



Česká metrologická společnost, z.s.

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 1.1.2/11/20

POSUVNÝ HLOUBKOMĚR

Praha
Listopad 2020

Vzorový kalibrační postup byl revidován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2020
Číslo úkolu: VII/2/20

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© 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 se vztahuje na kalibraci posuvných hloubkoměrů s horní mezí měřicího rozsahu max. 630 mm s nonickou diferencí 0,1 mm, 0,05 mm, 0,02 mm, s kruhovým číselníkem (dílek stupnice 0,05 mm) a číslicových hloubkoměrů (číslíkový krok 0,01 mm) v běžném provedení i v provedení s nosem.

Poznámka: Posuvné hloubkoměry, které jsou částí posuvných měřitek (nonických, s kruhovým číselníkem, číslicových) se kalibrují podle KP 1.1.2/01/20 Posuvka I a KP 1.1.2/02/20 Posuvky II.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly posuvných hloubkoměrů v dané organizaci (dále jen PK), tak i rekalibrace během jejich používání (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| TNI 01 0115 | Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM) Vyjadřování nejistot měření při kalibracích | [L1] |
| EA 4/02 | Vyjádření nejistoty měření při kalibracích | [L2] |
| PNÚ 1100.0 | Československé schéma návaznosti meradiel dĺžky (jen jako literatura) | [L3] |
| ČSN 25 1202 | Posuvná měřidla. Technické požadavky (zrušena), (jen jako literatura) | [L4] |
| ČSN 99 0652 | Posuvná měřidla s nonickou diferencí 0,02 mm. Technické požadavky | [L5] |
| ČSN EN ISO 3650 | Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měry | [L6] |
| ČSN EN ISO 9001 opr.1 | Systémy managementu kvality - Požadavky | [L7] |
| ČSN EN ISO 10012 | Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení | [L8] |
| ČSN EN ISO 14253-1 | Geometrické specifikace produktu (GPS) - Zkouška obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi | [L9] |
| ČSN P ISO/TS 14253-2 | Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Zkoušení součástí a měřidel měřením - Část 2: Pokyn k zjišťování odhadu nejistot měření v GPS, při kalibraci měřicího zařízení a při ověřování výrobků (zrušena), (jen jako literatura) | [L10] |
| ČSN EN ISO/IEC 17025 | Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří | [L11] |
| ČSN 25 3327 | Dlouhé držáky základních měrek | [L12] |

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků oprávněných provádět kalibrace posuvných hloubkoměrů je dána příslušným předpisem organizace. Příslušní pracovníci musí být seznámeni s tímto kalibračním postupem a souvisecími předpisy.

Doporučuje se certifikace odborné způsobilosti těchto pracovníků.

4 Názvosloví, definice

Posuvný hloubkoměr (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je měřidlo, vybavené nonickou stupnicí nebo číslicovým displejem, které slouží k měření hloubek děr, jejich osazení apod.

Posuvný hloubkoměr s nosem je hloubkoměr, který slouží k měření hloubek děr, zápichů, osazení apod.

Posuvný hloubkoměr s kruhovým číselníkem je hloubkoměr, jehož měřené hodnoty se čtou na kruhovém číselníku (úchylkoměru)

Číslicový posuvný hloubkoměr je elektronický bateriový hloubkoměr s vestavěným absolutním měřicím systémem

Celková dovolená chyba posuvného hloubkoměru zahrnuje úchytky měřicí plochy můstku, resp. příčnicku, dílčí chyby způsobené nepřesností stupnic, vůlí mezi měřítkem a posuvnou částí a jiné faktory mající vliv na výsledek měření.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v TNI 01 0115 (VIM) a v publikacích věnovaných obecné metrologii.

5 Měřidla a pomůcky potřebné pro kalibraci

- Sada koncových měrek, pracovní etalon minimálně 4. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti, navázaný na hlavní (referenční) etalon organizace,
- příslušenství koncových měrek (ČSN 25 3327) pro delší rozměry,
- příslušenství k ošetřování koncových měrek,
- přístroj pro kalibraci hloubkoměrů,
- nožové pravítko 125 mm nebo 200 mm, navázané na příslušný etalon,
- třmenový mikrometr nebo pasometr, navázaný na etalon,
- průměrná deska (kalibrovaná),
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min 16 °C až 26 °C s hodnotou dílku stupnice min. 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů, navázaný na etalon,
- vlasový vlhkoměr, navázaný na etalon,
- odmagnetovací přístroj (pouze pro nonické hloubkoměry a hloubkoměry s kruhovým číselníkem),

