



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 1.1.4/05/13

PŘÍMĚRNÉ DESKY

Nepronáskelné

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 je určen pro kalibraci ocelových, litinových a granitových příměrných desek (dále desek), dle aplikace platných norem a ostatních metrologických předpisů na technické a provozní podmínky kalibrační laboratoře.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly desek v dané organizaci (dále jen PK), tak i v pravidelně se opakujících časových intervalech (periodách), takzvanou rekalicací (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

| | | |
|----------------------|---|------|
| ČSN 25 5500 | Kontrolní a rýsovací nářadí. Příměrné desky, hranoly, rýsovací podložky a podpěry - Přehled | [1] |
| ČSN 25 5502 | Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost příměrných ploch desek a hranolů | [2] |
| ČSN 25 5511 | Kontrolní a rýsovací nářadí. Příměrné desky žebrované | [3] |
| ČSN EN ISO 12781-1 | Geometrické specifikace produktu (GPS) - Rovinnost - Část 1: Slovník a parametry rovinnosti | [4] |
| ČSN EN ISO 12781-2 | Geometrické specifikace produktu (GPS) - Rovinnost - Část 2: Operátory specifikace | [5] |
| DIN 876 Teil 1 | Prüfplatten aus Naturhartgestein – Anforderungen - Prüfung | [6] |
| DIN 876 Teil 2 | Prüfplatten aus Gußeisen - Anforderungen - Prüfung | [7] |
| ČSN EN ISO 3650 | Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky | [8] |
| TNI 01 0115 | Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM) | [9] |
| EA 4/02 | Vyjadřování nejistot měření při kalibracích | [10] |
| EA 4/07 | Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony | [11] |
| ČSN EN ISO/IEC 17025 | Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří | [12] |
| ČSN EN ISO 10012 | Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení | [13] |

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci desek 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

Příměrné desky se používají jako měřicí element při proměřování geometrických veličin na různých výrobních dílech nebo při kalibraci některých pracovních měřidel a dále pro temperaci za účelem dosažení referenční teploty.

Technická rovina - skutečná rovina výrobku. Tato rovina, z výrobních důvodů, má proti rovině geometrické (ideální) určité úchytky. Velikost těchto úchytek je omezena mezními úchytkami.

Kontrolní rovina - pomocná rovina, od níž se vychází při měření, při zjišťování úchytek technické roviny od roviny geometrické.

Úchylka rovinnosti - součet maximální kladné a maximální záporné naměřené hodnoty v absolutní hodnotě.

Ostatní pojmy, termíny, definice a názvosloví jsou obsahem příslušných norem, které jsou uvedeny v kapitole č. 2.

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Sada koncových měrek, pracovní etalon minimálně 4. sekundárního řádu a 1. třídy přesnosti,
- kontrolní pravítko,
- elektronická libela s nastavitelným měřicím můstkem a příslušenstvím,
- laserový měřicí systém,
- souřadnicový měřicí stroj (dále SMS),
- strojřenská vodováha,
- lihový popisovač; měkká grafitová tužka pro zakreslení sítě kontrolovaných bodů technické roviny desky,
- vlhkoměr, dotykový tělískový teploměr,
- ocelové měřítko určené pro zakreslení sítě,
- lapovací prostředky – lapovací papír, brusný kámen o vhodné zrnitosti,
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, lněná utěrka, jelenice),
- 3x podpěrka univerzální s hrotem pro ustavení desky pro rozměry do 630 mm,
- univerzální montážní klíč.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na vhodný etalon s platnou kalibrací.

6 Obecné podmínky kalibrace

Desky o délce plochy do 630 mm je možné kalibrovat v laboratoři, protože s těmito deskami lze ještě manipulovat. Kalibrace desek o délce plochy nad 630 mm se provádí přímo u uživatele desky.

Kalibrace se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí: $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$,
- změna teploty vzduchu: max. $1 \text{ }^\circ\text{C/h}$,
- 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.

Podmínky při kalibraci u uživatele:

Je nutné, aby uživatel vytvořil pro kalibraci takové podmínky, aby zaručovaly její proveditelnost a správnost výsledků. Mezi základní podmínky se řadí stabilita prostředí – teploty, čistota, bezprašné prostředí, přístupnost k desce ze všech stran a prostředí bez chvění a vibrací.

