



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 1.1.1/05/13

MĚŘICÍ PŘÍPRAVEK

(pro kontrolu délkových, popř. geometrických parametrů)

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

Zpracovatel: Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.

Revize: 2013

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí být však dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci měřicích přípravků, které slouží ke kontrole rozměrů (délek, popř. geometrických parametrů) na strojních součástech (viz čl. 4).

Kalibrační postup neřeší kalibraci indikačních měřidel, která se používají se spojení s měřicím přípravkem, např. číselníkové úchylkoměry, mikrometrické hlavice, elektronické nebo pneumatické snímače apod. Kalibrační postup se rovněž nevztahuje na mezní kalibry.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním listu se týká:

- Prvotní kalibrace, resp. vstupní kontroly měřicího přípravku dodaného do organizace nebo výstupní (konečné) kontroly po zhotovení ve vlastní organizaci (dále jen PK),
- rekalkibrace, resp. následné kalibrace během používání měřicího přípravku (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115 Vydána: 2.2009	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu kvality. Požadavky	[2]
ČSN EN ISO 10012 Vydána: 4.2009	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[3]
ČSN EN ISO/IEC 17025 Vydána: 11.2005	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[4]
ČSN P ENV 13005 Vydána: 11.2005	Pokyn pro vyjádření nejistoty měření	[5]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[6]
ČSN EN ISO 14253-1 Vydána: 4.2000	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Zkoušení obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování o prokazování shody nebo neshody se specifikacemi	[7]
ČSN EN ISO 14253-2 Vydána: 12.2011	Geometrické specifikace produktů (GPS) – Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením – Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobků	[8]
ČSN EN ISO 286-1 Vydána: 4.2011	Geometrické specifikace produktů (GPS) - ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů - Část 1: Základní tolerance, úchylky a uložení	[9]
ČSN EN ISO 286-2 Vydána: 1.2011	Geometrické specifikace produktů (GPS) - ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – Část 2: Tabulky normalizovaných tolerančních tříd a mezních úchylek pro díry a hřídele	[10]
ČSN EN ISO 1101 Vydána: 4.2006	Geometrické specifikace produktů (GPS) – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení	[11]
ČSN EN ISO 4287 Vydána: 3.1999	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu.	[12]
KP 1.1.2/03/07/N	Číselníkový úchylkoměr	[13]
KP 1.1.2/04/10/N	Elektronický úchylkoměr (komparátor)	[14]
KP 1.1.2/13/10/N	Mikrometrická hlavice	[15]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci měřících přípravků je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem a dokumenty, uvedenými v čl. 2 tohoto postupu. Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

4 Názvosloví, definice

Měřicí přípravek – měřicí prostředek, často jednoúčelový, pro kontrolu geometrických parametrů. Jde o měřicí systém, u kterého jako měřicí prvek jsou použity číselníkové úchylkoměry, elektronické nebo pneumatické snímače, mikrometrické hlavice apod. Měřicí přípravek se obvykle seřizuje a kontroluje pomocí nastavovacích etalonů nebo vzorových součástí. Měřicí přípravky mohou být zhotoveny také jako vícerozměrové přípravky.

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

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

5.1 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

- Soubor měřících prostředků pro kalibraci měřícího přípravku: číselníkové úchylkoměry, popř. elektronické snímače, měřicí stojánky, výškoměry, koncové měřky, měřicí válcové trny, kontrolní a nožová pravítka a úhelníky, válcové úhelníky (měřicí válce), průměrné desky, popř. měřicí mikroskop nebo souřadnicový měřicí stroj,
 - tvrdoměr Rockwell, popř. Vickers,
 - přístroj pro měření drsnosti, popř. textury povrchu (profiloměr),
 - teploměr s měřicím rozsahem (16 až 26) °C, hodnota dílku stupnice 0,1 °C nebo 0,2 °C,
 - vlhkoměr.
- Poznámka: Všechna uvedená měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci.

5.2 Prostředky pro seřizování a údržbu

- Odmagnetovací přístroj,
- popisovací přístroj, popř. elektrické značkovací pero,
- jemný brousek, speciální keramický brousek, např. Arkansas, jemný brusný pilník, brusné papíry atd.,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice,
- mazací a konzervační prostředky.

