



مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار



جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

ایمنی کار با مواد شیمیایی

ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی

تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار





جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

ایمنی کار با مواد شیمیایی (ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی)

تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و
بهداشت کار با همکاری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

مؤلف و گردآورنده: مصطفی پویا کیان



مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار
چاپ اول

۱۴۰۰

سرشناسه: پویاکیان، مصطفی، ۱۳۵۸-

عنوان و نام پدیدآور: ایمنی کار با مواد شیمیایی (ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی) / مولف و گردآورنده مصطفی پویاکیان؛ تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، با همکاری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی؛ (برای) وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، معاونت روابط کار. مشخصات نشر: تهران: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، ۱۴۰۰. مشخصات ظاهری: ۱۹۴ ص.؛ مصور (رنگی)، جدول (رنگی).

: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۰۳-۶۳-۰۰ رایگان : شابک وضعیت فهرست نویسی : فیبا یادداشت : کتابنامه.

موضوع: مواد شیمیایی -- پیش بینی های ایمنی **Chemicals -- Safety measures**

شناسه افزوده: ایران. وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی. معاونت روابط کار

شناسه افزوده: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

شناسه افزوده: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

Shahid Beheshti University of Medical sciences & Health Services : افزوده شناسه

رده بندی کنگره: TP۴۹

رده بندی دیویی: ۶۶۰/۲۸۰۴

شماره کتابشناسی ملی: ۸۶۷۸۱۳۶

اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا

ایمنی کار با مواد شیمیایی (ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی)

تهیه شده: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

مولف و گردآورنده: مصطفی پویاکیان

ناشر: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

نوبت چاپ: اول / پاییز ۱۴۰۰

قیمت: رایگان

شمارگان: ۵۰ نسخه

ISBN: 978-600-6203-43-0

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۲۰۳-۴۳-۰



مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار

مرکز پخش: تهران، بزرگراه آیت الله سعیدی، چهارراه یافت آباد
بلوار معلم، نرسیده به میدان معلم کد پستی: ۱۳۷۱۶۱۳۵۱

کلیه حقوق مادی و معنوی برای این مرکز محفوظ است
و هرگونه سوء استفاده و فروش به غیر پیگرد قانونی دارد.

● سخنی با خوانندگان

ارتقای فرهنگ ایمنی کار، همواره به عنوان مهمترین راهبرد پیشگیری حوادث ناشی از کار شناخته شده است و امروزه فرهنگ ایمنی کار به عنوان مهارت‌های شغلی افراد تلقی می‌گردد و نقشی بی‌بدیل در کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث و بیماری‌های شغلی ایفاء می‌نماید. طبق نظر دفتر بین‌المللی کار، مهمترین اصل در پیشرفت یکپارچه اصول ایمنی و بازتاب آن در محیط کار، توجه به جنبه‌های فرهنگی و اجتماعی با دید زیست‌افزایی است که این امر ضمن تحقق شعار "انسان سالم محور توسعه پایدار"، موجب ارتقای بهره‌وری و بهبود نظام‌های اقتصادی در کشورها محسوب می‌گردد. در همین راستا، بهره‌مندی از محصولات و محتوای فرهنگی و آموزشی تخصصی یکپارچه و استاندارد ایمنی، یکی از کاربردی‌ترین و موثرترین ابزار در امر یادگیری، آموزش و ترویج در مقوله حفاظت فنی و ایمنی کار می‌باشد که ضمن تحقق آموزش‌های کاربردی و هدفمند، نهایتاً به ایجاد کار شایسته منجر می‌گردد.

بر همین اساس معاونت روابط کار پس از سالیان متمادی، با اتخاذ سیاست‌های نوین و به روز آموزشی؛ از طریق مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار و به واسطه کارشناسان مجرب آن مرکز و با بهره‌مندی از دانش تخصصی اساتید دانشگاهی و متخصصین مراکز علمی و پژوهشی کشور و با حمایت‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر عبد الملکی وزیر محترم تعاون، کار و رفاه اجتماعی، اقدام به تهیه و تدوین محتواهای آموزشی یکپارچه، استاندارد و منطبق با نیازسنجی‌های آموزشی؛ همچنین دستورالعمل‌های فنی در زمینه حفاظت فنی و ایمنی نموده است. امید است نتایج و ثمرات این مکتوب که با بهره‌گیری از جدیدترین متون علمی داخلی و بین‌المللی و متناسب با نیاز علوم و فناوری‌های پیشرفته روز تدوین گردیده است، بتواند در ارتقای سطح دانش ایمنی و آگاهی جامعه کار و تولید کشور موثر واقع گردد.

علی حسین رعیتی فرد

معاون وزیر تعاون، کار و رفاه اجتماعی

بی‌شک یکی از نشانه‌های بارز توسعه پایدار در هر کشور، ایجاد و ارتقای فرهنگ ایمنی است که به صیانت از نیروی انسانی و حفظ منابع مادی و معنوی منجر خواهد شد. به طور یقین دستیابی به چنین هدفی نیازمند رشد همه جانبه علمی و فرهنگی در زمینه ایمنی و بهداشت کار است، که از این مجمل تهیه و انتشار کتب و استانداردهای ایمنی یکی از راهکارهای موثر در بسترسازی مناسب در این خصوص به شمار می‌رود که در نتیجه نیازسنجی‌های علمی تهیه و تدوین شده باشد. مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار وزارت تعاون کار و رفاه اجتماعی، در سال ۱۳۴۸ با هدف تأمین ایمنی و سلامت نیروی انسانی شاغل در واحدهای صنعتی، تولیدی، خدماتی، کشاورزی و معدنی کشور تاسیس و مستند به قانون کار جمهوری اسلامی ایران، بعنوان مرکز تخصصی ایمنی و بهداشت کار اقدام به خدمت رسانی به جامعه کار و تلاش کشور می‌نماید. این مرکز از سال ۱۳۸۸ و در راستای توسعه و رسالت خطیر و وظایف قانونی آموزشی و پژوهشی خود و رفع خلاء ناشی از کمبود کتب فنی و تخصصی در زمینه ایمنی و بهداشت کار، اقدام به تاسیس واحد انتشارات با هدف، هدایت، راهبری و انتشار این کتب در سطح کشور نمود. در همین راستا این مرکز اقدام به استانداردسازی منابع آموزشی ایمنی و حفاظت فنی و تقویت میزان اثربخشی آموزش‌های مرتبط و به تبع آن ایجاد نظام یکپارچه در فرایندهای آموزشی و همچنین تدوین دستورالعمل‌های حفاظت فنی و ایمنی، به عنوان یک حرکت پویا و نوین و با تکیه بر آخرین دستاوردهای حوزه ایمنی و حفاظت فنی از طریق بهره‌گیری از دانش اساتید و متخصصان مراکز دانشگاهی، علمی و تحقیقاتی کشور نموده است. امید است بهره‌مندی از محتوای آموزشی و دستورالعمل‌ها و منابع علمی جدید بتواند در ترویج و ارتقای فرهنگ ایمنی کار، افزایش بهره‌وری، کاهش حوادث و بیماری‌های ناشی از کار نقش موثری ایفا نماید. در این میان بر خود لازم می‌دانم ضمن تشکر از گردآورنده این محتوا جناب آقای دکتر مصطفی پویا کیان، از تلاش‌های همکاران ارزشمند خود در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار از جمله آقایان مهندس آرش گودرزی، مهندس علی قنادان، مهندس غلام حسین حسینی و نیز همه عزیزانی که در تولید و تدوین این محتوی آموزشی ما راییاری نموده‌اند تشکر و سپاسگزاری نمایم. در پایان؛ مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با چاپ اثر مزبور به عنوان نسخه اولیه منتشر شده؛ آمادگی بهره‌مندی مستمر از بازخوردها و نظرات و پیشنهادات اصلاحی و سازنده کلیه اساتید، متخصصان و فعالین این عرصه؛ به منظور بروز رسانی و رفع نواقص احتمالی، و هر چه پربارتر شدن محتوای آن را خواهد داشت.

امیرعباس پرکنی

رئیس مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

فهرست

عنوان

شماره صفحه

فصل اول آشنایی با صنایع، مواد و محصولات شیمیایی.....	۱۱
۱-۱ مقدمه.....	۱۳
۱-۲ ایمنی مواد شیمیایی.....	۱۳
۱-۳ تعریف و طبقه‌بندی صنایع شیمیایی.....	۱۴
۱-۴ محصولات صنایع شیمیایی.....	۱۹
۱-۵ درجه خلوص مواد شیمیایی.....	۲۱
۱-۶ راهنمای عملی برای کارگران و کارفرمایان.....	۲۳
فصل دوم مدیریت ایمنی شیمیایی توسط کارفرمایان.....	۲۵
۲-۱ مقدمه.....	۲۷
۲-۲ سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS).....	۲۷
۲-۳ فعالیت‌های فرامنطقه‌ای و ملی.....	۳۲
۲-۴ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی.....	۴۰
فصل سوم. دستگاه‌ها و تجهیزات فرآیندهای شیمیایی.....	۴۱
۳-۱ مقدمه.....	۴۳
۳-۲ شیرهای صنعتی.....	۴۳
۳-۳ فلنج.....	۴۶
۳-۴ مبدل حرارتی.....	۴۶
۳-۵ دیگ بخار.....	۴۷
۳-۶ برج خنک‌کننده.....	۴۹
۳-۷ پمپ‌ها.....	۵۰
۳-۸ کمپرسور.....	۵۱
۳-۹ رآکتور.....	۵۲
۳-۱۰ برج جداسازی.....	۵۳
۳-۱۱ مشعل (فلر).....	۵۴
۳-۱۲ ابزار دقیق.....	۵۵
۳-۱۳ مخازن.....	۵۶
۳-۱۴ نقشه‌های فرآیند.....	۶۶
۳-۱۵ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی.....	۷۱
فصل چهارم حوادث شیمیایی (رهايش، آتش سوزی، انفجار).....	۷۳
۴-۱ مقدمه.....	۷۵
۴-۲ پایگاه‌های اطلاعاتی ثبت حوادث بزرگ شیمیایی.....	۷۶
۴-۳ رهايش یا نشت ماده.....	۸۰
۴-۴ آتش‌سوزی.....	۸۳

۸۴	۴-۵ انفجار
۹۲	۴-۶ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی
۹۳	فصل پنجم کدگذاری مواد و کدهای شناسایی خطرات مواد شیمیایی
۹۵	۵-۱ کدهای شناسایی مواد
۹۷	۵-۲ کدهای شناسایی خطرات (کدهای اقدامات اضطراری)
۱۱۳	۵-۳ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی
۱۱۵	فصل ششم طبقه بندی مواد خطرناک و برچسب گذاری در هنگام حمل و نقل
۱۱۷	۶-۱ مقدمه
۱۱۸	۶-۲ کالاهای خطرناک
۱۱۸	۶-۳ طبقه بندی کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل بر اساس سیستم UN
۱۲۸	۶-۴ طبقه بندی کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل در اروپا و آمریکا
۱۲۹	۶-۵ طبقه بندی GHS برای حمل و نقل مواد شیمیایی
۱۲۹	۶-۶ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی
۱۳۱	فصل هفتم طبقه بندی کالاهای خطرناک و برچسب گذاری آنها در هنگام استفاده
۱۳۳	۷-۱ مقدمه
۱۳۳	۷-۲ سیستم طبقه بندی مقررات مواد شیمیایی در اروپا (CHIP)
۱۳۷	۷-۳ ویرایش قدیمی سیستم اطلاعات مواد مخاطره آمیز در محیط کار کانادا (WHMIS)
۱۴۱	۷-۴ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی
۱۴۳	فصل هشتم سیستم جهانی طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی GHS
۱۴۵	۸-۱ مقدمه
۱۴۶	۸-۲ سابقه تدوین GHS
۱۴۷	۸-۳ عناصر GHS
۱۶۹	۸-۴ پایگاه های الکترونیک اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی
۱۶۹	۸-۵ راهنمای عملی برای کارگران و کافرمایان
۱۷۱	فصل نهم ظروف و بسته بندی مواد شیمیایی
۱۷۳	۹-۱ بسته بندی و ظروف نگهداری مواد شیمیایی
۱۷۴	۹-۲ بسته بندی کوچک و کم حجم
۱۷۶	۹-۳ شرایط بسته بندی و درج اطلاعات روی بسته های کالاهای خطرناک
۱۷۹	۹-۴ بسته بندی حجیم
۱۸۱	۹-۴ سیستم های تاسیساتی حاوی مواد شیمیایی
۱۸۴	۹-۶ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی
۱۸۵	فصل دهم انبارداری ایمن مواد شیمیایی
۱۸۷	۱۰-۱ مقدمه
۱۸۸	۱۰-۲ روش های جداسازی مواد شیمیایی
۱۸۸	۱۰-۳ سازگاری مواد شیمیایی و الزامات جداسازی آنها
۱۹۴	۱۰-۴ طبقه بندی مواد بر اساس خطرات و راهنمای نگهداری آنها
۲۰۲	۱۰-۵ دسته بندی ساختمان ها و حجم کالاهای خطرناک قابل نگهداری

۲۰۳	نگهداری مواد شیمیایی در آزمایشگاهها.....	۱۰-۶
۲۰۹	نگهداری مواد شیمیایی در ساختمانها و کارگاهها.....	۱۰-۷
۲۱۳	مقررات ایمنی انبارداری مواد شیمیایی و سموم در انبارها.....	۱۰-۸
۲۲۳	تجهیزات ایمنی انبارهای مواد شیمیایی.....	۱۰-۹
۲۲۳	ایمنی حریق در انبارداری کالاهای خطرناک بر اساس تقسیم بندی UN.....	۱۰-۱۰
۲۲۴	راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی.....	۱۰-۱۱
۲۲۵	فصل یازدهم حمل و نقل.....	
۲۲۷	۱۱-۱ مقدمه.....	
۲۲۷	۱۱-۲ حمل و نقل جاده‌ای کالاهای خطرناک.....	
۲۲۸	۱۱-۳ الزامات ایمنی عمومی حمل و نقل جاده‌ای کالاهای خطرناک.....	
۲۳۱	۱۱-۴ حمل مواد ناسازگار.....	
۲۳۱	۱۱-۵ ایمنی عملیات تخلیه و بارگیری مخازن حمل و نقل.....	
۲۳۲	۱۱-۶ انتخاب رانندگان خودروهای حامل مواد شیمیایی خطرناک.....	
۲۳۴	۱۱-۷ شرایط اضطراری در حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی خطرناک.....	
۲۳۶	۱۱-۸ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی.....	
۲۳۷	فصل دوازدهم انتقال لوله‌ای مواد شیمیایی.....	
۲۳۹	۱۲-۱ مقدمه.....	
۲۳۹	۱۲-۲ استانداردهای رنگ لوله‌ها.....	
۲۴۴	۱۲-۳ حفاظت از لوله‌ها.....	
۲۴۵	۱۲-۴ ماهیت خوردگی.....	
۲۴۷	۱۲-۵ انواع خوردگی.....	
۲۵۳	۱۲-۶ حفاظت کاتدی.....	
۲۵۷	۱۲-۷ نشت.....	
۲۶۴	۱۲-۸ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی.....	
۲۶۵	فصل سیزدهم پیوست‌ها و منابع.....	



فصل اول

آشنایی با صنایع،
مواد و محصولات
شیمیایی

آشنایی با صنایع، مواد و محصولات شیمیایی

۱-۱ مقدمه

امروزه زندگی انسان ارتباطی تنگاتنگ با مواد شیمیایی گوناگون پیدا کرده است. آزمایشگاه‌ها، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، کشاورزی، نانو تکنولوژی و بیوتکنولوژی، صنایع غذایی، صنایع معدنی، صنایع آرایشی و بهداشتی، صنایع سلولزی، صنایع داروسازی، صنایع مواد شوینده و پاک‌کننده و... همگی با مواد شیمیایی سروکار دارند و حذف این مواد، زندگی انسان را مختل می‌کند. تهیه، تولید و مصرف مواد شیمیایی می‌تواند در بردارنده خطرات گوناگون، به ویژه برای کارگران در معرض باشد. استفاده روزافزون مواد شیمیایی، سالانه باعث هزاران حادثه و بیماری شغلی شده است. به گونه‌ای که شماری فراوان از کارگران در نتیجه حوادث و بیماری‌های شغلی از چرخه اقتصادی بیرون رفته و هزینه‌های سنگینی بر سازمان‌های بیمه‌گر تحمیل شده است. بر اساس یک برآورد از مجموع ۵/۷ میلیون تن آلاینده شیمیایی رها شده در آمریکای شمالی در سال ۲۰۰۶، ۱/۸ میلیون تن مواد سمی (انباشت‌پذیر و تجزیه‌ناپذیر در محیط زیست)، ۹۷۰ هزار تن مواد سرطان‌زایا مشکوک به سرطان‌زایی و ۸۵۷ هزار تن سموم تولید مثلی بوده‌اند. از این رو، شناسایی مواد شیمیایی خطرناک، تعیین شیوه کار ایمن و بی‌خطر، انبارداری و حمل و نقل درست آن‌ها برای حفظ سلامت کارگران و نیز پاکیزگی محیط زیست ضروری است. استفاده از مواد شیمیایی در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران، رشد بسیار سریعی دارد. لیکن در این کشورها دانش مربوط به کاربرد صحیح و خطرات این مواد اندک بوده و توانایی لازم برای مقابله با اثرات آن‌ها محدود است.

۱-۲ ایمنی مواد شیمیایی

حوادثی که بر اثر واکنش‌های مواد شیمیایی پدید می‌آید، «حوادث شیمیایی» نامیده می‌شود. معمولاً فراوانی وقوع حوادث شیمیایی بالا نیست، ولی پیامد آن‌ها شدید است. به همین دلیل یکی از مباحث اصلی در

ایمنی صنعتی و نیز ایمنی جامعه کنترل اینگونه حوادث است. به این بخش از ایمنی، «ایمنی مواد شیمیایی»^۱ می‌گویند که در بردارنده گستره‌ای از اقدامات فنی و مدیریتی در مراحل خرید، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و کاربرد مواد شیمیایی است. ایمنی مواد شیمیایی در تمام صنایع، به‌ویژه در صنایع فرآیندی^۲، اهمیت فراوان دارد. در صنایع فرآیندی با استفاده از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی یا راه‌هایی دیگر مواد خام به محصولات بینایی یا نهایی تبدیل می‌شود. در این صنایع، تولید، ذخیره، حمل و نقل، استفاده و دفع مواد شیمیایی ذاتاً خطرناک بوده و پتانسیل رخداد حوادث فاجعه‌بار در آن‌ها بسیار بالاست.

پایان و سرانجام همه خطرات یکسان نیست. خطرات شغلی و فردی؛ مانند لیز خوردن، سقوط، بریدگی و حوادث ترافیکی، بزرگ تا چند نفر تأثیر می‌گذارند. در حالی که خطرات مربوط به فرآیند ممکن است حوادثی بزرگ، همچون انتشار مواد خطرناک، آتش‌سوزی، انفجار و یا ترکیبی از آن‌ها را سبب شوند. حوادث فرآیندی ممکن است پیامدهای فاجعه‌آمیزی از جمله جراحت و فوت افراد همراه با خسارات درخور توجه به تأسیسات و محیط‌زیست را به دنبال داشته باشد. اینگونه حوادث نه تنها به افراد شاغل در تأسیسات آسیب می‌رساند، بلکه بر مردم عادی نیز که در نزدیکی این تأسیسات زندگی می‌کنند، اثر می‌گذارد. به همین دلیل مدیریت ایمنی فرآیند بر طراحی و مهندسی واحد، ارزیابی ریسک، تحقیق و بررسی حوادث، مدیریت تغییر، بازرسی، آزمایش، تعمیر و نگاه‌داشت تجهیزات، کنترل مؤثر هشداردهنده‌های فرآیند، روش‌های اجرایی عملیات و تعمیرات، آموزش کارکنان و عوامل انسانی تمرکز دارد. برای درک تفاوت ایمنی فردی و ایمنی فرآیند می‌توان مثال زیر را مطرح کرد. یکی از مشکلات مهم ایمنی در صنایع هوایی، آسیب‌های ماهیچه‌ای و کم‌ری بارها ناشی از بلندکردن و حمل چمدان مسافران است (ایمنی فردی). اما هیچ خط‌هوائی تصور نمی‌کند که کاهش این نوع حوادث می‌تواند ایمنی پرواز را (معادل ایمنی فرآیند) بهبود بخشد. برای بهبود این دو نوع ایمنی، فعالیت‌ها و برنامه‌هایی متفاوت لازم است.

۱-۳ تعریف و طبقه‌بندی صنایع شیمیایی

به دلیل تنوع بسیار زیاد محصولات و فرآیندها در صنایع شیمیایی، در عمل ارایه تعریفی دقیق از این صنعت دشوار است. با این وجود، در قاعده هرم این صنایع شرکت‌هایی قرار دارند که از ترکیب مواد آلی و معدنی به دست آمده از زمین با گرما، آب یا هوا محصولات تولید می‌کنند که خود به عنوان مواد اولیه و خوراک برای تولید سایر مصنوعات به کار می‌روند. به بیان دیگر صنایع شیمیایی به بخشی از صنایع گفته می‌شود، که مواد شیمیایی مورد نیاز دیگر صنایع را از طریق تبدیل مواد خام به مواد مورد نیاز، تامین می‌کند. پالایشگاه‌ها و واحدهای پتروشیمی که مواد خام نفتی را به موادی چون سوخت، حلال (محصولات غذایی)، رزین و... تبدیل می‌کنند، نمونه‌ای از صنایع شیمیایی به‌شمار می‌روند. هدف و مأموریت صنایع شیمیایی به عنوان یکی

1-Chemical safety

2- Process industry

از این گروه‌های صنعتی، تولید و فرآوری مواد از طریق واکنش‌های شیمیایی است. سیستم‌های طبقه‌بندی مختلفی برای شناسایی فعالیت‌های اقتصادی از جمله صنایع شیمیایی وجود دارد. با این وجود در بسیاری از کشورها طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی بر اساس ویرایش چهارم (سال ۲۰۰۸) سیستم طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی با عنوان «طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی تمامی فعالیت‌های اقتصادی» که توسط سازمان ملل ارائه شده است، انجام می‌شود. سازمان ملل این دسته بندی را از سال ۱۹۴۸ و به منظور فراهم کردن امکان مقایسه فعالیت‌های اقتصادی کشورها با همدیگر ارائه کرده است. کشورهای جهان با توجه به ساختار مدیریتی و اقتصادی خود یا این طبقه بندی را به طور دقیق پذیرفته و یا این که با ادغام برخی از قسمت‌های طبقه بندی در همدیگر و گاه افزودن بخش‌هایی به آن، از آن به عنوان مبنایی برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات فعالیت‌های اقتصادی خود استفاده می‌کنند. طبقه بندی موجود در ایران تغییرات بسیار اندکی نسبت به متن استاندارد دارد.

در طبقه بندی استاندارد ISIC فعالیت‌های اقتصادی به ۲۱ بخش^۱ تقسیم شده و هر بخش با یکی از حروف الفبای انگلیسی شناسایی می‌شود. برای نمونه «کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری» به عنوان بخش A، «تولیدات صنعتی» به عنوان بخش C و «اطلاعات و ارتباطات» به عنوان بخش J شناسایی شده‌اند. سپس هر بخش به چندین قسمت^۲، هر قسمت به چند گروه^۳ و هر گروه به چند طبقه^۴ تقسیم شده است. هر فعالیت اقتصادی در این استاندارد با یک کد حرفی که نشان‌دهنده بخش یا رشته فعالیت اقتصادی است و یک کد عددی چهار رقمی که نشان‌دهنده قسمت، گروه و طبقه فعالیت اقتصادی است، شناسایی می‌شود. در هر بخش دو رقم اول سمت چپ کد عددی نشان‌دهنده «قسمت» و ارقام سوم و چهارم به ترتیب نشان‌دهنده «گروه» و «طبقه» فعالیت اقتصادی هستند. برای نمونه در بخش C (تولیدات صنعتی) کد ۱۸۱۲ به شغل تعمیر و نگهداری تجهیزات مرتبط با دستگاه‌های چاپ اختصاص دارد. در این کد عدد ۱۸ تعیین‌کننده قسمت (چاپ) و بازتولید محتوای ثبت شده، عدد ۱ تعیین‌کننده گروه (چاپ و تعمیر و نگهداری تجهیزات مرتبط با دستگاه‌های چاپ) و عدد ۲ نشان‌دهنده طبقه (تعمیر و نگهداری تجهیزات مرتبط با دستگاه‌های چاپ) است.

در بخش C در استاندارد ISIC قسمت «تولید مواد و محصولات شیمیایی» با کد ۲۰ شناسایی شده است. این قسمت به سه گروه و هشت طبقه تقسیم شده است. قسمت‌های ۲۱ (تولید محصولات دارویی، مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی و داروهای گیاهی) و ۲۲ (تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی) با این که در فعالیت‌هایی جدا از قسمت ۲۰ (تولید مواد و محصولات شیمیایی) طبقه بندی شده‌اند، با این حال می‌توانند به عنوان مجموعه فعالیت‌های اصلی صنایع شیمیایی در هر کشوری مدنظر و مطالعه قرار گیرند. در جدول ۱-۱ طبقه بندی سه قسمت ۲۰، ۲۱ و ۲۲ بر اساس ISIC و طبقه بندی فعالیت‌های اقتصادی ایران ارائه شده است.

۱-Section

۲-Division

۳-Group

۴- Class

جدول ۱-۱. طبقه بندی فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با صنایع شیمیایی بر اساس استاندارد ISIC

توصیف عنوان	طبقه	گروه	قسمت
تولید مواد و محصولات شیمیایی			۲۰
تولید مواد شیمیایی پایه، کودهای شیمیایی و ترکیبات نیتروژن، و فرم اولیه پلاستیک‌ها و لاستیک‌های مصنوعی		۲۰۱	
تولید مواد شیمیایی پایه	۲۰۱۱		
تولید کودهای شیمیایی و ترکیبات نیتروژن	۲۰۱۲		
تولید فرم اولیه پلاستیک‌ها و لاستیک‌های مصنوعی	۲۰۱۳		
تولید سایر محصولات شیمیایی		۲۰۲	
تولید آفت‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی	۲۰۲۱		
تولید رنگ‌ها، جلا دهنده‌ها و سایر پوشش‌های مشابه، جوهر چاپ و ماسنیک‌ها (بتونه)	۲۰۲۲		
تولید صابون و شوینده‌ها، پاک‌کننده‌ها و واکس‌های براق‌کننده، عطرها و مواد آرایشی	۲۰۲۳		
تولید سایر مواد شیمیایی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۲۰۲۹		
تولید الیاف مصنوعی		۲۰۳	
تولید دارو، مواد شیمیایی مورد استفاده در امور پزشکی و محصولات و داروهای گیاهی			۲۱
تولید دارو، مواد شیمیایی مورد استفاده در امور پزشکی و محصولات و داروهای گیاهی	۲۱۰۰	۲۱۰	
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی			۲۲
تولید محصولات لاستیکی		۲۲۱	
تولید تایرها و تیوب‌های لاستیکی؛ روکش‌دهی و بازسازی تایرهای لاستیکی مستعمل	۲۲۱۱		
تولید سایر محصولات لاستیکی	۲۲۱۹		
تولید محصولات پلاستیکی	۲۲۲۰		

در ایران صنایع از نظر ساختار مدیریتی زیر مجموعه دو وزارتخانه نفت و «صنعت، معدن و تجارت» (صمت) قرار دارند. صنایع استخراج نفت و گاز و پتروشیمی تحت مدیریت وزارت نفت و سایر صنایع شیمیایی تحت مدیریت وزارت صنعت، معدن و تجارت قرار دارند. در وزارت صمت مدیریت امور صنایع در معاونت صنایع انجام شده و پنج دفتر زیر عهده‌دار مدیریت آنها از نظر مجوزهای مورد نیاز برای احداث و مدیریت عملکرد صنایع می‌باشند. این پنج دفتر عبارتند از:

▲ دفتر صنایع نساجی، پوشاک و سلولزی

▲ دفتر صنایع غیر فلزی

▲ دفتر صنایع حمل و نقل

▲ دفتر صنایع برق، فلزی و لوازم خانگی

▲ مرکز ساخت داخل، صنایع ماشین‌سازی و تجهیزات

در هر کدام از دفاتر، گروه‌های صنعتی مختلفی مدیریت می‌شوند. گروه‌های صنایع دارویی، صنایع پلیمر،

صنایع پتروشیمی، و صنایع شیمیایی زیر مجموعه دفتر صنایع غیر فلزی هستند. در ایران طبقه‌بندی دیگری نیز از صنایع وجود دارد. سازمان محیط زیست ایران برای تعیین ضوابط و معیارهای استقرار صنایع در محدوده‌های شهری و روستایی، گروه‌های صنعتی را با توجه به فرآیند تولید در ۱۱ گروه طبقه‌بندی کرده است. در این طبقه-بندی نیز صنایع شیمیایی تقریباً در بر دارنده کارخانجاتی است که در طبقه‌بندی ISIC اشاره شد. این طبقه‌بندی و مثال‌های مربوط به آن‌ها در جدول ۲-۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۲-۱: تقسیم‌بندی صنایع در ایران بر اساس فرآیند تولید

ردیف	نام گروه صنعتی	مثال‌ها
۱	صنایع غذایی	قندسازی، نوشابه‌های غیرالکلی، فرآورده‌های دامی، صنایع گوشتی، کارخانجات روغن نباتی، تولید آرد و نشاسته، کمپوت و کنسرو و ...
۲	صنایع نساجی	دوزندگی، بافندگی و ریسندگی، حلاجی، عملیات رنگرزی و چاپ و تکمیل
۳	صنایع چرم	مصنوعات سراجی و پوستی، دباغی، چرم‌سازی، روده پاک کنی و زهنبایی
۴	صنایع سلولزی	صحافی، چاپخانه و مبیل‌سازی، تهیه نوپان و کاغذسازی
۵	صنایع فلزی	تراشکاری، قطعه‌سازی و قالب‌سازی، آبکاری، رنگ کاری، ریخته‌گری و عملیات کوره‌ای
۶	صنایع کانی غیرفلزی	تولید بتن، سرامیک، شیشه، گچ، آهک، آسفالت و سیمان
۷	صنایع شیمیایی	ساخت انواع پلاستیک و لاستیک، رنگ‌سازی، سموم دفع آفات، تولید کودهای شیمیایی و پودرهای لباس شویی و ...
۸	صنایع دارویی	تولید مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی
۹	صنایع برق و الکترونیک	تولید لوازم برقی به صورت مونتاژ و وسایل و تجهیزات مرتبط با الکترونیسته
۱۰	صنایع کشاورزی	فعالیت‌های زنبور داری، تولید کرم ابریشم، پرورش ماهی، پرنده و قارچ، واحدهای پرورش گوسفند، گاو، بوقلمون و سایر ماهیان و میگو و صدف
۱۱	صنایع ماشین‌سازی	صنایع تولید خودروها و ماشین‌آلات صنعتی و خانگی

در هر حال، فارغ از شیوه دسته‌بندی صنایع شیمیایی، عملکرد طیف بزرگی از صنایع دیگر به طور مستقیم یا غیر مستقیم به این صنایع وابسته است. به بیان دیگر تولید محصول یا ادامه کار در بسیاری از صنایع به تامین مواد اولیه از صنایع شیمیایی وابسته است. در جدول ۳-۱ فهرست برخی از کارخانجات مرتبط با صنایع شیمیایی ارائه شده است.

جدول ۱-۳: فهرست کارخانجات تحت پوشش صنایع شیمیایی

ردیف	نام صنعت	کارخانجات تحت پوشش / محصولات
۱	صنایع کانی غیرفلزی	کاشی و سرامیک، چینی بهداشتی، سیمان، گچ، آجر، آهک، شیشه، بلور، نسوزها، لعاب
۲	صنایع غذایی	روغن نباتی، قند، شکر، شیر پاستوریزه، لبنیات، آب میوه و عصاره، عرقیات، بیسکویت و شیرینی، آرد و نان، نوشیدنی‌ها، کمپوت و کنسرو
۳	صنایع دارویی و مهندسی پزشکی	داروسازی، سرم‌سازی، واکسن‌سازی، داروهای گیاهی، تجهیزات دیالیز، اندام مصنوعی، بیومواد
۴	صنایع آب و فاضلاب	تصفیه آب، تصفیه فاضلاب شهری، تصفیه فاضلاب صنعتی، تولید آب شرب شهری، آب کشاورزی، انواع آب‌های صنعتی، آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی
۵	صنایع لاستیک و پلاستیک (پلیمر)	شکل‌دهی و ساخت انواع قطعات لاستیکی و پلاستیکی، تایر، لوله و اتصالات
۶	صنایع رنگ و رزین	رنگ ساختمانی، رنگ صنعتی، رنگ‌های ویژه، رزین، رنگ‌های گیاهی، انواع چسب، انواع جوهر
۷	صنایع چوب و کاغذ	کاغذ، مقوا، فیبر، نئوپان، چوب فشرده، تراورس، انواع چوب‌های ساختمانی و تزئینی
۸	صنایع شوینده پاک‌کننده	پودر لباسشویی، صابون جامد و مایع، مایع ظرفشویی، سفیدکننده
۹	صنایع آرایشی بهداشتی	انواع پودر بدن، کرم پوست، لوازم آرایشی، خمیردندان
۱۰	صنایع نفت و گاز	مصرف‌کننده انواع مواد افزودنی در بخش‌های حفاری و پالایشی
۱۱	صنایع شیمیایی خودرو و مکانیک	انواع روغن موتور، روغن ترمز، افزودنی‌های سوخت بنزین، ضدیخ
۱۲	صنایع سلولزی و نساجی	ریسندگی و بافندگی، پارچه، لیاف، نخ، متقال، گونی، کتان، کف
۱۳	صنایع پوست پشم و چرم	چرم‌سازی، فرآوری پشم، مصنوعات پشمی، سالامبور
۱۴	صنایع آبکاری و متالوژی	الکتروپلیت، آبکاری و روکش‌دهی، متالوژی استخراجی
۱۵	دیگر صنایع	الکترونیک، نیروگاه‌ها، مصرف‌کننده‌های انواع مواد شیمیایی و افزودنی

۱-۴ محصولات صنایع شیمیایی

تولیدات صنایع شیمیایی از نظر سطوح استفاده و مصرف کنندگان آن‌ها به سه گروه از محصولات تقسیم می‌شوند:

۱. مواد شیمیایی پایه^۱

۲. مواد شیمیایی ویژه^۲

۳. مواد شیمیایی مصرفی^۳

مواد شیمیایی پایه به سه گروه مواد شیمیایی مشتق از نفت (مواد پتروشیمی)، پلیمرها و مواد معدنی پایه تقسیم می‌شوند. البته برخی از مواد پتروشیمی غیر از نفت از مواد دیگری نیز تولید می‌شوند. برای نمونه متانول که یکی از مواد حاصل از نفت در بسیاری از کشورهاست، در کشور چین از ذغال سنگ استحصال می‌شود. بنابراین واژه «پتروشیمی» از این نظر نباید سبب گمراهی در خصوص ریشه مواد شود.

مواد شیمیایی پایه در مقادیر بسیار زیاد تولید شده و برای تولید مواد شیمیایی ویژه و مواد مصرفی به شرکت‌های دیگر فروخته می‌شود. برای نمونه، اتن به عنوان یک ماده شیمیایی پایه (به شکل گاز) برای تولید پلی اتن و سایر پلیمرها استفاده می‌شود. سپس این محصولات برای تولید انواع پلاستیک‌ها به کار برده می‌شوند. نمونه دیگر اسید استیک است که به عنوان یک ماده شیمیایی پایه برای تولید استرها (مواد شیمیایی ویژه) و سپس رنگ‌ها (مواد شیمیایی مصرفی) استفاده می‌شود. در جدول ۱-۴ نام تعدادی از مواد شیمیایی پایه با منشاء آلی و معدنی آورده شده است.

جدول ۱-۴. نمونه‌هایی از مواد شیمیایی پایه

مواد شیمیایی پایه با منشاء آلی	مواد شیمیایی پایه با منشاء پایه
بنزن و متیل بنزن‌ها، بوتان-۱-۳-دی‌ان، اکسید اتیلن، گلیکول اتیلن، اسید استیک، اتانول، اتیلن، فرمالدهید، متانول، متیل ترت بوتیل اتر، فنول، استون، پروپیلن، اوره	آمونیاک، برم، کربنات کلسیم، کلر، فلورورژن، هیدروژن، کلرید هیدروژن، فلونورید هیدروژن، ید، اسید نیتریک، اکسیژن، نیتروژن و گازهای نادر، اسید فسفریک، فسفر، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم، گوگرد، اسید سولفوریک، دی‌اکسید تیتانیوم

مواد شیمیایی ویژه، موادی دارای اثرات ویژه هستند که بسیاری از صنایع دیگر به آن‌ها وابسته‌اند. چسب‌ها، مواد شیمیایی کشاورزی، پاک‌کننده‌ها، افزودنی‌های مواد آرایشی، مواد شیمیایی ساختمانی، الاستومرها، مواد طعم دهنده‌ها، افزودنی‌های غذایی، عطرها، گازهای صنعتی، روان‌کننده‌ها، پلیمرها و سورفاکتانت‌ها در دسته مواد شیمیایی ویژه قرار می‌گیرند. این گونه مواد بر اساس خاصیت ویژه خود برای تولید مواد شیمیایی مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر یک از این ترکیبات مولکول یا مخلوطی منحصر به فرد از مولکول‌ها هستند که تحت عنوان «فرمولاسیون» معرفی می‌شوند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

1. Basic chemicals
2. Specialty chemicals
3. Consumer chemicals

فرمولاسیون، خواص و عملکرد محصول نهایی را تغییر می دهد.

مواد شیمیایی مصرفی موادی هستند که به طور مستقیم در دسترس عموم افراد جامعه قرار می گیرند. انواع شوینده ها، صابون ها و مواد آرایشی و بهداشتی مختلف از جمله این گروه از مواد شیمیایی هستند. محصولات صنایع شیمیایی از نظر ساختار شیمیایی ماده تولیدی نیز به سه گروه مواد آلی، مواد معدنی و دیگر مواد تقسیم می شوند. در جدول ۵-۱ نمونه هایی از هر گروه از مواد آرایه شده است.

جدول ۵-۱. فهرست برخی از مواد شیمیایی معدنی، آلی و سایر مواد

ردیف	نوع مواد شیمیایی	نام مواد شیمیایی
۱	مواد معدنی	اسیدها، بازها، نمک ها، اکسیدها و سایر مواد معدنی مانند: آب ژاول، آهک هیدراته، اسید کرومیک، اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید فسفریک، اسید آلومینیم، اسید روی، اسید سرب، اسید منیزیم، اسید آهن، اسید کرم، بی سولفیت سدیم، بی کرومات سدیم، کاربید سیلیسیم، تری سدیم فسفات، دی سدیم فسفات، دی کلسیم فسفات، سود سوزآور، سولفات آلومینیم، سولفات آهن، سولفات کرم، سولفات باریم، سولفات روی، سولفات سدیم، سولفات کرم، سولفات مس، سولفات منیزیم، سولفات نیکل، سولفور باریم، سولفورسدیم، سولفیت سدیم، سیلیکات سدیم، کاربید کلسیم، کربنات باریم، کربنات سدیم، کلریدریک، کلرور کلسیم، کلرور منیزیم، کلرید روی، نیترات پتانسیم، نیترات سدیم، نیترات نقره، هیپوکلریدسدیم
۲	مواد آلی	الکل صنعتی، الکل اتیلیک، پلی ونیل الکل، متانول، بنزین الکل، اسید فرمیک، اسید استیک، اسید استناریک، اسید اولئیک، اسید ترفتالیک، اسید سیتریک، اتیل دی آمین تتراستیک اسید، کوکونات فنیل اسید دی اتانول آمید، کروزل سولفونیک اسید، تولون سولفونیک اسید، دو اتیل هگزانوئیک اسید، هگزامین، استالدید، بنزالدید، میتل اتیل کتون، فنل و مشتقاتش، روغن های آروماتیک، گلسیرین و مشتقات آن، حلال های شیمیایی، هیدروکربن های آلیفاتیک و آروماتیک و هالوژنه شده، اسیدهای آلی، انیدریدها، الکل ها، اترها، استرها، آلدئیدها، کتون ها، حلال ها
۳	دیگر مواد شیمیایی	روغن موتور، روغن های صنعتی، سموم دفع آفات نباتی، کودهای شیمیایی، کلرو مشتقات کلره، انواع گازهای صنعتی (اکسیژن، نیتروژن، ازن، گاز کربنیک، استیلن، آرگون)، اسانس و عصاره گیاهان، افزودنی های بتون، حشره کش، رنگ، رزین، چسب، نشاسته و مشتقات، مواد فعال سطحی، برخی مواد اولیه و مواد افزودنی مورد نیاز صنایع لاستیک و پلاستیک، آبکاری، دارویی، شوینده ها، آرایشی بهداشتی، قند و شکر، نساجی، سرامیک، چرم سازی، نفت و گاز، سردکننده ها، مواد ضد عفونی کننده، مواد مورد استفاده در تصفیه آب،

● ۵-۱ درجه خلوص مواد شیمیایی

گذشته از دسته‌بندی‌های ارائه شده برای محصولات شیمیایی، محصولات تولیدی این صنایع از نظر میزان خلوص محصول تولید شده دارای درجات مختلفی هستند. درجه خلوص، نسبت جرم ماده خالص به جرم ماده ناخالص است. میزان خلوص بسیاری از مواد شیمیایی بر روی برچسب آن‌ها درج شده و نشان‌دهنده میزان پالایش شدگی آن محصول از ناخالصی‌هاست. هر اندازه که مقدار مواد شیمیایی دیگر مانند فلزات، آب و سایر ناخالصی‌ها در یک ماده شیمیایی بیشتر باشد، درجه خلوص آن پایین‌تر خواهد بود. درجه خلوص مواد شیمیایی بر بسیاری از ملاحظات ایمنی در نگهداری، حمل و کاربرد آن‌ها تاثیر گذار است. همچنین نحوه مدیریت حوادث ناشی از مواد شیمیایی بسته به درجه خلوص ماده شیمیایی دخیل در حادثه تفاوت‌هایی خواهد داشت. استانداردهای مختلفی برای درجه‌بندی خلوص مواد شیمیایی وجود دارد. در این درجه‌بندی‌ها میزان خلوص مواد بسته به محل مصرف آن تعیین می‌شود. در یکی از استانداردهای رایج خلوص مواد شیمیایی در هفت دسته طبقه‌بندی شده است. در این استاندارد درجات خلوص مواد بر اساس نوع کاربری آن‌ها دسته‌بندی شده است. برای نمونه گروه سوم در این دسته‌بندی درجه USP است. درجه خلوص این مواد مساوی یا بیش از الزامات درج شده در «مرجع تست‌ها و روش‌های آنالیز مواد اولیه و محصولات دارویی (فارماکوپه) ایالات متحده»^۱ بوده و برای استفاده در صنایع دارویی، غذایی، پزشکی و آزمایشگاهی مجازند. جزئیات بیشتری از این دسته‌بندی در جدول ۶-۱ ارائه شده است. با این حال پرکاربردترین درجات خلوص شامل درجه واکنشگر (معرف)^۲، درجه آزمایشگاهی^۳، و درجه فنی (صنعتی)^۴ هستند. مواد تولید شده با درجه واکنشگر، دارای بالاترین میزان خلوص ماده شیمیایی بوده و مواد تولید شده با درجه صنعتی، کمترین میزان خلوص را دارا می‌باشند. مواد شیمیایی آزمایشگاهی موادی با درجه خلوص بالا هستند که برای کاربردهای آزمایشگاهی، همچون آنالیز و شناسایی کمی و کیفی مواد به کار گرفته می‌شوند. این آزمایشگاه‌ها برحسب نیاز ممکن است آموزشی، صنعتی، کنترل کیفی، بیمارستانی، تشخیص طبی یا تحقیقاتی باشند. آشکار است که تولید مواد شیمیایی با درجات خلوص بسیار بالا نیازمند صرف زمان، هزینه و تکنولوژی بالاتری است. در بسیاری از مطالعات علمی و صنعتی، استفاده از مواد شیمیایی با درجه خلوص آزمایشگاهی و صنعتی هدف پژوهشگران را تامین کرده و در میزان هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌کند.

۱- United States Pharmacopeia (USP)

۲-Reagent grade

۳-Laboratory grade

۴-Technical grade

جدول ۵-۱: درجه خلوص مواد شیمیایی و موارد کاربرد آنها

درجه خلوص	میزان خلوص	موارد کاربرد
ACS	بالاترین میزان خلوص قابل دستیابی (بر اساس استانداردهای وضع شده توسط انجمن مواد شیمیایی آمریکا ^۱)	استفاده در پروژه‌های علمی و صنعتی بسیار دقیق و حساس استفاده در تحقیقات بر روی موجودات زنده
Reagent	درجه خلوص بالا برابر با درجه ACS	استفاده در کاربردهای آزمایشگاهی و تجزیه‌ای
USP	درجه خلوص مطابق با الزامات کتاب مرجع تست‌ها و روش‌های آنالیز مواد اولیه و محصولات دارویی (فارماکوپه) ایالات متحده آمریکا	استفاده در صنایع دارویی، غذایی، پزشکی و بسیاری از کاربردهای آزمایشگاهی
NF	درجه خلوص مطابق با الزامات دارونامه ملی ایالات متحده آمریکا ^۲ (پس از ادغام USP و NF در آمریکا تحت عنوان USP-NF شناسایی می‌شود)	استفاده در صنایع دارویی، غذایی، پزشکی و بسیاری از کاربردهای آزمایشگاهی
Lab	درجه خلوص نسبتاً بالا، همراه با مقادیر بسیار اندکی از ناخالصی‌های ناشناخته	استفاده در بسیاری از تحقیقات علمی عادی و آموزشی عدم استفاده از در هیچ یک از محصولات غذایی و دارویی
Purified	درجه خلوص عملیاتی یا مواد شیمیایی خالص، مواد شیمیایی با کیفیت خوب که کیفیت آنها مطابق با هیچ یک از استانداردهای رسمی نیست	استفاده در بسیاری از تحقیقات علمی عادی و آموزشی عدم استفاده از در هیچ یک از محصولات غذایی و دارویی
Industrial	درجه خلوص مطلوب ولی حاوی مقادیری ناخالصی	استفاده برای تولیدات صنعتی و تجاری قابل استفاده (تا اندازه‌ای) برای تحقیقات علمی عادی عدم استفاده برای محصولات غذایی، دارویی و پزشکی

۱-American Chemical Society (ACS)

۲- United States National Formulary (USNF)

فارماکوپه رفرنس تست‌ها و روش‌های آنالیز مواد اولیه و محصولات دارویی است که الزامات تمام داروهای مجاز و موجود در بازار را در بر نمی‌گیرد اما دارونامه، لیست داروهای مجاز برای عرضه در یک کشور یا محل می‌باشد و واژه انگلیسی آن formulary است.

۶-۱ راهنمای عملی برای کارگران و کارفرمایان

به کارگران و کارفرمان توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات شرکت اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ صنعت مورد مطالعه را از نظر قرارگیری در دسته صنایع شیمیایی بر اساس استانداردهای ملی و بین‌المللی بررسی کنید و در گزارش‌های بازرسی مورد اشاره قرار دهید.
- ▶ پتانسیل ریسک‌های صنعتی را بر اساس نوع تولیدات صنعت (مواد پایه، ویژه، مصرفی) بر اساس راهنماهای مرتبط با ارزیابی سطح ریسک بررسی و گزارش نمایید.
- ▶ وضعیت صنعت را از نظر زنجیره تولید تا مصرف مواد پایه، ویژه یا مصرفی بررسی و ریسک‌های احتمالی مرتبط (بر اساس راهنماهای مرتبط با ارزیابی ریسک) استخراج کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ قرارگیری صنعت محل کار در دسته بندی‌های ملی و بین‌المللی صنایع شیمیایی را بررسی و وضعیت آن را گزارش کنید.



فصل دوم

مدیریت ایمنی

شیمیایی توسط

کارفرمایان

مدیریت ایمنی شیمیایی توسط کارفرمایان

۲-۱ مقدمه

گرچه مواد شیمیایی به نحوه گسترده-ای در زندگی انسان وارد شده‌اند و جزء لاینفک زندگی هستند، ولی نگرانی‌ها در مورد اثرات آن‌ها بر روی سلامتی انسان و محیط زیست یک مسئله جهانی است. بدیهی است که این مواد می‌توانند پیامدهای بهداشتی و زیست محیطی متنوعی بسته به نوع و ترکیبشان داشته باشند. بنابراین لازم است مقتضیات یکسانی برای کلیه مواد شیمیایی که تولید یا وارد یا مصرف می‌شوند در نظر گرفته شده و اطلاعات لازم برای حفاظت کارکنان و مصرف کنندگان در برابر خطرات مواد شیمیایی از طریق کاهش مواجهه، جایگزینی مواد خطرناک و تدوین مقررات کاری فراهم گردد. در این راستا تاکنون برنامه‌ها، قوانین، معاهدات و نظام‌نامه‌های مختلفی از سوی سازمان‌های بین‌المللی، قاره‌ای و کشوری تدوین و اجرا شده است. در اینجا به معرفی تعدادی از این برنامه‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۲ سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS)

فعالیت‌های زیادی در حوزه ایمنی مواد شیمیایی از اوایل دهه هشتاد میلادی آغاز شده است. در این بخش برخی از برنامه‌ها، پروژه‌ها و نهادهای بین‌المللی مرتبط با ایمنی شیمیایی به ترتیب زمانی معرفی خواهند شد.

۲-۲-۱ برنامه بین‌المللی ایمنی مواد شیمیایی^۱ (IPCS)

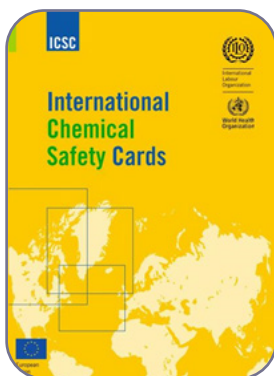
در سال ۱۹۸۰ سه نهاد زیر مجموعه سازمان ملل شامل سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان بین‌المللی کار (ILO) و برنامه زیست محیطی سازمان ملل متحد (UNEP) با همکاری همدیگر تشکیلاتی

۱- International Programme on Chemical Safety (IPCS)

را با عنوان برنامه بین المللی ایمنی مواد شیمیایی تاسیس نمودند. هدف از راه اندازی این برنامه اشاعه کاربرد ایمن مواد شیمیایی در جهان و تقویت توانمندی‌ها و ظرفیت‌های ملی کشورها در حوزه ایمنی شیمیایی بود. در سال‌های اخیر این تشکیلات برنامه‌ها و اهداف خود را در قالب یک همکاری مشترک با مرکز کانادایی ایمنی و بهداشت شغلی^۱ و با نام IPCS INCHEM پیگیری می‌کند و اطلاعات آن در وبسایت www.inchem.org قابل دسترسی است.

۲-۲-۲ ■ کارت‌های بین المللی ایمنی شیمیایی^۲

این پروژه یک اقدام مشترک میان سازمان جهانی بهداشت و سازمان بین المللی کار با همکاری کمیسیون اروپایی است که از سال ۱۹۸۰ و با سرپرستی برنامه بین المللی ایمنی مواد شیمیایی آغاز شده است. این کارت‌ها با هدف ارایه اطلاعاتی ضروری در خصوص ایمنی و بهداشت مواد شیمیایی به شکلی مختصر و مفید و ارتقاء سطح کاربرد ایمن مواد شیمیایی در کارگاه‌ها تهیه می‌شوند. گروه هدف این کارت‌ها، کارگران می‌باشند. تاکنون بیش از ۱۷۰۰ کارت به چندین زبان بین المللی تهیه شده و در پایگاه‌های اینترنتی سازمان بین المللی کار^۳ و برنامه بین المللی ایمنی شیمیایی^۴ ارایه شده‌اند. اطلاعات ارایه شده در این کارت‌ها مطابق با «کنوانسیون مواد شیمیایی» سازمان بین المللی کار (۱۹۹۰) و دستورالعمل اتحادیه اروپا به شماره ۹۸/۲۴/EC و براساس معیارهای سیستم هماهنگ بین المللی طبقه‌بندی مواد شیمیایی (GHS) تنظیم می‌شوند (شکل ۱-۲). این کارت‌ها شباهت‌های زیادی به برگه‌های اطلاعات ایمنی (SDS) داشته و به دلیل رعایت فرآیند دقیق در تهیه محتوا و اعتبارسنجی آن‌ها از اعتبار خوبی برخوردارند. با این حال به عنوان یک مدرک قانونی به کار نمی‌روند. کارت‌های ICSC ابزاری کمکی برای اجرای مفاد کنوانسیون مواد شیمیایی ILO به شماره ۱۷۰ (۱۹۹۰) هستند.



شکل ۱-۲. کتابچه کارت‌های بین المللی ایمنی شیمیایی

۱- Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)

۲-International Chemical Safety Cards (ICSC)

۳- www.ilo.org/icsc

۴- <http://www.inchem.org/pages/icsc.html>

اطلاعات ارایه شده در کارت‌های بین‌المللی ایمنی شیمیایی شامل ۱۲ بند است. این اطلاعات عبارتند از:

- ▲ ماهیت ماده شیمیایی
- ▲ خطرات آتش‌سوزی و انفجار
- ▲ خطرات بهداشتی حاد
- ▲ جمع‌آوری ریزش، نگهداری و بسته‌بندی
- ▲ اقدامات پیشگیرانه
- ▲ مقابله با آتش‌سوزی
- ▲ کمک‌های اولیه
- ▲ دسته‌بندی و برچسب‌گذاری
- ▲ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و خطرات ماده
- ▲ اثرات بهداشتی کوتاه مدت و بلند مدت ماده
- ▲ اطلاعات قانونی
- ▲ داده‌های زیست‌محیطی

■ ۲-۲-۳ کنوانسیون مواد شیمیایی سازمان بین‌المللی کار (شماره ۱۷۰)^۱

این کنوانسیون در سال ۱۹۹۰ به تصویب سازمان بین‌المللی کار رسید. در این کنوانسیون به حفاظت از کارگران در برابر اثرات زیان‌آور کار و تماس با مواد شیمیایی و لزوم آگاهی آنان از خطرات کار با این مواد تأکید شده است. همچنین در این معاهده‌نامه به ضرورت پیشگیری یا کاهش شیوع بیماری‌ها و سوانح ناشی از مواد شیمیایی اشاره شده است. برای دستیابی به این اهداف چهار اصل کلی به کشورهای پیشنهاد شده است:

- ▲ اطمینان کشورها از ارزیابی مواد شیمیایی و تعیین خطرات آن‌ها
 - ▲ ایجاد سازوکاری برای کارفرمایان جهت کسب اطلاعات مواد شیمیایی از تولیدکنندگان آن‌ها و اجرای برنامه‌های مؤثر برای محافظت کارگران از خطرات مواد شیمیایی
 - ▲ جلب مشارکت مؤثر کارگران در برنامه‌های ایمنی شیمیایی با تهیه و ارایه اطلاعات کافی در مورد مواد شیمیایی موجود در محیط کار کارگران و روش‌های حفاظتی مناسب برای کار با آن‌ها
 - ▲ ایجاد قوانین حمایتی برای برنامه‌های مرتبط با کاربرد ایمن مواد شیمیایی در محیط کار
- در این معاهده‌نامه بین‌المللی اصول و چارچوب کلی برنامه مدیریت ایمنی مواد شیمیایی شامل تعاریف، طبقه‌بندی، مسئولیت‌های کارفرما، وظایف کارگران، حقوق کارگران و نمایندگان آن‌ها تعیین شده است. استفاده از مواد شیمیایی^۲ در این کنوانسیون به صورت زیر تعریف شده است:

۱- ILO Chemicals Convention, ۱۹۹۰ (No. ۱۷۰)

۲- Use of chemicals at work

«هرگونه فعالیت کاری شامل الف) تولید، کاربرد، نگهداری، حمل و نقل، دفع و تصفیه پسماندهای مواد شیمیایی، ب) رها شدن مواد شیمیایی در اثر فعالیت‌های کاری و ج) نگهداری، تعمیر و پاکسازی دستگاه‌ها و ظروف حاوی مواد شیمیایی، که سبب تماس کارگر با مواد شیمیایی شود».

■ ۲-۲-۴ برنامه بین‌سازمانی برای مدیریت مطلوب مواد شیمیایی^۱ (IOMC)

این برنامه در سال ۱۹۹۵ و با هدف تقویت همکاری و هماهنگی‌های بین‌سازمان‌ها و نهادهای بین‌المللی در حوزه ایمنی شیمیایی راه‌اندازی شد. این برنامه عالی‌ترین مکانیزم سازمان ملل برای شروع، تسهیل و هماهنگی فعالیت‌های بین‌المللی برای دستیابی به چشم‌انداز تعیین شده در حوزه ایمنی شیمیایی در «مجمع جهانی توسعه پایدار»^۲ است. در این نشست که در سال ۲۰۰۲ در ژوهانسبورگ آفریقای جنوبی برگزار شد، تلاش و برنامه‌ریزی برای دستیابی به مدیریت مطلوب مواد شیمیایی در سراسر جهان تا سال ۲۰۲۰ مورد تأکید کشورهای شرکت‌کننده قرار گرفت. سازمان بهداشت جهانی به عنوان سازمان مجری این برنامه تعیین شده و خدمات دبیرخانه‌ای را به «کمیته هماهنگی بین‌سازمانی»^۳ ارائه می‌دهد. تعداد سازمان‌های مشارکت‌کننده در IOMC^۴ عدد بوده و عبارتند از (شکل ۲-۲):

۱. سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد^۵ (FAO)
۲. سازمان بین‌المللی کار (ILO)
۳. برنامه پیشرفت و توسعه ملل متحد^۶ (UNDP)
۴. برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP)
۵. سازمان توسعه صنعتی ملل متحد (UNIDO)
۶. موسسه آموزش و پژوهش ملل متحد (UNITAR)
۷. سازمان بهداشت جهانی (WHO)
۸. بانک جهانی (WB)
۹. سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD)

۱- Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC)

۲- World Summit on Sustainable Development (WSSD)

۳- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

۴- United Nations Development Programme (UNDP)



شکل ۲-۲. سازمان‌های شرکت‌کننده در برنامه IMOC

۵-۲-۲- رهیافت برنامه بین‌المللی مدیریت مواد شیمیایی (SAICM)

رهیافت برنامه بین‌المللی مدیریت مواد شیمیایی چارچوب سیاست‌های جهانی برای اقدام بین‌المللی در پیشبرد اهداف IMOC است که در فوریه سال ۲۰۰۶ در کنفرانس بین‌المللی مدیریت مواد شیمیایی تصویب شده است (شکل ۲-۳). مفاد سند SAICM همسو با چشم‌انداز تدوین شده در مجمع جهانی توسعه پایدار در سال ۲۰۰۲ است. در این چشم‌انداز دستیابی به مدیریت مطلوب مواد شیمیایی در جهان تا سال ۲۰۲۰ تصریح شده است. به حداقل رساندن پیامدهای تولید و به کارگیری مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست در تمام چرخه عمر آن‌ها در سند SAICM مورد تأکید قرار گرفته است. سند SAICM دولت‌ها را تشویق می‌کند که یک سیستم ملی مدیریت مواد شیمیایی داشته باشند که شامل عناصر زیر باشد:



شکل ۲-۳. رهیافت برنامه بین‌المللی مدیریت مواد شیمیایی

- ▶ قوانین مناسب و کافی
 - ▶ جمع‌آوری اطلاعات و انتشار آن‌ها
 - ▶ ظرفیت برای ارزیابی ریسک و تفسیر آن
 - ▶ ایجاد سیاست‌های مدیریت ریسک
 - ▶ ظرفیت برای پیاده‌سازی و اجرای آن
 - ▶ توانایی احیای سایت‌های آلوده و توانبخشی افراد مسموم
 - ▶ برنامه‌های آموزشی مؤثر
 - ▶ توانایی پاسخگویی به شرایط اضطراری
- دبیرخانه اجرایی SAICM در نهاد برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP) در نایروبی پایتخت کنیا واقع شده است.

■ ۶-۲-۲ سیستم هماهنگ جهانی طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی^۱ (GHS)

پروژه ایجاد سیستمی یکپارچه برای طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی از سال ۱۹۹۲ در سازمان ملل شروع و به انتشار سند «معیارهای هماهنگ جهانی طبقه بندی و برچسب زنی مواد شیمیایی» در سال ۲۰۰۲ منجر شد. در این سند از کشورهای جهان خواسته شده است که قوانین داخلی خود را منطبق با معیارهای جدید تغییر داده و زمینه را برای طبقه بندی و برچسب زنی هماهنگ مواد شیمیایی در سراسر دنیا آماده کنند. در این سیستم یک چارچوب طبقه بندی خطرات، برچسب گذاری و «برگه‌های اطلاعات ایمنی» واحد برای مواد شیمیایی تعریف شده است. جزئیات روش برچسب گذاری و تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی این سیستم در فصل سوم ارائه شده است.

● ۳-۲ فعالیت‌های فرامنطقه‌ای و ملی

در این بخش برخی از پروژه‌ها، استانداردها و قوانین مرتبط با ایمنی شیمیایی که به صورت فرامنطقه‌ای یا کشوری ایجاد شده‌اند، معرفی می‌شود.

■ ۱-۳-۲ نظام نامه‌ثبت، ارزشیابی، اجازه مصرف یا محدودیت کاربرد مواد شیمیایی^۲ (REACH)

مقررات جاری اتحادیه اروپا برای مواد شیمیایی، مجموعه‌ای از قوانین تدوین شده در طی سال‌های متمادی است که در آن الزامات جداگانه‌ای برای مواد شیمیایی قدیمی (فاصله ۱۹۷۱ تا ۱۹۸۱) و مواد شیمیایی جدید (پس از سال ۱۹۸۱) وجود دارد. در این مقررات اطلاعات کافی در مورد اثرات اکثر این مواد بر روی

۱- Globally Harmonized System (GHS)

۲- Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH)

سلامت انسان و محیط زیست ارائه نمی‌شود و شناسایی و ارزیابی ریسک‌های بهداشتی ناشی از این مواد با سرعت اندکی پیش‌رفته، ضمن اینکه این مقررات مانع از تحقیق و نوآوری در جهت شناسایی ریسک‌های مواد شیمیایی می‌شود. بنابراین با توجه به ضرورت وجود اطلاعات برای ارزیابی و کنترل موثر مخاطرات بهداشتی، اتحادیه اروپا تصمیم گرفت سیستمی را طراحی نماید که در آن کلیه مواد شیمیایی قبل از ورود به بازار مورد آزمایش قرار گیرند و این مسئولیت علاوه بر مقامات عمومی نظارتی بر عهده تولیدکننده و واردکننده نیز گذاشته شود.

نظام نامه‌ی ثبت، ارزشیابی، اجازه مصرف و محدودیت کاربرد مواد شیمیایی که به اختصار REACH نامیده می‌شود (شکل ۴-۲)، توسط اتحادیه اروپا ارایه و از سال ۲۰۰۷ به اجرا گذاشته شده است. این نظام نامه به منظور مدیریت و کنترل مخاطراتی که در مراحل تولید و ساخت، واردات و استفاده از مواد شیمیایی برای سلامتی و ایمنی انسان و محیط زیست ایجاد می‌شوند، تدوین شده است. در عین حال در تدوین این مقررات افزایش توان رقابتی صنعت اروپا با هدف تقویت و ایجاد فرصت‌های نوآوری و ابتکار عمل نیز مدنظر بوده است. بر اساس این مقررات تولیدکنندگان و واردکنندگان مواد شیمیایی موظفند اطلاعات مربوط به خواص شیمیایی، کاربردها، جابجایی ایمن و در برخی موارد آزمایش این گونه مواد را گردآوری و گزارش نمایند (ثبت). همچنین باید ریسک‌های ناشی از مصرف مواد شیمیایی ارزیابی و طبقه‌بندی مصرف مواد شیمیایی خطرناک به صورت کامل تشریح شود (ارزشیابی). مواد شیمیایی خطرناک فقط پس از تصویب توسط آژانس اروپایی مواد شیمیایی^۱ (ECHA) قابل استفاده هستند (صدور مجوز و محدودیت‌ها).



شکل ۴-۲: نظام نامه ثبت، ارزشیابی، اجازه مصرف و محدودیت کاربرد مواد شیمیایی در اروپا

اگرچه امروزه صنعت شیمیایی بصورت کاملاً کنترل شده می‌باشد اما در پاره‌ای موارد گزارشی دال بر عدم کفایت و ناکارآمدی برخی مصوبات مقرراتی اروپا و غیرشفاف بودن آنها وجود دارد. زمان بر بودن و ناکارآمدی برخی مقررات جاری در کنترل تهدیدات نشأت گرفته از عوارض منفی مواد شیمیایی در بخش‌های ایمنی و حفظ سلامتی افراد و حفاظت از محیط زیست گویای این موضوع است. به عبارت دیگر ضرورت تدوین REACH ناشی از وجود نگرانی از حیث فقدان اطلاعات در زمینه دامنه خطرات و میزان آسیب‌پذیری سلامت و ایمنی افراد و محیط زیست از ابتدای مرحله ساخت و تولید تا مرحله مصرف و کاربرد مواد

۱- European Chemicals Agency (ECHA)

شیمیایی است. از جمله ویژگی‌های عملکردی REACH، اصرار و پافشاری جدی آن در تصویب قوانینی برای محافظت از کارگرانی است که در بخش‌های مختلف در معرض مواد شیمیایی مضر و خطرناک قرار دارند و محیط کار آنان از ضریب ایمنی پایینی برخوردار است. افزایش ضریب ایمنی و رفع هرگونه عامل نگران‌کننده محیط کار کارگران به لحاظ در دسترس قرار دادن هشدارهای ایمنی بصورت قابل فهم و درک آسان، اطلاع‌رسانی مناسب و کافی و به موقع برای کاربران صنایع پایین دستی و پرسنل آنان در مناقصات و مزایده‌ها جهت حذف خطرات احتمالی و رفع عوامل بیماری‌زا، تشویق جایگزینی مواد مناسب و بکارگیری شیوه‌های کاربردی مجاز و استاندارد بجای استفاده از مواد مضر از جمله اقداماتی هستند که در نظام‌نامه و مقررات REACH مد نظر قرار گرفته است. از طرف دیگر در این نظام‌نامه اعتقاد بر این است که مسئولان و کاربران صنایع پایین دستی نظیر تولیدکنندگان و واردکنندگان مواد شیمیایی باید نسبت به رعایت کلیه ضوابط و مسائل و ایمنی‌پاییند و متعهد باشند.

اهداف اصلی ایجاد نظام‌نامه REACH عبارتند از:

- ▶ افزایش ایمنی و سلامتی افراد و حفاظت از محیط زیست
- ▶ صیانت و رشد توان رقابتی صنعت اروپا
- ▶ ممانعت از گسیختگی و چندگانگی بازار داخلی اروپا
- ▶ شفاف‌سازی و رفع ابهامات مقرراتی
- ▶ ائتلاف و یکپارچگی با شرایط و وضع بین‌المللی
- ▶ مطابقت با تعهدات بین‌المللی اروپا در قبال سازمان تجارت جهانی

تولید مواد شیمیایی و کاربران آن‌ها در صناعی نظیر خودروسازی، نساجی، کشاورزی، داروسازی و بهداشت، صنایع چوب، کامپیوتر، بخش‌های خدماتی در زمینه محیط زیست و در دایره نفوذ این نظام‌نامه هستند. در حقیقت الزامات REACH نه تنها در مورد مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع است نافذ است، بلکه در مورد موادی همچون تمیزکننده‌ها، رنگ‌ها و در مواردی لباس‌ها و وسایل الکتریکی که در زندگی روزانه نیز استفاده می‌شوند نیز کاربرد دارد.

هر شرکت تولیدکننده، واردکننده، مصرف‌کننده یا توزیع‌کننده مواد، ترکیبات یا کالاهای شیمیایی مسئول حصول اطمینان از انطباق با الزامات REACH می‌باشد. بنابراین، این قانون کلیه تولیدکنندگان، عرضه‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان مواد شیمیایی و نیز شرکت‌ها و موسساتی که محصولات خود را به اتحادیه اروپا صادر می‌کنند را در بر می‌گیرد. تولیدکنندگان و واردکنندگان مواد شیمیایی باید آمار دقیقی از مواد تولید شده و وارد شده را ارائه کنند و هیچ شرکتی حق تولید و یا بازاریابی مواد ثبت نشده را ندارد. استفاده‌کنندگان ترکیبات شیمیایی حتی برای استفاده از کالاهایی که به شکل خام است می‌بایست مواد مورد استفاده خود را ثبت کنند. تمامی مواد وارداتی و تولید شده با حجمی بالاتر از یک تن در سال مشمول مقررات REACH بوده و الزام ثبت در مورد آن‌ها وجود دارد. اجازه ورود و استفاده در مورد برخی از مواد

شیمیایی خطرناک نیاز به اخذ مجوز داشته و در عین حال ممکن است نسبت به تولید و استفاده از این مواد سختگیری‌هایی اعمال گردد.

■ ۲-۳-۲ قانون دسته‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی مواد و ترکیبات شیمیایی^۱ (CLP)

اتحادیه اروپایی با هدف تجمیع برخی از قوانین قدیمی مربوط به دسته‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی و همگام‌سازی خود با سیستم هماهنگ بین‌المللی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی (GHS) که توسط سازمان ملل ارائه شده است، قانون جدیدی را به نام قانون دسته‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی مواد و ترکیبات شیمیایی ارائه نموده است. این قانون از سال ۲۰۰۹ اجرایی شده و در یک دوره ۶ ساله (تا ابتدای سال ۲۰۱۵) به تولیدکنندگان فرصت داده شد تا فرآیند تولید و عرضه خود را با الزامات قانون جدید انطباق دهند.

■ ۲-۳-۳ استاندارد مبادله اطلاعات خطر اداره ایمنی و بهداشت آمریکا^۲ (OSHA-HCS)

در سال ۱۹۸۳ OSHA استاندارد مبادله اطلاعات خطر (HCS) را منتشر نمود. دامنه نفوذ این استاندارد در طی سال‌های پس از انتشار آن گسترش پیدا کرد، به گونه‌ای که رعایت آن از سال ۱۹۸۷ برای صنایع تولیدی و از سال ۱۹۸۹ برای تمامی صنایع الزامی گردید. این استاندارد تولیدکنندگان و واردکنندگان مواد شیمیایی را ملزم به انجام موارد زیر می‌کند:

- ▲ ارزیابی مواد شیمیایی برای تعیین خطرات آنها
- ▲ تعیین و تعریف خطرات بهداشتی و فیزیکی
- ▲ ارائه اطلاعات مربوط به مواد به سطوح پایین‌تر مصرف
- ▲ داشتن برنامه مبادله اطلاعات خطر (شامل برچسب‌گذاری مخازن و ظروف، تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد، آموزش کارکنان)

به مجموع الزامات مذکور قوانین «حق دانستن»^۳ نیز اطلاق می‌شود. برپایه مقررات HCS، کارفرمایان موظف‌اند تا کارگران خود را از کلیه خطرات مواد شیمیایی که در محیط کار آنها وجود دارد، محافظت نمایند، حتی در برابر موادی که به وسیله پیمانکاران وارد محیط کار می‌شود (به‌جز مواردی که در این استاندارد از برچسب‌گذاری معاف شده‌اند). این استاندارد از زمان انتشار آن تا سال‌های اخیر به جز برخی تغییرات اندک (مانند ارائه مجوز به کارفرمایان برای ذخیره نسخه الکترونیک برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد به جای نسخه کاغذی آن) تغییرات چندانی نداشته است. برنامه مبادله اطلاعات خطر در این استاندارد شامل ۶ جزء

۱- Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures Regulation (CLP Regulations)

۲- OSHA Hazard Communication Standard (OSHA-HCS)

۳- "Right-To-Know" Laws

می باشد که عبارتند از:

▲ فهرست برداری از مواد شیمیایی^۱

▲ برچسب گذاری

▲ تهیه «برگه‌های اطلاعات ایمنی»^۲

▲ آموزش

▲ برنامه‌ی نوشته شده‌ی مبادله‌ی اطلاعات خطر

▲ مقررات مربوط به پیمانکاران

آخرین ویرایش این استاندارد در سال ۲۰۱۲ ارایه شده و در آن روش‌های برچسب‌گذاری و تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی با GHS منطبق شده است. در ادامه توضیح مختصری در خصوص هر یک از بندهای این برنامه ارایه می‌شود.

