



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.1.1/19/25

Kuželová měřidla na měření vnitřních průměrů

Praha
Říjen 2025

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2025

Číslo úkolu: PRM/VII/2/25

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z. s.

Zpracoval: Ing. Richard Silovský, revize 1

© 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 **kuželová měřidla určená pro měření vnitřních průměrů**, a to:

- **kuželové měřicí trny** se stupnicí vyznačenou na povrchu kužele,
- **měřidla s výsuvným kuzelem**, u nichž se hodnota odečítá na samostatné stupnici, případně s noniem.

Měřicí trny mají obvykle **kuželovitost 1 : 10**, stupnici s dělením po 1 mm a vyrábějí se ve více rozsazích (např. 1–6 mm, 4–15 mm, 15–30 mm). Výsuvné kuželové měřidla jsou provedeny typicky v rozsahu 0–3 mm nebo 0–5 mm.

Kuželová měřidla nacházejí uplatnění zejména při **rychlé kontrole vnitřních průměrů otvorů** ve strojírenské výrobě, v údržbě a při kusových či malosériových měřeních, kde není vhodné nebo možné použít složitější měřicí techniku.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole kuželových trnů, (označované jako PK), tak i pro rekalicaci během používání kuželových trnů (dále označované jako RK).

2. Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)
ČSN EN ISO 9001:2016 oprava Opr.1:2018	Systémy managementu jakosti – Požadavky
ČSN EN ISO 10012 :2003	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.
ČSN EN ISO/IEC 17025 :2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří
EA 4/02 M:2022	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony.
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě.

3. Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci kuželových trnů je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s 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

Kuželová měřidla pro měření vnitřních průměrů se používají k **přímému odečítání průměru otvoru**.

- **Kuželové měřicí trny**

- mají kuželovitost **1 : 10**,
- stupnici vyznačenou na povrchu kužele s dělením po 1 mm,
- vyrábějí se ve stupňovaných rozsazích **(1–6) mm, (4–15) mm a (15–30) mm**.



- **Měřidla s výsuvným kuželem**

- mají samostatnou (oddělenou) stupnici, odečet se provádí na boku rukojeti,
- některá provedení jsou vybavena noniovou stupnicí pro jemnější odečítání,
- typické rozsahy jsou **(0–3) mm a (0–5) mm**.

Další pojmy a definice jsou uvedeny v příslušných publikacích zaměřených na metrologickou terminologii a v katalogové dokumentaci výrobců, kde je specifikováno i konkrétní provedení a rozsah měřidel.

PK – prvotní kalibrace; RK – rekaliibrace

5. Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

Pro kalibraci kuželových měřidel na měření vnitřních průměrů se používají zejména:

- Měřicí mikroskop s rozlišitelností alespoň 0,001 mm, vybavený programem pro měření geometrie v rovině.
- Sada kalibračních kroužků, vhodně zvolená tak, aby pokryla celý rozsah měřicího trnu.
- Teploměr s měřicím rozsahem min. (18–22) °C, dílek stupnice max. 0,2 °C, navázaný na etalon teploty.
- Vlhkoměr s návazností na etalon nebo informativní (pro ověření splnění klimatických podmínek).
- Žulová deska pro ustavení a stabilizaci měřidla.
- Čisticí prostředky – čistý lékařský benzín, vata, lněná utěrka, jemný lapovací papír, lněná utěrka.

Mazací a konzervační prostředky – lékárenská vazelína, popř. hodinářský olej.

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

6. Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace kuželových měřidel se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$,
- Teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným mikrometrem: max. $0,5\text{ °C} / \text{h}$,
- Relativní vlhkost vzduchu: max $75\% RH$

Před vlastní kalibrací musí být kuželové měřidlo i měřicí mikroskop umístěny ve stejné laboratoři a ponechány po dobu nutnou k teplotní stabilizaci v požadované toleranci.

Teplota měřidla, mikroskopu i prostředí se ověřuje před zahájením kalibrace, po jejím ukončení a podle potřeby i v průběhu měření.

