

Analyzátory teplôt.



Teplota je termodynamická stavová veličina. Základnou jednotkou termodynamickej teploty je kelvin (K) definovaný ako 273,16-tá časť termodynamickej teploty trojného bodu vody. Vzhľadom na spôsob definovania teplotných stupníc sa najčastejšie ako jednotka teploty používa stupeň Celzia (°C).

Celziova teplota (značka t), sa definuje ako rozdiel termodynamickej teploty T a teploty $T_0 = 273,15 \text{ K}$

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15 \quad (1)$$

Rozoznávame dve kategórie metód pri meraní teploty – **kontaktnú termometriu** a **radiačnú termometriu**.

Keď sa využívajú metódy patriace do prvej kategórie, objekt merania je v kontakte s teplomerom. To má za následok okamžité tepelné ovplyvnenie meraného objektu teplomerom. Druhá kategória metód sa zakladá na meraní (tepelného) vyžarovania meraného objektu. Žiarenie smeruje do tepelne citlivého zariadenia, ktoré umožňuje určiť teplotu meraného objektu podľa jeho vyžarovania.

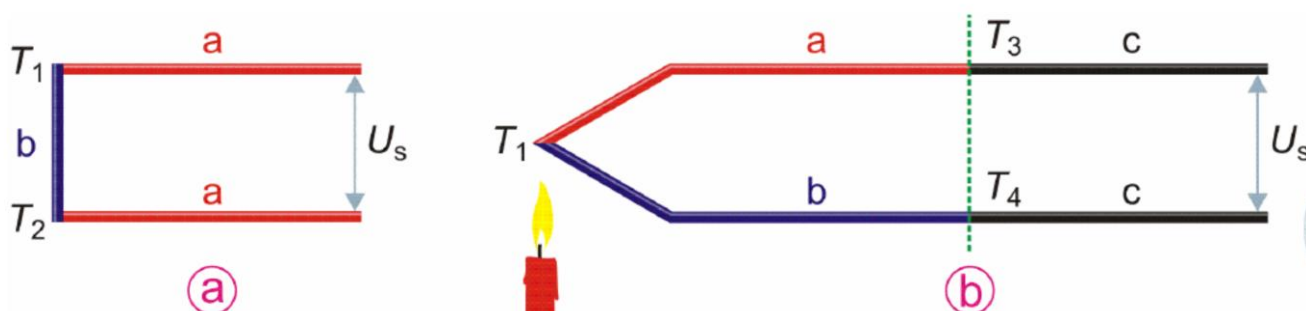
Vo všeobecnosti meradlá **teploty** využívajú niekoľko základných princípov:

- 1) teplotnú rozťažnosť tuhých, kvapalných alebo plyných teplomerných látok. Meria sa zmena objemu teplomernej látky pri konštantnom tlaku (dilatačné teplomery), alebo zmena tlaku teplomernej látky pri konštantnom objeme (tlakové teplomery),
- 2) zmenu elektrických vlastností snímača v závislosti od zmeny teploty. Využíva sa:
 - a) závislosť elektrického odporu vodičov alebo polovodičov od teploty. Takéto snímače teploty sa nazývajú odporové teplomery, resp. **termistory**,
 - b) vznik termoelektrického napätia v obvode tvorenom dvoma rôznymi kovovými vodičmi, ktorých konce sú spojené a vystavujú sa dvom rôznym teplotám (Seebeckov jav). Takéto snímače teploty sa nazývajú **termočlánky**,
- 3) snímanie celkovej energie žiarenia. Tuhé a kvapalné látky vysielať pri každej teplote $T > 0 \text{ K}$ tepelné žiarenie. Na určenie teploty sa využíva tepelná závislosť žiary, ktorú merajú **tepelné detektory**,
- 4) využitie spektrálnej žiarivosti meraného objektu. S rastom teploty meraného objektu rastie aj jeho spektrálna žiarivosť.

