



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۷۶۲

تجدید نظر اول

ISIRI

8762

1st. Edition

تجهیزات بیهوشی و تنفسی - سازگاری با
اکسیژن

**Anaesthetic and respiratory equipment —
Compatibility with oxygen**

ICS:11.040.10

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* 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 پیشنهادهای 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 ذیصلاح 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 شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه 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 سازمانها 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، مؤسسه استاندارد 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 آنها 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 مؤسسه است.

* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« تجهیزات بیهوشی و تنفسی - سازگاری با اکسیژن »
(تجدید نظر اول)

رئیس:

باقریان، زیبا
(پزشک، متخصص بیهوشی)

دبیر:

فرجی، رحیم
(لیسانس شیمی کاربردی)

سمت و/یا نمایندگی

کارشناس استاندارد

گروه پژوهشی مهندسی پزشکی
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفباء)

بادامچی، مهram
(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)

کارشناس ارشد وزارت صنایع و معادن

خالصی، الهام
(لیسانس برق الکترونیک)

گروه پژوهشی مکانیک
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

دراپتی، حسین
(لیسانس متالورژی)

شرکت بهساز طب

صیادی، سعید
(فوق لیسانس الکترونیک)

شرکت امین کیفیت بصیر

ضیاءپور، یونس
(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد هیدج

عادلای میلانی، مرتضی
(فوق لیسانس صنایع غذایی)

متالورژی رازی

عطاریان، میترا
(فوق لیسانس مهندسی مواد)

گروه پژوهشی مهندسی پزشکی
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

دانشگاه علوم پزشکی تهران

گروه پژوهشی مهندسی پزشکی
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

عضو هیأت علمی دانشگاه سراسری مراغه

شرکت کیفیت گستر سبز

فائق، فرانک
(فوق لیسانس فیزیک پزشکی)

کریمی، عباس
(دکترای زیست مولکولی)

معینیان، سید شهاب
(فوق لیسانس شیمی)

مهدوی نیا، علامرضا
(دکترای پلیمر)

نیک نژاد مازندرانی، فرزانه
(لیسانس مهندسی پزشکی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ح	پیش گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ تمیزی
۴	۵ مقاومت در برابر اشتعال
۵	۶ تجزیه و تحلیل خطر
۶	پیوست الف- مثالهایی از روش کار تمیز کردن (اطلاعاتی)
۱۶	پیوست ب- روشهای نوعی برای صحه گذاری فرایندهای تمیز کردن (اطلاعاتی)
۱۹	پیوست پ- ملاحظات مربوط به طراحی (اطلاعاتی)
۲۶	پیوست ت- انتخاب مواد (اطلاعاتی)
	پیوست ث- روشهای توصیه شده برای احتراق و تجزیه کمی محصولات ناشی از احتراق (اطلاعاتی)
۴۳	
۴۹	پیوست ج- اصول و زیر بنای مقررات (اطلاعاتی)
۵۰	پیوست چ- کتاب نامه (اطلاعاتی)

پیش‌گفتار

استاندارد «تجهیزات بیهوشی و تنفسی - سازگاری با اکسیژن» نخستین بار در سال ۱۳۸۶ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی و تایید کمیسیون های مربوطه توسط سازمان استاندارد برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در سیصد و هفتمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۸۹/۱۲/۱۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استاندارد ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد. این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران ۸۷۶۲ سال ۱۳۸۶ می شود. منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

ISO 15001:2010, Anaesthetic and respiratory equipment - Compatibility with oxygen

مقدمه

اکسیژن خالص یا مخلوط شده با دیگر گازهای پزشکی بطور گسترده در پزشکی کاربرد دارد. به لحاظ اینکه بیماران و کارکنان مراکز درمانی با تجهیزاتی که در آنها اکسیژن مورد استفاده قرار می‌گیرد ارتباط نزدیک دارند، در صورتیکه در محیطی با هوای غنی شده از اکسیژن آتش‌سوزی رخ دهد، احتمال خطر جراحات جدی بسیار بالاست. دلیل عمده آتش‌سوزی ایجاد حرارت بر اثر قرار گرفتن هیدروکربنها و آلاینده‌های ریز موجود در محیط تحت تراکم آدیاباتیک و شعله‌ور شدن آنها می‌باشد. برخی از محصولات ناشی از احتراق بویژه غیرفلزات (به عنوان مثال پلاستیک‌ها، الاستومرها و روان کننده‌ها) سمی هستند و در زمان بروز مشکل می‌توانند از طریق دستگاههایی که اکسیژن را از سیستم لوله‌کشی گاز طبی دریافت می‌کنند، به بیماران صدمه وارد کنند. بروز مشکل در تجهیزات اکسیژن‌رسانی، عملکرد دستگاه‌هایی که در ارتباط نزدیک با اکسیژن می‌باشند یا اکسیژن را به عنوان نیروی محرکه بکار می‌برند را دچار اختلال کند. کاهش یا جلوگیری از احتمال بروز خطر¹ به انتخاب مواد مناسب، فرآیندهای تمیز کردن، طراحی، ساختار اسکلت‌بندی درست تجهیزات و سازگار بودن آنها با اکسیژن، تحت شرایط بکارگیری بستگی دارد. در این استاندارد ملی حداقل معیار و ملاک لازم برای استفاده ایمن از اکسیژن و محیط‌های غنی شده از اکسیژن ارائه شده است.

در پیوست «ج» توضیحی در مورد اصول و زیربنای الزامات ذکر شده در این استاندارد ملی آمده است. این توضیحات شامل دلایل یا توجیحات بیشتر نیز می‌باشد که به عنوان الزامات یا توصیه‌ها در متن این استاندارد آمده است.

انتظار می‌رود که برخی از استانداردهای ویژه تجهیزات این استاندارد ملی را به عنوان مرجع قرار دهند. برخی از الزامات این استاندارد ملی می‌تواند در استاندارد برخی از وسایل و تجهیزات خاص که در آنها به جای اکسیژن از دیگر گازهای طبی استفاده می‌شود، کاربرد داشته باشد.

تجهیزات بیهوشی و تنفسی - سازگاری با اکسیژن

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات برای سازگاری با اکسیژن مواد، ترکیبات و وسایل بکار رفته در زمینه بیهوشی و تنفسی است که تحت شرایط عادی یا تک اشکالی ممکن است در فشارهای بیش از ۵۰ کیلوپاسکال با اکسیژن در تماس باشند.

به علاوه این استاندارد برای انتخاب مواد و ترکیبات بر پایه داده های موجود در رابطه با سازگاری با اکسیژن آنها، انجام تحلیل ریسک شامل تشخیص سمیت محصولات احتراق و/یا تجزیه آنها راهنمایی های کلی ارائه کرده است.

مفاهیم مربوط به سازگاری که در این استاندارد ملی شرح داده شده است، شامل مقاومت در برابر اشتعال و سمیت محصولات احتراق و/یا تجزیه در طراحی، تولید، نگهداری و امحاء می باشد.

این استاندارد در مورد زیست سازگاری کاربرد ندارد.

این استاندارد در مورد همه تجهیزات مورد استفاده در زمینه بیهوشی و تنفسی مانند سیستم های لوله کشی گاز طبی، رگولاتورهای فشار، واحدهای پایانه، واحدهای تامین گاز طبی، اتصالات انعطاف پذیر، ابزار و وسایل اندازه گیری جریان گاز، ایستگاهها و ماشین های هوشبری و ونتیلاتورهای ششی کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است.

۱-۲ استاندارد ملی ایران ۱۲۱۳۶، سال ۱۳۸۸: کاربرد مدیریت ریسک در وسایل پزشکی

۲-۲ استاندارد ملی ایران ۱۱۷۱۵-۴، سال ۱۳۸۷: رگلاتورهای فشار به منظور استفاده با گازهای طبی - قسمت چهارم - رگولاتورهای کم فشار

۳-۲ استاندارد ملی ایران ۱۱۶۸۹، سال ۱۳۸۷: سیلندرهای گاز قابل حمل - شیر سیلندر - ویژگیها و روشهای آزمون

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۶۸: تجهیزات الکتریکی پزشکی - مقررات ایمنی

- 2-5** ISO 10524-1, Pressure regulators for use with medical gases — Part 1: Pressure regulators and and pressure regulators with flow-metering devices
- 2-6** ISO 10524-3, Pressure regulators for use with medical gases — Part 3: Pressure regulators
- 2-7** ISO 10524-2, Pressure regulators for use with medical gases — Part 2: Manifold and line pressure regulators
- 2-8** ISO 10298:2010, Determination of toxicity of a gas or gas mixture
- 2-9** ISO 10297, Transportable gas cylinders — Cylinder valves — Specification and type testing
- 2-10** ISO 7291, Gas welding equipment — Pressure regulators for manifold systems used in welding, cutting and allied processes up to 30 MPa (300 bar)
- 2-11** EIGA IGC 33/06/E, Cleaning of equipment for oxygen service — Guideline integrated with cylinder valves
- 2-12** ASTM G93-03, Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Materials and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر کاربرد دارد.

۱-۳

تراکم آدیاباتیک^۱

نوعی از فرآیند تراکم است، که بدون انتقال حرارت از خارج به داخل سیستم یا برعکس، ایجاد می‌شود.

۲-۳

دمای اشتعال خود به خودی

دمایی که در آن یک ماده تحت شرایط ویژه، به طور خود به خود مشتعل می‌شوند.

۳-۳

غلظت کشنده^۲ (LC50)

غلظتی از یک گاز (یک مخلوط گازی) در هوا که اگر در یک دوره زمانی کوتاه (به مدت ۲۴ ساعت یا کمتر) توسط گروهی از موشهای آزمایشگاهی^۳ تازه بالغ شده (نر و ماده) تنفس شود، منجر به مرگ نیمی از این حیوانات، در کمتر از ۱۴ روز خواهد شد.

(به تعریف بند 1-3 از استاندارد ISO 10298:2010 مراجعه کنید)

1- Adiabatic compression
2- Lethal concentration
3- Albino rat

۴-۳

اندیس اکسیژن

حداقل غلظت عرضه شده اکسیژن (تحت دمای 23 ± 2 درجه سلسیوس) در مخلوطی از اکسیژن و نیتروژن است که در شرایط آزمون مشخص موجب احتراق خواهد شد.

۵-۳

شخص فنی واجد شرایط

شخصی است که به پشتوانه تحصیلات، آموزش یا تجربه از نحوه بکارگیری قواعد فیزیکی و شیمیائی موجود در واکنشهای بین اکسیژن با دیگر مواد، آگاهی دارد.

۶-۳

شرایط تک اشکال

شرایطی است که یکی از ابزارهای محافظ در برابر خطر ایمنی در دستگاه نقص داشته باشد یا یک وضعیت غیر عادی خارجی وجود داشته باشد.
(به تعریف بند ۳-۱۱۶ از استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۶۸ مراجعه کنید)

۷-۳

حد مجاز آلودگی

TLV^۱

غلظتی از آلودگی در هوا است، که تقریباً همه کارگران به مدت هشت ساعت در روز و ۴۰ ساعت در هفته ممکن است در معرض آن قرار بگیرند، بدون آنکه بر آنها تأثیر نامطلوب داشته باشد.

۸-۳

مخلوط غنی شده از اکسیژن

مخلوطی است که دارای بیش از ۲۳٫۵٪ کسر حجمی اکسیژن می باشد.

۴ تمیزی^۲

۴-۱ به جز مواردی که در استانداردهای یک دستگاه بخصوص به گونه‌ای دیگر مشخص شده، سطوح تمامی قطعاتی که حین عملیات بکارگیری معمول دستگاه یا شرایط تک اشکال در ارتباط با اکسیژن قرار دارند باید:
الف- میزان آلاینده‌های هیدروکربنی برای بکارگیری در گستره فشار (۳۰۰۰-۵۰) کیلوپاسکال نباید بیش از ۵۵۰ میلی‌گرم بر متر مربع باشد.
تولیدکننده باید از مناسب بودن میزان ذرات آلاینده، به منظور کاربردهای مناسب اطمینان حاصل کند.
ب- برای بکارگیری در فشار بیش از ۳۰۰۰ کیلوپاسکال:

1-Threshold limit value
2- Cleanliness

- مقدار آلاینده‌های هیدروکربنی بیش از ۲۲۰ میلی گرم بر متر مربع نباشد.

- ذراتی با اندازه بیش از ۱۰۰ میکرومتر وجود نداشته باشد.

این الزامات باید به وسیله روش مناسب تولید، یا با استفاده از فرآیند تمیزکاری مناسب برآورده شود. انطباق با این الزامات باید از طریق تحقیق در خصوص تمیزی اجزاء یا صحه‌گذاری فرآیند تمیزکاری یا فرآیند تولید بررسی شود.

این استاندارد روشهای تمیز کردن با قابلیت کمی یا روشهای صحه گذاری مربوط به مقادیر الف و ب بالا را مشخص نکرده است. لکن در پیوست الف مثالهایی از فرآیندهای تمیزکاری و در پیوست ب مثالهایی از روشهای صحه‌گذاری فرآیندهای تمیزکاری داده شده است.

یادآوری- مقادیر ۵۵۰ میلی‌گرم بر مترمربع و ۲۲۰ میلی‌گرم بر مترمربع برای آلاینده‌های هیدروکربنی طبق استاندارد ASTM G93-94 و مقدار ۳۰۰۰ کیلوپاسکال طبق مرجع EIGA IGC 33/06/E می‌باشد.

۲-۴ روشهایی برای شناسائی قطعات و دستگاههایی که به منظور اکسیژن‌رسانی طبق این استاندارد تمیز شده‌اند، باید فراهم گردد.

۳-۴ روشها و اجزای تمیز کردن باید با مواد، ترکیبات و وسایل تمیز شده سازگار باشند.

گواهی مطابقت باید براساس درخواست توسط تولیدکننده فراهم شده باشد.

یادآوری- قوانین ملی منطقه ای می تواند در تهیه گواهی شخص سوم یا مقام با صلاحیت نیاز باشد.

۴-۴ روشهایی (مانند بسته‌بندی و اطلاعات ارائه شده به وسیله تولیدکننده) به منظور حفظ تمیزی اجزاء و دستگاههایی که طبق این استاندارد ملی برای خدمات گاز اکسیژن تمیز شده‌اند، باید فراهم گردد.

۵ مقاومت در برابر اشتعال^۱

وسایلی که برای فشارهای بیش از ۳۰۰۰ کیلوپاسکال طراحی شده‌اند، هنگامیکه تحت آزمون هوای فشرده (برطبق روش کار شرح داده شده در استانداردهای ملی ایران و بین المللی مربوط به محصول) قرار می‌گیرند، تحت فشار معادل ۱/۲ برابر حداکثر نرخ فشار تعیین شده، نباید مشتعل شوند.

در صورت استفاده از روان کننده‌ها، وسایل روانکاری شده باید مورد آزمون قرار گیرند.

یادآوری ۱- روشهای آزمون فشردگی پنوماتیک در استانداردهای ملی ایران شماره ۴-۱۱۷۱۵، ۱۱۶۸۹ و استانداردهای ISO 10524-1 و ISO 7291، ISO 21969، ISO 10524-2، ISO 10524-3، داده شده است و می تواند برای وسایل مشابهی که استاندارد آن وسیله موجود نیست یا دارای این آزمون ها نیست، مورد استفاده قرار گیرد.

یادآوری ۲- در مورد اکسیژن خالص، خطر اشتعال با فشار افزایش می یابد. در مورد مخلوط های اکسیژن خطر اشتعال با فشار جزیی اکسیژن افزایش می یابد.

۶ تجزیه و تحلیل خطر

۱-۶ تولیدکننده تجهیزات پزشکی باید طبق استاندارد ملی ایران ۱۲۱۳۶ میزان خطر را تجزیه و تحلیل نماید. این موارد شامل خطر آتش اکسیژن (به پیوست های پ و ت مراجعه کنید)، مقاومت در برابر اشتعال (به بند ۵ مراجعه کنید) و سمیت (به پیوست ث مراجعه کنید) فرآیند تمیزکاری (به پیوست الف مراجعه کنید) ملاحظات مربوط به طراحی (به پیوست پ مراجعه کنید) و انتخاب مواد (به پیوست ت مراجعه کنید) می باشد.

یادآوری ۱- استاندارد ASTM G88-05، مثالی از خطر آتش اکسیژن و ریسک را ارائه کرده است.

یادآوری ۲- مثال هایی از خطرات آتش اکسیژن در استاندارد های ASTM G63-9 و ASTM G94-05 داده شده است.

یادآوری ۳- روان کننده های معمول سازگار با اکسیژن، بر اثر احتراق و متلاشی شدن (تجزیه) می توانند محصولات سمی ایجاد کنند.

یادآوری ۴- پیوست های ت و ث حاوی اطلاعاتی در رابطه با سمیت می باشد.

۲-۶ خطرات ویژه ناشی از آلاینده های سمی ایجاد شده در اثر احتراق یا تجزیه مواد غیرفلزی (شامل روان کننده ها در صورتیکه استفاده شده باشد) و آلاینده های بالقوه محصولات ناشی از احتراق و/یا متلاشی شدن تعدادی از مواد غیر فلزی معمول، در جدول ت- ۷ شرح داده شده است.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال هایی از روش کار تمیز کاری

الف- ۱ کلیات

الف-۱-۱ یک برنامه تمیز کاری که بعد از هر بار اجراء منجر به افزایش درجه تمیزی قطعات می شود، باید انتخاب شود. این روش انتخاب شده ، به عنوان فرآیند اصلی در سلسله روش های تمیز کردن قطعات، یا چرخه های متعدد در یک روش تمیز کردن منفرد، یا هر دو و به منظور رسیدن به درجه تمیزی نهایی در نظر گرفته می شود.

ممکن است رسیدن به درجه تمیزی مورد نظر در یک عملیات منفرد امکان پذیر باشد، ولی اغلب روش های تمیز کاری در مراحل مختلف نظیر تمیز کاری اولیه، تمیز کاری حد واسط و تمیز کاری نهایی پیش می روند. ضروری است که هر مرحله از مراحل قبلی به وسیله شستشو، آبکشی، خشک کردن و عملیات شستشو با گاز یا هوا از هم جدا شود.

زدودن لکه، گرد و غبار و مواد آلی مانند روغن و گریس اهمیت دارد، زیرا این مواد می توانند در هوای غنی شده از اکسیژن، شعله ور شوند.

حصول اطمینان از تمیز شدن کافی منافذ و حفره های کور از طریق تمیز کاری، شستشو و آبکشی بسیار ضروری است.

الف-۱-۲ تمیز کاری اولیه

آلاینده هایی نظیر زنگ زدگی یا اکسیدهای فراوان یا ذرات ایجاد شده در حین ساخت، مقادیر زیاد روغن و گریس، مواد و ذرات معدنی بایستی به وسیله تمیز کاری اولیه تمیز شوند.

تمیز کاری اولیه مقدار آلاینده ها را از نظر کمی کاهش می دهد و در نتیجه موجب افزایش عمر مفید و مؤثر محلول های تمیز کننده مورد استفاده در عملیات تمیز کردن بعدی می شود.

