



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۴۹۴

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

20494

1st. Edition

2016

گاز طبیعی - اندازه گیری خواص - ارزش
حرارتی و شاخص وب

Natural gas - Measurement of
properties - Calorific value and wobble
index

ICS: 75.060

استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۹۴ : ۱۳۹۴

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« گاز طبیعی – اندازه‌گیری خواص – ارزش حرارتی و شاخص وب »

رئیس:

جعفری، حسین
(کارشناسی برق و الکترونیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت آرتا سنجش آریا

دبیر:

زارعی، بابک
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیمی، مرتضی
(کارشناس مکانیک سیالات)

انجمن CNG کشور

حسینی، طاهره
(کارشناسی فیزیک حالت جامد)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

حسینی، سونا
(کارشناسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

ذکردی، سید مجید
(کارشناس شیمی محض)

پژوهشگاه صنعت نفت تهران

حدیقه رضوان، وحیده
(دکترای شیمی آلی)

دانشگاه آزاد اردبیل

زاهد، سارا
(کارشناسی ارشد چینه شناسی و فسیل شناسی)

کارشناس

سید سیاح، میر جمال
(کارشناسی مکانیک سیالات)

شرکت نفت منطقه اردبیل

شرافتخواه آذری، شهین
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

صابونی، رضا
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

اداره کل استاندارد استان تبریز

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت نفت منطقه اردبیل

صفوی هیر سید محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت آتور اصفهان (تولیدکننده وسایل حرارتی گاز سوز)

صدقی فر، رامین
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

علایی، هاشم
(کارشناسی مهندسی کشاورزی)

کارشناس

فاضلی، زهره
(کارشناسی مترجمی زبان)

شرکت نقش صنعت

قاسم لو، فرناز
(کارشناسی مدیریت اجرایی)

شرکت حساب آوران کوشا

کشی زاده، یوسف
(کارشناسی برق)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

محمدی ادیب، جعفر
(کارشناسی مکانیک سیالات)

شرکت نفت منطقه اردبیل

محمدی، کریم
(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

پژوهشگاه سازمان ملی استاندارد ایران

محمودی، مهدی
(کارشناسی مکانیک جامدات)

استاندارد شرکت گاز استان اردبیل

معز، بهروز
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان اردبیل

مینایی، مژگان
(کارشناسی مهندسی فناوری اطلاعات)

ویراستار:

سازمان ملی استاندارد ایران

رایگان، زهرا
(کارشناسی شیمی)

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ط | پیش‌گفتار |
| ی | مقدمه |
| ۱ | ۱- هدف و دامنه کاربرد |
| ۱ | ۲- مراجع الزامی |
| ۲ | ۳- اصطلاحات و تعاریف |
| ۷ | ۴- اصول اندازه‌گیری |
| ۷ | ۴-۱- مقدمه |
| ۸ | ۴-۲- کالی متری احتراق مستقیم |
| ۹ | ۴-۳- روش‌های غیر مستقیم |
| ۹ | ۴-۳-۱- کلیات |
| ۹ | ۴-۳-۲- احتراق استوکیومتریکی |
| ۹ | ۴-۳-۳- احتراق کاتالیستی |
| ۱۰ | ۴-۴- روش استنتاجی |
| ۱۱ | ۵- ارزیابی عملکرد و آزمون‌های پذیرش |
| ۱۱ | ۵-۱- ارزیابی عملکرد برای انتخاب ابزار |
| ۱۱ | ۵-۱-۱- کلیات |
| ۱۴ | ۵-۱-۲- تداوم عملیات |
| ۱۸ | ۵-۱-۳- درستی ارزش حرارتی |
| ۲۰ | ۵-۱-۴- تکرارپذیری |
| ۲۱ | ۵-۱-۵- زمان پاسخ |
| ۲۳ | ۵-۱-۶- وابستگی دمایی |
| ۲۶ | ۵-۱-۷- وابستگی به فشار جو |
| ۲۶ | ۵-۱-۸- عوامل محیطی دیگر |
| ۲۷ | ۵-۱-۹- عوامل نصب |
| ۲۸ | ۵-۱-۱۰- اثرات گازهای غیرآلکانی |
| ۲۹ | ۵-۱-۱۱- درستی مقادیر متوسط محاسبه شده |
| ۲۹ | ۵-۱-۱۲- امنیت ابزار و ثبت آن |
| ۳۰ | ۵-۱-۱۳- عملیات قطع ایمنی |
| ۳۱ | ۵-۲- آزمایش‌های پذیرش محلی و کارخانه‌ای |
| ۳۱ | ۵-۲-۱- کلیات |

| | |
|----|--|
| ۳۲ | ۵-۲-۲- آزمون‌های پذیرش کارخانه |
| ۳۳ | ۵-۲-۳- پذیرش خرید |
| ۳۳ | ۵-۲-۴- آزمون‌های پذیرش محلی |
| ۳۴ | ۶- نمونه برداری و راهنماهای نصب |
| ۳۴ | ۶-۱- نمونه برداری |
| ۳۵ | ۶-۲- راهنماهای نصب |
| ۳۵ | ۶-۲-۱- کالری مترهای احتراقی |
| ۳۷ | ۶-۲-۲- ابزارهای احتراق استوکیومتری |
| ۳۸ | ۶-۲-۳- ابزارهای احتراق کاتالیستی |
| ۳۸ | ۶-۲-۴- ابزارهای استنتاجی |
| ۳۹ | ۷- کالیبراسیون |
| ۳۹ | ۷-۱- روش‌های کالیبراسیون |
| ۳۹ | ۷-۱-۱- کلیات |
| ۴۰ | ۷-۱-۲- کالیبراسیون چند نقطه‌ای |
| ۴۰ | ۷-۱-۳- کالیبراسیون تک نقطه‌ای |
| ۴۱ | ۷-۱-۴- دوره‌های تکرار کالیبراسیون |
| ۴۱ | ۷-۲- گازهای کالیبراسیون |
| ۴۳ | ۸- تصدیق |
| ۴۳ | ۸-۱- روش‌های تصدیق |
| ۴۳ | ۸-۱-۱- کلیات |
| ۴۴ | ۸-۱-۲- تصدیق تک نقطه‌ای |
| ۴۴ | ۸-۱-۳- تصدیق چند نقطه‌ای |
| ۴۵ | ۸-۲- تصدیق گازها |
| ۴۵ | ۹- تعمیر و نگهداری |
| ۴۵ | ۹-۱- تعمیر و نگهداری پیشگیرانه |
| ۴۶ | ۹-۲- نگهداری اصلاحی |
| ۴۶ | ۱۰- کنترل کیفیت |
| ۴۶ | ۱۰-۱- کلیات |
| ۴۸ | ۱۰-۲- پارامترهای محیطی و تجهیزات جانبی |
| ۴۸ | ۱۰-۲-۱- کلیات |
| ۴۸ | ۱۰-۲-۲- شرایط محیطی |
| ۴۹ | ۱۰-۲-۳- کیفیت هوای احتراق |
| ۴۹ | ۱۰-۲-۴- کالیبراسیون و تصدیق گازها |

| | |
|----|----------------------------------|
| ۴۹ | ۱۰-۲-۵- وضعیت دستگاه‌های جانبی |
| ۴۹ | ۱۰-۲-۶- انتقال الکتریکی غیر عادی |
| ۴۹ | ۱۰-۳- عوامل ابزاری |
| ۵۱ | پیوست الف (الزامی) |
| ۵۲ | پیوست ب (آگاهی دهنده) |
| ۵۴ | پیوست پ (آگاهی دهنده) |
| ۵۹ | پیوست ت (آگاهی دهنده) |
| ۶۲ | پیوست ث (آگاهی دهنده) |
| ۶۶ | پیوست ج (آگاهی دهنده) |
| ۶۷ | پیوست د (آگاهی دهنده) |
| ۶۸ | کتابنامه |

پیش‌گفتار

استاندارد « گاز طبیعی - اندازه‌گیری خواص - ارزش حرارتی و شاخص وب » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در هشتاد و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد فرآورده‌های نفتی مورخ ۱۳۹۵/۱/۲۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی (منابع و مأخذی) که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO15971:2013, Natural gas — Measurement of properties — Calorific value and Wobbe index

مقدمه

مقدار انرژی آزاد شده توسط جریان گاز طبیعی، اغلب از ضرب حجم آزاد شده و ارزش حرارتی در واحد حجم گاز تعیین می‌شود. بنابراین، دسترسی داشتن به روش استاندارد برای تعیین ارزش حرارتی مهم است. در بسیاری از موارد، محاسبه ارزش حرارتی گاز طبیعی، با دقت کافی، با توجه به ترکیب امکان پذیر می‌باشد (به استاندارد ISO 6976 مراجعه شود). با این حال گاهی اوقات ممکن است برای اندازه‌گیری ارزش حرارتی با استفاده از برخی روش‌ها نیاز به آنالیز ترکیب گاز نداشته باشد. روش‌های کنونی مورد استفاده، و بسیاری از عوامل موثر در انتخاب، تخمین، ارزیابی عملکرد، نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری از یک ابزار مناسب در اینجا به صورت دقیق ذکر شده است. اندازه‌گیری شاخص وب که رابطه نزدیکی با ارزش حرارتی دارد به طور مختصر در پیوست اطلاعاتی بحث شده است، اما به جزئیات آن در بخش‌های اصلی این استاندارد ملی اشاره نشده است.

گاز طبیعی – اندازه‌گیری خواص – ارزش حرارتی و شاخص وب

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، اندازه‌گیری ارزش حرارتی گاز طبیعی و جایگزین‌های گاز طبیعی با استفاده از روش‌های غیر تفکیکی است به طور مثال روش‌هایی که شامل تعیین ترکیب گاز و محاسبه از آن نمی‌باشد. این استاندارد اصول بهره‌برداری انواع ابزار مورد استفاده برای این منظور شرح می‌دهد، و راهنمایی‌هایی در مورد انتخاب، سنجش، ارزیابی عملکرد، نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری از آن را ارائه می‌دهد.

ارزش حرارتی می‌تواند بر مبنای مقادیر جرم اصلی، مول یا حجم گاز بیان شود. محدوده کاری برای ارزش حرارتی ویژه گاز طبیعی، بر مبنای حجم، معمولاً بین $30 \text{ MJ} / \text{m}^3$ و $45 \text{ MJ} / \text{m}^3$ در شرایط استاندارد مرجع (به استاندارد ISO 13443 مراجعه شود) می‌باشد. محدوده مربوط به شاخص وب معمولاً بین $40 \text{ MJ} / \text{m}^3$ و $60 \text{ MJ} / \text{m}^3$ می‌باشد.

این استاندارد ملی نه تایید کننده و نه مورد تردید ادعاهای هر تولید کننده تجاری برای عملکرد یک ابزار می‌باشد. مفهوم اصلی آن، متناسب برای هدف در هر برنامه خاص (مورد تعریف در شرایط استفاده از مجموعه‌ای از شرایط عملیاتی خاص) که می‌تواند تنها با استفاده از یک برنامه‌ای به خوبی با آزمون‌های تجربی طراحی شده، ارزیابی گردد. راهنمایی‌هایی برای محتوای مناسب این آزمون‌ها ارائه شده است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ISO 6976:1995, Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition
- 2-2 ISO 14532: 2001, Natural gas — Vocabulary

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات یا تعاریف زیر بکار می‌رود:

۱-۳ ارزش حرارتی و شاخص وب

۱-۱-۳

ارزش حرارتی ویژه

superior calorific value

مقدار حرارتی که بواسطه احتراق کامل مقدار معینی از گاز، در هوا آزاد می‌گردد (بر مبنای مول، جرم یا حجم)، در این روش که فشار، p ، که در آن واکنش صورت می‌گیرد ثابت باقی می‌ماند و تمام این محصولات احتراق و واکنش دهنده‌ها در دمای یکسان ویژه، T ، به حالت گازی هستند، بجز آب تشکیل شده از طریق احتراق، که در این دما به حالت مایع درآمده است.

به استاندارد ISO 6976 مراجعه شود.

۲-۱-۳

ارزش حرارتی پایین

inferior calorific value

مقدار حرارتی که بواسطه احتراق کامل مقدار معینی از گاز، در هوا آزاد می‌گردد (بر مبنای مول، جرم یا حجم)، در این روش فشار، p ، که در آن واکنش صورت می‌گیرد ثابت باقی می‌ماند و تمام محصولات احتراق و واکنش دهنده‌ها در دمای یکسان ویژه، T ، به حالت گاز هستند. به استاندارد ISO 6976 مراجعه شود.

۳-۱-۳

شاخص وب

Wobbe index

ارزش حرارتی ویژه بر مبنای حجمی، در شرایط مرجع، تقسیم بر ریشه دوم چگالی نسبی در همان شرایط مرجع مخصوص اندازه‌گیری می‌باشد.

به استاندارد ISO 6976 مراجعه شود.

۴-۱-۳

شرایط مرجع استاندارد

standard reference conditions

دما، $T = 288,15K$ ، و فشار (مطلق)، $P = 101,325KP$ ، برای گاز خشک غیر ایده‌ال

به استاندارد ISO 13433 مراجعه شود.

یادآوری - شرایط مرجع استاندارد (یا پایه) دما، فشار و رطوبت (حالت اشباع) فقط برای استفاده در گاز طبیعی و کاربردهای مشابه تعریف شده است. برای ارزش حرارتی بر پایه حجمی، این شرایط هم برای اندازه‌گیری و هم احتراق گاز بکار می‌رود. در بیان مقادیر فیزیکی در تمامی این استاندارد ملی، شرایط مرجع استاندارد در استاندارد بین‌المللی ISO 13443 تعریف و بکار گرفته شده است.

۲-۳ آب موجود در گاز

۱-۲-۳

گاز اشباع شده

saturated gas

گاز طبیعی، در شرایط مشخص دما و فشار، که در نقطه شبنم می‌باشد.

۲-۲-۳

گاز خشک

dry gas

گاز طبیعی که بخار آب محتوی در آن در کسر مولی بیش از ۰,۰۰۰۰۵ نمی‌باشد

به استاندارد ISO 6976 مراجعه شود.

۳-۲-۳

نیمه اشباع یا گاز مرطوب

partially saturated or wet gas

گاز طبیعی که حاوی مقدار بخار آب بین مقدار گاز اشباع شده و گاز خشک، در شرایط مشخصی از دما و فشار می‌باشد.

۳-۳ طبقه بندی عملکرد

یادآوری - طرح طبقه بندی به منظور دسته بندی عدم قطعیت مربوط به اندازه گیری ارزش حرارتی پذیرفته شده است. یادآوری های پیوستی، بخش هایی از تعاریف نبوده بلکه توضیحی می باشد، اعداد داده شده به یک عدم قطعیت بسط یافته با ضریب پوششی ۲ مربوط می شود.

کلاس صفر

class 0

عملکرد محدوده عدم قطعیت ارزش حرارتی در کلاس صفر بیشتر از $\pm 0,1\%$ نباشد.

یادآوری - عملکرد این کیفیت در حال حاضر می تواند تنها با ابزارهایی بدست آید که در آنها همه عملیات بر مبنای تطابق دقیق با بهترین شیوه اندازه گیری، انجام شود و در آنها تمام اندازه گیری های فیزیکی مرتبط به طور مستقیم توسط استانداردهای اندازه گیری اولیه قابل ردیابی باشد. به طور نمونه، چنین ابزاری، بصورت سفارشی ساخته می شود و در یک آزمایشگاه تخصصی کنترل شده با هدف خاصی نصب می گردد، و توسط یک اپراتور متخصص آموزش دیده مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع ابزارها، در برخی موارد به عنوان «کالری مترهای مرجع» شناخته شده و اندازه گیری ها به طور غیر پیوسته بر روی نمونه های مورد نظر گاز انجام می گیرد.

۱-۳-۳

کلاس یک

class 1

عملکرد محدوده عدم قطعیت ارزش حرارتی بر مبنای حجم در کلاس یک بیشتر از $\pm 0,1 \text{ MJ/m}^3$ نباشد (حدودا $0,25\%$)

یادآوری - این پایین ترین سطح اندازه گیری عدم قطعیت که در حال حاضر برای هر شکلی از ابزار تجاری مورد استفاده در این زمینه عملیات معمول (یعنی غیر آزمایشگاهی) در دسترس است. حتی برای چند نوع از ابزار که ذاتا قادر به این عملکرد می باشد، دستیابی به آن بعید به نظر می رسد مگر اینکه نصب و راه اندازی مطابق با راهنمای سازنده و اصول توصیف شده در این استاندارد ملی باشد و بهره برداری با توجه به کالیبراسیون، تصدیق، نگهداری و روش های اجرایی کنترل کیفیت مشروح در این استاندارد ملی صورت گیرد.

۲-۳-۳

کلاس دو

class 2

عملکرد محدوده عدم قطعیت ارزش حرارتی بر مبنای حجم در کلاس دو بیشتر از $\pm 0,2 \text{ MJ/m}^3$ نباشد (حدودا $0,5\%$)

۳-۳-۳

کلاس سه

class 3

عملکرد محدوده عدم قطعیت ارزش حرارتی بر مبنای حجم در کلاس سه بیشتر از $0.5 \text{ MJ/m}^3 \pm$ نباشد (حدوداً ۱٪)

۳-۴ اصطلاحات اندازه‌شناسی

یادآوری - تعارف زیر شامل یادآوری پیوست آنها (به جز یادآوری ۳-۴-۶)، که همه از ISO 14111، استفاده شده است.

۱-۴-۳

صحت

accuracy

نزدیکی انطباق بین نتیجه مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی اندازه ده.

یادآوری - اصطلاح «دقت»، هنگامی که مجموعه‌ای از نتایج اندازه‌گیری استفاده می‌شود، توصیف کننده مجموعه‌ای از اجزای تصادفی و یک خطای سیستماتیک مشترک یا انحراف اجزا می‌باشد.

۲-۴-۳

درستی

trueness

نزدیکی انطباق بین مقدار متوسط به دست آمده از سری زیادی از نتایج اندازه‌گیری و مقدار واقعی کمیت مورد اندازه‌گیری شده.

یادآوری - صحت اندازه‌گیری معمولاً در شرایط انحراف بیان شده است.

۳-۴-۳

اریبی

bias

تفاوت بین نتایج اندازه‌گیری مورد انتظار و مقدار مرجع پذیرفته شده

۴-۴-۳

دقت

precision

نزدیکی انطباق بین نتایج اندازه‌گیری مستقل به دست آمده، تحت شرایط توصیف شده
یادآوری - دقت، تنها به توزیع خطاهای تصادفی بستگی ندارد و به مقدار واقعی مربوط نمی‌باشد.

۵-۴-۳

تکرارپذیری

repeatability

دقت در شرایطی که در آن نتایج اندازه‌گیری مستقل با روش اندازه‌گیری یکسان بر روی نمونه یکسان در
همان آزمایشگاه توسط آزمایشگر یکسان در فواصل کوتاه زمانی به دست آمده باشد.
یادآوری - قابلیت تکرار به صورت کمی بر مبنای نتایج انحراف استاندارد بیان شده است.

۶-۴-۳

عدم قطعیت

uncertainty

تخمین مرتبط با یک نتیجه اندازه‌گیری که بازه مقادیری که مقدار واقعی می‌تواند در آن قرار گیرد
یادآوری - جایگزین، اما معادل آن، تعریف از مرجع [۱] به شرح زیر گرفته شده است: پارامتر، در ارتباط با نتیجه یک
اندازه‌گیری، که مشخصه پراکندگی مقادیری که می‌تواند به صورت منطقی به نتیجه اندازه‌گیری نسبت داده شود.

۷-۴-۳

کالیبراسیون (واسنجی)

calibration

مجموعه‌ای از عملیات که، تحت شرایط مشخص، در رابطه با مقادیر کمیت‌های نشان داده شده با یک ابزار
اندازه‌گیری و یا سیستم اندازه‌گیری، یا مقادیر ارائه شده توسط ماده اندازه‌گیری و یا یک ماده مرجع و
مقدارهای مربوطه که توسط استانداردهای موجود، ایجاد می‌شود.

۸-۴-۳

تصدیق

verification

تایید از طریق آزمون و فراهم آوردن شواهد عینی در مورد اینکه الزامات مشخص شده برآورده شده است.

۴ اصول اندازه‌گیری

۱-۴ مقدمه

ابزارهایی که توانایی عملکرد در کلاس صفر (برای اختصار، به نام کالری مترهای کلاس صفر نامیده شده‌اند) را دارند در آزمایشگاه‌های تخصصی محدودی نصب شده‌اند. اما از آنجایی که آنها، به ناچار، ابزارهای آزمون در محل، متمرکز، به صورت تجاری و برای عملیات میدانی مناسب در دسترس نیستند، جزئیات نصب و راه-اندازی، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری آنها فراتر از محتوای این استاندارد است.

با این وجود، اندازه‌گیری انجام شده با استفاده از این نوع کالری مترها می‌تواند نقش مهمی در تعیین ارزش حرارتی «روزمره» داشته باشد، که عمدتاً به عنوان یکی از روش‌های ممکن معتبر برای ارائه کالیبراسیون گواهی شده گازها (مواد مرجع گازی مورد تایید) دارای قابلیت ردیابی به استانداردهای اندازه‌گیری‌های ملی (مراجعه شود به ۷-۲) می‌باشد. آنها همچنین ممکن است برای اهداف پژوهشی و حل اختلافات استفاده شود.

اصولی که بر مبنای آن کالری مترهای نوع کلاس صفر عمل می‌نمایند، همراه با جزئیات بسیاری از دیگر عوامل مرتبط، در پیوست پ آمده است. همه کالری مترهای کلاس صفر که تا کنون برای تعیین ارزش حرارتی طراحی شده‌اند، بر مبنای جرم بوده است. برای اینکه برای اکثر برنامه‌ها و کاربردهای معمول مفید باشد، لازم است که به برخی از این ابزارهای ثانویه بر مبنای حجم تبدیل گردد. به منظور دستیابی به ارزش حرارتی بر مبنای حجم با عدم قطعیت $\pm 0.1\%$ ، به طور معمول یک چگالی سنج با دقت برای استفاده با این نوع ابزارها اختصاص می‌یابد.

ابزار کلاس یک، کلاس دو یا کلاس سه معمولاً اقدام به اندازه‌گیری ارزش حرارتی بر مبنای حجم می‌کنند. آنها معمولاً، بدون نظارت میدانی، ثبت ارزش حرارتی بصورت پیوسته طراحی شده‌اند. به جز روش‌های گاز کروماتوگرافی (که موضوع این استاندارد ملی نیست)، آنها فقط انواع ابزارهایی هستند که به طور محسوسی می‌تواند برای اندازه‌گیری‌های متداول ارزش حرارتی گاز طبیعی در حال عبور از سیستم‌های انتقال و توزیع استفاده شود.

اصل عملیات ممکن است با توجه به اصطلاحات استاندارد ISO 14532 به صورت مستقیم، غیر مستقیم و یا استنتاجی باشد. این استاندارد ملی عمدتاً با عملکرد این نوع ابزار مرتبط می‌باشد. برخی از ابزار دارای تسهیلات اضافی برای اندازه‌گیری چگالی نسبی می‌باشند؛ در این موارد، این قابلیت، معادل با تعیین هر دو مقدار ارزش حرارتی بر مبنای جرم و شاخص وب می‌باشد.

باتوجه به کاربرد خاص، ابزار می‌تواند برای ثبت ارزش گرمایی حد بالا یا حد پایین مورد نیاز باشد. اگر چه هر ابزار کاربرد خاص دارد، در اصل، با توجه به مورد یا موارد دیگری از این قبیل، بسیاری از انواع می‌تواند دارای دقت کمتری برای ثبت انواع گاز طبیعی، و مقدار جایگزین تنظیم گردد. برای رسیدن به این هدف، نیاز

اصلی استفاده از ابزارهایی است که به وسیله گازها کالیبره شده و دارای گواهی می‌باشند. (همچنین به زیربند ۵-۱-۱۰-۲ مراجعه شود).

۲-۴ کالری متری احتراق مستقیم

آن دسته از ابزارهایی که کالری مترهای احتراق واقعی هستند، انرژی آزاد شده آنها به صورت گرما توسط احتراق گاز با استفاده از اندازه‌گیری‌های ترمومتریک تعیین می‌گردد که در طبقه‌بندی «اندازه‌گیری مستقیم» قرار می‌گیرند. در همه موارد تجاری اجرا شده فعلی ارزش حرارتی براساس حجم تعیین می‌شود.

در این نوع از ابزار، نمونه گاز به صورت حجمی به طور مداوم اغلب با استفاده از رطوبت سنج آب‌بندی شده (مرجع [۲]، فصل ۴، و ISO 6145-1) و قبل از انتقال گاز به سمت مشعل صورت اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری اصلی عبارت است از افزایش شبه ایستا (تعادلی) در دمایی که به طور مستمر (اندازه‌گیری شده) گاز جریان یافته در محیط تبادل گرما با محصولات داغ ناشی از احتراق ترکیب نمی‌شوند.

محیط تبادل گرما معمولاً هوا می‌باشد، کالری مترهای آبی در انواع متنوعی وجود دارند، اما در حال حاضر همه آنها منسوخ شده‌اند. افزایش درجه حرارت معمولاً با استفاده از دماسنج مقاومتی اندازه‌گیری می‌شود. کالیبراسیون معمولاً با استفاده از مواد مرجع گازی (استانداردهای مورد استفاده) که جهت ارزش حرارتی تایید شده‌اند به دست می‌آید.

