



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 1.1.1/17/25

PŘESNÉ LUPY S MĚŘÍTKEM

**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 kalibraci přesných měřicích lup s měřítkem (dále lup) o rozsahu (0 až 10) mm a s dělením stupnice 0,1 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole lup), (označované jako PK), tak i pro rekalibraci během používání lup (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
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě.
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony.
VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 5	Prüfanweisungen für Bügelmessschraube.

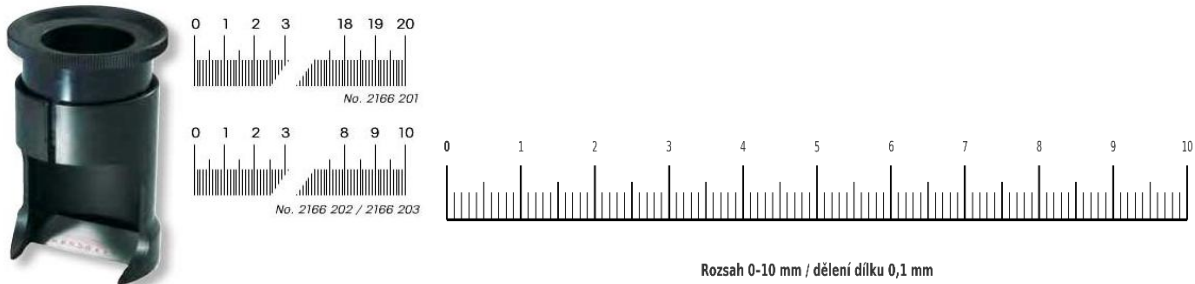
3. Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci lup 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

Měřicí lupa (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je měřidlo délky, skládající se z držáku, stupnice a zvětšovacího skla s rozdílným zvětšením.



Chyba měření - je algebraický rozdíl mezi hodnotou indikovanou na měřítku lupy a referenční hodnotou stanovenou etalonem – (kalibrovaným univerzálním mikroskopem s optickým odečítáním v krocích 1 μm)

Chyba indikace je rozdíl mezi hodnotou zobrazenou na stupnici lupy a odpovídající hodnotou určenou etalonem. Maximální chyba indikace je největší zjištěná odchylka v celém měřicím rozsahu stupnice.

Příklad na lupě

- **Chyba:** Měřicí lupa ukáže 5,02 mm, mikroskop (etalón) naměří 5,00 mm → chyba lupy je +0,02 mm.
- **Odchylka:** Měřicí lupa má jmenovitý dílek 0,1 mm, ale reálně je 0,102 mm → odchylka dílku je +0,002 mm oproti jmenovité hodnotě.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii.

5. Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

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

- Univerzální mikroskop s rozlišením 1 μm ,
- Tělískový teploměr s měřicím rozsahem min 16 °C až 26 °C s hodnotou dílku stupnice min. 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů,
- žulová deska,
- Vlhkoměr, nejlépe s možností záznamu naměřených hodnot,
- Šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- Čistící prostředky: čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice.

6. Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace lupy se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: 20 °C \pm 1 °C,
- Teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovanou lupou: max. 0,5 °C,
- Relativní vlhkost vzduchu: max 75% RH

Před vlastní kalibrací musí být lupa umístěna v laboratoři, ve které je univerzální měřicí mikroskop (dále mikroskop) a to na průměrné žulové desce v takovém časovém intervalu,

ve kterém dojde k vyrovnání teplot mezi mikroskopem a měřítkem lupy na referenční teplotu v požadované toleranci, kterou laboratoř garantuje.

Teplota kalibrované lupy, mikroskopu a teplota prostředí se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení, popř. se kontroluje průběžně.

Relativní vlhkost vzduchu se orientačně změří vlhkoměrem před zahájením kalibrace za účelem prokázání splnění podmínek prostředí dle ČSN EN ISO/IEC 17025. Vliv vlhkosti na výsledek kalibrace lupy je zanedbatelný.

7. Rozsah kalibrace

- Předběžná kontrola lupy (viz čl. 8),
- Kontrola dodávky při vstupní kontrole (viz čl. 8.1),
- Vzhledová kontrola lupy (viz čl. 9.2),
- Funkční kontrola lupy (viz čl. 9.3),
- Měření metrologických parametrů lupy (viz čl. 9.4).

