



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 1.1.1/22/20

KALIBRY VNITŘNÍ PRO DRÁŽKY

Praha

prosinec 2020

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2020

Číslo úkolu: VII/1/20

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.

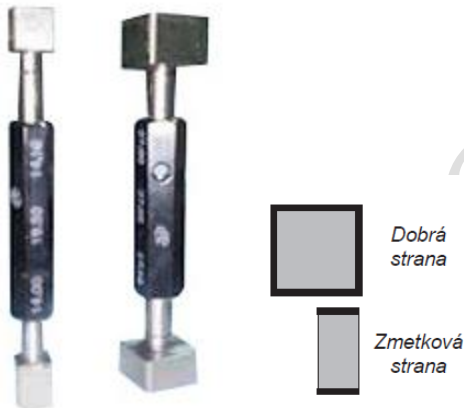
1 Předmět kalibrace

Kalibrační postup se vztahuje na kalibraci mezních měřidel (mezních kalibrů) pro kontrolu vnitřních drážek hřídelů, vnitřní plochých děr a otvorů drážkových hřídelů.

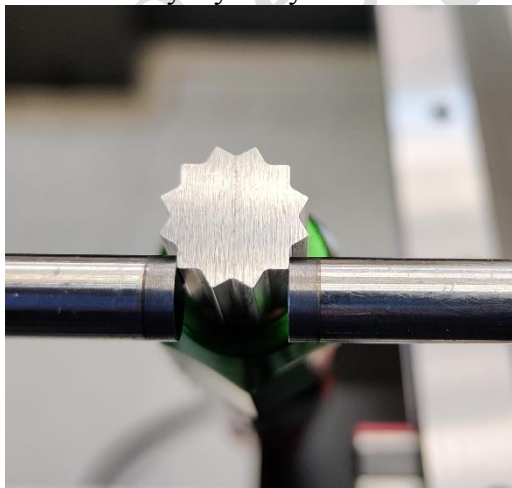
Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, resp. kalibrace v rámci vstupní kontroly měřidla (dále označované jako PK), tak i rekalkibrace během používání měřidla (dále označované jako RK).