- lupa se zvětšením 6x až 8x,
- šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- speciální keramický brousek, kámen arkansas,
- smirkový papír Carborundum 320, lapovací papír 55,
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice),
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace posuvného hloubkoměru se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$,
- teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným hloubkoměrem max. 1 °C ,
- vlhkost vzduchu $(50 \pm 15)\%$ relat.,
- minimální doba temperování hloubkoměru a příslušných etalonů pro jmenovité rozměry do 630 mm je 30 min,
- teplota kalibrovaného posuvného hloubkoměru, etalonu a okolního prostředí se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení,
- relativní vlhkost vzduchu se měří před zahájením kalibrace.

7 Rozsah kalibrace

- Předběžná kontrola a případná úprava posuvného hloubkoměru (viz čl. 8),
- kontrola dodávky při vstupní kontrole (viz čl. 9.1),
- vzhledová kontrola posuvného hloubkoměru (viz čl. 9.2),
- funkční zkouška posuvného hloubkoměru (viz čl. 9.3),
- měření metrologických parametrů posuvného hloubkoměru (viz čl. 9.4).

8 Předběžná kontrola a případná úprava

Posuvný hloubkoměr se vyčistí benzínem a vytře do sucha, nonický hloubkoměr se podle potřeby odmagnetuje. (PK, RK)

Překontroluje se, zda hloubkoměr není mechanicky poškozen. Měřicí plochy - funkční plocha můstku (příčníku) nesmějí být poškrábány ani jinak poškozeny. Šrouby na ustavujícím ústrojí nesmějí být ohnuty, nesmějí mít poškozený závit.

Lehce poškozené plochy se upraví, např. lapovacím papírem, poškozené hrany vodících ploch tělesa hloubkoměru se upraví jemným pilníkem a dočistí kamenem arkansas, místa napadená korozí se očistí smirkovým papírem. (pouze RK)

Zkontroluje se označení hloubkoměru evidenčním číslem (porovnání s evidenčním listem hloubkoměru). (pouze RK)

9 Postup kalibrace

9.1 Kontrola dodávky při vstupní kontrole

Posouzení typu hloubkoměru, porovnání počtu dodaných měřidel a úplnosti jejich příslušenství podle objednávky nebo podle dodacího listu. (pouze PK)

V rámci vstupní kontroly se dále postupuje podle čl. 9.2, 9.3 a 9.4.

9.2 Vzhledová kontrola posuvného hloubkoměru

U nonických hloubkoměrů:

- Čárkové stupnice a její číslice musí být dobře čitelné (kontroluje se prostým okem),
- všechny čárky stupnice musí být přímé a stejné šířky (kontroluje se lupou).

U hloubkoměrů s kruhovým číselníkem:

- Ukazovatel nesmí být ohnutý a musí se pohybovat v konstantní výšce nad číselníkem, zkontroluje se plynulost chodu ukazovatele a stabilní zajištění nulové polohy číselníku,
- ukazovatel musí mít stejnou tloušťku jako čárky stupnice, čárky musí směřovat do středu otáčení.

U číslicových hloubkoměrů:

- Všechny dekády se nastaví pokud možno na „8“,
- číslice musí být úplné (všechny segmenty) a dobře čitelné,
- v libovolné poloze posuvné části musí být měřená hodnota identifikována jednoznačně.

9.3 Funkční zkouška posuvného hloubkoměru

Pohyb posuvné části musí být v celém měřicím rozsahu plynulý, bez zadržávání a pouze s minimální vůlí. Při zaaretování posuvné části se nesmí hodnota nastavená na stupnici změnit.

Přezkouší se funkce všech tlačítek (u číslicových posuvek). (PK, RK)

9.4 Měření metrologických parametrů posuvného hloubkoměru

9.4.1 Přímost měřicí plochy

Přímost měřicí plochy můstku (příčnicku) se kontroluje na průsvit pomocí nožového pravítka. (PK, RK)

Poznámka: Vzhledem k tomu, že šířka měřené plochy k její délce (180 mm až 320 mm) je zanedbatelná, upouští se v tomto kalibračním postupu od měření rovinnosti, které je nahrazeno měřením přímosti.

