



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 1.1.2/05/20

TŘMENOVÝ MIKROMETR

(Mikrometr pro vnější měření)

Praha

říjen 2020

Vzorový kalibrační postup byl zpracován 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 třmenových mikrometrů s rovinnými měřicími doteky (dále jen mikrometrů) s dílkem stupnice 0,01 mm a mikrometrů digitálních s horní hranicí měřicího rozsahu 1 000 mm a se stoupáním mikrometrického vřetene 0,5 mm nebo 1 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole mikrometrů), tak i při recalibraci během používání mikrometru.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 3611:2011	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Rozměrové měřicí vybavení – Mikrometry pro vnější měření – Návrh a metrologické charakteristiky	[L1]
ČSN 25 1401 Změna Z1 5.95	Mikrometrická měřidla na vnější měření. Technické požadavky	[L2]
ČSN 25 1420	Mikrometrická měřidla pro vnější měření. Mikrometry s rovinnými měřicími doteky. Základní rozměry.	[L3]
ČSN EN ISO 3650:2000	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky.	[L4]
ČSN EN ISO 14253-1:2018 anglicky	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L5]
ČSN EN ISO 14253-2:2012	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	[L6]
ČSN EN ISO 9001:2018 oprava Opr.1	Systémy managementu kvality – Požadavky.	[L7]
ČSN EN ISO 10012:2003	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L8]
ČSN EN ISO/IEC 17025 :2018	Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří.	[L9]
EA 4/02:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[L10]
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony.	[L11]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L12]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci posuvných měřidel je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a se souvisejícími předpisy.

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

4 Názvosloví, definice

4.1 Termíny

Mikrometr pro vnější měření (Třmenový mikrometr) – měřidlo, které umožňuje vyhodnocení vnějšího rozměru obrobku na základě pohybu vřetena s měřicí plochou a vodícím šroubem se stupnicí, který se pohybuje vůči pevné stupnici.

Kontakt měřicí plochy – kontakt mezi měřicí plochou a měřeným kusem.

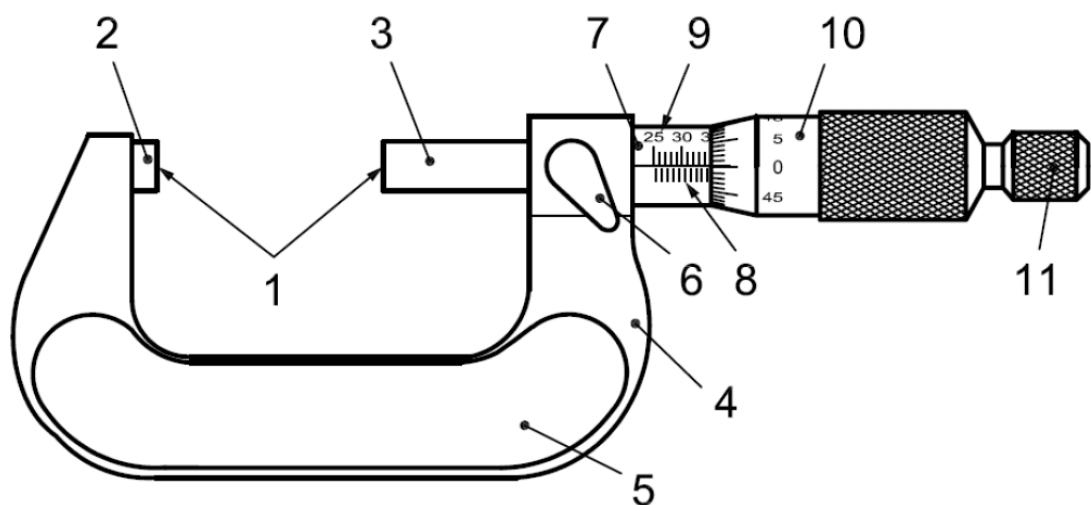
Úplný kontakt měřicí plochy – kontakt mezi úplnou měřicí plochou a měřeným kusem.

