



Be sure. **testo**

راهنمای جیبی دمانگاری

اصول نظری - نکات و ترفندها

حق چاپ ، ضمانت و مسئولیت

اطلاعات گردآوری شده در این راهنما توسط کپی رایت محفوظ است. کلیه حقوق منحصراً متعلق به Testo SE & Co. KGaA می باشد.

امکان این قضیه وجود ندارد تا محتوا و تصاویر به قصد تجاری بازتولید ، اصلاح و یا استفاده شود به غیر از اهداف تعریف شده برای کاربر، بدون رضایت کتبی نوشته شده توسط Testo SE & Co. KGaA . اطلاعات موجود در این راهنما با نهایت دقت تولید شده است. با این وجود ، اطلاعات ارائه شده الزام آور نیستند ، و Testo SE & Co. KGaA حق ایجاد تغییراتی را برای خود محفوظ می داند. Testo SE & Co. KGaA هیچ گارانتی یا وارانتی برای درستی و کامل بودن اطلاعات ارائه شده نمی دهد. التزام و مسئولیت هر آنچه در زمینه های حقوقی پیش آید محدود به خسارات وارده توسط Testo SE & Co. KGaA یا نمایندگان وابسته آن یا پیمانکاران آن به صورت عمد ، سهل انگاری فاحش یا در صورت نقض تعهدات اصلی قرارداد ، قصور جزئی شناخته میشود. در موارد قصور جزئی ، میزان مسئولیت Testo SE & Co. KGaA محدود به خسارات معمولی و قابل پیش بینی برای معاملات قابل قیاس از این نوع است. آنچه ذکر شد تأثیری در حقوق غرامت برآمده از ضمانت ها و یا قانون مسئولیت محصول ندارد.

Testo SE & Co. KGaA, دسامبر 2017

پیش گفتار

مشتری محترم تستو

”یک تصویر بیشتر از هزار کلمه را بیان می کند“

در زمانه افزایش قیمت انرژی و هزینه ی بالای از کار افتادگی ماشین الات، اندازه گیری بدون تماس دما، جای خود را برای ارزیابی کارامدی ساختمان و نگه داری صنعتی باز کرده است. با این حال ، همه دمانگاها یکسان نیستند و چند قانون پایه ای وجود دارد که باید در اندازه گیری درجه حرارت غیر تماسی رعایت شود.

کتابچه “راهنمای جیبی دمانگاری” خلاصه ای ازسوالات مطرح شده از مشتریان به صورت روزانه است. این راهنمای جیبی حاوی اطلاعات جذاب فراوان، همانند نکات و ترفند ها از اپلیکیشن های کاربردی اندازه گیری، و همچنین برای کمک های مفید و کاربردی برای استفاده روزانه شما طراحی شده است.

از خواندن آن لذت ببرید



Prof. Burkart Knospe, CEO

محتوا

5	1	نظریه دمانگاری
6	1.1	انتشار ، بازتاب ، انتقال
	1.2	نقطه اندازه گیری و فاصله اندازه گیری
	13	
16	2	دمانگاری در عمل
16	2-1	اندازه گیری اجسام
18	2-2	اندازه گیری محیط
24	3-2	تعیین عملی ϵ و RTC
28	4-2	منابع خطا در اندازه گیری مادون قرمز
33	2-5	شرایط مطلوب برای اندازه گیری مادون قرمز
34	2-6	تصویر حرارتی بی نقص
37	3	ضمیمه
37	3-1	واژه نامه دمانگاری
51	3-2	جدول میزان ارتعاش
53	3-3	توصیه های تستو

1- تئوری دمانگاری (ترموگرافی)

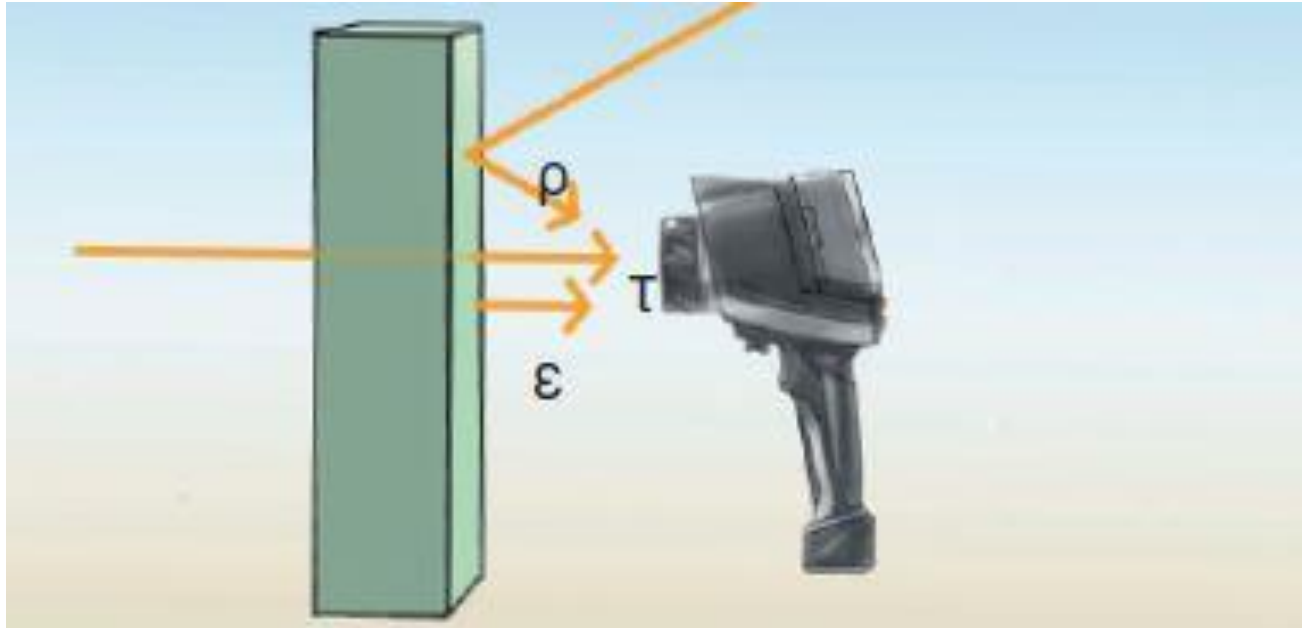
هر جسمی با دمای بالاتر از صفر مطلق ($0\text{ Kelvin} = -273.15$ درجه سانتیگراد) اشعه مادون قرمز از خود ساطع می کند. این اشعه مادون قرمز برای چشم انسان قابل مشاهده نیست.

فیزیکدانان، یوزف استفان و لودویگ بولتزمن، در سال 1884 ثابت کردند که بین دمای بدنه و شدت اشعه مادون قرمزی که از آن ساطع می شود ارتباطی وجود دارد. یک تصویربردار حرارتی، اشعه مادون قرمز موج بلند دریافت شده در میدان دید خود را اندازه گیری می کند. از این طریق دمای جسم اندازه گیری شده را محاسبه می کند. فاکتورهای محاسباتی در میزان انتشار سطح جسم را (ϵ) و جبران دمای منعکس شده را (RTC) مینامند، که هر دو متغیر قادر به تنظیم دستی در تصویربردار حرارتی هستند. هر پیکسل نمایشگر دستگاه یک نقطه دما را نشان می دهد که بر روی صفحه نمایش به عنوان یک تصویر رنگی نشان داده شده است (رجوع شود به "1.2 نقطه اندازه گیری و فاصله اندازه گیری"، ص 13).

ترموگرافی (اندازه گیری دما با تصویربردار حرارتی) یک روش اندازه گیری منفعل و غیر تماسی است. این متد شامل تصویر حرارتی است که توزیع دما روی سطح یک جسم را نشان می دهد. این بدان معنا نیست که شما بتوانید با استفاده از تصویربردار حرارتی داخل اشیا را واریسی کنید یا حتی از آنها عبور کنید.

1.1 انتشار ، بازتاب ، انتقال

تابش ثبت شده توسط تصویربرداری حرارتی شامل تشعشعات مادون قرمز موج بلند ساطع شده ، منعکس شده و منتقل شده از اشیاء، داخل میدان دید تصویربرداری حرارتی است.



شکل 1.1: انتشار ، بازتاب و انتقال

قابلیت انتشار (ϵ)



(ϵ) مقداری است که توانایی یک ماده را در تابش مادون قرمز را بیان می کند.

- ϵ بر اساس خواص سطح ، دمای اندازه گیری اشیاء و همچنین با توجه به محدوده طیفی تصویربرداری حرارتی مورد استفاده تغییر میکند.
- حداکثر میزان انتشار ($\epsilon = 1$ ($\leq 100\%$)) رجوع شود به "جسم سیاه تابشگر" صفحه (39) که هرگز در واقعیت اتفاق نمی افتد.

- اجسام واقعی که دارای $\epsilon < 1$: زیرا اجسام واقعی اشعه را منعکس و به طور محتمل منتقل می کنند.
- قابلیت انتشار بسیاری از مواد غیرفلزی (به عنوان مثال پی وی سی ، بتن ، مواد آلی) دارای انتشار بالایی در دامنه موج های بلند اینفرارد ($0.8 - 0.95 \approx \epsilon$) هستند و به دما وابسته نیستند
- فلزات ، به ویژه آنهایی که دارای سطح براق هستند ، دارای قابلیت انتشار کم هستند که با دما متغیر است.
- ϵ را می توان بصورت دستی در تصویربردار حرارتی تنظیم کرد.

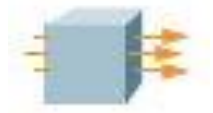
بازتاب (ρ)



بازتاب (ρ) مقدار توانایی یک ماده در انعکاس تابش مادون قرمز می باشد.

- ρ به خصوصیات سطح ، دما و نوع مواد بستگی دارد.
- به طور کلی، سطوح صاف و صیقلی نسبت به سطوح ناهموار و مات که از یک نوع ماده ساخته شده دارای قابلیت بازتاب بیشتری است.
- دمای تابش منعکس شده را می توان به صورت دستی در تصویربردار حرارتی (RTC) تنظیم کرد.
- RTC در بسیاری از اپلیکیشن های اندازه گیری با دمای محیطی مطابقت دارد (عمدتا با دمانگاری در فضای بسته). در بیشتر موارد ، می توانید این را با استفاده از دماسنج testo 810 اندازه گیری کنید.
- RTC را می توان با استفاده از تابش لمبرت تعیین کرد (رجوع شود به "اندازه گیری دمای منعکس شده با استفاده از تابش لمبرت" ، صفحه 27)
- زاویه انعکاس اشعه مادون قرمز منعکس شده همیشه هم زاویه با زاویه انتشار است.(رجوع کنید به "انعکاس ویژه" ، ص 31)

انتقال (τ)



(τ) مقدار توانایی یک ماده در انتقال اشعه مادون قرمز است.

- τ به نوع و ضخامت مواد بستگی دارد.
- بیشتر مواد قابلیت انتقال را ندارند اگرچه که نفوذ پذیر به تابش مادون قرمز هستند.

حفظ اصول انرژی برای انشار مطابق با قوانین Kirchhoff

تابش مادون قرمز ثبت شده توسط تصویرگر حرارتی شامل موارد زیر است:

- انتشار ساطع شده توسط اندازه جسم
- بازتاب تابش محیط و
- انتقال تابش از طریق اندازه گیری جسم . (رجوع کنید به شکل 1.1 ، ص 36)

مجموع این قسمت ها همیشه 1 (100٪) در نظر گرفته می شود:

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

از آنجا که انتقال اشعه مادون قرمز به ندرت در عمل نقش دارد ، انتقال τ حذف می شود و فرمول

برابر است با:

$$\varepsilon + \rho = 1$$

که ساده شده ان برابر است با:

$$\varepsilon + \rho = 1$$

- در ترموگرافی بدان معنی است که:
- قدرت انتشار کمتر،
 - نسبت تابش مادون قرمز منعکس شده بیشتر،
 - اندازه گیری دقیق دما دشوارتر،
 - و مهم تر این که جبران کننده دما منعکس شده (RTC) به درستی تنظیم شود.