۱-۳-۲- فهرست برداری از مواد شیمیایی

فهرست برداری از مواد شیمیایی یکی از تکالیف الزامی کارفرمایان مطابق با الزامات مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت است. این کار به منظور رصد میزان تولید، مصرف و انبار مواد شیمیایی مهم در کشور انجام می‌شود. تهیه و تجمیع این اطلاعات به تصمیم‌گیری کمک می‌کند تا در مواقع لزوم و شرایط اضطراری بتوانند با اتخاذ تصمیمات مناسب از بروز حوادث شیمیایی با اثرات گسترده انسانی یا زیست محیطی جلوگیری نمایند. همچنین این اقدام بخشی از تعهدات کشورهای عضو SICAM در مدیریت مطلوب مواد شیمیایی در زنجیره تولید تا مصرف جهان است. بر این اساس، کارفرما باید فهرست همه مواد و کالاها را که خطرناک را که وارد محیط کار می‌شوند، تهیه کند. این فهرست شامل همه کالاها و مواد شیمیایی خطرناکی می‌شود که مطابق مقررات کشوری تولید و خرید و فروش می‌شوند. همچنین لازم است ورود مجوز مواد شیمیایی به محیط کار توسط افراد فاقد صلاحیت یا مجوز ممنوع شده و هرگونه ورود مواد شیمیایی با مجوز و هماهنگی رئیس یا سرپرست واحد صورت گیرد. برای تهیه فهرست می‌توان از سیستم‌های الکترونیک انبارداری که اطلاعات مربوط به نام مواد، نام تولیدکننده یا واردکننده، اطلاعات تماس آنان و حجم مواد وارد شده به کارخانه در آن‌ها ثبت می‌شود، استفاده نمود. همچنین باید محل استفاده مواد شیمیایی در محیط کار نیز در این فهرست مشخص گردد. در صورت عدم وجود سیستم الکترونیک انبارداری، باید عمل فهرست‌برداری به صورت سنتی و با قدم‌زدن در محیط کار و ثبت تمامی اطلاعات مذکور به صورت دستی انجام پذیرد. در جدول ۱-۲ نمونه‌ای از جدول فهرست برداری از مواد شیمیایی ارایه شده است. در ابتدای هر سال مسئول بهداشت حرفه‌ای یا نماینده کارفرما باید فهرستی از مواد شیمیایی که نام آن‌ها در لیست مواد شیمیایی جداول

۱- Chemicals inventory list

۲- Safety Data Sheet (SDS)

TPQ درج شده است را مطابق این جدول تهیه و به تایید کارفرما برساند. نسخه‌ای از این جدول نیز باید در اختیار مراجع مسئول قرار داده شود. حداقل کمیت مواد شیمیایی موجود در واحد کاری با پتانسیل ایجاد حادثه (TPQ): یعنی مقادیری از ماده شیمیایی خطرناک که اگر معادل یا بیشتر از مقداری که در جداول پیوست آمده در واحد تولیدی یا انبار مواد شیمیایی موجود باشد باید نام و مقدار آن ماده شیمیایی بر اساس برنامه گزارش گردد در حقیقت در این پیوست حداقل میزانی از مواد شیمیایی خطرناک که دارای پتانسیل ایجاد حادثه هستند را نشان می‌دهد. این مقادیر در ستون سوم لیست پیوست بر حسب کیلوگرم برای هر یک از مواد شیمیایی به تفکیک اعلام شده است.

جدول ۱-۲: نمونه‌ای از جدول فهرست برداری از موجود مواد شیمیایی در کارگاه

مقدار (kg)	آیا برچسب مطابق با الزامات GHS دارد؟ (بله/خیر)	آیا برگه اطلاعات ایمنی دارد؟ (بله/خیر)	مقدار ماده شیمیایی (kg)			نام ماده شیمیایی خطرناک	ردیف
			میزان مصرف شده در سال	میزان انبار در سال	میزان خریداری شده در سال قبل		
دارای پتانسیل ایجاد حادثه (TPQ)			قبل (kg)	قبل (kg)	در سال قبل (kg)	شماره CAS	

در ایران نیز کارفرمایان باید فهرست و موجودی مواد شیمیایی مهم خود را بر اساس فهرست TPQ تهیه و در بازه‌های زمانی منظم به روز رسانی کنند. جدول نمونه برای فهرست برداری از مواد شیمیایی و فهرست TPQ در راهنمای ایمنی شیمیایی برای کارفرمایان و کارگران ارائه شده است.

۲-۳-۳-۲ برچسب گذاری

همه ظروف و مخازن مواد شیمیایی در محیط کار باید برچسب زده شوند. این برچسب‌ها باید اطلاعاتی مانند نام و ماهیت ماده، نوع خطرات، اطلاعات مربوط به تولیدکننده یا واردکننده ماده و غیره را در خود داشته باشند. نوع اطلاعات و شکل برچسب‌ها در آخرین ویرایش HCS منطبق با سند GHS می‌باشند. در فصل سوم روش برچسب گذاری GHS به تفصیل بیان شده است.

۲-۳-۳-۳ تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی

تولید کنندگان، وارد کنندگان و فروشندگان مواد شیمیایی ملزم به تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی بوده و خریداران باید در هنگام خرید این اطلاعات را از فروشنده درخواست نمایند. این اطلاعات باید در محیط کار و در دسترس تمامی کارگران قرار گیرد. چارچوب برگه‌های اطلاعات ایمنی باید با استاندارد HCS منطبق باشد. این چارچوب در آخرین ویرایش HCS بر اساس خطوط راهنمای GHS تنظیم شده است. در ادامه

راهنما ساختار برگه‌های اطلاعات ایمنی به تفصیل بیان شده است. کارفرمایان موظفند مطابق با این ساختار برگه‌های اطلاعات ایمنی را تهیه و در اختیار همه کارکنان قرار دهند.

۴-۳-۲ آموزش

کارفرما ملزم به ارائه آموزش به همه کارکنانی است که به هر شکل در معرض مواد شیمیایی قرار دارند. در اینجا منظور از آموزش شامل تمام انواع آموزش‌های طولانی و کوتاه است. در برخی از موارد سرپرستان کارگاه یا کارشناسان ایمنی کارگاه می‌توانند با ارائه آموزش‌هایی در سطح toolbox meeting اطلاعات ضروری در خصوص ایمنی مواد شیمیایی را به ذینفعان ارائه دهند. لیکن در خصوص آموزش‌های رسمی خارج از سازمان که نیازمند شرکت در دوره‌های طولانی‌تر و آکادمیک‌تری است ضروری است آموزش‌ها مسیر طولانی‌تری را کنند. برای این منظور، ابتدا لازم است سرپرست هر کارگاه، کارکنان دارای شرایط را برای سپری کردن دوره آموزشی معرفی کند. در پایان دوره آموزشی، گواهی به کارگران داده می‌شود. در این گواهی موارد زیر باید مشخص شود:

- ▶ کارکنان درباره موادی که معمولاً با آن در تماس است، آموزش‌های لازم را دیده‌اند.
 - ▶ درباره SDS آموزش دیده است.
 - ▶ کارکنان می‌دانند برای دریافت یک نسخه از برنامه مدون مبادله خطر باید به کجا مراجعه کند.
 - ▶ شرایط کار برای کارکنان توضیح داده شده است و او از سوی سرپرست کارگاه و با قبول این شرایط معرفی شده‌اند. معمولاً یک بار آموزش برای هر یک از کارکنان کافی است، مگر آن‌که شرایط زیر در کارگاه وجود داشته باشد:
 - ▶ فرد به کار تازه‌ای گمارده شود که در معرض ماده‌ای جدید قرار گیرد.
 - ▶ ماده‌ای جدید و با خطراتی متفاوت از مواد قبلی وارد محیط کار شود.
 - ▶ هرگاه ویژگی جدید از یک ماده شناخته شود. برای نمونه، یک ماده که پیش از این تنها تحریک‌کننده به حساب آمده است در SDS جدید، یک ماده سرطان‌زا باشد.
 - ▶ کارکنان هر کارگاه به وسیله سرپرست کارگاه برای سپری کردن دوره آموزشی معرفی می‌شوند. سرپرست کارگاه باید افراد زیر را برای آموزش معرفی کند:
 - ▶ کارکنانی که در کار خود ناچارند مواد شیمیایی خطرناک را به کار برند، یا آن را جابه‌جا کنند.
 - ▶ کارکنانی که به هر دلیل، ممکن است در معرض مواد شیمیایی خطرناک باشند.
 - ▶ کارکنانی که در شرایط ویژه و اضطراری، اما قابل پیش‌بینی، ممکن است در معرض مواد شیمیایی قرار گیرند.
- محتوای دوره آموزشی نیز از دو بخش تشکیل می‌شود:
- ▶ آموزش‌های عمومی درباره مواد خطرناک در بردارنده: روش‌های شناسایی خطر، ارزیابی ریسک، چگونگی تفسیر SDS، روش‌های کلی در روبرویی با مواد شیمیایی، عملکرد و چگونگی کاربرد وسایل حفاظت فردی، روش‌های عمومی برای تمیز کردن ریخت و پاش‌های مواد و دفع مواد زاید.

- ▲ آموزش اختصاصی درباره ماده خطرناک موجود در محیط کار افراد. این آموزش‌ها باید در بخش مربوطه و با نظارت سرپرست انجام شود و در بردارنده موارد زیر است:
۱. جای نگهداری و چگونگی دسترسی به برنامه مدون مبادله اطلاعات خطر، فهرست مواد شیمیایی و SDSها
 ۲. ماهیت و خطرات بالقوه ایمنی و بهداشتی مواد شیمیایی خطرناک موجود در محل کار
 ۳. روش حمل ماده خطرناک
 ۴. روش پاکسازی، در صورت نشت یا ریخت و پاش
 ۵. جایگاه قرارگیری ماده شیمیایی
 ۶. علائم هشداردهنده که ممکن است بیانگر آزاد شدن غیر مجاز یک ماده شیمیایی باشد (رنگ، بو، وسایل آشکارساز)
 ۷. اقدامات و امکاناتی که برای رویارویی با ماده شیمیایی مورد نظر باید فراهم باشد، مانند روش‌های مربوط به محافظت در برابر ماده، اورژانس، وسایل حفاظت فردی و ...
 ۸. خطرات ویژه که هنگام کارهای غیر معمول ممکن است روی دهد، خطر ویژه آن ماده، اقدام‌های حفاظتی، روش‌های کاهش، دستورالعمل فوریت‌ها.

۵-۳-۲ برنامه مدون و مکتوب مبادله اطلاعات خطر^۱

در هر محیط کار که در بردارنده مواد شیمیایی خطرناک است، لازم است یک برنامه مدون مبادله اطلاعات خطر وجود داشته باشد، که در آن چگونگی نظارت بر اجرای برنامه مبادله اطلاعات خطر آمده باشد. این برنامه، باید در بردارنده این موارد باشد: فهرست مواد شیمیایی خطرناک مورد استفاده و یا انبار شده، روش تهیه و نگهداری SDSها، مقررات مربوط به برچسب‌گذاری، مقررات مربوط به آموزش کارگران، مقررات مربوط به پیمانکاران و پیش‌بینی‌های لازم برای انجام کارهای غیر معمول. برنامه مدون، باید همواره برای کارکنان قابل دستیابی بوده و دست کم سالی یک بار بازنگری شود.

۶-۳-۲ آگاه‌سازی پیمانکاران

پیمانکارانی که به هر دلیل برای یک شرکت دارنده مواد شیمیایی کار می‌کنند، باید به خوبی از فهرست مواد شیمیایی، SDSها و برنامه‌های مدون مبادله اطلاعات خطر آگاه شوند. همچنین پیمانکاران باید فهرست مواد، SDSها و محل استفاده و نگهداری مواد شیمیایی را که خود به شرکت می‌آورند به مسئولین سازمان ارایه دهند.

■ ۲-۳-۴ نمایه (پرو فایل) ملی ایمنی شیمیایی ایران

در راستای رهنمودها و الزامات UNEP و SAICM مسئولیت تهیه و تدوین پرو فایل ایمنی شیمیایی در ایران به وزارت بهداشت سپرده شده است. این پروژه با هدف بررسی وضعیت موجود و دستیابی به درک صحیحی از وضعیت ایمنی شیمیایی کشور از اواسط دهه هشتاد خورشیدی شروع شد. وزارت بهداشت جمهوری اسلامی ایران در راستای تعهدات بین المللی خود تاکنون چندین سند شامل راهنما و دستورالعمل عملیاتی مدیریت حوادث شیمیایی در محیط کار و نیز راهنما و دستورالعمل جامع مواد شیمیایی خطرناک را تهیه و در اختیار بازرسان بهداشت حرفه ای و ایمنی کار قرار داده است.

● ۲-۴ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می شود مطابق با آموزش های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده سازی برنامه های زیر مطابق با اقتضانات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

قدمات صنعت مورد بازرسی در راستای همگام سازی فعالیت ها با معاهدات و استانداردهای بین المللی مدیریت مواد شیمیایی را بررسی و گزارش نمایید.

کارشناسان ایمنی:

برنامه اجرایی و عملیاتی لازم برای همگام سازی فعالیت های صنعت با معاهدات و استانداردهای بین المللی مدیریت ایمنی مواد شیمیایی را تدوین نمایید.

فصل سوم

دستگاه‌ها و تجهیزات

فرآیندهای شیمیایی

دستگاه‌ها و تجهیزات فرآیندهای شیمیایی

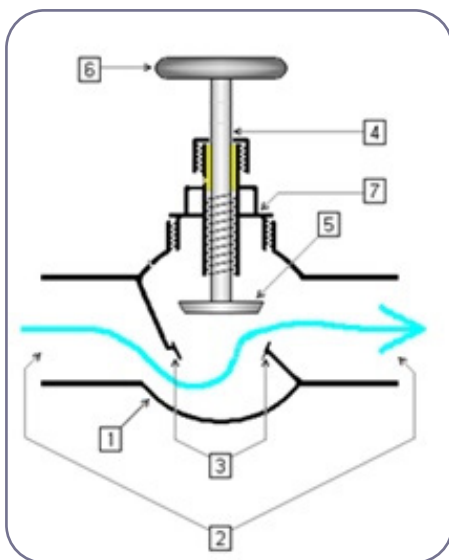
۱-۳ مقدمه

به طور معمول در جریان بازرسی از محیط‌های کار به ویژه صنایع فرآیندی بازرسان با طیف گسترده‌ای از تجهیزات فرآیندی روبرو می‌شوند که ممکن است با آن‌ها آشنا نباشند. آشنایی با این تجهیزات به ویژه در جریان بررسی حوادث و تعیین نقش تجهیزات در بروز حادثه اهمیت فراوانی دارد. بازرسان باید بتوانند در گروه‌هایی که به منظور بررسی حادثه تشکیل می‌شود، همگام با سایر متخصصان فنی و فرآیندی در خصوص نحوه عملکرد تجهیزات ارزیابی دقیقی داشته باشند. این اطلاعات همچنین در فرآیند ارزیابی ریسک روی نقشه‌های فرآیندی بسیار مفید و کاربردی هستند. فرآیند تولید در صنایع شیمیایی و بسیاری از صنایع غیر شیمیایی با کمک مجموعه‌ای از تجهیزات صورت می‌پذیرد. این تجهیزات عمدتاً به عنوان رابط انتقال، مخزن ذخیره یا مبدل سیالات عمل کرده و یا در پارامترهای عملیاتی فرآیند مانند دما و فشار تغییر ایجاد می‌کنند. در بسیاری از حوادث شیمیایی یک یا تعداد بیشتری از این تجهیزات نقش بازی می‌کنند. بدین معنی که بروز نقص یا کاربرد نامناسب آن‌ها سبب بروز حادثه می‌گردد. انواع پمپ‌ها، مخازن، کمپرسورها، ظروف اختلاط تحت فشار، مبدل‌های حرارتی، کوره‌ها، مشعل‌ها، دیگ‌های بخار، رآکتورهای اختلاط، شیرها و لوله‌ها نمونه‌هایی از تجهیزات فرآیندی به شمار می‌روند. در ادامه به معرفی برخی از این تجهیزات پرداخته می‌شود.

۲-۳ شیرهای صنعتی

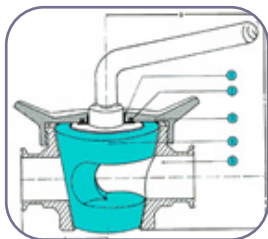
شیر یا ولو^۱ وسیله‌ای برای مهار جریان فشار سیالات و نیز بستن و باز کردن، تنظیم و کنترل کردن جریان مایعات یا گازها در لوله است. با وجود این که شیرها انواع بسیار زیادی دارند، ولی اجزای اصلی در اغلب آن‌ها یکسان است. این اجزا به ترتیب اعداد روی شکل عبارتند از (شکل ۱-۳):

۱. پوسته خارجی شیر
 ۲. ورودی و خروجی، مسیر ورود و خروج سیال در شیر
 ۳. نشیمنگاه یا بستر دیسک، قسمتی از درون شیر که دیسک با قرار گرفتن در آن مسیر را مسدود می‌کند
 ۴. میله رابط، وسیله انتقال دهنده حرکت چرخشی از دسته به دیسک
 ۵. دیسک، یا مجرا بند که مسیر عبور جریان بین دو سوی شیر را باز یا مسدود می‌کند
 ۶. دسته، یا فلکه که با پیچاندن آن مسیر عبور جریان باز یا بسته می‌شود
 ۷. بانِت، یا درپوش شیر و وسیله‌ای برای سوار شدن دسته، میله رابط و دیسک بر روی آن
- اجزا و ساختمان شیرها با توجه به محدوده دما و فشاری که که شیر در آن کار می‌کند، نوع سیال (گاز یا مایع) و میزان خوردندگی سیال، تغییر می‌یابد. در تصویر نشان داده شده در شکل ۱-۳ یک نمونه از شیر کروی دیده می‌شود.

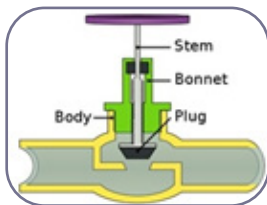


شکل ۱-۳. اجزای شیر

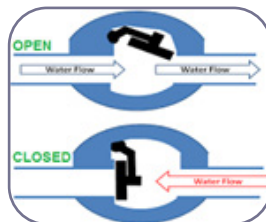
شیرها یا به صورت دستی و یا با عملگر خودکار باز و بسته می‌شوند. شیرهای خودکار با توجه به نوع نیروی لازم برای باز و بسته کردن آن‌ها به دو نوع شیرهای کنترل که با نیروی هوا و گازهای دیگر (پنوماتیک) یا مایعات (هیدرولیک) کار می‌کنند و شیرهای موتوری که با نیروی برق کار می‌کنند، تقسیم می‌شوند. شیرهای خودکار متناسب با فرمان‌هایی که دریافت می‌کنند جریان، فشار و یا درجه حرارت را کنترل می‌کنند. در شکل ۲-۳ تصویر و نام تعدادی از پرکاربردترین شیرهای مورد استفاده در صنعت معرفی شده است. علاقمندان برای آشنایی با ویژگی‌های عملکردی این شیرها می‌توانند به سایر کتاب‌های این نویسنده مراجعه نمایند.



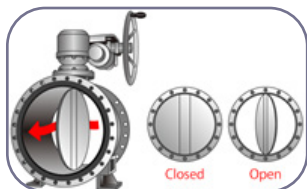
شیر سماوری



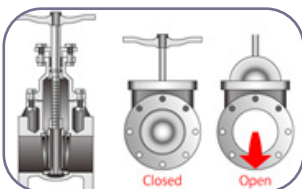
شیر کروی



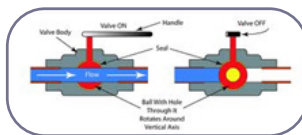
شیر یک طرفه



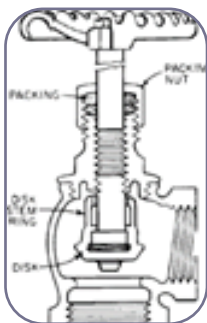
شیر پروانه ای



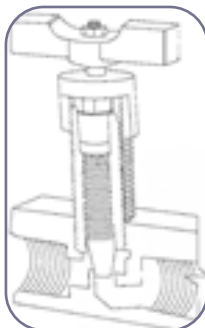
شیر کشویی



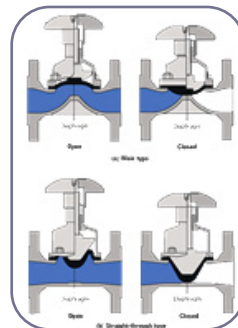
شیر توپی (ساجمه ای)



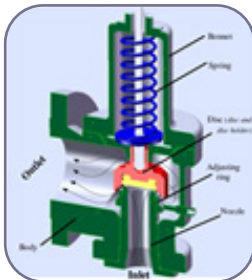
شیر زاویه ای



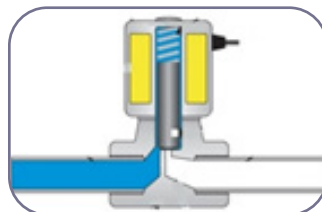
شیر سوزنی



شیر دیافراگمی



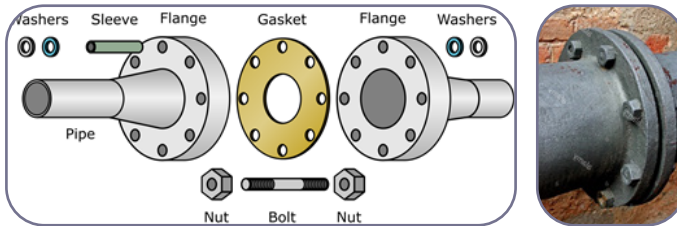
شیر ایمنی



شیر سولنوئید

۳-۳ فلنج

فلنج^۱ یکی از اتصال دهنده‌های لوله، شیرآلات و دستگاه‌ها به یکدیگر است. این قطعه ظاهر دیسک ماندی دارد و همیشه به صورت جفت است. هر جفت با پیچ و مهره به یکدیگر وصل می‌شود و نقطه اتصال آن‌ها برای جلوگیری از نشتی سیال به وسیله واشر یا لایه^۲ درزبندی می‌شود (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳. فلنج، لایه و نحوه اتصال آن‌ها به هم

جنس فلنج‌ها عموماً از فولاد یا چدن است. بر پایه استاندارد، مشخصات فلنج که در بردارنده موارد زیر است باید بر روی فلنج حک گردد:

- ▲ نام تجاری تولیدکننده فلنج
- ▲ اندازه اسمی لوله (قطر خارجی لوله که فلنج به آن جوش داده خواهد شد)
- ▲ مقدار فشار قابل تحمل برای فلنج (کلاس فلنج)
- ▲ شکل سطح فلنج (شکل سطح فلنج مهم‌ترین قسمت تشکیل دهنده یک فلنج می‌باشد)
- ▲ سوراخ‌ها (گاهی به عنوان ضخامت دیواره نیز بیان می‌گردد)
- ▲ مواد تشکیل دهنده فلنج (مطابق استاندارد ASTM این عدد بیان کننده مشخصات مواد خام برای تهیه فلنج است)
- ▲ شماره یا کد مربوط به عملیات حرارتی صورت گرفته بر فلنج

۳-۴ مبدل حرارتی

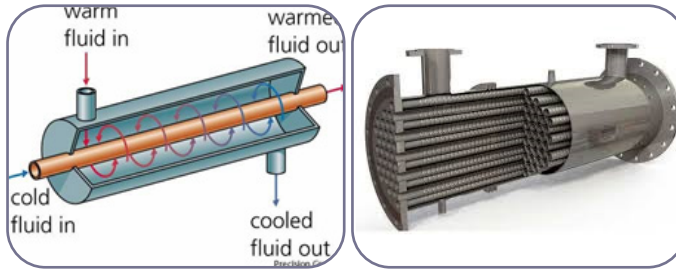
«مبدل حرارتی^۳» دستگاهی است که برای انتقال حرارت مؤثر میان دو سیال (گاز یا مایع) استفاده می‌شود تا دمای سیال گرم‌تر به سیال سردتر انتقال می‌یابد. این وسیله هنگامی به کار می‌آید که سیال گرم نیاز به سرد شدن و یا سیال سرد نیاز به گرم شدن داشته باشد. در حال اول به مبدل حرارتی کندانسور و در حالت دوم گرم‌کن گفته می‌شود. مکانیزم انتقال حرارت به صورت جابه‌جایی و هدایت است. رادیاتور خودرو آشناترین مبدل حرارتی است. در این وسیله گرمای آبی که با حرارت موتور ماشین داغ شده است از طریق رادیاتور به جریان هوا منتقل می‌شود. شکل ۴-۳ نمونه ساده‌ای از یک مبدل حرارتی را نشان می‌دهد. مبدل‌های حرارتی

۱- Flange

۲-Gasket

۳- Heat exchanger

در صنایعی همچون نفت و گاز به منظور کاهش اتلاف انرژی، به کار می‌روند.



شکل ۳-۴. تصویر شماتیک یک مبدل حرارتی

● ۵-۳ دیگ بخار

بخار آب، یک گاز غیر قابل رؤیت است که بر اثر افزایش دمای آب تا نقطه جوش^۱ پدید می‌آید. با کاهش انرژی، بخار دوباره به آب تبدیل می‌شود. سرد شدن بخار و تبدیل آن به آب، تراکم^۲ نامیده می‌شود. این حالت در دمای نقطه شبنم^۳ روی می‌دهد.

هر پوند آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، یک بی‌تی‌یو^۴ انرژی دریافت می‌کند تا به بخار تبدیل شود. در نتیجه، هرگاه بخار تولید شده سرد شود، همان مقدار انرژی تولید می‌کند. بخار به دلیل میزان گرمای نهان تبخیری که آب دریافت می‌کند تا به بخار تبدیل شود، توان حمل میزان انرژی بالاتری را نسبت به آب دارد. از این رو، در بسیاری از صنایع از انرژی بخار آب برای تولید محصول استفاده می‌شود. برای این منظور، آب، گرم شده و به بخار تبدیل می‌شود. بخار تولید شده، در شبکه‌های لوله‌کشی شده در کارگاه‌ها به حرکت درآمده و انرژی آن در تولید محصول به کار می‌رود. پس از مصرف انرژی برای تولید محصول، بخار متراکم شده و به آب تبدیل می‌شود. آب متراکم شده دوباره به چرخه تولید بخار برمی‌گردد. این فرآیند در دستگاهی به نام دیگ بخار^۵ صورت می‌پذیرد.

بر اساس تعریف آیین نامه حفاظتی مولد بخار و دیگ‌های آب گرم، دیگ بخار به دستگاه یا محفظه‌ای بسته گفته می‌شود که در آن بخار آب با فشاری بیش از فشار هوای بیرون تولید شود. در واقع دیگ بخار، دستگاهی است که در آن به کمک افزایش دما، آب گرم شده و بخار تولید می‌شود تا در فرآیند تولید استفاده شود. نیروگاه‌های تولید برق یکی از صنایع اصلی استفاده‌کننده از دیگ‌های بخارند. از نظر ترمودینامیک، نیروگاه بخار، یک ماشین حرارتی است که در آن یک دیگ بخار به عنوان منبع گرما کار می‌کند. بخار تولید شده می‌تواند برای چرخاندن توربین یا گرم کردن برخی کوره‌ها استفاده شود. دیگ‌های بخار از نظر مکانیزم عمل

۱- Boiling point

۲- Condensation

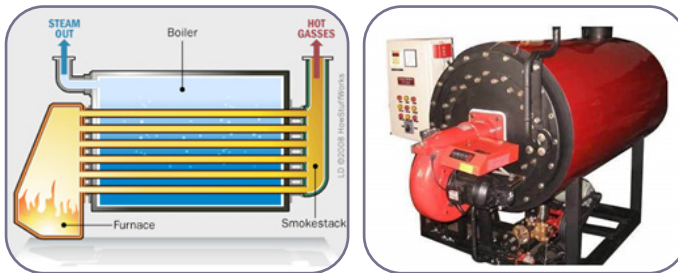
۳- Dew point

۴-BTU

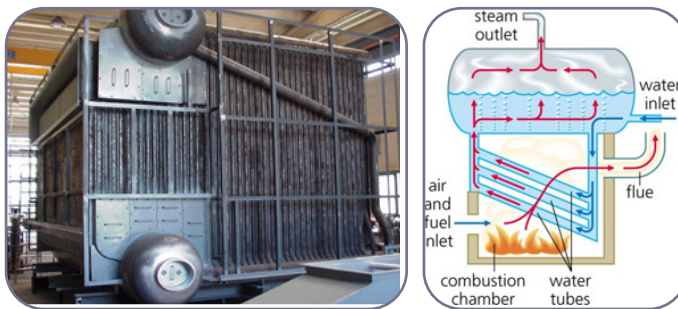
۵- Boiler

به دو دسته لوله آبی^۱ و لوله آتشی^۲ تقسیم می‌شوند. در دیگ‌های لوله آتشی، عبور آتش و دود از درون لوله‌ها، آب اطراف آن‌ها را گرم کرده و به بخار تبدیل می‌کند (شکل ۵-۳). در دیگ‌های لوله آبی، آب در لوله‌ها جریان داشته و برخورد مستقیم شعله‌های آتش به این لوله‌ها، آب را به بخار تبدیل می‌کند (شکل ۶-۳). مسایل ایمنی در هر کدام از این نوع دیگ‌ها با همدیگر تفاوت‌هایی دارد. با این حال، خوردگی مهم‌ترین مشکل ایمنی در دیگ‌های بخار محسوب می‌شود. خوردگی سبب کاهش استحکام و مقاومت بدنه و اجزای فلزی دیگ می‌شود. بنابراین، توان مقاومت در برابر فشار درون دیگ کاهش یافته و انفجار رخ می‌دهد.

دیسک انفجاری^۳، به عنوان یک فیوز مکانیکی در سیستم‌های تحت فشار (مانند دیگ بخار) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شرایط عادی، دیسک‌های انفجاری توانایی تحمل فشار درون مخزن را دارند. ولی هنگامی که فشار درون مخزن به بیش از اندازه معین برسد، دیسک انفجاری پیش از اینکه به مخزن آسیب برسد، پاره شده و فشار را تخلیه می‌کند.



شکل ۵-۳. دیگ بخار لوله آتشی



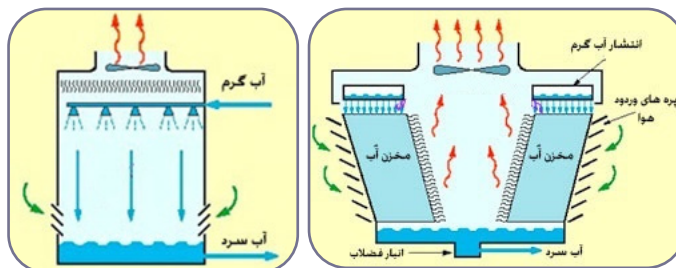
شکل ۶-۳. دیگ بخار لوله آبی

-
- ۱- Water-tube boiler
 - ۲- Fire-tube boiler
 - ۳- Rupture disc

۳-۶ برج خنک کننده

سیالاتی که جهت خنک کاری در سیستم‌های تهویه مطبوع، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی، نیروگاه‌ها و ... استفاده می‌شوند، در اثر چرخش در سیستم گرم می‌شوند. «برج خنک کننده» دمای این سیالات را تا نزدیکی دمای ترپایین آورده و حرارت را به محیط منتقل می‌کند. این کار با تبخیر آب انجام می‌شود. بنابراین، کاربرد عمده برج‌های خنک کننده در خنک کردن آب در گردش در پالایشگاه نفت، کارخانه‌های شیمیایی، نیروگاه‌ها و خنک‌سازی ساختمان‌ها می‌باشد. اساس کار تمام برج‌های خنک کننده بر مبنای ایجاد سطح تماس بیشتر بین جریان آب گرم و هوای سرد و در نتیجه تبادل حرارتی بین این دو می‌باشد. عموماً در برج‌ها آب گرم توسط لوله‌هایی به بالای برج منتقل شده و در آنجا یا به صورت طبیعی و یا با آبفشان‌هایی به سمت پایین برج به جریان می‌افتد که در طول این مسیر با توجه به نوع برج به شیوه‌های مختلف با جریان هوای سرد برخورد می‌کند.

تمامی انواع برج‌های خنک کننده دارای چند جزء در ساختار خود هستند. این اجزا عبارتند از بدنه، پکینگ (سینی‌های مشبک برای کاهش سرعت جریان آب و افزایش سطح تبادل حرارتی بین جریان هوا و آب)، فن (ایجادکننده جریان هوا در داخل برج)، حوضچه (جمع‌آوری آب خنک شده در قسمت زیرین برج) و قطره گیر (صفحات تیغه‌ای مورب برای جلوگیری از پاشش قطرات آب به اطراف و بیرون از برج). جنس ساختاری برج نیز می‌تواند فلزی، بتنی، فایبرگلاسی یا چوبی باشد. طبعاً ابعاد و شکل این سازه تابعی از میزان تبادل گرمایی مورد نیاز و سازوکار سرمایش می‌باشد. همچنین برج‌ها با توجه به ویژگی‌های متفاوتی دسته‌بندی می‌شوند. عموماً برج‌های خنک کننده بر اساس نیروی محرک جریان هوا (فن‌دار و بدون فن یا طبیعی)، مکانیزم انتقال حرارت (مرطوب، خشک، خشک - مرطوب) و نحوه برخورد جریان‌های آب و هوا (جریان هوای متقاطع و جریان هوای مخالف) تقسیم‌بندی می‌شوند. در شکل‌های ۳-۷ و ۳-۸ طرح شماتیک دو نوع برج خنک کننده نشان داده شده است.



شکل ۳-۷ برج خنک کننده جریان متقاطع با مکش طبیعی شکل ۳-۸ برج خنک کننده با جریان مخالف و مکش طبیعی

مهم‌ترین مشکلات برج‌های خنک کننده خوردگی قطعات داخلی برج، رشد جلبک‌ها و باکتری‌های

بیولوژیکی و همچنین تشکیل رسوب در قسمت‌های مختلف هستند. در شکل ۹-۳ تصاویر واقعی دو نوع برج خنک کننده نشان داده شده است.



شکل ۹-۳. تصاویر واقعی دو نوع برج خنک کننده (برج دودکشی سمت چپ، برج جریان مختلف سمت راست)

۷-۳ پمپ‌ها

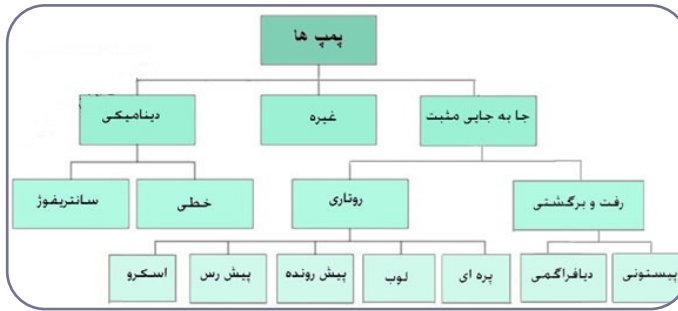
پمپ‌ها، ماشین‌هایی هستند که برای بالا بردن سیالات از یک ارتفاع پایین به ارتفاع بالا، و یا برای تخلیه آن‌ها از یک نقطه‌ی کم فشار به نقطه‌ی پر فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته در مواردی که طول لوله‌ها بسیار زیاد و یا مقاومت هیدرولیکی بالا باشد، مانند خطوط انتقال روغن، نیز از پمپ‌ها استفاده می‌شود. پمپ‌ها با ایجاد اختلاف فشار در سمت مکش و دهش، عمل انتقال سیال را انجام می‌دهند. یک پمپ، انرژی مکانیکی تأمین شده از طریق یک منبع خارجی را، به انرژی حرکت سیال تبدیل می‌کند. بنابراین پمپ‌ها، با افزایش انرژی سیال، باعث بالا رفتن سیال یا غلبه بر مقاومت‌های هیدرولیکی در لوله‌ی تخلیه می‌شوند. اساس عمل پمپ‌ها، معکوس عمل موتورهای هیدرولیکی است؛ یعنی در موتورهای هیدرولیکی، انرژی حرکت سیال به کار مکانیکی تبدیل می‌شود، اما در پمپ‌ها، همان‌طور که در بالا به آن اشاره شد، «کار مکانیکی» سبب افزایش انرژی سیال خواهد شد. پمپ‌هایی که با نیروی برق کار می‌کنند الکتروپمپ نامیده می‌شوند. پمپ‌ها دارای انواع مختلفی هستند. معمولاً پمپ‌ها بر اساس مشخصه‌های هیدرولیکی سیال پمپ‌شونده یا کاربرد ویژه‌ای که برای پمپ در نظر گرفته شده است، دسته‌بندی می‌شوند. در یکی از رایج‌ترین این طبقه‌بندی‌ها، بر پایه نحوه انتقال انرژی به سیال (یا نحوه انتقال از سمت مکش به رانش)، پمپ‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

▶ پمپ‌های دینامیکی

▶ پمپ‌های با جابه‌جایی مثبت

در پمپ‌های دینامیکی انتقال انرژی به سیال به طور دایمی است. در پمپ‌های جابه‌جایی مثبت انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب یا پریودیک صورت می‌پذیرد. هر کدام از این دو گروه خود به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند. طبقه‌بندی انواع پمپ‌ها در شکل ۱۰-۳ نشان داده شده است. توضیحات بیشتر در خصوص

پمپ‌های این دو گروه از محدوده هدف این راهنما خارج است.



شکل ۱۰-۳. تقسیم‌بندی انواع پمپ‌ها

یکی از مهم‌ترین علل خرابی و فرسودگی پمپ‌ها پدیده کاویتاسیون است. تشکیل و انفجار سریع حباب در سیالات بر اثر نیروهای وارد بر مایع را کاویتاسیون گویند. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که سیال تحت تغییرات سریع فشار قرار می‌گیرد. کاویتاسیون یک علت اصلی سایش در پمپ‌ها می‌باشد و به طور معمول سطح بدنه و پره‌های پمپ در نقاطی که پدیده کاویتاسیون رخ می‌دهد، دچار خوردگی مکانیکی و تخلخل می‌شود.

● ۸-۳ کمپرسور

اگر پمپ‌ها را دستگاه‌های فشرده‌سازی سیالات مایع بدانیم، کمپرسورها تجهیزات فشرده‌سازی و افزایش فشار سیالات گازی هستند. در حقیقت کمپرسورها وسایلی هستند که با صرف انرژی مکانیکی فراوانی، گاز را با سرعت به درون خود مکیده و سپس آن را فشرده می‌سازند. در اثر این عملیات، دمای گازی که فشرده می‌شود نیز افزایش می‌یابد. معمولاً گاز پر فشار خروجی از کمپرسورها از یک سیستم خنک‌کننده عبور داده می‌شود تا دمای گاز دوباره به حد معمولی باز گردد. انواع گوناگونی از کمپرسور وجود دارد که برای مصارف صنعتی و عمومی طراحی شده‌اند. با توجه به این که مکانیزم‌های عمل در تراکم مایعات و گازها تا حدودی شبیه به هم هستند، طبقه‌بندی کمپرسورها نیز همانند پمپ‌ها بوده و به دو گروه کلی کمپرسورهای جا به جایی مثبت و کمپرسورهای دینامیکی تقسیم می‌شوند. همچنین باید اضافه کرد که فن‌ها نیز جزو تجهیزات به حرکت درآورنده هوا از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر هستند. تفاوت این تجهیزات با کمپرسورها در این است که فن‌ها جریان هوا با حجم بالا و فشار پایین تولید می‌کنند در حالی که وظیفه کمپرسورها تولید جریان هوا در حجم کم و فشار بالاست. در شکل ۱۱-۳ تصاویری از یک کمپرسور متحرک و ثابت دیده می‌شود.



شکل ۱۱-۳. کمپرسور ثابت (راست) و سیار (چپ)

۹-۳ رآکتور

رآکتور^۱ یا واکنشگاه شیمیایی وسیله‌ای است که در آن یک واکنش شیمیایی انجام می‌شود و طی آن مواد اولیه خام به محصولات تبدیل می‌شوند. طراحی و بهره‌برداری از رآکتورهای شیمیایی از جمله مهمترین وظایف متخصصین صنایع شیمیایی از جمله مهندسين شیمی است. طراحی رآکتور شیمیایی نیازمند شناخت درست از واکنش شیمیایی انجام گرفته در رآکتور است و برای این منظور تسلط بر علوم چون ترمودینامیک شیمیایی، سینتیک شیمیایی و ریاضیات ضروری است. رآکتورهای شیمیایی می‌توانند در ابعاد بزرگ و برای مصارف صنعتی و یا در ابعاد کوچک جهت کاربردهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی ساخته و تولید شوند. همچنین جنبه‌های اقتصادی نیز بر طراحی بهینه رآکتور تاثیر گذار است، از جمله صرف هزینه کمتر برای طراحی رآکتور کارا تر و کوچکتر، صرف انرژی کمتر برای تولید محصول بیشتر، رساندن مواد اولیه به بیشترین درصد تبدیل و بالا بردن راندمان فرآیند و ... در طراحی رآکتورها پارامترهای زیادی از جمله زمان اقامت ماده در رآکتور، حجم، دما، فشار، غلظت گونه‌های شیمیایی، ضریب انتقال حرارت، سرعت واکنش و ... دخالت دارند. رآکتورهای شیمیایی بر اساس نوع واکنش و موارد کاربرد در اشکال مختلف و با جزئیات خاص طراحی می‌شوند که پیچیدگی آن‌ها را زیاد می‌کند. اما می‌توان رآکتورها را در چند دسته بزرگ و کلی از جمله رآکتورهای پیوسته و ناپیوسته، رآکتورها سیال بستر و یا ثابت بستر، رآکتورهای لوله‌ای و مخزنی و یا رآکتورهای همگن و ناهمگن، طبقه بندی کرد. رفتار رآکتورها معمولاً با معادلاتی موسوم به معادله رآکتور مطرح می‌شود که برای گونه‌های مختلف رآکتور متفاوت بوده و رابطه ریاضیاتی بین پارامترهای موثر در رآکتور را بیان می‌کند.

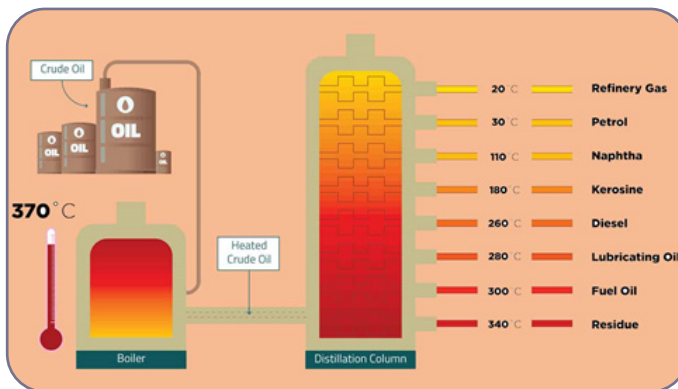
از دیدگاه ایمنی رآکتورها به دلیل بحرانی بودن پارامترهای عملیاتی در آن‌ها یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین قسمت‌ها در فرآیندهای شیمیایی محسوب می‌شوند. منشاء و نقطه آغاز برخی از بزرگترین حوادث شیمیایی رخ داده در دنیا مانند حادثه سوزو و چرنوبیل که در قسمت‌های بعدی این راهنما مورد اشاره قرار می‌گیرند، رآکتورها بوده‌اند.

۱۰-۳ برج جداسازی

یکی از مهمترین فرآیندهایی که در صنایع شیمیایی به ویژه صنعت نفت انجام می‌شود، جداسازی اجزای موجود در یک ترکیب است که هر کدام از این اجزاء می‌توانند ارزش بسیار بالایی در مقایسه با ترکیب اولیه داشته باشند. روش جداسازی ترکیبات یک مخلوط به همگن یا ناهمگن بودن مخلوط بستگی دارد. منظور از همگن بودن این است که فاز (مایع، جامد یا گاز) ترکیباتی که باید از هم جدا شوند، یکی باشد. همچنین جداسازی می‌تواند به صورت، پیوسته، نیمه‌پیوسته یا غیر پیوسته صورت گیرد. برج‌های یکی از تجهیزات رایج برای جداسازی ترکیبات شیمیایی از همدیگرند. برج‌های تقطیر، برج‌های استخراج و برج‌های جذب و دفع سه نوع از متداول‌ترین برج‌های جداسازی در صنعت هستند. تقطیر عبارت است از تبخیر مایع و چگالش مجدد آن. جذب گاز فرآیندی است که در آن یک مخلوط گازی در تماس با یک حلال مایع قرار می‌گیرد تا به طور انتخابی یک یا چند جزء مورد نظر از مخلوط گازی را در خود حل کند. اغلب فرآیندهای جذب به یک ماده خارجی نیاز دارند که به فرآیند وارد شده و به عنوان حلال مایع عمل می‌نماید.

در استخراج مایع-مایع مانند تقطیر، دو فاز را باید در تماس با یکدیگر قرار داد تا عمل انتقال جزء مورد نظر انجام شده و سپس جداسازی صورت می‌گیرد. در تقطیر عمل اختلاط و جداسازی آسان و سریع است. اما در استخراج، چون چگالی دو فاز نزدیک به یکدیگر می‌باشد برای اختلاط و جداسازی نیروی محرکه کمی در دسترس است.

برج‌های تقطیر که بیشترین کاربرد آن‌ها در صنعت نفت است، برای جداسازی هیدروکربن‌های مختلف از نفت خام به کار می‌روند. اساس کار این برج‌ها بر مبنای افزایش دمای نفت خام و تبخیر آن و تقطیر بخارات هیدروکربن‌های مختلف در سطوح برج است. در شکل ۱۲-۳ طرح شماتیک یک برج تقطیر نفت خام دیده می‌شود.



شکل ۱۲-۳. طرح شماتیک یک برج تقطیر نفت خام

۱۱-۳ مشعل (فلر)

یکی از روش‌های مرسوم برای از بین بردن ایمن گازهای قابل اشتعال در صنایع شیمیایی فرآیندی، سوزاندن آن‌ها در مجموعه تجهیزاتی به نام فلر است. به این کار فلرینگ گفته می‌شود و کارخانجات شیمیایی، کارخانجات فرآوری گاز طبیعی، سایت‌های خشکی استخراج نفت و گاز و اسکله‌های نفت و گاز فراساحلی از این تجهیزات برای کنترل ایمن تر فرآیند استفاده می‌کنند. در کارخانجات شیمیایی، فلر در درجه اول برای سوزاندن گازهای قابل اشتعال آزاد شده توسط شیرهای اطمینان در زمان افزایش فشار ناخواسته در تجهیزات فرآیند استفاده می‌شود. در طول راه اندازی یا خاموشی تمام یا بخشی از فرآیند، از فلر برای احتراق برنامه‌ریزی شده گاز در دوره‌های نسبتاً کوتاه استفاده می‌شود. با این حال در بسیاری از سایت‌های تولید نفت و گاز، مقدار زیادی از گازهایی که در فلر سوزانده می‌شود، ارتباطی به خطرات ناشی از افزایش فشار در تجهیزات فرآیندی ندارد. زمانی که نفت خام استخراج می‌شود، گاز طبیعی خام نیز به همراه نفت استخراج می‌شود. در صورتی که سایت استخراج نفت فاقد خطوط لوله و سایر زیرساخت‌های انتقال گاز باشد، گاز همراه به عنوان گاز زائد و بی‌استفاده سوزانده می‌شود.

در یک تقسیم‌بندی کلی دو نوع فلر در فرآیندهای شیمیایی وجود دارد:

▶ فلرهای زمینی

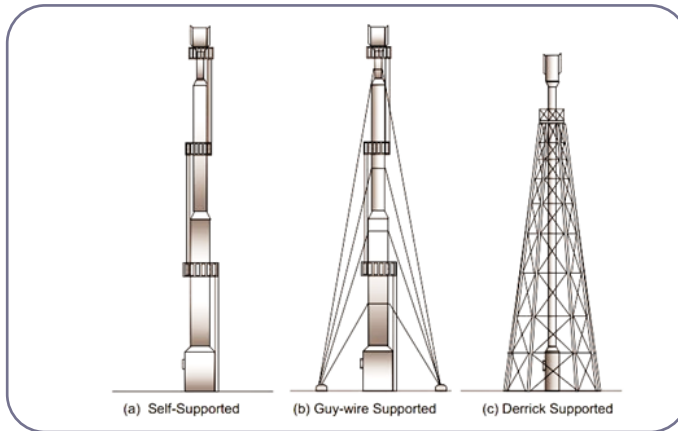
▶ فلرهای مرتفع

البته یک روش فلرینگ دیگر به نام برنینگ پیت نیز وجود دارد که به دلایل کنترلی و زیست محیطی چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

در فلرهای زمینی یا محفظه‌ای عمل احتراق درون محفظه صورت گرفته و تابش حرارتی وجود ندارد (چون شعله در معرض دید نیست)، همچنین در این فلرها تجهیزات هوادهی و بخار آب (که در فلرهای مرتفع برای بهبود رانندگی احتراق نصب می‌شوند) وجود نداشته و فلر می‌تواند در محوطه سایت کارخانه نصب شود. از مزایای دیگر این فلرها می‌توان به تولید صدای کم، نگهداری آسان و نیاز به فضای کمتر برای ساخت اشاره کرد. با این حال هزینه طراحی، ساخت و بهره‌برداری از این فلرها بسیار بیشتر از فلرهای مرتفع بوده و معمولاً ظرفیت احتراق آن‌ها محدودتر است.

فلرهای مرتفع در صورت طراحی مناسب و اصولی، معمولاً بهترین انتخاب برای سوزاندن گازهای سمی و بدبو بوده و معمولاً ظرفیت بالایی برای سوزاندن حجم بالایی از گازهای زائد را دارا هستند. با وجود آلاینده‌گی زیست محیطی و برخی نکات منفی دیگر مانند نیازمندی به فضای بزرگ برای ساخت، تابش حرارتی بالا و صدای زیاد، این فلرها معمولاً در انتخاب در سایت‌های نفت و گاز هستند. پارامترهای مختلفی در محاسبه موقعیت، فاصله و ارتفاع فلرها تاثیرگذار است. این محاسبات معمولاً با در نظر گرفتن حداکثر جریان مواد قابل احتراق و حداکثر میزان مجاز تشعشعات حاصل از احتراق (جهت جلوگیری از آسیب به نیروی انسانی

مشغول به کار در اطراف فلر) انجام می‌شود. در شکل ۱۳-۳ نمای شماتیک سه نمونه از فلرهای مرتفع که با روش‌های متفاوتی برافراشته و پایدار شده‌اند ارائه شده است.



شکل ۱۳-۳. نمای شماتیک سه نوع فلر مرتفع با مهاربندی متفاوت

هر گاه در تجهیزات فرآیندی فشار بیش از حد ایجاد شود، شیرهای اطمینان فشار به عنوان دستگاه‌های ایمنی موجود بر روی تجهیزات، به طور خودکار گاز و گاهی مایعات درون سیستم را آزاد می‌کنند. گازها و مایعات آزاد شده از طریق سیستم‌های پایپینگ بزرگی به نام هدرهای فلر^۱ به یک فلر عمودی بلند هدایت می‌شوند. گازهای آزاد شده در هنگام خروج از نوک فلر می‌سوزند. اندازه و روشنایی شعله ایجاد شده به دبی مواد قابل اشتعال و ارزش حرارتی آن‌ها بستگی دارد. در این مسیر تجهیزاتی برای بهبود راندمان سوختن در فلر نصب شده است. جداکننده بخار-مایع^۲ (برای حذف مایعات موجود در جریان گاز) و تجهیزات تزریق بخار یا هوا (برای بهینه‌سازی سوختن و جلوگیری از تشکیل دود سیاه) دو نمونه از این تجهیزات هستند. به منظور حفظ کارایی سیستم فلر، همانند یک شعله پیلوت، مقدار کمی گاز به طور مداوم سوخته می‌شود، به طوری که سیستم همیشه آماده به انجام وظیفه اصلی خود یعنی سیستم ایمنی فشار بیش از حد می‌باشد.

● ۱۲-۳ ابزار دقیق

اندازه‌گیری، شرط اساسی برای کنترل همه عملیات است. در فرآیندهای صنعتی لازم است همواره متغیرهای فیزیکی فرآیند (فشار، دما، سطح مایع، جریان و...) اندازه‌گیری و کنترل شوند. اندازه‌گیری چنین کمیت‌هایی با مجموعه وسایلی به نام «ابزار دقیق» انجام می‌شود. تجهیزات ابزار دقیق از زیرساخت‌های سیستم کنترل بوده و در بردارنده انواع سنسور، کنترلر، نشان‌دهنده، ترانسسمیتر، رکورد و... می‌باشند که وظیفه اندازه‌گیری، انتقال، نمایش، ثبت و کنترل پارامترهای مهم فیزیکی نظیر دما، فشار، میزان جریان و... را در

۱- Flare headers

۲- Knockout drum

فرآیندهای صنعتی بردوش دارند. برای نمونه، از یک حسگر دما برای حفاظت از سیم پیچ‌های الکتروموتور در برابر دمای بالا استفاده می‌شود تا در صورت افزایش غیرعادی دمای سیم پیچ، موتور را خاموش کند. به بیان دیگر فرآیند زیر در تجهیزات ابزار دقیق صورت می‌گیرد:

▲ اندازه‌گیری

▲ پردازش مقادیر اندازه‌گیری شده به وسیله تجهیزات کنترلی و کنترل پارامترها،

▲ ارسال پاسخ مناسب به تجهیزات کنترل کننده

ابزار دقیق در کنار کنترلرها و شیرها از مهم‌ترین عناصر مدارهای کنترل سیستم‌ها هستند.

۱۳-۳ مخازن

مخازن ذخیره معمولاً جهت ذخیره نمودن مواد خام^۱، فرآورده‌های مختلف^۲ در پالایشگاه‌ها، واحدهای پتروشیمی، انبارهای نفت، نیروگاه‌ها و سایر صنایع به کار می‌رود. به طور کلی تقسیم‌بندی جامع و واحدی برای مخزن‌های ذخیره وجود ندارد. طبقه‌بندی مخزن‌ها می‌تواند با توجه به پارامترهای متفاوت مانند شکل هندسی، نوع سیال، فشار بخار ماده ذخیره شده یا محل استقرار مخزن صورت گیرد.

مخازن ذخیره از لحاظ شکل ظاهری به صورت استوانه‌ای افقی، استوانه‌ای عمودی، کروی و یا شکل‌های دیگر می‌باشد و از نظر محل نصب به مخازن روزمینی و زیرزمینی تقسیم می‌شوند. مخازن استوانه‌ای عمودی و روزمینی از نظر نوع سقف، به مخازن بدون سقف، سقف شناور، سقف ثابت و سقف ثابت با شناور داخلی تقسیم می‌گردند و از نظر فشار کارکرد به مخازن پرفشار، فشار پائین و فشار اتمسفریک تقسیم می‌شوند. لازم به ذکر است در بعضی از صنایع، تقسیم‌بندی مخازن با توجه به سیال داخل آن‌ها صورت می‌پذیرد. همچنین مخازن از نظر ساختار به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

▲ مخزن با اجزاء داخلی: مانند پوسته مبدل حرارتی، ظروف همزن دار، برج تقطیر و ...

▲ مخزن بدون اجزاء داخلی: که به شکل تانک^۳ و درام^۴ است. تفاوت تانک و درام در اندازه آن‌هاست. به گونه‌ای که زمان ماند یک جریان مداوم در درام از چند دقیقه تجاوز نمی‌کند و در خطوط فرآیند پیش یا پس از دستگاه‌های فرآیندی استفاده می‌شود. تانک‌ها مخزن‌های بزرگتری اند و زمان ماند در این مخزن‌ها بیش از چندین ساعت است. مخزن‌های ذخیره‌سازی برای شکل‌های مختلف مواد (مایع، بخار و حتی جامد) به کار می‌رود و چند وظیفه اصلی برعهده دارند:

▲ ذخیره مواد اولیه و خوراک واحدها

▲ ذخیره مواد واسطه که در فرآیند تولید می‌شود

▲ ذخیره فرآورده‌ها

۱- Feed

۲- Product

۳- Tank

۴- Drum

▶ ذخیره مواد برای بارگیری و پخش

▶ همسان‌سازی کیفیت محصول

▶ معیاری برای اندازه‌گیری حجم خوراک و محصول تولیدشده
در ادامه برخی از تقسیم‌های مورد اشاره تشریح می‌شوند.

■ ۱-۱۳-۳ دسته‌بندی مخازن بر پایه محل استقرار مخزن‌ها

مخزن‌ها از نظر قرارگرفتن در سطح یا زیر زمین به دو گروه تقسیم می‌شوند: «مخزن‌های رو زمینی^۱» و «مخزن‌های زیر زمینی^۲».

بیشتر ساختار مخزن‌های رو زمینی، روی زمین قرار دارد. بخش تحتانی مخزن یا مستقیماً روی زمین است یا روی فونداسیون بتنی قرار دارد. گاهی به‌جای فونداسیون بتنی آن‌ها را روی شبکه‌ای از «تیرهای چوبی^۳»، که به‌جای پی به‌کار می‌رود، یا روی اجزاء ساختمانی یا تخته حفاظ یا تور سیمی سنگین قرار می‌دهند. بنابراین ته مخزن از زیر می‌تواند بررسی و در صورت نشت به‌آسانی جای آن مشخص شود. یکی از انواع مخزن‌های روزمینی «مخزن‌های برافراشته^۴» است، که به‌وسیله یک ساختار نگه‌دارنده، بالاتر از سطح زمین قرار می‌گیرد. این مخزن‌ها بیشتر در شبکه‌های تأمین آب به‌کار می‌روند (شکل ۱۴-۳). اگرچه با قراردادن مخزن‌ها روی تپه‌ها در جاهای مرتفع می‌توان به همین هدف دست یافت، اما هنگامی که چنین امکانی وجود ندارد با قراردادن مخزن روی ستون‌هایی مرتفع، اختلاف ارتفاع برای تأمین فشار و دبی کافی به‌دست می‌آید. امتیاز این مخزن‌ها عبارت‌اند از:

▶ ساخت نسبتاً آسان

▶ هزینه اندک

▶ امکان ساخت در ظرفیت‌های بسیار بالاتر از انواع دیگر

۱- Above-ground tank

۲- Underground tank

۳-Grillage

۴- Elevated tank



شکل ۱۴-۳. مخزن دفنی یا زیرزمینی

شکل ۱۴-۳ مخزن برافراشته

مخزن‌های زیرزمینی در ذخیره‌سازی انواع سوخت‌های شیمیایی به کار می‌روند و حجم آن‌ها به پنج هزار تا ۲۰ هزار گالن محدود می‌شود. در این مخزن‌ها باید مقدار دقیق بارگذاری روی زمین مشخص شود. همچنین شرایط رانش زمین و نیروی شناوری وارد بر آن‌ها هم باید در نظر گرفته شود. این مخزن‌ها معمولاً با لنگرهای محکمی به زمین محکم می‌شوند (شکل ۱۵-۳). بنابراین هنگامی که آب زیرزمینی آن‌ها را احاطه می‌کند، تکان نمی‌خورند. از آنجایی که این مخزن‌ها زیر زمین‌اند، در معرض خوردگی بیشتر قرار دارند. بنابراین لازم است با استفاده از حفاظت کاتدیک و پوشش آستر از آن‌ها محافظت شود. یکی از دلایل استفاده از این نوع مخزن‌ها نبود زمین و محوطه کافی برای قراردادن تجهیزات است. دلیل دیگر، ذخیره مواد شیمیایی خطرناکی است که معمولاً در دمای نسبتاً ثابت قرار دارند که در این حالت به علت ایزوله بودن مخزن تلفات ناشی از تبخیر کاهش می‌یابد.



شکل ۱۵-۳. مخزن دفنی یا زیرزمینی

۲-۱۳-۳ دسته‌بندی مخازن بر اساس نوع سقف

بطور کلی مخزن‌های ذخیره‌سازی به دو شکل روباز و روبسته هستند. پارامترهایی که در انتخاب سقف مخزن مهم است، عبارت‌اند از:

▲ **فشاریت (فشار بخار):** مهم‌ترین عامل در انتخاب نوع مخزن، فشار بخار ماده ذخیره‌شده در دمای محیط است. بر اساس فشار بخار، می‌توان فرآورده‌های نفتی را برای انبارش در مخزن به سه دسته تقسیم کرد:

۱. فرآورده‌هایی که فشار بخار آن‌ها از یک ونیم پوند بر اینچ مربع کمتر است، معمولاً در مخزن‌های سقف ثابت نگهداری می‌شوند.

۲. فرآورده‌هایی که فشار بخار آن‌ها بیش از یک ونیم پوند بر اینچ مربع است در مخزن‌های سقف شناور نگهداری می‌شوند.

۳. فرآورده‌هایی که دارای فشار بخار بیشتر تا نزدیک ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع‌اند، در مخزن‌های کروی یا استوانه‌ای نگهداری می‌شوند.

▲ **سمیت**

▲ **درجه آتش‌گیری**

۱-۲-۱۳-۳ مخازن روباز

مخزن‌های ذخیره‌سازی روباز، ساده‌ترین شکل مخزن است و به شکل دیواره‌ای بدون سقف‌اند. از این نوع مخزن‌ها به دلیل نبود سقف و تماس سیال با محیط بیرون برای ذخیره‌سازی موادی استفاده می‌شود که:

▲ **میزان فشاریت آن‌ها بسیار اندک (فشار بخار کمتر از ۱/۵ پوند بر اینچ مربع) باشد.** زیرا بالا بودن میزان فشاریت باعث تبخیر و اتلاف ماده می‌شود.

▲ **خاصیت آتش‌زایی نداشته باشند،** زیرا امکان بروز آتش‌سوزی پدید می‌آید.

▲ **مواد گران قیمت نباشند.** زیرا امکان آلوده شدن آن وجود دارد؛ مگر آنکه خالص بودن سیال اهمیت چندانی نداشته باشد و یا پیش از استفاده تصفیه شود.

این دسته از مخزن‌های ذخیره‌سازی عموماً دارای اندازه‌هایی بزرگ‌اند. تانک‌های باز معمولاً با قطر تا ۷۰ متر و عمق تا ۷ متر (گاهی نیز بزرگ‌تر) ساخته می‌شوند. جنس این مخزن‌ها ممکن است از استیل، بتون و... باشد. از جمله موادی که در این مخزن‌ها ذخیره می‌شوند می‌توان آب، آب نمک (در واحدهای کلرآلکالی پتروشیمی‌ها)، کودهای شیمیایی دوغابی و... را نام برد.

۲-۲-۱۳-۳ مخازن روبسته (مسقف)

این مخازن انواع مختلفی دارند که می‌توان به مخزن‌های با سقف ثابت، مخزن‌های با سقف شناور،

مخزن‌های کرومی^۱، استوانه‌ای^۲ و مخزن‌های سرد^۳ اشاره کرد. در ادامه توضیحاتی در مورد برخی از این نوع مخازن ارائه می‌شود.

مخزن‌های با سقف ثابت^۴

گازها، سیالات آتش‌گیر، مواد شیمیایی خطرناک، مانند اسیدها یا بازها و سیالاتی که از خود گازهای سمی منتشر می‌کنند، باید در مخزن‌های مسقف‌نگه‌داری و ذخیره‌شوند. این مخزن‌ها برای مواردی به کار می‌روند که: **▲ فشار بخار مایع ذخیره‌شونده اندک یا ناچیز باشد.** چنانچه فشار بخار سیال ذخیره‌شده در این مخزن‌ها بالا باشد، تمایل مایع به تبخیر موجب تشدید پدیده‌ای به نام «اتلاف تنفسی» می‌شود که موجب هدررفت مقادیری از مواد شده و در صورتی که مواد سمی و یا آتش‌گیر باشند، مسائل و مشکلات ایمنی و زیست‌محیطی را نیز به همراه خواهد داشت. **▲ ماده مورد نظر آتش‌گیر یا سمی بوده و یا خلوص آن اهمیت داشته باشد.**

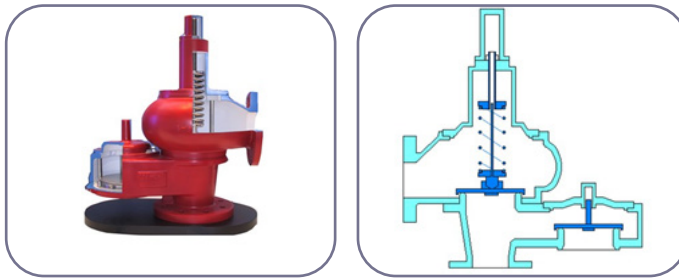
از جمله موادی که در مخزن‌های با سقف ثابت ذخیره می‌شود می‌توان به آب و ترکیبات سنگین، مانند آکریل آمید، دی‌اتیل پیروکربنات، دی‌ایزوپروپیل فلوئوروسففات، کاستیک، نفت کوره و... اشاره کرد. این مخزن‌ها دارای دیواره‌ای استوانه‌ای شکل با کف و سقف‌اند. غالباً کف آن‌ها را صاف و سقف را به اشکال مخروطی و گنبدی می‌سازند (شکل ۱۶-۳). در مخزن‌های «سقف مخروطی» وزن سقف به وسیله ستون‌هایی که به کف مخزن جوش داده شده، نگه‌داشته می‌شود. در مخزن‌های «سقف گنبدی» سقف به پوسته جوش می‌شود. نسبت بلندی به قطر در طراحی این مخزن‌ها مهم است. عوامل مؤثر در تعیین قطر و بلندی مخزن عبارت‌اند از: فضای موجود برای نصب مخزن، تحمل فشار خاک زیر مخزن، فزایت فرآورده‌ای که باید در مخزن انبار شود، سرعت ته‌نشینی مواد شیمیایی مورد نظر و ناخالصی‌هایی که در مخزن انبار می‌شود. عواملی همچون کوچکی فضا برای نصب مخزن، فزایت زیاد ماده و بالا بودن سرعت ته‌نشینی آن می‌تواند دلایلی برای انتخاب مخزن‌هایی با قطر کمتر و بلندی بیشتر باشد. تحمل اندک خاک زیر مخزن می‌تواند دلیلی برای انتخاب مخزن با قطر بالا و ارتفاع اندک باشد.



شکل ۱۶-۳. مخزن سقف گنبدی ثابت

- ۱- Spherical tank
- ۲- Cylindrical tank
- ۳- Cryogenic tank
- ۴- Fixed roof tank

مخزن‌هایی که برای انبارش مایعات فرار ساخته می‌شوند باید بدون منفذ بوده و تغییرات فشار از ۳۹۵ تا ۱۳۲۰ پوند بر اینچ مربع را تحمل کنند. تغییرات فشار به وسیله شیر اطمینان و ویژه‌ای خنثی می‌شود. جلوگیری از افزایش یا کاهش فشار مخزن بر اثر تغییرات دما با استفاده از ونت (دریچه تخلیه) یا شیر تنفسی (شیر فشار- خلاء) کنترل می‌شود. ونت به طور معمول لوله خمیده‌ای است که روی مخزن‌های با سقف ثابت نصب می‌شود. استفاده از این شیوه معیابی مانند هدررفت محصول، آلودگی هوا و خطر انفجار دارد. اگر پرشدن مخزن همراه با گرمایش یا تخلیه همراه با سرمایش باشد، از شیرهای فشار-خلاء استفاده می‌شود (شکل ۱۷-۳). همچنین، در مخازن با سقف متحرک نیز از شیر فشار-خلاء استفاده می‌شود. در هنگام پر شدن مخزن این شیرها با خارج کردن گازهای درون مخزن از افزایش فشار درونی مخزن جلوگیری کرده و به اصطلاح عمل بازدم را برای مخزن انجام می‌دهند. در هنگام تخلیه نیز شیرها با وارد کردن هوای بیرون به درون مخزن از مچاله شدن مخزن جلوگیری کرده و عمل دم را برای مخزن انجام می‌دهند. البته وجود این شیرها در مخازنی که تغییرات فشار سریع باشد، ضروری تر است.



شکل ۱۷-۳. شیر تنفسی یا شیر فشار-خلاء (تصویر برش خورده و تصویر شماتیک)

دیگر تجهیزات این مخزن‌ها عبارتند از: حوضچه و شیر زیرآب، لوله‌های ماریج بخار، پروانه همزن برای درآمیختن فرآورده‌ها، ژرفاسنج‌های خودکار، دماسنج و... دیسک انفجاری در این مخزن‌ها بخشی از سقف تانک است که از قسمت‌های دیگر ضعیف‌تر ساخته می‌شود. هرگاه کنترل‌کننده‌ها و شیرهای اطمینان خوب عمل نکنند، دیسک پاره شده و مانع از آسیب دیدگی مخزن می‌شوند.

مخزن‌های با سقف شناور^۱

این نوع مخازن برای ذخیره مواد نفتی خیلی سبک و فرار و همچنین ذخیره‌ی سوخت‌های با فشار بخار نزدیک به اتمسفر مورد استفاده قرار می‌گیرند. سقف شناور در این مخازن، از تشکیل بخار اتلاف‌کننده محصول و نیز ایجاد ترکیبات قابل انفجار جلوگیری می‌نماید. همان‌گونه که از نام آن پیداست، این مخزن‌ها سقفی دارند که روی سطح مایع ذخیره‌شده شناور است. به طوری که با تغییر ارتفاع سطح مایع در مخزن، به هر دلیلی مانند پر و خالی کردن مخزن و یا شرایط عملیاتی، سقف شناور نیز بالا و پایین می‌رود. برای کاهش میزان تبخیر مواد سبک و جلوگیری از آتش‌سوزی، مخزن‌های فرآورده‌های سبک و فرار با سقف شناور

۱- Floating roof tank

ساخته می‌شوند. این نوع سقف‌ها از ورود هوا به مخزن و هم‌آمیزی با بخارهای نفتی ممانعت می‌کند و از این راه انفجار و آتش‌سوزی که ممکن است از جرقه ساکن ایجاد شود جلوگیری می‌نماید.

حرکت سقف شناور روی سطح سیال بر پایه قانون تعادل ارشمیدس بوده و به‌وسیله گازهای حاصل از مایع شیمیایی فرّار، که در زیر سقف جمع می‌شود، اندک حرکتی دارد. ولی، حرکت کلی سقف بر پایه حجم ذخیره‌شده است. شناور بودن سقف به میزانی چشمگیر از خروج گازهای سبک همراه نفت جلوگیری می‌کند. این دسته از مخزن‌ها جزو تانک‌های ذخیره اتمسفریک بوده و برای ذخیره مایعات فرّار (فشار بخار بیش از ۱/۵ پوند بر اینچ مربع) به کار می‌روند.

دیواره داخلی این مخزن‌ها باید دارای سطحی صاف باشد و به‌گونه‌ای ساخته شود که فضای میان سقف و دیواره را مسدود نکند. میان جداره مخزن و لبه سقف شناور قسمت قابل انعطافی وجود دارد که همراه سطح مایع باعث حرکت سقف به بالا و پایین می‌شود. آب‌بندی میان جداره مخزن و سقف شناور به روش‌های مختلف انجام می‌شود، مانند استفاده از فتر میان جداره و سقف یا آب‌بندی لوله‌ای لاستیکی. این موضوع، نه تنها از دیدگاه ایمنی بلکه از نظر مرغوبیت ماده شیمیایی ذخیره شده (مانند نفت) مهم است. سقف شناور، ایمنی مخزن را بیشتر و باعث جلوگیری از مخلوط شدن هوا با هیدروکربن داخل مخزن می‌شود. همچنین مانع از برخورد صاعقه با گازها و بخارات بالای مخزن می‌شود. به طور کلی امتیازهای مخازن سقف شناور نسبت به مخازن سقف ثابت عبارت‌اند از:

▶ جلوگیری از آلودگی هوا

▶ جلوگیری از هدر رفتن محصول

▶ کاهش خطر انفجار

مخزن‌های سقف شناور از نظر نوع سقف به سه دسته تقسیم می‌شوند.

▶ سقف‌های تابه‌ای شکل^۱: این سقف‌ها مسطح بوده و از فولاد یا آلومینیوم ساخته می‌شوند و دارای پایه‌های عمودی‌اند

که به محیط سقف متصل می‌باشد. نقطه ضعف این سقف‌ها آن است که به محض سوراخ شدن غرق می‌شوند.

▶ سقف‌های فلوتر دار^۲: که در آن فلوتر جعبه مانند و توخالی پیرامون سقف نصب شده و آن را شناور کرده است. در

نتیجه با سوراخ شدن یک یا چند فلوتر غرق نخواهد شد.

▶ سقف دولایه^۳: سقف شناور از دولایه تشکیل شده است.

در شکل ۱۸-۳ مقطع طولی انواع سقف‌های شناور نشان داده شده است.



شکل ۱۸-۳. مقطع طولی انواع سقف‌های شناور

۱- Pan type

۲- Pontoon type

۳- Double deck

البته با وجود تمام مزایا، استفاده از مخازن سقف شناور معایبی مانند ماندن تولید بار الکتریکی به دلیل اصطکاک میان سقف و دیواره نیز دارد. همچنین گاهی به دلیل شرایط آب و هوایی و بارش برف، سقف شناور در مایع ذخیره شده غرق می‌شود. برای حل این مشکل گاهی مخزن دارای سقف شناور را درون یک محفظه دیگر می‌گذارند. از این رو مخزن‌های سقف شناور به دو دسته تقسیم می‌شوند:

▶ مخازن سقف شناور بدون سرپوش (سقف شناور بیرونی^۱) که در آن‌ها قسمت بالایی مخزن باز است.

▶ مخازن سقف شناور با سرپوش (سقف شناور درونی^۲) که به وسیله یک سقف ثابت دیگر مسدود شده‌اند.

