



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۹۵۸

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO
14958
1st. Edition
Apr.2013

آزمون‌های واکنش در برابر آتش - اندازه‌گیری
خواص مواد با استفاده از دستگاه پیشروی
آتش

Reaction to fire tests — Measurement of
material properties using a fire propagation
apparatus

ICS:13.220.50

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

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

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" آزمون‌های واکنش در برابر آتش- اندازه‌گیری خواص مواد با استفاده از دستگاه پیشروی آتش "

رئیس:

ابوالحسنی، عباس
(کارشناس مهندسی عمران)

سمت و/ یا نمایندگی
مدیرعامل شرکت پیشرو مصالح شرق

دبیر:

ضرابی راد، راحله
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار پیشرو مصالح
شرق

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ارجمندزاده، رضا
(دکتری زمین شناسی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام‌نور مرکز
بجنورد

اسدی، محمدرضا
(کارشناس زمین شناسی)

سرپرست آزمایشگاه مکانیک خاک شهرستان
مانه و سملقان

بهزادنی، هادی
(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

کارشناس اداره کل راه و شهرسازی خراسان
شمالی

توکلی، مهدی
(کارشناس مهندسی معدن)

کارشناس امور معادن سازمان صنعت، معدن
و تجارت خراسان شمالی

حسینی، سعیده
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مرکز
قوچان

خوشرونزاد، هادی
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس شرکت پژوهشکده کیمیاگران
ارتیان

عفتی، الهام
(فوق لیسانس مهندسی پلیمر)

مدیر کنترل کیفیت شرکت آذر آوند

فرجی، احمدرضا
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

کارشناس اداره کل استاندارد خراسان شمالی

قرایی کاسب، امیرسعید

کارشناس شرکت بنیان صنعت یکتا

(کارشناس مهندسی الکترونیک)

کارشناس اداره کل استاندارد خراسان شمالی

طاهری، احسان

(کارشناس مهندسی مکانیک)

مدیرعامل شرکت پژوهشکده کیمیاگران
ارتیان

گریوانی، زکیه

(کارشناس شیمی)

کارشناس دفتر فنی اداره کل ارشاد و
فرهنگ اسلامی خراسان شمالی

وکیلی، هومن

(کارشناس مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ نمادها
۴	۵ اصول
۵	۶ دستگاه
۱۸	۷ خطرات
۱۸	۸ نمونه
۲۱	۹ واسنجی
۲۳	۱۰ آماده‌سازی نمونه
۲۳	۱۱ روش‌های آزمون
۲۷	۱۲ محاسبات
۲۸	۱۳ گزارش نتایج آزمون
۳۰	پیوست الف (اطلاعاتی) سامانه لیزری اندازه‌گیری دود
۳۳	پیوست ب (اطلاعاتی) اصول کار
۴۰	پیوست ج (اطلاعاتی) مقایسه نتایج در مجرای عمودی و مجرای افقی سامانه خروج دود
۴۳	پیوست د (اطلاعاتی) گرمای تبدیل گاز
۴۵	پیوست ه (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد " آزمون‌های واکنش در برابر آتش - اندازه‌گیری خواص مواد با استفاده از دستگاه پیشروی آتش " که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان تهیه و تدوین شده و در چهارصد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک 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 .

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

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 12136 – 2011, Reaction to fire tests — Measurement of material properties using a fire propagation apparatus

آزمون‌های واکنش در برابر آتش - اندازه‌گیری خواص مواد با استفاده از دستگاه پیشروی آتش

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و بیان خصوصیات شعله‌وری مواد، در ارتباط با گرایش آنها به تقویت پیشروی آتش به وسیله دستگاه پیشروی آتش (FPA)^۱ است. خصوصیات شعله‌وری مواد، که در این استاندارد تعیین شده است شامل مدت اشتعال، سرعت آزادی گرمای شیمیایی و همرفتی، میزان کاهش جرم، حرارت موثر احتراق، گرمای تبدیل به گاز^۲ و بازده دود^۳ است. این ویژگی‌ها می‌توانند برای مهندسی ایمنی در برابر آتش و مدل‌سازی آتش استفاده شوند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن، مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۲۴ سال ۱۳۸۷، ایمنی آتش - واژه‌نامه

2-2 ISO 14934-3, Fire tests — Calibration and use of heat flux meters — Part 3:
Secondary calibration method

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف به کار برده شده در استاندارد بند ۱-۲، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

سطح اساساً تخت^۴

سطحی که بی‌نظمی آن از یک سطح تخت بیشتر از $1 \text{ mm} \pm$ نشود.

۲-۳

شعله‌وری تکرارپذیر^۵

وجود شعله بر روی سطح آزمون برای دوره زمانی کمتر از ۱s می‌باشد.

1- Fire Propagation Apparatus
2- Heat of gasification
3- Smoke yield
4 -Essentially flat surface
5- Flashing

۳-۳

اشتعال

ادامه‌دار بودن شعله‌وری بر روی سطح آزمون برای دوره زمانی بالای ۱۰s می‌باشد.

۴-۳

پیشروی آتش

افزایش در مساحت سطح نمایان آزمون‌های که به طور عملی درگیر احتراق مشتعل است.

۵-۳

بازده دود

جرمی از ذرات ریز دود که از تبخیر هر واحد سوخت به وجود آمده است.

۴ نمادها

A

مساحت سطح نمایان نمونه بر حسب m^2 .

A_d

مساحت مقطع عرضی مجرای بخش آزمون بر حسب m^2 .

c_p

گرمای ویژه هوا در فشار ثابت بر حسب $kJ/kg K$.

D

دانسیتته ظاهری هر طول واحد بر حسب m^{-1} است.

D_{O_2}

میزان مصرف O_2 بر حسب kg/s .

G_{CO}

میزان جریان جرمی CO بر حسب kg/s .

G_{CO_2}

میزان جریان جرمی CO_2 بر حسب kg/s .

G_j

میزان جریان جرمی ترکیب Z در مجرای بخش آزمون بر حسب kg/s .

ΔH_{CO}

گرمای احتراق کامل هر واحد جرم CO بر حسب kJ/kg .

ΔH_{eff}

گرمای موثر احتراق بر حسب kJ/kg .

ΔH_g

گرمای تبدیل به گاز بر حسب kJ/kg .

ΔH_T

گرمای خالص احتراق کامل هر واحد جرم از سوخت تبخیر شده بر حسب kJ/kg.

K

ضریب جریان لوله پیتوت میانگین [سرعت گاز مجرا/ $(2\Delta P_m/\rho)$]

k_{CO_2}

محاسبه میزان عناصر گاز CO_2 به میزان جرم سوخت برای تبدیل همه کربن سوخت به CO_2 .

k_{CO}

محاسبه میزان عناصر گاز CO به میزان جرم سوخت برای تبدیل همه کربن سوخت به CO .

k_{O_2}

نسبت میزان جرم اکسیژن مصرف شده به جرم سوخت.

L

طول مسیر نوری بر حسب m.

M_{LOSS}

کاهش کل جرم در روش آزمون احتراق بر حسب kg.

M_S

جرم کل دود تولید شده در روش آزمون احتراق بر حسب kg.

\dot{m}

میزان کاهش جرمی آزمون بر حسب kg/s.

\dot{m}_S

میزان جرمی دود تولید شده بر حسب kg/s.

\dot{m}_d

میزان جریان جرمی اختلاط گازها در مجرای بخش آزمون بر حسب kg/s.

P_{atm}

فشار اتمسفر بر حسب Pa.

ΔP_m

دیفرانسیل فشار عرضی لوله پیتوت میانگین در مجرای بخش آزمون بر حسب Pa.

Q

آزادی کل گرما هنگام روش آزمون احتراق بر حسب kJ.

Q_{chem}

سرعت آزادی گرمای شیمیایی بر حسب kJ.

Q_c

سرعت آزادی گرمای همرفتی بر حسب kJ.

T_a

دمای گاز در مجرای بخش آزمون قبل از اشتعال بر حسب درجه K.

T_d

دمای گاز در مجرای بخش آزمون بر حسب درجه K.

t

زمان بر حسب S.

t_{ign}

زمان اشتعال بر حسب S.

v

میزان جریان حجمی کل در مجرای بخش آزمون بر حسب m^3/s .

w

عرض یک نمونه تخت یا محیط دایره در نمونه سیمی بر حسب m.

Y_s

بازده دود.

X_{CO_2}

کسر مولی دی اکسید کربن در مجرای بخش آزمون.

X_{CO}

کسر مولی مونواکسید کربن در مجرای بخش آزمون.

ρ

چگالی گاز در مجرای بخش آزمون بر حسب kg/m^3 .

۵ اصول آزمون

چهار روش آزمون بر اساس اندازه‌گیری زمان مشاهده اشتعال، میزان کاهش جرم، سرعت آزادی گرما و میزان تولید دود در این استاندارد ذکر شده است. روش‌های آزمون با استفاده از یک گرماسنج آزمایشگاهی شناخته شده مانند دستگاه پیشروی آتش به وسیله منبع گرمایی جدا شده از آزمون، انجام می‌شود. هدف از این روش‌های آزمون، ایجاد روش‌های اندازه‌گیری خاصیت شعله‌وری برای تعیین رفتار آتش، هنگام آزمون‌های آتش در مقیاس واقعی است.

روش‌های آزمون اشتعال، احتراق یا پیشروی آتش یا یک ترکیب وابسته به آن، بر روی مصالح ساختمانی و محصولات حاوی مقادیر زیادی ترکیبات و ساختارهای پلیمری مانند آنچه در بند ب-۷ توصیف شده، انجام می‌شود.

یک ویژگی منحصر به فرد روش آزمون پیشروی آتش این است که روش‌های آزمون سرعت آزادی گرمایی شیمیایی هنگام پیشروی رو به بالای آتش و سوختن (از شعله یک ماده پس از اشتعال توسط شار تابش خارجی) بر روی یک آزمون عمودی در هوای عادی، هوای غنی از اکسیژن یا هوای بدون اکسیژن اندازه‌گیری می‌کنند.

این روش‌های آزمون برای ارزیابی خصوصیات اشتعال‌پذیری مشخص مواد در نظر گرفته شده‌اند. موادی که تجزیه می‌شوند شامل نمونه‌هایی از یک محصول نهایی یا آمیزه‌های متفاوت مورد استفاده در محصول نهایی هستند. نتایج این روش‌های آزمون یک داده ورودی از مدل‌های رشد آتش^۱ و گسترش شعله، مطالعات تحلیلی خطرپذیری، تحقیق و پژوهش در طراحی محصولات و ساختمان‌ها و ساخت فرآورده‌ها را فراهم می‌آورد.

این استاندارد می‌تواند برای اندازه‌گیری، توصیف و واکنش مواد، فرآورده‌ها یا یک ترکیب به گرما و شعله تحت شرایط کنترل شده استفاده شود، اما با ترکیب همه فاکتورهای لازم برای تشخیص زیان یا خطر بالقوه آتش مواد، فرآورده‌ها یا مجموعه‌ها، تحت شرایط واقعی آتش به کار نمی‌رود. اندازه و میزان نمونه نباید بیشتر از ظرفیت اندازه‌گیری دستگاه باشد. نمونه‌ای که در طبیعت متلاشی شده نباید در دستگاه آزمون شود.

۶ دستگاه

۱-۶ اصول

۱-۱-۶ ابعاد

در جایی که ابعاد در متن یا در شکل جز به جز شرح داده شده‌اند، رواداری باید به طور معمول $\pm 0.5\%$ و ماکسیمم آن $\pm 1\%$ باشد. در مورد ترکیباتی که متناسب با هم در نظر گرفته شده‌اند، به طور استثنا، رواداری خط‌درز^۲ باید مناسب با اتصال کشویی (متحرک) باشد.

۲-۱-۶ قطعات

دستگاه باید از قطعات زیر تشکیل شده باشد (به ترتیب به عکس و طرح شکل‌های ۱ و ۲ و نمای شرح داده شده در شکل ۳ مراجعه کنید):

الف) سامانه گرمایشی مادون قرمز؛

ب) سامانه لودسل^۳؛

پ) شمعک اشتعال شعله و زمان‌سنج؛

ت) سامانه تجزیه گاز محصول؛

ث) سامانه لیزری اندازه‌گیری دود؛

ج) سامانه توزیع هوای احتراق؛

چ) محفظه خنک‌کننده آبی؛

ح) سامانه خروج دود؛

خ) ابزارهای بخش اندازه‌گیری؛

د) ابزارهای واسنجی؛

ذ) سامانه رقومی^۴ پردازش ارقام.

1- Fire growth

2 -Joint

3- Load cell

4-Digital

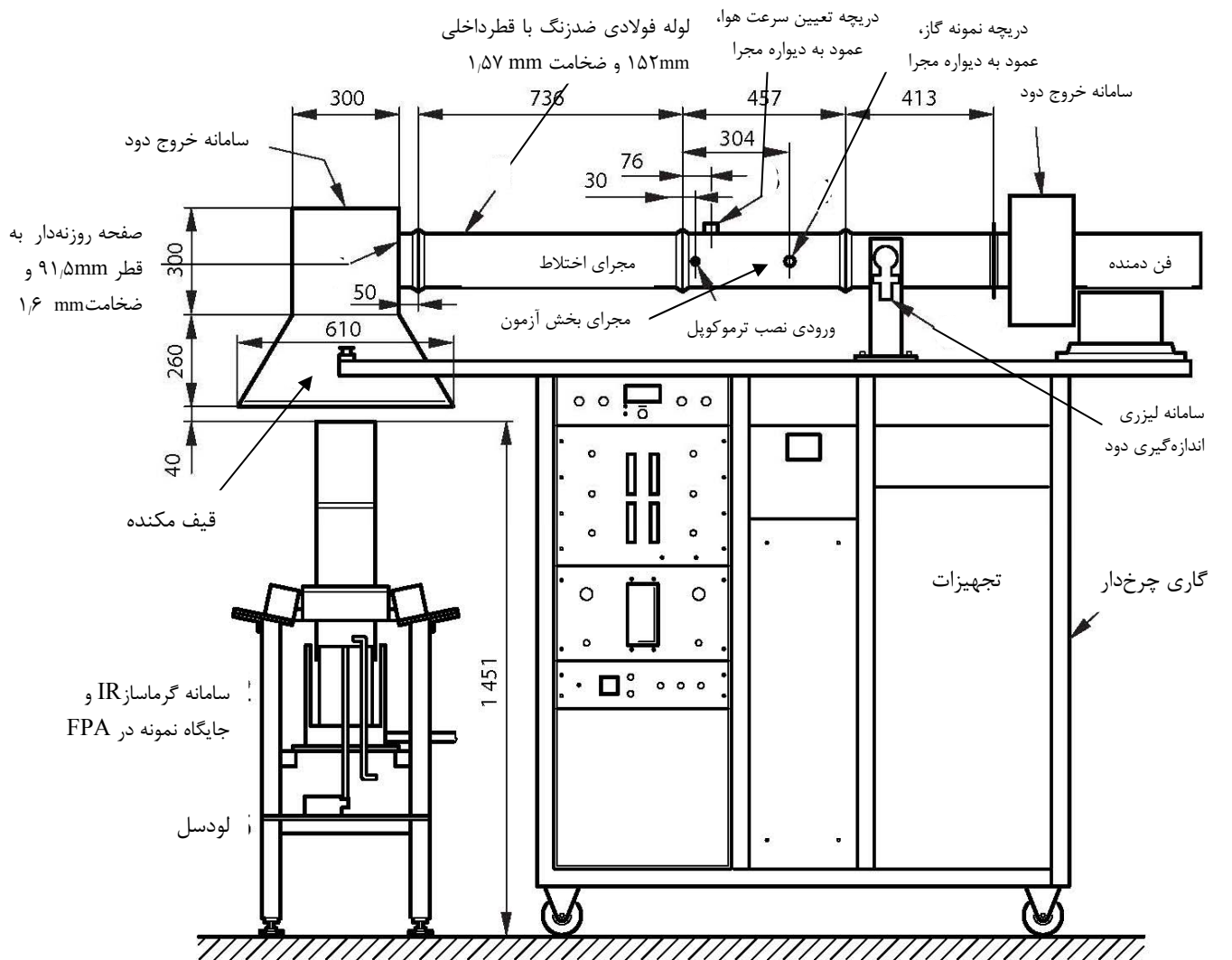
۲-۶ سامانه گرمایشی مادون قرمز (IR)

سامانه گرمایشی مادون قرمز^۱ (IR) شامل چهار گرماساز با ابعاد ۲۴۰mm طول، ۸۱ mm ارتفاع و ۸۱ mm عرض و یک کنترل کننده توان می باشد (برای نماهای مختلف به شکل های ۱ تا ۳ مراجعه کنید).



شکل ۱- عکس دستگاه پیشروی آتش.

۱- گرماسازهای مادون قرمز چگالی بالا نوع دما بالای 5208-05 با لامپهای مدل 500T3/CL/HT با کنترل کننده توان SCR 664 یا نوع دما بالای 5209-05 با لامپهای QIH240-1000R12 و کنترل کننده توان 3629B.



* ابعاد بر حسب میلی متر است.

شکل ۲- شکل‌واره دستگاه پیشروی آتش

هر یک از ۴ گرماساز دارای شش لامپ لوله‌ای کوارتزی با گرم‌کن تنگستن رشته‌ای (هر کدام ۵۰۰ وات) در یک بدنه بازتابنده متمرکز است که قابلیت تولید شار تابشی تا 510 Kw/m^2 در قسمت جلوی پنجره کوارتزی پوشش دهنده لامپ‌ها را دارد. بدنه بازتابنده از نوع آب خنک بوده، و محفظه لامپ، بین پنجره کوارتزی و بازتابنده، برای مدت مدیدی، هواخنک می‌شود. فرستنده‌های مادون قرمز هر لامپ، یک رشته تنگستن 127 mm در گاز آرگون است که توسط یک لوله کوارتزی شفاف با قطر بیرونی 9.5 mm محصور شده است. عملیات فرستنده‌های مادون قرمز در دمای تقریباً 2205°C و ولتاژ اسمی با پیک انرژی طیفی $1.15 \mu\text{m}$ انجام می‌شود. طول موج بزرگتر از حدود $3.6 \mu\text{m}$ توسط سطح حباب کوارتزی و گرماساز جلوی پنجره جذب شده که هواخنک می‌شوند.

۳-۶ سامانه لودسل^۱

سامانه لودسل که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده شامل یک لودسل با فراهم کردن یک سیگنال مناسب لودسل برای کنترل کننده لودسل است که باید دارای:

(الف) دارای دقت $g/0.1$ و اندازه‌گیری در محدود ۰ تا $g/1000$ و یک محور فولادی ضدزنگ به قطر 6.35 mm با حداقل طول 330 mm که بر روی نقطه تکیه‌گاه لودسل قرار گرفته است؛

(ب) یک صفحه توزین آلومینیومی با ضخامت 1.5 mm و قطر 100 mm که به انتهای بالایی میله فولادی توسط یک بست متصل شده است؛

(پ) دو عدد بوش بلبرینگی با اصطکاک پایین که هدایت کننده میله است به طوری که این میله به ترتیب از بالا و پایین محفظه توزیع هوا عبور کند.

