



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۴۶۵۶
تجدیدنظر اول
۱۳۹۷

INSO

14656

1st. Revision

2019

Identical with
ISO 10156:2017

سیلندره‌های گاز-گازها و مخلوط‌های
گازی - تعیین پتانسیل اشتعال و توانایی
اکسیدکنندگی برای انتخاب
خروجی‌های شیر سیلندر

**Gas cylinders-Gases and gas mixtures
- Determination of fire potential and
oxidizing ability for the selection of
cylinder valve outlets**

ICS: 71.100.20; 23.020.35

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

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.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

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

« سیلندرهای گاز - گازها و مخلوط‌های گازی - تعیین پتانسیل اشتعال و توانایی اکسیدکنندگی
برای انتخاب خروجی‌های شیر سیلندر »

رئیس:

حیدری، نصرت
(دکتری شیمی فیزیک)

دبیر:

قندیلی، علی
(دکتری شیمی فیزیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسمعیلی، حوریه
(کارشناسی شیمی)

تیمورپور، رضا
(کارشناسی مهندسی صنایع)

جعفی، ساسان
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

رستگاریا، مهدی
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

سنبللی، اسمعیل
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شیدایی، طاهره
(کارشناسی ارشد شیمی)

صوفی، منصور
(کارشناسی مهندسی متالورژی)

عطالو، هادی
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیات علمی - دانشگاه ارومیه

رئیس اداره امور آزمایشگاه‌ها - اداره کل استاندارد استان
آذربایجان غربی

مدیر کنترل کیفیت - شرکت کیمیا کلر کبودان

مدیر تولید - شرکت مارال صنعت جاوید

مدیر آزمایشگاه - شرکت کنترل خودرو ارومیه

کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد آذربایجان غربی

مدیرعامل - شرکت گاز اکسیژن ارومیه

کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد آذربایجان غربی

مدیرعامل - شرکت مهندسی و بازرسی اسپوتا کاوش صنعت

مدیر فنی آزمایشگاه - شرکت سنجش گراف سخت آزما

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

فرمود، سید عطا الله

(کارشناسی مهندسی متالورژی)

مرادی، محسن

(کارشناسی ارشد فیزیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

مدیرعامل - شرکت سنجش گراف سخت آزما

کارشناس استاندارد - اداره کل استاندارد آذربایجان غربی

ویراستار:

فخری گمچی، ابراهیم

(کارشناسی ارشد فیزیک)

معاون ارزیابی انطباق - اداره کل استاندارد استان آذربایجان

غربی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و واحدها
۴	۴ اشتعال‌پذیری گاز و مخلوط گاز در هوا
۴	۱-۴ کلیات
۵	۲-۴ روش آزمون
۹	۳-۴ روش محاسبه مخلوط‌هایی شامل n گاز اشتعال‌پذیر و p گاز خنثی
۱۴	۴-۴ مثال‌ها
۱۵	۵-۴ روش محاسبه حد پایین اشتعال‌پذیری مخلوط‌های گاز
۱۶	۶-۴ مثال‌ها
۱۸	۷-۴ طبقه‌بندی بر اساس سامانه هماهنگ جهانی (GHS)
۱۸	۵ قدرت اکسیدکنندگی گازها و مخلوط‌های گاز
۱۸	۱-۵ کلیات
۱۸	۲-۵ روش آزمون
۲۳	۳-۵ روش محاسبه
۲۵	۶ مخلوط‌های دارای گازهای اکسیژن و اشتعال‌پذیر
۲۵	۱-۶ کلیات
۲۷	۲-۶ اصول طبقه‌بندی اشتعال‌پذیری
۲۸	۳-۶ مثال‌ها
۳۱	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) طبقه‌بندی بر اساس سامانه هماهنگ جهانی (GHS)
۳۲	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «سیلندرهای گاز-گازها و مخلوط‌های گازی- تعیین پتانسیل اشتعال و توانایی اکسیدکنندگی برای انتخاب خروجی‌های شیر سیلندر» که نخستین بار در سال ۱۳۹۰ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌هزار و ششصد و هفتاد و نهمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی مورخ ۱۳۹۷/۱۱/۲۸ 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 کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۶۵۶: سال ۱۳۹۰ می‌شود.

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

ISO 10156: 2017, Gas cylinders-Gases and gas mixtures-Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets

مقدمه

استاندارد ISO 5145 ابعاد مختلف خروجی‌های شیر سیلندر گروه‌های گاز اشتعال‌پذیر مختلف را ارائه می‌نماید. این گروه‌های گاز اشتعال‌پذیر مطابق معیارهای تجربی که در استاندارد ISO 14456 تعریف شده‌اند، تعیین می‌شوند.

این معیارها بر مبنای خواص فیزیکی، شیمیایی، سمی و خوردگی گازها هستند. به ویژه، اشتعال‌پذیری در هوا و اکسیدکنندگی گازها در تعیین این استاندارد در نظر گرفته شده‌اند.

با این که اطلاعات بسیاری در منابع مربوط به گازهای خالص وجود دارد و این اطلاعات با توجه به نوع روش‌های آزمون به کار رفته می‌تواند متفاوت باشد، در هنگام استفاده از مخلوط‌های گاز این اطلاعات اغلب ناکافی یا حتی وجود ندارند و این یکی از مشکلات بالقوه‌ای است که موجب تکامل این استاندارد شده است. نخستین هدف این استاندارد حذف ابهام‌ها در مورد اختلاف‌های منابع و به ویژه کامل کردن داده‌های موجود (به طور عمده در مورد مخلوط گازها) بود.

در نتیجه، این استاندارد غیر از انتخاب خروجی شیر سیلندر، برای اهدافی مانند تعیین اطلاعات اشتعال‌پذیری و توانایی اکسیدکنندگی برای طبقه‌بندی و نشانه‌گذاری گازها و مخلوط گازها استفاده می‌شود.

سیلندرهای گاز-گازها و مخلوط‌های گازی - تعیین پتانسیل اشتعال و توانایی اکسیدکنندگی برای انتخاب خروجی‌های شیر سیلندر

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای تشخیص اشتعال‌پذیری یک گاز یا مخلوط گاز در هوا و تشخیص بیشتر یا کمتر بودن توانایی اکسیدکنندگی یک گاز یا مخلوط گاز نسبت به هوا در شرایط جوی است.

این استاندارد برای طبقه‌بندی گازها و مخلوط‌های گاز و انتخاب خروجی‌های شیر کاربرد دارد. این استاندارد برای آماده‌سازی ایمن مخلوط این گازها، تحت فشار و دمایی غیر از دمای محیط کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

این استاندارد مرجع الزامی وجود ندارد.

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و واحدها

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند^۱:

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۱-۳

گازها یا مخلوط گاز اشتعال‌پذیر در هوا

gas or gas mixture flammable in air

گاز یا مخلوط گازی که در فشار جو و دمای °C ۲۰ اشتعال‌پذیر است.

۲-۱-۳

حد اشتعال‌پذیری پایین در هوا

lower flammability limit in air

کمینه محتوای یک گاز یا مخلوط گاز در یک مخلوط یکنواخت با هوا که انتشار شعله در آن آغاز می‌شود.

^۱-اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org قابل دسترس است.

یادآوری ۱- حد اشتعال پذیری پایین در شرایط جوی تعیین می‌شود.

یادآوری ۲- عبارت "حد اشتعال پذیری" که در این استاندارد به کار می‌رود، گاهی اوقات "حد انفجار"^۱ نامیده می‌شود.

۳-۱-۳

حد اشتعال پذیری بالا در هوا

upper flammability limit in air

بیشینه محتوای یک گاز یا مخلوط گاز در یک مخلوط یکنواخت با هوا که انتشار شعله در آن آغاز می‌شود.

یادآوری ۱- حد اشتعال پذیری بالا در شرایط جوی تعیین می‌شود.

یادآوری ۲- عبارت "حد اشتعال پذیری" که در این استاندارد به کار می‌رود، گاهی اوقات "حد انفجار" نامیده می‌شود.

۴-۱-۳

گستره اشتعال پذیری

flammability range

به گستره غلظت بین حدهای اشتعال پذیری بالا و پایین گفته می‌شود.

یادآوری- عبارت "گستره اشتعال پذیری" که در این استاندارد به کار می‌رود، گاهی اوقات "گستره انفجار" نامیده می‌شود.

۵-۱-۳

گاز یا مخلوط گاز اکسیدکننده تر از هوا

gas or gas mixture more oxidizing than air

گاز یا مخلوط گازی که قادر است، در فشار جوی، نسبت به مخلوط مرجع که شامل ۲۳/۵٪ اکسیژن در نیتروژن است، احتراق بیشتری را حمایت کند.

۶-۱-۳

قدرت اکسیدکنندگی

oxidizing power

OP

عدد بدون بعدی که ظرفیت اکسیدکنندگی گاز یا مخلوط گاز را نسبت به اکسیژن مقایسه می‌کند.

یادآوری - OP از مجموع حاصل ضرب‌های کسر(های) مولی ترکیب اکسیدکننده در ضریب معادل اکسیژن آن C_i محاسبه می‌شود.

شرایط جوی

atmospheric conditions

فشار استاندارد ۱۰۱,۳ kPa در دمای ۲۰ °C است.

۲-۳ نمادها

A_i	کسر مولی i امین گاز اشتعال‌پذیر در مخلوط گازی برحسب درصد
B_k	کسر مولی k امین گاز خنثی در مخلوط گازی برحسب درصد
C_i	ضریب معادل اکسیژن
F_i	i امین گاز قابل اشتعال در مخلوط گازی
I_k	k امین گاز خنثی در مخلوط گازی
n	تعداد گازهای اشتعال‌پذیر در مخلوط گازی
p	تعداد گازهای خنثی در مخلوط گازی
K_k	ضریب معادل یک گاز خنثی نسبت به نیتروژن (به جدول ۱ مراجعه شود)
A'_i	ظرفیت کوالانس یک گاز اشتعال‌پذیر
L_i	گستره اشتعال‌پذیری پایین در هوا برای یک گاز اشتعال‌پذیر
T_{ci}	بیشینه محتوای یک گاز اشتعال‌پذیر که در زمان مخلوط شدن با نیتروژن، در هوا قابل اشتعال نباشد، برحسب درصد
x_i	کسر مولی اجزاء اکسیدکننده بر حسب درصد
He	هلیوم
Ar	آرگون
Ne	نئون

Kr	کریپتون
Xe	گزنون
N ₂	نیتروژن
H ₂	هیدروژن
O ₂	اکسیژن
CO ₂	کربن دی‌اکسید
SO ₂	سولفور دی‌اکسید
N ₂ O	نیتروز اکسید
SF ₆	سولفور هگزاfluئورید
CF ₄	کربن تتراfluئورید
C ₃ F ₈	اکتافluئوروپروپان
C ₂ HF ₅	پنتافluئورواتان
CH ₄	متان

۳-۳ واحدها

در این استاندارد کلیه درصدهای (٪) گاز به صورت کسر مولی (mol. ٪) ارائه می‌شوند که تحت شرایط معمول جوی معادل کسر حجمی (vol. ٪) هستند.

۴ اشتعال پذیری گاز و مخلوط گاز در هوا

۱-۴ کلیات

در زیربندهای ۲-۴ و ۳-۴، روش‌های آزمون و محاسبه برای تعیین اشتعال‌پذیری یک گاز یا مخلوط گاز در هوا تعیین شده است. این برای تعیین خروجی شیر به منظور طبقه‌بندی^۱ GHS یا انتقال استفاده می‌شود.