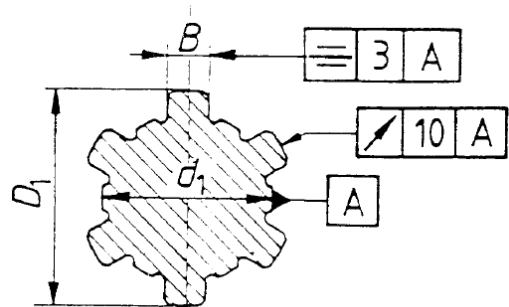
Oboustranný drážkový kalibr tolerance



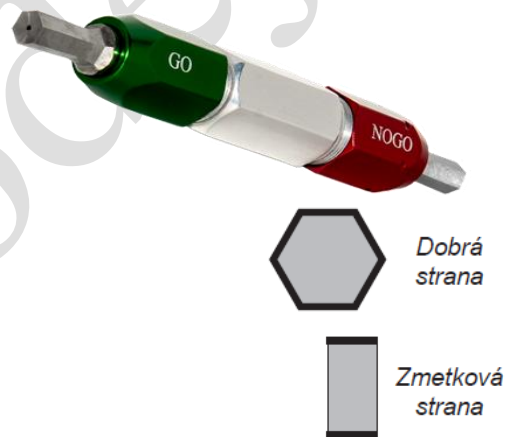
Kalibr hladký čtyřboký



Kalibr 12-boký dodrá a zmetková stana



Kalibr na drážkové hřídele



Kalibr hladký šestiboký



2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 14405-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 1: Lineární rozměry	[L1]
ČSN EN ISO 14405-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 2: Rozměry jiné než lineární nebo úhlové rozměry	[L2]
ČSN EN ISO 14405-3	Geometrická specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 3: Úhlové rozměry	[L3]
ČSN EN ISO 14660-1	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Geometrické prvky – Část 1: Všeobecné termíny a definice (norma zrušena – jen jako literatura)	[L4]
ČSN ISO 14	Rovnoboké drážkování válcových hřídelů s vnitřním středěním - Rozměry, tolerance a zkoušení (Jen jako literatura)	[L5]
ČSN ISO 286-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – Část 1: Základní tolerance, úchylky a uložení	[L6]
ČSN ISO 286-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – Část 2: Tabulky normalizovaných tolerančních tříd a mezních úchylek pro díry a hřídele	[L7]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky	[L8]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L9]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L10]
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality - Požadavky	[L11]
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	[L12]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[L13]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L14]
EA 4/02 M:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[L15]
TNI POKYN ISO/IEC 98-4	Nejistota měření – Část 4: Úloha nejistoty měření při posuzování shody	[L16]
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroku o shodě	[L17]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci kalibrů pro drážky 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 souvisejícími předpisy.

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

4 Názvosloví, definice

Mezní kalibry na vnitřní kontrolu drážek jsou měřidla s dobrou a zmetkovou stranou s funkčními rozměry stanovenými vzhledem k mezním rozměrům kontrolované drážky pro pero nebo rovnoboké drážkování.

Kontrola kalibry zahrnuje souhrnné měření úchylek rozměrů (vnější, vnitřní) průměru a tvar profilu. Nestanoví podíl jednotlivých druhů úchylek, avšak zjistí, zda souhrn všech úchylek neovlivní funkci kontrolované drážky.

Další termíny a definice jsou obsaženy v příslušných normách, v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Měřicí délkoměr s příslušenstvím,
- měřicí mikroskop s možností měřit rádiusové měření, měřicí SW pro hodnocení měření,
- třmenový mikrometr se stojánkem (třmenový mikro-pasometr) příslušného rozsahu,
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min (16 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,
- lupa se zvětšením nejméně 3x,
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice),
- prostředky na drobné opravy (jemný smirkový a lapovací papír, speciální keramický brousek, lapovací pasta),
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

Poznámka: 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 kalibrů pro drážky se provádí za normálních podmínek:

Teplota prostředí:	$(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$,
změna teploty vzduchu za 1 hodinu:	max. $1 \text{ }^\circ\text{C}$,
relativní vlhkost vzduchu:	max. 75%.

Před vlastní kalibrací mají být mezní drážkový kalibr a přístroj použitý ke kalibraci umístěny v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty. Doporučené vyrovnání teplot mezi kalibrem na drážky a příslušným etalonem při vlastní kalibraci by se mělo pohybovat maximálně v mezích tolerance $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

7 Rozsah kalibrace

Kalibrační úkony se člení na:

- Předběžnou kontrolu a přípravu kalibrů pro vnitřní drážky,
- stanovení mezí kalibrů pro vnitřní drážky z tabulek dle rozměru a tolerance uvedených normě ČSN EN ISO 286,
- kontrolu vnějšího rozměru dle typu kalibru,
- vyhodnocení kalibrace a stanovení nejistoty měření,
- vystavení kalibračního listu,
- výrok o shodě, je-li vyžadován.

8 Kontrola dodávky a příprava

8.1 Kontrola dodávky

Při vstupní kontrole se provede posouzení typu kalibrů pro vnitřní drážky a jejich počet dodaných ke kalibraci. Počet a typ kalibrů se porovná s údaji na objednávce, nebo podle dodacího listu a zaeviduje se přijetí ke kalibraci. Kalibry pro vnitřní drážky předložené ke kalibraci musí být uživatelem označeny evidenčním číslem. Kontroluje se, zda označení kalibru pro vnitřní drážky evidenčním číslem odpovídá údajům v objednávce. Případné nesrovnalosti se řeší s objednatelem kalibrace.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Kontroluje se celkový stav a funkčnost kalibru pro vnitřní drážky. Zjišťuje se, zda drážkový kalibr nemá viditelné závady (uvolněný trn v držáku, stopy koroze na funkčních plochách, vyštípnutá nebo zdeformovaná část kalibru, nečitelný popis). Sejmutí značek, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. (PK, RK)

V případě vážných nesrovnalostí se kalibrace zamítne a kalibr pro vnitřní drážky se vrátí objednateli.