تفاوت اصلی این دو نوع مخزن در وجود یک سقف ثابت است و به همین دلیل هر یک از این نوع مخزن‌ها کاربرد مخصوص به خود را دارد. مخزن‌های با سقف ثابت را می‌توان به آسانی، با نصب سقف شناور درون مخزن، به IFR تبدیل کرد. همچنین می‌توان با افزودن سقف ثابت به مخزن EFR آن را به IFR تبدیل کرد. هر دوی آن‌ها برای موادی با فشاریت بالا (فشار بخار در حدود ۵ پوند بر اینچ مربع) استفاده می‌شوند. در صورتی که ویژگی‌ها سمیت و آتش‌گیری ماده مورد نظر اندک باشد از EFR و در صورت بالا بودن سمیت و یا آتش‌گیری ماده مورد نظر از IFR استفاده خواهد شد.

مزایای نصب سقف ثابت روی سقف شناور عبارتند از:

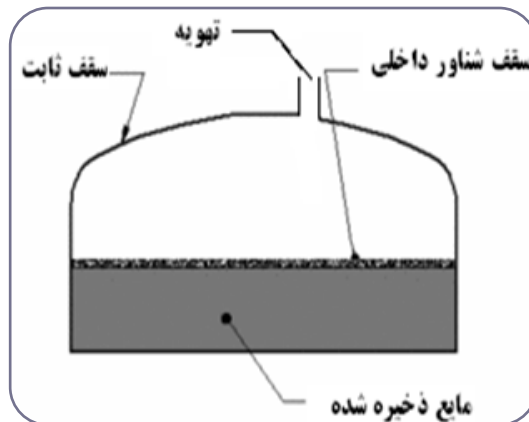
▶ محافظت سقف شناور و سیستم‌های آب‌بندی از عوامل جوی مانند باران، برف و باد

▶ جلوگیری کامل از نشست مواد سمی و آتش‌گیر

▶ امکان اعمال فشار مثبت روی سقف شناور به کمک گاز ازت به منظور جلوگیری از نوسان و کج شدن سقف شناور

موادی همچون نفت خام را در EFR و موادی مانند متانول و MTBE را در IFR ذخیره می‌کنند. در

شکل ۱۹-۳ تصویری شماتیک از یک مخزن سقف شناور با سرپوش نشان داده شده است.



شکل ۱۹-۳. مخزن سقف شناور با سرپوش

۱- External Floating Roof (EFR)

۲- Internal Floating Roof (IFR)

مخزن‌های کرووی و استوانه‌ای

مخزن‌های کرووی یا استوانه‌ای^۱ برای مقاومت در برابر فشارهای بالا به کار می‌رود و ممکن است فشار تا ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع یا بیشتر را تحمل کنند. این نوع مخزن‌ها جهت نگهداری بوتان و پروپان و گاز مایع و بنزین‌های سبک و به طور کلی مواد شیمیایی سبک به کار می‌روند. چنانچه لازم باشد سیال مورد نظر، تحت فشار ذخیره شود (۵/۰ تا ۵۰ پوند بر اینچ مربع)، مخزن‌های استوانه‌ای و کرووی مناسب خواهند بود. در فشار اندکی بالاتر از فشار اتمسفر (۵/۰ - ۱/۵ پوند بر اینچ مربع) از مخزن‌های زیر استفاده می‌شود:

▲ مخزن‌های استوانه‌ای افقی با انتهای عدسی^۲

▲ مخزن‌های استوانه‌ای عمودی با سقف نیمه کرووی^۳

▲ مخزن‌های کرووی فشرده در ارتفاع^۴

البته در این محدوده فشار، مخزن‌های استوانه‌ای افقی ترجیح داده می‌شوند ولی بر حسب شرایط عملیاتی خصوصاً چنانچه به حجمی فراوان برای ذخیره‌سازی نیاز باشد، از مخزن‌های کرووی استفاده می‌شود. همچنین در صورتی که فشار بخار ماده مورد ذخیره‌سازی بالاتر از ۵۰ پوند بر اینچ مربع باشد، باید حتماً از مخزن‌های کرووی استفاده کرد. با توجه به ساختار فیزیکی و هندسی این مخزن‌ها که بصورت متقارن اند تحمل فشار در آن‌ها از دیگر مخزن‌ها بیشتر بوده از این رو عموماً از آن‌ها برای ذخیره‌سازی مواد در حجم‌های نسبتاً بالا و فشار زیاد استفاده می‌شود. معمولاً ظرفیت آن‌ها ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ بشکه و فشار قابل تحمل آن‌ها ۱۰ تا ۲۰۰ پوند بر اینچ مربع است. این مخزن‌ها دارای جداره کرووی شکل بوده و دیواره آن‌ها با استفاده از صفحات خمیده ساخته شده است. معمولاً این صفحات در محل، جوش داده و نصب می‌گردند. این مخزن‌ها دارای مزایایی از جمله موارد زیر هستند:

▲ در ظرفیت‌های مساوی، سطح مخزن کرووی ۸۸٪ سطح مخزن‌های استوانه‌ای است که افزون بر مسائل اقتصادی باعث کاهش انتقال حرارت می‌شود.

▲ در صورت بروز نشتی در مخزن‌های با فشار بالا امکان یخ‌زدگی وجود خواهد داشت. در مخزن‌های کرووی که نیاز به زیرسازی و فونداسیون کمتری نسبت به مخزن‌های استوانه‌ای است، به علت عدم تماس، خطر یخ‌زدگی خاک وجود ندارد. از این مخزن‌ها بطور وسیعی در ذخیره‌سازی موادی همچون کلر مایع، آمونیاک بی‌آب، دی‌اکسید گوگرد، اکسید اتیلن، دی‌اکسید کربن، و نیل کلراید مونومر، برش‌های سبک نفتی^۵ و... در صنایعی همچون کاغذسازی، واحدهای تولید سود سوزآور، سفیدکننده‌ها، واحدهای تصفیه آب و فاضلاب، صنایع پالایش نفت و پتروشیمی، تولید کودهای شیمیایی، تولید PVC و... استفاده می‌شود.

۱- Spherical and cylindrical tanks

۲- Horizontal cylindrical dished ends

۳- Vertical cylindrical hemispheroidal

۴- Squashed sphere

۵- Light end

مخزن‌های سرد

مخزن‌های سرد برای نگهداری گازهای مایع و موادی با نقطه جوش پایین و غالباً زیر صفر درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شوند. با توجه به پایین بودن دمای جوش این مواد، بسیاری از آن‌ها در دمای عادی محیط به شکل گاز هستند، بنابراین باید این دسته از مواد را در دمای پایین نگهداری کرد.

اقتصادی‌ترین و ایمن‌ترین دما برای نگهداری این گازها، کمی پایین‌تر از دمای جوش آن‌ها و در حالت مایع است. برای نمونه، گاز بوتان در صفر درجه سانتی‌گراد، بوتادین در ۴-، آمونیاک در ۳۳-، پروپان در ۴۲-، اتیلن در ۱۰۳-، آرگون در ۱۸۶-، نیتروژن در ۱۹۶- و هیدروژن در ۲۵۳- درجه سانتی‌گراد زیر صفر نگهداری می‌شوند. برای مایع نگه‌داشتن این گازها می‌توان آن‌ها را در فشارهای بالا و دمای محیط نیز نگهداری کرد ولی دلایل متعددی باعث شده‌اند که ذخیره‌سازی در دمای پایین و فشار اتمسفریک بر ذخیره‌سازی در فشار بالا و دمای محیط مزیت داشته باشد، از جمله این دلایل می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ▶ وجود فشار پایین‌تر از دید ایمنی بسیار مناسب‌تر است.
- ▶ هرچه فشار مخزن افزایش یابد، به‌ناچار باید ظرفیت ذخیره‌سازی را برای ایمنی و هزینه‌های ساخت کاهش داد.
- ▶ لذا کارکردن در فشار پایین‌تر موجب می‌شود تا ظرفیت بیشتری برای ذخیره‌سازی با هزینه مناسب‌تر استفاده کرد.
- ▶ مخزن‌های دارای فشار زیاد از نقطه نظر ایمنی نیاز به محافظ‌های زیاد و غالباً دوربودن از دیگر تجهیزات و واحدهای فرآیندی دارند، بنابراین کارکردن در فشار پایین‌تر موجب استفاده بهینه‌تری از زمین می‌شود.
- ▶ عملیات بهره‌برداری در فشار اندک راحت‌تر و سازگار با سیستم حمل‌ونقل است.

مخزن‌های سرد غالباً به شکل استوانه‌ای با کف صاف‌اند که به «مخزن‌های تبرید» نیز موسوم‌اند. این نوع مخزن‌ها به شکل رو زمینی و زیر زمینی‌اند. مخزن‌های متداول برای انبارهای بزرگ از نوع رو زمینی، کف‌صاف و سقف‌گنبدی و دو جداره‌اند، که از یک جدار داخلی از جنس فولاد نیکل‌دار و یک پوشش خارجی از فولاد و یک ماده عایق‌کننده وسطی تشکیل شده است. سیستم عایق‌بندی آن متشکل از دانه‌های پودری پرلایت است که در فضای میان دو جداره و با استفاده از فشار مثبت نیتروژن نگهداری می‌شود. این نوع از مخزن‌ها را اصطلاحاً تانک‌های نگهداری کامل نیز می‌گویند.

نوع دیگری از این مخزن‌ها به شکل زیر زمینی است. یکی از مسائل مهمی که در مخزن‌های زیر زمینی پیش می‌آید، مشکل تشکیل یخ در خاک اطراف و زیر مخزن است که باعث ایجاد فشارهای فراوان به مخزن و فونداسیون می‌شود. برای کنترل و رفع این مشکل، زیر و اطراف مخزن را با شن درشت پر می‌کنند و در بعضی موارد از سیستم‌های گرمایشی در فونداسیون زیر مخزن استفاده می‌کنند. مزیت مخزن‌های زیر زمینی در برابر مخزن‌های روزمینی این است که در صورت اشکال در مخزن، مایع در سطح زمین اطراف پخش نمی‌شود ولی عیب عمده آن‌ها این است که در صورت بروز نشستی در زیر خاک، یافتن نشستی مشکل است.

سیستم‌های کاهش‌دهنده فشار در مخزن‌های سرد نیز استفاده می‌شوند و در صورت بالا رفتن فشار از حد مجاز، مقداری از گاز را از مخزن تخلیه کرده تا فشار در حد مجاز قرار گیرد. درباره گازهای آتش‌گیر باید برای

آن از سیستم ایمنی استفاده کرد تا گازهای حاصل از تخلیه فشار مایع سرد را به نقطه‌ای بیرون از قسمت‌های حساس واحد عملیاتی منتقل کند و در مشعل آن را بسوزانند و در ضمن به دلیل مسایل زیست‌محیطی نیز باید کلیه شیرهای ایمنی به مشعل تخلیه گردند. ملاحظات ایمنی ایجاب می‌کند که به منظور جلوگیری از خطرات در هنگام شکافت احتمالی، مخزن‌ها به وسیله «دیواره‌های جداکننده»^۱ محصور شوند. این مخزن‌ها دارای سیستم تبرید هستند.

مخزن‌های سرد به دو نوع تقسیم می‌شود:

▶ مخزن‌های ذخیره‌سازی در دمای پائین^۲: برای جلوگیری از انتقال حرارت این مخزن‌ها را با فاصله از سطح زمین می‌سازند که «تحت صاف»^۳ نامیده می‌شوند و از نوع سقف گنبدی اند و یک نوع مخزن فشار اتمسفریک یا کم‌فشار بوده و از دو جداره تشکیل شده‌اند که میان دو جدار آن‌ها عایق حرارتی قرار دارد و غالباً به سیستم پوشش نیتروژن مجهزند.

▶ مخزن‌های ذخیره‌سازی بتونی^۴: از مخزن‌های بتونی که به وسیله خاکریزهای انبوه و عایق‌های داخلی محافظت می‌شود، برای ذخیره‌سازی انبوه LNG استفاده می‌شود.

مخزن‌های خاص Gas Holder

گاهی اوقات گازها را در مخزن‌هایی به نام Gas Holder ذخیره می‌کنند. ساختار آن بدین صورت است که یک محفظه استوانه‌ای شکل که از یک طرف باز است، به صورت عمودی و به نحوی درون یک تانک پر از آب یا یک سیال دیگر قرار می‌گیرد که سمت بسته این محفظه استوانه‌ای در بالا و سمت باز آن در پایین باشد (مشابه ساختار دستگاه گاز متر تر). حد فاصل میان دو دیواره و میان محفظه استوانه‌ای و تانک پر از آب را بخش آب‌بندی تشکیل می‌هد. با ورود گاز به محفظه استوانه‌ای و تجمع در آن، محفظه درون تانک پر از آب حرکت کرده و بالا می‌رود و گاز در فضای استوانه‌ای شکل و آب نگه‌داشته می‌شود. برای حفظ تعادل محفظه استوانه‌ای در حین بالا و پایین رفتن از ریل‌هایی که به دیواره محفظه استوانه‌ای جوش داده شده و در درون چرخ‌هایی متصل به تانک پر از آب بالا و پایین می‌رود، استفاده می‌شود. برای آنکه محفظه استوانه‌ای زیادتر از حد بالا نیاید و یا به کف تانک آب برخورد نکند، از نگه‌دارنده‌هایی در بالا و پایین تانک پر از آب استفاده می‌شود که به صورت اتصالاتی بر روی دیواره‌اند. از نمونه‌های عملی این مخزن‌های می‌توان به مخزن نگه‌داری VCM در واحد PVC پتروشیمی بندرامام اشاره کرد.

۱۴-۳ نقشه‌های فرآیند

به طور کلی طراحی واحدهای شیمیایی شامل دو بخش است: طراحی پایه واحد و طراحی تفصیلی یا مهندسی واحد. هر محصول شیمیایی دارای روش‌های مختلفی برای تولید است که دانش فنی یا لیسانس این روش‌ها ممکن است در اختیار تعدادی از شرکت‌های بزرگ بین‌المللی باشد. این روش‌ها به عنوان طرح‌های

۱- Dike

۲- Refrigerated storage

۳- Flat bottom

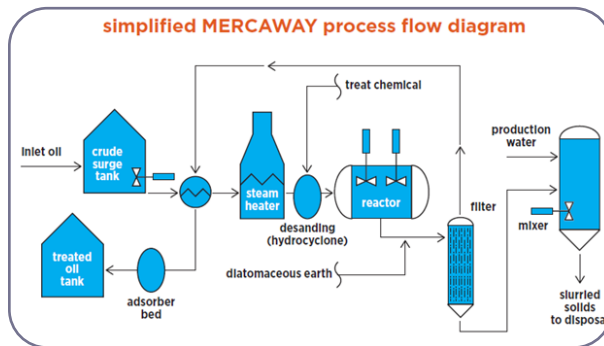
۴- Concrete storage tank

پایه برای طراحی تفصیلی خط تولید یک ماده شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مرحله طراحی تفصیلی شامل برآورد تجهیزات مورد نیاز برای احداث واحد صنعتی و طراحی قسمت‌های مختلف آن شامل طراحی زیر ساخت‌های لازم مثل خاکبرداری و خاکریزی و تسطیح و احداث جاده و ساختمان و معماری و... و همچنین طراحی قسمت‌های مکانیکی، برقی، ابزار دقیق و احیاناً مخابراتی و... واحد صنعتی و سفارش ساخت و خرید آن تجهیزات است. در طراحی تفصیلی دو نوع نقشه تهیه و استفاده می‌شود؛ دیاگرام‌های جریان فرآیند و دیاگرام‌های لوله‌کشی و ابزار دقیق.

۱-۱۴-۳ دیاگرام‌های جریان فرآیند (PFD)

در این نقشه‌ها که نتیجه طراحی پایه مهندسی شیمی است طرح کلی جریان مواد شیمیایی و دبی و دما و فشار و سایر مشخصات آن‌ها تعیین می‌شود. این نوع نقشه‌ها برای ارائه موازنه جرم و انرژی فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین در این نقشه‌ها درباره تجهیزات لازم برای فرآیندها و جنس آن‌ها و موارد دیگر بحثی به میان نمی‌آید. در یک PFD آیتم‌های زیر نمایش داده می‌شود:

- ▶ لوله‌کشی فرآیند
 - ▶ سمبل، نام و کد شناسایی تجهیزات اصلی
 - ▶ شیرها و شیرهای کنترلی که بر روی عملکرد سیستم اثر می‌گذارند
 - ▶ ارتباط با سایر سیستم‌ها
 - ▶ انشعابات فرعی^۲ مهم و خطوط سیرکوله
 - ▶ نرخ‌های سیستم و مقادیر عملکردی مانند حداقل، نرمال و حداکثر جریان، فشار یا درجه حرارت
 - ▶ ترکیب مایعات
- در شکل ۲۰-۳ نمونه‌ای از یک نقشه PFD ارائه شده است.



شکل ۲۰-۳. نمونه‌ای از یک دیاگرام PFD

۲-۱۴-۳ دیاگرام‌های لوله‌کشی و ابزار دقیق (P&ID)

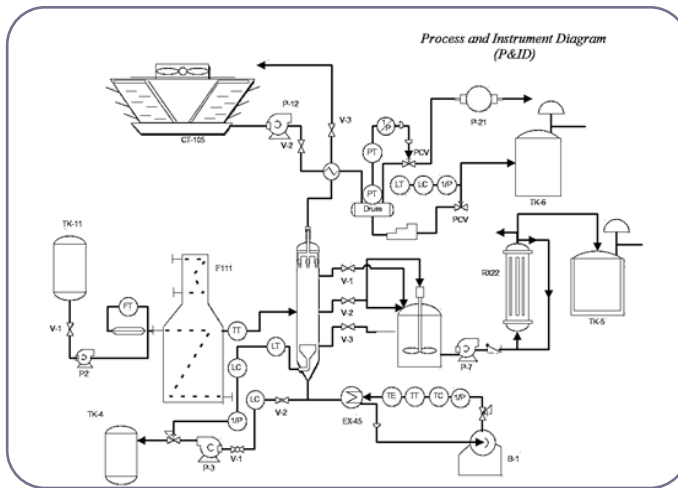
در این نقشه‌ها که توسط مهندسين فرآیند تهیه می‌شود جزئیات بیشتری از ارتباط بین مراحل مشخص شده و تجهیزات مورد نیاز نیز دیده می‌شوند. در این نقشه‌ها اندازه لوله‌ها، تمامی شیرها و اتصالات، دستگاه‌های ابزار دقیق و دیگر جزئیات مورد نیاز جهت تهیه مبنائی مشترک برای تمام افراد فعال در پروژه تعیین می‌شوند. همچنین در این نقشه جزئیات مورد نیاز برای طراحی و سفارش ساخت تجهیزات مانند ظرفیت، فشار، دبی ورودی و خروجی، دما و ... تعیین می‌گردند. به طور خلاصه P&ID نقشه راهنما برای انجام طراحی‌های بعدی است. این نوع دیاگرام برای ارائه جزئیات در اختیار طراحان لوله‌کشی و مخازن، مهندسين برق و ابزار دقیق و دیگر مهندسينی که مستقیماً نیازی به جزئیات فرآیند ندارند، قرار می‌گیرد. همچنین مهندسی ایمنی از این دیاگرام‌ها در جریان شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک استفاده می‌نمایند.

در این دیاگرام‌ها برای نشان دادن تجهیزات و وسایل کنترلی از سمبل‌ها و اشکال خاصی استفاده می‌شود که اغلب بر اساس استانداردهای «انجمن تجهیزات، سیستم‌ها و اتوماسیون امریکا»^۱ طراحی می‌شوند. در واقع می‌توان گفت که P&ID شکل کامل شده PFD می‌باشد. در یک P&ID باید حداقل اطلاعات زیر نشان داده شوند:

- ▶ نمایش کلیه وسایل کنترلی و مشخصات آن
 - ▶ تجهیزات مکانیکی به همراه نام و شماره آن
 - ▶ شیرها و مشخصات آن‌ها
 - ▶ کلیه اطلاعات مربوط به پایپینگ شامل شماره خطوط، اندازه، تغییر مشخصه‌ها، طبقه‌بندی خطوط و جهت جریان.
 - ▶ فلنج‌ها، شیرها، تجهیزات ایمنی، دریچه‌ها (Vent)، محل‌های تخلیه (Drain)، اتصالات، تبدیل‌ها
 - ▶ خطوط شروع و تخلیه موقتی
 - ▶ ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلی و اینترلاک‌ها
 - ▶ ورودی‌های سیستم کنترل کامپیوتری
 - ▶ کلیه وسایل کنترلی شامل لوپ‌ها، ارتباطات نرم افزاری و هشدارها و سیستم منطقی
- در شکل ۲۱-۳ نمونه‌ای از یک دیاگرام P&ID نشان داده شده است. توضیح بیشتر در خصوص سایر علائم و مفاهیم به کار رفته در تهیه این دیاگرام‌ها (به ویژه نمادهای مربوط به ابزار دقیق) خارج از محدوده هدف این راهنما بوده و پیشنهاد می‌شود، خوانندگان علاقمند برای درک بیشتر این نقشه‌ها به منابع دیگر مراجعه نمایند.

۱- Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)

۲- Instrument. Systems and Automation Society (ISA)



شکل ۳-۲۱. یک نمونه از دیاگرام P&ID برای فرآیند جداسازی

۳-۱۴-۳ ■ علایم مورد استفاده در تهیه نقشه‌های فرآیند

دیاگرام P&ID پس از تهیه و تایید PFD تهیه می‌گردد. پس از تهیه و تایید P&ID نیز، کارشناسان پایبند نسبت به تهیه مدارک تفصیلی پایبند نظیر نقشه ایزومتریک و غیره اقدام می‌کنند. از سوی دیگر کارشناسان ابزار دقیق نیز با استفاده از این نمودار نسبت به طراحی مدارک تفصیلی ابزار دقیق نظیر منطق کنترلی، صفحات واسط و غیره اقدام می‌نمایند. در شکل ۳-۲۲ برخی از علایم و سمبل‌های تجهیزات مورد استفاده در تهیه دیاگرام‌های P&ID برای آشنایی خوانندگان معرفی شده‌اند. تاکید می‌شود که تعداد این علایم بسیار زیاد بوده و علامت‌ها با توجه به مکانیزم عمل هر وسیله تفاوت‌هایی با تجهیزات مشابه خود دارند. این مساله در مورد شیرها به روشنی دیده می‌شود. همچنین در استانداردهای مختلف علایم مربوط به یک تجهیز ممکن است با هم فرق داشته باشند. از این رو، دیاگرام باید بر اساس استاندارد مورد استفاده برای ترسیم آن مورد مطالعه قرار گیرد. از نرم افزارهای تخصصی و عمومی مانند Visio می‌توان برای ترسیم دیاگرام‌های PFD و P&ID استفاده کرد.



شیر سماوری

شیر کنترل

شیر سوزنی

شیر کروی

شیر کروی دستی

شیر کشویی

شیر کشویی دستی

شیر فشار	شیر زاویه‌ای دستی	شیر کروری فلنج دار	شیر فلنج دار	شیر پروانه‌ای	شیر یک طرفه	شیر یک طرفه
درام (مخزن افقی)	مخزن	پمپ خلاء	پمپ عمودی	پمپ افقی	پمپ عمودی	پمپ سانتریفوژ
کمپرسور رفت و برگشت	کمپرسور سانتریفوژ	مخزن دو جداره	مخزن سقف شناور	مخزن سقف مخروطی	مخزن سقف باز	مخزن سقف گنبدی
خنک‌کن جریان مخالف	خنک‌کن جریان متقاطع	برج دودکشی	کوره	دیگ بخار	موتور	کمپرسور محوری
موتور الکتریکی	مشعل	راکتور اختلاط	برج جداسازی پر شده	برج تقطیر صفحه‌ای	کندانسور	گرم کن

شکل ۲۲-۳. نمادهای برخی از تجهیزات در دیاگرام‌های P&ID

۱۵-۳ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ نکات ایمنی مرتبط با تجهیزات فرآیندی را در بازرسی از فرآیندها ملحوظ نموده و در گزارش ذکر کنید.
 - ▶ نقشه‌های فرآیندی صنعت را در صورت لزوم اخذ و در تحلیل‌ها و گزارش‌های بازرسی مورد استفاده قرار دهید.
 - ▶ در بررسی موارد حادثه، سهم و عملکرد تجهیزات فرآیندی در بروز حادثه را تحلیل و گزارش نمایید.
 - ▶ گزارش‌های تعمیرات و نگهداری مربوط به تجهیزات فرآیندی را بررسی و اقدام لازم را بر اساس نتیجه بررسی انجام دهید.
 - ▶ نقشه‌های فرآیندی صنعت را با در نظر گرفتن مقررات داخلی صنعت، تهیه و انطباق آن با شرایط موجود را بررسی نمایید.
 - ▶ از نقشه‌های فرآیندی برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک فرآیند (بر اساس راهنماهای مرتبط) استفاده نمایید.
- کارشناسان ایمنی:**

- ▶ در برنامه‌های زمانی مرتبط با کارشناس ایمنی، بازدید و بررسی موارد ایمنی مربوط به تجهیزات فرآیندی مانند پارامترهای فرآیندی را در دستور کار قرار دهید.

فصل چهارم

حوادث شیمیایی
(رهایش، آتش سوزی،
انفجار)

حوادث شیمیایی (رهايش، آتش سوزی، انفجار)

۴-۱ مقدمه

آتش سوزی، انفجار و رهايش یا نشت ماده (گازها، مایعات یا مواد جامد پودری) سه نوع اصلی حوادث شیمیایی هستند. این حوادث می توانند به تنهایی رخ داده و یا هر یک باعث بروز دیگری شوند. برای نمونه نشت مواد شیمیایی می تواند بدون آتش سوزی، منجر به آتش سوزی آبی و یا آتش سوزی تاخیری همراه با انفجارهای بعدی رخ دهد. در بسیاری از حوادث بزرگ یک انفجار مقدمه آتش سوزی یا نشت مواد می شود. همچنین آتش سوزی ها می توانند انفجارهای بعدی را در یک فرآیند به دنبال داشته باشند. به چنین وضعیتی، اثرات دومینویی^۲ گفته می شود. در جدول ۴-۱ ویژگی های سه گونه حادثه شیمیایی که به طور مستقیم بر میزان ریسک آن ها تاثیر می گذارد، ذکر شده است.

جدول ۴-۱. ویژگی های سه نوع حادثه شیمیایی

انواع حوادث شیمیایی	احتمال وقوع	آسیب رسانی در حد مرگ	آسیب رسانی اقتصادی
آتش سوزی	بالا	اندک	متوسط
انفجار	متوسط	متوسط	بالا
نشت ماده	اندک	بالا	اندک

گستره پیامدهای حوادث شیمیایی بسیار متنوع است. با این حال، بر اساس معیارهای اعلام شده توسط

۱-Release

۲- Domino effects

برنامه زیست محیطی سازمان ملل متحد، حادثه بزرگ صنعتی (اعم از شیمیایی و غیر شیمیایی) به حادثه‌ای گفته می‌شود که سبب مرگ حداقل ۲۵ نفر، یا مجروح شدن حداقل ۱۲۵ نفر، یا تخلیه حداقل ۱۰ هزار نفر از محل و یا قطع دسترسی حداقل ۱۰ هزار نفر به آب آشامیدنی شود.

۲-۴ پایگاه‌های اطلاعاتی ثبت حوادث بزرگ شیمیایی

در دنیا چند پایگاه اطلاعاتی برای ثبت و گزارش حوادث بزرگ شیمیایی (و گاه غیر شیمیایی) وجود دارد. هدف این پایگاه‌ها جمع‌آوری اطلاعات مربوط به حوادث بزرگ، تسهیل دسترسی به جزئیات حوادث و شبه حوادث برای بررسی و درس آموزی از آن‌ها و در نهایت پیشگیری از حوادث یا تقلیل پیامدهاست. در ادامه چند پایگاه اطلاعاتی مهم معرفی می‌شوند:

۱-۲-۴ پایگاه eMARS

«سیستم گزارش‌دهی حوادث بزرگ^{۱)}» با نام اختصاری MARS در سال ۱۹۸۲ در اتحادیه اروپا راه‌اندازی و پس از گسترش اینترنت و در سال‌های اخیر به eMARS تغییر نام یافته است. اطلاعات این پایگاه در سایت <https://emars.jrc.ec.europa.eu> قابل دسترسی است.

۲-۲-۴ پایگاه ARIA

پایگاه «اطلاعات، پژوهش و آنالیز حوادث^{۲)}» توسط وزارت محیط زیست، توسعه پایدار و انرژی فرانسه راه‌اندازی شده است. این پایگاه در حال حاضر (سال ۲۰۱۶) در حدود چهار هزار حادثه را ثبت کرده است که عمدتاً (۳۷۰۰۰ مورد) مربوط به حوادث روی داده در کشور فرانسه است. اطلاعات این پایگاه از سال ۱۹۹۲ به این سو را دربر می‌گیرد. این پایگاه در آدرس <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr> به زبان انگلیسی و فرانسوی قابل دسترسی است.

۳-۲-۴ پایگاه CSB

در سال ۱۹۹۸ «کمیته ایمنی شیمیایی^{۳)}» به عنوان یک سازمان مستقل فدرال در آمریکا تشکیل شد. هدف این کمیته بررسی حوادث شیمیایی و انتشار گزارش‌های آن برای حفاظت از کارگران، عموم مردم و محیط زیست است. این کمیته علاوه بر گزارش‌های مکتوب، نتیجه بررسی‌ها خود در مورد هر حادثه را صورت فیلم‌های آموزشی تهیه و منتشر می‌کند. اطلاعات این پایگاه در www.csb.gov قابل دسترسی است.

۱- The Major Accident Reporting System (eMARS)

۲- Analysis, Research and Information on Accidents (ARIA)

۳- U. S. Chemical Safety Board (CSB)

۴-۲-۴ پایگاه JST-FKD

«پایگاه اطلاعاتی دانشِ نقص^۱» توسط «اژانس علوم و تکنولوژی ژاپن^۲» از اوایل دهه ۲۰۰۰ میلادی راه اندازی شده است. این پایگاه با جمع‌آوری اطلاعات حوادث بزرگ روی داده در ژاپن و جهان آن‌ها را بر اساس الگوی ویژه‌ای بررسی و ارزیابی می‌کند. اطلاعات این پایگاه در آدرس <http://www.sozogaku.com/fkd/en> به زبان ژاپنی و انگلیسی قابل دسترسی است.

۴-۲-۵ پایگاه ZEMA

در آلمان پایگاه «دفتر مرکزی گزارش دهی و ارزیابی حوادث و شبه حوادث بزرگ در تاسیسات فرآیندی^۳» به جمع‌آوری، ارزیابی و انتشار گزارش حوادث بزرگ در صنایع شیمیایی این کشور می‌پردازد. اطلاعات این پایگاه در آدرس <http://www.infosis.uba.de> به زبان آلمانی قابل دسترسی است.

۴-۲-۶ پایگاه TUKESVARO

این پایگاه اطلاعاتی مربوط به کشور فنلاند بوده و اطلاعات حوادث شیمیایی به زبان فنلاندی ثبت می‌شود. اطلاعات این پایگاه در آدرس <https://var0.tukes.fi> قابل دسترسی است. به بازرسان و متخصصان اکیداً توصیه می‌شود در برنامه‌های بازرسی خود از کارفرمایان بخواهند اطلاعات مربوط به حوادث شیمیایی شامل موارد زیر را در سامانه‌های رایانه‌ای ثبت و در اختیار مراجع ذی‌ربط قرار دهند:

▶ نوع حادثه (آتش سوزی، نشت، انفجار یا ترکیبی از دو یا سه نوع حادثه)

▶ نوع ماده‌ی دخیل در حادثه

▶ تاریخ و زمان دقیق حادثه

▶ تعداد فوت و مجروح

▶ تعداد تخلیه‌شدگان از محل حادثه

▶ هزینه‌های حادثه

▶ اطلاعات مربوط به اقدامات پس از حادثه

▶ اطلاعات مربوط به علل حادثه

در جدول ۴-۲ تعدادی از معروف‌ترین و بزرگترین حوادث شیمیایی روی داده در جهان به همراه میزان تلفات و خسارات آن‌ها ذکر شده است. بیشترین تعداد حوادث شیمیایی در سه دهه هفتاد، هشتاد و نود میلادی به وقوع پیوسته است. با این که فراوانی وقوع چنین حوادثی، از ابتدای قرن بیست و یکم نسبت

۱- Failure Knowledge Database (FKD)

۲- Japan Science and Technology Agency (JST)

۳- The Central Reporting and Evaluation Office for Major Accidents and Incidents in Process Engineering Facilities (ZEMA)

به سه دهه گذشته کاهش پیدا کرده است ولی در دو دهه اخیر (دو دهه قرن بیست و یکم) فراوانی حوادث بزرگ در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به هم نزدیک شده است. این بدان معناست که با وجود این که بیشترین سهم تولید مواد شیمیایی در دنیا در اختیار کشورهای توسعه یافته است، ولی نسبت بیشتری از حوادث بزرگ صنعتی در کشورهای در حال توسعه روی داده است. به بیان دیگر در کشورهایمانند ایران باید تلاش بسیار زیادی در ارتباط با ارتقاء دانش ایمنی شیمیایی و کنترل محیط‌های کار صورت پذیرد.

جدول ۴-۲. برخی از مهم‌ترین حوادث شیمیایی دنیا و میزان تلفات و خسارات آن‌ها

تاریخ	کشور	شهر	نوع حادثه	تعداد مجروحان	تعداد کشته شدگان	تعداد تخلیه شدگان	ماده شیمیایی	خسارت معادل در سال ۲۰۱۱ (میلیون یورو)
۲۰۱۱	ژاپن	فوکوشیما	انفجار / نشت	۰	۰	۰	گازهای رادیواکتیو	۱۷۵۰۰۰
۲۰۱۰	امریکا	خلیج مکزیک	انفجار	۰	۱۱	۱۱۵	نفت	۸۱۵۴
۲۰۱۰	چین	هاربین	انفجار	۱۵۳	۲۰	۲۰۰۰	گازهای قابل انفجار	
۲۰۰۹	هند	جایپور	آتش سوزی	۱۵۰	۱۲	۵۰۰۰۰۰	نفت	
۲۰۰۸	استرالیا	جزیره وارانوس	انفجار	۰	۰	۱۵۳	گاز	۱۱۱
۲۰۰۸	چین	گوانگزی ژوانگ	آتش سوزی	۶۰	۲۰	۱۱۵۰۰	پلی وینیل استات	
۲۰۰۸	کره ج.	ایچئون	آتش سوزی	۱۰	۴۰	۰	گاز	
۲۰۰۸	ایران	اراک	انفجار	۳۸	۳۰		مواد شوینده	
۲۰۰۶	نیجریه	لاگوس	انفجار	۶۰	۲۶۰	۰	نفت	
۲۰۰۵	امریکا	تگزاس	انفجار	۱۷۰	۱۵	۰	انواع هیدروکربن	۱۰۶
۲۰۰۵	چین	جیلین	نشت	۶۰	۵	۱۰۰۰۰	بنزن	
۲۰۰۴	الجزایر	اسکیکندا	انفجار	۷۴	۲۳		LNG	۷۸۷
۲۰۰۴	امریکا	دالتون	نشت	۱۵۴	۰	۱۰۰	تری آلیل سیانورات	
۲۰۰۱	فرانسه	تولوز	انفجار	۳۰۰	۳۰		نیترات آمونیوم	۸۲۷
۲۰۰۱	امریکا	تولسا	نشت	۱۳۸	۰	۰	آرسنیک	
۲۰۰۰	هلند	اِنشده	انفجار	۹۴۶	۱۸	۰	نم‌شخص	
۲۰۰۰	مکزیک	سالامانکا	انفجار	۰	۰	۶۰۰۰۰	مالاتیون	

۲۰۰۰	نیجریه	آدجه، واری	انفجار	۰	۲۵۰	۰	نفث
۱۹۹۹	آلمان	ووپرتال	انفجار	۵۰			هیدروکسیدپتاسیم
۱۹۹۷	هند	ویسختاپاتتام	انفجار	۱۰۰	۶۰	۶۰۰۰۰	LPG
۱۹۹۸	نیجریه	جسه	انفجار	۰	۱۰۰۰	۰	بنزین
۱۹۹۵	ایران	آستارا	نشت	۲۰۰	۳		کلرین
۱۹۹۵	امریکا	ساوانا	آتش سوزی	۳۰۰		۲۰۰۰	سولفیدهیدروژن
۱۹۹۴	مصر	دونکا	آتش سوزی		۴۱۰		نفث
۱۹۹۳	کلمبیا	ریمیوس	نشت	۴۳۰			نفث
۱۹۹۳	امریکا	ریچموند	نشت	۶۲۵۰			اسیدسولفوریک
۱۹۹۲	مکزیک	گوادالاخارا	انفجار	۱۴۶۰	۲۰۶	۰	بنزین
۱۹۹۱	چین	شازی	آتش سوزی	۳۵۰	۳۰		حشره کش
۱۹۹۰	کوبا	ماناناس	نشت	۳۷۴	۳	۱۰۰۰	آمونیاک
۱۹۸۹	امریکا	پاسادنا	انفجار	۳۱۴	۲۳	۱۳۰۰	اتیلن/ایزوبوتان
۱۹۸۹	شوروی	سبیری	انفجار	۷۰۶	۶۴۵	۵۰۰	LPG
۱۹۸۸	بریتانیا	پایپرآلفا	انفجار		۱۶۵		گاز
۱۹۸۶	اکراین	چرنوبیل	انفجار	۶۰۰۰۰	۳۱	۳۳۶۰۰۰	گازهای رادیواکتیو
۱۹۸۴	هند	بوپال	نشت	۵۰۰۰۰	۲۰۰		متیل ایزوسیانات
۱۹۸۴	مکزیک	سن خوان	انفجار	۶۴۰۰	۶۵۰		LPG
۱۹۸۰	ایران	گجساران	انفجار	۴۵	۸۰		نیتروگلیسرین
۱۹۷۹	امریکا	تری مایل آیلند	نشت	۰	۰	۰	گازهای رادیواکتیو
۱۹۷۶	ایتالیا	سوزو	نشت	۳۰۰			TCDD
۱۹۷۴	انگلستان	فلیکس بورو	انفجار	۷۶	۲۸		سیکلوهگزان
۱۹۷۲	ژاپن	یوکایدی	نشت	۹۷۸	۷۶		نلمشخص
۱۹۷۰	ایران	آغاچاری	انفجار	۱۰	۲۹		گاز
۱۹۶۶	فرانسه	فی زین	آتش سوزی	۸۳	۱۸		پروپان
۱۹۶۰	امریکا	کینگ اسپورت	انفجار	۲۵۰	۱۵		آبیلین
۱۹۵۴	آلمان	بیتبورگ	آتش سوزی	۱۶	۳۲		نفث
۱۹۴۸	آلمان	لودویگ-شافن	انفجار	۲۵۰۰	۲۴۵		دی متیل اتر
۱۹۴۷	امریکا	دونارا	نشت	۷۰۰۰	۲۰	۰	دی اکسید سولفور

در ادامه ویژگی‌ها و شرایط وقوع انواع سه‌گانه حوادث شیمیایی و نمونه‌هایی از هر کدام مورد اشاره قرار می‌گیرد.

۳-۴ رهایش یا نشت ماده

ماده شیمیایی خطرناک می‌تواند از تجهیزات، خطوط لوله، شلنگ‌ها و اتصالات، بدون کنترل رها شود. پمپ‌ها از جمله وسایلی‌اند که غالباً دچار نشت می‌شوند. نشت از خطوط لوله به طور معمول از ترک، سوراخ، پارگی، فلنج، گسکت و شیر روی می‌دهد. نشت گاز ممکن است از انفجار مخزن یا ظروف نیز به وجود آید. فعالیت‌های عملیاتی؛ مانند بارگیری زیاد، تخلیه سریع، نمونه‌گیری و فعالیت‌های تعمیراتی (ورود سیال به محیط ایزوله نشده) نیز می‌تواند باعث نشت گردد. همچنین، برخی رویدادها مانند برخورد و ضربه (سقوط هواپیما و اشیا)، وقایع طبیعی (طوفان و باد شدید، سیلاب، زلزله، آذرخش) می‌تواند باعث نشت و متعاقب آن آتش‌سوزی شود. البته، خرابکاری و حریق عمدی نیز می‌تواند از جمله دلایل نشت مواد سمی باشند. بنابر اطلاعات منتشر شده در ارتباط با منابع نشت در پالایشگاه‌ها، بیش از نیمی از کل نشتی‌ها از واشرهای موجود در شیرها منشاء می‌گیرند. در جدول ۳-۴ سایر منابع نشت در پالایشگاه‌ها ذکر شده است.

جدول ۳-۴. منابع نشت و سهم هر کدام در نشتی‌های پالایشگاه‌ها

منبع نشت	درصد از کل موارد نشتی
فلنج‌ها	۸
شیرها	۵۷
کمپرسورها	۳
پمپ‌ها	۱۲
شیرهای اطمینان	۱
جداکننده‌ها	۴
برج‌های خنک‌کننده	۷
لوله‌های تخلیه	۸

نشت مواد می‌تواند به طور عمده و یا جزئی روی دهد. ولی اثرات ناشی از آن به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماده رها شده بستگی خواهد داشت. در ادامه دو نمونه معروف از حوادث نشت مواد سمی یعنی حادثه بوپال و حادثه سوزو شرح داده می‌شوند. لازم به توضیح است که کارشناسان و بازرسان ایمنی می‌توانند با الگوگیری از سناریوهای مختصر درج شده در این راهنما، نسبت به بررسی حوادث شیمیایی و ثبت سناریوی آنها اقدام نمایند.

۱-۳-۴ سناریوی حادثه بوپال

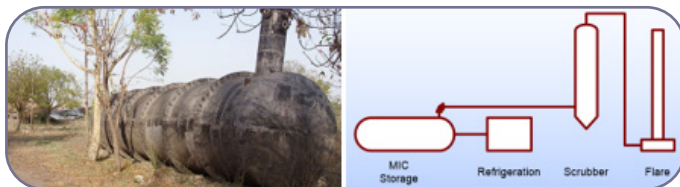
شهر بوپال^۱ در ایالت مادیا پرادش در مرکز هند قرار دارد. کارخانه تولید مواد شیمیایی یونیون کارباید^۲

۱- Bhopal

۲- Union Carbide

در این شهر قرار داشت که نیمی از مالکیت آن در اختیار شرکت امریکایی یونیون کارباید و نیم دیگر در اختیار سهامداران محلی بود. در زمان ساخت این کارخانه، نزدیک‌ترین شهر در فاصله ۲/۵ کیلومتری آن قرار داشت. با توجه به این که این کارخانه مهم‌ترین مرکز اشتغال در منطقه بود، به تدریج مناطق مسکونی حاشیه‌ای در محدوده بلافاصله کارخانه ایجاد گردید. در این کارخانه از یک ماده شیمیایی واسط به نام متیل ایزوسیانات (MIC) برای تولید حشره کشی با نام کاربایل استفاده می‌شد. متیل ایزوسیانات ترکیبی بسیار خطرناک، سمی، واکنشگر، فرار و آتش گیر است. حداکثر غلظت مجاز تماس با این ماده در یک شیفت کار ۸ ساعته برای کارگران، ۰/۰۲ ppm است. تماس با غلظت بیش از ۲۱ ppm از این ماده سبب تحریک بسیار شدید بینی و گلو شده و تماس با غلظت‌های بسیار زیاد این ماده سبب از کار افتادن سیستم تنفسی و مرگ خواهد شد. این ماده ویژگی‌های فیزیکی نگران کننده‌ای نیز دارد. نقطه جوش آن در فشار یک اتمسفر، °C ۳۹/۱ و فشار بخار آن ۳۴۸ میلی‌متر جیوه در دمای °C ۲۰ است. بخار این ماده دو برابر از هوا سنگین‌تر است. بنابراین در صورت نشت در نزدیکی سطح زمین قرار خواهد گرفت. متیل ایزوسیانات با آب به صورت گرمازا واکنش می‌دهد. این واکنش به صورت طبیعی کند است ولی در صورتی که سیستم خنک نشود، گرمای ناشی از واکنش سبب جوشیدن MIC خواهد شد. از این رو، به طور معمول مخازن نگهداری این ماده با استفاده از سیستم‌های تبرید خنک نگهداشته می‌شوند.

در دسامبر ۱۹۸۴ (آذر ماه ۱۳۶۳) واحد استفاده‌کننده متیل ایزوسیانات به دلیل یک مناقشه کاری تعطیل بوده و کار نمی‌کرد. به دلایل نامعلوم، یک مخزن بسیار بزرگ E۶۱۰ حاوی MIC با مقادیر زیادی آب آلوده شد. واکنش شیمیایی روی داده، دمای MIC را به بالاتر از نقطه جوش آن رسانده و فشار بخار MIC را در مخزن افزایش داد. این اتفاق سبب باز شدن شیر اطمینان مخزن شد. بخارات باید از طریق لوله به یک اسکرابر و مشعل هدایت می‌شدند. وظیفه این تجهیزات حفاظتی، ممانعت از انتشار یا کاهش انتشار بخارات MIC در شرایط اضطراری بود. متأسفانه به دلایلی این سیستم‌ها در آن زمان از کار افتاده بود و کار نمی‌کرد. سیستم سردکننده‌ای که باید مخزن ذخیره MIC را سرد می‌کرد، خاموش بود. سیستم شستشوی گاز (اسکرابر) که باید بخارات را جذب می‌نمود در دسترس نبود و مشعلی که باید بخارات عبور کرده از اسکرابر را می‌سوزاند، کار نمی‌کرد (شکل ۱-۴). بنابراین، در حدود ۲۵ تن بخار سمی MIC از سیستم خارج و در هوا رها شد. ابر بخار ایجاد شده به سوی شهر حرکت کرده و در حدود ۲ هزار نفر از ساکنین را کشته و باعث بروز مشکلات ریوی در بیش از ۲۰ هزار نفر گردید (تعداد مجروحین در منابع دیگر بسیار بیشتر از این رقم ذکر شده است). جالب این است که در این حادثه شیمیایی هیچ یک از کارگران کارخانه یونیون کارباید مصدوم و یا کشته نشدند. همچنین هیچ کدام از تجهیزات کارخانه آسیب ندید.



شکل ۴-۱. طرح شماتیک سیستم‌های کنترل مخزن MIC و تصویر واقعی مخزن E610 که منجر به حادثه شد

۲-۳-۴ ■ سناریوی حادثه سوزو

سوزو شهری کوچک با جمعیتی اندک در ۱۵ کیلومتری شمال شهر میلان در کشور ایتالیاست. محصولی باکتری کش به نام هگزاکلروفن در کارخانه مواد شیمیایی ایکمسا^۱ در این شهر تولید می‌شد. این محصول از ماده اولیه‌تری کلروفنل استحصال می‌شود. در شرایط عادی، مقدار اندکی از ماده TCDD (۲، ۳، ۴، ۷، ۸- تراکلرو دی بنزو پارا دیوکسین) به عنوان یک ماده جانبی و ناخواسته در راکتور تولید می‌شد. این ماده به احتمال زیاد نیرومندترین سم شناخته شده علیه انسان است. این ماده در آب حل می‌شود. به همین دلیل خنثی کردن و سم زدایی آن بسیار دشوار است. غلظت‌های غیر کشنده این ماده می‌تواند سبب بروز بیماری کلراکنه شود که تا سال‌ها علایم آن در بدن باقی می‌ماند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴. کارخانه icmesa و بیمار مبتلا به کلراکنه

در تابستان ۱۹۷۶ راکتور تولید کارخانه از کنترل خارج شده و دمای آن به شدت افزایش یافت. این امر سبب تولید مقادیر زیادی TCDD شد. فعال شدن شیر اطمینان راکتور سبب رها شدن ۶ تن مواد شیمیایی (مشمول بر حدوداً ۲ کیلوگرم از ماده سمی TCDD) به صورت ابر سفید بر فراز سوزو شد. بارش شدید باران که اندکی پس از این واقعه روی داد، این بخارات را شسته و وارد خاک نمود. این امر سبب آلودگی ۲۶ کیلومتر مربع از خاک‌های منطقه گردید. به دلیل اطلاع‌رسانی ضعیف و نادرست مسئولین کارخانه به مقامات شهری، تا چندین روز پس از وقوع این حادثه، ساکنین شهر تخلیه نشدند. در نتیجه این امر ۲۵۰ مورد بیماری کلراکنه در روزهای بعدی گزارش گردید. در حدود ۶۰۰ نفر از شهر تخلیه شدند و ۲۰۰۰ مورد آزمایش خون از

۱- Seveso

۲- Icmesa

ساکنین به عمل آمد. آلوده‌ترین نقطه در مجاورت کارخانه حصار کشی شد و تا امروز نیز به همین شکل باقی مانده است. حادثه سوزو هیچ کشته‌ای نداشت. با این حال این ماده به قدری سمی است که در یک حادثه مشابه در شهر دوفار^۱ در هند (۱۹۶۳) که در آن تنها ۲۰۰ گرم از این ماده رها شده بود، تمام اجزای کارخانه از هم جدا شده و پس از دفن در بتون به اقیانوس انداخته شد. از ۵۰ نفری که در این کار شرکت داشتند، چهار نفر در اثر عوارض ناشی از تماس با این ماده کشته شدند.

● ۴-۴ آتش سوزی

چنانچه ماده نشت یافته آتش گیر بوده و در معرض منبع گرمایی (شعله باز، جرقه، ...) قرار گیرد، آتش سوزی رخ می‌هد. چگونگی نشت ماده آتش گیر، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن و تاثیر عوامل فیزیکی بر تغییر حالت ماده آتش گیر سبب بروز انواع گوناگونی از آتش سوزی خواهد شد. برای نمونه، فوران سیال (مایع یا گاز) آتش گیر از مخزن نگهداری آن سبب بروز حریق فورانی^۲ خواهد شد. همچنین رها شدن تدریجی بخار ماده آتش گیر در هوا و ایجاد مخلوط آتش گیر زمینه را برای ایجاد حریق ناگهانی^۳ یا حریق ابر بخار^۴ فراهم خواهد کرد. در نوع دیگری از آتش سوزی، رها شدن مایع آتش گیر در سطح زمین یا مخزن، شرایط را برای ایجاد حریق حوضچه‌ای یا استخری^۵ آماده خواهد نمود. ویژگی‌های هر کدام انواع آتش سوزی و مسائل ایمنی مرتبط با آنها در کتاب‌های مرتبط با ایمنی حریق مورد بحث قرار می‌گیرد. در ادامه سناریوی مربوط به یک حادثه آتش سوزی شرح داده می‌شود.

■ ۴-۴-۱ حادثه فیزین

حادثه آتش سوزی در کارخانه فی زین^۶ که در سال ۱۹۶۶ در فرانسه به وقوع پیوست یک نمونه از حریق ابر بخار است. اپراتوری می‌بایست آب را از یک مخزن ذخیره‌سازی کروی با حجم ۱۲۰۰ متر مکعب که تقریباً مملو از پروپان بود، تخلیه می‌کرد (شکل ۴-۴). او شیرهای A و B را باز کرد. وقتی وجود روغن در آب خارج شده از شیر نشان داد که عمل تخلیه تقریباً به اتمام رسیده است، وی شیر A را بست و سپس آن را باز کرد تا عمل تخلیه کامل شود. ولی در این زمان هیچ آبی از شیر خارج نشد. اپراتور شیر A را به طور کامل باز کرد. گرفتگی موجود در شیر (که احتمالاً از ترکیب آب و هیدروکربن‌های سبک ایجاد شده بود) در این لحظه برطرف شده و مایع داخل مخزن بر روی اپراتور و دو نفر دیگر پاشید. دستگیره شیر A کنده شد و آنها

۱- Duphar

۲- Jet fire

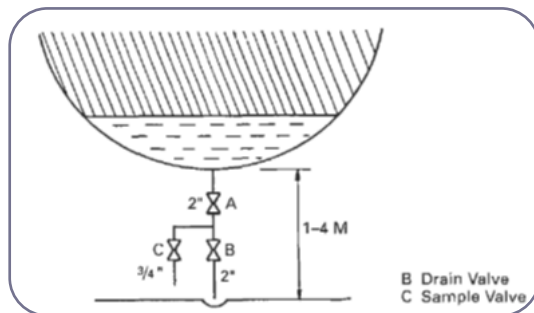
۳- Flash fire

۴- Vapor cloud fire

۵- Pool fire

۶- Feyzin

نتوانستند آن را به جای خود برگردانند. شیر B منجمد شده بود و نمی شد آن را حرکت داد. امکان دسترسی به شیرهای تخلیه کم بود زیرا آنها در زیر مخزنی قرار داشتند که فقط ۱۴۰ سانت متر از سطح زمین فاصله داشت.



شکل ۴-۴. شیرهای تخلیه زیر مخزن پروپان در حادثه فی زین

یک ابربخار قابل رؤیت (به ضخامت یک متر) تا ۱۵۰ متر پخش شده و ۲۵ دقیقه پس از نشت توسط اتومبیلی که روی جاده مجاور توقف کرده بود مشتعل گردید. جاده توسط پلیس بسته شده بود ولی راننده از یک جاده فرعی برای عبور استفاده کرده بود. آتش سوزی به مخازن مزبور که با شعله‌ها احاطه شده بودند، سرایت کرد. در این حادثه هیچ انفجاری رخ نداد. مخزن به دستگاه‌های اسپری آب مجهز بود. اما این سیستم فقط برای پاشیدن نصف مقدار آبی که معمولاً توصیه می شود، طراحی شده بود و ذخیره آب نیز کافی نبود. هنگامی که ماموران آتش نشانی اقدام به استفاده از شیلنگ‌های خود نمودند، منبع تغذیه کننده آب به مخازن خشک شد. به نظر می رسد که ماموران آتش نشانی با اعتقاد به این که شیر اطمینان هنگام آتش سوزی از مخزن محافظت می کند، برای خنک کردن مخازن مجاور از قسمت اعظم آب موجود استفاده کرده اند تا از سرایت آتش جلوگیری نماید. زمین زیر مخزن تراز بود، طوری که اگر پروپانی تبخیر نمی شد یا نمی سوخت فوراً زیر مخزن جمع می گردید و بعداً می سوخت. نود دقیقه پس از شروع آتش سوزی، مخزن منفجر شد. ده نفر از ۱۲ مامور آتش نشانی که داخل محدوده ۵۰ متری اطراف مخزن بودند، کشته شدند. کسانی که در ۱۴۰ متری حادثه بودند، توسط موجی از پروپان که از دیوار محوطه گذشته بود، به طرز فجیعی سوختند. در مجموع ۱۵ تا ۱۸ نفر (رقم‌های متفاوتی در گزارش‌ها قید شده است) کشته شده و ۸۰ نفر مجروح گردیدند. محوطه متروک شد. ترکش‌های پرتاب شده پایه‌های مخزن کروی مجاور را شکسته و در نتیجه بر دامنه آتش افزوده شد و ۴۵ دقیقه بعد مخزن دوم نیز منفجر گردید. در مجموع ۵ مخزن و دو مخزن تحت فشار دیگر منفجر شدند و سه مخزن دیگر خسارت دیدند. آتش به مخازن بنزین و مازوت نیز سرایت کرد.

● ۵-۴ انفجار

انفجار، رویدادی است که همراه با افزایش فشار بوده و بسیار سریع رخ می دهد. در واقع، انفجار عبارت است از آزاد شدن ناگهانی انرژی همراه با مقدار فراوان گاز با سرعت و فشار بالا. چنانچه این پدیده تنها با افزایش

فشار و بدون هیچ واکنش شیمیایی باشد به آن انفجار فیزیکی (ترکیدن^۱) می‌گویند؛ مانند ترکیدن یک بادکنک. هرگاه ماده سوختی، در حرارت مناسب و در مجاورت اکسیژن آتش گیرد، واکنش سوختن آغاز می‌گردد. از آنجایی که اکسیژن هوا خالص نیست، این واکنش آرام‌آرام پیش می‌رود. انفجار شیمیایی در صورتی اتفاق می‌افتد که اکسیژن کافی در اختیار سوخت قرار گیرد و آزاد شدن انرژی به یکباره و به سرعت باشد. گازهایی که در انفجار آزاد می‌شود باعث ازدیاد حجم و افزایش موضعی فشار می‌گردد. با توجه به ماهیت سریع این رویداد، افزایش فشار تولید شده می‌تواند به محیط، سازه‌ها، و اموال آسیب برساند و چنانچه به اندازه کافی قدرت داشته باشد، آزاد شدن گاز و ایجاد موج شوک و افزایش فشار می‌تواند باعث پرتاب قطعات و اشیاء اطراف و تبدیل آن‌ها به ترکش شود. برخورد چنین ترکش‌هایی با اجسام و افراد موجب بروز آسیب‌های ثانویه خواهد شد. از نظر سرعت انتقال موج فشار، انفجار به دو دسته تقسیم می‌شود. اگر سرعت موج شوک بیش از سرعت صوت^۲ باشد، به آن انفجار فراصوت^۳ (انفجار ضربه‌ای) و در غیر این صورت فروصوت^۴ می‌گویند. انفجار فراصوت، انفجاری همراه با انبساط سریع گازها، به شکل موج شوکی و با فشار زیاد است. انبساط گاز می‌تواند نتیجه یک واکنش سریع باشد. حال اگر سرعت موج شوکی ناشی از یک واکنش بیش از سرعت صوت (سرعت ۳۴۰ متر بر ثانیه در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد) باشد، انرژی به وسیله موج شوکی انتقال داده می‌شود، که به آن انفجار ضربه‌ای می‌گویند. اثرات انفجار ضربه‌ای بستگی به موج شوکی و قدرت شوکی به جرم ماده دارد. انفجار فروصوت، فرایندی گرمایی است که از مرکز حریق آغاز می‌گردد و شعاع‌وار در همه جهات گسترش می‌یابد به گونه‌ای که سرعت واکنش احتراق یا موج انتشار یافته کمتر از سرعت صوت است. اگرچه همه احتراق‌ها را می‌توان انفجار فروصوت دانست، اما در حالتی که احتراق مخلوط سوخت و اکسیدکننده و یا ابر ذرات آتش‌گیر در محیطی بسته صورت گیرد، باعث افزایش سریع فشار می‌شود که می‌تواند آسیب‌هایی فاجعه‌بار به دنبال داشته باشد. انفجار فروصوت ممکن است به صورت انفجار گاز (گاز طبیعی یا پروپان)، انفجار بخار (بنزین، بخار مواد هیدروکربنی)، انفجار ذرات یا برخی مواد شیمیایی واکنش‌پذیر باشد. این حوادث بلافاصله پیش یا پس از آتش‌سوزی رخ می‌دهد.

از نقطه نظر علمی، تفاوت انفجار فراصوت و فروصوت در موج شوک نسبت به گاز تولید شده است. با آنکه انفجار فراصوت یک واکنش شیمیایی از نوع اکسیداسیون است، به ترکیب با اکسیژن ارتباطی ندارد. بلکه به مولکول‌هایی ناپایدار بستگی دارد که در صورت دریافت انرژی به سرعت تجزیه شده و با مواد شیمیایی دیگر ترکیب می‌شوند و در این حال می‌توانند گرمایی بسیار زیاد (۳ تا ۵ هزار درجه سانتی‌گراد) و فشار بالا (۱۰ تا ۱۰۰ هزار پوند بر اینچ مربع) تولید کنند. موادی مانند TNT، اسید پیکریک و دینامیت اینچنین‌اند. سرعت

۱- Burst

۲-Supersonic

۳- Detonation

۴- Deflagration

این واکنش بیش از سرعت صوت است. یادآور می‌شود که احتمال «تبدیل انفجار فرو صوت به فرا صوت» همواره وجود دارد. برخی مواد بر اساس خواص هندسی محیط در بردارنده خود (لوله‌ها یا راهروهای طویل و مستقیم) می‌توانند باعث DDT شوند. پیشرانده‌های حاوی نیتروسولوز و نیتروگلیسرین، مواد مورد استفاده برای آتشبازی (حاوی یک مانده اکسیدکننده مانند پرکلرات پتاسیم و یک سوخت فلزی مانند پودر آلومینیم) و مخلوط هیدروژن یا هوا با استیلن نمونه‌هایی این‌گونه مواد هستند. آتش سوزی در انبار مواد شیمیایی و یا منطقه ذخیره‌سازی نیز ممکن است باعث تبدیل انفجار فروصوت به انفجار فراصوت شود.

اثر انفجار فراصوت متفاوت از انفجار فروصوت است. انفجار فروصوت می‌تواند فشار کمتری تولید کند. در این حالت، اجزاء ساختمان ممکن است در پاسخ به فشار ایجادشده زمان کافی برای جابه‌جایی و در نتیجه میرا کردن فشار داشته باشند. بیشینه فشار در انفجار فروصوت محدود به فشار شکست سازه‌های محیط است. از سوی دیگر، ترکش‌های تند حرکت در انفجار فراصوت می‌تواند موجب خرد کردن، ساییدن و متلاشی شدن مواد شود. در این نوع انفجار زمان کافی برای حرکت سازه و آزادسازی فشار وجود ندارد. در نتیجه، آسیب‌های آن نسبت به آسیب‌های انفجار فروصوت تمرکز بیشتری دارد و در گستره محدودتری روی می‌دهد. آسیب‌های انفجار فروصوت به نقطه آتش بستگی ندارد و افزایش انرژی واکنش در این انفجار همراه با گسترش لبه شعله است. به همین دلیل، تشخیص منبع حریق و سازوکار آن در انفجار فروصوت دشوارتر از انفجار فراصوت است. انفجارهای شیمیایی انواع مختلفی دارند که در ادامه برخی از آنها توضیح داده می‌شود.

۱-۵-۴ انفجار ابر بخار / انفجار ابر بخار محصور نشده^۲

این نوع انفجار اکسیداسیون انفجاری ابری از بخار آتش‌گیر در فضایی نامحصور (بیرون ساختمان یا مخازن) است، که با افزایش فشار همراه باشد. هنگام تشکیل ابر بخار، ماده آزادشده از تجهیزات فرایندی ممکن است به شکل گاز، مایع فژار، مایع بیش از اندازه گرم یا مایع سردشده باشد. رهاشدن مایع بیش از اندازه گرم (بالا تر از دمای جوش) همراه با پاشیدن مواد به اطراف^۳ است. به همین علت ابرهای بخار بسیار بزرگی تشکیل می‌شود. اغلب، انفجار ابر بخار بر اثر نشت مایعات بیش از اندازه گرم رخ می‌هد. حادثه فلیکس بورو^۴ (انگلستان -۱۹۷۴) به علت انفجار ابر بخار سیکلو هگزان رخ داد که در ادامه این فصل سناریوی آن توضیح داده خواهد شد. یکی از عوامل مهم در تعیین قدرت تخریب انفجار، زمان سپری شده از لحظه نشت تا آتش‌گیری ابر است. هر اندازه این زمان بیشتر باشد، به همان اندازه مقدار مواد جمع شده در ابر بخار و در نتیجه پیامدهای انفجار شدیدتر است. پیامد ناشی از انفجار ابر بخار به بیشینه فشار تولیدشده در انفجار نیز بستگی دارد. بیشینه فشار در مرکز انفجار ابر بخار ۱۵ پوند بر اینچ مربع (psi) برآورد شده است. برای اینکه بتوان قدرت تخریب این

۱- Deflagration to Detonation Transition (DDT)

۲- Unconfined Vapor Cloud Explosion (VCE)

۳- Flashing

۴- Flixborough

مقدار فشار را تصور کرد، کافی است بدانیم بیشینه فشار یک پوند بر اینچ مربع می تواند انسانی را بر زمین اندازد و یا شیشه پنجره ها را خرد کند. همچنین بیشینه فشار ۲ تا ۳ پوند بر اینچ مربع باعث تخریب و فروریختن دیوار سیمانی ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر می شود.

■ ۲-۵-۴ انفجار بخارات مایع در حال جوش (BLEVE)

این نوع انفجاری یکی از جدی ترین خطرات در صنایع فرایندی است که موجب دو یا چند تکه شدن مخزن می شود. این پدیده غالباً در مخازن نگهداری گازهایی که تحت فشار به صورت مایع درآمده اند، مانند گاز مایع^۱، صورت می گیرد که انفجاری فاجعه آمیز در پی دارد. مگر آنکه مخزن به سرعت به وسیله آب و یا ماده سردکننده دیگری خنک شده و از انفجار آن جلوگیری شود. انفجار، اثر توأم خرابی بدنه (بر اثر خستگی فلزی، خوردگی و یا افزایش دما- عمدتاً بر اثر حریتی در نزدیکی مخزن) و «داغ شدن بیش از اندازه^۲» مایع آتش گیر درون مخزن (بیش از دمای نقطه بحرانی^۴) است. غالباً بخار هنگامی شکل می گیرد که نصف تا ۷۵ درصد از مقدار حداکثر مجاز بارگیری مخزن، مایع در مخزن وجود داشته باشد. مایع درون مخزن بر اثر گرم شدن پایداری خود را از دست داده و به بخار تبدیل می شود. سپس، فشار در مخزن افزایش یافته و شیر اطمینان آزاد شود. همچنان که بخار از مخزن بیرون می رود، سطح مایع در مخزن کاهش می یابد. تا هنگامی که مایع تبدیل به بخار نشده، سرد کردن بخشی از دیواره مخزن که با آن در تماس است، مؤثر می باشد (گرمای نهان تبخیر) (۱۲). بنابراین با کاهش سطح مایع، دیواره مخزن در قسمت بالاتر از سطح مایع در انتقال دما ناتوان شده و بار دمایی آن به سرعت بر میزان تحمل طراحی شده فزونی می یابد. در نتیجه دیواره مخزن ضعیف شده و انفجار رخ می دهد؛ حتی در حالتی که کارکرد شیر تخلیه مناسب است.

با گسستن دیواره، مایع تحت فشار آزاد و فشار روی آن برداشته می شود. مایع هنگام آزاد شدن تغییر فاز داده و تبدیل به بخار می شود به گونه ای که ممکن است حجم آن چند هزار برابر شود. اما دمای اتمسفریک بالاتر از نقطه جوش آن است. در نتیجه دمای آن بسیار بالا می رود و ابری از مایع جوشان در حال تبخیر به شدت به اطراف می باشد. چون این مایع آتش گیر است، به شکل حریق ابر بخار BLEVE ظاهر می شود. مراحل شکل گیری BLEVE در شکل ۵-۴ نشان داده شده است.

پدیده BLEVE از دو فاز تشکیل می شود. در فاز نخست با افزایش فشار، مخزن می ترکد و سیال درون آن تخلیه می شود (فشار بیش از اندازه / اثرات موشکی) که پدیده ای فیزیکی است. در صورتی که سیال درون مخزن آتش گیر باشد، با آزاد شدن آن فاز دوم به صورت احتراق و تولید حرارت شکل می گیرد که واکنشی شیمیایی است. در ادامه، ناپایداری مخزن موجب انفجار آن در فشار بالا می شود و حجمی عظیم از مواد

۱- Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)

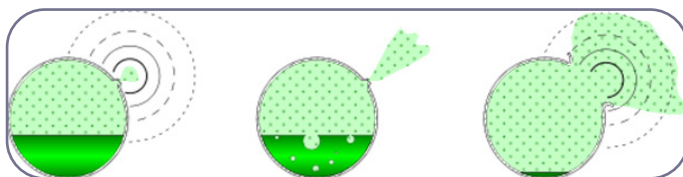
۲- Liquefied Petroleum Gas

۳- Superheated

۴- Critical temperature (دمای بحرانی: برای هر ماده دمایی است که در بالاتر از آن دما نمی توان آن ماده را با افزایش فشار مایع کرد)

آتش گیر در اتمسفر آزاد می‌گردد. داغ و سبک بودن این مواد موجب می‌شود حرکت آن رو به بالا باشد. در صورتی که در مسیر حرکت دچار حریق شود، پدیده حریق گلوله‌ای^۱ شکل می‌گیرد. چنانچه سیال سمی باشد، ناحیه‌ای وسیع درگیر خواهد شد.

بنابراین، از پیامدهای BLEVE می‌توان به موج انفجار با فشار زیاد، تابش دمایی مربوط به حریق گلوله‌ای و نیز پرتاب تکه‌هایی از بدنه مخزن اشاره کرد. گاهی مخزن، با آنکه در معرض شعله نیست، تنها به دلیل برخورد همین ترکش‌ها منفجر می‌شود و درگیر اثرات دومینویی^۲ می‌شود، مانند حادثه انفجار مخزن LPG در مکزیکوسیتی (۱۹۸۴) (۷). بزرگی BLEVE بستگی به مقدار تبخیر مایع رهاشده از مخزن و وزن قطعات مخزن دارد. غالباً پرتاب قطعات مشابه عملکرد موشک هنگام پرتاب رو به جلو است. زمان میان تماس شعله و وقوع BLEVE متغیر است. زیرا این زمان بستگی به عوامل گوناگون، همچون اندازه، ماهیت شعله و خود مخزن دارد.



شکل ۴-۵. مراحل شکل‌گیری BLEVE

اگرچه غالباً BLEVE به علت ضعیف شدن مخزن بر اثر شعله روی می‌دهد، ولی شماری اندک از این انفجارها می‌تواند در نتیجه عواملی دیگر، همچون خوردگی یا نیروهای حاصل از ضربه باشد. ضعیف شدن در اثر برخورد، به‌ویژه در حوادث ترافیکی ممکن است پدید آید. با آنکه علت اکثر رویدادهای BLEVE حریق‌هایی از بیرون است، اما افزایش فشار ناگهانی، نقص ساختاری مخزن و «واکنش‌های ورای کنترل^۳» یا لجام گسیخته نیز می‌توانند، بی‌آنکه حرقی از بیرون وجود داشته باشد، باعث BLEVE شوند. این انفجار تنها مربوط به مخازن دارای مایع یا گاز آتش‌گیر نیست. دیگ بخار نیز در اثر کار نکردن سوپاپ اطمینان، قرارگرفتن در فشار یا دمای بیش از اندازه سبب چنین حالتی می‌شود. یعنی، برای وقوع BLEVE ضرورت ندارد که مایع آتش‌گیر باشد. البته ماده درون مخزن در تعیین اثرات نقشی مهم دارد.

چنانچه مخزن متلاشی شده یک دیگ بخار باشد، اثر انفجار تنها به صورت موج فشار و پرتاب ترکش است. اما چنانچه ماده‌ای آتش‌گیر باشد، که معمولاً چنین است، حریق گلوله‌ای رخ می‌دهد. بررسی حوادث نشان می‌دهد که بیش از دوسوم BLEVE‌ها با حریق گلوله‌ای همراه بوده است. از سوی دیگر همین حریق گلوله‌ای می‌تواند یک BLEVE دیگر به دنبال داشته باشد. عواملی گوناگون، همچون اندازه حریق گلوله‌ای و

۱- اگر مایع آتشگیر در اثر آسیب‌دیدگی ظرف به بیرون نشت کند، حریق به وجود آمده همانند توپ یا گلوله‌ای از آتش خواهد بود (Fire ball)

۲- Domino effect

۳- Runaway reaction

میزان اکسیژن در دسترس در این روند دخالت می کنند. به هر روی، BLEVE موجب انفجار ابر بخار نمی شود. کلتز^۱ مرگ های ناشی از BLEVE را بیشتر از انفجار ابر بخار می داند. در رویداد BLEVE، در لحظه ترکیدن، فشار تولید شده در مرکز انفجار ابر بخار بیشتر است (۱۲). اثرات گرمایی BLEVE در محدوده ۲۰۰-۳۵۰ کیلووات بر متر مربع گزارش شده که از پرتو گرمایی حوضچه بیشتر است، زیرا دود شعله BLEVE کمتر است. برای نمونه، قطر توپ آتش در حادثه مکزیکوسیتی ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر برآورد شد. بر اثر انفجار BLEVE و ایجاد ضربه، مخزن همانند موشک عمل کرده و تا فاصله ای دور پرتاب می شود. در حادثه مکزیکوسیتی، بخش هایی از مخزن استوانه ای به ابعاد ۱۲ × ۳ متر در فاصله ۱۲۰۰ متری باعث تخریب دو خانه شد. گاهی BLEVE در مخازن تحت فشار پروپان روی می دهد آتش سوزی در مخازن پروپان، همواره با احتمال بروز BLEVE همراه است. برای کاهش ریسک، آتش نشان ها باید به توصیه های زیر توجه کنند:

- ▶ اطفاء آتش باید از حداکثر فاصله ممکن صورت پذیرد و تا حد امکان از نازل ها و مانیتورهای ثابت که نیاز به اپراتور ندارند، استفاده شود.

- ▶ مخزن باید با مقدار فراوان آب تا زمان اطفاء کامل مخزن خنک شود. البته این اقدام نیاز به تعداد زیادی سرلوله، مقدار زیادی آب، کف و فوم آتش نشانی دارد.
- ▶ نباید آب به طور مستقیم به محل نشست گاز یا تجهیزات ایمنی نصب شده روی مخزن پاشیده شود. زیرا، ممکن است باعث یخزدگی شود.
- ▶ در صورت افزایش صدای نشت از تجهیزات ایمنی نصب شده بر مخزن یا مشاهده تغییر رنگ مخزن، به سرعت محل ترک شود.
- ▶ تلاش شود از تجهیزات ثابت استفاده شود. بهتر است بعد از نصب این تجهیزات، مخزن تا زمان سوختن کامل محتویات آن به حال خود رها شود.
- ▶ هنگام وقوع پدیده انفجار ابر بخارات تکه های مخزن ممکن است به هر سو پرتاب شود. بنابراین نباید محوطه خارج از دایک مخزن، محلی امن به حساب آید.