الف-۱-۳ تمیز کاری حد واسط

تمیز کردن حد واسط به طور معمول شامل قرار دادن قطعه در محلول های تمیز کننده اسیدی و قلیایی به منظور زدودن رسوب باقی مانده از حلال و آلاینده ها می باشد. تمیزی محیط و روش کارهای استفاده شده برای جابجا کردن در عملیات تمیز کردن حد واسط نسبت به عملیات تمیز کردن اولیه دارای اهمیت بیشتری می باشد. لذا ضروری است تمیزی محیط و محلول ها به نحو مناسب به منظور رسیدن به حداکثر اثربخشی محلول ها و به حداقل رساندن آلاینده هایی که می توانند عملیات تمیز کردن بعدی را به مخاطره اندازند، کنترل شوند.

الف-۱-۴ تمیزکاری نهایی

الف-۱-۴-۱ به طور کلی زمانی که لازم است قطعات به بیشترین درجه تمیزی برسند، عملیات تمیز کردن نهایی انجام می‌شود. تمیز کردن نهایی با استفاده از روش‌های شیمیایی تمیز کردن کامل می‌شود. در این مرحله محافظت از قطعات در مقابل آلودگی مجدد به وسیله محلول‌های تمیزکننده یا محیط بحرانی^۱ است و ممکن است لازم باشد کنترل‌های ویژه‌ای مانند کنترل‌هایی که مربوط به اتاق‌های تمیز طبقه‌بندی شده می‌باشد، اعمال شود.

الف-۱-۴-۲ مرحله تمیز کردن نهایی شامل خشک کردن و عملیات پاکسازی که به دنبال آن درزبندی جهت محافظت در برابر آلودگی دوباره و بسته‌بندی برای جلوگیری از وقوع خطر آلودگی هنگام انبار کردن و حمل و نقل اعمال می‌شود.

الف-۲ انتخاب روشهای تمیز کردن

به منظور تصمیم‌گیری در مورد عملی‌ترین روشهای تمیز کردن موارد زیر بایستی مد نظر باشد.

الف- نوع آلاینده (مانند آلی یا غیرآلی) و حالت آلاینده‌ها (مانند ذره، فیلم، سیال بودن آلاینده‌ها)؛

ب- نحوه مونتاژ اجزاء؛

پ- جنس مواد یا پوشش قطعه‌ای که باید تمیز شود؛

ت- شرایط اولیه قطعه‌ای که تمیز می‌شود؛

ث- تمیزی نهایی مورد نیاز قطعه یا اجزاء؛

ج- تأثیر بر روی محیط زیست و مدیریت قانونی پسماندهای خطرناک ایجاد شده در اثر عملیات تمیز کردن؛

چ- تأثیر فرآیندهای تمیزکاری انتخاب شده بر روی خصوصیات حرارتی، شیمیایی و مکانیکی قطعاتی که باید تمیز شوند.

الف-۳ روشهای تمیزکاری

الف-۳-۱ کلیات

ضروری است که روشهای تمیزکاری اطمینان دهد، که تمامی سطوح اجزاء تمیز شده‌اند. روشهای توصیف شده برای اغلب مواد فلزی قابل بکارگیری هستند. مد نظر قرار دادن تمهیدات ویژه در مورد قطعات غیرفلزی ممکن است ضرورت داشته باشد.

الف-۳-۲ دسته‌بندی‌ها

روشهای تمیزکاری را می‌توان به روشهای مکانیکی، شیمیایی یا باهم طبقه‌بندی کرد. برخی از عملیات تمیز کردن به وسیله ترکیبی از روشهای شیمیایی و مکانیکی، مانند به هم زدن مکانیکی یک محلول شیمیایی، مؤثرتر انجام می‌شود.

برخی روشهای مکانیکی تمیز کردن از قبیل پاشیدن مواد ساینده، پرداخت کردن، سایش و برس‌زنی قطعات تمام شده ماشین‌آلات می‌تواند به سطوح صدمه وارد نموده و باعث برداشته شدن پوششهای محافظ و سطوح

فلزی سخت کاری شده^۱ شود. ضروری است که سطوح حساس قطعات قبل از استفاده از این روشها محافظت شوند.

روشهای تمیز کردن شیمیایی می تواند به قطعه صدمه وارد نموده و باعث برداشته شدن پوشش محافظ یا تغییر در سطح قطعه شود. این روش در قطعات تولید شده با عملیات جوشکاری یا لحیم کاری می تواند موجب خوردگی توأم با ترک شود. محلولهای حلال تمیز کاری اغلب غیر فلزات را از بین می برند استفاده کننده غیر فلزات با یتی این کار را با مشورت کردن یا امتحان کردن نمونه ها برای اطمینان از اینکه حلال سبب تخریب نمی شود، انجام دهد ضروری است در صورتیکه تمیز کننده های شیمیایی اسیدی یا بازی استفاده شده باشد، رسوب شیمیایی بر روی قطعات یا باید خنثی شود یا بلافاصله بعد از عملیات تمیز کاری زدوده شود.

الف-۳-۳ تمیز کاری مکانیکی

الف-۳-۳-۱ کلیات

در روشهای مکانیکی تمیز کردن، از نیروهای مکانیکی ایجاد شده به منظور زدودن آلایندهها از سطح قطعات استفاده می شود. به عنوان مثال آبکشی، پاشیدن مواد ساینده، پرداخت کردن و هوادهی (دمش) جزء روشهای تمیز کردن مکانیکی می باشند. جزئیات این روش و دیگر روشها در بند الف-۳-۳-۲ تا الف-۳-۳-۸ آمده است.

الف-۳-۳-۲ تمیز کاری به روش پاشیدن مواد ساینده^۲

الف-۳-۳-۱ در تمیز کردن به روش پاشیدن ذرات مواد ساینده، این مواد به سطوحی که باید تمیز شوند برخورد کرده و موجب جدا شدن پوسته، زنگ زدگی، رنگ و دیگر مواد خارجی از سطح آن می شود. ذرات سائیده شده وارد جریانی از یک گاز یا مایع می شوند. از سیستمهای گوناگونی می توان برای ایجاد سایش استفاده نمود. به عنوان مثال سایندههای پره دار بدون دمش هوا یا چرخهای پره دار، افشانههای فشاری و افشانههای مکشی. گازهای پیشران باید عاری از روغن باشند.

الف-۳-۳-۲ مواد ساینده نوعی، شامل براده و کلوخه فلزات و ماسه طبیعی می باشند، که از اکسیدهای خاکی سنتزی، کاربید خاکی، ورقه های گرد و ساچمه های شیشه ای تشکیل می شوند. مواد ساینده باید برای انجام عملیات تمیز کردن مورد نظر، مناسب بوده، و آلودگی ثانویه که تمیز کردن آن با عملیات اضافی نظیر دمیدن با شدت زیاد، خلاء یا هواشویی امکان پذیر نباشد، نباید ایجاد کند.

الف-۳-۳-۳ برای به حداقل رساندن سایش مواد قطعات فلزی مادر باید دقت خاصی مبذول شود. این روش تمیز کردن ممکن است برای اجزاء یا سیستمهای با سطح پرداخت شده بحرانی یا ابعاد با رواداری خاص مناسب نباشد.

1- Work-harden metal
2- Abrasive blast cleaning

الف-۳-۳-۳ تمیزکاری به روش کشیدن برس سیمی یا ساییدن

الف-۳-۳-۳-۱ در روشهای برس کاری یا ساییدن، معمولاً از یک برس سیمی برقی، یا برس غیرفلزی پر شده از لیاف یا چرخ سمباده استفاده می‌شود. این روشها جهت برداشتن پوسته، خال جوش، زنگ زدگی لایه‌های اکسید شده و دیگر آلاینده‌های سطح استفاده می‌شود. از برس‌های سیمی می‌توان به صورت خشک یا مرطوب استفاده نمود. شرایط مرطوب زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که برسها همراه با آب سرد و محلولهای تمیزکننده قلیایی یا همراه آب‌کشی با آب خنک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الف-۳-۳-۳-۲ روش‌های مکانیکی می‌تواند ذرات ساییده شده حاصل از برس‌زنی یا ساییدن را در داخل سطوح باقی بگذارد. انتخاب برس‌های تمیزکننده بستگی به مواد قطعات اصلی^۱ در سیستم دارد. برس‌های غیرفلزی برای تمیز کردن اکثر مواد مناسب هستند، برس‌های کربن-استیل نباید برای سطوح آلومینیم، مس یا آلیاژهای فولادی مورد استفاده قرار گیرند. برس‌های سیمی که قبلاً در اجزای کربن-استیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند نباید بعد از آن برای آلومینیم یا فولاد زنگ‌زن استفاده شوند. برس‌های سیمی و ساینده‌ها می‌توانند بر ابعاد، رواداری و سطوح پرداخت شده اثر بگذارند.

الف-۳-۳-۴ پرداخت کردن با استفاده از مخزن دوار^۲

این روش شامل غلتاندن یا تکان دادن قطعات در یک استوانه دوار یا یک لوله در حال نوسان می‌باشد. یک محلول ساینده یا تمیز کننده به داخل ظرف اضافه می‌شود، حرکت ظرف (چرخشی یا ارتعاشی) موجب تماس اجزاء تمیز شونده با محلولهای تمیز کننده یا ساینده می‌شود. این روش می‌تواند به وسیله مواد ساینده خشک و مرطوب انجام گیرد. اندازه قطعه ممکن است از یک قطعه ریخته‌گری بزرگ تا یک قطعه ظریف یک ابزار دقیق تغییر کند، اما باید از مخلوط کردن قطعات با اندازه‌های مختلف در یک ظرف دوری کرد. ممکن است برخورد یک قطعه به قطعه دیگر سبب بروز صدمه شود. می‌توان از تمیز کردن با استفاده از استوانه دوار برای زدودن پوسته، خراشیدن، پرداخت کردن^۳ و شستشوی عمومی استفاده کرد. برخی از فاکتورها باید در تمیز کردن داخل استوانه مد نظر باشد. این موارد شامل اندازه ذرات، شکل و نوع ساینده، اندازه ساینده، اندازه بار، سرعت چرخش استوانه و سهولت جداسازی اجزا از ساینده می‌باشد.

الف-۳-۳-۵ تمیزکاری به روش سنبه‌زنی^۴، افشاندن، غوطه‌وری

در این سه روش از محلولهای شوینده برای تمیز کردن سطوح قطعات استفاده می‌شود. هر روش دارای مزایای ویژه‌ای است. سنبه‌زنی معمولاً فقط برای تمیز کردن محل‌های انتخاب شده کوچک استفاده می‌شود. افشاندن و غوطه‌وری برای تمیز کردن کلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سه روش عموماً از تمیز کننده‌های قلیایی، اسیدی یا حلالها طبق بند های الف-۳-۴-۵، الف-۳-۴-۶ و الف-۳-۴-۸ استفاده می‌شود

1- Parent material
2 - Tumbling
3- Burnishing
4- Swab

الف ۳-۳-۶ مکش و دمیدن

در این روشها از جریان هوا یا نیتروژن خشک، تمیز و عاری از روغن موجب زدوده شدن آلاینده‌ها می‌شود. این روشها می‌توانند در زدودن جرم، نخاله، پوسته و ذرات گوناگون بکار برده شوند اما برای تمیز کردن سطوح اکسید شده، گریس و روغن مناسب نمی‌باشند.

الف-۳-۷ تمیز کردن با استفاده از شمش^۱

خطوط لوله طولانی را می‌توان با استفاده از شمش در محل تمیز نمود. یک شمش سیلندر پیستون مانندی است که می‌تواند با استفاده از یک گاز فشرده مثل نیتروژن به داخل خط لوله وارد شده و آن را تمیز کند. شمش می‌تواند مجهز به برس سیمی یا فرچه باشد. بکار بردن شمش به صورت دوتائی می‌تواند رسوب مایعات تمیز کننده یا عوامل پاک کننده بین آن دو را بزدايد از اینرو یک شمش رشته‌ای می‌تواند رسوب مایعات باقی مانده در لوله با درجات متفاوت را بهتر جداسازی نموده و درجات تمیزی و شستشوی مطلوب تری را ایجاد نماید. باید از مناسب بودن و عدم تأثیر سوء مکانیکی و شیمیائی حلالها، فرچه‌ها و برس‌های سیمی اطمینان حاصل شود.

الف-۳-۸ تمیزکاری به روش فراصوت

انرژی فراصوت را می‌توان به همراه مواد شیمیائی تمیز کننده مختلف به منظور ایجاد تماس نزدیک بین قطعات و مواد تمیزکننده مورد استفاده قرار داد. اعمال امواج صوتی به زدوده شدن ذراتی که چسبندگی کمتری دارند منجر می‌شود. معمولاً از این روش در تمیز کردن اجزاء ریز و فلزات گرانبها و قطعات و اجزائی که نیاز به درجه تمیزی بالائی دارند، استفاده می‌شود.

الف-۳-۴ تمیزکاری به روش شیمیائی

الف-۳-۴-۱ کلیات

روشهای شرح داده شده در بند الف-۳-۴-۲ تا الف-۳-۴-۹ بر مبنای دستیابی برهم کنش مابین محلول تمیز کننده و سطح قطعات استوار است تا از طریق آن به وسیله روشهای مکانیکی بعدی آلاینده‌ها از سطح زدوده شوند. این برهم کنش می‌تواند شامل فعال شدن سطح، شکستن آلاینده‌ها و تبدیل به اکسید و تغییر شکل به سطح آب دوست یا آب‌گریز باشد.

الف-۳-۴-۲ تمیزکاری بوسیله آب داغ

تمیز کردن به وسیله آب داغ برای زدودن آلاینده‌های آلی و آلاینده‌های ویژه از سطح قطعات یا اجزاء با بکارگیری شوینده‌ها با حرارت کم یا ملایم و نیز تهیه کننده‌های مکانیکی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. وسایلی که هنگام تمیز کردن با آب داغ مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل یک سیستم افشاننده یا مخزن تمیز کننده به همراه تکانهای محلول یا بدون ایجاد تکان در محلول می‌باشد. از آب داغ به همراه شوینده‌ها می‌توان در مواردی که بکارگیری بخار برای آلاینده‌های حل شده یا آزاد ضرورت نداشته باشد استفاده کرد. اندازه، شکل و تعداد قطعات جهت اطمینان از تماس کافی بین سطح قطعات و مایع تمیز کننده باید مد نظر قرار گیرد. دمای محلول باید دمائی باشد که تولیدکننده شوینده آن را اعلام کرده است. آلاینده‌های محلول در آب بوسیله جریان سریع و مقدار کافی از آب تمیز شسته می‌شوند. قبل از اینکه تمیزکننده زمانی برای رسوب گذاری داشته باشد

قطعات بوسیله دمیدن هوا یا نیتروژن خشک عاری از روغن می‌توانند خشک شوند. هوا یا نیتروژن خشک باید داغ باشند و تا مدت زمان خشک شدن کوتاه شود.

الف-۳-۴-۳ تمیزکاری به وسیله شوینده‌ها

این روش مربوط به تمیز کردن ظروف، سیستم‌های لوله‌کشی شده یا قطعات داخلی و خارجی می‌باشد. شوینده‌ها به صورت پودر، کریستال یا مایعات غلیظ عرضه می‌شوند. به منظور استفاده، محلولهای شوینده را با آب مخلوط می‌کنیم تا به شکل محلول در آب درآیند. محلولهای تهیه شده را می‌توان در تانکهای ساکن یا ظروف بزرگ ریخت و به منظور غوطه‌ور کردن قطعات از آن استفاده نمود. همچنین محلول را می‌توان به چرخش درآورد، یا بوسیله پمپ بر روی قطعات پاشید. برخی از انواع مواد پاک کننده سمی یا خورنده هستند. خصوصیات مواد شوینده طبق اظهارات تولیدکننده یا عرضه کننده بررسی می‌شود.

الف-۳-۴-۴ تمیزکاری به وسیله بخار

تمیز کردن به وسیله بخار به منظور زدودن مواد آلی به‌ویژه در مورد آلودگیهای ناشی از مواد آلی و آلودگی‌هایی که به صورت ذرات درآمده‌اند با استفاده از فشار، گرما و در برخی مواقع مواد شوینده مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی آلاینده‌های آلی بوسیله بخار داغ با کاهش ویسکوزیته یا کاهش ضخامت زدوده می‌شوند. از یک شوینده که آلاینده آلی در آن حل شده و ایجاد امولسیون می‌نماید می‌توان به صورت افزودنی استفاده نمود تا از طریق آن شسته شدن آلاینده‌ها به وسیله بخار متراکم امکان‌پذیر شود. سیستم باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که جریان بخار آب و شوینده‌ها در آن کنترل شود، به‌طوری که عملکرد شوینده‌های شیمیایی و اثرات حرارتی بخار و عملیات سایش به‌وسیله پاشیده شدن بخار به حداکثر برسد.

الف-۳-۴-۵ تمیزکاری با استفاده از مواد قلیائی^۱

برای تمیز کردن آلاینده‌های آلی از قبیل هیدروکربنها، روغن‌ها، گریسها و موم از تمیزکننده‌های با درجه قلیائی بالا استفاده می‌شود. محصولات تمیز کننده مؤثر زیادی برای تمیز کردن به روش قلیائی وجود دارد. آب مورد استفاده باید از مواد و یا ناخالصی‌هایی که ممکن است باعث واکنش با تمیزکننده قلیائی شوند، عاری باشد. توصیه می‌شود برای به حداقل رساندن واکنشهای ذکر شده از آب مقطر استفاده شود. محلول تمیزکننده را می‌توان با روشهای افشاندن، غوطه‌وری و یا مالش بکار برد. معمولاً محلولهای تمیزکننده قلیائی در دمای تا ۸۰ درجه سلسیوس استفاده می‌شود و بسیار اهمیت دارد که محلولهای تمیزکننده به تمامی سطوح قطعات برسند، تا عمل تمیز کردن بصورت صحیح انجام بگیرد. از محلولهای تمیزکننده تا زمانی که غیرفعال نشده‌اند می‌توان استفاده نمود. بررسی غیرفعال شدن به‌وسیله اندازه‌گیری pH یا غلظت آلاینده‌ها انجام می‌شود. به‌طور تجربی باید میزان آلاینده موجود در محلول تمیزکننده که در آن غلظت امکان تمیزی قابل قبول سطح وجود نداشته باشد را مشخص نمود.

الف-۳-۴-۵-۲ ضروری است که محلول تمیزکننده بوسیله آبکشی قطعات پاک شود. تا از ترکیب مجدد آلاینده‌ها و محلول تمیزکننده بر روی سطح جلوگیری بعمل آید. در فاصله بین تمیز کردن و آبکشی نباید اجازه داده شود که سطح خشک شود. و عموماً آب‌کشی با آب به هر شکل ممکن به زدودن محلول تمیزکننده کمک

1- Caustic cleaning

نموده و همچنین برای فرآیند خشک کردن نیز مفید می‌باشد. یک روش برای تعیین کفایت آبکشی پایش آب حاصل از آبکشی می‌باشد. به‌طوریکه pH آن با pH محلول اولیه در حدود ± 0.2 اختلاف داشته باشد و اگر خشک کردن مورد نیاز باشد، می‌توان از روش خشک کردن حرارتی و غیر حرارتی با هوای عاری از روغن یا نیتروژن استفاده نمود.

