

Technická měření v bezpečnostním inženýrství

Čís. úlohy:	Název úlohy:
7	Kalibrace měřidel

Úkol měření

7a) Proved'te kalibraci měřidla délky.

7b) Proved'te kalibraci 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. kalibrační měrky, pro kalibraci teploměrů používáme kalibrační pícky.

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 nebo Kalibrační pícka CL1000A, kalibrovaný teploměr GREISINGER GMH3750 s teplotní sondou GTF401.

Postup práce

7a) Proved'te kalibraci posuvného měřítka a zjištění zapište do protokolu:

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

Metoda měření:

1. Vzhledová kontrola:

- Zkontrolujete 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.
- Proved'te kontrolu aretace - při aretaci nesmí dojít k pohybu na stupnici.

3. Měření metrologických parametrů:

- Proved'te před měřením očištění od doteků a nečistot.
- Proved'te 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.
- Proved'te kontrolu délky pomocí koncových měrek ve 3 bodech, rovnoměrně rozložených v rozsahu příslušného posuvného měřítka.
- Každý bod proměřte 10x a výsledek uveďte v tabulce jako odpovídající střední hodnotu a nejistotu měření.

7b) Proved'te kalibraci termočlátku.

1. Snímače teploty kalibrujte připojené k měřicímu datalogeru.

2. Zkouška správnosti měřidla teploty:

- Proved'te vizuální kontrolu termočlátku, zkontrolujte se, zda nejsou poškozeny některé části měřidla, zejména přívodní kabel a jeho zaústění.
- Podle návodu na obsluhu zapněte kalibrační pícku a nastavte teplotu na cca 40 °C u typu CL1000A, resp. 50 °C u typu CL950A.
- Do vhodného otvoru (otvor, který nejlépe odpovídá vnějšímu průměru teploměru) kalibrační pícky zasuněte snímač kalibrovaného teploměru GREISINGER.
- Zkoušené měřidlo ponořte do dalšího vhodného otvoru kalibrační pícky tak, aby měřící část byla zcela ponořená.
- Po ustálení (během celého čtení se nesmí teplota zvýšit o více než 1°C) zaznamenejte údaj pro příslušný teploměr na připojeném datalogeru.
- Měření proved'te 10x tak, že testovaný termočlánek mezi novým odečtením teploty vždy vyjmete z pícky a opět zasunete. **Pozor!!! Termočláanky jsou po vyjmutí z pícky horké!!!**
- Termočlánek zkoušejte ve 3 bodech, rovnoměrně rozložených v celém rozsahu provozních teplot příslušné kalibrační pícky (CL1000A: + 11°C nad teplotou okolí do 250°C; CL950A: + 22°C nad teplotou okolí do 450°C).

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

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 nejistot

Nejistota typu A

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

Z naměřených hodnot jednotlivých zkoušených termočlánků (měřidla délky) tedy stanovte výběrový průměr hodnot a výběrovou směrodatnou odchylku etalonu a zkušebních termočlánků (měřidla délky) dle vztahu:

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

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: $u_B = 0,02 \text{ mm}$
- Termočlánky: $u_B = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$

Kombinovaná střední nejistota

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

$$u_x = \sqrt{u_{Ax}^2 + u_{Bx}^2}$$

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

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