Relativní vlhkost vzduchu se orientačně změří vlhkoměrem před zahájením kalibrace, aby bylo doloženo splnění podmínek dle ČSN EN ISO/IEC 17025. Vliv vlhkosti na výsledek kalibrace je při dodržení stanovených podmínek zanedbatelný.

Poznámka:

V případech, kdy se místo mikroskopu použije alternativní metoda s kalibračními kroužky, vztahují se stejné klimatické požadavky i na kroužky a měřidlo.

7. Rozsah kalibrace

Při kalibraci kuželových měřidel na měření vnitřních průměrů se provádějí následující úkony:

- kontrola dodávky (viz čl. 8.1),
- čištění a předběžná kontrola měřicích trnů (viz čl. 8.2),
- měření metrologických parametrů měřicích trnů a výsuvných měřidel (viz čl. 9).

8. Kontrola dodávky a příprava při kalibraci

8.1 Kontrola dodávky kuželového trnu předložené ke kalibraci

Kuželová měřidla na měření vnitřních průměrů předložená ke kalibraci mají být uložena v **nepoškozené kazetě**, označené jménem výrobce a evidenčním či výrobním číslem.

Při převzetí se provede **kontrola podle objednávky nebo dodacího listu** a měřidlo se zaeviduje do interní evidence laboratoře.

Součástí kontroly je vizuální ověření, zda:

- měřidlo není hrubě poškozeno nebo výrazně zkorodováno,
- stupnice na měřicím trnu nebo na rukojeti výsuvného měřidla je dobře čitelná,
- dodávka obsahuje veškeré příslušenství (kazeta, nástavce, případně výrobní dokumentace).

Zjištěné závady se **neprodleně oznámí zákazníkovi nebo uživateli**. Taková měřidla se k vlastní kalibraci nepřevádí a vracejí se k opravě nebo k vyřazení.

Vyhovující měřidla se **převezmou ke kalibraci**.

(PK, RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola kuželového trnu

Před kalibrací se kuželová měřidla odmastí v lékařském benzínu a vytřou měkkou utěrkou. Pro urychlení procesu čištění lze použít ultrazvukovou pračku.

⚠ Při práci s lékařským benzínem je nutné dbát na požární bezpečnost, protože jde o vysoce těkavou a snadno vznětlivou látku. Pracovníci provádějící kalibraci jsou řádně poučeni a při manipulaci s benzínem zacházejí obezřetně, v souladu s bezpečnostními předpisy.

Pokud jsou na povrchu měřidla zjištěny stopy koroze, odstraní se šetrně lapovacím papírem a následně se povrch otre čistou utěrkou.

Součástí předběžné kontroly je také ověření:

- stavu kuželové plochy (nesmí být rýhy, otřepy či jiná mechanická poškození),
- čitelnosti stupnice,
- funkčnost aretace u výsuvných měřidel.

(PK, RK)

8.3 Příprava kuželového trnu ke kalibraci

Pokud jsou měřicí plochy lehce znečištěné nebo zoxidované, provede se jejich šetrné vyčištění a případné přeleštění. Mikrometr se před kalibrací uloží v měřicí laboratoři společně s etalony a přípravky na dobu potřebnou k teplotní stabilizaci. Teplota mikrometru, etalonů a prostředí musí být vyrovnaná v souladu s požadavky kapitoly 6 tak, aby rozdíly teplot neovlivnily výsledek kalibrace. Obsluha zajistí, aby při manipulaci nedošlo k ohřevu mikrometru.

Při rekalibraci se dále ověřuje označení mikrometru evidenčním číslem porovnáním s evidenčním listem nebo jiným dokladem a kontroluje se výrobní značení, zda odpovídá deklarovaným technickým parametrům.

