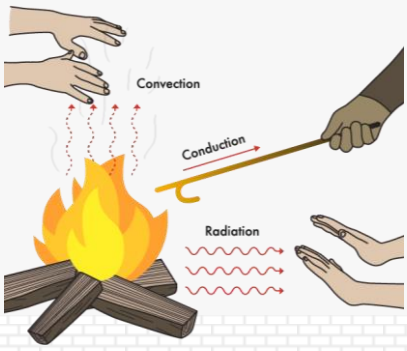
ترموگرافی (Thermography)

طبق تعریف، **ترموگرافی** عبارتست از تکنیک ردیابی و اندازه گیری تغییرات حرارت تشعشع یافته از نقاط مختلف یک جسم و تبدیل آنها به سیگنال (یا تصاویر) قابل مشاهده.

ترموگرافی یکی از روشهای پایش وضعیت و پیش بینی عیوب ماشین آلات مکانیکی و الکتریکی می‌باشد؛ زیرا عملکرد هر دستگاه همواره با انتشار گرما همراه است و معمولاً هر ایراد مکانیکی و الکتریکی در تجهیزات با افزایش و یا کاهش دما بروز می‌نماید. به عنوان مثال، افزایش دما در یک مدار الکتریکی می‌تواند ناشی از اتصالات ناصحیح با مقاومت بالا باشد. قطعی مدار نیز می‌تواند به صورت نقاط سرد ناشی از عدم جریان در مدار ظاهر شود. همچنین، توزیع دما در سطح تجهیزات مکانیکی وقتی این تجهیزات در شرایط ایده‌آل کار می‌کنند دارای امضای حرارتی خاص است که با تغییر آن می‌توان به وجود عیب در تجهیز پی برد. یک روش ساده این است که اندازه‌گیری توزیع دما در سطح ماشین آلات در حین کار انجام شده و با توزیع دمایی آن ماشین در حالت کارکرد سالم (که از مستندات و کاتالوگهای مربوط به ماشین و یا از روی تجربه بدست می‌آید) به وجود عیب پی برد. علاوه بر این، الگوی حرارتی ثبت شده در صورت تفسیر درست حتی می‌تواند نوع و علت عیب را مشخص کند.

گرمای منتشر شده از سطح بیرونی اجسام به صورت تشعشعات مادون قرمز آزاد می‌گردد که البته توسط چشم انسان قابل رویت نیستند. اما این تشعشات را می‌توان از طریق دوربین‌های ترموگرافی مشاهده نمود. از آنالیزهای حرارتی جهت شناسائی و تشخیص عیوبی مانند اتصالات الکتریکی نامناسب، شل بودن قطعات و تجهیزات، تغییرات متالورژی، بار بیش از حد، خنک کاری نامناسب، ولتاژ نامناسب، اتصال و رسانائی نامناسب، کثیف بودن تجهیزات، وجود آلودگی محیطی، اکسیده شدن اتصالات، ظرفیت نامناسب، خوردگی و فرسایش خارجی، عدم هم محوری و ارتعاشات بیش از حد و بسیاری عیوب دیگر که در نهایت باعث معیوب شدن قطعات و تجهیزات می‌گردند، استفاده می شود.

انرژی حرارتی

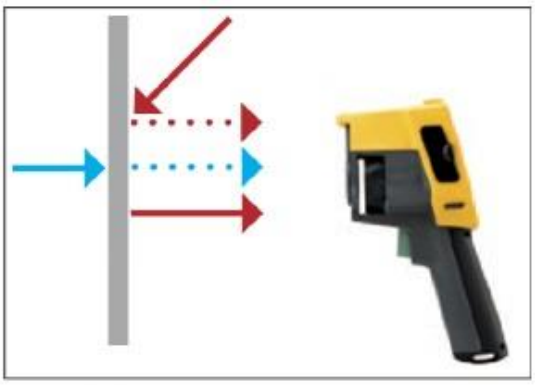


حرارت به زبان ساده عبارتست از انرژی در حال گذر که بدلیل اختلاف دما مابین دو نقطه جریان می یابد. سه شکل عمومی انتقال حرارت عبارتند از: هدایت، جابجایی، و تشعشع. دو نوع اول برای انتقال حرارت نیاز به محیط مادی دارند؛ در حالی که تشعشع در محیط خلاء نیز قابلیت انتقال انرژی را دارد. تشعشع حرارتی بصورت انتشار امواج الکترومغناطیسی و در طیف وسیعی از محدوده های طول موجها (بسته به دمای جسم گسیل کننده حرارت) صورت می پذیرد. با این وجود، برای اجسامی که در دماهای معمول

بر روی کره زمین قرار دارند تشعشع حرارتی بطور غالب در محدوده طول موج خاصی که مادون قرمز نامیده می شود، انجام می گیرد. از اینرو، تشعشع حرارتی عموما تشعشع مادون قرمز نیز نامیده می شود.

