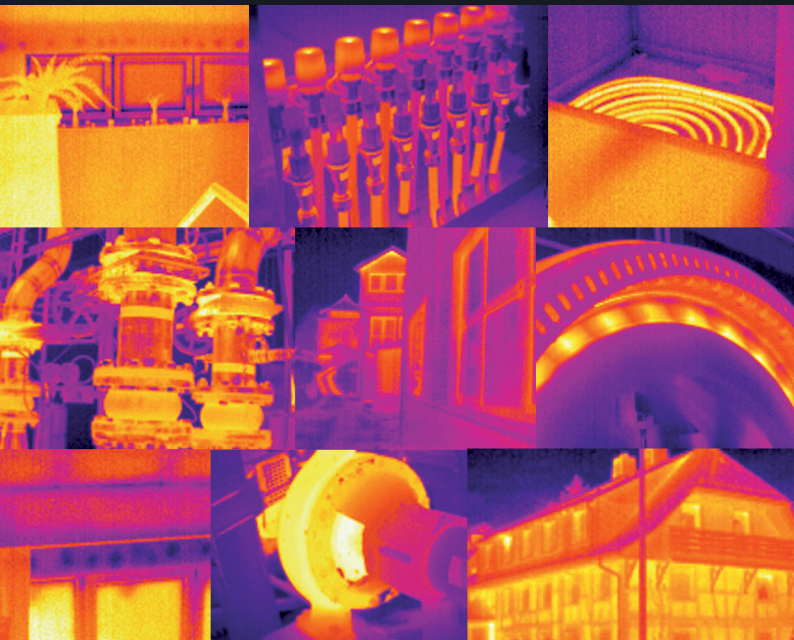




Budoucnost zavazuje

Kapesní průvodce termografie



teorie – praxe – tipy & triky



Autorská práva, záruky a závazky

Informace, obsažené v tomto kapesním průvodci jsou chráněny autorskými právy. Všechna tato práva náleží společnosti Testo AG. Obsah a obrázky nesmí být bez předchozího písemného souhlasu firmy Testo AG rozšiřovány, upravovány nebo používány k jinému než popsanému účelu.

Informace v tomto kapesním průvodci jsou zpracovány s velkou pečlivostí. Přesto jsou zpracovány nezávisle a společnost Testo AG si vyhrazuje právo na změny nebo doplnění. Testo AG nepřijímá žádnou zodpovědnost nebo záruky za správnost a úplnost podaných informací. Ručení je v souladu se zákony omezeno na škody, které firma Testo AG, jí pověřené osoby nebo dodavatelé způsobili úmyslně, z hrubé nedbalosti nebo při zanedbání povinnosti lehkou nedbalostí. V případech lehké nedbalosti je ručení firmy Testo AG ve výši, která je běžná v obchodu tohoto typu a odpovídá nastalým škodám. Odpovědnost za škodu ze záruky nebo ze zákona zůstává nedotčena.

Testo AG, září 2008

Předmluva

Vážená zákaznice,
vážený zákazníku,

„Obrázkem řeknete víc než tisíci slovy“.

V časech rostoucích cen energií a vysokých nákladů na odstavení zejména výrobních strojů se bezdotykové měření teploty uplatňuje při zjišťování účinnosti budov i při průmyslové údržbě. A přeci není termografie jako termografie. Neboť při bezdotykovém měření teploty platí některé základní regulace.

Příručka „Kapesní průvodce termografií“ vznikla na základě opakovaných požadavků našich zákazníků. Obsahuje mnoho zajímavých informací a tipů a triků z praktického měření, které vám mohou výrazně pomoci při vašem každodenním měření.

Přejeme příjemné čtení!

Daniel Auer,
vedoucí výrobní skupiny infračervená měřicí technika

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel Auer", followed by a long horizontal flourish.

Obsah

1. Teoretické základy termografie	5
1.1 Emise, reflexe, prostup	6
1.2 Měřené místo a vzdálenost	13
2. Termografie v praxi	16
2.1 Měřený objekt a jeho okolí	16
2.2 Praktické stanovení ε a RTC	25
2.3 Příčiny chyb při infračerveném měření	28
2.4 Ideální podmínky při infračerveném měření	34
2.5 Perfektní obrázek teploty	35
3. Příloha	38
3.1 Termografie - glosář	38
3.2 Tabulky emisivit	51
3.3 Testo doporučuje	53

1 Teoretické základy termografie

Každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula (0 Kelvinů = $-273,15\text{ °C}$) vydává infračervené záření. Toto infračervené záření není lidským okem viditelné.

Jak zjistil fyzik Max Planck již v roce 1900, existuje souvislost mezi teplotou tělesa a intenzitou jím vyzařovaného infračerveného záření.

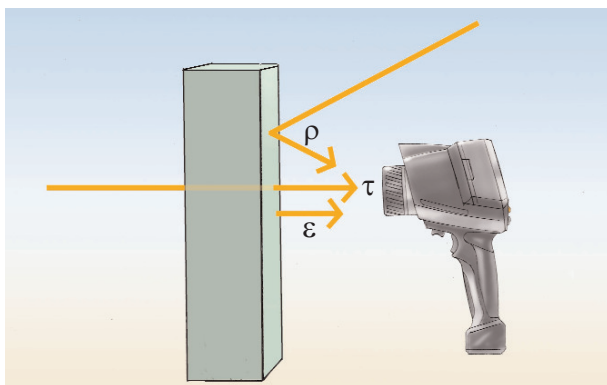
Teplotní kamera měří ve svém zorném poli dlouhovlnné infračervené záření. Z toho dopočítává teplotu měřeného objektu. Výpočet vypočítává s ohledem na stupeň emisivity (ε) povrchu měřeného objektu a kompenzace odražené teploty (RTC = Reflected Temperature Compensation). Obě tyto hodnoty jsou manuálně nastavitelnými veličinami.

Každý pixel detektoru představuje teplotní bod, který je na displeji zobrazen v barevném provedení (viz. „měřicí bod a vzdálenost“, str. 13).

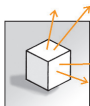
Termografie (měření teploty pomocí termokamery) je pasivní, bezdotyková měřicí metoda. Vytváří se obraz rozložení teploty na povrchu měřeného objektu. Pomocí termokamery nelze měřit vnitřní teplotu objektu ani teplotu objektů v pozadí

1.1 Emise, Reflexe, Prostup

Záření vstupující do termokamery se skládá z více složek - vyzářeného, odraženého a přeneseného složky infračerveného záření, které vychází z objektů v zorném poli termokamery.



Obrázek 1.1: Emise, reflexe a prostup



Emisivita (ϵ)

Emisivita (ϵ) je měřítkem ochoty materiálu pohlcovat a tedy i vyzařovat infračervené záření.

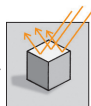
- ϵ závisí na charakteru povrchu materiálu a, u některých materiálů, také na teplotě měřeného tělesa.
- Maximální emisivita: $\epsilon = 1$ ($\cong 100\%$) (viz. „Vyzařování černé-

ho tělesa“, str. 48). Příklad $\varepsilon = 1$ je ideálním stavem a ve skutečnosti nikdy nenastane.

- Reálná tělesa: $\varepsilon < 1$, neboť reálná tělesa záření zároveň odrážejí a eventuelně přenášejí.
- Mnoho nekovových materiálů (např. PVC, beton, organické látky) mají vysokou, na teplotě nezávislou emisivitu ($\varepsilon \approx 0,8\text{--}0,95$) v dlouhovlnném spektru infračerveného záření.
- Kovy, především s hladkými povrchy, mají nízkou, teplotně závislou emisivitu.
- ε je možné v termokameře nastavit manuálně.

Hodnota reflexe (ρ)

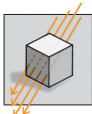
Reflexe (ρ) je konstanta, specifická pro každý materiál, která udává schopnost tělesa odrazit záření.