با این روش ارزش حرارتی معمولاً در دما و فشار محیط اندازه‌گیری می‌شود. با این حال، ارجاع به مقادیر ثبت شده در شرایط مرجع مشخص دما و فشار هم برای اندازه‌گیری وهم برای احتراق لازم است. به همین دلیل، اطلاعات اولیه مربوط به ثبات داده‌های خروجی با قبول تغییرات در دمای محیط حائز اهمیت خواهد بود (به زیر بند ۵-۶-۱ مراجعه شود).

همچنین تعریف شرط مرجع برای محتوای آب موجود در گاز مهم می‌باشد، به ویژه اگر تجهیزاتی رطوبت گاز را (اشباع یا خشک) قبل یا در طی فرایند اندازه‌گیری، کنترل کنند. در شرایط استاندارد مرجع، تفاوت بین ارزش حرارتی حد بالای گاز خشک و گاز اشباع شده حدود ۱٫۷٪ است.

ابزارهای از این نوع معمولاً برای ارزش حرارتی حد بالا نصب می‌شود. یکی از مزایای اصلی کالری مترهای احتراق واقعی، نبود محدودیت در ترکیب گاز نمونه برای مواردی است که انتظار می‌رود نتیجه درستی را ارائه دهد.

کالری مترهایی که از این نوع هستند (مرجع [۲]، فصل ۱۰؛ مرجع [۶]، فصل ۷ و مراجع [۳] تا [۵]) اغلب توانایی عملکرد در کلاس یک دارند، اما نوعاً بکلی پاسخ‌کننده را به تغییرات ارزش حرارتی ناشی از اینرسی حرارتی می‌دهند.

نمونه‌های معمولی از این نوع کالری متر در پیوست ت توصیف شده است.

۳-۴ روش‌های غیر مستقیم

۱-۳-۴ کلیات

ابزارهایی که در دسته بندی «غیر مستقیم» قرار می‌گیرند ابزارهایی هستند که برخی از خواص فیزیکی شیمیایی گاز را با استفاده از رابطه شناخته شده، و ثابت شده توسط مشاهده عملی و تجزیه و تحلیل نظری، بین ارزش حرارتی و ویژگی اندازه‌گیری شده به منظور پی‌بردن به ارزش حرارتی، حد بالا یا حد پایین، گاز ارائه می‌دهد.

۲-۳-۴ احتراق استوکیومتریک

اساس ابزارهایی از این نوع، برای یک ترکیب گازی که فقط حاوی هیدروکربن‌های آلکانی و مواد بی‌اثر می‌باشد، ارزش حرارتی براساس حجم (حد بالا یا حد پایین) برای دستیابی به احتراق استوکیومتریک به تابع خطی از نسبت هوا - گاز نیاز دارد.

حداقل دو راه برای اجرای این اصل در یک دستگاه کاربردی وجود دارد. در یک اقدام، نقطه استوکیومتریک با جستجوی نسبت هوا به گاز به طوری که مقدار اکسیژن در محصولات احتراق کامل صفر است، تعیین می‌شود. در یک اقدام جایگزین، نقطه استوکیومتریک با جستجوی جهت یافتن نسبت هوا به گاز که در آن حداکثر درجه حرارت شعله به دست آمده، تعیین می‌شود.

یکی از معایب ابزارهایی که بر اساس این اصل عمل می‌کنند این است که نمونه گاز فقط باید حاوی هیدروکربن‌های آلکان و ترکیبات بی‌اثر می‌باشد. هر ماده دیگر (برای مثال، آلکین‌ها، هیدروژن، مونوکسید کربن و، با شدت بیشتر، اکسیژن) می‌تواند باعث شود که ابزار دچار اشتباه در قرائت شود؛ با این حال در برخی موارد، هر گونه خطا می‌تواند بوسیله یک روش اصلاحی محاسبه شود.

ابزارهای مبتنی بر این اصل [۷] به راحتی قادر به عملکرد با حداقل کلاس دو هستند و به طور معمول نشان دهنده پاسخ‌دهی سریع به تغییرات در ارزش حرارتی می‌باشند.

برخی از جزئیات عملی این دستگاه‌ها در پیوست ۳ ارائه شده است.

۳-۳-۴ احتراق کاتالیستی

بر اساس این نوع ابزارها تعیین میزان حرارت آزاد شده در طول اکسیداسیون کامل (احتراق) یک گاز در یک سطح کاتالیزوری، نشان دهنده اندازه‌گیری مناسب ارزش حرارتی آن است.

در یک اجرای عملی، اندازه‌گیری جریان نیمه پیوسته (به عنوان مثال در وضعیت روشن، خاموش، روشن) سوخت گازی تحت اکسیداسیون در سطح هادی پوشیده با کاتالیزور می‌باشد، گرمای منتشر شده توسط این

فرآیند احتراق باعث افزایش دمای هادی می‌شود و بنابراین مقاومت الکتریکی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار مقاومت الکتریکی به آسانی می‌تواند پیرو افزایش دمای پیش از دوره «روشن بودن» جریان گاز استفاده شود و افزایش یکپارچه درجه حرارت برای این دوره، پس از آن ممکن است به عنوان شاخصی از ارزش حرارتی حد پایین مورد استفاده قرار گیرد.

در اقدامی دیگر، فرآیند اکسیداسیون در بستری از مواد کاتالیزوری پودری قرار می‌گیرد. میزان جریان سوخت که (در یک جریان ثابت از هوا) برای حفظ محفظه واکنش در دمای ثابت لازم است که بعداً اندازه‌گیری شده و به عنوان شاخص ارزش حرارتی پایین استفاده می‌شود.

انواع توصیف شده ابزارهای احتراق کاتالیستی در این زیر بند [۸]، [۹] در مرحله پیشرفته‌ای از لحاظ توسعه هستند، اما هنوز به صورت تجاری در دسترس نیستند. بنابراین، قابلیت عملکرد آن، هنوز نمی‌تواند ارزیابی شود.

۴-۴ روش استنتاجی^۱

تفاوت روش‌های غیر مستقیم و روش‌های استنتاجی تفاوت واضح نمی‌باشد. منطقی می‌توان استدلال کرد که همه مقادیر ارزش حرارتی تعیین شده، به یک معنی، استنتاجی هستند. در اینجا، روش‌های استنتاجی به مواردی اطلاق می‌شود که بر رابطه تجربی (یا احتمالاً نیمه تجربی) بین ارزش حرارتی و برخی از خواص اندازه‌گیری شده بستگی داشته باشد.

مثال‌هایی از خواص مربوطه که ممکن است در این روش به عنوان پیش بینی ارزش حرارتی استفاده شود، شامل ضریب تراکم پذیری (که مربوط به ارزش حرارتی با معادله [۱۰] SGERG-۸۸) و سرعت صوت می‌باشد. هیچ کدام از این خواص به تنهایی برای تعیین ارزش حرارتی به روشنی کافی نمی‌باشد (اطلاعات بیشتر در مورد ترکیبات بی‌اثر لازم می‌باشد)، و هنوز هیچ ابزار تجاری برای بهره‌برداری از این نوع همبستگی ارائه نشده است. با این وجود، دقت بالا در محاسبه سرعت صوت که می‌تواند به آسانی اندازه‌گیری شود، نقش امکان‌پذیری را برای روش مبتنی بر این اصل در آینده نشان می‌دهد.

در حال حاضر، ابزارهایی که بتوانند به عنوان بهترین روش استنتاجی طبقه‌بندی شود، دارای پیچیدگی بسیار کمتری، هم در اصول و هم در ساخت می‌باشد. در ابزارهای معمول از این نوع، یک نسبت ظاهراً ثابت از حرارت آزاد شده از طریق احتراق یک جریان منظم گاز سوخت توسط برخی از دستگاه خاص و به صورت تجربی که به ارزش حرارتی مربوط می‌شود احساس می‌شود (اما اندازه‌گیری نمی‌شود).

در یک اقدام عملی مبتنی بر این اصل (مرجع [۲]، فصل ۱۰ و مرجع [۶]، فصل ۶)، دستگاه حسگر، داخل خود دودکش مشعل می‌باشد که از دو لوله فلزی متحدالمرکز که به صورت محکمی در پایین به هم متصل

شده‌اند تشکیل شده است. دو لوله با توجه به گرمای منتقل شده از گازها به صورت متفاوتی منبسط می‌شوند و ممکن است به عنوان نشانه‌ای از ارزش حرارتی استفاده شود. در اقدامی دیگر [۴]، حسگر یک لوله فلزی حرارتی منبسط شده که در جریان گاز خروجی قرار گرفته است؛ و در یک اقدام جدیدتر، حسگر عبارت است از یک پیل حرارتی که در محل مشابه قرار گرفته است. خروجی به عنوان نشانه‌ای از ارزش حرارتی در نظر گرفته شده است. در هیچ یک از این ابزارها آب حاصل از احتراق چگالیده نمی‌شود. در نتیجه، در اصل همگی، به ارزش حرارتی حد پایین پاسخ می‌دهند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری ضمنی، به طور کلی از این نوع ابزارها نمی‌توان برای رسیدن به کلاسی بهتر از عملکرد کلاس ۳ به جز در مطلوب‌ترین شرایط انتظار داشت.

در طول سالیان اصول عملیات متعدد دیگری توصیف شده است، اما در این جا توصیف ایده‌ها که زمان زیادی نیست که پیدا شده یا هرگز پیدا نشده است یا بعید است که در برنامه منطقی گسترده‌ای پیدا شود مورد توجه نیست. اختراعات «بی‌سرانجام و بی‌هدف»^۱ بی‌شماری وجود دارد.

۵ ارزیابی عملکرد و آزمون‌های پذیرش

نمودار نشان داده شده در شکل ۱ مرور کلی از روشی است که به طور معمول به منظور برآوردن ارزیابی عملکرد و آزمون پذیرش مورد نیاز می‌باشد. جزئیات خاص در بند ۵-۱ و ۵-۲ ارائه شده است.

۱-۵ ارزیابی عملکرد برای انتخاب ابزار

۱-۱-۵ کلیات

برای هر برنامه، ضروری است که یک دستگاه اندازه‌گیری ارزش حرارتی برای برآورده شدن برخی از معیارهای پذیرش وجود داشته باشد. دو نوع رایج از این معیارها که ممکن است برای یک ابزار تجاری در دسترس باشند به شرح زیر است:

ا- یک مجموعه الزامات باید در سفارش دستگاه برای دریافت تایید نوع در نظر گرفته شود؛ همچنین در بعضی موارد می‌توان مقررات قانونی گمرک را در تهیه دستگاه مورد توجه قرار داد، و

ب- مشخصات فنی برای اهداف قرارداد خرید.

در پیوست ب مثالی از نمونه مشخصات تایید نوع (بند ب-۱) و مشخصات فنی معمول که بخشی از اسناد و مدارک خرید است، ارائه شده است (بند ب-۲).

۱-۵ در ارتباط با آزمون‌های ارزیابی عملکرد انجام آزمون تایید نوع روی یک ابزار واحد ضروریست. در زیربند ۱-۵-۲ تا ۱-۵-۱۳ عواملی که اغلب در مجموعه رسمی الزامات مشخص شده، مانند مواردی که در این بند اشاره شده، مورد توجه قرار گرفته است. یک برنامه آزمون هدفمند احتمالاً، شامل بررسی اکثر، این جنبه‌های عملکرد ابزاری اما نه در همه موارد می‌باشد.

برنامه آزمون باید شامل خصوصیات و ویژگی‌ها برای کالیبراسیون و سایر گازهای آزمون که برای انجام بسیاری از جنبه‌های آزمون دقیق و کالیبراسیون مورد نیاز است، هر چند برخی گازهای آزمون ممکن است به صدور گواهینامه و تایید نیاز نداشته باشند. علاوه بر این، هر نوع از اسناد تایید نوع^۱ صادره، به عنوان نتیجه‌ای از برنامه آزمون باید شامل خصوصیات برای گازها برای استفاده در محل در کالیبراسیون مجدد و روش‌های تصدیق و همچنین اطمینان از دستیابی و نگهداری دقت مشخص شده باشد.

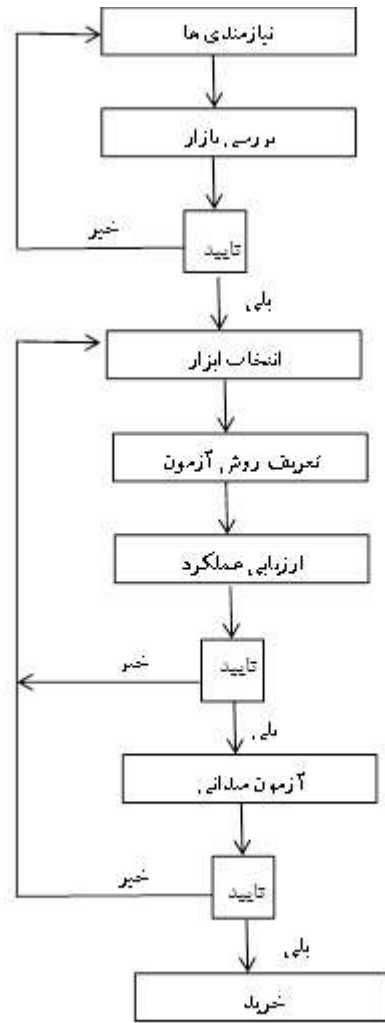
همه نوع ابزاری که در این استاندارد ملی در نظر گرفته، به طور کلی در زمانی که در عملیات برخط و بصورت مستمر قرار گرفت، به طور مطلوب انجام می‌شود؛ موارد مورد نیاز تنها برای عملیات متناوب یا بدون خطی که خواستار مراقبت‌های ویژه و اضافی قبل از آزمون درخواست می‌شود (به زیربند ۱-۵-۳ مراجعه شود).

تعریف اهداف اندازه‌گیری در شرایط مشخصات، عدم قطعیت، قابلیت اطمینان، ایمنی و هزینه‌ها و غیره
بررسی قابلیت دسترس به ابزار مناسب

انتخاب ابزاری که به وضوح بهترین گزینه موجود برای برآورده کردن مجموعه کاملی از نیازهای فنی و دیگر نیازمندی‌ها

انتخاب زیرمجموعه‌ای مرتبط از اقدامات و روش‌های آزمون ISO 15971؛ تعریف جزئیات آزمون و معیار انجام جزئیات آزمون در یک ابزار واحد

آزمون اضافی انتخابی با قابلیت اطمینان و عملکرد تحت شرایط میدانی، احتمالاً برای تشکیل زیر مجموعه آزمون قبلی



شکل ۱ - سنجش ابزار، ارزیابی عملکرد و آزمون پذیرش

با توجه به شرایط خاص، آزمون ارزیابی عملکرد ممکن است توسط یک مرجع قانونی، در آزمایشگاه مستقل، معتبر و یا خریدار انجام می‌شود. اگر آزمون‌ها توسط یک مرجع قانونی انجام شده است، ممکن است به مستندسازی تایید نوع منجر شود یک مصالحه بین طول زمان صرف شده در یک سری آزمایشات عملکرد و مقدار جزئیاتی که آنها در مورد ابزار عملکرد واگذار می‌کنند مشخص است. جایی که در آن مرجع نظارتی نیاز به توصیف کامل از تمام جنبه‌های عملکرد دارد، برنامه آزمونی به راحتی می‌تواند در طی یک دوره یک ساله یا بیشتر گسترش یابد.

چک لیست مقدماتی ارائه شده در جدول ۱ می‌تواند ابزاری مفید جهت حفظ مسیر پیشرفت، و نتایج حاصل از، یک برنامه ارزیابی طولانی مدت باشد.

۲-۱-۵ تداوم عملیات

الزامات ساده برای ابزار، در حال کار و عملکرد صحیح آن (و برای اکثر کاربردها، به طور مداوم) در یک دوره مشخص زمانی وجود دارد. اگر کاربرد ویژه تنها به عملیات متناوب نیاز دارد آزمون‌های راستی آزمایی (به زیربند ۵-۱-۳ مراجعه شود) باید عوامل پیچیده را به عنوان اولویت قبل از اقدام با آزمون‌های دیگر مورد توجه قرار دهند.

در مورد عملیات پیوسته، ابزار باید به سادگی با اجازه دادن به آن بدون وقفه و یا دخالت بی‌مورد (مانند تغییرات بدون برنامه‌ریزی شده به تنظیمات) برای یک دوره مداوم آزمون شود که بیش از حداقل دوره‌های عملیاتی با درصد مشخص شده مورد نیاز می‌باشد. با توجه به نوع کاربرد، ممکن است از چند روز تا چند ماه در هر مکان انجام شود. با این حال، ممکن است برای انجام آزمون‌های دیگر در طول این دوره، برای مثال آزمون‌های راستی آزمایی، بدون قضاوت در مورد استمرار آزمون (قابلیت اطمینان) صورت گیرد.

تکرار آزمایش تداوم (قابلیت اطمینان)، پس از تعمیرات و نگهداری روزمره مطابق با راهنمای سازنده، حداقل یک بار، به احتمال زیاد به عنوان گزینه ارزشمند باشد. اگر این دستگاه نمی‌تواند بدون شکست یا نقص آشکار برای دوره زمانی مشخص عمل کند، بنابراین آن آزمون نتیجه بخش نخواهد بود.

نتایج حاصل از آزمون تکمیلی به منظور ارزیابی دوره‌ای عملکرد ابزار مشخص ممکن است تجزیه و تحلیل شود. اگر نتیجه کمتر از مقدار حداقلی باشد که برای عملکرد صحیح مورد نیاز است، در این صورت عملکرد ابزار غیر قابل قبول است. در این مورد، هنوز هم امکان استفاده از ابزار در کاربردهایی با دوره کوتاه‌تری از عملیات مستمر و رضایت بخش قابل قبول، وجود دارد.

اگر الزامی صریح و روشن برای یک دوره حداقل عملیاتی وجود ندارد، بنابراین ممکن است مجاز بودن دوره‌های عملیات تعمیرات و نگهداری توسط تجربه عملیاتی تعیین شود، یعنی عملیات تعمیر و نگهداری به جای نیاز-محور، عملکرد-محور هستند.

جدول ۱ - مثال چک لیست برای تایید نوع و آزمون پذیری

| آزمون پذیرش میدانی | | | آزمون پذیرش کارخانه‌ای | | | آزمون تایید نوع | | | خواص یا آزمون |
|--------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-----------------|-------|----------|--|
| قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | نیازمندی | |
| قبول | ۳ ماه | ۳ ماه | قبول | ۱ ماه | ۱ ماه | قبول | ۷ ماه | ۶ ماه | ۱- تداوم عملیات تداوم عملیات در حداکثر خطای مشخص شده از $0,25 \text{ MJ/m}^3$ دوره زمانی آزمون |

جدول ۱- مثال چک لیست برای تایید نوع و آزمون پذیری

| آزمون پذیرش میدانی | | | آزمون پذیرش کارخانه‌ای | | | آزمون تایید نوع | | | خواص یا آزمون |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|--|
| قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | نیازمندی | |
| گازهای کاربردی آزمون نشده | | | قبول | ۰/۰۵ | ۵ $35 < CV < 42$ < ۰/۱۰ | قبول | ۰/۰۷ | ۷ $31 < CV < 46$ < ۰/۱۰ | ۲- درستی ارزش حرارتی شماره گازهای آزمون محدوده ، MJ/m3 خطی، MJ/m3 |
| قبول | ۰/۰۶ | ۲۰ < ۰/۱۰ | قبول | ۰/۰۵ | ۲۰ < ۰/۱۰ | قبول | ۰/۰۸ | ۴۰ < ۰/۱۰ | ۳- تکرار پذیری قرائت‌های متعدد نوع b تعداد قرائت آزمون انتشار دادن ، MJ/m3 |
| قبول | ۱ دقیقه ۴۲ ثانیه | ۴۰ تا ۴۱ > ۳ دقیقه | قبول | ۱ دقیقه ۵۳ ثانیه | ۴۰ تا ۴۱ > ۳ دقیقه | قبول | ۲ دقیقه ۳۵ ثانیه | ۳۸ تا ۴۲ > ۴ دقیقه | ۴- پاسخ به ارزش حرارتی مرحله تغییر MJ/m3 ، مرحله ۹۵٪ زمان پاسخ |
| | | | | | | | | | ۵- وابستگی به دما حداکثر خطای ارزش حرارتی برای تغییر دادن دما |
| قبول | ۰/۰۴ | < ۰/۰۵ | قبول | ۰/۰۸ | ۱۵ الی ۲۵ < ۰/۱۰ | مردود | ۰/۱۳ | ۱۵ الی ۳۰ < ۰/۱۰ | ۵-۱ حالت پایدار محدوده، °C خطا، MJ/m3 |
| قبول | ۰/۰۴ | < ۰/۰۵ | تغییرات طبیعی آزمون نشده | | | قبول | ۰/۱۴ | ۱۵ الی ۳۰ ۵ < ۰/۲۰ | ۵-۲ پویا محدوده، °C سرعت K/h خطا ، MJ/m3 |

ادامه جدول ۱ - مثال چک لیست برای تایید نوع و آزمون پذیری

| آزمون پذیرش میدانی | | | آزمون پذیرش کارخانه‌ای | | | آزمون تایید نوع | | | خواص یا آزمون |
|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------------|--|
| قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | نیازمندی | |
| تغییرات طبیعی (۳ ماه) | | | تغییرات طبیعی | | | مردود | | | ۶- وابستگی به فشار اتمسفر محدوده، hPa خطا، MJ/m ³ |
| قبول | ۰/۰۳ | <۰/۰۵ | قبول | ۰/۰۵ | <۰/۰۵ | مردود | ۰/۱۱ | ۹۷۰ الی ۱۰۴۰ <۰/۱۰ | |
| تغییرات طبیعی | | | تغییرات طبیعی | | | قبول | | | ۷- دیگر عوامل محیطی ۱-۷ فاصله رطوبت نسبی محدوده، % خطا، MJ/m ³ |
| قبول | ۰/۰۳ | <۰/۱۰ | قبول | ۰/۰۵ | <۰/۱۰ | قبول | ۰/۰۵ | ۸۰ الی ۳۰ <۰/۱۰ | |
| تغییرات سایت محلی آزمون نشده | | | ۲۰۰ الی ۲۴۰ | | | قبول | | | ۲-۷ تغییرات منبع الکتریکی ولتاژ، AC خطا، MJ/m ³ |
| تغییرات سایت محلی آزمون نشده | | | قبول | | | قبول | | | فرکانس، Hz خطا، MJ/m ³ |
| قابل اجرا نیست | | | تغییرات سایت محلی آزمون نشده | | | قبول | | | ۵ حلقه در ۱۰۰ VAC <۰/۲۵ |
| آزمون نشده | | | قابل اجرا نیست | | | قبول | | | خطا، MJ/m ³ ۳-۷ تداخل الکترومغناطیسی و سازگاری (EMC) انطباق با استاندارد ISO/IEC الزامات آزمون‌های استاندارد |
| آزمون نشده | | | آزمون نشده | | | قبول | | | |
| قابل اجرا نیست | | | قابل اجرا نیست | | | قبول | | | |

ادامه جدول ۱ - مثال چک لیست برای تایید نوع و آزمون پذیری

| آزمون پذیرش میدانی | | | آزمون پذیرش کارخانه‌ای | | | آزمون تایید نوع | | | خواص یا آزمون |
|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------|------------------------------------|---|
| قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | نیازمندی | |
| قبول | ۰٫۰۰ | ۰٫۱ الی ۴٫۰ (۱۰ الی ۴۰) <۰٫۰۲ | قبول | ۰٫۰۱ | ۰٫۱ الی ۴٫۰ (۱۰ الی ۴۰) <۰٫۰۲ | قبول | ۰٫۰۱ | ۰٫۵ الی ۴٫۰ (۵ الی ۴۰) <۰٫۰۲ | ۸- عوامل نصب و راه اندازی ۸-۱ فشار منبع گاز محدوده، kPa (mbar) خطا، MJ/m ³ |
| قبول | ۰٫۰۰ | ۰٫۳ الی ۰٫۵ (۳ الی ۵) <۰٫۰۲ | قبول | ۰٫۰۰ | <۰٫۰۲ | مردود | ۰٫۰۴ | ۰٫۱ الی ۱٫۰ (۱ الی ۱۰) <۰٫۰۲ | خطا، MJ/m ³ ۸-۳ زمان پاک سازی نمونه زمان پاک سازی |
| | ۲ دقیقه ۱۵ ثانیه قابل اجرا نیست | <۳ دقیقه | | آزمون نشده بدون نیاز | | | آزمون نشده | | ۸-۴ حرکت هوا (کشش جریان هوا) خطا، MJ/m ³ |
| قبول | ۰٫۰۲ | <۰٫۰۴ | | آزمون نشده بدون نیاز | | قبول | ۰٫۰۲ | <۰٫۰۴ | ۹- اثر گازهای غیر آلکان گاز آزمون A: 25 mol % H ₂ اسمی ترکیب واقعی ۰٫۲۶۷ H ₂ ، ۰٫۷۰۳ CH ₄ ۰٫۰۲۲ C ₂ H ₆ ، ۰٫۰۰۸ C ₃ H ₈ = ۳۱٫۹۸ (ISO) MJ/m ³ CV خطا، MJ/m ³ گاز آزمون B: _mol % C ₂ H ₄ اسمی |

ادامه جدول ۱- مثال چک لیست برای تایید نوع و آزمون پذیری

| آزمون پذیرش میدانی | | | آزمون پذیرش کارخانه‌ای | | | آزمون تایید نوع | | | خواص یا آزمون |
|--|-------|--------|------------------------|-------|--------|-----------------|-------|----------|---|
| قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | مخصوص | قبول / مردود | نتیجه | نیازمندی | |
| | | | | | | | | | ۱۰- یکپارچگی محاسبه مقادیر متوسط خطا، MJ/m ³ در ساعت |
| قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | در روز |
| قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | قبول | ۰/۰۰۰ | <۰/۰۰۱ | |
| | | | | | | | | | ۱۱- امنیت ابزار و سابقه آن ۱-۱۱ امنیت فیزیکی کلید سوئیچ / روموز عبور ۲-۱۱ امنیت الکترونیکی قطع برق راه‌اندازی مجدد خودکار نگهداری نتایج |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| | | | | | | | | | ۱۲- خرابی - عملیات ایمن خطای برق خطای منبع گاز خطای منبع هوا خطای مشعل |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| قبول | | | قبول | | | قبول | | | |
| یادآوری - ارزش عددی و دیگر نوشته‌های کاملاً مفهومی، به خصوص، در مورد کسانی که می‌توانند هر مجموعه واقعی از آزمون‌ها برای هر دستگاه اندازه‌گیری ارزش حرارتی را ابداع کنند مربوط نیست. | | | | | | | | | |

۳-۱-۵ درستی ارزش حرارتی

الزام دستگاه اندازه‌گیری ارزش حرارتی در یک مقدار مشخص از درستی، یا انحراف وجود دارد که بیش از یک محدوده مشخص از ارزش حرارتی (تجزیه و تحلیل خطای سیستماتیک) می‌باشد.