V metalurgii železa, ocele a ferozliatin sa najčastejšie používajú snímače teploty s elektrickým výstupom - odporové snímače teploty, termočlánky, snímače teploty založené na bipolárnom tranzistore ako aj špeciálne snímače teploty s elektrickým výstupom. Všetky tieto snímače teploty využívajú zmenu elektrických vlastností materiálu v závislosti od zmeny teploty.

Konštrukcia kvalitného odporového snímača teploty vyžaduje materiál (kov) s teplotným koeficientom odporu, ktorý je v širokom rozsahu teplôt stabilný a dobre reprodukovateľný.

Zďaleka najlepší materiál predstavuje platina, ktorá má množstvo vhodných vlastností. Platina má vysoký bod topenia ($1769\text{ }^{\circ}\text{C}$), chemicky je veľmi stabilná, odolná voči oxidácii a dá sa dosiahnuť jej vysoká čistota. **Platinové odporové snímače teploty** sa používajú ako medzinárodné etalóny teploty. Platina sa používa pri konštrukcii termočlánkov. Základnú schému termočlánku uvádza **obr. 1**. Ak sú teploty T_1 a T_2 rovnaké, napätia U_{ab} a U_{ba} sú takisto rovnaké, majú však opačné znamienko, takže $U_s = 0$. Naopak, ak majú dva spoje rôzne teploty, termoelektrické napätia sa navzájom nevynulujú, na koncových bodoch dvojice vodičov sa dá namerať napätie $U_s = U_{ab}(T_1) + U_{ba}(T_2) = U_{ab}(T_1) - U_{ab}(T_2)$. Termočlánky merajú iba rozdiel teplôt, nie absolútnu teplotu. Na zistenie teploty jedného spoja treba poznať teplotu druhého spoja. Tento druhý spoj sa nazýva chladný spoj. Udržiava sa na konštantnej, dobre známej teplote (napr. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, alebo na teplote okolia, napr. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Merací spoj sa nazýva teplý spoj a je vystavený prostrediu, ktorého teplotu chceme zistiť.



Obr. 1 Schémy termočlánku

a) základná schéma, b) teplý a studený spoj

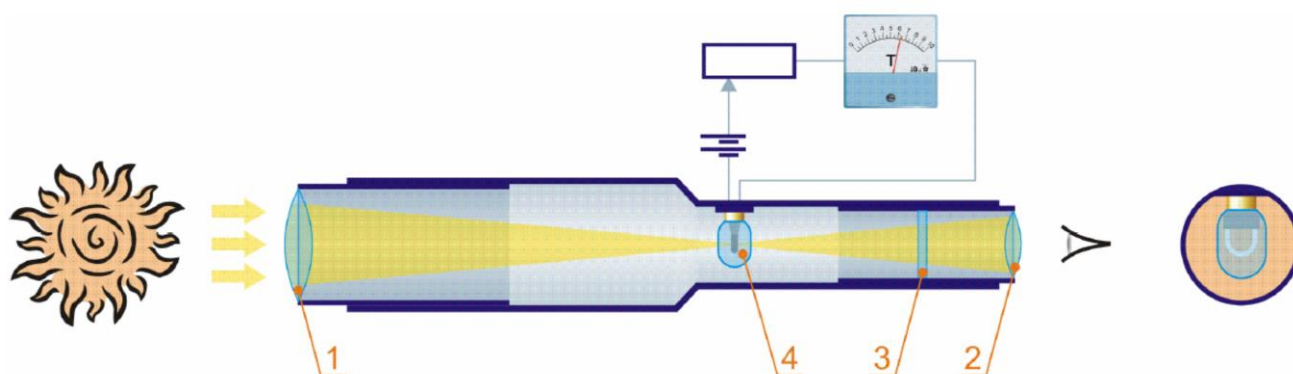
Materiály termočlánkov by mali mať vysoký Seebeckov koeficient (aby sa dosiahla vysoká citlivosť), nízky teplotný koeficient (na zaistenie vysokej lineárnosti) a musia byť v čase stabilné (na dosiahnutie dobrej dlhodobej stability snímača). Termočlánky pokrývajú veľký teplotný rozsah od takmer 0 K po približne 2900 K . Rôzne typy sa označujú písmenami K, E, J, N, B, R, S a T, pričom označenie sa vzťahuje na príslušný teplotný rozsah. V **Tab. 1** je zhrnutie základných vlastností najpoužívanejších termočlánkov.