6 Obecné podmínky kalibrace

Teplota prostředí: $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$,
změna teploty vzduchu max. $0,5 \text{ }^\circ\text{C/h}$,
relativní vlhkost vzduchu max. 70 % RH, nekorozní prostředí.

Kalibrovaný měřicí přípravek se temperuje spolu s měřicími prostředky, určenými pro jeho kalibraci, po dobu (0,5 až 6) h (podle velikosti a přesnosti měřicího přípravku).

Teplota se měří před zahájením kalibrace, po jejím skončení, případně i během kalibrace. Relativní vlhkost vzduchu se měří před zahájením kalibrace.

7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci měřicího přípravku se provádějí tyto zkoušky:

- Kontrola dodávky a příprava měřicího přípravku,
- vzhledová a funkční kontrola,
- měření metrologických parametrů.

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se dodávka co do počtu a kompletnosti měřicích přípravků, jejich vybavení příslušenstvím, kontrolní dokumentací a porovná se s objednávkou, popř. dodacím listem (PK) nebo s požadavkem na kalibraci (RK).

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Měřicí přípravek se důkladně očistí a podle potřeby odmagnetuje (PK, RK). Vizuálně se kontrolují funkční a měřicí plochy, případné ostré hrany a korodovaná místa (PK, RK). Lehce poškozené funkční a měřicí plochy se upraví a měřicí přípravek znovu očistí, popřípadě odmagnetuje (pouze RK).

Není-li měřicí přípravek provozuschopný, vyřadí se (PK, RK).

8.3 Příprava měřicího přípravku

Vyžádají se potřebné dokumenty ke kalibraci: technický výkres měřicího přípravku, resp. jeho konstrukční dokumentace, potřebné technické normy, profilové nákresy, v případě potřeby se vyžádá i součást, která má být v měřicím přípravku kontrolována.

9 Postup kalibrace

9.1 Vzhledová a funkční kontrola

Zkontroluje se těleso přípravku a všechny díly příslušenství (číselníkové úchylkoměry, elektronické, popř. pneumatické snímače, mikrometrické hlavice, třídotekové dutinoměry, profilové šablony, vzorové, etalonové součásti.

Případné označení měřicího přípravku musí být čitelné prostým okem.

Překontroluje se funkce měřicího přípravku. Posuvné prvky musí být lehce a bez větší vůle pohyblivé, upínací zařízení musí být funkční, zalisované prvky pevně spojené (PK, RK).

9.2 Měření metrologických parametrů

Při kalibraci měřicího přípravku se změří všechny tolerované geometrické rozměry a další rozměry ovlivňující přesnost a funkci přípravku. V případě, že nelze měřicí přípravek kontrolovat přímým měřením jednotlivých parametrů, může se kontrola provést pomocí vzorové součásti s platnou lhůtou kalibrace s přihlédnutím k měřeným hodnotám, zjištěným při kalibraci vzorové součásti (PK, RK).

Změří se tvrdost měřicích a příložných ploch podle výkresových údajů. Změří se drsnost, popřípadě textura povrchu podle výkresových údajů (pouze PK).

POZNÁMKA:

1. Doporučuje se, aby konstruktér měřicího přípravku označil na výkresu, resp. v průvodní dokumentaci rozměry z funkčního hlediska důležité včetně uvedení výrobních tolerancí a tam, kde je to účelné, uvedl i mez dovoleného opotřebení. U složitějších měřicích přípravků uvede konstruktér na výkres přípravku, popř. do speciální dokumentace (např. provozní knihy měřicího přípravku) rozměry, resp. parametry, které je třeba při kalibraci kontrolovat.
2. Před kalibrací (PK, RK) měřicího přípravku musí být odděleně přezkoušeny, resp. kalibrovány všechny měřicí prostředky, které tvoří s měřicím přípravkem funkční celek (např. číselníkové úchylkoměry podle kalibračního postupu KP 1.1.2/03/07/N, elektronické snímače podle kalibračního postupu KP 1.1.2/04/03/N, mikrometrické hlavice podle kalibračního postupu KP 1.1.2/13/10/N, vzorové součásti apod. Kalibrace těchto měřicích prostředků není předmětem tohoto kalibračního postupu.
3. Před zavedením měřicího přípravku do používání se kromě prvotní kalibrace tam, kde je to účelné, provede zkouška způsobilosti měřidla. Tato zkouška se provádí v místě používání měřicího přípravku a nespadá do kalibrace popsané v tomto postupu.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty, resp. úchytky od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchytky zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U se porovnají s dovolenými úchytkami, popř. dovolenými max. chybami, uvedenými ve výkresové dokumentaci měřicího přípravku.