1 - Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals.

روش آزمون (ارائه شده در زیربند ۲-۴) در کلیه موارد می‌تواند به کار رود، اما موقعی که مقادیر T_{ci} (یا L_i) وجود ندارد، باید استفاده شود.

روش محاسبه (ارائه شده در زیربند ۳-۴) فقط موقعی می‌تواند به کار برده شود که مقادیر قابل اعتماد T_c (یا L_i) وجود داشته باشند.

زیربند ۴-۵، روش محاسبه برای تعیین حد پایین اشتعال پذیری مخلوط را ارائه می‌کند که در زیربند ۳-۴ تعیین شده است و امکان دارد برای دسته‌های گاز اشتعال پذیر GHS به کار برده شود.

در حالت‌هایی که نتیجه آزمون از مقدار به دست آمده از محاسبه متفاوت باشد، باید نتیجه آزمون در اولویت باشد.

مخلوط‌های غیراشتعال پذیر تعریف شده براساس عدد UN، باید هر طبقه‌بندی انجام شده با محاسبه را رد کند.

۲-۴ روش آزمون

۱-۲-۴ نکات کلیدی مرتبط با ایمنی

آزمون‌ها باید توسط کارکنان آموزش دیده و دارای صلاحیت، که مطابق با رویه‌های تایید شده (هم چنین به زیربند ۴-۲-۴ مراجعه شود) کار می‌کنند، انجام شوند. برای محافظت کارکنان در زمان انفجار، لوله واکنش و جریان سنج باید به‌طور مناسبی پوشانده شوند. کارکنان باید از تجهیزات فردی شامل عینک ایمنی استفاده کنند. در طول مراحل احتراق لوله واکنش باید باز و از محل نگهداری گاز مجزا باشد. در طی تجزیه گاز یا مخلوط گاز آزمون، نیز باید مراقبت لازم به عمل آید.

۲-۲-۴ اصول آزمون

گاز یا مخلوط گاز با نسبت‌های مورد نظر با هوا مخلوط می‌شود. در مخلوط گاز آزمون ساکن، اشتعال توسط یک جرقه الکتریکی ایجاد شده و گسترش یا عدم گسترش اشتعال در لوله واکنش مشاهده می‌شود.

۳-۲-۴ دستگاه آزمون و مواد

۱-۳-۲-۴ کلیات

دستگاه آزمون (به شکل ۱ مراجعه شود) شامل موارد زیر است:

الف- مخلوط کن؛

ب- لوله‌ای که واکنش در آن انجام می‌گیرد؛

پ- سامانه جرقه‌زن؛

ت- سامانه تجزیه برای تعیین ترکیب گاز آزمون.

یادآوری- دستگاه‌های مشابه دیگری که در روش‌های آزمون برای تعیین حدود اشتعال پذیری در استانداردهایی مانند EN 1839 و ASTM E681 آمده است را نیز می‌توان به کار برد.

۲-۳-۲-۴ آماده‌سازی

۱-۲-۳-۲-۴ گاز آزمون

گاز آزمون باید برای نشان دادن بیشترین ترکیب قابل اشتعالی آماده شود که می‌تواند در طی دوره تولید عادی ایجاد شود. معیارهای مورد استفاده در ایجاد ترکیب گاز آزمون رواداری‌های ساخت هستند، یعنی گاز آزمون باید دارای بالاترین غلظت گازهای اشتعال‌پذیر در مواجهه با فرایند تولید عادی بوده و رطوبت گاز باید کمتر یا برابر با 0.1% باشد. گاز آزمون باید به طور دقیق مخلوط شود و برای تعیین ترکیب صحیح، به دقت تحلیل شود.

۲-۲-۳-۲-۴ هوای فشرده

هوای فشرده باید تجزیه شود و مقدار رطوبت آن باید کمتر یا برابر با 0.1% باشد.

۳-۲-۳-۲-۴ مخلوط گاز آزمون/هوا

هوای فشرده و گاز مورد آزمون در مخلوط‌کن با کنترل نرخ‌های جریان مخلوط می‌شوند. مخلوط هوا و گاز اشتعال‌پذیر باید با استفاده از کروماتوگراف یا تجزیه‌کننده اکسیژن ساده و یک آشکارساز گاز اشتعال‌پذیر تجزیه شود.

۳-۳-۲-۴ لوله واکنش

ظرف آزمون یک استوانه عمودی از شیشه ضخیم (برای مثال 5 mm) با قطر داخلی کمینه 50 mm و ارتفاع کمینه 300 mm است. الکترودهای جرقه‌زن با فاصله 5 mm از یکدیگر و به فاصله 50 mm تا 60 mm بالاتر از ته استوانه نصب می‌شود. استوانه یک دریچه آزاد کننده فشار دارد. دستگاه باید برای به محدود کردن آسیب ناشی از هرگونه انفجاری، حفاظبندی شود.

۴-۳-۲-۴ سامانه جرقه‌زن

یک مولد ایجاد جرقه که قادر به تولید جرقه‌هایی با ولتاژ بالا (برای مثال 15 kV ، 30 mA جریان متناوب) با انرژی 10 J باید به کار رود. فاصله جرقه (فاصله بین الکترودها) باید 5 mm و مدت زمان جرقه 0.2 s تا 0.5 s باشد.

۴-۲-۴ رویه تعیین اشتعال‌پذیری

در زمان انجام آزمون‌های اشتعال‌پذیری، برای جلوگیری از وقوع انفجار باید دقت شود. با شروع کار آزمایشی در غلظت ایمن 1% گاز آزمون در هوا می‌توان این کار را انجام داد. سپس غلظت اولیه گاز را می‌توان با گام‌های کوچک 1% تا وقوع جرقه افزایش داد.

قبل از هر جرقه، ظرف آزمون باید با مخلوط آزمون، پاک‌سازی شود. حجم پاک‌سازی باید کمینه 10 برابر حجم ظرف آزمون باشد. سپس در زمانی که مخلوط آزمون در حالت ساکن است، اشتعال با جرقه القایی شروع می‌شود و جدا شدن یا نشدن شعله از منبع جرقه زن و گسترش آن به صورت چشمی مشاهده می‌گردد.

اگر کمینه 100 mm شعله جدا شده و انتشار رو به بالا مشاهده شود، ماده آزمون باید به عنوان اشتعال‌پذیر طبقه‌بندی شود.

اگر ساختار شیمیایی گاز نشانگر عدم اشتعال پذیری باشد و ترکیب استوکیومتری^۱ مخلوط با هوا قابل محاسبه باشد، فقط مخلوط‌هایی که در گستره ۱۰٪ (مطلق) کمتر از ترکیب استوکیومتری تا ۱۰٪ بیشتر از این ترکیب، به آزمون در گام‌های ۱٪ نیاز دارند.

با مخلوط‌های دارای هیدروژن، شعله اغلب بدون رنگ است. برای تایید حضور چنین شعله‌هایی، کاربرد پروب‌های^۲ اندازه‌گیری دما توصیه می‌شود (به شکل ۱- الف مراجعه شود).

۵-۲-۴ رویه تعیین حدود اشتعال پذیری

به طور کلی بر خلاف تعیین اشتعال پذیری، برای تعیین حدود اشتعال پذیری (FL) ضروری است که رویه آزمون متفاوتی به کار برده شود. استفاده دستگاه آزمون یکسان، آماده‌سازی گاز آزمون و معیار احتراق که در زیربندهای ۴-۲-۴ و ۳-۲-۴ توضیح داده شده است، خصوصیات حدود اشتعال پذیری عبارت از تعیین مقدار ماده آزمون در هوا است که با مخلوط آزمون دیگر مشتعل نمی‌شود. نزدیک حد اشتعال پذیری، تغییر تدریجی مقدار ماده آزمون در هوا به طور تقریبی ۰٫۱٪ حجمی برای $FL > ۱۰٪$ و ۰٫۲٪ حجمی برای $FL \leq ۱۰٪$ ، انتخاب می‌شود.

به دلایل ایمنی، آزمون‌های احتراق اولیه با استفاده از مخلوط آزمون با مقدار ماده آزمون که امکان دارد خارج از دامنه انفجار مورد انتظار واقع شود، انجام می‌گیرد.

پیش از هر اقدام برای احتراق، ظرف آزمون با مخلوط آزمون پاک‌سازی می‌شود. حجم پاک‌سازی باید حداقل ۱۰ برابر حجم ظرف آزمون باشد. پس از پایان عمل پاک‌سازی، ورودی ظرف آزمون آب‌بندی می‌شود. سپس مخلوط آزمون از ظرف آزمون عبور می‌کند و به طور مستقیم به داخل سامانه خروجی جریان پیدا می‌کند. احتراق با استفاده از جرقه القائی تحت شرایط ساکن انجام می‌شود. جدا شدن یا جدا نشدن شعله و انتشار آن به اندازه ۱۰۰ mm مشاهده می‌شود.

در صورت مشاهده احتراق، مقدار گاز آزمون در مخلوط آزمون تا زمان توقف جدا شدن شعله، به طور متناوب تغییر داده می‌شود. غلظت مخلوط آزمون که در آن احتراق صورت نمی‌گیرد (فقط جدا نشدن شعله) باید با چهار آزمون اضافی تایید شود. تعیین حد اشتعال پذیری موقعی تمام می‌شود که در همه پنج آزمون، جدا شدن شعله مشاهده نشود. در صورت جدا شدن شعله، مقدار گاز آزمون باید به طور تدریجی تغییر یابد و مقدار گاز آزمون باید کاهش (حد پایین اشتعال پذیری) یا (حد بالا اشتعال پذیری) افزایش یابد. دوباره، آزمون‌ها در مقدار ماده جدید آزمون انجام شود.

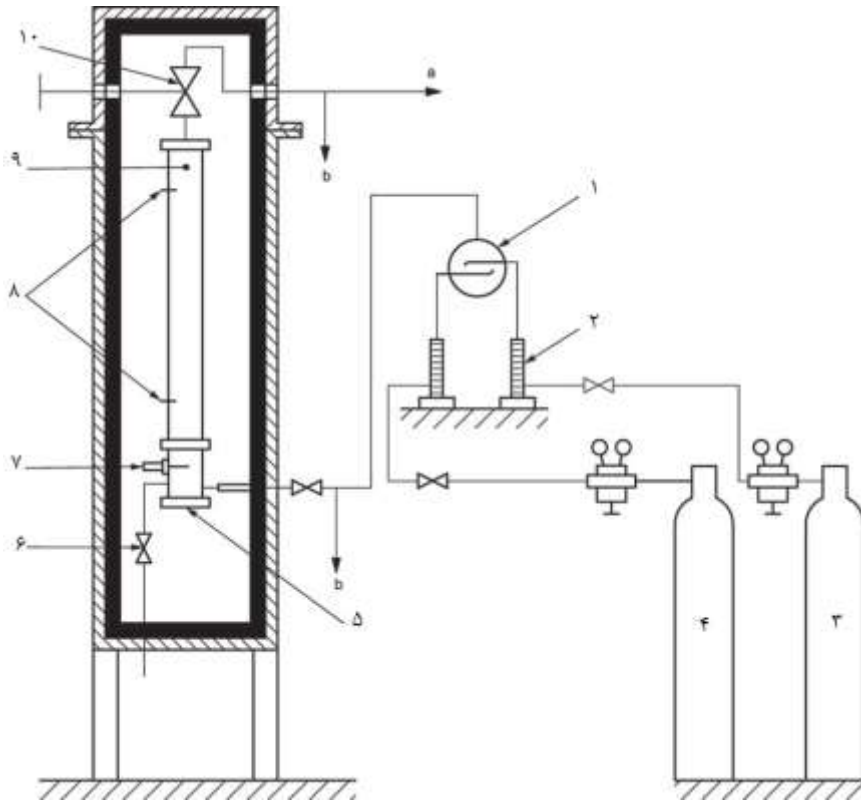
حد اشتعال پذیری، غلظت گاز آزمون در مخلوط با هوا است که در آن عمل احتراق اتفاق نمی‌افتد.