9.4.2 Celková chyba hloubkoměru

Celková chyba posuvného hloubkoměru se zjišťuje koncovými měrkami v několika místech měřicího rozsahu. Doporučuje se volit alespoň čtyři místa, rozdělená rovnoměrně po měřicím rozsahu u hloubkoměrů do rozsahu 160 mm, popř. alespoň šest míst do rozsahu 630 mm s tím, že u každého místa bude použit jiný dílek nonické stupnice, popř. stupnice kruhového číselníku nebo jiný číslicový krok.

Provede se kontrola dvojicí koncových měrek téže jmenovité hodnoty na příměrné desce v předem určených místech měřicího rozsahu.

Mimořádně lze také ke zjištění celkové chyby hloubkoměru použít přístroj pro kalibraci hloubkoměrů (Mitutoyo), určený původně pro mikrometrické hloubkoměry. (PK, RK)

9.4.3 Kontrola tloušťky nosu posuvného hloubkoměru

U posuvných hloubkoměrů vybavených norem se měří tloušťka nosu, největší dovolená chyba tloušťky $\pm 0,01$ mm. Měří se třmenovým mikrometrem nebo pasametrem. (PK, RK)

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty, resp. úchytky od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchytky zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U se porovnají s největšími dovolenými chybami posuvného hloubkoměru. Jako kritérium se berou hodnoty největších dovolených chyb podle specifikace výrobce nebo podle norem, např. ČSN 25 1202, ČSN 99 0652. Kalibrovaný hloubkoměr vyhoví, leží-li výsledek měření (tj. měřená hodnota \pm rozšířená nejistota měření U) v pásmu dovolených chyb. Pokud výsledek měření leží vně tohoto pásma, ale měřená hodnota leží v tomto pásmu, nelze prokázat shodu ani neshodu a v kalibračním listě se uvede pouze výsledek měření s příslušnou rozšířenou nejistotou měření ($Y \pm U$).

Pro informaci uvádíme hodnoty největších dovolených chyb hloubkoměrů podle uvedených norem (Tabulky č. 1 a č. 2).

Tabulka č. 1

Největší dovolené chyby hloubkoměrů s nonickou diferencí 0,1 mm a 0,05 mm

| měřená hodnota mm | největší dovolená chyba $\pm \mu\text{m}$ | měřená hodnota mm | největší dovolená chyba $\pm \mu\text{m}$ |
|----------------------|--|----------------------|--|
| 100 | 60 | 400 | 90 |
| 200 | 70 | 500 | 100 |
| 300 | 80 | 600 | 110 |

Poznámka 1: Celkové dovolené chyby hloubkoměrů s hodnotou dílku pomocné stupnice 0,05 mm a 0,1 mm 1. třídy přesnosti byly vypočteny ze vzorce:

$$\pm(50 + 0,1 L) \mu\text{m}$$

kde L je měřicí rozsah v milimetrech.

Poznámka 2: Pro posuvné hloubkoměry s horní mezí měřicího rozsahu do 400 mm s hodnotou dílku pomocné stupnice 0,1 mm se dovoluje i 2. třída přesnosti. Dovolená chyba pro tyto posuvné hloubkoměry je $\pm 100 \mu\text{m}$.

Úchylka rovinnosti měřicích ploch (můstek, resp. příčník) nesmí překročit 0,01 mm/100 mm, nejméně však 4 μm pro hloubkoměry s nonickou diferencí 0,05 mm, 7 μm pro hloubkoměry s nonickou diferencí 0,1 mm.

Tabulka č. 2

Největší dovolené chyby hloubkoměrů s nonickou diferencí 0,02 mm

| měřicí rozsah mm | | největší dovolená chyba $\pm\mu\text{m}$ | měřicí rozsah mm | | největší dovolená chyba $\pm\mu\text{m}$ |
|------------------|-----|---|------------------|-----|---|
| přes | do | | přes | do | |
| 0 | 160 | 30 | 315 | 400 | 40 |
| 160 | 250 | 35 | 400 | 500 | 45 |
| 250 | 315 | 35 | 500 | 630 | 50 |

Poznámka 1: Celková dovolená chyba posuvky s nonickou diferencí 0,02 mm je odvozena ze vzorce

$$\pm (20 + 0,05.L) \mu\text{m}, \text{ kde je } L \text{ měřicí rozsah v milimetrech.}$$