- ρ závisí na charakteru povrchu materiálu a, u některých materiálů, také na teplotě měřeného tělesa.
- Zpravidla odrazí hladký, lesklý povrch záření mnohem lépe než hrubý a matný povrch stejného materiálu.
- Teplotu odraženého záření je možné v termokameře manuálně nastavit (RTC).
- RTC odpovídá v mnoha měřicích úlohách teplotě okolí. Tu je možné změřit např. teploměrem testo 810.
- RTC je možné také zjistit pomocí Lambertova zářiče (viz. „Měření odražené teploty pomocí (improvizovaného) Lambertova zářiče“ str. 27).
- Úhel odrazu odraženého infračerveného záření je stejný

jako úhel dopadu (viz. „Zrcadlící reflexe“ str. 31).

Přenos - transmise (τ)



Stupeň přenosu (τ) je měřítkem schopnosti materiálu propouštět infračervené záření .

- τ závisí na druhu a tloušťce materiálu.
- Většina materiálů není pro dlouhovlnné infračervené zařízení průchozí.

Kirchhofský zákon záření

Infračervené záření, pohlcené termokamerou sestává z:

- měřeným objektem vyslaného záření,
- odrazem záření ostatních těles v okolí, a
- prostupu záření tělesem.

(viz. obr. 1.1, str. 6)

Součet těchto složek je vždy roven 1 ($\cong 100\%$):

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

Neboť prostup v praxi nehraje žádnou roli, součinitel prostupu τ ve vzorci zanedbáme

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1$$

zjednoduší se na

$$\varepsilon + \rho = 1.$$

Pro termografii to znamená:

čím je nižší emisivita,

⇒ tím je vyšší podíl odraženého záření,

- ⇒ čím obtížnější je přesné měření teploty a
- ⇒ čím důležitější je přesné nastavení kompenzace odražené teploty (RTC).

Souvislost mezi emisí a reflexí

1. Měření objekty s vysokou emisivitou ($\varepsilon \geq 0,8$):

- ⇒ Mají nízkou odraznost (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- ⇒ Vaši teplotu je možné velice dobře měřit pomocí termokamery.

2. Měření objekty se střední emisivitou ($0,8 < \varepsilon < 0,6$):

- ⇒ Mají střední odraznost (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- ⇒ Teplotu vašeho objektu je možné dobře měřit pomocí termokamery.

3. Měření objekty s nízkou emisivitou ($\varepsilon \leq 0,6$)

- ⇒ Mají vysokou odraznost (ρ): $\rho = 1 - \varepsilon$.
- ⇒ Měření vašeho objektu je pomocí termokamery možné, ale naměřené hodnoty je potřeba posuzovat kriticky.
- ⇒ Je nezbytné správně nastavit kompenzaci odraženého záření, neboť to má velký vliv na výpočet teploty.

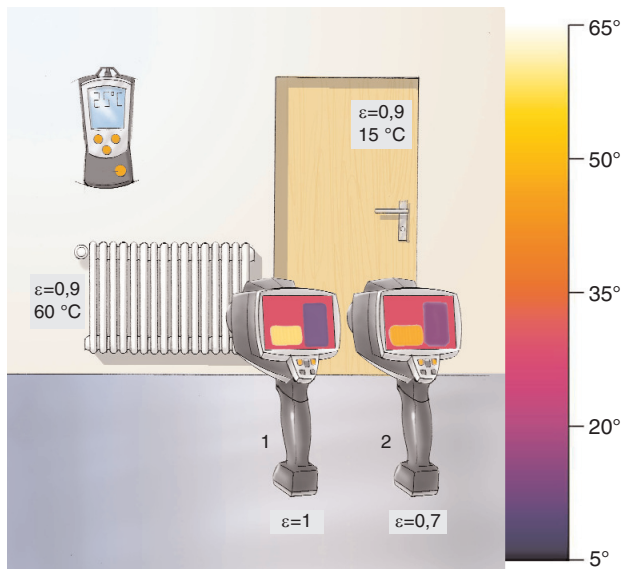
Zvláště v případě velkých teplotních rozdílů mezi měřeným objektem a jeho okolím je správné nastavení emisivity extrémně důležité.

1. Pokud je teplota měřeného objektu vyšší než teplota okolí (viz. topení na obr. 1.2, str. 11):

- ⇒ Příliš vysoko nastavená emisivita způsobí, že je hodnota teploty příliš vysoká (viz. kamera 1).
- ⇒ Příliš nízko nastavená emisivita způsobí, že je hodnota teploty příliš nízká (viz. kamera 2).

2. Pokud je teplota měřeného objektu vyšší než teplota okolí (viz. dveře na obr. 1.2, str. 11):

- ⇒ Příliš vysoko nastavená emisivita způsobí, že je hodnota teploty příliš nízká (viz. kamera 1).
- ⇒ Příliš nízko nastavená emisivita způsobí, že je hodnota teploty příliš vysoká (viz. kamera 2).



Obrázek 1.2: Vliv chybně nastavené emisivity při měření teploty

Pozor: Čím je větší rozdíl mezi teplotou měřeného objektu od teploty okolí a čím menší je emisivita, tím větší bude chyba měření. Tato chyba se při chybně nastavené emisivitě ještě zvětšuje.





- Pomocí termokamery je možné měřit pouze teplotu povrchu, nelze měřit vnitřní teplotu ani tělesa v pozadí.

- Mnoho, pro lidské oko průhledných materiálů, jako např. sklo není transmisivních (prostupných) pro dlouhovlnné infračervené záření (viz. „Měření na skle“ str. 30).
- Při měření z objektu odstraňte veškeré kryty, neboť termokamera změří pouze teplotu těchto krytů.

Pozor:

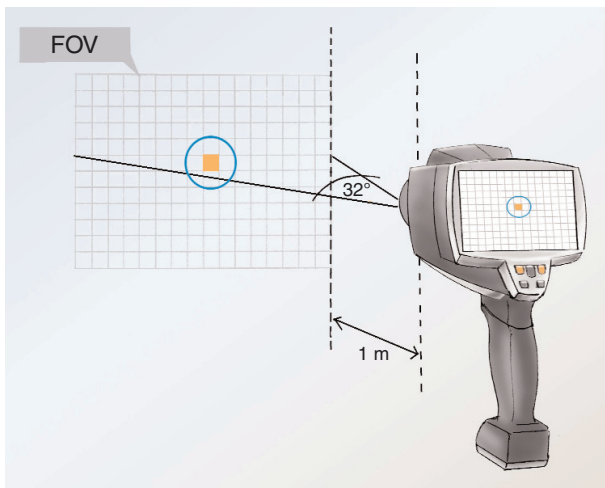
Dbejte vždy na provozní předpisy měřených objektů!

- K několika málo prostupným materiálům patří např. tenké plastové fólie a germanium, materiál ze kterého jsou vyrobeny čočky a ochranné sklo termokamer Testo.
- Pokud elementy, které leží pod povrchem tento povrch tepelně ovlivňují kondukcí, je možné často pomocí termokamery rozpoznat strukturu těchto objektů. Přesto měří termokamera pouze povrchovou teplotu. Přesné určení teploty těchto elementů není možné.

1.2 Měření místo a vzdálenost

Při určování vhodné vzdálenosti od místa měření je potřeba brát ohled na tři veličiny:

- zorné pole (FOV),
- nejmenší rozpoznatelný objekt (IFOV_{geo}), a
- nejmenší měřitelný objekt / místo měření (IFOV_{měř}).