10.2 Stanovení nejistoty měření

Nejistoty měření, prováděného podle čl. 9.2, se vyhodnocují v souladu s dokumentem EA 4/02 nebo ČSN EN ISO 14253-2. Specifikujeme zdroje dílčích nejistot, které se berou v úvahu při stanovení nejistoty měření

- Měřicí přípravek, resp. jeho geometrické parametry,
- etalony použité při kalibraci přípravku,
- okolní vlivy při kalibraci, zejména teplota,
- měřicí metody použité při kalibraci a další případné zdroje.

10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný měřicí přípravek vykazuje větší úchytky, navrhne kalibrační laboratoř vlastnímu měřicímu přípravku další postup (úpravu měřicího přípravku nebo jeho vyřazení).

Pozn.: Akreditovaná kalibrační laboratoř postupuje podle specifických předpisů, zejména ČSN EN ISO/IEC 17025.

11 Kalibrační list

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, resp. zákazníka, v případě, že se kalibrace provádí mimo stálé laboratorní prostory (zejména u rozměrnějších měřicích přípravků), uvede se také místo, kde byl měřicí přípravek kalibrován,
- d) název a identifikační číslo kalibrovaného měřicího přípravku, popřípadě název vyrábějící organizace,
- e) datum přijetí měřicího přípravku ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum
- f) vystavení kalibračního listu,
- g) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu, (v tomto případě KP 1.1.1/05/13),
- h) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- i) měřidla použitá při kalibraci,
- j) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- k) výsledky měření a s nimi spojenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- l) jméno pracovníka, který měřicí přípravek 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 předchozího 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. elektronické paměti. V tomto případě však musí kalibrační laboratoř zpracovat záznam o měření (s uvedenými měřeními hodnotami) a archivovat jej.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř zároveň se záznamem o kalibraci a archivuje ji po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanašet do kalibrační karty měřicího přípravku nebo ukládat do elektronické paměti.

U složitých měřicích přípravků, pro které je vedena provozní kniha měřicího přípravku, se o kalibraci pořídí do této knihy záznam.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrovaný měřicí přípravek kalibrační značkou, popřípadě 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 předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku. (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popřípadě revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny, popřípadě revize 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)**14.1 Výchozí údaje:**

Výchozí podmínky:

Měření průměru středícího otvoru (Ø 80 mm) měřicího přípravku třídotekovým dutinoměrem

Použitá měřidla:

viz čl. 5 tohoto postupu, zejména třídotekový dutinoměr Holtest (nejmenší dílek stupnice 5 µm) s nastavovacím kroužkem, teploměr a vlhkoměr.

Související normy a dokumenty:

viz čl. 2 tohoto postupu, zejména ČSN EN ISO 10012, ČSN EN ISO 14253, část 1, část 2, EA 4/02.

Referenční podmínky: viz čl. 6 tohoto postupu.

14.2 Stanovení rozšířené nejistoty měření

Stanovení možných zdrojů z_j nejistot typu B:

- z_{RS} kalibrace nastavovacího kroužku (etalonu),
- z_{EC} přesnost měření třídotekovým dutinoměrem,
- z_{RR} rozlišení stupnice,
- z_{TD} teplotní rozdíl mezi kalibrovaným měřicím přípravkem a třídotekovým dutinoměrem,
- z_{TA} rozdíl teplotních součinitelů roztažnosti měřicího přípravku a třídotekového dutinoměru.