۶-۲-۴ نتایج گازهای خالص

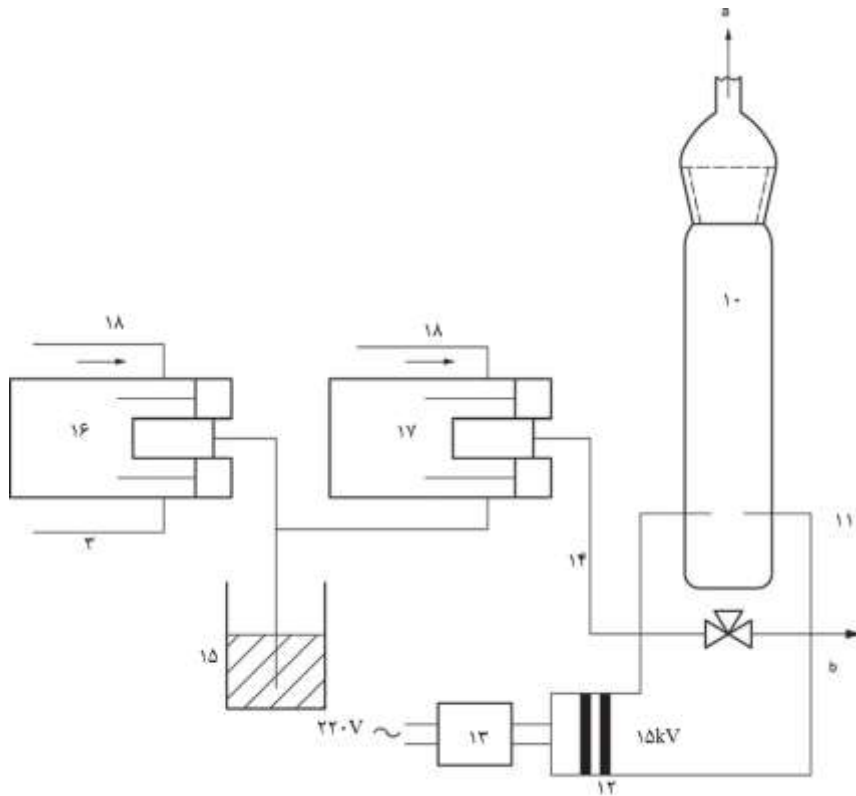
فهرست گازهای اشتعال پذیر در جدول ۲ به همراه مقادیر T_{ci} و L_i داده شده است. این مقادیر حاصل استفاده از تجهیزات آزمون مشابه با آنچه در زیربند ۴-۳-۳ شرح داده شده است.

1 - Stoichiometric

2 - Probes



الف- دستگاه آزمون با استفاده از لوله پیرکس و پروب‌های اندازه‌گیری دما



ب- دستگاه آزمون مناسب برای آزمون مخلوط گازها

راهنما:

مخلوط کن	۱	کلید زمان سنج	۱۳
جریان سنج	۲	مخلوط دارای % X گاز آزمون	۱۴
گاز آزمون	۳	قطعه فشار ثابت پایین	۱۵
هوای فشرده	۴	پمپ اندازه گیری ۱، % X	۱۶
قطعه ایمنی (شیر فشار رهاسازی)	۵	پمپ اندازه گیری ۲، % Y	۱۷
شیر	۶	هوا	۱۸
جرقه زن	۷	مخلوط دارای % (XY/۱۰۰) گاز آزمون	۱۹
ترموکوپل	۸	مخلوط گاز تخلیه شده به جو	a
لوله پیرکس، طول m ۱، قطر داخلی mm b	۹	مخلوط گاز مورد بررسی	b
	۵۰		
شیر	۱۰	مخلوط گاز مورد بررسی و تخلیه شده به جو	c
الکترودهای احتراق	۱۱	مخلوط گاز تخلیه شده در طی آزمون	d
مبدل ولتاژ بالا	۱۲		

شکل ۱ - نمونه‌های دستگاه تعیین محدوده اشتعال پذیری گازها در فشار جوی و دمای محیط.

۳-۴ روش محاسبه برای مخلوط‌هایی شامل n گاز اشتعال پذیر و p گاز خنثی

ترکیب یک مخلوط از این نوع می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$A_1F_1 + \dots + A_iF_i + \dots + A_nF_n + B_1I_1 + \dots + B_kI_k + \dots + B_pI_p$$

ترکیب مخلوط به صورت ترکیب معادل نیز بیان می‌شود که در آن تمام ضرایب گاز خنثی با استفاده از ضریب معادل به ضریب معادل نیتروژن تبدیل شده است. مقادیر K_k در جدول ۱ داده شده است:

$$A_1F_1 + \dots + A_iF_i + \dots + A_nF_n + (K_1B_1 + \dots + K_kB_k + \dots + K_pB_p)N_2$$

با برابر قرار دادن جمع کلیه کسرهای اجزاء گاز با یک، با فرمول (۱) که در زیر نشان داده شده است، ترکیب گاز بیان می‌شود:

$$\left(\sum_{i=1}^n A_i F_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k N_2 \right) \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \right) \quad (1)$$

که $A'_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k}$ مقدار معادل گاز اشتعال پذیر است.

شرط این که مخلوط گاز اشتعال پذیر در هوا نیست، در فرمول (۲) نشان داده شده است:

$$\sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{T_{ci}} 100 \leq 1 \quad (2)$$

که T_{ci} بیشینه مقدار گاز یا بخار اشتعال پذیر است که در یک مخلوط با نیتروژن، منجر به ترکیبی غیر قابل اشتعال در هوا می‌شود. مقادیر T_{ci} در جداول ۲ و ۳ برای گازها و بخارها نشان داده شده است.

با توجه به فرمول‌های پیشین، می‌توان فرمول (۳) را بدون نیاز به مراحل میانی به کار برد:

$$\sum_{i=1}^n A_i' \left(\frac{100}{T_{ci}} - 1 \right) \leq \sum_{k=1}^p B_k K_k \quad (3)$$

جدول ۱- ضرایب معادل K_k گازهای خنثی نسبت به نیتروژن

گاز	N ₂	CO ₂	He	Ar	Ne	Kr	Xe	SO ₂	SF ₆	CF ₄	C ₃ F ₈	C ₂ HF ₅
K_k	۱	۱٫۵	۰٫۹	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۵	۱٫۵	۴	۲	۱٫۵	۳٫۵

یادآوری- این مقادیر بر اساس اطلاعات و تجربیات آزمایشگاهی و صنعت گاز تخمین زده شده‌اند.

برای سایر گازهای غیر قابل اشتعال و غیر اکسیدکننده که شامل سه اتم یا بیشتر در فرمول شیمیایی خود هستند، ضریب معادل $K_k = ۱٫۵$ باید استفاده شود. برخی از انواع هیدروکربن‌های هالوژنه غیر قابل اشتعال برای مثال تری‌کلروفلئورید R134a می‌تواند با هوا و اکسیژن در مجاورت گازهای اشتعال‌پذیر واکنش دهند. برای تمام مخلوط‌های حاوی بیش از ۰٫۵٪ گازهای غیراشتعال‌پذیر، تا حدی هیدروکربن‌های هالوژنه و گازهای اشتعال‌پذیر اگر غلظت ترکیبات قابل اشتعال از ۲۵٪ تجاوز کند، روش محاسبه نباید به کار برده شود.

جدول ۲- مقادیر T_{ci} و L_i اغلب گازهای اشتعال‌پذیر

گاز	شماره ثبت (CAS) گاز	شماره UN	T_{ci} بر حسب %	L_i بر حسب %
استیلن	۷۴-۸۶-۲	۳۳۷۴	۳٫۰	۲٫۳
آمونیاک	۷۶۶۴-۴۱-۷	۱۰۰۵	۴۰٫۱	۱۵٫۴
آرسین	۷۷۸۴-۴۲-۱	۲۱۸۸	۳٫۹	۳٫۹
برمومتان	۷۴-۸۳-۹	۱۰۶۲	۱۳٫۹	۸٫۶
۱،۲- بوتادی‌ان	۵۹۰-۱۹-۲	۱۰۱۰	۲٫۰	۱٫۴
۱،۳- بوتادی‌ان	۱۰۶-۹۹-۰	۱۰۱۰	۲٫۰	۱٫۴
بوتان-نرمال	۱۰۶-۹۷-۸	۱۰۱۱	۳٫۶	۱٫۴
۱- بوتن	۱۰۶-۹۸-۹	۱۰۱۲	۳٫۳	۱٫۵
سیس- بوتن	۵۹۰-۱۸-۱	۱۰۱۲	۳٫۳	۱٫۵
ترانس- بوتن	۶۲۴-۶۴-۶	۱۰۱۲	۳٫۳	۱٫۵
کربن منواکسید	۶۳۰-۰۸-۰	۱۰۱۶	۱۵٫۲	۱۰٫۹
کربونیل سولفید	۴۶۳-۵۸-۱	۲۲۰۴	۶٫۵	۶٫۵

یادآوری- مقادیر سایر گازهای اشتعال‌پذیر را می‌توان در استاندارد IEC/TR 60079-20 پیدا کرد.