Tab. 1 Vlastnosti termočlánkov

	Kombinácia zliatin		Tepl. rozsah (°C) ²		U_{te} (mV) ⁴	Dovolená chyba ⁵		Prostredie, v ktorom môže termočl. pracovať, poznámky
	vodič +	vodič -	termočl.	kom. v. ³		štandard.	špeciál.	
J	Fe (železo)	Cu-Ni (konštantán)	0 až 750	0 až 200	0 až 42,283	2,2 °C al. 0,75%	1,1 °C al. 0,4%	Redukčné, vákuum, inertné. Nedopor. pre nízke teploty
K	Ni-Cr (nikel-chróm)	Ni-Al (nikel-hliník)	-200 až 1250	0 až 200	-5,973 až 50,633	^{a)} 2,2 °C al. 0,75% ^{b)} 2,2 °C al. 2,0%	1,1 °C al. 0,4%	Čisté oxidačné a inertné. Obmedzené použitie vo vákuu a redukčnom.
T	Cu (meď)	Cu-Ni (konštantán)	-200 až 350	-60 až 100	-5,602 až 17,816	^{a)} 1,0 °C al. 0,75% ^{b)} 1,0 °C al. 1,5%	0,5 °C al. 0,4%	Stredne oxid., redukčné, váku- um alebo inertné. Dobré použi- tie vo vlhkom prost. Nízke teploty a kryogenika.
E	Ni-Cr (nikel-chróm)	Cu-Ni (konštantán)	-200 až 900	0 až 200	-8,824 až 68,783	^{a)} 1,7 °C al. 0,5% ^{b)} 1,7 °C al. 1,0%	1,0 °C al. 0,4%	Oxidačné alebo inertné. Obmedz. použitie vo vákuu alebo v redukčnom prost. Najv. prírastok U_{te} na 1 °C.
N ¹	Ni-Cr-Si (nicrosil)	Ni-Si-Mg (nisil)	-270 až 1300	0 až 200	-4,345 až 47,502	^{a)} 2,2 °C al. 0,75% ^{b)} 2,2 °C al. 2,0%	1,1 °C al. 0,4%	Alternatíva k typu K. Stabil- nejší pri vysokých teplotách.
R	Pt-13%Rh (platina- rhódium)	Pt (platina)	0 až 1450	0 až 150	0 až 16,741	1,5 °C al. 0,25%	0,6 °C al. 0,1%	Oxidačné al. inertné. Nevkla- dať do kovových ochr. obalov. Chrániť pred kontamináciou.
S	Pt-10%Rh (platina- rhódium)	Pt (platina)	0 až 1450	0 až 150	0 až 14,973	1,5 °C al. 0,25%	0,6 °C al. 0,1%	Oxidačné al. inertné. Nevkla- dať do kovových ochr. obalov. Chrániť pred kontamináciou.
B	Pt-30%Rh (platina- rhódium)	Pt-6%Rh (platina- rhódium)	0 až 1700	0 až 100	0 až 12,426	0,5% nad 800 °C	neudáva sa	Oxidačné al. inertné. Nevkla- dať do kovových ochr. obalov. Chrániť pred kontamináciou.
G ¹	W (volfrám)	W-26%Re (volfrám- rhénium)	0 až 2320	0 až 260	0 až 38,564	4,5 °C do 425 °C 1,0% do 2320 °C	neudáva sa	Vákuum, inertné, hydrogen. Nepraktické pod 750 °C. Chrániť pred skrehnutím. Nie pre oxidačné prostredie.
C ¹	W-5%Re (volfrám- rhénium)	W-26%Re (volfrám- rhénium)	0 až 2320	0 až 870	0 až 37,066	4,5 °C do 425 °C 1,0% do 2320 °C	neudáva sa	Vákuum, inertné, hydrogen. Nepraktické pod 750 °C. Chrániť pred skrehnutím. Nie pre oxidačné prostredie.
D ¹	W-3%Re (volfrám- rhénium)	W-25%Re (volfrám- rhénium)	0 až 2320	0 až 260	0 až 39,506	4,5 °C do 425 °C 1,0% do 2320 °C	neudáva sa	Vákuum, inertné, hydrogen. Nepraktické pod 750 °C. Chrániť pred skrehnutím. Nie pre oxidačné prostredie.

