INSO
19118
1st.Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۱۱۸
چاپ اول
۱۳۹۳

روش اجرایی کالیبراسیون و تصدیق مشخصه‌های اصلی دستگاه‌های ترموگرافی

Procedure for calibration and verification of the main characteristics of thermographic instruments

ICS:17.160.03

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" روش اجرایی کالیبراسیون و تصدیق مشخصه‌های اصلی دستگاه‌های ترموگرافی "

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
جعفری، حسین (لیسانس برق و الکترونیک)	مدیر عامل شرکت آرتا سنجش آریا استان اردبیل
دبیر:	
زارعی، بابک (فوق لیسانس شیمی آلی)	رئیس اداره اندازه شناسی، اوزان و مقیاسها، اداره کل استاندارد استان اردبیل
اعضاء(اسامی به ترتیب حروف الفبا):	
افتخاری، کیومرث (لیسانس مهندسی مکانیک)	کارشناس نظام مهندسی استان اردبیل
جعفری، غلام رضا (فوق دیپلم ساخت و تولید)	رئیس اداره اندازه شناسی، اوزان و مقیاسها، اداره کل استاندارد استاندارد استان سیستان و بلوچستان
زاهد، سارا (فوق لیسانس چینه شناسی و فسیل شناسی)	مسئول کنترل کیفی کارگاه تولیدی مجرد استان اردبیل
صابونی، رضا (فوق لیسانس شیمی کاربردی)	رئیس اداره اندازه شناسی، اوزان و مقیاسها، اداره کل استاندارد استان تبریز
صبورگیلوان، عباس (لیسانس مهندسی مکانیک)	کارشناس کالیبراسیون سازمان ملی استاندارد ایران
سید سیاح، میر جمال (لیسانس مکانیک سیالات)	رئیس خدمات مهندسی شرکت نفت استان اردبیل
شمس آذر، خدیجه (فوق لیسانس شیمی - فیزیک)	کارشناس اداره کل استاندارد اردبیل
علائی، هاشم (لیسانس مهندسی کشاورزی)	مدیر کل اداره استاندارد استان اردبیل

فدا، امیر (لیسانس برق ـ قدرت)	کارشناس اداره کل استاندارد استان اردبیل
کیشی زاده، یوسف (کارشناس برق ـ قدرت)	مدیر فنی شرکت حساب آوران کوشا استان اردبیل
معز، بهروز (فوق لیسانس مکانیک)	کارشناس استاندارد شرکت گاز استان اردبیل

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملّی استاندارد ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد د
پیشگفتار و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ اصطلاحات و تعاریف ۱
۲- ۱ ابزار ترموگرافی ۱
۲- ۲ ترموگرام ۱
۲- ۳ رادیاتور استاندارد ۱
۲- ۴ رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد ۱
۲- ۵ شیء آزمون دمایی ۱
۲- ۶ تعداد عناصر حساس (عناصر تشخیصی ترموگرام) ۲
۲- ۷ میدان دید ۲
۲- ۸ میدان دید لحظه‌ای (IFOV) ۲
۲- ۹ تفکیک‌پذیری(زاویه ای)فضایی ۲
۲- ۱۰ اختلاف دمای معادل پارازیت (تفکیک‌پذیری دمایی (ΔT_{NETD}) ۲
۲- ۱۱ حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان یک وسیله‌ی ترموگرافی ۲
۳ مشخصه‌های یک دستگاه ترموگرافی که باید تصدیق شود ۲
۴ شرایط تصدیق و کالیبراسیون ۳
۵ روش‌های تصدیق و کالیبراسیون ۳
۵- ۱ روش اجرایی و ابزار تصدیق ۳
۵- ۲ آزمون بیرونی (ظاهری) ۳
۵- ۳ کنترل عملی و آزمون ۵
۵- ۴ تعیین اختلاف دمایی معادل پارازیت ۵
۵- ۵ تعیین تعداد عناصر حساس و معیوب یک ترموگرام ۶
۵- ۶ تعیین میدان دید و میدان لحظه‌ای دید ۶
۵- ۷ تعیین تفکیک‌پذیری فضایی (زاویه ای) ۷

۵- ۸ بازبینی گستردهو برآورد درستی اندازه‌گیری دمای تابشی دستگاه ۹
۵- ۹ تعیین حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان ۱۰
۵- ۱۰ بررسی تاثیر شرایط محیطی در عملکرد دستگاه ۱۰
۵- ۱۱ تعیین تکرارپذیری قرائت‌های دستگاه ترموگرافی ۱۱
۵- ۱۲ تنظیم نتایج تصدیق و کالیبراسیون ۱۱
پیوست الف (اطلاعاتی) طرح کلی شیء آزمون دمایی با شیار متغیر ۱۳
پیوست ب (اطلاعاتی) طرح کلی شیء آزمون دمایی علامت‌دار ۱۴
پیوست پ (اطلاعاتی) محاسبه‌ی تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افق ۱۵
پیوست ت (اطلاعاتی) گزارش تصدیق دستگاه ترموگرافی ۱۶

پیش گفتار

استاندارد"روش اجرایی کالیبراسیون و تصدیق مشخصه‌های اصلی دستگاه‌های ترموگرافی"که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در دویست و پنجاه و پنجمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۹مورد تصویب قرار گرفته است،اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱،به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه ی صنایع، علوم و خدمات، استاندارد های ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

OIML RI41: 2008, Procedure for calibration and verification of the main characteristics of thermographic instruments.

روش اجرایی کالیبراسیون و تصدیق مشخصه‌های اصلی دستگاه‌های ترموگرافی

۱ هدف ودامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش اجرایی برای دستگاه های ترموگرافی با کاربری عمومی است. همچنین تعیین روش کالیبراسیون صحه گذاری های اولیه و دوره ای این دستگاه ها را نیز می شود.

۲اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

۲-۱ابزار ترموگرافی[1]

نوعی دستگاه الکترونیکی می‌باشد که برای مشاهده، اندازه‌گیری و ثبت غیر تماسی (ریموت[2]) توضیح فاصله/ فاصله- زمان، دمایتابشی اشیاء در میدان دید دستگاه طراحی شده است. این ابزار یک توالی زمانی از ترموگرام ها را ایجاد و با تعیین دمای سطح اشیاء بر مبنای شدت تابش معلوم و پارامترهای موثر درآن (دمای محیطی، انتقال اتمسفری، فاصله دید و غیره) عمل می کند.

۲-۲ترموگرام[3]

وسیله‌ای چند عنصری با تصویری دو بعدی است که جزء و یا عنصر آن به رنگ خاص و یا به صورت توالی خاصی از رنگ‌ها با یک سطح شفافیت صفحه‌ای طراحی شده است،که در تطابق با یک مقیاس تابشی قراردادی تعیین می شوند.