■ ۳-۵-۴ انفجار گردوغبار^۲

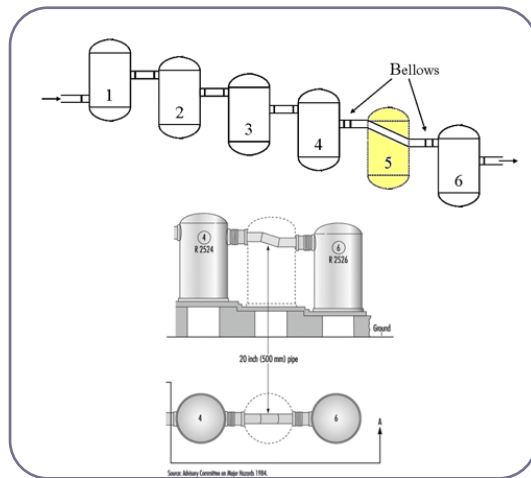
افزایش سطح ماده جامد آتش گیر، خطر آتش گیری آن را افزایش می دهد. ذرات جامد با قطر کوچکتر از ۱۰ میکرون بسیار آرام و آهسته ته نشین می شوند و تا مدتی در هوا شناور می مانند. رفتار این ذرات در هوا همانند رفتار گازهاست. اختلاط ذراتی که توانایی سوختن دارند با هوا در محدوده ای معین، مخلوطی آتش گیر پدید می آورد. حدود انفجار ذرات با ترکیب ماده شیمیایی و اندازه ذرات تغییر می کند. انفجار ذرات آلومینیوم و نیزیم، گردوغبار ذغال سنگ یا شکر نمونه هایی از انفجار گردوغبار هستند.

۱-Kletz

۲- Dust explosion

۴-۵-۴ ■ حادثه فلیکس بورو (انفجار ابر بخار)

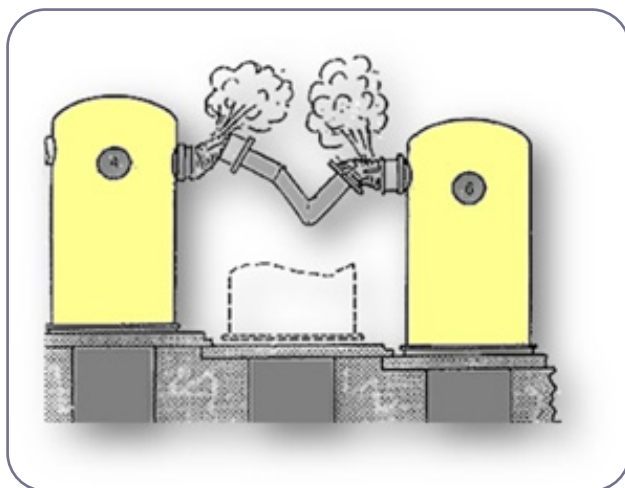
حادثه فلیکس بورو در اول ژوئن ۱۹۷۴ در انگلستان به وقوع پیوست. کارخانه ناپرو با هدف تولید سالانه ۷۰ هزار تن کاپرولاکتام که ماده اولیه برای تولید نایلون است، در نزدیکی روستایی به نام فلیکس بورو در غرب انگلستان تاسیس شده بود. برای تولید کاپرولاکتام از سیکلوهگزان که ویژگی‌هایی شبیه به بنزین دارد، استفاده می‌شد. تحت شرایط تولید در کارخانه فلیکس بورو (دمای ۱۵۵°C و فشار ۷/۹ atm) سیکلوهگزان بلافاصله پس از کاهش فشار راکتور به فشار جو تبخیر می‌شود. فرآیندی که حادثه در آن رخ داد، شامل شش راکتور بود که به صورت سری به هم متصل بودند. در این راکتورها سیکلوهگزان با تزریق هوا و در حضور کاتالیست ابتدا به سیکلوهگزانون و سپس به سیکلوهگزانول تبدیل می‌شد. حجم مایع درون راکتورها به صورت وزنی و به دلیل اختلاف سطح موجود میان راکتورها از سمت راکتور شماره ۱ به سمت راکتور ۵ در جریان بود و هر راکتور به طور طبیعی حاوی حدود ۲۰ تن سیکلوهگزان بود. چند ماه پیش از وقوع حادثه، وجود نشت در راکتور شماره ۵ شناسایی شد. بررسی‌ها نشان داد که یک شکاف عمودی در ساختار فولادی مخزن وجود دارد. بنابراین، تصمیم گرفته شد که این راکتور برای تعمیر از محل خود برداشته شود. همچنین تصمیم گرفته شد که به منظور ادامه یافتن فرآیند تولید راکتور شماره ۴ مستقیماً به راکتور شماره ۶ متصل شود (شکل ۴-۶). اتصال مستقیم راکتورهای ۴ و ۶ این مزیت را داشت که تا زمان تعمیر راکتور ۵ و اتصال مجدد آن به مدار، تولید ادامه پیدا می‌کرد. ولی فقدان راکتور شماره ۵ راندمان تولید را کاهش می‌داد. زیرا مقداری از سیکلوهگزان بدون تبدیل شدن به سیکلوهگزانول از مدار خارج می‌شد. برای حل این مشکل، سیکلوهگزان باقیمانده در انتها از محصول جدا شده و برای تبدیل، مجدداً وارد فرآیند می‌شد.



شکل ۴-۶. طرح شماتیک اتصال راکتورهای سیکلوهگزان

قطر لوله‌های اتصال راکتورها ۲۸ اینچ (۷۱ سانتی‌متر) بود. در زمان اتصال راکتورهای ۴ و ۶ به همدیگر

تنها لوله ۲۰ اینچ در کارخانه وجود داشت. بنابراین، برای اتصال راکتورها به همدیگر از همین لوله و رابط‌های قابل انعطاف (تبدیل ۲۸ به ۲۰ اینچ و بالعکس) استفاده شد. پس از اتصال، راکتورها در مدار قرار گرفته و به تولید ادامه دادند. در زمان وقوع حادثه لوله رابط ۲۰ اینچی به دلیل استحکام ناکافی و خمیدگی ناشی از فشار داخلی راکتورها پاره شد و در حدود ۳۰ تن سیکلوهگزان از مدار خارج و ابر بزرگی از بخار را بر روی منطقه ایجاد کرد. به دلیل اختلاف فشار شدید درون راکتورها با فشار اتمسفر، سیکلوهگزان مایع بلافاصله پس از خروج به بخار تبدیل شد (شکل ۷-۴). ۴۵ ثانیه پس از رهايش ماده، ابر بخار در اثر یک منبع نامعلوم منفجر و آتش سوزی مهیبی را ایجاد کرد. انفجارهای بعدی، کل فرآیند، تاسیسات و ساختمان‌های اداری را ویران کرد. ۲۸ نفر کشته و ۳۶ نفر مجروح شدند. مرگ ۱۸ نفر از کشته‌شدگان در اثر فرو ریختن سقف اتاق کنترل فرآیند روی داد. حادثه در یک روز شنبه (روز غیر کاری در تقویم میلادی) روی داد. در صورتی که حادثه در یکی از روزهای کاری هفته و زمانی که ساختمان‌های اداری کارخانه مملو از جمعیت کارکنان بودند روی می‌داد تعداد کشته‌شدگان بسیار بیشتر می‌شد. در این حادثه به ۱۸۲۱ خانه و ۱۶۷ مغازه و کارخانه دیگر آسیب وارد شد. ۵۳ شهروند مجروح شدند و آتش سوزی کارخانه تا ۱۰ روز ادامه یافت.



شکل ۷-۴. رها شدن سیکلوهگزان از محل رابط‌های قابل انعطاف

نتایج بررسی این حادثه نشان داد که طراحی و اتصال راکتورها بدون نظارت ایمنی صورت گرفته بود و ایده و نقشه اتصال راکتورها توسط افرادی که این کار را انجام داده بودند با گنج روی کف کارگاه تعمیرات کشیده شده بود. همچنین بررسی‌ها نشان داد که در زمان وقوع حادثه مقادیر بسیار زیادی از مواد شیمیایی و آتش‌گیر در کارخانه انبار شده بود. وجود 1500 m^3 سیکلوهگزان، 300 m^3 نفتا، 50 m^3 تولوئن، 120 m^3 بنزن و 2 m^3 بنزین عامل ادامه آتش سوزی‌ها پس از انفجار اولیه بود. در نهایت این که تصمیم به حذف راکتور ۵ و اتصال مستقیم راکتورهای ۴ و ۶ و شیوه اتصال آنها بر خلاف اصول و غیر استاندارد بوده است.

۶-۴ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

▶ در گزارش‌های بررسی حوادث شیمیایی از الگوهای مربوط به کشف سناریوی حادثه و نقشه‌های فرایند (مانند مثالهای ارائه شده در این راهنما) استفاده کرده و آنها را ثبت نمایید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ سامانه ثبت و تحلیل حوادث شیمیایی (نشت، آتش سوزی و انفجار) را در صنعت راه اندازی کنید.
- ▶ انطباق سامانه فعلی ثبت حوادث شیمیایی با الگوهای بین المللی و مثالهای ارائه شده در این راهنما را بررسی و نقاط بهبود را پیدا کنید.

۵

فصل پنجم

کدگذاری مواد و
کدهای شناسایی
خطرات مواد
شیمیایی

کدگذاری مواد و کدهای شناسایی خطرات مواد شیمیایی

۵-۱ کدهای شناسایی مواد

مواد شیمیایی و کالاها به راه‌های مختلف نام‌گذاری می‌شوند، مانند: فرمول مولکولی، فرمول ساختاری، نام ژنریک یا کلی، نام اختصاصی یا نام تجاری و کدهای اختصاصی دیگر. از این کدها برای شناسایی نوع کالا یا ماده شیمیایی در جریان تولید، حمل، نگهداری و کاربرد آنها استفاده می‌شود. در جدول ۵-۱ برخی از معروف‌ترین استانداردهای بین‌المللی برای کدگذاری و شناسایی مواد شیمیایی معرفی شده‌اند. توضیحات بیشتر در خصوص هر کدام از این سیستم‌های کدگذاری در راهنمای ایمنی شیمیایی ویژه کارگران و کارفرمایان ذکر شده است.

جدول ۵-۱. معروف‌ترین سیستم‌های کدگذاری برای شناسایی کالاها و مواد شیمیایی در دنیا (۱)

نام سیستم کدگذاری	ارایه دهنده	هدف	روش کدگذاری
عدد IUPAC	اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی	شناسایی اطلاعات مولکولی مواد آلی	نام، محل و شماره اتم‌ها در ساختار مولکولی
شماره CAS .CAS No	انجمن شیمی آمریکا	شناسایی و تشخیص مواد شیمیایی با وجود نامهای مختلف و مترادف	یک عدد حداکثر ده رقمی منحصر بفرد با فورمت XXXXXXXX-YY-Z

UN عدد (United Nations)	کمیته تخصصی حمل و نقل کالا های خطرناک ملل متحد	شناسایی کالا های خطرناک در حمل و نقل بین المللی	یک عدد چهار رقمی از ۰۰۰۱ تا ۳۵۰۰
NA عدد (North American)	وزارت حمل و نقل آمریکا	شناسایی کالا های خطرناک در حمل و نقل امریکای شمالی، کدگذاری موادی که در استاندارد UN جای ندارند.	یک عدد چهار رقمی از ۸۰۰۰ تا ۹۹۹۹
کد NHM (کد استاندارد شده کالاها)	اتحادیه بین المللی راه آهن ها بر اساس استاندارد ارایه شده توسط سازمان جهانی گمرک	شناسایی کالاها (تمامی انواع) در تجارت بین الملل	یک عدد ۸ رقمی منحصر بفرد
عدد EC (شماره اتحادیه اروپا)	کمیسیون اروپا و آژانس مواد شیمیایی اروپا ECHA	رصد تولیدات، واردات و صادرات مواد شیمیایی به این اتحادیه جایگزینی برای کدهای فهرست مواد، EINECS NLP و ELINCS	یک عدد هفت رقمی با فورمت NNN-NNN-R

در جدول ۲-۵ کدهای شناسایی UN تعدادی از مواد شیمیایی جهت آشنایی خوانندگان ارایه شده است. کاربرد کد UN در ادامه این فصل و فصول بعدی که به معرفی سیستم های طبقه بندی مواد خطرناک در هنگام حمل و نقل و اسناد اطلاعاتی مرتبط با مواد شیمیایی پرداخته اند، توضیح داده خواهد شد.

جدول ۲-۵. کدهای UN تعدادی از مواد شیمیایی شناخته شده

UN Number	نام ماده
۲۹۸۴	پرسکسید هیدروژن
۱۲۰۲	نفت گاز (گازوئیل)
۱۲۰۳	بنزین
۱۹۷۱	متان، گاز طبیعی یا فشرده شده
۱۰۰۱	لستیلن
۱۰۱۳	دی اکسید کربن

۲۱۸۷	دی اکسید کربن، به شکل مایع سرد شده
۱۰۰۲	هوای فشرده
۲۹۹۶	حشره کش‌های ارگانوکلره، مایع
۲۸۲۰	اسید بوتیریک

● ۲-۵ کدهای شناسایی خطرات (کدهای اقدامات اضطراری)

علاوه بر کدهای بین‌المللی که به منظور شناسایی عمومی کالاها و مواد شیمیایی بوجود آمده است، کدهایی نیز برای شناسایی خطرات مربوط به مواد شیمیایی و نحوه مقابله با شرایط اضطراری آنها تدوین شده‌اند. در ادامه برخی از معروف‌ترین کدها معرفی شده‌اند.

■ ۱-۲-۵ شماره شناسایی خطر (کد کِمِلمِر)

«شماره شناسایی خطر^۱» یک استاندارد اروپایی است که بر اساس «معاهده اروپایی حمل و نقل بین‌المللی کالاها و خطرناک از طریق جاده^۲» برای ایجاد یک سیستم واحد شناسایی خطر مواد شیمیایی ایجاد شده است (این معاهده بر اساس معادل فرانسوی آن به اختصار ADR نامیده می‌شود). شماره شناسایی خطر (HIN) که به نام کد کِمِلمِر^۳ نیز شناخته می‌شود، یک کد ۲ یا ۳ رقمی است. مفهوم هر کدام از اعداد در این کد در جدول ۳-۵ توضیح داده شده است. تکرار یک عدد در این کد به معنی شدید بودن آن خطر یا خاصیت خطرناک برای ماده است. وجود حرف X قبل از کد HIN بدین معنی است که تماس و واکنش آن ماده با آب خطرناک است و کاربرد یا تماس آن مواد با آب تنها باید با نظر و تحت نظارت متخصص صورت گیرد. برای نمونه کد X۸۸ نشان‌دهنده ماده‌ای است که دارای خاصیت خوردندگی شدید بوده و تماس آن با آب واکنش خطرناکی ایجاد می‌کند. در صورتی که تنها یک عدد برای نشان دادن خطر منتسب به یک ماده کافی باشد، بعد از آن عدد باید عدد صفر قرار داده شود.

جدول ۳-۵. مفهوم اعداد در سیستم شماره شناسایی خطر

مفهوم	عدد
انتشار گاز ناشی از فشار یا واکنش‌های شیمیایی	۲
قابلیت اشتعال مایعات	۳
قابلیت اشتعال جامد یا مایع خود گرم شونده	۴
اثر اکسید کنندگی	۵

۱- Hazard Identification Number (HIN)

۲- European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)

۳- Kemler code

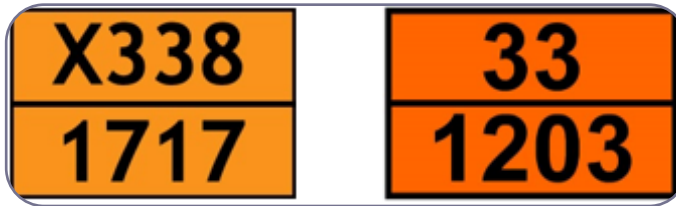
سمیت یا خطر عفونت زایی	۶
راديو اکتیو	۷
خورندگی	۸
خطر واکنش شدید خود به خودی	۹

برخی از کدهای HIN دارای معانی و ویژه‌ای بوده و در مورد برخی از مواد به کار برده می‌شوند. در جدول ۴-۵ این کدها و معانی مربوط به هر کدام ارایه شده است.

جدول ۴-۵. مفهوم برخی از کدهای HIN

مفهوم	کد HIN
گاز مایع سرد شده، گاز خفغان آور	۲۲
مایع قابل اشتعال که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۳۲۳
مایع پیروفوریک (خود به خود آتش‌زا)	۳۳۳
مایع سمی قابل اشتعال که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	۳۶۲X
مایع خورنده قابل اشتعال که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۳۸۲
جامد قابل اشتعال یا جامد خودگرم شونده که آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۴۲۳
جامد پیروفوریک (خود به خود آتش‌زا) که آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۴۳۲
جامد قابل اشتعال در حالت مذاب و در دمای بالا	۴۴
جامد سمی قابل اشتعال در حالت مذاب و در دمای بالا	۴۴۶
جامد سمی قابل اشتعال که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۴۶۲
جامد خورنده قابل اشتعال که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	X۴۸۲
پراکسید آلی قابل اشتعال	۵۳۹
ماده عفونی	۶۰۶
مایع سمی که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	۶۲۳
جامد سمی که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	۶۴۲
مایع خورنده که با آب واکنش نشان داده و گازهای قابل اشتعال متصاعد می‌کند.	۸۲۳
ماده خطرناک برای محیط زیست؛ ماده خطرناک متفرقه	۹۰
ماده خطرناک متفرقه که در دمای بالا حمل می‌شود.	۹۹

در کشورهای اروپایی و بر اساس معاهده ADR، کد کملر و عدد UN مواد شیمیایی باید بر روی صفحه مستطیل نارنجی رنگی که به دو بخش بالا و پایین تقسیم شده است (صفحه کملر)، نوشته شده و روی وسایل نقلیه حامل مواد یا تاسیسات ذخیره آنها نصب شود. در بخش بالا کد HIN و در بخش پایین کد UN ماده نوشته می‌شود. این صفحه ساده‌ترین شکل انتقال اطلاعات مواد شیمیایی است. در شکل ۱-۵ دو نمونه از صفحات کملر نشان داده شده است.



شکل ۱-۵. صفحه کملر برای بنزین (الف) و استیل کلراید (ب)

۲-۲-۵ کد اقدام اضطراری

«کد اقدام اضطراری» یا کد Hazchem توسط اداره آتش نشانی انگلستان ارایه شده است و در کشورهای بریتانیا، استرالیا، نیوزیلند و مالزی استفاده می‌شود. این کد در ایران استفاده نمی‌شود لیکن آشنایی کارشناسان و بازرسان با آن به منظور استفاده از منابع بین المللی ضروری است. این کد نشان‌دهنده نوع اقدام کنترلی است که تیم‌های امدادی مانند آشناسانی یا پلیس در هنگام بروز حوادث مربوط به هر ماده باید انجام دهند. کد EAC یک کد الفبایی - عددی ۲ تا ۳ جزئی است. جزء اول (از سمت چپ) یک عدد و جزء دوم و سوم حرف هستند. جزء اول همواره یک عدد از ۱ تا ۴ بوده و بیانگر ماده اطفایی مناسب برای اطفاء حریق (یا پاکسازی ریخت و پاش احتمالی ماده شیمیایی) می‌باشد (جدول ۵-۵). انتخاب هر عدد برای ماده بدان معناست که آتش سوزی ناشی از آن ماده با ماده اطفایی متناسب به آن عدد و مواد متناسب به اعداد بعد از آن قابل اطفاء است. برای مثال اگر کد عددی ماده‌ای ۲ باشد بدین معنی است که آتش سوزی ناشی از آن ماده با استفاده از مه، کف و پودر خشک قابل اطفاء است. ولی اگر این عدد ۴ باشد، برای اطفاء آتش سوزی تنها می‌توان از پودر خشک استفاده نمود.

جدول ۵-۵. مفهوم اعداد در کد Hazchem برای انتخاب نوع ماده اطفایی

نوع ماده اطفایی	عدد
آب با فشار (جت)	۱
آب به صورت مه	۲
کف	۳
پودر خشک	۴

جزء دوم همواره یکی از حروف P تا Z (به جز U، Q و V) است که بیانگر احتمال وجود یک واکنش شدید یا انفجار، نوع لباس حفاظتی مورد نیاز و چگونگی جمع‌آوری یا رقیق‌سازی ریخت و پاش‌های احتمالی ماده شیمیایی می‌باشد. بر این اساس هشت گروه خطر در این شیوه کدگذاری وجود خواهد داشت که با استفاده از یک حرف انگلیسی مشخص می‌شوند. این حروف و مفاهیم هر کدام در جدول ۶-۵ معرفی

شده‌اند. جزء سوم (چنانچه وجود داشته باشد) همواره حرف E خواهد بود. وجود این حرف در کد EAC بیانگر این است که حادثه رخ داده با آن ماده می‌تواند خطراتی را برای مردم عادی در محدوده خارج از محل وقوع حادثه ایجاد نماید. از این رو باید افراد از محدوده آتش‌سوزی یا رها شدن ماده تخلیه شوند.

جدول ۵-۶، مفهوم حروف میانی در کد EAC

حرف	واکنش مخرب*	نوع پوشش حفاظتی	روش کنترل مواد ریخته شده
P	V	لوازم حفاظتی کامل**	ترقیق***
R			
S	V	ماسک تنفسی و لباس کامل	
T		اطفاء حریق	
W	V	لوازم حفاظتی کامل	جمع‌آوری****
X			
Y	V	ماسک تنفسی و لباس کامل	
Z		اطفاء حریق	
* واکنش مخرب: آیا ماده پتانسیل واکنش انفجاری یا لجام گسیخته با هوا، آب یا هر دو را دارد. علامت V به معنی وجود چنین پتانسیلی است.			
** لوازم حفاظتی کامل: شامل ماسک تنفسی و لباس مقاوم در برابر نفوذ آب و مواد شیمیایی			
*** ترقیق: می‌توان ماده ریخته شده با با مقدار زیادی آب شست و پساب آن را به درون زهکش هدایت کرد.			
**** جمع‌آوری: باید از ورود مواد شیمیایی به درون زهکش‌ها یا منابع آب جلوگیری کرده و آن را جمع‌آوری کرد.			

برای نمونه در صورتی که کد EAC یک ماده ۳YE باشد، چنین تفسیر خواهد شد که آتش‌سوزی ناشی از این ماده باید با استفاده از کف شیمیایی یا پودر خشک خاموش شود. این ماده با هوا یا آب واکنش شدید و انفجاری ایجاد می‌کند. در زمان انجام اقدامات کنترلی باید از ماسک تنفسی و لباس کامل اطفاء حریق استفاده شود. مناطق اطراف محل حادثه از افراد تخلیه شده و از ورود ماده شیمیایی به زهکش‌ها و منابع آب جلوگیری شود. به همین ترتیب آتش‌سوزی ناشی از ماده‌ای با کد ۲X را می‌توان با استفاده از مه، کف و پودر خاموش نمود. این ماده واکنش‌های خطرناک ایجاد نمی‌کند. در حوادثی که این ماده در آن وجود دارد باید از لوازم حفاظتی کامل استفاده کرده و ماده ریخته شده را با استفاده از آب فراوان شسته و پساب آن را وارد فاضلاب و سیستم‌های زهکشی کرد.

در ویرایش‌های قدیمی‌تر کد EAC چهار زیرگروه خطر برای گروه‌های S، T، Y و Z نیز وجود داشت. این زیرگروه‌ها با خط سفید در زمینه سیاه از گروه اصلی متمایز می‌شدند (مانند S) و تفاوت آنها با گروه اصلی خود در این بود که برخلاف گروه اصلی در آنها استفاده از ماسک تنفسی برای افراد تنها در هنگام آتش‌سوزی اجباری بود. در مواردی که زمینه سفید بود، حروف مربوط به زیرگروه‌ها در داخل براکت قرار می‌شد که

همان مفهوم خط سفید در زمینه سیاه را داشت. این زیرگروه‌ها از سال ۲۰۰۷ از کد EAC حذف شده و استفاده از ماسک تنفسی در تمام حوادث (فارغ از این که ماده آتش گرفته است یا خیر) اجباری شده است. در سیستم Hazchem از یک مستطیل نارنجی رنگ است که به ۵ بخش تقسیم شده است، برای ارزیابی اطلاعات خطر روی تاسیسات ذخیره و وسایل نقلیه حامل مواد شیمیایی استفاده می‌شود، (شکل ۲-۵). همانطور که در معرفی کد اقدام اضطراری Hazchem نیز ذکر شد، این سیستم (کد و صفحه Hazchem) در کشورهای بریتانیا، استرالیا، نیوزیلند و مالزی رایج بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۳-۵ دو نمونه از صفحات Hazchem بر روی مخازن حاوی مواد شیمیایی نشان داده شده است.



شکل ۲-۵. صفحه Hazchem



شکل ۳-۵. صفحه Hazchem برای مخزن حاوی بنزین (الف) و مخزن حاوی گاز پروپان (ب)

۳-۲-۳ کد NFPA ۷۰۴

استاندارد شماره ۷۰۴ انجمن ملی حفاظت در برابر حریق آمریکا با عنوان «سیستم استاندارد شناسایی خطرات مواد برای واکنش در شرایط اضطراری» که در اصطلاح رایج تحت عنوان «لوزی حریق» از آن یاد می‌شود، یک روش کدگذاری رنگی - عددی را ارائه داده است. این استاندارد یکی از شناخته شده‌ترین کدهای شناسایی خطرات مواد شیمیایی در دنیاست و شامل یک برجسب لوزی است که به چهار لوزی

۱- Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response

۲- Fire Diamond

کوچک تقسیم شده است (شکل ۴-۵). لوزی آبی برای خطرات بهداشتی، لوزی قرمز برای آتش‌گیری، لوزی زرد برای واکنش‌پذیری و لوزی سفید برای خطرهای ویژه به کار می‌رود. درون هر یک از لوزی‌های رنگی (به جز لوزی سفید) عددی از صفر تا چهار نوشته می‌شود که نشان‌دهنده درجه همان خطر است. عدد صفر به معنی بدون خطر و عدد ۴ به معنی خطر شدید است. لوزی سفید برای نشان دادن مواردی نظیر واکنش‌پذیری با آب، اکسیدکننده، واکنش‌پذیر و خاصیت سمی ماده به کار می‌رود. لوزی قرمز عموماً روی مخازن و ظروف ثابت نصب شده و برای ارائه اطلاعاتی سریع به نیروهای امدادی^۱ در خصوص ویژگی‌های ماده درون مخزن به کار می‌رود.



شکل ۴-۵. لوزی حریق NFPA

۱-۳-۲-۵ خطر بهداشتی

منظور از خطرات بهداشتی همان عوارضی است که مواد شیمیایی بر سلامتی انسان از خود برجای می‌گذارند. هر یک از ویژگی‌های یک ماده که بتواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم، در یک تماس کوتاه مدت (حاد) پوستی، گوارشی و یا استنشاقی موجب آسیب یا ناتوانی موقت یا دائم شود. یک خطر بهداشتی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در لوزی حریق NFPA:

- ▶ رویارویی طولانی مدت با مقداری اندک از ماده شیمیایی (مزمن)، مورد نظر نیست. بنابراین، ملاک درجه‌بندی، دوز کشنده ۵۰٪ است، و نیاز به تجهیزات ایمنی ویژه، مانند وسایل ایمنی تنفسی و پوشش، مطرح خواهد بود.
 - ▶ ویژگی‌های خود ماده مد نظر بوده و خطرات بهداشتی مربوط به فرآورده‌های ناشی از تجزیه و سوختن آن در نظر گرفته نمی‌شود؛ مگر آن که این فرآورده‌ها به مراتب از خود ماده خطرناک‌تر باشند.
- سطوح پنج‌گانه خطر بهداشتی در لوزی حریق در جدول ۷-۵ توضیح داده شده‌اند.

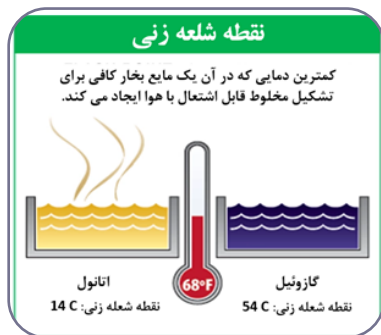
جدول ۵-۷. سطوح خطر بهداشتی در لوزی حریق

مثال	توضیح عدد خطر	عدد خطر
استیلن، نیترات آمونیوم، فسفر قرمز، ذغال چوب، پرمنگنات پتاسیم	موادی که در صورت بروز آتش سوزی، رویارویی کوتاه مدت با آن‌ها خطری بیش از خطرات طبیعی ناشی از سوختن یک ماده نداشته باشد. این گروه در بر دارنده گازها و بخاراتی است که LD ₅₀ حاد تنفسی آن‌ها بیشتر از ۱۰۰۰۰ ppm (٪۱) است.	۰
استون، تریانیتین، تری اکسید کروم، کاربید کلسیم، پروپیلن، اتیل اتر، اتیلن گلیکول	موادی که در یک تماس کوتاه مدت موجب تحریک می‌شوند، اما، تنها آسیب‌های جزئی ایجاد می‌کنند. برای رویارویی با این مواد، وسایل حفاظت تنفسی تصفیه کننده هوا لازم است. این گروه در بر دارنده موادی است که:	۱
	هنگام آتش سوزی، فرآورده‌هایی آزاد کنند که ویژگی تحریک کننده داشته باشد.	
	هنگام آتش سوزی، منجر به تحریک پوست شوند، اما آن را تخریب نکنند.	
	گازها و بخاراتی که LD ₅₀ آن‌ها در تماس حاد تنفسی بیش از ۵۰۰۰ ppm باشد.	
	موادی که موجب تحریک متوسط دستگاه تنفس و یا تحریک خفیف یا متوسط چشم‌ها شود.	
آمنیوم، هیپوکلریت کلسیم، نفتالین، اتیل پروپیل اتر، سدیم هیدروسولفیت	موادی که در یک رویارویی کوتاه و شدید بتوانند موجب ناتوانی موقت یا آسیب‌هایی احتمالاً برگشت ناپذیر شوند. برای رویارویی با این مواد، وسایل حفاظت تنفسی تأمین کننده هوا باید به کار رود. این گروه در بر دارنده مواد زیر است:	۲
	موادی که فرآورده‌های آتش سوزی آن‌ها سمی و یا به شدت تحریک کننده باشد.	
	موادی که در شرایط طبیعی و یا بروز آتش سوزی، بدون خاصیت هشدار دهندگی، بخار سمی تولید کنند.	
	گازهایی که ال دی ۵۰ تماس حاد تنفسی با آن‌ها ppm ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ باشد.	
	موادی که موجب تحریک شدید، اما برگشت پذیر چشم، پوست و یا دستگاه تنفسی شوند.	
گاز کربن، سولفید هیدروژن، هیدروکسید سدیم، فسفر سفید، استالدهید، استیل کلراید، تتراکلرید و انادیم	موادی که در یک رویارویی کوتاه مدت بتوانند موجب بروز آسیب‌های جدی به صورت موقت یا دائم شوند. در رویارویی با این مواد، باید از هرگونه رویارویی مستقیم پرهیز کرد. این گروه در بر دارنده موادی است که:	۳
	فرآورده‌های ناشی از سوختن آن‌ها بسیار سمی باشد.	
	گازهایی که ال دی ۵۰ آن‌ها در تماس حاد تنفسی ۱۰۰۰ ppm تا ۳۰۰۰ باشد.	
	موادی که حتی در یک رویارویی کوتاه مدت پوستی، موجب خوردگی شدید شوند و یا بتوانند آسیب‌های چشمی برگشت ناپذیر ایجاد کنند.	

سیانید هیدروژن، فسفین، سیانوژن، پاراتیون، آکرولتین، استون سیانو هیدرین	موادی که در یک تماس کوتاه مدت بتوانند موجب مرگ یا آسیب‌های جدی شوند. در روبرویی با این مواد حتماً باید به وسایل حفاظت فردی ویژه مجهز بود. موادی که در این گروه قرار دارند عبارتند از:	۴
	موادی که در شرایط عادی و یا در صورت بروز آتش‌سوزی، در تماس تنفسی یا پوستی، بی‌نهایت سمی باشند.	
	موادی که ال‌دی ۵۰ آن‌ها برای تماس حاد پوستی، کوچک‌تر یا مساوی ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد.	
	گازهایی که ال‌دی ۵۰ آن‌ها در تماس حاد تنفسی، کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام باشد.	

۵-۲-۳-۲ خطر آتش‌گیری

خطر آتش‌گیری، بر پایه دمایی تعیین می‌شود که ماده شعله‌ور می‌گردد و معیاری است که میزان آسان‌سوزی یک ماده را بیان می‌کند و به آن نقطه شعله‌زنی یا دمای افروزش گفته می‌شود (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵: مفهوم نقطه شعله‌زنی

NFPA میاعات قابل اشتعال و قابل احتراق را بر اساس نقطه شعله‌زنی آنها تقسیم‌بندی کرده است. بر اساس این تقسیم‌بندی به میاعاتی که نقطه شعله‌زنی آنها کمتر از ۳۸ °C باشد میاعات قابل اشتعال^۱ و میاعاتی که دمای شعله‌زنی آنها بالاتر از این مقدار باشد، میاعات قابل احتراق^۲ گفته می‌شود (جدول ۵-۸).

جدول ۵-۸. تقسیم‌بندی میاعات قابل اشتعال و قابل احتراق بر اساس استاندارد NFPA

کلاس	دامنه دمای شعله‌زنی	دمای جوش	مثال
میاعات قابل اشتعال			
IA	کمتر از 23°C (73°F)	کمتر از 38°C (100°F)	دی اتیل اتر، پنتان
IB	کمتر از 23°C (73°F)	38°C و بیشتر (100°F)	استون، بنزن، اتانول
IC	23°C تا 38°C (73°C تا 100°F)	---	پارا زایلین

۱- Flammable liquid

۲- Combustible liquid

مایعات قابل احتراق			
گازوئیل، روغن موتور، نفت سفید	---	60°C تا 39°C (140°F تا 101°C)	II
رنگ‌ها (روغن پایه)، روغن‌های معدنی	---	93°C تا 61°C (199°F تا 141°F)	IIIA
رنگ‌ها (روغن پایه)، روغن‌های حیوانی	---	93°C و بیشتر (200°F)	IIIB

سطوح پنج‌گانه خطر آتش‌گیری در لوزی حریق در جدول ۹-۵ توضیح داده شده‌اند.

جدول ۹-۵. سطوح خطر آتش‌گیری در لوزی حریق

مثال	توضیح عدد خطر	عدد خطر
آب، اسید نیتریک، اسید سولفوریک، کلرات باریم، نیترات آمونیوم	موادی که نمی‌سوزند، در این گروه قرار می‌گیرند. این گروه در بردارنده هر ماده‌ای است که هرگاه به مدت پنج دقیقه، در مجاورت هوا، در معرض دمای 815/5°C (1500°F) قرار گیرد، بازهم شعله‌ور نمی‌شود.	۰
روغن ذرت، گلیسیرین، روی، روغن سویا، پارافین، نفتیل آمین	موادی که پیش از آغاز سوختن لازم است، حرارت ببینند. در شرایط معمولی، شعله‌ور شدن این مواد نیازمند میزانی چشمگیر گرما است. این گروه در بردارنده موادی است که: در مجاورت هوا پس از رسیدن به دمای حدود 815/5°C (1500°F) در مدت پنج دقیقه و یا کمتر، آغاز به سوختن می‌کنند. مایعاتی که دمای شعله‌زنی آن‌ها بیش از 93°C است (مایعات قابل احتراق کلاس IIIB)	۱
مازوت، اسید استیک، سوخت دیزل، نفتالین، فرمالدهید، آکریلامید، آنیلین	موادی اند که یا در محیطی با گرمای به نسبت زیاد و یا پس از به‌دست آوردن گرمایی متوسط آغاز به سوختن می‌کنند (مایعاتی که برای مشتعل شدن باید به مقدار کافی در معرض حرارت قرار گیرند و جامداتی که بخار آتش‌گیر تولید می‌کنند). یعنی، در دمای معمولی خطرناک نیستند، ولی در شرایط دمایی بالا و یا بر اثر گرم شدن متوسط، حجمی فراوان بخار خطرناک ایجاد می‌کنند. موادی که نقطه شعله‌زنی آن‌ها بین 38°C و 93°C است، در این گروه قرار می‌گیرند (مایعات قابل احتراق کلاس II و IIIA)	۲

<p>بنزین، فسفر سفید، استارین، دی وینیل استیلن، ایزوپروپیل استات</p>	<p>مایعات یا جامداتی که تقریباً در شرایط محیطی می‌سوزند. این مواد می‌توانند در شرایط محیطی در مجاورت هوا بسوزند و فضایی خطرناک ایجاد کنند. مایعاتی در این گروه قرار می‌گیرند که: نقطه آتش‌گیری آن‌ها کمتر از 23°C و نقطه جوش آن‌ها برابر یا بیش از 38°C باشد. نقطه آتش‌گیری آن‌ها برابر یا بیش از 23°C و کمتر از 38°C است (مایعات قابل اشتعال کلاس IB و IC)</p>	<p>۳</p>
<p>پروپان، سولفید هیدروژن، استالدهید، اسید پیکریک، اتیلن اکساید، ایزوپروپیل کلراید</p>	<p>موادی که در فشار و دمای معمولی به سرعت به حالت بخار درآمده و یا آن‌ها که به راحتی در هوا پراکنده شده و به آسانی شعله‌ور شوند. یعنی، هرگاه این مواد در مجاورت هوا قرار گیرند، خودبه‌خود آتش می‌گیرند. گازهای شدیداً آتش‌گیر، مایعات بسیار فرار آتش‌گیر و موادی که در حالت گرد و غبار مخلوط انفجارپذیر تشکیل می‌دهند، در این گروه جای دارند. مواد این گروه در بر دارنده: گازهای قابل اشتعال مایعات سرمازای قابل اشتعال گازهایی که بر اثر فشار زیاد به صورت مایع درآمده‌اند و نقطه آتش‌گیری آن‌ها کمتر از 23°C و نقطه جوش آن‌ها کمتر از 38°C هستند (مایعات قابل اشتعال کلاس IA)</p>	<p>۴</p>

۳-۲-۵- خطر واکنش‌پذیری

خطر واکنش‌پذیری نشان‌دهنده استعداد ماده برای آزادسازی انرژی است و چگونگی پایداری و ترکیب‌پذیری ماده را با آب نشان می‌هد. به بیان دیگر، در این ویژگی، واکنش ماده با آب در هنگام حریق مطرح است. برخی از مواد می‌توانند بر اثر پلیمریزه شدن، واکنش خودبه‌خودی، و یا تماس با آب و دیگر مواد موجب آزاد شدن انرژی و انفجار شوند. شدت انفجار (آزادسازی انرژی) ممکن است بر اثر عواملی دیگر، همچون افزایش دما، فشار، مخلوط شدن با مواد دیگر، تماس با کاتالیزورها یا حساس‌کننده‌ها افزایش یابد. با توجه به گوناگونی شرایط مختلف که ممکن است بر واکنش‌پذیری مواد اثر بگذارند، امکان بررسی موارد اضطراری در درجه‌بندی این خطر وجود ندارد. بنابراین، به جز تأثیر آب، تأثیر مواد دیگر در این درجه‌بندی در نظر گرفته نشده است. به طور کلی می‌توان مواد را از نظر استعداد واکنش‌پذیری به سه گروه تقسیم کرد:

▲ واکنش‌پذیر: ماده‌ای که با آب وارد یک واکنش شدید می‌شود. واکنش‌پذیری ماده با مواد دیگر، هرچند که با آزادسازی انرژی همراه باشد، در این استاندارد نمی‌گنجد. استاندارد NFPA ۴۹ به این موضوع پرداخته است.

- ▶ ناپایدار: ماده‌ای که در شکل خالص و یا محصول تجاری خود به شدت پلیمریزه یا تجزیه می‌شود.
 - ▶ پایدار: ماده‌ای که حتی در تماس با هوا، آب و بروز آتش‌سوزی، ترکیب شیمیایی خود را حفظ کند.
- سطوح پنج‌گانه خطر واکنش‌پذیری در لوزی حریق در جدول ۱۰-۵ توضیح داده شده‌اند.

جدول ۱۰-۵. سطوح خطر واکنش‌پذیری در لوزی حریق

عدد خطر	توضیح عدد خطر	مثال
۰	موادی که در حالت طبیعی و حتی در صورت بروز آتش‌سوزی، پایدارند. موادی در این گروه قرار می‌گیرند که: با آب واکنش نمی‌دهند. در دستگاه کالریمتر پویوش تشخیصی، در دمای ۳۰۰°C تا ۵۰۰°C گرمازا هستند.	هلیوم، نیتروژن، ذغال‌چوب، گلیسرین و متان
۱	موادی که در شرایط طبیعی پایدارند، اما در صورت افزایش دما و فشار ممکن است پایداری خود را از دست بدهند. این گروه در بر دارنده موادی است که: در اثر مجاورت با هوا، رطوبت یا در اثر نور تجزیه می‌شوند. در دستگاه کالریمتر پویوش تشخیصی ^۱ ، در دمای ۱۵۰°C تا ۳۰۰°C گرمازا هستند.	پروپن، فسفرها (زرد یا قرمز) و روی
۲	موادی که در حالت عادی ناپایدار بوده و تغییرات شیمیایی در آن رخ می‌دهد، ولی منفجر نمی‌شود. اما بر اثر فشار یا حرارت، واکنش شیمیایی شدید نشان می‌دهند و نیز موادی که از ترکیب آن‌ها با آب واکنش شدیدی به وجود می‌آید و یا مخلوط انفجاری تشکیل می‌دهد. این گروه در بر دارنده موادی است که: در دستگاه کالریمتر پویوش تشخیصی، در دمای کمتر یا مساوی ۱۵۰°C گرمازا است. با آب واکنشی شدید می‌دهند و یا با ترکیب با آب یک مخلوط انفجاری پدید می‌آورند.	کلسیم فلزی، سدیم، فسفر سفید، پتاسیم و لیتیم

۱ Differential scanning calorimeter (در این روش، رفتار پلیمرها هنگام دریافت گرما مطالعه می‌شود).

<p>آمونیم نیترات، گاز نیترات سلولز، هیدرازین و فلورین</p>	<p>موادی که در دما و فشار زیاد به ضربه‌های مکانیکی حساس اند و می‌توانند بترکند یا منفجر شوند. ولی نیاز به نیروی قوی به‌راه‌اندازی یا گرمایش محدود شده (چاشنی و یا محرک کافی) پیش از انفجار دارند. یا موادی که در کنار مواد آتش‌گیر به‌راحتی عمل اکسایش را تسریع می‌کنند و ممکن است باعث ایجاد شعله آتش شوند. در مجاورت آب و بدون نیاز به منبع گرمایی، واکنش انرژی‌زا ایجاد می‌کنند.</p>	<p>۳</p>
<p>اسید پیکریک، فولمینات جیوه و تری‌نیتروتولون</p>	<p>به موادی گفته می‌شود که در دمای و فشار طبیعی منفجر می‌شوند. مواد این گروه حتی در دمای و فشار معمولی به ضربه مکانیکی حساس اند، می‌توانند با مواد معمولی یا به‌طور خودبه‌خود واکنش حرارت‌زایی خودتسریعی شدید ایجاد کنند.</p>	<p>۴</p>

۴-۳-۵. خطر ویژه

در استاندارد NFPA ۷۰۴ سه علامت برای قرار گرفتن در لوزی سفید (خطرهای ویژه) در نظر گرفته شده است. با این حال به مرور زمان علایم دیگری که در استاندارد ذکر نشده‌اند نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در جدول ۵-۱۱ علایم استاندارد و غیر رسمی مورد استفاده در لوزی سفید نشان داده شده‌اند.

جدول ۵-۱۱. علایم مورد استفاده در لوزی خطر ویژه

مثال	معنی	علامت	
پرکلرات پتاسیم، نیترات آمونیم، هیدروژن	اکسیدکننده، امکان سوخت مواد بدون تماس با هوا را فراهم می‌کند.	OX	علایم استاندارد
سزیم، سدیم، اسید سولفوریک	به‌طور غیر معمول یا خطرناکی با آب واکنش نشان می‌دهد.	W	
نیتروژن، هلیوم، نئون، آرگون،	گاز خفقاان‌آور ساده (محدود به موارد روپرو)	SA	
			کریپتون و زنون

اسید سولفوریک، هیدروکسید پتاسیم	خورنده (عمومی)، اسید یا باز قوی (اشاره دقیق‌تر)	COR، ACID، ALK	علامت غیر رسمی
ویروس آبله	خطر بیولوژیک	BIO 	
استریکنین	سمی	POI	
پلوتونیوم، اورانیوم	رادیواکتیو	RA، RAD 	
نیتروزن مایع	سرمازا یا مبرد	CYL، CRYO	

۴-۲-۵ سیستم شناسایی مواد خطرناک (HMIS)

در ایالات متحده آمریکا الزامات برچسب‌گذاری مواد شیمیایی بر اساس استاندارد مبادله اطلاعات خطر OSHA تعیین شده است. البته این استاندارد تا پیش از به روز رسانی خود در سال ۲۰۱۲ برچسبی را معرفی نکرده و تنها، الزاماتی را برای برچسب‌ها تعیین کرده بود. این الزامات در برچسب «سیستم شناسایی مواد خطرناک» (HMIS) رعایت شده بودند. از این رو به عنوان یکی از سیستم‌های برچسب‌گذاری مورد قبول در این کشور مورد استفاده قرار می‌گرفت و هم اکنون نیز ممکن است در برخی سازمان‌ها مورد استفاده باشد. این سیستم در اواسط دهه ۷۰ میلادی از سوی «انجمن ملی رنگ و پوشش آمریکا»^۱ ارایه شد. آخرین ویرایش این سیستم (HMIS III) مربوط به سال ۲۰۰۲ بوده و تغییراتی نسبت به ویرایش قبلی خود داشته است. در این روش نیز همانند لوزی حریق از یک سیستم کدگذاری رنگی - عددی برای شناسایی خطرات مواد شیمیایی استفاده می‌شود (یادآوری می‌شود که با وجود شباهت‌های این دو برچسب به همدیگر، لوزی حریق برای شرایط اضطراری و زمانی که اطلاعاتی در مورد اثرات حاد یا کوتاه مدت تماس با مواد مورد نیاز است، طراحی شده است و برچسب HMIS برای اطلاع رسانی در خصوص ویژگی‌ها و اثرات بهداشتی مواد در شکل وسیع‌تر و نه تنها محدود به شرایط اضطراری، طراحی شده است). برچسب HMIS به شکل یک مستطیل است که به پنج ردیف تقسیم شده است. ردیف اول، جای نوشتن نام ماده و تاریخ نصب برچسب است. ردیف‌های بعدی به ترتیب نشان دهنده‌ی خطر بهداشتی (آبی رنگ)، خطر آتش‌گیری (قرمز رنگ)، خطرات فیزیکی (نارنجی)، و نوع وسیله حفاظتی است.

۱- Hazardous Materials Identification System (HMIS)

۲- National Paint and Coating Association (NPCA)



شکل ۶-۵. برچسب HMIS III

در کنار هر ردیف یک مربع خالی وجود دارد که درجه خطر در آن نوشته می شود. روش تعیین درجه خطر تا حدودی شبیه به برچسب لوزی حریق NFPA بوده و هر یک از خطرات بهداشتی، آتش گیری و فیزیکی عددی از صفر تا چهار خواهند داشت. با این تفاوت که در ویرایش جدید این روش، در مواردی که تماس های مکرر با یک ماده سبب ایجاد بیماری های مزمن شود، در ردیف خطرات بهداشتی در کنار عدد (و در یک مربع دیگر) از علامت ستاره (*) نیز استفاده می شود (جدول ۱۲-۵). در مربع ردیف آخر (وسیله حفاظتی) یکی از حروف A تا K و یا حرف X نوشته خواهد شد. معنی هر یک از این حروف در جدول ۱۳-۵ داده شده است. در ویرایش قبلی این روش، به جای خطر فیزیکی، خطر واکنش پذیری^۱ یا ناپایداری^۲ قرار داشت که با رنگ زرد مشخص می شد.

جدول ۱۲-۵. درجه بندی سطوح خطرات در برچسب HMIS III

نوع خطر	درجه بندی	
	خطر بهداشتی	خطر آتش گیری
خطر فیزیکی	خطر آتش گیری	خطر بهداشتی
موادی که به آسانی در دمای اتاق واکنش های شدید انفجاری در تماس با آب داشته یا واکنش های پلیمریزاسیون و تجزیه ای منجر به انفجار از خود نشان می دهند.	مواد قابل اشتعال کلاس IA	کشنده یا ایجادکننده آسیب های وسیع و دائمی
موادی که با آب مخلوط قابل انفجار ایجاد کرده و در حضور منبع آغازکننده قوی منفجر می شوند. موادی که در دما و فشار معمولی پلیمریزه یا تجزیه شده و می توانند ریسک متوسطی از انفجار را ایجاد کنند.	مواد قابل اشتعال کلاس IB و IC	ایجاد آسیب های جدی

۱- Reactivity

۲- Instability

موادی ناپایداری که می‌توانند در دما و فشار معمولی با تغییرات شیمیایی خود، ریسک پایینی از انفجار را ایجاد کنند. این مواد می‌توانند با آب واکنش‌های مخرب ایجاد کرده و در تماس با هوا پراکسید تولید کنند.	مواد قابل احتراق کلاس II و IIIA	ایجاد آسیب‌های متوسط و موقت	خطر متوسط (۲)
موادی که به طور معمول پایدار هستند ولی در تماس با دما و فشار زیاد ناپایدار می‌شوند. با آب واکنش‌های غیر مخرب داشته یا در صورت عدم حضور بازدارنده، واکنش پلیمریزاسیون خطرناک خواهند داشت.	مواد قابل احتراق کلاس IIIB	ایجاد تحریک یا آسیب‌های خفیف قابل برگشت	خطر اندک (۱)
موادی که حتی در آتش نیز پایدار هستند و تحت هیچ شرایطی تجزیه، پلیمریزه یا متراکم نخواهند شد. مواد غیر قابل انفجار.	مواد غیر قابل اشتعال	بدون خطر برای سلامتی	بی خطر (۰)
ایجاد آسیب‌های مزمن در اثر تماس‌های طولانی و مکرر			خطر مزمن (*)

جدول ۱۳-۵. کدگذاری حروف برای انتخاب وسیله حفاظت فردی در برچسب HMIS III (۷)

حرف	لوازم حفاظت فردی مورد نیاز
A	عینک ایمنی 
B	عینک ایمنی، دستکش 
C	عینک ایمنی، دستکش، پیش‌بند 
D	محافظ صورت، دستکش، پیش‌بند 

	<p>محافظ صورت، دستکش، ماسک گرد و غبار</p>	<p>E</p>
	<p>عینک ایمنی، دستکش، پیش‌بند، ماسک گرد و غبار</p>	<p>F</p>
	<p>عینک ایمنی، دستکش، ماسک گاز و بخار</p>	<p>G</p>
	<p>عینک محافظ پرتابه‌ها، دستکش، پیش‌بند، ماسک گاز و بخار</p>	<p>H</p>
	<p>عینک ایمنی، دستکش، ماسک گرد و غبار و گاز و بخار</p>	<p>I</p>
	<p>عینک محافظ پرتابه‌ها، دستکش، پیش‌بند، ماسک گرد و غبار و گاز و بخار</p>	<p>J</p>
	<p>ماسک یا هود متصل با لوله هوا، دستکش، لباس کار کاملاً پوشیده، چکمه</p>	<p>K</p>
	<p>در مورد لوازم حفاظت فردی مورد نیاز برای کار با ماده شیمیایی از سرپرست کاری یا متخصص ایمنی سوال شود.</p>	<p>X</p>

بر چسب‌های لوزی حریق و HMIS معیارهای مورد نظر OSHA در استاندارد مبادله اطلاعات

خطر را تامین کرده و به عنوان برچسب‌های استاندارد در ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال پس از فراگیر شدن استاندارد GHS این شیوه‌ها نیز در حال جایگزینی هستند.

● ۳-۵ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

▲ سیستم کدگذاری مورد استفاده در صنعت مورد بازرسی را شناسایی کرده و انطباق آن با الزامات قانونی بازرسی را بررسی نمایید.

▲ وضعیت برچسب زنی و استانداردهای مورد استفاده را در بازرسی‌ها مورد بررسی قرار داده و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

▲ سیستم‌های کدگذاری مورد استفاده برای مواد شیمیایی خطرناک را یکپارچه نموده و سامانه مربوط به راه‌اندازی کنید.

▲ روش‌های برچسب زنی مواد شیمیایی را یکپارچه نمایید.

▲ روش برچسب زنی مورد استفاده در صنعت را به کارکنان آموزش دهید.

فصل ششم

طبقه‌بندی
مواد خطرناک و
برچسب‌گذاری در
هنگام حمل و نقل

طبقه بندی مواد خطرناک و برچسب گذاری در هنگام حمل و نقل

۱-۶ مقدمه

مواد خطرناک شامل کلیه مواد و عوامل با منشاء شیمیایی، فیزیکی و یا بیولوژیکی هستند که قادرند سلامت و ایمنی انسان و محیط را به مخاطره اندازند. تعداد مواد خطرناک و عوامل شیمیایی بسیار زیاد بوده و طبقه بندی آنها نیز متنوع و وسیع است. باید توجه داشت که ممکن است این طبقه بندی ها مطلق نبوده و بسته به هدف طبقه بندی و دامنه کاربرد در برگیرنده مواد گوناگونی باشد. برخی از طبقه بندی ها ممکن است محدود به گروه های معینی از مواد شیمیایی بوده، اما درک آنها می تواند در تکمیل سیستم های فراگیرتر مفید واقع گردد. به طور کلی دو سیستم بین المللی در تقسیم بندی خطرات مواد وجود دارد که شامل سیستم ملل متحد^۱ و سیستم اروپایی^۲ می باشد. در سیستم ملل متحد کالاهای خطرناک از دیدگاه ایمنی و بر حسب خطرات حاد تقسیم بندی شده و برچسب گذاری می شوند، در حالیکه در سیستم اروپایی تقسیم بندی عوامل شیمیایی عمدتاً از جنبه بهداشتی و براساس اثرات حاد و مزمن مواد می باشد. با توجه به اثرات بهداشتی و خطرات فیزیکی ناشی از مواد می توان آنها را به دو صورت «مواد شیمیایی زیان آور^۳» و «کالاهای خطرناک^۴» مورد شناسایی و بررسی قرار داد. بحث پیرامون مواد شیمیایی زیان آور از محدوده هدف این راهنما خارج است. علاقمندان می توانند اطلاعات مرتبط با اثرات زیان آور عوامل شیمیایی را در کتاب های مرتبط با سم شناسی

۱- UN System

۲- EC System

۳- Hazardous Substances

۴- Dangerous goods

شغلی و غیره مطالعه نمایند. در ادامه کالاهای خطرناک توضیح داده می‌شوند.

۲-۶ کالاهای خطرناک

کالاهای خطرناک به مواد شیمیایی خالص، ترکیبات، محصولات و اجناسی گفته می‌شود که در صورت عدم استفاده یا حمل و نقل صحیح، خطرات آبی و فوری را برای افراد، حیوانات، تجهیزات و محیط ایجاد می‌کنند. بنابراین استفاده یا حمل و نقل آنها باید با در نظر گرفتن خطرات بالقوه آنها انجام گیرد (در امریکاً معمولاً برای اشاره به کالاهای خطرناک از عبارت «مواد خطرناک^۱» یا خلاصه آن یعنی Hazmat استفاده می‌شود). در تقسیم بندی کالاهای خطرناک علاوه بر مواد شیمیایی مواد رادیواکتیو و مواد عفونی نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. در حالی که عوامل شیمیایی زیان‌آور معمولاً بر اساس اثرات سلامتی و عمدتاً طولانی مدت مواد تقسیم بندی شده و مورد مطالعه قرار می‌گیرند، کالاهای خطرناک بر اساس اثرات آبی و فوری مواد تقسیم بندی می‌شوند. برای مثال یک لیتر حلال زایلن موجود در یک آزمایشگاه در درجه اول به عنوان یک عامل شیمیایی زیان‌آور محسوب می‌شود که خطر استنشاق بخارات زایلن را به همراه دارد. در حالی که، ده هزار لیتر زایلن موجود در یک انبار مواد شیمیایی یا تانکر حمل و نقل در درجه اول به عنوان یک کالای خطرناک تقسیم بندی می‌شود که دارای قابلیت اشتعال است.

قوانین مربوط به طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی در محل استفاده و در هنگام حمل و نقل متفاوت هستند. از این رو، سیستم‌های متفاوت برچسب‌گذاری برای آنها ایجاد شده است. در این فصل سیستم طبقه بندی و برچسب‌گذاری کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل که توسط سازمان ملل ارائه شده است معرفی می‌گردد. سیستم‌های طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری کالاهای خطرناک در هنگام استفاده نیز در فصول بعدی معرفی می‌شوند.

۳-۶ طبقه‌بندی کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل بر اساس سیستم UN

کالاهای خطرناک در بسیاری از کشورها بر اساس سیستم ملل متحد (UN) طبقه بندی شده و بر چسب‌گذاری می‌شوند. این سیستم کمک می‌کند که خصوصیات و خطرات اینگونه مواد در زمان حمل و نقل سریعاً قابل تشخیص باشد. در این سیستم کالاهای خطرناک بر اساس خصوصیات خطرناک خود در ۹ گروه طبقه‌بندی می‌شوند. برخی از گروه‌ها نیز خود به زیرگروه‌های دیگری تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه‌های نه گانه مواد در سیستم UN عبارتند از:

- ▲ گروه ۱: مواد منفجره
- ▲ گروه ۲: گازها
- ▲ گروه ۳: مایعات آتش‌گیر
- ▲ گروه ۴: جامدات آتش‌گیر

▶ گروه ۵: مواد اکسیدکننده و پراکسیدهای آلی

▶ گروه ۶: مواد سمی و عفونی

▶ گروه ۷: مواد رادیواکتیو

▶ گروه ۸: مواد خورنده

▶ گروه ۹: مواد خطرناک متفرقه

گروه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ خود دارای تقسیمات بعدی یا زیرگروه‌هایی هستند که نشانگر جنبه مشخصی از خطرات ماده می‌باشد. در سیستم UN خطرات مربوط به هر گروه با پلاکاردهای لوزی شکل ویژه‌ای مشخص می‌شود. گاهی اوقات چنانچه ماده‌ای علاوه بر خطر اصلی دارای «خطر دیگری^۱» نیز باشد می‌توان از لوزی کوچک‌تری در کنار لوزی اصلی استفاده نمود. به عنوان مثال اسید هیدروفلوریک ماده‌ای خورنده و در عین حال سمی است.

در برخی از گروه‌های نه گانه خطرات، دسته‌بندی دیگری وجود دارد که میزان خطرناک بودن مواد را مشخص می‌کند. این دسته‌بندی «گروه بسته‌بندی^۲» نام دارد. سه گروه بسته‌بندی وجود دارد:

▶ گروه بسته‌بندی ۱ (PG I): خطر زیاد

▶ گروه بسته‌بندی ۲ (PG II): خطر متوسط

▶ گروه بسته‌بندی ۳ (PG III): خطر اندک

شماره گروه بسته‌بندی با اعداد یونایی نوشته می‌شود تا با شماره گروه ماده خطرناک اشتباه گرفته نشود. این احتمال وجود دارد که یک ماده به دلیل میزان غلظت خود در بیش از یک گروه بسته‌بندی قرار گیرد. اسید سولفوریک غلیظ در گروه ۸ و گروه بسته‌بندی ۲ (PG II، ۸ Class) طبقه‌بندی می‌گردد. محلول رقیق این اسید که به عنوان لوله بازکن فاضلاب منازل فروخته می‌شود در گروه ۸ و به دلیل خاصیت خوردندگی پایین‌تر در گروه بسته‌بندی ۳ (PG III، ۸ Class) طبقه‌بندی می‌شود.

تمامی بسته‌ها (البته به جز بسته‌های بسیار کوچک)، کانتینرها و تانکرهای حمل مواد که حاوی کالاهای خطرناک هستند باید دارای پلاکارد مناسب با ذکر کلاس مربوطه باشند. این پلاکارد نشان‌دهنده ماهیت خطر با استفاده از یک سیستم رنگی و علامت‌های خاص و نیز شماره گروه کالای خطرناک می‌باشد. تولیدکنندگان، وارد کنندگان و شرکت‌های حمل کالاهای خطرناک باید اطمینان یابند که کالاهای مورد نظر به طور صحیح گروه‌بندی و پلاکاردزنی می‌شوند. نکته‌ای باید به آن اشاره کرد این است که کالاهای خطرناک در کشورهای مختلف همواره در یک گروه دسته‌بندی نمی‌شوند. برای نمونه ممکن است ماده‌ای که در یک کشور در گروه ۳ و در یک کشور دیگر در گروه ۸ طبقه‌بندی گردد. در ادامه گروه‌های نه‌گانه کالاهای

۱- در سیستم UN و DOT علائم لوزی شکل با عنوان پلاکارد معرفی شده‌اند. استاندارد اروپایی ADR میان پلاکاردزنی و علامت زنی (Marking) بر روی مخازن یا بسته‌ها تفکیک قائل شده است. این تفاوت در معرفی استاندارد اروپایی توضیح داده خواهد شد.

۲- Subsidiary risk

۳- Packaging Group (PG)

خطرناک و پلاکاردهای هر کدام معرفی می شوند.

■ ۱-۳-۶ مواد منفجره

مواد انفجاریزیر، موادی جامد یا مایع اند که به خودی خود توان انجام واکنش های شیمیایی، همراه با آزادسازی گاز و ایجاد فشار، حرارت و سرعت را دارند و می توانند باعث نابودی اجسام اطرافشان شود. همچنین دیگر موادی که برای کمک به انفجار ساخته می شوند، حتی وسایل یا ابزار آن ها مانند چاشنی، در دسته مواد منفجره قرار دارند. موادی مانند نیترات آمونیوم، پرکلرات آمونیوم، باروت، چاشنی مواد منفجره، مواد مورد استفاده در آتشبازی، هگزولیت، نیتروسولوز، پیکریت، اکتانول، تری نیتروتولون (دینامیت) نمونه ای از این مواد هستند. مواد و کالاهای گروه نخست در شش زیرگروه دسته بندی می گردد، که به وسیله کد عددی نمایش داده می شوند (جدول ۱-۶). برای ارایه راهنمایی در خصوص سطح جداسازی مواد در هنگام حمل و نقل از حروف نشان دهنده «گروه های تطبیقی» مواد در کنار شماره زیر گروه استفاده می شود. گروه مواد منفجره دارای سیزده گروه تطبیقی است که با حروف A تا S (به جز I، M، O، P، Q و R) مشخص می شوند. این حروف در جدول ۲-۶ توضیح داده شده اند.

جدول ۱-۶. تعریف و برجسب های زیر گروه های شش گانه مواد منفجره

برجسب ها	توصیف	زیر گروه
	مواد و فرآورده های دارای خطر انفجار توده ای (همه ماده به صورت یک جا و آبی منفجر شود). این مواد به صورت ناگهانی و با سرعت بالا منفجر می شوند.	۱-۱
	مواد و فرآورده هایی که هنگام انفجار دارای خطر پرتاب، ولی کمتر از انفجار توده ای اند (با سرعت و قدرت کمتر).	۱-۲
	مواد و کالاهایی که آتش گیر بوده و دارای خطر جزئی انفجار یا پرتاب و یا هر دو هستند، ولی خطر انفجار توده ای ندارند.	۱-۳

	<p>مواد و کالاهایی که در صورت احتراق دارای خطر جزئی انفجار باشند. از آنجایی که بسته بندی موجب کاهش شدت انفجار می شود، در این زیرگروه پرتاب شدید قطعات زیاد و یا در فاصله ای دور انتظار نمی رود، به شرط آنکه منشاء آتش باعث انفجار آنی محتویات بسته بندی نشود.</p>	۱-۴
	<p>این مواد دارای خطر انفجار توده ای اندک اند و کالاهایی را در بر دارد که دارای مواد منفجره با حساسیت ناچیز باشند و باعث حریق ناگهانی نشوند.</p>	۱-۵
	<p>کالاهایی با حساسیت بسیار ناچیز، که خطر انفجار توده ای ندارند و احتمال انفجار و یا از هم پاشیدن ناگهانی آن ها بسیار ناچیز است.</p>	۱-۶

جدول ۲-۶. گروه های تطبیقی مواد منفجره






تشریح مواد و فرآورده ها	گروه تطبیقی
مواد منفجره آغازگر	A
فرآورده های حاوی مواد منفجره آغازگر که دارای کمتر از دو ضامن مؤثر باشند.	B
مواد منفجره پرتابی و یا سایر مواد منفجره قابل احتراق یا فرآورده های آنها	C
مواد منفجره چاشنی ثانویه، باروت سیاه و یا محصولات حاوی مواد منفجره چاشنی ثانویه که دارای تجهیزات آغازگری و خرج پرتاب نباشند. محصولات حاوی مواد منفجره آغازگر که دارای دو یا بیشتر ضامن مؤثر باشند.	D
محصولات دارای مواد منفجره چاشنی ثانویه که بدون لوازم آغازگری مجهز به خرج پرتاب باشند.	E
محصولات دارای مواد منفجره چاشنی ثانویه با وسایل آغازگری و خرج پرتاب یا بدون خرج پرتاب	F
مواد پیروتکنیک یا محصولات حاوی مواد پیروتکنیک یا محصولاتی که علاوه بر مواد منفجره دارای مواد روشن کننده، محترقه، اشک آور یا مولد دود می باشند.	G
محصولاتی که علاوه بر مواد منفجره دارای فسفر سفید نیز می باشند.	H
محصولاتی که علاوه بر مواد منفجره دارای مایعات با ژل های زوداشتعال نیز می باشند.	J

K	محصولاتی که علاوه بر مواد منفجره دارای مواد سمی نیز می باشند.
L	مواد منفجره یا محصولات حاوی مواد منفجره‌ای که دارای نوع خاصی از خطر بوده و مستلزم ایزولاسیون هر یک از آنها می باشد.
N	فرآورده‌هایی که صرفاً دارای مواد چاشنی فوق‌العاده کم حساسیت بوده و به صورت توده‌ای منفجر نمی شوند.
S	مواد و محصولات که به شکلی بسته بندی و یا شکل دهی شده‌اند که در صورت بروز واکنش، احتمال هرگونه پیش آمد مخاطره‌آمیز توسط خود بسته‌بندی محدود می گردد، مگر در صورت انهدام بسته‌بندی توسط آتش.

■ ۲-۳-۶ گازها (گازهای متراکم، مایع شده و یا حل شده تحت فشار)

گازهای آتش گیر عبارت‌اند از موادی که فشار بخار^۱ آنها در ۵۰ درجه سانتی گراد، بیش از ۳۰۰ کیلو پاسکال بوده و یا دمای بحرانی آنها کمتر از ۵۰ درجه سانتی گراد باشد. مواد و کالاها در این گروه براساس ویژگی‌های شیمیایی به سه زیرگروه تقسیم می شوند (جدول ۳-۶). استیلن، بوتان، متان، اتیلن، هیدروژن (زیرگروه ۲-۱) دی اکسید کربن، هلیوم، نیتروژن، نیتروژن اکساید، اکسیژن، زنون (زیرگروه ۲-۲)، سولفید هیدروژن، مونوکسید کربن، سیانوژن، کلرین، فسژن، آمونیاک، تترافلوئورین سیلیکون (زیرگروه ۲-۳) نمونه‌هایی از مواد گروه دوم هستند.

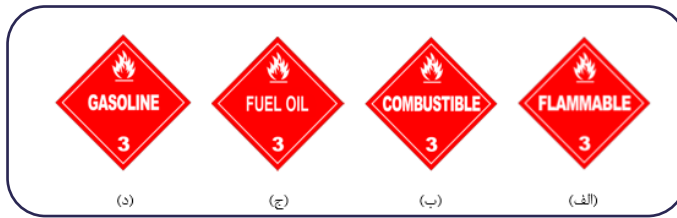
جدول ۳-۶. توصیف و برجسب‌های گروه مواد آتش گیر

برجسب‌ها		توصیف	زیرگروه
جایگزین	اصلی		
		گازهای آتش گیر	۱-۲
		گازهای غیر آتش گیر، غیر سمی (تحت فشار، بی اثر و ...)	۲-۲
		گازهای سمی	۳-۲

۱- Vapor pressure (فشار مربوط به بخار در حالت تعادل با مایع خود در دمای معین)

۳-۳-۶ مایعات آتش گیر

منظور از مایعات قابل اشتعال مایعات، مخلوطی از مایعات و یا مایعات حاوی جامدات محلول و یا معلق هستند که می توانند در تماس با یک منبع جرقه مشتعل شوند. مایعات آتش گیر فاقد زیرگروه هستند. البته مایعات آتش گیر از نظر دمای شعله زنی خود به دو دسته مایعات آتش گیر و مایعات سوختنی تقسیم می شوند. مایعات آتش گیر به موادی گفته می شود که دمای شعله زنی آنها مساوی یا کمتر از 60°C باشد (در استاندارد NFPA این عدد 38°C است). مایعات سوختنی نیز موادی هستند که دمای اشتعال آنها بین 60°C تا 93°C بوده و در هیچ یک از گروه های دیگر این استاندارد قرار نمی گیرند. موادی مانند استون، آکریلونیتریت، الکل ها، آلدئیدها، بنزن، دی سولفید کربن، گازوئیل، استرها، متیل اتیل کتون، بنزین، هگزان، هیدورکربن های مایع، خشبوکننده ها، نفت سفید، تینر، رنگ ها و لاک ها از جمله موادی هستند که در این گروه جای می گیرند. برای این گروه از مواد یک پلاکارد به کار برده می شود و ممکن است نام مایع آتش گیر نیز در میان این علامت نوشته شود. در شکل ۱-۶ پلاکارد مایع آتش گیر و برخی از پلاکاردهای مرسوم نشان داده شده است.



شکل ۱-۶. پلاکارد مایعات آتش گیر (الف) و پلاکاردهای مرسوم برای برخی از مواد (ب، ج و د)

برای این گروه از مواد گروه های بسته بندی تعریف شده و حمل و نقل آنها باید با در نظر گرفتن گروه بسته بندی آنها صورت گیرد. گروه های بسته بندی مایعات آتش گیر عبارتند از:



- ▲ گروه PG I, Class ۳: مایعات آتش گیر با هر دمای شعله زنی و نقطه جوش اولیه مساوی یا کمتر از 35°C مانند دی اتیل اتر و دی سولفید کربن
- ▲ گروه PG II, Class ۳: مایعات آتش گیر با نقطه جوش اولیه بیشتر از 35°C و دمای شعله زنی کمتر از 23°C مانند بنزین و استون.
- ▲ گروه PG III, Class ۳: مایعات آتش گیری که در معیارهای دو گروه قبلی قرار نگیرند مانند نفت سفید و گازوئیل

۴-۳-۶ جامدات آتش گیر ■

جامدات آتش گیر موادی با تمایل به احتراق خودبه خودی بوده و نیز شامل موادی هستند که در تماس با آب، گازهای آتش گیر تولید می کنند. موادی که در این گروه قرار می گیرند، به سه زیر گروه تقسیم می شوند

(جدول ۴-۶). کبریت، نفتالین، پودر تیتانیوم، سولفور، پودر سیلیکون، پنتابوران و فیلترهای غشایی نیتروسولوزی (زیر گروه ۴-۱)، کربن فعال، باریوم، فسفر، سولفید پتاسیم، سولفید سدیم و بوتیل لیتیم (زیر گروه ۴-۲)، پودر آلومینیوم، هیدرید کلسیم، کلسیم، کاربید کلسیم، منیزیم، لیتیم، سدیم و بورو هیدرید سدیم (زیر گروه ۴-۳) نمونه‌هایی از مواد گروه چهارم هستند.



جدول ۴-۶. توصیف و برجسب زیر گروه‌های جامدات آتش‌گیر

علامت	توصیف	زیرگروه
	مواد جامد آتش‌گیر	۱-۴
	مواد خودافروز	۲-۴
	عناصری که در تماس با آب، گاز آتش‌زا تولید کرده یا واکنش‌های شدید ایجاد می‌کنند	۳-۴

■ ۵-۳-۶ مواد اکسیدکننده و پراکسیدهای آلی

ماده اکسیدکننده به ماده‌ای گفته می‌شود که با آزاد کردن اکسیژن سبب ایجاد یا ادامه یافتن یک احتراق می‌شود. پراکسیدهای آلی نیز به مواد آلی گفته می‌شود که در ساختار شیمیایی آنها اکسیژن دو ظرفیتی وجود دارد. دو زیر گروه این گروه و پلاکاردهای هر کدام در جدول ۶-۵ معرفی شده‌اند. هیپوکلریت سدیم، بسیاری از کودهای شیمیایی، کلرات‌ها، کلریت‌ها، پرکلرات‌ها، پرکلریت‌ها، پرسولفات‌ها، پرمنگنات‌ها، پرکسیدها و پرکسید سدیم نمونه‌هایی از این مواد هستند.