Radiačný teplomer využíva vyžarovanie tepla telesom, ktorého teplota sa má merať. Meranie je v zásade **bezdotykové**. Tepelný tok vyžiarený telesom pokrýva rozsah vlnových dĺžok, ktorý závisí od teploty. Správne meranie teploty pomocou radiačnej metódy vyžaduje poznanie hodnoty emisivity. Emisivita predstavuje pomer medzi žiarením generovaným meraným žiaričom a žiarením generovaným čiernym telesom. Jej hodnoty závisia od materiálu, vlastností povrchu a vlnovej dĺžky. Pyrometer sa zvyčajne kalibruje na emisivitu s hodnotu 1. Ak sa hodnota emisivity líši od 1, výsledok merania treba korigovať.

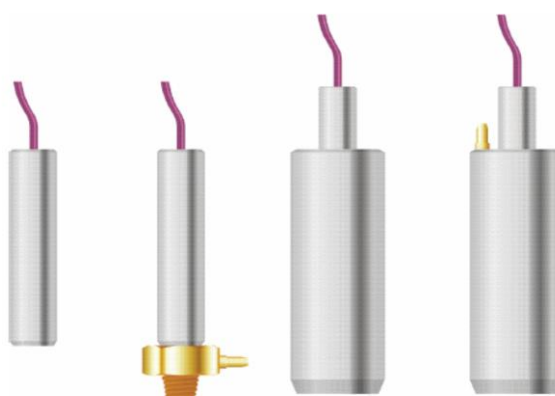
Optický pyrometer obsahuje vlákno, ktoré sa dá elektronicky nahriať na známu teplotu. V prípade **optického pyrometra** sa sleduje vlákno žiarovky na pozadí meraného objektu. Teplota vlákna sa nastavuje dovtedy, kým sa nezdá, že vlákno zmizlo (má takú istú farbu ako pozadie). Takže v tomto okamihu má vlákno takú istú teplotu ako je teplota meraného objektu, *obr. 2*.



Obr. 2 Spektrálny pyrometer s premenlivou svetivosťou žiarovky

1 – vstupná šošovka, 2 – okulárová šošovka, 3 – filter, 4 – pyrometrická žiarovka

Snímač v radiačnom pyometri generuje napätie, ktoré je úmerné nárastu teploty, spôsobenému dopadajúcim žiarením. Na tento účel sa dajú výhodne využiť špeciálne infračervené termočlánky. Vytvorenie takýchto termočlánkov predstavuje významný pokrok v technológii bezkontaktného merania teploty. **Infračervené termočlánky** sa môžu používať na meranie povrchovej teploty veľkého množstva materiálov. Bežné infračervené termočlánky sa dajú použiť v rozsahu $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $2800\text{ }^{\circ}\text{C}$, *obr. 3*.



Obr. 3 Infračervené termočlánky

Na nasledujúcich web stránkach sa nachádzajú ďalšie informácie z problematiky merania teplôt pri technológiach výroby a spracovania železa, ocele a ferozliatin.

<http://www.raytek.com/raytek/en-r0>

<http://www.directindustry.com/cat/temperature-humidity-measurement/non-contact-temperature-sensors-infrared-BR-817.html>

<http://www.ppa.sk/?p=151>

[http://www.unms.sk/swift_data/source/2015/om/prirucky/PRIRUCKA TEPLOTA na web.pdf](http://www.unms.sk/swift_data/source/2015/om/prirucky/PRIRUCKA_TEPLOTA_na_web.pdf)