

Technická měření v bezpečnostním inženýrství

Čís. úlohy:

7

Název úlohy:

Kalibrace měřidel

Úkol měření

7 A) Proved'te kalibraci měřidla délky.

- proved'te vzhledovou kontrolu měřidla,
- proved'te funkční kontrolu posuvného měřítka,
- proved'te kontrolní měření metrologických parametrů posuvného měřítka.

7 B) Proved'te kalibraci termočlánku.

- proved'te vzhledovou kontrolu měřidla,
- proved'te kontrolní měření metrologických parametrů termočlánku.

Obecná část

Kalibrace etalonů a měřidel je základním prostředkem při zajišťování návaznosti výsledků měření. Porovnáním s etalony se zjišťují metrologické charakteristiky měřidla.

Kalibrací měřidla se dosahuje toho, že jsou buď přiřčeny hodnoty měřených veličin k indikovaným hodnotám, nebo se stanoví korekce vůči indikovaným hodnotám. Výsledek kalibrace je zaznamenán v kalibračním listu.

Kalibrace je činnost, která zabezpečuje správnost pracovních a stanovených měřidel. Postup při kalibraci pracovních měřidel a při ověřování stanovených měřidel se zásadně neliší, neboť v obou případech je součástí této činnosti stanovení chyb měřidla v určených bodech měřicího rozsahu, a to zpravidla jeho porovnáním s etalonem příslušné veličiny.

V případě kalibrace mohou být zjištěné chyby uvedeny v kalibračním protokolu měřidla a sloužit ke korekci výsledků měření prováděných kalibrovaným měřidlem.

Naopak u stanovených měřidel se zjištěné hodnoty chyb zpravidla neuvádějí, neboť nejsou určeny ke korekci naměřených hodnot. Pro ověření měřidla je totiž rozhodující skutečnost, že chyby měřidla nepřekračují maximální povolenou hodnotu, a to bez ohledu na jejich rozložení. Pokud má stanovené měřidlo i další požadované metrologické vlastnosti, opatří se úřední značkou.

Pro kalibraci měřidel délky používáme např. ocelové koncové měrky (viz obrázek 1), pro kalibraci teploměrů používáme kalibrační píčky.



Obrázek 1 Ocelová koncová měrka

Koncové měrky:

- ✓ jsou všeobecně uznávány jako základ délkového měření ve strojírenské výrobě,
- ✓ jsou to etalony délky reprezentující specifický díl délky (metru), mezinárodního systému jednotek SI.

Koncové měrky se používají:

- ✓ pro nastavení měřidel, měřicích přístrojů a přípravků,
- ✓ k ověřování a kalibraci měřidel,
- ✓ jako etalon délky,
- ✓ pro přímou kontrolu délkových rozměrů výrobků.

Kalibrační pícky:

- ✓ patří mezi tepelně technická zařízení, která se používají ke kalibraci teploměrů,
- ✓ mohou být horizontální nebo vertikální.

Použité etalony a přístroje

Sada 47 ks ocelových koncových měrek M47/I (třída přesnosti I – kalibrační), kalibrační pícka CL950A-M-230 (Obrázek 2) nebo Kalibrační pícka CL1000A (Obrázek 3), datalogger ALMEMO 2690-8A (Obrázek 4), kalibrovaný teploměr GREISINGER GMH3750 s teplotní sondou GTF401 (Obrázek 5).



Obrázek 2 Kalibrační pícka CL950A-M230



Obrázek 3 Kalibrační pícka CL1000A



Obrázek 4 Datalogger ALMEMO 2690-8A



Obrázek 5 GREISINGER GMH3750

Postup práce**Úkol 7a) Kalibrace posuvného měřítka**

Proveďte kalibraci posuvného měřítka a všechna zjištění zapište do protokolu.

1. Vzhledová kontrola:

- Zkontrolujte čitelnost stupnice v celém rozsahu (čárky i číslice), čárky přímé a stejné šířky.

2. Funkční kontrola:

- Zkontrolujte plynulý pohyb posuvné části s minimální vůlí v celém rozsahu.
- Proveďte kontrolu aretace - při aretaci nesmí dojít k pohybu na stupnici.

3. Měření metrologických parametrů:

- Před měřením proveďte očištění od doteků a nečistot.
- Proveďte měření rovnoběžnosti měřících ploch - vnější plochy zkontrolujte průsvitem stiskem ramen k sobě, nebo příp. použitím koncových měrek, po zatažení ustavujícího ústrojí nesmí dojít ke změně rozměru.
- Proměřte 3 koncové měrky o různých velikostech tak, aby co nejvíce pokryly rozsah příslušného posuvného měřítka. Vyberte 1. měrku z rozsahu 1-2 mm, 2. měrku z rozsahu 1,14-40 mm; 3. měrku z rozsahu 50-100 mm.
!!!Malé kalibrační měrky berte vždy kleštičkami, nikdy však nesahejte na měřící (lesklé) plochy měrek!!!
- **Každou měrku proměřte 10x**, hodnoty запиšte do připravené tabulky a konečný výsledek uveďte ve výsledné tabulce jako odpovídající střední hodnotu a nejistotu měření.

