



# 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 1.1.1/04/13**

**NASTAVOVACÍ KROUŽKY**

(pro vnitřní měření)

**Praha**  
Říjen 2013

**Revize** tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2013

**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. Vladislav Batěk

**Revize:** 2013

© 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 nastavovacích kroužků s ryskami pro nastavování délkoměru a pro nastavovací kroužky bez rysek pro dvoudotekové a třídotekové dutinoměry (dále jen kroužky). Předpokládají se kroužky spojitě (nikoli segmentové) s rozsahem průměrů od 10 mm do 300 mm.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (označované jako PK), tak i rekalibrace během používání kroužků (dále označované jako RK).

## 2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN ISO 4291	Metody hodnocení úchylek kruhovitosti. Měření změn poloměru	[1]
ČSN EN ISO 12181-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Kruhovitost - Část 1: Slovník a parametry kruhovitosti	[2]
ČSN EN ISO 12181-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kruhovitost - Část 2: Operátory specifikace	[3]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[4]
ČSN EN ISO 14253-2 prosinec 2011	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.	[5]
TNI 01 0115 únor 2009	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[6]
ČSN EN ISO 9001- ed.2	Systémy managementu jakosti – Požadavky	[7]
ČSN EN ISO 10012 listopad 2003	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[8]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[9]

## 3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci nastavovacích kroužků 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

**Nastavovací kroužek s ryskami** - slouží k nastavování délkoměru pro vnitřní měření. Jeho průměr je definován v ose rysek a ve středu výšky kroužku. Průměr kolmo k ryskám se udává jako kontrolní a slouží pro kontrolu tvarové stálosti kroužku. Kruhovitost kroužku

se měří ve středu výšky, je mírou výrobní kvality a tvarové stálosti kroužku, do nejistoty stanovení průměru kroužku s ryskami se však nezapočítává.

**Nastavovací kroužek bez rysek** - slouží převážně k nastavování a kalibraci třídotekových měřidel. Realizuje se s nimi převod vnitřní míry měřené dvoubodově na vnitřní míru měřenou třibodově. Udaná míra kroužku je střední a vztahuje se k libovolnému průměru měřenému ve středu výšky. Úchylka kruhovitosti je do nejistoty stanovení průměru zahrnuta.

**Jmenovitá hodnota** - (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je požadovaný (zamýšlený) průměr kroužku.

**Skutečná hodnota** - (ve smyslu tohoto kalibračního postupu) je průměr vyznačený na kroužku.

**Naměřená hodnota** - výsledek měření podle kalibračního postupu.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v ČSN 01 0115 a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii

## 5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Etalonový kroužek s ryskami,
- komparátor (détkoměr) pro vnitřní měření Abbeho typu se čtením 0,1  $\mu\text{m}$  známých metrologických vlastností (např. détkoměr s nástavci pro vnitřní měření a měřicím rozsahem větším, než rozdíl průměrů kalibrovaného a etalonového kroužku),
- stroj na měření kruhovitosti,
- kontrolní válec,
- teploměr s měřicím rozsahem min. (18 až 22)  $^{\circ}\text{C}$ , dílek stupnice min. 0,2  $^{\circ}\text{C}$ ,
- rukavice,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, optická utěrka, popř. leštící pasta nebo metalografický papír zrnění nejvýše 2/0,
- mazací a konzervační prostředky: lékárenská vazelína, jemný hodinářský olej apod.

*Pozn.:* Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky kalibrace

Teplota prostředí:	(20,0 $\pm$ 0,5) $^{\circ}\text{C}$ ,
Změna teploty vzduchu:	max. 0,5 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,
Relativní vlhkost vzduchu:	max. 80 %RH, nekorozní prostředí

Teplota prostředí musí být řízena v průběhu kalibrace, ostatní podmínky prostředí nemají zřejmý vliv na výsledek kalibrace.

## 7 Rozsah kalibrace

- Předběžná kontrola (viz čl. 8),
- kontrola kroužku při převzetí ke kalibraci (viz čl. 8.1),
- čištění a teplotní stabilizace (viz čl. 8.2),
- měření úchytky kruhovitosti (viz čl. 9.1),
- měření středního průměru kroužku (viz čl. 9.2).