الف-۳-۴-۶ تمیزکاری اسیدی

الف-۳-۴-۶-۱ تمیزکاری

تمیزکاری به وسیله اسید فرآیندی است که در آن با یک محلول اسید معدنی، اسید آلی یا نمک اسیدی (معمولاً در ترکیب با یک عامل مرطوب کننده و شوینده ترکیب می‌شود) به منظور زدودن اکسیدها، روغن‌ها و سایر آلاینده‌ها از سطح قطعات با بکارگیری یا بدون بکارگیری حرارت استفاده می‌شود. ضروری است که تمیز کردن اسیدی برای جلوگیری از صدمه رساندن به سطح قطعات از قبیل سیاه شدن یا سوراخ شدن ناخواسته به دقت کنترل شود. عامل تمیزکننده با توجه به جنس مواد یا قطعاتی که باید تمیز شوند، انتخاب می‌شود. راهنمای کلی به منظور تمیزکاری به روش اسید در پیوست الف-۳-۴-۶-۲ تا الف-۳-۴-۶-۵ آمده است.

الف-۳-۴-۶-۲ ماده تمیزکننده اسید فسفریک برای اغلب فلزات می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. این ماده اکسیدها، ذرات ناشی از خوردگی^۱ و رسوبات را می‌تواند بزدايد.

الف-۳-۴-۶-۳ ماده تمیزکننده حاوی هیدروکلریک اسید فقط برای کربن و استیل های کم آلیاژی توصیه شده‌اند. این ماده گردوغبار، تراشه‌ها، پوشش های اکسید کروم، روی و کادمیم را می‌زداید. محلولهای اسیدی مشخص شامل هیدروکلریک اسید و نیتریک اسید باید حاوی یک بازدارنده برای جلوگیری از تاثیر مضر بر روی فلزات پایه باشند. هیدروکلریک اسید نباید برای فولاد زنگ نزن مورد استفاده قرارگیرد زیرا می‌تواند موجب خوردگی تنشی یا شکستگی بر اثر خوردگی تنشی بشود.

الف-۳-۴-۶-۴ ترکیبات پاک کننده اسید کرومیک و اسید نیتریک برای آلومینیوم و مس و آلیاژهای آنها توصیه می‌شود. این مواد تمیز کننده واقعی نیستند، ولی به منظور اکسید زدایی، شفاف سازی زدودن رسوبات سیاه که به هنگام تمیز کردن با محلولهای قلیایی ایجاد می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی ترکیبات به صورت مایع و برخی به صورت پودر می‌باشند. متناسب با نوع ماده تمیز کننده و مقدار اکسیدها و ذراتی که باید زدوده شوند اسید نیتریک و اسید کرومیک با غلظتهای ۵٪ تا ۵۰٪ کسر حجمی درآب مخلوط می‌شوند.

یادآوری- اسید کرومیک به عنوان ماده سرطان زا، خیلی سمی برای موجودات آبی می‌باشد و ممکن است باعث اثرات مضر طولانی مدت در محیط های آبی بشود.

الف-۳-۴-۶-۵ یک مخزن برای غوطه ور کردن یا ذخیره سازی، پمپ گردش جریان، لوله‌ها و شیر آلات سازگار با محلول تمیز کننده مورد نیاز می‌باشد. روش‌های متداول برای تمیز کردن اسیدی، غوطه ور کردن، سائیدن و افشاندن می‌باشند. ترکیبات تمیز کننده اسیدی نباید مورد استفاده قرارگیرند مگر اینکه کاربرد و عملکرد آنها شناخته شده باشد و یا توسط تولیدکننده این مواد با ذکر غلظت و دمائی که باید از آن استفاده شود

توصیه شده باشد. توصیه های تولیدکننده در خصوص غلظت و دمای مناسب برای تمیزکردن با اسید باید به دقت رعایت شود. بسیار ضرورت دارد که بعد از شستشو با اسید، سطوح کاملاً با آب، آب کشی شده تا تمامی اسیدهای باقی مانده به طور کامل زدوده شود. پس از آبکشی نهائی سطح به طور کامل باید خشک شود. به منظور به حداقل رساندن رسوبات باقی مانده نباید اجازه داد سطوح در فاصله مراحل متوالی تمیز کردن اسیدی و فرآیند آبکشی خشک شود.

ممکن است تحت شرایطی عملیات خنثی سازی ضروری باشد. در صورت نیاز به عملیات خنثی سازی، زدودن مقادیر جزئی ماده خنثی کننده باید به وسیله چندین بار آب کشی با آب انجام شود. این عمل (تمیز کردن) می تواند با خشک کردن حرارتی و غیر حرارتی با هوای عاری از روغن یا نیتروژن کامل شود.

الف ۳-۴-۷ تمیز کاری امولسیون

تمیز کردن امولسیون فرآیندی است که به منظور زدودن آلاینده ها از سطح قطعات با استفاده از پاشیدن حلال های آلی محلول در یک واسطه آبی به وسیله یک عامل امولسیون کننده مورد استفاده قرار گیرد تمیز کننده های امولسیون از هردوفاز آلی و آبی بهره مندهستند و از حلال های مشتق شده نفتی و سورفاکتانت ها تشکیل شده اند، تمیز کننده های امولسیونی گوناگونی در دسترس هستند، برخی از تمیز کننده های امولسیونی گرایش به جدا شدن در داخل محلول خود دارند. اگر محلول به مدت طولانی ساکن بماند ممکن است به هم زدن متناوب تمیز کننده ضروری باشد. به طور کلی تمیز کننده های امولسیونی به طور عمده به وسیله روشهایی از قبیل غوطه وری، افشاندن و سائیدن قطعات بکار برده می شوند. ضروری است که تمیز کننده های امولسیونی با آب کشی و عملیات تمیز کردن بعدی زدوده شوند.

الف ۳-۴-۸ تمیز کاری با حلال

الف ۳-۴-۸-۱ تمیز کردن یا چربی زدایی با حلال به عنوان یک روش کار اساسی برای زدودن آلاینده های محلول در آب از سطح قطعاتی که در خدمات اکسیژن مورد استفاده قرار می گیرند، در نظر گرفته شده است و برای بیشتر فلزات مناسب می باشد.

در هر صورت بعضی از حلال های مورد استفاده در این روش برای تمیز کاری مورد تایید نمی باشند. باید از روشهای مشخص شده و حلال های مورد تایید برای تمیز کاری استفاده نمود.

تمیز کاری با حلال به قدرت حلال در حل کردن آلاینده های موجود بستگی دارد. قبل از شروع فرآیند تمیز کاری با حلال، قسمتی از حلال تمیز کننده باید کنار گذاشته شود تا به عنوان مرجع استفاده شود. برای نگه داری محلولهای مرجع و محلولهای استفاده شده باید از ظروف شیشه ای تمیز استفاده نمود. روشهایی نیز برای تعیین غلظت آلاینده های هیدروکربنی در پیوست «ب» شرح داده شده است.

الف ۳-۴-۸-۲ بعد از تکمیل عملیات تمیز کردن با حلال ضروری است تمامی باقی مانده های موجود در مایع تمیز کننده از سطح قطعات شستشو و آبکشی شود. تا از خشک شدن آن بر روی سطح قطعه پیشگیری شود. سپس باید قطعات با استفاده از هوا یا ازت گرم، خشک و عاری از روغن شستشو داده شده و خشک شود. در صورت امکان می توان قطعات کوچک را در هوا خشک کرد.

الف - ۳-۴-۸-۳ تمیز کردن با حلال می‌تواند با استفاده از روشهایی مانند سائیدن و افشاندن انجام شود. همچنین می‌توان به وسیله غوطه‌ور سازی قطعه در مخزنی از حلال و به هم زدن آن تمیز کردن را مؤثرتر نمود. این عمل ممکن است با استفاده از روشهای تمیز کردن با فراصوت بهبود یابد. تمیزکاری با جریان پرفشار حلال نیز می‌تواند انجام شود. تمیزکاری به وسیله چرخش حلال تا زمانیکه حلال خروجی از قطعه به تمیزی حلال مرجع باشد باید ادامه داشته باشد.

الف - ۳-۴-۸-۴ حلال‌ها غالباً برای ممانعت یا کنترل واکنشهای خوردگی به بازدارنده‌ها نیاز دارند. به منظور اطمینان از اثربخشی مداوم بازدارنده ممکن است پایش اثربخشی آن ضروری باشد. این روش اغلب برای مجموعه‌ای که نتوان قطعات بزرگ آنها را از هم جدا نمود، مدارهای از پیش مونتاژ شده و همچنین خطوط لوله و غیره بکار برده می‌شود.

الف - ۳-۴-۹ چربی زدائی با بخار

چربی‌زدائی با بخار یعنی زدودن مواد آلی و در ادامه شستشوی قطعات به وسیله دمیدن پیوسته بخار متراکم و حلال بر روی سطح قطعات سرد می‌باشد. تجهیزات چربی‌زدائی با بخار اساساً شامل یک تولیدکننده بخار، برای تولید بخار تمیز از حلال آلوده شده، و یک محفظه برای نگه‌داشتن قطعات در بخار می‌باشد. حلالهای با درجه خنک کننده^۱ نباید مورد استفاده قرار گیرند، زیرا آنها حاوی روغن هستند. برخی از این حلالها در هوا تحت شرایط مشخص مشتعل می‌شوند و به درجات مختلف سمیت دارند. بنابراین در استفاده از آنها باید احتیاط به عمل آورد. ضروری است که دمای قطعات پائین‌تر از نقطه جوش حلال باشد. بطوریکه بخارات حلال متراکم شده و با کمک نیروی ثقل به هنگام شستشو از سطح قطعه جدا می‌شود و قطعه می‌بایست در جای خود و وصل شده باشد، تا بخارات متراکم شده از بخشها به راحتی جدا شود. سیرکولاسیون مداوم حلال متراکم سبب تبخیر و بازگشت مجدد بخارات به همراه آلودگی‌ها به داخل تبخیرکننده و ماندن آنها در آنجا می‌شود. بعد از اینکه دمای قطعات به دمای بخار رسید، عمل تمیز کردن اتفاق نخواهد افتاد.

الف - ۳-۴-۱۰ هواشویی^۲

الف - ۳-۴-۱۰-۱ شستشوی قطعات به منظور حصول اطمینان از اینکه تمامی باقی‌مانده‌های عملیات تمیزکاری قبلی پیش از انجام عملیات تمیزکاری مجدد و قبل از بسته‌بندی نهائی از سطح قطعات زدوده شده، اهمیت دارد. این عمل می‌تواند به وسیله دمیدن، خشک کردن و آب کشی انجام گیرد. نوع آب کشی به محلولهای تمیز کننده مورد استفاده بستگی دارد. اما در اغلب موارد آب فیلتر شده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. خشک کردن را می‌توان به وسیله اعمال حرارت به قطعات با استفاده از کوره یا نور مادون قرمز یا بوسیله دمیدن هوای خشک عاری از روغن انجام داد. تحت هیچ شرایطی نباید از هوای متراکم برای خشک کردن تجهیزات پنوماتیک استفاده نمود، زیرا می‌تواند دارای مقادیر ناچیزی روغن یا دیگر آلاینده‌ها باشد. زدودن حلال‌ها در دماهای بیشتر نیازمند توجهات بیشتری است، زیرا احتمال دارد حلالها به سطوح قطعات برسند و تجزیه شده و لایه‌های نامطلوب روی قطعات بوجود آورند. اهمیت دارد که درجه تمیزی ماده شستشو دهنده بالاتر از درجه تمیزی مورد نظر برای قطعات باشد.

1- Refrigerant grade solvents
2- Purging

الف-۳-۴-۱۰-۲ شستشوی مؤثرتر را می‌توان با استفاده از گاز ازت تمیز، خشک و عاری از روغن انجام داد. آن نیازمند تایید خشکی با اندازه گیری نقطه شبنم گاز خشک کننده جریان یافته، می‌باشد. مدت، تعداد مراحل و نوع عملیات شستشو به اجزاء یا قطعاتی که باید تمیز شوند، به روشهای تمیز کردن و کاربردهای نهائی بستگی دارد.

الف-۳-۴-۱۱ تمیزکاری با پلاسمای کم فشار

قطعاتی که قرار است تمیز شوند، در یک مخزن خلاء با اکسیژن تحت فشار از (۰٫۵ تا ۲) کیلو پاسکال قرار داده می‌شوند. با بکارگیری ولتاژ متناوب با فرکانس بالا اکسیژن به شکل یونیزه درمی‌آید و به هنگام تخلیه الکتریکی رادیکالهای شیمیائی تشکیل می‌شود. این رادیکالها با قطعات وارد واکنش شده و بخار ترکیبات فرار تشکیل شده در حین این واکنش به وسیله پمپ خلاء خارج می‌شود. وقتی که اکسیژن به عنوان یک گاز واکنش گر بکار برده می‌شود، اکسیژن پلاسمای با آلودگی‌های آلی از قبیل روغن و گریس واکنش داده و آنها را سوزانده و تشکیل CO₂ و بخار آب می‌دهد، از آنجا که در تمیز کردن به وسیله پلاسمای کم فشار، فقط مواد آلی تمیز می‌شوند، رسوب مواد معدنی ناشی از عملیات بر روی قطعات باید با یک روش مناسب تمیزکاری و شستشو، قبل از تمیزکاری با پلاسمای کم فشار زدوده شوند.

الف-۴ شرایط محیطی

الف-۴-۱ ضروری است که تجهیزات اکسیژن‌رسانی در تمامی مراحل انجام روش تمیزکاری به دقت جابجا شوند. محیط بایستی تمیز بوده و عاری از گرد و غبار باشد و از انجام هرگونه عملیات سایش و جوشکاری در نزدیکی آنها باید ممانعت به عمل آید. قطعات نباید به مدت طولانی در محیط باقی بمانند. به منظور اجتناب از انتشار روغن ناشی از کار ماشینهای دوآر چرخان یا دودمه^۱ در هوا، باید دقت لازم به عمل آید. سطحی که در تماس با اکسیژن است نباید لمس شود، مگر اینکه از دستکش تمیز یا وسایل جابجایی مناسب استفاده شود.

الف-۴-۲ در برخی موارد استفاده از اتاق های تمیز با جریان خطی^۲ که در آن کل فضای محیط با استفاده از فیلترهای هوا شستشو داده می‌شوند، ضروری است. در اتاقهای تمیز با جریان هوای افقی قطعات به ترتیب تمیز می‌شوند. بطوریکه مراحل تمیزکاری پیشرفته‌تر، نزدیکتر به منبع تولید هوای تمیز انجام می‌گیرد. بنابراین به طور پایدار قطعات و محیط تمیزتر می‌شوند. در اتاقهای تمیز با جریان خطی ترتیب عملیات تمیزکاری اهمیت حیاتی ندارد.

1- Aerosols
2- Laminar-flow

پیوست ب

(اطلاعاتی)

روشهای نوعی برای صحه‌گذاری فرآیندهای تمیزکاری

ب-۱ کلیات

در انتخاب روش آزمون بایستی پارامترهایی از قبیل روش ساخت، نوع و اندازه وسایل مورد آزمون و میزان درستی مورد نیاز مورد توجه قرار گیرد.

ب-۲ روشهای نوعی

ب-۲-۱ بازرسی چشمی مستقیم (با نور سفید)

این روش آزمون متداولترین روشی است که برای تشخیص وجود آلاینده‌هایی نظیر نگهدارنده‌ها، رطوبت، مواد حاصل از خوردگی، باقی مانده جوش، پرکننده‌های ریزتراشه^۱ و سایر مواد خارجی بکار برده می‌شود. قطعات بطور چشمی برای تأیید فقدان آلاینده‌ها با دید طبیعی یا اصلاح شده زیر نور سفید قوی بررسی می‌شوند. با این روش ذرات ریز با ابعاد بیش از ۵۰ میکرومتر، رطوبت و آلاینده‌های هیدروکربنی در حد ۵۰۰ میلی گرم برمتر مربع قابل تشخیص هستند.

ب-۲-۲ بازرسی چشمی مستقیم (با نور فرابنفش)

هشدار- از قرار گرفتن طولانی مدت در معرض نور فرابنفش اجتناب کنید زیرا برای پوست و چشم محافظت نشده خطرناک می‌باشد.

در نور فرابنفش اکثر هیدروکربن‌ها، روغنهای آلی یا گریسهای معمولی فلوروسانس شده در زمانی که به وسیله سایر ابزار مشاهده قابل تشخیص نباشند، قابل مشاهده می‌گردند. بنابراین آزمون نور ماوراء بنفش به طور متداول برای تشخیص وجود هیدروکربن‌ها، روغنهای آلی یا گریسها مورد استفاده قرار می‌گیرد. سطح مورد نظر در تاریکی یا زیر نور ملایم با استفاده از یک منبع نور ماوراء بنفش با طول موج بین ۰/۳۲ تا ۰/۳۷ میکرومتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. بازرسی توسط نور ماوراء بنفش باید قادر باشد عاری بودن سطوح تمیز شده از هر گونه اثر فلوروسانس مربوط به هیدروکربن‌ها را تشخیص دهد.

اگر نور ایجاد شده به صورت لکه، سیاهی، لکاندود، فیلم و لایه دیده شود، آن ناحیه باید مجدداً تمیز شود. هر گونه تجمع گرد و غبار یا کثیفی که زیر نور ماوراء بنفش مرئی شود، باید با استفاده از دمیدن با نیتروژن یا هوای خشک عاری از روغن زدوده شود.

ب-۲-۳ آزمون تمیزی به وسیله مالش

این آزمون را می‌توان به وسیله آشکارسازی آلودگی در مناطقی که به روش چشمی امکان بازرسی وجود ندارد، به عنوان یک آزمون تکمیلی برای بازرسی‌های چشمی بیان شده در بندهای ب-۲-۱ و ب-۲-۲ استفاده نمود. سطح به وسیله دستمال کاغذی سفید رنگ یا پارچه عاری از آلودگی به ملایمت مالش داده شده و نتیجه کار زیر نورهای سفید و ماوراء بنفش بررسی می‌شود. سطح نباید به آن حد مالش داده شود که موجب جدا شدن لایه‌های اکسید شده گردد و با آلودگی سطح اشتباه شود. نبایستی کاغذ یا ذرات پارچه بر روی سطح باقی بماند.

ب-۲-۴ آزمون شکست آب

این آزمون را می‌توان برای تشخیص رسوب‌های روغنی که به وسیله سایر روشها قابل تشخیص نیستند استفاده نمود. با افشاندن آب تمیز سطح مرطوب می‌شود. این افشاندن باید سبب ایجاد یک لایه نازک حداقل به مدت ۵ ثانیه گردد. دانه دانه شدن قطرات آب نشانگر وجود آلاینده‌های روغنی است. این روش به طور معمول محدود به سطوح افقی می‌باشد.

ب-۲-۵ آزمون استخراج با حلال

استخراج با حلال را می‌توان به عنوان مکمل برای بازرسی چشمی و نیز برای کنترل سطوح غیرقابل دسترس استفاده نمود. این روش به توانایی حلال مایع در رسیدن به سطح و حل کردن و رانش آلاینده‌های موجود بدون تأثیرگذاری بر قطعات و ایجاد خطا در نتایج بدست آمده محدود است. در موارد کمی مفید بودن آن محدود به سطوحی می‌باشد که ابعاد آنها را بتوان به سادگی محاسبه نمود، نظیر سطوح مسطح و سطح داخلی لوله‌ها. لیکن در موارد کیفی تکرار روش کار با حلال تازه، میزان آلاینده‌ها را به سطح قابل قبول و مقادیر ناچیز کاهش خواهد داد.