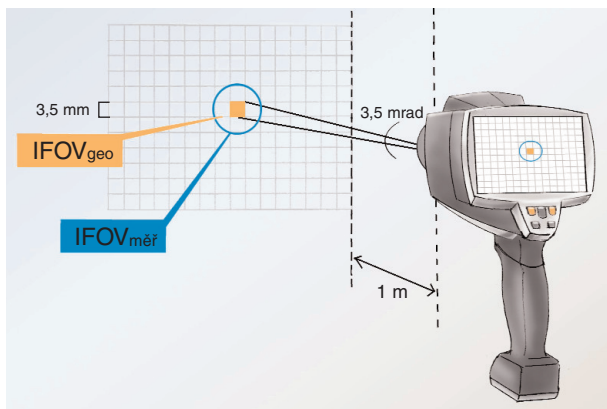
Obrázek 1.3: Zorné pole termokamery

Zorné pole (FOV) termokamery je termokamerou viditelná plocha (viz. obr. 1.3, str. 13). Závisí to na použitém objektivu (např. 32° širokoúhlý objektiv – standard u přístroje testo 880, 12° teleobjektiv je možné dokoupit jako příslušenství).



Pro velké zorné pole použijte širokoúhlý objektiv.

Zároveň byste měli znát nejmenší rozpoznatelný objekt vaší termokamery (IFOV_{geo}). To popisuje velikost jednoho pixelu v závis-



Obrázek 1.4: Zorné pole jednoho jediného pixelu

losti na vzdálenosti.

Při prostorovém rozlišení objektivu 3,5 mrad a měřicí vzdálenosti 1 m je rozlišení (IFOV_{geo}) se hrana o délce 3,5 mm na displeji zobrazí jako jeden pixel (viz. obr. 1.4, str. 14). Pro přesné měření by měl být měřený objekt 2–3 krát větší než nejmenší rozpoznatelný objekt (IFOV_{geo}).

Pro nejmenší měřitelný objekt ($\text{IFOV}_{\text{měř}}$) platí také základní pravidlo:

$$\text{IFOV}_{\text{měř}} \approx 3 \times \text{IFOV}_{\text{geo}}$$

- Pro dobré prostorové rozlišení byste měli použít teleobjektiv.

- Pomocí počítadla FOV od firmy Testo je možné dopočítat hodnoty FOV, $\text{IFOV}_{\text{měř}}$ a IFOV_{geo} pro různé měřicí vzdálenosti. Objednejte si zdarma toto praktické otočné kolečko na www.testo.de/FOV, nebo si dopočítejte vaše hodnoty online.



2 Termografie v praxi

2.1 Měřený objekt a jeho okolí

Měřený objekt

1. Materiál a emisivita

Povrch každého materiálu má svou specifickou emisivitu, ze které je měřítkem, kolik materiál vydává infračerveného záření a to

- odrazem a
- vyzařováním (ze samotného objektu).

2. Barva

Při měření teploty termokamerou nemá barva materiálu žádný výraznější vliv na z měřeného objektu vycházející tepelné záření.

Tmavé povrchy absorbují více krátkovlnného infračerveného záření než světlé povrchy a ohřívají se proto rychleji. Vysílané infračervené záření závisí totiž na teplotě a ne na barvě povrchu měřeného objektu. Např. černé, lakované těleso vyzařuje stejné množství dlouhovlnného infračerveného záření, jako bílé, lakované těleso o stejné teplotě.

3. Povrch měřeného objektu

Rozhodnou roli při měření teploty termokamerou hraje povrch. Neboť každá struktura povrchu, znečištění nebo nanesený povrch mění emisivitu tělesa.



Struktura povrchu

Hladký, lesklý, zrcadlový a/nebo leštěný povrch má zpravidla o něco nižší emisivitu než matný, strukturovaný, hrubý, zkorodovaný a/nebo poškrábaný povrch stejného materiálu. U velice hladkých ploch často dochází k zrcadlové reflexi (viz. „Zrcadlová reflexe“, str. 31).

Vlhkost, sníh a námraza na povrchu

Voda, sníh a námraza mají relativně vysokou emisivitu (cca. $0,85 < \varepsilon < 0,96$), proto je v tomto případě měření obecně neproblematické. Ovšem je potřeba dát pozor na to, že teplota měřeného objektu může být takovým přirozeným povrchem zkreslena. Neboť vlhkost při vypařování ochlazuje měřený povrch a sníh má dobré izolační vlastnosti. Námraza netvoří celistvý měřený povrch, proto musíte při měření zohlednit emisivitu námrazy i pod ní ležícího povrchu.

Znečištění a cizí tělesa na povrchu

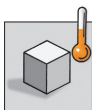
Znečištění na povrchu měřeného objektu, jako např. prach, saze nebo mazivo, zvyšuje zpravidla emisivitu povrchu. Z toho důvodu je měření znečištěného objektu zpravidla bez problémů. Vaše termokamera měří přesto vždy teplotou povrchu, tudíž teplotu znečištění a ne přesnou teplotu povrchu pod ním ležícího tělesa.

Okolí měřeného tělesa



- Emisivita materiálu silně závisí na struktuře povrchu materiálu.
- Pozor na korektní nastavení emisivity podle povrchu měřené plochy.
- Neměřte vlhké, zasněžené nebo namrzlé povrchy.
- Neměřte na nepřiléhající znečištění (zkreslení teploty obsaženým vzduchem).
- Zvláštní pozornosti dbejte při měření hladkých povrchů možným zdrojům záření v okolí (např. slunce, topení, atd.).

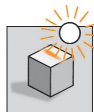
1. Teplota okolí



Aby mohla termokamera správně dopočítat teplotu měřeného povrchu, je potřeba vedle nastavení emisivity (ϵ) dát pozor také na odraženou teplotu (RTC). V mnoha případech měření odpovídá odražená teplota teplotě okolí (viz. „Vyzařování“, str. 19). Teplotu okolí je možné změřit prostorovým teploměrem, např. testo 810.

Přesné nastavení emisivity je zvláště důležité při vysokém rozdílu teploty měřeného tělesa a teploty okolí (viz. obr. 1.2, str. 11).

2. Záření



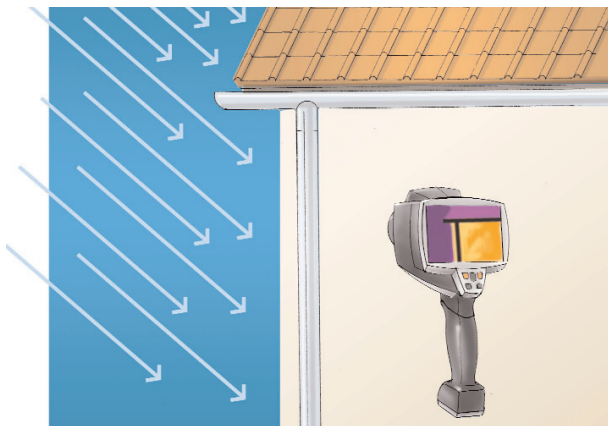
Každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula ($0 \text{ Kelvinů} = -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$) vysílá infračervené záření. Především objekty, které mají teplotu výrazně odlišnou od měřeného objektu mohou infračervené záření rušit svým vlastním vyzařováním. Takové zdroje rušení je potřeba, pokud je to možné, odstranit nebo vypnout. Odstíněním zdrojů rušení (např. plátnem nebo kartonem) redukuje jejich negativní vliv na měření. Pokud se nedá zdroj rušení odstranit, neodpovídá odražené teplota teplotě okolí. Pro měření odraženého záření doporučujeme např. kulový teploměr nebo Lambertův zářič ne spojení s termokamerou (viz. „Výpočet teploty odraženého záření“, str. 27).