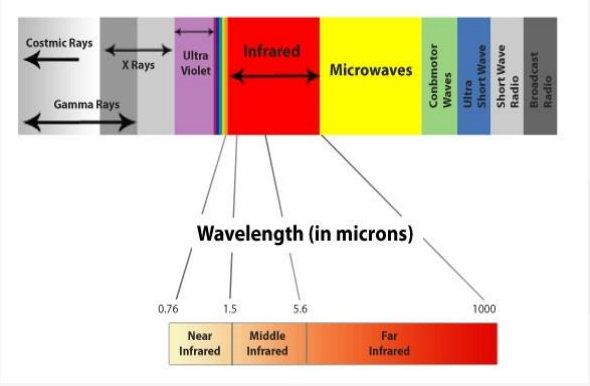
بطور کلی، ترموگرافی مقدار انرژی حرارتی گسیل شده، عبوری، و منعکس شده از یک جسم را نمایش می دهد. این موضوع را می توان بصورت زیر بیان کرد:

توان تشعشع انعکاسی + توان تشعشع عبوری + توان تشعشع گسیل شده = توان تشعشع ورودی



که در آن، توان تشعشع ورودی پروفایل ثبت شده توسط دوربین ترموگرافی می باشد. توان تشعشع گسیل شده در واقع همان تشعشعی است که ترموگرافی به دنبال اندازه گیری آن می باشد. توان تشعشع عبوری مقدار تشعشع عبور کرده از جسم تحت اندازه گیری؛ و توان تشعشع انعکاسی مقدار تشعشع انعکاس یافته از سطح آن جسم می باشد. بدلیل اینکه منابع متعددی در اندازه گیری دمای یک جسم اثرگذار هستند، تعیین دقیق دمای جسم مشکل می باشد. از این رو، دوربین های ترموگرافی بایستی با استفاده از الگوریتم های خاص، بتوانند این منابع را از یکدیگر تفکیک و نتایج بدست آمده را تفسیر کنند.

تشعشع مادون قرمز (IR)



تشعشع مادون قرمز نوعی تشعشع الکترومغناطیس غیر قابل رویت با طول موج کمتر از امواج رادیویی و بیشتر از نور مرئی می باشد. امواج مادون قرمز در محدوده طول موج ۰٫۷ میکرومتر (فرکانس ۴۳۰ ترا هرتز) تا طول موج ۱۰۰۰ میکرومتر (۳۰۰ گیگاهرتز) از طیف امواج الکترومغناطیس قرار گرفته اند. عمده تشعشع حرارتی که اجسام در دمای اتاق از خود ساطع می کنند در محدوده امواج مادون قرمز قرار دارند.

تشعشع مادون قرمز توسط ملکولها (زمانی که مدار دورانی شان را تغییر می دهند) گسیل یا جذب می شود. در حالت کلی، توان تشعشع حرارتی (**P**) برای جسمی که در دمای **T** قرار دارد از طریق رابطه زیر بدست می آید:

$$P = \varepsilon \sigma A T^4$$

که در آن، ε ضریب تشعشع جسم، σ ثابت بولتزمان ($= 5.6703 \times 10^{-8} \ \frac{watt}{m^2 K^4}$)، **A** مساحت سطح، و **T** دمای جسم بر حسب کلوین می باشد.

ضریب تابش (ϵ)

یکی از نکات مهمی که رعایت آن برای اندازه گیری صحیح دما در دوربین های مادون قرمز اهمیت زیادی دارد، تنظیم صحیح پارامتر ضریب تابش سطح مورد اندازه‌گیری است. ضریب تابش یک جسم عبارتست از "نسبت توان تابش حرارتی گسیل شده توسط آن جسم در دمای مورد نظر به توان تابش جسم سیاه ایده‌آل در همان دما"؛ که عموما عددی کوچکتر از یک است.

این ضریب به کیفیت جسم و پارامترهای سطح بستگی دارد. ممکن است مواد مختلف با ضریب تابش‌های مختلف در یک محیط کنارهم باشند که بازرسی ترموگرافی باید این مسئله را مدنظر قرار دهد؛ این بدان معنی است که با یک ضریب تابش نمی‌توان عدد صحیح دمای تمامی تجهیزات را به دست آورد. چنانچه در تصویری که می‌خواهیم تهیه کنیم، چند جسم با ضریب صدور متفاوت وجود داشت، برای انجام یک تصویر برداری گرمایی موفق، استفاده از یک پوشش مثل رنگ کدر یا نوار چسبهای کدر برای کلیه این اجسام می‌تواند راه حلی عملی باشد. درغیر این صورت می توان برای دستیابی به توزیع دمایی واقعی تر، ضریب تابش سطح هدف را به تجهیز معرفی نمود.