معمولاً، این آزمایش‌ها به ابزاری که در عملیات مستمر بکار رفته، اشاره می‌نماید. با این حال، اگر برنامه خاصی تنها برای عملیات متناوب مورد نیاز است، مهم است که آزمایشات شامل تحقیقات مقدماتی که در آن ارزیابی در طول زمان تکمیل شود (از «سرما» که در طی آن لازم است دستگاه در حال عملیات باشد قبل از اینکه آشکارا قادر به تولید نتایج سامان یافته باشد، برای ابزارهای اندازه‌گیری مستقیم، این دوره از

« عملیات گرم کردن » ممکن است تا چند روز به درازا بکشد. در ادامه این بند فرض می‌شود که دوره عملیات گرم کردن به اندازه کافی بوده است.

به منظور انجام ارزیابی درست، تعداد (معمولا ۵ تا ۷) مورد از گازهای آزمون مورد تایید جهت ارزش حرارتی (قابل ردیابی) و عدم قطعیت لازم است، که یکی از آنها مطابق با الزامات (واحد) گاز کالیبراسیون (اغلب متان با خلوص بالا) برای استفاده در عملیات معمول دستگاه در دسترس باشد. این گازها به طور معمول ترکیب‌های سنتزی از اجزای اصلی گاز طبیعی است که انتظار می‌رود توسط ابزار تجزیه و تحلیل شده و تا آنجا که ممکن است، در ترکیب شبیه به گاز طبیعی باشد. طیف وسیعی از ارزش حرارتی تحت پوشش باید تا حدودی گسترده‌تر از محدوده عملیاتی داده شده در موارد لازم باشد. طبیعی است برای یکی از گازهای آزمون، داشتن ارزش حرارتی کمتر از حداقل مقدار محدوده عملیاتی و برای مورد دیگر داشتن ارزش حرارتی بالاتر از حداکثر مقدار محدوده عملیاتی مورد نیاز باشد.

آزمایش‌های انجام شده با مجموعه‌ای از گازها از جمله این مورد (با استفاده از گاز کالیبراسیون معمول به عنوان یک مبنا) نه تنها قادر به ارزیابی درستی ارزش حرارتی ثبت شده در هر نقطه است، بلکه همچنین خطی بودن عملکرد پاسخ ابزاری را ممکن می‌سازد. آزمون‌ها برای هر گاز توصیه می‌شود به طور معمول چند بار انجام شود به طوری که نمایانگر یک مقدار متوسط باشد (این مربوط به تکرارپذیری قرائت می‌باشد؛ (به زیربند ۵-۱-۴ مراجعه شود).

به طور معمول آزمون‌های بیشتری در مورد درستی باید با استفاده از حداقل سه نمونه گاز با ترکیباتی که تفاوت قابل ملاحظه دارای ارزش حرارتی تقریبی مشابه دارند انجام شود. این مورد جهت کنترل درستی ابزاری است که تابعی از ترکیب گاز نمی‌باشد. جایی که در آن تغییرات زیاد در ترکیب گاز در طول روند عملیات انتظار می‌رود، استفاده از بیش از سه نمونه گاز برای بررسی اثرات ترکیبی می‌تواند مفید باشد.

تمام آزمون‌های درستی باید در مراحل اولیه برنامه آزمون نمونه‌ای انجام شود. بهتر است که تکرار آزمایش‌ها در فواصل زمانی در طول و در پایان آزمون تداوم (قابلیت اطمینان) صورت گیرد (به زیربند ۵-۱-۲ مراجعه شود).

گازهای مورد استفاده برای آزمون درستی باید دارای عدم قطعیت در مقادیر گرم‌زایی مورد تایید باشد که توصیه می‌شود کمتر از نیمی از دقت مورد نیاز برای بهره‌برداری از ابزار را داشته باشد.

نتایج حاصل از آزمون باید برای تعیین درستی ارزش حرارتی اندازه‌گیری شده بیش از محدوده مشخص ارزش حرارتی تجزیه و تحلیل شود.

۴-۱-۵ تکرارپذیری

حداقل سه مفهوم مجزا از تکرارپذیری (تجزیه و تحلیل خطای تصادفی) وجود دارد که می‌تواند در زمینه اندازه‌گیری ارزش حرارتی، که هر کدام برآورده کننده معیارهای اندازه‌گیری مناسب برای طبقه‌بندی به عنوان تکرارپذیری شناخته شده وجود دارد. هر یک را ممکن است با استفاده از آزمون مناسب تعیین کرد.

ت- قرائت‌های مستقل در فواصل زمانی ثابت با ابزارهایی با عملکرد مداوم بر روی گاز آزمون مشابه و بدون هیچ کالیبراسیونی در طول کل دوره آزمون، انجام شده است.

ث- قرائت مستقل در فواصل زمانی ثابت با ابزارهایی با عملکرد مداوم صورت گرفته است، اما برای عملکرد در گاز دیگر (برای مثال گاز خط) بین هر جفت از قرائت و بدون هیچ کالیبراسیونی در طول کل دوره آزمون جابجا شده است. در این مورد، ارائه زمان کافی برای آرامش و تثبیت دستگاه بعد از هر تعویض به گاز آزمون قبل از قرائت لازم است.

ج- قرائت مستقل در فواصل زمانی ثابت با عملکرد مداوم صورت گرفته است، اما یک کالیبراسیون نقطه‌ای بین هر جفت از قرائت انجام شده است. ارائه زمان کافی برای آرامش و تثبیت دستگاه قبل از هر قرائت شده لازم و ضروری می‌باشد. (برای هدف این آزمایش، کاهش فاصله زمانی بین کالیبراسیون نهایی که تحت شرایط عملیاتی بکار رفته لازم می‌باشد).

نتایج حاصل از آزمون ممکن است با محاسبه انحراف استاندارد در مجموعه داده‌های مربوطه و مقایسه نتایج با تحلیل الزامات مشخص شده آنالیز گردد.

برای هر نوع آزمون، گاز آزمون مرتبط، گازی است که دارای نزدیک‌ترین ارزش حرارتی به گاز مورد استفاده در عملیات عادی می‌باشد. با این حال، لازم نیست که گاز آزمون برای این کاربرد به طور دقیقی مورد تایید واقع گردد. همه آن چیزی که مورد نیاز است، ثابت گاز قابل قبول و ارزش حرارتی تقریباً شناخته شده باشد.

ارتباط «فواصل زمانی ثابت» و تعداد قرائت‌ها در تکرارپذیری آزمون بستگی زیادی به مشخصات عملیاتی ابزار دارد. بسیاری از اندازه‌گیری‌های بیشتر می‌توانند با روش‌های معمولی توسط تجهیزات دارای پاسخ سریع جدیدتر بدست آید به طوری که می‌تواند در یک دوره زمانی یکسان با کالری‌مترها اندازه‌گیری مستقیم سنتی بدست آید، که به طور معمولی پاسخ نسبتاً کندی را نشان می‌دهند. (به زیربند ۵-۱-۵ مراجعه شود). به طور نمونه، برای دستگاه با زمان پاسخ‌دهی سریع، فاصله زمانی در واحد دقیقه، با هر قرائتی با میانگین اندازه‌گیری ۱ دقیقه یا ۲ دقیقه اندازه‌گیری شده است، جایی که برای کالری‌متر سنتی، فاصله زمانی می‌تواند ۱ ساعت باشد، با هر قرائتی که میانگین آن شاید نیمی از ساعت اندازه‌گیری باشد.

الزامات عملیاتی برای ابزار اندازه‌گیری ارزش حرارتی در محدوده تکرار پذیری مشخص برای نوع الف، نوع ب، نوع پ یا احتمالاً بیش از یک نوع الزامات عملیاتی وجود دارد.

برای حداقل یک مجموعه اضافی از آزمون‌ها تکرارپذیری که باید در گاز دومی انجام شود، در زمان مشابه به عنوان آزمون‌های درستی معمول می‌باشد، بنابراین جهت بررسی اینکه آیا تکرارپذیری تابعی از ارزش حرارتی هست، بررسی صورت می‌گیرد. آزمون‌های تکرارپذیری بیشتر توصیه می‌شود در فواصل زمانی منظم (برای مثال دو ماه تا سه ماه) به منظور بررسی تغییرات تکرارپذیری نسبت به زمان انجام گیرد.

۵-۱-۵ زمان پاسخ

الزام احتمالی برای پاسخ‌دهی تجهیز، در یک زمان مشخص از تکمیل یا درصد مشخصی از تکمیل فرآیند برای یک مرحله از تغییر در مقدار ارزش حرارتی می‌باشد.

آزمون‌هایی برای این ویژگی ممکن است بوسیله تغییر بین دو گاز آزمون با ارزش حرارتی مختلف و کنترل اطلاعات خروجی انجام شود در حالی که ابزار به صورت مداوم و معمول در حال فعالیت می‌باشد. برای این منظور، لازم نیست که گازهای آزمون دقیقاً ارزش حرارتی معلوم و مشخصی داشته باشند. آزمون‌های مختلفی باید با تغییر در ارزش حرارتی هم در جهت افزایش و هم در جهت کاهش انجام شود.

مواردی که در زمان انجام آزمون‌هایی از این نوع باید در نظر گرفته شود، به شرح زیر می‌باشد:

ح- در بسیاری از موارد، این آزمایش ممکن است برای تغییرات مرحله‌ای ارزش حرارتی که در روند عملیاتی اتفاق می‌افتد مناسب و مفید نباشد، به طوری که این آزمون، تصویر درستی از واقعیت عملیاتی را به ما نشان ندهد، با این حال، اگر تغییرات مرحله‌ای (یا نزدیک تغییرات مرحله‌ای) در این زمینه عملیاتی مورد انتظار باشد، بنابراین گازهای آزمون استفاده شده، بر حسب ارجحیت، باید انعکاس دهنده این تغییرات باشند.

خ- زمان پاسخ ممکن است به احتمال زیاد به بزرگی تغییرات در ارزش حرارتی بستگی داشته باشد، بنابراین آزمون روی بیش از یک جفت از گازهای آزمون می‌تواند مفید باشد.

د- آزمون‌ها باید برای ثبت هر گونه انحراف (تعدیل‌گر) مقدار صحیح ارزش حرارتی طراحی شود.

ذ- برخی از ابزارها نمایش‌گرشان در فاصله‌های ثابت زمانی به نسبت موارد متوالی اقدام به بروزرسانی می‌نمایند و بنابراین پاسخ‌دهی در گام‌های مجزا و ناپیوسته به نسبت گام‌های پیوسته به پیش می‌رود. در این مورد کاربر باید قادر به تشخیص و در نظر گرفتن این تاثیرات در محاسبات باشد و اگر فاصله گزارش‌دهی با توجه به انتخاب کاربر باشد، توصیه می‌شود برای حداقل قابلیت دسترسی برای مدت زمان آزمون‌ها تنظیم گردد.

ر- مراحل باید با اطمینان از اینکه زمان پاسخ اندازه‌گیری شده از مشخصات اساسی خود ابزار است، در نظر گرفته شود و اندازه هر تاخیر (زمان پاکسازی) ناشی از طراحی سیستم تدارک گاز ورودی برای ابزار، در نظر گرفته نمی‌شود برای مثال می‌توان به تاثیر نصب و راه‌اندازی اشاره کرد. (به زیر بند ۵-۱-۹ مراجعه شود).

نتایج این نوع از آزمون‌ها ممکن است به روش‌های مختلف بیان شود، اگر پاسخ مولفه‌های تغییرات مرحله‌ای در ارزش حرارتی به طور تقریبی از معادله لگاریتمی پیروی نماید، و ارزش حرارتی $H(t)$ توسط ابزاری در یک زمان مشخص، t ، بعد از یک مرحله از تغییرات در ارزش حرارتی $[H(\infty) - H(0)]$ در زمان $t=0$ گزارش شده باشد، می‌تواند طبق معادله ۱ بیان شود.

$$H(t) - H(0) = [H(\infty) - H(0)][1 - e^{-t/\tau}] \quad (1)$$

که در آن مقدار مشاهده شده t [زمان استراحت] برابر با زمان مورد نیاز برای رسیدن به میزان ۶۳٪ از تکمیل فرآیند باشد.

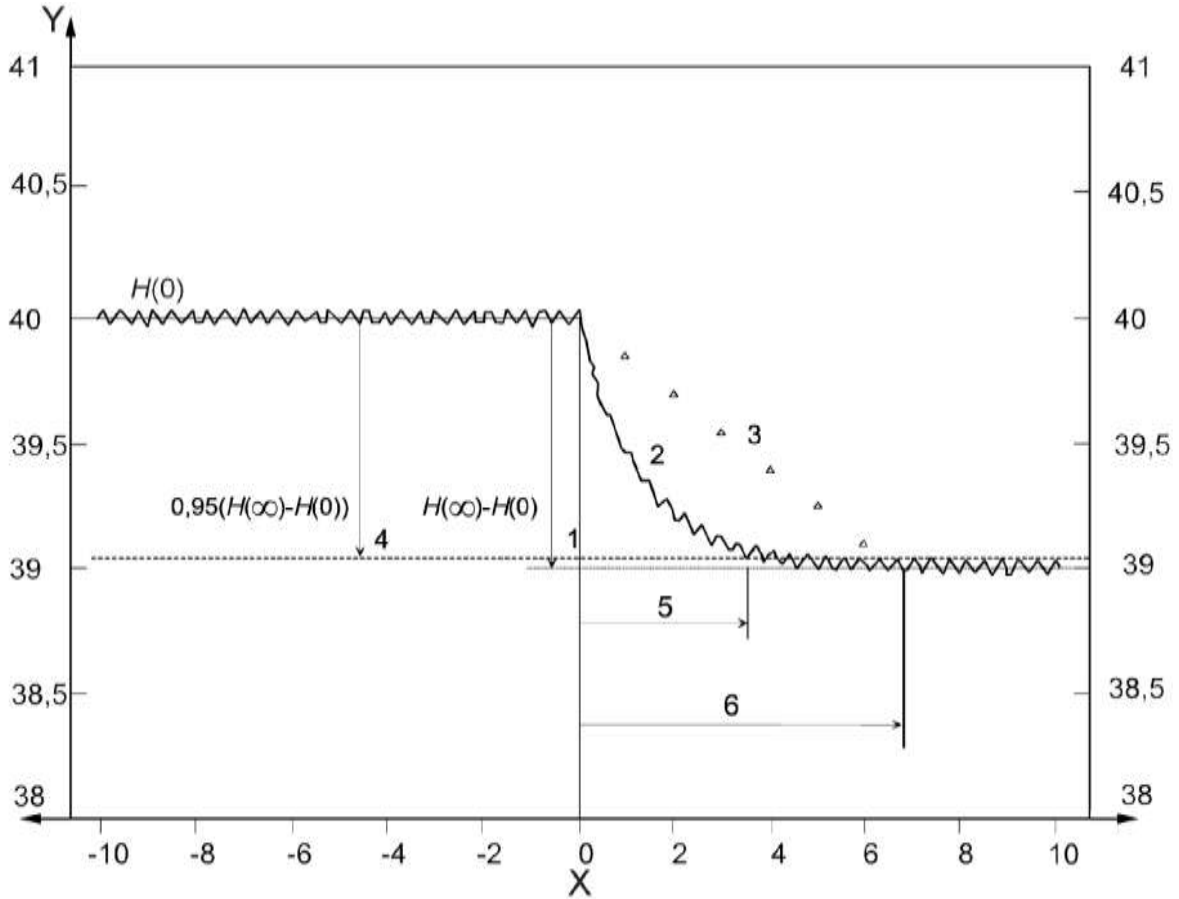
همه ابزارها رفتارهای نمایی نشان نمی‌دهند. در این مورد، زمان گرفته شده برای رسیدن به تکمیل ۹۵٪ می‌تواند به عنوان یک اندازه‌گیری بسیار راحت از سرعت پاسخگویی در نظر گرفته شود. شکل ۲ نشان دهنده یک نمونه مشخصات پاسخ‌دهی برای دو نوع از ثبت ارزش حرارتی می‌باشد، به عبارت دیگر؛

ز- برای ابزار قرائت پیوسته (دستگاه A)

س- برای ابزار قرائت ناپیوسته برای مثال، مقدار خروجی که به صورت محدود برورسانی شده اما فاصله‌ها معمول و عادی می‌باشد (دستگاه B).

در هر دو مورد، استفاده از مقدار ۹۵٪ تکمیل شده به عنوان ترجیح مشخصات زمان پاسخ‌دهی مورد تاکید می‌باشد.

ابزارهای غیرمستقیم جدید عموماً زمان‌های پاسخ را در محدوده‌ای از چندین ثانیه تا چندین دقیقه نشان می‌دهند، در حالی که کالری مترهای سنتی ثبت اندازه‌گیری مستقیم دارای زمان‌های پاسخ‌دهی در محدوده ده‌ها دقیقه می‌باشند.



- X زمان، که به صورت دقیقه بیان شده است.
 Y ارزش حرارتی، بیان شده در واحد مگاژول در متر مربع
 ۱ ارزش حرارتی واقعی
 ۲ دستگاه A (قرائت مداوم)
 ۳ دستگاه B (قرائت غیرمداوم)
 ۴ ۹۵٪ تکمیل
 ۵ زمان پاسخ برای دستگاه A
 ۶ زمان پاسخ برای دستگاه B

شکل ۲ - پاسخ نوعی ثبت ابزاری برای یک مرحله تغییر در ارزش حرارتی

۶-۱-۵ وابستگی دمایی

۱-۶-۱-۵ کلیات

معمولاً، دو الزام وجود دارد، یکی مربوط به پاسخ ابزاری زمان که تغییر در دمای محیطی قابل توجه باشد اما خیلی آهسته رخ دهد، (عملکرد وضعیت پایدار)، موضوع دیگر، ارتباط پاسخ در زمانی است که تغییر در دمای محیطی به صورت نسبتاً سریعی رخ می‌دهد (عملکرد دینامیکی). در مورد اول، الزام بصورت موارد زیر می‌باشد

ش- برای نشان دادن ابزاری که ارزش حرارتی را در محدوده عدم قطعیت مشخص شده اندازه‌گیری می‌کند و این در زمانی است که در محدوده مشخصی از دماهای ثابت محیطی عمل می‌کند یا

ص- برای تعریف و تعیین محدوده عملیاتی دماهای محیطی ثابت در ابزارهایی که اندازه‌گیری ارزش حرارتی را در عدم قطعیت‌های مشخص شده انجام می‌دهند.

در مورد دوم، الزام محتمل برای تعیین و تعریف مقدار حداکثر برای میزان تغییر دمای محیطی بکار می‌رود که اجازه می‌دهد تا ابزار بدون تغییرات قابل توجهی در نتیجه عمل کنند.

۵-۱-۶-۲ عملکرد در حالت پایدار

وابستگی دمایی ابزار در حالت پایدار می‌تواند به راحتی با اجرای آن در محیط کنترل شده اتاق آزمون که قادر به دریافت محدوده مرتبگی از دماها، در مجموعه‌ای از دماهای ثابت (پایدار) در میان یا در انتهای این محدوده می‌باشد، ارزیابی گردد.

طبق ارجحیت، توصیه می‌شود امکان دست یافتن به دمای کنترل مورد نیاز بدون تحمیل جریان‌های هوایی اضافی در اتاق برقرار باشد، همانطور که این می‌تواند منجر به افزایش اثرات سوء روی عملکرد ابزاری شود (به زیر بند ۵-۱-۹ مراجعه شود)، که پوشش دهنده تاثیرات واقعی تنوع دمایی می‌باشد. آزمون‌های نمونه به طور نسبی، توسط ابزاری که در گاز ثابت عمل می‌کنند انجام می‌گیرد و لزوماً ارزش حرارتی مورد تایید نمی‌باشد و به سهولت هر نوع وابستگی عملکردی وضعیت ثابت و مستقیم در ارزش حرارتی ثبت شده نسبت به دما را تشریح می‌نماید.

۵-۱-۶-۳ عملکرد دینامیکی (پویا)

در مورد برخی ابزارها، ارائه اثرات ریزتر نشان داده شده است که توصیه می‌شود امکان هر کدام در برنامه ارزیابی مورد توجه قرار گیرد. هر دو مورد احتمالاً برای کالری مترهای اندازه‌گیری مستقیم رخ می‌دهد، همین طور حذف آن به صورت الکترونیکی می‌تواند مشکل باشد یا درخواست بی‌موردی باشد.

ابتداءً، ابزار می‌تواند وابستگی گذرا به دما را نشان دهد، برای مثال تغییر دینامیکی در ارزش حرارتی ثبت شده وقتی ابزار در حال تعادل گرمایی نباشد در پی تغییر در دما رخ می‌دهد، اما هر کدام به عنوان شرایط تعادل گرمایی جدید، رفته رفته از بین می‌رود.

سپس، وابستگی ارزش حرارتی ثبت شده نسبت به میزان تغییر دمایی همانند مقدار مطلق آن می‌تواند وجود داشته باشد.

دو اثر معمولاً به هم پیوند خورده‌اند و بررسی آزمایشگاهی آنها آسان نمی‌باشد، یک دلیل آن کم یاب بودن اتاق‌های آزمون با میزان تغییر دمایی قابل کنترل است. برای بررسی این دو اثر بصورت مشخص، هم تغییر روبه بالا و هم تغییر رو به پایین دمایی باید انجام شود.

۴-۶-۱-۵ خلاصه

هر کدام یا همه اشکال مختلف وابستگی دمایی می‌تواند مهم باشد اگر ابزار برای عمل در ساختمانی که دارای سیستم گرمایشی است اما فاقد سیستم تهویه است یا اینکه دارای کیفیت ضعیف کنترل تدریجی (روشن - خاموش - روشن) شرایط تهویه هوایی است؛ مورد نیاز باشد. در محدوده دمای محیط در اتاق ابزار یا محفظه می‌تواند بین ۲۸۰K تا ۳۳۰K باشد در حالی که میزان تغییرات دمایی از بیش از $5 \text{ K/h} \pm$ می‌تواند رخ دهد.

توصیه می‌شود آزمون‌ها برای ارزیابی اثرات سیستماتیک دمایی روی صحت ارزش حرارتی اندازه‌گیری شده انجام شود.

علاوه بر وقوع گرایش، تنوع دمایی محیطی می‌تواند باعث تطابق تغییرات تکرارپذیر باشد (به بند ۴-۱-۵ مراجعه شود). به همین دلیل، توصیه می‌شود قابلیت تکرار در چندین دمای مختلف در محدوده عملکردی و همچنین این فاکتورها نیز در زمان تخمین عدم قطعیت کلی برای هر مجموعه دمایی، مورد توجه قرار گیرد. نتایج باید آنالیز شود تا مورد توجه قرار گیرد.

ض-محدوده دمایی،

ط- میزان تغییرات دمایی برای رضایت بخشی نیازهای ویژه کاربردی.

۷-۱-۵ وابستگی به فشار جو

الزام محتمل برای اندازه‌گیری ارزش حرارتی در محدوده عدم قطعیت‌های مشخص شده نسبت به محدوده فشار جو می‌باشد (و میزان حداکثر تغییر آن) که به احتمال زیاد در مکان‌هایی که توصیه می‌شود ابزار نصب و راه‌اندازی گردد مشاهده می‌شود. فشار جوی برای پوشش دهی چندین سال آخر که برای در برگیری عملیاتی کافی باشد ثبت می‌شود.

آزمون‌های ویژه عملکرد ابزار نمی‌تواند نسبت به فشار جوی انجام شود. در عوض، ابزار باید برای عملکرد در یک گاز ثابت آماده شود، اما ارزش حرارتی تایید نشده (یا احتمالاً مجموعه‌ای از گازها، اما نه گاز خط) برای دوره زمانی قابل توجه که فشار جوی به مقدار زیاد تغییر می‌کند، برای مثال، افت فشارهای زیاد به طور ویژه‌ای با ارزش می‌باشد. در طول این دوره، لیست کردن یک تعداد کافی از قرائت‌های ارزش حرارتی ثبت شده و فشار جوی (شاید به صورت ساعتی) به منظور تعیین هر گونه وابستگی بین دو یا هر دو مورد قابل

تشخیص و قابل سنجش لازم و ضروری می‌باشد. یک نمودار گرافیکی از سری‌های زمانی معمولاً کافی و مناسب می‌باشد.