Stanovení standardních nejistot u_{z_j} pro jednotlivé zdroje nejistot z_j

- u_{zRS} nejistota kalibrace nastavovacího kroužku

Podle kalibračního listu nastavovacího kroužku je rozšířená nejistota $U = 0,60 \mu\text{m}$ (pro $k = 2$)

$$u_{zRS} = U/k = 0,60 \mu\text{m} / 2 = 0,30 \mu\text{m}.$$

- u_{zEC} nejistota měření třídotekovým dutinoměrem Holtest (vyjádřena pomocí největší dovolené chyby měření MPEE).

MPEE pro rozměr 80 mm = 3 µm. Předpokládá se rovnoměrné rozdělení ($b = 1/\sqrt{3}$)

$$u_{zEC} = 3 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 1,73 \mu\text{m}$$

- u_{zRR} nejistota rozlišení (d ... nejmenší dílek stupnice, v tomto případě 5 µm)

$$u_{zRR} = d/(2 \times \sqrt{3}) = 5 \mu\text{m} / 3,46 = 1,44 \mu\text{m}$$

- u_{zTD} nejistota teplotního rozdílu mezi kalibrovaným měřicím přípravkem a dutinoměrem.

Předpokládá se, že teplotní rozdíl nepřekročí 0,5 °C. Součinitel teplotní délkové roztažnosti pro měřicí přípravek i pro dutinoměr je stejný, ($11 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$) předpokládá se rovnoměrné rozdělení ($b = 1/\sqrt{3}$)

Chyba způsobená teplotním rozdílem

$$a_{zTD} = (1,1 \mu\text{m} / 100 \text{ mm} \times \text{°C}^{-1}) \times 0,5 \text{°C} \times 80 \text{ mm} = 0,44 \mu\text{m}$$

$$u_{zTD} = 0,44 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,25 \mu\text{m}$$

- u_{zTA} nejistota rozdílu teplotních součinitelů roztažnosti

Odchylka od 20 °C je max. 0,5 °C. Předpokládá se, že rozdíl mezi součiniteli roztažnosti měřicího přípravku a měřidla je menší než 10 %.

$$a_{zTD} = (1,1 \mu\text{m} / 100 \text{ mm} \times \text{°C}^{-1}) \times 0,5 \text{°C} \times 80 \text{ mm} \times 10\% = 0,04 \mu\text{m}$$

$$u_{zTA} = a_{zTD} / \sqrt{3} = 0,03 \mu\text{m}$$

Tabulka standardních nejistot

Zdroje nejistot	Ozn.	Meze nejistot μm	Koeficient rozdělení b	Citlivostní koeficient		Příspěvek k nejistotě μm
Nastavovací kroužek z kal. listu: U=0,6 μm pro k=2	u_{zRS}	0,6	0,5 normální	1		0,30
Třídotekový dutinoměr mezní chyba MPEE = 3 μm	u_{zEC}	3	0,58 rovnoměrné	1		1,73
Čtení dílku stupnice 1 dílek = 5 μm ± 2,5 μm	u_{zRR}	2,5	0,58 rovnoměrné	1		1,44
Krajní teplotní rozdíl v průběhu měření ± 0,5°C	u_{zTD}	0,5	0,58 rovnoměrné	11 10.z _{TA}	0,08 Ø D	0,25
Rozdíl souč. tepl. roztažnosti 10% z 11μm/m°C = 1,1μm/m°C	u_{zTA}	1,1	0,58 rovnoměrné	0,5 z _{TD}	0,08 Ø D	0,03
Nejistota u (k=1) μm						2,29

Stanovení kombinované standardní nejistoty

Kombinovaná standardní nejistota je dána druhou odmocninou součtu čtverců dílčích nejistot

$$u = \sqrt{(u_{zRS}^2 + u_{zEC}^2 + u_{zRR}^2 + u_{zTD}^2 + u_{zTA}^2)} = 2,29 \mu\text{m}$$

Rozšířená nejistota U

$$U = k_U \cdot u = 2 \cdot 2,29 = 4,58 \mu\text{m}$$

Po zaokrouhlení na dvě platná místa U = 4,6 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 upraven 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