جدول ۲- ادامه

گاز	شماره ثبت (CAS) گاز	شماره UN	T_{ci} بر حسب %	L_i بر حسب %
کلرودی فلئورواتان (R142b)	۷۵-۶۸-۳	۲۵۱۷	۲۶٫۴	۶٫۳
کلروواتان	۷۵-۰۰-۳	۱۰۳۷	۵٫۸	۳٫۶
کلروتتری فلئورواتیلن (R1113)	۷۹-۳۸-۹	۱۰۸۲	۷٫۴	۴٫۶
سیانوژن	۴۶۰-۱۹-۵	۱۰۲۶	۳٫۹	۳٫۹
سیکلوپوتان	۲۸۷-۲۳-۰	۲۶۰۱	۲٫۹	۱٫۸
سیکلوپروپان	۷۵-۱۹-۴	۱۰۲۷	۳٫۴	۲٫۴
دوتریوم	۷۷۸۲-۳۹-۰	۱۹۵۷	۶٫۷	۶٫۷
دی بوران	۱۹۲۸۷-۴۵-۷	۱۹۱۱	۰٫۹	۰٫۹
دی کلروسیلان	۴۱۰۹-۹۶-۰	۲۱۸۹	۲٫۵	۲٫۵
دی فلئورواتان (R152a)	۷۵-۳۷-۶	۱۰۳۰	۸٫۷	۴٫۰
دی فلئورواتیلن (R1132a)	۷۵-۳۸-۷	۱۹۵۹	۶٫۶	۴٫۷
دی متیل اتر	۱۱۵-۱۰-۶	۱۰۳۳	۳٫۸	۲٫۷
دی متیل آمین	۱۲۴-۴۰-۳	۱۱۵۴	۲٫۸	۲٫۸
دی متیل پروپان (نتوپنتان)	۴۶۳-۸۲-۱	۲۰۴۴	۲٫۱	۱٫۳
اتان	۷۴-۸۴-۰	۱۰۳۵	۴٫۵	۲٫۴
اتیل متیل اتر	۵۴۰-۶۷-۰	۱۰۳۹	۲٫۸	۲٫۰
اتیل استیلن	۱۰۷-۰۰-۶	۲۴۵۲	۱٫۸	۱٫۳
اتیلن	۷۴-۸۵-۱	۱۹۶۲	۴٫۱	۲٫۴
اتیلن اکسید	۷۵-۲۱-۸	۱۰۴۰	۴٫۸	۲٫۶
فلئورواتان	۳۵۳-۳۶-۶	۲۴۵۳	۶٫۱	۳٫۸
فلئورومتان	۵۹۳-۵۳-۳	۲۴۵۴	۹٫۰	۵٫۶
ژرمن	۷۷۸۲-۶۵-۲	۲۱۹۲	۱٫۰	۱٫۰ (تقریبی)
هیدروژن	۱۳۳۳-۷۴-۰	۱۰۴۹	۵٫۵	۴٫۰
هیدروژن سلنید	۷۷۸۳-۰۷-۵	۲۲۰۲	۴٫۰	۴٫۰
هیدروژن سولفید	۷۷۸۳-۰۶-۴	۱۰۵۳	۸٫۹	۳٫۹

یادآوری - مقادیر سایر گازهای اشتعال پذیر را می توان در استاندارد IEC/TR 60079-20 پیدا کرد.

جدول ۲- ادامه

گاز	شماره ثبت (CAS) گاز	شماره UN	T_{ci} بر حسب %	L_i بر حسب %
ایزوبوتان	۷۵-۲۸-۵	۱۹۶۹	۳٫۴	۱٫۵
ایزوبوتن	۱۱۵-۱۱-۷	۱۰۵۵	۴٫۰	۱٫۶
متان	۷۴-۸۲-۸	۱۹۷۱	۸٫۷	۴٫۴
متیل کلرید	۷۴-۸۷-۳	۱۰۶۳	۱۲٫۳	۷٫۶
متیل مرکاپتان	۷۴-۹۳-۱	۱۰۶۴	۵٫۷	۴٫۱
متیل نیتريت	۶۲۴-۹۱-۹	۲۴۵۵	۵٫۳	۵٫۳
متیل سیلان	۹۹۲-۹۴-۹	۳۱۶۱	۱٫۳	۱٫۳
متیل استیلن (پروپین)	۷۴-۹۹-۷	۳۱۶۱	۲٫۵	۱٫۸
متیل آمین	۷۴-۸۹-۵	۱۰۶۱	۶٫۹	۴٫۹
متیل بوتن (۳-متیل بوت-۱-ان)	۵۶۳-۴۵-۱	۲۵۶۱	۲٫۴	۱٫۵
منواتیل آمین	۷۵-۰۴-۷	۱۰۳۶	۵٫۷	۳٫۵
فسفین	۷۸۰۳-۵۱-۲	۲۱۹۹	۱٫۷	۱٫۶
پروپادیان	۴۶۳-۴۹-۰	۲۲۰۰	۲٫۷	۱٫۹
پروپان	۷۴-۹۸-۶	۱۹۷۸	۳٫۷	۱٫۷
پروپین	۱۱۵-۰۷-۱	۱۰۷۷	۴٫۲	۱٫۸
سیلان	۷۸۰۳-۶۲-۵	۲۲۰۳	۱٫۰	۱٫۴
تترافلوروواتیلن (R1114)	۱۱۶-۱۴-۳	۱۰۸۱	۱۰٫۵	۱۰٫۵
تری فلوروواتان (R143a)	۴۲۰-۴۶-۲	۲۰۳۵	۱۱٫۳	۷٫۰
تری فلوروواتیلن (R1123)	۳۵۹-۱۱-۵	۱۹۵۴	۱۳٫۱	۱۰٫۵
تری متیل آمین	۷۵-۵۰-۳	۱۰۸۳	۳٫۲	۲٫۰
تری متیل سیلان	۹۹۳-۰۷-۷	۳۱۶۱	۱٫۳	۱٫۳
وینیل برمید	۵۹۳-۶۰-۲	۱۰۸۵	۹٫۰	۵٫۶
وینیل کلرید	۷۵-۰۱-۴	۱۰۸۶	۶٫۱	۳٫۸
وینیل فلوروئید	۷۵-۰۲-۵	۱۸۶۰	۴٫۷	۲٫۹
وینیل متیل اتر	۱۰۷-۲۵-۵	۱۰۸۷	۳٫۶	۲٫۲

یادآوری - مقادیر سایر گازهای اشتعال پذیر را می توان در استاندارد IEC/TR 60079-20 پیدا کرد.

جدول ۳- مقادیر T_{ci} و L_i اغلب بخارهای اشتعال پذیر

گاز	شماره ثبت (CAS) گاز	شماره UN	T_{ci} بر حسب %	L_i بر حسب %
استالدهید	۷۵-۰۷-۰	۱۰۸۸	۶٫۵	۴٫۰
استن	۶۷-۶۴-۱	۱۰۹۰	۴٫۰	۲٫۵
بنزن	۷۱-۴۳-۲	۱۱۱۴	۲٫۳	۱٫۲
کربن دی سولفید	۷۵-۱۵-۰	۱۱۳۱	۱٫۳	۰٫۶
سیکلوهگزان	۱۱۰-۸۲-۷	۱۱۴۵	۱٫۸	۱٫۰
دکان نرمال	۱۲۴-۱۸-۵	۲۲۴۷	۱٫۱	۰٫۷
دی اتیل اتر	۶۰-۲۹-۷	۱۱۵۵	۲٫۴	۱٫۷
دی متیل استیلن (۲-بوتین، کروتونیلین)	۵۰۳-۱۷-۳	۱۱۴۴	۲٫۰	۱٫۴
۲،۲-دی متیل بوتان (نتوهگزان)	۷۵-۸۳-۲	۱۲۰۸	۱٫۹	۱٫۲
دودکان نرمال	۱۱۲-۴۰-۳	-	۱٫۰	۰٫۶
اتانول	۶۴-۱۷-۵	۱۱۷۰	۵٫۶	۳٫۱
اتیل استات	۱۴۱-۷۸-۶	۱۱۷۳	۴٫۶	۲٫۰
اتیل کلرید (کلرواتان)	۷۵-۰۰-۳	۱۰۳۷	۵٫۸	۳٫۶
اتیل فرمات	۱۰۹-۹۴-۴	۱۰۸۹	۳٫۸	۲٫۷
هپتان نرمال	۱۴۲-۸۲-۵	۱۲۰۶	۱٫۳	۰٫۸
هگزان نرمال	۱۱۰-۵۴-۳	۱۲۰۸	۲٫۳	۱٫۰
هیدروژن سیانید	۷۴-۹۰-۸	۱۰۵۱	۵٫۴	۵٫۴
ایزواکتان (۲،۲،۴-تری متیل پنتان)	۵۴۰-۸۴-۱	۱۲۶۲	۱٫۶	۱٫۰
سرب تترا اتیل (تترا اتیل سرب)	۷۸-۰۰-۲	۱۶۴۹	۱٫۸	۱٫۸
متانول	۶۷-۵۶-۱	۱۲۳۰	۱۲٫۵	۶٫۰
متیل استات	۷۹-۲۰-۹	۱۲۳۱	۵٫۰	۳٫۱
متیل اتیل کتون (بوتانون)	۷۸-۹۳-۳	۱۱۹۳	۲٫۴	۱٫۵
متیل فرمات	۱۰۷-۳۱-۳	۱۲۴۳	۸٫۱	۵٫۰
متیلن کلرید (دی کلرومتان)	۷۵-۰۹-۲	۱۵۹۲	۲۱٫۰	۱۳٫۰
منوکلروسیلان	۱۳۴۶۵-۷۸-۶	۲۹۸۶	۱٫۰	۱٫۰ (تقریبی)

یادآوری- مقادیر سایر گازهای اشتعال پذیر را می توان در استاندارد IEC/TR 60079-20 پیدا کرد.

جدول ۳- ادامه

گاز	شماره ثبت (CAS) گاز	شماره UN	T_{ci} بر حسب %	L_i بر حسب %
نیکل کربونیل (تترا کربونیل نیکل)	۱۳۴۶۳-۳۹-۳	۱۲۵۹	۰٫۹	۰٫۹
نونان نرمال	۱۱۱-۸۴-۲	۱۹۲۰	۱٫۱	۰٫۷
اکتان نرمال	۱۱۱-۶۵-۹	۱۲۶۲	۱٫۳	۰٫۸
پنتان نرمال	۱۰۹-۶۶-۰	۱۲۶۵	۱٫۸	۱٫۱
پروپیل فرمات	۱۱۰-۷۴-۷	۱۲۸۱	۴٫۶	۲٫۱
پروپیلن اکسید	۷۵-۵۶-۹	۱۲۸۰	۳٫۷	۱٫۹
تولوئن	۱۰۸-۸۸-۳	۱۲۹۴	۲٫۳	۱٫۰

یادآوری- مقادیر سایر گازهای اشتعال پذیر را می توان در استاندارد IEC/TR 60079-20 پیدا کرد.

۴-۴ مثالها

مثال ۱

یک مخلوط دارای $CO_2 + 7\% H_2 + 93\%$ را در نظر بگیرید.

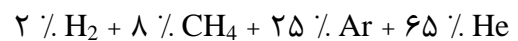
با استفاده از ضرایب K_k جدول ۱، این مخلوط با $93\% (N_2) + 1,5\% (H_2) + 7\%$ یا $139,5\% (N_2) + 7\% (H_2) + 7\%$ یا با تنظیم مجموع کسرهای مولی به یک، با $95,22\% N_2 + 4,78\% H_2$ معادل است.

با توجه به جدول ۲ می توان دید که مقدار T_{ci} برای هیدروژن $5,5$ است.

چون نسبت $\frac{4,78}{5,5} (= 0,869)$ کمتر از یک است، مخلوط در هوا اشتعال پذیر نیست.

مثال ۲

یک مخلوط شامل مواد زیر را در نظر بگیرید:



مراحل محاسبه:

مرحله ۱: گازهای خنثی را با استفاده از ضرایب معادل داده شده در جدول ۱ به معادل نیتروژن تبدیل کنید.

$$1 \times 2\% + 1 \times 8\% + 0,55 \times 25\% + 0,9 \times 65\%$$

مرحله ۲: محتوای اجزاء را به نحوی تنظیم کنید تا مجموع برابر با یک شود.

$$\frac{۲\%}{۸۲٫۲۵\%} + \frac{۸\%}{۸۲٫۲۵\%} + \frac{۱۳٫۷۵\%}{۸۲٫۲۵\%} + \frac{۵۸٫۵\%}{۸۲٫۲۵\%} = ۰٫۰۲۴۳ + ۰٫۰۹۷۳ + ۰٫۱۶۷۲ + ۰٫۷۱۱۲$$

مرحله ۳: اشتعال پذیری نسبی را با استفاده از مقادیر T_{ci} جدول ۲ محاسبه کنید و نتایج را با معیار مربوط مقایسه نمایید.