Úchylka rovinnosti měřících ploch (můstek, resp. příčník) nesmí překročit 3 μm pro hloubkoměry s měřicím rozsahem do 400 mm, 5 μm pro hloubkoměry větší.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný posuvný hloubkoměr nevyhoví požadavkům, uvedeným v čl. 9.4, může vedoucí kalibrační laboratoře navrhnout zadavateli kalibrace přeřazení měřidla do skupiny měřidel s omezeným použitím, popř. dát návrh na opravu, popř. vyřazení hloubkoměru.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného hloubkoměru,
- datum přijetí hloubkoměru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/11/20),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použita při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- výsledky měření a s nimi spjatou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který posuvku 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 (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě posuvného hloubkoměru nebo na vhodném nosiči, např. v elektronické paměti). I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř archivovat záznam o měření s uvedenými měřenými hodnotami.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu minimálně 5 roků 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 nebo magnetické paměti.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedené kalibraci může kalibrační laboratoř označit kalibrovaný posuvný hloubkoměr kalibrační značkou, např. kalibračním štítkem. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na kalibrační štítek datum příští kalibrace.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou přidělena příslušným pracovníkům podle rozdělovníku.

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 při kalibraci posuvného hloubkoměru (příklad)

Kalibrace posuvného hloubkoměru (nonická diference 0,05 mm) se provádí porovnáním s koncovými měrkami 1. třídy přesnosti. Měřená hodnota: 70 mm. Hloubkoměr i koncové měrky jsou vyrobeny z oceli. Před vlastní kalibrací byly koncové měrky i hloubkoměr temperovány na průměrné desce pro vyrovnání teploty. Předpokládá se, že rozdíl teploty mezi měrkami a hloubkoměrem nepřekročí 1 °C.

Největší dovolená chyba použitých měrek: 0,5 μm.

Teplotní součinitel délkové roztažnosti je stejný pro hloubkoměr i koncové měrky:

$$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}.$$

Citlivostní koeficient je tedy:

$$L_s \cdot \alpha = 70 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} = 0,81 \text{ μm}$$

Mechanické vlivy δLM

K těmto vlivům patří použitá měřicí síla, vzájemné postavení hlavního měřítka a posuvné (nonické) části. Pro zjednodušení uvažujeme $\pm 20 \text{ μm}$.

Chyba indikace hloubkoměru E_x v měřeném bodě ($L = 70 \text{ mm}$) při referenční teplotě 20 °C

$$E_x = L_{ix} - L_s + L_s \cdot \alpha \cdot \Delta t + \delta L_{ix} + \delta LM$$

| Veličina | | Střední hodnota | Meze nejistot | Typ rozdělení | Dílčí nejistota | Citlivostní koef. c_i | Příspěvek k nejistotě |
|--|-----------------|-----------------|---------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| Hodnota čtená na hloubkoměru | L_{ix} | 70,05 mm | - | - | - | - | - |
| Úchylka střední hodnoty měrky I. třídy max. 0,5 μm | L_s | - 70,0 mm | 0,5 μm | Rovnoměrné $\sqrt{3}$ | 0,29 μm | - 1 | - 0,29 μm |
| Nevyrovnání teploty měrek a hloubkoměru | Δt | 0 | 1 °C | Rovnoměrné $\sqrt{3}$ | 0,58 °C | 0,81 μm · K ⁻¹ | 0,50 μm |
| Nonická diference 0,05 mm při čtení nonia | ΔL_{xi} | 0 | 25 μm | Rovnoměrné $\sqrt{3}$ | 14,45 μm | 1 | 14,45 μm |
| Mechanické vlivy | δLM | 0 | 20 μm | Rovnoměrné $\sqrt{3}$ | 11,69 μm | 1 | 11,69 μm |
| Chyba indikace hloubkoměru | E_x | 0,05 mm | Kombinovaná | standardní nejistota | | $u(E_x)$ | 18,60 μm |

Rozšířená nejistota, normální rozdělení, $k = 2$

$$U = k \cdot u(E_x) = 2 \cdot 18,60 \text{ μm} = 37,2 \text{ μm}$$

po zaokrouhlení

$$U = 0,04 \text{ mm}$$

Výsledek měření

$$Y = (70,05 \pm 0,04) \text{ mm}$$

15. Validace

Metody použité v tomto kalibračním postupu byly validovány. Doklad o validaci je uložen u České metrologické společnosti z. s.

Upozornění

Tento kalibrační postup byl revidován a posouzen v rámci úkolu rozvoje metrologie, řešeném pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod číslem VII/2/20. Nesmí být rozmnožován ani předáván jiným organizacím bez souhlasu České metrologické společnosti z. s.

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.

Neprodejné