۲-۳رادیاتور استاندارد

رادیاتوری که شرایط یک جسم سیاه (BB)[4] را ایجاد می‌کند.

۲-۴رادیاتور روزنه‌ای[5] بزرگ استاندارد

رادیاتور استانداردی (رادیاتور مرجع) که ابعاد زاویه‌ای آن حداقل ده برابر بزرگتر از میدان لحظه‌ای دید دستگاه ترموگرافی باشد.

۲-۵شیءآزمون دمائی[6]

هدف این وسیله ایجاد طرحی مسطح(دو بعدی) است که شامل یک شیء تابشی دمائی با یک فرکانس تابشی از قبل تنظیم شده یا شکل و یا کنتراست[7] دمایی روی یک پس زمینه‌ی تابشی یکپارچه با مقدار دمای معین و مقدار تابش معین از شی و پس زمینه می باشد.

1- Thermographic
2- Remote
3- Thermogram
4- Black body
5- Aperture
6-Thermal test object
7- Contrast

۲-۶ تعداد عناصرحساس (عناصر آشکارساز ترموگرام)

تعداد عناصر حساس به نور که آشکارسازنوری دستگاه ترموگرافی را تشکیل می دهند.

۲-۷میدان دید

زاویه فضایی که ترموگرام داخل آن شکل می‌گیرد.

۲-۸میدان لحظه‌ای دید (IFOV)[1]

زاویه ی فضایی می‌باشد که در آن پرتو مادون قرمز توسط یکی از عناصر حساس به نور درآشکارساز نوری مشخص می‌شود.

۲-۹تفکیک پذیری (زاویه‌ای) فضایی

بعد (زاویه یا عناصر حساس) یک شکاف موجود روی یک صفحه‌ی نصب شده در جلوی رادیاتور روزنه‌ای بزرگ که در میدان دید ابزار ترموگرافی قرار دارد، زمانیکه نسبت بین بیشترین افزایش دمای شکاف بر روی دمای صفحه، به اختلاف دمایی رادیاتور و صفحه، به مقدار پیش فرض می رسد.

۲-۱۰اختلاف دمای معادل پارازیت (تفکیک پذیری دمایی ΔT_{NETD})

افزایش دمای معادل با مقدار ریشه مجموع مربعات پارازیت در یک ترموگرام می باشد، هنگامی که زمینه ای همگن که با یک دمای معین و سرعت معین ترموگرام تنظیم شده،مشاهده شود.

۲-۱۱حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان یک وسیله‌ی ترموگرافی

مقدار بیشینه اختلاف دمایی ترموگرام از یک رادیاتور روزنه‌ای بزرگ و استاندارد که دارای تابش یکپارچه و منظمی در سطح می‌باشد.

۳مشخصه های یک دستگاه ترموگرافی که باید تصدیق شود

حین انجام تصدیق، مشخصه‌های اندازه‌شناختییک وسیله‌ی ترموگرافی که باید معین شود به قرار ذیر میباشد:

الف ـتفکیک پذیری فضایی؛

ب ـ میدان دید؛

پ - میدان لحظه ای دید؛

ت - درستیاندازه گیری دمای تشعشعی؛

ث - اختلاف دمایی معادل پارازیت؛

ج - تعداد عناصر حساس خراب؛

چ - حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان؛

ح - تاثیر شرایط محیطی در عملکرد دستگاه و

1- Instantaneous field of view

خ - تکرار پذیری قرائت های دستگاه ترموگرافی.

۴ شرایط تصدیقو کالیبراسیون

تصدیقو کالیبراسیون باید در یک محیط بسته ی پایدار با بازه دمایی بین ۲۰°C تا ۲۵°C و رطوبت نسبی بین٪۴۰ تا٪۸۰ انجام شود مگر اینکه شرایط دیگری در گواهینامه دستگاه ترموگرافی تعیین شود. وسیله ترموگرافی نباید در معرض تکان‌های شدید، لرزش و میدان‌های الکترومغناطیسی خارجییا منابع تابشی خارجی قرار گیرد زیرا در این صورت باعث ایجاد اختلال در قرائت‌های ابزار سنجش خواهند شد.

۵ روش‌های‌تصدیق و کالیبراسیون

۵-۱ روش اجرایی و ابزار تصدیق

۵-۱-۱روش اجرایی و دستگاه اندازه‌گیری که باید در روش اجراییتصدیق و کالیبراسیون مورد استفاده قرار گیرد در جدول ۱ فهرست بندی شده است.

۵-۱-۲تمامی دستگاه سنجش که در جدول ۱ نشان داده شده است باید مستندات گواهینامه یا صحه گذاری مربوط به خودرا به همراه داشته باشند.

۵-۱-۳ تمامی ابزار سنجش و دستگاه ترموگرافی که باید تصدیقشوندمطبق مستنداتشان آماده بهره برداری می شوند.

۵-۱-۴متخصصین صلاحیت دار برای اجرای تصدیق در زمینه دستگاه اندازه‌گیری رادیومتری و دما به عنوان افراد صلاحیت‌دار برای امر تصدیق و کالیبراسیون معرفی می‌شوند.

۵-۲آزمایش بیرونی(ظاهری)

۵-۲-۱ آزمایش ظاهری باید موارد زیر را آشکار کند:

- تطابق کل مجموعه و دستگاه ترموگرافی باID(نشان‌های تجاری درج شده روی دستگاه و متعلقات آن)؛
- تطابق دستگاه ترموگرافی با الزامات ایمنی که در گواهینامه یا دستورالعمل راه‌اندازی آن ذکر شده است و
- عدم وجود هر نوع خرابی بر روی در دستگاه ترموگرافی که باید تصدیقشود (چنین خرابی‌هایی ممکن است در مشخصه‌های اندازه‌گیری دستگاه تاثیر بگذارد).

دستگاه ترموگرافی که این الزامات را برآورده نکند به عنوان دستگاه تصدیق شده تلقی نمی شود.