محور فولادی ضدزنگ در انتهای پایینی باید داخل یک میله تنظیم پیچ‌دار، برای تنظیم ضخامت‌های مختلف آزمون‌های افقی، قرار گیرد.

۴-۶ شمعک اشتعال شعله

شمعک عبارت از یک مشعل اتیلن- هوا (با حجم ۶۰ به ۴۰) تنظیم شده با طول شعله 10 mm است. شمعک در طول 50 mm در انتهای یک لوله افقی فولادی ضدزنگ با قطر خارجی 6.35 mm و قطر داخلی 4.70 mm مهار شده است. در قسمتی از لوله افقی، یک سرامیک چهار سوراخ تعبیه شده که برای تولید شعله پایدار و جلوگیری از برگشت شعله به کار می‌رود. لوله شمعک باید قادر به چرخیدن و جابجایی باشد و موقعیت شعله افقی را در محل‌های مشخص نزدیک به نمونه، همان طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده، قرار دهد (به توضیحات بند ۱-۱۱ مراجعه کنید).

۵-۶ زمان سنج اشتعال

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری زمان شعله‌وری پایدار که باید قادر به ثبت زمان با تقریب $s/0.1$ و دقت بیشتر از $1s/h$ باشد.

۶-۶ سامانه تجزیه گاز

۱-۶-۶ نمونه‌گیری گاز

سامانه تجزیه گاز شامل یک سامانه نمونه‌گیری گاز و ابزار تجزیه آن است. ترکیب نمونه‌گیر در شکل ۴ نشان داده شده است. این ترکیب شامل:

(الف) یک میله مدرج^۲ نمونه‌گیری در مجرای بخش آزمون؛

(ب) فیلترهای پلاستیکی اولیه و ثانویه (با اندازه منافذ $5\text{ }\mu\text{m}$) برای جلوگیری از ورود دود؛

(پ) یک عامل چگالنده در محدوده دمایی $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ تا $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ برای حذف مایعات؛

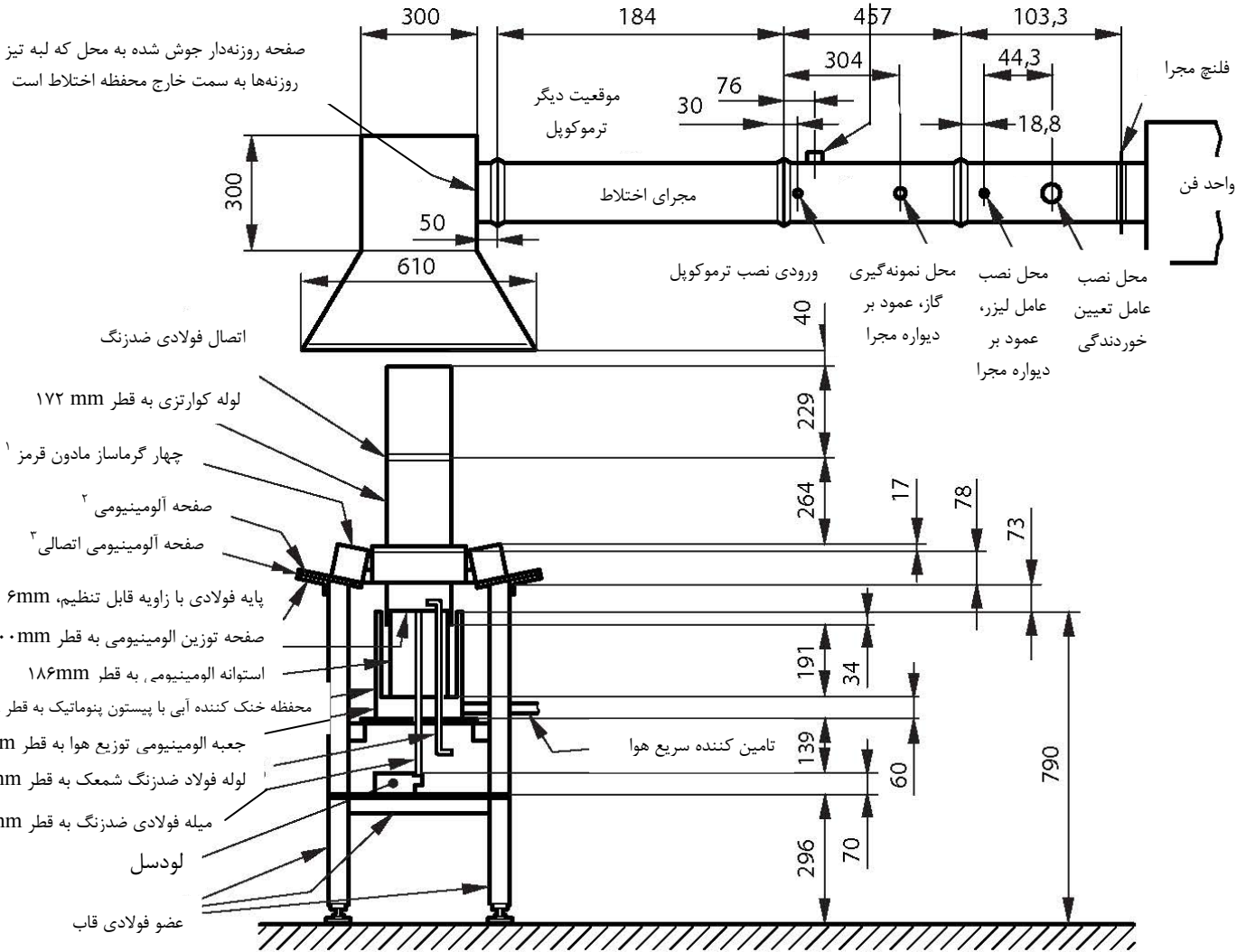
(ت) یک لوله حاوی خشک کننده مشخص (۱۰ تا ۲۰ روزنه) برای حذف باقیمانده رطوبت؛

(ث) یک فیلتر برای ممانعت از داخل شدن دود به تجزیه‌گرها اگر قبلاً حذف نشده باشد؛

1- Load cell

2- Probe

دریچه تعیین سرعت
هوا، در عرض افقی



* ابعاد بر حسب میلی متر است.

- ۱- چهار گرماساز مادون قرمز، ابعاد $241 \text{ mm} \times 81 \text{ mm} \times 81 \text{ mm}$ ، مجهز به لامپ 500 W از 152 mm تا 203 mm
- ۲- به طول 292 mm ، عرض 165 mm و ضخامت 6 mm
- ۳- به طول 464 mm ، عرض 51 mm و ضخامت 6 mm

شکل ۳- سامانه گرم کن IR و جایگاه نمونه با مجرای افقی

ج) پمپ نمونه گیری که جریان را در میان خط نمونه گیری انتقال می دهد، سامانه سنجش جریان، شیرهای سوزنی و مانیفولدها (چندشاخه ها)^۱ که جریان را به هر یک از تجزیه گر (CO ، CO_2 ، O_2 و گاز هیدروژن) هدایت می کنند.

میله مدرج نمونه گیری، یک لوله بدون درز فولادی ضدزنگ (با قطر خارجی 6.35 mm) با 14 سوراخ، نصب شده در میان ورودی بخش آزمون است که باید طوری قرار گیرد که انتهای آزاد لوله در مرکز بخش آزمون باشد. میله نمونه گیری متصل به یک اتصال تی شکل است که اجازه می دهد هر نمونه یا گاز واسنجی به سمت تجزیه گر جریان یافته و مازاد آن دفع شود.

۶-۶-۲ تجزیه‌گرهای^۱ گاز دی‌اکسیدکربن - مونوآکسیدکربن

تجزیه‌گر گاز دی‌اکسیدکربن باید قادر به اندازه‌گیری از ۰٪ تا ۱/۵٪ حجمی ($15000 \mu\text{l/l}$) و تجزیه‌گرهای گاز مونوآکسیدکربن باید قادر به اندازه‌گیری از ۰٪ تا ۰/۰۵٪ حجمی ($500 \mu\text{l/l}$) سطوح تراز باشند. تغییر از مقیاس کل نباید بیشتر از $\pm 1\%$ برای یک دوره زمانی بالای ۲۴ ساعت باشد. دقت اندازه‌گیری باید ۱٪ مقیاس کل و زمان واکنش باید ۱۰s یا کمتر برای ۱۰٪ تا ۹۰٪ مقیاس کل باشد (به طور معمول ۵s برای محدوده‌های مشخص شده). زمان تاخیر سامانه نباید بیشتر از ۲۵s شود (اندازه‌گیری از میله نمونه‌گیری تا تجزیه‌گر، همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است).

۶-۶-۳ تجزیه‌گر هوای اکسیژن‌دار ورودی

این تجزیه‌گر باید دارای زمان واکنش ۱۰s یا کمتر برای ۱۰٪ تا ۹۰٪ مقیاس کل، با دقت ۰/۰۵٪ مقیاس کل باشد، انحراف در یک دوره زمانی ۳۰ دقیقه‌ای نباید بیشتر از ± 0.005 ٪ حجمی O_2 ($50 \mu\text{l/l}$) و محدوده ۰٪ تا ۱۰۰٪ باشد. زمان تاخیر سامانه نباید بیشتر از ۲۵s شود (اندازه‌گیری از میله نمونه‌گیری تا تجزیه‌گر، همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است).

۶-۶-۴ تجزیه‌گرهای محصول انتخابی از آزمون احتراق

در کل، تجزیه‌گر اکسیژن، می‌تواند برای اندازه‌گیری کاهش اکسیژن در محصولات احتراق استفاده شود. این تجزیه‌گر باید خصوصیات مشابه تجزیه‌گرهای هوای ورودی را داشته باشد اما باید دارای دامنه غلظت ۱۹٪ تا ۲۱٪ باشد. تجزیه‌گر گاز هیدروکربن با ردیابی از روش یونیزاسیون شعله می‌تواند برای تعیین غلظت کل گاز هیدروکربن استفاده شود. این تجزیه‌گر باید دارای زمان واکنش ۱s یا کمتر برای ۱۰٪ تا ۹۰٪ مقیاس کل و چندین دامنه باشد تا مجاز به اندازه‌گیری‌ها از یک مقیاس کل ۰/۰۰۱٪ حجمی ($10 \mu\text{l/l}$) گاز متان معادل ۰/۱٪ حجمی ($1000 \mu\text{l/l}$) باشد. زمان تاخیر سامانه نباید بیشتر از ۲۵s شود (اندازه‌گیری از میله نمونه‌گیری تا تجزیه‌گر، همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است).

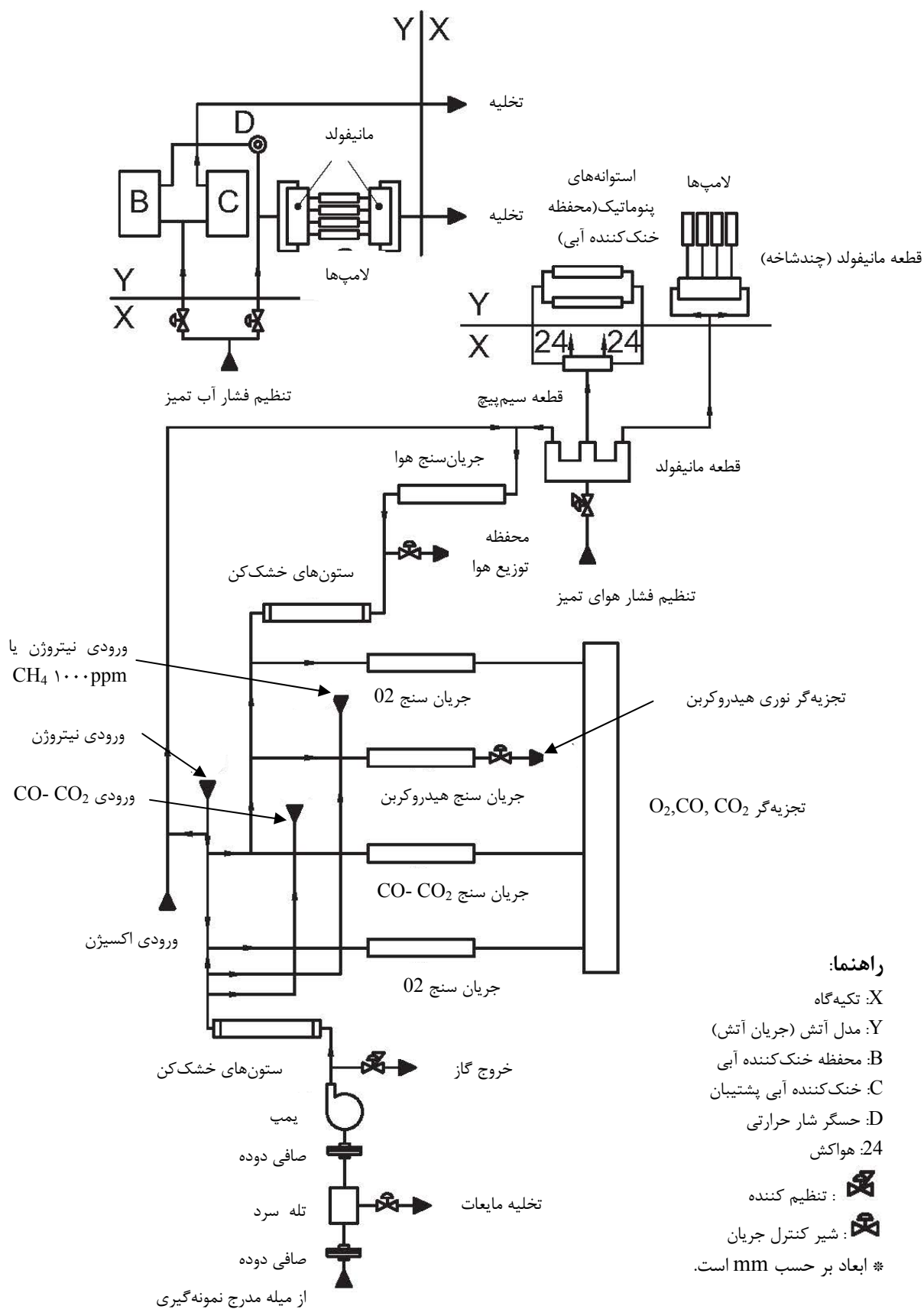
۶-۷ سامانه توزیع هوای احتراق

۶-۷-۱ کلیات

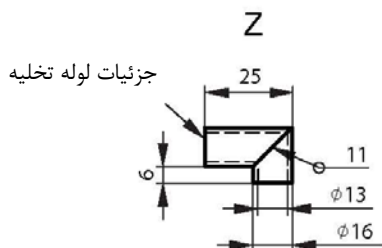
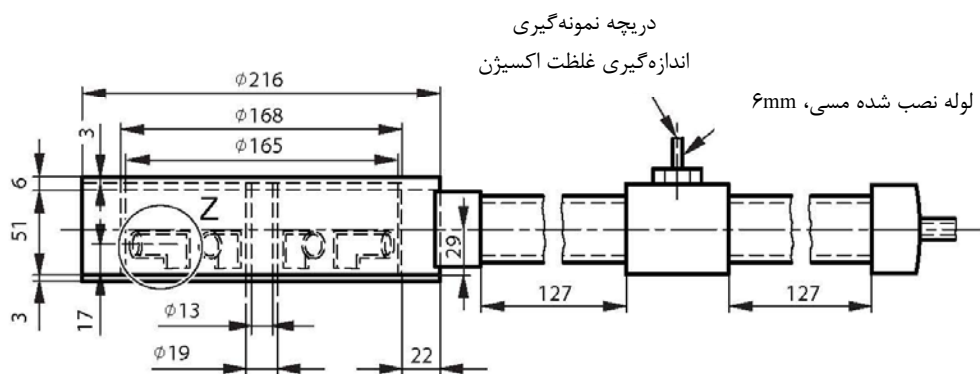
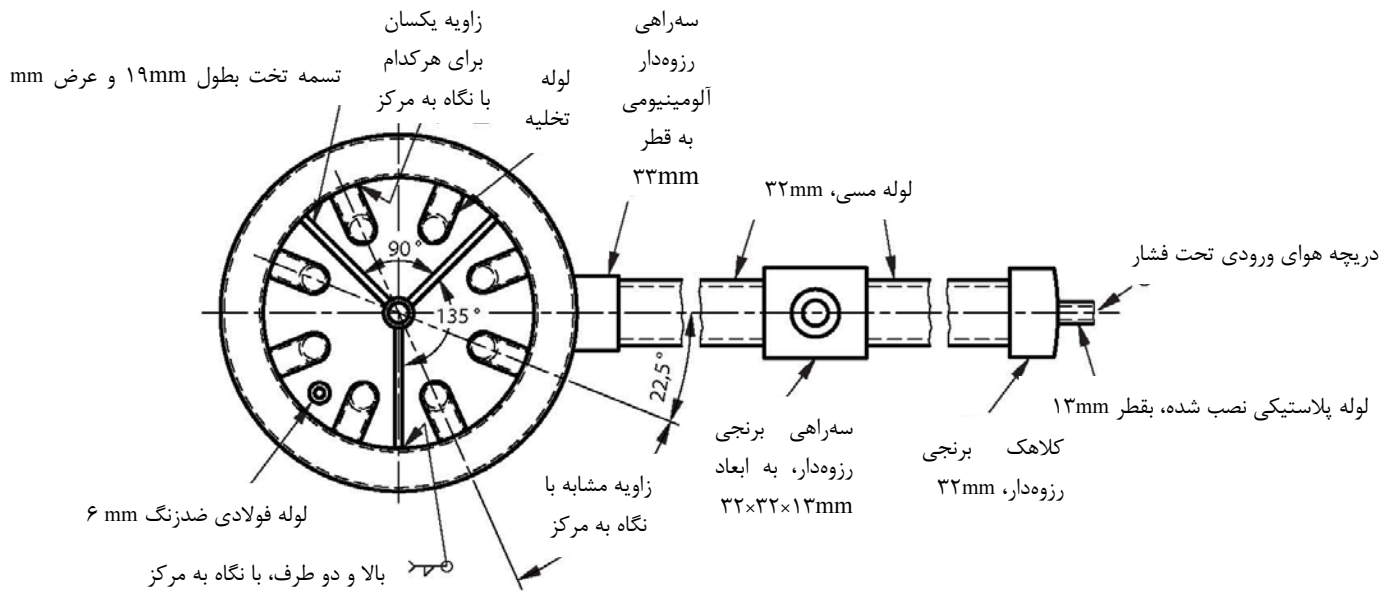
این سامانه شامل یک محفظه توزیع هوا (در شکل ۵ نشان داده شده است) و لوله‌های تامین هوا می‌باشد (در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است).

۶-۷-۲ محفظه توزیع هوا

این محفظه آلومینیومی که در شکل ۵ نشان داده شده، شامل هشت لوله تخلیه است که در یک دایره به قطر داخلی ۱۶۵ mm قرار گرفته‌اند. لوله‌ها آلومینیومی بوده و برای توزیع گازهای ورودی (هوا، O_2 ، N_2 و مانند آنها) با سه سری توری فلزی (یک پوشش سیمی فولادی درهم بافته ضدزنگ به ترتیب با منافذ ۱۰، ۲۰ و ۳۰) برای تولید یک جریان یکنواخت هوا می‌باشد. جریان‌های هوای ورودی از میان هشت لوله تخلیه به سمت پایین حرکت کرده بر روی صفحه انتهایی پخش شده و سپس از میان منافذ توری فلزی به سمت سیلندر پشتیبانی آلومینیومی بالا می‌رود.