در موارد کلی سطوح قطعات در یک حجم مشخص با اثر رسوب گذاری کم آب‌کشی، شسته و یا غوطه‌ور می‌شوند. سپس حلال مورد استفاده به منظور تعیین مقدار رسوب غیر فرار بررسی می‌شود. یک جزء مشخص از حلال استفاده شده از یک صافی که از قبل وزن آن تعیین شده عبور داده می‌شود. سپس در یک ظرف توزین شده، بدون اعمال حرارت بیش از حد، تا خشک شدن کامل تبخیر می‌شود و وزن ظرف دوباره اندازه‌گیری می‌شود. به همین ترتیب بر روی حجم معینی از حلال استفاده نشده عملیات بالا تکرار می‌شود. از اختلاف جرم بین دو صافی، وزن رسوبات ناشی از تبخیر، مقدار حلال استفاده شده برای استخراج و مساحت سطوح قطعات (در صورت مشخص بودن)، غلظت آلاینده‌های استخراج شده و غیرمحلول به ازای هر مترمربع از سطوح پاک شده محاسبه می‌شود.

با عبور نور از میان حجم یکسان حلالهای استفاده شده و استفاده نشده که به طور همزمان صاف شده‌اند و مقایسه آن دو با یکدیگر نیز می‌توان استفاده نمود. رنگ آنها بایستی همسان و یا دارای اختلاف ناچیز باشد. در صورتی که ابعاد سطوح قطعات تعیین شده باشند، این فرآیند باید به وسیله اندازه‌گیری جذب محلول مورد استفاده و مقایسه آن با محلولی که غلظت تعیین شده دارد و از هیدروکربن‌های مرجع همان حلال تهیه شده است، مورد بررسی قرار گیرد. غلظت آلاینده‌های نامحلول را می‌توان از میزان باقی‌مانده بر روی صافی محاسبه نمود.

ب-۲-۶ آزمون استخراج با گاز

در آزمونهای استخراج با گاز، جریانی از یک گاز تمیز عاری از ذرات معلق برای استخراج آلاینده‌ها و انتقال آنها به یک آشکارساز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانند روش استخراج با حلال این روش نیز برای زدودن تمامی آلاینده‌های موجود، محدودیت‌هایی دارد. زیرا استخراج فیزیکی به طور کامل مؤثر نیست، این روش بیشتر برای نشان دادن تمیز شدن غیر کافی (عدم تمیزی) مناسب است تا برای تعیین کمی آلاینده‌های موجود. این روش در اصل برای تشخیص وجود ذرات بکار برده می‌شود، در حالیکه استخراج با حلال عمدتاً برای تشخیص وجود روغن مؤثرتر است.

ب-۲-۷ آنالیز دستگاهی

ب-۲-۷-۱ کلیات

سیستم‌های آنالیز دستگاهی متعددی مانند پراش نور، تداخل نور و طیف‌سنجی جذب مادون قرمز وجود دارند که به منظور تعیین اندازه و نحوه توزیع ذرات و تعیین غلظت هیدروکربنها در حلال استفاده می‌شوند.

ب-۲-۷-۲ پراش نور

در این روش از تغییر شدت نور پراکنده شده توسط ذرات (به وسیله انعکاس و انکسار) در مسیر حسگر نور استفاده می‌شود. بر اساس نوع دستگاه مورد استفاده، این روش برای تعیین ذراتی با ابعاد 0.5 میکرومتر و کوچکتر مناسب است. از معایب این روش حساسیت بحرانی به زاویه پراش، تغییرات رنگ و دانسیته سیال واسطه می‌باشد که می‌تواند بر کیفیت آشکارسازی تأثیر بگذارد و همچنین زمانی که اندیس انعکاس سیال و ذرات یکسان باشد، امکان عدم تشخیص وجود دارد.

ب-۲-۷-۳ تداخل نوری

در این روش اندازه ذره به وسیله تغییر شدت نور ایجاد شده به هنگامیکه آن ذره در مسیر تابش منبع نور حسگر نور قرار می‌گیرد تعیین می‌گردد. مزیت‌های اصلی این روش شامل امکان اندازه‌گیری ذرات در محیط گاز یا مایع، عدم وابستگی به مشخصات ذره و تمایز دقیق اندازه ذرات می‌باشد. با استفاده از این روش ذرات با قطر 0.5 میلی‌متر و بیشتر را می‌توان تشخیص داد.

ب-۲-۷-۴ طیف‌سنجی مادون قرمز (IR)

مبنای این روش تعیین کمی مواد آلی موجود در محلول به روش جذب مادون قرمز است. قطعه مورد آزمون به طور کامل با یک حلال (مانند فرئون ۱۱۳، تری کلروفلوئورواتان) در یک ظرف شیشه‌ای تمیز پوشش داده می‌شود. ظرف آزمون دو بار، هر بار به مدت ۵ دقیقه در یک حمام التراسونیک قرار می‌گیرد. جذب حلال آزمون در یک ظرف از جنس کوارتز اندازه‌گیری می‌شود. مقدار هیدروکربن به وسیله منحنی کالیبراسیون از یک هیدروکربن استاندارد در همان ظرف حلال به عنوان مرجع، در یک یا چند طول موج مشخص شده، اندازه‌گیری می‌شود.

پیوست پ

(اطلاعاتی)

ملاحظات مربوط به طراحی

پ-۱ کلیات

هدف از این پیوست مجهز کردن پرسنل فنی واجد شرایط به اطلاعات مرتبط جهت استفاده در طراحی سیستم های حاوی اکسیژن می باشد. در این پیوست بر فاکتورهایی تأکید شده است که موجب اشتعال شده و یا موجب افزایش احتمال آن در طول مدت استفاده از سیستم ها می شوند، لذا این عوامل باید به حداقل رسیده و از آن اجتناب شود. این عوامل به عنوان مشخصات فنی برای طراحی سیستم های محتوی اکسیژن در نظر گرفته نشده اند.

طراح یک سیستم حاوی اکسیژن باید بداند که وجود سوخت و حرارت (منبع اشتعال) در کنار اکسیژن شرط اساسی برای شروع و گسترش آتش سوزی می باشد. از آنجا که مواد قابل احتراق و اکسیژن به طور معمول وجود دارند. طراحی یک سیستم اکسیژن یا محیط غنی شده از اکسیژن بر مبنای درک صحیح منابع بالقوه اشتعال و یا موادی که موجب انتشار آتش سوزی می شوند، استوار است. هدف این است که این فاکتورها حذف شوند یا وجود آنها به حداقل برسد. پیشگیری از آتش سوزی شامل به حداقل رساندن شرایط محیطی در سیستم است که سبب اشتعال و انتشار آتش سوزی می شوند و همچنین استفاده حداکثر از موادی که در مقابل آتش سوزی و انتشار آن مقاوم هستند.

پ-۲ فاکتورهای مؤثر در طراحی یک سیستم حاوی اکسیژن

پ-۲-۱ دما

چنانچه دمای یک ماده افزایش یابد مقدار انرژی مورد نیاز برای ایجاد شعله کاهش می یابد. کارکرد یک سیستم در محیط هایی که به طور عمومی یا موضعی در آنها دما افزایش پیدا می کند، موجب کاهش ایمنی می شود. دمای اشتعال اکثر موادی که به سهولت مشتعل می شوند تابعی از فشار، ساختار عملکرد و خصوصیات مواد می باشد. همچنین دمای بالا می تواند احتراق موادی را که در شرایط عادی میل به خاموش شدن دارند را تسریع نماید.

پ-۲-۲ فشار

چنانچه فشار در یک سیستم افزایش یابد دماهای احتراق قطعات آن نیز نوعاً کاهش یافته و سرعت انتشار آتش سوزی افزایش می یابد. بنابراین عملکرد یک سیستم در فشار بالا، موجب افزایش احتمال ایجاد آتش سوزی می شود. بایستی توجه شود که اکسیژن حتی در فشار کمتر از یک اتمسفر همراه با مواد ناسازگار، می تواند خطر ساز شود.

پ ۲-۳ غلظت اکسیژن

چنانچه غلظت اکسیژن در تعادل با گازهای بی اثر یا خنثی از صد درصد کمتر شود، پتانسیل واکنش کاهش می یابد، بنابراین چنانچه طراحی سیستم ها به گونه ای باشند که از اکسیژن با غلظت کمتر استفاده شود، ایمنی را می تواند افزایش دهد.

پ-۲-۴ آلودگی

آلاینده ها در یک سیستم می تواند در اثر تمیز کردن نامناسب اولیه در حین مونتاژ یا به علت بکارگیری دراز مدت سیستم به عنوان مثال توسط سایش یا تورق بوجود آیند. آلاینده ها به شکل مایعات، جامدات یا گازها می باشند. چنین آلاینده هایی می توانند به راحتی مشتعل شده و به شدت بسوزند و در نتیجه موجب اشتعال و آتش سوزی در سیستم بشوند. آلاینده های خنثی معمولی، نظیر گرد و غبار می تواند از طریق فشردگی ذرات یا اصطکاک و تشدید اثرات تبادل حرارتی، ایجاد آتش و شعله نماید.

پ ۲-۵ فشردگی ذرات

برخورد ذرات خنثی یا قابل اشتعال جامد که وارد جریانی از گاز اکسید کننده شده اند، پتانسیل ایجاد اشتعال را افزایش می دهند. این اشتعال می تواند از برخورد ذرات قابل اشتعال و شعله ور شدن در اثر فشردگی و به دنبال آن شعله ور شدن دیگر مواد در سیستم ناشی شود. همچنین اشتعال می تواند در اثر گرم شدن ذرات و تماس بعدی آنها با پلاستیک ها و الاستومرهای موجود در سیستم بوجود آید. در هر حال ذرات می توانند به داخل سیستم وارد شده یا در آن تولید شوند. با افزایش زمان کار سیستم مقدار ذرات در آن افزایش می یابد. از اینرو مهم است که سیستم به گونه ای طراحی شده باشد که مقدار حداقلی از ذرات موجود را تحمل نماید.

پ-۲-۶ تراکم آدیاباتیک

پ-۲-۶-۱ متراکم شدن گاز می تواند منجر به افزایش دما شود. این عمل زمانی اتفاق می افتد که اکسیژن با فشار بالا به داخل یک لوله مسدود وارد شود و سبب متراکم شدن اکسیژن موجود در قسمت انتهایی لوله شود. افزایش دمای ایجاد شده باعث شعله ور شدن آلاینده ها و یا موجب افزایش سطح انرژی قطعات سیستم تا رسیدن به دمای اشتعال شود. خطر ناشی از متراکم شدن آدیاباتیک با افزایش فشار در سیستم، بیشتر می شود.

پ-۲-۶-۲ حداکثر دما به هنگام تحت فشار قرار گرفتن سریع یک گاز، بدون انتقال حرارت، از یک فشار و دما به یک فشار بالاتر را می توان بر مبنای رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\frac{T_f}{T_i} = \left(\frac{p_f}{p_i} \right)^{\frac{(n-1)}{n}}$$

که در آن

T_f دمای نهایی بر حسب کلوین

T_i دمای اولیه بر حسب کلوین

p_f فشار مطلق نهایی بر حسب کیلوپاسکال

p_i فشار مطلق اولیه بر حسب کیلوپاسکال

$n = C_p/C_v$ که برای اکسیژن ۱٫۴۰ می‌باشد.

که در آن

C_p گرمای ویژه در فشار ثابت؛

C_v گرمای ویژه در حجم ثابت است.

پ-۲-۶-۳ در جدول پ-۱ به طور تئوری دمای حاصل به هنگام متراکم شدن آدیاباتیک اکسیژن 60°C و فشار مشخص شده ارائه شده است.

پ-۲-۷ اصطکاک

مالش دو سطح به یکدیگر می‌تواند تولید گرما و ذرات آلاینده نماید. گرمای تولید شده می‌تواند موجب رسیدن دمای قطعات موجود در سیستم به دمای اشتعال بشود. خطرات مرتبط با اصطکاک عموماً با افزایش وزن، ضریب اصطکاک و سرعت نسبی مالش، افزایش می‌یابد.

پ-۲-۸ رزونانس

نوسان در حفره‌های رزونانس می‌تواند منجر به افزایش دما در نقاط ویژه‌ای از سیستم بشود. هر جا که ذرات وجود داشته باشند یا سرعت جریان گاز بالا باشد افزایش دما و رسیدن به دماهای بالا بسیار سریع خواهد بود. این پدیده در سیستم‌های حاوی اکسیژن مستندسازی شده است ولی هنوز معیارهای اندکی برای طراحی وجود دارد.

جدول پ-۱ دمای نهایی متراکم شدن به طور تئوری

دمای نهایی (بر حسب درجه سلسیوس) ^{ab}	فشار (بر حسب کیلو پاسکال)
۱۳۱	۱۰۰
۱۸۱	۲۰۰
۲۲۰	۳۰۰
۲۵۲	۴۰۰
۲۸۰	۵۰۰
۳۰۵	۶۰۰
۳۲۸	۷۰۰
۳۴۸	۸۰۰
۳۶۷	۹۰۰
۳۸۵	۱۰۰۰
۴۴۶	۱۴۰۰
۵۱۹	۲۰۰۰
۵۶۸	۲۵۰۰
۴۷۴	۵۰۰۰
۷۷۰	۷۵۰۰
۹۶۷	۱۰۰۰۰
۱۰۴۸	۱۲۵۰۰
۱۱۱۸	۱۵۰۰۰
۱۱۸۰	۱۷۵۰۰
۱۲۳۷	۲۰۰۰۰
۱۲۸۸	۲۲۵۰۰
۱۳۳۵	۲۵۰۰۰
۱۳۸۰	۲۷۵۰۰
۱۴۲۱	۳۰۰۰۰

^a - دمای نهایی به طور تئوری که در این جدول نشان داده شده خیلی بیشتر از احتراق خودبخودی همه مواد غیرفلزی مورد استفاده برای سرویس اکسیژن تحت فشارهای زیاد و خیلی زیاد می‌باشد و این مشخص می‌کند عملکرد موفق به فاکتورهای دیگری نیز وابسته است.

^b - دمای اولیه ۶۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

پ-۲-۹ الکتریسیته ساکن

تخلیه الکتریکی ناشی از الکتریسیته ساکن به وسیله سرعت بالای جریان گاز تحت شرایط معین به ویژه زمانی که ذرات معلق یا ریز وجود داشته باشند، می‌تواند رخ دهد. تخلیه الکتریکی ایجاد شده بین قطعاتی از سیستم که از لحاظ الکتریکی عایق شده‌اند، یک مثال از بروز این واقعه است.

پ-۳ اصول

پ-۳-۱ اجتناب از افزایش غیر ضروری دما

سیستم‌ها بایستی در فاصله ایمن از منبع حرارت یا تابش، مستقر شوند. تجهیزات پایش و یا تجهیزات خاموش کننده خودکار در صورت نیاز بایستی در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال در گرم کننده‌ها و در بولبرینگ‌ها پایانه‌های متراکم کننده و نگه‌دارنده فشار. در طراحی مسأله پراکندگی دما بایستی مورد توجه قرار گیرد.

پ-۳-۲ اجتناب از افزایش غیر ضروری فشار

فشار بایستی در مجاورت منبع پایین آورده شود نه در مجاورت مصرف، به طوری که تجهیزات میانی تحت حداقل فشار قرار بگیرند.

پ-۳-۳ طراحی برای پاکیزگی سیستم

سیستم بایستی طوری طراحی شود که قطعات آن را بتوان از هم تفکیک نمود به طوری که تمیز کردن و سرویس و نگهداری آن تحت شرایط تمیز امکان پذیر باشد. در طراحی بایستی از ایجاد هر گونه حفره و نقاط کور غیر ضروری پایانه که موجب جمع شدن آلاینده‌ها بشود، اجتناب نمود.

برای محدود کردن و مسدود نمودن راه ورود ذرات بایستی از صافی استفاده شود. در محل ورود اکسیژن به سیستم، در نقطه‌ای که ذرات جمع می‌شوند و نیز در نقاط بحرانی که جمع شدن ذرات باعث افزایش خطر می‌شود، مانند سطح داخلی کمپرسورها یا رگلاتورهای فشار، از صافی‌ها به منظور محدود نمودن این موارد بایستی استفاده کرد.

صافی‌ها نبایستی شکننده باشند و در صورت مسدود شدن کامل، صافی بایستی مقاومت کافی در برابر اختلاف فشارهای وارده را داشته باشد.

سرویس و نگهداری صافی‌ها بایستی در فواصل زمانی مناسب انجام گیرد، تا خطر ناشی از جمع شدن ذرات بر روی سطح صافی محدود شود.

سرویس و نگهداری پیشگیرانه صافی‌ها بایستی با سهولت انجام پذیرد. روشهایی نیز بایستی فراهم شود تا از طریق آن افت فشار زیاد در طرفین صافی امکان پذیر شود. در صورتی که خاموش شدن سیستم امکان پذیر نباشد، بایستی صافی‌های دوگانه یا دوتایی به منظور سرویس و نگهداری سیستم تعبیه شود. صافی‌ها بایستی از مواد با مقاومت بیشتر در برابر شعله ساخته شوند (به پیوست ت مراجعه کنید).

پ-۳-۴ کاهش اثر ذرات فشرده

سرعت جریان گاز بایستی محدود شود تا انرژی جنبشی ذرات را کاهش دهد. هنگامی که امکان به حداقل رساندن سرعت گاز برای مثال در شیرهای کنترل جریان، امکان پذیر نباشد، بایستی از مواد مقاوم در برابر شعله استفاده شود.

در نقاطی که مورد اصابت ذرات قرار دارند مثلاً در مبداء ورود جریان گاز از یک ورودی جانبی به داخل یک لوله T شکل، بایستی از مواد کاملاً مقاوم در برابر شعله استفاده شود.

جریان گاز نبایستی با قطعات غیرفلزی مانند درزبندها یا پایه ها تماس پیدا کند. سطوحی که بالقوه در معرض برخورد ذرات قرار دارند بایستی با زوایای کم طراحی شوند تا انرژی جنبشی جذب شده به سطح بزرگتری انتقال یابد.

پ-۳-۵ کاهش گرمای متراکم شده

از افزایش سریع فشار بایستی دوری شود. از به کار بردن شیرهای سریع بازشونده، مانند شیرهای تویی اجتناب شود. در صورت استفاده از شیرهای سریع بازشونده، بایستی شیرهای برگشتی^۱ کوچک در کنار آن نصب شود، تا از آن طریق قبل از باز شدن شیر، متعادل شدن فشار امکان پذیر باشد. محدودکننده های فشار مانند صفحات روزنه به منظور محدود کردن نرخ افزایش فشار در خطوط لوله کشی بایستی نصب شود.

گاز نبایستی در مقابل قطعاتی که به راحتی مشتعل می شوند، متراکم شود. قطعاتی که می توانند به علت بالا رفتن دمای نقاط به آسانی مشتعل شوند، بایستی توسط فاصله دهنده ها (واشرها) ایزوله شوند.

پ-۳-۶ اجتناب از اصطکاک و سوختگی ناشی از ساییدگی

استفاده از مواد لاستیکی بایستی به منظور کاهش سائیدگی، تولید حرارت و ایجاد ذرات محدود شود. در صورتی که نتوان از به کارگیری لاستیک اجتناب کرد، بایستی از مواد کاملاً مقاوم در برابر شعله و/یا موادی که ضریب اصطکاک آنها کم است و یا موادی که مقاومت بالایی در برابر سائیده شدن دارند، استفاده شود.

پ-۳-۷ اجتناب از خوردگی

نبایستی بین فلزات غیرمشابه رابط^۲ بکار برده شود.