Částečný kontakt měřicí plochy – kontakt mezi částí měřicí plochy měřeným kusem.

Chyba měření je algebraický rozdíl mezi indikovanou hodnotou a pravou (skutečnou) hodnotou měřené veličiny.

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

4.2 Konstrukce a názvosloví



Legenda

- 1 měřicí plochy
- 2 pevný dotek

- 7 trubka
- 8 vztažná přímka

3 měřicí vřeteno	9 stupnice
4 třmen	10 bubínek
5 teplotně izolační deska	11 rychlý pohon řehtačky
6 ustavovací svorka vřetene	

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Sada koncových měrek. Jde o pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti, který je navázán na etalon minimálně 4. sekundárního řádu. Přednostně se doporučuje speciální sada pro mikrometry podle přílohy D 2.2 k ČSN ISO 3611, doplněná o měřky 50, 75 a 100 mm,
- sada koncových měrek od 125 mm do 500 mm. Jde o pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti, který je navázán na etalon minimálně 4. sekundárního řádu,
- příslušenství k ošetřování koncových měrek,
- kulička v držáku,
- stojánek na třmenové mikrometry,
- příměrná deska, nebo závěs na velké mikrometry,
- rovinná skleněná měrka \varnothing 45 mm, popř. \varnothing 60 mm,
- siloměr do 20 N,
- 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,
- lupa se zvětšením minimálně 3x,
- odmagnetovací přístroj,
- šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- čisticí prostředky: čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice,
- lapovací destička, lapovací prášek a petrolej,
- mazací a konzervační prostředky: lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.

Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázána na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace mikrometru se provádí za těchto referenčních podmínek:

teplota prostředí:	20 °C \pm 2 °C,
teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným mikrometrem	max. 0,2 °C,
vlhkost vzduchu	50 % \pm 15 % relat.

Před vlastní kalibrací musí být kalibrovaný mikrometr a příslušný etalon umístěn min. 1 hodinu v místnosti s referenční teplotou.

Teplota kalibrovaného mikrometru a měřidel použitých při jeho kalibraci a teplota prostředí se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení, popř. se kontroluje průběžně.

Relativní vlhkost vzduchu se měří vlhkoměrem před zahájením kalibrace.

7 Rozsah kalibrace

Kalibrace mikrometrů se člení na tyto úkony:

- Kontrola mikrometrů předložených ke kalibraci (viz čl. 8.1),
- čištění a úpravy mikrometrů (viz čl. 8.2),
- kontrola způsobilosti mikrometru pro kalibrování (viz čl. 8.2),
- stanovení chyby úplného kontaktu J (viz čl. 9.1),
- stanovení chyby opakovatelnosti úplného kontaktu R (viz čl. 9.2),
- stanovení chyby částečného kontaktu doteků E (viz čl. 9.3),
- kontrola měřicí síly (viz čl. 9.4),

8 Kontrola dodávky a příprava

8.1 Kontrola mikrometrů předložených ke kalibraci

Porovná se počet měřidel, typy a případné příslušenství podle objednávky, resp. její kopie nebo dodacího listu. Zkontroluje se označení mikrometru evidenčním číslem. Provede se základní vzhledová kontrola a kontrola úplnosti a funkčnosti mikrometru. U číslicových mikrometrů se kontroluje stav baterie, popřípadě se baterie vymění.

Překontroluje se, zda mikrometr není mechanicky poškozen, zda měřicí bubínek, trubka a třmen mikrometru nejsou deformovány nebo jinak poškozeny. Měřicí plochy mikrometru a nastavovací měrky nesmí být poškrábány, vyštípnuty nebo jinak poškozeny. Čárky a číslice musí být dobře čitelné v celém měřicím rozsahu. Jakost povrchu měřicích ploch mikrometru i nastavovací měrky se kontroluje lupou.

