

# Bezdotykové meranie teploty – IR teplomery testo 830 (1)

Dušan Kisel

Je známe, že všetky telesá emitujú elektromagnetické vlny alebo žiarenie v závislosti od ich teploty. Počas rozptylu žiarenia sa prenáša energia, ktorá umožňuje bezdotykovú meranie teploty s využitím radiácie.

Energia žiarenia a jej charakteristické vlnové dĺžky primárne závisia od teploty žiariaceho telesa.

Svetlo je elektromagnetické vlnenie, ktoré sa šíri priamočiarko rýchlosťou svetla. Viditeľné svetlo je len viditeľná časť elektromagnetického žiarenia, ktorá sa nazýva viditeľné (VIS) a zahŕňa vlnové dĺžky od 380 nm (fialová) až po 750 nm (červená). Táto oblasť je definovaná citlivosťou ľudského oka.

Na bezdotykové meranie teploty sa využíva dlhovlnné žiarenie, tzv. infračervené svetlo. Poznáme tzv. blízke infračervené svetlo (Near IR), charakterizované vlnovými dĺžkami 750 nm až 2,5  $\mu\text{m}$ , nasleduje stredné infračervené pásmo (Middle IR alebo jednoducho IR) s rozsahom od 2,5  $\mu\text{m}$  do 25  $\mu\text{m}$  a vzdialené infračervené pásmo (Far IR) zahŕňajúce žiarenie s vlnovými dĺžkami od 25  $\mu\text{m}$  do asi 3 mm.

Na správne meranie pomocou IR žiarenia sa využívajú tzv. atmosférické okná, charakterizované nulovou alebo veľmi malou absorpciou alebo emisiou elektromagnetického žiarenia vzduchom medzi meraným telesom a meracím prístrojom.

Na merania v rozsahu nízkych a stredných teplôt (kde sa ponúka aj merací prístroj testo) sa využíva rozsah vlnových dĺžok od 8 do 14  $\mu\text{m}$ . Ide o tzv. pásmové pyrometre alebo fotoelektrické pyrometre, ktoré využívajú pevnú šírku vlnových dĺžok vysielaného žiarenia. Pri teplote nad 1000  $^{\circ}\text{C}$  sa využíva spektrálne okno 2 – 2,5  $\mu\text{m}$  (tzv. druhé atmosférické okno) alebo 3,5 – 4,2  $\mu\text{m}$  (tzv. tretie atmosférické okno).

Každé teleso s teplotou vyššou, ako je absolútna nula (0 K = -273,15  $^{\circ}\text{C}$ ), vyžaruje elektromagnetické žiarenie. Žiarenie telesa dopadajúce na meraciu hlavu meracieho prístroja pozostáva z emisie vlastného meraného telesa a externého žiarenia vplyvom odrazu – reflexie a prechodu cez teleso – transparentie. Súčet celkového žiarenia sa označuje ako 100 % alebo 1.

A je stupeň pohltivosti, absorpcie; vyjadruje schopnosť telesa pohlcovať dopadajúce elektromagnetické žiarenie na teleso. Rovnako platí, že stupeň pohltivosti A je rovný stupňu emisivity telesa, pre ktorú sa používa koeficient sálenia alebo stupeň čiernosti telesa  $\epsilon$ . Teda  $A = \epsilon$ .



Obr.1 Princíp merania pomocou IR teplomera

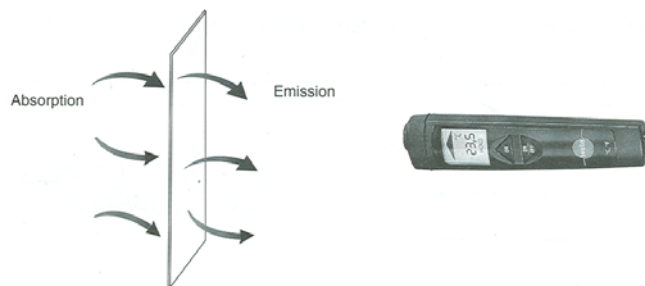
R – je stupeň odrazivosti (reflexie); vyjadruje schopnosť telesa odrážať elektromagnetické žiarenie. Stupeň reflexie závisí od kvality povrchu a typu materiálu.

T – je stupeň priepustnosti (transmisie) – vyjadruje schopnosť prepúšťať elektromagnetické žiarenie, závisí od hrúbky a typu materiálu.

Tieto tri faktory môžu dosahovať hodnotu 0 až 1 (teda 0 až 100 %). Platí, že  $A + R + T = 1$ .

Pre merané teleso možno podľa uvedených faktorov definovať tri prípady:

1.  $A = 1, R = 0, T = 0$  – v tomto prípade ide o dokonale čierne teleso (obr. 2). Meraný objekt absorbuje všetku energiu (tzv. absorpcia) a premieňa ju na vlastné žiarenie (tzv. emisia). Emisivita čierneho telesa  $\epsilon = 1$ .
2.  $A = 0, R = 1, T = 0$  – v tomto prípade ide o dokonale biele teleso. Meraný objekt odráža všetku energiu (ideálna odrazivosť) a nič nepohlcuje.
3.  $A = 0, R = 0, T = 1$  – v tomto prípade ide o dokonale priepustné teleso. Meraný objekt prepúšťa všetko žiarenie dopadajúce naň.