جدول ۱ روش‌های اجرایی و ابزارتصدیق و کالیبراسیون دستگاه‌های ترموگرافی

روش اجرایی	شماره بند توصیه نامه	ابزار تصدیق و مشخصه های اندازه گیری آنها	الزامات روش اجرایی	
			تصدیق اولیه	تصدیق و کالیبراسیون دو ره ای
۱- آزمون ظاهری	۵-۲		بله	بله
۲- آزمون: کنترل عملی ابزار ترموگرافی تحت شرایط متفاوت	۵-۳	رادیاتور (مدل جسم سیاه)	بله	بله
۳- تعیین پارازیت های معادل اختلاف دمایی	۵-۴	رادیاتور استاندارد روزنه‌ای بزرگ با بازه دمایی۱۰°Cبالاتر از دمای محیط،با ضریب تابش بیش از ۰/۹۶ناپایداری دما نباید بیش از۰/۰۵ °C/min ±باشد.	بله	بله
۴- تعیین تعداد عناصر خراب	۵-۵	رادیاتور استاندارد بزرگ (مرجع) (۴.۵)	بله	بله
۵- تعیین میدان دید و تعیین میدان لحظه‌ای دید	۵-۶	۱-رادیاتور استاندارد روزنه‌ای بزرگ (۵-۴) ۲- شیء آزمون دمایی با ضریب تابش بیش از ۰/۹۶ طرح کلی شیءآزمون دمایی در پیوست الف و ب نشان داده شده است. ۳- خط‌کش اندازه‌گیری با طول ۵۰۰ میلیمتر و درستی اندازه‌گیری ۱ میلی‌متر	بله	خیر
۶-تعیین فاصله‌ای (زاویه‌ای) تفکیک‌پذیری	۵-۷	۱-رادیاتور استاندارد روزنه‌ای بزرگ مرجع بله(۵-۴) ۲- آزمون دمایی اشیاء (۵-۶)	بله بله	بله بله
۷-کنترل رده و برآورد درستی تاپش در سنجش دمایی	۵-۸	رادیاتور استاندارد مرجع	بله	بله
۸- تعیین حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان	۵-۹	رادیاتور استاندارد(۵-۸)	بله	بله
۹- کنترل شرایط محیطی موثر در عملکرد دستگاه	۵-۱۰	رادیاتور استاندارد مرجع(۵-۸) و محفظه آزمایش تهویه‌دار	بله	خیر
۱۰- آزمون تکرار پذیری در قرائت های ابزار ترموگرافی	۵-۱۱	رادیاتور استاندارد روزنه‌ای بزرگ (مرجع) (۵-۵)	بله	خیر

۵-۳ کنترل عملی وآزمون

۵-۳-۱ آزمون (بررسی عملی)

وسیله‌ی ترموگرافی روشن می‌شود و عملکردهای آن مطابقروش اجرایی بهره‌برداری دستگاه کنترل میشود. یک وسیله ترموگرافی اگر در طی مراحل انجام آزمون اختلال عملکردی داشته باشد نمی‌تواند به عنوان دستگاه تصدیق شده تلقی شود.

۵-۳-۲کنترل کارکرد دستگاه ترموگرافی تحت شرایط متفاوت

دستگاه ترموگرافی و رادیاتور (مدل جسم سیاه) طبق روش اجرایی بهره‌برداری‌شان تنظیم می‌شوند. دستگاه ترموگرافی روی تابشی سطحی منبع تابشی متمرکز می‌شود.

عملکردهای دستگاه ترموگرافی تحت شرایط متفاوت تعیین شده در روش اجرایی بهره‌برداری کنترل می شود. اگر عملکردهای تعین شده در روش اجراییبهره‌برداری دستگاه یا گواهینامه‌ی آن تحت هرکدام ازشرایط متفاوت اجرا نشوددستگاه ترموگرافی به عنوان تصدیقشده تلقی نمی‌شود.

۵-۴ تعیین اختلاف دمایی معادل پارازیت

۵-۴-۱ اندازه‌گیری‌ها در فاصله‌ای صورت می‌پذیردکه کل میدان دید دستگاه ترموگرافی با رادیاتور روزنه‌ای پوشش داده شود.

۵-۴-۲جهت تعیین مشخصه‌های مرتبط، دمای رادیاتور روزنه‌ای استاندارد بزرگ روی ۳۰°C یا در دمای تعیین شده در روش اجرایی بهره برداری یا گواهینامه ی دستگاه تنظیم می شود.

۵-۴-۳ ابزار ترموگرافی بر ناحیه مرکزی رادیاتور روزنه‌ای متمرکز می‌شود و در موقعیت انتخابی ثابت میگردد. دو ترموگرام در فاصله زمانی کوتاه در حافظه دستگاه ضبط می شود.

۵-۴-۴اختلاف دمایی Δt_{ij}(°C)هر عنصر حساس در مناطق ترموگرام‌های ثبت شده که از نظر آماری بیشتر از تعداد معنی داری از عناصر حساس باشد، با استفاده از نرم افزارارائه شده با دستگاه ترموگرافی و یا از طریق فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\Delta t = t_{ij}^{(1)} - t_{ij}^{(2)} \qquad (۱)$$

که درآن:

$t_{ij}^{(1)}$دمای عنصر حساس اولین ترموگرام با مختصات (i, j)بر حسب(°C)؛

$t_{ij}^{(۲)}$دمای عنصر حساس دومین ترمو گرام با مختصات (i, j) بر حسب(°C).

۵-۴- ۵ تفکیک‌پذیری دماییΔt_{NETD},°Cاز طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\Delta t_{\mathrm{NETD}} \qquad \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{\sum_{i=1}^{X}\sum_{j=1}^{Y}\frac{\left(\Delta t_{i_j} - \overline{\Delta t}\right)^2}{X \cdot Y}} \qquad (۲)$$

که در آن:

Δt_{ij}اختلاف دمایی عنصر حساس اولین ترموگرام با مختصات (i ، j) بر حسب(°C)؛

$\overline{\Delta t}$اختلاف دمایی میانگینبر حسب (°C)؛

Xتعداد عناصر حساس در جهت افق؛

Y تعداد عناصر حساس در جهت عمود.

۵-۴-۶اگر یک ابزار ترموگرافی دارای چند بازه‌ی دمایی کاری باشد، اختلاف دمایی معادل پارازیت آن باید در هر بازه‌ی کاری‌اش تعیین شود.

۵-۴- ۷مقدار Δt_{NETD}بدست آمدهنباید از مقدار تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداری یاگواهینامه ابزار ترموگرافی تجاوز نماید.

۵-۵ تعیین تعداد عناصر حساس و معیوب یک ترموگرام

۵- ۵-۱تمامی مراحل توضیح داده شده در بند های۵-۴-۱ و ۵-۴-۲ اجرا می‌شود.

۵- ۵-۲وسیله ترموگرافی در ناحیه مرکزی رادیاتور روزنه‌ای قرار داده می‌شودو در موقعیت انتخابی ثابت می‌شود. ترموگرام‌ها در حافظه وسیله‌ی ترموگرافی ثبت می‌شوند.