8. Kontrola dodávky a příprava při kalibraci

8.1 Kontrola dodávky měřicí lupy s měřítkem předložené ke kalibraci

Před zahájením kalibrace měřicí lupy s měřítkem se provede kontrola dodávky podle objednávky nebo dodacího listu. Každá lupa musí být označena evidenčním číslem a podrobena vizuální kontrole. Při kontrole se ověřuje stav zvětšovacího skla, čitelnost měřítka a celkový technický stav. Lupa nesmí být hrubě poškozena, zkorodována ani nesmí vykazovat nečitelné dělení. Pokud stav neodpovídá požadavkům, je lupa vrácena objednateli k opravě nebo vyřazení. Vyhovující lupy jsou zaevidovány a převzaty ke kalibraci.

(PK, RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola lupy

Před samotným měřením je lupa očištěna lékařským benzínem a měkkou utěrkou. Zvláštní pozornost je věnována zvětšovacímu sklu, které nesmí být poškozené či poškrábané, a dále měřítku, jehož dělení musí být dobře čitelné. Současně se kontroluje, zda mechanismus zaostřování funguje plynule a poloha zaostření se samovolně nemění vlastní vahou.

(PK, RK)

8.3 Příprava měrek ke kalibraci

V případě lehce znečištěného nebo zoxidovaného měřítka se provede šetrné vyčištění a lupa je následně znovu očištěna a přešetřena. Před vlastním měřením je nutné ponechat lupu v měřicí laboratoři k teplotní stabilizaci společně s etalony a přípravky potřebnými pro kalibraci.

Zkontroluje se označení lupy evidenčním číslem (porovnáním s evidenčním listem lupy nebo jiným podobným dokladem) a označení od výrobce, zda odpovídá technickým parametrům, například zvětšení (uvedeno v katalogu, apod.).

(Pouze RK)

9. Postup kalibrace

9.1 Kontrola dodávky při vstupní kontrole

Při vstupní kontrole se porovná počet, typ a provedení dodaných lup včetně příslušenství s kopií objednávky nebo dodacím listem.

(Pouze PK)

Současně se provádějí i kroky uvedené v čl. 9.2, 9.3 a 9.4

9.2 Vzhledová kontrola lupy

Čárky a číslice na stupnici musí být čitelné v celém měřicím rozsahu. Kontrola se provádí prostým okem. Povrch zvětšovacího skla se zkontroluje pomocí kapesní lupy; nesmí být poškrábaný, zakalený ani jinak poškozený.

(PK, RK)

9.3 Funkční kontrola lupy

Zaostřovací mechanismus vestavěného zvětšovacího skla ve výsuvném tubusu musí umožnit jednoznačné a stabilní odečítání hodnot na stupnici. Chod výsuvného tubusu musí být plynulý a samosvorný, bez vůlí a zasekávání.

(PK, RK)

9.4 Měření metrologických parametrů lupy

9.4.1 Příprava měření

Před zahájením měření se měřicí lupa (měřítko) demontuje a očistí od nečistot v misce vlasovým štětcem a lékařským benzínem, případně v ultrazvukové lázni. Poté se otře měkkou utěrkou a zvětšovací sklo se v případě potřeby vyleští.

(PK, RK)

9.4.2 Stanovení chyby indikace

Měření se provádí na univerzálním mikroskopu kalibrovaném proti etalonu délky. V celém měřicím rozsahu lupy se určují dílčí odchylky indikace v následujících bodech:

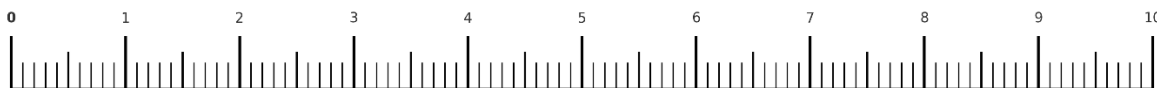
- **celý rozsah (0 až 10 mm)** a hodnotou dílku 0,1 mm například: (0; 1; 2; 2,5; 3; 4; 5; 5,5; 6; 7; 8; 8,5; 9; 10) mm,
- **v dílčím měřicím rozsahu (1 mm):** lze zvolit úsek s podezřením na maximální odchylky, typicky podle výsledků měření v základních bodech; krok 0,2 mm. Úchylky se zapisují do záznamu o měření, případně se vynášejí do grafu.

