



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 1.1.1/14/19

POLOMĚROVÉ ŠABLONY

Praha

říjen 2019

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2019

Číslo úkolu: VII/2/19

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 je určen pro kalibraci poloměrových šablon lístkových vypouklých nebo vydutých o rozsahu (1 až 25) mm v provedení podle normy ČSN 25 3816 a pro kalibraci poloměrových šablon vnějších v provedení v kazetě (dále šablon). Kalibrace popsaná v tomto postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (dále označované jako PK), tak i rekalibrace šablon v pravidelných časových intervalech během jejich používání (dále označované jako RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN 25 3816	Poloměrové šablony lístkové, rozsah 1 až 25 mm	[L1]
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L2]
ČSN EN ISO 9001 (+ed.2)	Systemy managementu kvality - Požadavky	[L3]
ČSN EN ISO 10012	Systemy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L4]
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	[L5]
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	[L6]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L7]
EA-4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[L8]
ILAC-G8:03/2009	Pokyny k uvádění shody se specifikací (překlad ČIA)	[L9]
TNI 01 4109-3	Nejistoty měření – Část 3: Pokyny pro vyjádření nejistoty měření	[L10]
TNI 01 4109-4	Nejistota měření – Část 4: Úloha nejistoty měření při posuzování shody	[L11]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci poloměrových šablon 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

Poloměrová šablona – tenký ocelový list opatřený vypouklým nebo vydutým zaoblením, který slouží k zjišťování poloměru zaoblení.

Souprava poloměrových šablon – svazek jednotlivých listů, které jsou upevněny v držáku.

Největší dovolená chyba (MPE) - je extrémní hodnota chyby s konstantními symetrickými mezními hodnotami.

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



Obr. č. 1: Souprava lístkových poloměrových šablon dle ČSN 25 3816

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Měřicí mikroskop,
- měřicí projektor,
- souřadnicový měřicí stroj, dále SMS,
- průměrná deska (např. podle ČSN 25 5519)
- dotykový tělískový teploměr s hodnotou dílku 0,1 °C až 0,2 °C a s rozsahem do 30 °C,
- monitorovací zařízení teploty a vlhkosti prostředí laboratoře např. termohygrograf,
- odmagnetovací přístroj,
- lupa se zvětšením 6x až 8x,
- prostředky na čištění a drobné opravy (lékařský benzin, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice, jemný smirkový a lapovací papír, speciální keramický brousek, lapovací pasta, ultrazvuková pračka atd.),
- konzervační prostředky (lékařská vazelína),
- bavlněné nebo jelenicové rukavice.

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 šablon se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí: (20 ± 1) °C,
- změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. 0,2 °C,
- relativní vlhkost vzduchu: max. 75 % relativní, nekorozní prostředí.

Před vlastní kalibrací se musí předmět kalibrace (šablona) s příslušným etalonem (kalibračním zařízením) temperovat v laboratoři na referenční teplotu 20 °C s přípustnou tolerancí ± 1 °C. Sleduje se průběh změny teploty během kalibrace šablony s etalonem (kalibračním zařízením) v toleranci ± 1 °C od referenční teploty 20 °C.

Sleduje se vlhkost vzduchu během kalibrace například termohygrografem nebo vlhkoměrem pro měření relativní vlhkosti s rozsahem do 100 %.

Před vlastní kalibrací mají být kalibrované etalony umístěny poblíž kalibračního zařízení v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než etalony i kalibrační zařízení dosáhnou uvedené teploty.

7 Rozsah kalibrace

Kalibrují se vnitřní a vnější radiusy poloměrových šablon buď porovnáním se šablonami na mikroskopu nebo profilprojektoru, nebo bodovým měřením.