۵-۱-۸ عوامل محیطی دیگر

۵-۱-۸-۱ کلیات

فاکتورهای محیطی مختلف دیگر دارای پتانسیل افت میزان درستی اندازه‌گیری‌های ارزش حرارتی می‌باشد. الزام محتمل برای ضمانت یکی از دو حالت، عملیات عادی که ابزار در معرفی هیچ کدام از این فاکتورها قرار نمی‌گیرد، و یا پاسخ ویژه ابزار در یک محدوده خاص می‌باشد. عوامل مشخص شده در زیربند ۵-۱-۸-۱ تا زیربند ۵-۱-۸-۵ می‌تواند شناسایی شود.

۵-۱-۸-۲ رطوبت نسبی

الزام در این مورد به محدوده رطوبت نسبی مورد انتظار در محیط بستگی دارد به طوری که ابزار نیازمند عملکرد در آن شرایط می‌باشد حتی در یک محیط آزمون با امکانات با کیفیت مناسب، تغییر رطوبت نسبی سیستماتیک بدون القای اثر ثانویه در دمای محیط مشکل است. متعاقب آن، هر گونه اثر مستقیم از تغییرات در رطوبت نسبی، اساساً برای بررسی مشکل می‌باشد، اما اصول آن، با هر رویکردی، شبیه به موارد بررسی تایید تغییرات فشار جوی می‌باشد (به زیربند ۵-۱-۷ مراجعه شود).

۵-۱-۸-۳ منبع تغذیه الکتریکی

الزام این مورد، احتمالاً ابزاری می‌باشد که به طور پیوسته عمل می‌کند، بدون افت قابل تشخیص اندازه‌گیری در ارزش حرارتی، نسبت به کل محدوده ولتاژ ورودی و فرکانس تغییرات مورد انتظار در نصب و راه‌اندازی در مکان مورد نظر حداقل در مورد ولتاژ، آزمون عملکرد ابزاری جهت نصب آسان می‌باشد، علاوه بر این، ابزاری باید در مقابل عملیات نوسان الکتریکی و اتصال کوتاه (به عنوان مثال، دوره‌های کم) منبع تغذیه مقاوم و قوی باشد. ملاحظات در مواردی که عملیات مداوم در محل مستعد خطای الکتریکی انجام می‌شود، ممکن است نصب و راه‌اندازی منبع تغذیه بدون وقفه یا امکانات پشتیبان منبع تغذیه اتوماتیک را ارائه دهد.

۵-۱-۸-۴ تداخل الکترومغناطیسی و قابلیت تطابق

توصیه می‌شود این عوامل مطابق با روش‌های ارائه شده در استانداردهای ملی مرتبط (۱-۶۵۸۹، ۲-۶۵۸۹، ۳-۶۵۸۹، ۴-۶۵۸۹) بررسی و باید گواهی مناسب بدست آید. توصیه می‌شود آزمون‌ها به منظور ایجاد محدودیت بالای اختلال الکترومغناطیسی سازگار با عملکرد قابل پذیرش ابزاری، طراحی گردد، این دلالت دارد که، در طی آزمون‌های مرتبط، ابزار باید به طور کامل عملیاتی باشد و خروجی پویایی را ارائه دهد.

۵-۱-۸-۵ پاکیزگی هوا

عموماً مهم است که هوا برای احتراق (و برای اهداف ابزاری دیگر) باید دارای کیفیت مناسب باشد. آزمون‌های ویژه برای بررسی اثرات کیفیت پایین هوا برای راه‌اندازی مشکل می‌باشد، اما بسته به شرایط ویژه دارد،

می‌تواند الزامی فرض شود که اگر هیچ ضمانتی مبنی بر کیفیت مناسب هوا وجود نداشته باشد، نیازمندی‌ها در کیفیت هوا به صورت کامل در بند ۶-۲-۱ مورد بحث قرار گرفته است.

۹-۱-۵ عوامل نصب

۱-۹-۱-۵ کلیات

عوامل مختلف نصب دارای پتانسیلی برای کاهش میزان درستی اندازه‌های ارزش حرارتی می‌باشد. احتمالاً نیازمندی برای ضمانت یکی از حالات، در عملیات نرمال که، ابزار در معرض هیچ یک از فاکتورها قرار نگرفته است یا اینکه پاسخ ویژه ابزاری در محدوده خاص می‌باشد، وجود دارد. این عوامل در زیر بند ۱-۹-۱-۵ تا ۲-۹-۱-۵ زیر بند ۴-۹-۱-۵ ممکن است مشخص گردد.

۲-۹-۱-۵ فشارهای گاز و هوای منبع تغذیه

در برخی موارد، تدارک گاز به ابزاری در توزیع فشار خطی گاز (برای مثال چند kPa کمی بالاتر از فشار محیط) لازم و ضروری می‌باشد، در حالی که در موارد دیگر، خیلی بالاتر، فشار تنظیم شده (بخصوص توسط سازنده) مورد نیاز می‌باشد. این می‌تواند لازمه مشابهی در تدارک فشار برای هر هوای مورد نیاز برای احتراق و یا اجرای عملیات باشد. در هر یک از روش‌ها، ارزیابی باید برای تعیین پاسخ ابزاری برای تغییرات فشارهای تغذیه‌ای مرتبط از مقادیر اسمی انجام شود. آزمون‌ها می‌تواند به طور مفیدی پوشش دهنده محدوده‌هایی از ۵۰٪ تا ۲۰۰٪ مقادیر اسمی باشد، با هر کدام از محدوده‌هایی که به طور مستقلی نسبت به دیگری متفاوت باشد.

۳-۹-۱-۵ زمان پاکسازی نمونه

هر ابزاری می‌تواند اندازه‌گیری‌ها را فقط روی گازی که درون نمونه ورودی ارائه شده انجام دهد، بنابراین، مهم است که زمان پاکسازی خط نمونه بین نقطه نمونه‌گیری اصلی و نمونه ورودی ابزارها کوتاه باشد با مقایسه در طول مقیاس زمانی هر تغییر در مقادیر گرمایی که مورد انتظار است. ممکن است، با این حال، برای انجام محاسبات به جای آزمون‌ها در این آیتم (بند ۶-۱ a) تا (بند ۶-۱ c) برای بحث‌های تکمیلی، کافی باشد.

۴-۹-۱-۵ حرکت هوا (جریان هوا)

برخی ابزارها، به ویژه در آنهایی که دما به عنوان بخش اصلی عملیات آنها اندازه‌گیری می‌شود (برای مثال کالری مترهای اندازه‌گیری مستقیم)، جابه‌جایی بیش از حد هوا در مجاورت بلافاصله ابزار می‌تواند حساس باشد. در یک محیط تهویه هوایی، حرکت هوا، بیشتر یا کمتر از حد، اجتناب ناپذیر می‌باشد. آزمون‌هایی ممکن است روی اثرات جابه‌جایی هوا در عملکرد ابزار با شناسایی محل جریان‌های اجباری هوا با استفاده از فن تهویه مناسب انجام شود، که به علت اینرسی دمایی می‌باشد، همچنین نباید انتظار داشت که هر ابزاری به جریان اجباری هوا که بلافاصله رخ می‌دهد پاسخ دهد. برای برخی از ابزارهای کوچکتر، آن می‌تواند برای

جلوگیری از هر مسئله از این نوع، با استفاده از محفظه تهویه، و محافظتی یا دیگر فضاها بسته قابل اعمال باشد.

۱۰-۱-۵ اثرات گازهای غیر آلکانی

۱-۱۰-۱-۵ احتراق استوکیومتریک

برای برخی از ابزارها، اصل عملیات (یعنی نظریه اساسی یا همبستگی) متکی بر دانش است که ترکیبات خاص (به عنوان مثال اکسیژن) و یا گروهی از ترکیبات (به عنوان مثال آلکنها) از گاز نمونه وجود ندارند. اگر چه این ترکیبات به طور معمول در گاز طبیعی یافت نمی‌شود، می‌توان آنها را در گازهای طبیعی جایگزین و مخلوط‌های دیگر که قابل تعویض با گاز طبیعی هستند (به عنوان مثال پروپان-هوا) یافت. در نتیجه، اگر ابزار می‌تواند بیشتر از مقادیر اندک از جمله اجزای غیر آلکان در معرض قرار گیرد، لازم است تا آنچه که حد عملکرد آن با حضور آنها دچار اختلال شده، ارزیابی گردد. احتمالاً نیازی هست که ابزار خود حتی با حضور ترکیبات غیر آلکان با کسرهای مول مشخص در محدوده مشخصه‌های درستی باقی بماند. روش دیگر، تضمین عدم وجود قطعات ترکیبات غیر آلکان که می‌تواند کافی باشد.

این نوع از ابزارها پاسخ مناسب به تغییر در ارزش حرارتی را نشان نمی‌دهد اگر که این تغییر با تغییرات در کسر مولی هر یک از ترکیبات غیر آلکانی قابل احتراق یا اکسیژن همراه است.

اثرات مواد قابل احتراق غیر آلکان می‌تواند، با یک تقریب خوب، از ملاحظات نظری (به پیوست ج مراجعه شود) محاسبه گردد. در برخی موارد، این می‌تواند یک جایگزین قابل قبول برای تشریح آزمون‌هایی باشد که شامل آماده سازی و استفاده از گازهای مورد تایید در برگیرنده یک یا چند ترکیب غیر آلکان باشد.

۲-۱۰-۱-۵ ابزارهای استنتاجی

برای ابزارهایی که دارای تعیین اولیه ارزش حرارتی پایین تری می‌باشد، امکان تاثیر یک ترکیب غیر آلکان متفاوت وجود دارد. این تنها در صورتی رخ می‌دهد که ارزش حرارتی پایین تر اندازه‌گیری شده، برای پی بردن به (با ضرب در یک ضریب ثابت یا معادل آن، برای کالیبره کردن مصنوعی در ارزش حرارتی بالا) ارزش حرارتی بالا استفاده شود (به زیر بند ۴-۱ مراجعه شود).

در این مورد، اجزای مشکل ساز، هیدروژن، هیدروکربن‌های غیر آلکان و از همه مهم‌تر، مونوکسید کربن می‌باشد. حضور این‌ها می‌تواند به نتایج نادرست منجر شود. این به دلیل رابطه (درصد تفاوت) بین مقادیر گرمایی پایین و بالا برای این ترکیبات متفاوت از هیدروکربن آلکان می‌باشد. برای مثال، برای مونوکسید کربن، مقادیر گرمایی پایین و بالا برابر هستند، در حالی که برای آلکان‌ها، اولی حدود ۱۰٪ پایین تر از دومی است.

برای مخلوط حاوی کسر مولی، x ، از هر یک از ترکیبات غیر آلکان (با موازنه بودن متان)، آن می‌تواند نشان دهد که خطا، ΔH ، در تعیین ارزش حرارتی بالا توسط این روش توسط معادله (۲) ارائه شده است:

$$\Delta H = x (1,11.H_I - H_s) \quad (2)$$

فاکتور ۱/۱۱ به عنوان خارج قسمت H_s/H_I از مقادیر گرمایی بالا و پائین برای متان برای شرایط استاندارد مرجع ناشی می‌شود. مخلوطی از ۰/۲ کسر مولی مونوکسید کربن در متان، برای مثال، نتایج همراه با یک خطای $0,26 \text{ MJ/m}^3$ است. مقادیر H_I و H_s برای اجزاء منحصر به فرد در ISO 6976 داده شده است. اکثر ابزارهای استنتاجی این اثر را نشان می‌دهند و آن می‌تواند با ارزیابی تاثیر آن بر روی هر کاربردی که جهت اندازه‌گیری ارزش حرارتی بالای گازها مورد نیاز است مرتبط باشد که به احتمال زیاد حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات غیرآلکان قابل احتراق می‌باشد.

۱۱-۱-۵ درستی مقادیر متوسط محاسبه شده

برای برخی کاربردها، به الزام احتمالی برای ابزار گزارش‌دهی ارزش حرارتی به عنوان میانگین برمبنای فواصل زمانی تعیین شده (به عنوان مثال ساعتی، روزانه، هفتگی، ماهانه) وجود دارد.

آن به وضوح یک نیاز اساسی است که میانگین‌های مورد نظر به درستی از مجموعه مربوط به ارزش حرارتی «لحظه‌ای» اندازه‌گیری شده توسط دستگاه محاسبه شده باشد. در نتیجه، برنامه ارزیابی باید شامل اعتبارسنجی روشی باشد که در آن میانگین فاصله زمانی خاص توسط نرم افزار دستگاه از ثبت (نیمه) مداوم محاسبه شده و / یا بررسی کامل (با محاسبه دستی) در مورد درست بودن مقادیر متوسط گزارش شده انجام شود.

۱۲-۱-۵ امنیت ابزار و ثبت آن

۱-۱۲-۱-۵ کلیات

برای برخی از کاربردها به احتمال زیاد ضروری است که ابزار و ثبت آن در برابر دخالت غیر مجاز ایمن باشد. بنابراین لازم است، که ارزیابی برنامه، عواملی را در زیر بند ۱-۱۲-۲ و زیر بند ۱-۱۲-۳ مورد توجه قرار دهد.

۲-۱۲-۱-۵ امنیت فیزیکی

ضروری است با جداسازی فیزیکی، مهر و موم و یا موارد دیگر از هر گونه دسترسی به تنظیمات دستگاه جلوگیری شود. به عنوان مثال، تنظیم نسبت هوا به گاز بر روی یک فرم معمول مورد استفاده در ثبت کالری متر که در یک محیط حساس می‌باشد، تداخل با مواردی که می‌تواند با مهر و موم دستگاه تنظیمی و یا با نصب یک پوشش قابل قفل شدن مانع گردیده و جلوگیری نماید. دستگاه‌های تنظیم می‌تواند جهت تنظیم مجدد در طول کالیبراسیون برای یک ضرورت کلی مورد نیاز باشد، اما فراهم سازی دسترسی به این برای پرسنل مجاز برای انجام هر گونه اقدام معمول، روش کالیبراسیون غیر خودکار، و دسترسی به تمام

قسمت‌های ابزار می‌تواند در طول عملیات تعمیر و نگهداری مورد نیاز باشد. در برخی موارد، عملگر ابزار در یک اتاق قفل شده می‌تواند امنیت فیزیکی را نشان دهد.

۵-۱۲-۳ امنیت الکترونیکی

هر دستگاه الکترونیکی متصل در طول عملیات میدانی مربوط به ابزار، باید قادر به درخواست تنها انتقال داده‌ها و قرائت این ابزار (بازجویی) باشد. آن نباید قادر به انتقال دو طرفه باشد، این امر تغییر پارامترهای نرم افزار و تخریب داده‌های ذخیره شده، و غیره را ممکن می‌سازد.

۵-۱-۱۳ عملیات قطع ایمنی

ضروری است، حداقل زمانی که قصدی برای استفاده در عملیات مداوم و بی‌نیاز از مراقبت حضوری می‌باشد که در این حالت ابزار اقدام به خاموش سازی و ورود به وضعیت امن می‌نماید (که باید شامل جداسازی گاز تغذیه به ابزار و گزارش خاموش شدن با یک زنگ خطر خارجی) در تعدادی از شرایط بالقوه خطرناک برای تجهیز به طور معمول شامل:

ظ- فرونشاندن شعله مشعل اصلی،

ع- خاموش کردن هر شعله از مشعل،

غ- قطع منبع الکتریکی،

ف- ارزش حرارتی ثبت شده خارج از محدودیت‌های غیرفعال از پیش تنظیم شده.

توجه داشته باشید که محدودیت‌های «غیر فعال سازی» ممکن است متفاوت از محدودیت «خطر» باشد و این که غیرفعال کردن کلیات ممکن است تنها نیازمند اعمال بر روی ابزار و نه لزوماً برای تمام تسهیلات نصب و راه‌اندازی باشد.

به طور معمول کاملاً برای انجام آزمون عملکرد رضایت بخشی از مکانیزم‌های خرابی- امنیت توسط شبیه سازی ساده از این شرایط، آسان می‌باشد. همچنین می‌تواند برای آزمون پاسخ ابزار به این شرایط در وضعیتی که سهواً در حالت «نادیده گرفتن خرابی - امنیت» قرار دارد، مفید باشد.

در ابزارهای جدیدتر، همچنین داشتن چندین پارامتر عملیاتی «نامرئی» تحت نظارت خودکار ریزپردازنده مدار باز معمول می‌باشد (به عنوان مثال درجه حرارت‌ها، میزان جریان). در این مورد، ابزار می‌تواند خود را در محدوده وسیع‌تری از دلایل (معمولاً بعضی از پارامترهای عملیاتی خارج از محدوده از پیش تنظیم شده) نسبت به مواردی که ریزپردازنده به طور معمول قادر به گزارش دهی یک اپراتور می‌باشد خاموش نماید. آزمون تمام این عوامل (بصورت یک جا) غیر عملی است.

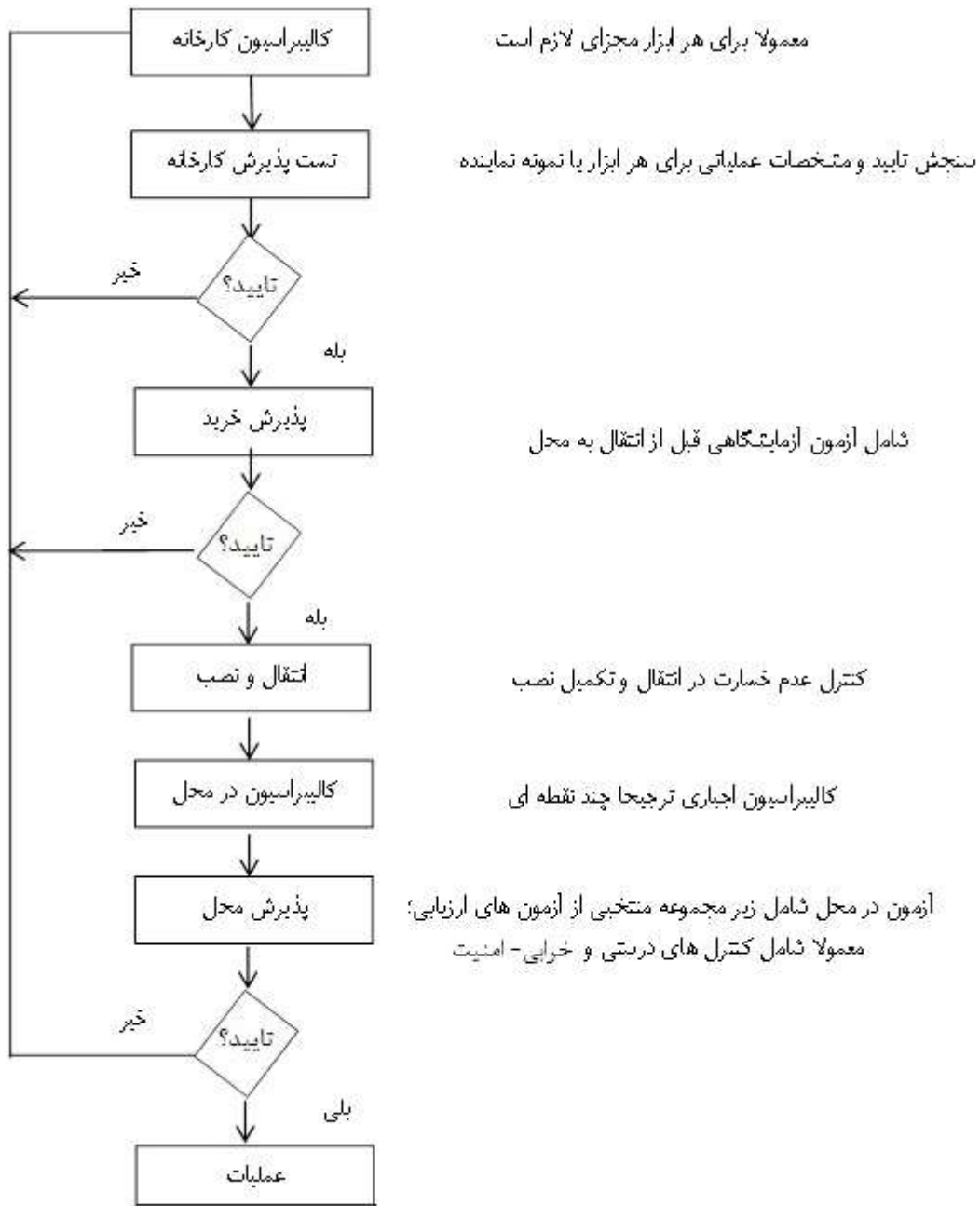
برای انواع مختلفی از ابزار، گزینه‌ای وجود دارد که اجازه یک یا چند تلاش در راه‌اندازی مجدد خودکار در رویداد را می‌دهد، برای مثال، گاز یا برق تغذیه پس از یک خطا، دوباره بازسازی و دائرمی‌گردد. واضح است، امکان شبیه سازی این وضعیت و در نتیجه آزمایش این جنبه از عملکرد ابزار وجود دارد.

۲-۵ آزمایش‌های پذیرش محلی و کارخانه

۱-۲-۵ کلیات

در بند ۲-۵ آزمونی که باید در هر ابزار مجزا انجام شود و یا حداقل یک نمونه نماینده از هر نوع ابزار، به منظور تایید هر نوع مطابقت در ساخت، عملکرد، و غیره، با ابزار مشخص شده و نوع آزمون شده مطابق با مقررات دقیق در زیر بند ۲-۱-۵ تا زیر بند ۱۳-۱-۵ باید در نظر گرفته شود.

برای هر یک از سه جنبه متمایز آزمون پذیرش، روش رسمی باید وجود داشته باشد. نمودار شکل ۳ خلاصه‌ای از روش‌های مختلف که باید انجام شود را فراهم می‌کند.



شکل ۳ - آزمون پذیرش کارخانه و مکان

۲-۲-۵ آزمون های پذیرش کارخانه

آزمون پذیرش کارخانه به طور معمول برای نشان دادن انطباق ساخت ابزار دقیق، راه اندازی و ویژگی های عملیاتی کلیات به آن ابزار(های) مورد استفاده برای آزمون های ارزیابی عملکرد انجام می شود. تصدیق یک

مجموعه مورد نظر و تایید شده از آزمون‌های پذیرش کارخانه، هم توسط خریدار و یا توسط ارگان مجاز، به احتمال زیاد از ویژگی‌های مهم این روش است.

نتایج حاصل از آزمون پذیرش کارخانه از این نوع می‌تواند بخشی از اسناد و مدارکی باشد که کاربرد از تهیه و به خریدار ارائه می‌دهد.

۳-۲-۵ پذیرش خرید

آزمون‌های پذیرش کارخانه توسط نماینده خریدار که می‌تواند به عنوان بخشی از برنامه خرید پذیرش مورد تایید قرار گرفته استفاده شود. با این حال، می‌تواند شرایط اضافی فنی و یا آزمایشی وجود داشته باشد که لازم به بررسی و یا انجام در آزمایشگاه خریدار می‌باشد.

به غیر از این، پذیرش خرید، به احتمال زیاد تا حد زیادی یک فعالیت در جهت ارائه، حمل و نقل و بررسی اسناد و مدارک مناسب می‌باشد.

۴-۲-۵ آزمون‌های پذیرش محلی

هدف از آزمون پذیرش محلی دو قسم است: اول، بررسی اینکه نصب و راه‌اندازی بصورت کامل انجام می‌شود. دوم، نشان دهد که هر ابزار منحصر به فرد قادر به عملکرد در یک پوشش انطباق عملکرد رضایت بخش، برای طیف وسیعی از شرایط عملیاتی مورد انتظار می‌باشد. آزمون پذیرش محلی به طور معمول باید توسط خریدار انجام شده و به طور کلی، محتوای آنها در درجه اول بستگی به نتایج به دست آمده در آزمون ارزیابی عملکرد دارد.

این آزمایشات، باید از یک برنامه آزمون طراحی شده پیروی نماید، به طور خاص، توجه کردن و منعکس کردن هر گونه نگرانی در مورد جنبه‌های خاصی از آزمون‌های ارزیابی عملکرد جزئی که در آن عملکرد رضایت بخش نزدیک به مرز قابلیت این ابزار می‌باشد و یا جایی که در آن دلیلی برای این باور وجود دارد که عملکرد می‌تواند از ابزاری به ابزار متفاوت باشد. در این معنا، آزمون‌ها باید زیر مجموعه‌ای هدفمند از آزمون‌ها در بند ۵-۱ را تشکیل دهد. بطور محسوس آزمون‌های محلی خاص نیز می‌تواند لازم باشد. برای مثال، هنگامی که انتظار می‌رود هر یک از عوامل محیطی مرتبط تغییرات شدیدی را نشان دهد.

به عنوان حداقل مطلق، کالیبراسیون تک نقطه‌ای، آزمون دقت با استفاده از ارزش حرارتی قابل ردیابی برای گاز آزمون و بررسی مکانیسم‌های خرابی امن صورت گیرد. کالیبراسیون چند نقطه‌ای، در صورت امکان، اکیدا توصیه می‌شود.

علاوه بر این، اجرای ابزار دیگر (اثبات شده) به صورت موازی با ابزار جدید برای مدت قابل توجه مفید باشد و یا برای در برگیری نمونه‌های معمول گازی که توسط دستگاه برای تعیین آزمایشگاه مستقل از ارزش حرارتی، تجزیه و تحلیل شود.