جدول ۵-۶. توصیف و برچسب گروه‌های مواد اکسید کننده

علائم	توصیف	زیرگروه
	اکسیدکننده‌ها	۱-۵
	پراکسیدهای آلی	۲-۵

۶-۳-۶ مواد سمی و عفونی

همانطور که از نام این گروه پیداست، دوزیر گروه مواد سمی و مواد عفونی در آن قرار می‌گیرند. مواد سمی به موادی گفته می‌شود (غیر از گازها) که دارای خطرات شدید برای سلامتی انسان باشند. سمیت مواد بر اساس دوز کشنده پنجاه درصد آنها بر روی حیوانات تعیین شده و گروه‌های بسته‌بندی بر اساس آن تعیین می‌شوند (جدول ۶-۶).

جدول ۶-۶. گروه‌های بسته‌بندی مواد سمی

سمیت استنشاقی (mg/l) LC ₅₀	سمیت پوستی (mg/kg) LD ₅₀	سمیت گوارشی (mg/kg) LD ₅₀	گروه بسته‌بندی
≤ ۰/۲	≤ ۵۰	≤ ۵	I
≤ ۲ و > ۰/۲	≤ ۲۰۰ و > ۵۰	≤ ۵۰ و > ۵	II
≤ ۴ و > ۲	≤ ۱۰۰۰ و > ۲۰۰	≤ ۳۰۰ و > ۵۰	III

همچنین مایعاتی که دارای بخارات سمی هستند بر مبنای غلظت بخار (میزان فراریت) و نسبت آن با غلظت سمیت استنشاقی در گروه‌های بسته‌بندی سه گانه قرار می‌گیرند. هر اندازه میزان نسبت غلظت بخار به غلظت استنشاقی بزرگتر باشد، ماده سمیت بیشتری خواهد داشت. مواد سمی با منشاء گیاهی، حیوانی یا باکتریایی سموم زیستی^۲ نامیده می‌شوند و در صورتی که دوز کشنده پنجاه درصد آنها یکی از معیارهای ذکر شده در بالا را داشته باشد، به عنوان ماده سمی در این گروه قرار می‌گیرند. برخی از آفت‌کش‌ها، ترکیبات

۱- Lethal Dose (LD) %۵۰

۲- Bio-toxin

باریوم، فنول، آکریلامید، کلروفورم، آنیلین، سیانیدها، ترکیبات جیوه، آرسنیک، نیکوتین، ترکیبات وانادیوم، آزید سدیم و گاز اشک آور نمونه‌هایی از مواد طبقه بندی شده در این گروه هستند.

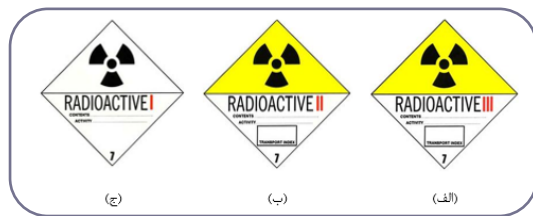
منظور از مواد عفونی، پاتوژن‌هایی (میکروارگانیسم‌ها؛ دربردارنده انواع باکتری، ویروس، ریکتزیا، انگل، قارچ) است که می‌تواند موجب بیماری انسان یا حیوان شوند. افلاتوکسین‌ها، ساکسی‌توکسین‌ها، مایکوتوکسین‌ها، شینگانتوکسین، دی استوکسی سیرفنول، فالوئیدین و تترودوتوکسین نمونه‌هایی از این گروه مواد هستند. این گروه براساس پتانسیل آسیب‌رسانی به دو دسته تقسیم می‌شود: دسته اول موادی هستند که تماس با آنها که می‌توانند موجب آسیب‌های دائمی یا مرگ انسان (UN2814) یا حیوانات (UN2900) شوند و دسته دوم موادی هستند که ویژگی‌های مواد دسته اول را ندارند (UN3373). در شکل ۲-۶ پلاکاردهای این گروه از مواد نشان داده شده است.



شکل ۲-۶. پلاکارد مواد سمی (الف) و مواد عفونی (ب)

۶-۳-۷ ■ مواد رادیواکتیو

ماده رادیواکتیو به ماده‌ای گفته می‌شود که اکتیویته ویژه آن بیشتر از $0.02 / \mu\text{Ci/g}$ میکروکوری بر گرم باشد. اکتیویته ویژه یک رادیونوکلید به معنای اکتیویته آن ماده به ازای واحد جرم آن است. برای این گروه، زیر گروه خاصی در نظر گرفته نشده ولی مواد بر اساس اکتیویته خود به سه دسته مواد رادیواکتیو طبیعی مانند اورانیوم ۲۳۸، مواد رادیواکتیو مصنوعی پایدار مانند اورانیوم ۲۳۵ و مواد رادیواکتیو مصنوعی ناپایدار مانند اورانیوم ۲۳۳ و پلوتونیوم ۲۳۹ تقسیم می‌شوند. شکل ۳-۶ پلاکاردهای مورد استفاده برای این گروه از مواد بر حسب سطح رادیواکتیویته نشان داده شده است.



شکل ۳-۶. پلاکارد مواد رادیواکتیو برای سطح اکتیویته بالا (الف)، متوسط (ب) و کم (ج)

۸-۳-۶ مواد خورنده

مواد خورنده مایعات یا جامداتی هستند که در یک مدت زمان مشخص، باعث از بین رفتن کامل پوست انسان در محل تماس خود می شوند. همچنین مایعاتی که باعث خوردگی در فولاد یا آلومینیوم می شوند نیز در این گروه قرار می گیرند. مواد خورنده ممکن است اسیدی یا بازی و نیز آلی یا معدنی باشند. اسید استیک، اسید سولفوریک، اسید نیتریک، اسید هیدروکلریک، اسید هیدروفلوئوریک، فرمالدئید، اسید کرومیک، هیدروکسید آمونیوم، هیدروکسید پتاسیم و محلول های هیپوکلریت از جمله مواد خورنده و سوزآور محسوب می شوند. مواد خورنده بر حسب میزان خوردگی خود در گروه های سه گانه بسته بندی قرار می گیرند. گروه های بسته بندی و معیار خوردگی مواد در جدول ۶-۷-۶ ارائه شده است.

جدول ۶-۷-۶. گروه های بسته بندی مواد خورنده

گروه بسته بندی	توصیف میزان خوردگی
I	موادی که ۶۰ دقیقه پس از پایان تماس (طول مدت تماس: سه دقیقه یا کمتر) باعث تخریب کامل بافت پوست می شوند.
II	موادی که تا ۱۴ روز پس از پایان تماس (طول مدت تماس: بیشتر از سه و کمتر از شصت دقیقه) باعث تخریب کامل بافت پوست می شوند.
III	موادی که تا ۱۴ روز پس از پایان تماس (طول مدت تماس: ۱ تا ۴ ساعت) باعث تخریب کامل بافت پوست می شوند. موادی که با سرعتی بیش از ۲۵mm/۶ در سال (در دمای ۵۵°C) باعث خوردگی قطعات فولاد و آلومینیوم می شوند.

در شکل ۴-۶ پلاکارد مورد استفاده بر روی مواد خورنده نشان داده شده است.



شکل ۴-۶. پلاکارد مواد خورنده و سوزآور

۹-۳-۶ کالاها و مواد خطرناک متفرقه

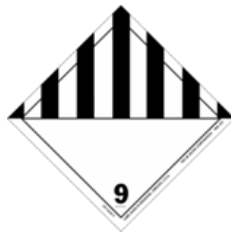
این گروه از کالاها در بردارنده موادی هستند که در هنگام حمل و نقل خطرانی را ایجاد می کنند ولی در تعریف هیچکدام از گروه های ۱ تا ۸ قرار نگرفته اند. این گروه فاقد زیرگروه است. لیکن ۹ دسته از کالاها برای قرار

گرفتن در این گروه تعیین شده‌اند. این دستجات کالا به همراه مثال‌هایی از آنها در جدول ۸-۶ معرفی شده‌اند.

جدول ۸-۶. دستجات کالاهای گروه مواد متفرقه خطرناک

مثال	گروه‌های کالایی
آزبست آبی (کروسیدولیت)، آزبست قهوه‌ای (آموزیت و میزوریت)، آزبست سفید (کروسیدولیت، اکتینولیت، آنتوفیلیت، ترمولیت)	موادی که در صورت استنشاق به صورت ذرات بسیار ریز، سلامتی را به مخاطره می‌اندازند.
دانه‌های پلیمری، ترکیبات پلاستیکی قابل انبساط	مواد تولیدکننده بخارات آتش‌گیر
باتری‌های آلیاژ لیتیم و باتری‌های یون لیتیم پلیمر	باتری‌های لیتیم
بادکنده‌های کیسه‌ای هوای خودروها، راه‌انداز کیسه هوا	وسایل حفاظت از جان
بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه، بی‌فنیل‌های پلی‌هالوژنه، ترفنیل‌های پلی‌هالوژنه به صورت مایع یا جامد	موادی که در هنگام آتش‌سوزی ترکیبات دی‌اکسین تولید می‌کنند.
سیالاتی چون نمک‌ها یا فلزات مذاب که باید در دمای بالای 100°C حمل شوند یا جامداتی که باید در دمای بالای 240°C حمل شوند.	موادی که در دمای بالا باید حمل شوند.
مواد زیان‌آور برای محیط آبی یا خاک	مواد زیان‌آور برای محیط زیست
مواردی که در زیرگروه‌های گروه ۶ قرار نمی‌گیرند.	ارگانیزم‌ها یا میکروارگانیزم‌هایی که از نظر ژنتیکی دست‌کاری شده‌اند.
مواد مغناطیسی، پخ خشک	مواد و کالاهایی که حمل و نقل آنها با خطراتی همراه است ولی در تعاریف گروه دیگری نمی‌گنجد.

در شکل ۵-۶ پلاکارد مورد استفاده برای حمل و نقل این‌گونه مواد نشان داده شده است.



شکل ۵-۶. پلاکارد مورد استفاده برای حمل و نقل مواد خطرناک متفرقه

۴-۶ طبقه‌بندی کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل در اروپا و آمریکا

طبقه‌بندی کالاهای خطرناک در هنگام حمل و نقل در اروپا و آمریکا نیز از سیستم UN الگو گرفته است. در اروپا طبقه‌بندی و بسته‌بندی کالاهای خطرناک بر اساس «معاهده اروپایی حمل و نقل بین‌المللی کالاهای خطرناک از طریق جاده» (ADR) انجام می‌شود. البته این معاهده بخش دیگری نیز دارد که در آن به ویژگی‌های وسایل نقلیه حامل کالاهای خطرناک اشاره شده است. در آمریکا نیز این دسته‌بندی توسط

وزارت حمل و نقل آن کشور پذیرفته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین در این کشورها نیز (تا پیش از اجرایی شدن قوانین منطبق با GHS) کالاهای خطرناک به ۹ گروه و زیر گروه‌های مربوطه تقسیم شده و پلاکاردهای ارایه شده در سیستم UN به کار برده می‌شود.

● ۵-۶ طبقه بندی GHS برای حمل و نقل شیمیایی

پلاکاردها یا علامت‌های خطر در سیستم GHS برای حمل و نقل مواد شیمیایی بر اساس دسته‌بندی ملل متحد (UN) و شامل همان علائم است، با این تفاوت که در GHS زیر گروه مواد عفونی (۲.۶)، گروه مواد رادیواکتیو (۷) و گروه مواد متفرقه (۹) حذف شده‌اند.

● ۶-۶ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارایه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ نوع مواد حمل و نقل شده و گروه بندی UN آن مواد را بررسی و گزارش کنید.
- ▶ رعایت استانداردهای مربوط به برچسب زنی مواد شیمیایی خطرناک را بر اساس محتوای این فصل از راهنما بررسی و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ استانداردهای مربوط به نصب پلاکارد مواد قابل حمل و نقل را مطابق با مفاد این راهنما و سایر الزامات قانونی کشور در صنعت یکپارچه‌سازی کنید.

فصل هفتم

طبقه‌بندی
کالاهای خطرناک و
برچسب‌گذاری آنها
در هنگام استفاده
(استانداردهای قدیمی)

طبقه بندی کالاهای خطرناک و برچسب گذاری آنها در هنگام استفاده

۱-۷ مقدمه

در اواخر قرن بیستم تنوع و ناهمگونی موجود در سیستم‌های طبقه بندی و برچسب گذاری در دنیا که سبب بروز مشکلاتی شده بود. به همین خاطر سازمان ملل متحد برنامه‌ای را برای یکسان سازی سیستم‌های طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی راه اندازی کرده و از اوایل دهه اول قرن بیست و یکم ((سیستم هماهنگ جهانی برای طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی)) را ارایه کرد و توصیه نمود که کشورهای دنیا این سیستم جدید را به تدریج جایگزین سیستم‌های قدیمی نمایند. با این حال این کار فرایندی زمان بر است و به مرور زمان روی خواهد داد. از این رو در این فصل استانداردهای قدیمی و منسوخ توضیح داده می شود تا بازرسان ایمنی صنایع، متخصصان، تولید کنندگان، مصرف کنندگان و حمل کنندگان کالاهای خطرناک در کشور تا زمان جایگزینی کامل استاندارد جدید که در فصل بعدی توضیح داده می شود، با آنها نیز آشنا بوده و در صورت برخورد با آنها درک درستی از آنها داشته و تفاوت آن با استاندارد جدید را به خوبی درک کنند.

۲-۷ سیستم طبقه بندی مقررات مواد شیمیایی در اروپا (CHIP)

((اداره اجرایی ایمنی و بهداشت^۱)) در انگلستان، ((مقررات اطلاعات خطر و بسته بندی مواد شیمیایی^۲)) را منطبق با قوانین اتحادیه اروپایی ارایه کرده بود. این قانون تهیه کنندگان مواد شیمیایی را ملزم به شناسایی


۱- Health and Safety Executive (HSE)

۲- Chemicals (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulations (CHIP)

خطرات مواد تولیدی و ارایه اطلاعات مرتبط با آن به مصرف کنندگان و نیز بسته بندی ایمن مواد شیمیایی می نمود. آخرین ویرایش این قانون (CHIP ۴) در سال ۲۰۰۹ ارایه شد. داروها و مواد آرایشی و بهداشتی مشمول مقررات CHIP نیستند. بر اساس این قانون، در برجسب ظروف و بسته بندی مواد شیمیایی باید عبارات ریسک یا عبارات ایمنی کوتاه به همراه یک یا تعدادی علامت خطر درج شده باشد. علائم خطر در قانون CHIP به شکل یک نماد خطر در درون مربع با زمینه نارنجی و خط حاشیه سیاه بودند. این عبارات و علائم، اطلاعاتی را در مورد ماهیت خطر ماده و اقدامات حفاظتی در هنگام بلعیدن یا ریختن ماده ارایه می دادند. در جدول ۱-۷ علائم خطر CHIP ارایه شده است.

جدول ۱-۷. علائم، مفاهیم و عبارات توصیف کننده خطر در قانون CHIP

توصیف خطر	نوع خطر	علامت خطر
احتمال انفجار در اثر ضربه، اصطکاک، آتش یا سایر منابع شعله وجود دارد.	قابل انفجار	
تماس با مواد قابل احتراق می تواند منجر به آتش سوزی شود.	اکسید کننده	
با حرف F در بالای علامت: بسیار آتش گیر با حرف F+ در بالای علامت: بی نهایت آتش گیر	آتش گیر	
با حرف T در بالای علامت: سمی با حرف T+ در بالای علامت: بسیار سمی	سمی	
با حرف Xn در بالای علامت: مضر با حرف Xi در بالای علامت: محرک	محرک	
باعث سوختگی می شود.	خورنده	

برای جانداران آبی بسیار سمی است، می تواند اثرات مخرب بلند مدت در محیط آبی ایجاد کند.	زیان آور برای محیط زیست	
--	-------------------------	--

در سیستم برچسب گذاری CHIP، عبارات ریسک^۱ برای ارایه توضیح در مورد خطر مربوط به ماده شیمیایی و عبارات ایمنی^۲ استاندارد برای ارایه توضیح در مورد احتیاط های لازم در هنگام استفاده از ماده شیمیایی روی برچسب نوشته می شوند. این عبارات جملات استاندارد هستند که تغییر آنها تنها توسط سازمان قانون گذار امکان پذیر است. هر عبارت ریسک با یک کد شناسایی می شود. این کد شامل حرف R و یک عدد یک یا دو رقمی است. کدهای عبارات ریسک از R۱ شروع می شوند. همین مساله در مورد عبارات ایمنی نیز صادق است. کدهای عبارات ایمنی با حرف S شروع می شوند. گاهی عبارات ترکیبی برای نشان دادن خطرات یا اقدامات ایمنی مربوط به ماده استفاده می شود. در جدول ۲-۷ نمونه هایی از عبارات ریسک و ایمنی در این سیستم برچسب گذاری ارایه شده اند. یادآوری می شود که این عبارات هم اکنون دیگر مورد استفاده نیستند و ممکن است در اسناد قدیمی موجود باشند و متخصصان و بازرسان در صورت مشاهده این کدها باید آن را با کدهای جدید GHS انطباق دهند. فهرست عبارات جدید در استاندارد بین المللی GHS در همین راهنما و در ادامه ارایه شده اند.

جدول ۲-۷. نمونه هایی از عبارات ریسک و ایمنی در سیستم قدیمی CHIP

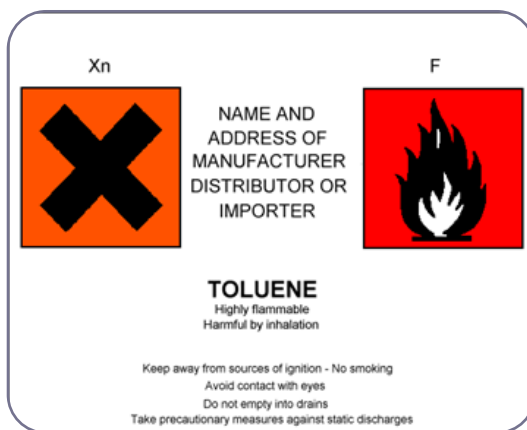
معادل فارسی	عبارت انگلیسی	کد عبارت
در صورت خشک بودن، قابل انفجار است.	Explosive when dry.	R۱
بسیار آتش گیر	Highly flammable.	R۱۱
تحریک کننده چشم	Irritating to eyes.	R۳۶
ممکن است باعث ناباروری شود.	May impair fertility.	R۶۰
تماس ماده با آب منجر به رها شدن گازهای سمی و بسیار آتش گیر می شود.	Contact with water liberates toxic, highly flammable gas.	۲۹/R۱۵
استنشاق، تماس پوستی و بلعیدن ماده اثرات بسیار سمی دارد.	Very toxic by inhalation, ^۱ in contact with skin and if swallowed.	۲۸/۲۷/R۲۶
ظرف را در محل دارای تهویه مناسب قرار دهید.	Keep container in a well-ventilated place.	S۱
دور از گرما نگهداری کنید.	Keep away from heat.	S۱۵

۱- Risk Phrase (R-Phrase)

۲- Safety Phrase (S-Phrase)

ماده را در فاضلاب تخلیه نکنید.	Do not empty into drains.	S29
وسایل حفاظتی چشم و صورت بپوشید.	Wear eye/face protection.	S39
در هنگام استفاده از ماده چیزی نخورید و ننوشید.	When using do not eat or drink.	S20
دستکش و وسایل حفاظتی مناسب چشم و صورت بپوشید.	Wear suitable gloves and eye/face protection.	۳۹/S۳۷
ظرف را کاملاً در بسته و در یک محل دارای تهویه خوب نگهداری کنید.	Keep container tightly closed and in a well-ventilated place.	۹/S۷

در شکل ۱-۷ نمونه‌ای از برچسب قدیمی CHIP برای ماده تولوئن نشان داده شده است.



شکل ۱-۷. نمونه‌ای از برچسب CHIP برای ماده شیمیایی تولوئن

آژانس اروپایی مواد شیمیایی (ECHA) «قانون دسته‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی مواد و ترکیبات شیمیایی»^۱ را در سال ۲۰۰۹ تصویب کرده است. قانون جدید CLP با «سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی» سازگار بوده و نمادهای خطر، عبارات ریسک و ایمنی جدید و نیز واژه‌های خبری «خطر» و «هشدار» آن را به کار برده است. پنج نماد خطر (تصویر درون علامت) در CLP کاملاً شبیه به نمادهای CHIP هستند. یک نماد (نماد ماده قابل انفجار) باز طراحی شده است و سه نماد جدید (خطر شدید برای سلامتی، خطر خفیف برای سلامتی و خطر گاز متراکم) افزوده شده‌اند. این نمادها در فصلی که به معرفی سیستم هماهنگ جهانی طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی پرداخته است، معرفی خواهند شد. در انگلستان قانون CLP از سال ۲۰۱۵ جایگزین قانون CHIP شده است. با این حال سیستم برچسب‌گذاری CHIP به دلیل کاربرد گسترده بر روی بسیاری از محصولات و آشنا بودن آن برای مصرف‌کنندگان در اینجا معرفی شد و گاهاً مشاهده می‌شود که هنوز برخی از تولیدکنندگان در کشور از این سیستم برچسب‌گذاری استفاده می‌نمایند. بازرسان باید در خصوص جایگزینی سیستم‌های قدیمی با استاندارد جهانی جدید هشدارهای لازم را به تولیدکنندگان ارایه دهند.

۱- Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures Regulation (CLP Regulations)

۷-۳ ویرایش قدیمی سیستم اطلاعات مواد مخاطره آمیز در محیط کار کانادا (WHMIS)

در کشور کانادا از «سیستم اطلاعات مواد مخاطره آمیز در محیط کار» که به اختصار WHMIS نامیده می شود، به منظور آگاهی رساندن به افراد و استفاده ایمن از مواد خطرناک در محیط کار استفاده می شود. هدف این سیستم ایجاد سیستم اطلاعاتی مواد مخاطره آمیز در محیط کار، ایجاد بانک اطلاعاتی از مواد مخاطره آمیز مورد استفاده در محیط کار، شناسایی پروسه های خطرناک و اطمینان از درستی اطلاعات مربوط به مواد مخاطره آمیز موجود در محیط کار است. عناصر این سیستم تقریباً مشابه OSHA-HCS بوده و شامل شناسایی و طبقه بندی محصول، برجسب زدن محصولات، تهیه برگه اطلاعات ایمنی و آموزش کارگران است. در ویرایش قدیمی این سیستم خطرات به شش گروه طبقه بندی شده بودند. این گروه ها عبارتند از:

▲ گروه A: گازهای تحت فشار

▲ گروه B: مواد آتش گیر و انفجارپذیر

▲ گروه C: مواد اکسیدکننده

▲ گروه D: موادی سمی که در بردارنده سه زیر گروه به شرح زیر است:

- D1: موادی با اثرات سمی فوری و شدید

- D2: موادی با دیگر اثرات سمی

- D3: موادی با اثرات بیولوژیک

▲ گروه E: مواد خورنده

▲ گروه F: موادی که توانایی واکنش با دیگر مواد را دارند.

در این طبقه بندی هر گروه برای خود دارای یک علامت خطر ویژه بود. بنابراین با در نظر گرفتن این امر که گروه D خود شامل سه زیر گروه است، در مجموع هشت علامت خطر در طبقه بندی WHMIS وجود داشت. در جدول ۷-۳ گروه های مواد خطرناک، علامت خطر آنها و نیز کالاهایی که در هر گروه قرار می گیرند ارایه شده است. مواد انفجارپذیر، مواد رادیواکتیو، کالاهای خانگی، وسایل آرایشی، غذا و مواد افزودنی، داروها و مواد شیمیایی تشخیصی، حشره کش ها و ضایعات مخاطره آمیز در طبقه بندی WHMIS قرار نگرفته اند. در این کشور این گونه مواد تحت قوانین و مقررات دیگری طبقه بندی و قانون گذاری می شوند.

جدول ۳-۷. طبقه بندی مواد شیمیایی و علائم آنها در سیستم WHMIS

نام گروه	علامت خطر	توصیف خطر	مثال
A		گازهای تحت فشار گازهای تحت فشار، گازهای حل شده و گازهایی که تحت فشار یا سرما مایع شده اند	کپسول اطفاء حریق، سیلندرهای جوشکاری، پروپان، کلر
B		مواد قابل اشتعال و قابل احتراق جامدات، مایعات و گازهایی که تحت شرایط معمولی کار، در صورت تماس با منبع گرما یا شعله آتش می گیرند. گازهای آتش گیر، مایعات آتش گیر و انفجار پذیر، جامدات آتش گیر، آنروسل های آتش گیر، مواد آتش گیر واکنش زا، مواد انفجار پذیر جزو این گروه به حساب می آیند.	پروپان، بنزین، متانول، تولوئن، بوتان
C		مواد اکسید کننده موادی که در صورت تماس با مواد قابل اشتعال یا قابل احتراق احتمال آتش سوزی را افزایش می دهند.	گاز اکسیژن، پراکسید هیدروژن، مایع سفید کننده، پرمنگنات ها، پرکلرات ها، نیتريت ها، نیترات ها
D ₁		مواد سمی و عفونی - موادی که اثرات سمی فوری و شدید دارند. موادی که تماس با مقادیر بسیار کمی از آنها سبب مرگ یا آسیب بسیار شدید در انسان می شود	سیانید سدیم، سولفید هیدروژن، استریکنین
D ₂		مواد سمی و عفونی - موادی که اثرات سمی دیگری دارند. مواد که تماس با آنها اثرات دراز مدت و تهدید کننده حیات و همچنین واکنش های خفیف ولی فوری در افرادی تماس مکرر با مقادیر کمی از آنها دارند، ایجاد می کند.	آزبست، ساخارین، جیوه

ویروس HIV، ویروس هپاتیت B، سالمونلا	مواد سمی و عفونی - مواد عفونی موادی که دارای میکروارگانیسم‌های مسبب بیماری یا مرگ احتمالی در انسان یا حیوانات می‌شوند.		D۳
هیدروکسید سدیم، اسید هیدروکلریک، اسید نیتریک، اسید سولفوریک، اغلب پاک کننده‌ها و گندزداها	مواد خورنده بازها و اسیدهایی که می‌توانند سبب تخریب بافت پوست یا فلزات شوند.		E
پراکسید بنزوپیل، رزین‌های اپوکسی، اکسید اتیلن،	مواد واکنش دهنده موادی که در شرایط عادی یا در صورت تماس با ضربه، اصطکاک یا دمای زیاد به شکل خطرناکی واکنش نشان می‌دهند (مانند انفجار) یا موادی که در تماس با آب گازهای سمی از خود متصاعد می‌کنند.		F

استاندارد WHMIS سه چارچوب مختلف برچسب گذاری را برای مواد شیمیایی ارائه کرده است که عبارتند از برچسب تامین کنندگان کالا^۱، برچسب محیط کار^۲ و برچسب‌های آزمایشگاهی. با توجه به اینکه از نظر قانون، تولیدکنندگان مواد مخاطره‌آمیز مکلف به آگاهی‌رسانی به مصرف‌کنندگان اند، مصرف‌کنندگان واسط، که خود کارفرمای گروهی دیگر باشند، نیز وظیفه دارند برخی قوانین مربوط به تولیدکنندگان را رعایت کنند. تفاوت این چارچوب‌ها در ظاهر و میزان اطلاعات موجود روی آنهاست. در این برچسب‌ها نیز همانند استاندارد اروپایی عبارات ریسک و عبارات ایمنی به همراه عبارات کمک‌های اولیه روی برچسب نوشته می‌شوند. در کانادا دو چارچوب اول رایج‌تر بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. اطلاعات الزامی برای درج بر روی این دو برچسب در جدول ۴-۷ ارائه شده است.

جدول ۴-۷. اطلاعات الزامی بر روی برچسب‌های محیط کار و تامین کنندگان کالا

برچسب‌های تامین کنندگان	برچسب‌های محیط کار
شناسایی محصول	شناسایی مواد مخاطره‌آمیز
نماد و نشانه خطر	احتیاط‌های مربوط به حمل و نقل ایمن
دوزبانه‌بودن برچسب	ارجاع به برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی
فهرست خطرات و اقدامات احتیاطی	

۱- Supplier label

۲- Workplace label

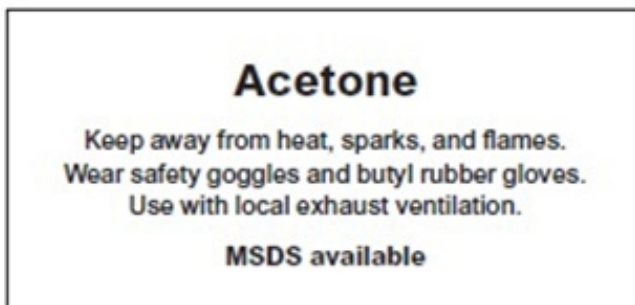
کمک‌های اولیه	
اقدامات ایمنی مربوط به حمل و نقل مواد	
رجوع به برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی	

همچنین در جدول ۷-۵. موارد و شرایط استفاده از برچسب‌های آزمایشگاهی و برچسب‌های محیط کار ذکر شده‌اند.

جدول ۷-۵. شرایط استفاده از برچسب‌های آزمایشگاهی و برچسب‌های محیط کار در WHMIS

برچسب‌های محیط کار	برچسب‌های آزمایشگاهی
جابه‌جایی مواد از یک ظرف در بردارنده برچسب تأمین‌کننده به ظرف دیگر	مواد مورد نظر تنها برای استفاده در آزمایشگاه باشد.
جابه‌جایی یک برچسب تأمین‌کننده که تخریب شده باشد	در بسته‌بندی‌های کمتر از ۱۰ کیلوگرم استفاده و نگهداری شود.
	کاملاً شناسایی شدنی باشند.
	برگه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی آن‌ها در اختیار باشد.
	فهرست خطرات و اقدامات کنترلی در اختیار باشد.
	کنترل‌های مربوط به کمک‌های اولیه در اختیار باشد.
	تنها برای تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی در نظر گرفته شده باشد.
	تأمین‌کنندگان کاملاً شناسایی شده باشند.

در شکل ۲-۷ نمونه‌ای از چارچوب برچسب تأمین‌کنندگان کالا و شکل ۳-۷ نمونه‌ای از فورمت برچسب کالا در محیط کار نشان داده شده است. برچسب‌های تأمین‌کننده کالا دارای حاشیه هاشوردار است. لازم به ذکر است که بر اساس این استاندارد اطلاعات موجود روی برچسب‌ها در این کشور به دو زبان انگلیسی و فرانسه نوشته می‌شوند. یادآوری می‌شود که استاندارد WHMIS کانادا نیز در سال‌های اخیر بازنگری شده و سیستم طبقه‌بندی خطرات مواد شیمیایی و برچسب‌گذاری آنها با استاندارد GHS منطبق شده است و دیگر از علائم و دسته‌بندی قدیمی برای مواد شیمیایی استفاده نمی‌شود.



شکل ۲-۷. نمونه‌ای از برچسب WHMIS در فورمت محیط کار برای ماده استون

Hazard symbols

ACETONE ACÉTONE

SEE MATERIAL SAFETY DATA SHEET FOR THIS PRODUCT
VOIR LA FICHE SIGNALÉTIQUE POUR CE PRODUIT

DANGER! EXTREMELY FLAMMABLE. IRRITATES EYES.

PRECAUTIONS: Keep away from heat, sparks, and flames. Ground containers when pouring. Avoid breathing vapours or mists. Avoid eye contact. Avoid prolonged or repeated contact with skin. Wear splash-proof safety goggles or face shield and butyl rubber gloves. If acetone is present in concentrations greater than 250 ppm, wear a NIOSH-approved respirator with an organic vapour cartridge. Use with adequate ventilation, especially in enclosed areas. Store in a cool, well-ventilated area, away from incompatibles.

FIRST AID: In case of contact with eyes, immediately flush eyes with lots of running water for 15 minutes, lifting the upper and lower eyelids occasionally. Get medical attention immediately. In case of contact with skin, immediately wash skin with lots of soap and water. Remove contaminated clothing and shoes. Get medical attention if irritation persists after washing. Wash clothing before reuse. If inhaled, remove subject to fresh air. Give artificial respiration if not breathing. Get medical attention immediately. If swallowed, contact the Poison Control Centre. Get medical attention immediately. Do not give anything by mouth to an unconscious or convulsing person.

ATTENTION: THIS CONTAINER IS HAZARDOUS WHEN EMPTY. ALL LABELLED HAZARD PRECAUTIONS MUST BE OBSERVED.

DANGER! EXTREMEMENT INFLAMMABLE. IRRITE LES YEUX.

MESURES DE PRÉVENTION: Tenir à l'écart de la chaleur, des étincelles et des flammes. Rincer les récipients à la terre lors du transvasement. Éviter de respirer les vapeurs ou les brouillards. Éviter le contact avec les yeux. Éviter le contact prolongé ou répété avec la peau. Porter des lunettes contre les éclaboussures de produit chimique ou une visière de protection, et des gants en caoutchouc butyle. Si l'acétone est présent en concentration de plus de 250 pour un million, porter un respirateur muni d'une cartouche à vapeur organique approuvée par NIOSH. Utiliser avec suffisamment de ventilation surtout dans les endroits clos. Entreposer dans un endroit frais, bien aéré, à l'écart de produits incompatibles.

PREMIERS SOINS: En cas de contact avec les yeux, rincer immédiatement et copieusement avec de l'eau courante pendant 15 minutes en soulevant les paupières inférieures et supérieures de temps en temps. Obtenir des soins médicaux immédiatement. En cas de contact avec la peau, laver immédiatement la région affectée avec beaucoup d'eau et de savon. Retirer les vêtements et les chaussures contaminés. Si l'irritation persiste après le lavage, obtenir des soins médicaux. Laver les vêtements avant de les réutiliser. En cas d'inhalation, transporter la victime à l'air frais. En cas d'arrêt respiratoire, pratiquer la respiration artificielle. Obtenir des soins médicaux immédiatement. En cas d'ingestion, contacter le Centre de Contrôle des Empoisonnements. Obtenir des soins médicaux immédiatement. Ne rien faire avaler à une victime inconsciente ou en convulsions.

ATTENTION: CE RÉCIPIENT EST DANGEREUX LORSQU'IL EST VIDE. CHAQUE INDICATION DE DANGER SUR LES ÉTIQUETTES DOIVENT ÊTRE OBSERVÉES.

B I G BIG Chemical Company / 123 Nitro Avenue, Vapour Town, BC / 123-4567

Supplier identification

French version

WHMIS hatched border

شکل ۳-۷. نمونه‌ای از برچسب WHMIS در فورمت تامین کننده کالا برای ماده استون

۴-۷ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

▲ وضعیت صنعت از نظر استفاده از استانداردهای منسوخ شده برچسب زنی را بررسی کرده و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

▲ برنامه از رده خارج کردن استانداردهای منسوخ برچسب گذاری مواد شیمیایی را تدوین و اجرایی نماید.



فصل هشتم

سیستم جهانی

طبقه بندی و

برچسب گذاری مواد

شیمیایی GHS

سیستم جهانی طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی GHS

۸-۱ مقدمه

با وجود این که در گذشته سیستم‌ها و استانداردهای طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی شبیه به هم بودند، ولی تفاوت‌های آن‌ها نیز در حدی بود که باعث می‌شد برای مثال برچسب‌ها یا برگه‌های اطلاعات ایمنی مورد نیاز برای یک ماده در سطح ملی و بین‌المللی متفاوت باشد. سازمان‌های سازمان‌های قانون‌گذار در سطح بین‌المللی تعاریف و طبقه بندی متفاوتی را برای خطرات ارایه کرده‌اند. چنین تفاوتی در نوع و میزان اطلاعاتی که باید روی برچسب‌های مواد شیمیایی و برگه‌های اطلاعات ایمنی ارایه شود نیز دیده می‌شود. برای نمونه ممکن است یک ماده یا محصول در یک کشور در گروه کالاهای قابل اشتعال یا سمی طبقه بندی شود و در یک کشور دیگر در این گروه قرار نگیرد. قابل اشتعال بودن مواد بر اساس دمای شعله‌زنی تعیین می‌شود. ولی در مورد این که چه دمایی به عنوان حداکثر دمای شعله‌زنی مواد قابل اشتعال در نظر گرفته می‌شود، اتفاق نظر وجود ندارد. برای نمونه در حالی که حداکثر دمای شعله‌زنی تفکیک کننده ماده قابل اشتعال از قابل احتراق توسط OSHA و NFPA در آمریکا 38°C تعیین شده است، DOT و ANSI (سازمان ملی استاندارد آمریکا) در همین کشور آن را 60°C اعلام کرده‌اند. این تفاوت در دسته بندی مواد هم مسائل مربوط به ایمنی و هم تجارت آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

در حوزه ایمنی، استفاده کنندگان از مواد شیمیایی اطلاعات و برچسب‌های متفاوتی را برای یک ماده شیمیایی مشاهده خواهند کرد. در حوزه تجارت نیز رعایت مقررات مختلف مربوط به دسته بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی برای تولید کنندگان پرهزینه و زمان‌بر است. به بیان دیگر، نتیجه طبیعی گوناگونی سیستم‌های طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی علاوه بر افزایش احتمال بروز حوادث، تحمیل هزینه‌های هنگفت به کشورها، سازمان‌ها و صنایع برای رعایت و انطباق با الزامات طبقه بندی‌های مختلف است. همچنین کارکنان مرتبط با کاربرد یا حمل و نقل کالاهای شیمیایی در یادگیری طبقه بندی‌های

مختلف و مفاهیم و معانی هر کدام دچار سردرگمی زیادی می‌شوند.

۲-۸ سابقه تدوین GHS

در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد ایجاد و توسعه سیستم طبقه بندی یکپارچه و هماهنگ بین المللی در «کنفرانس توسعه و محیط زیست سازمان ملل متحد» (اجلاس زمین) در ریودژانیرو ارائه گردید. در این کنفرانس که با شرکت سازمان بین المللی کار، سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) و بسیاری از کشورها و سازمان‌های ذینفع برگزار گردید، مقرر گردید که حتی المقدور تا سال ۲۰۰۰ یک سیستم هماهنگ بین المللی برای طبقه بندی خطرات و برچسب زنی مواد شیمیایی همراه با برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد و علائم ساده خطر ایجاد شود.

در اواخر سال ۲۰۰۲ سازمان ملل متحد پس از بررسی‌های کارشناسی در گروه‌های تخصصی مکانیسمی را برای هماهنگ نمودن معیارهای مربوط به طبقه بندی و تبادل اطلاعات خطر ارائه نمود که «سیستم جهانی طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی»^۱ یا به اختصار GHS نامیده می‌شود. این سیستم بر پایه چهار سیستم مهم طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی در دنیا (سیستم‌های سازمان ملل، امریکا، اتحادیه اروپا و کانادا) تهیه گردید. در همین سال و در مجمع جهانی توسعه پایدار مقرر گردید که کشورهای جهان برای پذیرش سند GHS تا سال ۲۰۰۸ ترغیب شوند. از زمان ارائه سند GHS هر دو سال یکبار نسخه بازنگری شده آن از سوی سازمان ملل منتشر می‌شود. در این سیستم، اطلاعات ایمنی و بهداشتی مربوط به مواد و نوع اطلاع رسانی خطرات مواد شیمیایی به صورت هماهنگ ارائه شده است. همچنین در این سیستم نام و عنوان «برگه اطلاعات ایمنی مواد^۲» به «برگه اطلاعات ایمنی^۳» تغییر یافت.

ایران از سال ۲۰۰۶ متعهد شده است که به تدریج استانداردهای طبقه بندی و برچسب گذاری خود را با GHS سازگار نماید. تغییر سیستم طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی هر کشور به سیستم GHS مزایایی را برای کشورها، صنایع، کارگران و عموم مردم به دنبال خواهد داشت. برخی از مهم‌ترین مزایای سیستم هماهنگ بین المللی عبارتند از:

- ▲ افزایش آگاهی از خطرات مواد و بهبود کاربرد ایمنی آن‌ها و کاهش حوادث شیمیایی
- ▲ افزایش کارایی و اثربخشی قوانین مرتبط
- ▲ تسهیل در امر تجارت داخلی و خارجی مواد شیمیایی
- ▲ تسهیل انطباق شرکت‌ها با مقررات و قوانین بین المللی مربوط به مواد شیمیایی
- ▲ کاهش هزینه‌های بهداشتی، حمل و نقل، آموزش و... مرتبط با مواد شیمیایی
- ▲ فراهم آوردن سیستم فراگیر و جامع اطلاعات خطر

۱- Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals

۲- Material Safety Data Sheet (MSDS)

۳- Safety Data Sheet (SDS)

► فراهم آوری شرایط بهتر جهت واکنش در شرایط اضطراری حوادث مواد شیمیایی در این سیستم واژه «ماده شیمیایی» به تمام مواد، محصولات و ترکیباتی گفته می شود که در زندگی انسان مورد استفاده قرار می گیرد. هدف GHS شناسایی خطرات ذاتی مربوط به این مواد و انتقال اطلاعات مربوط به این خطرات به انسان هاست. این اطلاعات در بخش های مختلف بر اساس مقتضیات مربوط به هر بخش ارایه می شود. این بخش ها عبارتند از حمل و نقل، صنایع، مصرف کنندگان و کشاورزی (آفت کش ها).

● ۸-۳ عناصر GHS

سیستم هماهنگ بین المللی شامل دو جزء زیر است:

۱. معیارهای همسو و هماهنگ برای دسته بندی مواد شیمیایی بر اساس خطرات بهداشتی، زیست محیطی و فیزیکی آن ها
۲. عناصر همسو و هماهنگ مبادله اطلاعات خطر شامل الزامات برچسب گذاری و برگه های اطلاعات ایمنی

■ ۸-۳-۱ دسته بندی مواد شیمیایی بر اساس خطرات در GHS

در GHS خطرات مربوط به کالاهای خطرناک در سه گروه اصلی خطرات فیزیکی، بهداشتی و محیط زیستی تقسیم بندی شده است. هر یک از این خطرات دارای قوانین مخصوص به خود در زمینه کاربرد در محیط کار، حمل و نقل و تهیه و توزیع هستند که با توجه به انتخاب کشورها جهت استفاده در هر یک از این زمینه ها باید قوانین مربوطه مورد استفاده قرار گیرد. در طبقه بندی خطرات فیزیکی از سیستم UN و در طبقه بندی اثرات سلامتی تا حدودی از سیستم اروپایی استفاده شده است. خطرات محیطی نیز شامل خطرات مواد برای موجودات محیط آبی می باشد. هدف این سیستم اطمینان از در دسترس بودن اطلاعات لازم در زمینه خطرات فیزیکی و اثرات سمی و زیست محیطی مواد به منظور ارتقاء سلامت انسان و محیط می باشد. با ذکر این نکته که تعریف دقیق هر کدام از گروه های اصلی خطر و نحوه تعیین خطر برای هر ماده در راهنمای GHS بسیار مفصل بوده و ذکر تمامی جزئیات مربوط به این گروه ها خارج از محدوده هدف این راهنما است، گروه های سه گانه خطرات به اختصار توضیح داده می شوند.

۸-۳-۱-۱ خطرات فیزیکی

مبنای کلی طبقه بندی خطرات فیزیکی در سیستم GHS بر اساس سیستم UN در طبقه بندی کالاهای خطرناک استوار بوده و در برگیرنده ۱۶ گروه از مواد شامل مواد منفجره، گازهای آتش گیر، آئروسل ها، گازهای اکسیدکننده، گازهای تحت فشار، مایعات آتش گیر، جامدات آتش گیر، مواد با واکنش خود به خودی، مایعات پیروفوریک، جامدات پیروفوریک، مواد خود گرم شونده، مواد خطرناک در حالت مرطوب، مایعات اکسیدکننده، جامدات اکسیدکننده، پرکسیدهای آلی، مواد خورنده فلزات می باشد. برخی از این گروه ها خود دارای زیرگروه های مختلف می باشند. در ادامه تعریف کوتاهی از این گروه های خطرات ارایه شده است.

► ماده منفجره: شامل ۶ زیر گروه با خطر انفجار مهیب، با خطر پرتاب شدید، با خطر آتش سوزی و پرتاب شدید، با خطر آتش سوزی و پرتاب، با امکان انفجار در آتش و بدون عبارت خطر می باشد.

▲ **گاز تحت فشار:** شامل گازهای محبوس شده در مخازن و سیلندرها در فشار بالاتر از 280 kPa و دمای 20°C و یا به صورت گاز مایع بوده و شامل چهار زیر گروه گازهای فشرده، گازهای مایع، گازهای مایع سرد شده و گازهای محلول می باشد.

▲ **گاز قابل اشتعال:** گازی است که در هوای 20°C و فشار استاندارد $101/3 \text{ kPa}$ قابل اشتعال باشد. شامل دو زیر گروه گازهای شدیداً قابل اشتعال و گازهای قابل اشتعال می باشد.

▲ **مایع قابل اشتعال:** به طور کلی مایعی است که دمای شعله زنی آن بیشتر از 93°C نباشد و جزئیات آن شامل چهار زیر گروه می باشد.

▲ **جامد قابل اشتعال:** جامدی است که به آسانی قابل احتراق بوده و یا از طریق اصطکاک منجر به آتش سوزی و گسترش آتش گردد. جامدات قابل اشتعال بر مبنای زمان سوختن به دو زیر گروه تقسیم می شوند.

▲ **آئروسول ها:** چنانچه آئروسول ها حاوی تشکیل دهنده قابل اشتعال مایع، جامد یا گاز باشند قابل اشتعال محسوب خواهند شد.

▲ **مواد با واکنش های خود به خودی:** شامل موادی است که در هنگام تجزیه گرمای زیادی، حتی بدون حضور اکسیژن و هوا، تولید نموده ولی این مواد شامل مواد منفجره، پراکسیدهای آلی و اکسیدکننده ها نمی باشد.

▲ **مایعات و جامدات پیروفوریک:** شامل موادی است که ۵ دقیقه بعد از تماس با هوا ایجاد آتش می کند.

▲ **مواد خود گرم شونده:** شامل موادی است که در اثر واکنش با هوا و بدون نیاز به انرژی خود به خود گرما ایجاد می کنند.

▲ **مواد خطرناک در حالت مرطوب:** شامل مواد جامد یا مایعی است که در تماس با آب احتمال دارد به طور ناگهانی مشتعل شوند یا مقادیر زیادی از گازهای آتش گیر تولید کنند.

▲ **جامدات و مایعات اکسیدکننده و پراکسیدهای آلی:** شامل مواد یا ترکیبات واکنش پذیر و ناپایدار از نظر حرارتی بوده که می توانند منجر به واکنش های زنجیره ای خود به خودی گرمازا شوند.

▲ **مواد و ترکیبات خورنده برای فلزات:** شامل مواد و ترکیباتی هستند که از طریق واکنش های شیمیایی موجب تخریب و ایجاد خوردگی در فلزات می شوند.

خطرات رادیواکتیو که در سیستم UN وجود دارد در سیستم GHS در نظر گرفته نشده است.

۲-۱-۳-۸ خطرات بهداشتی

در GHS اثرات بهداشتی ناشی از سمیت مواد در ۱۰ گروه تقسیم بندی شده و معیارهای مربوط به شناسایی هر نوع سمیت به طور دقیق تعریف شده است. با ذکر مجدد این نکته که این معیارها بسیار مفصل بوده و بررسی و توضیح دقیق آن ها در حوزه کتب سم شناسی قرار دارد، در این راهنما تنها به ذکر نام گروه های ده گانه سمیت در GHS اکتفا می شود:

۱. سمیت حاد

۲. تحریک و خوردگی پوست

۳. صدمات جدی چشمی و تحریک چشم
۴. حساسیت‌زا برای پوست یا سیستم تنفسی
۵. جهش‌زایی در سلول‌های جنسی
۶. سرطان‌زایی
۷. سمیت تولیدمثلی
۸. سمیت بر ارگان هدف خاص با یک بار تماس
۹. سمیت بر ارگان هدف خاص با چند بار تماس
۱۰. خطر ورود مواد خارجی (جامد یا مایع) به سیستم تنفسی

۳-۱-۳-۸ خطرات زیست محیطی

معیارهای خطرات زیست محیطی مواد شیمیایی در GHS در دو دسته تعیین شده‌اند که عبارتند از:

- ▲ خطرناک برای آب‌زیان (محیط آبی)،
- ▲ خطرناک برای لایه اوزن

۳-۲-۸ ■ برچسب و پلاکارد GHS

همانطور که پیشتر نیز اشاره شد، در سیستم هماهنگ بین‌المللی جهت مبادله اطلاعات خطر میان ذینفعان از دو روش برچسب‌گذاری و برگه اطلاعات ایمنی استفاده می‌شود. در این بخش برچسب و پلاکاردهای GHS معرفی می‌شوند

۳-۲-۱-۸ برچسب GHS

اجزای برچسب GHS عبارتند از:

۱. نام و کد شناسایی ماده
 ۲. یک یا چند علامت خطر
 ۳. یک واژه خبری (کلمه اعلان)
 ۴. عبارات خطر (بیان ماهیت و شدت خطرات ناشی از ماده)
 ۵. عبارات احتیاط و کمک‌های اولیه (بیان روش کاربرد ایمن ماده و نوع کمک‌های اولیه در هنگام تماس)
 ۶. هویت تامین‌کننده (تولیدکننده یا واردکننده ماده)
- در مورد نام و کدهای شناسایی مواد شیمیایی در بخش‌های دیگر این راهنما توضیحاتی ارائه شده است. بنابراین سایر اجزای برچسب در اینجا معرفی می‌شوند. در شکل ۱-۸ اجزای برچسب GHS در یک قالب نمونه برای ماده ان-پروپیل الکل نشان داده شده است.

2-Propanol

DANGER

- Highly flammable liquid and vapor.
- Causes mild skin irritation.
- Causes serious eye irritation.
- May cause drowsiness or dizziness.

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No Smoking.
Avoid breathing dust/ fume/gas/mist/vapours/spray. IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation. Causes eye irritation. May be harmful if swallowed.

Acme Chemical - 101 Main Street - Anywhere - USA

1 Product Identifier / Ingredient Disclosure
2 Signal Word
3 Hazard Statement
4 Precautionary Statement
5 Supplier Identification
6 Pictograms

شکل ۱-۸. نمونه‌ای از قالب برجسب GHS و اجزای آن

علامت خطر عبارت از یک تصویر سمبلیک است که نوع خطر فیزیکی، بهداشتی یا زیست محیطی ماده شیمیایی را در درون یک لوزی سفید با خط حاشیه قرمز به بیننده انتقال می‌دهد. در GHS ۹ علامت خطر برای نشان دادن دسته‌بندی سه گانه خطرات در این سیستم معرفی شده است. در جداول ۱-۸ تا ۳-۸ علامت‌های خطر، مفهوم هر کدام و موارد کاربرد آنها روی برجسب‌های GHS برای سه گروه خطرات فیزیکی، بهداشت و محیط زیستی معرفی شده‌اند.

جدول ۱-۸. ابعاد برجسب استاندارد روی ظروف


ظرفیت بسته‌بندی	حداقل ابعاد بر حسب میلی متر
کمتر از ۳ لیتر	۷۴ در ۵۲
بیش از ۳ لیتر و کمتر از ۵۰ لیتر	۷۴ در ۱۰۵
بیش از ۵۰ لیتر و کمتر از ۵۰۰ لیتر	۱۴۸ در ۱۰۵
بیش از ۵۰۰ لیتر	۲۱۰ در ۱۴۸

علامت خطر	مفهوم	موارد کاربرد روی برچسب
	خطر انفجار	مواد منفجره ناپایدار، مواد منفجره ۱.۱، ۱.۲، ۱.۳، ۱.۴، ۱.۵، ۱.۶، مواد و ترکیبات خود واکنش زا (نوع A و B) و پراکسیدهای آلی نوع A و B
	خطر اشتعال	گازهای قابل اشتعال (دسته ۱)، آئروسل های قابل اشتعال (دسته ۱ و ۲)، مایعات قابل اشتعال (دسته ۱، ۲ و ۳)، جامدات قابل اشتعال (دسته ۱، ۲ و ۳)، مواد و ترکیبات خود واکنش زا (نوع F، B، C، D، E) مایعات پیروفوریک (دسته ۱)، جامدات پیروفوریک (دسته ۲)، مواد و ترکیبات خود گرمازا (دسته ۱ و ۲)، مواد و ترکیبات خود گرمازا که در تماس با آب گازهای قابل اشتعال متصاعد می کنند (دسته ۱، ۲ و ۳)، پراکسیدهای آلی (نوع F، B، C، D، E)
	اکسیدکننده	گازهای اکسیدکننده (دسته ۱)، مایعات اکسیدکننده (دسته ۱، ۲ و ۳)، جامدات اکسیدکننده (دسته ۱، ۲ و ۳)
	گاز تحت فشار	گازهای تحت فشار، گازهای مایع شده، گازهای مایع شده سرد، گازهای حل شده
	خورنده	خورنده برای فلزات (دسته ۱) کلمه «خورنده» بدون علامت خطر برای موارد زیر به کار می رود: مواد منفجره ۱.۵ و ۱.۶، گازهای قابل اشتعال (دسته ۲)، مواد و ترکیبات خود واکنش زا (نوع G)، پراکسیدهای آلی (نوع G)

جدول ۲-۸. علایم خطرات بهداشتی و موارد کاربرد آن‌ها روی برچسب‌های GHS

موارد کاربرد روی برچسب	مفهوم	علامت خطر
سمیت حاد (گوارشی، پوستی، تنفسی) برای دسته‌های ۲، ۱ و ۳	سمی	
خورندگی پوستی (دسته‌های ۱A، ۱B و ۱C)، آسیب چشمی شدید (دسته ۱)	خورنده	
سمیت حاد (گوارشی، پوستی، تنفسی) برای دسته ۴، تحریک پوستی (دسته ۲ و ۳)، تحریک چشمی (دسته ۲A)، حساسیت پوستی (دسته ۱)، اثرات سیستمیک بر ارگان هدف با یک بار تماس (دسته ۳ شامل تحریک مجرای تنفسی و اثرات تخریبی) این علامت در موارد زیر به کار نمی‌رود: همراه با علامت خطر سمی (مجموعه و استخوان)، همراه با علامت خطر خورندگی، زمانی که علامت «خطر بر سلامتی» برای نشان دادن حساسیت تنفسی استفاده شده باشد.	محرک	
حساسیت تنفسی (دسته ۱)، جهش زاوی (دسته‌های ۱A، ۱B و ۲)، سرطان‌زاوی (دسته‌های ۱A، ۱B و ۲)، سمیت تولید مثلی (دسته‌های ۱A، ۱B و ۲)، اثرات سیستمیک بر ارگان هدف با یک بار تماس (دسته ۱ و ۲)، اثرات سیستمیک بر ارگان هدف پس از چند بار تماس (دسته ۱ و ۲)، خطر استنشاقی (دسته ۱ و ۲) کلمه «خطر بر سلامتی» بدون علامت در موارد زیر به کار می‌رود: سمیت حاد (گوارشی، پوستی، تنفسی) برای دسته ۵، تحریک چشمی (دسته ۲B)، سمیت تولید مثلی (اثرات بر شیر یا از طریق شیر)	خطر بر سلامتی	

جدول ۴-۸. علامت خطر زیست محیطی و موارد کاربرد آن روی برچسب‌های GHS

موارد کاربرد روی برچسب	مفهوم	علامت خطر
خطرات حاد برای محیط آبی (دسته ۱)، خطرات مزمن برای محیط آبی (دسته ۱ و ۲)، کلمه «زیان‌آور برای محیط زیست» بدون علامت در موارد زیر به کار می‌رود: خطرات حاد برای محیط آبی (دسته ۲ و ۳)، خطرات مزمن برای محیط آبی (دسته ۳ و ۴)	زیان‌آور برای محیط زیست	

واژه خبری یا «کلمه اعلان» نیز برای تاکید بر وجود خطر و شدت نسبی آن به کار می رود. در GHS دو واژه خبری «خطر^۱» و «هشدار^۲» برای این منظور تعیین شده است و به شدت خطر ناشی از ماده شیمیایی به کار می روند. واژه خبری «خطر» برای خطرات شدید و واژه «هشدار» برای خطرات با شدت کمتر استفاده می شود. برای خطرات خفیف و کم اهمیت از واژه خبری روی برچسب استفاده نمی شود. عبارات خطر^۳ و عبارات احتیاط^۴ جملات کوتاه و استاندارد هستند که به منظور ارائه توضیحات بیشتر در خصوص ماهیت خطر ماده شیمیایی و روش کاربرد صحیح و ایمن آن به کار می روند. عبارات کمک های اولیه^۵ نیز عبارات کوتاهی هستند که نوع اقدامات اولیه در هنگام تماس خارج از کنترل با ماده شیمیایی را بیان می کنند. بر اساس GHS این عبارات قابل ترجمه به زبان کشورهای مقصد استفاده از مواد شیمیایی هستند. عبارات خطر و احتیاط به منظور شناسایی و ارجاع دقیق در متون و اسناد حمل و نقل کدگذاری شده اند. عبارات خطر با حرف انگلیسی H و یک کد سه رقمی و عبارات احتیاط با حرف انگلیسی P و یک کد سه رقمی کدگذاری شده اند. عبارات خطر برای خطرات فیزیکی با کد H₂₀₀، برای خطرات بهداشتی با کد H₃₀₀ و برای خطرات زیست محیطی با کد H₄₀₀ شروع می شوند. تعداد این عبارت زیاد است و در جدول ۴-۸ عبارات خطر و کدهای مربوط به آن ها ارائه شده است.

جدول ۴-۸. فهرست عبارات خطر در GHS

کد عبارت	عبارت انگلیسی	عبارت فارسی
H200	Unstable explosive	ماده منفجره ناپایدار
H201	Explosive ^۴ ; mass explosion hazard	قابل انفجار؛ خطر انفجار توده ای
H202	Explosive ^۴ ; severe projection hazard	قابل انفجار؛ خطر پرتاب شدید مواد
H203	Explosive ^۴ ; fire, blast or projection hazard	قابل انفجار؛ خطر آتش سوزی، انفجار یا پرتاب مواد
H204	Fire or projection hazard	خطر آتش سوزی یا پرتاب مواد
H205	May mass explode in fire	ممکن است در هنگام آتش سوزی به صورت توده ای منفجر شود.
H206	Fire, blast or projection hazard; increased risk of explosion if de-sensitizing agent is reduced	خطر آتش سوزی، انفجار یا پرتاب مواد: در صورت کاهش عامل حساسیت زدایی، ریسک انفجار افزایش می یابد.

۱- Danger

۲- Warning

۳- Hazard Statements (H-phrases)

۴- Precautionary statements (P-phrases)

۵- First Aid statements

خطر آتش سوزی یا پرتاب مواد: در صورت کاهش عامل حساسیت زدایی، ریسک انفجار افزایش می‌یابد.	Fire or projection hazard: increased risk of explosion if desensitizing agent is reduced	H207
خطر آتش سوزی: در صورت کاهش عامل حساسیت زدایی، ریسک انفجار افزایش می‌یابد.	Fire hazard: increased risk of explosion if desensitizing agent is reduced	H208
گاز بینهایت آتش‌گیر	Extremely flammable gas	H220
گاز آتش‌گیر	Flammable gas	H221
آئروسول (گرد و غبار) بینهایت آتش‌گیر	Extremely flammable aerosol	H222
گرد و غبار آتش‌گیر	Flammable aerosol	H223
مایع یا بخار بینهایت آتش‌گیر	Extremely flammable liquid and vapour	H224
مایع یا بخار بسیار آتش‌گیر	Highly flammable liquid and vapour	H225
مایع یا بخار آتش‌گیر	Flammable liquid and vapour	H226
مایع قابل احتراق	Combustible liquid	H227
جامع آتش‌گیر	Flammable solid	H228
ظرف تحت فشار: در صورت حرارت دیدن ممکن است بترکد.	Pressurized container: may burst if heated	H229
حتی بدون تماس با هوا ممکن است منفجر شود.	May react explosively even in the absence of air	H230
حتی بدون تماس با هوا ممکن است در دما یا فشار بالا، منفجر شود.	May react explosively even in the absence of air at elevated pressure and/or temperature	H231
در صورت قرار گرفتن در معرض هوا ممکن است خود به خود مشتعل شود.	May ignite spontaneously if exposed to air	H232
گرم کردن ماده ممکن است سبب انفجار شود.	Heating may cause an explosion	H240
گرم کردن ماده ممکن است سبب آتش سوزی یا انفجار شود.	Heating may cause a fire or explosion	H241
گرم کردن ماده ممکن است سبب آتش سوزی شود.	Heating may cause a fire	H242
اگر در معرض هوا قرار گیرد به طور خود به خود آتش سوزی ایجاد می‌کند.	Catches fire spontaneously if exposed to air	H250
خود گرم شونده؛ می‌تواند آتش سوزی ایجاد کند.	Self-heating ⁴ may catch fire	H251
خود گرم شونده در مقادیر زیاد؛ می‌تواند آتش سوزی ایجاد کند.	Self-heating in large quantities ⁴ may catch fire	H252

در صورت تماس با آب گازهای آتش گیر آزاد می کند که می توانند به طور خود به خود مشتعل شوند.	In contact with water releases flammable gases which may ignite spontaneously	H260
در تماس با آب گازهای آتش گیر آزاد می کند.	In contact with water releases flammable gas	H261
می تواند سبب آتش سوزی یا تشدید آن شود؛ اکسید کننده	May cause or intensify fire [†] oxidizer	H270
ممکن است باعث آتش یا انفجار شود	May cause fire or explosion [†] strong oxidizer	H271
		ی و ق م د ن ک د ی س ک ا
ممکن است باعث شدت گرفتن آتش شود.	May intensify fire [†] oxidizer	H272
		د ن ک د ی س ک ا
حاوی گاز تحت فشار؛ اگر در معرض حرارت قرار گیرد ممکن است منفجر شود.	Contains gas under pressure [†] may explode if heated	H280
شامل گازهای سرمازا است؛ ممکن است باعث جراحت یا سوختگی سرمایی شود.	Contains refrigerated gas [†] may cause cryogenic burns or injury	H281
ماده شیمیایی بینهایت آتش گیر تحت فشار؛ اگر گرما ببیند ممکن است منفجر شود.	Extremely flammable chemical under pressure: may explode if heated	H282
ماده شیمیایی آتش گیر تحت فشار؛ اگر گرما ببیند ممکن است منفجر شود.	Flammable chemical under pressure: may explode if heated	H283
ماده شیمیایی تحت فشار؛ اگر گرما ببیند ممکن است منفجر شود.	Chemical under pressure: may explode if heated	H284
ممکن است باعث خوردگی فلزات شود	May be corrosive to metals	H290
در صورتی که بلعیده شود کشنده است.	Fatal if swallowed.	H300
در صورتی که بلعیده شود سمی است.	Toxic if swallowed	H301
در صورتی که بلعیده شود آسیب رسان است.	Harmful if swallowed	H302
در صورتی که بلعیده شود، ممکن است مضر باشد.	May be harmful if swallowed	H303
در صورتی که بلعیده شده و وارد راه های هوایی شود، ممکن است کشنده باشد.	May be fatal if swallowed and enters airways	H304
در صورتی که بلعیده شده و وارد راه های هوایی شود، ممکن است آسیب رسان باشد.	May be harmful if swallowed and enters airways	H305
در تماس با پوست کشنده است.	Fatal in contact with skin	H310
در تماس با پوست سمی است.	Toxic in contact with skin	H311
در تماس با پوست آسیب رسان است.	Harmful in contact with skin	H312

در تماس با پوست ممکن است آسیب رسان باشد.	May be harmful in contact with skin	H313
سبب سوختگی شدید پوست و آسیب چشمی می شود.	Causes severe skin burns and eye damage	H314
سبب تحریک پوست می شود.	Causes skin irritation	H315
سبب تحریک متوسط پوست می شود.	Causes mild skin irritation	H316
ممکن است سبب واکنش آلرژیک روی پوست شود.	May cause an allergic skin reaction	H317
سبب آسیب شدید به چشم می شود.	Causes serious eye damage	H318
سبب تحریک شدید چشم می شود.	Causes serious eye irritation	H319
سبب تحریک چشم می شود.	Causes eye irritation	H320
در صورت استنشاق شود کشنده است.	Fatal if inhaled	H330
در صورت استنشاق شود سمی است.	Toxic if inhaled	H331
در صورت استنشاق مضر است.	Harmful if inhaled	H332
ممکن است در صورت استنشاق مضر باشد.	May be harmful if inhaled	H333
در صورت استنشاق ممکن است سبب حساسیت، علائم آسم یا مشکلات تنفسی شود.	May cause allergy or asthma symptoms or breathing difficulties if inhaled	H334
ممکن است سبب تحریک مجازای تنفسی شود.	May cause respiratory irritation	H335
ممکن است سبب خواب آلودگی یا سرگیجه شود.	May cause drowsiness or dizziness	H336
ممکن است سبب نقص ژنتیکی شود.	May cause genetic defects	H340
مشکوک به ایجاد نقص های ژنتیکی	Suspected of causing genetic defects	H341
ممکن است سبب سرطان شود.	May cause cancer	H350
مشکوک به ایجاد سرطان	Suspected of causing cancer	H351
ممکن است سبب آسیب به باروری یا آسیب به جنین بشود.	May damage fertility or the unborn child	H360
مشکوک به آسیب به باروری یا آسیب به جنین	Suspected of damaging fertility or the unborn child	H361
مشکوک به آسیب به جنین	Suspected of damaging the unborn child	H361d
ممکن است به جنین آسیب بزند.	May damage the unborn child	H360D
مشکوک به آسیب به باروری	Suspected of damaging fertility	H361f
ممکن است سبب آسیب به باروری شود.	May damage fertility	H360F

ممکن است برای کودکانی که از شیر مادر تغذیه می کنند، مضر باشد.	May cause harm to breast-fed children	H362
سبب آسیب به اندامها می شود.	Causes damage to organs	H370
ممکن است سبب آسیب به اندامها شود.	May cause damage to organs	H371
در تماس های طولانی و مکرر سبب آسیب به اندامها می شود.	Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure	H372
در تماس های طولانی و مکرر ممکن است سبب آسیب به اندامها شود.	May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure	H373
در صورت بلعیدن یا تماس با پوست کشنده است.	Fatal if swallowed or in contact with skin	H300+H310
در صورت استنشاق یا بلعیدن کشنده است.	Fatal if swallowed or if inhaled	H300+H330
در صورت استنشاق یا تماس با پوست کشنده است.	Fatal in contact with skin or if inhaled	H310+H330
در صورت بلعیدن، تماس با پوست یا استنشاق کشنده است.	Fatal if swallowed, in contact with skin or if inhaled	H300+H310+H330
در صورت بلعیدن یا تماس با پوست سمی است.	Toxic if swallowed or in contact with skin	H301+H311
در صورت استنشاق یا بلعیدن سمی است.	Toxic if swallowed or if inhaled	H301+H331
در صورت تماس با پوست یا استنشاق سمی است.	Toxic in contact with skin or if inhaled	H311+H331
در صورت بلعیدن، تماس با پوست یا استنشاق سمی است.	Toxic if swallowed, in contact with skin or if inhaled	H301+H311+H331
در صورت بلعیدن یا در تماس با پوست مضر است.	Harmful if swallowed or in contact with skin	H302+H312
در صورت بلعیدن یا استنشاق مضر است.	Harmful if swallowed or if inhaled	H302+H332
در تماس با پوست یا استنشاق مضر است.	Harmful in contact with skin or if inhaled	H312+H332
در صورت بلعیدن، تماس با پوست یا استنشاق مضر است.	Harmful if swallowed, in contact with skin or if inhaled	H302+H312+H332
بلعیدن یا تماس با پوست ممکن است مضر باشد.	May be harmful if swallowed or in contact with skin	H303+H313
بلعیدن یا استنشاق ممکن است مضر باشد.	May be harmful if swallowed or if inhaled	H303+H333
تماس با پوست یا استنشاق ممکن است مضر باشد.	May be harmful in contact with skin or if inhaled	H313+H333
بلعیدن، تماس با پوست یا استنشاق ممکن است مضر باشد.	May be harmful if swallowed, in contact with skin or if inhaled	H303+H313+H333

سبب تحریک پوست و چشم می شود.	Causes skin and eye irritation	H315+H320
برای آبزیان بسیار سمی است.	Very toxic to aquatic life	H400
برای آبزیان سمی است.	Toxic to aquatic life	H401
برای آبزیان مضر است.	Harmful to aquatic life	H402
برای آبزیان بسیار سمی و همراه با اثرات طولانی مدت است.	Very toxic to aquatic life with long-lasting effects	H410
برای آبزیان سمی و همراه با اثرات طولانی مدت است.	Toxic to aquatic life with long-lasting effects	H411
برای آبزیان مضر و همراه با اثرات طولانی مدت است.	Harmful to aquatic life with long-lasting effects	H412
ممکن است سبب اثرات زیان آور طولانی مدت برای آبزیان شود.	May cause long-lasting harmful effects to aquatic life	H413
با تخریب لایه ازن در بالای اتمسفر به سلامت عمومی و محیط زیست آسیب می زند.	Harms public health and the environment by destroying ozone in the upper atmosphere	H420
برای مهره داران زمینی مضر است.	Harmful to terrestrial vertebrates	H433

عبارات احتیاط نیز همانند عبارات خطر دارای دسته بندی مخصوص به خود هستند. این دسته بندی شامل عبارات احتیاط عمومی (کدهای P101، P102 و P103)، عبارات احتیاط پیشگیرانه (شروع از کد P201)، عبارات احتیاط واکنشی (شروع از کد P301)، عبارات احتیاط ذخیره سازی (شروع از کد P401) و عبارات احتیاط دفع ماده (کد P501) است. عبارت مربوط به کمک های اولیه نیز جزو همین عبارات هستند. تعداد این عبارت زیاد بوده و در جدول ۵-۸ نمونه هایی از عبارات احتیاط و کدهای مربوط به آنها ارائه شده است.