۵-۵-۳به کمک نرم‌افزاری که همراه ابزار ترموگرافی ارائه شده عناصر حساس معیوب مشخص می‌شوند. انحراف دمایی هر عنصر حساس $\delta t(°C)$از مقدار دمای میانگین ترموگرام (°C)نباید از مقدار تفکیک‌پذیری دمایی معین شده در بند ۵-۴و به دفعات بیش از شش بار تجاوز نماید.هر عنصر حساسی که انحراف دمایی آن این الزام را برآورده نکند معیوب شناخته می‌شود.

۵-۵-۴تعداد عناصر حساس معیوب نباید از ٪ ۰/۳ کل تعداد عناصر حساس یا مقدار تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداری یا گواهینامه تجهیز تجاوز نماید.

۵-۶تعیین میدان دید و میدان لحظه‌ای دید

۵-۶-۱ انتخاب فاصله کاری

۵-۶-۱-۱دمای رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد (مرجع) ۱۰°C بیشتر از دمای محیط تنظیم می‌شود. شیء تست دمایی با شیار متغیر در جلوی رادیاتور و در فاصله (۳-۱) سانتی‌متری جایگذاری می‌شود.

۵-۶-۱-۲ در حالت عملکردی، دستگاه ترموگرافی باید قادر به ایجاد حداکثر حساسیت باشد. تصویر شیء آزمون دمایی باید با مرکز ترموگرام منطبق باشد.

۵-۶-۱-۳بیشترین پهنای شکاف تنظیم می‌شود و بیشترین دمای شکاف در ترموگرام اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۶-۱-۴زمانیکه بیشترین فاصله بین دستگاه ترموگرافی و شیءآزمون دمایی با شکاف متغیر، در حالت کاملا شیار باز،بیشترین مقدار دمای شیاررا در ترموگرام ایجاد نماید به عنوان فاصله‌ی کاری دستگاه R(بر حسب میلی‌متر)انتخاب می‌شود.

۵-۶-۲ تعیین میدان دید و میدان لحظه‌ای دید

۵-۶-۲-۱دمای رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد (مرجع) در دمای°C۱۰ بالاتر از دمای محیط تنظیم می-شود.شیء آزمون دمایی علامت‌دار جلوی رادیاتور و در فاصله‌ی (۳-۱)سانتی‌متری جایگذاری می‌شود.

۵-۶-۲-۲درحالت عملی، دستگاه ترموگرافی باید توانایی ایجاد میزان نهایی حساسیت خود را داشته باشد. تصویر شیءآزمون دمایی باید با ناحیه مرکزی ترموگرام تطابق داشته باشد. اندازه‌گیری‌ها باید در فاصله کاری *(R)* که در ۵-۶-۱ معین شده است انجام پذیرد.

۵-۶-۲-۳نقاط حاشیه‌ای که به صورت افقی یا عمودی ثبت شده‌اند در ترموگرام‌های بدست آمده، مد نظر قرار می‌گیرند. فاصله بین نقاط حاشیه‌ای شیءآزمون دمایی به صورت میلی‌متری و عناصر حساس اندازه گیری می‌شود.

۵-۶-۲- ۴ میدان دید لحظه‌ای (IFOV) γ(بر حسب رادیان) توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\gamma = \frac{2}{a} arctg \frac{A}{2R} \qquad (۳)$$

که در آن:

aفاصلهبین نقاط حاشیه‌ای شیءآزمون دمایی می‌باشد.(بر حسب عنصر)؛

Aفاصله بین نقاط حاشیه‌ای شیءآزمون دمایی می‌باشد.(بر حسب میلی‌متر)؛

Rفاصله کاری تعیین شده در ۵-۶-۱می‌باشد. (بر حسب میلی‌متر).

۵-۶-۲- ۵ میدان دید در جهات افقیφ_xو عمودی φ_y به صورت رده‌ای توسط فرمول زیر محاسبه میشود.

$$\varphi_x = \gamma . X . \frac{180}{\pi} \qquad (۴)$$

$$\varphi_y = \gamma . Y . \frac{180}{\pi} \qquad (۵)$$

که در آن:

γمیدان لحظه‌ای دید می‌باشد (IFOV)(بر حسب رادیان)؛

Xتعداد عناصر حساس در جهت افقی می‌باشد؛

Yتعدادعناصر حساس در جهت عمودی می‌باشد.

۵-۶-۲-۶میدان لحظه‌ای دیدγو میدان‌های دید φ_xوφ_yباید مطابق با مقادیر تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداری یا گواهینامه‌ی دستگاه ترموگرافی باشد.

۵-۷ تعیین تفکیک‌پذیری فضایی (زاویه‌ای)

۵-۷-۱تعیین پارامتر مقیاس

۵-۷-۱-۱توالی آزمون‌ها طبق موارد قید شده در بند ۵-۶-۲-۲ و ۵-۶-۲-۳ انجام می‌پذیرد.

۵-۷-۱-۲ فاصله بین سوراخ‌ها در شیءآزمون دمایی بر حسب و با استفاده از ترموگرام بدست آمده‌ی شیءآزمون دمایی علامت‌دار اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۷-۱-۳پارامتر مقیاس kبه صورت نسبت فاصله بین سوراخ‌ها در ترموگرام (بر حسب عنصر) و فاصله سوراخ‌های متناظر روی شیءآزمون دمایی (بر حسب میلی متر) محاسبه می‌شود.

۵-۷-۲ تعیین تفکیک‌پذیری در جهت افق

۵-۷-۲-۱دمای رادیاتور بزرگ روزنه‌ای۱۰°C بیشتر از دمای محیطی تنظیم می‌شود. شیء آزمون دمایی با شکاف متغیر در جلوی رادیاتور و در فاصله (۳-۱) سانتی‌متری عمودی جایگذاری می‌شود (محور شکاف به طور عمودی هم راستا با ارتفاع ترموگرام قرار می‌گیرد)

۵-۷-۲-۲ توالی آزمون‌ها طبق موارد قید شده در بند ۵-۶-۲-۲ انجام می‌شود.

۵-۷-۲-۳پهنای بیشینه شکاف، تنظیم شده و سپس اندازه‌گیری می‌شود. دمای بیشینه شکاف t^t_{max}(°C) بر اساس ترموگرام تعیین می‌شود. براساس نتایج اندازه‌گیری دما، کنتراست شکاف K_Sدر ترموگرام‌ها از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$K_s = \frac{t^t_{\max} - t^t_0}{t_s - t^t_0} \qquad (۶)$$

که درآن:

t^t_{max}مقدار بیشینه دمایی شکاف با پهنای A می‌باشد که توسط ترموگرام مشخص می‌شود(°C)؛

t^t_0مقدار میانگین دمایی شاترها (ورق‌های مسی) توسط ترموگرام معین می‌شود(°C)؛

t_sمقداربیشینه دمایی شکاف در پهنای بیشینه است که توسط ترموگرام مشخص می‌شود(°C).

