

معاونت پژوهش و فناوری

مدیریت شبکه آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها

دستورالعمل نگهداری، ذخیره سازی و ایمنی کار با سیلندرهاي گازی تحت فشار

کد دستورالعمل: HSE_04

ویرایش شماره ۲

تهیه و تنظیم دستورالعمل:

دکتر حمیدرضا شرقی

دکتر هادی روستا فیض آبادی

واحد HSE

شبکه آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه فردوسی مشهد



این دستورالعمل به منظور بازآموزی و تاکید بر موارد ایمنی در هنگام کار با سیلندرهای گازی تحت فشار و نحوه نگهداری و ذخیره سازی آنها تنظیم و تدوین گردیده و کلیه مسئولین، سرپرستان و کارشناسان آزمایشگاهها و کارگاهها هنگام کار با سیلندرهای گازی تحت فشار، باید موارد ایمنی مربوطه را رعایت نمایند.

۱. هدف

رعایت نکات ایمنی هنگام کار با سیلندرهای گازی تحت فشار و نحوه نگهداری و ذخیره سازی آنها در راستای پیشگیری از حوادث احتمالی ناشی از کار با سیلندرهای گاز

۲. دامنه شمول

آزمایشگاهها و کارگاههای دانشگاه فردوسی مشهد

۳. ضرورت

استفاده از سیلندرهای حاوی گازهای تحت فشار در بسیاری از آزمایشگاهها و کارگاهها متداول می باشد و کاربران در امور مختلفی همچون انجام واکنشهای شیمیایی، احتراق، ایجاد برودت، ایجاد شعله با دمای بسیار بالا و بسیاری دیگر از زمینهها و پژوهشها از مزایای آن استفاده می نمایند. با این وجود، به دلیل فشار زیاد و خواص شیمیایی گازها از جمله قابلیت انفجار و اشتعال، سمیت، ایجاد خفگی، برودت بیش از حد و نظایر آن، همواره خطرات فراوانی برای کاربران محتمل به نظر می رسد و عدم رعایت اصول ایمنی و شیوه صحیح کار با سیلندرهای گازی تحت فشار، در مواردی منجر به بروز حوادث مرگبار و وارد آمدن خسارات فراوان می گردد.

۴. سیلندرهای گازی تحت فشار

براساس تعریف دیپارتمان حمل و نقل ایالات متحده آمریکا، یک گاز تحت فشار به هر ماده یا مخلوطی گفته می شود، که در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (۶۸ درجه فارنهایت) با فشار مطلق 280 kPa ($40/6\text{ psia}$) یا بیشتر درون ظروف مخصوص وارد شده باشد. امروزه بیش از ۲۰۰ نوع مختلف از این گونه سیلندرهای گازی تحت فشار در اختیار کاربران قرار دارد. این گازها ممکن است در اثر فشار و متراکم سازی به صورت مایع در آمده و یا حالت گازی خود را حفظ نموده باشند. علاوه بر این ممکن است سیلندر گاز حاوی نوعی محلول گازی باشد (مانند گاز استیلن حل شده در استن یا دی متیل فرماید).



گازهای تحت فشار را همچنین می توان به گروه های مختلف زیر تقسیم نمود:

- الف. گازهای اتمسفری نظیر نیتروژن، اکسیژن، هلیوم و گازهای نادر مانند نئون، کریپتون، زنون و رادون. گاهی گاز هیدروژن و دی اکسید کربن نیز در این گروه قرار داده می شوند.
- ب. گازهای سوختی مانند LPG و LNG (متان) و استیلن. همچنین ممکن است گاز هیدروژن نیز در این گروه قرار گیرد.
- ج. گازهای برودت زا و خنک کننده مانند هیدروکربن های هالوژنه (مانند فرئون ها) و آمونیاک.
- د. گازهای سمی مانند گازهای نیمه هادی (آرسین، فسژن و فسفین) و سولفید هیدروژن.
- ه. سایر گازها از جمله مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد و فلئوئورین و دی اکسید کربن.

۵. خطرات ناشی از گازهای تحت فشار

فشار بالا، نقطه اشتعال پایین و عدم امکان مشاهده و تعیین بوی بسیاری از گازها موجب گردیده تا کاربرد آنها با خطرات زیادی همراه باشد. خطر کاربرد گازهای تحت فشار به مراتب بیش از مواد مایع و جامد است. این خطرات ممکن است ناشی از نقص تجهیزات و نشت گاز از سیستم های طراحی شده و نیز عدم کنترل صحیح فشار ورودی به سیستم و افزایش غیرقابل کنترل سرعت واکنش ها باشد.

اهم خطرات احتمالی کار با سیلندرهای گازی تحت فشار به شرح موارد ذیل می باشد.

الف. فشار زیاد گاز

تمامی سیلندرهای گاز به دلیل فشار زیادی که درون آنها ذخیره شده، خطرناک می باشند. آزادسازی ناگهانی فشار می تواند با به حرکت درآوردن سیلندر و یا نوسانات شدید شیلنگ آن سبب ایجاد صدمه و جراحت گردد. در صورتی که شیر خروجی سیلندر شکسته و از آن جدا گردد، مقدار فشار ایجاد شده می تواند سیلندر را مانند یک راکت جنگی به حرکت درآورده و از میان دیواره های آجری عبور دهد. برای مثال، نیروی انفجاری سیلندر هوای فشرده ای که غواصان مورد استفاده قرار می دهند، معادل با ۰/۵۴ کیلوگرم تی ان تی می باشد.

ب. خفگی

مهم ترین خطری که در ارتباط با کاربرد گازهای خنثی، محتمل به نظر می رسد، خفگی است. چرا که این گونه گازها بی رنگ و فاقد بوی خاصی بوده و پس از انتشار در اتمسفر بدون آنکه قابل تعیین باشند، می توانند به سرعت غلظت

اکسیژن موجود در محیط را به مقدار کمتر از حد مورد نیاز بدن کاهش دهند. بنابراین، استفاده از ابزارهای کنترل و پایش اکسیژن برای استفاده از گازهای بی خطر در محیط های در بسته کاملاً ضروری است.

ج. آتش سوزی و انفجار

در مورد گازهای قابل اشتعال، اکسیژن و سایر گازهای اکسید کننده، مهم ترین خطر، وقوع آتش سوزی و انفجار می باشد. گازهای قابل اشتعال ممکن است در اثر الکتریسیته ساکن و یا منابع حرارتی نظیر شعله و یا اجسام داغ مشتعل گردند. در جدول ۱، حد پایین و بالای اشتعال برخی گازهای پر کاربرد آزمایشگاهی ارائه شده است. این حدود، نشان دهنده کمترین و بیشترین غلظت جزء گازی در هوا است که در صورت وجود منبع اشتعال، مخلوط را قابل اشتعال می سازد. مطابق جدول، در مورد برخی از مشتقات نفتی مایع شده نظیر بوتان و پروپان، حضور غلظت کمی از آنها در مجاورت هوا برای ایجاد یک مخلوط انفجاری کفایت می نماید. همچنین برخی گازها مانند استیلن و هیدروژن در غلظت های مختلف ترکیبات انفجاری و قابل اشتعال ایجاد می نمایند.

جدول ۱. حد بالا و پایین اشتعال برخی گازهای قابل اشتعال پر کاربرد در آزمایشگاه

گاز	حد پایین اشتعال	حد بالای اشتعال
استیلن	۲/۵	۱۰۰
اتان	۳	۱۲/۴
اتیلن	۲/۷	۲۸/۶
متان	۵	۱۵
پروپان	۲/۱	۹/۵
پروپیلن	۲/۴	۱۱/۱
بوتان	۱/۸	۸/۴
هیدروژن	۴	۷۵
مونواکسید کربن	۱۲/۵	۷۴
سولفید هیدروژن	۴	۴۶



باید اشاره داشت که گاز اکسیژن و سایر گازهای اکسیدکننده اگرچه به خودی خود قابل اشتعال نبوده و در دما و فشار طبیعی کاملاً بی‌خطر هستند ولی سوختن مواد قابل اشتعال را تقویت می‌نمایند. موادی که در شرایط طبیعی غیرقابل اشتعال می‌باشند، ممکن است در محیط‌های غنی از اکسیژن آتش بگیرند. همچنین روغن و گریس در مجاورت گاز اکسیژن با فشار بالا آتش گرفته و احتمال انفجار آن نیز وجود دارد، به همین دلیل سیلندره‌های گاز اکسیژن و متعلقات آن باید دور از منابع آلودگی باشند.