Kalibrace sestává z následujících operací:

- vnější prohlídka šablony (odst. 8.1),
- příprava šablony ke kalibraci (odst. 8.3),
- měření metrologických parametrů (kap. 9),
- stanovení chyby u jednotlivých metrologických parametrů včetně vyjádření nejistoty měření při kalibraci (odst. 9.3),
- vyhodnocení výsledku kalibrace (kap. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava

8.1 Kontrola dodávky

Nově dodané šablony se zkontrolují dle dodacího listu nebo jiného dokumentu vystaveného dodavatelem a vše se porovná s objednávkou vystavenou objednatelem (kompletnost, správnost). Pokud stav neodpovídá předem stanoveným požadavkům, objednatel provede reklamační řízení dle platných předpisů. (pouze PK)

Šablony se převezmou dle platných metrologických předpisů organizace a platných předpisů kalibrační laboratoře (ve vztahu k normě ČSN EN ISO/IEC 17025:2017). Při převzetí se dbá na čistotu šablon a jejich celkový stav. Provede se kontrola celkového stavu, to znamená, že se zjišťují viditelné vady a mechanická poškození a dále se

kontroluje předepsané značení dle příslušné normy a evidenční číslo. Při zjevném poškození se na něj majitel (objednatel kalibrace) ihned upozorní.

Převzetí měřidel ke kalibraci zpravidla stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném. (PK, RK)

Sejmou se značky, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. (pouze RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola

U šablon v provedení dle norem ČSN 25 3816 se zkontrolují počty kusů v jednotlivých soupravách to podle rozsahů poloměrů:

- souprava 1 až 7 sestává z 20 šablon vypouklých a 20 šablon vydutých,
- souprava 7,5 až 15 sestává z 16 šablon vypouklých a 16 šablon vydutých,
- souprava 15,5 až 25 sestává z 20 šablon vypouklých a 20 šablon vydutých.

Dále se provede vizuální kontrola funkčních ploch šablon, zda není na první pohled patrné jejich mechanické poškození a kontrola značení soupravy a samotných listů. Na každém listu musí být zřetelně vyznačen poloměr zaoblení v mm. Jednotlivé listy šablon v soupravě musí být samosvorné.

Poznámka:

Někteří výrobci, přestože se odvolávají na ČSN 25 3816, vyrábějí soupravy jinak uspořádané a o jiném počtu šablon, viz obr. 2. Tato skutečnost však nemůže být předmětem reklamace.

Označení soupravy měrek obsahuje:

- ochrannou známku nebo značku výrobce,
- poloměr nejmenší a největší šablony v mm,
- číslo ČSN 25 3816 (místo celého čísla mohou být jen poslední čtyři číslice; místo značky ČSN může být znak vhodné velikosti podle ČSN 01 0850).

U šablon v kazetě se provede vizuální kontrola funkčních ploch tak jako v předešlém případě a zkontroluje se, zda je dřevěná kazeta opatřena štítkem, na kterém je uvedeno číslo normy, značka výrobce a výrobní číslo. Na jednotlivých šablonách musí být zřetelně vyznačen poloměr zaoblení v mm.

Pokud vše odpovídá příslušné normě a požadavkům objednatele, šablony se očistí od konzervační vazelíny lékařským benzinem a otřou se lněnou utěrkou.

8.3 Příprava měřidla

Souprava poloměrových šablon se vyjme z držáku a jednotlivé listy šablony se rozloží na průměrné desce, nebo vhodné podložce. Dále se provede:

- očištění všech listů poloměrových šablon lékařským benzinem,
- odstranění případné koroze jemným lapovacím papírem,
- oprava naražené hrany funkčních ploch brouskem nebo lapovacím kamenem,
- případné odmagnetování šablon odmagnetovacím přístrojem.

Po úpravách se šablony se opětovně očistí lékařským benzínem a lněnou utěrkou, nebo se vyperou v ultrazvukové pračce a rozloží na průměrnou desku, nebo desku měřicího stroje.

Před vlastní kalibrací se soupravy nebo jednotlivé šablony temperují na průměrné desce, nebo desce stroje na referenční teplotu, viz čl. 6. Vhodné kalibrační zařízení (etalony) volí kalibrační laboratoř s ohledem na vybavenost laboratoře, na velikost dovolených úchylek, které se při kalibraci zjišťují a na požadovanou nejistotu měření.