(Pouze RK)

9. Postup kalibrace

9.1 Primární metoda – měření na mikroskopu

Kalibrace kuželových měřidel se standardně provádí optickou metodou pomocí měřicího mikroskopu vybaveného programem pro měření geometrie v rovině. Kuželový měřicí trn se ustaví mezi hroty mikroskopu, menší trny se vystředí v prizmatech. Osa trnu se nastaví

tak, aby byla co nejvíce rovnoběžná s rovinou měření a se směrem podélného posuvu mikroskopu.

Při měření se v okuláru mikroskopu sleduje zaostřený obrys (hrana) trnu a pomocí nitkového kříže se zaznamenávají jednotlivé body povrchu kužele. Vyhodnocovací software mikroskopu (např. program M2D nebo jiný dle vybavení laboratoře) z těchto bodů vytvoří obrys střední roviny trnu a následně vyhodnotí jeho přímost a kuželovitost. Výsledkem je stanovení skutečné osy trnu a ověření jeho kuželovitosti, která je předepsána výrobcem (1 : 10).

Po vyhodnocení geometrie trnu (osa, přímost hran, kuželovitost) se provádí kalibrace stupnice. Jednotlivé rysky, vyznačené po 1 mm na povrchu kužele, jsou promítány do střední roviny vytvořené softwarem. Tímto postupem vzniká virtuální kužel, u něhož lze stanovit skutečné průměry odpovídající jednotlivým ryskám.

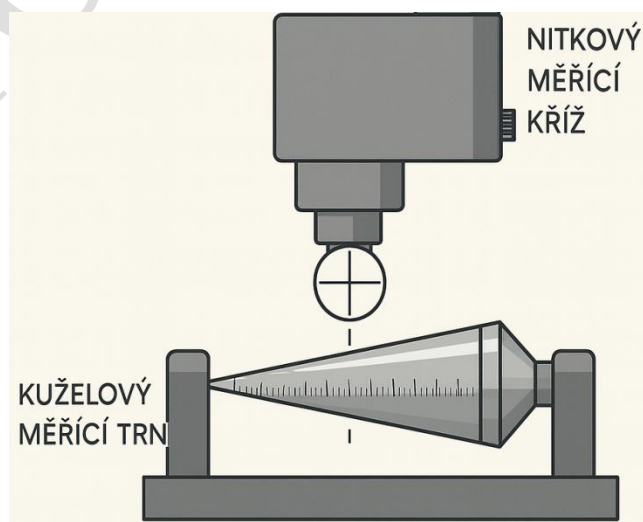
Výsledkem je stanovení chyby indikace vztažené k průměru trnu – tedy rozdílu mezi jmenovitým průměrem (daným kuželovitostí 1 : 10) a skutečně změřeným průměrem odvozeným z projekce rysek.

Pro kalibraci se vyhodnocují rysky v kroku po 1 mm. Tyto rysky představují jmenovitý průměr, který je při kuželovitosti 1 : 10 převeden na skutečnou hodnotu průměru povrchu kužele (např. 10 mm na povrchu kužele odpovídá 1 mm v průměru).

U výsuvných trnů s posuvným měřítkem je před měřením nutné stanovit výchozí bod a provést aretaci při plně vysunutém trnu, aby byl odečet porovnatelný s referenční hodnotou.

Shrnutí kroků primární metody:

- ustavení měřicího trnu mezi hroty, menší trny v prizmatech,
- nastavení osy rovnoběžně s rovinou měření a posuvem mikroskopu,
- snímání obrysů pomocí nitkového kříže (min. 5 bodů na obrys),
- vyhodnocení přímosti, osy a kuželovitosti softwarem,
- měření rysek po 1 mm a převod na průměr při kuželovitosti 1 : 10.