د. سوختگی شیمیایی

گازهای خورنده مانند کلر، کلرید هیدروژن، فلئوئور، فلورید هیدروژن، سولفید هیدروژن، مونوکسید کربن و دی اکسیدکربن از نظر شیمیایی می‌توانند به مواد مختلف از جمله ظروف و البسه آسیب برسانند. این گازها همچنین می‌توانند سبب تخریب سریع بافت‌های پوستی شوند. برخی از فلزات در تماس با این گونه گازها حالت شکننده می‌یابند و به همین دلیل باید سیلندره‌های حاوی این گونه گازها را به طور مرتب از نظر نشت گاز مورد بررسی قرار داد. برخی از این گازها در حالت خالص خورنده نمی‌باشند ولی چنانچه مقدار کمی رطوبت به آنها اضافه شود، به شدت مخرب می‌شوند.

ه. انجماد و یخ زدگی

گازهایی که نقطه جوش بسیار پایین دارند (پایین تر از ۹۰- درجه سانتیگراد در فشار ۱۴/۷ psi) در تماس با بافت‌های زنده می‌توانند سبب یخ زدگی شوند. اگرچه این ویژگی کلیه مایعات برودت‌زا است ولی تماس با فاز مایع شده گازهایی نظیر دی اکسیدکربن، فلئوئورکربن‌ها و پروپیلن نیز چنین اثری در پی دارد.

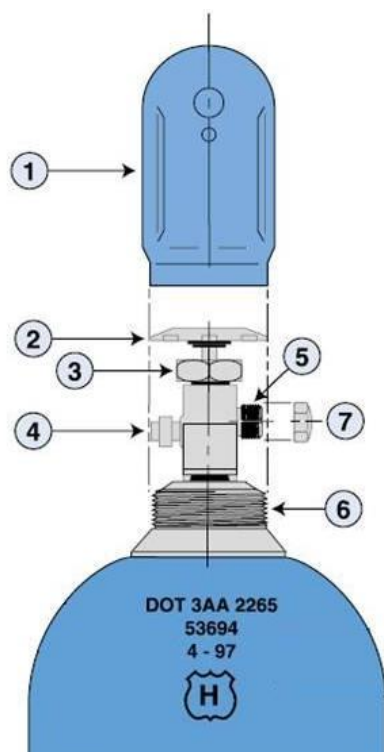
و. مسمومیت شیمیایی

مهم‌ترین خطر گازهای سمی، مسمومیت ناشی از آنها است که حتی غلظت‌های بسیار کم و قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض آنها آسیب‌های حادی ایجاد می‌نماید و در برخی از موارد نیز نشانه‌های این مسمومیت‌ها با کمی تاخیر بروز می‌نماید.

۶. اجزای سازنده سیلندره‌های گازی تحت فشار

مطابق تصویر ۱، اجزای سازنده سیلندره‌های گازی تحت فشار به شرح ذیل می‌باشند:

- ۱- سرپوش سیلندر که از شیر خروجی سیلندر حفاظت می‌نماید.
- ۲- پیچ باز و بسته نمودن شیر خروجی که گاهی در برخی از سیلندره‌های گاز وجود ندارد و از آچار خاصی به جای آن برای باز و بسته نمودن شیر خروجی استفاده می‌شود.
- ۳- مهره برای بستن شیر خروجی روی پایه سیلندر که در صورت اتصال به شیرهای خروجی دیافراگمی نباید آن را دستکاری نمود.
- ۴- ابزار رهاسازی فشار در صورتی که فشار به میزان خطرناکی افزایش یابد، امکان خروج آن را فراهم می‌نماید.
- ۵- مجرای رابط شیر خروجی که به تجهیزات تنظیم کننده فشار یا جریان متصل می‌گردد. انواع مختلفی از این اتصالات ارائه شده تا از تعویض تجهیزات برای گازهای ناسازگار پیشگیری به عمل آید. هر یک از این اتصالات عدد CGA خاصی دارد. برای مثال CGA شماره ۳۵۰ برای گاز هیدروژن به کار برده می‌شود.
- ۶- طوقه سیلندر که در تمامی اوقات به استثنای زمانی که تجهیزات تنظیم کننده فشار روی آن نصب شده، بایستی توسط سرپوش محافظ پوشانیده شده باشد.
- ۷- سرپوش مجرای خروجی شیر که از آسیب دیدگی شیارهای اطراف شیر خروجی جلوگیری نموده و مجرا را تمیز نگه می‌دارد و اغلب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



تصویر ۱. اجزای سازنده سیلندره‌های گازی تحت فشار

۷. نکات مربوط به نگهداری و ذخیره سازی سیلندره‌های گازی تحت فشار

- سیلندرها چه در هنگام نگهداری و چه در زمان ذخیره سازی، باید به حالت ایستاده و به صورت تثبیت شده نگهداری شوند. برای ثابت نمودن سیلندرها، آنها را باید با استفاده از زنجیر یا تسمه مخصوص در نقطه ای بالای مرکز ثقل به اشیاء ثابت یا دیوار بست.
- اتصال چندین سیلندر به وسیله یک زنجیر یا تسمه، کار صحیحی نمی باشد.
- باید از افتادن یا برخورد شدید سیلندره‌های گاز به یکدیگر جلوگیری نموده و از غلتیدن آنها در هنگام نگهداری، حمل و استفاده اجتناب نمود.
- گازهای مختلف را باید به صورت جداگانه و در محل خاص خود به گونه ای قرار داد که امکان شناسایی و تشخیص آن وجود داشته باشد.
- در صورتی که گازهای مختلف در یک جا نگهداری می شوند، باید آنها را براساس نوع گاز به گروه های مختلف طبقه بندی نمود. همچنین باید به گروهی که گاز به آن تعلق دارد نیز توجه نمود. به عنوان مثال، گازهای قابل اشتعال را نباید در مجاورت گازهای اکسیدکننده قرار داد.
- سیلندره‌های حاوی گاز استیلن را باید همواره در حالت ایستاده نگهداری نموده و هرگز نباید روی دیواره های جانبی قرار داد. در صورتی که هنگام نگهداری یا حمل و نقل، سیلندرها به حالت افقی قرار داده شده اند، بایستی پیش از استفاده، آنها را با دقت به حالت ایستاده تغییر وضعیت داده و سپس تا هنگام ته نشین شدن مایع درون آن در کف سیلندر آن را مورد استفاده قرار نداد. قاعده کلی در این گونه موارد آن است که در صورت قرار داشتن سیلندر برای مدت طولانی روی جدار جانبی، نباید آن را تا ۲۴ ساعت مورد استفاده قرار داد. در صورتی که سیلندر حتی برای مدت کوتاهی در حالت افقی قرار داشته است، اجتناب از مصرف برای مدت لااقل ۳۰ دقیقه ضروری است.
- سیلندره‌های گاز را باید در محلی خشک، سرد، کاملاً تهویه شونده و دور از مواد قابل اشتعال قرار داد.
- سیلندره‌های حاوی گازهای قابل اشتعال را باید حتی الامکان به وسیله یک جدار مقاوم در برابر آتش سوزی (با ارتفاع حدود ۱/۵ متر و قابلیت ۳۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش سوزی) و یا در فاصله حداقل ۶ متری از سیلندره‌های اکسیژن و یا سایر مواد اکسیدکننده قرار داد.
- گازهای سمی، برودتزا و خنثی باید به صورت جدا از هم نگهداری شوند.
- اگرچه می توان سیلندره‌های گاز را در خارج از ساختمان و در مکان های باز نگهداری نمود ولی باید آنها را در برابر شرایط آب و هوایی نامساعد، رطوبت زمین و زنگ زدگی ناشی از آن مصون نگاه داشت. همچنین تابش نور به سطح سیلندرها نباید موجب بالا رفتن دمای آنها به میزان بیش از حد مجاز گردد. در مورد گازهای خاص، بایستی به توصیه های شرکت عرضه کننده در زمینه نگهداری سیلندرها توجه نمود.