۵-۷-۲-۴ براساس مقادیر ثبت شده از شکاف با پهنایA،که بر حسب میلی‌متر می‌باشد، پهنای شکافaدرتصویر ترموگرام از طریق این فرمول محاسبه می‌شود.

$$a=A.K \qquad (۷)$$

که در آن:

a اندازه ی شکاف (بر حسب عنصر)؛

Aپهنای شکاف (بر حسب میلی متر)؛

kپارامتر مقیاس تعیین شده در ۵-۷-۱می باشد(بر حسب عناصر بر میلی متر).

۵-۷-۲-۵پهنای شکاف A (میلی‌متر) کاهش یافته و اندازه‌گیری های آن طبق موارد قید شده در ۵-۷-۲-۳ و ۵-۷-۲-۴صورت می‌پذیرد.

۵-۷-۲-۶ مراحل بند ۵-۷-۲-۵ حداقل پنج بار انجام می‌شود.

۵-۷-۲-۷ براساس نتایج اندازه‌گیری‌های به دست آمده نسبت کنتراست شکاف در ترموگرام‌هایKsبه پهنای شیار a(بر حسب عنصر)، عملکرد واکنشی شیار(SRF)تنظیم می‌شود:

$$SRF=K_s(a) \qquad (۸)$$

۵-۷-۸-۲در ضمیمه‌ی C مثالی از محاسبه تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افق F_Xارائه شده است.
۵-۷-۹-۲تفکیک‌پذیری در جهت افقیF_X، مساوی با تفکیک‌پذیری در جهت زاویه‌ای می‌باشد و یا بر اساس عناصر حساس به اندازه شکاف، باید مطابق با مقدار تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداریو یا در گواهینامه‌ی وسیله‌ی ترموگرافی برای مقدار معین کنتراست شکاف باشد.

t

۵-۷-۳تعیین تفکیک‌پذیری در جهت عمودی
۵-۷-۳-۱ تفکیک‌پذیری در جهت عمودی به همان شیوه‌ای که در ۵-۷-۲ شرح داده شده است تعیین می‌شود. شیء آزمون دمایی با شکاف متغیر به صورت تخت قرار می‌گیرد(محور شکاف هم‌راستا با طول ترموگرام قرار می‌گیرد). برای محاسبه‌ی بعد زاویه‌ای شکاف زاویه‌ی میدان دید وسیله‌ی ترموگرافی یعنی φ_y,که در ۵-۷ تعیین شده و تعداد عناصر حساس عمودی ترموگرام Y به کار گرفته می‌شوند.
۵-۷-۳-۲تفکیک‌پذیری در جهت عمودی F_Yمساوی با اندازه‌ی شکاف بر حسب عناصر حساس باید مطابق مقدار تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداریبا گواهینامه‌ی دستگاه ترموگرافی باشد. مقدار کنتراست شکاف مقدار ثابتی در نظر گرفته شود.

۵- ۸بازبینی گسترده و برآورد درستی اندازه‌گیری دمای تابشی دستگاه

۵-۸-۱ اندازه‌گیری‌ها در فاصله‌ای از رادیاتور انجام می‌شود که بیش از ٪۲۰ میدان دید دستگاه ترموگرافی با رادیاتور روزنه‌ای پوشش داده شود.سطح تابش رادیاتور استاندارد با ناحیه مرکزی ترموگرام مطابقت داده می‌شود.
۵-۸-۲درستی یک وسیله‌ی ترموگرافی در هر حالت اجرایی(بازه دمایی)، حداقل در پنج نقطه از گستره‌ی کاری دمایی تعیین می‌شود (پایین‌ترین، بالاترین و سه نقطه ما بین آنها).زمانیکه شرایط رادیاتور پایدار شد، حداقل مقدار پنج اندازه‌گیری صورت گرفته توسط دستگاه ترموگرافی در هر دما برداشت می‌شود.
مقدار میانگین دمای تابشی(°C)t^t_{mean}در رادیاتور استاندارد با استفاده از ترموگرام وبا لحاظ کردن ضریب تابش آن و دمای تابشی زمینه آن محاسبه می‌شود.
۵-۸-۳ درستی(°C)Δtدر هر دمای دستگاه ترموگرافی توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta t = t_{90} - t^{\,t}_{mean} \qquad (۹)$$

که درآن:

$t^{\,t}_{mean}$مقدار دمای میانگین در فضایی که تصویر از رادیاتور روزنه‌ای را در ترموگرام محصور است و توسط دستگاه ترموگرافی تعیین می‌شود(°C)؛

t_{90}دمای رادیاتور استاندارد می‌باشد(°C).

۵-۸-۴نتایج تصدیق و کالیبراسیون زمانی مطلوب می‌باشند که درستی محاسبه شده در معادله‌ی شماره (۹) از مقادیر تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداری، برای تمامی نقاط تجاوز ننماید.

۵-۹ تعیین حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان

۵-۹-۱تمامی مراحل بند ۵-۸-۱ اجرا شود.

۵-۹-۲حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان یک دستگاه ترموگرافی در پنج نقطه ازگستره دمای کاری معین می‌شود (پایین‌ترین، بالاترین،وسه نقطه ما بین آن‌ها). وقتی که شرایط رادیاتور پایدار شد، کوچکترین مقدار پنج اندازه‌گیری صورت گرفته در هر دما،برداشت می‌شود.

۵-۹-۳ سطح تابش کننده‌ی رادیاتور استاندارد در حداقل ۵ نقطه‌ی متفاوت از ترموگرام پشت سر هم و پیاپی قرار می‌گیرد. (به عنوان مثال در مرکز و در چهار گوشه از ترموگرام)

۵-۹-۴دمای میانگین منبع تابشی مطابق با شکاف منبع در نقاط مختلف ترموگرام اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۹-۵ حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان یک دستگاه ترموگرافی$\delta t(^0\mathrm{C})$از طریق فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\delta t = \bar{t}_{\max} - \bar{t}_{\min} \qquad (۱۰)$$

که در آن:

$\bar{t}_{\max}$بیشینه دمایی در بین دماهای میانگین بدست آمده می‌باشد؛

$\bar{t}_{\min}$کمینه دمایی در میدان ترموگرام می باشد.