9.2 Alternativní metoda – měření pomocí kalibračních kroužků

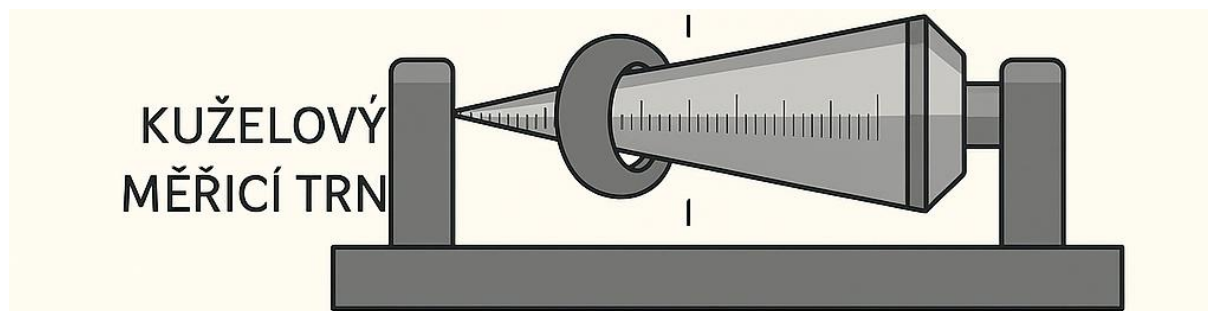
Pokud není k dispozici měřicí mikroskop, lze provést kalibraci také porovnáním přímo na stupnici trnu za použití sady kalibračních kroužků.

Podmínky použití:

- sada kalibračních kroužků musí být zvolena tak, aby pokrývala celý rozsah měřidla,

- trny jsou obvykle stupňované v rozsazích (1–6) mm, (4–15) mm, (15–30) mm,
- výsuvná kuželová měřidla se používají v rozsazích (0–3) mm, (0–5) mm.

Princip spočívá v zasunutí trnu do kroužku a odečtení hodnoty na stupnici proti hraně kroužku. Ověřuje se tak správnost stupnice a funkčnost měřidla. Metoda je však **porovnávací** – neposkytuje komplexní vyhodnocení geometrie trnu a přesnost je nižší než u optické metody.



Odečítání je obtížnější, může být ovlivněno náběhovou hranou kroužku a vyžaduje použití lupy i pečlivý postup. Při dodržení těchto zásad poskytuje metoda dostatečnou kontrolu, zejména tam, kde optická metoda není dostupná.

(Pouze PK)

10. Vyhodnocení kalibrace

Naměřené hodnoty se porovnají s požadavky výrobce, případně s požadavky stanovenými v interním kalibračním postupu.

Pokud nejsou výrobcem nebo interním předpisem stanoveny mezní dovolené chyby, doporučuje se za mezní chybu považovat hodnotu odpovídající 1/10 dílku stupnice. Tato hodnota vychází z praxe – z odečitelnosti lidským okem a rozlišitelnosti stupnice a poskytuje dostatečnou metrologickou jistotu.

Měřidla, u nichž zjištěné odchylky včetně rozšířené nejistoty měření překročí stanovené nebo doporučené mezní hodnoty, se označí jako nevyhovující. To platí i v případě, že je zjištěno nadměrné opotřebení (poškozený kužel, nečitelné rysky, opotřebovaná stupnice).

U měřidel, která vyhoví, se vystaví kalibrační list podle kapitoly 11 tohoto postupu.

11. Kalibrační list, označení kuželového měřidla se stupnicí

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat minimálně následující 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 kuželového měřidla,

- e) datum přijetí kuželového měřidla ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/19/25).
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použita při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (pracovní etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který lupu kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, který schválil kalibrační list, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je také prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a že kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý (viz EA-4/02 M:2022)

Pokud největší naměřená chyba včetně rozšířené nejistoty měření je v absolutní hodnotě menší než dovolená chyba stanovená výrobcem nebo zákazníkem, lze v kalibračním listu uvést shodu s tímto požadavkem. Tento výrok o shodě musí být formulován v souladu s **ILAC G8:09/2019** a musí obsahovat odkaz na použítá rozhodovací pravidla (decision rules).