Úkol 7b) Kalibrace termočlánku

Proveďte kalibraci termočlánku.

1. Vzhledová kontrola:

- Proveďte vizuální kontrolu termočlánku, zkontrolujte se, zda nejsou poškozeny některé části měřidla, zejména přívodní kabel a jeho zaústění. Snímače teploty kalibrujte připojené k měřicímu dataloggeru ALMEMO.

2. Měření metrologických parametrů – zkouška správnosti měřidla teploty:

- Podle návodu na obsluhu zapněte dle instrukcí pedagoga kalibrační pícky typu CL900A SERIES nebo CL1000A; a nastavte teplotu pícky na 50 °C.
- Připojte datalogger ALMEMO do sítě a zapněte tlačítkem ON. Pomocí šipek ▼▲ se můžete pohybovat mezi měřenými hodnotami jednotlivých snímačů.
- Zapněte etalonový teploměr GREISINGER.
- Do vhodného otvoru (otvor, který nejlépe odpovídá vnějšímu průměru teploměru) kalibrační pícky zasuněte snímač kalibrovaného teploměru GREISINGER.
- Zkoušené měřidlo (termočlánek) ponořte do dalšího vhodného otvoru kalibrační pícky tak, aby měřící část byla zcela ponořená.
- Po ustálení teploty (během celého čtení se nesmí teplota na kalibrovaném teploměru GREISINGER změnit o více než 1 °C) zaznamenejte údaj pro příslušný termočlánek na připojeném dataloggeru ALMEMO.
- **Měření při jedné teplotě proveďte 10x**, vždy postupujte tak, že testovaný termočlánek mezi novým odečtením teploty vždy vyjmete z pícky, ochladíte a opět zasunete.
- **Pozor!!! Termočlánek jsou po vyjmutí z pícky horké!!!**
- Termočlánek proměřte při 3 teplotách teplotního rozsahu rovnoměrně rozložených v celém rozsahu provozních teplot termočlánku (od 50 °C do 150 °C).

3. Všechny naměřené údaje zaznamenejte do výsledné tabulky. Zde uveďte hodnotu etalonu a hodnotu zkoušeného teploměru. Dále se uvede rozdíl těchto hodnot (jako chyba měřidla).

V kalibračním listě musí být uvedena referenční teplota v okolí kalibrovaného měřidla. Tato teplota nesmí přesáhnout meze $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$.

Výsledky – tabulky naměřených hodnot

Příklad vyhodnocení zkoušek a stanovení nejistotNejistota typu A

Nejistotu typu A získáme výpočtem výběrové směrodatné odchylky výběrových průměrů naměřených hodnot z opakovaných měření stejné veličiny.

Z hodnot naměřených měřidlem délky a termočlánky tedy stanovte:

- výběrový průměr hodnot podle rovnice (1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

- a dála výběrovou směrodatnou odchylku měřidla délky a zkušebních termočlánků dle vztahu (2):

$$u_A = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

Nejistota typu B

Nejistota se stanovuje z charakteru měření, tj. jde o nedokonalost způsobenou měřicími přístroji, technikou, popř. vlivem operátora apod. v našem případě budeme uvažovat pouze s chybou metody při měření posuvným měřítkem a chybou metody při měření teploty termočlánkem:

- Posuvné měřítko: $u_B = 0,02$ mm
- Termočlánky: $u_B = 0,2$ °C

Kombinovaná střední nejistota

Jde o výsledný efekt kombinace nejistot měření obou typů, A i B

$$u_x = \sqrt{u_{Ax}^2 + u_{Bx}^2} \quad (3)$$

Rozšířená nejistota

Rozšířená nejistota je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnostnímu pokrytí cca 95% (zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95 %).

Závěr

V závěru lze výsledek kalibrace uvést do přehledné tabulky (viz tabulka 1 a 2). Ve sloupci Naměřená hodnota/Teplota termočlánku jsou uvedené průměry z 10 měření. Chyba měřidla vyjadřuje rozdíl mezi touto průměrnou hodnotou a hodnotou etalonu (koncové měřky/teplotou etalonového teploměru). Rozšířená nejistota měření uvádí výsledek kombinované střední nejistoty vynásobený 2 (viz výše).

Pozn.: nezapomeňte uvést také výsledek vzhledové a funkční kontroly!

Tabulka 1 Příklad výsledné tabulky pro kalibraci posuvného měřítka

Koncová měřka [mm]	Naměřená hodnota [mm]	Chyba měřidla [mm]	Rozšířená nejistota měření [mm]
2	2,04	+0,04	0,02
16	16,02	+0,02	0,02
60	60,02	+0,02	0,02

Tabulka 2 Příklad výsledné tabulky pro kalibraci termočlánku

Nastavená teplota píčky [°C]	Teplota etalonového teploměru [°C]	Teplota termočlánku [°C]	Chyba měřidla [°C]	Rozšířená nejistota měření [°C]
40,0	40,0	40,1	+0,1	0,2
110,0	110,0	110,1	+0,1	0,2
250,0	250,0	249,7	-0,3	0,2