۵-۹-۶مقدار عددی δt بدست آمده نباید از مقدار تعیین شده در روش اجراییبهره‌برداری یا گواهینامه‌ی دستگاه ترموگرافی تجاوز نماید.

۵-۱۰ بررسی تاثیر شرایط محیطی در عملکرد دستگاه

۵-۱۰-۱بررسی تاثیر شرایط محیطی روی عملکرد دستگاه ترموگرافی باید در اتاقک آزمایش تهویه‌دار و در بیشترین و کمترین میزان دمای کاری و رطوبت، انجام پذیرد.

۵-۱۰-۲اندازه‌گیری ها طبق موارد ذکر شده در بند ۵-۸-۱ صورت می‌پذیرد.

۵-۱۰-۳ بررسی تاثیر شرایط محیطی در عملکرد یک دستگاه ترموگرافی در هر حالت اجرای(گستره دمایی) در سه نقطه از بازه‌ی دمای کاری تعیین می‌شود (پایین‌ترین،بالاترین و یک نقطه مابین آنها). زمانیکه شرایط رادیاتور پایدار شد، کمترین مقدار پنج اندازه‌گیری صورت گرفته با استفاده از ابزار ترموگرافی در هر دما، برداشت می‌شود. مقدار میانگین دمای تابشی رادیاتور استاندارد با استفاده از ترموگرام $t^t_{meen}(^\circ\mathrm{C})$، با لحاظ کردن ضریب تابش آن و دمای تابشی زمینهتعیین می‌شود.

۵-۱۰-۴ درستی ابزار ترموگرافی $\Delta t_{EC}(^\circ\mathrm{C})$در هر دمای دستگاه توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\Delta t_{FC} = t_{90} - t^{t}_{mean} \qquad (11)$$

که در آن:

t^{t}_{mean}مقدار دمای میانگین ناحیه ای است که تصویر رادیاتور دیافراگمی در ترموگرام را محصور کرده و توسط دستگاه ترموگرافی تعیین می شود(°C)؛

t_{90}مقدار دمای رادیاتور استاندارد(°C)می باشد.

۵-۱۰-۵درستیدستگاه ترموگرافی بند ۵- ۸ در کل گستره شرایط محیطی و میزان رطوبت تعیین شده در روش اجراییبهره برداری دستگاه باید مجاز باشد، مگر اینکه شرایط دیگری معین شده باشد. اگر درستی این دستگاه در کل گستره شرایط محیطی کاری تطابق داشته باشد، در این صورت تولیدکننده دستگاه باید ضریب‌های دمایی و رطوبتی ارائه دهد که خطای سنجش اضافی را در زمانیکه دمای دستگاه از دمای مرجع داده شده منحرف شود ارائه نماید.

۵-۱۱ تعیین تکرار پذیری قرائت‌های دستگاه ترموگرافی

۵-۱۱- ۱دمای رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد(مرجع) (°C)۱۰بالاتر از دمای محیط تنظیم می‌شود.

۵-۱۱-۲ تصویر مرکز رادیاتور استاندارد با ناحیه‌ی مرکزی ترموگرام منطبق می‌گردد. اندازه‌گیری ها به مدت ۱۵ دقیقه و هر ۱۵-۱۰ ثانیه صورت می پذیرد. مگر اینکه فاصله‌ی کوتاه‌تری از این زمان در روش اجراییبهره برداریتعیین شده باشد.

۵-۱۱-۳ مقادیر میانگین دمایی براساس نتایج اندازه‌گیری طی سه دوره متوالی پنج دقیقه‌ای تعیین می شود. تفاوت بین مقادیر بیشینه و کمینه میانگین دمایی نباید از تکرارپذیری دمایی معینی که در روش اجراییبهره‌برداریبا در گواهینامه‌ی دستگاه ترموگرافی قید شده تجاوز نماید.

۵-۱۲تنظیم نتایج تصدیق و کالیبراسیون

۵-۱۲- ۱نتایج تصدیق و کالیبراسیون درگزارشات ثبت می‌شود که فرمهای مربوطه در پیوست ت ارائه شده است.

۵-۱۲-۲ گواهیتصدیق و کالیبراسیون زمانی صادر می‌شود که نتایج تصدیق و کالیبراسیون مطلوب باشد. اگر نتایج تصدیق و کالیبراسیون نامطلوب باشد یادداشتی مبنی بر غیرقابل استفاده بودن دستگاه ترموگرافی صادر و دلایل آن قید می‌شود.

۵-۱۲-۳گواهیتصدیقو کالیبراسیون باید در بردارنده‌ی پارامترها و اطلاعات زیر باشد.