8.3 Příprava měřidla

Provede se případná oprava lehce poškozených částí kalibru. Očištění a odmaštění měřidla pomocí kartáče a technického benzínu. Stopy koroze, očištění otřepů na kalibru se provede za pomoci lapovacího kamene, hrubší nerovnosti lapovacím papírem. Drobné rýhy na funkční ploše dobré a zmetkové strany kalibru přešetříme hadříkem napuštěným lapovací

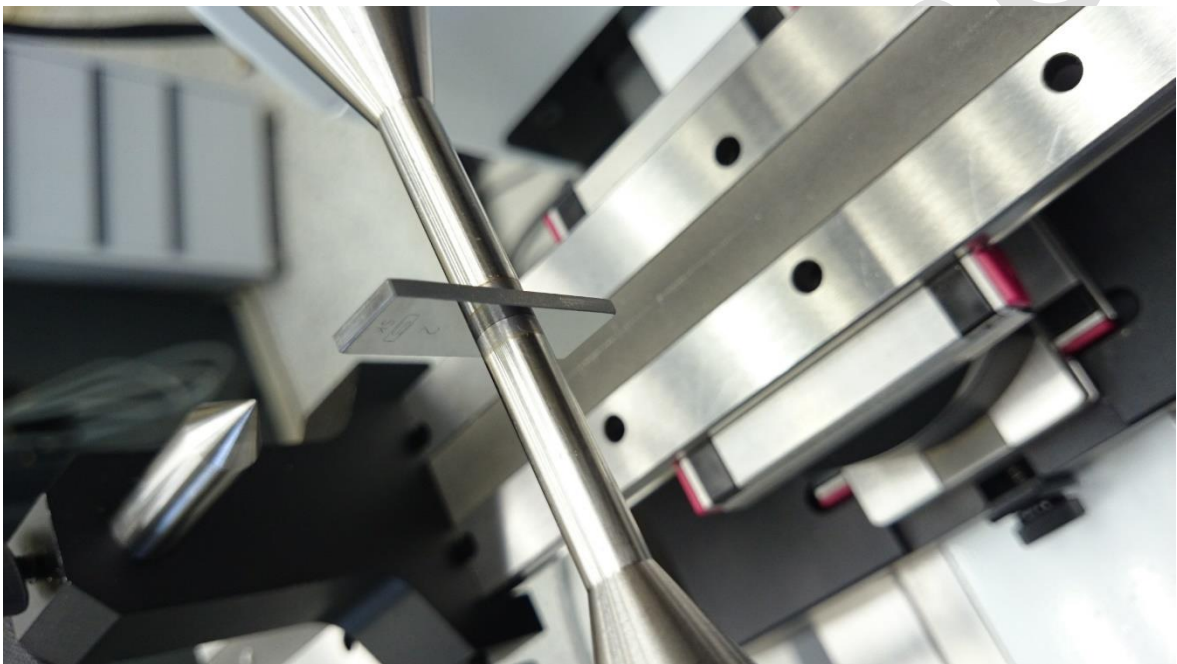
pastou a poté důkladně očistíme lékařským benzinem, například lněnou utěrkou nebo v ultrazvukové pračce. Kalibr odmagnetujeme a položíme na průměrnou desku temperovat. Před měřením se kalibr pro vnitřní drážky teplotně stabilizuje v prostředí laboratoře po dobu přibližně 1 h v blízkosti měření a prostoru délkoměru nebo stojánku s mikrometrem.

(PK, RK)

9 Postup kalibrace

9.1 Zařízení na kalibraci kalibrů pro vnitřní drážky

Kalibrace kalibrů pro vnitřní drážky zahrnuje sled operací od nastavení měřicího zařízení, měření, vyhodnocení a zpětné kontrolní měření. Kalibrace se provádí zpravidla na laboratorních délkoměrech (alternativně pomocí třmenového mikrometru nebo třmenového mikro-pasometru) v ustálených podmínkách s teplotou blízkou 20°C.