ارتباط بین انتشار و بازتاب:

- 1- جسم مورد اندازه گیری با قابلیت انتشار بالا: ($\epsilon \geq 0.8$)
 - دارای بازتاب کم $\epsilon = 1 - \rho$: (ρ)
 - درجه حرارت آنها را می توان با استفاده از یک تصویربردار حرارتی بسیار دقیق اندازه گیری کرد.
- 2- جسم مورد اندازه گیری با قابلیت انتشار متوسط : ($0.6 < \epsilon < 0.8$)
 - دارای بازتاب متوسط $\epsilon = 1 - \rho$: (ρ)
 - دمای آنها را می توان با استفاده از یک تصویربردار حرارتی به طور دقیق اندازه گیری کرد
- 3- جسم مورد اندازه گیری با میزان انتشار کم: ($\epsilon \leq 0.6$)
 - بازتاب بالایی دارند $\epsilon = 1 - \rho$: (ρ)
 - اندازه گیری دما با تصویربردار حرارتی امکان پذیر است ، با این حال باید نتایج را به طور دقیق بررسی کنید
 - تنظیم صحیح جبران دمای منعکس شده ضروری است ، زیرا سهم عمده ای در محاسبه دما دارد

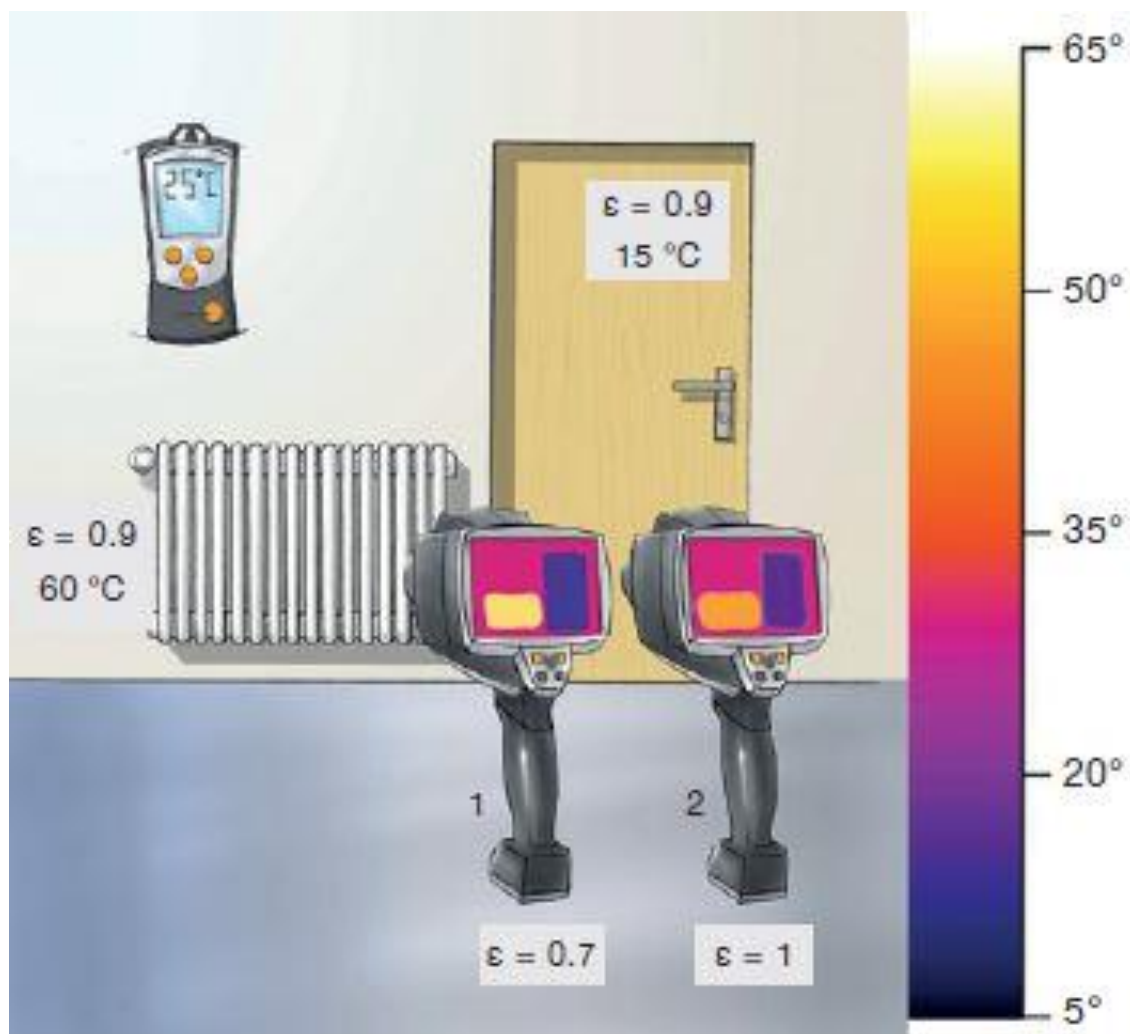
از اینکه از تنظیم انتشار اطمینان داشته باشیم بسیار ضروری است، در مواردی که اختلاف زیادی در دمای بین جسم اندازه گیری و محیط اندازه گیری وجود دارد.

1- در مواردی که دمای جسم اندازه گیری بالاتر از دمای محیط باشد (رجوع شود به دستگاه تولید گرما در شکل 1.2 ، 11):

- تنظیمات انتشار بیش از حد زیاد منجر به قرائت بیش از حد پایین دما می شود (رجوع کنید به دوربین 2)
- تنظیمات انتشار بیش از حد کم منجر به قرائت بیش از حد بالا دما می شود (رجوع کنید به دوربین 1)

2- در مواردی که دمای جسم اندازه گیری کمتر از دمای محیط باشد (درب ها را در شکل 1.2 ، ص 11 مشاهده کنید):

- تنظیمات انتشار بیش از حد زیاد منجر به قرائت بیش از حد دمای بالا می شود (رجوع کنید به دوربین 2)
- تنظیمات انتشار بیش از حد کم منجر به قرائت دمای بیش از حد کم می شود (رجوع کنید به دوربین 1)



شکل 1.2: اثرات تنظیم نادرست انتشار در اندازه گیری دما

لطفا توجه داشته باشید:

هرچه اختلاف بیشتری بین دمای جسم اندازه گیری و دمای محیطی و میزان انتشار با اندازه ی کم باشد ، خطاهای اندازه گیری بیشتر است. در صورت نادرست بودن تنظیم انتشار ، این خطاها افزایش می یابند.

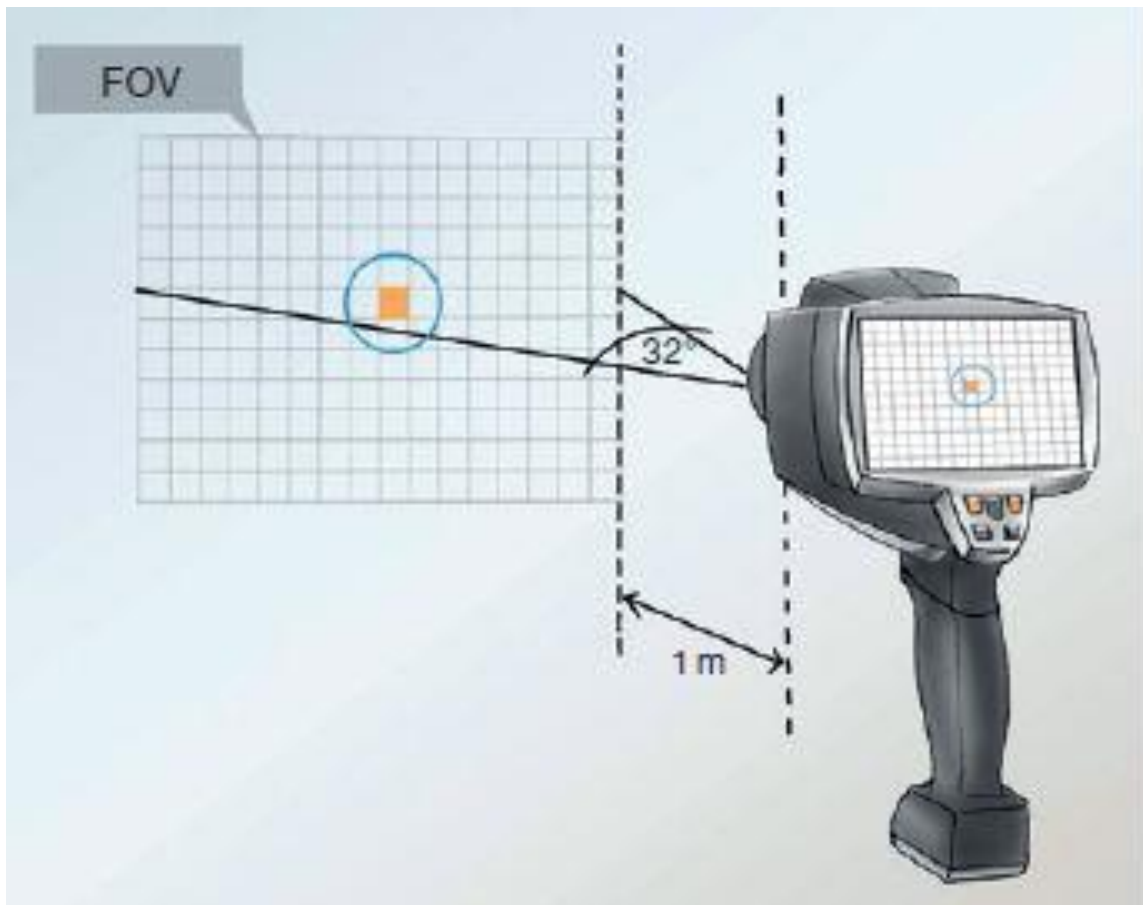
لطفا توجه داشته باشید:

- شما فقط می توانید درجه حرارت سطوح را با استفاده از تصویربرداری حرارتی اندازه گیری کنید. شما نمی توانید با این دستگاه چیزی را واریسی کنید یا داخل آن را ببینید.
 - بسیاری از موادی که برای چشم انسان شفاف هستند ، مانند شیشه ، در برابر امواج طولانی اشعه مادون قرمز با قابلیت انتقال انرژی (نفوذ پذیر) نیستند (ر.ک. "اندازه گیری روی شیشه" ، صفحه 30).
 - در صورت لزوم ، هر پوششی را از روی شی اندازه گیری بردارید ، در غیر این صورت تصویربرداری حرارتی فقط دمای سطح پوشیده شده را اندازه گیری می کند.
- احتیاط: همیشه دستورالعمل های مربوط به اندازه گیری جسم را رعایت کنید!
- مقدار کمی از مصالح قابلیت انتقال انرژی را دارند، برای مثال صفحات نازک پلاستیکی و ژرمانیوم، موادی هستند که از آن لنز و شیشه محافظ تصویربرداری حرارتی Testo ساخته شده است.
 - اگر المان هایی که در زیر سطح جسم قرار دارند تأثیر بگذارند بر پخش شدن دمای سطح جسم، اندازه گیری از طریق خاصیت رسانایی، ساختارهای داخلی جسم اندازه گیری میتواند اغلب در تصاویر حرارتی شناسایی شود. با این وجود ، تصویربرداری حرارتی فقط دمای سطح را اندازه گیری می کند. بیان دقیق در مورد مقادیر دمایی عناصر درون جسم اندازه گیری امکان پذیر نیست.

1-2 نقطه اندازه گیری و فاصله اندازه گیری

برای تعیین حداکثر فاصله اندازه گیری مناسب جسم مورد اندازه گیری که قابل مشاهده یا اندازه گیری است ، باید سه متغیر در نظر گرفته شود:

- میدان دید (FOV) ،
- کوچکترین شی قابل شناسایی (IFOVgeo) ، و
- کوچکترین جسم قابل اندازه گیری / نقطه اندازه گیری (IFOVmeas).