۶ نمونه برداری و راهنماهای نصب

۱-۶ نمونه برداری

همه ابزارهایی که بر اساس این استاندارد ملی کاربرد دارند به طور عمده برای استفاده به عنوان دستگاه‌های بر خط در نظر گرفته شده است، و به عبارتی دیگر با استاندارد ISO 14532 مطابقت دارند. با این وجود، انواع مختلفی از این ابزار به طور گسترده‌ای دارای نیازهای متفاوتی برای فشار و میزان جریان گاز تغذیه می‌باشد ارائه نیازهای مشخص برای سیستم نمونه برداری به طوری که برای همه ابزارها اعمال گردد، ممکن نمی‌باشد. با این وجود، مفاد کلی آن قسمت‌هایی از استاندارد ملی شماره ۹۱۰۰ که مربوط به نمونه برداری مستقیم (پیوسته) می‌باشد ممکن است برای بکارگیری اعمال گردد و راهنماهای کلی زیر می‌تواند ارائه شود.

ق- خط تغذیه گاز باید از کوتاهترین مسیر عملی از نقطه نمونه برداری اصلی تبعیت نماید و قطر داخلی خط باید تا اندازه ممکن کوچک بوده و بدون اعمال محدودیت بسیار بزرگی در گرانشی جهت جریان باشد. این ملاحظات جهت به حداقل رساندن حجم و از این رو به حداقل رساندن زمان پاکسازی (مدت سکون) مربوط می‌باشد.

ک- انجام آزمون‌هایی جهت زمان پاکسازی خط نمونه و محاسبات بر مبنای حجم خط نمونه و میزان مصرف گاز توسط ابزاری که می‌تواند رویکرد عملی‌تر جهت حل این سوال باشد، به راحتی امکان پذیر نخواهد بود.

ل- اگر میزان مصرف گاز در مقایسه با حفظ آن در خط نمونه، کم باشد پس آن لزوماً می‌تواند ملاحظات برای نشتی بندی در خط نمونه ارائه دهد؛ به طور معمول، این در بردارنده شکلی از یک سیستم پاکسازی در اندازه مناسب که در نزدیکی ورودی گاز نمونه ابزار، با گاز پاکسازی از طریق لوله کشی شعله به جو خارجی و یا سوختن خارجی هدر رفته، نصب می‌شود.

م- هر گونه کاهش فشار قابل توجهی که مورد نیاز است ما بین نقطه نمونه برداری و ورودی تغذیه گاز ابزار باید در مراحل اتفاق افتد که به همان اندازه نزدیک به نقطه نمونه برداری اصلی بوده و قابل اجرا باشد. شیر کاهنده فشار و لوله تحت عملیات باید به مقدار کافی (محاسبه شده) حرارت داده شود تا از خنک شدن در اثر انبساط یا در معرض گاز بودن جلوگیری شود. (و بنابراین چگالش اجزایی از نمونه گاز)

ن- برای باقی مانده لوله، پس از کاهش فشار نهایی و تا ورودی نمونه ابزار، لازم است که از حرارت دهی و یا عایق بیشتری برای مقابله با تاثیرات در معرض سرما یا باد بودن استفاده شود.

ه- خط نمونه باید از فولاد ضد زنگ بدون درز و تا جایی که امکان دارد از چندین اتصال جوش استفاده شود. سیستم باید به طور منظم ترجیحاً در زمان تعمیر و نگهداری دستگاه، تحت تست نشتی قرار گیرد.

و- خط نمونه باید دارای فیلتر مناسب برای محافظت در برابر نفوذ گرد و غبار و سایر مواد خارجی باشد.

ی- تمام شیرها، تنظیم کننده‌ها و دیگر اتصالات در خط نمونه باید به طور داخلی عاری از گریس و دیگر آلاینده‌ها باشد.

گاهی اوقات، کاربرد خاص می‌تواند نیاز به ابزاری داشته باشد که برای نمونه برداری نقطه‌ای برون خطی مورد استفاده قرار گیرد. در این مورد، کاربر باید به این دلیل آگاه باشد که این مستلزم آن است که ابزار برای مدت بیشتری از مدت زمان طولانی ممکن «گرمایش» (به زیر بند ۵-۱-۳ مراجعه شود) کار کند به طوری که قبل از نتایج قابل اطمینان می‌تواند به دست آید و تا حدی با توجه به این دلیل، به احتمال زیاد کاربرد عبارت است از درخواست در دسترس بودن نمونه‌های نسبتاً بیشتر. راهنماهای «ق» تا «ی» ارائه شده فوق قابل اجرا باقی می‌ماند.

۲-۶ راهنماهای نصب

۱-۲-۶ کالری مترهای احتراقی

این ابزارها (که معمولاً به عنوان کالری مترهای ثبت کننده شناخته می‌شود) بر تبادل حرارت و اندازه‌گیری‌های حرارت سنجی دلالت دارند و به دلایل مرتبط با این موضوع می‌تواند وابستگی ارزش حرارتی ثبت شده در دمای محیط را نشان دهد. برای هر نوع خاصی از کالری متر ثبت کننده، مقدار دقیق هر وابستگی دمایی می‌تواند به طور کمی از یک ابزار به ابزار دیگر تغییر کند که به عنوان نتیجه تفاوت‌های جزئی ساختاری، می‌باشد.

با این حال، مشخصه‌های کلی این نوع باید، توسط آزمون‌های انجام شده طبق بند ۵-۱-۶ تخمین زده شود و از این اطلاعات باید بتوان برای تعیین ثبات دمایی استفاده کرد به طوری که جهت دستیابی به اندازه‌گیری‌هایی که در درستی مشخصی باقی می‌ماند ضروری است.

برای بسیاری از تاسیسات موجود، الزام مخصوص (برای عملکرد در کلاس یک) عبارت است از دمایی که در محدوده باند (نوار) $\pm 2\text{K}$ حول یک دمای تنظیم شده باقی می‌ماند. این حالت معمولاً لازم است برای این که تنظیم دما خود در یک محدوده مشخص قرار گیرد، برای مثال 288K تا 293K . همچنین حداکثر میزان مجاز تغییر دما می‌تواند وجود داشته باشد. همه این عوامل پیامدهایی برای مشخصه‌های عملیاتی در سیستم‌های تهویه مطبوع می‌باشد به طوری که می‌تواند برای کنترل محیط اتاق کالری متر مورد نیاز باشد.

کالری متر همیشه باید در جایی قرار گیرد که مواجهه آن با نور مستقیم خورشید غیر ممکن باشد، و به دور از دیوارهایی باشد که می‌تواند در معرض باد قرار گیرد. یک اتاق «داخلی» ارجح‌تر است. منابع و یا سینک‌های گرما (از جمله دستگاه‌های دیگر) نباید در مجاورت کالری متر قرار گیرد. لوله‌های بخار و یا آب گرم نباید نزدیک به کالری متر نصب گردد. دور بودن چراغ فلورسنت، توصیه می‌شود.

کالری مترهای ثبت کننده به طور عادی هوای مورد نیاز برای احتراق را از داخل اتاق کالری متر می‌گیرند؛ بنابراین، توصیه می‌شود هوای اتاق کالری متر حاوی مواد قابل احتراق (سوخت) نباشد، که این می‌تواند به

اشتباه موجب افزایش ارزش حرارتی ثبت شده گردد. شکل تصریح شده (معمولا به صورت $\mu\text{mol/mol}$ بیان شده است) اغلب برای حداکثر غلظت مجاز گازهای قابل احتراق در هوای اتاق وجود دارد.

جدول ۲ کسرهای مولی تقریبی از اجزای قابل احتراق مختلفی را ارائه می‌دهد به طوری که، اگر در هوای اتاق وجود داشته باشد موجب افزایش در ارزش حرارتی ثبت شده به میزان ۲۰٪ از دقت مشخص برای عملکرد در کلاس یک، کلاس دو و کلاس سه می‌گردد. جدول بر مبنای یک مقدار نمونه‌ای برای احتراق با نسبت هوا به گاز ۱۴:۱ است.

جدول ۲: کسرهای مولی اجزای مختلف در هوای اتاق که باعث افزایش ۲۰٪ ارزش حرارتی خصوصیات درست و دقیق برای کالری مترهای احتراق نوعی^a

| کسر مولی $\mu\text{mol/mol}$ | | | مولفه |
|----------------------------------|--------|--------|---------|
| کلاس ۳ | کلاس ۲ | کلاس ۱ | |
| ۵۹۰ | ۲۴۰ | ۱۲۰ | هیدروژن |
| ۱۹۰ | ۷۶ | ۳۸ | متان |
| ۱۱۰ | ۴۳ | ۲۲ | اتان |
| ۷۶ | ۳۰ | ۱۵ | پروپان |
| ۵۹ | ۲۳ | ۱۲ | بوتان |
| ۴۸ | ۱۹ | ۱۰ | پنتان |
| a برای نسبت هوا به گاز ۱۴:۱ است. | | | |

علاوه بر این، هوای اتاق نباید با حذف ناکارآمد محصولات احتراق بی‌اثر گردد. معمولا فراهم نمودن منبع غیر طبیعی هوای تازه جهت اتاق کالری متر ضروری به نظر می‌رسد. جهت نگهداشتن سطح دی‌اکسید کربن در زیر مقدار مشخص شده به سیستم تهویه نیاز است (بعنوان مثال ۰٫۱۵٪) که می‌تواند محاسبه شود [۱۱]؛ در روش دیگر، حداقل تعداد تغییرات حجم هوای تازه در ساعت با آزمایش دوره‌ای سطح دی‌اکسید کربن برای اطمینان از انطباق ممکن است مقرر گردد.

اتمسفر اتاق نیز باید به اندازه کافی تمیز و عاری از گرد و غبار باشد که لازم به تغییر فیلترهای هوا در مجرای تامین هوا بین عملیات تعمیر و نگهداری نباشد. اگر هوای اتاق فیلتر نشده باشد، تشکیل گرد و غبار در داخل دستگاه می‌تواند منجر به یک انحراف ثابت در ثبت شود.

در نهایت، کل عملیات نصب و راه اندازی باید به صورتی انجام گیرد که خارج از محدوده ارتعاشات نوسانات ناشی از ترافیک سنگین و یا عملکرد ماشین آلات باشد، همانطوری که می‌تواند دقت هر دستگاه اندازه‌گیری آب بندی شده را تحت تاثیر قرار دهد که بخشی از ابزار را تشکیل می‌دهد.

۲-۲-۶ ابزارهای احتراق استوکیومتری

اندازه‌گیری‌های انجام شده با ابزارهایی از این نوع، به طور کلی، تمایل وابستگی به دمای محیط را ندارند، اگر چه وابستگی ضعیف می‌تواند در برخی از موارد، مشاهده گردد. بنابراین، به طور معمول لزومی برای نگهداری ابزار در یک محیط دمایی پایدار وجود ندارد.

با این حال، برخی از ابزارهایی از این نوع، نیازمند تامین گاز و هوا در فشارهای ثابت و بالا (معمولاً چند صد کیلو پاسکال) می‌باشد و بوسیله فراهم سازی این شرایط می‌تواند منجر به افزایش درجه‌ای از وابستگی به دما گردد. درآزمون‌های انجام شده مطابق با ۵-۶-۱ باید مقدار هر گونه وابستگی به دما و نتیجه مورد نیاز برای هر کنترل دمایی نشان داده شود.

ابزارهایی از این نوع، به خلوص منبع هوا نیازمند هستند. در حقیقت، آنها در برخی از مواقع از ناخالصی‌هایی که در کالری مترهای احتراق وجود دارد خطای کمتری دارند. پنج مشکل بالقوه زیر می‌تواند مشخص شود.

ا) اگر مقدار اکسیژن موجود در هوا برای احتراق به وسیله حذف ناکارآمد محصولات احتراق، و یا هر دلیل خارجی دیگر کاهش یابد، نتایج مشخص شده دارای خطا خواهد بود.

ب) اگر از هوای اتاق برای احتراق استفاده شود، پس از آن هر گونه تغییرات بزرگ در مقدار رطوبت به ناچار باعث تغییر اندکی در محتوای اکسیژن می‌گردد. بر طبق آن، نتایج متغیر پس از آن می‌تواند مشاهده شود. (برخی از ابزارها، با این حال، بطور داخلی هوای احتراق را خشک نموده و در نتیجه از این مشکل جلوگیری می‌کنند).

ت) اگر هوا جهت احتراق از یک سیلندر هوای مجزا تامین شده باشد، فرصت خوبی را به وجود خواهد آورد چرا که محتوای اکسیژنی که غیر قابل اعتماد است به همان اندازه باعث ایجاد اندازه‌گیری‌های غیر قابل اعتماد، می‌گردد. با این حال، اگر ابزار در حین بهره‌برداری از سیلندر هوای یکسان، کالیبره گردد، جبران اثر آن بصورت خودکار انجام می‌شود. (همچنین به زیر بند ۷-۱-۴ مراجعه شود).

ث) اگر هوای اتاق برای احتراق استفاده شود، سپس هر یک از اجزای قابل احتراق (سوخت) موجود می‌تواند ارزش حرارتی ثبت شده را به طور اشتباهی افزایش دهد، همانطوری که در مورد کالری مترهای احتراقی (به زیر بند ۶-۲-۱ مراجعه شود) ارائه شده است. جدول ۳ کسرهای مولی تقریبی اجزای مختلف قابل احتراق را در صورت وجود در هوای اتاق، ارائه می‌دهد به طوری که باعث افزایش ارزش حرارتی ثبت شده به مقدار ۲۰٪ دقت مشخص برای عملکرد در کلاس یک، کلاس دو و کلاس سه، می‌شود.

جج- اگر هوا برای احتراق از طریق سیستم هوای فشرده تامین شود، بخارات هیدروکربن ناشی از روغن کمپرسور می‌تواند وجود داشته باشد. به عنوان مثال، فیلتر کردن کارآمد، با استفاده از فیلترهای کربن فعال شده، می‌تواند به حذف آنها کمک نماید، اما احتمال افزایش خطا در ارزش حرارتی از این منبع وجود خواهد داشت.

جدول ۳: کسرهای مولی اجزا در هوای اتاق منجر به افزایش ۲۰٪ از دقت مخصوص برای دستگاه‌های استوکیومتری نوعی^a

| کسر مولی μmol/mol | | | مولفه |
|----------------------------------|---------|---------|---------|
| کلاس سه | کلاس دو | کلاس یک | |
| ۸۳۰ | ۳۳۰ | ۱۷۰ | هیدروژن |
| ۲۷۰ | ۱۱۰ | ۵۳ | متان |
| ۱۵۰ | ۶۱ | ۳۰ | اتان |
| ۱۱۰ | ۴۳ | ۲۱ | پروپان |
| ۸۲ | ۳۳ | ۱۶ | بوتان |
| ۶۷ | ۲۷ | ۱۳ | پنتان |
| a برای نسبت هوا به گاز ۱۰:۱ است. | | | |

۳-۲-۶ ابزارهای احتراق کاتالیستی

با توجه به اینکه ابزارهایی از این نوع هنوز به صورت تجاری در دسترس نیستند، نمی‌توان اطلاعات خاصی را در این زمینه ارائه داد.

۴-۲-۶ ابزارهای استنتاجی

ابزارهایی از این نوع معمولاً حساسیت بالایی را به دمای محیط و فشار نشان می‌دهند. بنابراین، به طور کلی، نصب هر یک از ابزارهای استنتاجی با محدوده کنونی در یک محیط با دمای کنترل شده ارجح می‌باشد. در این مورد، همانطوری که ابزارها، به طور کلی نسبتاً کوچکتر از کالری مترهای احتراق هستند، امکان دستیابی با استفاده از محفظه بزرگ با دمای ثابت به جای اتاق با دمای ثابت وجود دارد.

با این حال، اگر چنین راه حلی، فقط برای رسیدن به عملکرد در کلاس سه بیش از حد مشکل باشد، برای ثبت دمای محیط و فشار به صورت مداوم، به منظور اعمال اصلاحات ثبتي، ضروری است که ابزار بر اساس نوعی از کالیبراسیون ویژه محلی ساخته شود.

تا آنجایی که دیگر عوامل نصب و راه‌اندازی در نظر گرفته می‌شوند، ملاحظات مربوط به این نوع ابزار نسبتاً شبیه به کالری مترهای احتراقی است. به ویژه، عملکرد این ابزارها با حضور هیدروکربن‌های موجود در هوا، بکار رفته برای احتراق، تحت تاثیر قرار می‌گیرد اما از آنجایی که هوا برای احتراق همیشه به مقدار اضافی وجود دارد، عملکرد آن تحت تاثیر تغییرات جزئی در محتوای اکسیژن قرار نمی‌گیرد.

با این وجود، نه کیفیت هوا و نه نسبت هوا به گاز مجاز نمی‌باشند تا توسط مقادیری که منجر به تغییرات قابل توجهی در ضریب هدایت حرارتی و / یا ظرفیت حرارتی گازهای منتشر شده، تغییر یابند. همینطور این خواص به طور مستقیم بازدهی مکانیزم انتقال حرارت به حسگر را تحت تاثیر قرار داده و بنابراین، نتیجه اندازه‌گیری را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۷ کالیبراسیون

۱-۷ روش های کالیبراسیون

۱-۱-۷ کلیات

کالیبراسیون یک ابزار برای اندازه‌گیری عادی ارزش حرارتی عبارت است از یک روش اندازه‌شناسی اصلاحی (به یادآوری نگاه کنید) که شامل استفاده از مقادیر ارزش حرارتی ثبت شده با ابزار برای یک یا تعداد بیشتری از مخلوط‌های گازی مرجع مورد تایید می‌باشد (گازهای کالیبراسیون؛ مراجعه شود به بند ۷-۲) و هر کدام به شرح زیر انجام می‌شود

ح ح - ایجاد تنظیمات برای ابزاری که اختلاف ما بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تایید شده را به صفر کاهش می‌دهد، یا

خ خ - برای بدست آوردن اصلاحیه، هنگامی که به مقدار اندازه‌گیری شده اعمال می‌شود مقدار اصلاح شده را تولید می‌کند.

فرایند واقعی تنظیم یا اصلاح می‌تواند به هر دو صورت دستی یا خودکار باشد و بستگی به نوع ابزار دارد. اصول زیر به تمام انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری ارزش حرارتی و تجهیزاتی که در حال حاضر مورد استفاده قرار گرفته بکار می‌رود. برای بسیاری از انواع ابزارها، در زمان‌های جداگانه و فواصل زمانی مختلف، انجام هر دو کالیبراسیون چندنقطه‌ای و تک نقطه‌ای لازم است.

یادآوری - در واژه شناسی اندازه‌گیری دقیق (به زیر بند ۳-۴-۷ مراجعه شود)، واژه کالیبراسیون جهت دلالت داشتن به روش اصلاحی مربوطه تعیین نشده است. برای اهداف این استاندارد ملی، با این حال، و به ویژه برای تشخیص «کالیبراسیون» از «تصدیق»، کالیبراسیون، شامل یک روش اصلاحی می‌باشد که یا با استفاده از تنظیم و یا با استفاده از تصحیح انجام می‌شود.

۲-۱-۷ کالیبراسیون چندنقطه‌ای

کالیبراسیون چندنقطه‌ای باید تمام ارزش حرارتی محدوده کاری ابزار را پوشش دهد. این نوع کالیبراسیون معمولاً در فواصل زمانی طولانی (به زیر بند ۷-۱-۴ مراجعه شود) انجام می‌شود.

کالیبراسیون چندنقطه‌ای اجازه اصلاح حساسیت ابزار را به خوبی کالیبراسیون تک نقطه‌ای با تنظیم مخصوص، ارائه می‌دهد و نقطه تنظیم باید از گاز کالیبراسیونی باشد که نزدیکترین ارزش حرارتی را به محدوده متوسط کاری دارد (آخرین پاراگراف از این بخش را ملاحظه کنید).

فرایند کالیبراسیون چند نقطه نیازمند استفاده پی‌درپی از چندین ترکیب گازی کالیبراسیون می‌باشد به طوری که گستره محدوده مقادیر ارزش حرارتی برای آن ابزار مناسب باشد. تعداد گازهای مورد نیاز بستگی به کاربرد ابزار دارد، اما بعید است که بیش از پنج مورد باشد؛ که به طور معمول سه مورد از آن کافی است. تصمیم در این مورد نه تنها به کاربرد خاص آن، بلکه بر حالت خطی بودن ابزار، که در طول آزمون درستی ثابت شده است بستگی دارد (به زیر بند ۵-۱-۳ مراجعه شود). بهتر است برای یک گاز کالیبراسیون به مقدار 1 MJ/m^3 باشد به طوری که دارای ارزش حرارتی کمتری از حداقل مقدار مورد انتظار در سرویس بوده و تا 1 MJ/m^3 بالاتر از مقدار حداکثر باشد.

مقادیر ارزش حرارتی اندازه‌گیری شده برای همه گازهای کالیبراسیون با مقدار گواهی شده مورد تایید، مقایسه می‌شوند. اگر این مقایسه رضایت معیار پذیرش از پیش تعیین شده و تعریف شده توسط کاربر را برآورده نماید، بنابراین کالیبراسیون ابزار مورد تایید می‌باشد. در غیر این صورت، ممکن است تنظیماتی اعمال گردد و یا اصلاحات بازبینی شود تا اینکه ابزار را به این حالت برگرداند.

برای برخی از انواع ابزار، انجام کالیبراسیون چندنقطه‌ای غیر ممکن است چون اعمال تنظیمات امکانپذیر نیست در این مورد، تصدیق چندنقطه‌ای (به زیر بند ۸-۱-۳ مراجعه شود) باید به جای آن انجام گیرد.

۳-۱-۷ کالیبراسیون تک نقطه‌ای

کالیبراسیون‌های تک نقطه‌ای به طور کلی باید با استفاده از یک گاز کالیبراسیون نزدیک به مقدار متوسط محدوده مقادیر ارزش حرارتی مورد انتظار انجام گیرد که توسط ابزار مربوطه، اندازه‌گیری خواهد شد. که معمولاً در فواصل کوتاه زمانی (به زیر بند ۷-۱-۴ مراجعه شود) انجام می‌شود.

کالیبراسیون‌های تک نقطه‌ای اجازه تصحیح حساسیت را نداده و فقط به مقدار انحراف از نقطه تنظیم تکی اجازه می‌دهد. انحراف شناخته شده اغلب برای استخراج ضریب تصحیح ساده، گاهی اوقات به عنوان تصحیح ثبت شناخته می‌شود، که به صورت برابر به همه مقادیر ارزش حرارتی اندازه‌گیری شده تا زمان کالیبراسیون بعدی اعمال می‌گردد.

به دلیل عدم قطعیت پایین ارزش حرارتی آن (به بند ۷-۲ مراجعه شود)، استفاده از گاز متان با خلوص بالا به عنوان یک گاز کالیبراسیون تک نقطه، به طور کلی برای عملیات گاز طبیعی در مواردی قابل قبول است

که پاسخ‌دهی ابزاری از ارزیابی عملکردی که بیشتر خطی هستند، شناخته می‌شوند (به زیر بند ۵-۱-۳ مراجعه شود). با این حال، کالیبراسیون گاز تک نقطه‌ای نباید مشابه گاز استفاده شده برای تصدیق معمول (به بند ۸ مراجعه شود) باشد.

۴-۱-۷ دوره‌های تکرار کالیبراسیون

دوره‌های تکرار مورد نیاز کالیبراسیون‌های معمول، هم تک نقطه‌ای و هم چند نقطه‌ای، باید در طول آزمون‌های ارزیابی عملکرد انجام گردد. دوره‌های کالیبراسیون پذیرفته شده، ممکن است متفاوت از توصیه‌های ارائه شده توسط تولید کننده ابزار باشد.

کالیبراسیون‌های تک نقطه‌ای معمولاً در فواصل زمانی کوتاه (به عنوان مثال ساعتی، روزانه یا هفتگی) انجام می‌گیرد. فاصله پذیرفته شده باید طوری تنظیم شود که خطای اندازه‌گیری ابزار قبل از کالیبراسیون جدید، انتظار نمی‌رود که به بیش از درصد تعریف شده توسط کاربر مربوط به عدم قطعیت مشخص شده (به عنوان مثال ۵۰٪) برای عملکرد در کلاس مورد نیاز باشد.

گاهی اوقات، انجام کالیبراسیون برنامه‌ریزی نشده، در هر دو حالت تک نقطه‌ای یا چند نقطه‌ای می‌تواند مفید باشد. نیازمندی به این مورد اغلب بیشتر بوده و بصورت قابل اعتمادتری توسط نتایج غیر معمول یا نامنظم از آزمون‌های تصدیق معمول (به بند ۸ مراجعه شود) پیشنهاد شده است.

در یک مورد خاص از ابزار استوکيومتری که در آن از هوای سنتزی استفاده می‌شود برای احتراق، بهتر است حداقل یک کالیبراسیون تک نقطه‌ای بعد از تعویض هر سیلندر هوا انجام گیرد. علاوه بر این، توصیه می‌شود اطمینان حاصل شود که «هوای» با کیفیت کافی برای هدفی (احتمالاً به صورت وزن سنجی آماده گردیده است) که بخشی از مشخصه کلی است، وجود داشته باشد.

کالیبراسیون‌های چندنقطه‌ای به طور کلی باید به صورت زیر انجام شود:

د- پیروی از راهنمای نصب و راه‌اندازی و بعد از هر تعمیر و نگهداری و تنظیم، به طوری که می‌تواند حساسیت ابزار را تحت تاثیر قرار دهد،

ذ- به طور منظم اما در فواصل زمانی طولانی مدت (به عنوان مثال سالیانه) و یا

ر- پیروی از آزمون تصدیق که نتایجی خارج از هر گونه محدودیت‌های مقادیر از پیش تنظیم شده را ارائه می‌دهد (به زیر بند ۸-۱-۲ مراجعه شود).