پ-۳-۸ اجتناب از رزونانس

اگر رزونانس قابل توجهی اتفاق بیفتد، وسایلی به منظور کاهش اثرات آن بایستی تعبیه شود.

پ-۳-۹ استفاده از قطعات تأیید شده

قطعات تأیید شده عبارتند از قطعاتی که به مدت طولانی در خدمات اکسیژن رسانی مورد استفاده قرار گرفته و سابقه قابل اطمینانی در شرایط به کارگیری مشابه از آنها وجود دارد. قطعات و سیستم ها بایستی از قبل در وضعیت های کنترل شده آزمون شوند.

پ-۳-۱۰ کاهش سوخت در دسترس و یا اکسیژن

جرم قطعات غیرفلزی بایستی تا حد ممکن کم باشد و این قطعات به خوبی پوشش داده شوند (مستور باشند). حجم داخلی سیستم بایستی به حداقل برسد.

1- By pass
2- Joints

پ-۳-۱۱ ملاحظات ساخت

لبه‌های برنده و دندانه نبایستی وجود داشته باشند زیرا آنها آسان‌تر از لبه‌های صاف شعله‌ور می‌شوند. قطعات با دیواره نازک نبایستی مورد استفاده قرار گیرند زیرا به راحتی شعله‌ور می‌شوند. به هنگام تولید و مونتاژ نبایستی ایجاد ذرات به حداقل برسد. از ایجاد نقاط (حفره‌های) کور نبایستی اجتناب شود. قوس‌های الکتریکی نبایستی به حداقل برسند. به غیر از مواردی که در یک استاندارد ویژه مشخص شده باشد، به منظور دور کردن ذرات و آزمون یکپارچگی سیستم هواشویی نهایی نبایستی با استفاده از یک گاز خنثی انجام شود. این عمل به عنوان روشی برای آماده کردن سطوح و اثبات بی نقص بودن مکانیکی و آزمون سیستم از لحاظ نشت انجام می‌شود.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

انتخاب مواد

ت-۱ کلیات

هدف از این پیوست تجهیز پرسنل فنی واجد شرایط به اطلاعات مرتبط جهت استفاده در انتخاب مواد برای سرویس اکسیژن، به منظور به حداقل رساندن احتمال احتراق و یا آتش سوزی می باشد. این پیوست نباید به عنوان مشخصه‌هایی برای تأیید مواد جهت به کارگیری در سرویس اکسیژن رسانی در نظر گرفته شود. به هنگام انتخاب مواد، آزمونهای اختصاص یافته جهت به کارگیری ویژه و پیکره‌بندی آن مواد بایستی مد نظر باشد. قابلیت تحمل مواد برای روشهای ویژه تمیز کردن بدون ایجاد صدمه نیز بایستی مد نظر قرار گیرد. اولین موضوع در انتخاب مواد برای استفاده در مجاورت اکسیژن یا محیط‌های غنی شده از اکسیژن، درک شرایطی است که موجب واکنش اکسیژن با آن مواد می شود. اکثر موادی که با اکسیژن در تماس هستند بدون حضور منبع انرژی قابل اشتعال، مشتعل نمی شوند. زمانی که نرخ افزایش انرژی وارد شده به قطعه از نرخ اتلاف حرارت بیشتر باشد و این حالت برای زمان کافی ادامه یابد، قطعه مشتعل شده و عمل احتراق انجام می شود. حداقل دمای اشتعال پذیری مواد و منابع انرژی که موجب افزایش دمای مواد می شوند، بایستی در طراحی کل سیستم در نظر گرفته شوند. بنابراین عوامل ویژه فهرست شده در زیر، فاکتورهای نسبتاً مهم فرض گردیده‌اند. به طور کلی این موارد بستگی به کاربرد دارد.

ت-۲ تفاوت‌های سازگاری فلزات، غیرفلزات و سرامیک‌ها با اکسیژن

چندین تفاوت اساسی بین مواد فلزی و غیرفلزی که نتیجه تفاوت در مشخصات آتش گیری آنهاست، در ارتباط با سازگاری با اکسیژن وجود دارد. تفاوت در مشخصات اشتعال پذیری در جدول ت-۱ آمده است.

جدول ت-۱ مقایسه مشخصه‌های آتش‌گیری برای فلزات و غیرفلزات

مشخصات	فلزات	غیرفلزات
محصولات احتراق	اکسید فلز ذوب شده	گاز گرم
دمای اشتعال خود به خودی	(۹۰۰ تا ۲۰۰۰) درجه سلسیوس	(۱۵۰ تا ۵۰۰) درجه سلسیوس
هدایت حرارتی	بالا	کم
دمای شعله	بالا	کم
گرمای آزاد شده	بالا وابسته به دانسیته	کم
سطوح اکسیدی	می‌تواند محافظت شود	تشکیل نمی‌شود

عموماً اشتعال پذیری فلزات نسبت به غیرفلزات سخت تر است. دمای اشتعال پذیری خود به خودی فلزات در گستره (۹۰۰ تا ۲۰۰۰) درجه سلسیوس می باشد، در حالیکه در بیشتر غیرفلزات اشتعال پذیر دمای اشتعال خود به خودی در گستره (۱۵۰ تا ۵۰۰) درجه سلسیوس قرار دارد.

فلزات هدایت گرمایی بالایی دارند که به پراکنده شدن حرارت موضعی کمک می کند لذا مشتعل نمی شوند. نرخ مشابه انرژی حرارتی وارد شده به قطعه، هدایت حرارتی پایین یک غیرفلز می تواند موجب افزایش دمای موضعی تا رسیدن به دمای احتراق خود به خودی و سوختن غیرفلز شود.

همچنین بر روی برخی از فلزات نیز پوشش محافظ اکسید ایجاد می شود، که در اشتعال پذیری و انتشار شعله موثر است.

احتراق فلزات می تواند خیلی مخرب باشد. دمای شعله برای فلزات خیلی بیشتر از اغلب غیرفلزات می باشد. دانسیته بالای اغلب فلزات پتانسیل بالاتری را برای آزاد کردن گرما نسبت به قطعات غیرفلزی با اندازه مشابه فراهم می کند.

برای بیشتر فلزات، بخارات اکسید فلز به صورت بخارات اکسید شده وجود ندارد. زیرا اکثر آنها قبل از تبخیر به شدت تجزیه می شوند. احتراق فلزات نیز به تولید اکسید فلز مایع با ظرفیت گرمایی خیلی بالا در ناحیه بالای شعله در نقطه جوش اکسید می شود، و در آنجا مقادیر اکسید فلزی گازی بسیار کم است. در مقایسه، سوختن غیرفلزات محصولات گازی قابل احتراق تولید می کنند که تمایل به پراکنده کردن گرمای آزاد شده دارند.

در مقایسه تماس با یک مخلوط فلز و اکسید مایع در دماهای بالا، حرارت زیادتری نسبت به تماس با گازهای داغ با ظرفیت گرمایی پائین منتقل می کند.

در نهایت به دلیل اینکه اکثر غیرفلزات، حجم زیادی از گاز محصولات خنثی، ناشی از احتراق ایجاد می کنند، اکسیژن در شعله آن به طور اساسی رقیق می شود و این عمل موجب توقف احتراق و حتی در سیستم های بسته موجب خاموش شدن شعله می شود. احتراق در بیشتر فلزات موجب تولید مواد اکسیدی ذوب شده با حجم متراکم و ناچیز می شود و از این رو رقیق شدن اکسیژن بسیار ناچیز است.

ت-۳ عوامل مؤثر در انتخاب مواد

اولین موضوع در انتخاب یک ماده برای استفاده با اکسیژن یا هوای غنی شده از اکسیژن درک شرایطی است که می تواند منجر به واکنش اکسیژن با آن مواد شود. اغلب مواد مرتبط با اکسیژن بدون حضور یک منبع انرژی اشتعال، مشتعل نمی شوند. زمانی که نرخ انرژی وارد شده به قطعه از نرخ اتلاف حرارت بیشتر باشد و این حالت برای زمان کافی ادامه یابد، قطعه مشتعل شده و عمل احتراق انجام می شود. بنابراین خصوصیت آتش گیری مواد و منبع انرژی اشتعال در یک سیستم لازم است که در نظر گرفته شود. و این مورد بایستی در طراحی کل سیستم درونی در نظر گرفته شود. از اینرو عوامل ویژه فهرست شده در این راهنما با اهمیت نسبی مفروض خواهند بود. در مجموع این مورد بستگی به نوع کاربرد دارد.

علاوه بر عواملی که در طراحی سیستم محتوی اکسیژن مؤثرند، فاکتورهای دیگر نیز بایستی در انتخاب مواد در نظر گرفته شوند. همانگونه که در بند ت-۲ شرح داده شده است عوامل اختصاصی برای فلزات و غیر فلزات در بند ت-۴ و ت-۵ شرح داده شده‌اند.

در برخی موارد هیچ نوع آزادی بین انتخاب مواد فلزی و غیر فلزی وجود ندارد. برای مثال طراحی درزبندی برای سرویس فشار بالا مستلزم استفاده از مواد غیر فلزی می باشد.

ت-۴ انتخاب مواد فلزی

ت-۴-۱ فاکتورهای مؤثر در انتخاب فلزات

ت-۴-۱-۱ سهولت اشتعال

با اینکه فلزات نسبت به غیر فلزات سخت تر مشتعل می‌شوند ولی ساختار مواد بالقوه گستره وسیعی از خصوصیات اشتعال پذیری را نشان می‌دهند. اشتعال پذیری برخی از فلزات نسبت به فلزات دیگر کم تر است. اصولی که به عنوان منبع اشتعال فلزات شناخته شده‌اند شامل موارد زیر می‌باشند:

الف- آلودگی توسط آلوده کننده ای که خود می‌تواند توسط فشارهای مکانیکی، تراکم آدیاباتیک، جرقه و رزونانس شعله‌ور شده و شعله پس از آن به فلز منتقل شود؛

ب- اصابت ذرات آنجا که ذره می‌تواند مشتعل شده و شعله آن به فلز منتقل شود؛

پ- اصطکاک ناشی از نقص مکانیکی و ایجاد حفره یا مالش؛

ت- گرم شدن قطعه تا دمای اشتعال.

ت-۴-۱-۲ دمای ذوب

اغلب فلزات قبل از سوختن بایستی ذوب شوند. در نتیجه نقطه ذوب بالاتر به معنی احتمال اشتعال کمتر می باشد، لیکن دمای ذوب فلزات (به جدول ت-۲ مراجعه کنید) ارتباط مستقیمی به طبقه بندی ارائه شده برای سازگاری فلزات و آلیاژها با اکسیژن بر اساس داده‌های حاصل از آزمونهای اصابت ذرات، اشتعال ناشی از اصطکاک، اشتعال پیشرفته و اندیس اکسیژن ندارد (به جدول ت-۳ مراجعه کنید).

لکن بایستی توجه شود که اغلب در طراحی برخی وسایل ممکن است هیچ نوع آزادی عملی در انتخاب مواد فلزی و غیر فلزی در کارکرد معین (به عنوان مثال طراحی درزبندی برای سرویس فشار بالا که مستلزم استفاده از مواد غیر فلزی می باشد) وجود نداشته باشد.

جدول ت-۲ دمای ذوب، گرمای احتراق و هدایت گرمایی برخی از فلزات

هدایت گرمایی W/(m.k)	گرمای اشتعال j/g	دمای ذوب درجه سلسیوس	فلز
۲۰۹	۳۱۰۰۰	۶۶۰	آلومینیم
۷۹	۳۵۰۰	۹۰۰	برنز ۲۰/۴۰
۴۶	۲۷۰۰	۱۰۲۰	برنز ۱۰/۲
۵۲	۷۴۰۰	۱۵۰۰	کربن فولادی
۵۸	۷۴۰۰	۱۱۵۰	چدن
a	۱۰۹۰۰	۱۸۹۰	کرم
۴۰۷	۲۵۰۰	۱۰۸۳	مس
۵۸	۴۱۰۰	۱۴۵۳	نیکل
۴۱۸	۱۵۰	۹۶۰	نقره
۱۵	۷۷۰۰	۱۴۰۰	فولاد زنگ نزن 18,8 AISI 304
a مقدار ندارد			

جدول ت-۳ طبقه‌بندی مقاومت در برابر اشتعال مواد و آلیاژها

ذرات متراکم شده (ASTM/NASA)	سایش / اصطکاک (ASTM/NASA)	اشتعال پیشرفته (ASTM/NASA)	اشتعال پیشرفته (UCC Linde)	اندیس اکسیژن (Zabresnki)
مونل ۴۰۰ (اصطلاح کلی آلیاژهای نیکل و مس)	نیکل انکونل ۶۰۰ (آلیاژ آهن و نیکل و کرم)	نیکل مس مونل ۴۰۰	نیکل ۲۰۰ نیکروم مونل ۴۰۰ مونل k۵۰۰ برنج دریائی مس	مونل ۴۰۰ مس
برنز قلع دار برنج زرد	برنز قلع دار		مس/ نیکل (۱۰-۹۰) مس/ نیکل (۳۰-۷۰)	
		برنج قلع دار	برنج خوش تراش مس/ بریلیم ۲٪	برنج زرد
	چدن گرافیت کروی	برنج زرد (اتا) ۳٪ سرب)	Inco ۱۴۱ Filler ^۱ انکونل x-۷۵۰ مفرغ	
	فولاد زنگ نزن (۴-۱۳)	برنج سرخ (بیش از ۸۰٪ مس)	برنز قلع دار G برنز قلع دار GM	
انکونل ۶۰۰ (آلیاژهای آهن، نیکل، کرم)	مونل k۵۰۰ مونل ۴۰۰ WC پوشش دار چدن خاکستری برنز قلع دار سربی	انکونل ۶۰۰ Stellite ۶B ^۲ آلیاژ مقاوم در برابر گرمای زیاد	انکونل ۶۰۰ آلیاژ بریلیم - مس ۴۰۰ برنز قلع دار NM برنج سیلیکونی سری آلیاژهای نیکل c۲۷۵ Stellite ۶ B ^۲ MP۳۵N	انکونل ۶۰۰ Stellite ۶ ^۲
برنز آلومینیوم دار ۷٪ انکونل ۶۲۵	فولاد AISI ۴۱۴ فولادهای با آلیاژ بالا x فولاد PH (۵-۱۴)	انکونل ۶۲۵ آلیاژهای نیکل فولاد زنگ نزن ۴۴۰c فولاد PH (۴-۱۷) اینکولوی ۸۰۰	انکونل ۶۲۵ سری آلیاژهای نیکل c-۲۲ Haymes ۲۵ ^۳ انکونل ۶۲۵ انکونل ۸۲۵ Incoloy ۸۲۵ ^۴ Incoloy ۶۵ ^۴ انکونل ۷۱۸ فولادهای با آلیاژ بالا x	برنز آلومینیوم دار ۷٪ انکونل ۶۲۵ اینکولوی ۸۰۰

ادامه جدول ت-۳				
	فولادهای با آلیاژ بالا G _۳ فولادهای با آلیاژ بالا G Elgiloy ^۵ برنج سیلیکونی فولادهای با آلیاژ بالا G _۳ .		برنج زرد stellite ^۶ B فولاد زنگ نزن ۳۰۴ فولاد زنگ نزن ۴۱۰	انکونل ۷۱۸ چدن آلیاژی کرووی اینکولوی ۸۰۰
	فولادهای با آلیاژ بالا B carpenter ^{۲۰} cb ^۳ فولاد زنگ نزن ۴۱۰ فولاد زنگ نزن ۴۳۰	فولاد زنگ نزن ۳۲۱	Invar ^۸ فولاد pH ۴-۱۷	فولاد زنگ نزن ۳۱۶
فولاد زنگ نزن ۳۰۴ فولاد زنگ نزن ۳۱۶	فولاد زنگ نزن ۳۱۶ فولاد زنگ نزن ۳۱۰	فولاد زنگ نزن ۳۱۶	نیترونیک ۶۰	فولاد زنگ نزن ۳۰۴
فولاد زنگ نزن ۲۰۱	فولاد زنگ نزن ۳۰۴	فولاد زنگ نزن ۳۰۴	برنز آلومینیومی ۰.۷٪	نیترونیک ۶۰
روی برنز آلومینیومی ۰.۱۰٪ فولاد نیکل ۰.۹٪ فولاد ۱۰۱۸	فولاد pH ۴-۱۷ Invar فولاد کربنی برنز آلومینیوم - نیکل برنز آلومینیوم	انکونل ۷۱۸ چدن آلیاژی کرووی نیترونیک ۶۰ فولاد نیکل ۰.۹٪	فولاد کربنی	فولاد زنگ نزن ۴-۱۳ فولاد زنگ نزن ۵-۱۴
	آلیاژ آلومینیوم ۸۳۵۶ A	برنز آلومینیوم ۰.۷٪ آلیاژ آلومینیوم ۲۲۱۹	آلیاژ آلومینیوم c۳۵۵ آلیاژ آنتیموان - قلع (فلز سفید SAEII) آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱	
آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱	آلومینیوم ۱۱۰۰	آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱	T-6A _۱ -۴V	آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱
یادآوری ۱- مواد به ترتیب کاهش مقاومت در برابر اشتعال مرتب شده اند. یادآوری ۲- جدول 2 , P.7 از استاندارد ASTM STP 1197 - 1993 می باشند.				
۱ Filler ۱۴۱ Inco	۳ Haynes ۲۵	۵ Elgiloy	۷ Nitronic	
۲ Stellite ۶B	۴ Incoloy	۶ Carpenter	۸ Invar	

ت-۴-۱-۳ گرمای احتراق

سوختن یک فلز گرما آزاد می کند و مقدار گرما بر روی طبیعت مخرب شعله اثر مستقیم دارد. اکثر فلزات و غیرفلزات با جرم یکسان مقادیر گرمای یکسانی آزاد می کنند. لیکن به دلیل وجود جرم زیاد فلزات، در بیشتر سیستمها فلزات برای ایجاد بخش عمده ای از حرارت در یک اشتعال پتانسیل بیشتری دارند. فلزات برای آزاد کردن مقادیر زیاد حرارت هنگام شعله ور شدن پتانسیل لازم را دارند. گرمای احتراق برای فلزات و آلیاژهای

مختلف در جدول ت-۲ داده شده است به طور کلی هرچه گرمای ناشی از احتراق فلز کمتر باشد، سازگاری آن با اکسیژن بیشتر است.

ت-۴-۱-۴ هدایت حرارتی

گرچه هدایت حرارتی فلزات بسیار گسترده است، اما به طور کلی بالاتر از هدایت حرارتی غیرفلزات است. پراکندگی گرما از طریق هدایت الکتریکی قطعات فلزی یک مجموعه مونتاژ شده، می تواند مهمترین عامل خنک شدن آن باشد. برای پراکندگی موضعی حرارت در قطعات غیرفلزی و خنک شدن آنها لازم است که این قطعات در تماس کاملاً نزدیک با قطعات فلزی که دارای هدایت گرمایی بالا هستند قرار داشته باشند. مقادیر هدایت حرارتی فلزات مختلف در جدول ت-۲ داده شده است

ت-۴-۱-۵ نسبت نقطه ذوب به نقطه سوختن

از آنجا که اغلب فلزات برای سوختن بایستی ابتدا ذوب شوند، لذا جهت تداوم احتراق، فلز می بایست گرمای کافی را برای ذوب خود تولید نماید. ضریب نقطه ذوب سوختن^۱ (BR_{mp}) برابر است با نسبت گرمای آزاد شده در حین احتراق فلز به مجموع گرمای مورد نیاز برای رسیدن دمای فلز به نقطه ذوب و گرمای نهان ذوب است. این نسبت به صورت زیر تعریف می شود.

$$BR_{m,p} = H_{comb} / (H_{rt-m,p} + H_{fus})$$

که در آن:

H_{comb} گرمای احتراق

H_{rt-mp} گرمای مورد نیاز برای گرم کردن فلز از دمای محیط (rt) تا دمای نقطه ذوب (mp) می باشد.