- از قرار دادن سیلندرها در فضاهای بسته و زیرسطح و نیز در مسیرهای ورودی و خروجی باید اجتناب نمود.
- در هنگام ذخیره سازی، سرپوش روی سیلندر بایستی به صورت محکم روی آن قرار داده شده باشد.
- سیلندرهای ذخیره شده را به گونه‌ای مرتب نمایید که بتوان نمونه های قدیمی را قبل از سیلندرهای جدید مورد استفاده قرار داد.
- سیلندرهای خالی را باید جدا از سیلندرهای پر نگهداری نموده و در اسرع وقت آنها را به فروشنده مسترد نمود.
- درون سیلندرهای خالی باید همواره مقداری فشار گاز وجود داشته باشد تا از مکش هوا به داخل سیلندر جلوگیری به عمل آید. این امر از ورود آلودگی و رطوبت به درون سیلندرهای خالی و احتمال انفجار جلوگیری می‌نماید.
- آزمایشگاه، محل ذخیره سیلندرهای گاز نمی‌باشد. نگهداری در آزمایشگاه مخصوص سیلندرهایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- سیلندرهای حاوی گازهای تحت فشار را نباید در محل های مرطوب، در مجاورت املاح، مواد شیمیایی خورنده، بخار، حرارت و یا در معرض نور مستقیم آفتاب قرار داد. همچنین بایستی از استعمال دخانیات در محل کاربرد یا ذخیره سازی گازهای قابل اشتعال اجتناب نمود.
- سیلندرهای گازی تحت فشار و گازهای هیدروکربن مایع شده را نباید در مجاورت کوره ها یا سایر تجهیزات مولد گرما ذخیره سازی و انبار نمود.
- سیلندرها را نباید نزدیک ورودی کمپرسورهای هوا نگهداری کرد.
- سرپوش روی سیلندر به دو دلیل دارای اهمیت می‌باشد: آنکه از شیر خروجی سیلندر در برابر ضربه حفاظت می‌نماید و دوم آنکه در صورت نشت سریع، گاز را از طرفین خارج نموده و احتمال واژگون شدن سیلندر را کاهش می‌دهد.
- سیلندرها را باید به صورت دوره ای و منظم مورد بررسی قرار داده و موارد زنگ زده و یا سیلندرهایی را که شیر خروجی معیوب دارند، به فروشنده مسترد نمود. سیلندرهای گاز بدون درز فولادی را باید مطابق استاندارد مربوطه (استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۹۲) مورد بازرسی قرار داد. آزمون دوره ای سیلندرهای گاز توسط مراجع ذی صلاح با توجه به نوع گاز متفاوت بوده و به شرح جدول ۲ پیشنهاد می‌گردد.
- سیلندرهای حاوی گازهای ناسازگار را نباید در مجاورت هم نگهداری کرد (مانند استیلن و کلر که نگهداری سیلندر آنها در مجاورت هم ممنوع است چرا که استیلن در مجاورت کلر به راحتی مشتعل می‌شود).

جدول ۲. زمان بازرسی و آزمون دوره ای سیلندره‌های گاز توسط مراجع ذی صلاح

دوره پیشنهادی (به سال)	نوع گاز (نمونه)	طبقه بندی گازها
۵	اکسیژن، آرگون، نیتروژن، هلیوم، گزنون، کریپتون، نئون و مخلوطی از این گازها	گازهای دائمی
۵	هیدروژن، هوای فشرده	
۵	ترا فلورایدبور	
۵	منواکسید کربن، متان، «گاز طبیعی فشرده (CNG)» فلوراین	
۱۰	کلروپنتا فلورواتان، کلروتتری فلورواتیلن، بوتان، دی متیل اتر، پروپان، سیکلوپروپان، پروپیلن، دی کلروتترافلورواتان، اکتافلورو سیکلوپنتان	گازهای مایع شونده، فشار پایین، غیرخورنده
۵	آمونیم، بوتادین، اتیلن اکساید، مونومیل آمین، تری متیل آمین، دی فلورواتان، هگزا فلورواتان، مونوبرومومتان، منوکلروواتان، منوکلرواتیلن، منوکلرومتان، منوکلرواتیلن، تری فلورواتان	
۲	تری کلراید بور، کرینیل کلراید، کلرین، کلرین تری فلوراید، دی اکسید نیتروژن، نیتروسیل کلراید، دی اکسید سولفور	گازهای مایع شونده، فشار پایین، خورنده
۱۰	اتیلن، کلروتتری فلورواتان، کلروفلورومتان، کلرودی فلورواتان، دی کلرو دی فلورومتان، دی فلورواتیلن، دی کلروفلورومتان	گازهای مایع شونده، فشار بالای غیرخورنده
۵	هگزا فلوراید سولفور، تری فلورومتان، اتان، دی اکسید کربن، منواکسید نیتروژن و نیتروس اکساید (گاز بیهوشی)	
۲	هیدروژن کلراید، هیدروژن سولفاید	گازهای مایع شونده، فشار بالای خورنده

a توجه شود که بازه زمانی بازرسی و آزمون دوره ای CNG خودرویی بر مبنای استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۲۶ صورت می گیرد.

۸. عواملی که بایستی از سیلندره‌های گاز دور نگاه داشته شوند

- هیچ قسمتی از سیلندر گاز نباید تحت تاثیر جرقه، شعله یا دمای بالاتر از ۱۲۵ درجه فارنهایت (حدود ۵۲ درجه سانتیگراد) قرار بگیرد. سیلندره‌های گاز را هرگز نباید در کنار رادیاتور و یا سایر منابع حرارتی قرار داد.
- سیلندره‌های گاز نباید به طور مصنوعی تحت تاثیر دماهای سرد (۴۰- درجه فارنهایت و یا کمتر از آن) قرار بگیرند، چرا که اغلب آلیاژهای فولادی در دماهای پایین قابلیت کشش و تحمل ضربه را از دست می دهند. برای کار در دماهای پایین از نوع خاصی از سیلندره‌های ساخته شده از فولادهای ضدزنگ استفاده می شود.
- سیلندره‌های حاوی گازهای تحت فشار را نباید در مجاورت ابزارآلات یا مدارهای الکتریکی قرار داد. همچنین کلیه سیلندرها، انشعابات و تجهیزات مورد استفاده جهت کار با گازهای قابل اشتعال باید اتصال الکتریکی به زمین داشته باشند.



- سیم کشی برق در محل ذخیره سازی سیلندرهای گازی تحت فشار باید به صورت توکار یا درون داکت و کلیدها حتی الامکان در خارج از محل ذخیره سازی باشند. همچنین لامپ های روشنایی باید درون شیشه یا قاب، محصور شده و به وسیله حفاظ از شکستن آنها پیشگیری به عمل آید.
- در مجاورت اجسامی مانند فرآورده های نفتی، الیاف طبیعی و یا پودر فلزاتی که به سرعت اکسید می شوند، هرگز و در هیچ شرایطی نباید از گاز اکسیژن استفاده نمود. همچنین باید از تماس روغن، گریس و سایر مواد سوختنی با سیلندرها، شیرهای خروجی و سیستم های مربوط به اکسیژن و سایر گازهای اکسیدکننده پیشگیری نمود.
- در صورتی که دست، دستکش و یا لباس ها آلوده به مواد روغنی است نباید در کنار سیلندرهای اکسیژن قرار گرفت و از دست زدن و کار با آنها باید خودداری کرد.
- هرگز از گاز اکسیژن نباید برای تمیز کردن ابزار و لباس، ایجاد فشار درون ظروف و یا تهویه محل کار استفاده کرد.

۹. جا به جایی سیلندرهای گاز تحت فشار

- اغلب حوادث مربوط به سیلندرهای گازی تحت فشار در زمان جابه جایی آنها از یک نقطه به نقطه دیگر صورت می پذیرد که برای اجتناب از آنها باید موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:
- همواره برای انتقال سیلندرها، حتی در مسافت های کوتاه باید از گاری یا چرخ دستی مخصوص ۳ یا ۴ چرخه استفاده و آنها را در هنگام انتقال باید با استفاده از زنجیرهای تثبیت کننده روی چرخ دستی محکم نمود.
 - هرگز سیلندرهای متصل به رگولاتور را نباید جا به جا کرد.
 - در هنگام حمل سیلندرها، باید دو دست را روی گاری مخصوص قرار داده تا از افتادن، رها شدن و یا برخورد سیلندرها به یکدیگر جلوگیری به عمل آید.
 - هرگز نباید یک سیلندر گاز را با استفاده از سرپوش روی آن بلند نمود.
 - در هنگام حمل و نقل سیلندرها، باید سرپوش محافظ شیر خروجی آنها، به صورت محکم در محل خود قرار داشته شده و تنها پس از ثابت نمودن و یا بستن آن به دیوار و آماده شدن جهت استفاده می توان آن را برداشت نمود.
 - استفاده از آهن ربا های الکترومغناطیسی به منظور جابه جایی سیلندرهای گازی تحت فشار مجاز نمی باشد.
 - به منظور پیشگیری از افتادن سیلندرها و آسیب رسیدن به پا، باید هنگام حمل سیلندرهای گاز از کفش های ایمن استفاده نمود.
 - سیلندرهای گاز را نباید روی چرخ دستی مخصوص حمل آنها رها نموده و یا در این حالت مورد استفاده قرار داد.