7 Rozsah kalibrace

- Vnější prohlídka desky (viz čl. 8.1),
- předběžná kontrola a případná úprava (viz čl. 8.2),
- příprava desky ke kalibraci (viz čl. 8.3),
- kontrola ustavení desky (viz čl. 8.4),
- 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,
- kontrola celkového stavu desky, zejména kontrola stavu příměrné plochy (koroze, rýhy, vrypy, trhlinky apod.),
- vizuální kontrola stavu povrchu funkčních ploch desky,

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Při předběžné kontrole příměrné desky se provede:

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

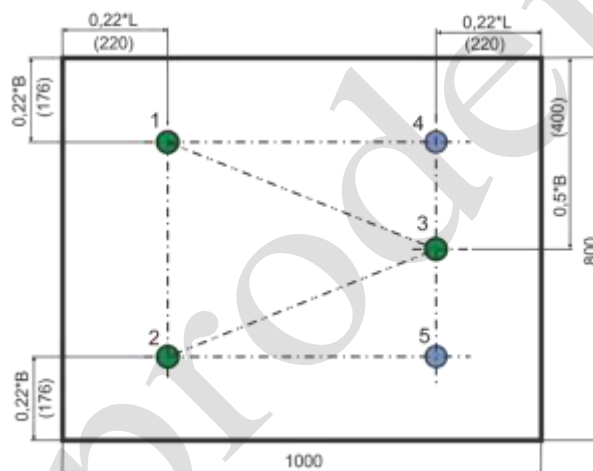
Nerovnosti desek ze šedé litiny poškozené hrubými vrypy od měřených součástí zahladíme brusným kamenem a začistíme lapovacím papírem. Místa zasažená rzí začistíme pomocí lapovacího papíru. Granitové desky se zpravidla očistí lněnou utěrkou.

8.3 Příprava desky ke kalibraci

Příměrná plocha desky se očistí lékařským benzinem. Za předpokladu použití jako kalibračního zařízení SMS, laserového měřicího systému nebo elektronické libely se na takto připravenou příměrnou plochu zakreslí pomocí měřítka a lihového fixu nebo měkkou grafitovou tužkou síť průsečíků, kterou tvoří řádky a sloupce (příčných a podélných řezů). Řádky jsou rovnoběžné s delší stranou desky a sloupce jsou rovnoběžné s kratší stranou desky. V libovolném rohu desky se zvolí souřadný systém – nulový bod. Nulový bod je průsečíkem prvního (okrajového) řádku a prvního (okrajového) sloupce.

Kontrola ustavení desky

Desky se podkládají v místech, které jsou blízké takzvaným Besselovým bodům, tj. 0,2203 % od hrany příslušného rozměru, což vychází z praxe. Jsou vypočteny jako vzdálenosti uložení nosníku (součásti), zatíženého spojitým zatížením (vlastní tíhou) pro podmínku minimálního průhybu. Podložení ve třech bodech zaručuje nejmenší chybu průhybu desky. U desek od 800 mm se provádí dodatečné podložení v bodech 4, 5, a to z důvodu stability desky.

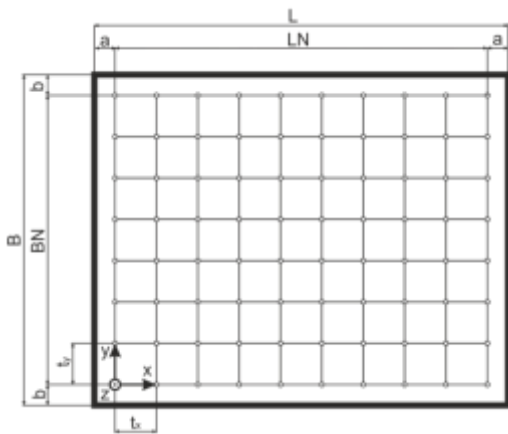


Obrázek umístění podpěrných bodů u granitové desky.

9 Postup kalibrace

9.1 Stanovení měřicí sítě

U krokových metod měření úchylek rovinnosti se volí počet a polohy měřených bodů podle funkce ploch (je-li stanovena předpisem tolerance rovinnosti), délky L a šířky B měřené plochy, v některých případech podle použité měřicí metody. Hustota souřadné sítě a tedy i rozteče jednotlivých bodů se volí v závislosti na požadované přesnosti desky a účelu použití. Doporučené rozteče měřicí sítě a volby okrajových pásem jsou uvedeny v následující tabulce.



| Délka desky L | Jemná síť mm | Střední síť mm | Hrubá síť mm |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| do 400 mm | 25 | 50 | 100 |
| do 630 mm | 50 | 100 | 150 |
| do 1500 mm | 100 | 150 | 200 |
| do 2000 mm | 150 | 200 | 250 |
| do 3000 mm | 200 | 250 | 300 |
| do 4000 mm | 250 | 300 | 350 |
| do 5000 mm | 300 | 350 | 400 |

Nejběžnější je čtvercová nebo obdélníková pravoúhlá mřížka, lze použít i jiné, například polární mřížka, trojúhelníková mřížka, mřížka Union Jack, rovnoběžné profily nebo bodové měření. Podrobné nákresy a plány lze nalézt v ČSN EN ISO 12781-2.

