



Česká metrologická společnost

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 1.2.1/05/13

KUŽELOVÉ KALIBRY

Neprodejné

Praha
Říjen 2013

Revize tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/2/13

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Richard Silovský

© 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 kuželových kalibrů, trnů a kroužků, dle aplikace platných norem a ostatních metrologických předpisů.

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

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN 25 3305	Kalibry na nástrojové kužele. Technické předpisy	[1]
ČSN 25 3307	Kalibry pro kuželová spojení. Úchyly	[2]
ČSN 25 3350	Kalibry na Morseovy kužele bez vyrážече	[3]
ČSN 25 3351	Kalibry na Morseovy kužele s vyrážечem	[4]
ČSN 25 3352	Kalibry na krátké Morseovy kužele, bez vyrážече	[5]
ČSN 25 3353	Kalibry na krátké Morseovy kužele, s vyrážечem	[6]
ČSN 25 3356	Kalibry na metrické kužele, bez vyrážече	[7]
ČSN 25 3357	Kalibry na metrické kužele, s vyrážечem	[8]
ČSN 25 3360	Kalibry na strmé kužele	[9]
ČSN 25 3719	Kontrolní a rýsovací nářadí. Sinusová pravítka s upínacími hroty	[10]
ČSN 25 3726	Kontrolní a rýsovací nářadí. Sinusové pravítko na kontrolu kuželů	[11]
ČSN 25 5511	Kontrolní a rýsovací nářadí. Průměrné desky žebrované	[12]
ČSN 25 3705	Kontrolní a rýsovací nářadí. Rozměry pro nastavení sinusových pravítek	[13]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky	[14]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM) [L15]	[15]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích [L16]	[16]
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony	[17]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[18]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[19]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci kuželových kalibrů 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

Termíny, definice a názvosloví jsou obsahem příslušných norem, které jsou uvedeny v článku č. 2.

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Sada koncových měrek, pracovní etalon minimálně 4. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti,
- univerzální mikroskop,
- úhlová měrka 90°,
- průměrná deska,
- sinusové pravítko s upínacími hroty [10],
- sinusové pravítko na kontrolu kuželů [11],
- přesný páčkový úchylkoměr, dělení 0,002 mm se stojánkem,
- měřicí zařízení na kontrolu úchylek tvaru a polohy,
- měřicí zařízení na kontrolu drsnosti povrchu – drsnoměr,
- vlasový vlhkoměr, dotykový tělískový teploměr,
- odmagnetovací přístroj,
- lupa se zvětšením nejméně 3x,
- lapovací prostředky – lapovací kámen (arkansas, žula), lapovací brousek (Moravitcarbo),
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice),
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Kruželové kalibry se kalibrují ve stálých prostorách kalibrační laboratoře. Kalibrace se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$,
- Změna teploty vzduchu: max. $1 ^\circ\text{C/h}$,
- Relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % RH, nekorozní prostředí.

Před vlastní kalibrací mají být kalibrované měřidlo a přístroj použitý ke kalibraci umístěny v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty. Teplota prostředí se zaznamená před zahájením kalibrace a kontroluje v průběhu kalibrace i po jejím skončení. Vlhkost vzduchu se měří před zahájením kalibrace a je určena požadavkem na nekorozivní prostředí.

7 Rozsah kalibrace

- Vnější prohlídka kuželového kalibru (viz čl. 8.1),
- předběžná kontrola a případná úprava (viz čl. 8.2),
- příprava kuželového kalibru ke kalibraci (viz čl. 8.3),
- kalibrace metrologických parametrů (viz čl. 9),
- závěr kalibrace.
-

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

- Kontrola dodávky při vstupní kontrole,
- kontrola inventárního čísla a příslušného označení,
- vizuální kontrola stavu povrchu funkčních ploch trnu a pouzdra,
- kontrola rysek na trnu, rysky musí být viditelné a nepoškozené, šířka rysek je max. 0,2 mm. Kontrola se provádí Brinellovou lupou.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Při předběžné kontrole měřidla se provede:

- celkové očištění kuželových kalibrů pomocí kartáče a technického benzínu,
- sejmutí značek, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci (pouze RK),
- zjištění, zda kuželový kalibr nemá viditelné závady zhoršující vzhled a užitnou hodnotu (důlky, stopy koroze, poškrábaná nebo naražená místa, nečitelné označení).