شکل ۴- روند کار در سامانه نمونه گیری گاز



تسمه آلومینیومی بطول ۱۹mm و عرض ۳mm (۳ عدد)

بخشی از نمای نشان‌داده شده تسمه‌ها

شکل ۵- محفظه توزیع هوا

۳-۷-۶ لوله‌های تامین هوا

این لوله‌ها شامل یک استوانه^۱ آلومینیومی، همان طور که در شکل‌های ۳ و ۶ نشان داده شده، است که از بالای محفظه توزیع هوا تا سکوی بار ادامه پیدا کرده است. این استوانه باید دارای یک پاشنه^۲ (به شکل‌های ۶ و ۷ مراجعه کنید) به عنوان تکیه‌گاه لوله کوارتزی باشد (با قطر داخلی 165.0 ± 0.5 mm و ضخامت

1- Cylinder
2- Step

mm 0.5 ± 0.3). در ارتفاعی بالاتر از صفحه توزین، مادامی که انرژی بازتابیده از سامانه گرمایشی IR به سطح نمونه می‌رسد، لوله کوارتزی (به شکل‌های ۶ و ۷ مراجعه کنید) اکسیدکننده‌ها را به شعله نمونه می‌رساند. استوانه آلومینیومی پشتیبانی باید به طور محکم به محفظه توزیع متصل شود و لوله کوارتزی باید قابلیت جمع‌آوری داشته باشد.

۸-۶ محفظه خنک‌کننده آبی

برای جلوگیری از مواجهه گرماسازهای IR در طی دوره تثبیت یک دقیقه‌ای گرماساز، باید یک محفظه (به شکل ۸ مراجعه کنید) شامل دو استوانه آلومینیومی به هم جوش شده با یک ورودی و خروجی برای گردش آب وجود داشته باشد. به نحوی که یک محرک الکتریکی، پیستون پنوماتیک محفظه را بالا آورده تا نمونه را هنگام پیشروی شعله بیوشاند و برای دیدن شعله نمونه هنگام شروع آزمون، محفظه را در کمتر از ۱s پایین ببرد.

۹-۶ سامانه خروج دود

سامانه خروج دود (به شکل ۳ مراجعه کنید) شامل قطعات اصلی زیر می‌باشد:

الف) قیف مکش ورودی؛

ب) بخش اختلاط؛

پ) بخش اندازه‌گیری؛

ت) فلنچ‌های^۱ مجرا؛

ث) یک فن دما بالا برای بیرون کشیدن گازها از میان قیف مکش ورودی، بخش اختلاط و بخش اندازه‌گیری با میزان جریان از $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ تا $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$.

قیف مکش ورودی، بخش اختلاط و بخش اندازه‌گیری باید از داخل با روکش رزینی فلورین اتیلن پروپیلن (FEP) لعاب داده شود و لایه‌ها با یک آستر مناسب به شکل یک پوشش سه لایه که باید حداقل دمای 200°C را تحمل کنند، پرداخت شوند.

۱۰-۶ ابزار بخش اندازه‌گیری

۱-۱۰-۶ میله ترموکوپل بخش اندازه‌گیری

میله ترموکوپل که در میان ورودی بخش اندازه‌گیری قرار دارد باید طوری قرار گیرد که دیده شود، مهره اندازه‌گیری نوع k در مرکز بخش اندازه‌گیری، در موقعیت محوری ورودی بخش نمونه‌گیری گاز است. میله ترموکوپل از یک سیم با قطر $0.5 \pm 0.254 \text{ mm}$ برای اندازه‌گیری درجه حرارت گاز با واکنش زمانی (در جریان مشخص خروج دود، به بند ۱۱-۲ مراجعه کنید) کمتر از ۱s با دقت 1°C ساخته شده است.

۲-۱۰-۶ میله پیتوت^۲ میانگین و مبدل فشار

یک میله پیتوت میانگین که در میان دریچه پایینی دریچه ترموکوپل بخش آزمون قرار گرفته، میزان جریان جرمی جریان گاز را با استفاده از حداقل چهار سری منافذ حسگر جریان^۳ اندازه‌گیری می‌کند. سری اول

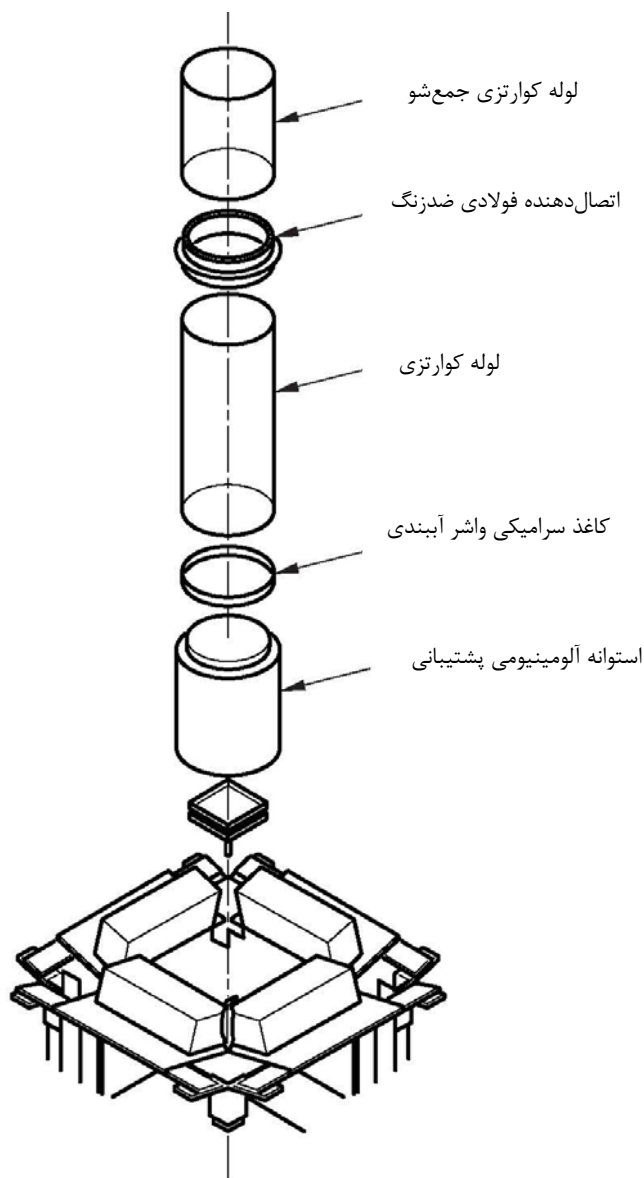
1- Duct flanges

2- Pitot

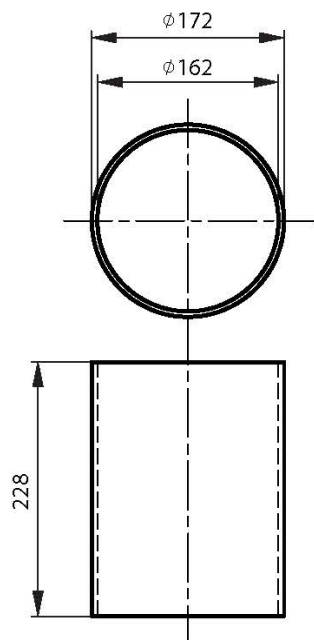
3- Flow sensing openings

منافذ حسگر جریان باید در معرض جریان بالادست و دومین سری باید در معرض جریان پایین دست قرار گیرند. منافذ حسگر جریان باید سازگار با قطر بخش اندازه‌گیری طراحی شده باشد. فشارهای متفاوت تولید شده با میله مدرج با یک مبدل فشار الکترونیکی اندازه‌گیری می‌شود (فشارسنج^۱ الکترونیکی).

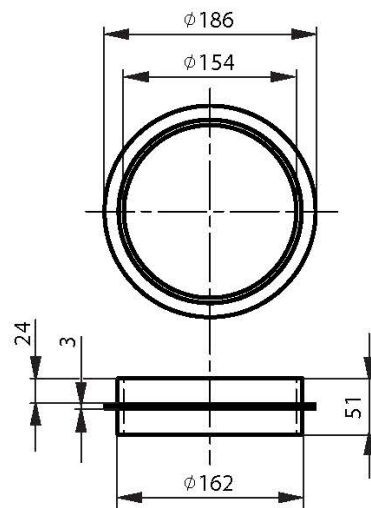
یادآوری - اختلاف فشار اندازه‌گیری شده متناسب با یک چهارم میزان جریان است. تجربه نشان داده است که میله پیتوت میانگین در این کاربرد قابل اطمینان است (حساس به اتصال نیست) در حالی که افت فشار را در سامانه خروج دود به حداقل می‌رساند.



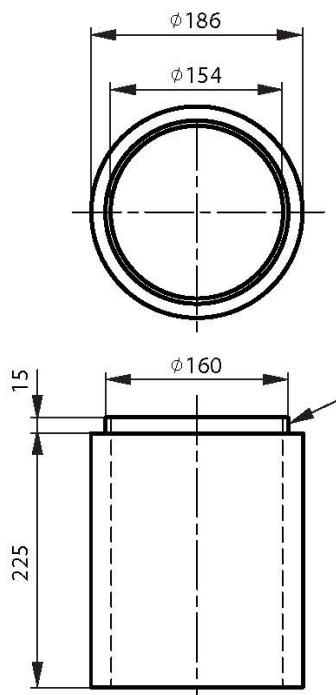
شکل ۶- نمای باز شده مجموعه لوله کوارتزی



لوله کوارتزی جمع شو

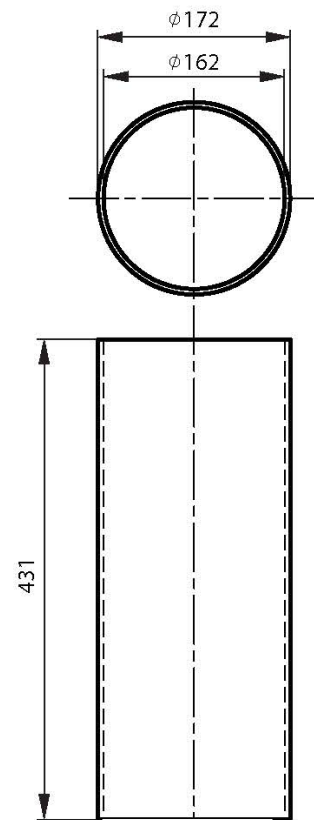


اتصال دهنده فولادی ضدزنگ



استوانه آلومینیومی پشتیبانی لوله

کاغذ سرامیکی
اضافه (3mm)
شده برای
نفوذناپذیری هوایی
آببند با لوله



لوله کوارتزی

* ابعاد بر حسب میلی متر است.

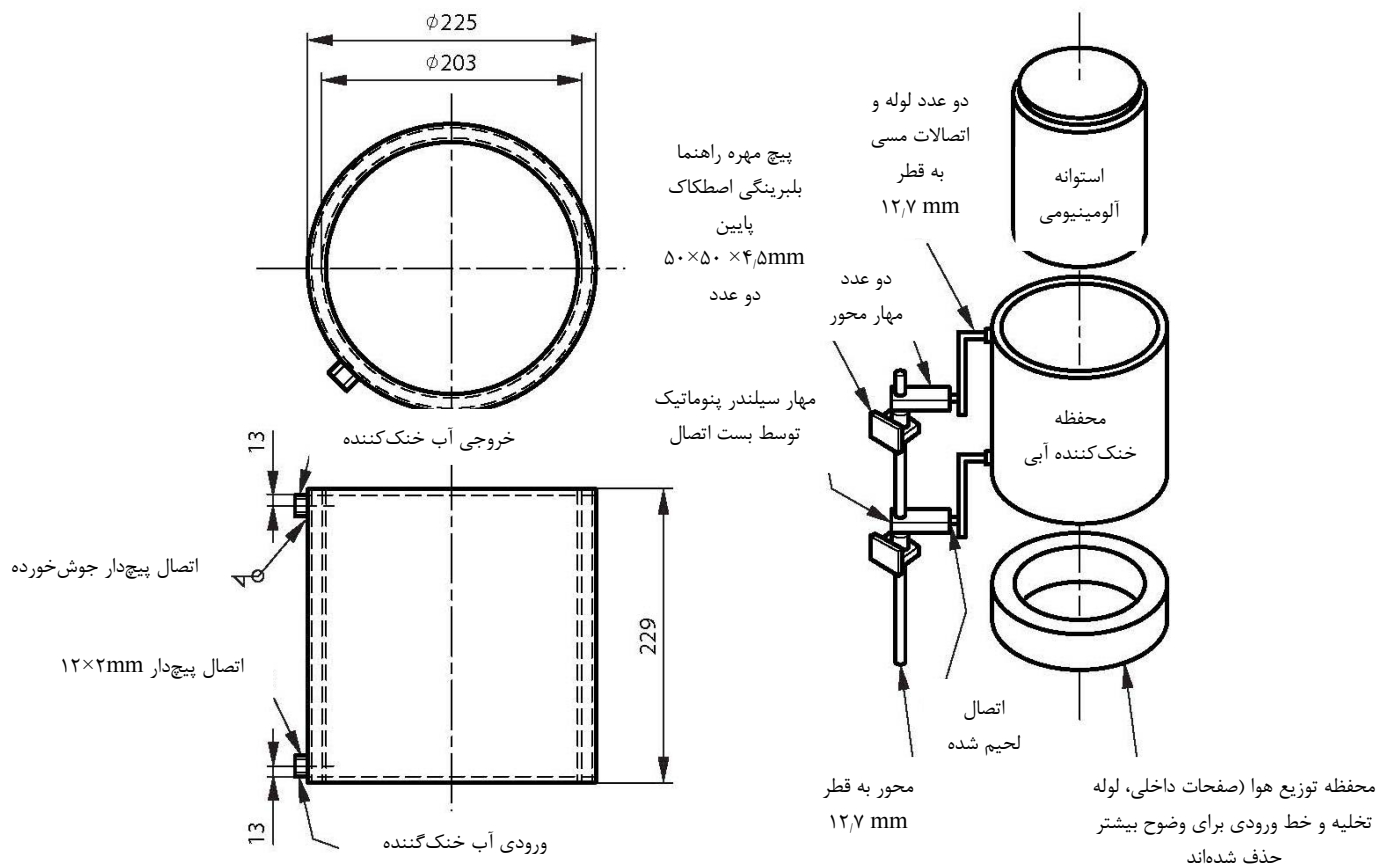
شکل ۷- محصور کننده های احتراق

۱۱-۶ سنجه شار حرارتی

برای واسنجی سامانه گرمایشی IR، از یک میله نوع گاردنی^۲ یا معادل آن، سنجه شار حرارتی کل با دامنه اسمی 0 kW/m^2 تا 100 kW/m^2 و سطح حسگر تخت به قطر 6mm تا 8mm که با یک پوشش صاف سیاه

1- Gauge
2- Gardon-type

بادوام پرداخت شده، استفاده می‌شود. بدنه سنجه باید با آب، در بالای نقطه شبنم محیط پیرامون سنجه، خنک شود. سنجه باید پایدار بوده و با دقت حدود ۹٪ (مطابق با استاندارد بند ۲-۲) و تکرارپذیری ۰٫۵٪ میان واسنجی‌ها حفظ شود. واسنجی سنجه شار حرارتی را ماهیانه با استفاده از واسنجی یک گرمخانه^۱ بدنه سیاه بررسی کنید که شامل مقایسه واکنش سنجه با یک پیرومتر نوری است. به طور متناوب، خروجی سنجه را با یک مرجع استاندارد مقایسه کنید.



جزئیات محفظه آلومینیومی جوش شده

* ابعاد بر حسب mm است مگر این که طور دیگری مشخص شده باشد.

یادآوری ۱- چرخاندن ۴۵° منظره برای وضوح بیشتر.

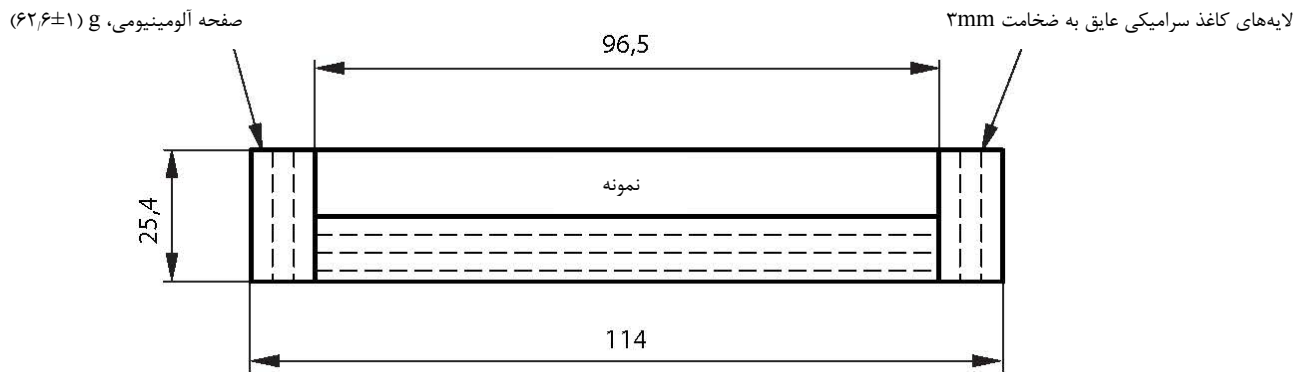
یادآوری ۲- نصب برای ساخت.