U číslicových mikrometrů se všechny dekády se nastaví pokud možno na "8". Všechny číslice musí být úplné (všechny segmenty) a dobře čitelné. V libovolné poloze vřetene musí být měřená hodnota identifikována jednoznačně.

Hrubě poškozená, neopravitelná měřidla se vyřadí z evidence, nebo vrátí zákazníkovi odděleně od měřidel kalibrovaných.

8.2 Čištění a úpravy mikrometru

Mikrometr se protočí v celém rozsahu a posoudí se, zda je potřeba seřídít vůle mikrometrického šroubu nebo namazat závit. Je-li to nutné, mikrometr se demontuje, závit vřetena se umyje benzínem a namaže olejem. Vůle závitu vřetena se seřídí maticí. Pokud má mikrometrický šroub nadměrné opotřebení jen v určitém místě, mikrometr se vyřadí.

Měřicí doteky mikrometru se pečlivě očistí od nečistot, popř. se několikrát lehce protáhnou lapovací destičkou. Tak se jednak identifikují poškozená místa, jednak se odstraňují nečistoty. Lehce poškozené měřicí plochy mikrometru a nastavovací měrky se upraví. Po úpravě se mikrometr, popř. nastavovací měrka opět vyčistí a podle potřeby odmagnetuje. Konečné očištění se docílí jelenicí.

Číslicové elektronické mikrometry zpravidla nelze demontovat a nesmějí být vystavovány působení elektrických nebo magnetických polí.

8.3 Kontrola způsobilosti mikrometru pro kalibrování

Chod mikrometrického šroubu musí být v celém měřicím rozsahu plynulý, bez znatelné vůle v některých částech měřicího rozsahu. Bubínek mikrometru nesmí při otáčení házet ani zachytávat o trubku. Mezi bubínkem a trubkou musí být zaručena vůle.

Zařízení k vymezení stálé měřicí síly musí plnit spolehlivě svou funkci. Mikrometry pro vnější měření mají obvykle měřicí sílu mezi 5 N a 10 N a některé konstrukce umožňují seřízení síly.

Při zajištění mikrometrického vřetena se nesmí změnit nastavený rozměr a indikace o více než 2 μm . Při odjištění nastavovacího zařízení se musí mikrometrický šroub otáčet působením zařízení k vymezení stálé měřicí síly rovnoměrně.

Před prováděním kalibračních zkoušek se kontroluje nastavení počátku rozsahu na nulu, případně se mikrometr seřídí. Každý mikrometr má být vybaven uživatelsky dostupnými prostředky pro nastavení mikrometru na nulu nebo na referenční bod. Pro seřízení platí tolerance podle bývalé ČSN 25 1402, které jsou číselně shodné s mezní chybou rovnoběžnosti měřicích ploch (tj. $\pm MPE_E$), viz Tab. 2.

9 Postup kalibrace

9.1 Chyba úplného kontaktu J , omezená MPE_J (dříve chyba měření F)

Chyba úplného kontaktu se zkouší koncovými měrkami, které pokrývají celou měřicí plochu doteků. Pro rozteče závitů 0,5 a 1 mm jsou vhodné následující koncové měrky a jejich kombinace:

2,5 mm; 5,1 mm; 7,7 mm; 10,3 mm; 12,9 mm; 15 mm; 17,6 mm; 20,2 mm; 22,8 mm a 25mm.

Při použití těchto koncových měrek se zjistí chyby při různých polohách bubínku. U mikrometrů, s počáteční hodnotou rozsahu větší, než nula se navíc použije měrka, jejíž délka je stejná, jako počáteční hodnota měřicího rozsahu.

Mezní chybu MPE_J určuje u nových měřidel výrobce, u používaných měřidel uživatel. Největší dovolené chyby udává v tabulce 2 norma ČSN 25 1401. Z této tabulky můžeme vycházet při stanovení vlastních dovolených chyb.