- در بسیاری از سیلندرهاي گاز تحت فشار، ابزارهايي تعبيه شده كه در شرایط اضطراری و با هدف پیشگیری از انفجار، مقداری از گاز را به صورت خودبه خودی آزاد می نماید. هرگز نباید همراه با این گونه سیلندرها درون آسانسور قرار گرفت، چرا كه در صورت گیر افتادن درون آسانسور امکان خفگی وجود خواهد داشت. در صورتی كه چاره ای جز استفاده از آسانسور وجود نداشته باشد، حتماً بایستی این كار را به صورت دو نفره انجام داد. در این حالت، يك نفر به صورت كاملاً حفاظت شده همراه با سیلندر گاز درون آسانسور قرار گرفته و دیگری در محلی كه قرار است سیلندر گاز به آنجا منتقل شود، کنار درب آسانسور منتظر می ماند.

۱۰. اصول ایمنی قبل از شروع به كار با سیلندرهاي گاز تحت فشار

- يك نسخه از برگه اطلاعات ایمنی ماده (MSDS) برای هر گاز مورد استفاده باید تهیه و پرینت شده و در دسترس کاربران آزمایشگاه قرار گیرد تا پیش از به کارگیری سیلندر از خواص و خطرات احتمالی گاز درون آن اطلاع داشته باشند.
- هرگز به افراد غیرآموزش دیده و کسانی كه آگاهی های لازم در زمینه خطرات ناشی از فشار و خواص شیمیایی گازها و نیز تجهیزات و اتصالات مربوطه را ندارند، نباید اجازه استفاده از سیلندرهاي گاز تحت فشار داده شود.
- هرگز نباید از سیلندرهاي گازی تحت فشار استفاده نمود، مگر آنكه سیلندر مذکور بر حسب محتوای گازی خود، دارای علائم و برچسب های مشخص باشد.
- تحت هیچ شرایطی نباید برچسب روی سیلندر یا موارد ذكر شده در مورد محتوای درون سیلندر محو شود. سیلندرهاي گازی فاقد علائم و یا دارای علائم و برچسب های مخدوش و متناقض را نباید پذیرفت و مورد استفاده قرار داد.
- برای تشخیص محتوای درون سیلندر هرگز نباید به رنگ آن اعتماد كرد. در صورت وجود هر گونه تناقض و یا شك و تردید، باید از به کارگیری سیلندر اجتناب نموده و آن را به فروشنده مسترد كرد. باید مطمئن بود كه محتوای گازی درون سیلندر، متناسب با سیستمی است كه قصد اتصال به آن را دارید.
- در هنگام كار و یا در مجاورت سیستم های گازی تحت فشار و به ویژه هنگام نصب رگولاتور، همواره باید از ابزارهای محافظ چشم استفاده كرد. در محل های استفاده و یا نگهداری از گازی های تحت فشار، باید از نزدیک شدن افرادی كه از محافظ چشم استفاده نمی نمایند، جلوگیری كرد.
- پس از ورود سیلندر گاز به فضای آزمایشگاه باید آن را در کنار دیوار، میز كار و یا سایر اشیاء ثابت مستقر و تثبیت نموده و یا در جایگاه مخصوص نگهداری این گونه سیلندرها قرار داد. برای ثابت نمودن سیلندر، وجود قلاب هایی در كف یا دیواره اتاق به منظور متصل نمودن آن ایده آل می باشد. ولی استفاده از زنجیر یا تسمه های مخصوص نیز برای ثابت نمودن مجاز می باشد. هرگز سیلندرهاي گاز را نباید بدون نگهدارنده و در مسیر رفت و



- آمد قرار داد. از سیلندره‌های گازی باید در برابر خطرات فضای بالاسری، دمای زیاد و سایر عوامل آسیب رسان محافظت کرد. سرپوش محافظ را تا هنگامی که سیلندر گاز در محل خود تثبیت نشده نباید از روی آن برداشت.
- به منظور اطمینان از عدم وجود آسیب دیدگی، آلودگی، چربی و گریس باید شیر خروجی سیلندر را مورد بازرسی قرار داده و هرگونه غبار یا آلودگی را با استفاده از پارچه تمیز برطرف نمود. در صورتی که روغن یا گریس روی شیرخروجی سیلندره‌های حاوی اکسیژن یا سایر مواد اکسیدکننده مشاهده شد، نباید از آن استفاده کرد. این گونه مواد سوختنی در تماس با مواد اکسیدکننده قابلیت انفجار می‌یابند.
- گازهای تحت فشار را باید در جاهایی که تهویه مناسب دارند مورد استفاده قرار داد. استفاده از گازهای قابل اشتعال خورنده یا سمی باید حتماً با دقت زیاد و در زیر هودهای بخار و اطاقک‌های تهویه شونده صورت پذیرد، سیستم های محدود کننده به کار برده شود و حداقل میزان مورد نیاز از آنها در محل نگهداری شود.
- در هنگام کار با سیلندره‌های گازی تحت فشار، باید تجهیزات اطفاء حریق، لوازم ایمنی شخصی نظیر عینک، دستکش و کفش مخصوص و مناسب کار و کمک‌های اولیه لازم برای مقابله با حوادث غیرقابل پیش بینی در دسترس قرار داشته باشد. همچنین کاربران این گونه تجهیزات بایستی آموزش های لازم را در زمینه استفاده از آنها دیده باشند.
- کلیه سیلندره‌های گازی تحت فشار بایستی مطابق با مقررات WHMIS برچسب گذاری شده باشند.

۱۱. اصول ایمنی در طراحی سیستم‌هایی که با گاز پرفشار کار می کنند

- نوع مواد مورد استفاده در ساخت سیلندرها و اتصالات گازی اهمیت زیادی دارد. به عنوان مثال، در سیستم های حاوی گاز استیلن، هرگز نباید از لوله‌ها و اتصالات مسی و یا آلیاژهایی که بیش از ۶۷ درصد مس دارند، استفاده نمود، چرا که حضور قطعات مسی در مجاورت گاز استیلن منجر به تشکیل ماده خطرناک استایلید می‌گردد. از سوی دیگر، حضور جیوه در مجاورت گاز آمونیاک منجر به تشکیل فولمینات می‌گردد. همچنین استفاده از لوله های پلاستیکی برای طراحی سیستم های تحت فشار مجاز نمی‌باشد. علاوه بر این، نباید از لوله های چدنی برای انتقال گاز کلر استفاده نمود.
- باید مطمئن شد که کلیه اتصالات و تجهیزات روی سیلندر به نحو مناسبی محکم شده و نیروی بیش از حد برای بستن آنها به کار نرفته است.
- باید مطمئن شد که اتصالات روی سیلندر و رگولاتور، متناسب با یکدیگر بوده و خیلی سست و یا خیلی سفت نباشند.
- هرگز نباید از نوار تفلون، مواد روان کننده و یا درزگیر برای متصل نمودن رگولاتور به سیلندر استفاده کرد. بنا بر توصیه شرکت های سازنده، استفاده از اتصالات سالم و استاندارد برای اطمینان از عدم نشت گاز کفایت نموده و وسایلی مانند نوار تفلون مانع درزگیری مناسب میان اتصالات می‌شوند.



- باید مطمئن شد که شیرهای خروجی و رگولاتورها، اتصالات متناسب با گاز مورد استفاده را دارند.
- هرگز نباید در حد فاصل سیلندر و رگولاتور از اتصالات مبدل استفاده کرد.
- استفاده از واشر، تنها در صورتی مجاز است که صراحتاً به آن اشاره شده باشد.

