

Úloha 12: Stanovení součinitele délkové teplotní roztažnosti

Pomůcky

Dilatometr, termostat, 3 kovové tyče (mosaz, hliník, ocel), laser, stupnice, pásové měřítko

Úkol

Stanovte součinitel délkové teplotní roztažnosti α' materiálu zrcátkovou metodou.

Dílčí úkoly

1. Určete vzdálenost R stupnice od zrcátka.
2. Zjistěte závislost polohy značky na teplotě $n = f(t)$ při postupném ohřevu měřeného vzorku.
3. Graficky znázorněte závislost $n = f(t)$ a ověřte, že je lineární.
4. Proveďte kalibraci součinitele délkové teplotní roztažnosti dle pokynů výrobce.

Poznámky k měření

- Naměřte body závislosti $n = f(t)$, které lze odečíst pro dané geometrické rozložení aparatury. Teplotu odečítejte po 2 až 3 °C.
- Na stupnici je nutné zavést znaménkovou konvenci, která bude dodržena při odečtu počtu dílků na stupnici.
- Parametr dilatometru r a délku tyče l_0 uvádějí výrobci: $r = (15,00 \pm 0,30)$ mm, $l_0 = (500,0 \pm 1,0)$ mm.
- Výrobce uvádí délku tyče l_0 při pokojové teplotě. Rozdíl v délce tyče při teplotě 0 °C a pokojové teplotě je řádově menší než chyba měřidla (nejsme schopni změřit).
- Podstavec zařízení pro měření délkové roztažnosti je vyroben ze žuly, která se při ohřevu též rozpíná. Proto je nutné k získané hodnotě koeficientu teplotní délkové roztažnosti přičíst kalibrační konstantu dilatometru $\alpha_K = (8,012 \pm 0,023) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Matematický model pro výpočet nepřímě měřené veličiny

Součinitel délkové teplotní roztažnosti α' :

$$\alpha' = \alpha + \alpha_K = \frac{r}{2Rl_0} \cdot K + \alpha_K \quad (1)$$

R ... vzdálenost zrcátka od stupnice

r ... vzdálenost místa uchycení podpěry měřené tyče od pevné osy (parametr dilatometru)

l_0 ... délka tyče při pokojové teplotě (parametr od výrobce)

K ... směrnice přímky $n = n_0 + Kt$, která je výstupem lineární regrese

Poznámky a návod k výpočtu nejistot

Součinitel délkové teplotní roztažnosti α' :

- Nejistoty se určují na základě vztahu (1). Zde je vhodné nejprve určit kombinovanou nejistotu α (součinitele teplotní délkové roztažnosti před kalibrací) pomocí relativních nejistot. Nejistotu α' lze následně určit jako nejistotu prostého součtu (nejjednodušší lineární kombinace).
- Veličina, která se podílí na nejistotě typu A: K .
- Veličiny, které se podílejí na nejistotě typu B: R , r , l_0 a α_K .
- Pro parametry r , l_0 a α_K výrobci uvádějí přímo nejistotu.
- Maximální chyba vzdálenosti R musí reflektovat odhad kolmého směru a přesnost použití měřidla pro větší délky.

Podněty k diskusi

- Součinitel délkové teplotní roztažnosti α' je materiálová konstanta, kterou lze dohledat v tabulkách. Odhadněte materiál tyče a stanovte odchylku od tabulkové hodnoty.
- Diskutujte možný vliv rozdílné tepelné kapacity a tepelné vodivosti různých materiálů přesnost měření.