Měřicí rozsah mikrometru mm	MPE _J (Největší dovolená chyba) μm	
	Třída 1 (přesné a digitální)	Třída 2 (běžné a používané)
od 0 do 25	±2	±4
přes 25 do 50	±3	±4
přes 50 do 100	±4	±5
přes 100 do 200	±4	±6
přes 200 do 400	±5	±8
přes 400 do 600	±6	±10
přes 600 do 800	±7	±12
přes 800 do 1000	±8	±14

Tab. č. 1 Mezní chyba úplného kontaktu mikrometru MPE_J (ČSN 25 1401)

9.2 Opakovatelnost chyby úplného kontaktu R (omezená MPE_R)

Opakovatelnost je chyba indikace, která vzniká při úplném kontaktu měřicí plochy při opakovaném měření stejného rozměru za stejných podmínek. Zkouší se koncovými měrkami pro libovolné rozměry v měřicím rozsahu mikrometru. Při zkoušení opakovatelnosti má být využito zařízení k vymezení měřicí síly.

Hodnoty dovolených chyb opakovatelnosti MPE_R by měl udávat výrobce, obecné doporučení není v normách dostupné.

9.3 Chyba při částečném kontaktu povrchu E , omezená MPE_E (dříve chyba rovinnosti a rovnoběžnosti)

Chyba při částečném kontaktu povrchu se zkouší na několika místech plochy doteku v rozsahu jedné otáčky. Jako etalon slouží kulička v držáku.

Pro větší mikrometry není měření na kouli proveditelné, proto se použijí koncové měrky. Měří se pouze okrajem měřicí plochy na různých místech po jejím obvodu. Pro posouzení rovinnosti měřicí plochy doteku se použije optická měrka.

Rovinnost měřicích ploch mikrometru se kontroluje rovinnou skleněnou měrkou a vyhodnocuje se pomocí interferenčních proužků. Skleněná měrka se postupně přiloží k jedné i druhé měřicí ploše tak, aby počet viditelných interferenčních proužků byl co nejmenší. Interferenční proužky budou zřetelnější, použije-li se při zkoušce monochromatický zdroj světla.

Úchylka rovinnosti měřicích ploch nových mikrometrů má být zpravidla menší než 1 μm, neměly by se tedy na měřicí ploše vyskytnout více než čtyři interferenční proužky téže barvy. U používaných mikrometrů určuje přípustné opotřebení uživatel.

Dovolenou mezní chybu MPE_E stanovuje opět výrobce, resp. uživatel měřidla. Obecné doporučení lze hledat najít v tabulce 5 normy ČSN 25 1401:

Měřicí rozsah mikrometru mm	MPE_E (Mezní chyba rovnoběžnosti) μm	
	Třída 1 (přesné a digitální)	Třída 2 (běžné a používané)
od 0 do 50	2	2
přes 50 do 100	3	3
přes 100 do 150	3	4
přes 150 do 200	3	5
přes 200 do 250	5	6
přes 250 do 300	5	7
přes 300 do 350	5	8
přes 350 do 400	5	9
přes 400 do 450	7	10
přes 450 do 500	7	11
přes 500 do 600	7	12
přes 600 do 800	8	14
přes 800 do 1000	10	16

Tab. č. 2 Mezní chyba při částečném kontaktu povrchu MPE_E (ČSN 25 1401)

9.4 Měřicí síla

Měřicí síla se vyvodí zařízením pro vymezení měřicí síly a měří se vhodným siloměrem. Síla působící mezi měřicím i plochami má být 5 N až 10 N, nepožaduje-li uživatel mikrometru jinak. Měřicí síla má být v celém měřicím rozsahu mikrometru přibližně stejná.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Každý typ mikrometrů má mít list specifikací, který je minimem informací pro uživatele. Výrobce musí stanovit největší dovolené chyby a dát informace o konstrukčních požadavcích pro účely kalibrace po prodeji mohou zákazníci stanovit vlastní hodnoty PME podle požadavků své společnosti.