H_{fus} گرمای نهان ذوب

یک فلز با BR_{mp} کم نسبت به یک فلز با BR_{mp} زیاد با شدت کمتری خواهد سوخت. BR_{mp} های محاسبه شده به طور رده بندی در جدول ت-۴ داده شده اند. ترتیب ارائه شده عموماً با مقادیر داده شده از طریق پارامترهای آزمونهای مختلف مشابه است.

جدول ت-۴ نقطه ذوب به نقطه سوختن محاسبه شده

نقطه ذوب به نقطه سوختن BR_{mp}	فلز
۰٫۴	نقره
۲٫۰۰	مس
۲٫۳۹	نیکل - مس 10:40
۲٫۸۳	برنز قلع CDA938
۲٫۵۷	CDA۳۱۴ که منجر به برنز تجارتي می شود
۳٫۰۲	آلیاژ نیکل - مس ۴۰۰
۳٫۵	کبالت
۳٫۶۴	آلیاژ نیکل - مس (K۵۰۰)
۳٫۷	نیکل
۴٫۴۹	مس بریلیم CDA۸۲۸
۵٫۱	فولاد آلیاژی کم AISI ۴۱۴۰
۵٫۱	آهن Ductile
۵٫۱	آهن چدنی
۵٫۱	فولاد کربنی AISI ۱۰۲۵
۵٫۱	آهن
۵٫۳۲	PH(۴-۱۷)
۵٫۳۹	SS ۴۱۰
۵٫۳۹	فولاد زنگ نزن CA15
۱۳٫۱	تیتانیوم
۱۸٫۶	سرب
۱۹٫۳	روی
۲۰٫۶	فلز سفید (آلیاژ آنتیموان - قلع سرب)
۲۲٫۴	مینزیم
۲۹	آلومینیم
۴۲٫۶	قلع سفید
۴۴٫۸	قلع

یادآوری - جدول X1.5 از استاندارد ASTM G44-1990 استخراج شده است.

ت-۴-۱-۶ دمای اشتعال خود به خودی

به طور کلی دمای اشتعال خود به خودی در فلزات خیلی بیشتر از غیر فلزات می باشد. مقادیر دماهای اشتعال خود به خودی برای انواع فلزات در دامنه دمائی ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ درجه سانتی گراد است. دمای اشتعال خود به خودی پائین هر ماده بطور مستقیم به معنی سازگاری پائین آن ماده با اکسیژن است. در هر حال این وابستگی تحت تأثیر پوششهای اکسیدی محافظ بر روی سطح فلزات است. برای برخی از فلزات با

افزایش فشار اکسیژن دمای اشتعال خود به خودی افزایش می یابد. اما برای اغلب فلزات دمای اشتعال خود به خودی یا ثابت است و یا با افزایش فشار اکسیژن کاهش می یابد. مکانیزم‌های شعله ور شدن که به پوشش اکسید محافظ صدمه می زند مانند اصطکاک، ساییش یا واکنش شیمیائی می تواند منجر به اشتعال فلز دردهماهای پائین تر از دمای مورد انتظار بشود.

ت- ۴-۱-۷ زنجیره های آتش گیر^۱

یک زنجیره آتش گیر وقتی بوجود می آید که یک ماده به سهولت شعله ور شود نظیر آلاینده هایی که تحت تأثیر عواملی مانند تراکم آدیاباتیک مشتعل می شوند. این عمل می تواند مقدار گرمای لازم برای سوزاندن قطعات غیر فلزی کوچک مانند پایه شیر را آزاد نماید که در ادامه باعث شعله ور شدن قطعات غیر فلزی بزرگتر مانند یک بوش بشود و در نهایت منجر به آزاد شدن گرمای کافی برای سوختن بدنه یک شیر فلزی بشود. زمانیکه یک قطعه فلزی شعله ور می شود، خطر بروز فاجعه و مرگ وجود خواهد داشت.

ت- ۴-۱-۸ آزمونهای سازگاری با اکسیژن

در دهه گذشته به علت توجه خاص صنعت هوا فضا، روشهای آزمون ویژه برای ارزیابی گروه مشخصی از فلزات و آلیاژها در خصوص سازگاری با اکسیژن پیشنهاد شده است. سه روش مورد بررسی قرار گرفت. هر کدام از این روشها وابسته به یک مکانیزم سوختن یعنی برخورد ذرات، اصطکاک، ساییش و افزایش دما می باشند. به جزء چند استثناء جزئی، این روشهای آزمون نتایج مشابهی برای دسته بندی فلزات آزمون شده در خصوص سازگاری با اکسیژن را ارائه نمودند. تکرارپذیری نتایج و هزینه آزمونها در این روشها متغیر بوده و بر مبنای این دلایل آزمون افزایش دما به عنوان یک آزمون استاندارد در نظر گرفته شده است. متغیرهای چندی مانند فشار اکسیژن، ابعاد قطعه آزمون، جرم و ماهیت قطعه ای که دمای آن افزایش پیدا می کند (به عنوان مثال موادی که به سهولت شعله ور می شوند) در فرایند آزمون وجود دارند.

بسیاری از فلزات و آلیاژها در صنایع عمومی جهت بررسی سازگاری با اکسیژن به روش افزایش دما تا حد رسیدن به اشتعال مورد آزمون قرار گرفتند و نتایج آن در جدول ت-۳ به صورت رده بندی شده آمده است. بالاترین رده در جدول ت-۳ بیشترین مقاومت را به اشتعال در اثر بالا رفتن دما دارد. از آنجا که این مکانیزم سوختن در مقایسه با اصابت ذرات، اصطکاک یا مالش فلزات مورد استفاده در وسایل پزشکی مورد نظر است، فلزات استفاده شده در سیستم های پرفشار اکسیژن در وسایل پزشکی بایستی از بالاترین رده جدول انتخاب شوند.

ت- ۴-۲ روش انتخاب فلز

ت- ۴-۲-۱ انتخاب

به منظور انتخاب یک فلز برای یک کاربرد خاص، آن کاربرد بایستی بازنگری شود. تا احتمال رویارویی آن فلز با پدیده اشتعال تعیین گردد. حساسیت مواد به اشتعال زائی، پتانسیل تخریبی یا پتانسیل اشتعال آن در کنار دیگر مواد بایستی به همراه اثرات بالقوه محیط برای اشتعال سیستم در نظر گرفته شود. نهایتاً کاربرد مورد نظر و

عملکرد مورد انتظار از مواد بایستی در زمینه نیاز به اجتناب از اشتعال مورد بررسی قرار گیرد. مثالهایی از پارامترهای وابسته در جدول ت-۲، ت-۳ و ت-۴ ارائه شده است.

ت-۴-۲-۲ اصول

از مواد در دسترسی که کمترین فعالیت شیمیایی را دارا بوده و از نظر مهندسی و تجربه اقتصادی تأیید شده باشند، بایستی استفاده شود. هنگامی که همه شرایط یکسان باشند، بیشترین توجه بایستی به مهمترین ویژگی آن ماده در کاربرد مورد نظر معطوف شود. اندیس اکسیژن بایستی بالاترین مقدار ممکن را داشته باشد. گرمای احتراق، سرعت انتشار، دمای اشتعال و نسبت نقطه ذوب به نقطه سوختن بایستی حداقل باشند. در صورتیکه یک یا چند مکانیزم احتراق بالاترین احتمال نسبی از نظر رخداد (وقوع حادثه) را داشته باشد، موادی بایستی مورد استفاده قرار بگیرند که بالاترین مقاومت را نسبت به این مکانیزم های سوختن داشته باشند (به جدول ت-۳ مراجعه کنید).

هرگاه در یک سیستم مقادیر زیادی از غیرفلزات وجود داشته باشد و یا مقدار مواد غیرفلزی بصورت بهینه استفاده نشده باشند، یا اینکه نتوان درجه تمیزی بالایی را تضمین نمود، بایستی از فلزاتی با بیشترین مقاومت در برابر آتش سوزی استفاده شود. هر چه فشار کاربردی بالاتر باشد، استفاده از فلزات مقاوم به اشتعال و انتشار شعله، نقش حیاتی تری دارد.

در ماشین آلات دوار، فلزاتی که بیشترین مقادیر $P \times V$ (حاصل ضرب فشار در سرعت خطی) را در زمان آتش گیری دارند. و بطور تجربی دارای توانایی سازگاری بیشتری در عملکرد و تجربه کار می باشند، بایستی ترجیح داده شوند.

موادی که بالاترین اندیس اکسیژن را دارند نسبت به موادی که اندیس اکسیژن آنها کم است ترجیح داده می شوند. زمانیکه یک فلز در غلظتی از اکسیژن که پایین تر از اندیس اکسیژن وابسته به فشار آن فلز است مورد استفاده قرار می گیرد، مقادیر بالاتر دیگر پارامترها می تواند اعمال شود. در بکارگیری موادی که اندیس اکسیژن متوسطی دارند بایستی با لحاظ نمودن تمامی فاکتورهای مهم در آن کاربرد خاص تصمیم گیری انجام شود.

تجربیات کسب شده در بکارگیری یک فلز در یک کاربرد مشابه و یا در کاربرد دشوارتر، یا بکارگیری آن فلز با مواد فلزی مشابه در کاربرد مشابه عموماً می تواند مبنای مناسبی برای انتخاب مواد باشد. لیکن در تعمیم شرایط احتیاط لازم بایستی بکار گرفته شود. با مقایسه داده های حاصل از آزمونها، نسبتهای سوختن^۱ و یا با استفاده از جدول تناوبی عناصر می توان به تشابهاتی دست یافت. به دلیل اینکه خاصیت اشتعال پذیری فلزات می تواند به درصد نسبی اجزای تشکیل دهنده خیلی حساس باشد، ممکن است آزمون هر آلیاژ یا هر بهر از مواد به ویژه در مواردیکه عناصر شدیداً قابل اشتعال به صورت قطعات فرعی بکار گرفته می شوند، ضرورت داشته باشد.

همچنین فاکتورهای عملیاتی نیز دارای اهمیت می باشند. نبایستی چنین فرض کرد که استفاده موفق از مواد در یک محیط صنعتی می تواند قابل انتقال به محیط بهداشتی نیز باشد.

ت- ۵ انتخاب مواد غیر فلزی (پلاستیک‌ها، الاستومرها، روغن‌ها و ترکیبات رشته‌ای^۱)

ت-۵-۱ فاکتورهای مؤثر در انتخاب غیر فلزات

ت-۵-۱-۱ کلیات

یکی از حائز اهمیت‌ترین فاکتورها در ملاحظات مربوط به بکارگیری یک ماده در خدمات ویژه اکسیژن، دمای اشتعال خودبه‌خودی آن ماده می‌باشد. دیگر فاکتورهائی که می‌تواند در اشتعال آن ماده مؤثر باشند عبارتند از مقاومت نسبی به ضربه، شکل هندسی، هم‌بندی، گرمای ویژه، خلل و فرج نسبی، هدایت حرارتی، از پیش اکسید شدن یا غیر فعال شدن و اثر کاهش حرارت^۲ می‌باشد. اثر کاهش حرارت همان انتقال حرارت از یک ماده به مواد دیگری است که در تماس با آن بوده و وابسته به اندازه، نحوه چیدمان و خواص فیزیکی هر قطعه می‌باشد. به عنوان مثال یک قطعه درز بند که می‌تواند دمای احتراق نسبی کمی داشته باشد هنگامی که مابین دو فلانژ فلزی قرار می‌گیرد، نسبت به احتراق مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد.

ت-۵-۱-۲ دمای اشتعال خود به خودی

دمای اشتعال خودبه‌خودی برخی از فلزات تحت شرایط ویژه آزمون در جداول ت-۵ و ت-۶ ارائه شده است. مقادیر بدست آمده برای دماهای اشتعال خودبه‌خودی تا حدودی وابسته به فرآیند آزمون می‌باشد. در استاندارد ISO 1114-3 روش آزمون برای تشخیص دمای اشتعال خودبه‌خودی مواد غیر فلزی در اکسیژن تحت فشار ارائه شده است. تفاوت در نتایج بدست آمده توسط آزمایشگاههای مختلف در حال مطالعه است. لیکن رده‌بندی بدست آمده در آزمایشگاههای متفاوت برای غیر فلزات اساساً یکسان است. برای اغلب غیر فلزات به دمای اشتعال خودبه‌خودی با افزایش فشار اکسیژن تا ۴۰۰۰ کیلوپاسکال کاهش می‌یابد و سپس با افزایش بیشتر فشار تقریباً ثابت باقی می‌ماند. فشار آزمون بایستی بیشتر از حداکثر فشار در استفاده معمولی باشد. دمای اشتعال خودبه‌خودی اغلب مواد غیر فلزی خیلی کمتر از دمائی است که به صورت تئوری می‌توان از طریق متراکم‌سازی در سیستم های اکسیژن با فشار بالا بدست آورد. به این دلیل ابزارهائی نظیر رگلاتورهای فشار بایستی در معرض شوک‌های آدیاباتیکی قرار بگیرند و بعد از آن آزمون شوند تا اطمینان حاصل شود که قطعات فلزی کوچک آن مشتعل نمی‌شوند.

ت-۵-۱-۳ گرمای احتراق

خصوصیات و شرایطی که می‌توانند بر صدمات بالقوه ناشی از احتراق تأثیر بگذارند بایستی ارزیابی شوند. از موارد مهم، پتانسیل آزادسازی گرمای کل، حاصلضرب گرمای احتراق مواد در جرم آنها (به جدول ت-۵ مراجعه کنید) می‌باشد بنابراین جرم قطعات با گرمای احتراق بالا بایستی تا حد ممکن پائین نگه داشته شود.

ت-۵-۱-۴ اندیس اکسیژن

اندیس اکسیژن یک معیار مناسب برای تعیین توانایی مواد در استمرار شعله می‌باشد. مواد با اندیس اکسیژن بالا بایستی مورد استفاده قرار گیرند.

1- Tread compound
2- Heat sink effect

ت-۵-۱-۵ انعطاف داخلی

انعطاف پیوسته و سریع مواد می تواند گرما ایجاد کند این گرما احتمال اشتعال را افزایش می دهد. به عنوان مثال قرار گرفتن یک واشر بالایی^۱ در جریانی از یک گاز

جدول ت-۵- اندیس اکسیژن دمای اشتعال خودبه خودی و گرمای احتراق گروههایی از انواع پلیمرها

گرمای احتراق j/g	اندیس اکسیژن	دمای اشتعال خودبه خودی (درجه سلسیوس)	گروه پلیمر
۳۵۵۰۰	۱۸٫۹ تا ۳۹	^a ۲۰۴	استایرن - بوتادین-اکریلونیتریل (ABS)
۱۲۵۰۰	۲۶٫۳	^a ۱۷۵ تا ۱۹۰	لاستیک نئوپرن کلروپرن
۳۹۵۰۰	۲۱٫۹	^a ۲۰۰ تا ۲۱۰	پروپیلن - اتیلن (EPDM)
۲۲۵۰۰ ۳۵۵۰۰	۱۸	^a ۲۹۰ تا ۳۱۰	لاستیک نیتریل NBR
b	۱۴٫۲	^a ۲۰۰ تا ۲۱۰	پلی استال
۳۳۰۰۰	۲۱ تا ۳۰٫۱	^a ۲۰۰ تا ۲۲۰	پلی آمید
b	۲۲٫۵ تا ۴۴	^a ۳۰۰ تا ۳۱۵	پلی کربنات
۹۵۰۰	۹۵	^a ۴۱۰ تا ۴۲۵	پلی کلروتری فلوئورواتیلن (PCTFE)
۲۵۰۰۰	۱۶٫۷ تا ۲۱٫۵	^a ۴۳۰	پلی متیل متاکریلات
۴۶۰۰۰	۱۷٫۴ تا ۲۹٫۲	^a ۱۵۰ تا ۱۶۰	پلی پروپیلن
۷۰۰۰	۹۵	^a ۴۶۰ تا ۴۹۰	پلی تترا فلوئورواتیلن (FTFE)
۱۵۰۰۰	۴۳٫۷ تا ۵۷	^a ۲۵۰ تا ۳۳۰	پلی وینیلیدن فلوراید
۱۶۵۰۰	۲۵٫۸ تا ۳۹٫۲	^a ۳۰۰ تا ۳۲۰	لاستیک سیلیکون
۱۴۰۰۰	۱۰۰ تا ۵۶	^c ۳۲۳	هگزا فلوئوروپروپیلن - پنیلیدین فلوراید
b	b	^a ۳۰۰ تا ۳۵۰	پلی اترواتروکتون PEEK
b	۱۷٫۵	^a ۱۸۰ تا ۲۰۰	پلی اتیلن (PE)

یادآوری- مقادیر داده شده در یک محدوده ارائه شده اند و برای هر ماده می بایست مقدار دقیق تعیین شود.

^a فشار آزمون ۱۲۰۰۰ کیلوپاسکال

^b داده اطلاعاتی وجود ندارد

^c فشار آزمون ۶۸۰۰ کیلوپاسکال

جدول ت-۶ دمای اشتعال خودبه‌خودی برخی از روان‌کننده‌ها و قطعات شیاردار

روان‌کننده‌ها یا قطعات شیاردار	دما، برحسب درجه سلسیوس ^(a)
پودر کلونیدی گرافیت	۳۵۰ تا ۳۶۰
سیمان اپوکسی	۲۱۰ تا ۲۳۰
روغن فلئوروکربن	۳۸۰ تا ۴۰۰
گریس فلئوروکربن	۳۸۰ تا ۴۲۰
گریس گرافیتی	۱۷۰ تا ۱۸۰
روغن پرفلئورو آلکیل پلی اتر	۲۳۰ تا ۳۶۰
دی سولفید مولیبدن خشک	۴۰۰ تا ۵۰۰
گریس پلی فلورو آلکیل اتر	۴۰۰ تا ۵۰۰
شیر لوله PTFE	۴۲۰ تا ۴۲۷
پلی استر شیاری نشان‌دار	۱۴۰ تا ۱۵۰
گریس سیلیکونی	۱۹۰ تا ۲۱۵
^a فشار آزمون ۱۲۰۰۰ کیلوپاسکال	

ت-۵-۱-۶ سمیت مواد ناشی از احتراق

یکی از خطرات شناخته شده هنگام استفاده از وسایل پزشکی با فشار اکسیژن بالا و فوق بالا، وجود قطعات غیر فلزی است که می‌توانند در اثر حرارت موضعی ناشی از متراکم شدن آدیباتیک، شعله‌ور شوند. بنابراین بیشتر طراحان به انتخاب موادی که دارای بالاترین دمای اشتعال خود به خودی هستند تمایل دارند. پلیمرهای حاوی فلوروکلر به عنوان مثال پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE^۱) و پلی‌کلرو تری‌فلورواتیلن^۲ (PCTFE) دمای اشتعال خودبه‌خودی بالایی دارند. (به جدول ت-۵ مراجعه کنید)

در وسایل پزشکی که اکسیژن در آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیاز است که سمیت مواد حاصل از احتراق نیز در نظر گرفته شود.