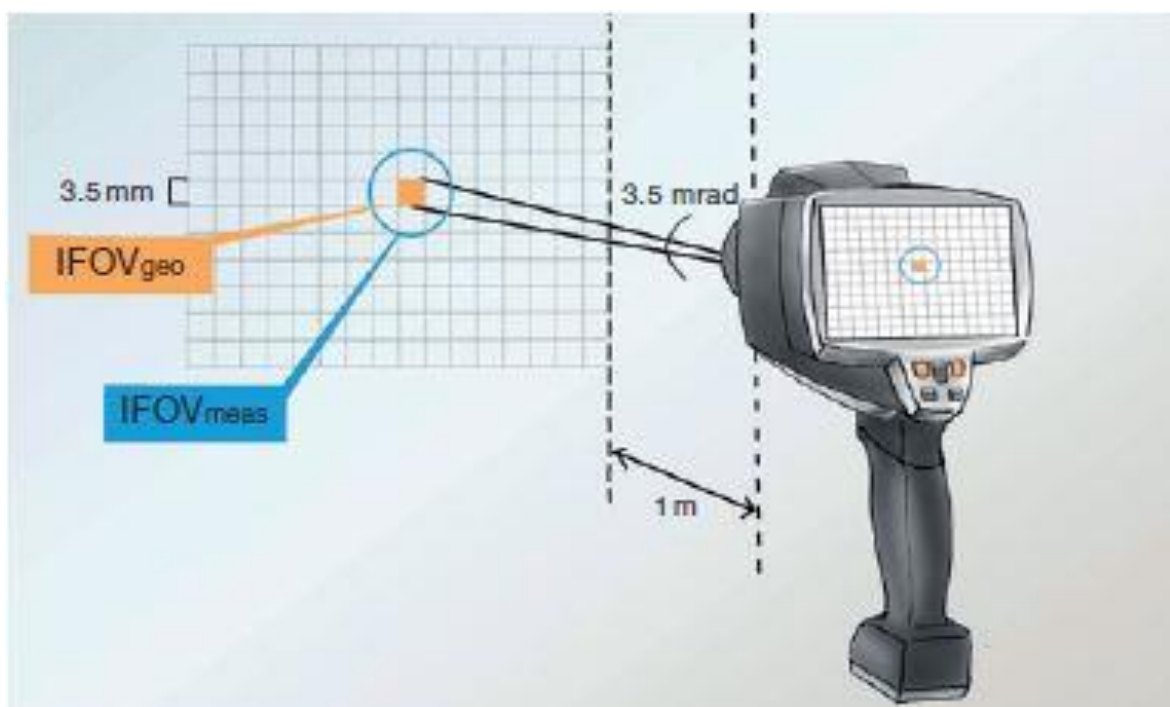
شکل 1.3: میدان دید تصویرگر حرارتی

میدان دید تصویربردار حرارتی (FOV) ناحیه قابل مشاهده با تصویربردار حرارتی را توصیف می کند (رجوع کنید به شکل 1.3 ، ص 13). آنچه گفته شد به لنز مورد استفاده بستگی دارد (به عنوان مثال لنزهای با زاویه دید 32 درجه یا لنزهای تله 9 درجه که لنزهای تله به عنوان لوازم جانبی برای تستو i 875، تستو 885 و تستو 890 در دسترس هستند).

لطفا توجه داشته باشید:

برای به دست آوردن یک میدان دید بزرگ ، باید از یک لنز با زاویه دید عریض استفاده کنید.

علاوه بر این ، شما باید مشخصات مربوط به کوچکترین جسم قابل شناسایی (IFOV_{geo}) را برای تصویربرداری حرارتی خود بدانید. این مشخصات اندازه یک پیکسل را با توجه به فاصله تعریف می کند.



شکل 1.4: میدان دید یک پیکسل تکی

با کیفیت لنز 3.5 mrad و فاصله اندازه گیری 1 m ، کوچکترین جسم قابل شناسایی (IFOVgeo) دارای طول لبه 3.5 میلی متر است و به عنوان پیکسل بر روی صفحه نمایش نشان داده می شود (رجوع کنید به شکل 1.4 ، ص. 14) برای بدست آوردن اندازه گیری دقیق ، جسم مورد اندازه گیری باید 3 برابر بزرگتر از کوچکترین جسم قابل شناسایی (IFOVgeo) باشد.

بنابراین قانون کلی زیر در مورد کوچکترین شی قابل اندازه گیری (IFOVmeas) اعمال می شود:

$$\text{IFOVmeas} \approx 3 \times \text{IFOVgeo}$$

لطفا توجه داشته باشید:

- برای وضوح مناسب ، باید از لنز تله استفاده کنید.
- با استفاده از محاسبه کننده ی FOV در testo Thermography App ، شما میتوانید مقادیر FOV ، IFOVmeas و IFOVgeo را برای فاصله های مختلف محاسبه کنید

2 - ترموگرافی در عمل

2.1 جسم اندازه گیری

1. مصالح و قابلیت انتشار

سطح هر ماده دارای خاصیت انتشار ویژه ای است که برای بدست آوردن مقدار تابش مادون قرمز ناشی از ماده استفاده می شود.



- منعکس شده و
- ساطع می شود (از خود جسم تابش می شود).

2. رنگ

هنگام اندازه گیری دما با یک تصویربردار حرارتی ، رنگ ماده هیچ تاثیر محسوسی بر تابش موج بلند مادون قرمز ناشی از جسم مورد اندازه گیری ندارد.

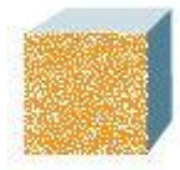


سطوح تیره تابش موج کوتاه مادون قرمز را بیش از سطوح روشن جذب می کنند و بنابراین با سرعت بیشتری گرم می شوند.

با این حال ، تابش مادون قرمز ساطع شده به دما و نه به رنگ سطح جسم اندازه گیری بستگی دارد. به عنوان مثال ، یک هیتر که به رنگ سیاه رنگ شده باشد دقیقاً همان مقدار اشعه مادون قرمز موج بلند را ساطع می کند که یک هیتر که سفید رنگ شده است در دمای مشابه ساطع میکند.

3. سطح جسم مورد اندازه گیری

خصوصیات سطح جسم مورد اندازه گیری نقش مهمی در اندازه گیری دما با تصویربردار حرارتی دارد. زیرا قابلیت انتشار سطح با توجه به ساختار سطح ، وجود گرد و خاک و نوع پوشش متفاوت است.



ساختار سطح

سطح صاف ، براق ، بازتابنده و یا سطح صیقلی به طور کلی دارای یک انتشار کمتری نسبت به سطوح مات ، دارای ساختار ، خشن، و / یا خراشیده شده از همان ماده است. البته بازتاب های خاص با سطوح بسیار صاف وجود دارد (رجوع کنید به 31).

رطوبت ، برف و شبنم یخ زده در سطح

آب ، برف شبنم یخ زده بر روی جسم در فضای ازاد قدرت انتشار نسبتاً زیادی دارد (تقریباً $0.85 < \epsilon < 0.96$) بنابراین اندازه گیری این مواد به طور کلی بدون مشکل است. با این حال ، باید به خاطر داشت که درجه حرارت جسم مورد اندازه گیری می تواند توسط پوشش های طبیعی از این نوع تحریف شود. چرا که رطوبت سطح جسم مورد اندازه گیری را زمانی که عمل تبخیر انجام میشود سرد میکند و برف دارای خاصیت عایق بودن خوبی است. شبنم یخ زده بر روی جسم در فضای ازاد معمولاً یک سطح مهر و موم شده از یخ ایجاد نمیکند، بنابراین انتشار حاصل از این قضیه و همچنین سطح زیر آن هنگام اندازه گیری باید در نظر گرفته شود.

گرد و خاک و اجسام خارجی بر روی سطح

کثیف شدن روی سطح جسم اندازه گیری مانند گرد و غبار ، دوده یا روغن روان کننده ، به طور کلی میزان انتشار انرژی سطح را افزایش می دهد؛ بنابراین اندازه گیری اشیا کثیف بدون مشکل است. اگرچه، تصویرگر حرارتی شما همیشه دمای سطح ، یعنی گرد خاک را اندازه گیری می کند و نه دمای دقیق سطح جسم مورد اندازه گیری در سطح زیر گرد و خاک.

لطفا توجه داشته باشید:

- انتشار پذیری یک ماده به شدت به ساختار سطح ماده بستگی دارد.
- به قابلیت انتشار درست محیط بر اساس سطح پوشش جسم مورد اندازه گیری توجه کنید.
- از اندازه گیری سطوح خیس یا سطوحی که یخ زده یا با **شبنم یخی پوشیده** شده اجتناب کنید.
- از اندازه گیری خاک های شل کاذب همانند ماسه اجتناب کنید (نتیجه دارای دمای غیر واقعی به خاطر وجود هوا در مصالح)
- به منابع تابش احتمالی محیط (به عنوان مثال خورشید ، بخاری و غیره) ، به ویژه هنگام اندازه گیری سطوح صاف توجه کنید.

2-2- محیط اندازه گیری

1. دمای محیط



همانند تنظیم میزان تابش (E) ، شما باید تنظیم حرارت منعکس شده محیط (RTC) را در نظر داشته باشید تا تصویربردار حرارتی شما بتواند دمای سطح جسم اندازه گیری را به درستی محاسبه کند. در بسیاری از اپلیکیشن های اندازه گیری ، دمای منعکس شده مربوط به دمای محیط است (رجوع کنید به "2. تابش" ، صفحه 19). این را می توانید با دماسنج تعیین کنید ، به عنوان مثال تستو 810. تنظیم دقیق میزان تابش در مواردی که اختلاف دمایی زیادی بین جسم مورد اندازه گیری و محیط اندازه گیری وجود داشته باشد ، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (رجوع شود به شکل 1.2 ، ص 11)



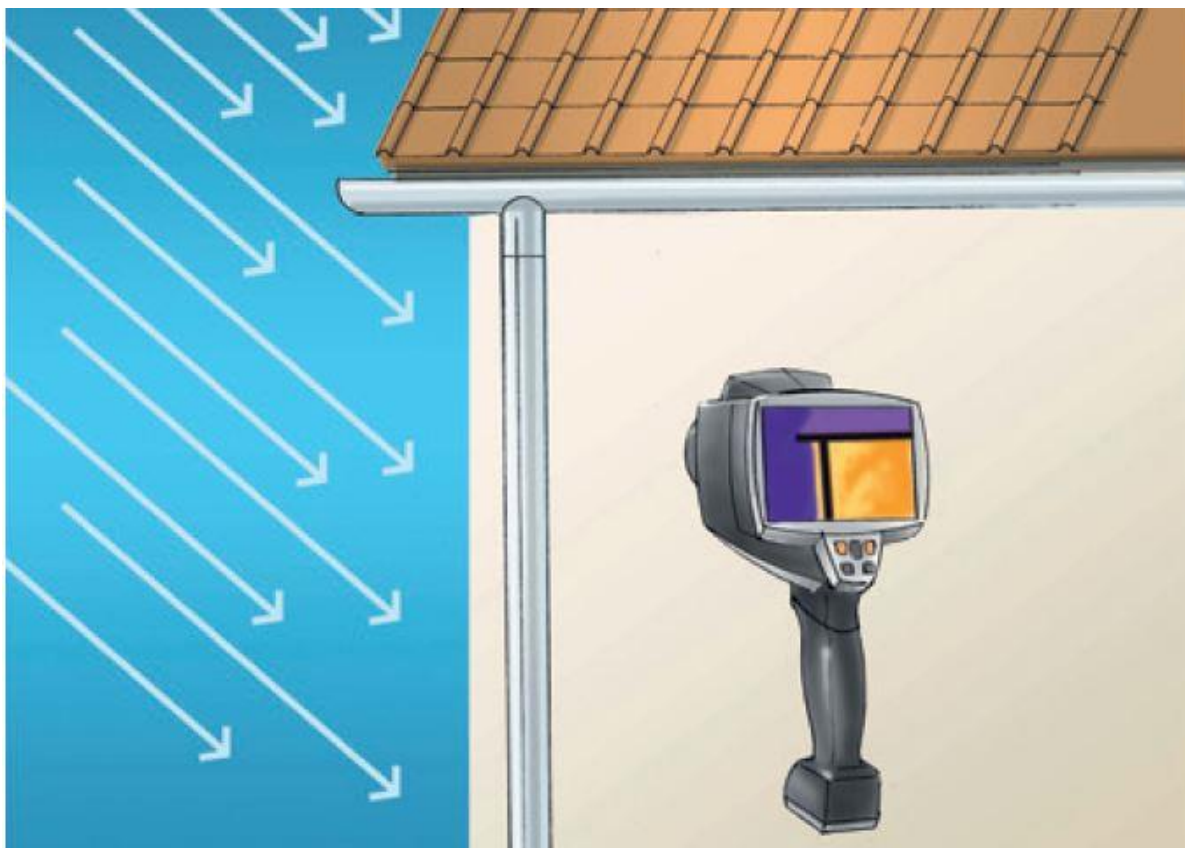
2. تابش

هر جسمی با دمای بالاتر از صفر مطلق (0 کلوین برابر است با 273.15 - درجه سانتیگراد) اشعه مادون قرمز را منتشر می کند. به ویژه، اجسامی که اختلاف دمایی زیادی با جسم مورد اندازه گیری دارند، می توانند اندازه گیری مادون قرمز را به خاطر ارتعاش خود مختل کنند. شما باید از تداخل از این دست در هر زمان ممکن اجتناب کرده یا آن را غیرفعال کنید. پوشاندن تداخل (به عنوان مثال با بوم نقاشی یا جعبه مقوایی) شما را قادر می سازد تا این اثر منفی را در اندازه گیری کاهش دهید. اگر اثر تداخل قابل برطرف شدن نباشد، دمای منعکس شده با دمای محیط مطابقت نخواهد داشت.