الف-تفکیک‌پذیری فضایی (زاویه‌ای)؛

ب- میدان دید؛

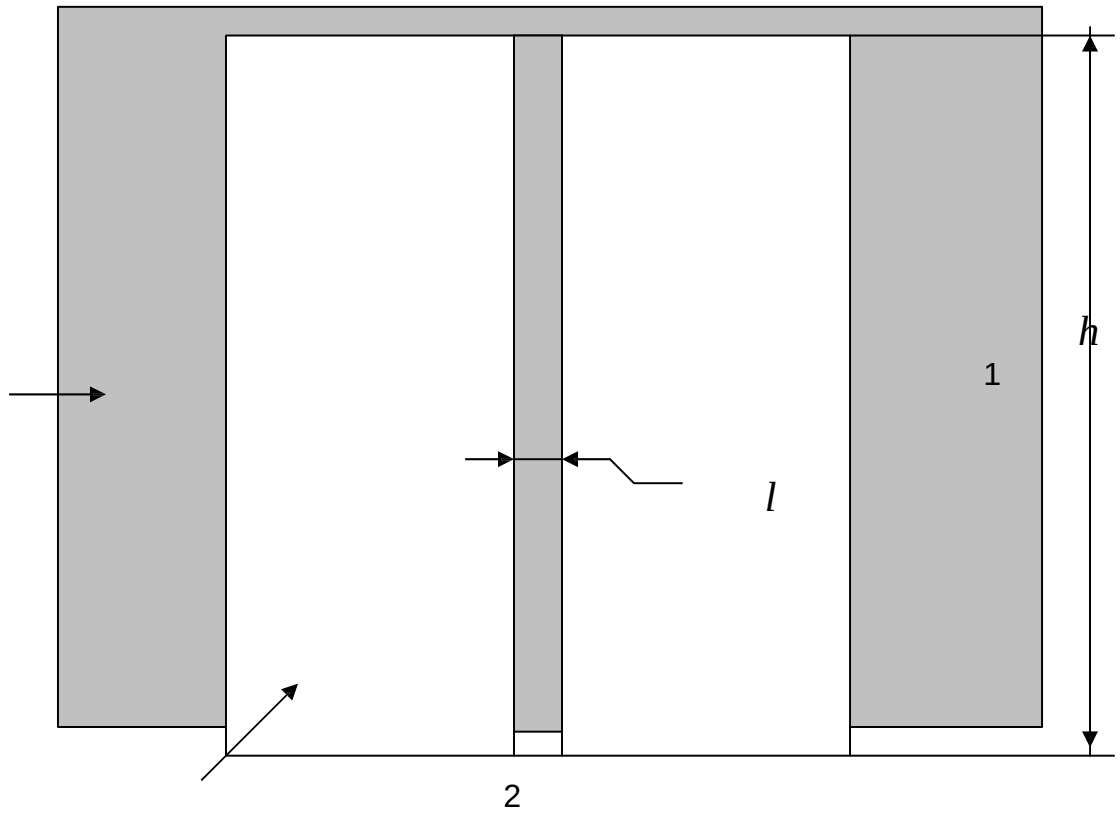
پ- میدان لحظه‌ای دید؛

ت- دقت اندازه گیری دمای تابشی؛
ث- اختلاف دمایی معادل پارازیت (تفکیک‌پذیری دمایی Δt_{NETD})،
ج- تعداد عناصر حساس معیوب؛
چ- حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان؛
ح- تاثیر شرایط محیطی در عملکرد دستگاه و
خ-تکرارپذیری.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

طرح کلی شیءآزمون دمایی با یک شیار متغیر



شکل الف طرح کلی شیء آزمون دمایی با یک شیار متغیر

شاترهایشیء آزمون دمایی از مس ساخته شده‌اند. دارای ضخامت ۱میلی‌متر بوده و قسمت بیرونی آنها به رنگ سیاه درآمده است.

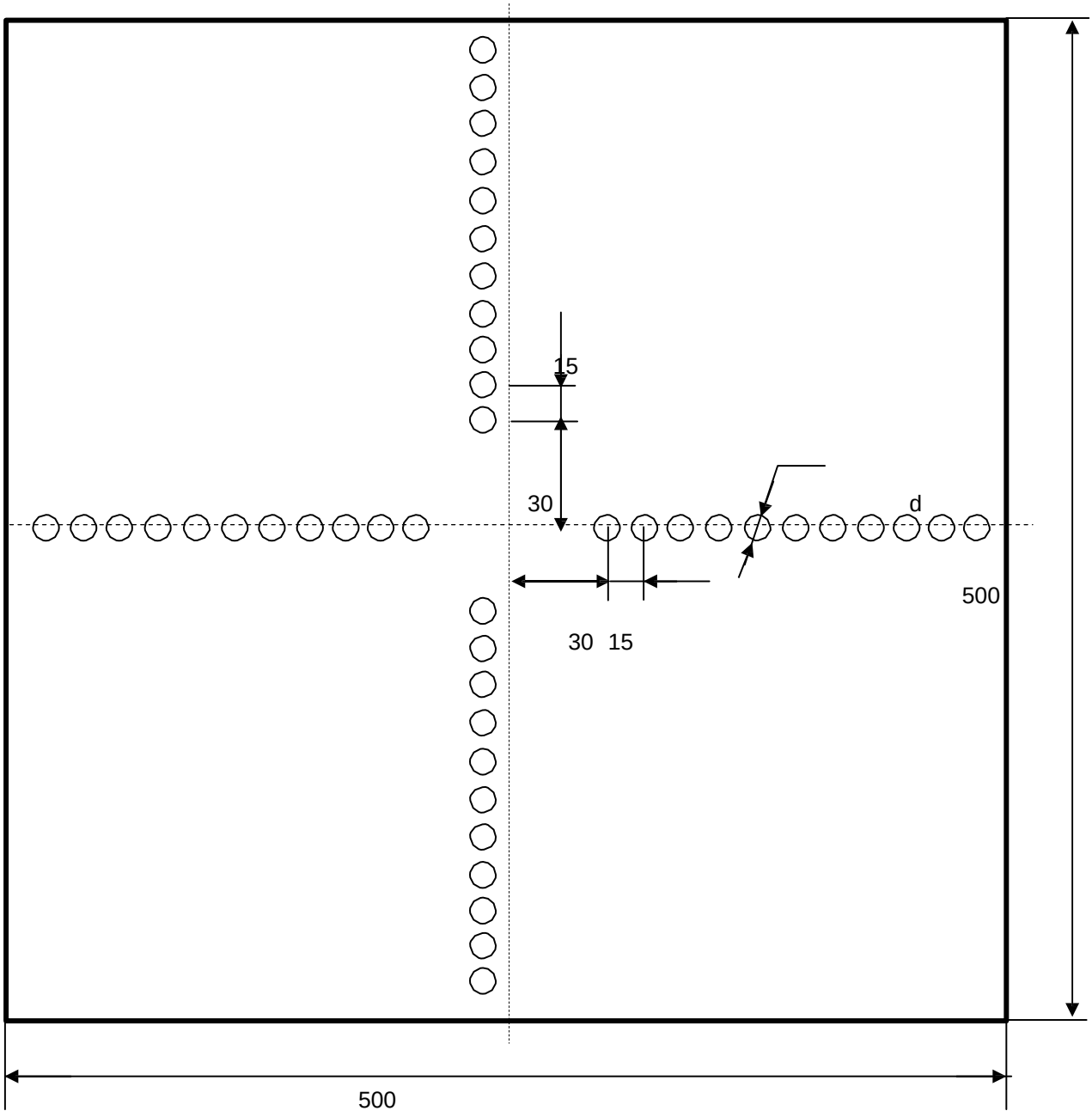
۱)رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد می‌باشد؛

۲)سوژه ی آزمون دمایی با شیار متغیر را نشان می دهد (ارتفاع شاترh=ثابت، فاصله بین شاترها*l*از ۰ تا ۵۰ میلی‌متر با گام ۱ میلی‌متر قابل تغییر می‌باشد. رواداری تنظیم پهنای شیار ۰٫۱±میلی‌متر می‌باشد).

پیوست ب

(اطلاعاتی)

طرح کلی شیء‌آزمون دمایی علامت‌دار



شکل ب ۱ طرح کلی شیء‌آزمون دمایی علامت‌دار

ماده ــ مس با ضخامت ۱میلی‌متر

سطح بیرونی به رنگ سیاه.

d **- اندازه ی قطر سوراخها (۱۰میلی‌متر)**

پیوست پ

(اطلاعاتی)

محاسبه‌ی تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افق

با استفاده از تقریب گوسی تابع خطی گسترده، تابع پاسخ شیار توسط تبدیل نسبت به تابع جدولی erf (x (تعیین می شود:

$$SRF(a) = \mathrm{erf}\left(\frac{a}{2\sigma}\right) \quad (پ-۱)$$

که درآن:

a پهنای شکاف (بر حسب عنصر)؛

σ پارامتر تعیین‌کننده پهنای تابع خطی گسترده (بر حسب عنصر).