9 Postup kalibrace

9.1 Kontrola úchylek poloměrů jednotlivých listů souprav šablon dle ČSN 25 3816



Obr. č. 2: Šablony 1-7 ČSN 25 3816
34 kusů, výrobce KMITEX

Úchylky poloměrů šablon ČSN 25 3816 lze zjišťovat s použitím měřicího projektoru nebo měřicího mikroskopu. U klasických mikroskopů se používá měření podle okulárových šablon.

U modernějších přístrojů se odměřuje pozice vhodně zvolených bodů na rádiusu a velikost poloměru se vyhodnocuje pomocí počítačového software. Přestože je

poloměr kružnice určen třemi body, volí se při měření na rádiusu zpravidla 4 až 5 bodů, kterými se rádius proloží (např. metodou nejmenších čtverců) a zároveň se vyhodnotí pásmo nejistoty měření. Pracovník provádějící měření na takových zařízeních musí mít odpovídající znalosti a dovednosti pro zvládnutí jejich obsluhy.

9.2 Kontrola úchylek poloměrů jednotlivých listů souprav šablon v kazetách



Obr. č. 3: Poloměrové šablony dle ON 25 3812
Výrobce: Zbrojovka Vsetín

Poloměrové šablony v kazetách již Zbrojovka Vsetín dlouhou dobu nevyrábí a příslušná oborová norma ON 25 3812 není dostupná. Zbytky zásob se mohou najít u uživatelů a některých prodejců. Úchylky poloměrů šablon podle ON 25 3812 lze zjišťovat jak s použitím měřicího mikroskopu nebo měřicího projektoru, tak i s použitím SMS, protože tyto šablony mají dostatečně širokou funkční plochu měřeného poloměru a umožňují nasnímání množiny bodů kontaktním měřením po celé délce poloměru.

9.3 Stanovení chyby metrologických parametrů

Úchylka poloměru se určí jako rozdíl mezi naměřenou a jmenovitou hodnotou poloměru. Naměřené úchylky se zaznamenají do „Záznamu o měření“. Naměřené úchylky poloměru se porovnají s dovolenými úchylkami podle tabulky II uvedené v ČSN 3816. Při použití měřicího zařízení, které je vybaveno PC, jsou úchylky vyhodnocovány speciálním softwarem. Výstupem je „Protokol o měření“ z tiskárny PC.

Označení soupravy	Odstupňování poloměřů šablon <i>R</i>										Dovolené úchylky <i>t</i>
1 - 7	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,5	±0,015
	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	±0,020
7,5 - 15	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	-	-	±0,025
	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	-	-	±0,030
15,5 - 25	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	±0,035
	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	±0,040

Tab. č. 1: Tabulka II. podle ČSN 25 3816

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Hodnocení úchylky poloměru

Naměřené hodnoty úchylek spjaté s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci pro $k = 2$ se porovnají s dovolenými úchylkami uvedenými v příslušných normách. Pokud součet vyhovuje dovolené úchylce, vyjádříme shodu v kalibračním listě.

Musí platit:

$$| \text{naměřená úchylka} | + U_{k=2} < | t |$$

Naměřená úchylka zvětšená o nejistotu měření musí být v absolutní hodnotě menší, než úchylka dovolená (tolerance).

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrované poloměrové šablony nevyhoví specifikaci a nelze prohlásit shodu, uvedou se pouze naměřené hodnoty poloměřů a příslušná nejistota měření. Zadavatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadavku na tvarovou přesnost a neodstranitelná poškození.

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list. Dovolené a naměřené úchylky mohou být udány např. tabulkou výsledků:

Šablony vypouklé:			
Jmenovitá	Tolerance	Naměřená	Nejistota U
1,0	± 0,015	+0,008	0,008
1,1	± 0,015	-0,007	0,008
1,2	± 0,015	+0,005	0,008
1,4	± 0,015	...	...
1,5	± 0,015	...	...
1,6	± 0,015	...	...
1,8	± 0,015	...	...
2,0	± 0,015	...	...
2,2	± 0,015	...	...
2,5	± 0,015	...	...
2,8	± 0,020	...	...
3,0	± 0,020	...	...
3,5	± 0,020	...	...
4,0	± 0,020	...	...
4,5	± 0,020	...	...
5,0	± 0,020	...	...
5,5	± 0,020	...	...
6,0	± 0,020	...	...
6,5	± 0,020	...	...
7,0	± 0,020	...	...