مقدار T_{ci} برای هیدروژن برابر ۵٫۵ است.

مقدار T_{ci} برای متان برابر ۸٫۷ است.

$$\sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{T_{ci}} 100 \leq 1$$

$$\frac{A'_1}{T_{c1}} 100 + \frac{A'_2}{T_{c2}} 100 = \frac{0.0243}{5.5} 100 + \frac{0.0973}{8.7} 100 = 1.56$$

چون $۱٫۵۶ < ۱$ است، بنابراین معیار برای مخلوط گاز غیر قابل اشتعال، حاصل نشده است و این مخلوط گاز به عنوان اشتعال پذیر در نظر گرفته می‌شود.

مرحله ۳ جایگزین: از فرمول ترکیبی جایگزین استفاده کنید:

$$\sum_{i=1}^n A'_i \left(\frac{100}{T_{ci}} - 1 \right) \leq \sum_{k=1}^p K_k B_k$$

$$\sum_{i=1}^n A'_i \left(\frac{100}{T_{ci}} - 1 \right) = 2 \left(\frac{100}{5.5} - 1 \right) + 8 \left(\frac{100}{8.7} - 1 \right) = 118.3$$

$$\sum_{k=1}^p K_k B_k = (0.55 \times 25) + (0.9 \times 65) = 72.25$$

چون $۱۱۸ > ۷۲٫۲۵$ ، معیار مخلوط گاز غیر قابل اشتعال برآورده نشده است، این مخلوط گاز اشتعال پذیر در نظر گرفته می‌شود.

۴-۵ روش محاسبه حد پایین اشتعال پذیری مخلوط‌های گاز

۴-۵-۱ کلیات

برای مخلوط‌های گازهای اشتعال پذیر، معمولاً برای پیش‌بینی حدود پایین اشتعال پذیری فرمول لوشاتلیه^۱ استفاده می‌شود. این فرمول را برای مخلوط‌های اشتعال پذیر که بالقوه قابل انفجار نیستند، می‌توان به کار برد (به زیربند ۶-۲ مراجعه شود).

فرمول لوشاتلیه را برای محاسبه حدود بالای انفجار نمی‌توان به کار برد. علاوه بر این، نمی‌توان آن را برای هیدروکربن‌های هالوژنه جزئی یا اکسیدکننده‌های به غیر از هوا نیز به کار برد.

طبق این فرمول، حد پایین اشتعال پذیری مخلوط (L_M) گاز سوخت در فرمول (۴) ارائه شده است:

$$\frac{100}{L_M} = \frac{A_1}{L_1} + \frac{A_2}{L_2} + \dots + \frac{A_n}{L_n} \quad (۴)$$

که در آن L حد پایین اشتعال پذیری بر حسب درصد و A کسر مولی گاز اشتعال پذیر بر حسب درصد در مخلوط n گاز اشتعال پذیر است. به منظور طبقه بندی، فرمول (۴) را می توان به صورت زیر تغییر داد.

۴-۵-۲ مخلوط های گازهای اشتعال پذیر و مخلوط های گازهای اشتعال پذیر با نیتروژن و یا هوا هم چنین برای مخلوط های گازهای اشتعال پذیر، نیتروژن و هوا می توان با تقریب خوب فرمول (۵) را به کار برد:

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} \quad (۵)$$

که در آن L_i حد پایین اشتعال پذیری گاز قابل اشتعال i و A_i کسر مولی گاز قابل اشتعال i بر حسب درصد، بر اساس مخلوطی که L_M محاسبه می شود.

۴-۵-۳ مخلوط های گازهای اشتعال پذیر با گازهای خنثی به جز نیتروژن و هوا

فرمول (۶) معادل نیتروژن (K_k) گازهای خنثی غیر از نیتروژن را محاسبه می کند. تغییر ظرفیت حرارتی مولی مخلوط هوا-گاز خنثی در حد پایین اشتعال پذیری مخلوط (L_M) بر روی غلظت سوخت لازم (حرارت احتراق) برای انتشار شعله تاثیر می گذارد. L_M با توجه به حاشیه ایمنی که در مقادیر K_k در جدول ۱ است، تخمین زده می شود.

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L'_i}} \quad (۶)$$

که در آن L'_i با تقریب خوب زیر داده می شود

$$L'_i = \frac{\left(100 - L'_M - (1 - K) \frac{\sum_{p=1}^k B_k}{\sum_{i=1}^n A_i} \right)}{(100 - L'_M)} \times L_i$$

که در آن L'_M حد پایین اشتعال پذیری مخلوط دارای فقط اجزاء اشتعال پذیر است که مطابق زیر بند ۴-۵-۲، K مقدار متوسط K_k ، مقادیر گازهای خنثی وزن شده بر اساس کسرهای مولی است. A_i کسر مولی گاز اشتعال پذیر i بر حسب درصد و B_k کسر مولی گاز خنثی بر حسب درصد بر اساس مخلوطی است که L_M محاسبه می شود.

مقادیر هوا یا اکسیژن محاسبه شده در مخلوط باید به عنوان گازهای خنثی که در این مورد مقدار K برابر یک است، در نظر گرفته شوند.

۴-۶ مثالها

مثال ۱

مخلوط دو گاز اشتعال پذیر ۸۰٪ متان و ۲۰٪ اتان را در نظر بگیرید. با استفاده از فرمول (۵) با $L_{(C_2H_6)} = ۲٫۴\%$ و $L_{(CH_4)} = ۴٫۴\%$ (به جدول ۲ مراجعه شود)، حد پایین اشتعال پذیری مخلوط برابر است با:

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} = \frac{100}{\frac{80}{4.4} + \frac{20}{2.4}} = 3.8\%$$

مثال ۲

مخلوط گاز اشتعال پذیر، نیتروژن و هوا (٪ ۴۸ هیدروژن، ٪ ۵۰ نیتروژن و ٪ ۲ هوا) را در نظر بگیرید. این مخلوط اشتعال پذیر است و مطابق زیربند ۵-۲ بالقوه قابل انفجار نیست. با استفاده از فرمول (۵) با $L_{(H_2)} = ۴\%$ ، حد پایین اشتعال پذیری برابر است با:

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L'_i}} = \frac{100}{\frac{48}{4.0}} = 8.3\%$$

مثال ۳

مخلوط ٪ ۴۰ متان و ٪ ۶۰ کربن دی اکسید را در نظر بگیرید. این مخلوط اشتعال پذیر است و مطابق زیربند ۶-۲ بالقوه قابل انفجار نیست. با استفاده از فرمول (۶) $L'_M = L_{(CH_4)} = ۴٫۴\%$ و $K_{(CO_2)} = K = ۱٫۵\%$ ، حد پایین اشتعال پذیری برابر است با:

$$L'_i = \frac{\left(100 - L'_M - (1 - K) \frac{\sum_{p=1}^k B_p}{\sum_{i=1}^n A_i} \times L'_M\right)}{(100 - L'_M)} \times L_i = \frac{\left(100 - 4.4 + 0.5 \times \frac{60}{40} \times 4.4\right)}{100 - 4.4} \times 4.4 = 4.55\%$$

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L'_i}} = \frac{100}{\frac{40}{4.55}} = 11.4\%$$

مثال ۴

مخلوط ٪ ۱۵ هیدروژن، ٪ ۱۵ متان، ٪ ۳۰ کربن دی اکسید، ٪ ۳۵ نیتروژن و ٪ ۵ هوا را در نظر بگیرید. این مخلوط اشتعال پذیر است و مطابق زیربند ۵-۲ بالقوه قابل انفجار نیست. با استفاده از فرمول (۶) با $L_{(H_2)} = ۴٫۰\%$ ، $L_{(CH_4)} = ۴٫۴\%$ ، $K_{(CO_2)} = ۱٫۵\%$ ، $K_{(N_2)} = ۱٫۰\%$ و $K_{(H_2O)} = ۱٫۰\%$ ، حد پایین اشتعال پذیری برابر است با:

$$L'_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} = \frac{100}{\frac{50}{4.4} + \frac{50}{4.0}} = 4.2\%$$

$$K = \frac{30 \times 1.5 + 35 \times 1 + 5 \times 1}{70} = 1.21$$

$$L'_{CH_4} = \frac{\left(100 - L'_M - (1 - K) \frac{\sum_{p=1}^k B_k}{\sum_{i=1}^n A_i} \times L'_M \right)}{(100 - L'_M)} \times L_i = \frac{\left(100 - 4.2 + 0.21 \times \frac{70}{30} \times 4.2 \right)}{100 - 4.2} \times 4.4 = 4.5\%$$

$$L'_{H_2} = \frac{100 - 4.2 + 0.21 \times \frac{70}{30} \times 4.2}{100 - 4.2} \times 4.0 = 4.1\%$$

$$L_M = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L'_i}} = \frac{100}{\frac{15}{4.5} + \frac{15}{4.1}} = 14.3\%$$

۷-۴ طبقه‌بندی بر اساس سامانه هماهنگ جهانی (GHS)

این استاندارد روش آزمون تعیین حدود اشتعال‌پذیری و روش محاسبه حد پایین اشتعال‌پذیری (L_i) را شامل می‌شود. با استفاده از این داده‌ها، طبقه‌بندی مخلوط‌های حاوی گازهای اشتعال‌پذیر در رده ۱ یا ۲ مطابق GHS (به پیوست الف مراجعه شود) امکان‌پذیر است.

روش محاسبه برای محاسبه حد بالای اشتعال‌پذیری مجاز نیست. در نتیجه، اگر حد بالای اشتعال‌پذیری با آزمون تجربی تعیین نشده است، به صورت پیش فرض، مخلوط‌های گاز اشتعال‌پذیر به عنوان رده ۱ باید طبقه‌بندی شوند.

۵ قدرت اکسیدکنندگی گازها و مخلوط‌های گاز

۱-۵ کلیات

زیربندهای ۲-۵ و ۳-۵ روش آزمون و روش محاسبه برای تعیین این‌که آیا گاز یا مخلوط گاز، احتراق را بیشتر از مخلوط مرجع دارای ۲۳/۵٪ اکسیژن در نیتروژن پشتیبانی می‌کند، را ارائه می‌کنند.

روش آزمون (ارائه شده در زیربند ۲-۵) را می‌توان در تمام موارد به کار برد، اما موقعی که داده‌های ضریب معادل اکسیژن وجود ندارند، این روش باید استفاده شود (به جدول ۴ مراجعه شود).

روش محاسبه (ارائه شده در زیربند ۳-۵) فقط موقعی استفاده می‌شود که داده‌های ضریب معادل اکسیژن وجود داشته باشند (به جدول ۴ مراجعه شود).