شکل ۸- محفظه خنک کننده آبی

۱۲-۶ سامانه رقومی پردازش اطلاعات

خروجی CO_2 ، CO ، گاز هیدروکربن، احتراق O_2 و O_2 هوای ورودی تجزیه گرها، لودسل، ترموکوپل مجرای بخش اندازه گیری و مبدل فشار الکترونیکی را به صورت رقومی در فاصله های کمتر از ۱ s ثبت می کند. تغییر زمان اطلاعات برای تاخیر غلظت های گاز در خطوط نمونه گیری گاز و زمان های پاسخ ابزار مناسب محاسبه می شوند. سامانه جمع آوری اطلاعات باید دارای دقت $\pm 1^\circ C$ برای اندازه گیری دما و $\pm 0.1\%$ مقیاس کل

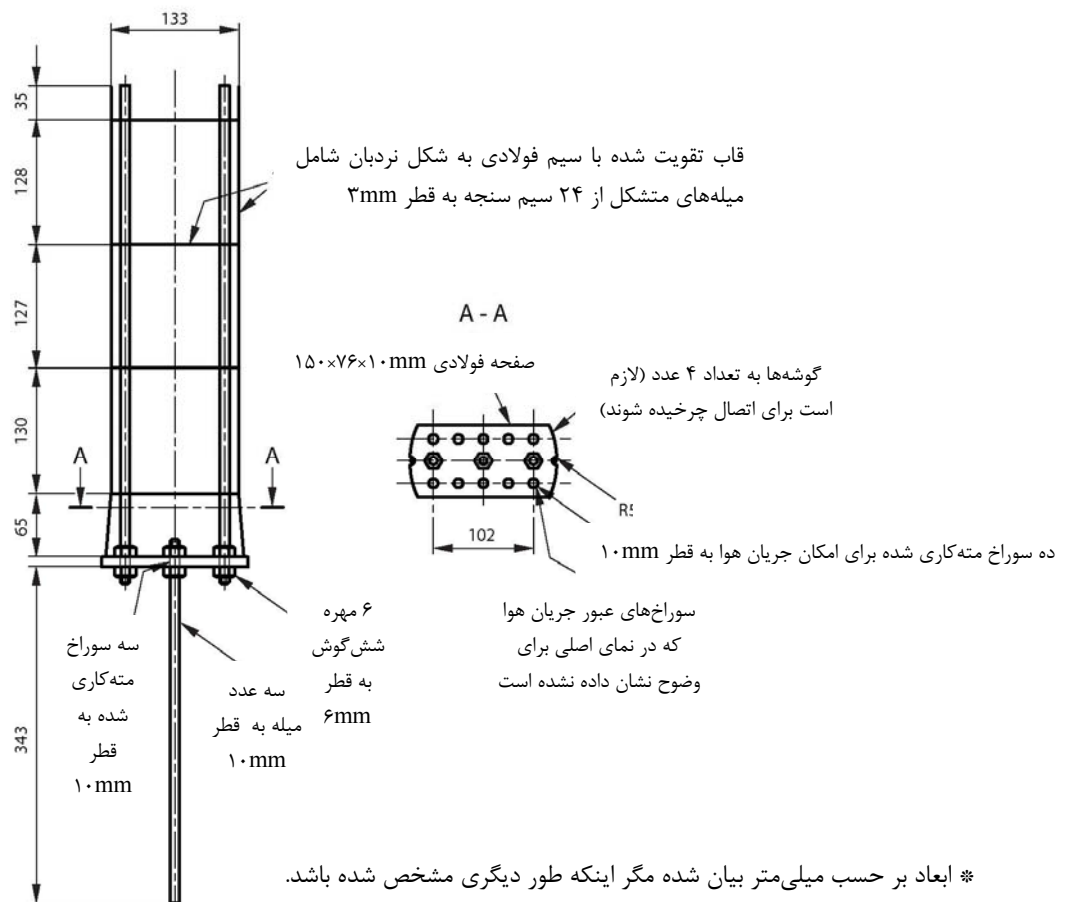
ابزار خروجی برای سایر کانال‌ها باشد. سامانه باید بتواند حداقل یک ساعت اطلاعات را در فاصله‌های یک ثانیه‌ای ثبت کند. هرچند، به طور معمول مدت زمان آزمون، بین ۸ دقیقه تا ۱۵ دقیقه است.



یادآوری ۱- این نگه‌دارنده برای نگهداری مواد نیمه سوخته و ذوب نشده بعلاوه نمونه پودر شده به کار می‌رود. همه ابعاد بر حسب میلی‌متر بیان شده مگر اینکه طور دیگری مشخص شده باشد.

یادآوری ۲- به پیوسته [۸] مراجعه کنید.

شکل ۹- نگه‌دارنده نمونه دایره‌ای افقی



نیمرخ نمونه تقویت شده به میله قاب متشکل از ۲۴ سیم سیمی.

شکل ۱۰- نگه‌دارنده نمونه عمودی

۷ خطرات

۱-۷ ایمنی آزمایشگاه

اقدامات ایمنی همه آزمایشگاه‌های معمول باید از روش‌های آزمون شامل دماهای بالا و واکنش‌های احتراق بعلاوه استفاده از گرماسازهای تشعشعی الکتریکی، ظروف شیشه‌ای و انواع مختلف گازهای متراکم متابعت کند.

۲-۷ تدابیر ایمنی

شرایط مخاطره آمیز عمده مانند سوختن، اشتعال اشیاء فرعی و پوشاک و استنشاق محصولات احتراق همیشه وجود دارد. در هنگام کار با دستگاه، اپراتور باید از گوشی‌های محافظ و حداقل عینک ایمنی یا عینک جوشکاری حفاظدار شماره ۵ استفاده کند. اپراتور باید از دستکش ایمنی برای برداشتن و انتقال نمونه‌ها استفاده کند. نمونه‌ها باید به زیر یک هواکش دود انتقال داده شوند. استفاده از دستکش ایمنی برای همه گرماسازها و لوازم برقی مربوطه، مادامی که می‌توانند از گرما متاثر شوند، الزامی است.

۳-۷ عملکرد سامانه خروج دود

سامانه خروج دود باید برای عملکرد صحیح قبل از انجام آزمون بررسی شود و باید با استفاده از مجراهای سیستم تهویه به بیرون ساختمان تخلیه شود. قرار کنید که سامانه خروج دود باید برای جمع‌آوری و تخلیه همه محصولات احتراق ساخته شود و به خوبی عمل کند.

۸ آزمون

۱-۸ نگه‌دارنده نمونه

چهار نوع نگه‌دارنده نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرند: مربع افقی، دایره افقی (به شکل ۹ مراجعه کنید)، عمودی (به شکل ۱۰ مراجعه کنید) و سیم عمودی (به شکل ۱۱ مراجعه کنید). نگه‌دارنده مربعی افقی دارای دو لایه ورقه آلومینیومی قالب‌گیری شده با ضخامت 0.705 mm به سمت پهلوها و کف نمونه مربعی شکل است. نگه‌دارنده افقی دایره‌ای، یک بشقاب آلومینیومی به قطر 0.114 m است (به شکل ۹ و بند ۸-۲-۱ مراجعه کنید). نگه‌دارنده عمودی یک قفسه نردبانی به ابعاد 0.114 m ارتفاع در 0.133 m عرض است (به شکل ۱۰ مراجعه کنید). نگه‌دارنده سیمی عمودی دارای 0.825 m ارتفاع بوده و می‌تواند یک نمونه سیمی به قطر 51 mm و تا ارتفاع 0.81 m را پشتیبانی کند.

۲-۸ اندازه نمونه و آماده‌سازی

۱-۲-۸ آزمون‌های اشتعال، تجزیه حرارتی^۱ و احتراق نمونه‌های افقی

نمونه‌ای از مواد سطح تخت با مساحت $102 \text{ mm} \times 102 \text{ mm}$ برای نگه‌دارنده مربعی افقی بریده یا تولید کنید. برای نگه‌دارنده دایره‌ای افقی یک نمونه از مواد با سطح تخت به قطر $(96.5 \pm 2) \text{ mm}$ بریده یا تولید کنید. ضخامت قطعات باید در محدود 3 mm تا 25.4 mm بوده و معرف مواد یا محصول نهایی باشند.

نمونه‌های کامپوزیت فراهم شده باید به نوعی دارای شرایط محصول نهایی باشند. نمونه‌های افقی با قطر $mm(96.5 \pm 2)$ باید با یک نوار فایبرگلاس به ضخامت $mm(0.75 \pm 0.02)$ متصل به آلومینیوم (هم از پشت و هم از پهلو) محکم چسبیده و سپس بر روی یک بشقاب آلومینیومی $g(62.6 \pm 2)$ قرار گیرد. سمتی از نمونه که در نگاه‌دارنده نمونه است باید با سه لایه کاغذ سرامیکی به ضخامت $mm(3 \pm 0.2)$ (چگالی kg/m^3 ۱۹۰ تا kg/m^3 ۲۰۰) عایق‌کاری شود. سمت انتهایی (ته) نمونه در نگاه‌دارنده، باید با لایه‌های کاغذ سرامیکی به ضخامت $mm(3 \pm 0.2)$ عایق‌کاری شود [۸].

سطح رویی هر نمونه را با سطح رویی عایق سرامیکی به طوری که در شکل ۹ نشان داده شده، هم سطح کنید. در مورد نمونه‌های سیمی، یک نمونه سیمی (هر انتها به نوار فایبرگلاس چسبیده به نوار آلومینیومی محکم چسبیده شود) را طوری ببرید که مرکز و حداقل mm ۲۰ از هر سمت مرکز بشقاب آلومینیومی را پوشش دهد. به سطح رویی نمایان نمونه تنها یک لایه نانوکامپوزیت تخت سیاه رنگ اسپری کنید که برای تحمل درجه‌حرارت $^{\circ}C(540 \pm 10)$ طراحی شده است (این رنگ هنگامی که روی یک ورقه فلزی نازک باشد آتش نمی‌گیرد [۸]). پیش از انجام آزمون، با قرار دادن نمونه در دمای $^{\circ}C(23 \pm 3)$ و رطوبت نسبی $\% (50 \pm 5)$ به مدت ۴۸ ساعت، شرایط نمونه را بهبود دهید. این روکش، کربن سیاه و کربن فعال شده ذغال چوب است که می‌تواند به عنوان روکش به کار رود. جرم هر واحد مساحت برای این روکش نباید بیشتر از $\% (160 \pm 5)$ شود. درست قبل از اینکه آزمون انجام شود، بر روی نگاه‌دارنده شامل نمونه، یک صفحه سیلیکات کلسیم به ضخامت mm ۱۳ (با چگالی kg/m^3 ۷۰۰ تا kg/m^3 ۷۵۰ و ضریب هدایت حرارتی W/mk ۰.۱۱ تا W/mk ۰.۱۳) قرار دهید که مشابه ابعاد نگاه‌دارنده است.

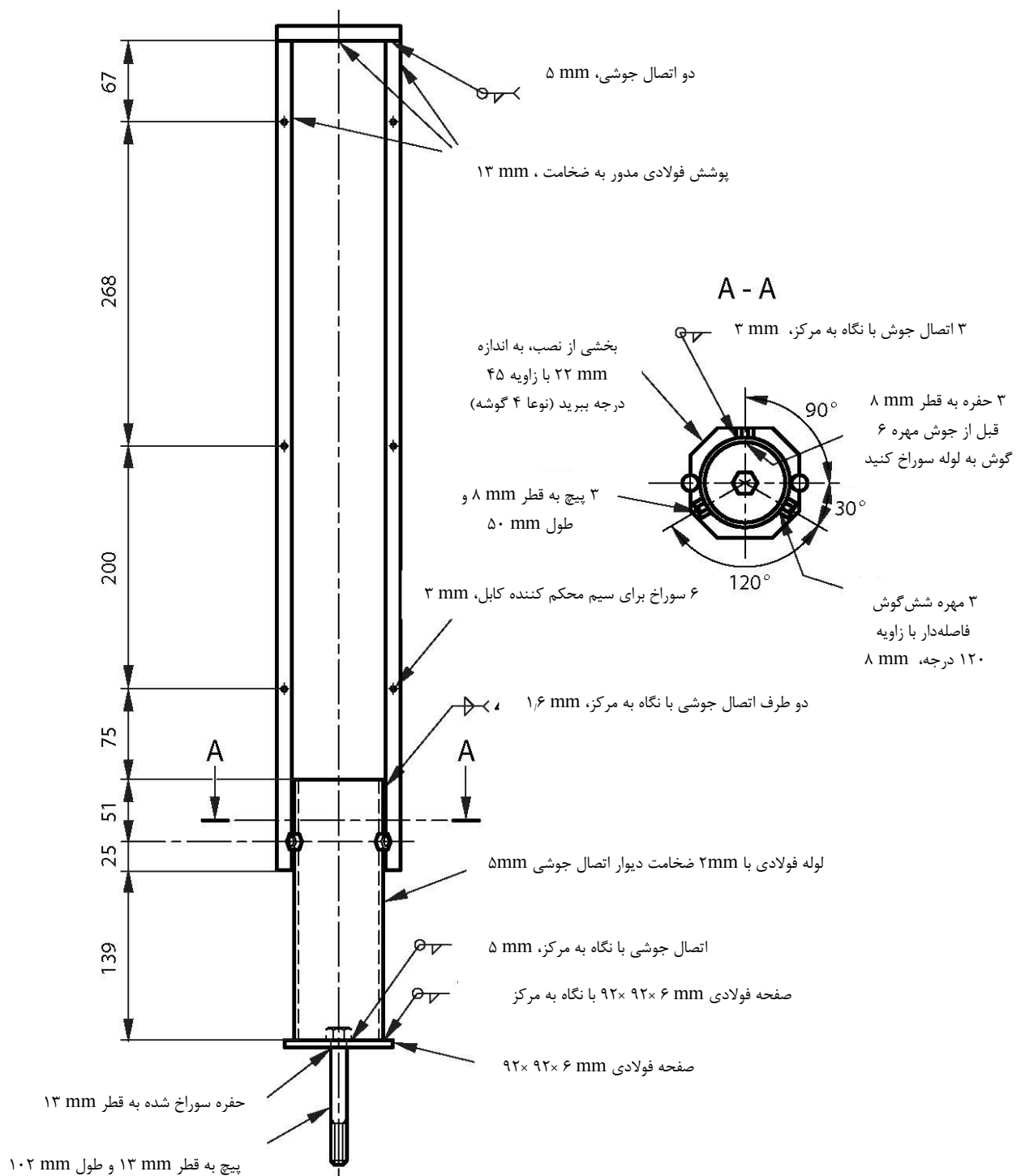
۸-۲-۲ آزمون پیشروی آتش در نمونه‌های مستطیلی عمودی

نمونه‌ها را از محصولات یا مواد اساساً تخت، طوری برش دهید که mm ۱۰۲ عرض و mm ۳۰۵ ارتفاع داشته باشند. نمونه‌ها نباید ضخامت کمتر از mm ۳ و بیشتر از mm ۱۳ داشته و باید معرف مواد یا محصول نهایی باشند.

کاغذ سرامیکی (چگالی kg/m^3 ۱۹۰ تا kg/m^3 ۲۰۰) به ضخامت $mm(3 \pm 0.2)$ را برای پوشاندن سطح پشتی و اطراف نمونه، بر روی آن قرار داده و سپس نمونه را با کاغذ سرامیکی در دو لایه ورق نازک آلومینیومی به ضخامت mm ۰.۵ بپچید به طوری که فقط سطح جلویی که باید آزمون شود دیده شود. عرض پوشش‌دار و بدون پوشش نمونه حفاظت شده را در فواصل mm ۵۰ از هر انتها و در نقطه میانی طول نمونه (mm ۳۰۵)، یک دور سیم از جنس نیکل یا کروم به قطر $mm(0.5 \pm 0.1)$ بپچید.

کف نمونه را بر روی صفحه فلزی پایه نگاه‌دارنده عمودی (به شکل ۱۰ مراجعه کنید) طوری قرار دهید که سطح پوشیده (پشتی) نمونه در مقابل قفسه نردبانی قرار گیرد.

یک دور سیم از جنس نیکل یا کروم به قطر $mm(0.5 \pm 0.1)$ را محکم به دور نمونه بپچید. قفسه نردبانی و میله‌های پیچ‌دار در فواصل mm ۱۰۰ و mm ۲۰۰ از انتهای نمونه، نمونه را با اتصال به نگاه‌دارنده عمودی محکم نگه می‌دارند.



* ابعاد بر حسب میلی متر است مگر طور دیگری مشخص شده باشد.

یادآوری - نمونه سیمی در مرکز نگاه دارنده با انتهای پایینی بر روی صفحه فولادی قرار می گیرد. نمونه توسط سه سیم بسته و ایمن می شود و سپس توسط سه پیچ در مرکز لوله فولادی محکم شده است.

شکل ۱۱- نگاه دارنده نمونه سیمی

۳-۲-۸ آزمون پیشروی آتش در نمونه های سیمی عمودی

نصب نمونه های سیمی به طوری که در شکل ۱۱ نشان داده شده، می باشد.

۹ واسنجی

۱-۹ گرماساز شار تابشی

۱-۱-۹ واسنجی عادی

واسنجی گرماسازهای IR در ابتدای روز آزمون انجام می‌شود. پنجره‌های کوارتزی، لامپ‌ها و سطوح بازتابنده پشتی گرماسازها را تمیز کنید و آنها را از هر گونه آلودگی یا خراشیدگی محافظت کنید. سطح حسگرهای سنجه شار حرارتی را به صورت افقی در موقعیتی معادل مرکز سطح رویی نمونه افقی قرار دهید. اگر جریان هوای فشرده برای آزمون لازم است، لوله کوارتزی دارای ضخامت (3.0 ± 0.5) mm و قطر داخلی (165.0 ± 5.0) mm را در موقعیت قرار دهید. تنظیمات ولتاژ RMS گرماساز را از کنترل‌کننده توان و سطوح شار تابشی اندازه‌گیری شده برای آزمون‌های طرح شده را ثبت کنید.

۲-۱-۹ تثبیت وضعیت گرماسازهای شار تابشی

حداقل سالی یک بار وضعیت گرماسازهای IR را بررسی کنید. ولتاژ گرماساز را در ۹۰٪ مقدار ماکسیمم تنظیم کنید. سطح حسگر سنجه شار حرارتی در وضعیت افقی قرار دهید، شار حرارتی را در هر یک از پنج موقعیت، شامل هر یک از گوشه‌ها و مرکز نمونه مربعی، در ارتفاعی معادل سطح بالایی نمونه اندازه‌گیری کنید. موقعیت هر یک از گرماسازهای IR متقارن را تنظیم کنید و اگر لازم باشد این اندازه‌گیری‌های شار حرارتی را تکرار کنید تا جایی که حداکثر انحراف از متوسط پنج قرائت ۵٪ از مقدار میانگین شود. سپس موقعیت سنجه شار حرارتی را در مکان‌های معادل محور عمودی در مرکز نمونه مربعی قرار دهید. شار حرارتی را ارتفاع ۱۰ mm و ۲۰ mm بالا و پایین معادل با سطح بالایی نمونه اندازه‌گیری کنید. بررسی کنید که شار گرمایی در این چهار ارتفاع در میان ۵٪ از مقدار شار حرارتی در ارتفاع بالاتر از نمونه باشد.

۳-۹ واسنجی تجزیه‌گر گاز

۱-۲-۹ تجزیه‌گر دی‌اکسیدکربن - مونوکسیدکربن

تجزیه‌گرهای دی‌اکسیدکربن - مونوکسیدکربن را روز قبل از اولین آزمون احتراق یا آزمون پیشروی آتش واسنجی کنید. تجزیه‌گرهای CO و CO₂ را توسط ایجاد یک نقطه واسنجی درجه‌پایین و یک نقطه واسنجی درجه‌بالا، برای اندازه‌گیری گازهای احتراق واسنجی کنید. واسنجی مقیاس بالا را با یک گاز درجه بالا^۱ در انتهای بالایی محدوده‌ای که هنگام تجزیه واقعی نمونه استفاده می‌شود انجام دهید و برای نقطه واسنجی درجه‌پایین در انتهای پایینی محدوده تجزیه‌گر از گاز درجه پایین^۲ استفاده کنید. از گاز نیتروژن به عنوان منبع مرجع گاز درجه پایین با گذاشتن روی درجه ۵ سیلندر گاز نیتروژن در ۰٫۸ L/min استفاده کنید. تجزیه‌گرهای CO و CO₂ را صفر کنید. هر تجزیه‌گر را با گاز مناسب آن برای مطابقت با محدوده، درجه‌بندی کنید.