8.3 Příprava kuželového kalibru ke kalibraci

- Provede se kompletní očištění kalibru lékařským benzinem (manuálně nebo v ultrazvukové pračce) a jeho následné odmagnetování,
- v případě poškození funkčních ploch (nepatrné rýhy a oděrky) se plochy opraví lapovacím papírem nebo jemným brouskem (pouze RK),
- případné odmagnetování,
- očištění, odmaštění a vytření kuželového kalibru do sucha,
- temperování kuželového kalibru (srovnání teploty kalibru s referenční teplotou 20 °C).

Mají-li poškození takový charakter, že je nelze odstranit uvedeným způsobem, předepíše se kuželový kalibr k celkové opravě nebo k vyřazení.

9 Postup kalibrace

Při kalibraci kuželového trnu se zjišťují následující metrologické parametry:

- úchylka kuželovitosti
- úchylka od jmenovitého průměru D ,
- vzdálenost rysek, rozměr z ,
- úchylka kruhovitosti,
- parametr drsnosti povrchu,
- kontrola lícování trnu a pouzdra,
- stanovení chyb jednotlivých metrologických parametrů.

9.1 Úchylka kuželovitosti

Úchylka kuželovitosti se zjišťuje pomocí páčkového číselníkového úchylkoměru a sinusového pravítka na průměrné desce. Mezi upínací hroty sinusového pravítka [L10] se upne trn kuželového kalibru. Sinusové pravítko se podepře pod válečkem složenými koncovými měrkami, které svoji hodnotou odpovídají hodnotě úkosu - úhlu α .

Na sinusové pravítko pro kontrolu kuželů [L11] se trn upne tak, že se nastaví stavitelné příložky na hodnotu úhlu α a potom se pravítko podloží složenými koncovými měrkami, které svoji hodnotou odpovídají hodnotě rozměru kužele - úhlu 2α . Hodnoty pro podkládání se zjišťují v ČSN 25 3705. Podložení se provádí v místě plochy průměrné desky, ve kterém vykazuje průměrná deska nejmenší úchylku rovinnosti. Na takto připraveném trnu se provede měření úchylky kuželovitosti tím způsobem, že se páčkovým číselníkovým úchylkoměrem upnutým ve stojánku měří úchylka přímosti povrchové přímky po celé délce funkční plochy. Trn se pootočí a měření se opakuje minimálně 5x. Naměřené hodnoty se zapisují do záznamu o měření.

9.2 Úchylka od jmenovitého průměru D

Úchylky od jmenovitého průměru D se zjišťují na universálním mikroskopu pomocí měřicích nožíků. Nastavení a zapolohování nožíků se provádí dle manuálu k příslušnému mikroskopu. Zjišťuje se rozměr na měřicí rysky nožíků, které jsou rovnoběžné s měřicí hranou. Vzdálenost rysek je přesně určena (0,9 mm) výrobcem. Pro výpočet skutečného rozměru se uvažuje vzdálenost rysek uvedená v kalibračním listě nožíků. Naměřené hodnoty se zapisují do záznamu o měření a měření se opakuje minimálně 3x.

9.3 Úchylka od jmenovitého průměru D

Kontrola vzdálenosti rysek - rozměr z , určující velikost tolerančního pole výrobku, se zjišťuje běžným způsobem měření (nitkovým křížem) na univerzálním mikroskopu. Naměřené hodnoty se zapisují do záznamu o měření a měření se opakuje minimálně 3x.