۲-۵ روش آزمون

۱-۲-۵ نکات کلیدی مرتبط با ایمنی

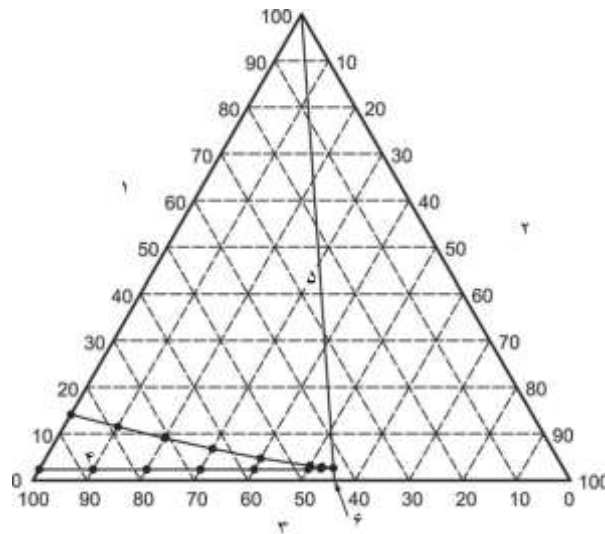
آزمون‌ها باید توسط کارکنان آموزش‌دیده و دارای صلاحیت، که مطابق با رویه‌های تایید شده (هم‌چنین به زیربند ۴-۲-۴ مراجعه شود) کار می‌کنند، انجام شوند (هم‌چنین به بند ۴-۲-۴ مراجعه شود). برای

محافظت کارکنان در زمان انفجار، لوله واکنش و جریان سنج باید به طور مناسبی تنظیم و پوشانده شوند. کارکنان باید از تجهیزات فردی شامل عینک ایمنی باید استفاده کنند. در طول مراحل احتراق، لوله واکنش باید باز و از محل نگهداری گاز مجزا باشد. در طی تجزیه گاز یا مخلوط گاز آزمون، نیز باید مراقبت لازم به عمل آید.

۲-۲-۵ اصول

برای ایجاد مخلوط (XN) گاز یا مخلوط گاز مورد ارزیابی (X) در نسبت ثابت با نیتروژن (N) مخلوط می‌شود. نسبت ثابت باید همانند مخلوط معین (NA) نیتروژن و هوا (A) باشد که به طور کامل احتراق گاز مرجع قابل احتراق، متان (C) را پشتیبانی نمی‌کند (به شکل ۲ مراجعه شود).

با استفاده از دستگاه آزمونی که در زیربند ۳-۲-۵ شرح داده شده است، مخلوط (XN) با اضافه کردن مقادیری از مرجع اشتعال پذیر (C) مخلوط می‌شود تا مخلوط‌های آزمون (XNC) را ایجاد کند. اگر این مخلوط‌های آزمون اشتعال پذیر باشند، با به کار بردن این رویه و معیار تعیین اشتعال پذیری، مشاهده می‌شود. اگر مخلوط (XN) و (C) اشتعال پذیر باشد، گاز مورد ارزیابی (X) به عنوان اکسیدکننده بیشتر از هوا در نظر گرفته می‌شود. اگر اشتعال پذیری در گستره مقادیر احتراق پذیر تا مقدار بیشینه (C_{max}) قابل مشاهده نباشد، گاز مورد ارزیابی به عنوان اکسید کننده معادل هوا یا کمتر از آن در نظر گرفته می‌شود.



راهنما:

- | | |
|---|----------------------------------|
| ۱ | کسر مولی اتان، بر حسب درصد |
| ۲ | کسر مولی نیتروژن، بر حسب درصد |
| ۳ | کسر مولی هوا، بر حسب درصد |
| ۴ | محدوده اشتعال پذیری |
| ۵ | خط نسبت ثابت نیتروژن/اکسیدکننده |
| ۶ | کسر حدی اکسیدکننده (LOF) = ۴۳٫۴٪ |

شکل ۲- محدوده اشتعال پذیری اتان/نیتروژن/هوا در 20°C و 101 kPa - تعیین محدوده کسر اکسیدکننده محدود که احتراق اتان را پشتیبانی نمی‌کند.

۳-۲-۵ دستگاه آزمون

۱-۳-۲-۵ توصیف

دستگاه آزمون (به شکل ۳ مراجعه شود) شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- ظرف آزمون بسته دارای همزن؛

ب- سامانه احتراق؛

پ- دو سامانه اندازه‌گیری فشار؛

ت- سامانه کنترل ترکیب گاز آزمون.

۲-۳-۲-۵ ظرف آزمون

ظرف آزمون باید از فولاد ضد زنگ ساخته شده باشد و باید طوری طراحی شود که قادر به تحمل دست کم

30 bar^1 فشار بالای بیشینه باشد. حجم ظرف باید دست کم 0.05 m^3 باشد. ظرف آزمون می‌تواند

استوانه‌ای یا کروی باشد. اگر ظرف آزمون استوانه‌ای استفاده می‌شود، نسبت طول به قطر باید یک باشد.

ظرف آزمون باید دارای همزن و دریچه‌های کافی برای پر کردن، تخلیه و پاک‌سازی باشد.

ظرف آزمون باید مجهز به وسیله‌ای مناسب برای اندازه‌گیری دما باشد.

۳-۳-۲-۵ سامانه جرقه‌زن

باید از جرقه‌زن از نوع سیم ذوب شونده استفاده شود. این قطعه احتراق، با عبور جریان الکتریکی در راستای

طول سیم نیکل-کروم که به دو میله فلزی متصل هستند، قوس الکتریکی تولید می‌کند. قطر میله‌ها باید

بزرگ‌تر یا مساوی 3 mm باشد و به صورت موازی با فاصله $(1 \pm 0.5) \text{ mm}$ از یکدیگر قرار گیرند. قطر سیم

باید دست کم 0.5 mm باشد و نباید از 0.2 mm بیشتر باشد. توان الکتریکی برای ذوب شدن سیم و ایجاد

قوس الکتریکی به وسیله یک مبدل جریان متناوب مجزا (توان 0.7 kVA تا 3.5 kVA ، ولتاژ ثانویه 230 V)

ایجاد می‌شود. سیم‌پیچ ثانویه مبدل باید توسط یک قطعه الکترونیکی به میله‌ها متصل شود تا امکان تنظیم

انرژی احتراق بین 10 J و 20 J را فراهم کند. این امر می‌تواند با کنترل زاویه فاز ولتاژ ثانویه به وسیله

تریستور^۲ انجام شود.

سیم ذوب شونده باید در مرکز ظرف آزمون قرار گیرد.

۴-۳-۲-۵ سامانه اندازه‌گیری فشار

سامانه اندازه‌گیری فشار برای فشار انفجار شامل مبدل فشار، تقویت کننده و سامانه ثبت اطلاعات می‌باشد.

مبدل فشار و تقویت کننده باید دارای تفکیک زمانی دست کم 1 ms باشند. مبدل باید دست کم مقاومت

فشاری در حدود 30 bar با گستره اندازه‌گیری 10 bar را داشته باشد. سامانه نشانگر فشار برای آماده‌سازی

مخلوط‌های آزمون بر اساس روش فشار جزئی (مبدل فشار یا سنج فشار) باید دارای بیشینه گستره

اندازه‌گیری 2 bar باشد. هر دو سامانه اندازه‌گیری فشار باید دقت 5% مقیاس کامل یا بیشتر را داشته باشد.

1 - $1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$

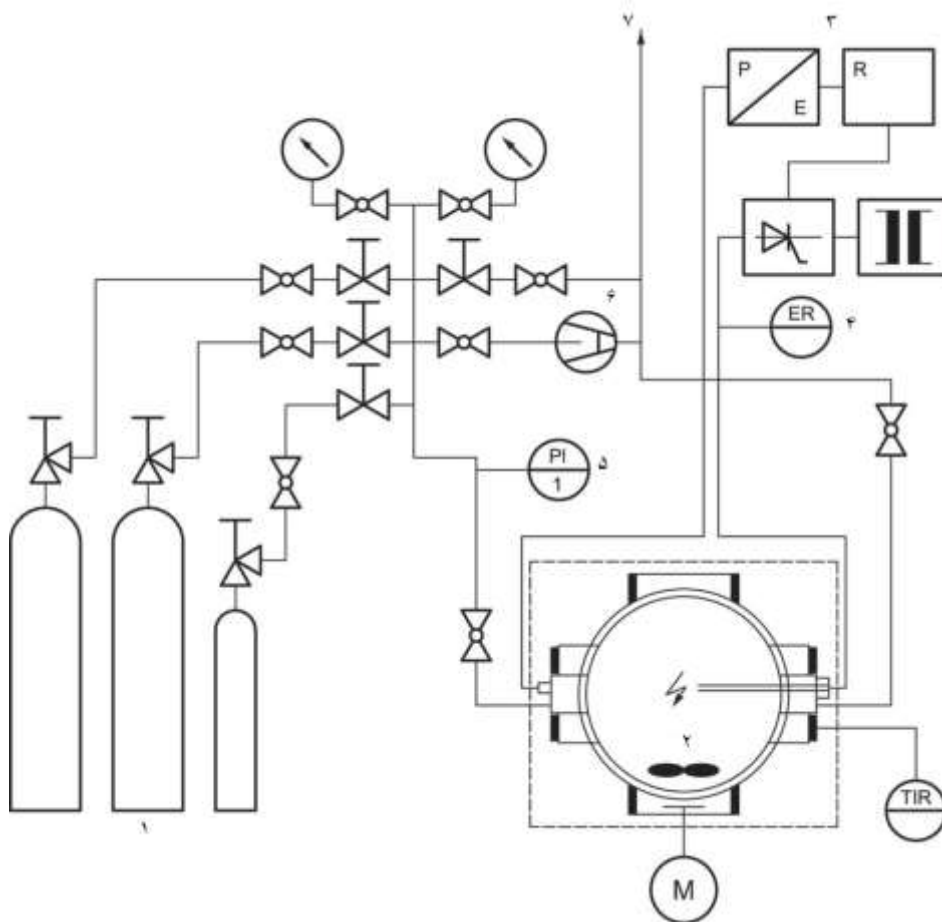
2 - Thyristor switching elements

۵-۳-۲-۵ سامانه بررسی ترکیب گاز آزمون

مخلوط (XN) یا (XNC) باید با یک کروماتوگراف گازی یا تجزیه کننده نوع دیگر مورد تجزیه قرار گیرد.

۵-۳-۲-۵ مواد

اتان با خلوص بیشتر از ۹۹٫۵٪ باید به عنوان ماده اشتعال پذیر مرجع (C) مورد استفاده قرار گیرد. دلیل استفاده از اتان به عنوان سوخت مرجع این است که دارای پیوندهای هیدورژن-کربن و کربن-کربن است که در اغلب مواد قابل احتراق وجود دارد و گستره اشتعال پذیری اتان با بسیاری از مواد اکسیدکننده شناخته شده است.



راهنما:

- ۱ مخزن گازهای تحت فشار
- ۲ ظرف آزمون فولادی ضد زنگ دارای همزن مغناطیسی
- ۳ واحد ثبت افزایش فشار داخل مخزن احتراق
- ۴ سیم احتراق ذوب شونده و واحد کنترل الکتریکی
- ۵ نشانگر فشار برای آماده سازی مخلوطها
- ۶ پمپ خلاء
- ۷ خروجی گاز زائد

شکل ۳- نمونه دستگاه آزمون تعیین توانایی اکسیدکنندگی گازها و مخلوطهای گاز.

مخلوط (XN) باید شامل (1 ± 38.5) از گاز مورد ارزیابی، باقیمانده شامل نیتروژن با خلوص 99.995% باشد. (XN) می‌تواند مستقیماً در مخزن آزمون مطابق با فشار جزئی هریک از اجزاء تهیه شود. همچنین تولید مخلوط تحت فشار (XN) در یک سیلندر تخلیه شده گاز، از طریق یک قطعه اندازه‌گیری اضافی و استفاده از این گاز پیش مخلوط شده، برای فرایند بعدی مجاز است. مخلوط (XN) یا یکی از مخلوط‌های (XNC) موقعی که این مخلوط به طور مستقیم در اتوکلاو ایجاد می‌شود، باید تجزیه شود.