۱۲. رگولاتورها

با استفاده از رگولاتور، فشار درون سیلندر به میزان ایمن و مورد نیاز برای انجام عملیات آزمایشگاهی کاهش می‌یابد. طراحی مجرای درونی رگولاتور به گونه‌ای است که قابلیت خروج مقدار معینی از یک نوع گاز مشخص را فراهم می‌نماید. به همین دلیل، عدم تناسب رگولاتور با گاز مورد استفاده، ممکن است منجر به خروج مقدار بیش از حد گاز و یا بروز واکنش میان گاز خروجی و سطوح داخل رگولاتور شود. به عنوان مثال، مواد مورد استفاده در برخی از رگولاتورها، در تماس با گاز اکسیژن، تبدیل به مواد قابل انفجار می‌شوند.

برخی نکات و ملاحظات هنگام استفاده از رگولاتور به شرح ذیل اعلام می‌گردد.

- هرگز نباید یک سیلندر گازی تحت فشار را بدون استفاده از رگولاتورهای کاهنده فشار و یا سایر ابزارهایی که به طور ایمن موجب کاهش فشار سیلندر به مقدار متناسب با سیستم می‌گردند، مورد استفاده قرار داد.
- تنها باید از رگولاتورهایی استفاده شود که هم دارای فشارسنج‌های پر فشار و هم دارای فشارسنج‌های کم فشار باشند. این امر امکان کنترل و تنظیم فشار درون سیستم و سیلندر را فراهم می‌نماید.
- باید مطمئن شوید که رگولاتور مورد استفاده، متناسب با گاز درون سیلندر بوده و برای مقدار ماکزیمم فشار در شیرخروجی سیلندر گازی مورد استفاده، مجاز و نشاندار شده است.
- در صورتی که رگولاتور متناسب با شیرخروجی سیلندر نمی‌باشد، به جای تغییر یا دستکاری رگولاتور، سیلندر گاز باید تعویض شود. سعی و تلاش برای تغییر رگولاتور و متناسب سازی آن با سیلندری که برای آن طراحی نشده صحیح نمی‌باشد.
- هرگز اتصالاتی را که کارخانه سازنده رگولاتور روی آن تعبیه نموده با اتصالات دیگری که برای سایر تجهیزات گازی ارائه شده نباید جایگزین نمود. تنها کارخانه سازنده رگولاتور و یا نمایندگی معرفی شده برای ارائه خدمات که آموزش‌های خاصی در این زمینه دیده باشد، از سازگاری تجهیزات و طراحی داخلی آن آگاهی داشته و می‌تواند نسبت به تعمیر و دستکاری آن اقدام نماید.
- هر یک از دیافراگم‌های موجود در یک رگولاتور ممکن است به صورت ناگهانی دچار اشکال شوند. رگولاتور را باید همواره پیش از کاربرد سیلندر، مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده مورد بررسی قرار داد.



- معمولاً شیارهای موجود بر روی اتصالات و خروجی سیلندرهای گاز استاندارد به گونه ای است که آنها را برای نوع خاصی از گاز که درون سیلندر قرار گرفته اختصاصی نموده و به همین دلیل بر حسب نوع گاز از اتصالات و رگولاتورهای خاصی استفاده می شود تا از اختلاط گازهای ناسازگار جلوگیری به عمل آید. به عنوان مثال، ممکن است قطر خروجی متفاوت بوده و یا جهت شیارها چپ گرد یا راست گرد باشد. به همین دلیل در صورت عدم تطابق، نباید از نیروی اضافی یا وسایل کمکی استفاده نمود.
- پیشنهاد می شود که هر شش ماه یکبار، رگولاتورها را مورد بازبینی قرار داده و هر دو سال نیز آنها را جهت سرویس به شرکت عرضه کننده مسترد نمایید. کلیه موارد مربوط به ارزیابی و نگهداری رگولاتورها را باید در یک لیست ثبت نمود.
- در هنگام بررسی چشمی رگولاتور باید به مسایل زیر توجه داشت:
 - بررسی دقیق کل سیستم رگولاتور
 - بررسی وضعیت ورودی و خروجی
 - جستجوی آثار فرسودگی و آسیب دیدگی
 - بررسی صحت و درستی فشارسنج ها

۱-۱۲. نحوه استفاده صحیح از رگولاتورها و بررسی عملکرد رگولاتور

پس از متصل نمودن رگولاتور به سیلندر گاز جهت استفاده از آن باید اقدامات زیر به ترتیب اجرا شود:

- پیچ تنظیم رگولاتور را به سمت بیرون و در جهت خلاف حرکت عقربه های ساعت آنقدر بچرخانید تا سست شدن آن را احساس نمایید.
- پشت سیلندر بایستید به گونه ای که شیر خروجی در برابر چهره شما قرار نداشته باشد و سیلندر گاز در حدفاصل شما و رگولاتور قرار داشته باشد. با زاویه به فشار سنج پرفشار روی رگولاتور نگاه کنید. در هنگام تنظیم رگولاتور به طور مستقیم به شیشه یا صفحه پلاستیکی روی آن نگاه نکنید.
- شیر خروجی سیلندر را به آهستگی باز کنید تا به مرور زمان، صدای ناشی از پر شدن فضای درون شیر خروجی سیلندر را شنیده و فشارسنج، فشار درون سیلندر را نشان دهد. در این زمان بایستی مقدار مشاهده شده را با مقدار قابل انتظار برای یک سیلندر پر مقایسه نمود و در صورتی که کمتر از حد پیش بینی شده است، باید شرکت عرضه کننده را در جریان امر قرار داد چرا که این امر می تواند نشان دهنده نشت گاز باشد.
- در صورتی که شما در این حالت، پیچ تنظیم رگولاتور را در جهت عکس بچرخانید، بایستی جریان گاز در خارج از رگولاتور قطع گردیده و افزایش فشار در فشارسنج کم فشار مشاهده شود.



- هنگامی که آمادگی لازم را برای استفاده از سیلندر گازی تحت فشار کسب نمودید، شیر آن را به طور کامل باز نموده و سپس تا یک چهارم حداکثر مقدار باز شدن برگردانید (یک شیر کاملاً باز، زمانی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، ممکن است موجب سردرگمی افراد در زمینه باز یا بسته بودن شیر گردد. برخی از حوادث ثبت شده، ناشی از تلاش افراد برای باز کردن شیرهای قبلاً باز شده با استفاده از آچار بوده است).
- پس از برقراری و ثابت شدن فشار، ممکن است فشار تا حدی افت نماید. به همین منظور بایستی فشار خروجی را بررسی و در صورت نیاز آن را دوباره تنظیم نمود.

۱۳. فشارسنج

- هرگز نباید از یک فشار سنج، در فشار بالای ۷۵ درصد حداکثر مقدار قابل مشاهده روی صفحه نمایشگر آن استفاده نمود. به عنوان مثال در یک سیستم با فشار ۳۰۰۰ psi بایستی از یک فشارسنج ۴۰۰۰ psi استفاده کرد. در صورتی که سیستم شما قابلیت رسیدن به فشار ۷۵ psi را دارد، فشارسنج کنترل کننده سیستم باید حداقل قابلیت سنجش و نمایش ۱۰۰ psi را دارا باشد.
- فشارسنج‌هایی را که نشانگر آنها در هنگام برطرف نمودن فشار به نقطه صفر بر نمی‌گردند باید به سرعت تعویض کرد.
- در هنگام باز کردن شیر اصلی یک سیلندر تحت فشار نباید در برابر شیر خروجی و یا در پشت یا روبه‌روی فشارسنج قرار گرفت. احتمال وجود نقص در این مناطق بیش از سایر بخش‌ها وجود دارد.

۱۴. اقدامات احتیاطی در هنگام کار با سیلندره‌های تحت فشار

هنگام کار با سیلندره‌های گاز تحت فشار باید اقدامات احتیاطی ذیل را در نظر داشت:

- هرگز برای باز کردن شیرهای خروجی زنگ زده که به سختی باز می‌شوند، تلاش بیش از حد ننمایید؛ چرا که ممکن است امکان بستن دوباره آنها وجود نداشته باشد.
- سیلندره‌های پر و خالی نباید به طور همزمان به یک دوراهی متصل باشند. در صورت اتصال سیلندر خالی به سیستم پرفشار احتمال وقوع جریان معکوس وجود دارد.
- هنگام وارد نمودن گاز به درون یک مایع باید به منظور پیشگیری از برگشت مایع به داخل رگولاتور یا سیلندر از یک سیفون یا شیر تنظیم یک طرفه استفاده نمود.
- زمانی که گازهای قابل اشتعال و اکسید کننده و نیز گازهای پرفشار و کم فشار به یک مجموعه از لوله‌ها متصل شده‌اند، باید از شیرهای کنترل برگشت گاز استفاده کرد. برای پیشگیری از جریان برگشتی، نباید تنها به بسته بودن شیر سیلندر اکتفا نمود.