تقریبی از آرایه‌ی داده‌های تجربی(k_{Si}, a_i) با کاربرد معادله‌ی (پ- ۱)با انتخاب پارامترσ بدست می‌آید که کمترین میزان انحراف استاندارد داده‌های تجربی از تابع معین شده را تضمین خواهد کرد:

$$S=\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(k_{si}-\mathrm{erf}\left(\frac{ai}{2\sigma}\right)\right)^2} \quad (پ-۲)$$

که درآن:

N تعداد نتایج اندازه‌گیری می‌باشد.

تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افق به عنوان پهنای شیار تعیین می‌شود که در آن، کنتراست روی ترموگرام برابر ٪۹۹ مقدار بیشینه آن می‌باشد.

$$F_X = \sigma_X .3.64 \quad (پ-۳)$$

که در آن:

σ_Xمقدار پارامترσ (بر حسب عنصر)در عناصر حساس می‌باشد که به عنوان نتیجه تقریب انتخاب می شود.

بعد زاویه‌ای تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افق(بر حسب رادیان) به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$\sum_X = 2arctg\left[\frac{F_X}{X} tg\frac{\varphi_X}{2}\right] \quad (پ-۴)$$

X تعداد عناصر حساس در یک ردیف از ترموگرام می باشد؛

φ_X زاویه‌ی میدان دید دستگاه ترموگرافی هم راستا با ردیف عناصر حساس (برحسب گرادیان).

پیوست ت

(اطلاعاتی)

گزارش تصدیق دستگاه ترموگرافی

ت-۱شرایطتصدیق

ت-۱-۱رطوبت

ت-۱-۲ دمای محیط

ت-۲نتایج بدست آمده از تعیین میدان لحظه‌ای دید و زاویه‌ی میدان دید در جهت‌های افقی و عمودی

ت-۲-۱زاویه میدان دید دستگاه ترموگرافی که با شیءآزمون دمایی علامت‌دار اندازه‌گیری شده است.

الف- دمای رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد t_{90} .....°C.

ب- فاصله‌ی کاری از رادیاتور،R، .....میلی‌متر.

پ- میدان لحظه‌ای دید،γ، .....رادیان.

ت- زاویه ی میدان دید دستگاه ترموگرافی برابر است با، در جهت افق، φ_x ، .....درجه و در جهت عمودی مساوی با φ_y،.....درجه.

ث- خطای اندازه‌گیری ..... است.

ت-۳نتایج تعیین اختلاف دمایی معادل پارازیت

الف- دمای رادیاتور دیافراگمی بزرگ استاندارد t_{90} .....°C.

ب- اختلاف دمایی معادل پارازیتΔt_{NETD}: .....°C.

تعداد عناصر حساس خراب .....عنصر.

ت-۴ تعیین تفکیک‌پذیری فضایی (زاویه‌ای) دستگاه ترموگرافی با میدان دید افقی ..... درجه و میدان دید عمودی..... درجه.

تفکیک‌پذیری فضایی دستگاه ترموگرافی با تابع واکنش شیار (SRF) در جهات افقی و عمودی مشخص می شود و بوسیله‌ی شیءآزمون دمایی با شیار متغیر اندازه‌گیری می‌شود.

دمای رادیاتور روزنه‌ای بزرگ استاندارد (مرجع)، t_{90} ....°C.

ت-۴-۱نتایج بدست آمده در تعیین تفکیک‌پذیری فضایی دستگاه ترموگرافی

تفکیک‌پذیری فضایی در جهت افقی F_X		تفکیک‌پذیری فضایی در جهت عمودی F_Y	
بر حسب عناصر حساس	بر حسب میلی رادیان	بر حسب عناصر حساس	بر حسب میلی رادیان

ت-۵نتایج بازبینی گستره‌ی دمایی و تعیین درستی

دمای رادیاتور استاندارد $t_{mean(}$(°C)	قرائت دستگاه ترموگرافی t^{t}_{mean}	درستی Δt°C)	خطای مجاز دستگاه ترموگرافی(°C)	خطای اندازه گیری شده (°C)

ت-۶نتایج تعیین حساسیت به عدم یکپارچگی در میدان

دمای میانگین اندازه گیری شده از رادیاتور استاندارد در نقاط مختلف رادیاتور در میدان ترموگرام

دمای رادیاتور استاندارد t_{90}(°C)						
دمای میانگین اندازه گیری شده $t^{t}_{mean(}$(°C)	ناحیه سمت چپ و بالای ترموگرام					
	ناحیه سمت راست و بالای ترموگرام					
	ناحیه مرکزی ترموگرام					
	ناحیه سمت راست و پایین ترموگرام					
	ناحیه سمت چپ و پایین ترموگرام					
بیشینه مقدار دماهای میانگین بدست آمده $\bar{t}_{max}$(°C)						
کمینه مقدار دماهای میانگین بدست آمده $\bar{t}_{min}$(°C)						
حساسیت به عدم یکپاچگی در میدان δt(°C)						
خطای اندازه‌گیری (°C)						

ت-۷نتایج بررسی تاثیر شرایط محیطی در عملکرد دستگاه

شرایط جوی اتاقک آزمایش		دمای رادیاتور استاندارد	قرائت دستگاه ترموگرافی	خطا در قرائت	خطای مجاز دستگاه ترموگراف	خطای اندازه گیری
دما(°C)	رطوبت(٪)	t_{90} (°C)	t^{t}_{mean} (°C)	Δt(°C)	()°C	()°C

ت-۸نتایج بررسی تکرارپذیری قرائت‌های دستگاه ترموگرافی

دمای رادیاتور استاندارد،t_{90} ()°C	میانگین دمای اندازه گیری شده در اولین دوره‌ی زمانی،$t^{t}_{mean۱}$ ()°C	میانگین دمای اندازه‌گیری شده در دومین دوره‌ی زمانی، $t^{t}_{mean۲}$ ()°C	میانگین دمایی اندازه‌گیری شده در سومین دوره‌ی زمانی، $t^{t}_{mean\ ۳}$ ()°C	تفاوت بین میزان بیشینه و کمینه مقادیر میانگین دمایی، Δt^{t}_{mean} ()°C	تکرارپذیری دمایی دستگاه ترموگرافی ()°C	خطای اندازه‌گیری ()°C