9.4 Úchylka kruhovitosti

Úchylka kruhovitosti se zjišťuje u trnu a pouzdra minimálně v pěti příčných řezech kolmých na jejich funkční plochu a to v celé její délce. Řezy jsou na ploše rozdělené do stejných vzdáleností. Úchylky vyhodnocuje zpravidla měřicí software včetně vystavení protokolu o měření.

9.5 Parametr drsnosti povrchu

Parametr drsnosti povrchu se zjišťuje u trnu a pouzdra minimálně v šesti podélných řezech, jejichž rovina prochází osou trnu či pouzdra. Drsnost se měří v celé délce funkční plochy trnu a pouzdra. Parametr drsnosti vyhodnocuje zpravidla měřicí software včetně vystavení protokolu o měření.

9.6 Kontrola lícování trnu a kroužku

Kontrola lícování trnu a kroužku se provádí na barvu (modř ředěná olejem) po celé kuželové ploše. Musí být zajištěn styk minimálně 90 % jejich spojených kuželových ploch, viz ČSN 25 3307 str. 16, čl. 2. Čelo kroužku musí lícovat s okrajem rysky na trnu, která označuje jmenovitý průměr D . Odchylka lícování je maximálně 0,1 mm, viz obrázek č. 2a v ČSN 25 3305.

9.7 Stanovení chyb (úchylek) jednotlivých metrologických parametrů

Úchylka kuželovitosti se stanoví jako rozdíl největší kladné a záporné úchylky. Rozdíl se vyjadřuje v absolutní hodnotě.

Úchylka od jmenovitého průměru D se stanoví jako průměrná hodnota z daného počtu měření.

Vzdálenost rysek - rozměr z - se stanoví jako průměrná hodnota z daného počtu měření.

10 Vyhodnocení kalibrace

Zjištěné úchyly u (μm) a rozměry spjaté s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci U pro $k = 2$ μm se porovnají s mezními úchyly, které povolují příslušné normy. Na základě tohoto porovnání se rozhodne o shodě, která se vyjádří v kalibračním listě.

Pro vyjádření shody platí podmínka:

$$\bar{x} + U_{k=2} \leq T$$

\bar{x} střední naměřená hodnota

$U_{k=2}$ rozšířená nejistota měření pro $k = 2$, s pokrytím 95 % všech měření

T tolerance (mezní úchylka) dle normy nebo stanovená uživatelem měřidla

V opačném případě se neshoda v kalibračním listě nevyjadřuje, pouze se uvedou naměřené hodnoty. Příklad stanovení rozšířené nejistoty měření při kalibraci dle dokumentu EA 4/02 je uveden v článku 14 tohoto kalibračního postupu. Předmětem kalibrace byl kuželový kalibr Morse 2. Teplota při kalibraci se pohybovala v hodnotách $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.1 Závěr kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci kuželových kalibrů po provedení kalibrace vystaví k příslušnému kalibru kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a označí kalibr kalibrační značkou přidělenou laboratoři.

Má-li zákazník zpracován systém značení pracovních měřidel, který musí být nedílnou součástí metrologického řádu (jako organizační směrnici, např. ve vztahu k certifikaci) a vznesle-li požadavek, pak laboratoř provede označení kalibru dle systému značení pracovních měřidel zákazníka. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný kuželový kalibr nevyhoví včetně rozšířené nejistoty měření požadavkům normy, předpisu nebo požadavku zákazníka, označí kalibrační laboratoř měřidlo jako nevyhovující a předá je zadavateli kalibrace odděleně od vyhovujících měřidel.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat minimálně následující údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- jméno a adresu zadavatele, resp. zákazníka,
- název a identifikační číslo kalibrovaného měřidla, popřípadě jméno výrobce,
- datum přijetí kuželového kalibru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.2.1/05/13),

- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měřidlo (kruželový kalibr) kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku a odkaz na akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a 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. I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř zpracovat záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovat 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 kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem. Kalibrační lhůtu uvádí laboratoř jen na kalibračních listech nebo štítcích pro vlastní organizaci, kdy je s ní seznámena interním předpisem. Pro externí zákazníky může laboratoř kalibrační lhůtu jen doporučit na základě znalosti způsobu použití měřidla, nebo pokud je lhůta kalibrace uvedena zákazníkem v například v kupní smlouvě.