Poznámka: U měřicích lup s krátkým měřicím rozsahem (0–10 mm) zpravidla není nutné měřit zvláštní dílčí úsek, protože kontrola v základních bodech spolehlivě pokrývá celý rozsah stupnice a větší lokální chyby se běžně nevyskytují.

(PK, RK)

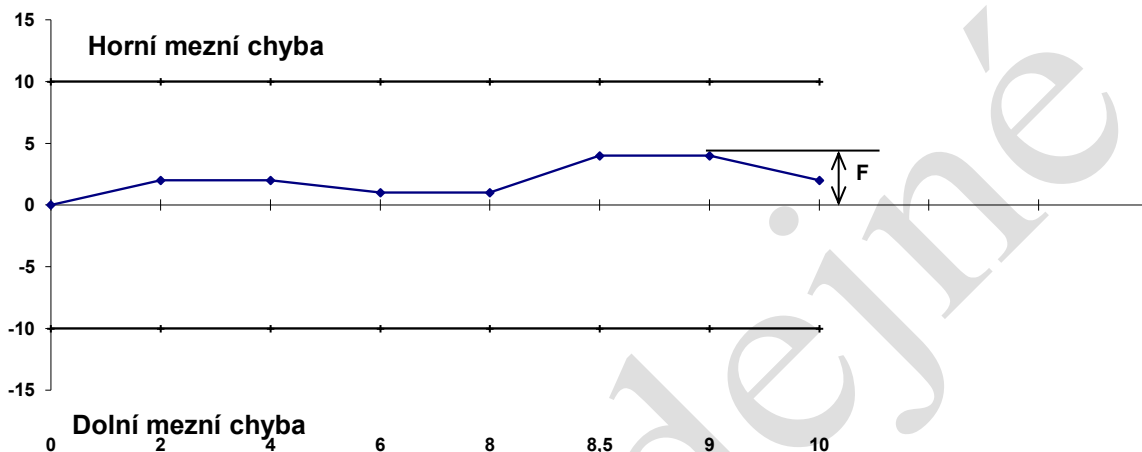
Tab. 1: Tabulka naměřených úchylek v celém měřicím rozsahu

Měřicí body [mm]	0	1	2	2,5	3	4	5	5,5	6	7	8	8,5	9	10
Naměřená úchylka [μm]	0	+3	+2	+2	+3	+2	-1	+3	+1	+1	+1	+4	+4	+2



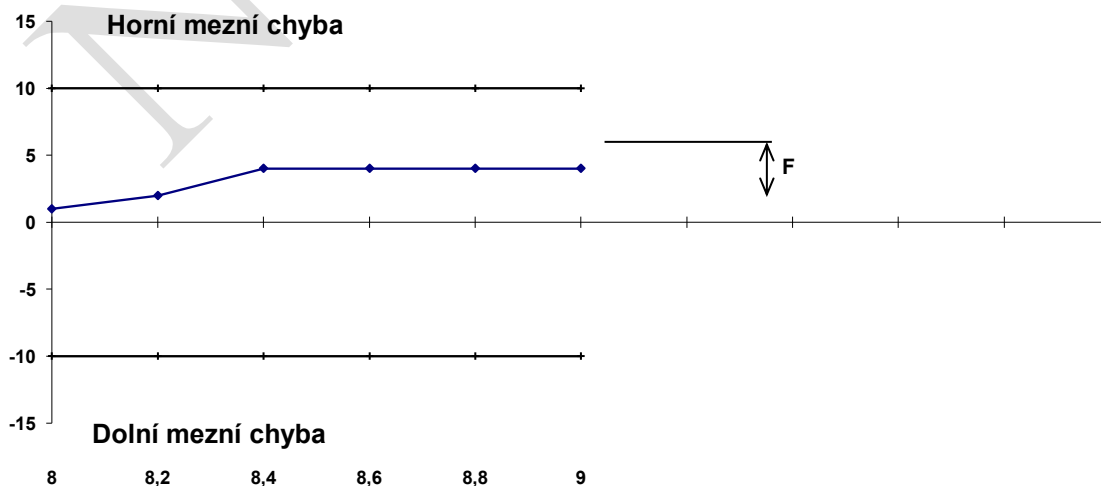
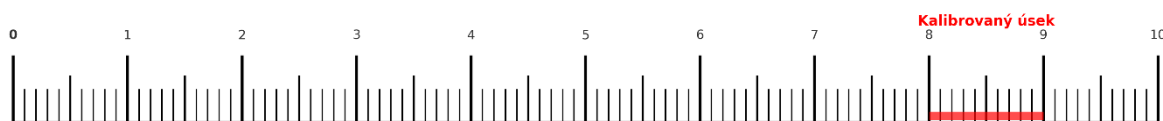
Rozsah 0-10 mm / dělení dílku 0,1 mm