۲-۷ گازهای کالیبراسیون

گازهای کالیبراسیون عبارتند از مخلوط گازی مرجع مورد تایید به طوری که کالیبراسیون جهت ارزش حرارتی، شامل حالتی از عدم قطعیت مرتبط باشد. آنها نوعاً ترکیبات سنتزی هستند (به عنوان مثال متان-

اتان - نیتروژن). گاهی اوقات گاز طبیعی خشک (که آن را همواره در بالای نقطه شبنم هیدروکربن ذخیره شده، تامین می‌کند.) و یا متان با خلوص مشخص شده و کنترل شده نیز مناسب می‌باشد.

تایید و گواهی نمودن گازها با فرآیندی که عدم قطعیت در ارزش حرارتی تایید شده را فراهم می‌کند، ضروری بوده به طوری که به میزان قابل توجهی کمتر از عدم قطعیت مورد نیاز جهت مقادیر ارزش حرارتی است که بوسیله ابزار اندازه‌گیری می‌شود. جهت دستیابی به این مورد، ارزش حرارتی مورد تایید نباید بیش از نیمی از عدم قطعیت مشخص شده برای کاربرد باشد. در حالت عملی، بهترین موردی که می‌تواند در حال حاضر برای ترکیبات گازی در فرآیند صدور کالیبراسیون به دست آید در حدود $0.5 \text{ MJ/m}^3 \pm 95\%$ (۹۵٪ حد اطمینان) است.

روش‌های تایید و گواهی نمودن قابل دسترس کنونی که می‌تواند سطوح مورد نیاز درستی را فراهم نماید به شرح زیر است:

زز - استفاده از کالری متر کلاس صفر، که توسط موسسه استانداردهای ملی و یا یک آزمایشگاه معتبر نگهداری و عملیاتی شده، به طوری که در مورد استانداردهای اندازه‌شناسی ملی، قابلیت دسترسی را فراهم می‌نماید.

سس - استفاده از یک گاز با ترکیب شناخته شده که با استفاده از روش وزن سنجی مستند آماده شده مانند آنچه در ISO 6142 شرح داده شده، در یک موسسه استانداردهای ملی و یا یک آزمایشگاه معتبر انجام شده به طوری که قابلیت ردیابی (مربوط به ترکیب) در مورد استانداردهای ملی به رسمیت شناخته شده در حالتی که در ISO 14111 شرح داده شده را فراهم می‌کند؛ در این مورد، توصیه می‌شود ارزش حرارتی گواهی شده پس از آن از ترکیب گاز محاسبه گردد که با استفاده از روش شناخته شده بین‌المللی مطابق با استاندارد ISO 6976 صورت می‌گیرد.

شش - استفاده از متان با خلوص شناخته شده (به عنوان مثال ۰/۹۹۹۹ + کسر مولی برای کاربردهای کلاس یک) جایی که قابل کاربرد می‌باشد؛ در این مورد، ناخالصی‌های موجود در گاز باید کنترل گردد و ارزش حرارتی متان ارائه شده در استاندارد ISO 6976 باید مورد استفاده قرار گیرد.

هر کدام یا همه این روش‌ها ممکن است در مستندسازی ارائه دهنده تایید نوع جهت یک ابزار مشخص گردد.

۸ تصدیق

۱-۸ روش‌های تصدیق

۱-۱-۸ کلیات

یک روش اندازه‌شناسی غیر اصلاحی می‌باشد که هدف آن تایید نتایج به دست آمده توسط ابزار مذکور، برای گاز یا گازهای آزمون مشابه، بدون تغییر در محدودیت‌های مشخص شده (به زیر بند ۸-۱-۲ مراجعه شود) از زمان تصدیق قبلی می‌باشد.

تصدیق باید در فواصل زمانی از پیش تعیین شده و مشخص (معمولاً روزانه یا هفتگی، بسته به نوع ابزار) و همچنین باید هر زمان که یک حالت غیر عادی در طول یک روش کنترل کیفیت (بند ۱۰) آشکار می‌شود، انجام گیرد.

برای تمام انواع ابزار، تصدیق تک نقطه‌ای کاربرد دارد. با این حال، برای ابزارهایی که در آن کالیبراسیون چندنقطه‌ای غیر ممکن است، تصدیق چندنقطه‌ای با دوره‌های تکرار کمتر انجام می‌گیرد.

لحاظ نمودن تعداد جزئیات عملیاتی، قابل کاربرد هم برای تصدیق تک نقطه‌ای و هم تصدیق چندنقطه‌ای ضروری است.

ص ص - ابزار باید در حالت عملیاتی عادی خود در حین فرآیند تصدیق باقی بماند (توصیه می‌شود در چرخه کالیبراسیون به هر دو صورت خودکار و دستی، تعویض نشود).

ض ض - توصیه می‌شود نتایج حاصل از هر فرآیند تصدیق شامل محاسبه میانگین اندازه‌گیری لحظه‌ای معمول نباشد.

ط ط - اندازه‌گیری پایدار باید قبل از نتیجه تصدیق مورد پذیرش شده به دست آید.

ظ ظ - ایجاد ترتیب مناسب برای انتقال منظم از یک سیلندر گاز مرجع به سیلندر بعدی زمانی که اولین سیلندر نزدیک به اتمام است، ضروری می‌باشد.

۲-۱-۸ تصدیق تک نقطه‌ای

روش تصدیق تک نقطه‌ای به سادگی شامل اندازه‌گیری ارزش حرارتی گاز مرجع نزدیک به مقدار حداکثر یا حداقل ارزش حرارتی است که به طور عادی توسط ابزار، اندازه‌گیری شده است. لازم نیست این گاز مرجع، به عنوان ارزش حرارتی تایید شده باشد. همه آن موارد مورد نیاز به عنوان یک تضمینی است که، از یک تصدیق به تصدیق دیگر، ارزش حرارتی بدون تغییر باقی می‌ماند.

به طور کلی، گاز تاییدی باید به طور معقولی متفاوت از گاز کالیبراسیون تک نقطه‌ای باشد (به طوری که به عنوان آزمایشی برای ابزار می‌باشد)، اما در کاربردهایی که در آن دامنه کاری عادی ابزار بسیار محدود است، این می‌تواند برای مرتب سازی مشکل باشد.

در مورد گازهای کالیبراسیون، گاز طبیعی (به شرطی که ذخیره و حمل آن در دماهای بالاتر از نقطه شبنم هیدروکربن انجام گیرد) و یا مخلوط سنتزی فشرده شده به یک سیلندر فشار بالا، به عنوان گاز تصدیق تک نقطه‌ای مناسب است. در این مورد، همگنی گاز در سیلندر معیار بسیار مهم‌تری از اطلاعات دقیق مربوط به ترکیب و یا ارزش حرارتی گاز است.

قبل از قرار دادن ابزار در سرویس، کاربر باید نه تنها در دوره تکرار آزمون‌های تصدیق، بلکه در معیاری که تعیین می‌کند آیا ابزار در هر آزمون پذیرفته می‌شود یا نه، تصمیم بگیرد.

یک رویکرد ممکن، تنظیم «حد واگرایی» ساده می‌باشد. بنابراین، اگر تفاوت مطلق در نتایج بین دو تصدیق پی‌درپی کمتر از حد مشخص شده باشد، ابزار اجازه می‌یابد تا در سرویس باقی بماند. در غیر این صورت، تنظیم و یا کالیبراسیون تک نقطه باید انجام شود، بطوری که ابزار پس از آن به سرویس‌دهی بازگردانده می‌شود.

تنظیم مقدار برای حد واگرایی بستگی شدیدی به کاربرد ویژه آن دارد. به طور کلی، با این حال، توصیه شده که مقدار حد برابر با ۵۰٪ یا ۱۰۰٪ عدم قطعیت در ارتباط با عملکرد در کلاس مورد نیاز، یعنی 0.5 MJ/m^3 یا 1 MJ/m^3 برای کلاس یک و بقیه باشد.

رویکردی که به سادگی بلافاصله عملکرد کنونی را با عملکرد قبلی مقایسه می‌کند، مشکلاتی از قبیل انحراف طولانی مدت را نمی‌پذیرد. برای این کار، نمودار کنترل جمع - تجمعی (ISO 5725-6) که به ثبت نتایج حاصل از تمام آزمون‌های تصدیق باید حفظ شود می‌پردازد. مقدار حد از پیش تنظیم شده به انحراف طولانی مدت تجمعی را می‌توان برای شروع یک عملیات تعمیرات و نگهداری غیر برنامه‌ریزی شده، از جمله کالیبراسیون مجدد مورد استفاده قرار داد.

۳-۱-۸ تصدیق چند نقطه‌ای

برای برخی از انواع ابزار، فرآیند مورد تشریح در زیر بند ۷-۱-۲ به عنوان کالیبراسیون چند نقطه‌ای توصیفی غیر ممکن است که انجام گیرد، به این معنا که هیچ دسترسی به این تنظیمات ابزار وجود ندارد به طوری که اجازه تصحیح به حساسیت را بدهد. در این مورد، تصدیق چند نقطه‌ای باید جایگزین کالیبراسیون چند نقطه‌ای محلی شود.

فرآیند تصدیق چند نقطه‌ای با کالیبراسیون چند نقطه‌ای یکسان می‌باشد، بجز در مواردی که هیچ اصلاحی صورت نمی‌گیرد. معیاری که نتایج حاصل از تصدیق چند نقطه‌ای جهت برآورده کردن موارد مورد نیاز برای اینکه ابزار مجاز به ادامه در سرویس دهی باشد به صورت زیر است.

ع-ع - نتایج آزمون از تصدیق قبلی بدون تغییر بوده و در محدوده از پیش تنظیم شده هستند.

ع-غ - نتایج آزمون در مقادیر عدم قطعیت گازهای آزمون مورد تایید صحیح می‌باشند.

این معیارها، البته، به طور نزدیکی به هم مرتبط هستند. که برای تصدیق تک نقطه‌ای، محدودیت‌های از پیش تنظیم شده به طور محسوسی می‌تواند برابر با عدم قطعیت مرتبط با عملکرد در کلاس مورد نیاز، تنظیم گردد.

اگر دستگاه در آزمون تصدیق چند نقطه‌ای مردود شود، احتمالاً نشان دهنده نیاز به تعمیر و نگهداری اصلاحی دارد. اگر تعمیر و نگهداری نیاز به تنظیمات اصلاحی داشته باشد، پس احتمالاً مشورت با تامین کننده ابزار ضروری است.

۸-۲ گازهای تصدیق

موضوعی که نیاز به تاکید دارد این است که لزوماً گازهای تصدیق تک نقطه‌ای برای ارزش حرارتی تصدیق شده مورد نیاز نمی‌باشد، در حالی که گازهای تصدیق چند نقطه‌ای به این تایید نیاز دارند.

الزامات عمومی برای گازهای تصدیق تک نقطه‌ای در زیر بند ۸-۱-۲ مورد بحث قرار گرفته و لازم نیست که آنها تکرار شوند.

الزامات مورد نیاز برای گازهای تصدیق چند نقطه‌ای با گازهای کالیبراسیون چند نقطه‌ای (به بند ۷-۲ مراجعه شود) یکسان هستند.

۹ تعمیر و نگهداری

۹-۱ تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

به عنوان یک حداقل، تمام روش‌های تعمیر و نگهداری توصیه شده توسط سازنده در دوره‌های تعریف شده، انجام می‌شود.

تعمیر و نگهداری پیشگیرانه اضافی می‌تواند در هنگام آزمون‌های ارزیابی عملکردی مورد نیاز باشد (به بند ۵-۱ مراجعه شود) پیشنهاد شده است که، برای یک کاربرد خاص، عملکرد مورد نیاز به احتمال زیاد تنها با توجه دقیق‌تر و یا مکرر به دست می‌آید.

در برخی از موارد، به احتمال زیاد ضرورت دارد که تعمیر و نگهداری پیشگیرانه انجام شود، بدون آسیب رساندن به، یا تداخل با، هر نوع بر چسب یا پلمپ‌های محافظتی رسمی انجام گیرد. با این حال، برای خرابی چنین دستگاه‌هایی و بصورت رسمی تنظیم مجدد آنها بعد از هر گونه عملیات تعمیر و نگهداری که مورد درخواست می‌باشد حداقل قسمتی از کالیبراسیون مجدد ابزار می‌باشد.

برنامه عملیات تعمیر و نگهداری باید شامل الزامات مورد نیاز برای محفظه ابزار یا اتاق آزمون و همچنین برای دستگاه باشد. این می‌تواند مواردی مانند فیلتر هوا، و غیره را شامل شود.

۲-۹ نگهداری اصلاحی

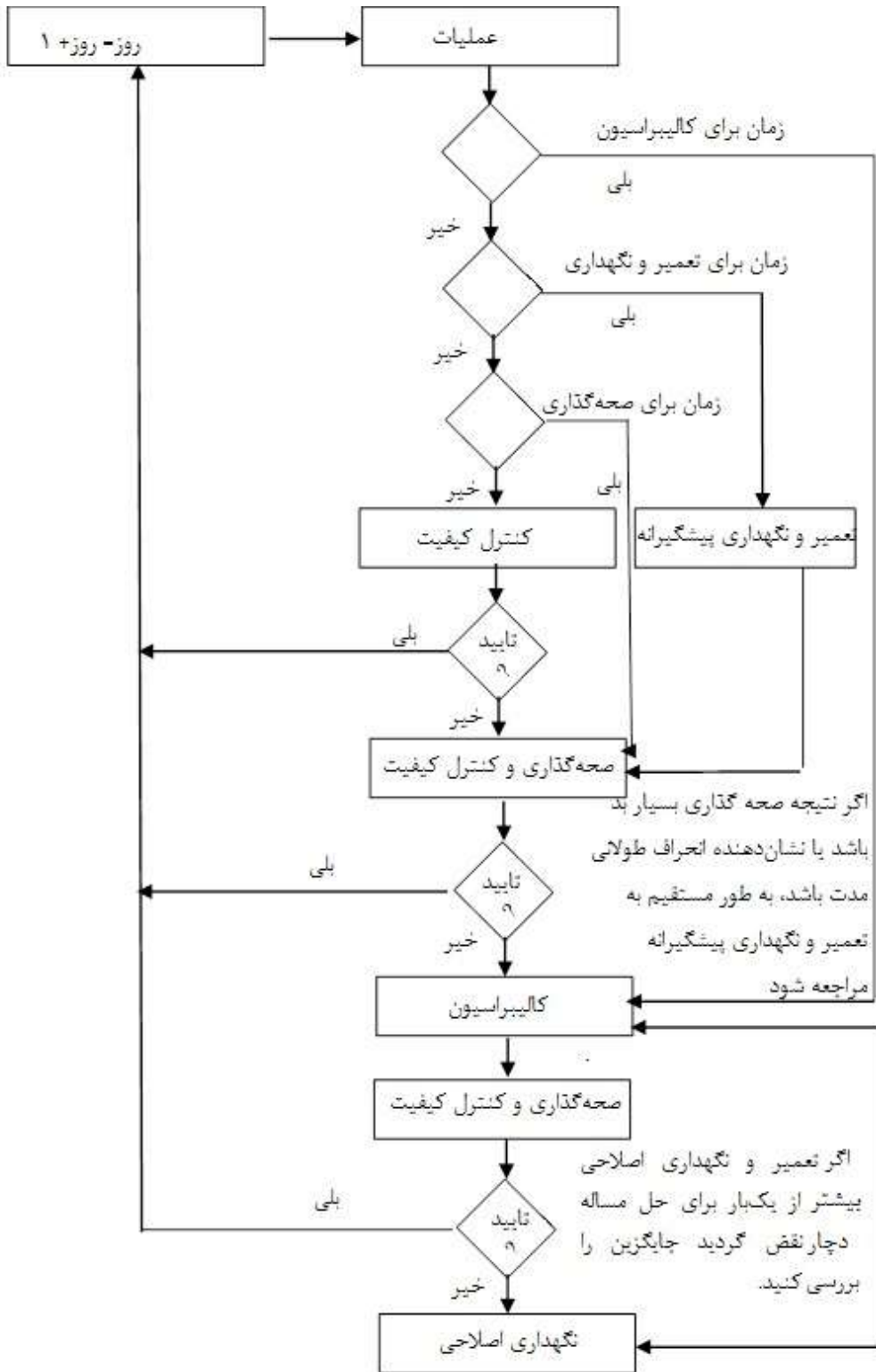
تعمیر و نگهداری اصلاحی عبارت است از مجموعه‌ای از اقداماتی که به منظور تعمیر نقص فنی ابزار، انجام می‌گیرد. این نقص فنی جبران ناپذیر بوده (به عنوان مثال با خاموش شدن ابزار اطلاعات ثبت شده از بین برود) و یا می‌تواند به عنوان روش‌های تصدیق معمول باشد که نشانگر این است که ثبت اخیر نامنطبق (نادرست) است .

امکان ارائه راهنماهای عمومی برای کلیه روش‌های تعمیر و نگهداشت اصلاحی وجود ندارد، اما احتمالاً در دفترچه راهنمای تولید کننده این ابزارهای مخصوص، روش‌های مربوط به نقص‌های مختلف پیش‌بینی شده است. پس از نگهداری صحیح ابزار، کالیبراسیون الزامی می‌باشد.

۱۰ کنترل کیفیت

۱-۱۰ کلیات

کلیه روش‌های مختلف، کالیبراسیون، تصدیق، تعمیر و نگهداری و کنترل کیفیت، به همراه عملیات «همزمان»، تشکیل دهنده مجموعه‌ای از روش متفاوت است که باید برای استفاده معمول پس از پذیرش ابزار، مورد نیاز باشد. توالی انجام روش‌ها طبق نمودار شکل ۴ ضروری است.



شکل ۴ - روش های عملیاتی

کنترل کیفیت، در مفهوم اندازه‌گیری ارزش حرارتی معمول عبارت است از، مجموعه‌ای از اقدامات و یا مشاهداتی که با هم‌دیگر عملکرد مناسب سیستم اندازه‌گیری را اطمینان می‌بخشد. مرحله بعد شامل خود ابزار و همه تجهیزات جانبی آن می‌باشد (به عنوان مثال خط نمونه‌گیری).

به غیر از تصدیق منظم که به منزله مکانیسم اصلی کنترل کیفیت می‌باشد، روش به طور کلی، غیرفعال (یعنی عدم مداخله) و چشمی است. لازم است که آن مطابق با یک برنامه منظم (به عنوان مثال روزانه یا هفتگی) در حین دوره اندازه‌گیری عادی به طوری که در آن دخالتی صورت نگیرد. همچنین ممکن است که هر گونه اندازه‌گیری‌های ظاهری بطور غیر عادی در طول عملکرد عادی آشکار شود.

این روش باید شامل کارکرد از طریق چک لیستی که تمام پارامترهای زیست محیطی و عوامل ابزاری را در برگیرد به طوری که در عملکرد صحیح سیستم دخیل بوده و برای اندازه‌گیری یا مشاهده، در دسترس باشد (به عنوان مثال دما، نرخ جریان) (به عنوان مثال ساختار شعله). چک لیست پارامترها، برای ابزار خاصی می‌باشد.

مقادیر مشاهده شده پارامترهای مختلف از چک لیست باید با مواردی که در طول تاسیس نصب و راه‌اندازی و یا در مراحل کالیبراسیون قبلی ایجاد شده مقایسه شود. در صورتی که هر پارامتر خارج از محدودیت‌های قابل قبولی که قبلاً ایجاد شده قرار گیرد، امکان مداخله فعال، از جمله تأیید، کالیبراسیون یا تعمیر و نگهداری، باید در نظر گرفته شود.

همه ورودی داده‌های ثبت شده در طی روش‌های کنترل کیفیت باید برای یک دوره طولانی (مثلاً ۱۰ سال) برای تجزیه و تحلیل کیفی یا کمی نگهداری شود.

۱۰-۲ پارامترهای محیطی و تجهیزات جانبی

۱۰-۲-۱ کلیات

موارد مرتبط به طور عمده‌ای در بندهای ۱۰-۲-۲ تا ۱۰-۲-۶ لیست شده‌اند هر چند در کاربردهای ویژه‌ای نیز وجود داشته باشند:

۱۰-۲-۲ شرایط محیطی

این شرایط شامل دما، فشار اتمسفر و رطوبت نسبی می‌باشد. آنها بعید است که عملکرد ابزار را در شرایط عادی تحت تاثیر قرار دهند هر چند (به زیر بند ۵-۱-۶ مراجعه شود) این احتمال وجود دارد که محدودیت‌های دمایی برای عملکرد ابزار مورد نیاز باشد. اگر این محدودیت‌های دمایی بیش از حد مورد انتظار باشد، یا اینکه عملکرد ابزار به طور ظاهری تحت تاثیر قرار گیرد، اقداماتی باید انجام شود تا بازگشت به شرایط محیطی در روند مشخص شده صورت گیرد. در صورت همبستگی بین هر یک از این سه پارامتر و ارزش حرارتی ثبت شده (به عنوان مثال مقدار بیشتری از آنچه که در آزمون‌های ارزیابی عملکرد مشاهده

گردید)، که احتمالاً نشانگر نقص فنی ناشی از ابزار خواهد بود و باید مورد بررسی قرار گیرد. می‌توان برای حفظ سوابق مستمر این پارامترها، به عنوان مثال از ابزارهای نوع حرارتی - فشاری - رطوبت سنجی استفاده کرد.

۱۰-۲-۳ کیفیت هوای احتراق

وضعیت هر تجهیز فیلتر هوای خارجی جهت ابزار باید مطابق با راهنماهای سازنده، کنترل و نگهداری شود. همچنین ایجاد کنترل‌های نقطه‌ای کیفیت هوا با استفاده از دستگاه آشکار ساز شیمیایی لوله دمیده می‌تواند مفید باشد.

۱۰-۲-۴ کالیبراسیون و گازهای تصدیق

فشار در هر سیلندر گاز استفاده شده توسط ابزار باید به علل زیر کنترل گردد:

ف- به منظور شناسایی نشت احتمالی،

قق- برای فعال کردن تهیه جایگزین در زمان مناسب، با در نظر گرفتن اینکه گازهای گواهی شده بعید است که «به صورت طراحی شده» در دسترس باشد.

۱۰-۲-۵ وضعیت دستگاه‌های جانبی

وضعیت عملکرد هر ابزار متصل به دستگاه، مانند یک قلم ثبت کننده، چاپگر و یا واحد جمع آوری داده باید کنترل گردد. مشاهداتی که باید ایجاد شود شامل بررسی بر عملیات مناسب هر قلم و یا چاپگر و مقدار رول کاغذ باقی مانده، که استفاده نشده است.

۱۰-۲-۶ انتقال الکتریکی غیر عادی

دستگاه‌هایی که به طور الکتریکی به ابزار متصل شده‌اند باید به منظور جلوگیری از هر گونه تداخل در انتقال غیر عادی در ابزار مورد بررسی قرار گیرند.

۱۰-۳ عوامل ابزاری

به طور معمول عوامل دستگاهی چندان قابلیت بررسی سطحی را ندارند. تا جایی که امکان دارد قرائت‌های مربوط به نشانگرهای هر نرخ جریان گاز و هوا باید ثبت شود، اما فراتر از این، کنترل‌های موجود نباید تداخلی با کارکرد ابزاری که صرفاً جنبه مشاهده‌ای دارند، داشته باشد. این باید شامل موارد زیر باشد:

ک- یکپارچگی تمام اتصال‌های الکتریکی قابل مشاهده.

ل- در دسترس بودن وضعیت هر یک از عناصر حسگر (به عنوان مثال ترموکوپل‌های بدون پوشش)؛

م- شکل، اندازه، ساختار، رنگ، و غیره، مربوط به هر شعله روباز، شامل هر شمعک مشعل خارجی.

مشاهده همه این عوامل که به طور محسوسی با مشاهدات قبلی متفاوت هستند، باید مورد بررسی قرار گیرد، با این احتمال که ابزار نیاز به تعمیر و نگهداری و یا کالیبراسیون مجدد دارد.

پیوست الف

(الزامی)

نمادها و واحد

| واحد | مفهوم (معنی) | نماد |
|-------------------|-----------------------------------|----------------|
| MJ/m ^۳ | حجم بر مبنای ارزش حرارتی حد بالا | H _s |
| MJ/m ^۳ | حجم بر مبنای ارزش حرارتی حد پایین | H _l |
| KPa | فشار مطلق | P |
| s | زمان | t |
| k | دما | T |
| s | زمان استراحت | τ |
| ----- | کسر مولی | x |

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

مثال‌هایی از مشخصات فنی و تایید نوع

ب-۱ مثال مشخصات تایید نوع

الف- دقت ابزار

هنگامی که ابزار با مخلوط گاز مرجع مورد تایید با عدم قطعیت کمتر از $\pm 0,05 \text{ MJ/m}^3$ کالیبره شده است، باید ارزش حرارتی با عدم قطعیت کل کمتر از $\pm 0,10 \text{ MJ/m}^3$ را اندازه‌گیری نماید.

ب- گزارش نتایج

ابزار باید گزارش چاپی از ارزش حرارتی را در فواصل زمانی که از یک ساعت تجاوز ننماید، ارائه کند و گزارش‌های چاپی ارزش حرارتی متوسط روزانه بلافاصله پس از نیمه شب ارائه شود.

