci $U_{k=2}$ (μm) se porovnají s mezními úchyly Δ_{DOV} , které povolují příslušné normy. Na základě tohoto porovnání se rozhodne o shodě, která se vyjádří v kalibračním listě.

Pro vyjádření shody platí podmínka: $|u|$ (μm) $<$ Δ_{DOV} (μm) $- U_{k=2}$ (μm), v opačném případě se neshoda v kalibračním listě nevyjadřuje, pouze se uvedou naměřené hodnoty.

Pro mechanické mikrokátorové hlavice tuzemské výroby platí:

$|u|$ (μm) $<$ Δ_{DOV} (μm) $- U_{k=2}$ (μm), mezní úchyly (μm) dle normy ČSN EN ISO 463 čl. 5, ČSN 99 0687 čl. 20 pouze pro informaci.

Pro mechanické mikrokátorové hlavice zahraniční výroby platí:

$|u|$ (μm) $<$ Δ_{DOV} (μm) $- U_{k=2}$ (μm), mezní úchyly (μm) dle normy DIN 879 tabulka č. 1, ČSN EN ISO 463 kap. 5

Pro digitální mikrokátory platí:

$|u|$ (μm) $<$ Δ_{DOV} (μm) $- U_{k=2}$ (μm), mezní úchyly (μm) dle normy DIN 879 tabulka č. 1, ČSN EN ISO 463 čl. 5

Příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci mikrokátorové hlavice dle dokumentu EA 4/02 je uveden v článku 14 tohoto kalibračního postupu. Předmětem kalibrace byla mechanická mikrokátorová hlavice zahraniční výroby s hodnotou dílku 0,001 mm. Teplota při kalibraci se pohybovala v hodnotách $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$. Mikrokátorová hlavice se kalibrovala na univerzálním délkoměru.

9.4 Závěr kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci mikrokátorových hlavic po provedení kalibrace vystaví k příslušné mikrokátorové hlavici kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a označí mikrokátorovou hlavici 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 vzneseli požadavek, pak laboratoř provede označení mikrokátorové hlavice dle zákaznickova systému značení pracovních měřidel. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu. Kopie kalibračních listů včetně záznamů o měření laboratoř archivuje po dobu pěti let od data uvolnění kalibračního listu. Datum uvolnění se rozumí datem podpisu kalibračního listu oprávněnou osobou. Kalibrační listy a záznamy o měření mohou být ukládány formou elektronické případně magnetické paměti.

10 Vyhodnocení kalibrace

Vyhodnocení kalibrace je popsáno ve článku 9.4 tohoto postupu.

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 kalibrované mikrokátorové hlavice,
- e) datum přijetí mikrokátorové hlavice ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/10/13),
- 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 mikrokátorovou hlavici 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. Záznam o měření však zpracován být musí.

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 kalibrovanou mikrokátorovou hlavici značkou laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř umístit na mikrokátorovou hlavici 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: univerzální délkoměr

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

Předmět kalibrace: mikrokátor zahraniční výroby, rozsah měření $\pm 50 \mu\text{m}$,
dělení 0,001 mm, kalibrovaný parametr f_{ges}

Teplota při kalibraci: 20 °C \pm 1 °C

Podíl nejistoty způsobený vlivem kolísání teploty během kalibrace se neuvažuje, protože délkoměr je vybaven teplotními čidly, která snímají zároveň teplotu měřicího prvku

délkoměru a předmětu kalibrace. Případné změny teploty jsou softwarově zpracovány a výsledky měření korigovány.

Největší dovolené chyby dle ČSN 99 0687:

- Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} 0,5 μm
- Hystereze chyby indikace f_u 0,3 μm
- Opakovatelnost chyby indikace f_w 0,3 μm

Největší dovolené chyby dle DIN 879:

- Chyba indikace měřicího rozsahu f_{ges} 1,2 μm
- Hystereze chyby indikace f_u 0,5 μm
- Opakovatelnost chyby indikace f_w 0,5 μm

| Zdroje nejistot měření, veličina | Hodnota | Meze nejistoty měření | Typ rozdělení | Standardní nejistota | Koeficient citlivosti | Podíl nejistoty | |
|---|--------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| Zjištěná úchylka miktromátoru | f_{ges} | 0,2 μm | - | - | - | - | |
| Kalibrace univerzálního délkoměru z kalibračního listu | l_x | 0 | 0,1 μm | $k = 2$ | 0,05 μm | 1 | 0,05 μm |
| Nejmenší chyba v měřicím rozsahu měřicího prvku univerzálního délkoměru | δl_x | 0 | 0,02 μm | Rovnoměrné $\cdot 1/\sqrt{3}$ | 0,012 μm | 1 | 0,012 μm |
| Chyba způsobená nastavením ukazatele na měřenou hodnotu - uvažuje se 1/10 dílku - velikost dílku je 1 μm | δl_d | 0 | 0,1 μm | Rovnoměrné $\cdot 1/\sqrt{3}$ | 0,058 μm | 1 | 0,058 μm |
| Standardní nejistota pro $k = 1$ | | | | | | u_x | 0,0854 μm |

Rozšířená nejistota $U_{k=2} = k \cdot u_x$

$$U_{k=2} = \pm 2 \cdot 0,0854 = \pm 0,17 \mu\text{m}$$

$|u| (\mu\text{m}) < \Delta_{DOV} (\mu\text{m}) - U_{k=2} (\mu\text{m}); |0,20| < 0,50 - 0,17; |0,20| < 0,33$. Z této podmínky vyplývá, že lze v kalibračním listě vyjádřit shodu s danou metrologickou specifikací.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

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).