Šablony vyduté:			
Jmenovitá	Tolerance	Naměřená	Nejistota U
1,0	± 0,015	+0,011	0,008
1,1	± 0,015	-0,009	0,008
1,2	± 0,015	+0,007	0,008
1,4	± 0,015	...	...
1,5	± 0,015	...	...
1,6	± 0,015	...	...
1,8	± 0,015	...	...
2,0	± 0,015	...	...
2,2	± 0,015	...	...
2,5	± 0,015	...	...
2,8	± 0,020	...	...
3,0	± 0,020	...	...
3,5	± 0,020	...	...
4,0	± 0,020	...	...
4,5	± 0,020	...	...
5,0	± 0,020	...	...
5,5	± 0,020	...	...
6,0	± 0,020	...	...
6,5	± 0,020	...	...
7,0	± 0,020	...	...

Tab. č. 2: Hodnoty v mm, Dovolené tolerance dle ČSN 25 3816

Tabulku dovolených a naměřených hodnot je vhodné uvádět zejména tehdy, pokud nemůžeme s ohledem na nejistotu rozhodnout, zda měřidlo vyhovuje či nevyhovuje předpisu.

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 kalibrované soupravy poloměrových šablon,
- datum přijetí šablon ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.1/14/19),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá 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 šablony kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

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 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 ho.

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 kalibrovanou sadu poloměrových šablon 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 měření (příklad)

Pro kalibraci soupravy poloměrových šablon 1 – 7 ČSN 25 3819 poloměru R7.

Provádíme měření metrologického parametru – úchylky t poloměru R7 soupravy poloměrových šablon ($1 \div 7$) mm, ČSN 25 3816. Vlastní měření provádíme v klimatizované laboratoři při teplotě prostředí (20 ± 1) °C. Pro kalibraci použijeme měřicí projektor. Teplotní vlivy v tomto případě zanedbáme, protože předpokládáme, že osoba pracující v laboratoři provádějící kalibraci řádně soupravu s měřicím zařízením vytemperovala a během vlastní kalibrace pečlivě sleduje průběh změny teploty, která nepřesáhne toleranci 0,2 °C za hodinu.

Zdroje standardních nejistot:

- kalibrace měřicího projektoru - z kalibračního listu,
- mezní chyba měřicího projektoru - udává příslušný metrologický předpis,
- z n -počtu opakovaných měření,

Nejistota typu A:

Tab. č. 3: Stanovení nejistoty typu A

Naměřené hodnoty mm	Střední hodnota mm	Směrodatná odchylka mm	Nejistota typu A $u_A = s/\sqrt{n}$ (μm)
6,988	7,000	0,0077	3,44 μm
7,000			
7,012			
6,998			
7,002			

$n = 5$počet měření (reprezentativní soubor, koeficient rozšíření vynecháme)

Nejistota typu B:**Tab. č. 4:** Stanovení příspěvků k nejistotě

Zdroj nejistoty	Veličina	Mezní chyby	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koeficient citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Kalibrace měřicího systému projektoru - z kalibračního listu	l_E	U 2 μm	normální $k = 2$	1 μm	1	1,0 μm
Mezní chyba odečtu měřicího projektoru	Δl_E	3 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	1,73 μm	1	1,73 μm
Výsledná hodnota	l_x	Nejistota u_B ($k = 1$)				2,0 μm

Standardní kombinovaná nejistota

$$u(y) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{3,44^2 + 2,0^2} = 3,98 \mu\text{m}$$

Rozšířená nejistota pro normální rozdělení a konfidenční úroveň 95 %

$$U = k \cdot u(y) = 2 \cdot 3,98 = 7,96 \mu\text{m} \approx 8 \mu\text{m}$$

Což je hodnota odpovídající přibližně polovině výrobní tolerance.

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 ho 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).