پ- برنامه تایید نوع

آزمون تایید نوع باید شامل آزمون‌هایی مطابق با بندهای ارزیابی عملکرد در این استاندارد ملی انجام شود و باید شرایط عملیاتی که در آن دقت مورد نیاز به دست آمده، ایجاد شود. این محدودیت‌ها باید شرایط عملیاتی برای استفاده قابل قبول از ابزار را تعریف نماید.

ب-۲ نمونه از مشخصات فنی

مستندات خرید که این نمونه می‌تواند مشخصات فنی یک بخش آن را تشکیل دهد، به احتمال زیاد شامل تعدادی از سایر موارد مورد نیاز می‌گردد، که به اندازه موارد قیمت خرید، زمان تحویل و پشتیبانی فنی در دسترس مهم می‌باشد.

تذکر به فروشنده: موارد زیر حداقل الزامات می‌باشد.

ن- عملکرد:

- محدوده ارزش حرارتی ویژه حد بالا (خشک در شرایط استاندارد مرجع): $(35 \text{ تا } 45) \text{ MJ/m}^3$

- عدم قطعیت بالاتر از محدوده: $\pm 0,10 \text{ MJ/m}^3$

- تکرارپذیری: $\pm 0,05 \text{ MJ/m}^3$

- زمان برای ۹۵٪ پاسخ تا تغییر 1 MJ/m^3 : > 4 دقیقه

هه- شرایط محیطی برای عملکرد مشخص شده :

محدوده دمایی : °C (۱۰ تا ۵۰)

ثبات دمایی : بدون الزام

رطوبت نسبی : % (۳۰ تا ۸۵)

سازگاری الکترومغناطیسی : تا سطح ۳

وو- کالیبراسیون :

کالیبراسیون گاز : $\pm 0.05 \text{ MJ/m}^3$

فاصله کالیبراسیون : بدون الزام

ی- منبع تغذیه الکتریکی : (240 ± 20) فاز واحد VAC در (50 ± 5) هرتز (یا تامین کننده تا تغذیه ترانسفورمر)

أأ- احتراق مجدد اتوماتیک : فرآیند احتراق مجدد برای حفظ شرایط ایمنی سه بار اجرا می‌گردد، اگر احتراق مجدد موفقیت آمیز نباشد.

ببب- ویژگی های ایمن: مدارهای نقص در ایمنی برای خاموش سازی تا وضعیت ایمن در صورت بروز وضعیت خطرناک حفظ گردد.

تتت- ثبت ارزش حرارتی: نمایش دیجیتال مداوم با نسخه چاپی خروجی؛ فاصله زمانی چاپ قابل انتخاب می‌باشد.

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

کالری متری کلاس صفر براساس جرم

پ-۱ اصل

ویژگی بارز کالری مترهایی که عملکرد آنها کلاس صفر است، انجام عملیات بر مبنای بهترین شیوه اندازه گیری می باشد و همه اندازه گیری های فیزیکی مرتبط، از طریق زنجیره مقایسه های ناگسستنی با استانداردهای اندازه گیری بین المللی قابل ردیابی هستند.

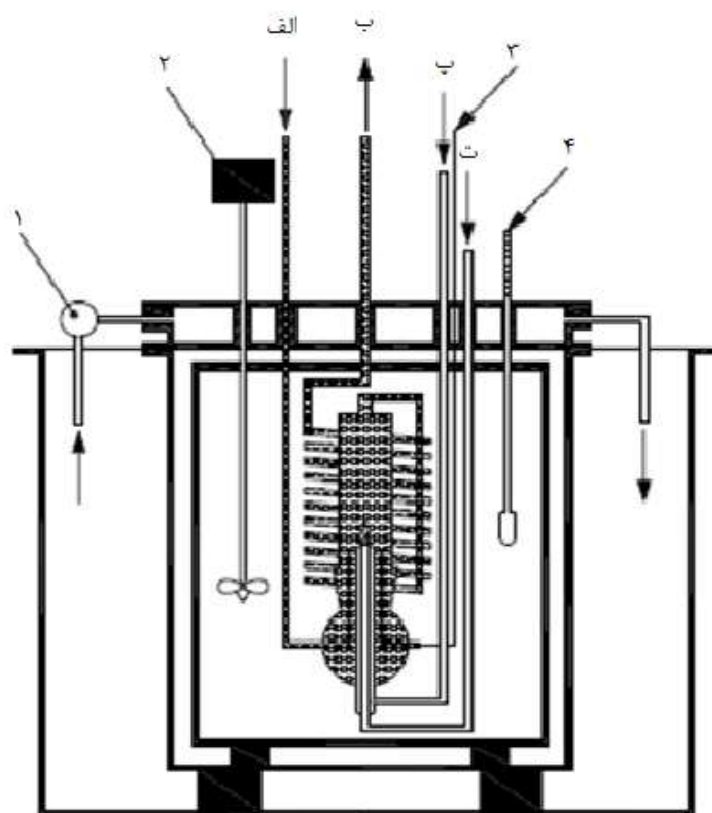
همه کالری مترهای کلاس صفر فعلی در رده های اندازه گیری «مستقیم» قرار می گیرند و اندازه گیری ارزش حرارتی بر مبنای جرم می باشد. اساس کار آنها، به استفاده از اندازه گیری های ترمومتریک انرژی که به صورت گرما از احتراق جرم مشخصی از گاز منتشر شده، بستگی دارد.

در پیکربندی معمول، اندازه گیری اصلی افزایش دینامیک دمای سیال مبدل حرارتی مخلوط شده در محفظه بسته با افزایش درجه حرارت تولید شده در طی کالیبراسیون (به بند پ-۳ مراجعه شود) مقایسه شده است. لازم است که پایش دقیقی برای همه منابع جزئی و اتلاف گرمایی در این نوع از کالری متر مورد توجه قرار گیرد، [۱۲]، [۱۳]، [۱۴].

ارزش حرارتی جرمی معمولاً در مرجع استاندارد بین المللی ترموشیمیایی دما، $T_{ref} = 298.15 \text{ K } (25^\circ \text{C})$ با این روش اندازه گیری شده است. سپس مقادیر به دست آمده، اگر مورد نیاز باشد، بر مبنای مقادیر حجمی با استفاده از مقدار اندازه گیری شده برای تراکم گاز در T_{ref} دوباره بیان می گردد. همچنین لازم است اصلاحاتی برای هر گونه تغییر در شرایط مرجع ایجاد گردد، اما این عوامل فراتر از محدوده این استاندارد بین المللی می باشد.

پ-۲ روش کلی

ویژگی های اصلی نمونه کالری متر کلاس صفر جرمی در شکل پ-۱ نشان داده شده است. دستگاه از یک حمام آب خارجی تشکیل یافته که به طور معمول به صورت ترموستات درون ظرف 10 mK در حدود 2 K بالاتر از T_{ref} کنترل شده که در آن کالری متر مونتاژ و نصب شده است. این مجموعه شامل دو ظروف مسی یا برنجی متحدالمرکز می باشد، داخل یکی و بیرون ظرف دیگر با استفاده از نگهدارنده عایق حرارتی پوشیده شده است. ظروف با فاصله هوایی از هم جدا شده و سطوح تقویتی با طلا اندود شده و به منظور کاهش انتقال حرارت تابشی جلای زیادی خورده است.



الف - اکسیژن ثانویه
ب - محصولات احتراق
پ - اکسیژن اولیه + آرگون
ت - گاز سوختی

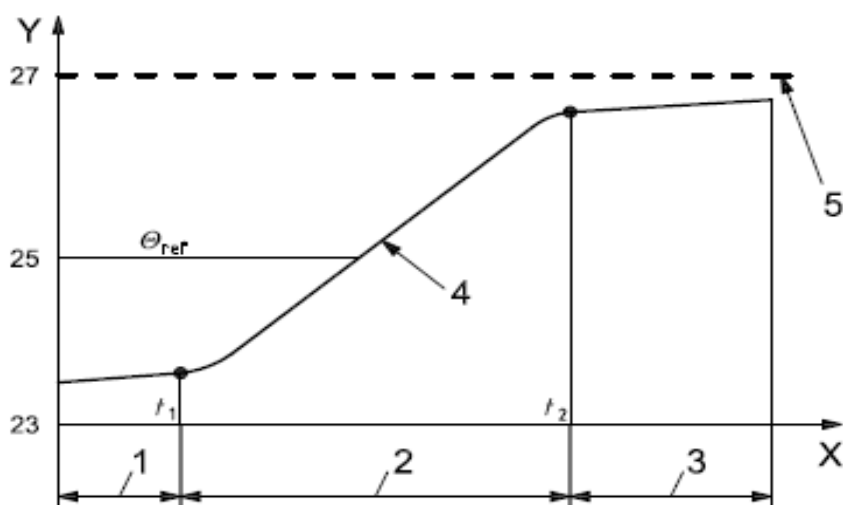
۱ - پمپ آب
۲ - موتور همزن
۳ - الکتروود جرقه زن
۴ - دماسنج کریستال کوارتز

شکل پ-۱ دیاگرام شماتیک کالری متر کلاس صفر

ظروف داخلی شامل: مشعل کالری متر و کویل مبدل حرارتی (که معمولاً از شیشه‌ای پیرکس با جت مشعل سیلیکا ساخته شده است)، دستگاه اندازه‌گیری درجه حرارت (معمولاً پلاتین مقاوم یا دماسنج کوارتز)، یک همزن با سرعت ثابت، روکش برای انگشت سرد گرمکن برقی برای کالیبراسیون می‌باشد. این ظرف با سیال مبدل حرارتی (معمولاً آب) پر شده و برای جلوگیری از تغییرات در جرم مایع که بر تعادل انرژی کالری متر تاثیر می‌گذارد (به عنوان مثال کالیبراسیون ثابت) پوشیده شده است. در طول ایجاد احتراق، سوخت گاز، مخلوط آرگون اکسیژن اولیه و اکسیژن ثانویه از طریق خطوط ورودی نشان داده شده در شکل وارد می‌شود. سیستم دو مشعله جت اجازه پیش مخلوط شدن سوخت اولیه گاز و آرگون-اکسیژن را درست قبل از محافظه احتراق را می‌دهد. آرگون در این مرحله فقط برای ایجاد ثبات در شعله و دادن ویژگی‌های احتراقی می‌باشد.

یک آزمایش تجربی، یا کالیبراسیون و یا اندازه‌گیری، شامل سه بخش است. اول، لوله داخلی تا حدود 2 K زیر T_{ref} به اجبار سرد شده و سپس مجاز به افزایش ملایم درجه حرارت (بدون جریان گاز سوختی) به عنوان نتیجه‌ای از انتقال حرارت محیطی می‌گردد؛ درجه حرارت به عنوان یک تابع از زمان تا زمان رسیدن سیال مبدل حرارتی (به دمای) $1,5\text{ K}$ زیر T_{ref} (پیش دوره) اندازه‌گیری می‌شود.

سپس مرحله اصلی با اشتعال (در الکتروود جرقه‌زن) گاز سوختی، که در این زمان شروع به جریان یافته است، برای کالیبراسیون الکتریکی با تعویض منبع تغذیه همراه است، شروع می‌شود. افزایش دما در این لحظه به طور مداوم (به عنوان مثال هر چند ثانیه) تا دمای $1,5\text{ K}$ بالاتر از T_{ref} ثبت می‌شود، و در آن زمان جریان گاز سوخت متوقف شده است (یا منبع تغذیه خاموش شده است)، اما اندازه‌گیری‌های دمایی بر حسب زمان تا موقعی که سیال مبدل حرارت نزدیک به 2 K بالاتر از T_{ref} (بعد از دوره) قرار گیرد ادامه می‌یابد. نمودار تغییرات دما - زمان برای کل مراحل به صورت شکل پ-۲ نشان داده شده است.



- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| ۴ - دمای کالریمتر | X زمان - بر حسب دقیقه |
| ۵ - دمای مخزن | Y دما - بر حسب درجه سلسیوس |
| t_1 احتراق | ۱ - دوره اولیه |
| t_2 خاموش سازی | ۲ - دوره اصلی (حدود ۲۰ دقیقه) |
| | ۳ - دوره آخر |

شکل پ-۲ - نمودار دما-زمان طرح برای کالری متر کلاس صفر

دقت درجه حرارت در طول تمام مراحل اجرا به طور معمول ۱mK است. قرائت درجه حرارت هوا، همراه با بسیاری از تعویض‌ها و عملیات دیگر مورد نیاز در دوره اجرا که لازم است تحت کنترل کامپیوتر باشد.

داده‌های جمع آوری شده می‌تواند به تعیین انرژی معادل برای سیستم کالری متر یا استفاده از نقطه شناخته شده معادل انرژی بپردازد، ورودی گرما از جرم مشخص شده گاز سوختی و ارزش حرارتی جرمی احتراق آن بدست می‌آید.

این یک طرح کلی بسیار گسترده‌ای از یک سیستم معمولی است. یک اجرای تجربی دارای بسیاری از پیچیدگی‌های اضافی و لازم می‌باشد که تجزیه و تحلیل داده‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد، به ویژه آنهایی که مربوط به بسیاری از منابع کوچک اما غیر قابل اغماض و اتلاف گرمایی می‌باشد، به عنوان مثال سیستم اشتعال جرقه، انرژی مخلوط، بخار آب از دست رفته در گازهای خروجی واکنش، و غیره [۱۳].

در کالری مترهای کلاس صفر از این نوع، ابزارهای نقطه آزمون با کارکرد فشرده طراحی شده‌اند که برای انجام اندازه‌گیری‌ها با بالاترین دقت بر روی نمونه‌های برداشت شده گازی انجام می‌شود. الزامات مورد نیاز برای اندازه‌گیری دقیق، سیستم‌های کنترل محیطی و کسب داده‌ها و مدت زمان آزمون بیش از یک روز برای هر نمونه، باعث می‌شود تا این ابزارها برای نصب در شرایط آزمایش میدانی بر طبق ابزار شرح داده شده در بندهای ۲-۴، ۳-۴ و ۴-۴ که به طور معمول استفاده شده؛ نامناسب باشد.

پ-۳ کالیبراسیون

پ-۳-۱ روش‌های گرمایش الکتریکی

در این روش [۱۴]، کالیبراسیون با ورودی دقیق مقدار انرژی تعیین شده (که به صورت گرما آزاد شده است) به دست آمده است، که از مقاومت الکتریکی به عنوان منبع استفاده می‌نماید. این عمل، که در بند پ-۲ شرح داده شده است، در طی یک دوره مشخص از زمان، در طی هر پاسخ حرارتی سیال مبدل حرارتی کالری متر پیگیری شده است که به منظور تعیین معادل انرژی کالری متر می‌باشد. این روش دارای توانایی ارائه قابلیت ردیابی، از طریق استفاده از دستگاه‌های مورد تایید (به عنوان مثال دماسنج مقاومتی پلاتینی، مقاومت، ولت متر، سیگنال‌های زمانی، و غیره)، با استانداردهای ملی اندازه‌گیری است.

پ-۳-۲ روش احتراق

در این روش [۱۳]، کالیبراسیون با احتراق جرم به دقت تعیین شده یک گاز که به اندازه آنتالپی استاندارد شناخته شده احتراق بیش از یک دوره زمانی بدست آمده است در طی آن پاسخ حرارتی سیال مبدل حرارتی کالری متر به دست آمده است که به منظور تعیین معادل انرژی کالری متر می‌باشد.

در عمل، متان با خلوص فوق العاده بالا، مقدار واقعی معمولی (از جمله بی‌ثباتی همراه آن) برای آن در استاندارد ISO 6976 داده شده است، که تنها گازی است که برآورده کننده الزامات روش اندازه‌گیری مطلوب

می‌باشد. در این زمینه، متان به درستی می‌تواند به عنوان یک ماده مرجع گازی بکار گرفته شود. قابلیت ردیابی اولیه، به این مقدار برای آنتالپی استاندارد احتراق بکار می‌رود (و تنها از این طریق به استانداردهای متعارف‌تر اندازه‌گیری باز می‌گردد)، اما تجهیزات جانبی (مانند دماسنج، قطعات گرمی و غیره) قادر به ردیابی مستقیم استانداردهای ملی می‌باشد.

در این روش، گرما در کالری متر در مراحل کالیبراسیون دقیقاً در نقطه مشابه (یعنی شعله) در طول اجرا روی گاز نمونه پراکنده شده است. در نتیجه، الگوهای حرارتی جریان داخلی باید به طور یکسان بیشتر از مورد با کالیبراسیون الکتریکی باشد و می‌تواند کمتر از دامنه ایجاد خطای سیستماتیک این منبع خاص باشد. این مزیت آشکار، با این حال، با وجود تنظیم بی‌ثباتی کلی با نسبت قابل توجهی، بدون حضور روش کالیبراسیون الکتریکی، از بی‌ثباتی آنتالپی استاندارد احتراق گاز کالیبراسیون جبران شده است.

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

کالری متری احتراق مستقیم

اصول اساسی روش مستقیم، ثبت پیوسته کالری متری احتراق می‌باشد که به طور خلاصه در بند ۴-۲ ارائه شده و بنابراین در اینجا تکرار نشده است، به استثنای تکرار جریان ثابت گاز، اندازه‌گیری حجمی، که تحت شرایط کنترل شده در مقادیر زیادی از هوا سوخته است. و برای تولید شرایط شبه ثابت (تعادل) افزایش درجه حرارت در یک محیط انتقال گرما که به طور مداوم بر خلاف جریان می‌باشد، ترکیب نمی‌شود. افزایش درجه حرارت تعادل در سیال انتقال گرما به عنوان یک اندازه‌گیری براساس ارزش حرارتی حجمی بالای گاز در نظر گرفته شده است.

دیاگرام شماتیک پیاده سازی تجاری معمولی این اصول طبق شکل ت-۱ نشان داده شده است و برای «مدار حرارتی» که برای این طبق شکل ت-۲ نشان داده شده، ساده شده است. موارد دیگر، تمایز بیشتر یا کمتر، شناخته شده است، اما دیگر چندان استفاده گسترده‌ای ندارد.

در این دستگاه، سوخت گاز، هوا برای احتراق و هوا برای تبادل گرما همه در (در فشار اتمسفر و در حالت اشباع) در سه وضعیت جداگانه آب بند شده و در حالت «اندازه‌گیری رطوبت» اندازه‌گیری شده است. هر سه اندازه‌گیری در محور مشابه نصب شده است، در یک تانک بزرگ آب (سطح هر کدام به طور مداوم با استفاده از یک سیستم پمپ و سرریز حفظ گردیده است) و فرآیند پیش رفته است، از طریق سیستم چرخ دنده‌ها، توسط یک موتور برق رانده می‌شود. به عنوان یک نتیجه، نسبت بین مقادیر سوخت و هوا تحویل داده شده در هر اندازه‌گیری، صرف نظر از تغییرات در سرعت موتور، فشار اتمسفر و دمای محیط ثابت باقی می‌ماند. در ارزش حرارتی ثابت، اختلافات درجه حرارت بین دماسنج مقاومتی نیکل در ورودی و خروجی واحد مبدل حرارتی، ثابت می‌ماند. تفاوت درجه حرارت معمولی برای گاز طبیعی حدود 20K می‌باشد.

دو دماسنج مقاومتی در موقعیت‌های مخالف چیدمان مدار پل و تستون نصب شده‌اند و سیگنال‌های خارج از تعادل در نظر گرفته شده و به عنوان ورودی به دستگاه ثبت، مانند قلم ثبتی و یا واحد جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌شود.

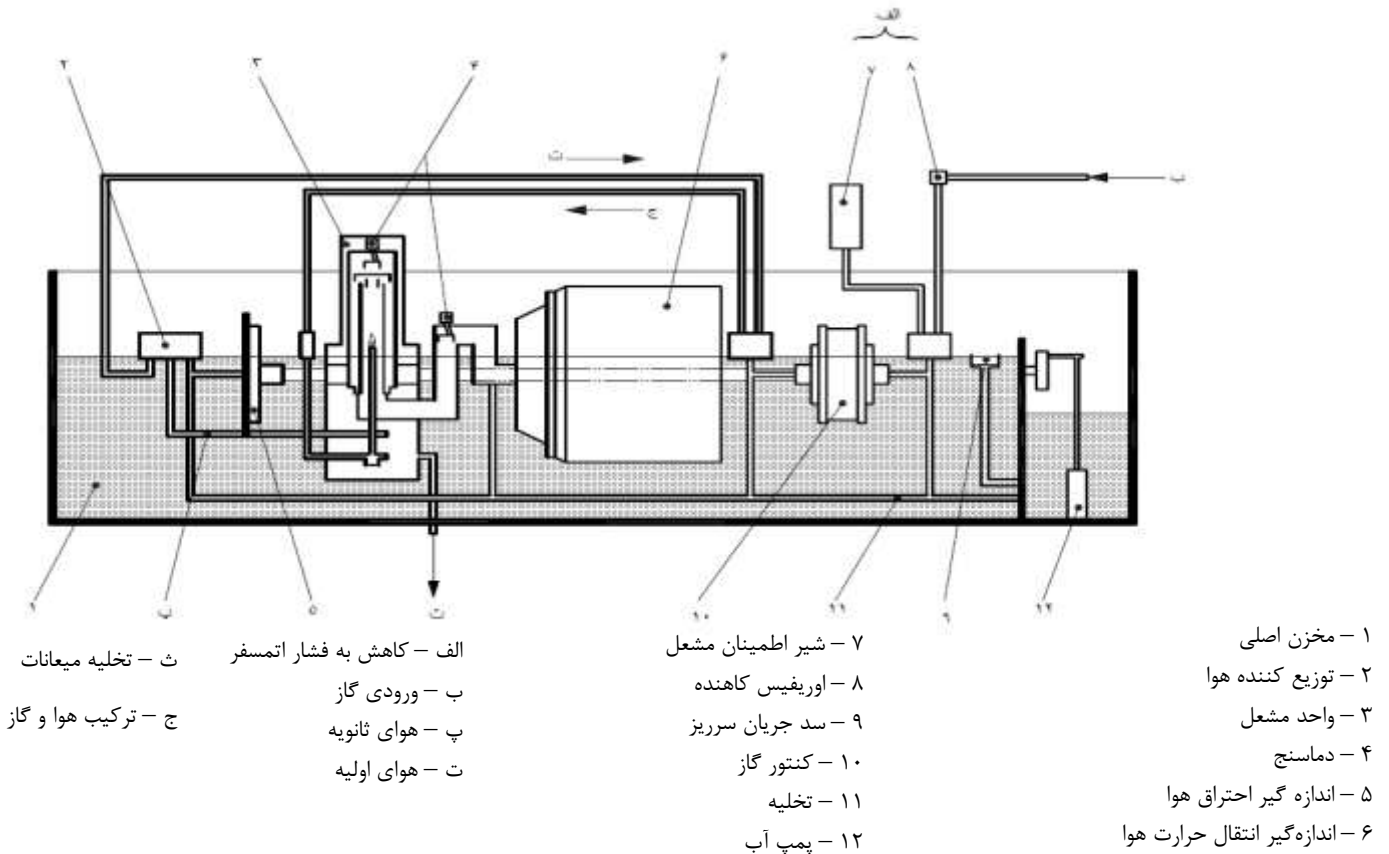
در اصل، اختلاف درجه حرارت مشاهده شده بین ورودی و خروجی دماسنج می‌تواند به عنوان یک عامل بدون ابهام، ارزش حرارتی بالای گاز اشباع شده تنها در موارد زیر استفاده شود.

ث ت-۱ - همه انرژی آزاد شده به مانند گرمای احتراق به هوا تبادل گرما منتقل شده است و

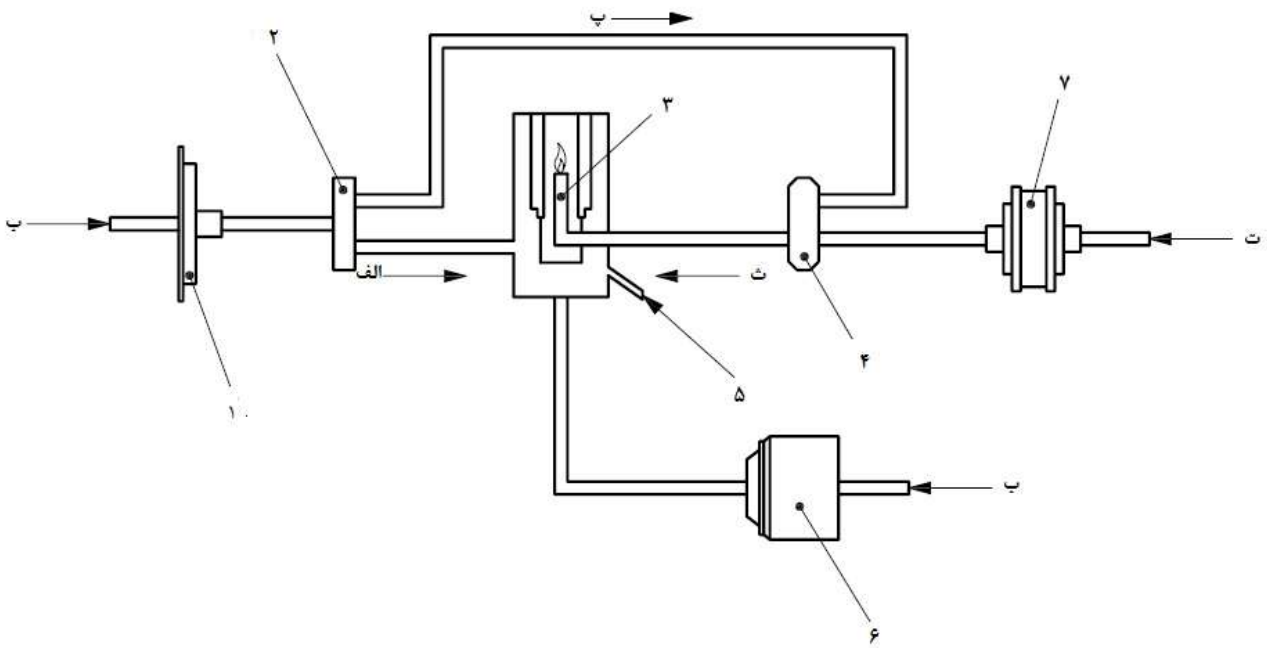
ج ج-۱ - همه آب تولید شده توسط احتراق به حالت مایع، متراکم است.