Výrok o shodě:

Naměřené hodnoty vyhovují specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě **byla zohledněna nejistota měření** při kalibraci uvedená v tomto kalibračním listu s pravděpodobností pokrytí 95 % ($k = 2$). Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019, kap. **4.2.2** (binární výrok s ochranným pásmem; $w = 1U$).

Respektive:

Naměřené hodnoty **vyhovují** specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě, **nebyla brána v úvahu nejistota měření** při kalibraci, která je uvedena v kalibračním listu. Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019 kap. **4.2.1** (binární výrok jednoduchého přijetí; $w = 0$).

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován. Výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo uloženy v elektronické podobě. V takovém případě je nutné, aby laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřeními hodnotami) a tento záznam archivovala po stanovenou dobu.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předává zadavateli kalibrace. Kalibrační laboratoř si ponechá kopii kalibračního listu a archivuje ji spolu se záznamem o měření po dobu minimálně 5 let, pokud není legislativou, požadavky zákazníka nebo vnitřním předpisem stanovena doba delší (např. v leteckém či jaderném průmyslu po dobu životnosti zařízení).

Archivace se provádí chronologicky v listinné nebo elektronické podobě tak, aby byla zajištěna čitelnost, dohledatelnost a ochrana proti ztrátě či neoprávněným zásahům. Výsledky kalibrace mohou být rovněž zaneseny do kalibrační karty měřidla nebo do vhodného elektronického systému evidence měřidel.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrovanou měрку kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

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, popřípadě 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

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů

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 kuželových trnů na mikroskopu

Nejistota kalibrace je stanovena pro měření kuželových trnů mikroskopem s optickým najížděním podle odstavce 9 tohoto postupu. Mikroskop má základní nejistotu vyjádřenou vztahem $(4 + 7 \cdot L) \mu\text{m}$ (pro L v metrech). Uvažuje se normální teplota prostředí $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$, teplotní rozdíl mezi mikroskopem a měřeným kuželovým trnem nejvýše $0,5 ^\circ\text{C}$ a součinitel délkové teplotní roztažnosti $(11,5 \pm 1) \mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ pro mikroskop i kuželový trn.

Do bilance nejistot vstupují zejména tyto složky:

- **nejistota opakovatelnosti měření**, stanovená z rozptylu při více opakovaných odečtech,
- **nejistota přímosti měřených povrchů**, vyplývající z vyhodnocení geometrie kužele,
- **základní nejistota mikroskopu**, deklarovaná výrobcem,
- **vliv teplotního rozdílu mezi mikroskopem a trnem**, odhadnutý z maximální odchylky teplot,
- **vliv rozdílu teplotní roztažnosti materiálů**, uvažovaný pro případné odchylky součinitele α .

Každá z těchto složek je dále vyjádřena v bilanční tabulce s uvedením meze, typu rozdělení, dílčí nejistoty a jejího příspěvku k celkové kombinované nejistotě.

Výchozí rovnice má tento zjednodušený tvar:

$$D_x = L_d + L_p + \Delta t \cdot \alpha \cdot L$$

kde:

D_x	průměr kalibrovaného trnu
L_d	základní chyba čtení mikroskopu
L_p	naměřený rozdíl přímostí (mikroskopem)
Δt	odchylka od normální teploty
α	součinitel délkové roztažnosti
L	délka měřítka trnu (největší rozsah měření)

Tabulka č. 1

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koefic. citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Nejistota z opakovaných měření $u_A = 2,5 \mu\text{m}$	u_A	2,5 μm	norm. $k = 1$	2,5 μm	1	2,5 μm
Nejistota přímosti měřených povrchů	L_p	3 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	1,73 μm	2	3,5 μm
Mikroskop - základní nejistota $U = 5 \mu\text{m}$	L_d	5 μm	norm. $k = 2$	2,5 μm	1	2,5 μm
Teplotní rozdíl mezi mikroskopem a měřeným trnem – odhad 0,5 °C	Δt	0,5 °C	rovnom. $\sqrt{3}$	0,29 °C	$\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	0,067 μm
Vliv rozdílu teplotní roztažnosti stejný materiál, délka 20 mm, $\alpha = 11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ teplota okolí (20 ± 1) °C	α	1 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	0,6 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	$\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	0,012 μm
Výsledný průměr kuželového trnu	D_x	Kombinovaná standardní nejistota u pro $k = 1$				4,98 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$				10 μm