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**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 měření (příklad výpočtu)

Použité kalibrační zařízení: páčkový číselníkový úchylkoměr dělení, 0,002 mm, sada koncových měrek, třída přesnosti 1, sinusové pravítko 200 mm, průměrná deska s délkou plochy 500 mm, třída 0.

Monitorovací zařízení: dotykový tělískový teploměr, dělení 0,2 °C.

Kalibrovaný objekt: kuželový kalibr MORSE 0 s vyrážecem – trn.

Součinitel teplotní roztažnosti: $\alpha = (11,5 \pm 1,0) 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Vyrovnaní teploty: 20 °C \pm 0,5 °C.

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Standardní nejistota	Koefic. citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Nejistota z opakovaných měření $u_A = 2,5 \mu\text{m}$	u_A	1,5 μm	normální $k = 1$	1,5 μm	1	1,5 μm
Nejistota kalibrace koncových měrek – z kalibračního listu pro podkládání měrek do 100 mm	u_{lk}	$0,14 + 2,5L \mu\text{m}$ (L v m)	normální $k = 2$	$0,07 + 1,25L \mu\text{m}$ ($L = 0,1\text{m}$)	1	0,195 μm
Úchylka délky koncových měrek, průměrně lepíme 3 měrky	u_{lx}	0,3 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	0,17 μm	3	0,51 μm
Kalibrace páčkového číselníkového úchylkoměru – z kalibračního listu	u_{lp}	0,6 μm	normální $k = 2$	0,3 μm	1	0,3 μm
Chyba páčkového číselníkového úchylkoměru	δ_u	1 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	0,58 μm	1	0,58 μm
Chyba při odečítání údaje na stupnici páčkového číselníkového úchylkoměru 0,002 mm; 1/5 dílku	δ_o	0,4 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	0,24 μm	1	0,24 μm
Kalibrace sinusového pravítka – z kalibračního listu	l_s	0,9 μm	$k = 2$	0,45 μm	1	0,45 μm
Mezní chyba $\Delta\alpha$ sinusového pravítka	δl_s	3 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	1,7 μm	1	1,7 μm
Kalibrace průměrné desky – z kalibračního listu	l_D	1,5 μm	$k = 2$	0,75 μm	1	0,75 μm
Úchylka rovinnosti průměrné desky 630 x 400 mm, granit	δ_D	4 μm	rovnoměr. $\sqrt{3}$	2,31 μm	1	2,31 μm
Kolísání teploty od referenční teploty 20°C – odhad 0,5°C	Δt	0,5°C	rovnoměr. $\sqrt{3}$	0,29°C	$\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ $L = 0,25 \text{ m}$	0,76 μm
Vliv rozdílu teplotní roztažnosti stejný materiál, délka 250 mm, $\alpha = 11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ teplota okolí (20 ± 1) °C	α	1 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	rovnoměr. $\sqrt{3}$	0,6 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	$\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $L = 0,25 \text{ m}$	0,15 μm
Výsledná úchylka kuželového kalibru – trnu měřená somkátořem	U_x	Kombinovaná standardní nejistota u pro $k = 1$				3,56 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$, pokryje 95% pravděpodobnost				7,12 μm
		Uvádění nejistoty k výsledku kalibrace, je možné pouze na stejný počet desetinných míst k měřené hodnotě, max. 2 platné číslice				±7,2 μm nebo ±8 μm

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.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

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).

Neprodejně