همه پلیمرها می‌توانند در اکسیژن بویژه در اکسیژن با فشار بالا سوخته و گازهای حاصل از احتراق را ایجاد نمایند. بیشتر پلیمرهای حاوی کربن و هیدروژن هنگام سوختن کامل، گاز CO_۲ و آب تولید می‌کنند. همچنین پلیمرهایی که حاوی نیتروژن و سولفور می‌باشند می‌توانند گستره‌ای از گازهای معدنی اسیدی و گازهای خنثی آلی تولید کنند. احتراق پلیمرهای با دمای اشتعال خودبه‌خودی بالا (به عنوان مثال پلیمرهایی که شامل فلورو/یا کلر می‌باشند) می‌تواند مخلوط‌های پیچیده‌ای از گازهای ناشی از احتراق را ایجاد نماید. در جدول ت-۷ فهرستی از پلیمرهای انتخابی و محصولات بالقوه حاصل از احتراق به همراه سمیت نسبی آنها و اطلاعات مربوط به قرار گرفتن انسان در معرض آنها ارائه شده است.

سوختن جزئی یا کلی یک قطعه غیرفلزی در وسایل پزشکی ممکن است فوراً ظاهر نشود و محصولات ناشی از احتراق ممکن است کاملاً در داخل وسایل باقی بمانند. در این حالت این محصولات سمی ممکن است به صورت

1- PolyteTraFluoroEthylene
2- PolyChloroTriFluoroEthylene

ابر غلیظی از دود رها شده و یا جذب دیگر مواد بشوند و سپس به آرامی آزاد شوند. گازهایی که حین احتراق تولید می‌شوند نه تنها به ترکیب شیمیایی پلیمرها، بلکه به شرایط احتراق مخصوصاً دمای ویژه و فشار و غلظت اکسیژن نیز وابسته می‌باشند.

فهرستی از مواد محتمل ناشی از احتراق چندین ماده غیرفلزی با حد مجاز آلاینده‌گی، اندیس اکسیژن و غلظت‌های TLC و LC₅ در جدول ت-۷ ارائه شده است. این فهرست کامل نیست اما مواد سمی مهم که در حین احتراق می‌توانند تولید شوند را شامل می‌شود. LC₅ معیاری برای سمیت است و مقادیر عددی کمتر برای LC₅ نشان‌دهنده درجه سمیت بالاتر می‌باشد. TLV یک شاخص عددی مشخص‌کننده غلظت ماده است که تمامی کارگران سالم به طور مکرر می‌توانند در معرض آن قرار بگیرند بدون اینکه اثر نامطلوبی بر روی آنها داشته باشد و مقادیر عددی کوچکتر نشان می‌دهد که ماده اشاره شده به طور بالقوه خطرناک‌تر می‌باشد. روش توصیه شده برای احتراق مواد غیرفلزی در پیوست ت ارائه شده است. در این روش کار شبیه‌سازی شرایط احتراق در چرخه پرفشار اکسیژن مد نظر بوده است و همچنین روشی نیز برای تجزیه کمی محصولات ناشی از احتراق توصیه شده است (به پیوست ت مراجعه کنید). داده معتبری از روش آزمون مشخص شده موجود در پیوست ت م.جود نمی‌باشد.

ت-۷-۱-۵ هدایت حرارتی

هدایت حرارتی غیرفلزات نوعاً خیلی کمتر از هدایت حرارتی فلزات می‌باشد. پراکندگی حرارتی در قطعات غیرفلزی را می‌توان با ایجاد تماس قطعات فلزی با آن و همچنین به وسیله محدود کرن جرم تسهیل نمود.

ت-۸-۱-۵ زوال کیفی

غیرفلزات در ارتباط با گازها مخصوصاً اکسیژن می‌توانند متحمل تغییرات شیمیایی بشوند که این تغییرات بر خصوصیات مکانیکی آنها اثر می‌گذارد. در برنامه زمانبندی شده سرویس و نگهداری این مورد بایستی لحاظ شود.

ت-۹-۱-۵ ضربه مکانیکی

به هنگام انجام آزمون ضربه مکانیکی واکنش اندکی بایستی ایجاد شود.

ت-۱۰-۱-۵ دمای اشتعال

موادی که دمای اشتعال پایین‌تری دارند ارجح می‌باشند.

ت-۱۱-۱-۵ سرعت انتشار شعله

موادی که سرعت انتشار شعله آنها کم است، ارجح می‌باشند.

جدول ت-۷- داده های سمیت برای محصولات بالقوه احتراق و/یا تجزیه مواد غیرفلزی انتخاب شده

TLV ^c		LC50 ^b	محصولات بالقوه احتراق ^a	مواد
میلی گرم بر متر مکعب	میلی لیتر بر متر مکعب	میلی لیتر بر متر مکعب		
		۲	C ₂ Cl ₄ O ₂	پلی تترا فلورو اتیلن ^d (PTFE) پلی کلرو تری فلورو اتیلن (PCTFE) پلی وینیل کلراید (PVC)
۰٫۲	٪۵	۵	فسژن COCl ₂	
۰٫۱	٪۵	۲٫۶	فلورید اکسیژن F ₂ O	
۲	۱	۱۸۵	فلورین (فلور) F ₂	
۳	۱	۲۹۳	کلرین (کلر) Cl ₂	
		۳۶۰	فلورید کربنیل COF ₂	
۲٫۵	۳	۹۶۶	فلورید هیدروژن HF	
۷٫۵	۵	۳۱۲۰	کلرید هیدروژن HCl	
		۱۲۲	پنتافلورید کلر ClF ₅	
۰٫۴	۰٫۱	۲۹۹	تری فلورید کلر ClF ₃	
۳۰	۲۵	۱۱۵	اکسید نیتروژن NO	پلی آمید ^e (PA) پلی اورتان (Pu)
۹	۵	۱۱۵	دی اکسید نیتروژن NO ₂	
		۵۷	تری اکسید نیتروژن N ₂ O ₃	
۱۰	۱۰	۱۴۰	سیانید نیتروژن HCN	
	۱۰	۳۵۰	سیانوژن (CN) ₂	
۵۵	۵۰	۳۷۶۰	منو اکسید کربن (چ) CO	پلی اتیلن ^f (PE)
۱۵	۱۰	۷۱۲	سولفید هیدروژن H ₂ S	پلی پروپیلن سولفید ^h (PPS)
		۱۳۵۰	مرکاپتان متیل CH ₃ SH	
		۱۷۰۰	سولفید کربونیل COS	
۱۳	۵	۲۵۲۰	دی اکسید گوگرد SO ₂	پلی اتراترکتون ^f (PEEK)
۵۵	۵۰	۳۷۶۰	منو اکسید کربن (g) CO	اتیلن - پروپیلن ^f (E-PDM)
۵۵	۵۰	۳۷۶۰	منو اکسید کربن (g) CO	
۱۳	۵	۲۵۲۰	دی اکسید گوگرد ⁱ SO ₂	(NR , Neoprene) ^j لاستیک کلروپرن لاستیک نیتریل (NBR , Buna N) ^j لاستیک فلورو کربن (FKM) و وینیلیدین فلوراید هگزا فلورو پروپیلن, (VITON) FLUOREL, ^j

ادامه جدول ت-۷

a	احتراق کامل فرض شده
b	غلظت مجاز آلاینده‌گی بر اساس ISO 10298 می‌باشد
c	حد مجاز آلاینده‌گی
d	مواد این گروه حاوی کربن، اکسیژن، هیدروژن، کلر و فلور می‌باشند.
e	مواد این گروه حاوی کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن می‌باشند.
f	حاوی کربن، اکسیژن و هیدروژن می‌باشند.
g	به طور طبیعی به دی اکسید کربن تبدیل می‌شود زیرا اکسیژن زیادی در محیط موجود است.
h	حاوی کربن، اکسیژن، هیدروژن و سولفور می‌باشند.
i	امکان وجود سولفور وابسته به فرآیند تولید می‌باشد.
j	داده ای موجود نمی‌باشد.

ت-۵-۲ روش انتخاب غیر فلزات

ت-۵-۲-۱ انتخاب

برای انتخاب مواد برای یک کاربرد، ابتدا آن کاربرد بایستی بازنگری شود تا احتمال قرار گرفتن مواد انتخاب شده در معرض پدیده اشتعال در آن کاربرد، تعیین شود. حساسیت مواد به اشتعال و پتانسیل تخریب یا امکان در بر گرفتن دیگر مواد دارای قابلیت شعله‌ور شدن بایستی با هم به عنوان تأثیرات بالقوه در شعله‌ور شدن محیط سیستم مدنظر قرار گیرد. نهایتاً کارکرد مورد تقاضا و عملکرد مورد انتظار مواد بایستی با هدف ضرورت اجتناب از اشتعال، مقایسه شوند.

ت-۵-۲-۲ اصول

با لحاظ کردن نکات فنی و اقتصادی، از مواد در دسترسی که حداقل فعالیت را دارا هستند، استفاده شود. دمای اشتعال خودبه‌خودی، اندیس اکسیژن، اشتعال ناشی از ضربه مکانیکی و حد مجاز فشرده شدن گازها بایستی حداکثر مقدار را داشته باشند. گرمای احتراق، کل گرمای آزاد شده و سمیت محصولات ناشی از احتراق بایستی در حداقل مقدار ممکن باشند. لازم نیست که همه آزمون‌ها برای هر کاربرد خاص انجام شوند، بلکه توصیه می‌شود انتخاب مواد بر پایه بیش از یک روش آزمون صورت پذیرد. زیرا خصوصیات و نتایج آزمون خود مواد ممکن نیست بهترین پیش بینی از عملکرد در کاربرد باشد، آزمون وسایل مونتاژ شده بایستی به عنوان یک بخش ضروری از فرایند انتخاب مواد باشد.

اگر احتمال نسبی وقوع یک حادثه آتش‌گیری بالقوه برای یک یا چند مکانیزم شعله‌ور شدن وجود داشته باشد، فقط موادی که بیشترین مقاومت در مقابل این مکانیزم‌ها را دارند بایستی مورد استفاده قرار گیرند. هر چه فشار کاری بیشتر باشد، میزان مقاومت در برابر اشتعال ماده اهمیت بحرانی‌تری پیدا می‌کند.

گرمای احتراق پایین‌تر ارجحیت دارد. گرمای احتراق معادل ۴۱۰۰۰ گرم/ژول یا بیشتر در هر شرایط به جزء کاربردهای ملایم نامناسب است.

مواد با اندیس اکسیژن بیشتر به مواد با اندیس اکسیژن کمتر ترجیح داده می‌شوند. برای استفاده از موادی که اندیس‌های اکسیژن متوسط دارند مد نظر قرار دادن تمامی فاکتورهای مهم در یک کاربرد ویژه مبنای تصمیم‌گیری خواهد بود.

تجربیات کسب شده در بکارگیری یک ماده در یک یا چند کاربرد مشابه و یا در کاربردهای دشوارتر، یا به کارگیری مواد فلزی مشابه در یک کاربرد خاص می‌تواند مبنای مناسبی برای انتخاب مواد باشد. لیکن در برآورد شرایط احتیاط لازم بایستی بکار گرفته شود.

از آنجا که خصوصیات برخی از مواد در یک سری ساخت نسبت به سری دیگر تغییر می‌کند، لازم است برای برخی از کاربردها، مواد هر سری ساخت آزمون شود.

بر پایه این دلایل وسایل پزشکی مورد استفاده در محیط غنی شده از اکسیژن بایستی به گونه‌ای طراحی شوند که در آنها از مواد غیرفلزی کمتر استفاده شود.

پیوست ث

(اطلاعاتی)

روشهای توصیه شده برای احتراق و تجزیه کمی محصولات ناشی از احتراق مواد غیر فلزی

ث-۱ کلیات

یک روش برای احتراق مواد غیرفلزی تحت شرایط ویژه و تجزیه محصولات ناشی از احتراق توضیح داده شده است.

ث-۲ اصول

احتراق در اکسیژن خالص تحت شرایط تراکم آدیاباتیک در ۲۴۰۰۰ کیلوپاسکال و دمای ۶۰ درجه سلسیوس حاصل می‌شود. اگر طبیعت ماده مورد آزمون ناشناخته باشد یا به طور دقیق مورد شناسایی قرار نگرفته باشد، مهم است که این مواد ابتدا به منظور تعیین مقادیر تخمینی انرژی که در حین تراکم آدیاباتیک آزاد می‌گردد، مورد آزمون قرار گیرند. آزمون سیم داغ مقادیر تخمینی این انرژی را ارائه می‌دهد.

ث-۳ آزمون سیم داغ

وسایل آزمون در شکل ث-۱ نشان داده شده است.

۰٫۵ گرم از مواد مورد آزمون را در یک نگه‌دارنده نمونه ریخته و آن را به ذرات کاملاً ریز خرد کنید. سپس آن را در درون محفظه‌ای که در آن اکسیژن پرفشار تحت دمای محیط با نرخ ۶ لیتر بر دقیقه جریان دارد قرار دهید. یک میله یا نوار تنگستن را که حرارت دادن آن در سه دمای متفاوت (۵۰۰، ۹۰۰، ۱۲۰۰ درجه سلسیوس) امکان‌پذیر است با این مواد تماس دهید.

ماهیت واکنش انجام شده در مواد را طبق ترتیب کاهشی زیر بررسی کنید:

الف- انفجار؛

ب- احتراق شدید؛

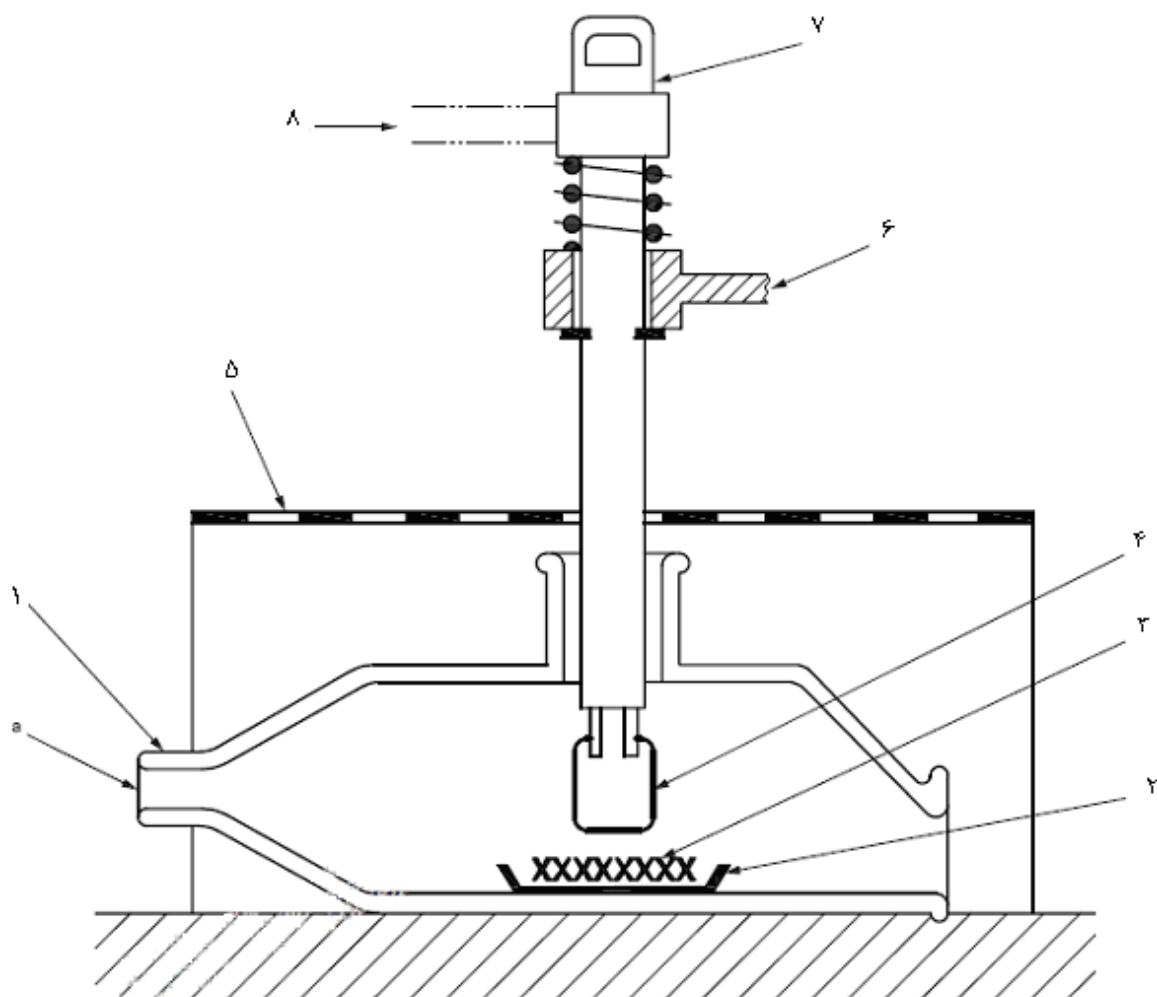
پ- احتراق؛

ت- احتراق مشکل؛

ث- احتراق آهسته؛

ج- عدم احتراق.

نوع واکنش را برای هر ماده ثبت کنید.



راهنما

- | | |
|-----------------|----------------------|
| ۱ منبع اکسیژن | ۶ حفاظ سیمی ثابت شده |
| ۲ محفظه شیشه‌ای | ۷ حفاظ سیمی ثابت شده |
| ۳ ظروف نمونه | ۸ دستگیره یا دسته |
| ۴ نمونه آزمون | ۹ رئوستات |
| ۵ سیم داغ | |

شکل ث-۱ دستگاه آزمون سیم داغ

ث-۴ آزمون تراکم آدیباتیک

هشدار- آزمون تراکم‌پذیری آدیباتیک می‌تواند در فشار ۲۴۰۰۰ کیلوپاسکال و دمای ۶۰ درجه سلسیوس انرژی قابل توجهی آزاد کند و بنابراین بسته به نوع ماده مورد آزمون خطر انفجار و آتش‌گیری یا تخریب تجهیزات آزمون وجود دارد.