9.2 Kalibrace desky s použitím kontrolního pravítka a koncových měrek

Kontrolní pravítko se položí kratší stranou svého obdélníkového průřezu ve vzdálenosti $0,223 \times L$ (L je délka pravítka) od obou konců kontrolního pravítka na střed dvou koncových měrek stejné jmenovité délky, které se ukládají na kontrolovanou plochu desky. Úchylka rovinnosti kontrolované plochy se zjišťuje proměřením mezery vzniklé mezi kontrolovanou plochou a kontrolním pravítkem v předem určených měřicích místech koncovými měrkami a to v celé její délce. Vzdálenost měřicích míst (20 mm, 50 mm, 100 mm) v mezeře se volí v závislosti na délce plochy desky. Vzdálenost by neměla být větší než 100 mm. Pro měření se používají koncové měrky s průřezem (9 x 30) mm, což jsou měrky do jmenovité délky 10,5 mm. Kontrolovaná plocha se proměřuje v různých polohách kontrolního pravítka, které tvoří rovnoběžky s delší a kratší stranou desky a dále pak v obou jejích úhlopříčkách. Vzdálenost okrajového pásma měření se volí 50 mm od kratší a delší strany desky. Hustota rovnoběžek (vzdálenosti poloh kontrolního pravítka v osách X a Y) se volí v závislosti na délce kontrolní plochy desky.

Během kalibrace desek s větší délkou kontrolní plochy než je 300 mm se musí v pravidelných intervalech zapisovat do záznamu o měření průběh teploty, protože se tyto desky kalibrují mimo stálé laboratorní prostory.

9.3 Kalibrace desky s použitím elektronické libely nebo laserového měřicího systému

Úchylka rovinnosti kontrolované plochy desky s použitím elektronické libely (dále libely) nebo laserového měřicího systému se zjišťuje takzvanou síťovou metodou. Způsob vytvoření sítě je popsán v článku 9.1.

Před vlastním měřením se deska musí libelou nejdříve pečlivě vyrovnat do vodorovné polohy ve třech bodech kontrolované plochy. Dva vyrovnávací body se volí v libovolných rozích desky a třetí co nejbližší protilehlé straně v její ose. Body se vyrovnávají v ose X a ose Y . Na měřicím můstku libely jsou vyznačeny ve vzdálenosti 100 mm (nebo 50 mm) dvě rysky, které jsou souměrné s osou libely. Pozn.: Můstky jsou výměnné v závislosti na volbě použití můstku s potřebnou vzdáleností rysek.

První měření se provede v nulovém bodě zvoleného souřadného systému a to tak, že jedna ryska na můstku libely je totožná s nulovým bodem a druhá s průsečíkem v příslušném sloupci. Libela se takto posouvá na jednotlivé průsečíky celé sítě postupně ve sloupcích a poté v řádcích. Sklony jednotlivých průsečíků se zapisují do záznamu o měření včetně

průběhu teploty, kterou odečítáme v pravidelných intervalech. Při zapisování sklonů se bere ohled na znaménko a to po směru hodinových ručiček se uvažuje plus a v protisměru minus. Z naměřených sklonů jednotlivých průsečíků se spočítají jejich příslušné úchytky v μm . Sklon je dán v mm/m , z čehož se goniometrickou funkcí určí úhel sklonu $\alpha_{S\ 1-n}$ daného průsečíku.

Postup výpočtu:

- $\text{tg } \alpha_{S\ 1-n}$ = hodnota sklonu v $\text{mm}/1000\ \text{mm}$
- $\text{tg } \alpha_{S\ 1-n}$ = úchytky daného průsečíku v $\text{mm}/100\ \text{mm}$
- úchytky se vyjádří v μm

Je vhodné tento výpočet provádět počítačově např. programem "Microsoft Excel."

Při použití laserového měřicího systému je postup stejný s tím rozdílem, že se místo libely použije optický hranol.