جدول ۵-۸. فهرست عبارات احتیاط GHS

عبارت فارسی	عبارت انگلیسی	کد عبارت
اگر نیاز به مشورت پزشکی دارید، ظرف ماده یا برچسب را همراه داشته باشید.	If medical advice is needed, have product container or label at hand.	P101
دور از دسترس کودکان نگهدارید.	Keep out of reach of children.	P102
قبل از استفاده برچسب را بخوانید.	Read label before use.	P103
قبل از استفاده دستورالعمل های ویژه را دریافت کنید	Obtain special instructions before use	P201
تا زمانی که تمام اقدامات احتیاطی ایمنی خوانده نشده و درک نشده است، دست به کار نشوید.	Do not handle until all safety precautions have been read and understood.	P202

از گرما، سطوح داغ، جرقه، شعله‌های باز و سایر منابع احتراق دور نگه دارید. سیگار کشیدن ممنوع.	Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. No smoking.	P210
روی شعله باز یا منبع احتراق دیگر اسپری نکنید.	Do not spray on an open flame or other ignition source.	211
دور از پوشاک /.../ مواد قابل احتراق /نگهداری کنید	Keep/Store away from clothing/.../combustible materials	P220
برای جلوگیری از اختلاط با مواد قابل احتراق تمام اقدامات احتیاطی را رعایت کنید.	Take any precaution to avoid mixing with combustibles.	P221
اجازه ندهید با هوا تماس پیدا کند.	Do not allow contact with air.	P222
اجازه ندهید با آب تماس پیدا کند.	Do not allow contact with water.	P223
مرطوب نگهدارید با...	Keep wetted with ...	P230
زیر گازی اثر به کار ببرید.	Handle under inert gas.	P231
از تماس با رطوبت پیشگیری کنید.	Protect from moisture.	P232
درب ظرف را کاملاً محکم بسته نگهدارید.	Keep container tightly closed.	P233
فقط در ظرف اصلی نگهدارید.	Keep only in original container.	P234
خنک نگهدارید.	Keep cool.	P235
ظرف اصلی و ظرف ثانویه را به همدیگر و به زمین متصل کنید.	Ground/bond container and receiving equipment.	P240
از تجهیزات برقی /تهویه /روشنایی /.../ ضد ضربه استفاده کنید.	Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting/.../equipment.	P241
از تجهیزات ضد جرقه استفاده کنید.	Use only non-sparking tools.	P242
اقدامات پیشگیرانه در برابر تخلیه بار الکتریکی ساکن را انجام دهید.	Take precautionary measures against static discharge.	P243
شیرآلات و اتصالات را از روغن و گریس دور نگه دارید.	Keep valves and fittings free from oil and grease.	P244
در معرض اصطکاک آسیاب /شوک /غیره قرار نگیرد.	Do not subject to grinding/shock/.../friction.	P250
حتی پس از استفاده از سوراخ کردن یا سوختگی خودداری کنید.	Do not pierce or burn, even after use.	P251
تنفس گرد و غبار /دود /گاز /مه /بخارات / اسپری انجام ندهید.	Do not breathe dust /fumes/gas/mist/vapours/spray.	P260
از تنفس گرد غبار /دود /گاز /مه /بخارات / اسپری خودداری کنید.	Avoid breathing dust /fumes/gas/mist/vapours/spray.	P261
به چشم روی پوست یا لباس وارد نکنید.	Do not get in eyes, on skin, or on clothing.	P262
در دوران بارداری /هنگام شیر دهی از تماس جلوگیری کنید.	Avoid contact during pregnancy/while nursing.	P263
بعد از دست کاملاً بشوید.	Wash...thoroughly after handling.	P264

هنگام استفاده از این محصول از خوردن آشامیدن یا سیگار کشیدن خودداری کنید.	Do not eat+ drink or smoke when using this product.	P270
فقط در فضای باز یا در محلی با تهویه مناسب استفاده کنید.	Use only outdoors or in a well-ventilated aera.	P271
لباس کار آلوده نباید از محل کار خارج شود.	Contaminated work clothing should not be allowed out of the workplace.	P272
از رهاسازی در محیط خودداری کنید.	Avoid release to the environment.	P273
از دستکش محافظ / محافظ صورت / محافظ چشم استفاده کنید.	Wear protective gloves/face shield/eye protection.	P280
لباس ضد آتش / مقاوم در برابر شعله استفاده کنید.	Wear fire/flame resistant/retardant clothing.	P282
لباس ضد آتش و مقاوم در برابر شعله بپوشید	Wear fire/flame resistant/retardant clothing.	P283
در صورت تهویه نامناسب، از حفاظت تنفسی استفاده کنید	[In case of inadequate ventilation] wear respiratory protection	P284
تحت گازی اثر به کار ببرید، از رطوبت محافظت شود	Handle under inert gas. Protect from moisture	P231+232
خنک و در دور تابش نور خورشید نگه دارید	Keep cool. Protect from sunlight	P235+410
در صورت بلعیدن:	IF SWALLOWED:	P301
در صورت تماس با پوست:	IF ON SKIN:	P302
در صورت تماس با پوست یا مو:	IF ON SKIN (or hair)	P303
در صورت استنشاق:	IF INHALED:	P304
در صورت تماس و ورود به چشم:	IF IN EYES:	P305
اگر روی لباس باشد:	IF ON CLOTHING:	P306
در صورت مواجهه یا ارتباط داشتن:	If exposed or concerned:	P308
بلافاصله با یک مرکز مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید	Immediately call a POISON CENTER/doctor/...	P310
با یک مرکز درمان مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید	Call a POISON CENTER/ doctor/...	P311
در صورت احساس ناخوشی با یک مرکز درمان مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید	Call a POISON CENTER/ doctor/.../if you feel unwell.	P312
مشاوره یا مراقبت پزشکی دریافت کنید.	Get medical advice/attention.	P313
در صورت احساس ناخوشی مشاوره یا مراقبت پزشکی دریافت کنید.	Get medical advice/attention if you feel unwell.	P314
مشاوره یا مراقبت پزشکی فوری دریافت کنید.	Get immediate medical advice/attention.	P315
درمان ویژه ضروری است (بخش.... روی این برچسب را ببینید)	Specific treatment is urgent (see ... on this label).	P320
درمان ویژه (بخش.... روی این برچسب را ببینید)	Specific treatment (see ... on this label).	P321
دهان را آبکشی کنید.	Rinse mouth.	P330

مجبور نکند استفراغ کند.	Do NOT induce vomiting.	P331
در صورت تحریک پوست:	If skin irritation occurs:	P332
در صورت تحریک پوست یا بثورات پوستی:	If skin irritation or a rash occurs:	P333
در آب سرد غوطه ور شوید/ با باند مرطوب ببندید.	Immerse in cool water/wrap in wet bandages.	P334
ذرات سست را از روی پوست پاک کنید.	Brush off loose particles from skin.	P335
قطعات یخ زده را با آب ولرم آب کنید. قسمت‌های آسیب دیده را مالش ندهید.	Thaw frosted parts with lukewarm water. Do not rub affected areas.	P336
اگر سوزش چشم همچنان ادامه داشت:	If eye irritation persists:	P337
در صورت امکان و سهولت انجام لنزهای تماسی را حذف کنید. افزایش را ادامه دهید	Remove contact lenses if present and easy to do. Continue rinsing.	P338
فرد را به هوای تازه برسانید و شرایط را مهیا کنید تا به راحتی نفس بکشد.	Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing.	P340
اگر علائم تنفسی دارد:	If experiencing respiratory symptoms:	P342
چند دقیقه با دقت و حوصله با آب بشوید	Rinse cautiously with water for several minutes.	P351
با آب فراوان بشوید	Wash with plenty of water/...	P352
پوست را با آب / دوش بشوید	Rinse skin with water/shower.	P353
قبل از خارج کردن لباس، پوست و لباس الوده را با آب فراوان بشوید	Rinse immediately contaminated clothing and skin with plenty of water before removing clothes.	P360
بلافاصله تمام لباس‌های الوده را در بیاورید	Take off immediately all contaminated clothing.	P361
لباس‌های الوده را در بیاورید	Take off contaminated clothing.	P362
پیش از استفاده مجدد لباس‌های الوده را بشوید	Wash contaminated clothing before reuse.	P363
و آن را پیش از استفاده مجدد بشوید	And wash it before reuse.	P364
در صورت وقوع آتش سوزی	In case of fire:	P370
در صورت آتش سوزی عمده و مقادیر زیاد	In case of major fire and large quantities:	P371
خطر انفجار در صورت آتش سوزی	Explosion risk in case of fire.	P372
آتش را خاموش نکنید و وقتی که به مواد منفجره رسیده است	DO NOT fight fire when fire reaches explosives.	P373
از فاصله معقول، با احتیاط‌های معمول آتش را خاموش کنید	Fight fire with normal precautions from a reasonable distance.	P374
به دلیل خطر انفجار، از راه دور آتش را خاموش کنید	Fight fire remotely due to the risk of explosion.	P375
اگر انجام دادن آن ایمن است، نشت را متوقف کنید	Stop leak if safe to do so.	P376

آتش سوزی نشت گاز-خاموش نکنید مگر این که بتوان نشتی را بدون خطر متوقف کرد	Leaking gas fire-do not extinguish unless leak can be stopped safely.	P377
از... برای خاموش کردن استفاده کنید	Use...to extinguish.	P378
منطقه را تخلیه کنید	Evacuate area.	P380
در صورت ایمن بودن، تمام منابع احتراق را از بین ببرید	Eliminate all ignition sources if safe to do so.	P381
جمع‌آوری نشت (نشت را جمع کنید)	Collect spillage.	P391
در صورت بلعیده شدن: فوراً با مرکز سم/بزشک /... تماس بگیرید	IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER/doctor/...	P301+310
در صورت بلعیده شدن: اگر احساس ناخوشی می‌کنید فوراً با مرکز سم/بزشک /... تماس بگیرید	IF SWALLOWED: Call a POISON CENTER/DOCTOR/.../if you feel unwell.	P301+312
در صورت بلعیده شدن: دهان را شستشو دهید. خود را وادار به استفراغ نکنید	IF SWALLOWED: Rinse mouth. DO NOT induce vomiting.	P301+330+331
ذخیره کنید....	Store ...	P401
در جای خشک نگهدارید.	Store in a dry place.	P402
در جایی با تهویه مناسب نگهدارید.	Store in a well-ventilated place.	P403
در یک ظرف دربسته نگهدارید.	Store in a closed container.	P404
به صورت قفل شده نگهدارید.	Store locked up.	P405
در یک ظرف مقاوم در برابر خوردگی /... با پوشش داخلی مقاوم نگهداری شود.	Store in a corrosive resistant/... container with a resistant inner liner.	P406
فاصله هوایی بین پالت‌ها را حفظ کنید.	Maintain air gap between stacks/pallets.	P407
دور از نور خورشید نگه داری کنید.	Protect from sunlight.	P410
در دمای بیش از... °F /... °C نگهداری نشود.	Store at temperatures not exceeding ... °C/... °F.	P411
در معرض دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد / ۱۲۲ درجه فارنهایت قرار ندهید.	Do not expose to temperatures exceeding 50 °C/122 °F.	P412
توده‌های فلزهای بزرگتر از... kg /... در دمای بیش از... °F /... °C نگه داری نکنید.	Store bulk masses greater than ... kg/... lbs at temperatures not exceeding ... °C/... °F.	P413
دور از مواد دیگر نگه داری کنید.	Store away from other materials.	P420
نگه داری مواد زیر...	Store contents under ...	P422
در جای خشک نگه داری شود. در ظرف دربسته نگهداری شود.	Store in a dry place. Store in a closed container.	P402+404
در مکانی با تهویه مناسب نگهداری کنید. در ظرف را محکم بسته نگه دارید.	Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed.	P403+233
در مکانی با تهویه مناسب نگهداری کنید. سرد نگه دارید.	Store in a well-ventilated place. Keep cool.	P403+235

دور از نور خورشید نگه داری کنید. در مکانی با تهویه مناسب نگهداری کنید.	Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.	P410+403
دور از نور خورشید نگه داری کنید. در معرض دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد / ۱۲۲ درجه فارنهایت قرار ندهید.	Protect from sunlight. Do not expose to temperatures exceeding 50 °C/122 °F.	P410+412
در دمای بیش از ... °F / ... °C نگهداری نشود. سرد نگه دارید.	Store at temperatures not exceeding ... °C/... °F. Keep cool.	P411+235
محتویات با ظرف آن را در ... دفع کنید.	Dispose of contents/container to ...	P501
برای اطلاع از روش بازیابی / بازیافت به سازنده / تامین کننده مراجعه کنید.	Refer to manufacturer/supplier for information on recovery/recycling	P502

البته باید خاطر نشان کرد که طرح و قالب برچسب همواره مانند نمونه معرفی شده در این بخش نبوده و قالب و میزان اطلاعات برچسبها بر اساس نوع خطرات ماده، نوع بسته بندی ماده و محل نصب آن (ظروف مورد استفاده در محیط کار یا ظروف مورد استفاده برای حمل و نقل) تفاوت هایی با هم خواهند داشت.

■ ۸-۳-۳ برگه ای اطلاعات ایمنی

۸-۳-۳-۱ تعریف و محتوای SDS

از اواسط قرن نوزده تا اوایل قرن بیستم بیشترین فعالیت انجام شده بر روی مواد شیمیایی مربوط به تعیین ویژگی های فیزیکی شیمیایی آنها مانند نقطه جوش، نقطه ذوب و نقطه شعله زنی بود. بدین ترتیب در اوایل قرن بیستم و همزمان با افزایش سرعت رشد دانش بشر در عرصه های گوناگون، زمینه برای ظهور برگه های اطلاعات ایمنی به شکل مدرن آن فراهم گردید. محققى به نام کاپلان در مقاله ای که به بررسی تاریخچه ظهور برگه های اطلاعات ایمنی پرداخته است، بیان می کند که قدیمی ترین نمونه SDS به شکل امروزی که وی مشاهده کرده است، مربوط به سال ۱۹۰۶ است. از اوایل قرن بیستم به تدریج مطالعه سیستماتیک بر روی سایر گروه های اطلاعاتی که امروز در SDSها دیده می شود آغاز شد. برای مثال اطلاعات مربوط به واکنش پذیری مواد در سال های دهه سی میلادی و اطلاعات مربوط به سمیت مواد در دهه های بعد مورد توجه محققان قرار گرفت. تلاش های صورت گرفته برای مدون و استاندارد سازی برگه های اطلاعات ایمنی به ویژه در ایالات متحده آمریکا در طول قرن بیستم منجر به ارایه اولین چارچوب رسمی تدوین SDS در قالب استاندارد مبادله اطلاعات خطر در سال ۱۹۸۳ گردید. در این استاندارد این برگه ها با نام «برگه اطلاعات ایمنی مواد» معرفی شدند. با این حال پس از انتشار سیستم هماهنگ بین المللی طبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی (GHS) در سال ۲۰۰۲ این برگه ها با نام SDS شناخته می شوند. در ایالات متحده آمریکا نیز از سال ۲۰۱۲ و همزمان با انتشار ویرایش جدید استاندارد مبادله اطلاعات خطر (HCS) که منطبق با GHS است، نام این برگه ها به SDS تغییر یافت.

۲-۳-۸- تعریف و محتوای SDS

برگه اطلاعات ایمنی سندی است که در بردارنده اطلاعاتی در زمینه اثرات سوء حاصله از تماس با مواد شیمیایی و نحوه کار با آن‌ها و همچنین خطرات احتمالی مواد شیمیایی در هنگام استفاده، انبار، حمل و نقل و جابجایی آن‌ها بوده و نیز روش‌های کاری و اقدامات فوری در هنگام وقوع خطر است. تهیه SDS جزء اصلی و ضروری در توسعه برنامه بهداشت و ایمنی در محیط‌های کاری است. اطلاعات موجود در SDS به وسیله تولیدکننده محصول فراهم شده و جامع‌تر از مطالب موجود در برچسب‌هاست. به طور کلی انتظار می‌رود که SDS پاسخگوی سؤالات زیر باشد:

- ▶ خطرات این محصول شیمیایی چیست؟
 - ▶ چگونه می‌توان این محصول را بطور ایمن مورد مصرف قرار داد؟
 - ▶ شیوه حمل و نقل و انبار صحیح این مواد چگونه است؟
 - ▶ در صورت عدم رعایت موارد و پیشنهادات ارائه شده در SDS، وقوع چه خطراتی محتمل می‌گردد؟
 - ▶ در صورت بروز حوادث حاصل از این مواد، چه اقدامات فوری باید انجام گیرد؟
 - ▶ چگونه می‌توان علائم بروز بیماری‌های حاصل از تماس بیش از اندازه را تشخیص داد؟
- تا پیش از ارایه سیستم هماهنگ بین المللی، استانداردها و فرم‌های مختلفی برای تولید SDSها وجود داشت. فرم ۸ آیتمی OSHA و فرم ۱۶ آیتمی ANSI دو نمونه از فرم‌های پرکاربرد در ایالات متحده امریکا تا پیش از این بود. همچنین در کانادا نیز فرم ۹ آیتمی موسوم به فرم قانون محصولات کنترل شده برای تهیه SDSها به کار می‌رفت. در جدول ۶-۸ آیتم‌های اطلاعاتی سه فرم مذکور ارایه شده است. هر کدام از آیتم‌ها خود دارای زیر گروه‌های اطلاعاتی مختلفی هستند.

۳-۳-۸- چارچوب تهیه برگه اطلاعات ایمنی در GHS

تا پیش از ارایه سیستم هماهنگ بین المللی، استانداردها و فرم‌های مختلفی برای تولید SDSها وجود داشت. فرم ۸ آیتمی OSHA و فرم ۱۶ آیتمی ANSI دو نمونه از فرم‌های پرکاربرد در ایالات متحده امریکا تا پیش از این بود. همچنین در کانادا نیز فرم ۹ آیتمی موسوم به فرم قانون محصولات کنترل شده^۱ برای تهیه SDSها به کار می‌رفت. در جدول ۶-۸ آیتم‌های اطلاعاتی سه فرم مذکور ارایه شده است. هر کدام از آیتم‌ها خود دارای زیر گروه‌های اطلاعاتی مختلفی هستند.

جدول ۸-۶. آیتم‌های اطلاعاتی در سه فرم قدیمی تهیه برگه‌های اطلاعات ایمنی

آیتم‌های فرم ۱۷۴-OSHA (۱۹۸۵)	آیتم‌های فرم (۱۹۸۸) CPR	آیتم‌های فرم ANSI Z۴۰۰ ۱ (۱۹۹۳)	ردیف
نام و اطلاعات تماس تولید کننده	اطلاعات محصول: نام تولید کننده، تامین کننده و معرفی کننده، آدرس و شماره تماس اضطراری	اطلاعات شناسایی محصول و شرکت تولید کننده، وارد کننده یا توزیع کننده	۱
ترکیبات خطرناک	ترکیبات خطرناک	ترکیبات و اطلاعات اجزای تشکیل دهنده	۲
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی	داده‌های فیزیکی	اطلاعات خطرات بهداشتی	۳
اطلاعات خطر آتش سوزی و انفجار	اطلاعات خطر آتش سوزی و انفجار	کمک‌های اولیه	۴
اطلاعات واکنش پذیری	اطلاعات واکنش پذیری	روش‌های مبارزه با آتش سوزی	۵
اطلاعات خطرات بهداشتی	ویژگی‌های سم شناختی	اقدامات لازم در صورت رها شدن ناگهانی محصول	۶
اقدامات احتیاطی لازم برای کاربرد ایمن	اقدامات پیشگیرانه	روش‌های نگهداری و کار با ماده	۷
اقدامات کنترلی	کمک‌های اولیه	روش‌های کنترل تماس و وسایل حفاظت فردی	۸
	اطلاعات تهیه برگه: مسئول و تاریخ تهیه اطلاعات ایمنی مواد	ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی	۹
		پایداری و واکنش پذیری	۱۰
		اطلاعات سم شناختی	۱۱
		اطلاعات اکولوژیکی	۱۲
		ملاحظات دفع ماده	۱۳
		اطلاعات حمل و نقل	۱۴
		اطلاعات قانونی	۱۵
		سایر اطلاعات	۱۶

در سال ۲۰۰۲ GHS فورمت تهیه SDSها را بر مبنای استاندارد ۱۶ آیتمی ANSI معرفی کرد. بنابراین بسیاری از کشورها اقدام به تغییر فورمت تهیه SDSها و انطباق آن با الزامات GHS کردند. برای مثال در

امریکا فورمت تهیه SDS در استاندارد HCS از سال ۲۰۱۲ با GHS منطبق شده است. در کانادا نیز این تغییر ایجاد شد. در اروپا و انگلستان فورمت تهیه SDSها در قوانین CLP و REACH با GHS هماهنگ شده است. همچنین سازمان جهانی استاندارد (ISO) نیز که در سال ۹۴ میلادی استاندارد را با عنوان «برگه اطلاعات ایمنی برای محصولات شیمیایی: محتوا و ترتیب بخش‌ها» ارایه کرده بود با ویرایش آن در سال ۲۰۰۹ بر مبنای ویرایش سال ۲۰۰۷ GHS استاندارد جدیدی را با کد ISO 11014 منتشر کرد. بنابراین با توجه به همسان‌سازی فورمت تهیه SDSها در اغلب نقاط دنیا در ادامه به بررسی دقیق آیت‌های اطلاعاتی SDS پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است که با وجود تشابه و هماهنگی ایجاد شده در فورمت SDSها در دنیا، در متن این قوانین تفاوت‌هایی در میان کشورهای مختلف وجود دارد. برای نمونه درج اطلاعات تماس الکترونیکی (ایمیل) مشخصات تولیدکننده محصول، دوره زمانی به روزآوری SDS، زبان انتشار و مقررات مربوط به تغییرات ناگهانی و لزوم اطلاع‌رسانی به مصرف‌کنندگان در قوانین اتحادیه اروپایی، کانادا و امریکا تفاوت‌هایی با همدیگر دارند.

۴-۳-۸- چارچوب تهیه برگه اطلاعات ایمنی در GHS

بر اساس راهنمای GHS برای تمامی موادی که مشمول طبقه بندی خطرات فیزیکی، بهداشتی و زیست محیطی می‌شوند باید SDS تهیه گردد. همچنین برای موادی که درون خود دارای ترکیباتی با پتانسیل سرطان‌زایی، سمیت تولید مثلی یا سمیت خاص برای ارگان‌های بدن بوده و مقدار آن‌ها بیش از «حدود مرزی»^۱ تعیین شده در راهنمای GHS است، باید SDS تهیه گردد. همچنین بر اساس این راهنما ممکن است مراجع ذیصلاح تهیه SDS برای موادی که در طبقه‌بندی خطرات GHS قرار نمی‌گیرند ولی دارای ترکیبات خطرناک با غلظت زیاد درون خود هستند، الزامی نمایند.

اطلاعات SDS باید در ۱۶ آیت^۲ و به ترتیب ارایه شده در جدول ۷-۸ تهیه گردند. در این جدول زیربخش‌های هر آیت نیز ارایه شده است.

جدول ۷-۸. چارچوب اطلاعات SDS در سیستم هماهنگی بین المللی

- ۱- شناسایی محصول و فروشنده:
 - الف) شناسه GHS محصول (ب) سایر شناسه‌ها
 - ج) روش کاربرد محصول و محدودیت‌های کاربرد
 - د) مشخصات تامین کننده (نام، آدرس، شماره تلفن و غیره)
 - ه) شماره تلفن اضطراری
- ۲- شناسایی خطر
 - الف) طبقه بندی GHS ماده یا مخلوط و هرگونه اطلاعات ملی و منطقه‌ای
 - ب) جزئیات برچسب GHS شامل عبارات احتیاط (علائم خطر می‌تواند به صورت گرافیکی سیاه و سفید یا نام علامت، مانند «شعله»، درج شود)
 - ج) سایر خطرانی که نمی‌توان آن‌ها را در طبقه بندی‌های GHS قرار داد (مانند خطر انفجار گرد و غبار) و یا GHS در مورد آن‌ها حرفی زده است.
- ۳- ترکیب و اطلاعات اجزای تشکیل دهنده ماده
 - الف) ماهیت شیمیایی (ب) نام رایج، سایر نام‌ها، و غیره
 - ج) شماره CAS و سایر شناسه‌های مربوط به ماده
 - د) ناخالصی‌ها و افزودنی‌هایی که خود طبقه بندی می‌شوند و یا به طبقه بندی بهتر ماده کمک می‌کنند.

▶ مخلوط: ماهیت و غلظت ماده شیمیایی و محدوده غلظت تمام اجزایی که خطرناک محسوب شده و مقدار آن‌ها بیش از حدود مرزی تعیین شده است.
- ۴- کمک‌های اولیه
 - الف) توضیح کمک‌های اولیه ضروری به تفکیک مسیر تماس شامل تماس تنفسی، پوستی و چشمی و بلعیدن
 - ب) مهم‌ترین علائم و نشانه‌های تماس، حاد و تاخیری
 - ج) وضعیت‌های نیازمند درمان پزشکی فوری یا درمان‌های خاص
- ۵- روش‌های مبارزه با آتش سوزی
 - الف) مواد اطفایی مناسب (و نامناسب) برای ماده
 - ب) خطرات ویژه ناشی از سوختن ماده
 - ج) تجهیزات حفاظت فردی ویژه و اقدامات احتیاطی مربوط به آتش نشانان
- ۶- اقدامات لازم در صورت رها شدن ناگهانی محصول
 - الف) احتیاط‌های فردی، تجهیزات حفاظتی و دستورالعمل‌های اقدام اضطراری
 - ب) احتیاط‌های زیست محیطی
 - ج) روش‌ها و مواد مربوط به محدود کردن ریزش و پاکسازی محیط
- ۷- روش‌های نگهداری و کار با ماده
 - الف) احتیاط‌های مربوط به کاربرد ایمن محصول
 - ب) شرایط نگهداری ایمن محصول با ذکر نام مواد ناسازگار
- ۸- روش‌های کنترل تماس و وسایل حفاظت فردی
 - الف) شاخص‌های کنترل مانند حدود مجاز تماس شغلی یا حدود مجاز بیولوژیکی
 - ب) کنترل‌های مهندسی مناسب (ج) روش‌های حفاظت فردی مانند نوع وسیله حفاظت فردی مناسب

ادامه جدول ۷-۸. چارچوب اطلاعات SDS در سیستم هماهنگی بین المللی

۹- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

الف) ظاهر (حالت فیزیکی، رنگ و غیره) (ب) بو (ج) حد تشخیص بو (د) pH (ه) نقطه ذوب یا نقطه انجماد (و) نقطه جوش اولیه و محدوده جوش (ز) نقطه شعله زنی (ح) نرخ تبخیر (ط) قابلیت آتش گیری (جامد، گاز) (ی) حدود بالا و پایین آتش گیری یا انفجار (ک) فشار بخار (ل) دانسیته بخار (م) دانسیته نسبی (ن) قابلیت انحلال (س) ضریب تقسیم: ان اکتانول به آب (ع) دمای خود اشتعالی (ف) دمای تجزیه (ص) ویسکوزیته

۱۰- پایداری و واکنش پذیری

الف) واکنش پذیری (ب) پایداری شیمیایی (ج) احتمال واکنش های خطرناک (د) پرهیز از شرایط خطرناک (تخلیه الکتریکی ساکن، ضربه یا ارتعاش) (ه) مواد ناسازگار با محصول (ز) مواد خطرناک حاصل از تجزیه محصول

۱۱- اطلاعات سم شناختی

توصیف مختصر ولی کامل و جامعی از اثرات سم شناختی مختلف محصول بر سلامت و اطلاعات در دسترس لازم برای شناسایی این اثرات شامل:

الف) اطلاعاتی در مورد مسیرهای تماس احتمالی (تنفس، بلع، پوست و تماس چشمی)

ب) نشانه های بدنی مرتبط با ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و سم شناختی ماده (ج) معیارهای عددی سمیت ماده (مانند برآوردهای مربوط به سمیت حاد)

۱۲- اطلاعات زیست محیطی

الف) سمیت محیط زیستی (آبی، خاکی؛ در صورت وجود اطلاعات) (ب) بقاء و تجزیه پذیری در محیط زیست (ج) پتانسیل تجمع پذیری زیستی (د) سیالیت در خاک (ه) سایر اثرات زیان بار

۱۳- ملاحظات دفع ماده

توصیف پسماندهای باقیمانده از محصول و روش های ایمن دفع ماده مانند دفع ظروف و بسته بندی های محصول

۱۴- اطلاعات حمل و نقل

الف) شماره UN (ب) نام UN مناسب برای حمل و نقل (ج) کلاس خطر حمل و نقل (د) گروه بسته بندی (در صورت شمول) (ه) خطرات زیست محیطی (مانند آلایندهی دریایی، بله یا خیر) (و) الزامات حمل و نقل حجمی (بر اساس کنوانسیون MARPOL) (ز) احتیاط های ویژه مربوط به حمل و نقل و جا به جایی که باید مصرف کننده در آن آگاه بوده یا آن را رعایت کند.

۱۵- اطلاعات قانونی

قوانین ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی که این محصول تحت پوشش آنان قرار می گیرد.

۱۶- سایر اطلاعات شامل اطلاعاتی در مورد تهیه و بازنگاری SDS

اطلاعات مورد نیاز در این قسمت درج می شود.

همه بخش‌ها در SDS باید کامل باشد. البته وجود عباراتی مانند «اطلاعات فراهم نشده است» و یا «اطلاعات موجود کافی نیست» پذیرفتنی است، اما بخش خالی و بدون نوشته نباید پذیرفته شود. تولیدکننده و مصرف‌کننده موظف‌اند کامل بودن SDS و به‌روزی بودن آن را ارزیابی کنند. می‌توان SDS را به صورت کتابچه و یا به صورت رایانه‌ای تهیه کرد. به هر روی، مهم‌ترین موضوع آن است که کارگران بتوانند به سادگی و به سهولت از SDS استفاده نمایند.

باید توجه داشت، گاهی ممکن است عملیات فرایند موجب تولید مواد شیمیایی خطرناک شوند و احتمال تماس کارگر با آن مواد وجود داشته باشد، در این حالت، کارفرما یک تولیدکننده به حساب می‌آید و باید SDS ماده مورد نظر را تهیه کند. برای نمونه، در هنگام جوشکاری، دودهای فلزی ایجاد می‌شود که ممکن است، تماس با آن برای کارگر خطرناک باشد. در این صورت، کارفرما موظف است SDS مربوط به دودهای فلزی را تهیه کند و در اختیار کارگران بگذارد. باید خاطر نشان کرد که موادی که در آزمایشگاه‌ها به‌وجود می‌آیند و یک محصول جدید هستند، از این قاعده پیروی نمی‌کنند. در پیوست ۲ نمونه‌ای از SDS تهیه شده در چارچوب GHS ارائه شده است.

● ۴-۸ پایگاه‌های الکترونیک اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی

در دو دهه اخیر با گسترش فضای مجازی و افزایش دسترسی به اینترنت امکان استفاده از بانک‌های اطلاعاتی که برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد را در اختیار کاربران قرار می‌دهند فراهم شده است. همچنین امکان استفاده از نرم‌افزارهای آفلاین این اطلاعات نیز وجود دارد. به ویژه از ابتدای دهه دوم قرن جاری و با ظهور تدریجی تجهیزات ارتباطی قابل حمل هوشمند مانند تلفن همراه و تبلت امکان دسترسی به اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی در هر زمان و هر مکان فراهم شده است. علاوه بر سایت‌های اینترنتی امروزه برنامه‌های نرم‌افزاری بسیار سودمندی نیز عرضه شده است که علاوه بر اطلاعات مختصر برگه‌های اطلاعات ایمنی، اطلاعات دیگری نیز درباره مواد شیمیایی به صورت آفلاین در اختیار کاربران قرار می‌دهند. دو برنامه WISER و ERG 2012 به زبان انگلیسی و HazMat به زبان فارسی و انگلیسی تحت سیستم عامل اندروید قابل نصب و بهره‌برداری است.

● ۵-۸ راهنمای عملی برای کارگران و کارفرمایان

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ برچسب‌های موجود روی ظروف صنعت مورد بازرسی را از نظر انطباق با الزامات GHS بررسی و گزارش کنید.
- ▶ برگه‌های اطلاعات ایمنی موجود در صنعت مورد بازرسی را از نظر انطباق با الزامات SDS‌های مورد تایید GHS بررسی و گزارش کنید.

▶ تعداد SDS های موجود در صنعت را با فهرست inventory صنعت انطباق داده و نتیجه را گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ برنامه مدون تغییر و اصلاح برچسب زنی ظروف مطابق با الزامات GHS را تدوین و پیاده‌سازی کنید.
- ▶ برنامه مدون بروزرسانی و تکمیل SDS های موجود در صنعت مطابق با الزامات GHS را تدوین و پیاده‌سازی کنید.
- ▶ برنامه ایجاد بانک داده‌های SDS الکترونیکی را تدوین و حمایت کارفرما پیاده‌سازی کنید.

۹

فصل نهم

ظروف و بسته‌بندی

مواد شیمیایی

ظروف و بسته بندی مواد شیمیایی

۹-۱ بسته بندی و ظروف نگهداری مواد شیمیایی

ظروف و مخازن برای نگهداری، باربری و بارگیری آسان تر مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند. ظروف نگهداری مواد شیمیایی، گستره بزرگی از بطری های کوچک پلاستیکی تا مخازن ثابت صدها هزار لیتری را شامل می شوند. یکی از مهم ترین مسائل در شناخت خطرات مواد شیمیایی، شکل و اندازه ظرف محتوی ماده شیمیایی است. شکل و جنس ظرف ماده شیمیایی می تواند تا حدودی نشان دهنده نوع ماده درون آن نیز باشد. همچنین اندازه ظرف نیز مقدار حدودی ماده شیمیایی را مشخص خواهد کرد. نگهداری برخی از مواد شیمیایی به دلیل ویژگی های فیزیکی شیمیایی آنها نیازمند ظروف ویژه ای است. این ظروف مانند مخازن تحت فشار و مخازن تبریدی دارای شکل های خاصی هستند تا بتوانند ماده درون خود را در بهترین و ایمن ترین شرایط نگهدارند. وزارت حمل و نقل آمریکا، «بسته بندی ۱» را به عنوان ظرف یا محفظه ای تعریف می کند که ممکن است به یک بسته بندی یا ظرف بیرونی یا جزء دیگری نیاز داشته باشد تا بتواند ضمن فراهم آوردن الزامات بسته بندی مواد، به خوبی از محتوای ظرف نگهداری نماید. استانداردها و قوانین مربوط به ظروف بسته بندی و نگهداری مواد شیمیایی جهت حمل و نقل با استانداردهای ظروف و مخازن ثابت مورد استفاده در فرایندها متفاوت است. برای نمونه در آمریکا، استانداردهای مربوط به بسته بندی مواد شیمیایی توسط وزارت حمل و نقل ارائه می شوند در حالی که استانداردهای مربوط به ساخت مخازن فولادی ذخیره سازی مشتقات نفتی توسط سازمان های دیگری مانند «انستیتو نفت آمریکا»^۲ ارائه می شوند.

بسته بندی به سه دسته کلی تقسیم می شود:

۱. بسته بندی کوچک و کم حجم^۳

۱- Packaging

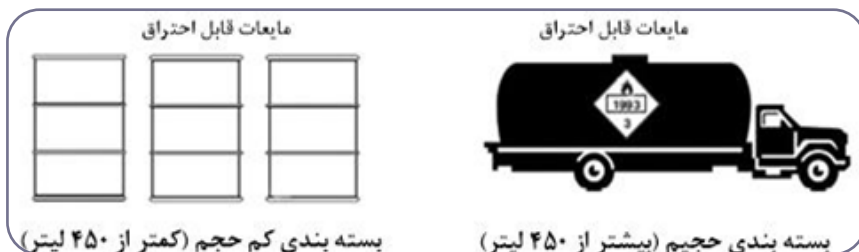
۲- American Petroleum Institute (API)

۳-Non-bulk packaging

۲. بسته‌بندی حجیم^۱

۳. سیستم‌های تاسیساتی حاوی مواد شیمیایی^۲

در شکل ۱-۹ تفاوت بسته‌بندی کم حجم و بسته‌بندی حجیم به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۱-۹. بسته‌بندی کم حجم و حجیم

● ۹-۲ بسته‌بندی کوچک و کم حجم

بنا به تعریف DOT ظروف کوچک بسته‌بندی به ظروفی گفته می‌شود که ظرفیت آن‌ها برای نگهداری مایعات ۴۵۰ لیتر یا کمتر، جامدات ۴۰۰ کیلوگرم یا کمتر (یا حجم ۴۵۰ لیتر و کمتر) و گازهای فشرده ۴۵۴ کیلوگرم آب یا کمتر باشد. نگهداری و بسته‌بندی مواد شیمیایی در ظروف کوچک به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. بسته‌بندی منفرد یا تکی: بسته‌بندی این ظروف به جز جداره آن‌ها، جزء دیگری ندارد. انواع استوانه‌ها^۲، بشکه‌ها^۴، دبه‌ها^۵، قرابه‌ها^۶ (تتگ)، کیسه‌ها^۷ و سیلندرها^۸ از انواع ظروف مورد استفاده در بسته‌بندی تکی به شمار می‌روند (شکل ۲-۹).

۲. بسته‌بندی ترکیبی: در این نوع بسته‌بندی حداقل دو جزء وجود دارد که شامل یک ظرف و یک بسته‌بندی خارجی که ظرف حاوی ماده شیمیایی درون آن قرار می‌گیرد. بطری‌های شیشه‌ای حاوی مواد شیمیایی که درون یک کارتن مقوایی قرار گرفته و درون کارتن و در اطراف شیشه مواد ضربه گیر گذاشته شده است، نمونه‌ای از بسته‌بندی ترکیبی است (شکل ۳-۹).

۳. بسته‌بندی مرکب: در این نوع بسته‌بندی، بسته درونی و بیرونی از هم جدا نبوده و با همدیگر یک محفظه منفرد را ایجاد می‌کنند.

۱- Bulk packaging

۲- Facility containment systems

۳-Drum

۴- Barrel

۵-Jerrican

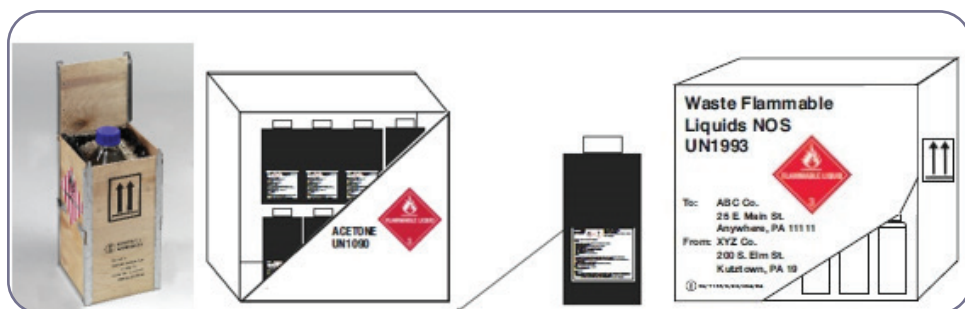
۶-Carboy

۷-Bag

۸-Cylinder

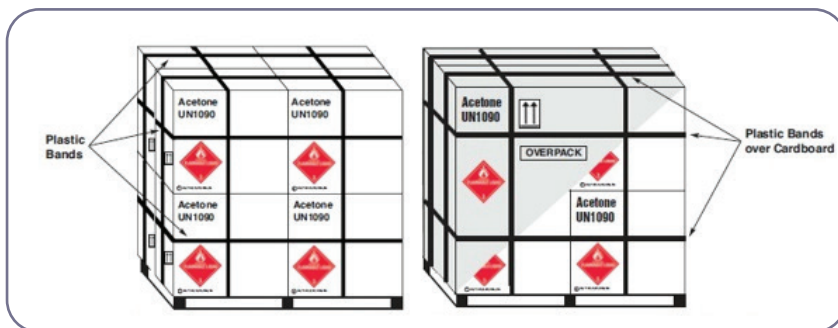


شکل ۲-۹. نمونه‌هایی از بسته‌بندی‌های منفرد



شکل ۳-۹. نمونه‌هایی از بسته‌بندی ترکیبی

بسته‌ها و ظروف کم حجم مواد شیمیایی به منظور حمل و نقل درون خودروها، کشتی‌ها و کانتینرها، پالت‌بندی شده و پوشش‌های محافظ بر روی آن‌ها کشیده می‌شود. در شکل ۴-۹ دو نمونه از پالت‌بندی جعبه‌های حاوی مواد شیمیایی با استفاده از نوارهای پلاستیکی و پوشش مقوایی به همراه نوار نشان‌داده شده است.



شکل ۴-۹. پالت‌بندی جعبه با استفاده از نوار (راست) و پوشش مقوایی و نوار (سمت چپ)

شکل فیزیکی مواد نیز تا حدودی تعیین کننده ظرف مناسب آن خواهد بود. مواد جامد به طور معمول در بشکه‌های چوبی یا آهنی با دیواره موج دار بسته‌بندی و نگهداری می‌شود. گاهی نیز ممکن است در پاکت‌های کاغذی یا پلاستیکی (حداکثر تا ۵۰ کیلوگرم) یا ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی شوند. مایعات در ظروف شیشه‌ای یا پلاستیکی کوچک و یا در مخزن‌های بزرگ نگهداری یا از طریق لوله منتقل می‌شوند. نگهداری و حمل و نقل مایعاتی که فشار بخار آن‌ها بالاست در ظروف سرد صورت می‌پذیرد. از سوی دیگر، مایعاتی با خاصیت لخته و جامد شدن در اثر سرما در ظروف گرم نگهداری می‌شوند. در این ظروف از سیم‌پیچهایی در اطراف، زیر یا در میان ظرف برای گرم نگه‌داشتن مایع استفاده می‌شود. گازها نیز در سیلندرها یا مخزن‌های کوچک یا مخزن‌های بزرگ نگهداری و حمل می‌شوند. گاهی نیز برای جابه‌جایی آن‌ها از لوله استفاده می‌شود. مخازن مورد استفاده برای نگهداری گازها به ویژه گازهای مایع شده عموماً به شکل مخازن کروی است. البته از مخازن مکعبی نیز استفاده می‌شود. در مخازن مکعبی قسمت پایین دیواره‌ها به دلیل افزایش مقاومت جداره در برابر فشار بیشتر در این نقاط (فشار در هر نقطه از مخزن برابر با حاصل ضرب وزن مخصوص مایع در ارتفاع مایع تا آن نقطه است.)، ضخیم‌تر خواهد بود.

۳-۹ شرایط بسته‌بندی و درج اطلاعات روی بسته‌های کالاهای خطرناک

بر روی بسته‌بندی جعبه‌های کوچک حمل مواد شیمیایی برخی اطلاعات جهت تعیین نوع ماده شیمیایی درون جعبه‌ها، نوع خطرات آن‌ها و نیز نوع بسته‌بندی ماده شیمیایی ارائه می‌شود. در استاندارد DOT اطلاعات به سه شکل برجسب، پلاکارد و علامت بر روی بسته‌های مواد شیمیایی درج می‌شوند. برجسب‌ها نشانگرهای استاندارد مواد و کالاهای خطرناک هستند که بر روی بسته‌بندی کوچک و گاه مخازن ثابت نصب می‌شوند. به انواع بزرگتر و مقاوم‌تر برجسب‌ها که بر روی مخازن بزرگ و تانکرهای حمل مواد شیمیایی نصب می‌شوند، پلاکارد گفته می‌شود. علامت‌ها به سایر علائم، کدها و برجسب‌هایی اطلاق می‌شود که در جریان حمل مواد بر روی بسته‌ها چاپ یا چسبانده می‌شوند و اطلاعات افزون‌تری را در خصوص محتوای بسته ارائه می‌دهند. وسایل نقلیه‌ی بزرگی که مقادیر محدودی از کالاهای خطرناک را حمل می‌کنند باید علامت نشان داده شده در شکل ۵-۹ را در جلو و عقب خودرو نصب نمایند. همچنین علامت نشان داده شده در شکل ۶-۹ باید بر روی جعبه کالاهای خطرناکی از طریق هوایی منتقل می‌شوند چسبانده شود.



شکل ۵-۹. علامت ویژه «حاوی مقدار محدود کالای خطرناک در حمل و

نقل هوایی»



شکل ۴-۵. علامت ویژه «حاوی مقدار محدود کالای خطرناک در حمل و

نقل زمینی»

در ادامه سیستم علامت‌زنی سازمان ملل (UN) برای تعیین ویژگی‌های بسته‌بندی و کالای درون آن که بر روی بسته‌های حاوی مواد شیمیایی چاپ یا چسبانده می‌شوند، معرفی شده است. در سیستم علامت‌زنی UN شش گُذ که با یک علامت / (ممیز) از هم جدا شده‌اند وجود دارد. در سمت چپ این کد نیز دایره‌ای که درون آن حروف U و N نوشته شده‌اند وجود دارد. در شکل ۷-۹ نمونه‌ای از کدهای سیستم علامت‌زنی UN نشان داده شده است. مفهوم هر یک از کدها در جدول ۱-۹ ارایه شده است. در این جدول مفهوم هر کد از سمت چپ (که با ممیز از کد کناری آن تفکیک شده است) به ترتیب ذکر شده است.



شکل ۹-۵. یک نمونه از سیستم علامت‌زنی سازمان ملل روی بسته‌های کالاهای خطرناک

جدول ۱-۹. جدول شناسایی سیستم کدگذاری سازمان ملل برای بسته بندی کالاهای خطرناک

توصیف			جزء	
۵. کیسه	۳. ۲۰ لیتری	۱. استوانه	شکل ظرف	کد شناسایی بسته بندی
۶. بسته بندی مرکب	۴. جعبه یا صندوق	۲. بشکه		
A. فولاد B. آلومینیوم C. چوب طبیعی D. تخته چندلایی F. تخته نئوپان G. مقوا H. پلاستیک L. پارچه M. کاغذ N. فلزات به جز فولاد و آلومینیم P. شیشه، سرامیک یا سفال			جنس ظرف	
۱. در بسته (بدون دریچه) ۲. درباز (با دریچه)			دسته	

X. گروه بسته بندی I، II و III Y. گروه بسته بندی II و III Z. گروه بسته بندی III		گروه بسته بندی (PG)	ویژگی ماده
باید حداکثر وزن خالص جامدات یا بسته بندهایی که دارای بسته بندی داخلی هستند بر حسب کیلوگرم نوشته شود.	حداکثر وزن خالص	حداکثر وزن خالص یا وزن مخصوص	
باید وزن مخصوص ماده شیمیایی در بسته بندی های منفرد حاوی مایعات تا یک رقم اعشار نوشته شود.	وزن مخصوص		
بعد از وزن خالص باید یک S بزرگ نوشته شود.	جامدات	جامدات یا بسته بندی داخلی	
فشار تست هیدرواستاتیک ظروف حاوی مایعات باید بر حسب کیلو پاسکال نوشته شود (عدد می تواند تا نزدیکترین ۱۰ کیلو پاسکال گرد شود).	مایعات		
سال ساخت و بسته بندی ماده نوشته می شود (دورقم آخر سال، مثلاً ۱۵ یعنی سال ۲۰۱۵).		سال ساخت	
		حروف اختصاری کشور تولید کننده ماده نوشته می شود.	محل ساخت
		کد مورد تایید سازمان ملل برای شرکت یا کارخانه سازنده نوشته می شود.	کد تولید کننده

در شکل ۸-۹ دو نمونه از بسته بندی های مواد شیمیایی دارای اطلاعات سیستم علامت زنی UN بر روی آنها نشان داده شده است.



شکل ۸-۹. دو نمونه از شیوه ارائه صحیح اطلاعات کالاهاى خطرناک بر روی بسته بندی

برخی از شرایط ایمنی عمومی برای بسته بندی کالاهای خطرناک عبارتند از:

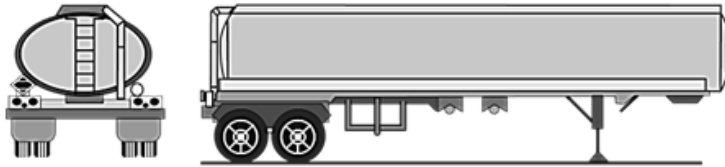
- ▶ فرستنده موظف است کلیه شرایط و مقررات بسته بندی مواد شیمیایی را مطابق دستورالعملهای مربوط به هر کلاس از جمله موارد زیر را دقیقاً رعایت کند.
- ▶ بسته بندی باید به گونه ای باشد که در شرایط طبیعی و عادی حمل مانع خروج محتویات به بیرون شده و چنان مستحکم باشد که در هنگام حمل شل نشده و فشارهای معمول را تحمل کند.
- ▶ چنانچه بسته بندی مواد خطرناک طبق مقررات با یکدیگر و با سایر بارها مجاز شمرده شده باشد باید ظروف داخلی آن‌ها متفاوت و جدا از هم در یک بسته قرار گیرند و تمهیداتی نیز اندیشیده شود تا در صورت خرابی، نشت و یا نابودی ظروف داخلی واکنش خطرناک رخ ندهد.
- ▶ مواد سازنده ظرف و درپچه های آن نباید در معرض تاثیر مضر محتویات بوده و در هنگام تماس با آن نباید هیچگونه ترکیب خطرناکی بوجود آورد.
- ▶ در صورتیکه مخازن با مواد پر شده باشند باید مقداری فضای خالی در بالای مخزن برای اثر انبساط مایع در نظر گرفت تا در اثر حرارت در طول حمل و نقل باعث خروج مایع و یا تغییر شکل مخزن نشود.
- ▶ مخازن شیشه ای نباید دارای نقصی باشند که میزان استحکامشان را تقلیل دهد. درپچه های مخازن باید به منظور جلوگیری از شل شدن دارای تجهیزات اضافی (مثل نصب کلاهک، محافظه بند، و محکم کردن) باشند.
- ▶ در بسته بندی کلاس ۱ (مواد منفجره) میخها، گیره ها، و قطعات محکم کننده ای که از جنس فلز هستند باید دارای پوشش محافظتی باشند.
- ▶ بسته بندی های داخلی باید طوری در بسته بندی های خارجی جای گیرند که در شرایط عادی از شکستن و سوراخ شدن آن جلوگیری گردد.
- ▶ بسته بندی های مخصوص مواد جامدی که در دمای مناسب امکان تبدیل آن‌ها به مایع وجود دارد باید آن ماده را در حالت مایع حمل کرد.
- ▶ مواد محلول در آب باید در ظروف مقاوم در برابر آب بسته بندی گردند.
- ▶ مواد و فرآورده های خطرناک در صورتی برای بسته بندی (بارگیری) مشترک مجاز شمرده می شوند که استعداد انجام واکنش خطرناک با یکدیگر نداشته باشند.

● ۹-۴ بسته بندی حجیم

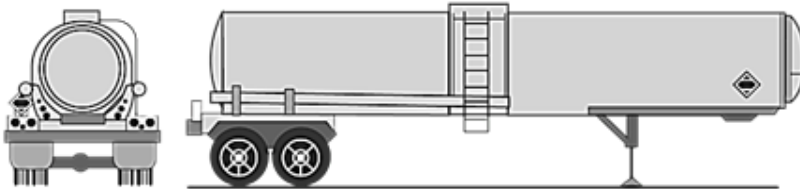
ظروف بسته بندی بزرگ شامل وسایل ویژه حمل و نقل هستند که ظرفیت آن‌ها برای حمل جامدات، مایعات و گازها بیش از مقادیر ذکر شده برای ظروف کوچک است. ظروف و بسته های بزرگ می توانند بخشی از خودرو باشند (مانند انواع تانکرها) و یا این که در داخل یا بر روی قسمت بارکش وسیله نقلیه گذاشته شوند (مانند کانتینرهای مخزنی). همچنین مخازن ذخیره حجمی برای حمل و نقل ریلی نیز وجود دارند که در این راهنما در مورد آن‌ها بحث نمی شود. در ادامه مخازن ذخیره حجمی برای حمل و نقل جاده ای (تانکرها) معرفی می شوند. بر اساس دسته بندی وزارت حمل و نقل امریکا چهار نوع تریلی مخزن دار (تانکر)

ویژه حمل مواد شیمیایی خطرناک وجود دارد. این چهار نوع عبارتند از:

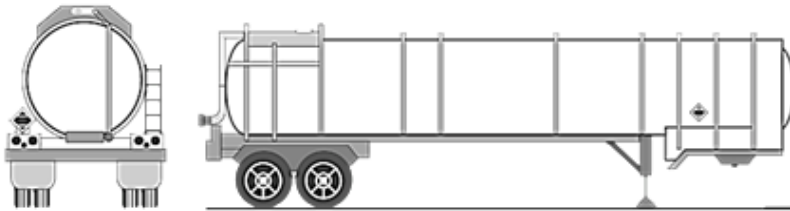
۱. تانکرهای حمل بنزین (در امریکا با کد $MC/406 DOT$ / 306 شناسایی می شود).
 ۲. تانکرهای حمل مواد شیمیایی (در امریکا با کد $MC/407 DOT$ / 307 شناسایی می شود).
 ۳. تانکرهای حمل مواد خورنده (در امریکا با کد $MC/412 DOT$ / 312 شناسایی می شود).
 ۴. تانکرهای حمل گازهای تحت فشار مایع (در امریکا با کد MC / 331 شناسایی می شود).
- در شکل ۹-۹ طرح شماتیک این تانکرها نشان داده شده است.



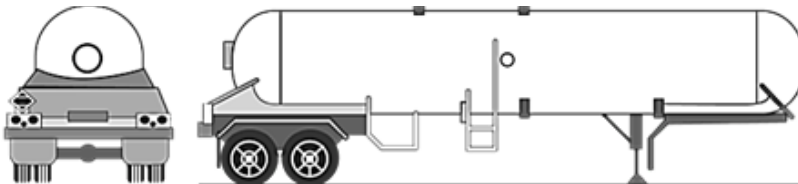
تانکر حمل بنزین



تانکر حمل مواد شیمیایی



تانکر حمل مواد خورنده

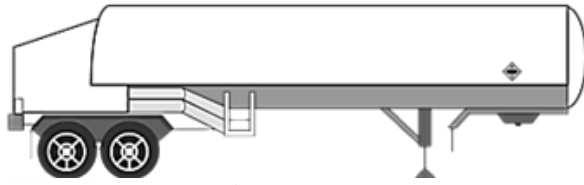
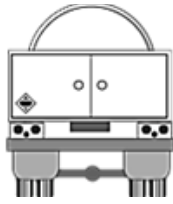


تانکر حمل گازهای تحت فشار مایع

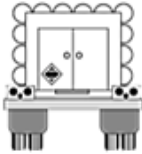
شکل ۹-۹. انواع تانکرهای حمل مواد شیمیایی

البته تانکرهای دیگری نیز برای کاربردهای خاص وجود دارند. برای نمونه در شکل ۹-۱۰ تانکرهای

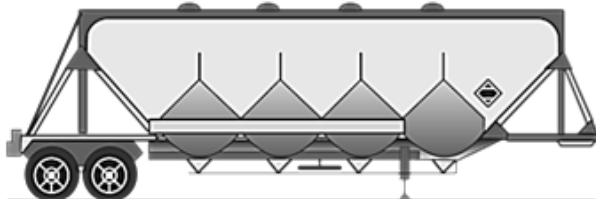
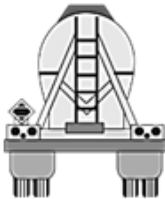
حمل مواد مبرد، تانکرهای سیلندری تحت فشار و تانکرهای حمل مواد خشک نشان داده شده‌اند.



تانکر حمل مواد مبرد



تانکر سیلندری تحت فشار



تانکر حمل مواد خشک

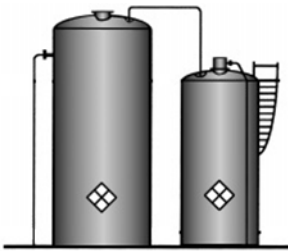
شکل ۹-۱۰. انواع تانکرهای حمل مواد شیمیایی

● ۹-۴ سیستم‌های تاسیساتی حاوی مواد شیمیایی

این سیستم‌ها به ظروف، مخازن و تاسیسات ثابتی اشاره می‌کند که جزئی از فرآیند تولید مواد شیمیایی هستند. این سیستم‌ها بسیار متنوع بوده و بسته به ماهیت فرآیند از صنعتی به صنعت دیگر متفاوت هستند. مخازن تحت فشار و معمولی، برج‌های فرآیندی، رآکتورهای شیمیایی، لوله‌ها، پمپ‌ها، مبدل‌ها و برخی از ماشین‌آلات مخزنی از انواع سیستم‌های تاسیساتی حاوی مواد شیمیایی هستند. انواع مختلفی از مخازن بزرگ ذخیره مواد شیمیایی در صنایع فرآیندی و کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر یک از این مخازن با توجه به ویژگی‌های شکلی خود برای مواد معینی مورد استفاده می‌گیرند. در ادامه دسته‌بندی انواع مخازن و کاربردهای هر یک توضیح داده می‌شوند.

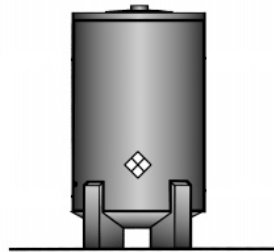
۱-۴-۹ مخازن در صنایع فرآیندی

مخزن‌های محصولات سبک و میان‌تقطیر به رنگ سفید رنگ‌آمیزی می‌شود تا کمترین گرما را از محیط و انرژی تابشی آفتاب جذب کرده دمای محتوای مخزن‌ها در کمترین اندازه ممکن نگه‌داشته می‌شود. در نتیجه مقدار تبخیر و هدررفت مواد سبک نفتی کمتر شده شرایط خطرناکی در بالای مخزن پدید نمی‌آید. هنگام نقل و انتقال مواد نفتی آتش‌زادو عامل سبب بارور شدن مخزن با الکتریسیته ساکن می‌گردد. یکی پخش مایعات به قطرات کوچک و دیگری اصطکاک مایعات هنگام جریان در خطوط لوله. پس از ورود مایع به مخزن و باروری مخزن از دوراه بالا، حتی جرقه کوچکی در مخلوط بخارات نفتی و هوای موجود در بالای مخزن، سبب انفجار و آتش‌سوزی می‌شود. بنابراین، دیواره همه مخزن باید به وسیله سیم به زمین متصل شود. کار این سیم هدایت بار الکتریسیته ساکن از مخزن به زمین و جلوگیری از تراکم الکتریسیته در بدنه مخزن می‌باشد. تبخیر مایعات آتش‌گیر، مانند هیدروکربن‌های سبک نفتی، موجب تشکیل ابری از بخارات آتش‌گیر می‌شود و ریسک آتش‌سوزی را به شدت افزایش می‌دهد. بنابراین ذخیره‌سازی چنین مایعاتی در مخازن سقف شناور الزامی است. قرار گرفتن سقف شناور روی سطح مایع موجب می‌شود که فشار بر سطح مایع زیاد شود. افزایش فشار از میزان فراریت ماده ذخیره‌شده می‌کاهد. زیرا، افزایش فشار روی سطح سیال نسبت به فشار بخار مایع باعث جلوگیری از تبخیر مایع می‌شود. در شکل ۹-۱۱ طرح شماتیک برخی از مخازن و برخی از مواد قابل نگهداری درون آن‌ها نشان داده شده‌اند

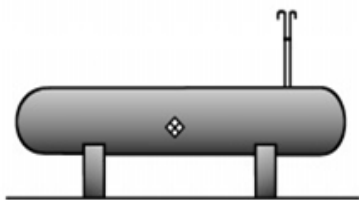


مناسب برای نگهداری مایعات قابل اشتعال و قابل احتراق، کودهای شیمیایی، حلال‌های

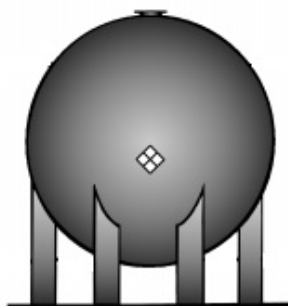
شیمیایی و ...



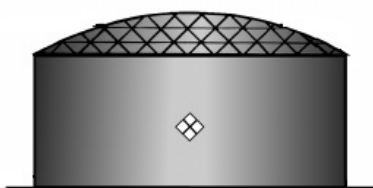
مناسب برای نگهداری اکسیژن مایع، نیتروژن مایع، دی‌اکسید کربن مایع و ...



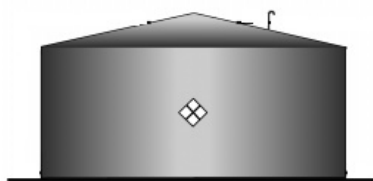
مناسب برای نگهداری گاز تحت فشار مایع، آمونیاک بی‌آب، مایعات قابل اشتعال با فشار بخار بالا



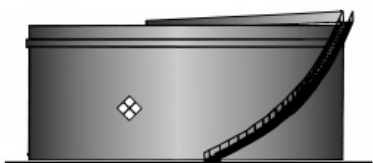
مناسب برای نگهداری گاز مایع تحت فشار (LPG)



مناسب برای نگهداری مایعات قابل اشتعال



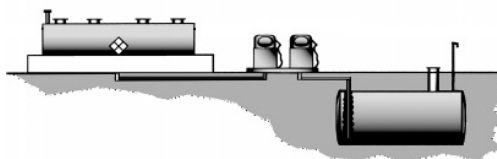
مناسب برای نگهداری مایعات قابل اشتعال، قابل احتراق و خورنده



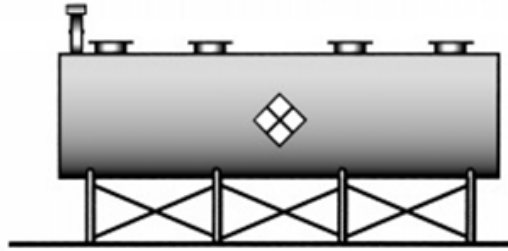
مناسب برای نگهداری مایعات قابل اشتعال و قابل احتراق



مناسب برای نگهداری مایعات قابل اشتعال و قابل احتراق



مخزن زیرزمینی ذخیره مایعات نفتی



مخزن افقی

شکل ۹-۱۱. برخی از مخازن ذخیره مواد شیمیایی و کاربردهای آن در نگهداری مواد مختلف

۹-۶ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ اجرای سیستم علامت‌زنی UN روی بسته‌های مواد شیمیایی را در هنگام بازرسی، بررسی و گزارش کنید.
- ▶ وضعیت ایمنی ظروف کم حجم نگهداری مواد شیمیایی را بررسی و مطابق با الزامات مندرج در این راهنما گزارش کنید.
- ▶ وضعیت نگهداری مواد شیمیایی در مخازن را بررسی و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ برنامه رعایت استاندارد علامت‌زنی UN در صنعت را بررسی و در صورت لزوم مطابق با الزامات این راهنما، اجرایی نمایید.
- ▶ برنامه مدون بازرسی داخلی و ارتقاء سطح ایمنی بسته‌بندی کم حجم و حجیم مواد شیمیایی را مطابق الزامات این راهنما تدوین و پیاده‌سازی کنید.

۱۰

فصل دهم

انبارداری ایمن

مواد شیمیایی

نگهداری ایمن مواد شیمیایی

۱-۱۰ مقدمه

بسیاری از مواد شیمیایی الزامات معینی در خصوص دمای محل نگهداری، طول مدت نگهداری و فاصله آن‌ها با مواد شیمیایی دیگر دارند. برای نگهداری ایمن مواد شیمیایی باید نوع مواد شیمیایی و خطرات ذاتی مربوط به هر کدام شناسایی شود. موضوع بسیار مهم درباره مواد شیمیایی این است که مواد شیمیایی بسته به غلظت و مقدارشان دارای خطرات متفاوتی هستند. از این رو، گاهی تعیین دقیق نوع اقدام مورد نیاز برای نگهداری ایمن مواد و بهترین محل نگهداری آن‌ها چندان روشن نیست. با این وجود مهم‌ترین ملاحظات مربوط به نگهداری ایمن مواد شیمیایی عبارتند از کنترل دما، کنترل شعله‌وری، تهویه، جداسازی و شناسایی مواد. نگهداری نامناسب و غیر ایمن مواد شیمیایی می‌تواند منجر به وقوع واکنش‌های غیر منتظره بین مواد ناسازگار و بروز آتش‌سوزی، انفجار و سایر انواع خسارات و آسیب‌ها شود. مواد شیمیایی باید به گونه‌ای در محیط‌های مختلف نگهداری شوند که حتی در صورت شکستن ظروف و رها شدن ناگهانی مواد شیمیایی درون آن‌ها، امکان اختلاط با سایر مواد ناسازگار را نداشته باشند. بنابراین، هدف اصلی در مبحث نگهداری ایمن مواد شیمیایی، اطمینان از وجود کنترل بر نگهداری مواد شیمیایی و مصرف آن‌هاست.

در یک برنامه نگهداری ایمن مواد شیمیایی باید موضوعاتی مانند وضعیت سازگاری مواد قابل اشتعال، مواد ناپایدار، مواد با واکنش‌پذیری بسیار زیاد و بخارات مواد بسیار سمی مورد توجه قرار گیرد. به بیان دیگر برای نگهداری ایمن مواد شیمیایی باید آن‌ها را بر اساس ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی مواد از هم جدا نمود. بدین منظور برنامه نگهداری ایمن مواد شیمیایی باید شامل تهیه فهرست مواد شیمیایی موجود، برچسب‌گذاری، توجه به ناسازگاری مواد و حجم مناسب ظروف و تجهیزات نگهداری مواد شیمیایی باشد. اساساً مهم‌ترین دلایل نگهداری ایمن مواد شیمیایی عبارتند از:

۱. مدیریت مؤثر مواد شیمیایی انبار شده
 ۲. کاهش ریسک آتش سوزی
 ۳. جلوگیری از اختلاط ناگهانی مواد شیمیایی در شرایط اضطراری
 ۴. کاهش تماس با مواد شیمیایی خورنده و سمی
 ۵. رعایت الزامات امنیتی مرتبط با نگهداری مواد شیمیایی
- مواد شیمیایی در محل‌های مختلفی نگهداری می‌شوند. انبارهای بزرگ مواد اولیه و محصولات شیمیایی در صنعت، انبارهای کوچک کارگاهی و آزمایشگاه‌های مختلف (آموزشی، پژوهشی، صنعتی) از جمله مکان‌هایی هستند که به طور معمول حجم زیادی از مواد شیمیایی در آن‌ها نگهداری می‌شود. بنابراین در این فصل ضمن اشاره به ضوابط عمومی و کلی در نگهداری مواد شیمیایی به نکات و مسائل ویژه مربوط به انبار کردن مواد شیمیایی در انبارهای صنعتی و آزمایشگاه‌ها اشاره خواهد شد.

● ۲-۱۰ روش‌های جداسازی مواد شیمیایی

نحوه دور نگهداشتن مواد شیمیایی از همدیگر به ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و میزان ناسازگاری آن‌ها با همدیگر، مقدار مواد نگهداری شده و اندازه و مقاومت بدنه ظروف حاوی مواد شیمیایی بستگی دارد. بر این اساس و به طور معمول سه سطح از جداسازی تعریف می‌شود. البته در برخی از استانداردها، سطوح دیگری نیز برای جداسازی مواد شیمیایی تعریف شده است. سطوح جداسازی که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود در استانداردهای NFPA مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- ▲ جداسازی^۱: که به معنای ایجاد فاصله میان مواد در یک فضای مشترک نگهداری است.
- ▲ تفکیک^۲: که به معنای استفاده از موانع فیزیکی میان مواد در یک فضای مشترک نگهداری است.
- ▲ ایزولاسیون^۳: که به معنای نگهداری مواد در اتاق یا ساختمان کاملاً جدا از محل نگهداری سایر مواد است.

● ۳-۱۰ سازگاری مواد شیمیایی و الزامات جداسازی آن‌ها

دو ماده در شرایطی که واکنش آن‌ها با همدیگر منجر به وقوع یکی از رویدادهای زیر نشود، ماده سازگار تشخیص داده می‌شوند:

۱. صدمه به انسان، تجهیزات و محیط زیست
۲. آتش سوزی، انفجار یا تولید گازها و بخارات سمی، آتش‌گیر یا خورنده
۳. تسریع در سوختن سایر مواد و مایعات در هنگام آتش سوزی
۴. رهاش محتویات که منجر به تخریب یا تجزیه ناگهانی بسته بندی سایر کالاهای خطرناک یا آتش‌گیر شود.
۵. در هنگام آتش سوزی، ریزش یا نشست مواد شیمیایی با مواد مرسوم مورد استفاده برای اطفاء حریق مانند آب و کف

۱-Separation

۲- Segregation

۳-Isolation

ناسازگاری نشان دهد. برخی از مواد با آب واکنش نشان می‌دهند و باید دور از موادی که با آب یا کف (به عنوان مواد اطفایی) واکنش مخربی نشان نمی‌دهند، نگهداری شوند.

مقررات جامعی در مورد این که چه گروه‌هایی از مواد باید از همدیگر تفکیک شوند، وجود ندارد. به طور معمول میزان جداسازی مواد از هم به میزان ریسک آن‌ها بستگی دارد. به همین دلیل، الزامات مربوط به نگهداری مواد شیمیایی در کنار یکدیگر یا جدا کردن آن‌ها از هم در بسیاری از کشورهای دنیا تابع قوانین مجزا برای حمل و نقل، انبارداری و مصرف است. به بیان دیگر قوانین نگهداری مواد شیمیایی درون کانتینرهای حمل مواد، با قوانین مربوط به نگهداری آن‌ها در انبارهای بزرگ مواد شیمیایی و قوانین نگهداری ظروف مواد شیمیایی در محل مصرف (مانند آزمایشگاه‌ها) متفاوت است. همچنین به طور معمول محدودیت‌های مربوط به حجم مواد نگهداری شده نیز در قوانین کشورها ارایه می‌شود.

دستورالعمل‌ها، قوانین و جداول زیادی برای تعیین ناسازگاری مواد و شیوه نگهداری آن‌ها وجود دارد. برای نمونه معمولاً در آزمایشگاه‌هایی که در آن‌ها از مواد شیمیایی استفاده می‌شود، فهرست‌هایی ارایه می‌شود که در آن‌ها نام ترکیبات شیمیایی و موادی که نباید با آن‌ها در یکجا نگهداری شوند ذکر شده است. یک نمونه از این فهرست‌ها در جدول ۱-۱۰ ارایه شده است.

جدول ۱-۱۰. جدول مواد شیمیایی ناسازگار

ماده	از مواد زیر دور نگه داشته شود:
اسید استیک	اسید کرومیک، اسید نیتریک، مواد محتوی هیدروکسی، گلیکول، اسید پرکلریک، پراکسید و پرمنگنات
استن	مخلوط اسید سولفوریک و اسید نیتریک اشباع
لسیتین	ترکیبات مس، فلور، برم، کلر، ید، نقره و جیوه
فلزات قلبایی (کلسیم، پتاسیم، سدیم)	آب، دی‌اکسید کربن، تتراکلراید کربن، هیدروکربن‌های کلردار
آمونیاک (آزان)	جیوه، هالوژن‌ها، کلسیم هیپوکلریت، هیدروژن فلورید
آمونیم‌نترات	اسیدها، پودرهای فلزی، مایعات آتش‌گیر، کلرات‌ها، نترات‌ها، سولفور و مواد ارگانیک و قابل احتراق
تیلین	اسید نیتریک، پراکسید هیدروژن
مواد حاوی آرسنیک	تمامی عامل‌های شیمیایی کاهنده
آزیدها	اسیدها
برومین	آمونیاک، استیلن، بوتادین، هیدروژن، سدیم کارباید، تورنتین، بنزن و مواد فلزی
اکسید کلسیم	آب
کربن فعال شده با هیپوکلریت کلسیم	تمام مواد اکسیدان

املاح آمونیاکی، اسیدها، پودر فلزات، سولفور، مواد سوزان و کرین	کلرات
اسید استیک، نفتالن، کافور، الکل، گلسیرین، تورپنتین، و دیگر مواد آتش گیر	اسید کرومیک و تری کسید کروم
آمونیاک، استیلن، بوتادین، هیدروژن، سدیم کارباید، تورپنتین، بنزن و مواد فلزی	کلرین
آمونیاک، متان، فسفین، سولفید هیدروژن	دی کسید کلرین
استیلن، پرکسید هیدروژن	مس
اسیدهای آلی و معدنی	کومن هیدروپرکسید
اسیدها	سیانیدها
نیترات آمونیوم، اسید کرومیک، پرکسید هیدروژن، اسید نیتریک، پرکسید سدیم، هالوژن ها	مایعات آتش گیر
فلوئورین، کرومین، برومین، اسید کرومیک، پرکسید سدیم	هیدروکرین ها
اسیدها	اسید هیدروسیانید
آمونیاک، بازها و سیلیکا	اسید هیدروفلوئوریک
مس، آهن، اغلب فلزات و نمک ها آن ها، الکل، استون، مواد آلی، آنیلین، نیترومتان، مایعات آتش گیر	پرکسید هیدروژن
اسید نیتریک دودکننده، سایر اسیدها، گازهای اکسیدکننده، استیلن، آمونیاک، هیدروژن	سولفید هیدروژن
اسیدها، کرین فعال	هیپوکلرات ها
استیلن، آمونیاک، هیدروژن	ید
استیلن، اسید فولمینیک، آمونیاک	جیوه
اسید سولفوریک	نیترات ها
اسید استیک، آنیلین، اسید کرومیک، اسید هیدروسیانیک، سولفید هیدروژن، مایعات آتش گیر، گازهای آتش گیر، مس، برنج (آلیاژ مس و روی)، همه فلزات سنگین	اسید نیتریک غلیظ
اسیدها	نیتريت ها
روغن ها، گریس ها، هیدروژن و مواد آتش گیر	اکسیژن
بازهای معدنی، آمین ها	نیتروپارافین
نقره و جیوه	اسید اکسالیک
انیدرید استیک، بیسموت و ترکیبات آن الکل، کاغذها، چوب و دیگر مواد آلی	اسید پرکلریک
روغن ها، گریس، هیدروژن، مایعات، جامدات و گازهای آتش گیر	اکسیژن
اسیدهای آلی و معدنی، دوری از اصطکاک، در جای سرد نگهداری شود	پرکسیدهای آلی
هوا، اکسیژن، الکالی ها، عامل های شیمیایی کاهنده	فسفر سفید
تتراکلرید کرین، دی کسید کرین، آب	پتاسیم
اسید سولفوریک و سایر اسیدها، فلزات قلیایی، منیزیم و کلسیم	کلرات و پرکلرات پتاسیم
گلسیرین، اتیلن گلیکول، بنزآلدئید، اسید سولفوریک	پرمنگنات پتاسیم
عامل های شیمیایی کاهنده	سیلیندها

استیلن، اسید اکسالیک، اسید تارتریک و ترکیبات آمونیاکی	نقره
تتراکلراید کربن، دی اکسید کربن و آب	سدیم
نیترات آمونیوم و سایر نمک‌های آمونیوم	نیتريت سدیم
اتیل الکل و متیل الکل، اسید استیک بی‌آب (بلوری)، انیدرید استیک، بنزالدهید، دی سولفید کربن، گلیسرین، اتیلن گلیکول، اتیلن استات، متیل استات، فورفورال	پراکسید سدیم
سرب، مس و دیگر فلزات، (ترکیبات ناپایدار آتش‌گیر تولید می‌کند)	سدیم آزید
اسیدها	سولفیدها
عامل‌های شیمیایی کاهنده	تلوریدها
کلرات، پرکلرات، پرمنگنات و آب	اسید سولفوریک

در هر حال، جداسازی مواد از هم بر اساس گروه‌های اصلی خطر می‌تواند تا حدود زیادی از وقوع حوادث بزرگ جلوگیری کند. از این رو ماتریس‌هایی ارائه شده است که در آن ناسازگاری مواد بر اساس گروه‌بندی کالاهای خطرناک تعیین شده است. در بسیاری از کشورها از گروه‌بندی کالاهای خطرناک که توسط سازمان ملل ارائه شده است، بدین منظور استفاده می‌شود. البته با وجود شباهت‌های موجود، ماتریس‌های ارائه شده در کشورهای مختلف تفاوت‌هایی نیز دارند. برای نمونه برخی از ماتریس‌ها علاوه بر تعیین ناسازگاری مواد، نوع جداسازی (جداسازی، تفکیک یا ایزوله) آنها را نیز مشخص می‌کنند. همچنین برخی از این دستورالعمل‌ها، توضیحاتی را نیز در مورد گروه‌های سازگار ارائه می‌دهند. در جدول ۲-۱۰ شیوه جداسازی مواد شیمیایی در انبارها در ایالت کوئینزلند کشور استرالیا ارائه شده است. کد گروه کالاهای خطرناک ارائه شده در جدول، همان کدهای دسته‌بندی سازمان ملل هستند. در این جدول از دو گروه کد برای توضیح روش جداسازی و سازگاری کالاهای خطرناک با هم استفاده شده است که در جداول ۳-۱۰ و ۴-۱۰ توضیح داده شده‌اند.