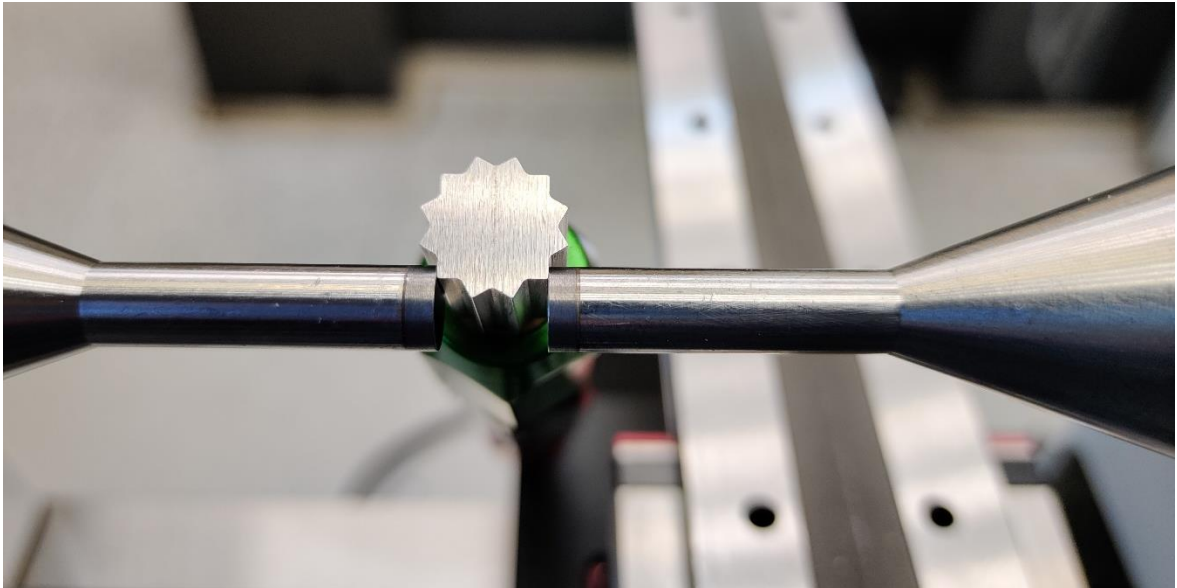


Prvotní nastavení délkoměru s prodlužovacími kontakty na etalon délky.

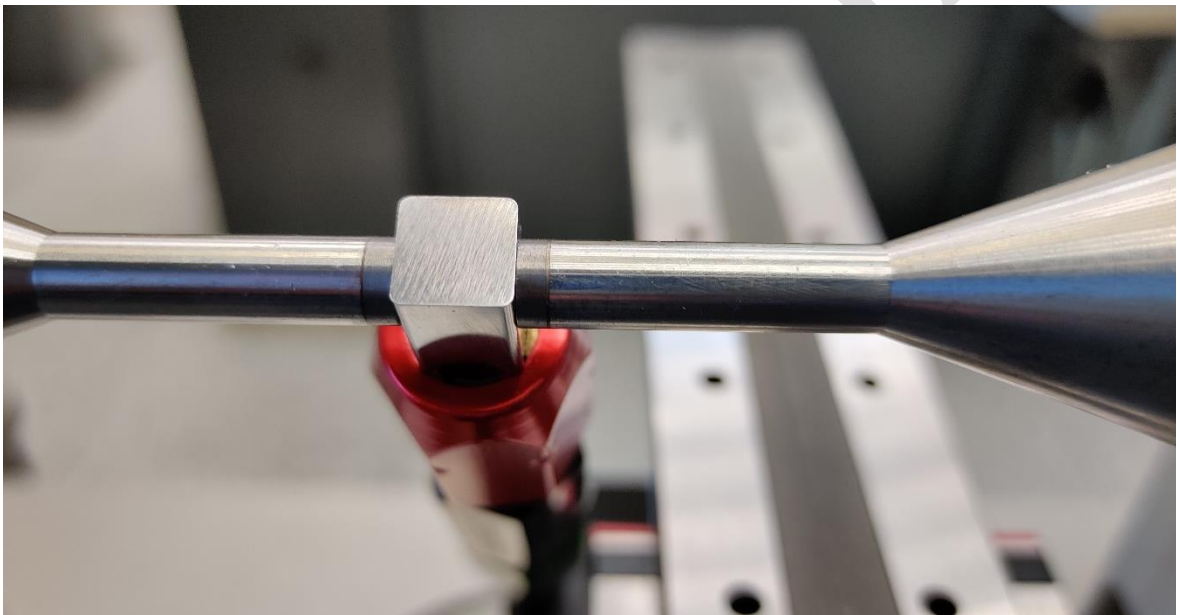
Na začátku kalibrace se nastaví na délkoměru měřicí síla 2,5N. Nastaví se na etalonové měřce hodnota etalonu pro měření a zkontroluje se rovnoběžnost prodloužených kontaktů. Pro kalibraci se použijí prodlužující kontakty pro měření vnějšího rozměru kalibru pro vnitřní drážky.