9.4 Kalibrace desky s použitím souřadnicového měřicího stroje (SMS)

Na SMS se doporučuje kalibrovat desku do 630 mm délky její plochy. S většími deskami se v laboratorních podmínkách manipuluje obtížně.

Deska příslušného rozměru se umístí na pracovní stůl SMS a vyrovná se do zvoleného souřadnicového systému. Poté se nasnímají (skenují) body (průsečíky) v síti. V tomto případě může být hustota sítě (počet průsečíků) větší, protože SMS pracuje v automatickém režimu na základě vytvořeného programu měření. V průběhu měření není nutné zapisovat průběh teploty z důvodu monitorování teploty přímo SMS prostřednictvím teplotních čidel.

9.5 Stanovení úchylek jednotlivých metrologických parametrů

Při kalibraci desky se stanovuje maximální úchytky rovinnosti její příměrné plochy.

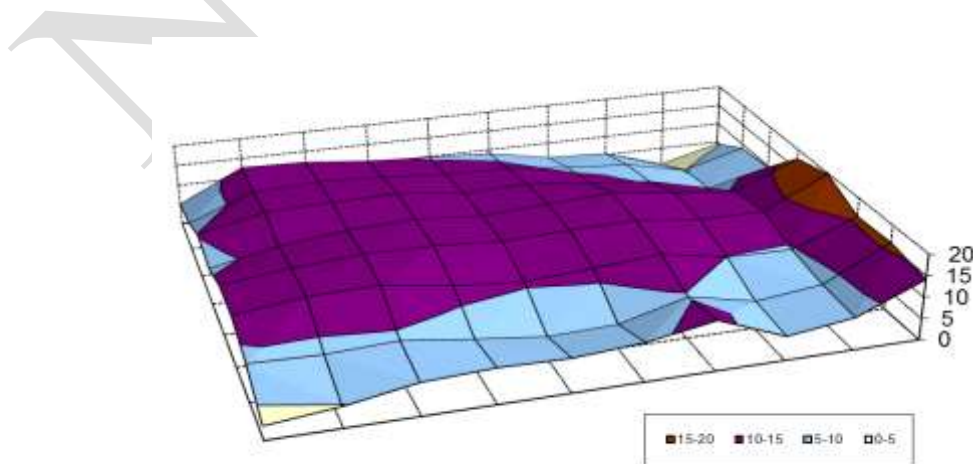
Metoda s použitím - *kontrolní pravítka a koncové měrky*:

Velikost úchytky rovinnosti je rovna maximálnímu rozdílu rozměrů složených z koncových měrek a to z celkového počtu proměřovaných mezer.

Metoda s použitím - *libela (SMS nebo laserový měřicí systém)*:

Velikost úchytky je rovna rozdílu maximální kladné a maximální záporné úchytky od geometrické roviny. Příklad: $u = 5\ \mu\text{m} - (-7\ \mu\text{m}) = 12\ \mu\text{m}$

Výsledný tvar změřené plochy výšek modelové vzorové desky 1000 x 800 uváděný na protokolu o kalibraci. Úchytky rovinnosti v μm .



10 Vyhodnocení kalibrace

Zjištěná úchylka rovinnosti spjatá s rozšířenou nejistotou měření při kalibraci $U_{k=2}$ se porovná s mezní úchylkou rovinnosti, která je uvedena v tabulce č. 1 normy ČSN 25 5502. 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 byla granitová deska o délce plochy 1000 mm kalibrovaná elektronickou libelou s měřicím můstkem 100 mm mimo stálé laboratorní prostory. Teplota při kalibraci se pohybovala v hodnotách (20 ± 2) °C.

10.1 Tabulka dovolených hodnot rovinností příměrných desek

Přesnost obrobených příměrných ploch je určena mezními úchylkami. Úchylky rovinnosti u příměrných ploch jsou určeny čtyřmi stupni přesnosti, označených od nejpřesnějšího k nejhrubšímu 0; I; II; III. Mezní úchylky rovinnosti jsou stanoveny podle následujících vzorců pro třídy přesnosti dle ČSN 25 5502.

| | |
|-----|---|
| 0 | $2 \cdot (0,0025 + \frac{L}{400\,000})$ |
| I | $2 \cdot (0,005 + \frac{L}{200\,000})$ |
| II | $2 \cdot (0,010 + \frac{L}{100\,000})$ |
| III | $2 \cdot (0,020 + \frac{L}{50\,000})$ |

kde L je délka měřené plochy v milimetrech. Výsledná mezní úchylka rovinnosti v μm .