Zvláštnosti termografie ve venkovním prostředí

Infračervené záření, které vychází z oblohy, se hovorově nazývá „chladným zářením nebe“. Pokud je čisté nebe, je odráženo „chladné záření nebe“ ($\sim -50 \dots -60 \text{ }^{\circ}\text{C}$) a tepelné záření slunce ($\sim 5500 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Nebe převyšuje svou plochou slunce, proto odražená teplota při termografickém měření ve venkovním prostředí leží v případě slunečního dne většinou níže než $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kvůli absorpci slunečního záření se objekty na slunci ohřívají. To závažně ovlivňuje povrchovou teplotu – částečně ještě několik hodin po skončení přímého slunečního ozáření.

Na obrázku 2.1 je patrné, že dešťový okap je na snímku rozložení teploty chladnější než stěna domu. Obě tělesa však mají přibližně stejnou teplotu. Snímek je nutné také správně interpretovat.

Řekněme, že povrch okapu je zinkovaný a má velice nízkou emi-



Obrázek 2.1: Reflexe při měření venku

sivitu ($\varepsilon = 0,1$). Pouze 10% z okapu vycházejícího dlouhovlnného infračerveného záření je vyzářeno, zbylých 90% je odražené záření okolí. Pokud je čisté nebe, odráží se „chladné záření nebe“ ($\sim -50 \dots -60 \text{ }^{\circ}\text{C}$) na okapu. Termovize je nastavena na správné měření stěny domu $\varepsilon = 0,95$ a RTC = $-55 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kvůli výrazně nízké emisivitě a velice silné reflexe se dešťový okap jeví na snímku velice studený. Pro správné zobrazení obou teplot na teplotním snímku je možné emisivitu některých ploch později upravit pomocí analyzačního programu (např. pomocí Testo IRSofť od verze 2.0).

3. Počasí

Zataženo

Pro infračervené měření ve venkovním prostředí nabízí oblačná obloha ideální podmínky, neboť mraky odstíní „chladné záření nebe“ od měřeného objektu (viz. „Záření“, str. 19).

Srážky

- Pozor na vliv infračerveného záření vašeho těla.
- Při měření měňte polohu, tím odhalíte reflexi. Reflexe se přemísťuje, rozložení teploty zůstává na stejném místě – a to i při změně zorného úhlu.
- Neprovádějte měření v blízkosti hodně horkých nebo studených objektů, případně je odstiňte.
- Neměřte pod přímým slunečním světlem, i po několika hodinách. Měřte v časných ranních hodinách.
- Ve venkovním prostředí měřte pokud možno, když je nebe pod mrakem.



Silné srážky (déšť, sníh) mohou silně ovlivnit výsledek měření. Voda, led a sníh mají vysokou emisivitu a jsou neprostupné pro infračervené záření. Navíc měření mokrých objektů může vést k chybě měření, neboť se povrch měřeného tělesa ochlazuje odpařováním (viz. „Povrch měřených objektů“, str. 16).



Slunce

(viz. „Záření“, str. 19)

4. Vzduch



- Měřte přednostně při zatažené obloze.
- Oblačno by mělo být i několik hodin před měřením.
- Pozor na silný déšť mezi přístrojem a měřeným objektem během měření.

Vlhkost vzduchu



Relativní vlhkost vzduchu v okolí měřeného tělesa by měla být dostatečně nízká, aby nedocházelo ke kondenzaci ve vzduchu (mlha), na měřeném objektu, na ochranném skle nebo na čočce termokamery. Pokud je čočka (příp. ochranné sklo) zamlženo, nedostane se část infračerveného záření do termovize.

Velice hustá mlha může měření ovlivnit, neboť kapičky vody ve vzduchu propustí méně infračerveného záření.

Proudění vzduchu

Vítr nebo průvan v místnosti může ovlivňovat měření teploty termovizí.

Kvůli přestupu tepla (konvekci) má vzduch v okolí měřeného tělesa stejnou teplotu jako měřený objekt. Při větru nebo průvanu se vyrovnaný vzduch „odežene“ a na jeho místo se dostane vzduch, jehož teplota je odlišná od teploty měřeného objektu. Kvůli konvekci odebírá vzduch teplo, případně ke chladnějšímu objektu teplo přináší, dokud se teplota vzduchu a tělesa nevyrovnají. Tento efekt přenosu tepla se zvyšuje s rozdílem teploty měřeného objektu a okolního vzduchu.

Znečištěný vzduch

Částice, jako např. prach, saze, kouř a mnoho par mají vysokou emisivitu a jsou zřídka transmisivní. To znamená, že mohou měření narušovat, neboť samy emitují infračervené záření, které vstupuje do termovize. Navíc může infračervené záření měřeného objektu do termovize vstupovat pouze zčásti, je totiž rozptýlenými částicemi odráženo a pohlcováno.

5. Světlo

Světlo nebo osvětlení nehraje při měření termokamerou významnou roli. Je možné měřit i potmě, neboť termokamera měří dlouhé vlny infračerveného záření.

Přesto některé zdroje světla vysílají infračervené záření a mohou tak ovlivňovat teplotu objektů ve svém okolí. Proto byste neměli měřit ve přímém slunečním svitu nebo v blízkosti horkých žárovek. Chladné zdroje světla, jako např. LED diody nebo neоновé trubice, jsou neškodné, neboť velkou část jimi vyslané



- Neměře v mlze ani vodní páře.
- Neměřte při kondenzaci vzdušné vlhkosti na termovizi (viz. „voda, sníh a námraza na povrchu“, str. 17).
- Vyhněte se, pokud je to možné, měření ve větru nebo průvanu.
- Pozor na rychlost proudění vzduchu a jeho směr a zohledněte to při vyhodnocení termosnímku.
- Neměřte ve velmi znečištěném vzduchu (např. v čerstvě rozvířeném prachu).
- Měřte vždy z (pro vaše měření) nejmenší možné vzdálenosti, aby se omezil rušivý vliv cizích částic ve vzduchu.



energie tvoří viditelné světlo a ne infračervené záření.

2.2 Praktické stanovení ε a RTC

Pro stanovení emisivity povrchu měřeného objektu můžete např.:

- odečíst emisivitu z tabulky (viz. „Tabulka emisivit“, str. 51).

Pozor:

Hodnoty v tabulce emisivit jsou pouze ukazatelem. Emisivitu povrchu měřeného tělesa je potom možné od této hodnoty

odvinout.

- Emisivitu je možné také určit srovnávacím měřením kontaktním teploměrem (např. pomocí teploměru testo 905-T2 nebo testo 925) - (viz. „Metoda srovnání s kontaktním teploměrem“, str. 25).
- Emisivitu je možné stanovit také srovnávacím měřením samotnou termokamerou (viz. „Srovnávací metoda pomocí termokamery“, str. 26).

Srovnávací metoda

1. Srovnávací metoda s kontaktním teploměrem

Změřte nejdříve teplotu měřeného objektu pomocí kontaktního teploměru (např. testo 905-T2 nebo testo 925). Nyní změřte teplotu povrchu pomocí termokamery, ve které je nastavena nějaká emisivita. Rozdíl mezi naměřenými teplotami z kontaktního měření a termokamery je způsoben chybně nastavenou emisivitou. Postupně snižujte nastavenou emisivitu, tím se bude měnit i měřená teplota. Pokračujte, dokud nenaměříte termovizí stejnou hodnotu jako kontaktním měřením. V tu chvíli nastavená emisivita odpovídá emisivitě povrchu měřeného objektu.

2. Srovnávací metoda pomocí termokamery

Na povrch tělesa nalepte nejdříve pásku s definovanou emisivitou (např. tepelně odolná páska od firmy Testo). Po krátké době, potřebné pro ustálení teploty změřte teplotu pásky, nalepené na povrchu měřeného objektu. V termokameře je potřeba mít nastavenou emisivitu lepicí pásky. Tato teplota je vaší referenční teplotou. Nyní upravujte nastavení emisivity, dokud termokame-

ra nenaměří i na povrchu bez lepicí pásky stejnou teplotu jako je teplota referenční.