Charakteristiky	Hodnoty		
	25 / 0,01		mm
Největší dovolená chyba indikace	MPE_J	± 4	μm
	MPE_R	2	μm
	MPE_E	2	μm
Měřicí síla	Maximální	5	N
	Minimální	7	N

Tab. č. 3 Metrologické charakteristiky mikrometru $0 \div 25$ mm udané výrobcem (ČSN EN ISO 14253-1)

Pokud nejsou hodnoty *MPE* stanoveny výrobcem ani uživatelem, vychází se hodnot navržených v tomto kalibračním postupu. Při vyhodnocení se porovnají největší naměřené chyby indikace s dovolenými chybami *MPE*.

10.2 Postup v případě neshody

Pokud není jiná dohoda mezi dodavatelem a zákazníkem, použije se pro rozhodnutí o shodě nebo neshodě se specifikacemi norma ČSN EN ISO 14253-1

V případě, že kalibrovaný mikrometr nevyhoví specifikaci a nelze prohlásit shodu, uvedou se pouze naměřené hodnoty a příslušná nejistota měření. Zadávatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadovaných nebo obvyklých dovolených chyb a na neodstranitelná poškození.

11 Kalibrační list

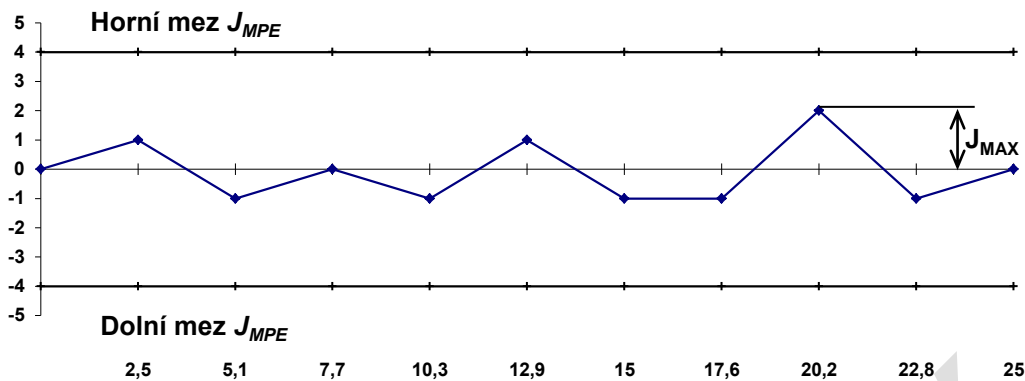
Kalibrační list by měl obsahovat tabulku s dovolenými chybami *MPE* a metrologickými charakteristikami doplněnými nejistotou měření:

Metrologická charakteristika mikrometru 25/0,01 mm	Označení dovolené chyby	Dovolená chyba indikace μm	Naměřená chyba μm	Nejistota $U (k = 2)$ μm
Chyba úplného kontaktu měřicí plochy (Chyba měření)	MPE_I	± 4	+2	± 2
Opakovatelnost chyby úplného kontaktu	MPE_R	2	1	± 1
Chyba částečného kontaktu povrchu (chyba rovinnosti a rovnoběžnosti)	MPE_E	2	2	± 1
Měřicí síla	MPL	$(5 \div 7) \text{ N}$	6 N	$\pm 1 \text{ N}$

Tab. č. 4 Příklad uvedení výsledku kalibrace mikrometru 0 ÷ 25 mm v kalibračním listu

Norma ČSN EN ISO navrhuje v příloze A uvádění diagramu křivky chyb indikace:

Jmenovitá hodnota měřky [mm]	0	2,5	5,1	7,7	10,3	12,9	15	17,6	20,2	22,8	25
Naměřená chyba indikace [μm]	0	+1	-1	0	-1	+1	-1	-1	+2	-1	0