زمانی که اشعه منعکس شده اندازه گیری، برای مثال یک تابشگر لمبرت پیشنهاد میشود، در اتصال با تصویربردار حرارتی شما قرار بدهید (ر.ک. "تعیین درجه حرارت تابش منعکس شده"، ص 27).

ویژگی های خاص دمانگاری در فضای باز

تابش مادون قرمز ناشی از آسمان صاف در اصطلاح عامیانه "تابش آسمان سرد" نامیده می شود. در یک آسمان صاف، "تابش آسمان سرد" (~ -50 تا -60 درجه سانتیگراد) و تابش خورشید گرم (5500 درجه سانتیگراد) در تمام روز منعکس می شود. از نظر مساحت، آسمان از خورشید پیشی می گیرد، به این معنی که دمای منعکس شده در دمانگاری در فضای باز، حتی در یک روز آفتابی، معمولاً زیر صفر درجه سانتی گراد است. اجسام در اثر جذب نور خورشید در آفتاب گرم می شوند. این امر بطور قابل توجهی روی دمای سطح تأثیر می گذارد، در بعضی موارد تا ساعت ها بعد از قرار گرفتن در معرض تابش خورشید این تأثیر باقی میماند.



شکل 2.1: بازتاب در اندازه گیری های فضای باز

در شکل 2.1 می بینید که ناودان سردتر از دیوار خانه در تصویر حرارتی نشان داده شده است. با این حال ، هر دو دما تقریباً یکسان هستند. بنابراین تصویر باید تفسیر شود..

بگذارید فرض کنیم سطح ناودان گالوانیزه بوده و دارای شدت انتشار بسیار کم است ($\epsilon = 0.1$). فقط 10 درصد از اشعه مادون قرمز موج بلند از ناودان خارج می شود و 90٪ تابش محیط منعکس می شود (RTC). اگر آسمان صاف باشد ، "تابش آسمان سرد" (-50 تا -60 درجه سانتیگراد) ، از میان چیز های دیگر، روی ناودان منعکس می شود. تصویربرداری حرارتی برای اطمینان از اندازه گیری صحیح دیواره خانه روی $\epsilon = 0.95$ و $RTC = -55$ - درجه سانتی گراد تنظیم شده است. با توجه به میزان انتشار بسیار کم و بازتاب بسیار زیاد ، ناودان بر روی تصویر حرارتی بسیار سرد نشان داده شده است. برای نشان دادن دمای دو ماده به طور صحیح بر روی تصویر حرارتی ، می توانید با استفاده از نرم افزار تجزیه و تحلیل IRSoft یا testo Thermography App میزان انتقال انرژی مناطق خاص را تغییر دهید.

برای تعیین RTC صحیح ، یک تابشگر لمبرت را توصیه می کنیم (رجوع کنید به "2.3 تعیین عملی E و "RTC ، ص 25).

لطفا توجه داشته باشید:

- هرگز از تأثیر اشعه مادون قرمز بدن خودتان صرف نظر نکنید.
- موقعیت خود را هنگام اندازه گیری تغییر دهید تا بتوانید هرگونه بازتاب را شناسایی کنید. بازتاب ها حرکت می کنند ، ویژگی های حرارتی جسم اندازه گیری در همان مکان باقی می ماند ، حتی اگر زاویه دید تغییر کند.
- از اندازه گیری های نزدیک به اجسام بسیار گرم یا خیلی سرد خودداری کنید ، یا آنها را جدا کنید.
- حتی از چند ساعت قبل از اندازه گیری از تابش مستقیم خورشید خودداری کنید. صبح زود اندازه گیری کنید.
- در هر مکان ممکن ، اندازه گیری های فضای باز را در زیر آسمانی با لایه ضخیم ابر انجام دهید

3. آب و هوا

ابرها



آسمانی کاملاً ابری ، شرایط ایده آل برای اندازه گیری مادون قرمز در فضای باز می باشد ، زیرا جسم اندازه گیری را از تابش خورشید و "تابش آسمان سرد" دور نگه میدارد (رجوع کنید به "2. تابش" ، صفحه 19).

بارش

بارش شدید (باران ، برف) می تواند نتیجه اندازه گیری را مخدوش کند. آب ، یخ و برف دارای میزان انتشار بسیار زیاد هستند و به اشعه مادون قرمز تأثیرناپذیر هستند. علاوه بر این ، اندازه گیری اجسام مرطوب می تواند منجر به خطاهای اندازه گیری شود ، زیرا سطح جسم اندازه گیری با تبخیر سرد می شود (رجوع کنید به "3. سطح جسم اندازه گیری" ، ص 16).

آفتاب

(رجوع کنید به "2. تابش" ، ص 19)

لطفا توجه داشته باشید:

- در حالت ایده آل ، اندازه گیری ها را در زیر یک آسمان کاملاً ابری انجام دهید.
- چند ساعت قبل از اندازه گیری پوشش ابر را مورد توجه قرار دهید.
- در هنگام بارش شدید از اندازه گیری خودداری کنید.

4. هوا

رطوبت هوا



رطوبت نسبی هوا در محیط اندازه گیری باید به اندازه کافی کم باشد تا میعان در هوا همانند (شبنم) ، روی شی مورد اندازه گیری ، روی شیشه محافظ یا لنز تصویربردار حرارتی ، ننشیند. اگر لنز (یا شیشه محافظ) مرطوب شده باشد ، مقداری از اشعه مادون قرمز که به تصویربردار حرارتی برخورد می کند ، دریافت نمی شود ، زیرا تابش از نفوذ کامل به داخل قطرات آب بر روی لنز جلوگیری خواهد کرد.

مه غلیظ بسیار متراکم می تواند اندازه گیری را تحت تأثیر قرار دهد ، زیرا قطرات آب در مسیر انتقال باعث می شوند تابش مادون قرمز کمتری انجام شود.

جریان هوا

وجود باد یا یک وزش سرد در اتاق می تواند بر اندازه گیری دما با تصویربرداری حرارتی تأثیر بگذارد.

در نتیجه تبادل گرما (همرفت) ، هوای نزدیک به سطح همان دمای اندازه گیری هدف است. اگر جریان باد وجود داشته باشد ، این لایه هوا "از بین می رود" و با لایه جدیدی از هوا جایگزین می شود که با درجه حرارت جسم مورد اندازه گیری سازگار نمی شود. در نتیجه همرفت ، گرما تا زمانی که دمای هوا و سطح جسم اندازه گیری با یکدیگر تنظیم شود ، از جسم اندازه گیری گرم گرفته شده یا توسط جسم اندازه گیری سرد جذب می شود. این اثر تبادل حرارتی با اختلاف دما بین سطح جسم مورد اندازه گیری و دمای محیط افزایش می یابد.

آلودگی هوا

برخی از ذرات معلق ، مانند گرد و غبار ، دوده و دود ، همراه با برخی از بخارات ، قابلیت انتشار زیادی دارند و به سختی قابل انتقال هستند. این بدان معنی است که آنها می توانند اندازه گیری را مختل کنند ، زیرا خودشان تابش مادون قرمز را که توسط تصویرگر حرارتی دریافت می شود ، ساطع می کنند. بعلاوه ، فقط مقداری از اشعه مادون قرمز جسم مورد اندازه گیری می تواند به تصویربرداری حرارتی نفوذ کند ، چرا که توسط ماده معلق پراکنده و جذب می شود.

لطفا توجه داشته باشید:

- اندازه گیری را در غبار غلیظ یا در محیط با بخار آب زیاد انجام ندهید.
- در صورت وجود تراکم رطوبت هوا بر روی تصویربرداری حرارتی ، اندازه گیری نکنید (ر.ک: "رطوبت ، برف و یخ زدگی روی سطح" ، صفحه 17).
- در هنگام اندازه گیری تا حد امکان از باد و جریان های دیگر هوا خودداری کنید.
- در هنگام اندازه گیری به سرعت و جهت جریانهای هوا توجه داشته باشید و این داده ها را در تجزیه و تحلیل تصاویر اصلی فاکتور بگیرید.
- در هوای بسیار آلوده اندازه گیری نکنید (به عنوان مثال هنگامی که گرد و غبار تازه پخش شده است).
- همیشه با کمترین فاصله اندازه گیری ممکن برای اپلیکیشن اندازه گیری خود اندازه گیری کنید تا اثر ذرات معلق احتمالی در هوا به حداقل برسد.

5. نور



نه نور و نه روشنایی نقش مهمی در اندازه گیری با تصویربرداری حرارتی ندارند. شما همچنین می توانید در تاریکی اندازه گیری کنید ، زیرا تصویربرداری حرارتی پرتوهای مادون قرمز موج بلند را اندازه گیری می کند.

با این حال ، برخی از منابع نور به خودی خود اشعه حرارتی مادون قرمز منتشر می کنند و بنابراین می توانند بر روی دمای اجسام مجاور آنها تأثیر بگذارند. بنابراین برای مثال نباید در مجاورت اشعه مستقیم خورشید و یا لامپ داغ اندازه گیری نمایید. منابع نور سرد ، مانند LED ها یا نورهای نئون بحرانی نیستند ، زیرا بیشتر انرژی مصرف شده را به نور مرئی تبدیل می کنند و نه به تابش مادون قرمز.

2-3- تعیین عملی ϵ و RTC

- برای تعیین قابلیت انتشار سطح جسم مورد اندازه گیری ، می توانید به عنوان مثال:
- میزان انتشار را از یک جدول خوانده شود (رجوع کنید به "3.2 Emissivity table" ، ص 51).

احتیاط: مقادیر موجود در جداول میزان انتشار فقط مقادیر راهنما هستند. انتشار پذیری سطح جسم اندازه گیری شما ممکن است با مقدار راهنمای مشخص شده متفاوت باشد.

- میزان انتشار را با استفاده از اندازه گیری مقایسه ای با دماسنج تماسی (مثلاً با تستو 905-T2 یا تستو 925) تعیین کنید (رجوع کنید به "1. روش استفاده از دماسنج تماسی" ، ص 25).

- میزان انتشار را با استفاده از اندازه گیری مقایسه ای با تصویرگر حرارتی تعیین کنید (رجوع کنید به "2. روش استفاده از تصویربردار حرارتی" ، ص 27).