میزان رطوبت گازها باید کمتر از 0.1% حجمی باشد. اگر بنا به هر دلیلی این امر مقدور نباشد (ممکن است در حالت گازهای جاذب رطوبت یا مواد ناشناخته)، این مورد باید در گزارش نشان داده شود.

۴-۲-۵ رویه

آزمون‌ها در دمای اتاق $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ و فشار جوی (3 ± 10.13) kPa انجام می‌گیرند. مخلوط‌های آزمون (XNC) باید در ظرف آزمون بر اساس فشارهای جزئی تا فشار پرکنی نهایی ۱ bar تهیه شوند. اتان به صورت مرحله به مرحله به مخلوط (XN) اضافه می‌شود. در هر مرحله، یک احتراق انجام می‌گیرد و این که آیا واکنشی اتفاق می‌افتد یا نه، مشاهده می‌شود. این واکنش با افزایش فشار در حدود دست کم 10% فشار اولیه، بعد از احتراق نشان داده می‌شود. آزمون‌ها با کسر 1% اتان شروع می‌شوند. اگر واکنشی رخ ندهد، درصد اتان در گام‌های 1% افزایش می‌یابد تا واکنش آغاز گردد یا درصد اتان به بیش از 20% برسد.

هشدار- موقع انجام این آزمون، خطر انفجار وجود دارد. به هنگام مواجهه با گازهای سمی و خورنده، مراقبت ویژه ضرورت دارد. کارکنان باید از خطرات بالقوه اطلاع داشته و احتیاط‌های لازم را انجام دهند. تجهیزات آزمون باید در محفظه بخار آزمایشگاه نصب شوند.

سوخت گازی و اکسیدکننده‌های مورد آزمون نباید با یکدیگر تحت فشار در سیلندرهای گاز مخلوط شوند، مگر آن که توسط افراد دارای صلاحیت بر طبق رویه اثبات شده، انجام شوند. در این استاندارد امکان ساخت مخلوط‌های اکسیدکننده ایمن و موفقیت‌آمیز ارائه نمی‌شود، زیرا تولیدکننده مخلوط، با استفاده از مراحل و روش‌های معین، مسئول ایمنی کارکنان، تجهیزات و محیط می‌باشد.

۵-۲-۵ نتایج

اگر واکنشی در طی آزمون مشاهده شود، گاز یا مخلوط گاز مورد آزمون، اکسیدکننده‌تر از هوا ارزیابی می‌شود.

۳-۵ روش محاسبه

۱-۳-۵ اصول

برای تعیین پتانسیل اکسیدکنندگی (OP) مخلوط گاز، روش‌های محاسباتی زیر ارائه می‌شوند.

یک مخلوط در صورت داشتن شرط ذیل، اکسیدکننده‌تر از هوا محسوب می‌شود:

$$\sum_i x_i C_i > 23.5\%$$

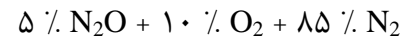
در شرط فوق، اثر رقیق کردن گازهای خنثی غیر از نیتروژن لحاظ نمی‌شود. اگر مخلوط مورد ارزیابی حاوی چنین گازهای خنثی باشد، ضرایب K_k باید در نظر گرفته شوند (به فرمول (۷) مراجعه کنید):

$$OP = \frac{\sum_{i=1}^n x_i C_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \quad (7)$$

ضرایب معادل نیتروژن، K ، و کسرهای مولی گازهای خنثی، B ، در این بند تعریف شده است و در جدول ۱ فهرست شده است.

هوای جوی خشک دارای ۲۰٫۹۵٪ اکسیژن است. براساس این استاندارد، هر مخلوط دارای اکسیژن کمتر یا برابر ۲۳٫۵٪، به عنوان غیراکسیدکننده در نظر گرفته می‌شود.

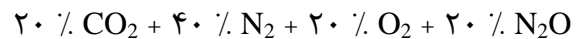
مثال ۱



$$OP = \sum x_i C_i = (0.05 \times 0.6) + (0.05 \times 1.0) = 0.13$$

چون ۱۳٪ > ۲۳٫۵٪، مخلوط اسیدکنندگی کمتری از هوا دارد.

مثال ۲



$$OP = \frac{\sum_{i=1}^n x_i C_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} = \frac{(0.2 \times 0.6) + (0.2 \times 1.0)}{0.4 + (0.4 \times 1.0) + (0.2 \times 1.5)} = 0.29$$

چون $29\% < 23.5\%$ ، این مخلوط باید به عنوان مخلوط اکسیدکننده تر از هوا طبقه‌بندی شود.

۵-۳-۲ ضرایب C_i

ضرایب C_i برای گازهای اکسیدکننده از گستره‌های انفجار گازهای اکسیدکننده در مخلوط با نیتروژن و اتان به دست می‌آید. برای تعیین C_i ضرورت دارد کسر اکسیدکننده نسبت حدی اکسیدکننده به نیتروژن در نظر گرفته شود (به شکل ۲ مراجعه شود). این کسر اکسیدکننده حدی (LOF) با ضریب C_i رابطه عکس دارد (به فرمول ۸ مراجعه شود).

$$C_i = 9.07 \frac{1}{LOF} \quad (8)$$

ضریب C_i هر گاز اکسیدکننده مشخص است. طبق تعریف، (اکسیژن) C_i ۱٫۰ است.

مضرب ۹٫۰۷ از مقدار LOF هوا با احتساب این که (اکسیژن) C_i ۱ است، به دست آمده است. مقادیر C_i را که از LOF آزمایشی به دست آمده است، در جدول ۴ ارائه شده است. برای گازهای آزمون نشده، مقدار C_i را ۴۰ در نظر می‌گیریم.

جدول ۴- ضرایب معادل اکسیژن (C_i)

ضریب C_i	گاز/ بخار
^a ۴۰	بیس-تری‌فلوئورومتیل‌پراکسید
^a ۴۰	بروم پنتاfluئورید
^a ۴۰	بروم تری‌فلوئورید
۰٫۷	کلر
^a ۴۰	کلر پنتا‌فلوئورید
^a ۴۰	کلر تری‌فلوئورید
^a ۴۰	فلوئور
^a ۴۰	ید پنتاfluئورید
۰٫۳	نیتریک اکسید
^a این مقدار به گازها و بخارهای اکسیدکننده آزمون نشده اختصاص داده شده است.	
^b از نیتریک اکسید و نیتروژن تری‌فلوئورید اقتباس شده است.	

جدول ۴- ادامه

ضریب C_i	گاز / بخار
b_1	نیتروژن دی اکسید
۱/۶	نیتروژن تری فلئورید
$a_{۴۰}$	نیتروژن تری اکسید
۰/۶	نیتروز اکسید
$a_{۴۰}$	اکسیژن دی فلئورید
$a_{۴۰}$	اوزن
$a_{۴۰}$	تترافلئورو هیدرازین
^a این مقدار به گازها و بخارهای اکسیدکننده آزمون نشده اختصاص داده شده است. ^b از نیتریک اکسید و نیتروژن تری فلئورید اقتباس شده است.	

۶ مخلوط‌های دارای گازهای اکسیژن و اشتعال‌پذیر

۱-۶ کلیات

- یادآوری ۱- مخلوط‌های گازهای اشتعال‌پذیر و سایر گازهای اکسیدکننده به غیر از اکسیژن، در نظر گرفته نمی‌شوند.
- یادآوری ۲- مخلوط‌های هیدروکربن‌های هالوژنه جزئی که در هوا دما و در فشار محیط غیر قابل اشتعال هستند، می‌توانند موقعی که با هوا در فشارها و دماهای بالاتر یا با اکسیدکننده قوی‌تر از هوا مخلوط شوند اشتعال‌پذیر باشند.
- برای محاسبه $T_{ci,F}$ ، ضریب معادل نیتروژن مخلوط‌ها باید مد نظر قرار گیرند.
- موقعی که مخلوط دارای گازهای اشتعال‌پذیر و اکسیدکننده است، می‌توان آن را در یکی از چهار رده زیر طبقه‌بندی کرد (هم چنین به شکل ۴ مراجعه شود).
- الف- غیرقابل اشتعال و غیراکسیدکننده، اگر مقدار اکسیژن کمتر یا برابر با $23/5\%$ باشد و مقدار گازهای اشتعال‌پذیر کمتر از $T_{ci,F}$ یا L_i باشد (به زیربند ۶-۲ مراجعه شود).
- ب- اکسیدکننده، اگر مقدار اکسیژن بیش از $23/5\%$ باشد و مقدار گازهای اشتعال‌پذیر کمتر از L_i باشد.
- پ- اشتعال‌پذیر، اگر مقدار گازهای اشتعال‌پذیر بیش از $T_{ci,F}$ و L_i باشد (به زیربند ۶-۲ مراجعه شود).

ت- قابل انفجار بالقوه، اگر مقدار اکسیژن بیش از غلظت مجاز اکسیژن (LOC)^۱ و مقدار گازهای اشتعال پذیر بیش از $T_{ci,F}$ و L_i باشد.

برای ارزیابی خطرپذیری و جلوگیری از انفجار مخلوط‌های گاز، مقادیر LOC در جدول ۴ ارائه شده است. LOC، بیشینه غلظت اکسیژن در هر مخلوط اشتعال پذیر از مواد قابل اشتعال، هوا یا گاز خنثی در شرایط جوی است که انفجار اتفاق نمی‌افتد. LOC معمولاً به صورت کسر مولی بیان می‌شود.

یادآوری ۳- مقادیر ارائه شده در جدول ۵ فقط در فشارهای جوی معتبر هستند، هم چنین به مرجع [۵] مراجعه کنید.

LOC با مخلوط گاز غیر قابل انفجار دارای گازهای قابل اشتعال، هوا و نیتروژن به عنوان گاز بی اثر در فشار جو و دمای محیط ارتباط دارد.

جدول ۵- غلظت‌های حدی اکسیژن (LOCs) تعدادی از گازهای اشتعال پذیر

مواد اشتعال پذیر	LOC بر حسب % O ₂
آمونیاک	۱۲٫۲
بنزن	۸٫۵
بوتان-نرمال	۹٫۶
۱-بوتن	۹٫۷
کربن منواکسید	۴٫۷
کربن سولفید	۴٫۶
دی متیل اتر	۸٫۵
اتان	۸٫۸
اتانول	۸٫۵
اتیلن	۷٫۶
هگزان-نرمال	۹٫۱
هیدروژن	۴٫۳
هیدروژن سولفید	۹٫۱
ایزوبوتان	۱۰٫۳
ایزوبوتیلن	۱۰٫۶
برای مواد اشتعال پذیری که در این فهرست نیست، مقدار % ۲ باید به کار برده شود.	

1 - Limiting oxygen concentration

جدول ۵- ادامه

مواد اشتعال پذیر	LOC بر حسب % O ₂
متان	۱۱٫۰
متانول	۸٫۱
پنتان نرمال	۹٫۳
پروپان	۹٫۸
۱- پروپانول	۹٫۳
۲- پروپانول	۸٫۷
پروپیلن	۹٫۳
پروپیلن اکسید	۷٫۷
برای مواد اشتعال پذیری که در این فهرست نیست، مقدار % ۲ باید به کار برده شود.	