Pokud zákazník nestanoví vlastní požadavky, je pro účely tohoto kalibračního postupu za mezní chybu lupy považována hodnota odpovídající **1/10 dílku stupnice, tj. $\pm 10 \mu\text{m}$** . Tato hodnota vychází z doporučené praxe (odečitelnost lidským okem a rozlišitelnost stupnice) a zajišťuje dostatečnou metrologickou jistotu při kalibraci.



Tab. 2: Tabulka naměřených úchylek v dílčím měřicím rozsahu

Měřicí body [mm]	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0
Naměřená úchylka [μm]	+1	+2	+4	+4	+4	+4



10. Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Největší naměřená úchylka F spjatá s rozšířenou nejistotou při kalibraci musí být v absolutní hodnotě menší, nebo nejvýše rovna největší dovolené chybě F_{max} . Největší naměřená úchylka F nesmí překročit povolenou hodnotu, která je požadavkem zákazníka, protože žádný předpis neudává povolené mezní chyby. Požadavek zákazníka musí být předmětem objednávky nebo jiného dokumentu.

Pokud zákazník nestanoví vlastní požadavky, je pro účely tohoto kalibračního postupu za mezní chybu lupy považována hodnota odpovídající **1/10 dílku stupnice, tj. $\pm 10 \mu\text{m}$** . Tato hodnota vychází z doporučené praxe (odečitelnost lidským okem a rozlišitelnost stupnice) a zajišťuje dostatečnou metrologickou jistotu při kalibraci.

Měřené hodnoty (odchylky od jmenovité hodnoty) se zapisují do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchylky, spjaté s rozšířenou nejistotou měření **U ($k = 2$; pravděpodobností 95 %)**, se porovnají s celkovými dovolenými chybami.

11. Kalibrační list, označení přesné lupy s měřítkem

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 kalibrované lupy,
- e) datum přijetí měřicí lupy 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 1.1.1/17/25).
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá 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 použitá 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 měřenými 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 přesné lupy s měřítkem (příklad)

Nejistota kalibrace je stanovena pro měření lupy mikroskopem s optickým najížděním. 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 měřenou lupou 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 kalibrovanou lupu.

Nejistota kalibrace vychází z měřicího modelu, v němž je referenční hodnota stanovena etalonym – kalibrovaným univerzálním mikroskopem – a hodnota indikovaná lupou je porovnávána s touto referencí. V typických podmínkách kalibrace $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$; rozdíl teplot mezi lupou a mikroskopem nejvýše $0,5 ^\circ\text{C}$ a normální součinitel délkové teplotní roztažnosti $(11,5 \pm 1) \mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ pro mikroskop a lupu. K nejistotě laboratoře přispívají k nejistotě zejména konečná nejistota etalonu (mikroskopu), nejistota odečtu polohy rysky (včetně určení středu rysky a opakovatelnosti odečtu) a menší příspěvky prostředí a ustavení, které se projeví v opakovatelnosti výsledků.

Výchozí rovnice má tento zjednodušený tvar:

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

kde:

- L_x délka (resp. indikovaná hodnota) kalibrované lupy,
- L_d základní chyba čtení mikroskopu (nejistota etalonu),
- L_p chyba indikace stanovená mikroskopem (rozdíl mezi lupou a etalonem),
- Δt odchylka od referenční teploty 20 °C,
- α součinitel délkové roztažnosti (pro ocel $11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$),
- L měřená délka na stupnici lupy (0–10 mm).

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 indikace ustavení	L_p 3 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	1,73 μm	1	1,75 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 měřenou klínovou měrkou – odhad 0,5°C	Δt 0,5°C	rovnom. $\sqrt{3}$	0,29°C	$\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	0,067 μm
Vliv rozdílu teplotní roztažnosti stejný materiál, délka 20 mm, $\alpha = 11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$ teplota okolí (20 ± 1)°C	α 1 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	0,6 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	$\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $L = 0,02 \text{ m}$	0,012 μm
Výsledná kalibrace Lupy	L_x	Nejistota kalibrace u pro $k = 1$			3,95 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$			8 μm

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).