جدول ۲-۱۰. سازگاری کالاها و شیوه جداسازی آنها از همدیگر در استاندارد استرالیایی

گروه کالا	۱.۲	۲.۲	۳	۴	۱.۴	۲.۴	۳	۴	۱.۵	۲.۵	۱.۶	۸	۹	مایعات قابل احتراق
۱.۲	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۲.۲	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۳.۲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۳	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۱.۴	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۲.۴	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۳.۴	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۱.۵	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۲.۵	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۱.۶	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۸	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
۹	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
مایعات قابل احتراق	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

✓ این مواد به جز در موارد استثنا در بسیاری از موارد سازگار هستند. برای نگهداری آنها به کدهای راهنمای نگهداری مواد سازگار مراجعه کنید.

✗ با احتمال زیاد ناسازگار هستند. جداسازی این مواد به شدت توصیه می‌گردد. برای نگهداری آنها به کدهای راهنمای جداسازی مواد ناسازگار مراجعه کنید.

جدول ۳-۱۰. کد راهنمای جداسازی مواد ناسازگار

کد	توضیح
S۱	این گونه مواد به فاصله ۳ متر و بیشتر از هم در یک محیط دارای تهویه مناسب نگهداری شوند. در مورد مایعات خطرناک این فاصله از لبه حوزة نشست (لبه طرف ثانویه یا زهکش زیر ماده) محاسبه می‌شود.
S۲	به فاصله ۵ متر یا بیشتر از هم نگهداری شوند. در مورد مایعات خطرناک این فاصله از لبه حوزة نشست (لبه طرف ثانویه یا زهکش زیر ماده) محاسبه می‌شود. کالاهای خطرناک مایع باید درون یک حوزة نشست جداگانه نگهداری شوند.
S۳	برای کالاهای گروه بسته بندی PG III به فاصله ۳ متر یا بیشتر و برای کالاهای گروه‌های بسته بندی PG I و PG II به فاصله ۵ متر یا بیشتر از هم نگهداری شوند. اگر کالاها جامد باشند می‌توان آنها را به فاصله حداقل ۱ متر از هم نگهداری کرد. اگر یکی از کالاها مایع باشد، این فاصله از لبه حوزة نشست (لبه طرف ثانویه یا زهکش زیر ماده) محاسبه می‌شود.
S۴	جداسازی با استفاده از پارتیشن‌های ضد حریق انجام شود. در مورد پرکسیدهای آلی و کالاهای بسیار پیروفریک گروه ۲.۴ استفاده از ساختمان‌های مجزا برای نگهداری آنها توصیه می‌شود.

S5	نگهداری کالاهای گروه ۳.۴ باید در ساختمان‌های مجزا که در سیستم اطفاء حریق آن‌ها آب استفاده نمی‌شود، صورت گیرد.
----	---

جدول ۴-۱۰. کدهای الفبایی راهنمای کالاهای سازگار

کد	توضیح
A	در بسیاری از موارد کالاهایی که در یک گروه کالایی قرار می‌گیرند، سازگارند. با این وجود، موادی که دارای عدد UN متفاوتند، با هم سازگار نخواهند بود. باید برگه SDS بررسی شود.
B	در بسیاری از موارد کالاها با هم سازگارند. خطرات درجه دوم و ثانویه مربوط به سازگاری مواد باید بررسی شود. برگه SDS بررسی شود.
C	اگر یکی از کالاها دارای خطر آتش‌سوزی نیز هست (یکی از کلاس‌های ۱.۲، ۳، ۴، ۵ یا یک مایع قابل احتراق) یا کالاهای گرم در محل وجود دارد، باید آن‌ها را در فاصله حداقل ۳ متر از سایر مواد نگهداری کرد. خطرات ثانویه مواد باید مورد توجه باشد. برگه SDS بررسی شود.
D	همه کالاهای گروه ۱.۵ با هم سازگار نیستند. موارد ناسازگاری مواد در این گروه به صورت زیر هستند: نیترات آمونیوم با تترا نیترومتان، اسید دی‌کلروایزوسیانوریک، همه برمات‌ها، کلرات‌ها، هیپوکلریت‌ها، کلروایزوسیانورات و همه نیترات‌های معدنی ناسازگار است. هیپوکلریت کلسیم (و همه مخلوط‌هایی که در ترکیب خود این ماده را دارند) با اسید دی‌کلروایزوسیانوریک، نیترات آمونیوم و همه کلروایزوسیانورات‌ها ناسازگارند.
E	پرکسیدهای آلی و اکسایش‌پذیری بسیار بالایی دارند. برای بررسی سازگاری این مواد باید برگه SDS مطالعه شود.
F	زمانی که یکی از موادی که باید با هم نگهداری شوند اسید غلیظ قوی و دیگری باز غلیظ قوی باشد، باید آن‌ها را ناسازگار فرض کرده و نکات مربوط به نگهداری ایمن آن‌ها را رعایت نمود.
G	کالاهای گروه ۳.۴ نباید در کنار کالاهایی که درون محلول‌های حاوی آب هستند نگهداری شود. همچنین این کالاها نباید در نقاطی که از کف برای اطفاء حریق استفاده می‌شود، نگهداری شوند.
H	به جز در مورد سیانید (از کالای گروه ۱.۶) و اسید (از کالای گروه ۸) می‌توانند در کنار هم نگهداری شوند. بهتر است برگه SDS ماده مطالعه شود.
I	گازهای سمی آمونیاک و کلر به دلیل خطر انفجار باید از هم جدا نگهداشته شوند. بررسی ناسازگاری مواد این گروه از طریق مطالعه SDS بسیار مهم است. اکیداً توصیه می‌شود که تمامی گازهای سمی گروه ۲.۲ جدا از هم نگهداری شوند، مگر این که در SDS آن مواد دستورالعمل دیگری ارائه شده باشد.

علاوه بر کدهای مورد اشاره در جداول بالا که می‌تواند به عنوان راهنمایی مناسب برای جداسازی مواد به کار رود، نکات تکمیلی که در ادامه ارائه می‌شود نیز راهگشا هستند.

▶ به طور کلی توصیه می‌شود که کالاهای خطرناک گروه ۲ به دلیل احتمال آتش‌سوزی با کالاهای سایر گروه‌ها به ویژه کالاهای خطرناک آتش‌گیر انبار نشود. مواد خورنده می‌توانند باعث آسیب دیواره سیلندرهای گاز شده و از این روز باید دور از کالاهای گروه ۲ نگهداشته شوند. در هنگام آتش‌سوزی سیلندرهای گاز، باید مقدار فراوانی آب برای خنک نگهداشتن آن‌ها استفاده شود. به منظور کاهش احتمال آزاد شدن گازهای سمی در هنگام آتش‌سوزی، باید سیلندرهای حاوی این نوع گازها (سمی) از سایر سیلندرها جدا نگهداری شوند.

▶ توصیه می‌شود که کالاهای خطرناک گروه ۱.۶ دور از مواد قابل اشتعال و سیلندرهای گاز نگهداری شوند. در هنگام آتش‌سوزی گازهای سمی به دلیل گرمای آتش یا انفجار سیلندرهای گاز با آهنگ شدیدتری منتشر می‌شوند.

▶ هنگامی که دو یا چند ماده از یک گروه کالایی دارای خطرات فرعی باشند که آن‌ها را نسبت به هم ناسازگار می‌کند، با وجود هم گروه بودن، باید دور از هم نگهداری شوند.

▶ گروه بسته‌بندی (PG) شدت و بزرگی خطرات مواد در گروه‌های مختلف کالاهای خطرناک را تعیین می‌کند. گروه بسته‌بندی یک (PG I) خطرناک‌ترین حالت ماده و گروه‌های بسته‌بندی دو و سه (PG II, PG III) به ترتیب دارای خطرات کمتری هستند. اگر یکی از مواد ناسازگار در گروه بسته‌بندی یک یابد و قرار دارد، توصیه می‌شود که فاصله نگهداری آن‌ها از سایر مواد بیشتر از حالت معمول بوده و یا اساساً از روش ایمن تری برای جداسازی آن‌ها از هم استفاده شود.

▶ در ارتباط با نگهداری یا استفاده از کالاهای گروه ۳.۴ باید احتیاط ویژه‌ای به عمل آید تا این گونه مواد از موادی و محلول‌های آبی (حاوی آب) دور نگهداشته شوند. در سیستم اطفاء حریق خودکار در ساختمان‌های و فضاهایی که این گونه مواد در آن‌ها نگهداری می‌شوند، نباید از آب به عنوان ماده اطفایی استفاده شود.

▶ اگر یکی از کالاهای ناسازگار نگهداری شده در انبار مایع بوده و یا جامدی است که در اثر حرارت ذوب می‌شود، باید آن‌ها را درون ظروف یا محوطه‌های جمع‌آوری مایع که از پخش شدن آن در شرایط اضطراری جلوگیری می‌کند، نگهداری کرد. برای جلوگیری از تماس با مایعات، کالاهای خطرناک جامد نباید مستقیماً روی کف زمین گذاشته شوند.

▶ در مواردی که برای جداسازی مواد باید از پارتیشن‌ها و دیواره‌های مقاوم در برابر حریق استفاده شود، جنس و مقاومت آن‌ها مورد تایید استاندارد قرار گیرد. استفاده از دیواره‌های چوبی برای این منظور مجاز نیست.

▶ سیلندر گازهای ناسازگاری را که به منظور جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (اکسیژن و استیلن) می‌توان در هنگام استفاده در چرخ‌های مخصوص و در کنار هم نگاه داشت. زمانی که این سیلندرها به مدت زمان طولانی برای جوشکاری مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، باید دور از هم نگهداشته شوند.

▶ در مورد مواد اکسیدکننده علاوه بر ناسازگاری‌های اعلام شده در جدول سازگاری مواد، باید آن‌ها را از تمامی کالاهای خطرناک و موادی که ماهیت آتش‌گیر دارند، دور نگهداشت (مانند دانه‌های پلیمری، عدل‌های پنبه و مواد مورد استفاده برای بسته‌بندی کالاهای). کلر و برخی دیگر از هالوژن‌ها فقط از نظر از گروه خطر آن‌ها، جزو اکسیدکننده‌های بالقوه به شمار می‌روند و در سیستم طبقه‌بندی کالاهای خطرناک جزو موادی با خطر فرعی اکسیدکنندگی قرار می‌گیرند.

● ۱۰-۴ طبقه بندی مواد بر اساس خطرات و راهنمای نگهداری آن‌ها

با این که استفاده از ماتریس‌های ناسازگاری مواد می‌تواند کمک مهمی به جلوگیری از بروز اشتباه در نگهداری مواد ناسازگار در کنار هم شود، ولی اطلاع از ویژگی‌های کلی مواد بر اساس گروه‌بندی شیمیایی آن‌ها (و نه لزوماً گروه‌بندی خطر) نیز تاثیر زیادی در جلوگیری از اختلاط مواد ناسازگار با همدیگر خواهد داشت. برخی از این نوع اشتباهات مانند نگهداری اسیدهای معدنی (به ویژه اسیدهای اکسیدکننده) با مواد آتش‌گیر است، منجر به حوادث بسیار شدیدی می‌شود. از این رو، در این بخش برخی از گروه‌های مواد شیمیایی و نکات مطرح در خصوص نگهداری ایمن آن‌ها مورد اشاره قرار می‌گیرد.

۱-۴-۱ مایعات و حلال‌های آتش‌گیر و حلال‌های هالوژنه

بسیاری از مواد آلی و معدنی قابل سوختن هستند. قابلیت سوختن برخی از آن‌ها به قدری است که آن‌ها را تحت عنوان مواد آتش‌گیر دسته‌بندی شده و نگهداری از آن‌ها باید در قوطی‌ها و کابینت‌های مقاوم در برابر آتش صورت پذیرد. در اروپا و از سال ۲۰۱۰ هم‌زمان با تغییرات ارایه شده از سوی سیستم هماهنگ جهانی (GHS) تعریف آتش‌گیری مواد به صورت زیر تعیین شده است:

۱. بی‌نهایت آتش‌گیر^۱: نقطه شعله‌زنی پایین‌تر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد و نقطه جوش بالاتر یا مساوی ۳۵ درجه سانتی‌گراد
۲. بسیار آتش‌گیر^۲: نقطه شعله‌زنی پایین‌تر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد و نقطه جوش بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد
۳. آتش‌گیر^۳: نقطه شعله‌زنی مساوی یا بالاتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر یا مساوی ۶۰ درجه سانتی‌گراد

حلال‌های آتش‌گیر رایج عبارتند از:

۱. الکل‌ها: متانول، اتانول، پروپانول، بوتانول، آمیل الکل و هگزانول
۲. آلدئیدها و کتون‌ها: استالدهید، استون، متیل اتیل کتون
۳. آلکان‌ها (هیدروکربن‌ها): بوتان، هگزان، هپتان، اکتان، نونان، بنزین، نفتا، پنتان و فرآورده‌های حاصل از تقطیر نفت
۴. آروماتیک‌ها: بنزن، برموبنزن، کومن، پیردین، تولوئن، زایلن
۵. اترها: اتر، اتیل اتر، متیل اتر، ایزو پروپیل اتر، اتیلن گلیکول مونومتیل اتر، ۲-اتوکسی اتانول
۶. بسیار سمی: آکرولئین، دی سولفید کربن، اتیلن اکساید، سیلیکون تتراهیدرید (سیلان)
۷. متفرقه: اسید استیک، استیل کلراید، استونیتریل، سیکلو هگزان، دی کلرواتان، دی اکسان، اتیل استات، اتیلن دی آمین، فوران، متیل متاکریلات، پروپیلن اکساید، تتراهیدرو فوران، تری اتیل آمین، برخی مایعات جلا دهنده و براق کننده
۸. هیدروکربن‌های هالوژنه: تری فلوروئور تولوئن، برموبنزن، کلرو بنزن، ۱، ۱-دی کلرو اتیلن، وینیل کلراید، برمواتیلن، کلرواتان، اتیل برناید.

حلال‌های هالوژنه غیر آتش‌گیر مانند کلروفرم و متیلن کلراید را می‌توان در صورت وجود فضای کافی کنار مایعات آتش‌گیر نگهداری کرد.

مایعات آتش‌گیر نباید همراه با مواد زیر ذخیره و نگهداری شوند:

۱. عوامل اکسید کننده مانند کلرات‌ها، نیترات‌ها، پرکلرات‌ها، پرمنگنات‌ها و پرکسیدها. این مواد معمولاً به خودی خود آتش نمی‌گیرند ولی اکسیژن لازم برای تسریع فرآیند سوختن سایر مواد شیمیایی را فراهم می‌کنند.
۲. مواد شیمیایی خورنده مانند اسیدها و بازهای قدرتمندی که بافت‌های آلی یا مواد معدنی را تخریب می‌کنند. معروف‌ترین اسیدها در این گروه از مواد اسید سولفوریک، اسید استیک و اسید نیتریک و معروف‌ترین بازها هیدروکسید آمونیوم، اکسید کلسیم (آهک) و هیدروکسید سدیم هستند.

۱- Extremely Flammable

۲- Highly Flammable

۳- Flammable

۳. مواد مشکوک به احتراق یا انفجار آنی. برای نمونه تماس پرکسید هیدروژن با مواد آتش گیر منجر به اشتعال ناگهانی آن‌ها می‌شود. اسید پیکریک نیز در حالت خشک به ضربه و اصطکاک حساس بوده و منفجر می‌شود.

۴. موادی که با آب یا رطوبت واکنش‌های گرمازا می‌دهند. (مواد حساس به آب در تماس با آب گاز هیدروژن آزاد می‌کنند که به می‌تواند بسوزد). اسید سولفوریک غیظ ماده خورنده‌ای است که با آب واکنش شدیدی ایجاد کرده و گرما و فیوم‌های سمی و محرک تولید می‌کند.

مواد قابل اشتعال باید دور از نور مستقیم خورشید و منابع گرما مانند جرقه، شعله‌های باز و سطوح داغ نگهداری شوند. محل نگهداری آن‌ها باید خشک و خنک بوده و مواد قابل اشتعالی که باید تحت شرایط دمایی بسیار سرد نگهداری شوند، در یخچال‌های ویژه ضد انفجار انبار شوند. بسیاری از بخارات قابل اشتعال از هوا سنگین‌تر بوده و معمولاً در کف محل نگهداری مواد تجمع می‌یابند. بنابراین وجود یک سیستم تهویه کارآمد برای جلوگیری از تجمع مقدار زیادی از بخارات مواد قابل اشتعال در محوطه انبار ضروری است.

اگر مایعاتی که نقطه آتش‌گیری آن‌ها بین ۳۲ درجه سانتی‌گراد تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد است در فضایی انبار شوند که دمای آن زیر ۳۲ درجه سانتی‌گراد است در شرایط عادی اتمسفر قابل اشتعال ایجاد نمی‌کنند. این مواد تنها در شرایطی که گرم شده و یا به صورت ذرات میست یا اسپری در هوا منتشر شوند اتمسفر قابل اشتعال ایجاد کرده و به محض تماس با یک منبع خارجی گرما شعله‌ور خواهند شد. بنابراین محل نگهداری این گونه مواد باید همواره از نظر دمایی تحت کنترل بوده و مقاومت مناسبی را در برابر آتش‌سوزی‌های احتمالی داشته باشند. نکته بسیار مهم در خصوص مواد قابل اشتعال مرکب از چند ماده این است که نقطه شعله‌زنی این مواد به نوع ترکیبات درون آن و میزان قابلیت انحلال هر یک از ترکیبات بستگی دارد. برای نمونه دمای شعله‌زنی اتانول خالص ۱۳ درجه سانتی‌گراد است. در حالی که ترکیب ۱۰٪ اتانول در آب دمای شعله‌زنی آن را به ۴۷.۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهد. در جدول ۷-۵ تفاوت دمای شعله‌زنی محلول‌های مختلف از اتانول و تفاوت در کلاس خطر اشتعال پذیری آن‌ها (بر اساس تقسیم بندی NFPA) ارایه شده است. البته باید اشاره کرد که افزودن آب به ماده‌ای که در آب حل نمی‌شود، دمای شعله‌زنی آن را تغییر نمی‌دهد. همچنین یادآوری می‌شود که دمای شعله‌زنی به روش‌های مختلفی تعیین می‌گردد و مقادیر آن برای هر ماده بسته به روش استفاده شده اندکی تفاوت دارد. در جدول ۶-۶ دمای شعله‌زنی برخی از مواد ذکر شده است.

جدول ۵-۱۰. تغییر ویژگی‌های محلول و کلاس خطر آتش‌گیری بر حسب غلظت برای ماده اتانول

درصد اتیل الکل در آب	٪۱۰۰	٪۹۶	٪۹۵	٪۸۰	٪۷۰	٪۶۰	٪۵۰	٪۴۰	٪۳۰	٪۲۰	٪۱۰	٪۵
دمای شعله‌زنی (°C)	۱۳	۱۷	۱۷	۲۰	۲۱	۲۲	۲۴	۲۶	۲۹	۳۶	۴۹	۶۲

IIIA	II	IC	IC	IC	IC	IB	IB	IB	IB	IB	IB	کلاس NFPA
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--------------

■ ۲-۴-۱۰ اسیدها

تماس یک اسید اکسیدکننده غلیظ با یک ماده آتش‌گیر منجر به آتش‌سوزی یا انفجار می‌شود. اسیدهای آلی جزو مایعات آتش‌گیر دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه نکات ایمنی در نگهداری اسیدهای معدنی و آلی مورد اشاره قرار می‌گیرد.

۱-۲-۴-۱۰ اسیدهای معدنی

اسید نیتریک، اسید سولفوریک، اسید فسفریک، اسید کرومیک، اسید هیدروکلریک و اسید پرکلریک مهم‌ترین و معروف‌ترین اسیدهای معدنی هستند. این اسیدها خورنده سطوح فلزی هستند. در نگهداری این مواد به نکات زیر توجه داشت:

۱. باید در کابینت‌های تهویه‌دار ویژه نگهداری مواد خورنده و دور از مواد آتش‌گیر و قابل سوختن نگهداری شوند.
۲. ظروف ثانویه اسیدهای مورد استفاده نیز باید دارای مقاومت شیمیایی و مقاومت دمایی مناسب باشند.
۳. محل نگهداری اسیدها باید از محل نگهداری فلزات فعال مانند سدیم، پتاسیم و منیزیم تفکیک شود.
۴. محل نگهداری اسیدها باید از محل نگهداری موادی که در تماس با آنها گازها و بخارات آتش‌گیر یا سمی تولید می‌کنند، تفکیک شود. سیانید سدیم، سولفید آهن و کاربید کلسیم نمونه‌هایی از این مواد هستند.
۵. محل نگهداری اسیدها باید از محل نگهداری بازها تفکیک شود.
۶. اسید پرکلریک دارای خطرات ویژه‌ای است. محل نگهداری این ماده باید ایزوله بوده و از انیدرید استیک، بیسموت و آلیاژهای آن، الکل، کاغذ، چوب، روغن، اتر، گریس و اسید سولفوریک دور نگهداشته شود. همچنین احتیاط‌های ویژه‌ای برای دور نگهداشتن اسید پرکلریک از اسید استیک اتخاذ شود.
۷. اسید فلئوئوریک یا هیدروفلئوئوریک نیز ماده‌ای بسیار خطرناک بوده و نگهداری و کاربرد آن نیازمند تدابیر ایمنی بسیار سختی است. این اسید بسیار خورنده بوده و شیشه را در خود حل می‌کند. بنابراین آن را در ظروف پلاستیکی نگهداری می‌کنند. ظروف حاوی این اسید باید به صورت ایزوله نگهداری شوند. بدین معنی که باید در یک کابینت جداگانه ویژه نگهداری اسید و دور از سایر مواد و اسیدها نگهداری شود.

۲-۲-۴-۱۰ اسیدهای آلی

اسید استیک، اسید بوتیریک، اسید فورمیک، اسید تری‌فلئوئورواستیک و اسید مرکاپتو پروپریونیک از جمله اسیدهای آلی هستند. این اسیدها نیز خورنده بوده و در تماس با سطوح فلزی آن‌ها را تخریب می‌کنند.

در نگهداری این مواد باید به نکات زیر توجه داشت:

۱. باید دور از اسیدهای معدنی اکسیدکننده نگهداری شوند.
 ۲. در صورت امکان باید در در کابینت‌های تهویه‌دار و ویژه نگهداری مواد خورنده نگهداری شوند.
 ۳. می‌توان آن‌ها را در کنار حلال‌های آلی نگهداری کرد مگر این که این کار در SDS آن ماده منع شده باشد.
 ۴. باید شدت مراقب بود تا اسید استیک با اسید پرکلریک تماس نداشته باشد.
- به عنوان یک توصیه کلی می‌توان گفت که تمامی انواع اسیدها باید از مواد شیمیایی که در تماس با آن‌ها گازهای سمی و آتش‌گیر تولید می‌کنند (مانند نمک‌های سیانید، سولفیدهای فلزی، کاربید کلسیم) و فلزات فعال (مانند سدیم، پتاسیم و منیزیم) دور نگهداشته شوند.

■ ۳-۴-۱۰ بازها

- هیدروکسید سدیم، هیدروکسید آمونیوم و گلوترآلدهید چند نمونه از بازهای معروف هستند. به طور کلی بازها محرک و خورنده هستند. بازهای مایع که در ظروف شیشه‌ای بزرگ نگهداری می‌شوند باید در کابینت‌های یا اتاق‌های مجزا نگهداری شوند. در نگهداری بازها باید به دو نکته زیر توجه داشت:
۱. محل نگهداری بازها باید از محل نگهداری اسیدها، فلزات، مواد منفجره، پرکسیدهای آلی و موادی که به راحتی شعله‌ور می‌شوند، تفکیک شوند.
 ۲. این مواد باید در ظروف مناسب و در کابینت‌ها یا قفسه‌های برجسب‌گذاری شده نگهداری شوند.

■ ۴-۴-۱۰ اکسیدکننده‌ها

- پراکسیدهای آلی مانند پرکسید هیدروژن و پرسولفات آمونیوم از جمله مواد اکسیدکننده هستند. مواد اکسیدکننده خورنده و محرک هستند. مایعات آتش‌گیر و قابل احتراق و گریس‌ها از جمله موادی هستند که با اکسیدکننده‌ها ناسازگاری داشته و باید دور از هم نگاه داشته شوند. اکسیدکننده‌های مایعی مانند پرسولفات آمونیوم و پرکسید هیدروژن تقریباً با تمامی مواد واکنش نشان می‌دهند. این مواد ممکن است منفجر شوند. بنابراین باید به صورت ترکیبی (دوگانه) بسته بندی و نگهداری شوند. بدین معنی که ظرف حاوی این مواد باید درون یک ظرف ثانویه نگهداری شود. ظروف ثانویه نباید از جنس کاغذ یا مقوا باشند. زیرا تماس مواد اکسیدکننده با مواد آلی مانند کاغذ و مقوا می‌تواند آتش‌سوزی ایجاد کند. بنابراین در محل نگهداری یا مصرف مواد اکسیدکننده باید این گونه مواد وجود نداشته باشد. برای نگهداری مواد اکسیدکننده باید به نکات زیر توجه داشت:
- ▶ مواد اکسیدکننده با در محل خنک و خشک نگهداری شود. برخی از مواد اکسیدکننده باید در یخچال نگهداری شوند. در هر مورد بهترین دما برای نگهداری هر ماده باید به SDS آن مراجعه کرد.
 - ▶ مواد اکسیدکننده باید از مواد قابل اشتعال و قابل احتراق دور نگهداشته شود.
 - ▶ مواد اکسیدکننده باید از مواد و عوامل احیاکننده (کاهنده) مانند فلز روی، فلزات قلیایی و اسید فورمیک دور

نگه‌داشته شود.

▶ در صورت امکان باید در در کابینت‌های تهویه‌دار ویژه نگهداری مواد خورنده نگهداری شوند.

■ ۵-۴-۱۰ مواد سمی

مواد شیمیایی اعتیادآور از جمله موادی هستند که در این دسته طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین سموم معدنی مانند جیوه و سایر فلزات سنگین و نمک‌های آن‌ها و نیز سموم آلی مانند فنول، آزید سدیم و مواد دارویی جزو این گروه از مواد محسوب می‌شوند. مواد سمی حساس به اسیدها باید در محل‌های جداگانه و دور از اسیدها نگهداری شوند. همچنین در نگهداری مواد سمی بسته به ماهیت سمیت و شدت آن باید نکاتی مانند دسترسی محدود و نگهداری در کابینت‌های قفل‌دار مورد توجه قرار گیرد. مواد سمی از نظر میزان فراریت نیز به دو دسته مواد سمی فرار و مواد سمی غیر فرار تقسیم می‌شوند. مواد سمی فرار و سرطان‌زا باید در کابینت‌های تهویه‌دار نگهداری شوند. این مواد را می‌توان در صورت عدم وجود بازاها، در کنار مواد قابل اشتعال نگهداری کرد. ترا کلرید کربن، کلروفرم، دی‌متیل‌فرامید، دی‌متیل‌سولفات، فرامید، هالوتان، مرکاپتواتانول، متیلن‌کلراید و فنول نمونه‌های مواد سمی فرار هستند. مایعات سمی غیر فرار را می‌توان در کابینت‌های معمولی نگهداری نمود. البته باید از تماس و اختلاط آن‌ها با سایر مواد جلوگیری شود. این مواد را می‌توان با مایعات بی‌خطری مانند بافرها و حلال‌های نمک نگهداری نمود. در صورتی که حجم این مایعات از یک لیتر بیشتر باشد، باید آن‌ها به صورت بسته‌بندی دوگانه نگهداری نمود. حلال‌های آکریلامید، تری‌فنیل‌متان، دی‌اتیل‌پیروکربنات، دی‌ایزوپروپیل‌فلوئورسفات، رزین‌های اپوکسی، اتیدیم‌بروماید و تری‌اتانول آمین نمونه‌هایی از مایعات سمی غیر فرار هستند.

■ ۶-۴-۱۰ مواد شیمیایی واکنش‌دهنده با آب یا هوا^۱

جامدات قابل احتراق مانند فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم، لیتیم، روییدیم و سزیم، هیدرید لیتیم آلومینیوم، هیدریدهای فلزی و بوتیل لیتیم جزو مواد شیمیایی واکنش‌دهنده با آب دسته‌بندی می‌شوند. این گونه مواد در تماس با آب به شدت واکنش نشان داده و گرما و گاه محصولات فرعی قابل انفجار تولید می‌کنند. تماس فلزات قلیایی با آب سبب تولید هیدروکسید و گاز هیدروژن شده و گرمای تولید شده در این فرآیند شیمیایی نیز سبب انفجار گاز هیدروژن می‌شود. نرخ واکنش با افزایش وزن اتمی عنصر افزایش می‌یابد. فلزات قلیایی همچنین با اکسیژن، اسیدها، هیدروکربن‌های هالوژنه و دی‌اکسید کربن نیز واکنش نشان می‌دهند. توجه به نکات زیر در نگهداری مواد شیمیایی واکنش‌دهنده با آب به نگهداری ایمن آن‌ها کمک می‌کند.

▶ تمامی فلزات واکنش‌دهنده باید در ظروف اصلی تولیدکننده شرکت سازنده نگهداری شوند.

▶ این گونه مواد باید در جای خشک و خنک و دور از هرگونه منبع آب یا نور و نیز نوسانات شدید دما و رطوبت

نگهداری شوند.

▶ فلزات قلیایی را در روغن های معدنی یا درون گازهای خنثی نگهداری می کنند. قابل ذکر است که فلز لیتیم با نیتروژن واکنش نشان می دهد.

▶ باید در محل نگهداری فلزات قلیایی خاموش کننده ویژه فلزات آتش گیر وجود داشته باشد.

▶ این نوع مواد باید در بسته بندی دوگانه نگهداری شوند.

▶ این مواد را می توان با جامدات خشک نگهداری نمود.

▶ لازم است که فضای بالای ظروف نگهداری برخی از این نوع ترکیبات را پس از استفاده و پیش از بسته شدن با گاز خنثی پر نمود.

▶ استفاده از ترکیبات رطوبت گیر و دسیکاتور در محل نگهداری و استفاده از این نوع مواد توصیه می شود.

برخی از مواد واکنش دهنده با آب پیروفوریک^۱ نیز هستند. به موادی که در دمای زیر ۵۵ درجه سانتی گراد در معرض هوا (اکسیژن) به صورت خود به خودی آتش می گیرند، مواد پیروفوریک گفته می شود. فسفر سفید، سولفید آهن، فلزات قلیایی، گرافیت پتاسیم، اورانیوم، ترکیبات ارگانولیتیم (ترکیباتی که دارای باندهای کربن لیتیم هستند و در صنایع ساخت الاستومر به کار می روند) و هیدریدهای فلزی مانند هیدرید سدیم نمونه هایی از مواد پیروفوریک هستند. نگهداری از این مواد در انبارها یا محل مصرف همواره باید در حداقل ممکن باشد. ظروف حاوی مواد پیروفوریک باید در محل های خشک و خنک و دور از مواد زیر نگهداری شوند:

۱. تمام مواد قابل اشتعال و قابل احتراق مانند کاغذ، روکش چوبی سطوح و حلال ها

۲. منابع گرما و ارتعاش

۳. مواد خورنده که قادر به تخریب ظرف حاوی مواد پیروفوریک هستند.

همچنین مواد پیروفوریک خود باید از مواد زیر دور نگهداشته شوند:

۱. هوا

۲. اکسیدکننده ها

۳. آب (در صورتی که ماده پیروفوریک با آب نیز واکنش مخرب نشان می دهد)

۴. مواد پرتون دهنده مانند الکل ها، آمین ها، مرکاپتان ها و اسیدها

■ ۷-۴-۱۰ جامدات خشک

تمامی پودرهای خطرناک و بی خطر جزو این گروه از مواد هستند. این مواد را می توان به دور از مواد ذکر شده در گروه های قبلی و در قفسه های بازی کابینت های معمولی یا تهویه دار نگهداری نمود. در مواردی که فضای نگهداری مواد محدود باشد، این مواد را می توان در بالای مایعات و حلال هایی که با آنها سازگاری دارند، نگهداری نمود. همچنین جامدات خشک را در صورتی که به شکل دوگانه بسته بندی شده باشند، می توان با هیدریدهای فلزی نگهداری نمود. اسید پیکریک جامد یا اسید سولفونیک پیکریک جامد را

می‌توان در کنار جامدات خشک نگهداری نمود، به این شرط که خشک بودن آن به طور مرتب بررسی شود. پیکریک اسید کاملاً خشک قابل انفجار بوده و می‌تواند در اثر اصطکاک یا ضربه منفجر شود.

■ ۸-۴-۱۰ گازهای فشرده

سیلندرهاى حاوى گاز اكسيژن، نيتروژن، هيدروژن، آرسين و استيلن در محيط‌هاى كار نگهدارى و استفاده مى‌شوند. بحث مفصل پيرامون نكات ايمنى سيلندرهاى گاز فشرده خارج از محدوده هدف اين راهنما بوده و در كتاب‌هاى كه به مبحث ايمنى سيستم‌هاى تحت فشار مى‌پردازند به تفصيل مورد اشاره قرار مى‌گيرد. با اين حال در نگهدارى اين سيلندرها بايد به نكات زير توجه داشت:

۱. سيلندرهاى گاز فشرده بايد به خوبي در محل نگهدارى خود مهار شوند.
۲. محل نگهدارى سيلندرهاى اكسيژن بايد از محل نگهدارى سيلندر گازهاى قابل اشتعال مانند پروپان تفكيك شود.
۳. سيلندرهاى حاوى گازهاى بسيار سمى بايد در فضاي آزاد و يا در كابينت‌هاى گاز يا درون فيوم‌هوها نگهدارى شود.

■ ۹-۴-۱۰ مواد توليدكننده پركسيد

اين مواد عبارتند از:

۱. اترها و استال‌ها: اترهاى حلقوى مانند تتراهيدورفوران و دى اكسان، اترهاى مشتق از الكل‌هاى اوليه و ثانويه مانند دى ايزوپروپيل اتر بسيار خطرناك هستند. اترهاى يك گروه آروماتيك متصل به اكسيژن دارند كه معمولاً در شرايط عادى پراكسيده نمى‌شود.

۲. تركيبات حاوى بنزليك هيدروژن: مانند كومن و تترالين

۳. تركيبات حاوى آلِيلِيك هيدروژن: شامل بسيارى از آلِكِن‌ها مانند سيكلوهگزن و سيلكوآكتين

۴. كتون‌ها - به ويژه كتون‌هاى حلقوى

۵. دين‌ها (هيدروكربن‌هاى كه باندهاى كربنى دوگانه دارند) و وينيل استيلن‌ها: مانند دى وينيل استيلن و بوتادين

۶. هيدروكربن‌هاى پارافينيك و آلكيل آروماتيك: مانند دكالين و متيل سيكلوپنتان

۷. تركيبات وينيل و وينيليدن: مانند وينيل استات و وينيليدن كلرايد

۸. آلدهيدها: استالدهيد بدون آب، كتون‌ها، اوره و آميدهاى حلقوى (لاكتام‌ها)

۹. فلز پتاسيم و آميدهاى فلزى قليابى: مانند آميد سديم

براى نگهدارى تركيبات توليدكننده پركسيد بايد به نكات زير توجه داشت:

۱. اين تركيبات بايد در ظروف بدون درز (براى جلوگیری از تماس با هوا) و در محلى تاريك، خشك و خنك نگهدارى شوند.

۲. ظروف حاوى اين مواد بايد برچسب‌گذارى شده و تاريخ‌هاى دريافت، باز كردن درب و دفع طرف بررورى آن نوشته شود.

۳. محل نگهدارى اين مواد بايد به طور منظم از نظر وجود پركسيدها آمايش شود.

۴. در صورت امکان باید ظروف نگهداری این نوع ترکیبات را پس از استفاده و پیش از بستن درب ظرف با گاز خنثی پر نمود.

۵-۱۰ دسته بندی ساختمان‌ها و حجم کالاهاى خطرناک قابل نگهداری

ساختمان‌ها بر اساس نوع کاربری خود دسته‌بندی می‌شوند. در بسیاری از ایالت‌های امریکا بر اساس کد بین‌المللی ساختمان^۱ (که توسط انجمن کدهای بین‌المللی^۲ ارایه شده است) ساختمان‌ها از نظر کاربری به ده گروه تقسیم شده‌اند. در این دسته‌بندی، ساختمان‌هایی که به منظور نگهداری و استفاده از کالاهای خطرناک طراحی و ساخته می‌شوند، تحت عنوان ساختمان‌های گروه H معرفی شده‌اند. ساختمان‌های گروه H بر اساس نوع خطر مواد مورد نگهداری یا مصرف در آنها به پنج دسته ساختمان‌های H-1 تا H-5 تقسیم می‌شوند. در این دسته‌بندی ساختمان‌های H-1 به دلیل استفاده از مواد خطرناک و قابل انفجار در آنها به عنوان پرخطرترین نوع ساختمان‌ها معرفی شده و ساختمان‌های H-5 به عنوان ساختمان‌های کم‌خطر که تنها دارای خطرات بهداشتی برای کارکنان هستند، طبقه‌بندی می‌شوند. در ساختمان‌های H-2، H-3 و H-4 نیز خطر انفجار و آتش‌گیری به دلیل استفاده از مواد کم‌خطرتر در سطح پایین‌تری از H-1 قرار دارد.

بر اساس مقررات IBC در ساختمان‌هایی که با کاربری ساختمان‌های گروه H طراحی و ساخته نشده‌اند، کالاهای خطرناک در محدوده‌هایی از ساختمان به نام «محوطه تحت کنترل^۳» نگهداری می‌شوند. در این محدوده‌ها کالاهای خطرناک مانند مواد آتش‌گیر و پرکسیدها نگهداری شده و اقداماتی جهت کنترل خطرات آنها در آن محدوده انجام می‌شود. مشخصات محوطه تحت کنترل به عواملی مانند نوع کالاهای خطرناکی که در آن نگهداری خواهد شد، کلاس خطر آنها، نوع بسته‌بندی مواد و ساختار ساختمان و محوطه‌های مجاور آن بستگی دارد. به طور معمول محوطه‌های کنترل با دیوارها و کف ضد حریق از سایر بخش‌های ساختمان جدا می‌شوند. مقدار کالاهای خطرناک نگهداری شده در محوطه‌های تحت کنترل از مقادیر ارایه شده در جداول «حداکثر مقدار مجاز^۴» پیروی می‌کند. جدول ۱۰-۶ بخشی از جداول مذکور است که حداکثر مقادیر مجاز نگهداری مایعات قابل اشتعال در محوطه‌های تحت کنترل را تعیین کرده است. استفاده از کابینت‌های استاندارد و تجهیز ساختمان به سیستم اطفاء حریق آفشان سبب افزایش مقادیر ذکر شده در جدول می‌شود. حداکثر مقدار مجاز مایعات آتش‌گیر قابل نگهداری در ساختمان از مجموع مقادیر قابل نگهداری در درون و بیرون کابینت‌ها و قوطی‌های ایمنی به دست می‌آید.

۱- Control Zone

۲- International Code Council (ICC)

۳- Control Zone

۴- Maximum Allowable Quantities (MAQ)

جدول ۱۰-۶. حداکثر مقدار مجاز در محوطه‌های تحت کنترل

کالای خطرناک	کلاس خطر	زیر زمین (%)	طبقه همکف (%)	طبقه اول (۷۵٪)	طبقه دوم (۵۰٪)	طبقه سوم و بالاتر (۱۲/۵٪)
مایع قابل اشتعال	IA	۲۲/۵ الف، ب	۳۰ الف، ب	۲۲/۵ الف، ب	۱۵ الف، ب	۳/۷۵ الف، ب
	IB IC	۶۷/۵ الف، ب	۱۲۰ الف، ب، د	۶۷/۵ الف، ب	۴۵ الف، ب	۱۱/۲۵ الف، ب
ترکیبی از مایعات قابل اشتعال	IA+IB+IC	۹۰ الف، ب، د	۱۲۰ الف، ب، د	۹۰ الف، ب، د	۶۰ الف، ب، د	۱۵ الف، ب، د
مایع قابل احتراق	II IIIA IIIB	۹۰ الف، ب	۳۰ الف، ب ۳۳۰ الف، ب ۱۳۲۰۰ ب، ج	۹۰ الف، ب	۶۰ الف، ب	۱۵ الف، ب

۱. در ساختمانی‌های که مجهز به سیستم آفشان هستند، مقدار ذکر شده می‌تواند به ۱۰۰٪ حداکثر مقدار قابل نگهداری افزایش یابد. زمانی که شرط ب نیز برقرار است، حداکثر مقدار مجاز قابل نگهداری از مجموع دو شرط به دست می‌آید.
 ۲. در صورتی که مواد در کابینت‌های استاندارد یا قوطی‌های ایمنی نگهداری شوند، مقدار ذکر شده می‌تواند به حداکثر ۱۰۰٪ مقدار قابل نگهداری افزایش یابد. زمانی که شرط الف نیز برقرار است، حداکثر مقدار مجاز قابل نگهداری از مجموع دو شرط به دست می‌آید.
 ۳. در ساختمان‌هایی که مجهز به سیستم آفشان و سیستم تهویه هستند، مقدار نگهداری مواد محدود نخواهد بود.
 ۴. نباید بیش از حد مجاز ذکر شده برای کلاس‌های IA، IB و IC در محل نگهداری نمود.
- لازم به ذکر است که مقررات ارایه شده توسط NFPA با مقررات IBC متفاوت است. با این حال به دلیل این که در بسیاری از ایالت‌های آمریکا، مقررات IBC در ارتباط با ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از ارایه جزئیات مقررات NFPA که در استاندارد شماره ۵۰۰۰ ذکر شده است، صرف نظر می‌شود.

● ۱۰-۶ نگهداری مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها

■ ۱۰-۶-۱ نکات عمومی

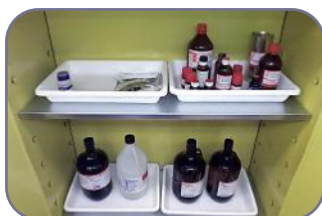
- رعایت نکات و موارد عمومی زیر در نگهداری مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها تاثیر بسیار زیادی بر تامین ایمنی آن خواهد داشت.
- ▲ مقدار مواد نگهداری شده در آزمایشگاه باید به حداقل ممکن برسد.
 - ▲ باید بر روی همه کمد‌ها و کابینت‌های نگهداری مواد شیمیایی نوشته‌هایی که نشان‌دهنده ماهیت خطر مواد درون

آن‌هاست، چسبانده شود (مانند بسیار آتش گیر، اسیدها، پرکسیدها)

▶ باید از تماس مواد شیمیایی با گرما و نور خورشید جلوگیری شود. این عوامل می‌توانند علاوه بر فاسد کردن ماده شیمیایی مقاومت ظروف نگهداری آن‌ها را نیز تحت تاثیر قرار داده و خطر آفرین شوند.

▶ باید نوع ماده و میزان آتش‌گیری یا سمیت مواد نگهداری شده در درون ظروف تکی بر روی آن‌ها و به صورت واضح نوشته شود.

▶ باید همه مواد شیمیایی مایع درون سینی یا ظرف ثانویه مقاوم در برابر مواد شیمیایی نگهداری شوند. سینی‌ها یا ظروف ثانویه برای جلوگیری از پخش شدن مواد شیمیایی در صورت نشت از ظرف اصلی به کار می‌روند. یکی از گزینه‌های خوب برای استفاده به این منظور، سینی‌های مخصوص نگهداری مواد شیمیایی مورد استفاده در ظهور عکس هستند که به سینی عکاسی معروفند (شکل ۱-۱۰). در مورد برخی از مواد شیمیایی باید از جنس‌های دیگری مانند سینی‌های فولادی، شیشه‌ای یا پلاستیک‌های مقاوم در برابر حلال‌ها استفاده کرد.



شکل ۱-۱۰. سینی نگهداری ظروف مواد شیمیایی (راست) و نگهداری بطری‌ها درون سینی (چپ)

▶ برای جلوگیری از تبخیر مواد شیمیایی و وارد شدن آن به فضای آزمایشگاه باید همواره از محکم بودن درپوش ظروف مواد شیمیایی اطمینان حاصل کرد.

▶ برای جلوگیری از خطر ریزش مواد در هنگام جابه‌جایی ظروف، باید از نگهداری ظروف مواد شیمیایی در نقاطی بالاتر از ارتفاع سر تا حد امکان پرهیز کرد. این نکته به ویژه در مورد ظروف بزرگ و شیشه‌ای بسیار حائز اهمیت است.

▶ باید در بازه‌های زمانی معین، قفسه‌های نگهداری مواد شیمیایی از نظر استحکام و ثبات مورد بررسی قرار گیرد.

▶ باید در آزمایشگاه از سیستم مدیریت موجودی مواد استفاده کرد تا ظروف قدیمی‌تر مواد شیمیایی در زمان مناسب وارد چرخه مصرف شده و یا از آزمایشگاه خارج شوند. همچنین باید همواره بر روی ظروف مواد تاریخ‌های ورود به آزمایشگاه، تاریخ باز کردن درپوش ظرف و تاریخ انقضا و دفع آن درج شود.

▶ به جز در مورد ظروف در حال استفاده، باید از انباشت و ذخیره کردن ظروف مواد شیمیایی بر روی سکو و میز کار آزمایشگاه و درون فیوم‌ها پرهیز کرد.

▶ در صورتی که درون پیست‌ها (آب فشان) مواد شیمیایی ریخته شده است، باید برچسب‌گذاری شده و نام ماده و خطرات آن بر روی برچسب مشخص شود (شکل ۲-۱۰).

▶ برای نگهداری اسیدها و بازها حتماً باید از کابینت‌های استاندارد و مقاوم در برابر خوردگی استفاده شود. در شرایط ایده‌آل این کابینت‌ها را باید به سیستم تهویه مکشی متصل شوند. به طور کلی مواد خورنده باید در ظروفی با درپوش

- بدون درز و غیر قابل نفوذ نگهداری شوند و از کاربرد ظروفی با درپوش‌های متفرقه پرهیز شود.
- ▶ برای نگهداری مایعات آتش‌گیری نیز مانند مواد خورنده باید شرایط نگهداری ایمن در کابینت‌ها و ظروف مناسب ایجاد گردد.
 - ▶ برای اطمینان از سالم بودن ظروف مواد شیمیایی، محکم بودن درپوش‌ها و عدم وجود نشست باید به صورت دوره‌ای تمامی ظروف در دوره‌های زمانی معین توسط پرسنل آزمایشگاه و کاربران بازرسی و ظروف معیوب شناسایی شوند.
 - ▶ محتوای ظروف معیوب باید به ظرف سالم دیگر منتقل شده و سپس در محل قبلی نگهداری شود.
 - ▶ یخچال‌های نگهداری مواد شیمیایی باید برچسب‌گذاری شوند.
 - ▶ این احتمال وجود دارد که یخچال‌های نگهداری مواد شیمیایی برفک زده و ظروف درون آن‌ها در اثر برودت زیاد بشکنند. بنابراین مواد شیمیایی درون یخچال‌ها باید درون سینی گذاشته شوند تا در صورت نشست مواد از ریزش آن در کل یخچال جلوگیری شود.



شکل ۲-۱۰. نمونه‌ای از برچسب‌گذاری پیست‌ها

■ ۲-۶-۱۰ کابینت‌های نگهداری مواد شیمیایی

«کابینت‌های ایمنی»^۱) تجهیزاتی هستند که جهت نگهداری و ذخیره‌سازی ایمن مواد شیمیایی گوناگون و نیز سیلندرهای گازها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع کابینت‌ها به نام‌های کمد نگهداری مواد شیمیایی و یا کمد حلال نیز معروف بوده و از جمله ضروری‌ترین تجهیزات نگهداری مواد شیمیایی خطرناک در آزمایشگاه‌ها و برخی انبارها هستند. این کابینت‌ها عموماً به گروه‌های ذیل تقسیم‌بندی می‌گردند:

۱. کابینت‌های ایمنی نگهداری اسیدها و بازها (کمد نگهداری مواد شیمیایی)،
۲. کابینت‌های ایمنی نگهداری مواد شیمیایی قابل اشتعال و آتش‌گیر (کمد حلال)
۳. کابینت‌های ایمنی ترکیبی یا دو منظوره مخصوص نگهداری و ذخیره همزمان مواد شیمیایی خورنده (اسیدها و بازها) و نیز مواد شیمیایی با قابلیت اشتعال بالا که عموماً فرار نیز می‌باشند.
۴. کابینت‌های ایمنی نگهداری و ذخیره‌سازی سیلندرهای گاز آزمایشگاهی (کمد نگهداری سیلندر گاز)

در شکل‌های ۳-۱۰ و ۴-۱۰ نمونه‌هایی از کابینت‌های نگهداری مواد شیمیایی نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰. کابینت‌های نگهداری مواد خورنده



شکل ۵-۱۰. کابینت نگهداری مایعات آتش‌گیر

استفاده از کابینت‌های ایمنی در آزمایشگاه‌های امروزی به شدت توصیه می‌شود. مهم‌ترین مزایای این تجهیزات عبارتند از:

۱. ایجاد نظم در محیط‌های آزمایشگاهی
۲. کاهش ریسک جابجایی مواد شیمیایی پرخطر به جهت کاهش میزان نقل و انتقال مواد از محل ذخیره تا محل مصرف
۳. ایجاد محیطی امن برای کاربران با حداکثر ایمنی ممکن
۴. ممانعت از ورود آتش به محفظه کابینت در هنگام آتش‌سوزی و جلوگیری از انتشار و توسعه آتش‌سوزی در ساختمان‌ها
۵. امکان تهویه بخارات سمی و بد بو توسط سیستم‌های پیشرفته تهویه متصل به کابینت‌ها
۶. جلوگیری از ایجاد انفجار
۷. افزایش زمان جهت ترک محل آتش‌سوزی
۸. ایجاد فرصت بیشتر برای امداد رسانی و نیز مهار و کنترل آتش‌سوزی

این کابینت‌ها بر اساس استانداردهای معتبر و با ظرفیت‌های مختلف و مقاومت زمانی و دمایی معین ساخته‌شوند. برای نمونه کابینت‌های نگهداری مایعات قابل اشتعال که مطابق با استاندارد EN 14470-1 ساخته می‌شوند در دو نوع ۳۰ و ۹۰ دقیقه و برای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد مقاومت دمایی مناسب هستند. در این کابینت‌ها درب‌ها در هنگام آتش سوزی به طور اتوماتیک قفل شده و محیطی ایزوله و امن را برای مواد شیمیایی ایجاد کند. همچنین بدنه آن‌ها در برابر ضربات مقاوم بوده و قادر به نگهداری مواد ریخته شده از ظروف درون خود باشند. بر اساس قوانین اتحادیه اروپایی، حداکثر حجم مایعات بسیار آتش‌گیر که می‌تواند در چنین کابینت‌هایی نگهداری شود، صرف‌نظر از ظرفیت کابینت یا کابینت‌ها، ۵۰ لیتر است. نگهداری مقادیر بیش از این مقدار جز در موارد استثنایی به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. در چنین مواردی نیز کابینت نگهداری مواد باید حداقل ۹۰ دقیقه مقاومت حرارتی داشته و دارای درب‌های بسته‌شونده خودکار^۱ باشند که برای نگهداری تمامی انواع حلال‌ها در محیط‌های کار و آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شود و حداکثر ظرفیت آن‌ها ۲۰۰ لیتر است. البته همان‌طور که گفته شد، استفاده از این کابینت‌ها جز در موارد استثنایی به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. مشخصات ساخت این کابینت‌ها در انگلستان از استاندارد BS EN 14470-1 پیروی می‌کند. بر اساس مفاد این استاندارد مایعات آتش‌گیر باید در کابینت‌های فلزی مقاوم در برابر آتش سوزی که به خوبی برچسب‌گذاری شده‌اند نگهداری شوند. این کابینت‌ها باید شرایط زیر را برای نگهداری مایعات آتش‌گیر فراهم کنند:

۱. ساختار بدنه آن‌ها حداقل به مدت ۳۰ دقیقه در برابر آتش سوزی مقاومت داشته باشد.
۲. بدنه آن‌ها در برابر ضربات و صدمات احتمالی مقاوم باشد.
۳. قادر به نگهداری مواد ریخته شده معادل ۱۱۰٪ از حجم بزرگترین ظرف درون خود باشد.
۴. به گونه‌ای برچسب‌گذاری شده باشند که نوع مواد درون آن‌ها و ماهیت خطر آن مواد به روشنی مشخص باشد.
۵. در محل‌هایی قرار داده شوند که از منابع گرما و شعله (در صورت لزوم)، مواد ناسازگار و مسیرهای فرار و نجات اضطراری به دور باشند.

در امریکا کابینت نگهداری مایعات آتش‌گیر^۲ باید ویژگی‌های ذکر شده در استاندارد NFPA ۳۰ را دارا باشد. مطابق با این استاندارد کابینت نگهداری مایعات آتش‌گیر کابینتی است که در ده دقیقه آزمایش حریق بتواند افزایش دمای درونی آن را تا ۳۲۵ درجه فارنهایت (۱۶۲ درجه سانتی‌گراد) از مرکز کابینت تا فاصله یک اینچ از سقف کابینت محدود کند. همچنین بر اساس مقررات موجود در این کشور، به طور معمول کابینت‌های نگهداری مواد قابل اشتعال به رنگ زرد، کابینت‌های مواد خوردنده به رنگ آبی و کابینت‌های نگهداری آئروسول‌های آتش‌گیر به رنگ قرمز تولید و استفاده می‌شوند. همچنین کابینت نگهداری آفت‌کش‌ها به رنگ سفید و کابینت نگهداری سموم اغلب به رنگ سفید یا خاکستری هستند.

۳-۶-۱۰ ظروف نگهداری مواد شیمیایی

بر اساس مقررات OSHA ظروف نگهداری مواد آتش‌گیر و حجم مجاز نگهداری از این مواد بر اساس

۱- Self-closing doors

۲- Flammable storage cabinet

نوع ظرف و کلاس خطر مایع آتش گیر مطابق با جدول ۷-۷ تعیین می گردد. بر اساس این جدول با افزایش حجم ماده ذخیره شده میزان مقاومت و استحکام بدنه ظرف محتوی ماده نیز افزایش می یابد. یکی از ظروف رایج مورد استفاده با ظرفیت محدود «قوطی ایمنی^۱» است. این ظروف ظرفیتی کمتر از ۲۰ لیتر داشته و دارای درپوش فنری و لوله‌ی خروجی هستند. این ظروف به گونه‌ای طراحی شده که هرگاه در معرض آتش قرار گیرد، بتواند فشار درونی را به نحوی ایمن آزاد کند (شکل ۶-۶).

جدول ۷-۱۰. حجم مایعات آتش گیر قابل نگهداری در ظروف مختلف (۱۱)

حجم مایعات قابل اشتعال (لیتر) حجم مایعات قابل احتراق (لیتر)					نوع ظرف
کلاس III	کلاس II	کلاس IC	کلاس IB	کلاس IA	
۴	۴	۴	۱	۰/۵	شیشه
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۴	فلز
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۱۰	قوطی ایمنی
۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	استوانه فلزی (بشکه)
۲۲۷	۲۲۷	۲۰	۲۰	۴	پلی اتیلن



شکل ۶-۶. قوطی ایمنی

■ ۱۰-۶-۴ یخچال‌ها

برخی از مواد شیمیایی باید در دمای پایین و در یخچال‌ها نگهداری شوند. یخچال‌های ویژه نگهداری مواد شیمیایی تفاوت‌هایی از نظر نوع سیم‌کشی درونی و تجهیزات با یخچال‌های معمولی دارند. دمای یخچال‌های معمولی به طور کلی بالاتر از نقطه اشتعال مایعات بسیار آتش گیر است. همچنین کمپرسور و مدارهای برقی این یخچال‌ها در قسمت پایینی یخچال قرار دارند، جایی که احتمال تجمع بخارات آتش گیر مواد درون یخچال وجود دارد. بنابراین، استفاده از یخچال‌های معمولی برای نگهداری مایعات آتش گیر بسیار خطرناک است. در برخی از موارد با انجام تغییراتی در یخچال‌های معمولی، امکان استفاده ایمن از آن‌ها برای نگهداری برخی از مایعات آتش گیر وجود خواهد داشت. مشروط بر این که این تغییرات توسط افراد ذیصلاح انجام شود. همچنین در آزمایشگاه‌ها، باید یخچال نگهداری مواد شیمیایی از مواد خوراکی به طور کامل جدا

بوده و برچسب‌های اعلام‌کننده ممنوعیت این کار بر روی آن‌ها چسبانده شود.

■ ۵-۶-۱۰ بازرسی از محل نگهداری مواد شیمیایی در آزمایشگاه

محل نگهداری مواد شیمیایی باید در دوره‌های زمانی معین و حداقل یک بار در سال بازرسی شده و نتایج آن مکتوب شود. در صورت مشاهده هرگونه ظرف معیوب، ماده شیمیایی غیر ضروری و تاریخ مصرف گذشته باید آن را از محل خارج کرده و به صورت ایمن دفع کرد. دستورالعمل ایمن دفع ماده شیمیایی باید توسط مسئولین آزمایشگاه اعلام و در دسترس کاربران آزمایشگاه قرار گیرد. در جریان بازرسی باید لیست مواد موجود در آزمایشگاه به روز رسانی شده و تاریخ و نام بازرس نیز ثبت گردد. بهتر است یک چک لیست ویژه بازرسی از نگهداری مواد شیمیایی در آزمایشگاه تهیه شده و در همه موارد بازرسی از آن استفاده شود. به عنوان یک راهنمای کلی ظروف و موادی که نشانه‌های زیر را دارند باید از آزمایشگاه خارج شده و دفع گردند.

۱. مایعاتی که قبلاً شفاف بوده‌اند و اکنون اندکی کدر شده‌اند.
۲. مایعاتی که تیره شده یا تغییر رنگ داده‌اند.
۳. جامدات لک زده و دارای نقاط رنگی
۴. ظروفی که یک لایه‌ی خشک شده حاکی از تبخیر آب از ماده بر روی آن شکل گرفته است.
۵. وجود تکه‌های جامد در یک ماده شیمیایی مایع یا وجود مایع در یک ماده شیمیایی جامد
۶. تجمع فشار درون ظرف ماده شیمیایی
۷. شواهد نشان‌دهنده واکنش ماده شیمیایی با آب
۸. خوردگی یا آسیب ظرف نگهداری ماده شیمیایی
۹. ظروف بدون برچسب یا دارای برچسب ناخوانا
۱۰. مواد شیمیایی کهنه با منشأ نامشخص (مواد شیمیایی کهنه عمدتاً موادی هستند که در جریان آزمایش‌های تحقیقاتی تولید می‌شوند).

● ۷-۱۰ نگهداری مواد شیمیایی در ساختمان‌ها و کارگاه‌ها

برخی از ساختمان‌ها و سازه‌ها مانند سوله‌ها با کاربری انبار ساخته و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. ولی نگهداری مواد شیمیایی محدود به این سازه‌ها نیست و در بسیاری از ساختمان‌های صنعتی و غیر صنعتی جهت دسترسی سریع به مواد مورد نیاز بخشی از ساختمان به عنوان انبار نگهداری مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. الزامات زیر برای ساختمان‌هایی که در آن‌ها فضاهایی به عنوان انبار مرکزی نگهداری مواد شیمیایی وجود دارد، باید رعایت می‌شود:

▶ اتاق‌ها یا ساختمان‌های نگهداری مواد شیمیایی باید دارای تهویه کافی باشند تا بخارات ناشی از نشت یا ریزش مواد شیمیایی را از ساختمان خارج سازند. میزان مناسب تهویه در این محل‌ها، حداقل ۵ بار تعویض هوا در ساعت است.

- ▶ برای جلوگیری از پخش شدن مواد ریخته شده و جمع‌آوری آن، کف محل باید دارای شیب بوده و درب ورود ۱۵ سانتی متر بالاتر از کف اتاق باشد.
- ▶ برای تردد راحت وسایل حمل چرخدار به محل نگهداری مواد باید مسیر شیب‌دار (ریمپ) ایجاد شود.
- ▶ کف ساختمان باید نسبت به مایعات نگهداری شده غیر قابل نفوذ و خنثی باشد.
- ▶ تجهیزات روشنایی و گرمایشی ساختمانی یا اتاق نباید به عنوان منبع آتش‌سوزی عمل کرده و در عمل امکان شعله‌ور شدن بخارات قابل اشتعال با سطوح داغ وجود نداشته باشد.
- ▶ سقف ساختمان‌هایی که به طور مستقل به عنوان انبار نگهداری مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، حتی در صورتی که سازه‌ی آن‌ها در برابر آتش‌سوزی مقاوم باشد، باید با مواد سبک ساخته شود تا به عنوان یک درِیچه انفجار عمل کنند. در انبارهای نگهداری مواد شیمیایی که در داخل ساختمان‌ها قرار دارند، یکی یا چند دیواره‌ی سبک به عنوان درِیچه انفجار در نظر گرفته می‌شود که موج حاصل از انفجار در اتاق را به سمتی از ساختمان که خطر کمتری دارد، منتقل می‌کند.
- ▶ محوطه نگهداری مواد شیمیایی باید به شکلی مدیریت شود که احتمال ریزش مواد به حداقل برسد. محوطه‌های نگهداری مواد شیمیایی نباید به عنوان محلی برای مدیریت سایر فعالیت‌ها مورد استفاده قرار گرفته و موادی غیر از مواد شیمیایی در آن‌ها نگهداری شوند.
- ▶ تمامی نقاطی که اتمسفر قابل انفجار داشته یا می‌توانند داشته باشند باید بر اساس مقررات مربوط به این فضاها ارزیابی و ناحیه بندی شوند.

۱-۷-۱۰ انبارهای کارگاهی

- کارگاه‌ها محل مناسبی برای نگهداری حجم زیادی از مواد شیمیایی نیستند. با این حال همواره مقداری از مواد شیمیایی در انبارهای دم‌دستی وجود دارند. به طور کلی مواد زیر در کارگاه‌ها وجود دارند:
۱. حلال‌هایی مانند عوامل چربی‌زدا، پارافین، الکل‌ها (ترکیبات متیله) و تینرهای رنگ
 ۲. قوطی‌های حاوی آئروسول که اغلب حاوی گاز بوتان به عنوان گاز پیش‌ران (فشرده ساز) هستند.
 ۳. نفت، گازوئیل و دیگر سوخت‌ها
 ۴. رنگ‌های برپایه حلال
 ۵. اسیدهای پاک‌کننده، لایه بردار، ضد زنگ و ...
 ۶. سیلندرهای گاز
 ۷. مقادیر ذخیره‌سازی مواد شیمیایی در کارگاه‌ها باید همواره اندک بوده و استفاده ایمن از آن‌ها با در نظر گرفتن نکات زیر و به کارگیری «بهترین روش انجام کار» صورت گیرد:
- ▶ مقدار نگهداری مواد شیمیایی در کارگاه در حداقل مقدار ممکن باشد.

- ▶ تمامی مواد شیمیایی سمی باید در کمد یا کابینت مناسب نگهداری شود.
- ▶ اسیدها نباید همراه با حلال‌های حاوی هیپوکلریت استفاده شده یا نگهداری شوند.
- ▶ حداکثر مقدار مایع قابل آتش‌گیر بر روی میز کار نباید از ۱ لیتر تجاوز کند.
- ▶ مقادیر بیشتر حلال‌های آتش‌گیر باید در کابینت‌های فلزی و حداکثر تا حجم ۵۰ لیتر نگهداری شوند.
- ▶ مایعات آتش‌گیر نباید در نزدیکی منابع حرارت نگهداری شوند. برخی از منابع مهم حرارت در کارگاه‌ها عبارتند از شعله‌های باز مانند برنرها و مشعل‌های جوشکاری، برشکاری، گرمکن‌ها و میزهای ریخته‌گری، هیترهای برقی، جوشکاری قوس الکتریکی، ابزارها و وسایل برقی و منابع الکتریسیته ساکن.

■ ۲-۷-۱۰ نگهداری مواد شیمیایی در انبارها (شرایط عمومی)

عموماً نگهداری مواد خطرناک نیازمند به کارگیری اقداماتی ویژه است. هنگام ذخیره کردن این مواد، باید همه خطرات آن‌ها را در نظر داشت. برای نمونه، بنزن ماده‌ای سمی و نیز آتش‌گیر است. افزون بر آن، می‌تواند با مخلوط شدن با هوا ترکیبی انفجاریزیدر پدید آورد. سیانید هیدروژن و سیانوزن نیز، هردو سمی و آتش‌گیرند. بهترین جای ذخیره‌سازی، ساختمان سقف‌دار است. البته، ظرف‌های نفوذناپذیر (مانند بشکه) را می‌توان در جای روباز ذخیره کرد، به شرط اینکه مواد درون آن نسبت به افزایش دما حساس نباشد. هر گاه جای ذخیره‌سازی بدون سقف باشد، باید دست‌کم بتواند آب باران را گردآوری کرده و به زهکش هدایت کرد. طراحی ساختمان انبارها باید بر پایه موازین استاندارد و به‌وسیله گروهی از متخصصان انجام شود. لازم است نقشه‌های چیدمان^۱ در دسترس بوده و مشخص باشد چه موادی در کجا انبار شده‌اند. انبارش درست مواد ضامن ایمنی محیط کار بوده و در مهار حوادث (آتش‌سوزی، نشت سم) مؤثر است. این کار باید به‌وسیله سرپرست زبردست و کارآموده بررسی شود. اگر برای انجام این کار چند سرپرست با مراتب شغلی گوناگون وجود دارند، حوزه اختیارات و اندازه مسئولیت هر یک باید به دقت تعریف و تفهیم شود.

انبار مواد خطرناک به هر شکل باشد باید از مقررات عمومی زیر پیروی کند:

۱. افراد کمتر از ۱۸ سال نباید در چنین محیط‌هایی کار کنند.
۲. افرادی که اختلال بینایی، بویایی یا شنوایی دارند، نباید در این محیط‌ها کار کنند.
۳. افرادی که در چنین محیط‌هایی کار می‌کنند باید از آموزش کافی برای کاربرد ایمن و بهره‌گیری درست از تجهیزات و ذخیره‌سازی مواد و نیز اقدامات اضطراری برخوردار باشند.
۴. برنامه‌های آموزشی باید پیوسته اجرا شوند تا از گسترش روش‌های غیرایمن در هنگام کار جلوگیری شود.
۵. همه آموزش‌های ارائه‌شده باید ثبت و بایگانی شوند.
۶. سرپرستان باید مطمئن باشند که کارگران وسایل حفاظتی لازم را به‌خوبی به‌کار می‌برند و پس از پایان کاری درنگ آن را تمیز می‌کنند.

۷. همراه داشتن سیگار روشن و یا کبریت در این محیط‌ها ممنوع است.
۸. انبارها باید به طور مرتب بازرسی شوند.
۹. ضبط و ربط در این اماکن بسیار اهمیت دارد.
۱۰. برکه اطلاعات ایمنی همه موادی که ذخیره یا جابه‌جا می‌شوند، باید به صورت کتبی و به آسانی در دسترس باشند.
۱۱. در همه بخش‌های انبار و حتی بیرون آن باید از تابلوهای ایمنی استفاده شود تا افراد از نوع مواد و خطرات آن‌ها آگاه سازند.
۱۲. مواد شیمیایی ممکن است به شکل جامد، مایع، پودر یا گاز در انبار نگه‌داری شوند. باید توجه داشت که گازها و پودرها زودتر از مایعات، و مایعات زودتر از جامدات فضای انبار را آلوده می‌کنند.
۱۳. ترکیب احتمالی مواد شیمیایی با یکدیگر، ممکن است در انبار فضایی مسموم ایجاد کند.
۱۴. همواره امکان نشت از شیرهای معیوب یا در پوش‌های درزبندی نشده ظروف محتوی مواد شیمیایی وجود دارد. بنابراین، احتمال انتشار مقداری از مواد در فضای انبار وجود دارد.
۱۵. ماسک تنفسی هوای فشرده باید به شمار کافی در انبار وجود داشته باشد.
۱۶. نصب دوش ایمنی و چشم‌شوی در بیرون انبار ضروری است.
۱۷. در صورت شکستن ظروف محتوی مواد شیمیایی، باید پیش از هر اقدامی ماسک تنفسی مناسب پوشید و پس از آن، اقدامات دیگر را آغاز کرد.
۱۸. هرگاه کارگران با مواد شیمیایی خطرناک تماس پیدا کنند، لازم است به سرعت پوشاک خود را در آورده، پوست آلوده را بشویند و بر پایه راهنمایی‌های ویژه‌ای که در SDS آن ماده مشخص شده درمان شوند. جای آلوده شده در انبار نیز باید به سرعت تمیز شود.
۱۹. در صورت بروز مسمومیت با مواد شیمیایی، باید بی‌درنگ فرد را به فضای آزاد برد و تنفس مصنوعی داد.
۲۰. برای تمیز کردن مواد ریخته شده باید روش‌هایی مناسب به کار رود. برای نمونه، استفاده از پمپ برای جمع کردن مواد سمی مایع بهترین شیوه است. کاربرد مواد پاک‌کننده و جاذب (مانند خاک اره) نیز می‌تواند مناسب باشد.
۲۱. کپسول‌های آتش‌نشانی به شمار کافی در محل‌های مناسب و ضروری قرار گیرند.
۲۲. هنگام آتش‌سوزی در انبار رعایت نکات زیر ضروری است:
۲۳. هرگز نباید بدون کاربرد ماسک تنفسی هوای فشرده، وارد صحنه آتش‌سوزی انبار مواد شیمیایی شد.
۲۴. باید از نزدیک شدن افراد غیر مسئول به انبار در حال آتش‌گیری جلوگیری کرد.
۲۵. تا جایی که امکان دارد آتش از دور خاموش شده و زیاد به آتش نزدیک نشد.
۲۶. به محض آغاز آتش‌سوزی ضمن انجام اقدامات مقدماتی، موضوع به مرکز آتش‌نشانی اطلاع داده شود.
۲۷. پس از خاموش کردن آتش باید انبار برای مدتی تهویه شود و افراد بدون ماسک نزدیک بخارهای ناشی از سوختن مواد نشوند.