Tab. č. 5 Naměřené chyby úplného kontaktu a křivka chyb indikace mikrometru tř. 2

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list musí 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 mikrometru,
- datum přijetí mikrometru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/05/20).
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá 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 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 (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě mikrometru 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 mikrometr 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 (viz čl. 13.1). 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 při kalibraci třmenového mikrometru (příklad)

Kalibrace mikrometru s rozsahem 25 mm se provádí porovnáním s koncovými měrkami o velikosti 2,5 mm, 5,1 mm, až 25 mm. Mikrometr i koncové měrky jsou vyrobeny z oceli. Před kalibrací byly ponechány dostatečně dlouho na průměrné desce, aby získaly co nejpodobnější teplotu. Předpokládá se nevyrovnání teploty mezi měrkami a měřidlem nejvýše 0,5°C

Standardní nejistota typu A

Pro stanovení nejistoty z opakovaných měření provedeme sadu měření na jedné měrce, např. 12,9 mm.

Naměřené chyby úplného kontaktu jsou např.:

1; 2; 1; 2; 0; 0; 1 μm

Stanovení standardní nejistoty typu A u_A :

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{0,82}{\sqrt{7}} \cdot 1,3 = 0,40 \mu\text{m}$$

kde: s - směrodatná odchylka určená na kalkulátoru

n - počet měření

k_A - koeficient určený v závislosti na počtu měření podle tabulky:

n	2	3	4	5	6	7	8	9
k_A	7,0	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2

Rozšířená nejistota opakovaných měření:

$$U_A = 2 \cdot u_A = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \mu\text{m}$$

Nejistota opakovaných měření je v podstatě nejistota opakovatelnosti chyby úplného kontaktu R :

$$U_A = U_R = 0,8 \approx 1 \mu\text{m}$$

Protože se chyba opakovatelnosti úplného kontaktu R vyhodnocuje odděleně od chyby úplného kontaktu J , nezahrne se ani nejistota z opakovaných měření do stanovení nejistoty chyby úplného kontaktu U_J .

Stanovení standardní nejistoty typu B

Cílem kalibrace je stanovit pro každý kalibrační bod korekci δL :

$$\delta L = L_S - L_i + L_{\max} \cdot \alpha \cdot \delta t$$

kde: L_S - jmenovitá délka koncové měrky

δt - zbytkový rozdíl teplot mezi koncovou měrkou a mikrometrem
 L_i - délka naměřená mikrometrem
 α - koef. teplotní roztažnosti, stejný pro měrky i mikrometr $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
 L_{\max} - měřicí rozsah mikrometru 0,025 m

Citlivostní koeficient pro přepočtení vlivu teploty na délku:

$$L_{\max} \cdot \alpha = 0,025 \cdot 11,5 = 0,29 \text{ } \mu\text{m}/^\circ\text{C}$$

Odhad nejistoty pro rozsah měření:		Meze	Typ	Dílčí	Citlivostní	Příspěvek
25 mm		ovl. veličin	rozdělení	nejistota	koeficient	k nejistotě u
Referenční měrky z kraj. chyby 1.tř.měrek $\pm 0,3 \mu\text{m}$	L_s	0,3 μm	2 norm	0,15 μm	1	0,15 μm
Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	δt	0,2 $^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,12 $^\circ\text{C}$	0,29 $\mu\text{m K}^{-1}$ ($\alpha \cdot L_{\max}$)	0,03 μm
Při čtení bubínku se odhaduje desetina dílku, tj. $\pm 1 \mu\text{m}$	L_i	1 μm	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,58 μm	1	0,58 μm
Korekce v každém bodě	δL	Kombinovaná standardní nejistota $k = 1 \ u(\delta L)$				0,60