1- Span gas
2- Zero gas

۹-۲-۲ تجزیه‌گر اکسیژن

تجزیه‌گرهای اکسیژن را روز قبل از اولین آزمون احتراق یا آزمون پیشروی آتش واسنجی کنید. تجزیه‌گر اکسیژن را برای اندازه‌گیری غلظت اکسیژن ورودی (و تجزیه‌گر نوری اکسیژن برای گازهای احتراق) توسط ایجاد یک نقطه واسنجی درجه‌پایین و یک نقطه واسنجی درجه‌بالا، واسنجی کنید. واسنجی مقیاس بالا را با یک گاز درجه بالا در انتهای بالایی محدوده‌ای که هنگام تجزیه واقعی نمونه استفاده می‌شود انجام دهید و برای نقطه واسنجی درجه‌پایین در انتهای پایینی محدوده تجزیه‌گر از گاز درجه پایین استفاده کنید. برای واسنجی تجزیه‌گر، گاز درجه بالا را با جریان 1.0 L/min باز کنید و تجزیه‌گر را تنظیم کنید. سپس گاز درجه بالا را ببندید و گاز درجه پایین را با میزان جریان مشابه باز کرده و سپس انتهای پایینی محدوده تجزیه‌گر را تنظیم کنید. اگر لازم باشد، چندین بار صفر کردن و درجه‌بندی را تکرار کنید.

۹-۲-۳ تجزیه‌گر نوری گاز هیدروکربن

تجزیه‌گر هیدروکربن کل را روز قبل از اولین آزمون احتراق یا آزمون پیشروی آتش واسنجی کنید. صفرکنترل دستگاه را با استفاده از گاز نیتروژن خالص با جریان 3 L/min مانند گاز درجه پایین تنظیم کنید. به همین ترتیب برای گاز درجه بالا، از گاز متان در غلظتی که با محدوده کاری تجزیه‌گر مطابقت دارد، استفاده کنید.

۹-۳ لودسل

لودسل را در هر زمان که مورد استفاده قرار می‌گیرد، واسنجی کنید. ولتاژ ورودی توسط تنظیم وزن خشکه^۱ با نگه‌دارنده نمونه مناسب خالی در موقعیت، روی صفر قرار دهید. سپس وزن متناظر با وزن نمونه‌ای که باید آزمون شود را بر روی نگه‌دارنده خالی قرار دهید و ولتاژ ورودی را اندازه‌گیری کنید. خطی بودن را توسط تکرار این روش با سه وزنه دیگر به طوری که محدوده صحیح وزن نمونه را پوشش دهد، بررسی کنید.

۹-۴ واسنجی انتشار گرما

فرآیند اندازه‌گیری سرعت انتشار گرما را حداقل هفتگی با اطمینان از کارکرد صحیح FPA واسنجی کنید. بررسی کنید که گرمای موثر احتراق استون در میان $\pm 5\%$ مقدار مرجع (27900 kJ/kg) [۸] اندازه‌گیری شده است و این که زمان تاخیر (کندی) کل اندازه گرفته شده برای تجزیه‌گر گاز کمتر از 15 s می‌باشد. به ترتیب برای ΔH_T ، CO ، CO_2 و CO_2 از مقادیر 29.7 kJ/g ، 10.5 kJ/g ، 13.1 kJ/g و 13.4 kJ/g استفاده کنید [۸].
الف) از گرماسازهای IR یا شمعی استفاده نکنید.

ب) بقیه روش‌های واسنجی لازم را همان طور که در بندهای ۹-۲ و ۹-۳ توصیف شده، انجام دهید.

پ) بررسی کنید جریان هوای ورودی روی $3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم شده باشد.

ت) سامانه خروج دود را روشن کنید و روی میزان خروج $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید.

ث) برنامه پردازش اطلاعات را روشن کنید.

ج) 100 ml استون را در صفحه توزین با قطر داخلی $(100 \pm 50) \text{ mm}$ بر روی لودسل قرار دهید.

چ) لوله کوارتزی را بروی پاشنه پایه در لوله آلومینیومی ذخیره اکسیدکننده‌ها نصب کنید.

(ح) استون را با استفاده از کبریت ۳۰s پس از شروع پردازش اطلاعات مشتعل کنید.
(خ) برنامه پردازش داده‌ها را دو دقیقه پس از پایان شعله قابل رویت تمام کنید.
(د) گرمای موثر احتراق را با استفاده از روش محاسبه ذکر شده در بند ۱۲ تعیین کنید.
(ذ) زمان تاخیر را برای تجزیه‌گر اکسیژن توسط محاسبه اختلاف زمان هنگام رسیدن دمای گاز مجرای بخش آزمون به ۵۰٪ مقدار ثابت بیان شده و هنگام قرائت هر تجزیه‌گر به ۵۰٪ مقدار بیان شده آن، تعیین کنید.

۱۰ آماده‌سازی نمونه

نمونه‌ها را در شرایط رطوبت متعادل (وزن ثابت) در شرایط محیطی °C (۲۳ ± ۳) و رطوبت نسبی (۵ ± ۵)٪ برای ۲۴ ساعت قرار دهید.

۱۱ روش‌های آزمون

۱-۱۱ روش ۱- روش آزمون اشتعال

آزمون اشتعال برای تعیین زمان لازم عملکرد یک شار حرارتی خارجی به کار برده شده در یک آزمون افقی، تا اشتعال آن آزمون، انجام می‌شود.

(الف) بررسی کنید که گاز نیتروژن برای اطفاء شعله برای جریان $1.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \pm 0.167 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ در دسترس بوده و گازهای شمعک (مخلوط اتیلن هوا به نسبت ۶۰:۴۰) برای تولید شعله مشخص به طول ۱۰ mm تنظیم شده‌اند.

(ب) صفحه سیلیکات کلسیم (با ضخامت ۱۳ mm) پشتیبان نگه‌دارنده نمونه افقی مربوطه را در موقعیت (مرکز) بر روی صفحه توزین آلومینیومی قرار دهید (با اطمینان از جریان هوای عادی، و در حالی که کوارتزی در محل نباشد).

(پ) سامانه خروج دود را روشن کنید و روی میزان خروج $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید.

(ت) شمعک را روشن کنید و شعله آن را برای طول ۱۰ mm تنظیم کنید.

(ث) شعله شمعک روشن را با موقعیت ۱۰ mm بر بالای سطح نمونه و ۱۰ mm از اطراف نمونه حرکت دهید.

(ج) سامانه هواخنک و آب‌خنک را برای خنک کردن گرماسازهای تشعشی مادون قرمز روشن کنید.

(چ) محفظه آب‌خنک احاطه کننده نگه‌دارنده آزمون را بالا ببرید به طوری که مانع از مواجهه شار حرارتی خارجی به نمونه شود.

(ح) ولتاژ گرماساز IR را برای تولید شار حرارتی توصیف شده و زمان رسیدن به ثبات به مدت یک دقیقه تنظیم کنید.

(خ) محفظه آب‌خنک را پایین آورید تا آزمون در معرض شار حرارتی خارجی قرار گیرد.

(د) هنگامی که اولین بخارات بیرون آمده از آزمون را مشاهده نمودید، زمان را ثبت کنید.

(ذ) زمان اشتعال را از زمان مواجهه آزمون با شار حرارتی خارجی تا زمان رسیدن به شعله‌وری پایدار (وجود شعله بر رو یا بالای بیشتر سطح نمونه به مدت حداقل ۱۰s) ثبت کنید. اگر بعد از ۱۵ دقیقه تابش شار حرارتی اشتعال به وجود نیامد، گرماساز IR را خاموش کنید و آزمون را متوقف سازید.

ر) اگر شعله‌وری تثبیت شده وجود دارد، گرماساز IR را خاموش کنید و از گاز نیتروژن برای خاموش کردن شعله‌ها استفاده کنید.

ز) با استفاده از دستکش ایمنی نمونه را به بخش تهویه ببرید.

ژ) اگر لازم بود، برای تنظیمات اضافی گرماساز مادون قرمز این روش را تکرار کنید.

۱۱-۲ روش ۲- روش آزمون احتراق

آزمون احتراق برای اندازه‌گیری سرعت آزادی گرمای شیمیایی و همرفتنی (Q_c و Q_{chem})، میزان کاهش جرم (m^0) و تعیین ΔH_{eff} نمونه افقی، انجام می‌شود.

الف) صفحه سیلیکات کلسیم (با ضخامت ۱۳ mm) پشتیبان نگهدارنده نمونه افقی مربوطه را در موقعیت (مرکز) بر روی صفحه توزین آلومینیومی قرار دهید.

ب) بررسی کنید که سامانه نمونه‌گیری گاز همه بخارات آب و به همین ترتیب محصولات چگال‌پذیر احتراق را جمع‌آوری می‌کند.

پ) خشک‌کننده شناساگر تازه و صافی دود را در خط نمونه‌گیری گاز نصب کنید.

ت) شعله را در تجزیه‌گر گاز هیدروکربن مشتعل کنید و شعله بیرونی شاخص را بر روی قسمت جلوی قطعه مستطیلی برای اطمینان از وجود شعله بررسی کنید.

ث) بررسی کنید که گاز نیتروژن برای اطفا شعله برای جریان $1.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \pm 0.167 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ در داخل خط توزیع هوای ورودی در دسترس باشد و گازهای شمعک (مخلوط اتیلن هوا به نسبت ۴۰:۶۰) برای ایجاد شعله مشخص به طول مورد نیاز تنظیم شده‌اند.

ج) پمپ نمونه‌گیری گاز را روشن کنید و برای هر تجزیه‌گر اندازه صحیح نمونه‌گیری جریان را تنظیم کنید (تجزیه‌گرهای گاز، مبدل فشار الکترونیکی و لودسل در تمامی اوقات با حفظ دمای ثابت اتاق روشن می‌شوند).

چ) روش‌های واسنجی لازم را مانند آنچه در بند ۹ مشخص شده، انجام دهید.

ح) سامانه خروج دود را روشن کنید و برای خروج به میزان $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید.

خ) شمعک را روشن کنید و شعله آن را برای طول ۱۰ mm تنظیم کنید.

د) شعله شمعک روشن را با موقعیت ۱۰ mm بر بالای سطح نمونه و ۱۰ mm از اطراف نمونه حرکت دهید.

ذ) سامانه هواخنک و آب خنک را برای خنک کردن گرماسازهای تشعشی مادون قرمز روشن کنید.

ر) لوله کوارتزی را بروی پاشنه، در لوله آلومینیومی عرضه اکسیدکننده‌ها نصب کنید.

ز) محفظه آب خنک را بالا ببرید تا نمونه را بپوشاند.

س) میزان توزیع جریان هوای ورودی را در محفظه جریان هوا برای جریان $3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید.

میزان محتوای اکسیژن منبع هوای ورودی را که از یک هوای عادی است، با باز کردن اکسیژن یا نیتروژن (به ترتیب از سیلندرهای رده ۲، ۴ و ۸) در خط توزیع هوای ورودی تغییر دهید و غلظت گاز اکسیژن را با تجزیه‌گر اکسیژن هوای ورودی بررسی کنید (ماکسیمم غلظت اکسیژن باید ۴۰٪ حجمی باشد).

ش) ولتاژ گرماساز IR را برای تولید شار حرارتی مطلوب سطح بدون پوشش نمونه تنظیم کنید و یک دقیقه به گرماساز IR برای ثبات، زمان دهید.

ص) سامانه رقومی جمع‌آوری اطلاعات را برای ثبت در فواصل ۱s روشن کنید.

ض) در سی‌امین ثانیه، محفظه آب‌خنک را پایین آورید تا نمونه در معرض شار حرارتی خارجی قرار گیرد.

ط) هنگامی که اولین بخارات بیرون آمده از نمونه را مشاهده نمودید، زمان اشتعال، ارتفاع شعله، رنگ و دودگرفتگی شعله و هرگونه رفتار غیرعادی آزمونه یا شعله و زمان خاموشی شعله را ثبت کنید.

ظ) موقعیت شعله شمعک را در ارتفاع (10 ± 5) mm بالای سطح بدون پوشش هر آزمونه‌ای که در هنگام آزمون پسروری یا پیشروی شعله داشته باشند، نگه دارید.

ع) گرماسازها را خاموش کنید و دو دقیقه بعد از پایان شعله‌وری قابل مشاهده، یا اگر شعله‌ها به ارتفاع (10 ± 35) mm بر بالای دیواره مجموعه دودکش برای بیشتر از ۳۰s ثانیه برسند، ورودی گاز نیتروژن را باز کنید.

غ) با استفاده از دستکش ایمنی نمونه را از نگه‌دارنده جمع‌آوری نموده، باقیمانده آن را وزن کرده و سپس نتایج را ثبت کنید.

ف) روش‌های ذکر شده در بالا را تا به دست آوردن مقدار کل از سه مورد آزادی گرمای شیمیایی و تعیین میزان کاهش جرم، تکرار کنید.

۱۱-۳ روش ۳- آزمون تجزیه حرارتی

آزمون تجزیه حرارتی برای اندازه‌گیری میزان کاهش جرم (m°) به شکل عملکرد یک شار حرارتی تابش خارجی و تعیین گرمای تبدیل به بخار ΔH_g یک نمونه افقی (به پیوست د مراجعه کنید) انجام می‌شود. روش‌های آزمون با استفاده از حداقل پنج مقدار شار حرارتی تابش خارجی انجام می‌شود.

الف) صفحه سیلیکات کلسیم پشتیبان (با ضخامت ۱۳ mm) نگه‌دارنده نمونه افقی مربوطه را در موقعیت (مرکز) بر روی صفحه توزین آلومینیومی قرار دهید.

ب) بررسی کنید که سامانه نمونه‌گیری گاز، تمام بخار آب و به همین ترتیب محصولات چگال‌پذیر احتراق را جمع‌آوری می‌کند. اگر جریان سنج سامانه نمونه‌گیری گاز، میزان کمتر از $10^{-3} \times 0.167$ m³/s را نشان داد، عناصر صافی‌های سامانه نمونه‌گیری را تعویض کنید.

پ) خشک‌کننده شناساگر تازه و صافی دود را در خط نمونه‌گیری گاز نصب کنید.

ت) پمپ نمونه‌گیری گاز را روشن کنید و بر روی میزان صحیح نمونه‌گیری جریان برای هر تجزیه‌گر، تنظیم کنید (تجزیه‌گرهای گاز، مبدل فشار الکترونیکی و لودسل در تمامی اوقات با حفظ دماهای ثابت درونی روشن می‌شوند).

ث) روش‌های واسنجی لازم را مانند آنچه در بند ۹ مشخص شده، انجام دهید.

ج) سامانه خروج دود را روشن کنید و برای خروج به میزان 0.15 m³/s تنظیم کنید.

چ) سامانه هواخنک و آب خنک را برای خنک کردن گرماسازهای تشعشی مادون قرمز روشن کنید.

ح) لوله کوارتزی را بروی پاشنه، در لوله آلومینیومی تامین اکسیدکننده‌ها نصب کنید.

خ) محفظه آب خنک را بالا ببرید تا نمونه را بپوشاند.

(د) میزان توزیع جریان هوای ورودی را در محفظه جریان هوا برای جریان $3/3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید. میزان محتوای اکسیژن منبع هوای ورودی که از یک هوای عادی است را با باز کردن ۱۰٪ حجم نیتروژن (به ترتیب از سیلندرهای رده ۴، ۸) در خط توزیع هوای ورودی تغییر دهید.

(ذ) ولتاژ گرماساز IR را برای تولید شار حرارتی مطلوب سطح بدون پوشش نمونه تنظیم کنید و یک دقیقه به گرماساز IR برای ثبات، زمان دهید.

(ر) سامانه رقومی جمع‌آوری اطلاعات را برای ثبت در فواصل ۱s روشن کنید.

(ز) در سی‌امین ثانیه، محفظه آب‌خنک را پایین آورید تا آزمون در معرض شار حرارتی خارجی قرار گیرد.

(ژ) هنگامی که اولین بخارات بیرون آمده از آزمون را مشاهده نمودید، زمان را ثبت کنید.

(س) گرماسازهای IR را در پایان آزمون، هنگامی که هیچ بخاری قابل مشاهده نیست، خاموش کنید.

(ش) با استفاده از دستکش ایمنی نمونه را از نگهدارنده جمع‌آوری نموده، باقیمانده آن را وزن کرده و سپس نتایج را ثبت کنید.

۴-۱۱ روش ۴- روش آزمون پیشروی آتش

روش آزمون پیشروی آتش برای تعیین سرعت آزادی گرمای شیمیایی (Q_{chem}) یک نمونه عمودی هنگام پیشروی آتش بالارونده و سوختن انجام می‌شود.

(الف) تمامی مراحل لازم برای اندازه‌گیری سرعت آزادی گرمای شیمیایی در بند ۱۱-۲، به همراه واسنجی لودسل انجام دهید.

(ب) میله فولادی لودسل و بوش بلبرینگی‌های محفظه توزیع هوا را جمع‌آوری نموده و با نگاه‌دارنده عمودی نمونه جایگزین کنید.

(پ) نمونه را طوری نصب کنید که لبه انتهایی نمونه عمودی که باید در معرض گرماسازهای IR باشد، در ارتفاعی معادل با سطح رویی نمونه افقی قرار گیرد.

(ت) شمعک را روشن کنید و شعله آن را برای طول ۱۰ mm تنظیم کنید.

(ث) سامانه هواخنک و آب خنک را برای گرماسازهای تشعشی مادون قرمز روشن کنید.

(ج) لوله کوارتزی را بروی پاشنه، در لوله آلومینیومی تامین اکسیدکننده‌ها نصب کنید.

(چ) محفظه آب خنک احاطه کننده نگاه‌دارنده نمونه را بالا ببرید تا مانع از مواجهه زودتر نمونه با شار گرمایی خارجی شود.

(ح) شمعک را در موقعیت ۷۵ mm از انتهای نمونه و ۱۰ mm خارج از سطح نمونه حرکت دهید.

(خ) میزان توزیع جریان هوای ورودی را در محفظه هوا برای جریان $3/3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید. میزان محتوای اکسیژن منبع هوای ورودی را که از یک هوای عادی است، با باز کردن اکسیژن یا نیتروژن (به ترتیب از سیلندرهای رده ۲، ۴ و ۸) در خط توزیع هوای ورودی تغییر دهید و غلظت گاز اکسیژن را با تجزیه‌گر اکسیژن هوای ورودی بررسی کنید (ماکسیمم غلظت اکسیژن باید ۴۰٪ حجمی باشد).

(د) سامانه خروج دود را روشن کنید و روی میزان خروج $0/15 \text{ m}^3/\text{s}$ تنظیم کنید.

(ذ) ولتاژ گرماساز IR را برای تولید شار حرارتی 50 kW/m^2 تنظیم کنید و یک دقیقه برای ثبات، زمان دهید.

ر) سامانه رقومی جمع‌آوری اطلاعات را برای ثبت در فواصل ۱s روشن کنید.

ز) در سی‌امین ثانیه، محفظه آب‌خنک را پایین آورید تا بخش انتهایی نمونه در معرض شار حرارتی خارجی از گرماسازهای تابشی مادن قرمز قرار گیرد. هم‌زمان زماسنج را نیز روشن کنید.

ژ) پس از گرم کردن اولیه سطح پایه نمونه به مدت یک دقیقه، شعله شمعک را در تماس با سطح نمونه حرکت دهید تا پیشروی آتش آغاز شود، سپس اگر اشتعال و پیشروی آتش پیش از این رخ نداده باشد، شعله شمعک را به دور نمونه حرکت دهید.