Místo pásky je možné použít také:

- Měřený objekt, natřený lakem nebo barvou se známou emisivitou.
- Na měřený objekt naneste silnou vrstvu ($> 0,13$ mm) tepelně odolného oleje ($\varepsilon \approx 0,82$).
- Na měřený objekt naneste silnou vrstvu sazí ($\varepsilon \approx 0,95$).

Stanovení teploty odraženého záření

Pokud odstraníte všechny možné zdroje rušení, které mohou ovlivňovat vaše měření, je teplota odraženého záření rovna teplotě okolí. Teplotu okolí můžete změřit např. pomocí prostorového teploměru např. testo 810, a naměřenou teplotu zadejte do termokamery jako RTC.

Pokud je ale přítomno cizí infračervené záření v okolí měřeného tělesa, měla by být pro přesné výsledky měření změřena odražená teplota.

Měření odražené teploty pomocí (improvizovaného) Lambertova zářiče

Lambertův zářič je objekt, který ideálně rozptýlí dopadající záření, tedy je odrazí stejně silné do všech směrů.

Na Lambertově zářiči můžete pomocí termokamery změřit teplotu odraženého záření. K tomuto účelu je jako náhrada Lambertova zářiče vhodná zmačkaná a znovu roztažená hliníková fólie. Fólie má vysokou reflexi a díky zmačkané struktuře se

● **Pozor:**

Vždy dbejte na provozní předpisy měřeného objektu!



- Před nátěrem nebo nalepením pásky na měřicí objekt nejprve ověřte, zda je to nutné pro korektní měření.

záření odráží způsobem blízkým k ideální difuzi (viz. obr. 2.3, pravá strana hliníkové fólie, str. 32).

Pro měření teploty odraženého záření položte Lambertův zářič do blízkosti měřeného objektu nebo úplně ideálně přímo na měřený objekt. Potom změřte jeho teplotu při emisivitě nastavené na 1. Kamera vypočítá pouze teplotu do ní dopadajícího záření. Tuto hodnotu můžete použít jako RTC a vložit ji do termokamery a potom se správně nastavenou emisivitou povrchu měřeného objektu měřit teplotu požadovaného objektu.

2.3 Příčiny chyb při infračerveném měření

Následující faktory mohou ovlivnit výsledek vašeho infračerveného měření:

- Špatně nastavená emisivita
 - ⇒ Zjistěte správnou emisivitu a nastavte ji v termokameře (viz. „Zjištění emisivity srovnávací metodou“, str. 25).
- Špatně nastavené RTC

- ⇒ Zjistěte odraženou teplotu a zadejte ji do termokamery (viz. „Zjištění teploty odraženého záření“, str. 27).
- Neostrý teplotní obraz
 - ⇒ Zaostřete teplotní snímek, neboť ostrost nelze později na snímku opravit.
- Moc velká nebo moc malá vzdálenost od měřeného objektu.
- Měření nevhodným objektivem.
- Moc velké měřené místo
 - ⇒ Při měření z minimální vzdálenosti ostření vaší termovize.
 - ⇒ Volte, stejně jako u fotografování, rozumně mezi širokoúhlým objektivem a teleobjektivem.
 - ⇒ Dejte přednost, pokud je to možné, co nejmenší vzdálenosti od měřeného objektu.
- Rušení v přenosové cestě (např. znečištění vzduchu, kryty, atd.)
- Vliv rušivých zdrojů záření (např. žárovky, slunce, topení, atd.)
- Chybná interpretace teplotních snímků vlivem reflexe
 - ⇒ Pozor na vliv rušivých zdrojů záření.
 - ⇒ Rušivé zdroje záření pokud možno vypněte, odstiňte, nebo zohledněte jejich vliv při interpretaci teplotních snímků.
- Rychlá změna teploty okolí
 - ⇒ Při změně okolní teploty z chladna do tepla, hrozí orosení objektivu.
 - ⇒ Používejte pouze termokamery s teplotně stabilizovaným detektorem.
- Chybná interpretace teplotního snímku kvůli neznalosti

struktury měřeného objektu

- ⇒ Druh a struktura měřeného objektu by měla být známa.
- ⇒ Pro interpolaci teplotního snímku využijte, pokud je to možné, i reálný snímek (fotografii).

Měření přes sklo

Lidské oko dokáže vidět přes sklo, přesto je ale sklo pro infračervené záření nepropustné. Termokamera proto měří pouze teplotu povrchu skla, ne teplotu předmětů, ležících za ním (viz. obr. 2.2). Avšak pro krátkovlnné záření, jako jsou např. sluneční paprsky, je sklo propustné. Proto byste měli brát ohled také na to, že by sluneční paprsky mohly vámi měřený objekt přes sklo zahřívat.

Sklo patří k zrcadlícím materiálům. Pozor proto při měření teploty skla na odraz (viz. „Zrcadlová reflexe“, str. 31).

Měření kovů

Kovy, zvláště ty s lesklým povrchem, silně odrážejí dlouhovlnné infračervené záření. Nastavte velice nízkou emisivitu, která je však závislá na teplotě (viz. „Proměnlivé zářiče“, str. 39). Proto je měření teploty pomocí termokamery problematické. Vedle nastavení emisivity je zvláště důležité správné nastavení odražené teploty (viz. „Stanovení teploty odraženého záření“, str. 27). Přečtěte si pokyny pro odražené záření (viz. „Zrcadlová reflexe“, str. 31).

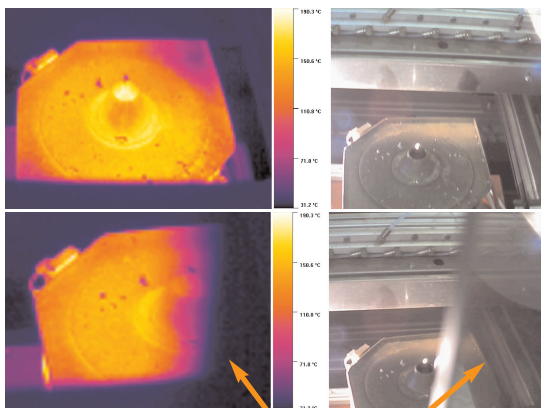
V případě lakovaných kovů je měření bezproblémové, neboť laky mají zpravidla vysokou emisivitu. Přesto i zde musíte dát

pozor na odraz a na záření okolí.

Zrcadlová reflexe

Viditelný odraz na povrchu je často ukazatelem silně odrazného povrchu, tudíž povrchu s nízkou emisivitou. Přesto neznamená silně zrcadlící vždy také stejně silně reflexní. Např. je možné na teplotním snímku lakované plochy odražené okolní záření (např. silueta osoby, provádějící měření), neboť má lak zpravidla vysokou emisivitu ($\varepsilon \approx 0,95$). Odražené objekty ale není možné vidět např. na teplotním snímku pískovcové stěny, přestože pískovec má nízkou emisivitu ($\varepsilon \approx 0,67$).

Jest li se na snímku objeví nebo neobjeví obrysy okolního záře-



Před měřením objektem je umístěna skleněná tabule

Obrázek 2.2: Měření skla

ní nezávisí primárně na emisivitě, nýbrž na struktuře povrchu.