تعیین میزان انتشار از طریق اندازه گیری مقایسه ای

1. روش استفاده از دماسنج تماسی

ابتدا درجه حرارت سطح جسم مورد اندازه گیری را با یک دماسنج تماسی اندازه گیری کنید (به عنوان مثال T2-905 testo یا 925 testo). اکنون دمای سطح جسم اندازه گیری را با تصویربردار حرارتی با میزان انتشار از پیش تعیین شده یک اندازه گیری کنید. تفاوت بین مقادیر دمایی اندازه گیری شده توسط دماسنج ارتباطی و تصویرگر حرارتی است که نتیجه تنظیم بیش از حد میزان انتشار است. با کاهش تدریجی میزان انتشار ، می توانید دمای اندازه گیری شده را تغییر دهید تا زمانی که با مقدار بدست آمده در اندازه گیری تماسی مطابقت داشته باشد. سپس میزان انتشار با میزان انتشار سطح جسم اندازه گیری مطابقت میکند

2. روش استفاده از تصویرگر حرارتی

ابتدا یک قطعه نوار انتشار از محصولات تستو (emission tape) (به عنوان مثال نوار انتشار مقاوم در برابر حرارت) را روی جسم مورد اندازه گیری بچسبانید. پس از مدت کوتاهی ، می توانید دمای سطح جسم مورد اندازه گیری را در محدوده ای که نوار قطع شده با استفاده از تصویرگر حرارتی خود با تنظیم یک میزان انتشار برای نوار چسب اندازه گیری کنید. این دما دمای مرجع شما است. حال میزان انتشار را تنظیم کنید تا جایی که تصویربردار حرارتی همان دمای ناحیه را که چسب زده شد و به عنوان دمای مرجع اندازه گیری شد را اندازه گیری کند. میزان انتشار که حالا تنظیم شده میزان انتشار سطح جسم مورد اندازه گیری است .

به عنوان جایگزین برای نوار انتشار ، شما همچنین می توانید:

- جسم مورد اندازه گیری را با یک پوشش یا رنگ که با یک میزان انتشار شناخته شده وجود دارند را پوشش دهید .
- شی مورد اندازه گیری را با یک لایه ضخیم روغن مقاوم در برابر حرارت (< 0.13 میلی متر) پوشانده شود. ($\epsilon \approx 0.82$).
- شی مورد اندازه گیری با یک لایه ضخیم دوده پوشانده شود. ($\epsilon \approx 0.95$)
- میزان انتشار و RTC با عملکرد ϵ -Assist تعیین شود. (تستو 868 ، تستو 871 ، تستو 872).

لطفا توجه داشته باشید:

احتیاط: همیشه دستورالعمل های مربوط به جسم مورد اندازه گیری را دنبال کنید! زمان پوشاندن یا ملحق کردن جسم مورد اندازه گیری، در نظر داشته باشید که قبل از یک اندازه گیری صحیح پوشش یا چسب ابتدا باید با دمای شیء تنظیم شود.

تعیین درجه حرارت تابش معکوس

هنگامی که تمامی تداخل هایی را که ممکن است در اندازه گیری تأثیر بگذارد را رفع کردید، دمای اشعه مادون قرمز منعکس شده همان دمای محیط است. می توانید دمای محیط را با یک دماسنج اندازه گیری کنید. به عنوان مثال: 810 testo ؛ و RTC را در تصویربرداری حرارتی خود وارد کنید. با این حال ، اگر منابع تابش مادون قرمز در محیط اندازه گیری وجود دارد ، باید درجه حرارت اشعه منعکس شده را تعیین کنید تا از نتیجه دقیق اندازه گیری اطمینان حاصل کنید.

اندازه گیری دمای منعکس شده با استفاده از تابشگر لمبرت (تعبیه شده) تابشگر لمبرت یک شیء است که تابش برخوردی را به صورت بهینه در همه جهات منعکس میکند. شما میتوانید دمای اشعه ی بازتاب شده بر روی تابشگر لمبرت را با استفاده از تصویربرداری حرارتی اندازه گیری کنید. برای این منظور، یک تکه فویل آلومینیوم که مچاله شده و دوباره باز شده، جایگزین مناسبی برای تابشگر لمبرت میباشد. بازتابش فویل بالا است و به لطف ساختار مچاله شده ، انعکاس انتشار تابش تقریباً کامل است (رجوع کنید به شکل 2.3 ، سمت راست فویل آلومینیوم ، صفحه 32).

برای اندازه گیری درجه حرارت تابش منعکس شده ، تابشگر لمبرت را نزدیک جسم اندازه گیری قرار دهید یا به طور ایده آل روی سطح جسم مورد اندازه گیری قرار دهید. سپس دما را بر روی تابشگر با میزان انتشار یک اندازه گیری کنید. دوربین اکنون دمای تابش برخوردی را محاسبه می کند. اکنون می توانید این مقدار را به عنوان RTC در تصویربردار حرارتی خود وارد کرده و دما را روی جسم مورد اندازه گیری با میزان تابش تنظیم شده برای سطح جسم مورد نظر اندازه گیری کنید.

2.4 منابع خطا در اندازه گیری مادون قرمز

عوامل زیر می توانند نتیجه اندازه گیری مادون قرمز شما را غلط کند:

- تنظیم میزان انتشار نادرست
 - میزان انتشار صحیح را تعیین و تنظیم کنید (رجوع کنید به: "تعیین میزان انتشار با استفاده از اندازه گیری مقایسه ای"، ص 25)
- تنظیم RTC نادرست
 - دمای منعکس شده را تعیین و تنظیم کنید (رجوع کنید به: "تعیین دمای تابش بازتاب شده"، ص 27).
- تصویر حرارتی غیر واضح
 - در محل تصویر حرارتی فوکوس کنید چرا که کیفیت وضوح تصویر زمانی که تصویر ثبت شود قابل تغییر نیست.
- تخمین فاصله که نه زیاد دور یا نه خیلی نزدیک باشد
- اندازه گیری با لنز نامناسب
- اندازه گیری نقاط بیش از حد بزرگ
 - هنگام اندازه گیری ، به فاصله کانونی حداقل تصویربردار حرارتی خود توجه کنید.
 - همانند عکاسی معمولی ، بین لنز های تله فوتو و واید انتخاب مناسب انجام دهید.
 - حتی المقدور فاصله اندازه گیری کم را انتخاب کنید.
- خطا ها در مسیر انتقال (برای مثال الودگی هوا، پوشش ها، و غیره)
- تاثیر منابع خارجی تشعشع (برای مثال لامپ های رشته ای، خورشید، هیتر ها، و غیره)
- تفسیر غلط تصویر حرارتی به خاطر انعکاس
 - از اندازه گیری در مواردی که تداخل وجود دارد خودداری کنید.

- هر جا که امکان دارد تداخل صفحه نمایش را غیرفعال کنید یا تاثیر آن را در آنالیز های تصویر حرارتی در نظر بگیرید.

- تغییر سریع دمای محیطی

-اگر تغییراتی از سرما به گرما در دمای محیطی وجود دارد، ریسک میعان بر روی لنز وجود دارد.

- حتی المقدور از تصویر بردار های حرارتی با شناساگر تثبیت کننده دما استفاده کنید.

- تفسیر غلط تصویر بردار حرارتی به دلیل عدم شناخت از طراحی جسم مورد اندازه گیری

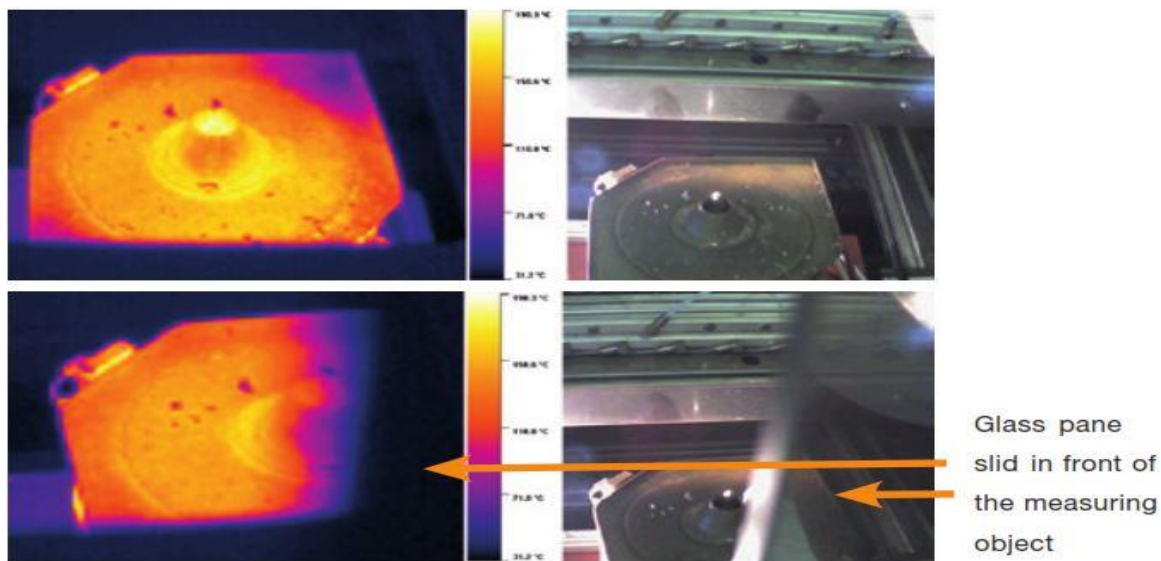
-نوع و طراحی جسم مورد اندازه گیری باید شناخته شود.

- برای تفسیر تصاویر حرارتی ، در صورت ممکن از تصاویر واقعی (عکس) استفاده کنید.

اندازه گیری بر روی شیشه

چشم انسان می تواند از طریق شیشه نگاه کند ، اما شیشه در برابر اشعه مادون قرمز نفوذ ناپذیر است . بنابراین تصویرگر حرارتی فقط دمای سطح شیشه را اندازه گیری می کند و نه دمای مواد پشت آن (رجوع کنید به شکل 2.2). با این حال ، شیشه در برابر اشعه موج کوتاه ، مانند تابش خورشید ، ناقل انرژی می باشد. بنابراین شما باید به تابش نور خورشید از طریق پنجره توجه کنید که میتواند برای مثال حرارت جسم مورد اندازه گیری شما را افزایش دهد.

همچنین شیشه جزء مصالح بازتاب دهنده است. بنابراین هنگام اندازه گیری روی شیشه از انعکاس مخصوص آن آگاه باشید (رجوع کنید به: «انعکاس مخصوص» ، ص 31).



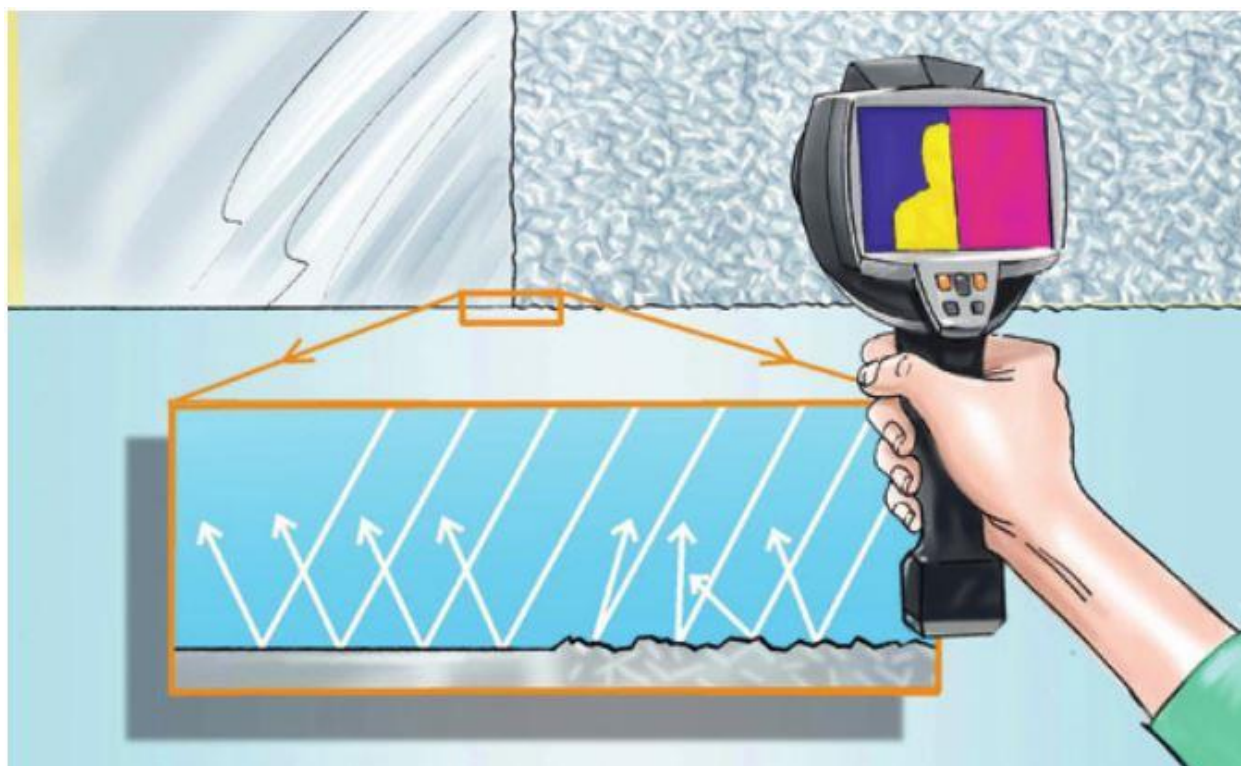
شکل 2.2: اندازه گیری روی شیشه

اندازه گیری روی فلز

فلزات ، به ویژه آنهایی که سطح براق دارند ، بازتابنده های قوی تابش موج بلند مادون قرمز هستند. فلزات دارای قدرت انتشار پایی دارند که بتوانند در دماهای بالاتر بتوانند وابسته به دما بشوند. اندازه گیری درجه حرارت فلزات با استفاده از یک تصویربردار حرارتی مشکل ساز است. جدا از تنظیم میزان انتشار ، تنظیم صحیح دمای منعکس شده (رجوع کنید به "تعیین درجه حرارت تابش منعکس شده" ، ص 27) از اهمیت ویژه ای برخوردار است. همچنین به توصیه های داده شده درباره ی انعکاس ویژه در صفحه 31 توجه کنید. اگر فلزات رنگ شده باشند در روند اندازه گیری مشکلی ایجاد نمیکند، همانطور که عمدتاً رنگ دارای قدرت انتشار بالایی میباشد. اگرچه، شما باید دوباره اینجا از بازتاب تابش محیطی آگاه باشید.