۶-۲ اصول طبقه بندی اشتعال پذیری

اگر یک مخلوط دارای گازهای اشتعال پذیر و اکسیدکننده دو شرط زیر را داشته باشد، به عنوان مخلوط اشتعال پذیر طبقه بندی می شود:

الف- غلظت گاز اشتعال پذیر $(A_i) \leq L_i$ ؛

ب- غلظت گاز اشتعال پذیر $(A_i) < T_{ci,F}$ ؛

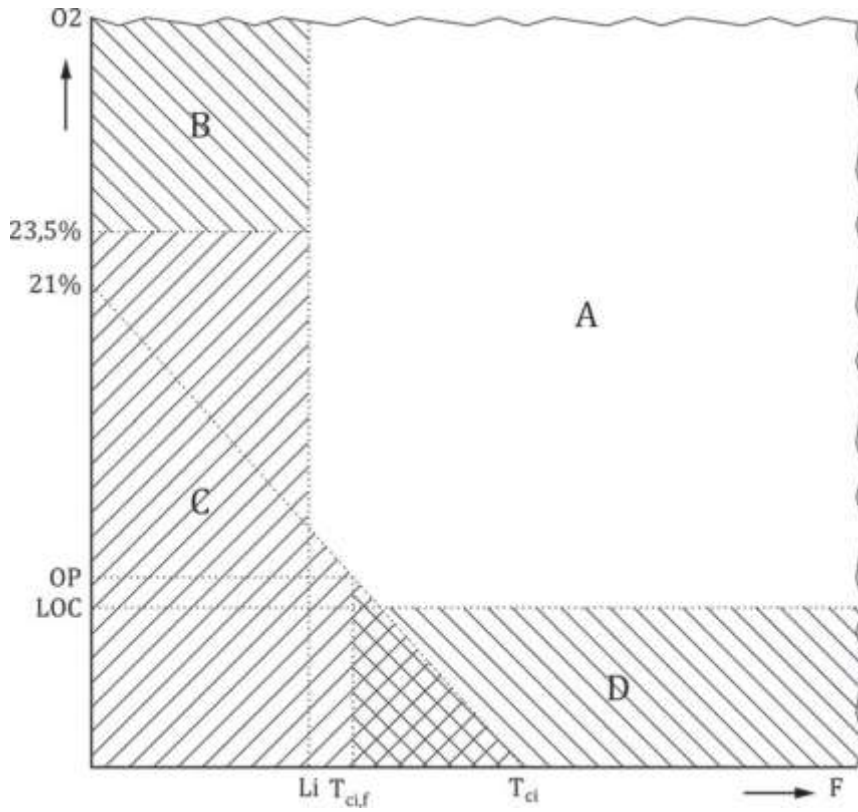
$T_{ci,F}$ با استفاده از فرمول (۹) محاسبه می شود:

$$T_{ci(\text{flamox})} = T_{ci} \times \left(1 - \frac{x_o}{21\%} \right) \quad (9)$$

که در آن x_o غلظت اکسیژن و کمتر از % ۲۱ است.

اصول طبقه بندی در شکل ۴ نشان داده شده است. خطی که از T_{ci} به غلظت % ۲۱ اکسیژن متصل شده است، نشان دهنده ترکیبی از یک مخلوط محدودکننده (بالاترین غلظت غیرقابل اشتعال از گاز اشتعال پذیر در نیتروژن) با هوا می باشد.

غلظت بیشینه گاز اشتعال پذیر $(T_{ci,F})$ برای این که مخلوط غیرقابل اشتعال باشد با نقطه تقاطع مقدار OP با خط $T_{ci,F}$ تعیین می گردد.



راهنما:

F غلظت گاز اشتعال پذیر بر حسب %

O₂ غلظت اکسیژن بر حسب %

A غیر ابل اشتعال و غیراکسیدکننده

B اکسیدکننده

C اشتعال پذیر

D قابل انفجار بالقوه

شکل ۴- اصول طبقه‌بندی

۳-۶ مثال‌ها

مثال ۱

۹۲ % N ₂ ، ۳ % O ₂ ، ۵ % H ₂	گاز اشتعال پذیر ساده، گاز خنثی (نیترژن)
---	---

محاسبات عددی	غلظت گاز اشتعال پذیر = ۵٪ $L_i = ۴٪$ $T_{ci} = ۵,۵٪$ $x_0 = ۳٪$ $T_{ci,F} = T_{ci} \times [1 - (x_0/۲۱)] = ۵,۵ \times [1 - (۳/۲۱)] = ۴,۷۱٪$
شرط ۱	غلظت گاز اشتعال پذیر = ۵٪ ≤ ۴٪ = L_i درست
شرط ۲	غلظت گاز اشتعال پذیر = ۵٪ < ۴,۷۱٪ = $T_{ci,F}$ درست
طبقه‌بندی	هر دو شرط درست هستند، بنابراین مخلوط اشتعال پذیر است.

مثال ۲

گازهای اشتعال‌پذیر چندتایی، گاز خنثی (نیتروژن)	H_2 ۲٪، CH_4 ۱٪، O_2 ۱۳٪، N_2 ۸۴٪
در این مثال، حد پایین اشتعال‌پذیری و بالاترین غلظت اشتعال‌ناپذیر مخلوط گازهای اشتعال‌پذیر به طور مستقیم با استفاده از فرمول لوشاتلیه محاسبه می‌شود.	
$T_m = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{T_c}\right)_i} \text{ و } L_m = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{L}\right)_i}$	
محاسبات عددی	غلظت گاز اشتعال‌پذیر = ۳٪ = ۱٪ + ۲٪ $L_m = (۲ + ۱) / [(۲/۴) + (۱/۴,۴)] = ۴,۱۲٪$ $T_{c,m} = (۲ + ۲) / [(۲/۵,۵) + (۱/۸,۷)] = ۶,۲۷٪$ $x_0 = ۱۳٪$ $T_{ci,F} = T_{ci,m} \times [1 - (x_0/۲۱)] = ۶,۲۷ \times [1 - (۱۳/۲۱)] = ۲,۳۹٪$
شرط ۱	غلظت گاز اشتعال‌پذیر = ۳٪ ≤ ۴,۱۲٪ = L_m نادرست
شرط ۲	غلظت گاز اشتعال‌پذیر = ۳٪ < ۲,۳۹٪ = $T_{ci,F}$ درست
طبقه‌بندی	هر دو شرط برآورده نشده است، بنابراین مخلوط اشتعال‌پذیر نیست.

مثال ۳

<p>یک گاز اشتعال‌پذیر، سایر گازهای خنثی</p> <p>CO ۱۰٪، O₂ ۵٪، N₂ ۱۰٪، CO₂ ۲۰٪، Ar ۲۵٪، Ne ۳۰٪</p>	
<p>این مثال گازهای خنثی با معادل‌های نیتروژن متفاوت را نشان می‌دهد. کسرهای مولی گازهای خنثی در مقادیر K_k مربوط جدول ۱ ضرب می‌شوند. حجم‌های نسبی گاز اشتعال‌پذیر، اکسیدکننده و نیتروژن معادل نسبت ۱۰۰٪ تنظیم (نرمالیزه) می‌شوند.</p>	
<p>محاسبات عددی</p> $F = \frac{100}{100 + \sum_{k=1}^p (K_k - 1) B_k}$ <p>ضریب نرمالیزاسیون</p> <p>و</p> $F = 100 / [100 + (20 \times 0.5 - 25 \times 0.45 - 30 \times 0.3)] = 1.114$ <p>غلظت گاز اشتعال‌پذیر = $10 \times 1.114 = 11.14\%$</p> <p>$L_i = 10.9\%$</p> <p>$T_{ci} = 15.2\%$</p> <p>$OP = 5\% \times 1.114 = 5.57\%$</p> <p>$T_{ci,F} = T_{ci} \times [1 - (OP/21)] = 15.2 \times [1 - (5.57/21)] = 11.17\%$</p>	
<p>غلظت گاز اشتعال‌پذیر $11.14\% \leq L_i = 10.9\%$ درست</p>	<p>شرط ۱</p>
<p>غلظت گاز اشتعال‌پذیر $11.14\% < T_{ci,F} = 11.17\%$ نادرست</p>	<p>شرط ۲</p>
<p>هر دو شرط برآورده نشده است، بنابراین مخلوط اشتعال‌پذیر نیست.</p>	

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

طبقه‌بندی بر اساس سامانه هماهنگ جهانی (GHS)

سامانه هماهنگ جهانی دو رده از گازهای اشتعال‌پذیر را تعیین می‌کند؛ به جدول الف-۱ مراجعه کنید.

جدول الف-۱ معیارهای گازهای اشتعال‌پذیر

رده	معیارها
۱	گازهایی که در 20°C و در فشار $101,3\text{ kPa}$: الف- موقعی که در مخلوط 13% حجمی یا کمتر در هوا هستند، قابل احتراق هستند یا ب- دارای گستره اشتعال‌پذیری با هوا در دست‌کم 12 درصد نقاط بدون در نظر گرفتن حد پایین اشتعال‌پذیری هستند.
۲	گازهای دیگر، غیر از رده ۱ که در 20°C و در فشار $101,3\text{ kPa}$ موقعی که با هوا مخلوط می‌شوند دارای گستره اشتعال‌پذیری هستند.

اکثر گازهای اشتعال‌پذیر در گروه ۱ طبقه‌بندی می‌شوند، فقط تعداد محدودی (به عنوان مثال آمونیاک) در
گروه ۲ طبقه‌بندی می‌شوند.

روش‌های محاسبه که در این استاندارد ارائه شده است، تعیین گستره اشتعال‌پذیری یا حدهای اشتعال‌پذیری
مخلوط‌های گاز را پوشش نمی‌دهد.

کتابنامه

- [1] ISO 5145, Cylinder valve outlets for gases and gas mixtures — Selection and dimensioning
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۴۱۳: سال ۱۳۹۴، خروجی های شیر سیلندر برای گازها و مخلوط های گازی - انتخاب و ابعاد با استفاده از استاندارد ISO 5145: 2014 تدوین شده است.
- [2] ISO 14456, Gas properties and associated classification (FTSC) codes
- [3] EN 1839, Determination of the explosion limits and the limiting oxygen concentration (LOC) for flammable gases and vapours
- [4] ASTM E681, Standard test method for concentration limits of flammability of chemicals (vapors and gases)
- [5] IEC/TR 60079-20, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus
- [6] ICG Document No. 139/07/E. Safe Preparation of Compressed Oxidant Fuel Gas Mixtures in Cylinders, Globally Harmonized Document, European Industrial Gases Association (EIGA), Brussels, 2007
- [7] Schröder V., Mackrodt B., Dietlen S. Determination of oxidizing ability of gases and gas mixtures; ASTM STP 1395, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Ninth Volume (2000)
- [8] Schröder V., Molnarne M., Mizsey P. Flammability of gas mixtures: Part 1 and 2. J. Hazard. Mater. 2005, **121** (1–3) pp. 37–49
- [9] Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), 6th revised edition
- [10] Recommendations on the Transport of Dangerous Goods — Model Regulations, 19th revised edition
- [11] Schröder V. Calculation of flammability and lower flammability limits of gas mixtures for classification purposes