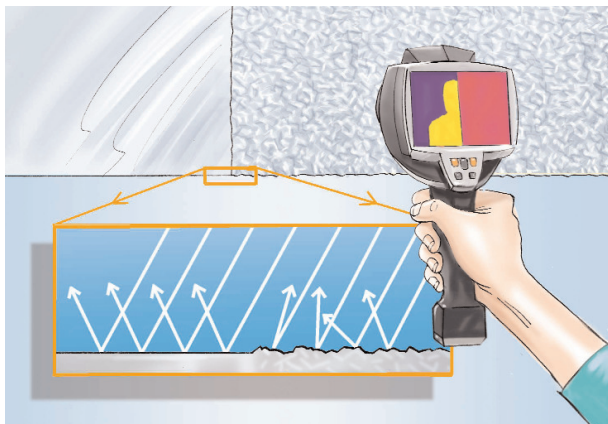
Každé záření se odráží pod stejným úhlem jako pod kterým dopadá. To znamená, že vždy platí zákon odrazu: úhel dopadu se rovná úhlu odrazu. Toto je ve zvětšeném měřítku zobrazeno na obrázku 2.3 na části s hladkou hliníkovou fólií (vlevo). Zde se infračervené záření osoby, provádějící měření ve stejné formě jako dopadá na povrch (zrcadlová reflexe).

Zákon odrazu platí také v případě zmačkané hliníkové fólie (pravá strana). V tomto případě nedopadají infračervené paprsky na hladkou plochu, ale na velké množství malých plošek. Díky tomu se záření, stejně jako u Lambertova zářiče, rozptýlí do různých směrů. Tato difuzní reflexe způsobí, že nelze rozpoznat žádné obrysy infračervených zdrojů záření. Reflexe na zmačkané fólii je v každém místě směs infračerveného záření obou zdrojů záření (osoby, která provádí měření a jejího pozadí).

2.4 Ideální podmínky pro infračerveném měření

Při infračerveném měření jsou důležité zejména stabilní okolní podmínky. To znamená klima, objekty v okolí měřeného tělesa, i všechny ostatní ovlivňující faktory by se během měření neměly měnit. Pouze tak je možné vyhodnotit všechny rušivé zdroje a zdokumentovat je pro budoucí analýzu.

Při měření ve venkovním prostředí by mělo být stabilní počasí a zatažená obloha, aby byl měřený objekt odstíněn od přímého slunečního záření i od „chladného záření oblohy“. Zde je potře-



Obrázek 2.3: Zrcadlová a difuzní reflexe

ba také dát pozor, aby měřené objekty nebyly zahřáté slunečním zářením.

Ideální podmínky měření jsou:

- stabilní počasí,
- zatažená obloha před a během měření (při měření ve volném prostředí),
- bez osvětlení přímého slunečního záření během i před měřením,
- žádné srážky,
- suché, termicky volně přístupné plochy měřeného objektu

(např. povrch bez listí, bez špon),

- bezvětrí, bez průvanu,
- bez zdrojů rušivého záření v okolí měřeného tělesa a v cestě přenosu,
- povrch měřeného objektu s vysokou, přesně známou emisivitou.

Při termografii budov je doporučován minimální teplotní rozdíl 15°C mezi vnitřní a vnější teplotou.

2.5 Perfektní obrázek teploty

- Silně zrcadlící povrchy nejsou vždy silně reflexní.
- Vždy dejte pozor na vliv Vámi vyzařovaného infračerveného záření.
- Vysokou reflexi mohou mít i povrchy, na kterých není viditelný odraz.
- Hladký povrch měřte z různých úhlů a směrů, jen tak poznáte, které teploty jsou měřeným objektem odražené a které jsou měřeným objektem vyslány.



Při snímání teploty je potřeba dbát na dvě věci:

- volba správného výřezu obrázku, a
- správné zaostření teplotního snímku na relevantní oblast.

Dbejte také na ostrost snímku - stejně jako u normálního digitálního snímku - po uložení už není možné obrázek upravovat.

Abyste získali perfektní snímek, můžete ve vaší termokameře a v analyzačním programu (např. Testo IRSOFT) provádět následující změny:

- Emisivita a nastavení pro kompenzaci odražené teploty (RTC).
Toto je možné v profesionálním analyzačním programu, jako např. Testo IRSOFT 2.0, i bodově a plošně.
- Zvolit vhodnou barevnou paletu (např. železo, duha, atd.).
Nastavením vhodné barvy palety získáte kontrastní a snadněji interpretovatelný teplotní snímek.
- Manuálně nastavit teplotní stupnici.
Je možné také vylepšit teplotní a barevné odstupňování vašeho teplotního snímku (viz. obr. 2.4).

Tipy při pořizování teplotních snímků:

- Odstraňte nebo odstíňte cizí zdroje záření.
- Povrch měřeného objektu by měl být opticky a termicky přístupný.
Pokud je to možné, odstraňte kryty a rušivé objekty z okolí měřeného tělesa.
- Měňte vaši pozici při měření, aby bylo možné odhalit reflexi.
Reflexe se přemisťuje, rozložení teploty na měřeném povrchu

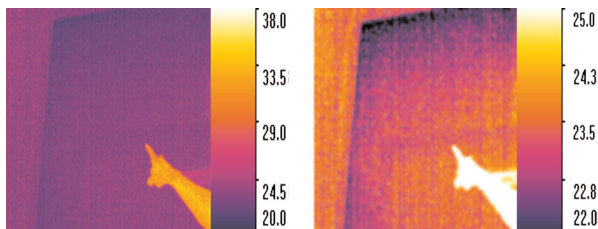
zůstává na stejném místě – i při změnách úhlu měření.

- Měřené místo by nemělo být větší než měřený objekt.
- Vzdálenost od místa měření by měla být co nejmenší.
- Pro měření používejte vhodný objektiv.
- Pro přesné měření detailů doporučujeme použít stativ.
- Měli byste znát strukturu měřených objektů, aby bylo možné přesně interpretovat termické závislosti.
- Termokameru používejte s vestavěným digitálním fotoaparátem, aby bylo snímek možné použít při pozdějším vyhodnocení.
- Pozor na všechny okolní podmínky a měřte je a dokumentujte pro pozdější použití při vyhodnocení teplotního snímku.

3 Příloha

3.1 Termografie - glosář

A



Obrázek 2.4: Úprava teplotní stupnice

Absolutní nula

Absolutní nula leží na $-273,15\text{ °C}$ ($0\text{ Kelvinů} = -459,69\text{ °F}$). Všechna tělesa s teplotou nižší než absolutní nula nevyzařují žádné tepelné záření.

Absorpce

Když dopadá elektromagnetické infračervené záření na objekt, absorbuje tento objekt část dopadající energie. Absorpce způsobuje ohřívání objektu. Teplejší objekty vysílají víc infračerveného záření než objekty studené. Absorbované (přijaté) infračervené záření se přemění na infračervené záření emitované (z objektu vycházející). Množství absorbovaného záření odpovídá emisivitě.

Na objekt dopadající infračervené záření, které není absorbováno, se odráží a/nebo prostupuje.

B

Barevná škála

Volba barevného zobrazení termosnímků v kameře (např. barevná paleta „duha“, „železo“, „stupně šedi“). Podle měřicí úlohy a nastavení barevné palety je možné upravit kontrast teplotního snímku. Barevnou škálu je možné upravit pomocí analyzačního programu i po uložení snímku (např. Testo IRSofT). Při volbě barevné palety dejte pozor i na interpretovatelnost teplotního snímku. Červenou a žlutou barvu pozorovatel zcela intuitivně považuje za teplo, zelenou a modrou za chlad.

C

Celsiův stupeň [°C]

Jednotka teploty. Za normálního tlaku má 0 °C tající led. Dalším pevným bodem celsiovy stupnice je teplota varu vody 100 °C.

$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$ nebo $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$.

Č

Černý zářič

Objekt, který absorbuje všechnu energii z dopadajícího infračerveného záření, převede ji ve vlastní infračervené záření a 100% této energie opět vyzaří. Nedomáhá se zde žádné reflexi nebo prostupu záření. V praxi se objekty s těmito vlastnostmi nevyskytují.

Zařízení pro kalibraci termokamer se nazývá černý zářič. Jeho emisivita se přesto pouze přibližuje jedné ($\varepsilon > 0,95$).