- در مورد گازهای قابل اشتعال مانند استیلن، بایستی به منظور پیشگیری از برگشت شعله از یک مانع در مسیر جریان گاز استفاده نمود.
- اگرچه نباید به صورت همزمان، دو یا چند سیلندر گاز واکنش پذیر به یک سیستم متصل گردد ولی می توان از یک سیلندر گاز برای چندین سیستم استفاده نمود.
- در اغلب سیلندرهای گازی تحت فشار، به استثنای آنهایی که حاوی گازهای سمی اند، ابزار خاصی برای رهاسازی فشار در موارد اضطراری روی شیر خروجی آنها تعبیه شده است. این وسیله از انفجار سیلندر در اثر فشار یا دمای بیش از حد جلوگیری نموده و دستکاری آن بسیار خطرآفرین می باشد.
- ابزار رهاسازی فشار باید همواره چه در هنگام کاربرد و چه در هنگام ذخیره سازی، به طور مستقیم با فضای گازی سیلندر در تماس باشند. بنابراین هرگز نباید یک سیلندر حاوی گازهای قابل اشتعال مایع شده را روی بدنه پیرامونی آن قرار داد.
- باید توجه داشت که حتی یک سیلندر خالی هم بدون گاز نمی باشد. در صورتی که فشارسنج روی سیلندر در سطح دریا فشار صفر را نشان دهد، بازهم درون آن $14/7 \text{ psi}$ فشار وجود دارد. لذا کلیه اصول ایمنی در برخورد با سیلندرهای پر در مورد آنها نیز صادق است.
- سیلندرهای خالی را باید به دقت بررسی نموده و پس از اطمینان از خالی بودن، شیر آن را بسته و پس از جداسازی رگولاتور و قرار دادن سرپوش محافظ روی آن، برچسب "خالی" را الصاق و به صورت مجزا از سیلندرهای پر نگهداری نمود.
- کلیه سیلندرهای گاز بایستی برچسب خاصی داشته باشد که پر، خالی و یا در حال استفاده بودن آن را نشان دهد.
- در هنگام شروع استفاده از یک سیلندر گاز، باید برچسب "پر" برداشته و به جای آن برچسب "در حال استفاده" روی سیلندر قرار گیرد. در صورتی که روی یک سیلندر گاز در حال استفاده برچسب "پر" باقی مانده باشد، ممکن است کمبود فشار آن از سوی کاربر به عنوان نشت گاز تلقی گردد.
- در هنگام جداسازی سیلندرهای خالی گاز، باید سرپوش روی شیرخروجی و یا هرگونه ابزار و محافظی را که در ابتدا و هنگام تحویل روی آن قرار داشته، مجدداً در محل خود قرار داد.
- در صورتی که سیلندر و یا شیر خروجی آن نیاز به تعمیر دارد، باید آن را علامت گذاری و به مراکز فروش مسترد نمود.
- هرگز نباید گاز درون یک سیلندر را به سیلندر دیگری انتقال داد. ممکن است گاز انتقال یابنده با باقیمانده گاز درون سیلندر ناسازگاری داشته و یا متناسب با ماده سازنده جدار سیلندر گاز نباشد.



- اگر گاز به طور تصادفی به درون سیلندر برگشت خورده و یا به داخل آن مکیده شد، سیلندر گاز را باید علامت گذاری نموده و مراتب را به فروشنده آن اطلاع داد.
- هرگز گاز درون سیلندر را نباید به طور کامل تخلیه یا استفاده کرد. باقی ماندن حدود ۲۵ psi از فشار درون سیلندر موجب جلوگیری از آلوده شدن باقیمانده گاز درون آن می گردد.

۱۵. اصول کار با سیلندره‌های تحت فشار حاوی گازهای خاص

گازهای خاص را به روش های مختلفی می توان طبقه بندی کرد. هنگام کار با سیلندره‌های گازی که حاوی هر گروه از این گازها هستند باید اقدامات احتیاطی خاصی را مدنظر قرار داد.

۱۵-۱. گازهای خفه کننده

یکی از مهم ترین خطرات برای کسانی که از گازهای تحت فشار استفاده می نمایند، خفگی می باشد. به خاطر داشته باشید که به استثنای اکسیژن و هوا (با لاقل ۱۹/۵ درصد اکسیژن)، کلیه گازها خفه کننده می باشند. قرار گرفتن در معرض هوایی که کمتر از ۱۲ درصد اکسیژن دارد، بدون بروز هرگونه علائم هشداردهنده موجب بیهوشی می گردد و این عمل با چنان سرعتی است که هرگونه امکان کمک رسانی یا حفاظت از شخص آسیب دیده را سلب می نماید.

۱۵-۲. گازهای برودتزا

- حتی یک تماس کوتاه مدت با گازها یا مایعات برودتزا می تواند موجب آسیب بافتی و ضایعات پوستی گردد. طولانی شدن تماس با این مواد می تواند مشکلات حادی مانند لخته شدن خون ایجاد کند که عواقب خطرناکی در پی دارد.
- در هنگام کار با گازهای برودتزا باید از تجهیزات ایمنی فردی مناسب نظیر دستکش و محافظ چشم و صورت استفاده شود. دستکش های مورد استفاده بایستی نفوذناپذیر بوده و در ضمن بتوان آنها را به راحتی از دست جدا نمود.
- در صورت تماس مایعات برودتزا، باید از مالش پوست خودداری نمود و ناحیه تماس یافته را در یک حمام آب گرم با دمای کمتر از ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داد.
- سرد شدن بیش از حد جدار سیلندر و یا ایجاد نقاط یخ زده روی آن، نشان دهنده نشت گاز از سیلندر است. سیلندرها را از این نظر باید مورد بررسی قرار داده و نمونه های معیوب را به شرکت عرضه کننده مسترد نمود.

۱۵-۳. گازهای خورنده

این گونه گازها را باید در کوتاه ترین زمان ممکن مورد استفاده قرار داد و این زمان بایستی ترجیحاً کمتر از ۳ ماه باشد. اغلب گازهای خورنده، قابلیت جذب توسط آب را دارند. بنابراین محل نگهداری آنها بایستی تا حد امکان خشک باشد. همچنین برای استفاده در مواقع ضروری نظیر نشت گاز، باید منابع آبی در دسترس باشند. این گونه گازها را نباید در مجاور ابزار و تجهیزات حساس نسبت به خوردگی قرار داد. همچنین باید آنها را جدا از بقیه گازها نگه داشته و به گونه ای مصرف نمود که نمونه‌های قدیمی ابتدا مورد استفاده قرار گیرند. پس از استفاده از این گونه گازها باید رگولاتورها، شیرهای خروجی و سایر قطعات را از سیلندر گاز جدا نموده و ترجیحاً با استفاده از نیتروژن خشک و یا هوا شستشو داد. این گونه تجهیزات بایستی تنها در صورتی که به طور مکرر از آنها استفاده می‌شود، روی سیلندر نصب شده باشند. زمانی که این قبیل گازها به درون مایعات تزریق می‌شوند، بایستی با استفاده از سیفون، شیر تنظیم یک طرفه و ابزار تفکیک در خلاء، از برگشت مایع به درون سیلندر پیشگیری نمود.

۱۵-۴. گازهای به شدت سمی

نشت گازهای به شدت سمی نظیر آرسین (arsine)، دی بوران (diborane)، فلوئور (fluorine)، سیانید هیدروژن (hydrogen cyanide)، فسژن (phosgene) و سیلان (silane) ممکن است خطرات عمده ای ایجاد نماید. لذا کاربرد آنها عموماً در آزمایشگاه ممنوع بوده و در صورت لزوم نیاز به اجازه مکتوب و کسب مجوزهای لازم را دارد. به هر حال، رعایت موارد ذیل در صورت کسب مجوز ضروری است:

- باید از اتاقک های تهویه و یا هودهای مخصوص استفاده شود.
- در سیستم های تغذیه کننده ای که در فشار بالای فشار اتمسفر عمل می نمایند، باید از لوله های دو جداره (coaxial) که بین دو دیواره آنها گاز نیتروژن تزریق شده، استفاده شود.
- رگولاتورها بایستی مجهز به ابزار قطع کننده خودکار جریان گاز باشد تا در مواقع کاهش ناگهانی فشار خط تغذیه کننده، جریان گاز را قطع نماید.
- بایستی یک سیستم اعلام خطر تعبیه شود تا نشت گازهایی را که به صورت متداول مورد استفاده قرار می گیرند و خطرات کمی دارند، اعلام نماید. نقطه اعلام خطر بایستی پایین تر و یا در حد مجاز قرارگیری در معرض ماده مذکور تنظیم گردد.