س) سرعت آزادی گرمای شیمیایی را به شکل تابعی از زمان هنگام پیشروی آتش، با استفاده از روش‌های آزمون احتراق اندازه‌گیری کنید.

ش) زمان را برای هنگامی که اولین بخارات بیرون آمده از نمونه را مشاهده نمودید، زمان حالت شعله‌وری، ارتفاع شعله در فواصل یک دقیقه‌ای، خصوصیات شعله مانند رنگ و زمان خاموشی شعله را ثبت کنید.

ص) گرماسازهای IR را خاموش کنید و دو دقیقه بعد از پایان شعله‌وری قابل مشاهده، یا اگر شعله‌ها به ارتفاع (10 ± 35) mm بر بالای دیواره مجموعه دودکش برای بیشتر از ۳۰s ثانیه برسند، یا اگر نمونه دچار تغییر ساختاری قابل توجهی گردید، ورودی گاز نیتروژن را باز کنید.

ض) روش‌های ذکر شده در بالا را برای بدست آوردن مقدار کل از سه مقدار آزادی گرمای شیمیایی معین، تکرار کنید.

۱۲ محاسبات

سرعت آزادی گرمای شیمیایی، Q_{chem} ، از معادلات زیر، برگرفته از بند ب-۳ (پیوست ب)، تعیین می‌شود:

$$Q_{chem} = 13300 (G_{CO_2} - G_{CO_2}^0) + 11100 (G_{CO} - G_{CO}^0) \quad (1)$$

در جایی که:

G_{CO} و G_{CO_2} به ترتیب میزان تولید CO و CO_2 بر حسب kg/s؛
 G_{CO}^0 و $G_{CO_2}^0$ اندازه‌گیری‌های مشابه قبل از اشتعال نمونه.
 از میزان مصرف O_2 نیز می‌توان مقدار Q_{chem} را تعیین نمود:

$$Q_{chem} = (\Delta H_T / k_{O_2}) \dot{D}_{O_2} \quad (2)$$

میزان مصرف CO و CO_2 از معادلات زیر، برگرفته از بند ب-۳ (پیوست ب)، تعیین می‌شود:

$$G_{CO_2} = A_d k (P_{atm} / 101000)^{1/2} \times (2 \times 353 \Delta_{pm} / T_d)^{1/2} \times 1.52 X_{CO_2} \quad (3)$$

$$G_{CO} = A_d k (P_{atm} / 101000)^{1/2} \times (2 \times 353 \Delta_{pm} / T_d)^{1/2} \times 0.966 X_{CO} \quad (4)$$

سرعت آزادی گرمای همرفتی، Q_c ، از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$Q_c = m_d c_p (T_d - T_a)$$

که در آن:

$m \dot{d}$ میزان جریان جرمی محصولات احتراق در مجرای بخش آزمون بر حسب kg/s (معادله به دست آوردن آن در بند ب-۳ ذکر شده است)؛

c_p گرمای ویژه هوا بر حسب kJ/kg.K؛

T_d دمای گاز در مجرای بخش آزمون بر حسب درجه K و؛

T_a دمای گاز در مجرای بخش آزمون قبل از وقوع اشتعال شعله شمعک بر حسب درجه K است.

گرمای ویژه (c_p) را برای دمای T_d به روش زیر تصحیح کنید:

$$c_p = 1.00 + 1.34 \times 10^{-4} \times T_d - 259.0 / T_d^2$$

به همین ترتیب سرعت آزادی گرمای همرفتی از معادله زیر به دست می‌آید:

$$Q_c = A_d k (P_{atm} / 101000)^{1/2} \times (7.6 \Delta p_m / T_d)^{1/2} \times [(1.00 + 1.34 \times 10^{-4} \times T_d - 259.0 / T_d^2) T_d - (1.00 + 1.34 \times 10^{-4} \times T_a - 259.0 / T_a^2) T_a]$$

میزان کاهش جرم نمونه (m) از شیب پنج نقطه، خط رگرسیون مناسب با داده‌های کاهش جرم در مقابل زمان تعیین می‌شود. شیب هر زمان با استفاده از داده‌های کاهش جرم از ثبت زمان متداول، از ثبت دو زمان قبل و دو زمان بعد از آن، به دست می‌آید.

گرمای موثر احتراق (ΔH_{eff}) از معادله زیر به دست می‌آید:

$$\Delta H_{eff} = Q / M_{loss}$$

که در آن:

Q گرمای تجمعی حاصل هنگام آزمون احتراق بر اساس مجموع همه داده‌های پایشی تولید Q_{chem} از معادله (۱) و Δt بین پایش‌ها؛

M_{loss} تغییرات در اندازه‌گیری جرم نمونه (توسط ترازوی آزمایشگاهی) ناشی از آزمون احتراق است.

۱۳ گزارش نتایج آزمون

۱-۳ روش ۱- روش آزمون اشتعال

اطلاعات زیر را گزارش کنید:

الف) شماره یا کد شناسایی نمونه.

ب) نام تولید کننده یا سازمان ارائه دهنده نمونه.

پ) داده‌های آزمون.

ت) نام آزمونگر و محل دستگاه.

ث) ترکیبات یا تعیین نوع نمونه.

ج) ضخامت نمونه و ابعاد سطحی از نمونه که در معرض گرماساز IR قرار می‌گیرد بر حسب mm.

چ) جرم نمونه بر حسب kg.

ح) جزئیات آماده‌سازی نمونه.

خ) تعیین موقعیت نمونه، نگه‌دارنده نمونه و توصیف روش‌های مخصوص سرهم کردن آن.

د) دمای اتاق بر حسب °C و رطوبت نسبی آن بر حسب %.

(ذ) میزان جریان سامانه خروج دود بر حسب L/min.
 (ر) شار حرارتی اعمال شده از سامانه گرماسازهای IR به آزمون بر حسب kW/m^2 .
 (ز) زمان بر حسب s هنگامی که اولین بخارات قابل مشاهده از نمونه بیرون بیایند.
 (ژ) زمان بر حسب s در زمانی که اشتعال وجود دارد (شعله‌وری پایدار).
 (س) مشاهدات اضافه (شامل زمان‌های شعله‌وری زودگذر، شعله‌وری تکرارپذیر یا ذوب).

۲-۱۳ روش ۲- روش آزمون احتراق

علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۱-۱۳، اطلاعات زیر را نیز گزارش کنید:
 الف) سرعت آزادی گرمای شیمیایی و همرفتی هر واحد سطح نمونه بدون پوشش بر حسب kW/m^2 .
 ب) میزان تولید مونوکسید کربن و دی‌اکسیدکربن بر حسب kg/s .
 پ) میزان کاهش جرم نمونه بر حسب kg/s .
 ت) گرمای موثر احتراق (ΔH_{eff}) بر حسب kJ/kg .
 ث) جرم باقیمانده نمونه بعد از آزمون بر حسب kg .
 ج) تعداد تکرار آزمون نمونه‌ها تحت شرایط مشابه.

۳-۱۳ روش ۳- روش آزمون تجزیه حرارتی

علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۱-۱۳، اطلاعات زیر را نیز گزارش کنید:
 الف) میزان کاهش جرم نمونه بر حسب kg/s .
 ب) شار حرارتی اعمال شده از سامانه گرماسازهای IR به آزمون بر حسب kW/m^2 .
 پ) گرمای تبدیل به گاز بر حسب (ΔH_g) بر حسب kJ/kg .
 ت) جرم باقیمانده نمونه بعد از آزمون بر حسب kg .
 ث) تعداد تکرار آزمون نمونه‌ها تحت شرایط مشابه.

۴-۱۳ روش ۴- روش آزمون پیشروی آتش

علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۱-۱۳، اطلاعات زیر را نیز گزارش کنید:
 الف) سرعت آزادی گرمای شیمیایی و همرفتی هر واحد مساحت نمونه بدون پوشش بر حسب kW/m^2 .
 ب) ارتفاع شعله در فاصله یک دقیقه بر حسب m.
 پ) تعداد تکرار آزمون نمونه‌ها تحت شرایط مشابه.

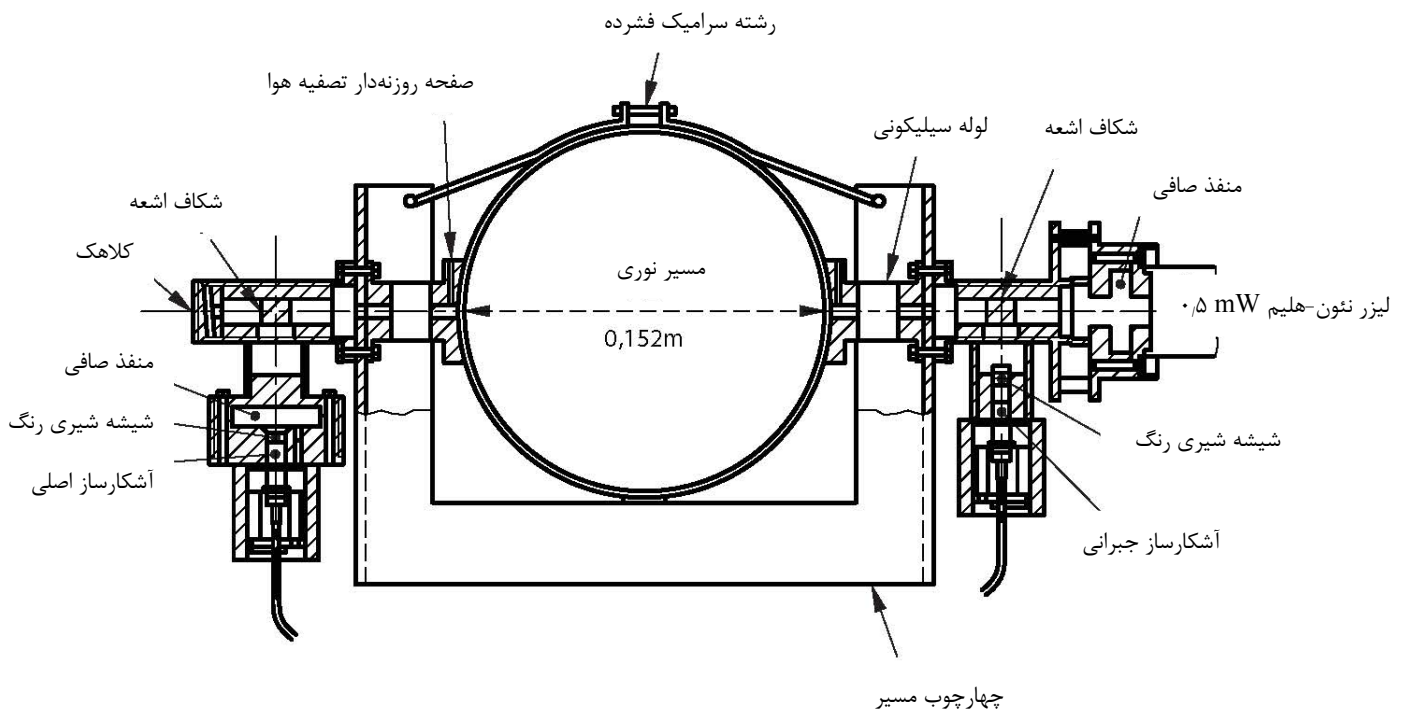
پیوست الف

(اطلاعاتی)

سامانه لیزری اندازه‌گیری دود

الف-۱ واحد اندازه‌گیری دود

سامانه لیزری اندازه‌گیری دود (به شکل الف-۱ مراجعه کنید) در لوله بخش آزمون (در ۲۳۰ mm پایین دریچه نمونه‌گیری گاز) دستگاه قرار گرفته است (به شکل ۲ مراجعه کنید) و ضریب جذب دود را اندازه‌گیری می‌کند. شکل الف-۱ یک مقطع عرضی از مجرای بخش آزمون با یک مسیر نوری به طول ۰/۱۵۲m را نشان می‌دهد. سامانه لیزری اندازه‌گیری دود شامل یک لیزر (نئون - هلیم با توان اسمی ۰/۵ mW) که انرژی نوری در طول موج $0.6328 \mu\text{m}$ قرمز را ساطع می‌کند، دو فتودیود به عنوان آشکارساز اصلی و جبرانی و بخش الکترونیکی مربوطه شامل آمپلی فایر و منبع تامین انرژی است. سامانه لیزری اندازه‌گیری دود به یک چهارچوب سخت محکم شده که مانند یک سکو عمل می‌کند. سامانه لیزر طوری تنظیم می‌شود که نور را بر روی سامانه آشکارساز گسیل کند و دو سیگنال ورودی دارد، به عنوان مثال در محدوده ۰V تا ۲V.



شکل الف-۱- سامانه لیزری اندازه‌گیری دود

الف-۲ واسنجی سامانه دود

واحد اندازه‌گیری لیزری دود را حداقل یک ساعت قبل از واسنجی روشن کنید. باید دو فیلتر چگالی شیشه‌ای بی‌رنگ با مقادیر چگالی نوری ۰/۳ و ۰/۸ که به دقت در طول موج $0.6328 \mu\text{m}$ واسنجی شده‌اند، به کار برده

شوند. سامانه دود در ابتدا با قرائت دقیق برای دو فیلتر چگالی شیشه‌ای بی‌رنگ متفاوت و ۱۰۰٪ انتقال واسنجی می‌شود. یکبار دیگر این واسنجی به طور معمول فقط در مقدار صفر ضریب جذب (با ۱۰۰٪ انتقال) با مقایسه با هر آزمون قبلی، انجام می‌شود.

الف-۳ محاسبات دود

چگالی نوری در مجرای بخش آزمون از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$D = \frac{\ln(I_0/I)}{L} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

D چگالی نوری در طول موج لیزری $0.6328 \mu\text{m}$ بر حسب m^{-1} ؛

I_0/I کسری از نور انتقال یافته در میان دود است و؛

L طول مسیر نوری بر حسب m .

کسر حجمی دود (f_v) از معادله زیر به دست می‌آید [۱۰]:

$$f_v = \frac{D\lambda \times 10^{-6}}{c} \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

λ طول موج منبع نور بر حسب μm ؛

c ضریب جذب دود که ۷ مورد قبول است [۱۰].

میزان جرم به وجود آمده دود ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$) از رابطه زیر (الف-۳) به دست می‌آید:

$$\dot{m}_s'' = \frac{f_v \dot{v} \rho_s \times 10^{-6}}{A} = \left(\frac{D\lambda}{7} \right) \left(\frac{\rho_s \dot{v} \times 10^{-6}}{A} \right)$$

که در آن:

\dot{v} میزان جریان حجمی در مجرای بخش آزمون بر حسب m^3/s ، همان طوری که در معادله الف-۲ داده شده است؛

A مساحت سطح سوخته نمونه بر حسب m^2 است.

با قرار دادن $\rho_s = 1.1 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ برای مقدار چگالی دود [۱۰] و مقدار $0.6328 \mu\text{m}$ برای طول موج لیزر در معادله الف-۳، نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\dot{m}_s'' = 0.0994 \times 10^{-3} \left(\frac{D\dot{v}}{A} \right) \quad (\text{الف-۴})$$

کل دود به دست آمده (M_s) بر حسب kg توسط مجموع میزان تولید شده از زمان اشتعال شعله خارجی توسط معادله زیر (الف-۵) به دست می‌آید:

$$M_s = A \sum_{n=t_{ig}}^{n=t_{ex}} \dot{m}_s''(t_n) \Delta t_n$$

کاهش جرم کل (M_{loss}) بر حسب kg توسط مجموع میزان کاهش جرم (\dot{m}) بر حسب $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ زمان اشتعال شعله بیرونی محاسبه می‌شود:

$$M_{\text{loss}} = A \sum_{n=t_{ig}}^{n=t_{ex}} \dot{m}''(t_n) \Delta t_n$$

مقدار میانگین بازده دود، \bar{Y}_s ، توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\bar{Y}_s = M_s / M_{\text{loss}}$$

همچنین مقدار میانگین بازده دود، \bar{Y}_s ، می‌تواند از میانگین محدوده جذب دود ($\bar{\tau}$) که بر حسب m^2/kg است در طول موج لیزر مشابه به مقدار $0.6328 \mu\text{m}$ به دست آید [۱۱]:

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_i \dot{v}_i D_i \Delta t_i}{M_m}$$

میانگین بازده دود در این مورد از معادله زیر [۱۲] به دست می‌آید:

$$Y_s^- = 0.09994 \times 10^{-3} \bar{\tau}^-$$

پیوست ب
(اطلاعاتی)
اصول کار

ب-۱ مقدمه

دستگاه پیشروی آتش (FPA) برای اولین بار در اواسط سال ۱۹۷۰ توسط موسسه FMRC^۱ بهسازی شد و مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه گازهای احتراق حاصل از سوختن نمونه را جمع‌آوری می‌کند و سپس این جریان را با سرعت، دما و غلظت یکنواخت در میان مجرای بخش آزمون، جایی که اندازه‌گیری انجام می‌شود، فراهم می‌آورد. با توجه به توصیفات انجام شده [۱۳]، این یکنواختی توسط عبور جریان از میان یک صفحه روزنه‌دار در ورودی مجرای اختلاط، شش مجرای عرضی در بالادست بخش آزمون، انجام می‌شود.

ب-۲ اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در این پیوست به شرح زیر است:

ب-۲-۱

شاخص پیشروی آتش

$$FPI \text{ (m}^{5/3}/\text{Kw}^{2/3}\text{S}^{1/2}\text{)}$$

تمایل یک ماده به کمک در پیشروی آتش در آن سوی منطقه آتش می‌باشد که در یک قطعه توسط سرعت آزادی گرمای شیمیایی در هنگام پیشروی آتش بالارونده در هوای حاوی ۴۰٪ اکسیژن تعیین شده است.

ب-۲-۲

پارامتر پاسخ حرارتی

$$TRP \text{ (Kw.S}^{1/2}/\text{m}^2\text{)}$$

پارامتر مشخص کننده مقاومت در برابر اشتعال، به محض مواجهه آزمون با شار حرارتی معین است.

ب-۳ محاسبه سرعت انتشار گرما

میزان جریان جرمی و حجمی آمیزه هوای تولیدی بخش آزمون از اندازه‌گیری جریان حجمی (v) در مجرای بخش آزمون محاسبه می‌شود. با استفاده از این اندازه‌گیری‌ها، میزان جریان جرمی مجرا ($m \cdot d$) با پذیرفتن آمیزه به عنوان هوای اصلی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$m \cdot d = v \cdot \rho \quad \text{(ب-۱)}$$

جریان حجمی (v) بر حسب m^3/s در مجرای بخش آزمون از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v = A_d k (P_{atm}/101000)^{-1/2} \times (2 \Delta p_m T_d / 353)^{1/2} \quad \text{(ب-۲)}$$

که در آن:

$$\rho T_d = 3 \text{ ۳۵ kgK/m}^3 \text{ مقدار } 101 \text{ kPa در فشار اتمسفری}$$

چگالی هوا بر حسب kg/m^3 با فرض حالت ایده‌آل، می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$\rho = [353 (P_{atm}/101000)] / T_d \quad \text{(ب-۳)}$$

از معادلات ب-۱ تا ب-۳ میزان جریان جرمی ($m \cdot d$) بر حسب kg/s به شکل زیر تعیین می‌شود:

$$m \cdot d = A_d k (P_{atm}/101000)^{1/2} \times (2 \times 353 \Delta_{pm}/T_d)^{1/2} \quad (\text{ب-۴})$$

میزان جرم به دست آمده CO_2 یا CO یا آمیزه (j) بر حسب kg/s به شکل زیر تعیین می‌شود:

$$G \cdot j = m \cdot d X_j MW_j \quad (\text{ب-۵})$$

که در آن:

$m \cdot d$ میزان جریان جرمی به دست آمده از معادله ب-۴؛

X_j نسبت حجمی یا کسر مولی اندازه‌گیری شده ز در مجرای بخش آزمون که منفی است و؛

MW_j نسبت وزن مولکولی آمیزه (j) که هوا است.