Pro desky vyrobené dle normy DIN 876 Teil 1 (granitová) a DIN 876 Teil 2 (litinová) platí následující výpočet mezních úchylek rovinnosti. U granitových příměrných ploch platí čtyři stupně přesnosti, označených od nejpřesnějšího k nejhrubšímu 00; 0; I; II. Pro litinové desky se rozšiřuje o třídu přesnosti III.

| | |
|-----|--|
| 00 | $2 \cdot \left(1 + \frac{L}{1\,000}\right)$ |
| 0 | $4 \cdot \left(1 + \frac{L}{1\,000}\right)$ |
| I | $10 \cdot \left(1 + \frac{L}{1\,000}\right)$ |
| II | $20 \cdot \left(1 + \frac{L}{1\,000}\right)$ |
| III | $40 \cdot \left(1 + \frac{L}{1\,000}\right)$ |

Kde L je délka měřené plochy v milimetrech. Výsledná tolerance v μm .

10.2 Závěr kalibrace

Pracovníci laboratoře oprávnění provádět kalibraci desek po provedení kalibrace vystaví k příslušné desce kalibrační list se všemi odpovídajícími náležitostmi a označí desku 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 desky dle jeho systému značení pracovních měřidel. Laboratoř předává zákazníkovi originál kalibračního listu.

10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaná deska nevyhoví včetně rozšířené nejistoty měření požadavkům normy, předpisu nebo požadavku zákazníka, označí kalibrační laboratoř měřidlo jako nevyhovující a předá 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 desky ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.4/05/13),
- 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 nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který měřidlo (desku) kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Poznámka: pokud se deska kalibruje mimo stále laboratorní prostory (například s ohledem na její velké rozměry), uvede se v kalibračním listě místo, kde byla kalibrována.

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: elektronická libela se žulovým měřicím můstkem 100 mm,
- Monitorovací zařízení: dotykový tělískový teploměr dělení 0,2 °C,
- Předmět kalibrace: granitová deska 1000 x 800 mm,
- Teplota při kalibraci: 20 °C ± 1 °C.

Podíl nejistoty způsobený vlivem kolísání teploty během kalibrace se v tomto případě neuvažuje z důvodu dobré teplotní stabilizace. Deska nesmí být jednostranně teplotně zatěžována.

Vstupní hodnoty úchylek rovinnosti hodnocených modelů v μm

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 26,85 | 20,08 | 18,65 | 21,89 | 20,33 | 16,53 |
| 24,80 | 20,05 | 19,03 | 21,74 | 20,63 | 16,28 |
| 24,23 | 23,57 | 16,69 | 20,67 | 22,61 | 17,59 |

$$u_A = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n - 1)} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - X_i)^2} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \frac{2,99}{1} \doteq 3 \mu m$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 20,68 \mu m \doteq 21 \mu m$$

| Veličina | Meze nejistot | Typ rozdělení | Standardní nejistota | Koefic. citlivosti | Příspěvek k nejistotě | |
|---|---------------|---|----------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| Nejistota z opakovaných měření $u_A = 2,5 \mu m$, směrodatná odchylka z 18 rovinností hodnocených modelů | u_A | 3 μm | normální $k = 1$ | 3 μm | 1 | 3 μm |
| Mezní chyba libely měřicí krok 0,1 m; 9 kroků (měření na podélném řezu), z toho 1/2 možných | u_{lib} | $\pm 5 \mu m/m$ krok 1 μm | normální $k = 2$ | 0,5 $\mu m/m$ | 4,5 | 2,3 μm |
| Chyba z navázání max. rozdílů jednotlivých výškových souřadnic min 20% měřené rovinnosti | u_{max} | 4,2 μm | normální $k = 3$ | 1,4 μm | 1 | 1,4 μm |
| Ostatní vlivy chvění, vychýlení bodu, vychýlení směru | u_{ov} | 3 μm | rovnoměr. $\sqrt{3}$ | 1,7 μm | 1 | 1,7 μm |
| Výsledná úchylka rovinnosti průměrné desky měřená elektronickou libelou je 21 μm | U_x | Kombinovaná standardní nejistota u pro $k = 1$ | | | | 4,61 μm |
| | | Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$, pokryje 95% pravděpodobnost | | | | 9,22 μm |
| | | Uvádění nejistoty k výsledku kalibrace, je možné pouze na stejný počet desetinných míst k měřené hodnotě, max. 2 platné číslice | | | | $\pm 10 \mu m$ |

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).