9.2 Kalibrace a měření kalibru pro drážky

Měřená hodnota kalibru se měří hledáním minimálních hodnot na rovnoběžné hraně kalibru s postupným pootáčením. Místa měření se volí optimálně, aby se pokryl celý profil kalibru pro drážky na počátku, ve středu a na konci. Kalibr se současně při měření v jednotlivých bodech pootáčí po obvodu 12 hraného kalibru.



Měření vnějšího rozměru 12 hraného dobrého kalibru



Měření vnějšího rozměru 12 hraného zmetkového kalibru

Pokud při měření zjistíme v krajních místech kalibru, že došlo k nadměrnému opotřebení vlivem používání, je nutné kalibr vyřadit. Doporučení: proškolení uživatele měřidla o správném používání kalibrů ke kontrole vnitřních drážek.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Vyhodnocení výsledků kalibrace

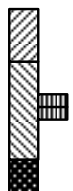
Z naměřených hodnot na počátku, ve středu a na konci délky kalibračního trnu se vypočítá střední hodnota tloušťky kalibru pro dobrou i zmetkovou stranu a hodnota se zaokrouhlí na tisíciny milimetru. Pokud některé z těchto tří až pěti měření není v toleranci je důvodem k vyřazení kalibru.

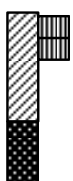
Pokud všechna měření vyhovují, určí se konečný výsledek jako střední hodnota z těchto měření a zaokrouhlí na tisíciny milimetru. Počet měření na kalibru pro drážky se volí optimálně pro pokrytí celé délky kalibru i průměru.

Měřené hodnoty, resp. úchyly od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchyly zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U pro $95\% k = 2$ se porovnají s celkovými dovolenými chybami.

Pokud je vyžadováno vyhodnocení kalibrace do kalibračního listu, uvádí se výrok o shodě dle pravidel ILAC-G8:09/2019, ve shodě s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 a TNI 01 4109-4. V případě kdy výsledek a nejistota přesahuje dovolenou mez, výrok o shodě/neshodě uvádíme se zohledněním rizika dohodnutým s uživatelem měřidla bez přihlídnutí k nejistotě měření.

Příklady vyhodnocení měření kalibru pro drážky:

10 P9 Strana dobrá:	Tolerance průměru plochého kalibru podle ČSN ISO 286	<input type="checkbox"/> Výrobní tolerance <input type="checkbox"/> Dovolené opotřebení <input checked="" type="checkbox"/> Nadměrné opotřebení	Střední naměřená hodnota mm	Rozšířená nejistota měření mm	
Horní výrobní mez:	9,9575			9,9520	± 0,0007
Dolní výrobní mez:	9,9545				
Mez opotřebení:	9,9490				

10 P9 Strana zmetková	Tolerance míry plochého kalibru podle ČSN ISO 286	<input type="checkbox"/> Výrobní tolerance <input checked="" type="checkbox"/> Nadměrné opotřebení	Střední naměřená hodnota mm	Rozšířená nejistota měření mm	
Horní výrobní mez:	9,9865			9,9858	± 0,0006
Dolní výrobní mez:	9,9835				


Grafické hodnocení střední naměřené hodnoty s vynesemím nejistoty měření.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný mezní kalibr DRÁŽKOVÝ nevyhoví požadavkům, uvedeným v čl. 8.1; 10.1, zaznamená to kalibrační laboratoř do dokumentace měřidla, nebo kalibračního listu a předá zadavateli kalibrace nevyhovující měřidlo odděleně od měřidel vyhovujících.