Tab. č. 6 Tabulka pro výpočet nejistoty mikrometru 0 až 25 mm

Rozšířená nejistota:

$$U_J = k \cdot u(\delta L) = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ } \mu\text{m}$$

Při uvedení v kalibračním listu se nejistota stanovení celkové chyby mikrometru (0 až 25) mm zaokrouhlí nahoru:

$$U_{J25} = 2 \text{ } \mu\text{m} \text{ pro } k = 2, \text{ normální rozdělení}$$

Pro jiné měřicí rozsahy je nutno vypočítat nejistotu zvlášť. Pokud vyplníme tabulku nejistot pro horní rozsah mikrometru $L = 1000 \text{ mm}$, bude vypadat takto:

Odhad nejistoty pro rozsah měření:		Meze	Typ	Dílčí	Citlivostní	Příspěvek
1000 mm		ovl. veličin	rozdělení	nejistota	koeficient	k nejistotě u
Referenční měrky z kraj. chyby 1.tř.měrek $\pm 4,6 \mu\text{m}$	L_s	4,6 μm	2 norm	2,3 μm	1	2,3 μm
Krajní teplotní rozdíl v průběhu kalibrace $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	δt	0,2 $^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,12 $^\circ\text{C}$	11,50 $\mu\text{m K}^{-1}$ ($\alpha \cdot L_{\max}$)	1,38 μm
Při čtení bubínku se odhaduje desetina dílku, tj. $\pm 1 \mu\text{m}$	L_i	1 μm	$\sqrt{3}$ rovnom.	0,58 μm	1	0,58 μm
Korekce v každém bodě	δL	Kombinovaná standardní nejistota $k = 1 \ u(\delta L)$				2,74

Tab. č. 7

Rozšířená nejistota kalibrace celkové chyby mikrometru má potom obecný tvar:

$$U_J = k \cdot u(\delta L) = 2 \cdot 2,74 = 5,48 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{pro } k = 2$$

Po zaokrouhlení na celé μm :

$$U_{J1000} = 6 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{pro } k = 2, \text{ normální rozdělení}$$

Tabulku č. 4, která uvádí dovolené celkové chyby mikrometru, pak můžeme doplnit o sloupec očekávaných nejistot stanovení této chyby Tab. č. 8:

Měřicí rozsah mikrometru mm	Mezní chyby úplného kontaktu MPE_J (Největší dovolené chyby) μm		Nejistota měření $k = 2$ μm
	Třída 1 (přesné a digitální)	Třída 2 (běžné a používané)	
	MPE_J	MPE_J	U_J
od 0 do 25	± 2	± 4	2
přes 25 do 50	± 3	± 4	2
přes 50 do 100	± 4	± 5	2
přes 100 do 200	± 4	± 6	2
přes 200 do 400	± 5	± 8	3
přes 400 do 600	± 6	± 10	4
přes 600 do 800	± 7	± 12	6
přes 800 do 1000	± 8	± 14	6

Tab. č. 8

Nejistota měření je stanovena za předpokladu max. rozdílu teplot mezi mikrometrem a měrkami $0,2^\circ\text{C}$ a užití minimálního počtu měrek tř. 1. Uvedené hodnoty jsou pouze informativní.

Z tabulky je patrné, že nejistota kalibrace dosahuje poloviny dovolené chyby 2. třídy přesnosti při splnění velmi přísných podmínek kalibrace - odečítání desetiny dílku bubínku a vyrovnání rozdílu teplot měrek a měřidla na $0,2^\circ\text{C}$.

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.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby ho organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační labora-

toř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl přepracován, struktura a terminologie byla upravena podle ČSN EN ISO 3611:2011. Uvedené hodnoty specifikací byly převzaty (analogicky) z normy ČSN 25 1401. Názvosloví konstrukčních částí mikrometru bylo částečně upraveno podle ČSN 25 1420. Dále byl doplněn příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a zpracována nová validace použité metody.

Neprodejně