Stanovení nejistoty při kalibraci kuželových trnů pomocí kalibračních kroužků

Nejistota kalibrace kuželových trnů při použití kalibračních kroužků je dána kombinací vlivů, které se liší od optické metody na mikroskopu. Dominantní složky tvoří zejména rozlišitelnost odečtu na stupnici trnu a opakování při vícenásobném zasunutí trnu do kroužku. Přesnost kalibračních kroužků samotných je zpravidla vyšší, proto jejich příspěvek tvoří menší část celkové bilance.

- nejistota etalonů (kalibračních kroužků) – dána výsledkem jejich kalibrace a rozšířenou nejistotou uvedenou v jejich kalibračním listu,
- nejistota odečtu na stupnici trnu – závislá na šířce rysky, rozlišitelnosti dělení a schopnosti obsluhy odečíst hodnotu proti hraně kroužku,
- nejistota opakovatelnosti měření – vyjádřená z rozptylu při vícenásobném nasazení kroužku a opakovaných odečtech.
- vlivy teploty a rozdílu součinitelů teplotní roztažnosti, při délce 20 mm a rozdílu 0,5 °C dávají příspěvky menší než 0,1 μm a jsou tedy zanedbatelné.

Tyto složky se dále kombinují do bilanční tabulky, obdobně jako u optické metody. Výsledná rozšířená nejistota bude obecně vyšší než u kalibrace na mikroskopu, protože přesnost je limitována tolerancí kroužků a omezenou možností přesného odečítání stupnice.

Tabulka č. 2

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koefic. citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Nejistota z opakovaných měření $u_A = 5 \mu\text{m}$	u_A	$5 \mu\text{m}$	norm. $k = 1$	$6 \mu\text{m}$	1	$6 \mu\text{m}$
Rozlišitelnost odečtu na stupnici $U = 12 \mu\text{m}$	L_d	$12 \mu\text{m}$	norm. $k = 2$	$6 \mu\text{m}$	1	$6 \mu\text{m}$
Nejistota etalonu kroužků z kalibračního listu	E_d	$2 \mu\text{m}$	norm. $k = 2$	$1 \mu\text{m}$	1	$1 \mu\text{m}$
Teplotní rozdíl mezi mikroskopem a měřeným trnem – odhad $0,5^\circ\text{C}$	Δt	$0,5^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	$0,29^\circ\text{C}$	$\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	$0,067 \mu\text{m}$
Vliv rozdílu teplotní roztažnosti stejný materiál, délka 20 mm , $\alpha = 11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ teplota okolí $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$	α	$1 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	$0,6 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	$\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	$0,012 \mu\text{m}$
Výsledný průměr kuželového trnu	D_x	Kombinovaná standardní nejistota u pro $k = 1$				$8,5 \mu\text{m}$
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$				$17 \mu\text{m}$

Výsledek nejistoty kalibrace:

- Kombinovaná standardní nejistota u ($k = 1$): $\approx 8,5 \mu\text{m}$
- Rozšířená nejistota kalibrace U ($k = 2$): $\approx 17 \mu\text{m}$

Za maximální rozšířenou nejistotu této metody lze tedy považovat **do $20 \mu\text{m}$** , což odpovídá reálným možnostem porovnávací metody kalibrace s kroužky.

15. Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.7.2
Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Tento kalibrační postup byl zpracován a posouzen v rámci úkolu rozvoje metrologie, řešeném pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod číslem PRM VII/2/25. Vzhledem k tomu nesmí být rozmnožován ani předáván jiným organizacím bez souhlasu České metrologické společnosti.

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 provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).