D

Detektor

Detektor snímá infračervené záření a převádí je na elektrický signál. Velikost detektoru je udávána v pixelech.

Doba ustálení

Doba ustálení je doba kterou termokamera potřebuje, aby se její teplota vyrovnala s teplotou v okolí místa měření.

Teplotně stabilizovaný detektor, jako např. v termokameře testo 880, má nižší dobu ustálení

Dvoubodové měření

Funkce dvoubodového měření nabízí na displeji termokamery

dva nitkové kříže, jejichž pomocí je možné odečíst jednotlivé teploty.

E

Emisivita (ε)

Měřítka schopnosti materiálu emitovat (vysílat) infračervené záření. Emisivita závisí na kvalitě povrchu, materiálu, v případě některých materiálů i na teplotě objektu.

F

Fahrenheit [°F]

Jednotka teploty, používaná zejména v severní Americe.

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32.$$

$$\text{Příklad } 20^{\circ}\text{C ve } ^{\circ}\text{F: } (20^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 68^{\circ}\text{F}.$$

FOV - zorné pole

Zorné pole termokamery. Udává se hodnotou úhlu (např. 32°) a popisuje plochu, kterou je schopna termokamera obsáhnout. Zorné pole je závislé na detektoru a na použitém objektivu. Velké zorné pole má při stejném detektoru širokoúhlý objektiv, malé zorné pole teleobjektiv (např. teleobjektiv Testo 12°).

H

Horký bod

Viz. „Studený a horký bod“, str. 39.

I

Ideální zářič

Viz. „Černé těleso“, str. 48.

Infračervené záření

Infračervené záření je elektromagnetické tepelné záření. Každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula ($0 \text{ Kelvinů} = -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$) vysílá infračervené záření. Infračervené záření má vlnovou délku v rozsahu $0,75 \text{ }\mu\text{m}$ až téměř $1000 \text{ }\mu\text{m}$ ($= 1 \text{ mm}$) a tudíž hraničí s vlnovým rozsahem viditelného světla ($0,38 - 0,75 \text{ }\mu\text{m}$). Termokamery měří často vlnovou délku infračerveného záření v oblasti $8 \text{ }\mu\text{m}$ až $14 \text{ }\mu\text{m}$ (jako např. testo 880), neboť atmosféra je pro infračervené záření v tomto rozsahu vlnových délek snadno propustná.

IFOV_{geo} - instantní zorné pole

Geometrické rozlišení (prostorové rozlišení). Měřítka schopnosti detektoru, v závislosti na objektivu rozpoznat detaily. Geometrické rozlišení se udává v mrad (= miliradiánech) a popisuje nejmenší objekt, který, v závislosti na vzdálenosti měření, je ještě na teplotním snímku patrný. Na teplotním snímku odpovídá velikost tohoto bodu velikosti jednoho pixelu.

IFOV_{meas} (měřené instantní zorné pole)

Označení pro nejmenší objekt, jehož teplotu je možné pomocí termokamery přesně změřit. Je 2–3 krát větší než nejmenší rozpoznatelný objekt (IFOV_{geo}).

Základním pravidlem je: $\text{IFOV}_{\text{meas}} \approx 3 \times \text{IFOV}_{\text{geo}}$.

IFOV_{meas} se nazývá také měřený bod.

Izotermy

Čáry, které spojují místa se stejnou teplotou. Izotermy je možné zobrazit pomocí analyzačního programu (např. Testo IRSOft). Všechny body na teplotním snímku, jejichž teplota leží v definovaném rozsahu, jsou barevně označeny.

K

Kelvin [K]

Jednotka teploty.

0 K odpovídá absolutní nule (-273,15 °C).

Platí: $273,15 \text{ K} = 0 \text{ °C} = 32 \text{ °F}$.

$\text{K} = \text{°C} + 273,15$.

Příklad 20 °C v K: $20 \text{ °C} + 273,15 = 293,15 \text{ K}$.

Kalibrace

Proces, kterým se porovnávají hodnoty, naměřené přístrojem (naměřená hodnota) s hodnotami, naměřenými referenčním přístrojem (referenční hodnota = „skutečná hodnota“). Výsledek dává zpětnou vazbu, jestli je hodnota, naměřená vaším přístrojem ještě stále v přípustných mezích/tolerancích. Narozdíl od justáže se kalibrací stanoví a zdokumentuje odchylka od referenční hodnoty, naměřená hodnota se neseřizuje. Perioda opakování kalibrace závisí na příslušných požadavcích měřicí úlohy. Výrobci udávají periodu doporučenou.

Kondenzace

Přechod látek z plynného do kapalného skupenství. Vzdušná vlhkost může kondenzovat, pokud je teplota povrchu a tudíž teplota vzduchu v blízkosti povrchu, nižší, než teplota okolního vzduchu, případně pokud má vzduch teplotu rosného bodu.

Konvekce (přestup)

Přenos tepla, při kterém tepelná energie přechází prostřednictvím pevného, kapalného nebo plynného transportního média přechází na jiná tělesa, kapaliny nebo plyny.

Konduktce (vedení)

Vedení tepla. Přenos tepelné energie mezi sousedními tělesy. Energie přechází vždy z teplejšího tělesa na studené. Oproti konvekci nedochází při kondukci k přenosu látky.

L

Lambertův zářič

Lambertův zářič je objekt, který ideálně rozptyluje dopadající záření, to znamená, že dopadající záření je odraženo do všech směrů stejně.

Na Lambertově zářiči je možné pomocí termovize měřit teplotu odraženého záření.

Laserové označení místa měření

Laser označuje místo měření (na měřeném objektu je viditelný

červený bod). Laserové označení a prostředek snímku si zcela neodpovídají, neboť leží na různých optických osách. Laserový bod proto není vhodný k přesnému označení místa, které je na displeji označeno nitkovým křížem. Slouží pouze k usnadnění orientace.

Pozor:

Laser třídy 2: Nemiřte laserem na osoby a zvířata a nedívejte se do laseru! Hrozí poškození zraku!

M

Místo měření

Viz. „IFOV_{meas}“, str. 43.

N

NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

Označení pro nejmenší teplotní rozdíl, které termokamera ještě dokáže zaznamenat. Čím menší je tato hodnota, tím lepší je rozlišení termokamery.

O

Objektiv

V závislosti na použitém objektivu se mění velikost zorného pole termovize a tím i velikost místa měření. Širokoúhlý objektiv (např. 32° – standardní objektiv přístroje testo 880) je vhodný především pro aplikace, kdy je potřeba si utvořit přehled rozložení teploty na větší ploše. Teleobjektiv (např. teleobjektiv Testo 12°) je možné použít pro přesné měření detailů i z větší

vzdálenosti.

Obnovovací frekvence

Udává se v Hertzích, jak často za vteřinu se zobrazený snímek obnoví (např. 9 Hz / 33 Hz / 60 Hz). Obnovovací frekvence 9 Hz znamená, že termokamera obnoví snímek devětkrát za vteřinu.

P

Proměnlivé zářiče

Objekty s nízkou emisivitou, která je závislá na teplotě a s ní kolísá. Emisivita většiny kovů je závislá na teplotě. Např. emisivita hliníku se s rostoucí teplotou zvyšuje ($\varepsilon = 0,02$ při 25 °C, $\varepsilon = 0,03$ při 100 °C).

Prostupnost (T)

Měřítka schopnosti materiálu propouštět infračervené záření. . Záleží na tloušťce a druhu materiálu. Většina materiálů je nepropustná pro dlouhovlnné infračervené záření.

R

Reálné těleso

Viz. „Šedý zářič“, str. 41.

Reflexe (ρ)

Popisuje schopnost materiálu odrážet infračervené záření. Reflexe závisí na vlastnostech povrchu, teplotě a druhu materiálu.