گرمای واقعی به دست آمده توسط واکنش‌های شیمیایی در آتش، تعیین شده به عنوان گرمای شیمیایی، بر اساس میزان تولید CO_2 و CO و میزان مصرف O_2 از رابطه‌هایی که در ادامه آمده، محاسبه می‌شود:

$$Q_{chem} = (\Delta H_T/k_{CO_2}) (G_{CO_2} - G_{CO_2}^0) + [(\Delta H_T - \Delta H_{CO} k_{CO}) (G_{CO} - G_{CO}^0)] \quad (\text{ب-۶})$$

$$Q_{chem} = (\Delta H_T/k_{O_2}) D_{O_2} \quad (\text{ب-۷})$$

گرمای خالص احتراق کامل در یک بمباران اکسیژنی گرماسنج اندازه‌گیری می‌شود و مقادیر k_{CO} و k_{CO_2} را می‌توان از اندازه‌گیری عنصری ترکیب مواد نمونه محاسبه نمود. ضریب‌های $(G_{CO_2} - G_{CO_2}^0)$ و $(G_{CO} - G_{CO}^0)$ در معادله ب-۶ یا ضریب D_{O_2} در معادله ب-۷، برای نوع خاصی از مواد آزمون شونده را می‌توان از مقادیر جدول‌بندی شده [۱۲] که برای نوع مواد است، به دست آورد.

تجزیه ترمودینامیکی بیش از ۲۰ نوع مختلف از جامدات، مایعات و گازها [۷] نشان می‌دهد که مقادیر میانگین برای ضریب‌های $(G_{CO_2} - G_{CO_2}^0)$ و $(G_{CO} - G_{CO}^0)$ در معادله ب-۶، به ترتیب برابر با $13300 \pm 11\%$ kJ/kg و $11100 \pm 18\%$ kJ/kg ، در مقابل $12800 \pm 7\%$ kJ/kg برای ضریب D_{O_2} در معادله ب-۷ است. استفاده از ضرایب ثابت برای تعیین سرعت آزادی گرمای شیمیایی، هنگامی که از روش CO_2 و CO تولیدی (بیشتر از عدم قطعیت CO_2 تعیین می‌شود تا از CO که اصولاً غلظت خیلی کمتری در ترکیب دارد) استفاده شود نسبت به روش کاهش مقدار O_2 دقت کمتری دارد. این عدم صحت در استفاده از ضرایب ثابت به صورت بخشی توسط دقت بیشتر مقذور برای اندازه‌گیری مستقیم غلظت‌های CO_2 و CO ، سپس برای کاهش مقدار O_2 در میزان‌های پایین آزادی گرمای، متعادل می‌شود. در هر دو مورد، اگر ترکیب آزمون شناخته شده باشد یا قابل انتصاب به یکی از بخش‌های فهرست‌شده در پیوست ه [۱۲] باشد، دقت بیشتر خواهد شد.

ب-۴ کاربرد روش‌های آزمون برای ارزیابی عایق‌کاری کابل، مواد اتاق تمیز^۱ و تسمه نوارنقاله با استفاده از شاخص پیشروی آتش

ب-۴-۱ مقدمه

شاخص پیشروی آتش بر اساس مفهوم که پیشروی آتش وابسته به شار حرارتی از شعله یک ماده در حال سوختن و مقاومت مواد در برابر اشتعال (۱۴] و [۱۶]) است، محاسبه می‌شود. شار حرارتی شعله از سرعت آزادی گرمای شیمیایی هر واحد عرضی نمونه عمودی، هنگام پیشروی آتش بالارونده و سوختن در هوای حاوی ۴۰٪ اکسیژن به دست می‌آید (این موضوع احتیاج به شبیه‌سازی شار حرارتی تابشی از شعله در مقیاس واقعی دارد، به بند ب-۵ و [۱۷] و [۱۸] مراجعه کنید). مقاومت مواد به اشتعال از تغییر در زمان اشتعال با تغییرات در وقوع شار حرارتی مشتق شده است.

ب-۴-۲ تعیین FPI

شاخص پیشروی آتش از معادله زیر ([۱۶] و [۱۹]) به دست می‌آید:

$$FPI = 750(\dot{Q}_{chem}/W)^{1/3}TRP^{-1}$$

که در آن:

\dot{Q}_{chem} نتیجه حاصل از انجام آزمون پیشروی آتش با تامین هوای ورودی حاوی ۴۰٪ اکسیژن است؛
 W عرض عمودی نمونه تخت یا محیط دایره نمونه سیمی عمودی مورد استفاده در آزمون پیشروی آتش است و؛
 TRP : عامل عملکرد حرارتی، که در بند ب-۴-۳ مطرح شده است.

ب-۴-۳ تعیین TRP^{-1} از نتایج آزمون اشتعال

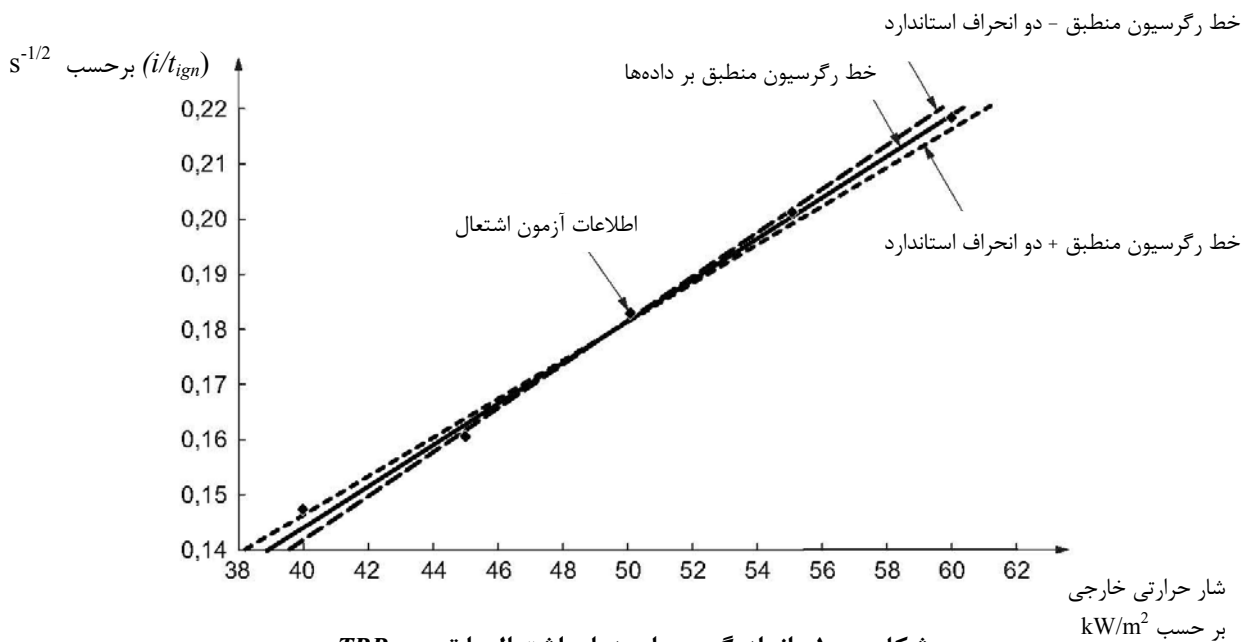
TRP^{-1} شیب خط رگرسیون منطبق با مقادیر برای $t_{ing}^{-1/2}$ در مقابل مقادیر متناظر برای شار حرارتی خارجی (از گرماسازهای IR) است. نتایج زمان اشتعال برای محاسبه این شیب مطابق با عملکرد مقادیر ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و 60 kW/m^2 شار حرارتی است. اگر میزان مقدار عددی دو مورد انحراف از معیار (خطاهای استاندارد) شیب با شیب خط رگرسیون بیشتر از ۱۰٪ باشد، نتایج زمان کل اشتعال باید دوباره محاسبه شود. شکل ب-۱ محاسبه شیب را همان طور که در بالا توصیف شده، نشان می‌دهد. زمان‌های اشتعال ($t_{ing}^{-1/2}$) حاصل از یک نوع آزمون در شکل ب-۱ نشان داده شده است. یک رگرسیون خطی نزدیک به پنج مقدار بالاترین شار حرارتی (۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰) را به صورت یک خط توپر در شکل ب-۱ نشان داده شده است. بازده‌های رگرسیون نرم‌افزاری شیب این انطباق، که برابر با TRP^{-1} است، به همان خوبی شیب خط رگرسیون منطبق با انحراف از معیار (خطاهای استاندارد) است. خط‌ها دارای یک شیب بیشتر از دو انحراف استاندارد و سپس یک شیب کمتر و همچنین شیب منطبق با خط رگرسیون هستند که در شکل ب-۱ نشان داده شده است. در این صورت، پراکندگی داده‌ها از دو انحراف استاندارد، که کمتر از ۱۰٪ مقدار شیب منطبق با خط رگرسیون هستند، قابل قبول می‌باشند.

۱ - clean room، اتاق مونتاز وسایل دقیق که وجود گرد و غبار، پرز یا عوامل بیماری‌زا موجود در هوا بر کیفیت آن‌ها تاثیر می‌گذارد؛ معمولاً سطوح بسیار صافی دارد تا گرد و غبار روی آن‌ها جمع نشود و با استفاده از غبارگیر و فیلتر میزان گرد و غبار، پرز و ... را به حداقل تعیین شده می‌رسانند.

ب-۵ مقدمه‌ای بر استفاده از غلظت ۴۰٪ اکسیژن برای پیشروی آتش

یک خصوصیت کلیدی شاخص پیشروی آتش (FPI) که در بند ب-۴ توصیف شده، استفاده از نتایج به دست آمده از آزمون پیشروی آتش برای تامین هوای ورودی با محتوای غلظت ۴۰٪ اکسیژن است. این کار در مقیاس کوچک دستگاهی، با بازسازی شار حرارتی تابشی از شعله‌های واقعی در وضعیت‌های مختلف آتش، انجام شده است.

همان طور که در [۱۲] و [۱۸] نشان داده شده، شعله شار حرارتی تابشی در ارتباط با تنوع سوختن مواد پلیمری افزودنی مانند افزایش غلظت اکسیژن پیرامونی در هوا، تا رسیدن شار حرارتی یک مقدار تقریبی نزدیک به غلظت ۴۰٪ اکسیژن است. این نتیجه از منظر واقعی زیاد شگفت‌آور نیست که افزایش غلظت اکسیژن در هوای عادی مقدار ناچیزی دمای شعله را زیاد می‌کند، بنابراین انتظار خواهد رفت شعله‌ها در هوایی که دارای غلظت ۴۰٪ اکسیژن است، غلظت بالایی از ذرات دود درخشان داشته باشند، پس تشعشع بیشتری نسبت به شعله‌ها در هوای عادی دارند.



شکل ب-۱- اندازه‌گیری‌های زمان اشتعال با تعیین TRP

جدول ب-۱ که از [۱۸] اقتباس شده، نقاط به کار رفته در زیربند قبلی برای آزمون احتراق نمونه‌ای به قطر 0.093 m از جنس پلی پروپیلین را بدون استفاده از گرماسازهای IR نشان می‌دهد.

جدول ب-۱ نشان می‌دهد که شار حرارتی محاسبه شده از شعله یک نمونه در مقیاس آزمایشگاهی در هوای عادی فقط 14 kW/m^2 است (با محتوای ۲۱٪ اکسیژن) اما افزایش به مقدار 40 kW/m^2 تا 50 kW/m^2 که از مشخصه آتش‌های بزرگ مقیاس است، هنگامی اتفاق می‌افتد که غلظت اکسیژن به ۴۰٪ افزایش پیدا کند [۱۸].

ب-۶ رفتار آتش واقعی و شاخص پیشروی آتش عایق کاری کابل، مواد اتاق تمیز و تسمه نوار نقاله مقادیر شاخص پیشروی آتش (*FPI*)، به بند ب-۴ مراجعه کنید) به همان خوبی رفتار پیشروی آتش هنگام آزمون‌ها با مقیاس واقعی، برای عایق کاری کابل‌های برق از جنس مواد پلیمری و برای قطعات جامد مواد پلیمری اتاق تمیز مورد استفاده در صنایع نیمه‌هادی ذکر شده در [۱۵] و [۱۶] است.

جدول ب-۱- تاثیر غلظت اکسیژن بر روی شعله شار حرارتی در یک نمونه از جنس پلی‌پروپیلین به قطر ۹۳mm در غیاب حرارت‌دهی خارجی

شعله شار حرارتی تابش (%)	غلظت اکسیژن در هوا (kW/m ²)
۱۴	۲۱
۲۳	۲۴
۳۷	۲۸
۴۱	۳۴
۴۴	۴۰
۵۳	۴۷

آزمون‌ها در مقیاس واقعی شامل آتش‌های آغاز شده با مشعل پروپانی ۶۰Kw واقع در بین آرایه‌های موازی و عمودی کابل‌ها یا مواد اتاق تمیز است. در کل، مقادیر *FPI* برای تسمه‌های نوارنقاله به همان خوبی رفتار پیشروی آتش این تسمه‌ها در یک واحد سطح است. در [۲۱] به آزمون آتش بزرگ مقیاس دالان معادن اشاره شده است. آتش‌های بزرگ مقیاس دالان‌ها توسط سوختن مایعات آبراهه‌ها آغاز می‌شود. جدول ب-۲ که از جدول ۱ [۱۹] و اطلاعات [۲۱] اقتباس شده است، نشان می‌دهد که چگونه شاخص پیشروی آتش وابسته به رفتار پیشروی آتش واقعی که در جدول ب-۲ نشان داده شده، می‌باشد. جدول ب-۲ نشان می‌دهد که شاخص پیشروی آتش برابر یا کمتر از مقدار $6 \text{ m}^{5/3} / \text{Kw}^{2/3} \text{ s}^{1/2}$ بوده و همبستگی بسیار خوبی با رفتار آتش واقعی برای پیشروی دارد که به منطقه اشتعال محدود شده است.

ب-۷ مثال‌هایی از موادی که تحت روش‌های آزمون قرار گرفته‌اند

طیف گسترده‌ای از مواد و محصولات پلیمری بعلاوه پلیمرهای ذکر شده در بند ب-۶ مورد آزمون اشتعال، احتراق یا پیشروی آتش قرار گرفته‌اند. جدول ب-۳ برگرفته از [۱۲] و جدول ۱ [۱۹]، فهرستی از این گروه‌های پلیمری می‌باشد.

روش آزمون احتراق و اشتعال بعلاوه سایر آزمون‌های انجام گرفته توسط دستگاه FPA، در به دست آوردن خصوصیات اشتعال پذیری قطعات تخته سه‌لا برای استفاده در یک مدل پیشگویانه از آتش بالارونده، همان طوری که در [۱۲] توصیف شده، به کار می‌رود. پیش‌بینی‌های مدل کامپیوتری، نزدیک به نتایج آزمون‌های قطعات عمودی از مواد مشابه با مواد تخته سه‌لا در مقیاس واقعی مورد توافق، بود.

جدول ب-۲- مقایسه مقدار FPI بار رفتار پیشروی آتش واقعی

ترکیب و ترتیب مواد	FPI به دست آمده از روش آزمون پیشروی آتش ($m^{5/3}/Kw^{2/3}S^{1/2}$)	پیشروی آتش در آن سوی منطقه اشتعال در مقیاس واقعی
قطعه PVC خاکستری	۴	ندارد
قطعه PVDF	۵	ندارد
قطعه PVC سفید	۶	ندارد
قطعه PVC نوع ۱، صلب	۸	محدود شده
قطعه FRPP اصلاح شده	۹	دارد
قطعه ETFE	۹	محدود شده
قطعه FRPP	>۱۰	دارد
قطعه PMMA	>۱۰	دارد
سیم نئوپرین / XLPE	۹	محدود شده
سیم PVC / PVDF	۷	ندارد
سیم XLPO	۹	محدود شده
سیم EVA / XLPO	۷	محدود شده
سیم PVC / PE	۲۰	دارد
تسمه نوار نقاله PVC یا CR	<۶	ندارد
تسمه نوار نقاله SBR یا CR	۷ تا ۸	محدود شده
تسمه نوار نقاله PVC یا SBR	>۸	دارد

جدول ب-۳- مثال‌هایی از موادی که تحت روش‌های آزمون قرار گرفته‌اند

توصیفی از پلیمر یا مواد حاوی پلیمر	پارامترهای محاسبه شده
پلی استایرن	TRP,EHC
پلی پروپیلن	TRP,EHC
پلی اکسی متیلن	TRP,EHC
نایلون	TRP,EHC
پلی کربنات	TRP,EHC
پلی استر تقویت شده با الیاف شیشه	TRP,FPI,EHC
اپوکسی تقویت شده با الیاف شیشه	TRP,FPI,EHC
اتیلن- پروپیلن فلورینه	TRP,FPI,EHC
کامپوزیت کولار یا فنولی	TRP,FPI,EHC
فوم‌های پلی‌اورتان	TRP,EHC
فوم‌های پلی‌استایرن	TRP,EHC
فوم‌های فنولیک	TRP,EHC
چوب، مقوای حاوی سلولز	TRP,FPI,EHC

ب-۸ دقت

دقت داده‌های ارائه شده در جدول ب-۴ بر اساس مقایسه نتایج از روش آزمون اشتعال در دو آزمایشگاه جداگانه انجام گرفته، می‌باشد. دقت داده‌های ارائه شده در جدول ب-۵ بر اساس مقایسه نتایج از روش آزمون پیشروی آتش با هوای تامین شده حاوی ۴۰٪ اکسیژن، در دو آزمایشگاه مشابه انجام گرفته، می‌باشد.