## 8 Předběžná kontrola a případná úprava kroužku

### 8.1 Kontrola kroužku při převzetí kalibraci

Kroužek předložený ke kalibraci musí být označen nejméně jmenovitou hodnotou a evidenčním číslem. Nesmí být viditelně poškozený a zkorodovaný. Provede se kontrola podle objednávky nebo dodacího listu a zaeviduje se přijetí ke kalibraci. (PK, RK)

### 8.2 Čištění a teplotní stabilizace kroužku

Kroužek se umyje v lékárenském benzínu a funkční plocha se přešetí optickou utěrkou. Funkční plocha musí být bezvadně vylapovaná bez vrypů a stop koroze. (PK, RK)

Poškozená nebo korodovaná plocha se přešetí lapovací pastou nebo jemným metalografickým leštícím papírem. Tento zásah se musí provádět opatrně, aby se odstranily pouze korozní nárůstky a vytlačený materiál po stranách vrypů. Nesmí však ovlivnit rozměr a geometrii kroužku. Lapování lze provádět pouze se souhlasem uživatele. Po provedení úprav se kroužek znovu umyje nepoužitým lékárenským benzínem a přešetí optickou utěrkou. Před měřením se teplotně stabilizuje v prostředí laboratoře na průměrné desce po dobu nejméně 2 h. Také etalonový kroužek se musí umýt od konzervace a přešetit nejméně 2 h před měřením průměru. (Pouze RK)

## 9 Postup kalibrace

### 9.1 Měření kruhovitosti

Stroj pro měření kruhovitosti musí mít známé metrologické vlastnosti. Tenké kroužky se pro měření kruhovitosti vyrovnávají podle čelní plochy, při čemž se předpokládá, že osa kroužku je k čelní ploše kolmá. Alternativně lze kolmost měřicího stroje seřídít kontrolním válcem. Vysoké kroužky lze někdy vyrovnávat podle osy vnitřní válcové plochy.

Kruhovitost se měří ve středu výšky kroužku a vyhodnocuje se metodou vepsané kružnice. Volí se filtr 1 až 500 vln na otáčku (u. p. r.), aby se do úchytky kruhovitosti zahrnula i případná vlnitost. V praxi bývají kalibrační kroužky dostatečně hladké, tudíž volba filtru výsledek měření nijak podstatně neovlivní. Chyba ložiska kruhoměru má být menší, než 0,1  $\mu\text{m}$ . Určí se měřením na přesné polokouli ze skla nebo keramiky. Chybu ložiska kruhoměru lze částečně vyloučit měřením „na otočku“, kdy se kroužek změní na kruhovitost nejprve v základní poloze a poté v poloze otočené o 180°. Z rozdílu naměřených hodnot pak můžeme usoudit na chybu ložiska, kterou můžeme částečně eliminovat. O této problematice podrobně pojednává norma ČSN ISO 4291.

Jako vodítko pro posuzování požadavků na kroužky lze použít např. výrobní normu fy Mitutoyo:

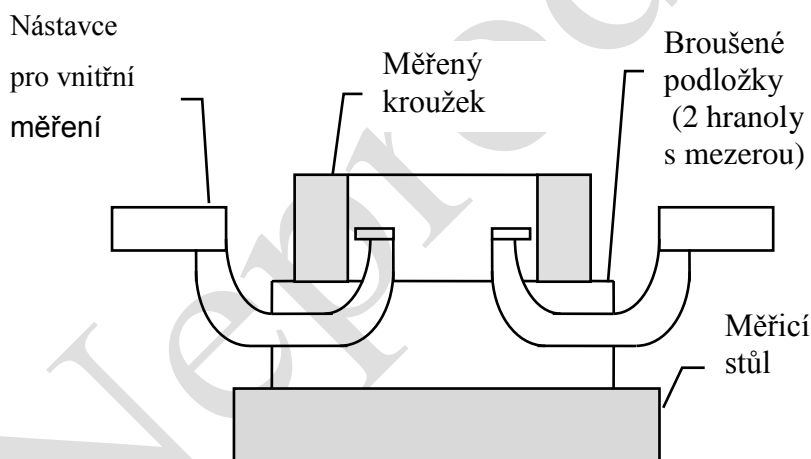
Tabulka č. 1

Rozsah jmenovitých průměrů mm	Dovolená úchylka kruhovitosti μm
od 1 do 60	1,0
přes 60 do 90	1,5
přes 90 do 150	2,0
přes 150 do 250	2,5
přes 250 do 300	3,0