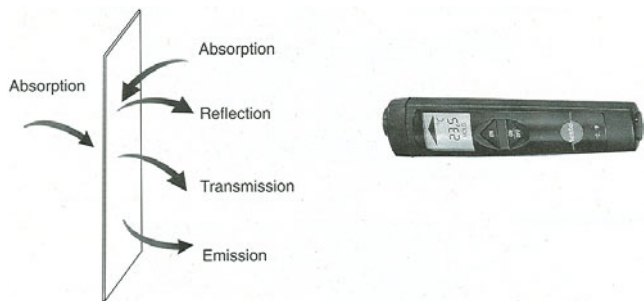


Obr.2 Absolútne čierne teleso

Pre IR bezdotykové meranie je definícia čierneho telesa mimoriadne dôležitá. Reálne sa však teleso nikdy nechová ako úplne čierne, nakoľko sa vyznačuje aj odrazom dopadajúcej energie (tzv. reflexiou) od telesa a priepustnosťou dopadajúcej energie (tzv. transparentiou) cez teleso. Telesá sa označujú aj ako sivé telesá. Majú mnohé vlastnosti ako čierne telesá, len intenzita ich žiarenia je nižšia. To je spôsobené nižšou hodnotou emisivity. Emisivita sivého telesa je  $\epsilon < 1$ .

Aby sme dosiahli spoľahlivé bezdotykové meranie teploty, je nevyhnutné identifikovať emisivitu, odrazivosť a transparentnosť telesa, a tak eliminovať ich vplyv na meranie.

To možno realizovať napr. pomocou referenčného merania s kontaktným teplomerom alebo zámernou zmenou kvality vyžarovaného povrchu telesa, napr. nanosením farebného náteru alebo nalepením špeciálnej pásky alebo papierovej či plastovej nálepky s presne definovanou emisivitou. Takto zmeriame povrchovú tep-



Obr.3 Sivé teleso

lotu meraného povrchu so známou emisivitou (nálepka, farba, páska ap.) a na IR pyrometri si nastavíme emisivitu neznámeho povrchu (vedľa nálepky) tak, aby boli merané teploty rovnaké.

Okrem pojmu čierne a sivé teleso poznáme aj pojem farebné teleso. Farebné telesá sú materiály, ktorých emisivita závisí od teploty povrchu, a teda od vlnovej dĺžky meraného žiarenia. Zmenená to, že takéto teleso má inú emisivitu (monochromatickú emisivitu  $\epsilon_\lambda$ ) pre teploty napr. 200 °C, 600 °C.

Platí to pre väčšinu kovových materiálov. V tomto prípade treba určiť emisivitu  $\epsilon_\lambda$  pre správnu meranú teplotu.

### Emisivita čiernych kovov

Kovy majú v rozsahu vlnových dĺžok 8 – 14  $\mu\text{m}$  (rozsah aj meracích prístrojov testo) nízku hodnotu emisivity, a preto je náročné presne merať ich teplotu. Presné meranie možno realizovať len použitím pomocného náteru s definovanou emisivitou, napr. farby, olejového filmu alebo nalepovacej pásky (napr. testo 0554.0051) na povrchu meraného objektu alebo meraním pomocou kontaktného teplomera.

### Oxidované kovy

Nevyznačujú sa konštantnými vlastnosťami; ich emisivita sa pohybuje v rozmedzí 0,3 až 0,9 a závisí od vlnovej dĺžky. Na presné meranie teploty povrchu treba určiť monochromatickú emisivitu

pomocou kontaktného teplomera alebo aplikovaním náteru s definovanou emisivitou.

Približný vzťah pre monochromatickú emisivitu kovov je:

$$\epsilon_\lambda \approx K \sqrt{\frac{\rho}{\lambda}}$$

kde konštanta  $K = 0,365 (\Omega^{1/2})$ ,

$\rho$  je merný odpor materiálu ( $\Omega\text{-cm}$ ),

$\lambda$  – vlnová dĺžka (cm).

Vzťah platí pre vlnové dĺžky  $\lambda > 2 \mu\text{m}$ .

### Lesklé nekovové/tmavé nekovové materiály/plasty/potraviny

Papier, keramika, sadra, drevo, guma, tmavé drevo, kameň, tmavé farby a nátery atď. majú emisivitu asi 0,95 pri vlnových dĺžkach nad 8  $\mu\text{m}$ .

Pri väčšine organických materiálov (napr. potraviny) má emisivita približnú hodnotu 0,95, preto je táto hodnota vložená ako štandardná v menu prístroja, aby sa zamedzilo chybám merania nesprávnym nastavením emisivity (testo IR pyrometre série testo 826 pre potravinársky priemysel).

*Pokračovanie v budúcom čísle.*

# K TEST

**K – TEST, s. r. o.**

Letná 40

042 60 Košice

Tel./fax: 055/625 36 33, 625 51 50

e-mail: [ktest@kbc.sk](mailto:ktest@kbc.sk)

<http://www.ktest.sk>

30