- برای تعویض سیلندر گازهای به شدت سمی، ممکن است تجهیزات تنفسی خاص مورد نیاز باشد. کاربرد چنین تجهیزاتی، نیاز به دوره‌های آموزشی خاص و ارزیابی سالانه مهارت جهت استفاده از آنها دارد.
- در هنگام کار با این گازها، باید حتماً تجهیزات تنفسی در دسترس قرار داشته و کاربران آموزش های لازم برای استفاده از این تجهیزات را دیده باشند.

۱۶. تجهیزات ایمنی فردی مورد نیاز جهت کار با سیلندرهای گازی تحت فشار

- در هنگام حمل و جابه جایی سیلندرهای گاز، استفاده از کفش های مناسب کار و حفاظت از پا توصیه شده است.
- در هنگام نصب و یا برداشت رگولاتور و نیز هنگام کار با سیلندرهای گاز و مایعات برودت‌زا، استفاده از عینک‌های ایمنی، صفحات محافظ صورت و سایر تجهیزات لازم جهت حفاظت از چشم و چهره ضروری است.
- در هنگام کار با مایعات برودت‌زا باید از دستکش مناسب و نفوذناپذیر استفاده نموده و این دستکش باید به گونه‌ای گشاد باشد که بتوان در صورت بروز حادثه به سرعت آن را از دست خارج نمود.
- در هنگام کار با گازهای قابل اشتعال و اکسیدکننده، لباس فرد باید تمیز و به گونه ای باشد که امکان اشتعال و سوختن آن به حداقل احتمال کاهش یابد.

۱۷. روش مقابله با حوادث احتمالی ناشی از گازهای تحت فشار

کاربرانی که با گازهای تحت فشار سر و کار دارند باید با کمک‌های اولیه مورد نیاز برای مقابله با حوادث احتمالی از جمله سوختگی، مسمومیت و غیره آشنایی داشته باشند. تاخیر غیرضروری در درمان فردی که بیش از حد در معرض یک گاز سمی قرار گرفته و یا فردی که دچار سوختگی با گازهای شیمیایی خورنده شده است، ممکن است منجر به آسیب‌های جبران ناپذیر و حتی مرگ وی گردد. به همین دلیل، کمک‌های اولیه باید توسط افراد ذی‌صلاح ارائه و در اسرع وقت نیز موضوع با پزشک در میان گذاشته شود.

- در هنگام انجام عملیات های بسیار پرخطر نظیر کار با گاز فلوئور باید از محیط هایی کاملاً تهویه شونده استفاده نمود.
- در هنگام کار با گازهای سمی، باید ماسک‌های گازی در دسترس فوری افراد قرار داشته باشد. این تجهیزات باید در محل مناسبی با قابلیت دسترسی راحت و دور از احتمال آلودگی نگهداری شوند. افرادی که با گازهای تحت فشار سر و کار دارند باید با طریقه صحیح به کارگیری و محدودیت های انواع مختلف ماسک و تجهیزات کمک تنفسی آشنایی داشته باشند.



- جعبه کمک‌های اولیه و تجهیزات لازم برای شستشوی چشم، دوش‌های مخصوص، ماسک‌های گازی، تجهیزات تنفسی و یا وسایل به هوش آوری باید در نزدیکی محل کار با این گونه گازها وجود داشته باشد، ولی نباید فاصله آنها با محل کار به گونه ای باشد که در صورت رهاسازی مقدار زیاد گاز امکان آلودگی آنها هم وجود داشته باشد.
- وسایل اطفای حریق، ترجیحاً انواع شیمیایی خشک، باید در دسترس قرار داشته و به طور مرتب قابلیت عملیاتی آنها تحت بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۱۸. کار با سیلندرهایی که نشت گاز دارند

نشت گاز اغلب در شیر خروجی بالای سیلندر اتفاق می افتد و ممکن است مربوط به پایه، پیچ، مجرای خروجی و یا ابزار کاهنده فشار باشد. پرسنل آزمایشگاه نباید شخصاً مبادرت به تعمیر سیلندره‌های دارای نشتی گاز نمایند.

- در صورتی که نشت گاز خطر حادی را ایجاد نمی‌نماید، باید آن را به محلی مجزا انتقال داد.
- در صورتی که سیلندر حاوی گازهای قابل اشتعال و اکسیدکننده است، باید شرایط تهویه کامل را برقرار نموده و با افراد مسئول در این زمینه تماس گرفت.
- در صورتی که نشت گاز وسیع و غیرقابل کنترل است، باید سریعاً محل را تخلیه و فوراً به افراد مسئول اطلاع داد.
- محلول صابون معمولی ممکن است حاوی ترکیبات روغنی باشد و استفاده از آن برای تعیین نشت سیلندره‌های گاز اکسیژن ایمن نمی باشد. در این گونه موارد باید از مایعات مخصوص تعیین نشت گاز استفاده نمود.

در ادامه به اقدامات قابل اجرا در صورت نشت مختصر، نشت غیرقابل کنترل، نشت عمده گاز و نشت گازهای بسیار سمی و خورنده اشاره شده است.

الف. اقدامات قابل اجرا برای مقابله با نشت مختصر گاز از کپسول‌های تحت فشار

- آگاه نمودن افراد حاضر در محل
- پوشیدن تجهیزات ایمنی شخصی متناسب با نوع خطر نظیر عینک، محافظ صورت، دستکش و غیره.
- اگر نشت گاز در سیستم تغذیه کننده است، شیر خروجی را بسته و اتصالات دارای نشت را محکم کنید.
- هیچگاه پیش از بستن شیر خروجی سیلندر، اقدام به محکم نمودن اتصالات سیستم تغذیه کننده ننمایید.
- اگر نشت گاز مربوط به شیرخروجی سیلندر است، اتصالات مربوطه را محکم کنید. دقت کنید که این امر موجب محکم شدن بیش از اندازه آن نگردد. اگر نشت گاز قابل مهار نیست، سیلندر گاز را داخل هود بخار قرار داده و

یک پوشش تخلیه کننده موضعی را روی آن قرار دهید و یا سیلندر را به محلی تهویه شونده و مجزا انتقال دهید تا گاز درون آن تخلیه شود.

- اگر نشت گاز در ناحیه دیگری به وقوع پیوست (مانند نواحی درزگیری شده و یا پیچ و رزوه های شیر خروجی)، سیلندر گاز را داخل هود بخار قرار داده و یک پوشش تخلیه کننده موضعی را روی آن قرار دهید و یا سیلندر را به محلی تهویه شونده و مجزا انتقال دهید تا گاز درون آن تخلیه شود.
- برای بیرون بردن سیلندر در حال نشت از داخل ساختمان، مسیرهای شلوغ و پر ازدحام را انتخاب نکنید. در صورتی که چاره ای جز انجام این کار ندارید، یک کیسه پلاستیکی، پوشش لاستیکی یا وسیله ای شبیه آن را به طور محکم روی سیلندر قرار دهید تا جلوی خروج گاز را بگیرید.
- گازهای اکسیدکننده و قابل اشتعال را از مواد سوختنی دور نگهدارید.
- در صورت امکان، گازهای سمی و خورنده را به درون یک خشتی ساز شیمیایی مناسب هدایت نمایید.
- محل را تخلیه و علایم خطر و هشدار را برای اجتناب از دسترسی سایر افراد به این محل نصب نمایید.
- ناظر یا سرپرست آزمایشگاه و مسئولین مقابله با این گونه حوادث را در جریان امر قرار دهید.
- تا هنگام تخلیه گاز درون سیلندر، در خارج از محل نگهداری سیلندر نشت کننده بمانید.
- سیلندر را به منظور انجام تعمیرات مورد نیاز به شرکت عرضه کننده عودت دهید.