Pramen: Katalog Mitutoyo

## 9.2 Měření průměru kroužku

Měření průměru kroužku se provádí zpravidla porovnáním s etalonovým kroužkem na délkoměru s nastavci pro vnitřní měření. V tomto uspořádání je chyba měření silně ovlivňována změnou teploty okolí a přítomností obsluhy, neboť nastavce mají značnou délku při malé ploše průřezu. Měřicí prostor musí být proto chráněn vhodným krytem před sálavým teplem a proudem vydechovaného vzduchu obsluhy.



Obr. 1 Kalibrace kroužku měřicími doteky zdola

Montáž nastavců, krytů a upínacích zařízení má být provedena asi 1 h před vlastním měřením. Po tuto dobu je vhodné teplotně stabilizovat též měřený a etalonový kroužek položením na sebe, nebo co nejbližší k sobě přímo na měřicím stolku či loži délkoměru.

Pro kalibraci se volí měřicí síla asi (1 až 3) N podle velikosti kroužku. Zásadně je třeba zachovat stejnou měřicí sílu na etalonovém i kalibrovaném kroužku. Pokud to konstrukce délkoměru umožňuje, je nejlépe měřit kroužky naležato a vypodložené prizmatickými podložkami tak, aby měřicí nastavce zasahovaly do kroužku zdola, viz obr. 1. Toto uspořádání umožňuje snadnou výměnu etalonového a kalibrovaného kroužku zvláště jsou-

li jejich průměry blízké. Vratné body je třeba hledat ve dvou směrech, naklápěním kroužku minimum a posuvem kroužku maximum. Pokud není délkoměr vybaven naklápěcím stolcem, hledá se pouze maximum za předpokladu, že osa kroužku je k čelu kolmá. Menší kroužky musí být na měřicím stolku upnuté, aby bylo možné bezpečně najít vratné body.

Nejprve se provede nastavení na etalonovém kroužku. Jako etalon se používá zásadně kroužek s ryskami a přenáší se míra udaná v ose rysek a v polovině výšky kroužku. Nastavení se provede s ohledem na velikost kalibrovaného kroužku tak, aby byl délkoměr s rezervou v měřicím rozsahu a manipulace spojená s výměnou kroužku byla co nejjednodušší.

U kroužků s ryskami se průměr měří pětkrát v ose rysek a pětkrát ve směru kolmém na osu rysek. U kroužků bez rysek se průměr měří celkem osmkrát ve čtyřech osách. Kroužek se postupně pootáčí po 45°, takže se v každé ose měří dvakrát. Výsledky měření se zapisují do záznamu o kalibraci. Měření zakončíme pro kontrolu na etalonovém kroužku. Na etalonový kroužek se musíme vrátit vždy, když jsou v opakovaném měření rozdíly, nebo když měření vykazuje jakoukoli nestabilitu výsledků. Při měření manipulujeme s teplotně ustálenými kroužky v rukavicích a kroužky odkládáme co nejbližší místa měření.

(PK, RK)

## 10 Vyhodnocení kalibrace

### 10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty a další údaje, charakterizující podmínky zkoušky, se zapisují do záznamu o měření. Záznam slouží k vypracování kalibračního listu.

Naměřené úchytky kruhovitosti se porovnají s maximálními dovolenými hodnotami uvedenými v tab. č. 1. Pokud kroužek překročí dovolenou úchytku kruhovitosti, nelze na kalibračním listu uvádět shodu s kalibračním předpisem. U nového kroužku je tato skutečnost důvodem k reklamaci u výrobce. Dovolené výrobní úchytky od jmenovité hodnoty uvádí tab. č. 2:

Tabulka č. 2

Rozsah jmenovitých průměrů mm	Dovolená úchytky průměru mm
od 1 do 45	0,01
přes 45 do 300	0,02

Pramen: Katalog Mitutoyo

Větší, než dovolená úchytky od jmenovitého průměru, zpravidla neohroží funkci kroužku. Kalibrační list se vystaví v plném rozsahu. Při prvotní kalibraci je vhodné upozornit zákazníka, že kroužek lze reklamovat. (PK, RK)

### 10.2 Postup v případě neshody

Pokud střední naměřená hodnota průměru kroužku včetně nejistoty leží mimo hodnotu vyznačenou na kroužku, je vhodné kroužek přeznačit hodnotou uvedenou na kalibračním listu.