هیچ کدام از این شرایط را نمی‌توان به طور کامل در عمل به دست آورد و پس از آن امکان ایمن سازی تعادل دمایی دقیق که اجازه محاسبه ارزش حرارتی از اصول اولیه را می‌دهد وجود ندارد و اینکه، به دلایل مختلف، ابزار به طور کامل به تغییرات در درجه حرارت محیط حساس است.

با این وجود، ابزارهای این نوع به آسانی با قابلیت عملکرد کلاس یک، کالیبراسیون مناسبی را ارائه داده و عملیات در اتاق دارای تهویه مطبوع و درجه حرارت کنترل شده، صورت می‌گیرد.



شکل ت-۱ دیاگرام شماتیک کالری متر احتراق مستقیم



- | | | |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| الف - هوای ثانویه | ۵ - تخلیه میعانات (کندانس) | ۱ - اندازه‌گیر هوای احتراق |
| ب - هوا | ۶ - اندازه‌گیر هوای انتقال حرارت | ۲ - توزیع کننده هوا |
| پ - هوای اولیه | ۷ - کنتور گاز | ۳ - مشعل و مبدل حرارتی |
| ت - گاز | | ۴ - مخلوط کن |
| ث - مخلوط کن گاز و هوا | | |

شکل ت-۲ مدار حرارتی برای کالری متر احتراق مستقیم

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

دستگاه‌های احتراق استوکیومتریک

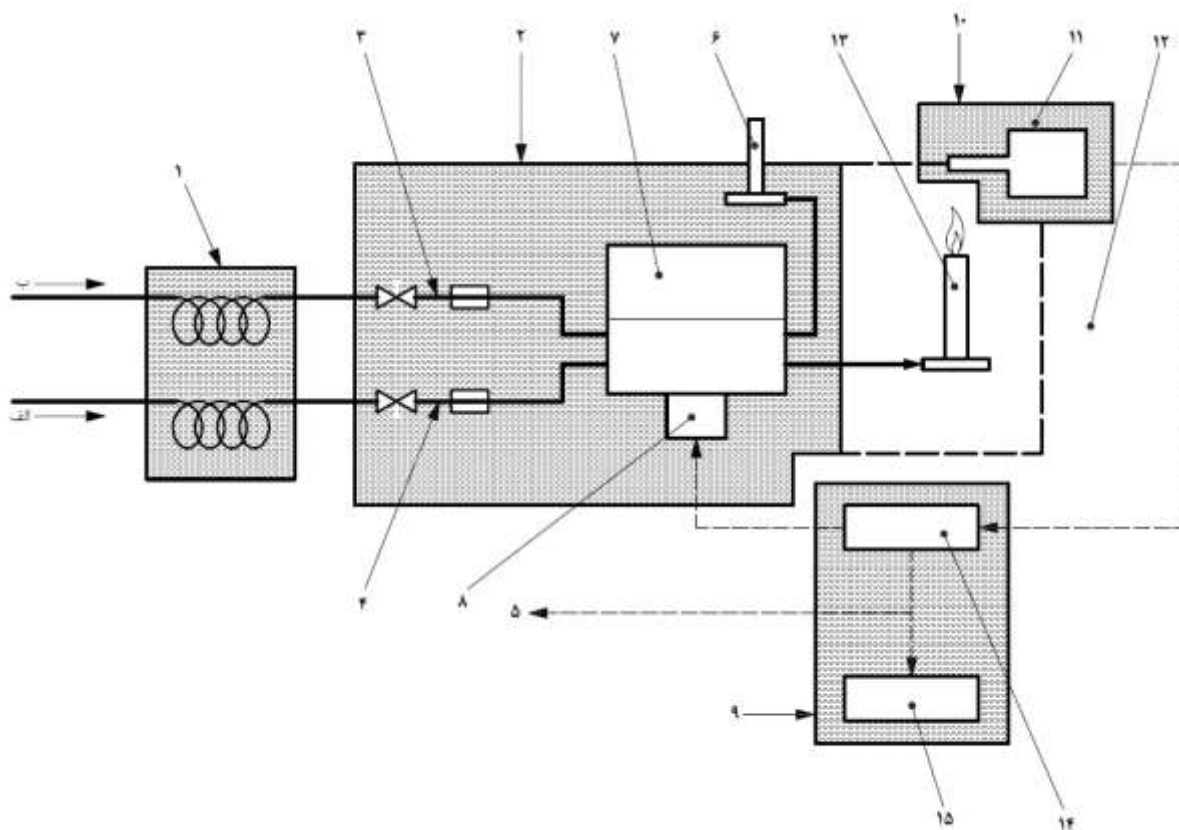
اصولی که بواسطه آن ارزش حرارتی می‌تواند از تعیین نسبت هوا به گاز در نقطه استوکیومتریک مشتق شود در زیر بند ۴-۳-۲ ارائه شده است، و لذا در اینجا تکرار نمی‌شود. همچنین باید توجه کرد که نقطه استوکیومتریک می‌تواند با حداقل دو روش مجزا مورد بررسی قرار گرفته و تعیین محل شود، یعنی

ح ح ح - تعیین نقطه‌ای که در آن هیچ اکسیژن اضافی در گازهای خروجی اگزوز وجود ندارد (به عنوان مثال نقطه که در آن انتقال از جای پر از اکسیژن به محل پر از سوخت رخ می‌دهد)، و

خ خ خ - تعیین حداکثر درجه حرارت شعله.

این پیوست جزئیات مختصری از نحوه این اصول در ابزاری که به صورت تجاری در دسترس می‌باشد ارائه داده که (در اینجا به ترتیب به نوع A و نوع B اشاره می‌نماید) برای تعیین ارزش حرارتی انجام شده است.

شکل ث-۱ دیاگرام شماتیک از یک ابزار از نوع A می‌باشد. در ابزارهای این نوع، هوا برای احتراق (به صورت داخلی خشک شده است) و جریان گاز سوخت در نسبت‌های کنترل شده به ورودی‌هایی از یک شیر دوار متناسب ویژه طراحی شده است. جریان هوا از طریق دریچه‌ای که ثابت است صورت می‌گیرد، اما، به دلیل ایجاد مسیرهای داخلی، مقدار گازی که از طریق جریان به خروجی اصلی، که در آن با هوا مخلوط شده، بستگی به میزان چرخش حرکت این قسمت دارد. گاز اضافی توسط یک خروجی ثانویه به یک مشعل اضافی هدایت می‌شود. این کار برای رسیدن به کنترل اتوماتیک سرعت چرخش دریچه می‌باشد به طوری که مخلوط گاز هوای تولید همیشه دارای یک ترکیب استوکیومتری می‌باشد.



- | | | |
|-------------------|------------------------|---|
| الف - هوا | ۹ - قسمت الکترونیکی | ۱ - مبدل حرارتی |
| ب - شعله گاز سوخت | ۱۰ - حسگر مشعل گاز | ۲ - اندازه‌گیر جریان و تنظیم کننده |
| | ۱۱ - حسگر ZrO_2 | ۳ - کنترل جریان گاز |
| | ۱۲ - محفظه احتراق | ۴ - کنترل جریان هوا |
| | ۱۳ - مشعل | ۵ - خروجی فرستنده (۴ میلی آمپر DC تا ۲۰ میلی آمپر DC) |
| | ۱۴ - کنترل گر / رایانه | ۶ - زبانه کشیده |
| | ۱۵ - شاخص ارزش حرارتی | ۷ - شیر کنترلی چرخان نسبت هوا به سوخت |
| | | ۸ - موتور پله‌ای |

شکل ت-۱- دیاگرام شماتیک دستگاه استوکیومتری نوع A

مخلوط گاز- هوا از دوار دریچه به یک محفظه مشعل عبور می‌کند و گازهای خروجی از آگزوز برای وجود اکسیژن آزمون شده است. این کار با استفاده از تیتراسیون الکتروشیمیایی، که در آن عنصر فعال حسگر اکسید زیرکونیوم است به دست می‌آید. سیگنال از این حسگر با در مکانیزم بازخورد الکترونیکی استفاده شده به طوری که برای افزایش یا کاهش، به صورت مناسب، سرعت چرخش دریچه‌های دوار، که تحت کنترل موتور پله‌ای می‌باشد، رانده می‌شود. نزدیک به نقطه استوکیومتری حسگر دارای یک ویژگی بسیار تند می‌باشد (به طور موثر یک گام عملیاتی)، که قادر می‌سازد تا نقطه به صورت دقیق قرار بگیرد. بنابراین

سرعت چرخش دریچه می‌تواند بیشتر یا کمتر به طور مستقیم به عنوان تعیین کننده ارزش حرارتی استفاده شود.

کارکرد کل ابزار تحت کنترل ریز پردازنده اجرا می‌شود و قادر به دنبال کردن تغییرات در ارزش حرارتی به صورت دقیق و هم سریع می‌نماید.

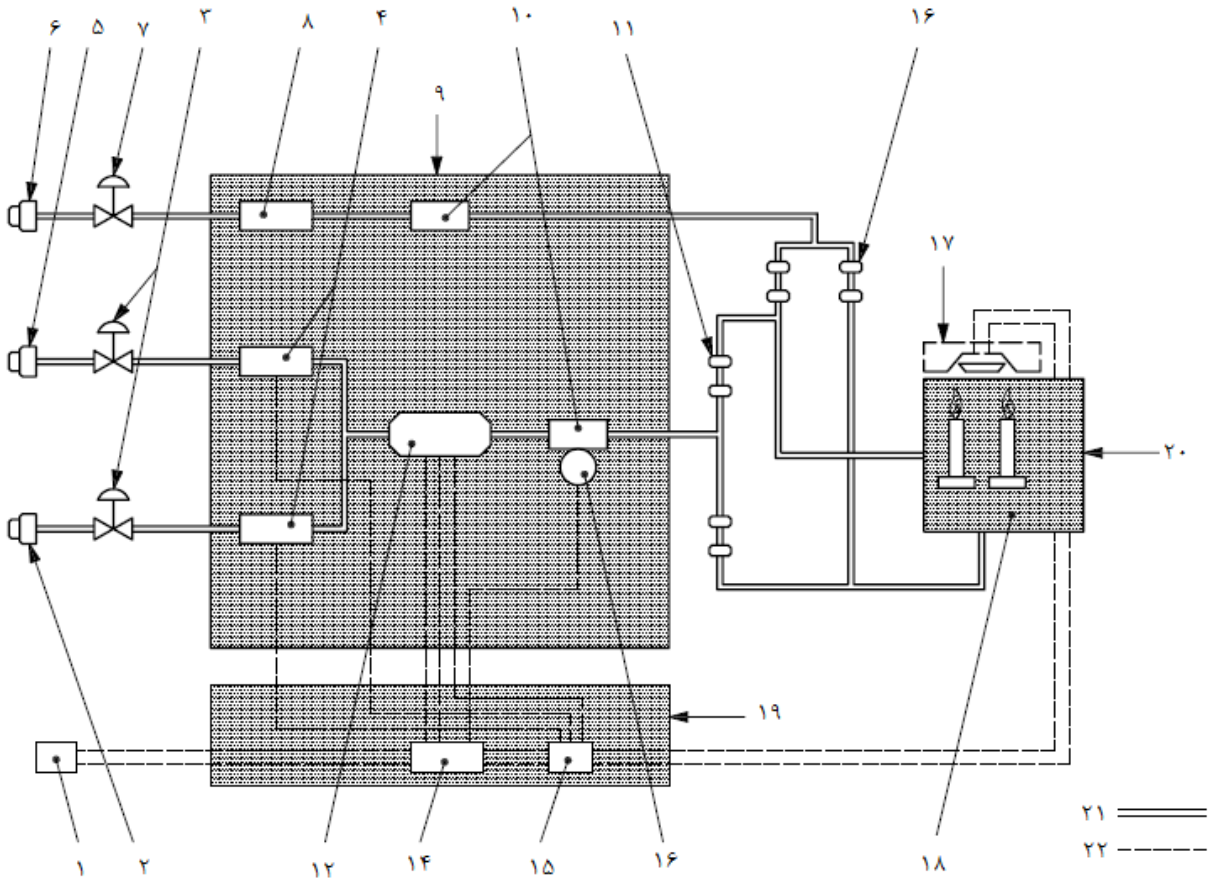
دیاگرام شماتیک ابزار نوع B طبق شکل ث-۲ نشان داده شده است در ابزارهایی از این نوع، هوا برای احتراق و سوخت گاز از طریق فیلترهایی به ابزار در فشار تنظیم شده و جریان از طریق محدودیت‌های کاپیلاری به اتاق مشعل تغذیه شده است، گازی که ابتدا از طریق موتور دریچه سوزنی دقیق وارد می‌شود که آهنگ جریان آن مناسب باشد.

در محفظه مشعل، ترموکوپل در نوک شعله قرار داده شده و بر درجه حرارت شعله نظارت و کنترل می‌نماید. هر چند ثانیه یک بار، تحت کنترل ریزپردازنده اتوماتیک، دیافراگم سوپاپ سوزن (و در نتیجه جریان سوخت گاز) به صورت جزئی برای آزمون میزان افزایش یا کاهش دمای شعله تنظیم می‌شود. اگر درجه حرارت شعله در واقع افزایش می‌یابد، پس از آن موقعیت جدید سوپاپ محفوظ می‌گردد، اما اگر درجه حرارت شعله کاهش یابد بنابراین سوپاپ به موقعیت قبلی خود قبل از «نوسان» دوباره در جهت مخالف بر می‌گردد. این به این معنی است که موقعیت سوپاپ، که باعث حداکثر نمودن درجه حرارت شعله می‌شود، به سرعت پدیدار می‌شود (یادآوری را ببینید).

موقعیت تعادل سوپاپ نسبت هوا به گاز، تعیین کننده حداکثر درجه حرارت شعله می‌باشد (به عنوان نقطه استوکیومتری تفسیر شده است) و در نتیجه امکان اندازه‌گیری ارزش حرارتی را فراهم می‌کند. تغییرات در ارزش حرارتی مجدداً به صورت دقیق و جزئی پیگیری شده است.

ابزار در هر دو نوع کلیات بالا، معمولاً قادر به عملکرد با دقت بالا و رعایت چندین الزامات باشند. در مرحله اول، به منظور حفظ دقت و صحت ثبت، راه‌اندازی هر نوع به طوری که انجام خود کالیبراسیون تک نقطه‌ای در فواصل زمانی و نه به صورت مکرر، شاید به صورت دست کم روزانه لازم است. با این حال، ثبت هر کالیبراسیون تنها چند دقیقه طول می‌کشد. در مرحله دوم، معادله انجام شده در نرم افزار ابزار، که مربوط به نسبت اندازه‌گیری هوا به گاز به (معمولاً) ارزش حرارتی ویژه است بر این فرض استوار است که گاز ورودی به ابزار، تنها حاوی آلکان و اجزای بی‌اثر (به عنوان مثال غیر قابل احتراق) می‌باشد. اگر چنین نیست، بنابراین ارزش حرارتی گزارش شده توسط ابزار می‌تواند به میزان قابل اندازه‌گیری دارای خطا باشد (مراجعه شود به ۵-۱-۱۰ و پیوست F) اگر چه، اگر حضور غیر آلکان (به خصوص اکسیژن) در سوخت قبلاً شناخته شده باشد، امکان جبران این خطا مقدور می‌باشد.

یادآوری - تنظیمات جایگزین برای این طراحی اولیه امکان پذیر است؛ برای مثال، در یک نوع از این ابزار از دو شعله به جای یکی استفاده می‌شود که به منظور قرار دادن حداکثر درجه حرارت شعله می‌باشد.



- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| ۱ - دیاگرام | ۱۲ - اندازه‌گیر حالت جامد |
| ۲ - نمونه یا خط لوله گاز | ۱۳ - موتور |
| ۳ - شیر قطع کن سوخت | ۱۴ - رایانه کوچک |
| ۴ - مارپیچ کهربایی | ۱۵ - شیر اطمینان |
| ۵ - کالیبره استاندارد | ۱۶ - لوله نازک هوا |
| ۶ - هوا | ۱۷ - حسگر مشعل گاز |
| ۷ - شیر قطع کن هوا | ۱۸ - مشعل‌های جمعی |
| ۸ - صافی | ۱۹ - الکترونیک |
| ۹ - اندازه‌گیر جریان و تنظیم کننده | ۲۰ - محفظه احتراق |
| ۱۰ - تنظیم کننده | ۲۱ - سوخت / هوا |
| ۱۱ - لوله نازک سوخت | ۲۲ - الکتریکی |

شکل ث-۲ دیاگرام شماتیک دستگاه استوکیومتری نوع B

پیوست ج

(آگاهی دهنده)

اثر گازهای غیر آلکان در دستگاه‌های احتراق استوکیومتریکی

جدول ج-۱ مقادیری را برای موارد زیر ارائه می‌دهد:

۵۵- درصد خطا در ارزش حرارتی ناشی از ۱۰٪ از اجزای غیر آلکان در یک گاز طبیعی معمولی، و
ذذذ- محتوای (به صورت درصد مولی بیان شده است) اجزای غیر آلکان مورد نیاز برای تولید یک خطای
± ۰/۱٪ در ارزش حرارتی ثبت شده.

علامت مثبت در ستون دوم بدان معنی است که ارزش حرارتی ثبت شده بیش از حد، بالا است. علامت منفی
نیز نشان می‌دهد که بیش از حد، کم است.

توجه داشته باشید که حتی اجزای بی‌اثر غیر آلکان نیتروژن و دی‌اکسید کربن باعث خطا در ارزش حرارتی
می‌شود، اگرچه این مقدار به اندازه کافی کوچک است تا به طور واقعی نیز در تمام کاربردها نادیده گرفته
شود.

مقادیر ارائه شده در جدول از ملاحظات نظری مشتق شده است. با این حال، رفتار نظری (که منتشر نشده
است) دقیق نیست؛ در نتیجه مقادارها باید فقط به صورت تقریبی و نشان دهنده در نظر گرفته شود.

جدول ج-۱ اثر گازهای غیر آلکان در دستگاه‌های احتراق استوکیومتریکی

| محتوای مورد نیاز برای ۰/۱٪ ± خطا | خطای ایجاد شده توسط ۱۰ درصد از جزء | مولفه |
|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| ۰/۲ | -۵/۵ | اکسیژن |
| ۱/۵ | -۰/۷ | هیدروژن |
| ۱/۶ | -۰/۷ | منواکسید کربن |
| ۰/۸ | +۱/۳ | سولفید هیدروژن |
| ۱/۲ | -۰/۸ | اتیلن |
| ۱/۵ | -۰/۶ | پروپیلن |
| ۱/۷ | -۰/۵ | بوتان |
| ۳/۸ | +۰/۲ | بنزن |
| ۲/۲ | +۰/۴ | تولوئن |
| ۱/۰ | -۱/۱ | متانول |
| ۱۴/۵ | +۰/۰۷ | نیتروژن |
| ۱۴/۵ | +۰/۰۷ | دی‌اکسید کربن |

پیوست د

(آگاهی دهنده)

اندازه‌گیری شاخص وب

در بعضی از کاربردهای کالری متری احتراقی، ویژگی مورد علاقه می‌تواند، به جای یا علاوه بر ارزش حرارتی بوده، که شاخص وب می‌باشد.

این ویژگی (ISO 6976 را ببینید) به عنوان خارج قسمت ارزش حرارتی بر مبنای حجم و مجذور چگالی نسبی تعریف می‌گردد که در همان مجموعه‌ای از شرایط مرجع تعریف شده است. به دلیل رابطه نزدیک بین این دو، ابزارهای طراحی شده برای اندازه‌گیری شاخص وب به احتمال زیاد برای به اشتراک گذاشتن بسیاری از ویژگی‌های مشترک با ابزارهایی هستند که برای اندازه‌گیری ارزش حرارتی طراحی شده، است.

به عنوان یک نتیجه، روش‌های بکار رفته برای انتخاب، تخمین، ارزیابی عملکرد، نصب و بهره‌برداری آنها به ناچار به صورت تنگاتنگی از روش‌های تفصیلی در بخش‌های اصلی این استاندارد ملی تبعیت می‌نمایند.

یک سوال برای پرداختن به طراحی روش‌های تخمین این است که آیا ابزار به طور مستقیم شاخص وب را تعیین می‌کند و یا اینکه آیا ارزش حرارتی و چگالی نسبی به طور جداگانه تعیین و به صورت داخلی توسط ابزار ترکیب شده است یا نه. در هر روش، مشخص کردن گازهای کالیبراسیون (و دیگر گازهای مورد استفاده در روش‌های تخمین)، با عدم قطعیت شناخته شده، با دو مورد از سه روش زیر لازم است. ارزش حرارتی، چگالی نسبی و شاخص وب. این احتمالاً یک نیاز مهم اضافی می‌باشد.

در واقع، ابزارهایی که برای اندازه‌گیری شاخص وب به کار می‌روند در حال حاضر بسیار مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و یک استاندارد ملی جداگانه در مورد این موضوع در حال حاضر تدوین نشده است.

کتابنامه:

- [1] ISO/IEC Guide 98, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*
- [2] HYDE, C.G. and JONES, M.W., *Gas Calorimetry: The Determination of the Calorific Value of Gaseous Fuels*, Ernest Benn Ltd (London) 2nd edition, 1960
- [3] ASTM D1826-94, *Standard Test Method for Calorific (Heating) Value of Gases in Natural Gas Range by Continuous Recording Calorimeter*
- [4] RIEDEL, O. and VOGL, H., Combustion Calorimetry as a Technological Service, Chapter 16 of *Experimental Chemical Thermodynamics, Vol. 1: Combustion Calorimetry*, eds. S. Sunner and M. Månsson, IUPAC and Pergamon Press (Oxford, etc.), 20 pp., 1979
- [5] HUMPHREYS, A.E., *Le Calorimètre Enregistreur L.R.S.*, Mesucora Congress, Paris, session 11, pp. 95-112, Dec. 1982
- [6] PUGH, B., *Fuel Calorimetry*, Butterworths (London), 1966
- [7] ASTM D4891-89, *Standard Test Method for Heating Value of Gases in Natural Gas Range by Stoichiometric Combustion*
- [8] LEWIS, E.A., HART, R.M., and GREENFIELD, H., Design and Testing of a New Isothermal Flow Gas Calorimeter: the Hart Field-Deployable Natural Gas Energy Meter, *Thermochim. Acta*, Vol. 154, pp. 167-185, 1989
- [9] MACLAY, G.J., FINDLAY, M.W., YUE, C., VICKERS, W., STETTER, J.R., GREGOR, J. and KLEIN, M., *A Low Cost, Precision Portable Microcalorimeter for the Measurement of Natural Gas Heat Content*, Proc. 5th IGRC, Orlando 1992 (Government Institutes Inc., Rockville, MD), pp. 875-882, 1993
- [10] JAESCHKE, M. and HUMPHREYS, A.E., Standard GERG Virial Equation for Field Use — Simplification of the Input Data Requirements for the GERG Virial Equation — An Alternative Means of Compressibility Factor Calculation for Natural Gases and Similar Mixtures, *GERG Technical Monograph TM5*, 173 pp., 1991
- [11] *General Specification for Calorimeter Rooms*, British Gas Engineering Standard BGC/PS/INQ2 (1985), 21 pp.
- [12] PILCHER, G., Oxygen Flame Calorimetry, Chapter 14 of *Experimental Chemical Thermodynamics, Vol. 1: Combustion Calorimetry*, eds. S. Sunner and M. Månsson, IUPAC and Pergamon Press (Oxford, etc.), 25 pp., 1979
- [13] COWAN, P. and HUMPHREYS, A.E., *The British Gas Reference Calorimeter*, Proc. 1st Congress on Natural Gas Quality, Groningen, 1986, ed. G. J. van Rossum, Elsevier Sci. Pub. Co. (Amsterdam), pp. 169-179, 1986
- [14] DALE, A., LYTHALL, C., AUCOTT, J. and SAYER, C.F., *High Precision Calorimetry to Determine the Enthalpy of Combustion of Methane*, Proc 129th PTB-Seminars, Braunschweig, 1996, ed. S. M. Sarge, PTB-Bericht (Braunschweig), April 1997
- [15] ISO 5725-6:1994, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 6: Use in practice of accuracy values*
- [16] ISO 6142:2001, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Gravimetric method*
- [17] ISO 10715:1997, *Natural gas — Sampling guidelines*

- [18] ISO 13443:1996, *Natural gas — Standard reference conditions*
- [19] ISO 14111:1997, *Natural gas — Guidelines to traceability in analysis*
- [20] ISO 6145-1:2003, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods — Part 1: Methods of calibration*
- [21] IEC 61000-6-1:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*
- [22] IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*
- [23] IEC 61000-6-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission for residential, commercial and light-industrial environments*
- [24] IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*