ب. اقدامات قابل اجرا در هنگام نشت غیرقابل کنترل سیلندره‌های گاز

- افراد دیگری را که در مجاورت محل نشت گاز قرار دارند، از وقوع خطر مطلع نمایید.
- در صورت امکان و به شرط عدم ایجاد خطر، جریان گاز را در شیر خروجی سیلندر قطع نمایید.
- سیستم اعلام حریق ساختمان را فعال نمایید.
- ساختمان و محل وقوع حادثه را از طریق پله ها تخلیه نموده و از آسانسور استفاده ننمایید.
- با مراکز مسئول در زمینه کنترل و برخورد با این گونه حوادث تماس بگیرید.
- افراد مسئول در زمینه ارائه خدمات اورژانسی را در درب ورودی ساختمان ملاقات و کلیه اطلاعات ضروری مربوط به نشت گاز را در اختیار آنان قرار دهید.

ج. اقدامات قابل اجرا برای مقابله با نشت های عمده گاز از کپسول های تحت فشار یا نشت گازهای سمی و بسیار خورنده

- به سرعت محل را تخلیه نموده و در و پنجره های مسیر خروجی را ببندید.
- در صورتی که امکان خطر جانی یا خسارت مالی وجود دارد، سیستم اعلام حریق یا سایر سیستم های هشداردهنده را فعال نمایید.
- مسئول اصلی آزمایشگاه و کارشناسان ایمنی را مطلع نمایید.
- افراد مسئول در معالجه مصدومین احتمالی را مطلع نموده و افرادی را که احتمالاً در معرض این گازها قرار گرفته‌اند در نظر داشته باشید.
- افرادی را که در هنگام حادثه در آزمایشگاه حضور داشته‌اند در یک مکان بی خطر گردهم آورده و منتظر کمک‌های اورژانسی بمانید.
- در هنگام ورود مسئولین مقابله با حوادث و آتش سوزی، آنها را از جزئیات حادثه مطلع نمایید.

پیوست الف:

برخی از حوادث ناشی از عدم رعایت مسایل ایمنی در کار با سیلندرهای گازی تحت فشار

ردیف	حادثه	خسارات یا تلفات	توضیحات/علت
۱	در آزمایشگاه شیمی تجربه دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس انفجار مهیب کپسول گاز هیدروژن	خسارات جانی: یک کشته و یک مجروح (جراحات های زیاد در ناحیه سر و صورت به خاطر پرتاب شدن به سمت دیوار در اثر موج انفجار، بی هوشی در لحظه وقوع حادثه و نداشتن بینایی تا چند روز بعد حادثه) خسارات مالی: - تخریب بخش هایی از سنگفرش کف آزمایشگاه، کاشی کاری و بخش عمده ای از سقف کاذب - ترک برداشتن دیوارها - تخریب سنگ بدنه راهرو آزمایشگاه در قسمت های نزدیک به محل حادثه - شکستن درب ورودی و ۱۴ لنگه درب چوبی آزمایشگاه های مجاور که در مسیر حرکت موج انفجار بوده اند. - شکستن همه شیشه های اتاق و اکثریت شیشه های بالای درب آزمایشگاه های مجاور در مسیر حرکت موج انفجار - تخریب پنجره های آلومینیومی آزمایشگاه به طور کامل به همراه قسمت های ورق کوبی شده در نما و هره چینی آجر نما - تخریب چراغ های مهتابی نصب شده در سقف و تابلو برق آزمایشگاه - ترکیدگی لوله آب موجود در آزمایشگاه و دریچه کانال های هوا ساز - تخریب کامل دستگاه ها و رایانه و لوازم موجود در آزمایشگاه	حادثه در اثر انفجار یک سیلندر ۱۰ لیتری گاز هیدروژن از جنس آلایژ فولاد با فشار ۲۰ بار، در حین باز کردن رگولاتور از سیلندر به وسیله یک آچار فرانسه
۲	توسط دانشجو در زیر هود در دانشگاه نوادای آمریکا انفجار ناشی از سیلندر حاوی متیل نیتريت سستز شده	خسارات جانی: در هنگام حادثه کسی در آزمایشگاه حضور نداشت و خسارت جانی در پی نداشت. خسارات مالی: در اثر انفجار شدید کپسول، سرپوش آن با فشار زیاد به بیرون پرتاب شده و بدنه استیل آن نیز پاره پاره و مچاله شد. انفجار ایجاد شده موجب خرد شدن شیشه جلوی هود و کج شدن درهای زیرین و سطح فوقانی و پشتی آن گردید. قدرت انفجار به حدی بود که حتی میله فلزی حمایت کننده مستقر در قسمت فوقانی هود را نیز خمیده نمود. انفجار ایجاد شده همچنین موجب ترک خوردگی دیوار مجاور هود گردید. در هنگام حادثه مواد شیمیایی کمی درون هود و یا در کابینت زیر آن قرار داشت و این امر از ریزش مواد شیمیایی و بروز آسیب بیشتر جلوگیری نمود. همچنین به دلیل دور بودن محل ذخیره سازی مواد قابل اشتعال از هود آزمایشگاه، شعله یا جرقه آتش ناشی از انفجار، آتش سوزی گسترده ایجاد ننمود. تنها یک مورد ریزش مواد شیمیایی در اثر موج انفجار به وجود آمد که ناشی از شکسته شدن ظرف حاوی آمونیوم هیدروکساید بود.	مهم ترین عامل احتمالی، بروز واکنش میان متیل نیتريت و بقایای ماده شیمیایی فعال موجود در سیلندر بوده است. اگرچه پیش از وارد نمودن متیل نیتريت، سیلندر تخلیه شده بود ولی به دلیل آنکه پیش از آن، برای ذخیره سازی یدوتری فلورومتان و نیتروزیل کلراید به کار برده شده بود، احتمالاً این دو ماده موجب خوردگی و فرسایش شیمیایی جدار درونی کپسول شده بودند.

۳	هادثه انفجار سیلندر گاز استیلن در یک کارخانه در بریتانیا	<u>خسارات جانی:</u> سوختگی و جراحات سه نفر، کاهش شنوایی افراد حادثه دیده به صورت موقت <u>خسارات مالی:</u> آتش سوزی سایر کپسول های استیلن در پی انفجار سیلندر اول و خسارت به کارخانه	فرسودگی سیلندر گاز و شکست فیزیکی در ساختار سیلندر، یه همراه نسبت نادرست استیلن به استون در داخل سیلندر و توده متخلخل نامناسب داخل سیلندر منجر به وقوع حادثه شد.
۴	حادثه نشت گاز سولفید هیدروژن (H₂S) در پالایشگاه نقراس سیتی	<u>خسارات جانی:</u> از ۱۵ نفری که در معرض گاز قرار گرفتند ۲ نفر فوراً جان باخته و ۱۰ نفر دیگر با عوارض شدید تنفسی به بیمارستان منتقل شدند. (لازم به ذکر است که گاز H₂S در غلظت های پایین، بوی تخم مرغ گندیده دارد اما در غلظت های بالا، بلافاصله حس بویایی را فلج نموده و از کار می اندازد و قربانی، بدون هشدار قبلی جان می بازد.	فرسودگی خطوط لوله و نشتی گاز H₂S از آن
۵	نشت گاز کلر در بندر عقبه اردن	<u>خسارات جانی:</u> مرگ ۱۳ نفر و مسمومیت بیش از ۲۶۰ نفر	یک مخزن گاز کلر در حین انتقال به کشتی به خاطر اختلال در عملکرد بالابر رها شده و در اثر برخورد با بدنه کشتی ترکیده و منجر به پخش گاز زرد رنگ کلر در محیط گردید.
۶	آتش سوزی در کلینیک درمانی سینا مهر تهران و انفجار سیلندرهای گاز اکسیژن	<u>خسارات جانی:</u> درگذشت ۱۹ نفر	دپوی غیر استاندارد سیلندرهای گاز اکسیژن در مجاورت کنتور گاز و وجود مواد پلیمری با قابلیت شعله وری زیاد که منجر به تشدید حادثه گردید.



تصویر ۱. انفجار کپسول گاز هیدروژن در آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس



تصویر ۲. انفجار سیلندر حاوی متیل نیتريت سنتز شده توسط دانشجو، درون هود آزمایشگاهی در دانشگاه نوادای آمریکا



تصویر ۳. انفجار سیلندر گاز استیلن در یک کارخانه در بریتانیا



تصویر ۴. نشت گاز کلر در بندر عقبه اردن