Při rekalibraci kroužků pro vlastní potřebu lze postupovat v opačném pořadí, tj. nejprve změřit rozměr kroužku a po srovnání výsledku s výsledky minulých kalibrací rozhodnout o potřebě měření kruhovitosti. (Pouze RK)

## 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,
- d, název a identifikační číslo kalibrovaného měřidla, popřípadě jméno výrobce,
- e, datum přijetí kroužku ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f, určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/04/13),
- 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 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 měřeními 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)

### 14.1 Výchozí údaje:

Použitá měřidla:

- Délkoměr
- Etalonový kroužek
- Teploměr tělískový
- Teploměr prostředí

Související normy a dokumenty:

- EA 4/02
- ČSN EN ISO 14253-2

Referenční podmínky:

- Teplota (20,0 ± 0,5) °C

Naměřené hodnoty:

Schéma kalibrace kroužku s ryskami

Číslo měření	Předmět	Výsledek měření	Způsob měření
1	etalonový kroužek	0 nulování komparátoru	průměr se měří v ose rysek a ve střední výšce kroužku
2	kalibrovaný kroužek	49,999 35 mm	průměr se měří v ose rysek a ve střední výšce kroužku
3	kalibrovaný kroužek	49,999 11 mm	průměr se měří ve střední výšce, osa rysek je pootočena vůči ose měření o +1 mm (vlevo)
4	kalibrovaný kroužek	49,999 72 mm	průměr se měří ve střední výšce, osa rysek je pootočena vůči ose měření o -1 mm (vpravo)
5	kalibrovaný kroužek	49,999 54 mm	průměr se měří v ose rysek, avšak 1 mm nad střední výškou kroužku
6	kalibrovaný kroužek	49,999 96 mm	průměr se měří v ose rysek, avšak 1 mm pod střední výškou kroužku

#### 14.2 Model měření

Kalibruje se ocelový kroužek jmenovitého průměru 90 mm podle tohoto postupu. Etalonem je kroužek o jmenovitém průměru 40 mm. Komparátorem je délkoměr typu Abbe, měřicí stůl má čtyři stupně volnosti, nástavce pro vnitřní měření mají zaoblené kontakty. Měřicí síla je 1,5 N a je konstantní v celém měřicím rozsahu. Měřicí dotek je pevně spojen s ocelovým měřítkem s rozlišením 0,01 μm. Komparátor je pravidelně potvrzován a má určenu největší dovolenou chybu. Teplota v pracovním prostoru komparátoru je udržována v mezích (20 ± 0,5) °C. Předpokládá se, že teplota obou kroužků a měřítka se bude lišit od normální teploty o ±0,2 °C.

Pro korekci teplotních vlivů platí:

$$\delta l_T = [D_S \cdot (\alpha_S - \alpha_R) - D_X \cdot (\alpha_X - \alpha_R)] \cdot \Delta t_A + D_S \cdot \alpha_S \cdot \delta t_S - D_X \cdot \alpha_X \cdot \delta t_X - (D_S - D_X) \alpha_R \cdot \delta t_R$$

kde:

$D_S, D_X$  - jmenovitý průměr etalonového a měřeného kroužku,

$\alpha_S, \alpha_X, \alpha_R$  - součinitel délkové roztažnosti kroužků a měřítka ( $11,5 \pm 1 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ),  
(protože jsou stejné, dosazujeme za jejich rozdíl toleranci ±1),

$\Delta t_A$  - odchylka prostředí od normální teploty (±0,5 °C),

$\delta t_S, \delta t_X, \delta t_R$  - odchylky kroužků a měřítka od normální teploty (±0,2 °C),  
(odchylky teplot se řídí rovnoměrným rozdělením, odtud  $\sqrt{3}$ ).