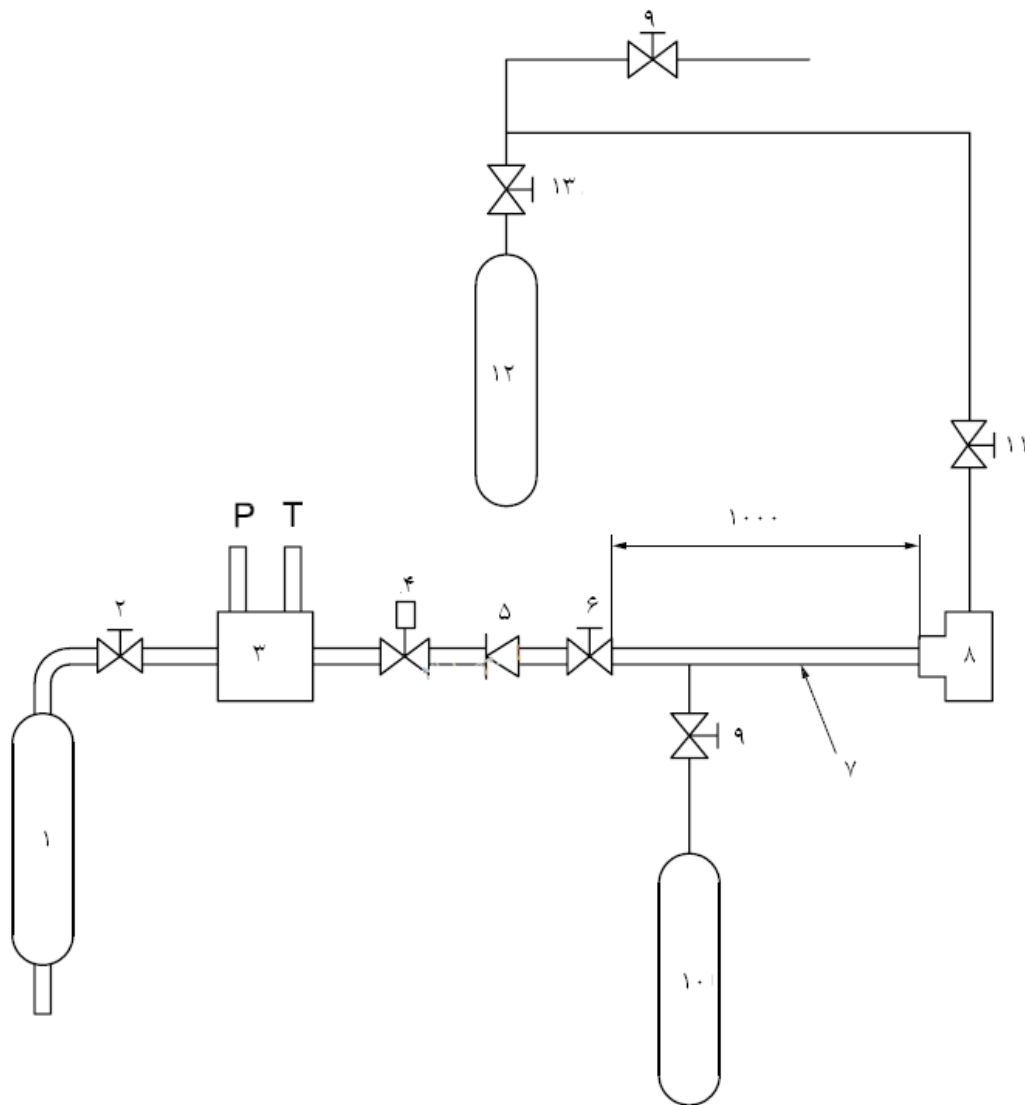
ث-۴-۱ دستگاه آزمون

تجهیزات آزمون در شکل ث-۲ نشان داده شده است.

وسایل آزمون شامل یک منبع اکسیژن (۱) است که از طریق شیر ورودی شماره (۲) به یک مخزن گرم‌کننده متصل است و موجب افزایش دمای اکسیژن تا ۶۰ درجه سلسیوس می‌شود.

اکسیژن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس از طریق یک لوله مسی به قطر ۵ میلی‌متر و طول ۱۰۰۰ میلی‌متر (۷) و یک شیر سریع باز و بسته می‌شود در تماس با ماده مورد آزمون قرار می‌گیرد (۴).

ابعاد به میلی متر می باشند



راهنما

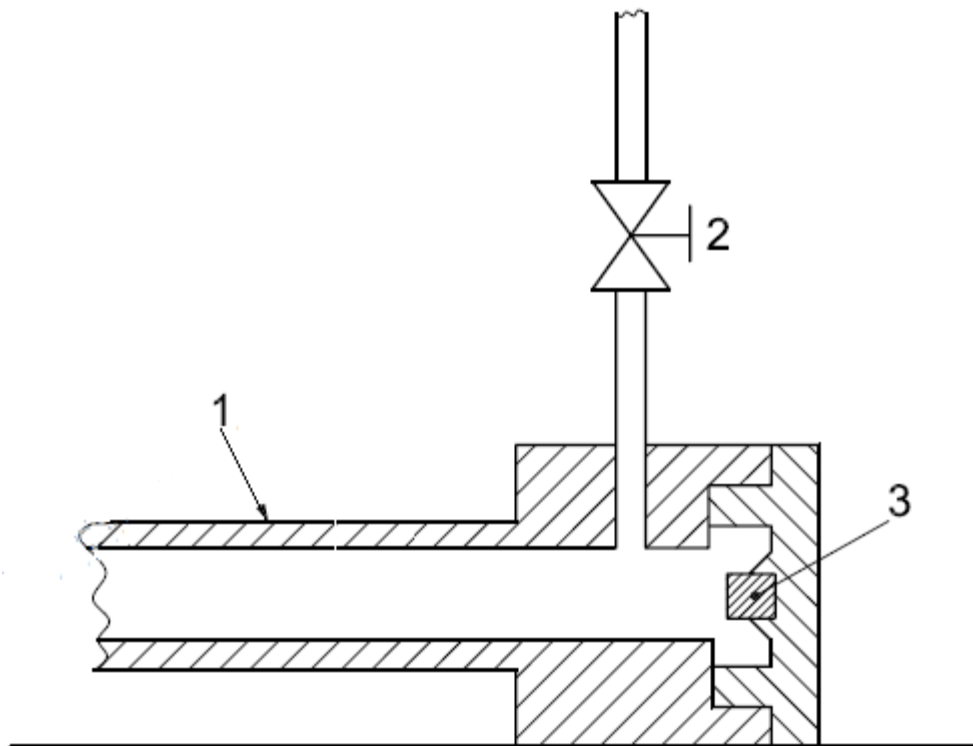
- | | |
|--|----------------------|
| ۱ منبع اکسیژن | ۹ شیرشستشو (گازشویی) |
| ۲ شیر ورودی | ۱۰ سیلندر گازشویی |
| ۳ ظرف مجهز به گرم کننده | ۱۱ شیر قطع کننده |
| ۴ شیر سریع بازشونده | ۱۲ سیلندر نمونه |
| ۵ شیر کنترل | ۱۳ شیر سیلندر |
| ۶ شیر قطع کننده | P پروپ فشارسنج |
| ۷ لوله اتصال | T دماسنج |
| ۸ نگاه دارنده نمونه (به شکل ث-۳ رجوع کنید) | |

شکل ث-۲ دستگاه آزمون برای احتراق در فرآیند متراکم شدن آدیباتیک

یک شیر کنترل (۵) و یک شیر قطع کننده (۶) به منظور جدا کردن نمونه آزمون و مواد آزاد شده ناشی از احتراق تعبیه شده است.

نگهدارنده نمونه (۸) نمونه برداری از باقی مانده مواد جامد و مایع را بدون خطر اتلاف مواد با حداقل زاویه و تورفتگی در دیواره‌ها جهت اطمینان از تأثیر مستقیم تراکم‌پذیری آدیباتیک و فشار مستقیم بر روی نمونه را امکان‌پذیر می‌سازد. برش طولی یک نگهدارنده در شکل ۳- نشان داده شده است.

از یک مجموعه گازشویی (۹ و ۱۰) به منظور شستشوی لوله رابط، نگهدارنده نمونه و خط نمونه‌گیری مواد حاصل از احتراق، قبل از شروع آزمون فشردگی آدیباتیک توسط اکسیژن استفاده می‌شود. در حین تراکم آدیباتیک، نگهدارنده نمونه به وسیله شیر قطع‌کننده از مسیر جریان گاز جدا می‌شود. بعد از فشردگی آدیباتیک این شیر باز می‌شود تا مسیر جریان یافتن مواد ناشی از احتراق را به داخل سیستم نمونه‌گیری باز نماید.



راهنما

- ۱ لوله اتصال
- ۲ شیر قطع‌کننده
- ۳ نمونه آزمون

شکل ۳- ث قسمت‌ی از یک نگهدارنده نمونه نوعی

ث-۴-۲ فرآیند آزمون

ث-۴-۲-۱ نمونه آزمون

نمونه آزمون را به منظور دستیابی به تکرارپذیری قابل قبول در آنالیز محصولات ناشی از احتراق، به تعداد ضروری (حداقل سه عدد) آماده کنید. به جز مواردی که در نتایج حاصل از آزمون سیم داغ مشخص گردیده، از نمونه‌های با وزن (1 ± 0.05) گرم استفاده کنید. چنانچه از ۰.۵ گرم نمونه مقدار خیلی زیادی انرژی آزاد شود متناسباً جرم نمونه را کاهش دهید. نمونه‌ها را تقسیم نکنید.

نمونه مورد آزمون را در نگاه‌دارنده نمونه (۸) قرار دهید. نمونه را طوری قرار دهید که موجب ایجاد مشکل یا مسدود شدن مسیر جریان گاز شستشودهنده در خط نمونه‌گیری نشود. ضروری است که اطمینان حاصل شود، که تمامی مواد استفاده شده به منظور درزبندی نگاه‌دارنده نمونه (مانند واشر PTFE) در حین تراکم آدیباتیک شعله‌ور نمی‌شوند.

ث-۴-۲-۲ آزمون احتراق

سیستم‌های نمونه‌گیری و نمونه آزمون را با اکسیژن گازشویی کنید.

شیر قطع‌کننده (۱۱) موجود در مسیر جریان به سمت نگاه‌دارنده نمونه را ببندید.

اکسیژن را در ظرف مجهز به گرم‌کننده تا دمای (3 ± 60) درجه سلسیوس گرم کنید. شیر سریع بازشونده (۴) را باز کنید تا فشار نمونه آزمون از فشار محیط به حداکثر فشار آزمون ۲۴۰۰۰ کیلوپاسکال در زمان (۵-۲۰) میلی ثانیه افزایش یابد. پس از تراکم آدیباتیک شیر قطع‌کننده (۶) را ببندید تا مانع از بروز نشت مواد حاصل از احتراق بشود.

شیر قطع‌کننده (۱۱) را باز کنید تا سیلندر نمونه‌گیری (۱۲) پر شود و مواد حاصل از احتراق را از لوله رابط و نگاه‌دارنده نمونه (۸) به داخل سیلندر نمونه‌گیری (۱۲) خالی کنید.

نگه‌دارنده نمونه (۸) را جدا کنید و آن را با یک حلال مخصوص شستشو دهید و باقیمانده مواد جامد و مایع را به منظور آنالیز جمع‌آوری کنید.

نگه‌دارنده نمونه (۸) را خشک کنید و دومین نمونه را وارد آن نموده و آن را به دستگاه متصل کنید.

مجدداً شیر قطع‌کننده شماره ۶ را باز، سیستم را گازشویی و روش کار آزمون را تکرار کنید.

ث-۴-۲-۳ آنالیز کمی

آنالیز کمی محصولات احتراق بایستی انجام شود. استاندارد ISO 19701 راهنمایی را برای تعیین کمی غلظت نمونه های گازی فراهم کرده است.

در محصولاتی که می‌توانند به طور کامل بسوزند، همه کمیت‌ها (موازنه جرم) بایستی برپایه جرم مواد باشد.

پیوست ج

(اطلاعاتی)

اصول و زیربنای مقررات

در این پیوست به اصول و زیربنای برخی از مقررات این استاندارد اشاره شده است. دانستن دلایل تدوین برخی از مقررات در این استاندارد برای کاربرد صحیح آن ضروری به نظر می‌رسد.

ج-۱ توضیح در خصوص بند ۱ مقدار ۵۰ کیلوپاسکال بر مبنای تجربیات عملی تعیین شده که در آن قطعات سیستم‌های تنفسی تحت شرایط عادی یا تک اشکالی ایجاد خطر آتش‌سوزی نمی‌کنند. در خصوص قطعات تجهیزات الکتریکی پزشکی که زیر فشار ۵۰ کیلوپاسکال کار می‌کنند، پیش‌گیری از بروز آتش‌سوزی در استانداردهای ویژه منظور شده است.

ج-۴-۱ مقادیر مختلفی برای سطح پاکیزگی از ۱۱ تا ۵۵۰ میلی‌گرم بر متر مربع از هیدروکربنها در استاندارد ASTM G93-03 داده شده است. با این حال تجربه نشان داده است که برای کاربردهای پوشش داده شده به وسیله این استاندارد مقادیر داده شده در این زیربند رضایت‌بخش بوده و معادل با مقادیر ارائه شده خط مشی‌های عملیات صنعتی (برای مثال به EIGA IGC 33/06/E مراجعه کنید) می‌باشد.

ج-۴-۱ الف- اعتقاد بر این است که در گستره فشار ۵۰ کیلوپاسکال تا ۳۰۰۰ کیلوپاسکال وجود ذرات، عامل بروز احتراق نیست، لکن مسایل دیگری نظیر نشت از منافذ و درزبندی‌ها به منظور کنترل آلوده شدن به ذرات ممکن است ضروری باشد.

ج-۴-۱ ب- کنترل آلودگی ناشی از ذرات به منظور کاهش خطر احتراق در فشارهای بالاتر از ۳۰۰۰ کیلوپاسکال مهم است.

ج-۵ وسایل (به عنوان مثال رگولاتورهای خط لوله‌کشی در سیستم‌های لوله‌کشی گاز طبی) را می‌توان به طور معمول توسط گاز با فشار ورودی تا ۱۵۰۰ کیلوپاسکال تغذیه نمود. در شرایط تک اشکالی فشار بالای ۳۰۰۰ کیلوپاسکال می‌تواند اعمال شود. در هر حال افزایش اندک دما را در اثر افزایش فشار می‌توان انتظار داشت. بنابراین وسایلی که به منظور استفاده در فشارهای زیر ۳۰۰۰ کیلوپاسکال طراحی شده‌اند نیازی به انجام آزمون تراکم در اثر فشار باد ندارند.

پوست چ

(اطلاعاتی)

کتاب نامہ

- [1] ISO 4135, Anaesthetic and respiratory equipment — Vocabulary
- [2] ISO 7291, Gas welding equipment — Pressure regulators for manifold systems used in welding, cutting and allied processes up to 30 MPa (300 bar)
- [3] ISO 10297, Transportable gas cylinders — Cylinder valves — Specification and type testing
- [4] ISO 10298:2010, Determination of toxicity of a gas or gas mixture
- [5] ISO 10524-1, Pressure regulators for use with medical gases — Part 1: Pressure regulators and pressure regulators with flow-metering devices
- [6] ISO 10524-2, Pressure regulators for use with medical gases — Part 2: Manifold and line pressure regulators
- [7] ISO 10524-3, Pressure regulators for use with medical gases — Part 3: Pressure regulators integrated with cylinder valves
- [8] ISO 11114-1, Transportable gas cylinders — Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 1: Metallic materials
- [9] ISO 11114-3, Transportable gas cylinders — Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 3: Autogenous ignition test in oxygen atmosphere
- [10] ISO 4589-1, Plastics — Determination of burning behaviour by oxygen index — Part 1: Guidance
- [11] ISO 4589-2:1996, Plastics — Determination of burning behaviour by oxygen index — Part 2: Ambient-temperature test
- [12] ISO 4589-3, Plastics — Determination of burning behaviour by oxygen index — Part 3: Elevated-temperature test
- [13] EN 13348, Copper and copper alloys — Seamless, round copper tubes for medical gases or vacuum
- [14] ASTM B819-00, Standard Specification for Seamless Copper Tube for Medical Gas Systems
- [15] ASTM D2863-00, Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)
- [16] ASTM G63-99, Standard Guide for Evaluating Nonmetallic Materials for Oxygen Service
- [17] ASTM G72-01, Standard Test Method for Autogenous Ignition Temperature of Liquids and Solids in a High-Pressure Oxygen-Enriched Environment
- [18] ASTM G74-08, Standard Test Method for Ignition Sensitivity of Materials to Gaseous Fluid Impact

- [19] ASTM G86-98a, Standard Test Method for Determining Ignition Sensitivity of Materials to Mechanical Impact in Ambient Liquid Oxygen and Pressurized Liquid and Gaseous Oxygen Environments
- [20] ASTM G88-05, Standard Guide for Designing Systems for Oxygen Service
- [21] ASTM G93-03, Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Materials and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments
- [22] ASTM G94-05, *Standard Guide for Evaluating Metals for Oxygen Service*
- [23] ASTM G114-07, Standard Practices for Evaluating the Age Resistance of Polymeric Materials Used in Oxygen Service
- [24] ASTM G120-01, Standard Practice for Determination of Soluble Residual Contamination by Soxhlet Extraction
- [25] ASTM G122-96, Standard Test Method for Evaluating the Effectiveness of Cleaning Agents
- [26] ASTM G124-95, Standard Test Method for Determining the Combustion Behavior of Metallic Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres
- [27] ASTM G125-00, Standard Test Method for Measuring Liquid and Solid Material Fire Limits in Gaseous Oxidants
- [28] ASTM G126-00, Standard Terminology Relating to the Compatibility and Sensitivity of Materials in Oxygen Enriched Atmospheres
- [29] ASTM G127-95, Standard Guide for the Selection of Cleaning Agents for Oxygen Systems
- [30] ASTM G128-02, Standard Guide for Control of Hazards and Risks in Oxygen Enriched Systems
- [31] ASTM G131-96, Standard Practice for Cleaning of Materials and Components by Ultrasonic Techniques
- [32] ASTM G144-01, Standard Test Method for Determination of Residual Contamination of Materials and Components by Total Carbon Analysis Using a High Temperature Combustion Analyzer
- [33] ASTM G145-08, Standard Guide for Studying Fire Incidents in Oxygen Systems
- [34] ASTM Manual Series: MNL 36, 2nd ed. Safe Use of Oxygen and Oxygen Systems: Guidelines for Oxygen System Design, Materials Selection, Operations, Storage, and Transportation
- [35] ASTM G175-03, Standard Test Method for Evaluating the Ignition Sensitivity and Fault Tolerance of Oxygen Regulators Used for Medical and Emergency Applications
- [36] ASTM STP812, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. First Volume: 1983
- [37] ASTM STP910, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Second Volume: 1986
- [38] ASTM STP986, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Third Volume: 1988
- [39] ASTM STP1040, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Fourth Volume: 1989

- [40] ASTM STP1111, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Fifth Volume: 1991
- [41] ASTM STP1197, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Sixth Volume: 1993
- [42] ASTM STP1267, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Seventh Volume: 1995
- [43] ASTM STP1319, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres. Eighth Volume: 1997
- [44] ASTM STP1395, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres, Ninth Volume, 2000
- [45] ASTM STP1454, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres, Tenth Volume, 2003
- [46] ASTM STP1479, Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres, Eleventh Volume, 2006
- [47] BS 6869:1987, Code of practice for procedures for ensuring the cleanliness of industrial-process measurement and control equipment in oxygen service
- [48] CGA V-9:2009, Compressed Gas Association Standard for Compressed Gas Cylinder Valves
- [49] EIGA IGC 33/06/E, Cleaning of equipment for oxygen service — Guideline
- [50] NFPA 53, Recommended practice on materials, equipment, and systems used in oxygen-enriched atmospheres, 2004
- [51] Proceedings of ASTM G4: Toxicity of Fluorinated and Chlorinated Polymers Used in Breathing Gas Service, Pittsburgh, PA, March 12, 2002
- [52] ISO 19701, Methods for sampling and analysis of fire effluents
- [53] IEC 60601-1:2009, Medical electrical equipment — Part 1: General requirements for basic safety and essential performance
- [54] ISO 21969, High-pressure flexible connections for use with medical gas systems