Pokud při měření zjistíme v krajních místech kalibru, že došlo k nadměrnému opotřebení vlivem používání, je nutné kalibr vyřadit.

Doporučení: proškolit uživatele měřidla o správném používání kalibrů ke kontrole vnitřních zahloubení hlavy šroubu.

10 P9 Strana dobrá:	Tolerance průměru plochého kalibru podle ČSN ISO 286	<input type="checkbox"/> Výrobní tolerance <input type="checkbox"/> Dovolené opotřebení <input checked="" type="checkbox"/> Nadměrné opotřebení 	Střední naměřená hodnota mm	Rozšířená nejistota měření mm	
Horní výrobní mez:	9,9575				
Dolní výrobní mez:	9,9545			9,9529	± 0,0044
Mez opotřebení:	9,9490				

Nadměrně opotřebovaný počátek zmetkové strany kalibru pro drážky.

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 kalibru pro drážky,
- datum přijetí DRÁŽKOVÉ kalibru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/22/20),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- zařízení a pracovní etalony použité při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který prováděl kalibraci, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, který kalibraci schválil, razítko kalibrační laboratoře.

Pokud je uzavřena dohoda dle normy 17025 kap. 7.1.3, uvede laboratoř i výrok o shodě/neshodě s požadavky normy nebo zvolenými mezemi zákazníka dle dohodnutého pravidla hodnocení k přihlídnutí míře rizika chybného rozhodnutí s ohledem na nejistotu měření.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají

pouze kalibrovaného předmětu a stavu v jakém byl přijat, Dále že kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak, než celý.

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 na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovala jej.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let, nebo po dobu stanovenou zadavatelem, zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy 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 kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrovaný drážkový kalibr pro vnitřní kontrolu 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 předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu). Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (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 a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty při kalibraci drážkového kalibru (příklad)

14.1 Stanovení nejistoty kalibrace drážkového kalibru pomocí délkoměru

Kalibr na drážky se kalibruje přímým měřením pomocí digitálního délkoměru. Uvažuje se normální teplota prostředí $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. a normální součinitel délkové teplotní roztažnosti $\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$. Podle uvedeného postupu se provede $n = 9$ měření, ze kterých se určí střední hodnota a směrodatná odchylka S .

Nejistota z opakovaných měření se určí ze vztahu:

$$u_A = S / \sqrt{n} = S / 3$$

Při výpočtu nejistoty uvažujeme pro jednoduchost válcový profil. Výchozí rovnice má tento zjednodušený tvar:

$$D = MPE_D \cdot K + \Delta t \cdot \alpha \cdot L$$

kde:

D	průměr/šířka kalibru pro vnitřní porovnání
MPE_D	Mezní chyba délkoměru do 200 mm
K	korekce (všeho druhu)
Δt	odchylka od normální teploty
α	součinitel délkové roztažnosti
L	měřicí rozsah mikrometru (největší rozsah měření)

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koeficient	Příspěvek k nejistotě
Nejistota z opakovaných měření $u_A = 0,95 \mu\text{m}$	u_A	0,54 μm	norm. $k=1$	0,54 μm	1	0,54 μm
Měřicí zařízení – digitální délkoměr - mezní odchylka 0,7 μm	U_E	0,7 μm	norm. $k=2$	0,35 μm	1	0,35 μm
Korekce na všechny vlivy - asi 2 μm -do nejistoty je zahrnuta odhadem 1/3	K	0,66 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	0,36 μm	1	0,36 μm
Odchylka od normální teploty $\pm 2^\circ\text{C}$ Měřicí rozsah mikrometru $L = 0,025 \text{ m}$ Teplotní součinitel $\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	Δt	1 $^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	1,15 $^\circ\text{C}$	$\alpha L = 0,29 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$	0,15 μm
Průměr/šířka kalibru na vnitřní drážky	D	Nejistota kalibrace u pro $k = 1$				0,77 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$				1,6 μm

Při zaokrouhlování na tisíciny milimetru je rozšířená nejistota měření $U = 0,002 \text{ mm}$

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.2.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

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