Výpočet korekce teplotních vlivů

Vliv změny teploty	Veličina	Výraz	Vyčíslení	Nejistota
- laboratoře	$\delta l_{TA}$	$[D_S \cdot (\alpha_S - \alpha_R) - D_X \cdot (\alpha_X - \alpha_R)] \cdot \Delta t_A$	$(0,04 \cdot 1 - 0,09 \cdot 1) \cdot 0,5 / \sqrt{3}$	0,014
- etalon. kroužku	$\delta l_{TS}$	$D_S \cdot \alpha_S \cdot \delta t_S$	$0,04 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 / \sqrt{3}$	0,053
- kalibr. kroužku	$\delta l_{TX}$	$D_X \cdot \alpha_X \cdot \delta t_X$	$0,09 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 / \sqrt{3}$	0,120
- měřítka	$\delta l_{TR}$	$(D_S - D_X) \alpha_R \cdot \delta t_R$	$(0,04 - 0,09) \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 / \sqrt{3}$	0,066
Korekce teplot. vlivů	$\delta l_T$			0,15 $\mu\text{m}$

### 14.3 Stanovení rozšířené nejistoty:

#### Stanovení standardní nejistoty typu A

Z tabulky naměřených hodnot se určí střední hodnota a směrodatná odchylka:

Střední aritmetická hodnota:  $\Delta l = 49,999\ 54\ \text{mm}$

Směrodatná odchylka jednotlivých měření:  $s(\Delta l) = 0,33\ \mu\text{m}$

Směrodatná odchylka střední hodnoty:  $s(\Delta l) = s(\Delta l) / \sqrt{5} = 0,15\ \mu\text{m}$

Do nejistoty měření úchylky průměru musí být ještě zahrnut podíl nejistoty z nastavení nuly a z opakovatelnosti měření komparátoru. Proto se připočte nejistota:

$$s_p(0) = 0,25\ \mu\text{m}$$

ze všech dřívějších výsledků kalibrace kroužku, které byly prováděny za stejných podmínek.

Výsledná nejistota spojená s měřením úchylky průměru:

$$u(\Delta l) = \sqrt{[s^2(\Delta l) + s_p^2(0)]} = 30\ \mu\text{m}$$

#### Stanovení standardní nejistoty typu B

Odhad Standardní nejistoty typu B se provede v tabulce. Zároveň se do tabulky zahrne i předem určená nejistota typu A z opakovaných měření.

Tabulka standardních nejistot (viz např. EA 4/02)

	Veličina	Střední hodnota	Standardní nejistota	Typ rozdělení	Koeficient	Příspěvek k nejistotě
Etal. kroužek – z kalibračního listu: Ø 40,0007 ± 0,0002 ( $k = 2$ )	$d_s$	40,000 7	0,10	norm.	1	0,10
Rozdíl měřeného a etalonového kroužku a nejistota měření (typ A)	$\Delta l$	49,999 55	0,30	norm.	1	0,30
Korekce chyby délkoměru výrobce udává $\pm(0,3 + 1,5L)$ $\mu\text{m}$ , kde $L = 0,05\text{m}$ je rozdíl průměrů	$\delta_l$	0,0	0,22	rovnom. $\sqrt{3}$	1	0,22
Korekce teplotních vlivů	$\delta_T$	0,0	0,15	norm.	1	0,15
Korekce rozdílné plastické deformace - odhad $\pm 0,03$ $\mu\text{m}$	$\delta_E$	0,0	0,018	rovnom. $\sqrt{3}$	1	0,018
Korekce chyby Abbe - odhad $\pm 0,02$ $\mu\text{m}$	$\delta_A$	0,0	0,012	rovnom. $\sqrt{3}$	1	0,012
Průměr kalibrovaného kroužku	$d_x$	90,000 25				0,433 $\mu\text{m}$

### Stanovení kombinované standardní nejistoty

Z tabulky:

$$u = 0,443 \mu\text{m}$$

Stanovení rozšířené nejistoty:

$$U = k_U \cdot u = 2 \cdot 0,443 = 0,9 \mu\text{m}$$

Kde  $k_U = 2$  za předpokladu normálního rozdělení výsledné nejistoty.

Výsledek kalibrace: Ø 90,000 3 ± 0,000 9 mm

## 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