بازتاب ویژه (Specular reflection)

یک بازتاب ویژه قابل مشاهده شفاف اغلب نشان دهنده ی بازتاب دهندگی بالای سطح میباشد یعنی یک سطح با قدرت انتشار کم. اگرچه، اسپکیولار بودن در سطح بالا برای چشم انسان در رنج قابل مشاهده همیشه به معنی بازتاب دهنده بالا در دامنه اینفرارد نیست. برای مثال، بازتاب های ویژه اشعه های محیطی قابل مشاهده است بر روی تصاویر حرارتی سطح رنگ شده برای مثال سایه ی کسی که در حال اندازه گیری است)، اگر چه رنگ به طوی کلی قابلیت انتشار بالایی دارد ($\epsilon \approx 0.95$). به همین اندازه، طرح کلی اشیاء بازتاب دهنده در محیط اندازه گیری قابل مشاهده در تصاویر حرارتی برای مثال دیوار ماسه سنگی ، اگرچه که ماسه سنگ دارای قدرت انتشار کمی است ($\epsilon \approx 0.67$) . اشعه محیطی بازتاب شده به صورت اسپکیولار در خطوط واضح وابستگی اساسی به میزان انتشار ندارد، اما به ساختار سطح وابسته است.



شکل 2.3: بازتاب ویژه و پراکنده

تمام تابش ها همیشه در همان زاویه ای که به سطح برخورد می کند منعکس می شوند. این بدان معنی است که همیشه قانون کلی زیر اعمال می شود: زاویه برخورد برابر است با زاویه انعکاس. این قضیه در شکل 2.3 در قسمت بزرگ شده قسمت برخورد قسمت نرم فویل آلومینیومی (قسمت سمت چپ شکل) کاملا واضح قابل تشخیص است. در اینجا اشعه مادون قرمز شخصی که در حال اندازه گیری است منعکس شده است (بازتاب ویژه)

قطعا زاویه برخورد برابر است با قانون زاویه بازتاب، همچنین این قضیه در فویل آلومینیومی مچاله شده (قسمت راست تصویر شکل 2.3) که نور به آن برخورد میکند اعمال میشود. در اینجا، اگرچه، اشعه ی مادون قرمز بر قسمت ویژه ای با شیب های متفاوت نسبت به سطح صاف برخورد میکند. همانطور که در تابش لمبرت، اشعه ها به جهات مختلف بازتاب شدند. این بازتاب در جهات مختلف به مفهوم آن است که هیچ طرح کلی از منابعی که بازتاب اشعه مادون قرمز بازتاب نمود قابل مشاهده نیست. بازتاب در تمامی قسمت بازتاب شده فویل آلومینیومی ترکیبی است از اشعه مادون قرمز دو منبع بازتاب شده اشعه (شخصی که در حال اندازه گیری است و پشت زمینه شخصی که در حال اندازه گیری است).

لطفا دقت کنید که :

- زیاد بودن اسپکیولار در دامنه دید انسان همیشه به معنی بازتابنده بالا در دامنه مادون قرمز نیست.
- لطفا همیشه از تأثیر اشعه مادون قرمز بدن خودتان آگاه باشید.
- سطوحی که دارای هیچ بازتاب ویژه (no specular reflection) نمیباشد قابل شناسایی و همچنین دارای بازتابش بالایی میباشد.
- سطوح نرم را از زوایا و جهات مختلف را اندازه گیری کنید به این منظور که شناسایی کنید نامنظمی ها را در انتشار دما که قابل نسبت دادن به بازتاب جسم مورد اندازه گیری است

2.5- شرایط بهینه برای اندازه گیری مادون قرمز

شرایط با ثبات محیطی به طور ویژه برای اندازه گیری های اینفرارد مهم است. این به معنی این است که شرایط محیطی، اجسام و هر پارامتر تاثیرگذار در محیط اندازه گیری در طول مدت اندازه گیری نباید دست خوش تغییر شود. این تنها راه برای ارزیابی تداخلات ممکن است که باید برای آنالیز های بعدی سند سازی شود .

برای اندازه گیری های در فضای باز، شرایط اب و هوایی باید با ثبات باشد و منظور از شرایط با ثبات آسمان ابری میباشد به منظور تصویر سازی جسم اندازه گیری هم از جهت تابش خورشید و تابش آسمان سرد. شما همچنین باید از جسم مورد اندازه گیری که ممکن است در برابر اشعه خورشیدی به خاطر ظرفیت ذخیره گرمایی قرار گرفته بوده باشد، آگاه باشید.

شرایط ایده ال برای اندازه گیری به قرار زیر است:

- شرایط اب و هوایی ایده ال
 - آسمان ابری قبل و در حین اندازه گیری (برای اندازه گیری در فضای باز)
 - نبود اشعه مستقیم خورشید قبل و در حین اندازه گیری
 - نبود بارش
 - سطح جسم اندازه گیری خشک و تمیز باشد تا منابع دمایی تداخل ایجاد نکنند (برای مثال شاخ و برگ درختان یا خس و خاشاک بر روی سطح)
 - نبود باد
 - نبود تداخل در محیط اندازه گیری یا مسیر انتقال
 - یک سطح جسم مورد اندازه گیری با میزان انتشار بالا که کاملاً شناخته شده است.
- برای دمانگاری در ساختمان، اختلاف دمای حداقل 10 درجه سانتی گراد میان داخل و خارج ساختمان پیشنهاد میشود.

2.6 تصویر بی نقص حرارتی

به هنگام گرفتن تصویر حرارتی، شما به دو نکته باید توجه داشته باشید:

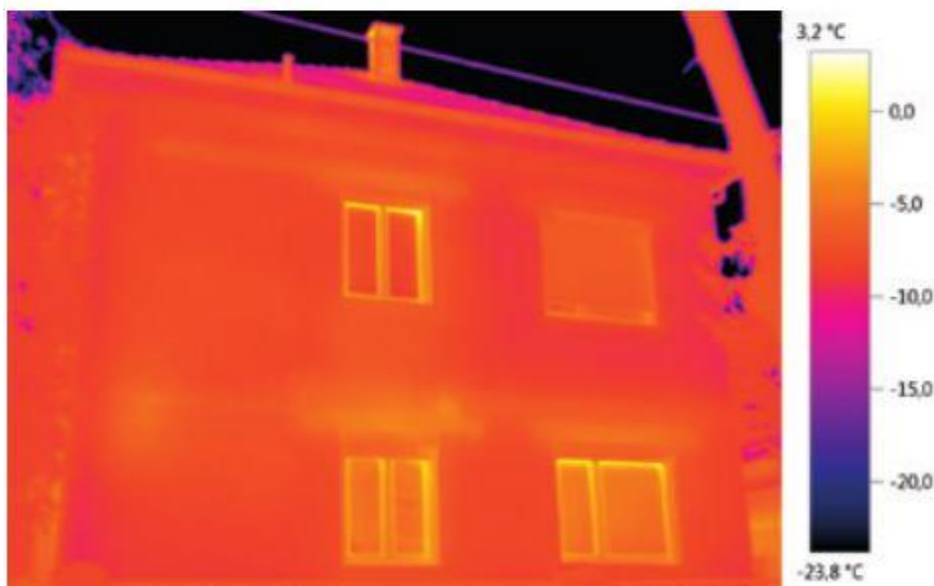
- انتخاب قسمت درست تصویر، و
 - فوکوس صحیح تصویر حرارتی بر روی محدوده مرتبط با اندازه گیری
- همانند یک عکس دیجیتالی معمولی، پس از زمانی که تصویر حرارتی ذخیره شد، نمی توانید قسمتی از تصویر یا وضوح تصویر را تغییر دهید.

برای به دست آوردن یک تصویر حرارتی بی نقص، می توانید تغییرات زیر را در تصویربرداری حرارتی و نرم افزار تجزیه و تحلیل (به عنوان مثال testo IRSoft یا testo Thermography App) اعمال کنید:

- تنظیم میزان انتشار و میزان جبران دما (RTC) را تغییر دهید. این کار همچنین می تواند با استفاده از نرم افزار آنالیز حرفه ای ، به عنوان مثال Testo IRSoft یا Testo Thermography App ، به صورت نقطه به نقطه یا از طریق دامنه انجام شود.
 - یک پالت رنگی مناسب انتخاب کنید (برای مثال آهن ، رنگین کمان و غیره).
- بسته به پالت رنگی، شما یک تصویر حرارتی با کنتراست بالا و فهم راحت خواهید داشت.



شکل 2.4: تنظیم مقیاس دما



مقیاس دما را به صورت دستی تنظیم کنید. این شما را قادر می سازد درجه بندی دما یا درجه بندی رنگ تصویر حرارتی خود را بهبود ببخشید (رجوع کنید به شکل 2.4).

نکات زیر را برای گرفتن تصویر حرارتی رعایت کنید:

- همه ی تداخلات را فاکتور بگیرید و اجتناب کنید.
- سطح جسم مورد اندازه گیری باید از منابع تداخل نوری و حرارتی پاک باشد. در صورت امکان ، پوشش ها و اشیائی را که باعث ایجاد تداخل از محیط می شوند ، حذف کنید.
- هنگام اندازه گیری موقعیت خود را تغییر دهید تا بازتاب را شناسایی کنید. بازتاب ها حرکت می کنند ولی ویژگی های حرارتی جسم اندازه گیری در همان مکان باقی می ماند ، حتی اگر زاویه دید تغییر کند.
- **نقطه اندازه گیری** شما هرگز نباید بزرگتر از جسم اندازه گیری شما باشد.
- فاصله اندازه گیری را تا حد ممکن کم نگه دارید.
- از یک لنز متناسب با کار اندازه گیری خود استفاده کنید.
- استفاده از سه پایه برای اندازه گیری دقیق جزئیات توصیه می شود.
- طراحی شی مورد اندازه گیری شما باید شناخته شده باشد تا بتواند ویژگیهای حرارتی را به درستی شناسایی کند.
- از یک تصویربردار حرارتی که دارای یک دوربین دیجیتال داخلی است استفاده کنید ، بنابراین می توانید برای آنالیز بعدی از تصاویر بصری کمک بگیرید.
- به تمام شرایط محیطی توجه کنید. این موارد را در صورت لزوم برای آنالیز های بعدی تصاویر حرارتی اندازه گیری و ثبت کنید.

3.1 واژه نامه ترموگرافی

صفر مطلق (Absolute zero)

صفر مطلق -273.15 درجه سانتی گراد است (0 کلوین = -459.69 درجه فارنهایت). تمام اجسام که دمای آنها در صفر مطلق است ، هیچ اشعه مادون قرمز از خود ساطع نمی کنند.