جدول ب-۴- تکرارپذیری داده‌ها برای زمان اشتعال

نوع پلیمر عایق کاری سیم	وقوع شار تابشی (Kw/m ²)	زمان اشتعال، دستگاه ۱ (s)	زمان اشتعال، دستگاه ۲ (s)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
سیم عایق کاری شده ۱	۲۰	۲۶۵	۲۶۰	۱
سیم عایق کاری شده ۱	۳۰	۹۱	۱۰۲	۵٫۷
سیم عایق کاری شده ۱	۴۰	۴۵	۵۸	۱۲٫۶
سیم عایق کاری شده ۱	۵۰	۳۴	۳۶	۲٫۹
سیم عایق کاری شده ۱	۶۰	۲۱	۲۴	۶٫۷
سیم عایق کاری شده ۲	۱۵	۳۳۴	۳۲۰	۲٫۱
سیم عایق کاری شده ۲	۳۰	۴۲	۴۱	۱٫۲
سیم عایق کاری شده ۲	۴۰	۲۴	۲۴	۰
سیم عایق کاری شده ۲	۵۰	۱۷	۱۷	۰
سیم عایق کاری شده ۲	۶۰	۱۳	۱۱	۸٫۳

جدول ب-۵- تکرارپذیری داده‌ها برای سرعت انتشار گرما

نوع نمونه	ماکسیمم سرعت آزادگی گرم، دستگاه ۱ (kW)	ماکسیمم سرعت آزادگی گرم، دستگاه ۲ (kW)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
سیم عایق کاری شده ۱	۷	۶	۷٫۷
سیم عایق کاری شده ۲	۵٫۶	۵٫۲	۳٫۷
سیم عایق کاری شده ۳	۸	۷٫۵	۳٫۲
تسمه نوار نقاله ۱	۱۳٫۴	۱۰٫۸	۱۰٫۷
تسمه نوار نقاله ۲	۹٫۲۵	۹٫۰۵	۱٫۱

پیوست ج (اطلاعاتی)

مقایسه نتایج در مجرای عمودی و مجرای افقی سامانه خروج دود

ج-۱ دیدگاه کلی

دستگاه پیشروی آتش (FPA) با استفاده از موقعیت افقی سامانه خروج دود توسعه داده شده است (به شکل‌های ۱ و ۲ مراجعه کنید). این موقعیت متناوب، برای اطمینان از سازگاری نتایج با اصل، مجرای سامانه خروج دود عمودی دستگاه FPA، تحت آزمون‌های فراوانی قرار گرفته است [۶]. به عنوان بخشی از آزمون، یکنواختی جریان در بخش اندازه‌گیری مجرای افقی سامانه خروج دود با استفاده از عبور میله مدرج نمونه‌گیری بررسی شد. مشخص شد که یکنواختی (در موارد سرعت، دما و نمودارهای غلظت) با یک صفحه روزنه‌دار به ضخامت ۱٫۶ mm دارای روزنه اختلاط به قطر ۹۱٫۵ mm در جریان خروجی به میزان $0.15 \pm 0.152 \text{ m}^3/\text{s}$ می‌تواند به دست آید [۶].

ج-۲ شرایط آزمون

برای مقایسه نتایج موقعیت افقی سامانه خروج دود (به شکل‌های ۱ و ۲ مراجعه کنید) با آن‌ها در موقعیت اصلی عمودی، روش‌های آزمون اشتعال، احتراق و پیشروی در ادامه به ترتیب با مقدار ۱۱٫۱، ۱۱٫۲ و ۱۱٫۴ از استون (مایع)، PMMA شفاف با ضخامت ۹٫۵ mm، PVC سخت با ضخامت ۹٫۵ mm، CPVC سخت با ضخامت ۹٫۵ mm یا یک ترکیب وابسته به آن انجام شد. استون بدون هیچ گونه شار حرارتی خارجی آزمون شد. آزمون‌های PMMA و PVC سخت در معرض شار حرارتی خارجی 50 kW/m^2 در هوای عادی قرار گرفتند.

آزمون‌های CPVC در یک مخلوط گازی با غلظت ۴۰٪ اکسیژن، توسط تولید با اضافه کردن اکسیژن به هوای معمولی، مورد آزمون قرار گرفت.

ج-۳ گرمای موثر احتراق

نتایج آزمون محاسبه شده مطابق با بند ۱۲ در جدول ج-۱ خلاصه شده است.

ج-۴ زمان اشتعال

جدول ج-۲ و ج-۳ زمان اندازه‌گیری شده اشتعال را به عنوان تابعی از وقوع شار حرارتی به ترتیب برای نمونه‌های PMMA و PVC سخت نشان می‌دهند.

جدول ج-۱- گرمای موثر احتراق

ترکیب نمونه	گرمای موثر احتراق - موقعیت عمودی سامانه خروج دود (kJ/g)	گرمای موثر احتراق - موقعیت افقی سامانه خروج دود (kJ/g)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
استون	۲۷٫۱	۲۶٫۸	۰٫۶
استون	۲۶٫۹	۲۷٫۴	۰٫۹
استون	۲۷٫۸	۲۶٫۹	۱٫۶
PMMA	۲۴٫۹	۲۴٫۶	۰٫۶
PMMA	۲۴٫۸	۲۵٫۰	۰٫۴
PMMA	۲۵٫۰	۲۵٫۲	۰٫۴
PVC سخت	۶٫۶۲	۶٫۰	۴٫۹
PVC سخت	۶٫۰۷	۵٫۷۴	۲٫۸

یادآوری - به پیوست ه [۶] مراجعه کنید.

جدول ج-۲- نتایج آزمون اشتعال برای PMMA

وقوع شار حرارتی (kW/m ²)	زمان اشتعال - موقعیت عمودی سامانه خروج دود (s)	زمان اشتعال - موقعیت افقی سامانه خروج دود (s)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
۳۰	۳۷٫۴	۳۸٫۷	۱٫۷
۴۰	۲۲٫۴	۲۴٫۰	۳٫۴
۵۰	۱۴٫۴	۱۵٫۴	۳٫۴
۶۰	۱۰٫۱	۱۵٫۹	۳٫۸

یادآوری - به پیوست ه [۶] مراجعه کنید.

جدول ج-۳- نتایج آزمون اشتعال برای PVC سخت^۱

وقوع شار حرارتی (kW/m ²)	زمان اشتعال - موقعیت عمودی سامانه خروج دود (s)	زمان اشتعال - موقعیت افقی سامانه خروج دود (s)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
۳۰	۱۱۷	۱۱۴	۱٫۳
۴۰	۷۲٫۱	۷۵٫۸	۲٫۵
۵۰	۴۷٫۳	۴۹٫۲	۲
۶۰	۳۴٫۶	۳۴٫۹	۰٫۴

یادآوری - به پیوست ه [۶] مراجعه کنید.

۱- نمونه‌ها با ۲۴ سنجه (به قطر ۰٫۵ mm) سیمی نیکل- کروم مهار شده است.

ج-۵ سرعت آزادی گرمای شیمیایی در روش آزمون احتراق
 ماکسیمم سرعت‌های آزادی گرمای شیمیایی (از میانگین ۱۵ s) برای PMMA و PVC سخت افقی در
 جدول ج-۴ نشان داده شده است.

جدول ج-۳- سرعت آزادی گرمای شیمیایی در آزمون احتراق

ترکیب نمونه	سرعت آزادی گرمای شیمیایی - موقعیت عمودی سامانه خروج دود (kW)	سرعت آزادی گرمای شیمیایی - موقعیت افقی سامانه خروج دود (kW)	اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)
PMMA	۹٫۸	۱۰٫۲	۲٫۰
PVC سخت	۰٫۸۸	۰٫۹۱	۱٫۷
PVC سخت	۰٫۸۰	۰٫۹۱	۶٫۴

یادآوری - به پیوست ه [۶] مراجعه کنید.

ج-۶ سرعت آزادی گرمای شیمیایی هنگام آزمون پیشروی
 جدول ج-۵ مقادیر ماکسیمم انتشار گرمای شیمیایی از مقادیر میانگین ۱۵ s را هنگام روش آزمون پیشروی
 آتش، با تعیین دو موقعیت مجرای سامانه خروج دود نشان می‌دهد. از جریان هوای داخلی با غلظت ۴۰٪
 اکسیژن برای تکرار سه آزمون با نمونه‌های عمودی CPVC استفاده شده است [۶].

جدول ج-۵- سرعت آزادی گرمای شیمیایی نمونه‌های CPVC هنگام آزمون پیشروی

اختلاف نسبی از مقدار میانگین (%)	FPA با سامانه خروج دود عمودی (kW)	FPA با سامانه خروج دود عمودی (kW)
۶٫۵	۳٫۶۴	۳٫۳۷
۴٫۵	۳٫۷۰	۳٫۳۸
۴٫۱	۳٫۹۲	۳٫۶۱

ج-۷ مشاهدات

بر اساس اندازه‌گیری‌ها و نتایج ذکر شده در جداول ج-۳ تا ج-۶، ترکیب دستگاه FPA با مجرای افقی سامانه
 خروج دود نتایج قابل مقایسه‌ای با نتایجی که با استفاده از دستگاه اصلی FPA با مجرای سامانه خروج دود
 عمودی اندازه‌گیری شده‌اند را فراهم می‌آورد [۶].

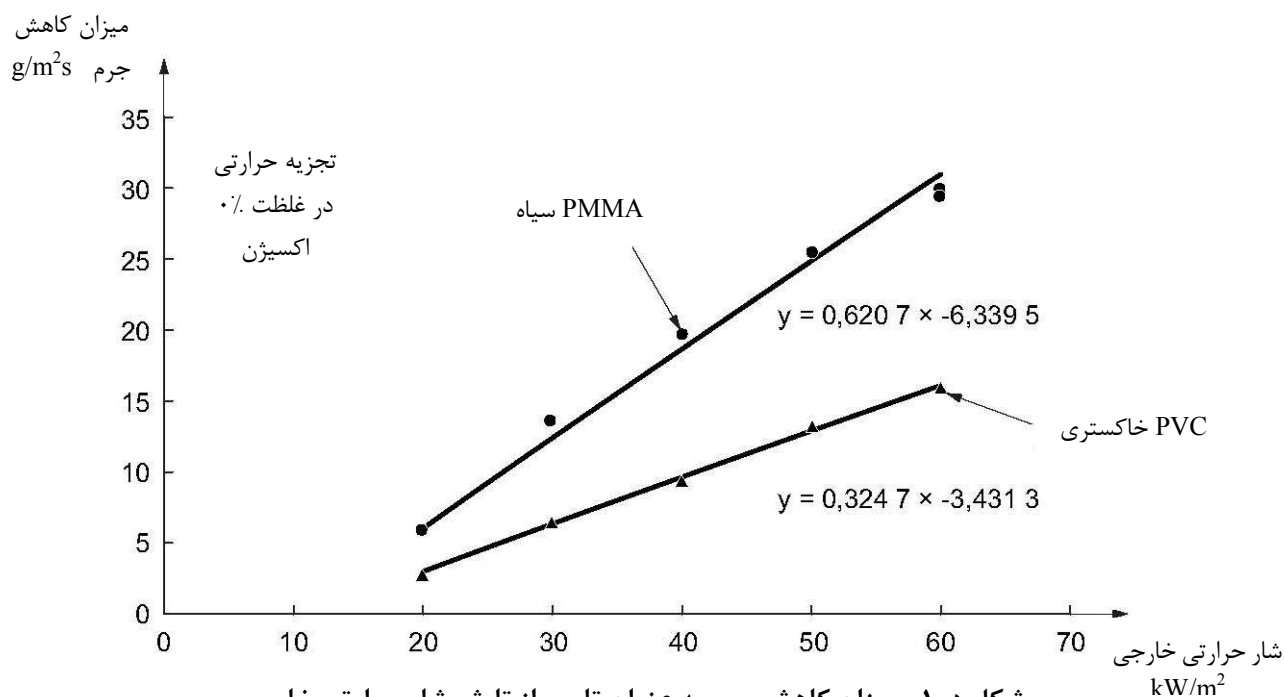
پیوست د
(اطلاعاتی)
گرمای تبدیل به گاز

۱-د مقدمه

گرمای تبدیل به گاز (بر حسب kJ/g) نشان دهنده مقدار گرمایی است که برای تبدیل شدن هر واحد جرم ماده به گاز باید توسط مواد جذب شود. همان طور که در بند ۱۱-۳ ذکر شد، آزمون‌های تجزیه حرارتی در محیط حاوی ۱۰۰٪ گاز نیتروژن با قرار گرفتن نمونه در معرض مقادیر متفاوت شار حرارتی خارجی انجام می‌شود. میزان کاهش جرم هر واحد مساحت سطح نمونه به عنوان تابعی از زمان برای هر تابش شار حرارتی اندازه‌گیری می‌شود.

۲-د تجزیه و تحلیل داده‌ها

شکل ۱-د نشان دهنده میزان کاهش جرم به عنوان تابعی از تابش شار حرارتی خارجی است. در مورد PMMA سیاه، میانگین حالت پایدار میزان کاهش جرم برای هر مقدار شار حرارتی تعیین شده است. برای به ذغال تبدیل کردن مواد، مانند PVC، مقدار پیک میانگین میزان کاهش جرم هر واحد مساحت سطح نمونه هنگام تشکیل اولین ذغال در نظر گرفته می‌شود. معکوس شیب هر منحنی مقدار گرمای تبدیل به گاز را نشان می‌دهد. بنابراین، مقادیر گرمای تبدیل به گاز برای PMMA و PVC به ترتیب ۱/۶۱ kJ/g و ۳/۰۸ kJ/g می‌باشد.



شکل ۱-د- میزان کاهش جرم به عنوان تابعی از تابش شار حرارتی خارجی

۳-د گرمای تبدیل به گاز برای مواد مختلف آزمون شده در دستگاه FPA

گرمای تبدیل به گاز تعیین شده برای میزان کاهش جرم هر واحد مساحت سطح نمونه به عنوان تابعی از تابش شار حرارتی خارجی در شرایط آتش بدون شعله‌وری (به عنوان مثال در محیط حاوی ۱۰۰٪ گاز

نیتروزن) در دستگاه FPA، در جدول د-۱ برای مواد انتخاب شده فهرست گردیده است. می‌توان به نزدیکی بین گرماهای تبدیل به گاز به دست آمده توسط دستگاه FPA و آنهایی که از گرماسنجی مرحله به مرحله تفاضلی به دست آمده‌اند، توجه کرد.

جدول د-۱- گرماهای تبدیل به گاز مواد متفاوت

مواد	گرمای تبدیل به گاز در دستگاه پیشروی آتش (kJ/g)	گرمای تبدیل به گاز در گرماسنجی مرحله به مرحله تفاضلی (kJ/g)
کاغذ صافی	۳٫۶	-
چوب	۱٫۸	-
تخته سه‌لا یا FR	۱٫۰	-
مقوای موج‌دار	۲٫۲	-
پلی‌پروپیلین	۲٫۰	۲٫۰
پلی‌اتیلن (چگالی پایین)	۱٫۸	۱٫۹
پلی‌اتیلن (چگالی بالا)	۲٫۳	۲٫۲
فوم‌های PE	۱٫۷-۱٫۴	-
پلی‌وینیل‌کلراید سخت (PVC)	۳٫۰۸	-
PVC یا نرم کننده	۱٫۷	-
پلی‌ایزوپرن	۲٫۰	-
قطعه مستطیلی PVC	۳٫۱	-
نایلون ۶/۶	۲٫۴	-
پلی‌اکسی‌متیلین	۲٫۴	۲٫۴
پلی‌متیل متاکریلات	۱٫۶۱	۱٫۶
پلی‌کربنات	۲٫۱	-
آکریلونیتریل بوتادین استایرن	۳٫۲	-
فوم پلی‌استایرن	۱٫۳-۱٫۹	-
پلی‌استایرن (دانه‌ای)	۱٫۷	۱٫۸
فوم پلی‌اورتان انعطاف‌پذیر	۱٫۲-۲٫۷	۱٫۴
فوم پلی‌اورتان سخت	۱٫۲-۵٫۳	-
فوم پلی‌ایزوسیانورات	۱٫۲-۶٫۴	-
اتیلن پروپیلین فلورینه	۲٫۴	-
تترافلورواتیلن	۰٫۸-۱٫۸	-

یادآوری - به پیوست ه [۱۲] مراجعه کنید.

پیوست ه
(اطلاعاتی)
کتاب نامه

- [1] ASTM E2058, Standard Test Methods for Measurement of Synthetic Polymer Material Flammability Using a Fire Propagation Apparatus (FPA).
- [2] NFPA 287, Standard Test Methods for Measurement of Flammability of Materials in Cleanrooms Using a Fire Propagation Apparatus (FPA).
- [3] Cable Fire Propagation Specification Test Standard, Approval Standard, Class Number 3972, FM global, 1151 Boston-Providence Turnpike, Norwood, MA 02062–9102, July 1989.
- [4] Clean Room Materials Flammability Test Protocol: Approval Standard, Class Number 4910 FM global, 1151 Boston-Providence Turnpike, Norwood, MA 02062–9102, September 1997.
- [5] Class 1 Conveyor Belting Approval Standard, Class Number 4998, FM global, 1151 Boston-Providence Turnpike, MA 02062–9102, August 1995.
- [6] KHAN, M.M. and BILL, R.G., “Comparison of flammability measurements in vertical and horizontal exhaust duct in the ASTM E-2058 fire propagation apparatus,” *Fire and Materials*, 27:253-266, 2003.
- [7] KHAN, M.M. and DE RIS, J.L., “Operator Independent Ignition Measurements,” *Fire safety Science — Proceedings of the Eighth International Symposium*, pp. 163-174.
- [8] DE RIS, J.L. and KHAN, M.M., “A Sample Holder for Determining Material Properties” *Fire and Materials*, 24, pp. 219-226, 2000.
- [9] BABRAUSKAS, V. and MULHOLLAND, g., “Smoke and Soot Data Determinations in the Cone Calorimeter,” pp. 83-104 in *Mathematical Modeling of Fires (ASTM STP 983)*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia (1987).
- [11] Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rate for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter. ASTM E 1354-04a. ASTM: West Conshohocken, PA, USA.
- [12] TEWARSON, A., “generation of Heat and Chemical Compounds in Fires,” Chapter 4, Section 3, *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd Edition, pp. 3–82 to 3–161, The National Fire Protection Association Press, Quincy, MA, 2002.
- [13] ACKERET, J., “Aspects of Internal Flow,” in *Fluid Mechanics of Internal Flow* (G. Sovran, ed.), Elsevier Publishing Company, New York, p. 1, 1967
- [14] TEWARSON, A. and KHAN, M.M., “Flame Propagation for Polymers in Cylindrical Configuration and Vertical Orientation,” *Twenty-Second Symposium (International) on Combustion*, p. 1231–40, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA 1988.
- [15] TEWARSON, A. and KHAN, M.M., “Fire Propagation Behavior of Electrical Cables,” *Fire Safety Science — Proceedings of the Second International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, pp. 791–800, Hemisphere Publishing Corporation, New York 1989.
- [16] KHAN, M.M., BILL, R.G. and ALPERT, R.L., “Screening of plenum cables using a small-Scale fire test protocol,” *Fire and Materials*, 30:65-76, 2006.
- [17] TEWARSON, A. and NEWMAN, J.S., “Scale Effects on Fire Properties of Materials,” *Fire Safety Science — Proceedings of the First International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, pp. 451–462, Hemisphere Publishing Corporation, New York 1986.
- [18] TEWARSON, A., LEE, J.L., and PION, R.F., “The Influence of Oxygen Concentration on Fuel Parameters for Fire Modeling,” *Eighteenth Symposium (International) on Combustion*, pp. 563–570, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA 1981.
- [19] TEWARSON, A., KHAN, M.M., WU, P.K. and BILL, R.G., “Flammability evaluation of clean room polymeric materials for semiconductor industry,” *Fire and Materials*, 25:31-42, 2001.

- [20] WU, P.K. and BILL, R.G., "Laboratory test for flammability using enhanced oxygen," Fire Safety Journal,38 (2003) 203-217.
- [21] KHAN, M.M., "Fire Propagation Characteristics of Conveyor Belts," Proceedings of the Third International Conference on Fire Research and Engineering, 205-216, Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, Maryland, 1999.