Relativní vlhkost (%rv)

Procentuelní údaj, který popisuje množství vodní páry ve vzduchu. Např. při 33%rv obsahuje vzduch pouze cca. 1/3 množství vodní páry, které může pojmout při stejné teplotě a tlaku. Pokud je vlhkost vzduchu vyšší než 100%, tvoří se kondenzát, neboť vzduch je úplně nasycen a již více vlhkosti nepojme. Vodní pára je v plynném skupenství, ale stále je tekutá. Čím teplejší je vzduch, tím více vodní páry dokáže pojmout než začne docházet ke kondenzaci. Na chladných plochách dochází proto ke kondenzaci nejlépe.

RTC (Reflected Temperature Compensation - kompenzace odražené teploty)

V případě reálných zářičů se část tepelného záření odráží. Tato odražená teplota musí být zohledněna při měření objektů s nízkou emisivitou. Pomocí korekčního faktoru se reflexe v termokaměře odečte, čímž se zvýší přesnost měření teploty. Provádí se to zpravidla manuálním zadáním do termokamery a/nebo pomocí programu.

Ve většině případů odpovídá odražená teplota teplotě okolí. Pokud se na povrchu měřených objektů odráží infračervené záření z rušivých zdrojů, je potřeba změřit teplotu odraženého záření (např. pomocí kulového teploměru nebo Lambertova zářiče). Odražená teplota má jen malý vliv na objekty s vysokou

emisivitou.

S

Studený a horký bod

Jako „studený bod“ označujeme nejstudenější bod na snímané ploše, jako „horký bod“ se naopak označuje bod nejvíce horký. Pomocí funkce „automatické rozpoznání horkého a studeného bodu“ je možné nechat tyto dva body na teplotním snímku na displeji kamery zvýraznit. Tato funkce je k dispozici také ve většině vyhodnocovacích programů, např. v Testo IIRSoft 2.0. Zde je možné tyto dva body zvýraznit i na volně definovaném rozsahu teplotního snímku.

Š

Šedé zářiče

Téměř všechny objekty v přírodě se označují jako „šedé zářiče“ nebo jako „reálné zářiče“. Šedé zářiče absorbují v porovnání s černým tělesem méně než 100% dopadajícího záření. V případě šedých zářičů se část záření, dopadajícího na povrch odráží a často i tělesem prostupuje. T je příčinou nižší emisivity šedého zářiče.

T

Teplota rosného bodu / rosný bod

Teplota, při níž kondenzuje voda, obsažená ve vzduchu. Vzduch je při teplotě rosného bodu na 100% nasycen vodní parou. Jakmile vzduch nedokáže kvůli nízké teplotě pojmout více vodní

páry, začne docházet ke kondenzaci.

Teplota

Stavová veličina pro energii, obsaženou v tělese.

Termografie

Zobrazovací měřicí metoda, kterou je možné vizualizovat tepelné záření nebo rozložení teploty na povrchu objektů. Provádí se pomocí termokamery.

Termogram

Viz. „Teplotní snímek“, str. 49.

Teplotní snímek

Snímek, který zobrazuje pomocí různých barev rozložení teploty na povrchu objektu. Snímání termosnímku se provádí pomocí termokamery.

Termokamera

Kamera, která dokáže měřit infračervené záření a naměřené signály převést na teplotní snímek. Pomocí termokamery je možné zobrazit rozložení teploty na povrchu, které není viditelné pro lidské oko. Typickou oblastí použití je termografie budov a elektro- a průmyslová termografie.

Z

Zorné pole

Viz. „FOV“, str. 41.

3.2 Tabulka emisivit

Následující tabulka je směrnici pro nastavení emisivity při infračerveném měření. Udává emisivitu ε běžných materiálů. Neboť se emisivita mění s teplotou a s vlastnostmi povrchu, je potřeba brát uvedené údaje pouze jako informativní a používat je pouze pro poměrové a porovnávací měření. Pro měření absolutní teploty by měla být emisivita měřeného tělesa přesně známa.

Materiál (teplota materiálu)	Emisivita
Bavlna (20 °C)	0,77
Beton (25 °C)	0,93
Olovo, šedé oxidy (40 °C)	0,28
Olovo, zoxidované (40 °C)	0,43
Cihly, malta, omítka (20 °C)	0,93
Dřevo (70 °C)	0,94
Granit (20 °C)	0,45
Guma , měkká, šedá (23 °C)	0,89
Guma, tvrdá (23 °C)	0,94
Hliník, válcovaný (170 °C)	0,04
Hliník, nezoxidovaný (25 °C)	0,02
Hliník, nezoxidovaný (100 °C)	0,03
Hliník, silně zoxidovaný (93 °C)	0,20
Hliník, vysoce lesklý (100 °C)	0,09
Hlína, pálená (70 °C)	0,91
Chladiče, černé, eloxované (50 °C)	0,98
Chrom (40 °C)	0,08
Chrom, leštěný (150 °C)	0,06
Korek (20 °C)	0,70
Lak, bílý (90 °C)	0,95
Lak, černý, matný (80 °C)	0,97
Lak, modrý na hliníkové fólii (40 °C)	0,78

Materiál (teplota materiálu)	Emisivita
Lak, žlutý 2 vrstvy na hliník. fólii (40 °C)	0,79
Led, hladký (0 °C)	0,97
Litina, zoxidovaná (200 °C)	0,64
Měď, lehce zoxidovaná(20 °C)	0,04
Měď, leštěná (40 °C)	0,03
Měď, válcovaná (40 °C)	0,64
Měď, zoxidovaná(20 (130 °C)	0,76
Mramor, bílý (40 °C)	0,95
Mosaz, zoxidovaná (200 °C)	0,61
Ocel, tepelně upravený povrch (200 °C)	0,52
Ocel, válcovaná za studena (93 °C)	0,75–0,85
Ocel, zoxidovaná (200 °C)	0,79
Olejové barvy (všechny barvy) (90 °C)	0,92–0,96
Olovo, surové (40 °C)	0,43
Papír (20 °C)	0,97
Porcelán (20 °C)	0,92
Pískovec (40 °C)	0,67
Plasty: PE, PP, PVC (20 °C)	0,94
Sádra (20 °C)	0,90
Sklo (90 °C)	0,94
Stěna (40 °C)	0,93
Transformátorový lak (70 °C)	0,94
Zinek, zoxidovaný	0,1
Železo, broušené (20 °C)	0,24
Železo se struskou(100 °C)	0,80
Železo s válcovaným povrchem (20 °C)	0,77

3.3 Testo doporučuje

Kalibrace vaší termokamery

Testo AG doporučuje nechat provádět pravidelnou kalibraci vaší termokamery. V jakých intervalech by se kalibrace měla provádět závisí na způsobu použití a požadavcích na měření.

Více informací o kalibraci vaší termokamery získáte na stránkách www.testo.de.

Školení termografie

Mít stále na špičkovou úroveň znalostí: To je jeden z nejdůležitějších předpokladů pro komplexní měření a znalost rostoucích požadavků na jakost. Proto nabízí firma Testo AG školení termografie pro různé oblasti použití.

Více informací k nabídce našich školení najdete na www.testo.de.

Více informací na:
www.testo.de/testo880

Vaše osobní poznámky

[illegible]

Ostatně – věděli jste:

Díky schopnosti vidět infračervené záření dokáže jeden poddruh zmije - i ve tmě - rozpoznat bleskurychle svou oběť i nepřítele.

Tento had, je schopen velice rychle rozeznat minimální teplotní rozdíl již od 0,0003 stupně celsia.

Teplotní smyslový orgán mu umožňuje vidět obraz, který je velice podobný teplotnímu snímku moderních termokamer....





Testo s.r.o.
Jionická 80
158 00 Praha 5
Telefon: 257 290 205
Telefax: 257 290 410
Email: info@testo.cz

0980 7323/san/R/Q/09.2008