جذب (Absorption)

وقتی اشعه مادون قرمز الکترومغناطیسی به جسمی برخورد می کند ، جسم مقداری از این انرژی را جذب می کند. جذب اشعه مادون قرمز به معنای گرم شدن جسم است. اجسام گرمتر تابش مادون قرمز بیشتری نسبت به اجسام سردتر دارند. اشعه مادون قرمز جذب شده در نتیجه ی تبدیل اشعه مادون قرمز ساطع شده است (منظور اشعه ساطع شده از جسم). قابلیت جذب اشعه مواد با میزان انتشار مواد مرتبط است. برخورد تابش مادون قرمز روی جسمی که جاذب اشعه نیست بازتاب شده و یا منتقل می شود (از طریق آن جسم عبور می کند).

زمان سازگاری با محیط (Acclimatization time)

زمان سازگاری محیط به زمانی اطلاق میشود که تصویربردار حرارتی نیاز دارد برای وفق پیدا کردن به دمای محیط محل اندازه گیری به منظور اندازه گیری تمامی مشخصات. زمان سازگاری با محیط دستگاه خود را از کتابچه راهنما برداشت کنید.

جسم سیاه تابشگر (Black body radiator)

جسمی که تمام انرژی حاصل از تابش مادون قرمز حادث شده را جذب کرده ، آن را به تابش مادون قرمز خود تبدیل کرده و به طور کامل ساطع می کند. میزان انتشار جسم سیاه تابش گر دقیقاً یک است. بنابراین هیچ بازتابی یا انتقالی حاصل از تابش وجود ندارد. اشیائی با این خواص در عمل اتفاق نمی افتند.

دستگاه های کالیبراسیون تصویربردارهای حرارتی به عنوان جسم سیاه تابشگر شناخته می شوند. با این حال ، میزان انتشار آنها فقط مقداری زیر یک است.

کالیبراسیون (Calibration)

روشی که در آن مقادیر اندازه گیری یک ابزار (مقادیر واقعی) و مقادیر اندازه گیری یک ابزار مرجع (مقادیر اسمی) تعیین و مقایسه می شود. نتایج اجازه میدهد تا استنتاج ها درباره ی اینکه مقادیر اندازه گیری واقعی تجهیزات در اندازه ی دامنه محدود/تعادل باشند. در مقابل تنظیم دستگاه، انحراف شناسایی شده از مقدار واقعی اندازه گیری صرفاً برای مستند سازی در کالیبراسیون می باشد و برای مقدار اسمی اندازه گیری تنظیم نشده است. فواصلی که کالیبراسیون باید انجام شود به ترتیب وظایف اندازه گیری و نیاز ها بستگی دارد.

سلسیوس (°C) Celsius

واحد دما میباشد. تحت فشار نرمال، نقطه صفر مقیاس سلسیوس (0°C) دمای انجماد آب میباشد. نقطه ثابت دیگر برای مقیاس سانتیگراد ، نقطه جوش آب در 100 درجه سانتی گراد است. $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$ or $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$

نقطه سرد و نقطه گرم (Coldspot and hotspot)

سردترین نقطه یک منطقه در تصویر حرارتی به عنوان "نقطه سرد" و گرمترین نقطه به عنوان "نقطه گرم" نامیده می شود. با استفاده از عملکرد "تشخیص خودکار نقطه گرم / سرد"، می توانید این دو نقطه را مستقیماً روی تصویر حرارتی خود در نمایشگر دوربین مشاهده کنید. این عملکرد در بسیاری از پکیج های نرم افزار آنالیز نیز وجود دارد، به عنوان مثال با Testo IRSoft یا Testo Thermography Phy. هم چنین در آنجا می توانید این دو نقطه را برای هر محدوده از تصویر حرارتی که می خواهید تعریف کنید نمایش دهید.

پالت رنگی (Colour palette)

انتخاب نمایش رنگ برای تصویر حرارتی در دوربین (به عنوان مثال "رنگین کمان"، "آهن"، "مقیاس خاکستری" پالت رنگ). کنتراست تصاویر حرارتی قابل نمایش با کیفیت های متفاوت است و بستگی به نوع اندازه گیری و تنظیم پالت رنگی دارد. پس از ذخیره تصویر حرارتی، پالت رنگ را می توان به صورت جداگانه و با استفاده از نرم افزار آنالیز (مثلاً با testo IRSoft یا testo Thermography App) تنظیم کرد. همچنین هنگام انتخاب پالت رنگ به قابل فهم بودن تصویر حرارتی خود توجه کنید. در بیشتر موارد، رنگ های قرمز و زرد با گرما و همچنین سبز و آبی با سرما به طور شهودی توسط بیننده مرتبط می شوند.

جسم تابشگر رنگ شده (Coloured body radiator)

جسم تابشگر رنگ شده موادی هستند که میزان انتشار آن بستگی به طول موج آن دارد. اگر شما به جسم مشابه با استفاده از تصویرگر حرارتی در دامنه مادون قرمز موج بلند

(LWIR, 8 – 14 μm) و تصویر بردار حرارتی در دامنه مادون قرمز موج متوسط

(MWIR, 3 – 5 μm) نگاه کنید ممکن است لازم باشد تا میزان انتشار های متفاوتی را

در تصویر گرهای حرارتی تنظیم کنید.

میعان (Condensation)

به معنی انتقال ماده از حالت گازی به حالت مایع میباشد. اگر دمای سطح و در نتیجه دمای هوا روی سطح کمتر از دمای نقطه شبنم (dew point) باشد ، رطوبت هوا می تواند روی سطوح متراکم شود.

خاصیت هادی (Conduction)

به معنی انتقال حرارت میباشد. در واقع انتقال انرژی گرمایی بین ذرات همسایه می باشد. انرژی همیشه از ذره گرمتر به ذره سردتر منتقل می شود. برخلاف همرفت ، در یک هادی انتقال جرمی ذرات وجود ندارد.

همرفت (Convection)

انتقال گرما ، که شامل حرکت انرژی گرمایی از یک سیال یا گاز به سیال یا گاز دیگر در نتیجه انتقال جرم ذرات است.

D

شناساگر (Detector)

شناساگر تابش مادون قرمز را دریافت کرده و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. **وضوح** **هندسی** شناساگر با پیکسل ها و **وضوح حرارتی** با NETD به نمایش در میاید.

نقطه شبنم / دمای نقطه شبنم (Dew point/dew point temperature)

به دمایی گفته میشود که آب متراکم می شود. در دمای نقطه شبنم ، هوا با بیش از 100٪ بخار آب اشباع می شود. وقتی هوا نتواند بخار آب بیشتری جذب کند ، میعان تشکیل می شود.

E

قابلیت انتشار (ε) (Emissivity)

به اندازه گیری توانایی یک ماده در تابش اشعه مادون قرمز (انتشار) گفته میشود. قابلیت انتشار بر اساس خواص سطح و مصالح، همچنین بر اساس دمای جسم متفاوت است .

F

فارنهایت (°F) (Fahrenheit)

این واحد دما عمدتاً در آمریکای شمالی استفاده می شود.

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32.$$

مثال : 20°C به $^{\circ}\text{F}$: $68^{\circ}\text{F} = (20^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32$.

میدان دید (Field of view)

رجوع کنید به "FOV (میدان دید)" ، ص. 42

میدان دید (FOV (Field Of View))

به معنی میدان دید تصویربردار حرارتی است. میدان دید به عنوان یک زاویه ی مشخص شده است (به عنوان مثال 32 درجه) و محدوده ای را که با تصویربردار حرارتی قابل مشاهده است را تعریف می کند. میدان دید به شناساگر و به لنز استفاده شده در تصویر بردار حرارتی بستگی دارد. به طور کلی، لنزهای واید دارای میدان دید عریض است، در حالی که لنزهای تله (به عنوان مثال لنزهای تله 9 درجه تستو) و لنزهای سوپر تله یک میدان دید کوچک دارند.

G

جسم خاکستری تابشگر (Grey body radiator)

از آنجا که در طبیعت جسم سیاه تابش گر ایده ال وجود ندارد ($\epsilon = 1$)، بنابراین ما با مفهوم جسم خاکستری تابش گر کنار می آییم ($\epsilon < 1$). بسیاری از مصالح ساختمانی یا مواد الی را می توان تقریباً به عنوان جسم خاکستری تابشگر در یک محدوده طیفی باریک توصیف کرد. این قضیه شامل نادیده گرفتن وابستگی طول موج قدرت انتشار میشود (رجوع شود به جسم رنگ شده تابش گر)، چرا که حساسیت طیفی تصویر بردارهای حرارتی فقط یک بخش طیفی کوچک طیف مادون قرمز را پوشش میدهد. بنابراین، بنابراین آنچه گفته شد یک تقریب مجاز را نشان می دهد. در مقابل جسم سیاه تابشگر، جسم خاکستری تابشگر هرگز 100٪ تابشی را که به آن برخورد می کند را جذب نمی کنند، به این معنی که شدت تابشی که از آنها ساطع می شود نیز کمتر جسم سیاه می باشد.

H

کانون گرم (Hotspot)

رجوع کنید به "Coldspot and hotspot"، ص. 40

I

تابشگر ایده ال

رجوع کنید به "رادیاتور بدنه سیاه"، ص. 39

میدان دید لحظه ای (IFOVgeo)

IFOVgeo وضوح تصویر دوربین را نشان می دهد. همچنین نشان میدهد که سیستم دوربین با توجه به لنز و شناساگر (detector) چه جزئیاتی را می تواند نشان دهد. کیفیت دوربین IFOVgeo به صورت $\text{mrad} (= \text{milliradian})$ یا هزاره داده شده است و کوچکترین

شیء که قابلیت به تصویر کشیده شدن داشته باشد را بسته به فاصله ی اندازه گیری توصیف میکند. اندازه شیء با یک پیکسل بر روی تصویر حرارتی مرتبط است.

IFOVmeas (اندازه گیری میدان دید لحظه ای)

به کوچکترین جسمی گفته میشود که دمای آن را می توان به طور دقیق توسط تصویربردار حرارتی اندازه گیری کرد. این جسم 2-3 برابر بزرگتر از کوچکترین شی قابل شناسایی (IFOVgeo) است.

قاعده کلی این است: $IFOVmeas \approx 3 \times IFOVgeo$

از IFOVmeas به عنوان کوچکترین نقطه اندازه گیری نیز یاد می شود.

دامنه رفرش تصویر (Image refresh rate)

مشخصات در هرتز که چه مقدار بر ثانیه تصویر نمایش داده رفرش شده است

(برای مثال 9 Hz / 33 Hz / 60 Hz). دامنه رفرش 9 Hz برای یک تصویر به معنی این است که تصویربردار حرارتی، تصویر حرارتی را در صفحه نمایش نه بار در ثانیه اپدیت میکند.

تابش مادون قرمز

تابش مادون قرمز یک تابش الکترومغناطیسی است. هر جسمی با دمای بالاتر از صفر مطلق 0 (Kelvin = -273.15 ° C) تابش مادون قرمز دارد. تابش مادون قرمز دامنه طول موج را از 0.78 μm تا 1000 μm (= 1 میلی متر) پوشش می دهد و بنابراین در محدوده طول موج برای نور (0.38 to 0.78 μm) محدود می شود. تصویربردار حرارتی اغلب تابش موج بلند اینفرارد را اندازه گیری میکند در دامنه

8 μm تا 14 μm (مانند دستگاه های testo 865, testo 872, testo 885, testo 882, testo 875i و testo 890) ، همانطور که اتمسفر در این محدوده طول موج در برابر تابش مادون قرمز بسیار نفوذ پذیر است.

ایزوترم ها (Isotherms)

به لاین های هم دما گفته می شود. شما میتوانید ایزوترم ها را با نرم افزار تحلیل (برای مثال testo IIRSoft) و یا با تصویر بردارهای حرارتی با کیفیت بالا نمایش دهید. تمامی نقاط اندازه گیری در تصویر حرارتی با مقادیر دما در طول یک دامنه از پیش تعریف شده که با رنگ علامت زده شده را شامل میشود.

K

کلوین (K)

واحد دما میباشد. صفر کلوین با نقطه صفر مطلق مطابقت دارد (C $^{\circ}$ -273.15). موارد زیر اعمال می شود: F $^{\circ}$ 32 = C $^{\circ}$ 0 = K 273.15
$$K = C^{\circ} + 273.15$$

مثال 20 درجه سانتیگراد در کلوین: 20 C $^{\circ}$ + 273.15 = 293.15

L

تابشگر لمبرت (Lambert radiator)

تابشگر لمبرت شیئی است که تابش برخوردی به خودش را با انتشار بهینه پراکنده بازتاب می کند. به عبارت دیگر تابش برخوردی با همان قدرت ورودی در همه جهات بازتاب می شود. با استفاده از تصویرساز حرارتی می توانید دمای تابش بازتاب شده از تابشگر لمبرت را اندازه گیری کنید.

مارکر لیزری (Laser marker)

با استفاده از مارکر لیزری ، علامت گذاری لیزر با انطباق کامل نشان داده می شود و شما را قادر می سازد تا موقعیت دقیق نقطه لیزر را بر روی صفحه نمایشگر حرارتی مشاهده کنید. این عملکرد در دوربین های testo 872 ، testo 885 ، testo 890 گنجانده شده است.

اشاره گر لیزری (Laser pointer)

یک اشاره گر لیزری بر روی سطح جسم قرار میگیرد (یک نقطه قرمز روی جسم مورد اندازه گیری قرار می گیرد). علامت لیزر و مرکز تصویر سطح مورد اندازه گیری دقیقاً مطابقت ندارند ، زیرا در محوره های مختلف نوری قرار دارند. اشاره گر به عنوان یک راهنما عمل می کند.

احتیاط:

لیزر کلاس 2: هرگز لیزر را به سمت افراد یا حیوانات نگیرید و هرگز به لیزر نگاه نکنید! می تواند به چشم آسیب برساند!

لنزها (Lenses)

اندازه میدان دید تصویرگر حرارتی و در نتیجه اندازه نقطه اندازه گیری با توجه به لنز مورد استفاده تغییر می کند. اگر می خواهید نمای کلی از توزیع دما در یک سطح بزرگ داشته باشید ، یک لنز با زاویه دید عریض (به عنوان مثال لنز استاندارد 32 درجه برای تستو i 875) مناسب است. برای اندازه گیری جزئیات کوچک ، حتی از فاصله بیشتر ، می توانید از لنز تله فوتو (به عنوان مثال لنز تله 9 درجه Testo) استفاده کنید. برای اندازه گیری کوچکترین جزئیات از فاصله زیاد ، باید از یک لنز سوپر تله (برای دوربین های testo 885 و testo 890) استفاده کنید.

M

نقطه اندازه گیری (Measurement spot)

(اندازه گیری میدان دید لحظه ای) "IFOVmeas" رجوع کنید به صفحه 44.

N

تفاوت دمای معادل نویز NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

به رقم کلیدی گفته میشود برای کمترین تفاوت دمایی ممکن که برای دوربین قابل تحلیل میباشد. مقدار کمتر این رقم، برابر است با رزولوشن اندازه گیری بهتر یا حساسیت دمایی بالاتر دوربین حرارتی.

R

جسم واقعی (Real body)

رجوع کنید به "تابشگر جسم خاکستری" ، ص. 43

بازتاب (p) Reflectance

توانایی یک ماده در انعکاس تابش مادون قرمز بازتاب گفته میشود. بازتاب به خصوصیات سطح ، دما و نوع مواد بستگی دارد.

رطوبت نسبی (%RH) Relative humidity

به درصد مشخصات سطح بخار آب متراکم در هوا گفته می شود. برای مثال در RH 33% هوا فقط شامل یک سوم حداکثر حجم بخار آب می باشد که در دما و فشار هوا مشابه میتواند جذب کند. در رطوبت هوا بیش از 100% میعان شروع میشود ، زیرا هوا کاملاً اشباع شده است و نمی تواند رطوبت بیشتری را جذب کند و بخار آب گازی موجود در هوا مایع می شود. هرچه هوا گرمتر باشد ، بخار آب بیشتری را می تواند بدون ایجاد میعان جذب کند. به همین دلیل ، میعان همیشه ابتدا در سطوح سرد اتفاق می افتد.

RTC (جبران دمای منعکس شده) (Reflected Temperature Compensation)

برخی از تابش های حرارتی با اجسام واقعی بازتاب می شوند. این درجه حرارت بازتاب شده باید در اندازه گیری اجسام با انتشار کم در نظر گرفته شود. یک عامل در دوربین، امکان محاسبه بازتاب را فراهم می کند و بنابراین دقت اندازه گیری دما بهبود می یابد. این کار معمولاً با استفاده از ورودی دستی به دوربین و یا از طریق نرم افزار انجام می شود.

در بیشتر موارد ، دمای منعکس شده با دمای محیط یکسان است (به خصوص در دمانگاری های فضای بسته). اگر تابش مادون قرمز ناشی از تداخل در سطح جسم اندازه گیری منعکس شود ، باید درجه حرارت تابش منعکس شده را تعیین کنید (به عنوان مثال با استفاده از تایشگر لمبرت). دمای منعکس شده تأثیر کمی بر روی اجسام با میزان انتشار بسیار بالا دارد.

T

درجه حرارت (Temperature)

به متغیر حالت برای انرژی موجود در جسم گفته میشود.

تصویر حرارتی (Thermal image)

تصویری که توزیع های دمایی سطح اجسام را با استفاده از رنگهای مختلف برای مقادیر مختلف دما نشان می دهد. تصاویر حرارتی با استفاده از تصویربرداری حرارتی گرفته می شوند.

تصویربرداری حرارتی (Thermal imager)

دوربینی میباشد که تابش مادون قرمز را اندازه گیری میکند و آن را به تصویر حرارتی تبدیل میکند. با استفاده از یک تصویربرداری حرارتی ، توزیع های دمای سطح را می توان نشان داد که

برای چشم انسان قابل مشاهده نیست. نواحی عادی در اپلیکیشن ، به عنوان مثال در دمانگاری ساختمان و در دمانگاری الکتریکی و صنعتی، یافت می شود.

ترموگرام (Thermogram)

رجوع کنید به "تصویر حرارتی" ، ص. 48

دمانگاری (Thermography)

روش تصویر برداری است با استفاده از تکنولوژی اندازه گیری که تابش حرارتی یا توزیع دمای سطح جسم را با استفاده از تصویر برداری حرارتی به تصویر میکشد.

انتقال (Transmittance (τ))

به اندازه گیری توانایی یک ماده برای عبور اشعه مادون قرمز از آن گفته میشود که به ضخامت و نوع ماده بستگی دارد. اکثر مواد در برابر اشعه مادون قرمز موج بلند نفوذ پذیر نیستند.

اندازه گیری دو نقطه ای (Two-point measurement)

اندازه گیری دو نقطه ای دارای دو خط متقاطع در نمایشگر دوربین است که می تواند برای خواندن دمای تکی استفاده شود.

3.2 جدول میزان انتشار

جدول زیر به عنوان یک راهنما برای تنظیم میزان انتشار در اندازه گیری مادون قرمز تهیه شده است. این جدول قابلیت انتشار (ϵ) برخی از مواد رایج را نشان میدهد. با تغییر میزان انتشار با توجه به دما و خصوصیات سطح ، مقادیر نشان داده شده در اینجا باید صرفاً به عنوان راهنمایی برای اندازه گیری شرایط دمایی یا اختلافات دمایی در نظر گرفته شوند. برای اندازه گیری مقدار درجه حرارت مطلق ، باید میزان انتشار پذیری دقیق مواد تعیین شود.

ماده (دمای ماده)	میزان انتشار
آلومینیوم ، خالی نورد شده (170 درجه سانتیگراد)	0.04
آلومینیوم ، اکسید نشده (25 درجه سانتیگراد)	0.02
آلومینیوم ، اکسید نشده (100 درجه سانتیگراد)	0.03
آلومینیوم ، به شدت اکسید شده (93 درجه سانتیگراد)	0.20
آلومینیوم ، بسیار صیقلی (100 درجه سانتیگراد)	0.09
برنج ، اکسید شده (200 درجه سانتیگراد)	0. 61
آجر ، ملات ، گچ (20 درجه سانتیگراد)	0.93
آجر کاری (40 درجه سانتیگراد)	0.93
چدن ، اکسید شده (200 درجه سانتیگراد)	0.64
کروم (40 درجه سانتیگراد)	0.08
کروم ، صیقلی (150 درجه سانتیگراد)	0.06
خاک رس ، سوخته (70 درجه سانتیگراد)	0.91
بتن (25 درجه سانتیگراد)	0.93
مس ، کمی لکه دار (20 درجه سانتیگراد)	0.04
مس ، اکسید شده (130 درجه سانتیگراد)	0.76
مس ، صیقلی (40 درجه سانتیگراد)	0.03
مس ، نورد (40 درجه سانتیگراد)	0.64
چوب پنبه (20 درجه سانتیگراد)	0.70
پنبه (20 درجه سانتیگراد)	0.77

ماده (دمای ماده)	میزان انتشار
شیشه (90 درجه سانتیگراد)	0.94
گرانیت (20 درجه سانتیگراد)	0.45
گچ (20 درجه سانتیگراد)	0.90
انسان (36 درجه سانتیگراد)	0.98
یخ ، صاف (0 درجه سانتیگراد)	0.97
آهن ، خاک زغال چوب (20 درجه سانتیگراد)	0.24
آهن با پوسته ریخته گری (100 درجه سانتیگراد)	0.80
آهن با پوسته نورد (20 درجه سانتیگراد)	0.77
سرب (40 درجه سانتیگراد)	0.43
سرب ، اکسید شده (40 درجه سانتیگراد)	0.43
سرب ، اکسید خاکستری شده (40 درجه سانتیگراد)	0/28
سنگ مرمر ، سفید (40 درجه سانتیگراد)	0.95
رنگهای روغنی (تمام رنگها) (90 درجه سانتیگراد)	0.96-0.92
رنگ ، به رنگ آبی روی فویل آلومینیوم (40 درجه سانتیگراد)	0.78
رنگ ، سیاه ، مات (80 درجه سانتیگراد)	0.97
رنگ ، زرد ، 2 لایه روی فویل آلومینیوم (40 درجه سانتیگراد)	0.79
رنگ ، سفید (90 درجه سانتیگراد)	0.95
کاغذ (20 درجه سانتیگراد)	0.97
پلاستیک: PE ، PP ، PVC (20 درجه سانتیگراد)	0.94
چینی (20 درجه سانتیگراد)	0.92
تابشگر ، مشکی ، آنود شده (50 درجه سانتیگراد)	0.98
لاستیک ، سخت (23 درجه سانتیگراد)	0.94
لاستیک ، نرم ، خاکستری (23 درجه سانتیگراد)	0.89
ماسه سنگ (40 درجه سانتیگراد)	0.67
فولاد ، عملیات سطحی حرارتی (200 درجه سانتیگراد)	0.52
فولاد ، اکسید شده (200 درجه سانتیگراد)	0.79
فولاد نورد سرد (93 درجه سانتیگراد)	0.85-0.75
رنگ تبدیل شونده (70 درجه سانتیگراد)	0.94
چوب (70 درجه سانتیگراد)	0.94
روی ، اکسید شده	0.1

3.3 توصیه ی تستو

کالیبراسیون تصویربرداری حرارتی شما

Testo SE & Co. KGaA توصیه می کند تصویربرداری حرارتی خود را مرتباً کالیبره کنید. فواصل زمانی که این کار باید انجام شود به وظایف و نیازهای اندازه گیری شما بستگی دارد. می توانید اطلاعات بیشتر در مورد کالیبراسیون تصویربرداری حرارتی خود را در www.testo.com بیابید.

دوره های آموزشی دمانگاری

ماندن در بالاترین حد دانش : یکی از مهم ترین الزامات برای برآوردن نیازهای پیچیده ی اندازه گیری و افزایش سطح کیفی بودن در لبه ی تکنولوژی است. به همین دلیل Testo SE & Co. KGaA دوره های آموزشی ترموگرافی را برای طیف وسیعی از حوزه های کاربردی ارائه می دهد. می توانید اطلاعات بیشتر در مورد دوره های آموزشی ما را در www.testo.com بیابید.

اطلاعات بیشتر در:

www.testo.com/thermography