● ۸-۱۰ مقررات ایمنی انبارداری مواد شیمیایی و سموم در انبارها

■ ۸-۱۰-۱ مکان و طراحی ساختمان انبار مواد شیمیایی

انبار مواد شیمیایی به محلی اطلاق می‌گردد که انواع ترکیبات شیمیایی و سموم به اشکال مختلف گاز، مایع و جامد در آن به طور موقت نگهداری می‌شود و بر دو دسته انبار کوچک و انبار بزرگ می‌باشد. انبار کوچک به انبارهایی اطلاق می‌شود که دارای مساحت حداکثر ۱۰۰ متر مربع بوده و عرض راهرو داخل آن کمتر از ۱/۵ متر نباشد. انبارهای بزرگ به انبارهایی اطلاق می‌گردد که دارای مساحت بیش از ۱۰۰ متر مربع باشند. این گونه انبارها چنانچه مجهز به وسایل مکانیکی یا موتوری حمل و نقل باشند، راهروها می‌بایست متناسب با عبور وسایل مذکور منظور گردد. راهروی طولی باید تا انتهای انبار خالی از کالا بوده و با رنگ سفید از دو طرف خط کشی و مشخص شده باشد. همچنین ظرفیت انبار با سموم و مواد شیمیایی مورد نگهداری مطابقت داشته و حداقل ۱۵٪ ظرفیت اضافه انبار جهت جا به جایی سهل محموله و احتیاجات احتمالی آینده در نظر گرفته شود. محل انبار باید به نحوی انتخاب گردد که حداقل سه جهت اطراف ساختمان به لحاظ دسترسی خودروهای امدادی و وسایل اطفاء حریق و ارسال تجهیزات ضروری در شرایط اضطراری آزاد باشد. محل انبارهای بزرگ می‌بایست دور از مناطق مسکونی، مدارس و ذخایر آب احداث گردد. ضمناً احداث این انبارها در مناطقی که سطح آب‌های زیر زمینی بالا می‌باشد، ممنوع است. وجود گذرگاه‌های شیب‌دار (ریمپ) در مبادی ورودی‌های انبار برای ممانعت از خروج تراوشات به خارج از انبار ضروری می‌باشد. این گذرگاه بایستی در داخل انبار و در خارج انبار در ورودی‌ها احداث گردد. دسترسی به ساختمان اصلی انبار باید بدون نیاز به عبور از سایر ساختمان‌ها امکان‌پذیر باشد. دیوارهای داخلی بایستی صاف و صیقلی بوده، عاری از ترک و لبه باشد تا به آسانی تمیز شود. این دیوارها بایستی روی بند یا سدی که از مواد نفوذناپذیر به ارتفاع ۱۴ سانتی متر پوشیده باشد، قرار گیرد و دیوار دور تا دور تمام انبار را در بر گیرد. دفتر انباردار باید جدا از منطقه نگهداری سموم و مواد شیمیایی باشد. علاوه بر درب اصلی انبار بایستی درب‌های اضطراری نیز در نظر گرفته شوند. درب‌ها بایستی مجهز به قفل ایمنی و میله‌های حفاظتی بوده، پنجره‌ها و هواکش‌ها نیز باید به میله‌های حفاظتی مجهز بوده تا از ورود افراد غیر مسئول ممانعت شود. چنانچه از وسایل جایگزین دیگری برای هواکش و نور استفاده می‌شود، اجباری برای ساخت پنجره نمی‌باشد. در غیر این صورت باید پنجره‌ها سایبان داشته و از ورود نور مستقیم خورشید ممانعت شود. سیستم هواکش مناسب، مجهز به فیلتر جهت ممانعت از تجمع بخارات مواد شیمیایی و خطر آتش‌زایی تعبیه گردد. کف انبار بایستی با خط کشی، بلوک بندی و شماره‌گذاری شود و در کنار هر بلوک راهروهایی به عرض حداقل یک متر جهت جابجایی، بازرسی و عبور هوای آزاد در نظر گرفته شود. هر بلوک بایستی حاوی تنها یک محموله با مشخصات یکسان باشد. علائم هشداردهنده بایستی در خارج از انبار به زبان فارسی نصب گردند. علائم خطر سموم آتش‌زایی و عدم اجازه

ورود به افراد غیر مسئول از جمله علائم هشداردهنده مهم است. سیستم خنک کننده و گرم کننده بایستی به گونه‌ای تعبیه گردد که موجب گرم شدن و یا سرد شدن مستقیم مواد انبار نگردند. استفاده از وسایل گرم کننده هوا که با نفت و گاز می‌سوزند، ممنوع است. ایجاد هرگونه مخزن جهت نگهداری مواد شیمیایی مایع و یا گاز در انبارهای کوچک به طور کلی ممنوع است. محل انبارها باید به نحوی انتخاب گردد که راه‌های دسترسی مناسب برای حمل و نقل خودروهای امدادی در شرایط ویژه موجود باشد به نحوی که بدون برخورد با مانع تا درب ورودی انبار امکان پیشروی باشد و ساختمان محل انبار استحکام و ایمنی مناسب را جهت نگهداری مواد شیمیایی و سموم داشته باشد. دیوارها و سقف و سرپناه تمام انبارها بدون استثناء باید از مصالح غیر قابل اشتغال ساخته شود. بکار بردن چوب، تخته پلاستیک و خرپاهای چوبی و تخته‌های در ساختمان انبار به کلی ممنوع است. اجزای مقاوم نظیر خرپاها، تیر آهن و یا حمال‌های بتونی با مصالح غیر قابل اشتغال باید به طریقی عایق کاری شوند که در برابر آتش سوزی برای حداقل ۲ ساعت و ستون‌ها برای مدت ۳ ساعت مقاوم باشند. کف تمام انبارها باید ستونی یا سنگ فرش بوده و نسبت به مواد شیمیایی و سموم غیر قابل نفوذ باشد. شیب و آبروی (زهکش) کف محوطه باید به گونه‌ای باشد که مایعات در زیر کالاهای جمع نشود. همچنین صاف بوده، لغزنده نباشد و فاقد هرگونه ترک یا شکاف باشند. در انبارهای بزرگ مواد شیمیایی و سموم، هرگونه زهکشی باید برای دفع فاضلاب به حوضچه‌ای متصل باشد تا از ورود فاضلاب به درون آبراه‌ها و یا مجاری فاضلاب عمومی جلوگیری شود. میزان و مقدار ذخیره آب مورد لزوم آتش نشانی و همچنین سیم کشی برق و تناسب قطر سیم‌های برق با بار الکتریکی لازم و نیز کلید ضد جرقه در کلیه انبارها بر حسب دستور العمل‌های فنی موجود باید در نظر گرفته شود. محوطه انبارها باید عاری از پوشال، خاشاک و خرده چوب و کاغذ و سایر مواد زائد قابل اشتعال باشد. انبارها می‌بایست به تناسب موادی که از آن‌ها نگهداری می‌شود مجهز به وسایل ضروری اطفاء حریق مطابق با استانداردهای سازمان آتش نشانی باشند. در کلیه انبارهای مواد شیمیایی و سموم نصب سیستم‌های هشداردهنده اجباری است. روشنایی طبیعی انبار می‌بایست به گونه‌ای طراحی گردند که مواد شیمیایی و سموم موجود در آن‌ها در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار نگیرند. جهت جلوگیری از بروز حادثه و پیشگیری از صدمات جانبی، هر انبار باید مجهز به تابلوهای هشدار و علائم راهنما بوده و محل نصب این‌گونه هشدارها و علائم مناسب و قابل رؤیت باشد. تابلوها می‌بایست از فاصله حداقل ۱۵ متری قابل دیدن و خواندن باشند و معنا و مفهوم آن‌ها به کارکنان آموزش داده شود. انبار مواد شیمیایی و سموم باید حداقل مجهز به دو دستگاه کپسول اطفاء حریق پودر و گاز ۱۲ کیلوگرمی و یک دستگاه کپسول پودر و گاز ۵۰ کیلوگرمی بوده و به نسبت حجم انبارها، دارای تعدادی سطل آتش نشانی سر باز محتوی ماسه خشک سرد شده باشند. کپسول‌های آتش نشانی می‌بایست در فواصل زمانی مناسب مورد بازدید قرار گیرند.

مواد قابل اشتعال موادی هستند که به صورت جامد، مایع، بخار یا گاز و با اختلاط با اکسیژن هوا در حرارت معینی (بسته به نوع ماده) به وسیله شعله، جرقه یا منابع حرارتی دیگر محترق و سپس مشتعل می‌شوند. در عمل معمولاً از اختلاط بخار یک سوخت (ماده قابل اشتعال) و یا ذرات گرد و غبار ریز آن در درجه حرارتی معین با مقدار هوای کافی و روشن کردن آن عمل احتراق و سپس اشتعال رخ می‌دهد. بنابراین برای آنکه سوخت جامد قابل اشتعال بسوزد، حرارت دادن آن تا مقداری که به قدر کافی بخار ایجاد کند، ضروری است. ضمناً چون در یک حرارت معین، مایعات دارای فشار بخار بیشتری نسبت به جامدات می‌شوند لذا مایعات قابل اشتعال سریعتر از جامدات قابل اشتعال آتش می‌گیرند. آنچه که مسلم است، گرد و غبارها و گازهای قابل اشتعال خیلی سریعتر از دو دسته مذکور محترق و مشتعل می‌شوند. به بیان دیگر، جامدات قابل اشتعال آهسته‌تر محترق و مشتعل شوند ولی مایعات نسبتاً سریع‌تر و گازها آنقدر سریع محترق و مشتعل می‌شوند که اغلب تولید انفجار نیز می‌کنند. مواد قابل انفجار موادی هستند که ممکن است به صورت جامد، مایع یا گاز وجود داشته باشند و تحت شرایط معینی از حرارت و شوک (ضربه) یا فعل و انفعالات شیمیایی به آسانی و به سرعت تجزیه شده و مقدار زیادی گاز یا حرارت تولید کنند. یک انفجار در حقیقت عبارت است از یک تجزیه سریع شیمیایی و یا احتراق مواد قابل انفجار. اختلاف بین سوختن سریع یک ماده قابل انفجار و سوختن معمولی چوب و ذغال و ... در آن است که اکسیژن لازم برای احتراق در ماده اول مستقیماً از خود ماده قابل انفجار تأمین می‌شود در صورتی که در مورد مواد قابل اشتعال، اکسیژن مورد نیاز بایستی به مقدار زیاد از هوا گرفته شود. در طی یک انفجار، تولید گاز به قدری زیاد و سریع انجام می‌گیرد که منجر به تخریب ساختمان‌ها، تجهیزات و سایر اشیای مجاور می‌شود. بنابراین از نقطه نظر مخاطراتی که مواد قابل انفجار دارند بایستی در انتخاب محل و شرایط انبار و همچنین جابه جایی، حمل و نقل و نگهداری این قبیل مواد نهایت توجه و دقت به عمل آید. بایستی دانست که حجم مواد منفجره پس از انفجار به شدت افزایش می‌یابد به عنوان مثال باروت سیاه پس از انفجار ۲۸۰ برابر حجم خودش را اشغال کرده و بر هر سانتی متر مربع فشاری معادل ۵/۵ تن وارد می‌سازد. در انبار کردن مواد قابل اشتعال و انفجار موارد زیر بایستی رعایت گردد:

۱. مواد جامد، مایعات، پودر، بخار و گازهای قابل اشتعال خطرناک بایستی در انبارهایی نگهداری شوند که دمای آن‌ها مانع از آتش گرفتن خود به خود در مواردی که بخارات مواد مذکور با هوا مخلوط می‌شود، گردد.
۲. انبار باید از تهویه کافی برخوردار باشد تا در صورت نشست و انتشار معمولی بخارات قابل اشتعال از ظروف به حد کافی در هوا رقیق شوند و جرقه‌ای نتواند آن‌ها را روشن و مشتعل سازد.
۳. وجود شعله‌های باز مثل جوشکاری و کلیه وسایلی که ممکن است جرقه ایجاد نمایند در این گونه انبارها ممنوع است.
۴. انبار و مخازن مواد قابل احتراق و انفجار بایستی با فاصله کافی از سایر ساختمان‌ها و یا محل‌های تردد اشخاص احداث شوند.
۵. انبارهای نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار بایستی به دور از اماکنی که خطر ایجاد حریق وجود دارد، از جمله محل‌های بکارگیری این مواد احداث شوند.

۶. علائم هشداردهنده به زبان فارسی و در صورت لزوم به زبان‌های دیگر بایستی در فاصله ۵۰ متری انبارهای نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار نصب گردد. این علائم بایستی در محلی نصب شوند که عابرین از هر قسمت و جهتی بتوانند به خوبی آن‌ها را ببینند.
۷. حمل کبریت و فندک و به کارگیری آن‌ها و نیز استعمال دخانیات در محدوده ۳۰ متری انبارهای نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار اکیداً ممنوع است. به همین منظور بایستی در این اماکن علائم هشداردهنده در محل‌های مناسب نصب گردد.
۸. برای گرم کردن دفاتر کارکنان در این قبیل انبارها بایستی از شوفاژ برقی ضد اشتعال یا شوفاژ بخار آب استفاده شود.
۹. برای تأمین روشنایی بایستی سیم کشی انبار کاملاً استاندارد بوده و منابع روشنایی، کلیدهای برق و به طور کلی تمامی تجهیزات برقی مورد استفاده بایستی از نوع ضد انفجار باشد.
۱۰. کلیه قسمت‌های فلزی انبار به منظور ممانعت از ایجاد الکتریسیته ساکن بایستی دارای اتصال زمین کامل باشند.
۱۱. انبارهای نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار برای جلوگیری از خطر صاعقه بایستی مجهز به میله برق گیر باشند. این تجهیزات بایستی به طور مرتب مورد بازرسی قرار گرفته و در فواصل زمانی معین آزمایش شوند.
۱۲. دمای انبارهای مواد قابل انفجار بایستی با بکارگیری تمهیدات ساختمانی و یا با استفاده تجهیزات سرمایشی مناسب در مقابل افزایش حرارت محافظت شوند. دمای ۳۲ درجه سانتی گراد یا ۹۰ درجه فارنهایت حداکثر حرارت مجاز انبارهای نگهداری مواد قابل انفجار می‌باشد.
۱۳. انبار مواد قابل انفجار باید مصون و محفوظ از تأثیر شرایط جوی باشد و در ساخت آن از مصالح غیر قابل احتراق و مستحکم استفاده شود، به گونه‌ای که گلوله در آن اثر نکند. این انبارها بایستی دارای تهویه کافی بوده و محیط پیرامون آن به گونه‌ای باشد که انبار را در معرض آتش سوزی احتمالی ناشی از بوته‌ها و یا خارهای اطراف محل قرار ندهد.
۱۴. کف انبارهای مواد قابل انفجار بایستی توسط مواد ضد جرقه^۱ پوشیده شده و سطوح فلزی نمایان در آن بکارنرفته باشد.
۱۵. قفل، کلید، چفت، لولا و دستگیره درب‌های انبارهای نگهداری مواد قابل اشتعال و انفجار بایستی از جنس فلز برنج باشند.

■ ۱۰-۸-۳ نکات ایمنی در خصوص انبارداری مواد اکسید کننده

پراکسیدهای معدنی و آلی، اکسیدها، پرمنگنات‌ها، کلرات‌ها، پرسولفات‌ها، نیترات‌های آلی و معدنی، یدات‌ها، پرومات‌ها، پرومات‌ها، کرومات‌ها، دی کرومات‌ها، پربرات‌ها را مواد اکسیدکننده می‌نامند. این مواد با کسب حرارت یا در فعل و انفعال‌های شیمیایی اکسیژن آزاد می‌کنند. برخی از مواد اکسیدکننده که در حرارت‌های پایین به میزان قابل ملاحظه‌ای اکسیژن آزاد می‌کنند، در حوادثی مانند زلزله، ارتعاشات شدید و یا تحت تأثیر حرارت بالا، انفجارهای خطرناکی تولید می‌کنند. در ادامه برخی از نکات مهم در انبارداری مواد حساس با آب ذکر شده است:

۱. اکسیدکننده‌ها و به ویژه آن‌هایی که دارای نقطه اشتعال پایین‌تری هستند رانبایستی در مجاورت اکسیدشونده‌ها انبار کرد.
۲. اطفاء حریق مواد اکسیدکننده بسیار مشکل و در بیشتر موارد غیر ممکن است و تنها کاری که در این گونه شرایط می‌توان کرد مهار آتش سوزی و پیشگیری از سرایت آن به دیگر اماکن می‌باشد. برخی از مواد اطفایی مورد استفاده در آتش نشانی، بر روی اکسیدکننده‌ها بی‌تاثیر می‌باشند.
۳. در اطفاء حریق این مواد، در صورتی که مقدار موادی که آتش گرفته کم باشد، با ریختن ماسه خشک به مقدار زیاد می‌توان آن را اطفاء کرد. ولی در آتش سوزی‌های وسیع تنها اقدام مفید این است که ساختمان‌های اطراف انبار را با آب خنک کرد تا از سرایت آتش به آن‌ها ممانعت شود.
۴. ساختمان این انبارها بایستی در برابر آتش سوزی مقاوم باشند.
۵. انبارهای نگهداری مواد اکسیدکننده بایستی خشک و خنک بوده و تهویه مناسبی داشته باشد و حرارت و رطوبت آن مرتباً کنترل گردد.
۶. برای تأمین روشنایی بایستی سیم کشی انبار کاملاً استاندارد بوده و منابع روشنایی، کلیدهای برق و به طور کلی تمامی تجهیزات برقی مورد استفاده بایستی از نوع ضد انفجار باشد.

■ ۴-۸-۱۰ نکات ایمنی در خصوص انبارداری مواد حساس به آب

برخی از مواد شیمیایی در تماس با آب واکنش‌های شیمیایی خطرناک و خارج از کنترل از خود نشان می‌دهند که می‌تواند منجر به بروز آتش سوزی یا انفجار گردد. انیدرید اسیدها، اسیدهای غلیظ و قلیائی‌های غلیظ از جمله مواد حساس به آب محسوب می‌شوند که در صورت حل شدن در آب یا در صورتی که آب بر روی آن‌ها ریخته شود و یا بخار آب به آن‌ها برسد، فعل و انفعالات شیمیایی گرمایی انجام می‌دهند که همراه با تولید بخارات قابل اشتعال و انفجار می‌باشد. شناسایی این مواد و رعایت نکات ایمنی در انبارداری این مواد بسیار حیاتی است. لیتیم، سدیم، پتاسیم، کلسیم، روییدیم، سزیم، تیدروها و نیتروها از جمله مواد حساس به آب محسوب می‌شوند که در صورت مجاورت آب یا رطوبت، فعل و انفعالات شیمیایی گرمزا و گاز هیدروژن که گازی فوق العاده قابل انفجار است، متصاعد می‌کنند. همچنین کربورها، سولفورها، پرورها، تلورها، سیلیسیورها، تلورورها، سلنیورها و فسفرها از جمله مواد حساس به آب محسوب می‌شوند که در صورت مجاورت با آب یا رطوبت خود به خود آتش می‌گیرند (خودافروز). در ادامه برخی از نکات مهم در انبارداری مواد حساس با آب ذکر شده است:

۱. انبارهای نگهداری مواد حساس به آب بایستی کاملاً خشک و خنک بوده و مصالح ساختمانی آن جاذب رطوبت نباشد و از نفوذ آب به داخل جلوگیری شود.
۲. سیستم گرمایش و سرمایش این انبارها بایستی از نوع خشک باشد و به کارگیری کولرهای آبی و تجهیزات مشابه در این انبارها ممنوع می‌باشد.
۳. انبارهای نگهداری مواد حساس به آب بایستی به دور از اماکنی که خطر ایجاد حریق وجود دارد، از جمله

- محل‌های بکارگیری این مواد احداث شوند.
۴. تأمین روشنایی این انبارها بایستی از بیرون انبار انجام شده و یا از منابع روشنایی برقی و به طور کلی تجهیزات ضد انفجار در این انبارها استفاده شود.
 ۵. به منظور ممانعت از ورود نور مستقیم خورشید به داخل این انبارها بایستی از پنجره‌های سایبان‌دار و یا شیشه‌های مات استفاده شود.
 ۶. برای نگهداری مواد حساس به آب در انبارهای معمولی، بایستی قسمتی از انبار با دیوار ضخیم آجری از سایر قسمت‌ها جدا گردد.
 ۷. هرگز نبایستی از آب برای اطفاء حریق این دسته از مواد استفاده شود و در انبارهای نگهداری این مواد بایستی علائم هشداردهنده به منظور عدم بکارگیری آب در اطفاء این مواد نصب گردد.
 ۸. ماده خاموش‌کننده مواد حساس به آب انیدرید کربنیک یا پودرهای مخصوص است که بایستی کپسول‌های این مواد به تعداد کافی در انبار نصب گردد.
 ۹. نصب سیستم اعلام حریق مجهز به دتکتورهای دودی یا حرارتی در انبارهای نگهداری این مواد توصیه می‌شود.
 ۱۰. سرکشی به انبارهای نگهداری مواد حساس به آب توسط مسئولین ایمنی سازمان بر اساس برنامه زمان بندی معین ضروری است.

■ ۵-۸-۱۰ انبارداری سموم شیمیایی

- موجودی انبار می‌بایست به گونه‌ای نگهداری شود که محموله‌ای که زودتر وارد انبار شده زودتر نیز خارج شود. به عبارتی محموله‌های قدیمی قبل از محموله‌های جدید مصرف گردد. در ادامه مقررات عمومی انبارداری سموم شیمیایی ذکر شده است.
۱. محموله‌ها در انبار بایستی به طور مرتب بازرسی گردند تا وضعیت آن‌ها از نظر فساد، سفت و متراکم شدن، رسوبی شدن، ژله‌ای شدن، تغییر رنگ و نیز وضعیت ظروف بررسی گردند.
 ۲. محتوای ظروف آسیب دیده و نشسته نموده بایستی فوراً بسته بندی شده و برچسب گذاری شوند.
 ۳. مکان آلوده باید سریعاً پاک شود.
 ۴. ابزار کار آلوده بایستی زوده و پاک‌سازی شود.
 ۵. از ایستادن بر روی بسته بندی‌ها و ظروفی که با وزن انسان ممکن است صدمه دیده و برای فرد ایجاد خطر نماید، خودداری شود.
 ۶. ظروف خالی که قرار است امحاء گردند بایستی در مکان ویژه و مطمئنی جهت ممانعت از سرقت و استفاده مجدد برای سایر مقاصد قرار گیرند.
 ۷. هنگام کار در انبار از خوردن، آشامیدن و استعمال دخانیات خودداری شود.
 ۸. انباردار و کارگران انبار باید آموزش‌های لازم جهت انبارداری، ثبت و حمل و جابجایی را ببینند. این آموزش‌ها باید

شامل موارد زیر باشد:

- ▶ شناخت رفتار و انواع سموم و مواد شیمیایی
- ▶ اطلاعات لازم مبنی بر رفتار احتیاطی لازم در حین جابجایی و حمل به منظور اجتناب از بروز حوادث
- ▶ اطلاعات مربوط به نحوه عملکرد در حین بروز حوادث احتمالی در جهت کاهش خطرات حادثه نسبت به انسان و محیط زیست اطلاع لازم در زمینه اطفاء حریق، کمک‌های اولیه، استفاده از وسایل ایمنی حفاظتی مناسب، روش‌های مناسب جهت جلوگیری از مخاطرات ناشی از نشت و تراوش مواد
- ▶ اطلاعات لازم در خصوص طبقه بندی انواع مختلف سموم و مواد شیمیایی.
- ۹. انباردار موظف است از وجود ابزارها و لوازم ضروری برای حفظ ایمنی انبار اطمینان داشته باشد.
- ۱۰. انباردار و کارگران در هنگام کار باید از وسایل ایمنی و حفاظتی زیر استفاده نمایند:
 - ▶ لباس آستین‌دار بلند از جنسی مقاوم که تمام بدن را بپوشاند.
 - ▶ عینک حفاظتی مناسب جهت حفاظت از چشم در مقابل حوادث و خطرات ناشی از سموم و مواد شیمیایی.
 - ▶ ماسک مناسب جهت تصفیه بخارات و گازهای ناشی از مواد سمی و در صورت عدم وجود فیلتر تصفیه‌ای استاندارد، استفاده از ماسک هوارسان.
 - ▶ دستکش لاستیکی مناسب، چکمه لاستیکی ضخیم، پیش‌بند از جنس PVC، نئوپرن و یا پیش‌بندهای یکبار مصرف از مواد پلی اتیلنی که از گردن تا پایین زانو را بپوشاند.
- ۱۱. نحوه آرایش و طبقه‌بندی مواد شیمیایی و سموم در انبارها می‌بایست به نحوی باشد که امکان رؤیت و دسترسی به آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر باشد.
- ۱۲. محل انبارهای بزرگ می‌بایست دور از مناطق مسکونی، منابع آب آشامیدنی، مناطق در معرض سیل و به طور کلی مناطقی که دارای قابلیت خطر آفرینی برای انسان و محیط زیست باشد، احداث گردد.
- ۱۳. در داخل انبارها باید به نسبت وسعت آن بر حسب مورد دستگاه‌های هواکش مجهز به فیلتر نصب شود تا هوای انبار مرتباً تعویض گردد.
- ۱۴. کلیه مواد شیمیایی و سموم می‌بایست در بسته بندی‌های استاندارد (مطابق قوانین جاری) انبار گردند.
- ۱۵. سموم و مواد شیمیایی در گروه‌های مختلف بر حسب حالت فیزیکی، قابلیت خطر زایی (آتش‌گیری، انفجار و...) در طبقه بندی انبار قرار گیرند.
- ۱۶. مواد شیمیایی و سمومی که سمیت آن‌ها بسیار زیاد است باید در قسمتی جداگانه از انبار قرار گیرند.
- ۱۷. سموم و مواد شیمیایی دارای طول عمر کمتر از ۲ سال همراه با تاریخ ساخت و تاریخ مصرف که به طور خوانا بر روی بسته بندی آن‌ها درج شده باشد، باید در محلی از انبار قرار گیرند که تاریخ انقضای مصرف آن‌ها به راحتی قابل رؤیت باشد.
- ۱۸. هر انباری می‌بایست به سیستم ثبت ورود و خروج مواد (گزارش دهی) بر حسب فرم‌های استاندارد مجهز باشد.
- ۱۹. بشکه‌ها و بسته بندی مواد شیمیایی و سموم می‌بایست طوری روی هم قرار گیرند تا فشار بیش از حد مجاز بر آن‌ها وارد نشود (طبق دستور العمل تولیدکننده رفتار شود).

۲۰. مقاومت جنس مواد بسته بندی به میزانی باید پیش بینی گردد که متناسب با محتویات داخل آن باشد.
۲۱. جنس ظروف می بایست به گونه ای انتخاب شود که نسبت به نفوذ رطوبت و تأثیر حرارت دارای مقاومت باشد.
۲۲. نگهداری انواع مواد قابل اشتعال در ظروف سر باز یا قوطی و بشکه های دارای نشت به طور کلی ممنوع است.
۲۳. برای نگهداری شیشه ها، قوطی ها و ظروف محتوی مواد روغنی و مایعات قابل اشتعال باید قفسه بندی فلزی مناسب در انبار فراهم گردد به نحوی که از وارد آمدن فشار و در نتیجه شکستگی یا ساییدگی ظروف مذکور جلوگیری به عمل آید.
۲۴. حلال ها و سایر موادی که دارای فشار بخار بالایی هستند نباید در معرض نور مستقیم در بشکه های سیاه پر شوند.
۲۵. ظروف و بسته بندی های مواد شیمیایی و سموم به طور هفتگی باید از نظر محل نگهداری، نشت مواد، وضعیت ایمنی، وسایل حفاظت فردی شاغلین در انبارها و محیط انبار و همچنین عملیات پاکسازی مورد بازدید قرار گیرد.
- مواد شیمیایی و سموم ناسازگار نباید در کنار یکدیگر نگهداری شوند و در صورت لزوم باید با استفاده از دیوارهای مستحکم و خاکریز پیش بینی لازم را اعمال نمود.
۲۶. مواد شیمیایی با اشتعال بالا و میل ترکیبی زیاد می بایست حداقل با ۱۵ متر فاصله از سایر مواد قرار گیرند.
۲۷. در هر انبار باید ظروف و بشکه های خالی جهت انتقال محتویات ظروف آسیب دیده موجود باشد.
۲۸. نصب دوش و چشم شوی اضطراری در این انبارها ضروری است.

■ ۶-۸-۱۰ جداسازی مواد در انبار

- باید مواد شیمیایی خطرناک مختلف را جدا از یکدیگر نگاه داشت. این اقدام جلوگیری از انتشار آلودگی و آسان نمودن حمل و نقل مواد را موجب می شود. زیرا مخلوط شدن دو ماده خطرناک می تواند فاجعه ای به مراتب شدیدتر بیافریند. دست کم، به دو دلیل انبار مواد خطرناک باید جدا از دیگر مواد باشد:
۱. در زمان آتش سوزی، مصرف آب برای اطفای حریق اجتناب ناپذیر است. اختلاط پساب مربوط به اطفای حریق با مواد شیمیایی درون انبار می تواند فاجعه بار باشد.
 ۲. برای رویارویی با پیامدهای ناشی از اتفاقات نامطلوب (مانند نشت مواد از بشکه ها، انفجار، پخش شدن ماده سمی در فضا و یا مسمومیت افراد) دستورالعملی ویژه برای هر ماده وجود دارد. برای به کارگیری این دستورالعمل ها لازم است مواد از یکدیگر جدا باشند.
- البته فراهم آوردن انبارهایی کاملاً مجزا بسیار دشوار و حتی نشدنی است. بنابراین، در برخی موارد می توان با توجه به شرایط تا اندازه ای از این قاعده چشم پوشی کرد. در این صورت با اتخاذ شیوه هایی برای دور نگه داشتن مواد از یکدیگر می توان آن ها را در یک انبار ذخیره کرد.
- قراردادن کالا های متفاوت در نواحی جداگانه در انبار را با واژه «تفکیک»، و جداسازی فیزیکی کالا به وسیله انبارهای مجزا یا دیوارهای ضد آتش را با واژه «جدا کردن» بیان می کنند. به هر روی، هدف اصلی از تفکیک و جداسازی کالا، کمینه سازی خطر آتش سوزی و آلودگی های ناخواسته است.
- برای جدا کردن مواد از یکدیگر می توان معیارهایی گوناگون در نظر گرفت. برای نمونه، بهتر است مایعات

از جامدات تفکیک شوند. ولی این کافی نیست. با آنکه اسید استیک و استالددید هر دو مایع اند، نمی توان آن‌ها را در کنار یکدیگر ذخیره کرد. طبقه بندی و جداسازی مواد در انبار باید بر پایه عواملی مانند ویژگی‌ها فیزیکی (جامد، مایع و...)، ویژگی‌ها شیمیایی (واکنش پذیری، خوردگی، حلالیت، تجزیه شدن و...)، درجه سمیت، درجه آتش گیری، موارد کاربرد و بسته بندی (بشکه، جعبه مقوایی، جعبه چوبی، ظرف شیشه‌ای و...) انجام شود. برای جداسازی مواد شیمیایی خطرناک، دست کم باید دو معیار را در نظر گرفت:

۱. آتش گیری: مواد آتش گیر با درجه آتش گیری پایین را باید از موادی که آتش گیری کمتری دارند، جدا کرد. این اقدام موجب کاهش سرعت گسترش آتش سوزی می شود. مایعات آتش گیر که نقطه آتش گیری آن‌ها کمتر از ۶۱ درجه سانتی گراد است، باید جدا از دیگر مواد نگهداری شوند. در انبارهای بزرگ بهترین راه برای جداسازی این مواد، کاربرد دیوارهایی است که در برابر آتش مقاوم اند. در انبارهای کوچک تر، می توان به جای دیوارهای ضد آتش، از دیوارهایی استفاده کرد که مصالح آن‌ها آتش گیر نباشد، مانند مصالح آب- پایه^۱.

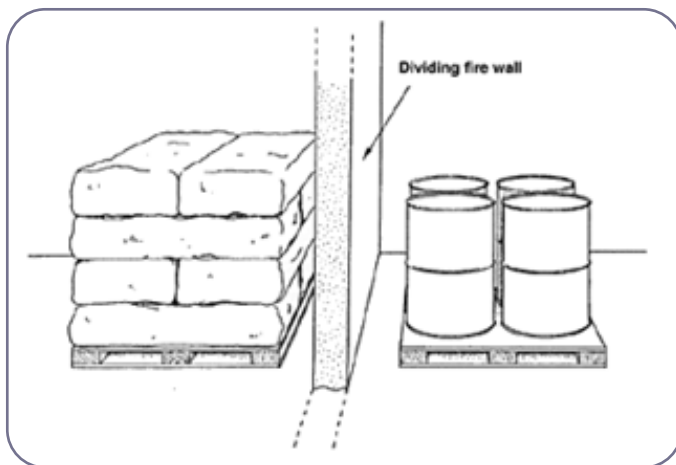
۲. پایداری / اکسیدشوندگی: تأکید شده که مواد ناپایدار و اکسیدشدنی دور از هر گونه ماده آتش گیر نگهداری شوند و جای نگهداری آن‌ها دارای تهویه (۸ تا ۱۵ متر مکعب در دقیقه) مناسب باشد. لازم است دیگر احتیاط‌های ویژه درباره این مواد از اطلاعات موجود در برچسب‌های روی ظرف، SDS و یا کارخانه‌های سازنده به دست آید. معیار بهتر آن است که از جداول مواد ناسازگار^۲ استفاده شود. در این جدول‌ها موادی که نباید با یکدیگر ذخیره شوند، مشخص شده است

بخش بندی انبار باید به گونه‌ای باشد که حرکت و حمل و نقل مواد بدون خطر انجام شود و نیز فضای کافی برای کار و امکان دسترسی از هر دو سو وجود داشته باشد. رده بندی انبارها به ترتیب در بردارنده گروه‌های زیر است: گروه ۱: این گروه، در بردارنده انبارهایی است که تنها برای نگهداری یک گروه از مواد شیمیایی به کار می رود. اگر چنین بنایی دارای ساختار کیفی مناسب نیز باشد، بهترین جا برای نگهداری و ذخیره مواد است. گروه ۲: این گروه، در بردارنده انبارهایی است که برای نگهداری مواد گوناگون در آن‌ها به کار می رود. ولی دیوارهای ضد آتش، مواد شیمیایی خطرناک را از دیگر مواد (به ویژه مواد آتش گیر) جدا می کند (شکل ۶-۷). به این ناحیه «منطقه آتش^۳» می گویند. منطقه آتش، ناحیه‌ای از ساختمان است که به وسیله سازه ضد آتش از دیگر قسمت‌های آن جدا شده است. این منطقه دارای دست کم یک ساعت مقاومت در برابر آتش بوده و تمامی ورودی‌های ارتباطی آن به گونه‌ای مناسب در برابر حریق (به مدت دست کم یک ساعت) محافظت شده اند.

۱- Water based

۲- Incompatible materials

۳- Fire area



شکل ۵-۱۰. دیواره ضد آتش میان مواد شیمیایی خطرناک

گروه ۳: این گروه شامل انبارهایی است که برای نگهداری مواد گوناگون به کار می‌رود و دیواره ضد آتش ندارد. ولی، مواد شیمیایی خطرناک با مصالحی غیر آتش گیر از دیگر مواد جدا شده‌اند.

گروه ۴: انبارهای این گروه هیچ‌گونه دیوار جداکننده ندارند. ولی مواد به صورت دسته‌های جداگانه نگهداری می‌شوند و میزان آتش‌گیری آن‌ها ناچیز است (شکل ۶-۸). جداسازی به وسیله فاصله یا موانع فیزیکی باید کافی باشد تا بتواند در صورت نشت مواد، از ترکیب دو گونه ناسازگار جلوگیری کند.



شکل ۶-۱۰ نگهداری دسته‌های جداگانه در انبار

گروه ۵: این گروه دارای انبارهایی است که مواد تنها بر پایه دسته‌بندی مواد و بدون هیچ دیوار جداکننده نگهداری می‌شود. همچنین میزان چشمگیری از مواد آتش‌گیر در این انبارها وجود دارد. مسلماً چنین فضایی پذیرفتنی نیست.

● ۹-۱۰ تجهیزات ایمنی انبارهای مواد شیمیایی

لوازم الکتریکی ضد انفجار، دستگاه‌های سنجش دما و رطوبت، تأسیسات و هواکش‌های تهویه از جمله تجهیزات ایمنی مربوط به انبارهای نگهداری مواد شیمیایی محسوب می‌شوند. بکارگیری دستگاه‌های ثابت پایشگر گازها و بخارات در انبارهای نگهداری مواد شیمیایی به ویژه مواد قابل اشتعال و انفجار به عنوان یکی از تدابیر ایمنی بسیار مناسب جهت پیشگیری از حریق و انفجار در انبارها توصیه می‌گردد. همچنین نصب جعبه کمک‌های اولیه در انبار در صورت وجود فاصله زیاد با نزدیک‌ترین مرکز درمانی ضروری است. گاز استریل، چسب زخم، باند، نوار چسب و بتادین از جمله مهم‌ترین اقلام جعبه کمک‌های اولیه می‌باشد. باشد ولی در هر صورت فاصله میان زیر خاموش‌کننده و سطح زمین نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

● ۱۰-۱۰ ایمنی حریق در انبارداری کالاهای خطرناک بر اساس تقسیم بندی UN

در ادامه نکاتی کلی در خصوص ایمنی حریق در انبارداری کالاهای خطرناک بر اساس دسته بندی UN مورد اشاره قرار می‌گیرد.

گروه ۱: مواد منفجره. این کالاها شامل مواد واجناسی هستند که در آن‌ها احتمال بروز انفجار وجود داشته و به لحاظ خطرات ویژه و گوناگونشان طبق ضوابط باید در انبارهای مخصوص نگهداری شوند. نظر به اینکه خطرات آن‌ها همیشه به محدوده‌هایی فراتر از انبارها گسترش می‌یابد، موقعیت و محل احداث انبار آن‌ها باید به تأیید مقامات قانونی مسئول برسد.

گروه ۲، ۳ و ۴: مواد آتش‌گیر و سوختنی. این مواد و کالاهای، که به ترتیب شامل: گازها، مایعات و جامدات آتشزا و سوختنی می‌باشند، اکثراً از ترکیبات آلی تشکیل می‌شوند و به هنگام آتش‌گیری با دود و شعله فراوان، حریق‌های بزرگ تولید می‌کنند و هرچند که از بابت ایجاد خطرات ویژه و به کارگیری تاکتیک‌های آتش‌نشانی، مسائل و مشکلات نامعلومی ندارند، ولی اطفاء حریق آن‌ها معمولاً طولانی می‌شود. به ویژه در مواقعی که قبلاً به مقدار سوخت موجود در حریق توجه لازم نشده باشد. جهت اعمال تاکتیک‌های مناسب و کنترل نمودن حریق دسته بندی فرعی این کالاهای، و جدا انبار کردن آن‌ها از کالاهای اکسیدکننده (کالاهای گروه ۵) امری ضروری است.

گروه ۵: مواد اکسیدکننده. این گروه کالاهای به لحاظ خاصیت اکسیدکنندگی و تولید اکسیژن به هنگام حریق، با به آتش کشیدن مواد و اجناس مجاور، باعث تشدید حریق می‌شوند. با این که برخی از آن‌ها خود، سوختنی نیستند، باید جداگانه انبار شوند. بعضی از این مواد، چنانچه خاصیت بی‌ثباتی هم داشته باشند مانند بسیاری از ترکیبات نیترات آمونیوم با ازهم گسیختگی ناگهانی مولکولهایشان تولید انفجار می‌کنند.

گروه ۶: مواد سمی: کالاهای سمی، صرف‌نظر از دیدگاه ایمنی عمومی، از بابت آتش‌گیری و چگونگی بکارگیری تاکتیک‌های آتش‌نشانی، باید جداگانه انبار شوند چرا که هنگام بروز حریق و یا انفجار، اثراتی از خود برجامی گذارند که برای اشخاص منطقه و مأموران آتش‌نشانی مرگ‌آفرین خواهد بود. با مجزا کردن کالاهای سمی، مأموران آتش‌نشانی با آگاهی به نوع خطر و نحوه انبارداری، می‌توانند در هر مورد تدابیر خاص آن مورد

را بکار گیرند. برای کالاهای سمی سوختنی و غیر سوختنی باید دو انبار جداگانه در نظر گرفت و جمع‌آوری آب‌های حاصله از اطفاء، و اجناس آلوده شده پس از عملیات همواره مد نظر باشد.

گروه ۷: مواد رادیواکتیو. این مواد نیز مانند کالاهای کلاس یک، دارای انبارهای ویژه هستند و خطرات آن‌ها، از محدوده انبارها فراتر می‌رود و بنابراین انتخاب موقعیت و محل واحداث انبار آن‌ها باید با تأیید مقامات قانونی مسئول صورت گیرد.

گروه ۸: مواد خورنده. کالاهای دسته بندی شده در این گروه گوناگون هستند: موادی که به مرور زمان در مجاورت برخی کاتالیزورها و یا حتی خودبخود در شرایط معمول، به ترکیبات دیگری تبدیل شده، در آتش سوزیها به یکباره تغییر ماهیت داده و ترکیبات جدیدی تولید می‌کنند که نتیجتاً از دیدگاه حفاظت از حریق، برای نگهداری آن‌ها تمهیدات مخصوص لازم است. موادی که در اثر برخورد با آب و یا هوا، مقدار متناهی حرارت تولید کرده و در آتش سوزیها دارای خطرات ویژه هستند و اگر خاصیت سوختن هم داشته باشند (مانند تری الکیل‌های آلومینیوم) احتمال خودبخود آتش‌گیری خواهند داشت و چنانچه غیر سوختنی باشند (مانند سود سوزآور) با حرارتی که در اثر واکنش تولید می‌کنند می‌توانند کالاهای نگهداری شده در مجاورشان را مشتعل کنند. موادی مانند اغلب اسیدها و بازها که بر بافت‌های زنده اثرات مخرب دارند. هرچند، برخی از این مواد می‌توانند جزو اکسیدکننده‌ها و یا منفجر شونده‌ها نیز محسوب شوند، ولی به خاطر تولید گازهای سوزاننده و ایجاد جراحات و صدمات تنفسی در حریق، بکارگیری تدابیر ویژه‌ای برای آن‌ها ضروریست.

البته بسیاری از کالاهای صنعتی و مخاطره‌آمیز ممکن است خصوصیات دو یا چند گروه را داشته باشند و نتوان کلاس آن‌ها را به درستی تشخیص داد، اما نحوه دسته بندی همواره بر اساس خطر غالب، صورت می‌گیرد. مثلاً پراکسید بنزوپیل، هرچند بسته به درجه غلظت‌اش می‌تواند در گروه کالاهای واکنش‌کننده قرار گیرد، ولی جزو کالاهای سوختنی محسوب شده است و همین‌طور کود شیمیایی (نیترا آمونیوم) اگر چه جزو مواد اکسیدکننده دسته بندی می‌شود، دارای خصوصیات کالاهای انفجاری هم هست.

۱۱-۱۰ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات سازمان اقدام نمایند.

۱. بازرسان: رعایت الزامات مرتبط با انبارداری مواد شیمیایی ناسازگار را مطابق الزامات مندرج در این راهنما و سایر اسناد قانونی بررسی و گزارش کنید.

▲ الزامات مرتبط با ایمنی انبارهای مواد شیمیایی شامل ایمنی حریق را مطابق با الزامات مندرج در این راهنما و سایر اسناد قانونی بررسی و گزارش کنید.

۲. کارشناسان ایمنی: برنامه مدون جداسازی مواد شیمیایی ناسازگار در انبارها را تدوین و پیاده‌سازی و نظارت کنید.

▲ الزامات مرتبط با ایمن‌سازی تمامی محل‌های نگهداری مواد شیمیایی را مطابق الزامات مندرج در این راهنما و سایر اسناد قانونی بررسی و در صورت نیاز (نتیجه ارزیابی ریسک) اقدامات کنترلی را پیاده‌سازی کنید.

۱۱

فصل یازدهم

حمل و نقل

جاده‌ای

مواد شیمیایی

حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی

۱۱-۱ مقدمه

مواد شیمیایی ممکن است درون یک واحد صنعتی، از کارخانه‌ای به کارخانه دیگر، از شهری به شهر دیگر و حتی از قاره‌ای به قاره دیگر حمل و نقل شوند. انتخاب روش و وسیله حمل و نقل بستگی به حالت فیزیکی، خاصیت شیمیایی و مقدار ماده شیمیایی و نیز مسافت میان مبدأ و مقصد دارد. چنانچه مسافت طولانی و بیرون از صنعت باشد، از روش حمل ناپیوسته^۱ استفاده می‌شود؛ مانند حمل مواد در ظروف و بشکه‌ها به وسیله کامیون، راه‌آهن، کشتی و غیره. چنانچه مسافت کوتاه و درون صنعت باشد، از روش حمل پیوسته^۲ استفاده می‌شود؛ مانند حمل به وسیله نوارنقاله یا لوله. البته، در مورد بعضی از مواد شیمیایی از روش حمل پیوسته در مسافت‌های طولانی نیز استفاده می‌شود. برای نمونه، انتقال مواد به وسیله خطوط لوله از شهری به شهر دیگر در صنایع نفت سابقه طولانی دارد. در این فصل به مباحث مربوط به بسته بندی، نگهداری و حمل و نقل ناپیوسته (پیمان‌های) مواد شیمیایی پرداخته و در فصل بعد، مباحث مربوط به حمل پیوسته مطرح می‌شود.

۱۱-۲ حمل و نقل جاده‌ای کالاهای خطرناک

حمل و نقل پیمان‌های کالاهای خطرناک از طریق کامیون، راه‌آهن، کشتی و هواپیما صورت می‌گیرد. در این فصل ضمن معرفی برخی از قوانین و مقررات موجود در این خصوص برخی از الزامات عمومی ایمنی حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی ذکر می‌شود. اطلاعات بیشتر در خصوص الزامات ایمنی حمل و نقل کالاهای خطرناک از طریق راه‌آهن، کشتی و هواپیما از راهنماهای منتشر شده توسط سازمان‌های مربوطه

۱-Batch

۲-Continuous

قابل دسترسی است. سیستم طبقه بندی سازمان ملل برای حمل و نقل کالاهای خطرناک به عنوان یک مدل پایه برای سایر سیستم‌های طبقه‌بندی حمل و نقل کالاهای خطرناک استفاده شده است. برای نمونه «سازمان بین‌المللی هوانوردی»^۱ با در نظر گرفتن جنبه‌های مربوط به حمل و نقل هوایی، تغییراتی در مدل UN داده و مقررات خود را منتشر ساخته است. «سازمان بین‌المللی دریانوردی»^۲ نیز به همین ترتیب، «مقررات حمل و نقل کالاهای خطرناک از طریق دریا» را با الگوگیری از مدل UN تدوین کرده است (۱). «سازمان همکاری راه‌آهن‌ها»^۳ و «اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها» نیز «مقررات حمل و نقل کالاهای خطرناک از طریق راه‌آهن»^۴ را با در نظر گرفتن ویژگی‌های حمل و نقل ریلی تدوین نموده‌اند (۲).

۱۱-۳ الزامات ایمنی عمومی حمل و نقل جاده‌ای کالاهای خطرناک

۱۱-۳-۱ بارنامه

بارنامه مدرک قرارداد حمل است که متصدی در قبال دریافت کرایه حمل صادر می‌کند و بر اساس آن تعهد حمل کالا را از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌پذیرد. به عنوان شناسنامه بار تمامی اطلاعات مربوط به کالاهای مورد حمل در بارنامه ثبت می‌شود. بنابراین براساس آن می‌توان به ماهیت کالا پی برده و در صورت بروز حادثه، اتفاق و یا ضرورت‌های دیگر اقدامات احتیاطی، ایمنی و... متناسب با آن را به عمل آورد. بارنامه‌ها بر اساس استانداردهای سازمان ملل دارای فرم‌ها مشخصی هستند. در این فرم‌ها اطلاعات مختلفی در خصوص نوع بار و کالای حمل شده درج می‌شود. توضیح بیشتر در خصوص فرم اظهار نامه (تقاضای حمل بار) و بارنامه خارج از محدوده هدف این راهنما می‌باشد. با این حال اشاره می‌شود که بسیاری از اطلاعات ذکر شده در این فرم‌ها همان اطلاعات مربوط به کدهای شناسایی مواد، کد خطر و کلاس خطر، اطلاعات برچسب‌ها، اطلاعات مربوط به بسته بندی کالا، ممنوعیت بارگیری مشترک و مواردی دیگری است که بیشتر در این راهنما مورد اشاره قرار گرفته است.

۱۱-۳-۲ الزامات ایمنی خودرو

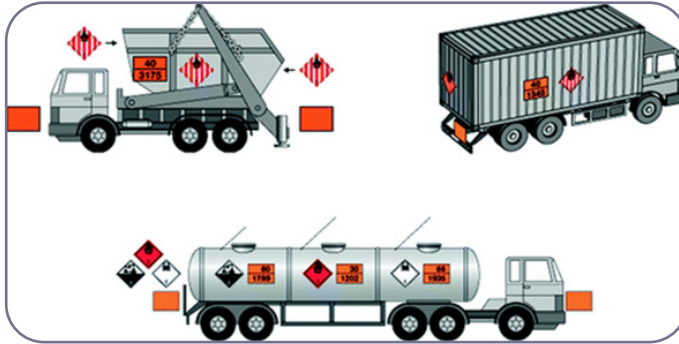
خودروهای ویژه حمل مواد شیمیایی باید با نصب برچسب و پانل (پلاکارد) متناسب با نوع ماده شیمیایی موجود در مخزن اطلاعات ضروری را به سایر استفاده کنندگان از مسیر و نیز محل‌های توقف (بارگیری، تخلیه و استراحتگاه) انتقال دهند. این امر به کنترل کنندگان امنیت جاده‌ها و نیز مسئولین ایمنی در محوطه‌هایی که این تریلی‌ها در آن تردد دارند، کمک خواهد نمود تا نسبت به پیش‌بینی تمهیدات لازم برای جا به جایی ایمن مواد شیمیایی اقدام نمایند. الزامات استاندارد DOT در مورد محل‌های نصب برچسب بر روی تریلی، کامیون و تانکر در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.

۱- International Civil Aviation Organization (ICAO)

۲- International Maritime Organization (IMO)

۳- Organization for Cooperation of Railways (SMGS)

۴- International Rule for Transport of Dangerous Substances by Railway (RID)



شکل ۱۱-۱. محل نصب برچسب و پلاکارد روی خودروهای حامل مواد شیمیایی خطرناک

در هنگام حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک، افزون بر برچسب‌گذاری بر روی خودروی حامل ماده شیمیایی موارد دیگری نیز باید در هنگام بارگیری، تخلیه و تردد رعایت شود. برخی از این موارد در ادامه بیان شده است. خودروها باید از نظر مقررات راهنمایی و رانندگی مشکلی نداشته و تأییدیه‌های لازم را دارا باشند. مانند «برگه شرایط اضطراری هنگام حمل و نقل» (کارت احتیاطی) که در حوادث به کار می‌آید. این برگه در بردارنده اطلاعات زیر است:

۱. نام، نشانی، شماره تلفن و یا تلکس شرکت فرستنده، توزیع‌کننده و مقصد.
 ۲. فهرستی از موادی که به‌وسیله خودرو حمل می‌شود.
 ۳. خطر احتمالی که ممکن است در اثر تصادف با همان خودرو بروز کند و واکنش‌های لازم در برابر آن‌ها
- تمامی خودروهای حمل‌کننده مواد شیمیایی خطرناک باید گواهی معتبر معاینه فنی خودرو به‌ویژه سلامت تجهیزات ایمنی خودرو مانند سیستم‌های ترمز، روشنایی، تخلیه بار الکتریکی ساکن، لاستیک‌ها و... را دارا بوده و رانندگان آن‌ها باید این گواهی‌نامه را همراه داشته باشند. افزون بر آن رانندگان این نوع خودروها باید گواهی‌نامه معتبر رانندگی، بارنامه، گواهی سلامت فنی مخزن (ویژه کامیون‌ها و تریلی‌های مخزن‌دار) و گواهی دوره آموزشی حمل و نقل مواد خطرناک، خاموش کردن آتش و مقابله با شرایط اضطراری را به همراه داشته باشند. مسیر تردد خودروی حامل مواد شیمیایی باید از پیش تعیین شده باشد، در مواردی که مسیر حمل و نقل بر اساس الزامات ترافیکی کشور و نیز مقررات شرکت‌های مبداء و مقصد تعیین نگردیده است، راننده باید جاده‌ای مناسب انتخاب کند و با احتیاط رانندگی کند. مواردی مانند عرض جاده، محدوده سرعت، سربالایی و سرازیری‌های تند، روشنایی و حجم ترافیک جاده بر انتخاب مسیر تردد خودروهای حامل مواد شیمیایی تأثیرگذارند. بارگیری بیش از حد ظرفیت خودرو ممنوع بوده و راننده باید از پذیرش و حرکت با بار بیش از حد مجاز خودداری کند. راننده و ناظر بارگیری باید هنگام چیدن بار در خودرو از پایداری و استحکام آن اطمینان پیدا کرده و از تجهیزات استاندارد برای مهار کردن بار استفاده کنند. همچنین راننده، ناظر بارگیری

و سایر افراد مسئول باید پیش از ارسال محموله، آن را از نظر سالم بودن ظروف، بسته‌بندی و برچسب بررسی و تایید نمایند. راننده‌ای که بار سمی حمل می‌کند باید آموزش‌های عملی برای واکنش در شرایط اضطراری را گذرانده و در صورت لزوم گواهی آن را ارائه نماید.

استفاده از خودروی حمل مواد غذایی یا دیگر مواد مصرفی انسان یا حیوان برای حمل مواد شیمیایی خطرناک ممنوع است. شرایط خودروها، پیش از بارگیری مواد خطرناک، باید بررسی شود. خودرویی که کف آن پوشیده یا دارای نقاط تیز و برآمده است، نباید برای حمل مواد شیمیایی خطرناک به کار رود. قسمت بار و کابین راننده در خودروهای حمل مواد شیمیایی خطرناک باید کاملاً مجزا بوده و با حفاظ‌های مقاوم و مناسب از هم جدا شده باشند. خودروهای حامل مواد شیمیایی باید مجهز به خاموش‌کننده آتش و وسایل حفاظتی مناسب باشند. بررسی وجود این تجهیزات در خودرو پیش از بارگیری و حرکت بر عهده راننده یا ناظر بارگیری یا مسئول ایمنی عملیات است. در ادامه برخی از تجهیزات ضروری که باید در خودروهای حامل مواد شیمیایی وجود داشته باشد ذکر شده‌اند. سایر الزامات و جزئیات، از منابع منتشر شده توسط سازمان آتش‌نشانی، شرکت ملی نفت و سازمان‌های دیگر قابل دسترسی است.

- ▶ کپسول آتش‌نشانی ۴ کیلویی و بالاتر
- ▶ جعبه کمک‌های اولیه به‌ویژه شستشودهنده چشم
- ▶ دو گوه چوبی برای توقف ایمن در شیب‌ها
- ▶ چراغ قوه
- ▶ چهار مثلث احتیاط برای توقف‌های اضطراری، دو مثلث برای قراردادن در فاصله ۱۵ متری از خودرو، دو مثلث برای قراردادن در دو طرف تانک یا کانتینر حامل مواد خطرناک (برای مشخص شدن ابعاد وسیله)
- ▶ دو چراغ هشداردهنده LED (به‌جای مثلث احتیاط برای استفاده در شب)
- ▶ استفاده از تابلوی دارای اطلاعات شماره و کد بین‌المللی مواد خطرناک ماده در جلو و عقب خودرو.
- ▶ نصب تابلو هشداردهنده در عقب خودرو
- ▶ جلیقه زرد رنگ احتیاط، مطابق با استاندارد EN ۴۷۱ ۱۱
- ▶ عینک حفاظتی مناسب در برابر خطرات محموله
- ▶ دستکش لاستیکی مناسب در برابر خطرات محموله
- ▶ ماسک مناسب در برابر خطرات محموله
- ▶ کمربند ایمنی
- ▶ بطری آب

هنگامی که کالا به مقصد می‌رسد، هویت آن از روی برچسب کالا و برگه اطلاعات ایمنی ماده، که به‌وسیله تولیدکننده تهیه شده است، تعیین و برپایه اطلاعاتی که درباره میزان و کیفیت کالا وجود دارد، بازرسی می‌شود. اگر کالا یا بسته‌بندی آن در شرایط مطلوب نباشد و یا به هر دلیلی به نظر برسد که خطری خاص ایجاد

می‌کنند، باید اقدامات لازم پیش از تخلیه بار انجام شود.

● ۴-۱۱ حمل مواد ناسازگار

اگر خودرو حامل مواد شیمیایی، دارای بیش از یک نوع ماده خطرناک است، باید در هنگام بارگیری محل قرارگیری بسته‌های هر گروه از مواد در قسمت بار کاملاً از هم جدا گردد. حمل مواد ناسازگار در کنار هم و با یک خودرو ممنوع است. در جدول فصل قبل، موارد ممنوعیت نگهداری و حمل مشترک کالاها (گروه‌های ناسازگار مواد) بر اساس گروه‌بندی کالاها ارائه شد (۵). ممنوعیت حمل و نگهداری مشترک مواد در گروه یک (مواد منفجره) بر اساس جدول گروه‌های تطبیقی است. بنابراین در جدول مذکور سازگاری سایر گروه‌های مواد خطرناک ذکر شده است. هنگام انبار کردن یا انتقال مواد شیمیایی باید این مقررات اجرا شوند، تا بتوان اطمینان یافت که در صورت ریخت و پاش یا نشت، این مواد با یکدیگر ترکیب نشده و شرایط ناایمنی را به وجود نمی‌آورند. بر اساس یکی از استانداردهای معتبر دنیا نگهداری دو ماده شیمیایی در کنار هم یکی از چهار حالت زیر را داشته و با حروف اختصاری نمایش داده می‌شوند:

۱. بی مورد^۱ (NA): در این مورد جداسازی ضرورت ندارد و دو ماده می‌توانند بدون خطر در یک جا قرار گیرند.
۲. تفکیک^۲ (SG): دو ماده (از گروه‌های مختلف) باید از هم جدا شوند و میان آن‌ها دست کم سه متر فاصله باشد.
۳. حفاظت در برابر حریق^۳ (FS): دو گروه ماده باید جداگانه حمل و نقل شوند.
۴. ممنوعیت^۴ (PR): مواد خطرناک از دو گروه مختلف، نه تنها نباید در یک محفظه یا اتاق قرار گیرند، بلکه در دو اتاق مجاور یکدیگر نیز نباید نباشند. به عبارت دیگر باید در دو اتاق مجزا با فاصله دست کم ۱۰ متر از هم نگهداری شوند.

● ۵-۱۱ ایمنی عملیات تخلیه و بارگیری مخازن حمل و نقل

بسیاری از حوادث شیمیایی در هنگام تخلیه یا بارگیری مخازن خودروهای حمل‌کننده مواد شیمیایی روی می‌دهند. از این رو توجه به رعایت نکات ایمنی در انجام این دو فعالیت بسیار حیاتی است. جدول ۷-۱ فهرستی از مواردی را که باید پیش، حین و پس از تخلیه و بارگیری توسط راننده یا هر فرد مسئول دیگر مورد بررسی قرار گیرد، ارائه کرده است.

موضوع مورد بررسی

▲ پیش از تخلیه

۱. چرخ‌ها قفل شده و ترمز دستی کشیده شده است.

۱- Not Applicable (NA)

۲- Segregation (SG)

۳- Fire Separation (FS)

۴- Prohibited (PR)

۲. کپسول‌های آتش‌نشانی در محل‌های تعیین شده قرار داشته و آماده به کار هستند.
۳. تریلر، علائم هشدار و سیستم‌های ایمنی در محل وجود دارد.
۴. جزئیات برگه بارنامه مربوط به محتویات مخزن چک شده است.
۵. ظرفیت مخزن در یافت‌کننده و سطح مایع دورن مخزن ماشین قبل از عملیات انتقال تعیین شده است.
۶. اتصالات لوله‌های انتقال انجام شده و چک شده است.
۷. قبل از استفاده، اتصالات صحیح لوله‌های خرطومی به طور چشمی چک شده است.
۸. شیرهای شستشوی چشم و دوش‌های ایمنی باز شد و آماده شده است.
۹. کابل اتصال زمین به ماشین متصل شد و برای انتقال الکتریسیته چک شده است.
۱۰. از عدم وجود مواد قابل اشتعال مانند پارچه (آغشته به مواد نفتی)، کاغذ، علف‌های خشک، مواد نفتی (نفت، بنزین) و ... در محوطه تخلیه و بارگیری اطمینان حاصل شده است.
۱۱. از عدم وجود نشستی مخازن و لوله‌ها اطمینان حاصل شده است.
۱۲. حداقل دو عدد گوه (دنده پنج)، سیم و انبر اتصال زمین و چکش برنجی در محل تخلیه و بارگیری وجود دارد.
۱۳. صدای غیر عادی در کلیدهای پمپ‌ها، کمپرسورها، آذیرهای خطر و دیگر تجهیزات و کلیدهای برق موجود در محوطه تخلیه و بارگیری شنیده نمی‌شود.
۱۴. از صحت عملکرد تمامی کلیدهای ضد جرقه اطمینان حاصل شده است.
۱۵. واشر آداپتور و سرشیلنگی به تعداد کافی وجود دارد.
۱۶. دستگاه بازگشت بخارات / نیتروژن وصل شده است.
۱۷. انتقال آغاز شد و به طور چشمی، سیستم برای نشستی احتمالی بازرسی شده است.
۱۸. اپراتورهای وارد به کار در طول فرآیند انتقال، حضور داشته‌اند.

▲ حین تخلیه و بارگیری

۱۹. حضور تمام وقت در طول مدت عملیات به منظور پیشگیری و مقابله با شرایط اضطراری
۲۰. خاموش بودن موتور و وسیله نقلیه در طول مدت عملیات
۲۱. استفاده از گوه (دنده پنج) در جلو و عقب یکی از چرخ‌های محور عقب تریلر / کامیون
۲۲. کسب اطمینان از عدم وجود نشستی در شیر آلات مخزن تریلر / کامیون
۲۳. نصب سیم اتصال زمین به قسمت فلزی تریلر / کامیون
۲۴. استفاده از چکش برنجی برای بازکردن و بستن اتصال آداپتورها و در پوش شیرها
۲۵. کسب اطمینان از باز بودن مسیر و عدم وجود نشستی در آن قبل از راه اندازی پمپ و کمپرسور گاز
۲۶. استفاده مناسب و به موقع از پمپ و کمپرسور با توجه به فشار مخازن ثابت و سیار
۲۷. کنترل متناوب نشانگر سنجش درصد مخزن پرشونده، به منظور جلوگیری از بارگیری بیش از حد مجاز

۲۸. کسب اطمینان از بسته شدن شیرهای خط مایع و بخار خطوط لوله در انتهای عملیات تخلیه و بارگیری
 ۲۹. تخلیه (ونت) گاز درون شیلنگ در شرایط ایمن
 ۳۰. هماهنگی با راننده به منظور ترک ایستگاه تخلیه و بارگیری بعد از اتمام عملیات

پس از تخلیه

۳۱. وقتی مخزن ماشین وسیله نقلیه شد، پمپ خاموش گردیده است.
 ۳۲. دریچه‌های تخلیه روی مخزن دریافت کننده، بسته شده است.
 ۳۳. دریچه‌های تخلیه مایع روی مخزن ماشین بسته شده است.
 ۳۴. مخزن خالی شده برای بازگشت خنثی سازی شده است.
 ۳۵. لوله انتقال دهنده جدا شد و مایع باقیمانده در آن خالی شده است.
 ۳۶. دریچه‌ها بسته شدند / تمام اتصالات برای نشتی احتمالی چک شده‌اند.
 ۳۷. کابل اتصال زمین قطع شده است.
 ۳۸. سیستم‌های ایمنی و علائم هشدار دهنده جمع‌آوری شده است.
 ۳۹. قفل‌های چرخ برداشته شده است.
 ۴۰. پلاکاردها و برجسب‌های ماشین مخزن برای سفر بازگشت صحیح هستند.

۶-۱۱ انتخاب رانندگان خودروهای حامل مواد شیمیایی خطرناک

حمل و نقل جاده‌ای سیستمی متشکل از سه عنصر خودرو، جاده و راننده است. بنابراین، در کنار ایمن‌سازی خودرو و جاده برای حمل و نقل بدون حادثه، باید رانندگان نیز ویژگی‌های لازم را برای دستیابی به این هدف احراز نمایند. یکی از مسائل مهم در ایمنی حمل و نقل مواد شیمیایی، امکان تماس کارکنان حمل و نقل (باربرها، کمک‌راننده‌ها، خدمه و کارکنان عامل خط‌آهن یا جاده، کارکنان انبارها و ...) با این مواد است. این افراد غالباً از ویژگی‌ها، خطرات و حد مجاز مواد شیمیایی بی‌اطلاع‌اند. بنابراین لازم است همان‌گونه که کارگران صنایع شیمیایی درباره ایمنی مواد خطرناک راهنمایی شده‌اند، کارکنان حمل و نقل نیز در آن مورد آگاهی یابند.

برای حصول اطمینان از عملکرد مناسب رانندگان در شرایط مختلف، لازم است برنامه‌های آموزشی مقتضی برای آن‌ها تدوین و اجرا شود. برنامه‌های آموزشی برای متصدیان حمل و نقل مواد خطرناک حداقل باید موارد ذیل را تحت پوشش قرار دهد (۴):

۱. مقررات راهنمایی و رانندگی
۲. رانندگی تدافعی
۳. الزامات قانونی در حمل و نقل مواد خطرناک
۴. دسته بندی مواد خطرناک، برجسب‌گذاری و کدگذاری آن‌ها

۵. انواع خطرات مواد خطرناک
 ۶. برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد
 ۷. انواع حریق و نحوه مقابله با آن‌ها با استفاده از کپسولهای اطفاء حریق
 ۸. آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری (ریخت و پاش و نشست مواد شیمیایی، حریق و ...)
 ۹. کمک‌های اولیه برای رویارویی با حوادث رانندگی و حوادث ناشی از مواد خطرناک و تلفیق آن‌ها
 ۱۰. چک لیستهای کنترل وسایل نقلیه پیش از روشن کردن خودرو و پس از توقف و خاموش کردن خودرو
- همچنین هنگام ارسال کالاهای خورنده، مانند اسید یا باز، به وسیله کامیون باید کارکنان در معرض را از خطرات مواد آگاه کرد و اطمینان یافت که آن‌ها:
۱. با ویژگی‌ها مخاطره‌آمیز کالاها آشنایی دارند.
 ۲. وسیله نقلیه را به خوبی می‌شناسند.
 ۳. رفتاری ایمن دارند.
 ۴. وسایل حفاظت فردی لازم را همراه دارند.
 ۵. روش استفاده از وسایل حفاظت فردی را به خوبی می‌دانند.
- رانندگانی که جهت هدایت خودروهای حامل مواد شیمیایی خطرناک به کار گرفته می‌شوند باید مجموعه‌ای از صلاحیت‌های عمومی و اختصاصی را کسب کنند. به طور معمول باید اقدامات زیر برای احراز صلاحیت‌های عمومی و اختصاصی رانندگان انجام شود:
۱. بررسی و ارزیابی سوابق رانندگی، سوابق خلافی و تصادفات راننده بر اساس استانداردهای مدون ارزشیابی سوابق
 ۲. مصاحبه، آزمون عملی رانندگی و گزینش راننده بر اساس رویه‌های رسمی و مدون
 ۳. آزمون‌های روانشناسی و پزشکی برای سنجش وضعیت جسمی و روانی رانندگان
 ۴. آزمایش دوره‌ای وضعیت جسمی و روانی رانندگان (حداقل سالانه)
 ۵. بازرسی شش ماهه از وسایل نقلیه رانندگان و شاخص‌های کلیدی عملکردها نظیر سوخت، تصادفات، هزینه‌ها و مباحث کیفی شامل طرز تلقی، آگاهی ایمنی و کار گروهی

● ۷-۱۱ شرایط اضطراری در حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی خطرناک

شرایط اضطراری در حمل و نقل مواد خطرناک را می‌توان به‌طور کلی در دودسته مورد بررسی قرار داد: حوادث رانندگی و حوادث خاص مواد خطرناک (آزاد شدن مواد خطرناک، حریق، انفجار). این دو دسته حوادث معمولاً به صورت تلفیقی رخ می‌دهند. رانندگان باید آموزش‌های تئوری و عملی (مانور) برای رویارویی با شرایط اضطراری را دیده باشند. در جدول ۷-۲ فهرست نمونه‌ای از مجموعه اقداماتی که باید توسط رانندگان در هنگام روبرو شدن با یک حادثه شیمیایی پذیرد، بیان شده است. البته یادآوری می‌شود که مواد ذکر شده در این جدول تنها بخشی از اقدامات راننده بوده و این فهرست می‌تواند بسیار گسترده‌تر باشد.

ردیف فعالیت

اقدامات اولیه

۱. خاموش کردن موتور
۲. اطلاع به پلیس و ماموران آتش نشانی
۳. پرهیز از استفاده از نورهای بدون حفاظ (مانند شعله کبریت)
۴. علامتگذاری جاده و هشدار به دیگر رانندگان
۵. دور کردن جمعیت از محدوده خطر
۶. قرارگیری افراد در خلاف جریان هوا و باد
- اقدامات هنگام جاری شدن و نشت مایع
۷. از نشتی جلوگیری کنید.
۸. از وسایلی که احتمال ایجاد جرقه در آنها پایین است و تجهیزات الکتریکی عایق در برابر انتقال الکتریسیته استفاده کنید.
۹. از ورود مایع به فاضلابها، زیرزمینها و زمینهای محل کار جلوگیری کنید بخارات ممکن است مخلوط قابل انفجار در هوا ایجاد کنند.
۱۰. احتمال انفجار به اطرافیان هشدار دهید و در صورت لزوم محوطه را تخلیه کنید.
۱۱. اگر مایع وارد منابع آب یا فاضلاب شدید خاک و گیاهان را آلوده کرد ماموران را در جریان بگذاری با توجه به قابل انفجار بودن مخلوط فرآورده‌های نفتی با هوا از ورود فرآورده‌های نفتی به فاضلابهای زیرزمینی جلوگیری بعمل آید.
۱۲. مایع نشت کرده را به وسیله ماسه یا خاک یا سایر مواد مناسب جمع‌آوری کنید و با مسئولین ذیربط در این زمینه مشورت کنید.
- پیشگیری از ایجاد و گسترش حریق
۱۳. بدنه مخزن را با پاشیدن آب خنک نگهدارید.
۱۴. ترجیحا با استفاده فوم‌های شیمیایی خشک یا پاشیدن آب و تشکیل اتمسفر آب، بصورت پودر آتش را مهار کنید.
۱۵. اگر ماده وارد چشم‌ها شد، بلافاصله چشم‌ها را با آب فراوان (برای دقایق متوالی) شستشو دهید و سپس به پزشک مراجعه نمایید.
۱۶. لباس‌های آلوده شده را بلافاصله از تن خارج کنید و پوست آلوده شده را با آب و صابون شستشو دهید.
۱۷. در صورت وجود علامت آشکاری ناشی از تماس تنفسی، پوستی یا چشمی داشت باید به پزشک مراجعه نمایید.
۱۸. در صورت سوختگی، تا حد امکان پوست سوخته را با آب سرد خنک نگهداری و بلافاصله به پزشک

مراجعه نمایید.

۸-۱۱ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به کارگران و کارفرمان توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارایه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضائات شرکت اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ اسناد مرتبط با برنامه و اطلاعات مندرج در آن را بازرسی و گزارش کنید.
- ▶ الزامات ایمنی خودروی حمل مواد شیمیایی خطرناک را مطابق با الزامات این راهنما و سایر اسناد قانونی بررسی و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ برنامه جامع ایمنی خودروهای حمل مواد شیمیایی را تدوین و بر اجرای آن نظارت کنید.
- ▶ برنامه جامع انتخاب و ارزیابی عملکرد رانندگان وسایل نقلیه حامل مواد شیمیایی را تدوین و اجرا نمایید.

۱۲

فصل دوازدهم

انتقال لوله‌ای

مواد شیمیایی

انتقال لوله ای مواد شیمیایی

۱۲-۱ مقدمه

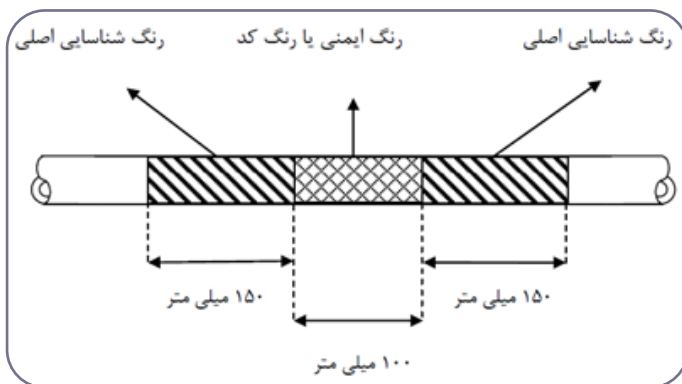
بسیاری از گازها و مایعات (گاهی نیز مواد پودری شکل) در صنعت، از محل تخلیه کشتی یا راه آهن به صنعت و حتی در میان شهرها درون لوله انتقال می یابند. لوله هایی که برای انتقال مواد به کار می روند ممکن است روی زیر سطح زمین کار گذاشته شوند. غالباً درون کارخانه، لوله ها روی زمین (بیشتر در ارتفاع شش متری) و در فاصله های طولانی تر (در شهرها یا میان شهرها و حتی در بستر دریاها)، «خط لوله» در یک ترائشه یا دالان آدمرو در زیر سطح زمین قرار می گیرد. البته در نقاطی که کندن زمین صرفه اقتصادی ندارد (زمین های سنگی) در فاصله میان شهرها نیز ممکن است بخشی از خط لوله روی سطح زمین کار گذاشته شود که اقدامات احتیاطی ویژه می طلبد. در صنعت، قطر لوله ها معمولاً با واحد اینچ بیان شده و به عنوان یکی از اطلاعات اصلی برای شناسایی راحت تر خطوط لوله از هم به کار می رود.

۱۲-۲ استانداردهای رنگ لوله ها

از دیدگاه ایمنی، شناسایی صحیح سیال درون لوله به ویژه در مواردی که خطوط لوله زیادی در کنار هم احداث شده اند بسیار حیاتی است. برای معرفی محتویات درون لوله ای که از روی زمین می گذرد، باید لوله برابر استاندارد معتبر رنگ آمیزی شود. دو استاندارد BS-1710 و BS-4800 رنگ آمیزی لوله های انتقال دهنده مواد را توصیف کرده اند. در ایران نیز این دو استاندارد شناخته شده و اغلب توسط صنایع به ویژه صنایع نفت و پتروشیمی مورد استفاده قرار می گیرد.

بر اساس این استانداردها ۴۵ سانتی متر از لوله رنگ می شود. این مقدار به سه قسمت ۱۵ سانتی متری تقسیم می شود. در مواردی که هدف از رنگ آمیزی تنها شناسایی نوع کلی سیال درون لوله باشد، هر سه قسمت با یک رنگ، رنگ آمیزی می شوند. در مواردی که باید هویت اختصاصی سیال درون لوله مشخص

شود، رنگ قسمت میانی از دو قسمت جانبی متمایز خواهد بود. رنگ قسمت میانی (رنگ ایمنی یا کد) نشان‌دهنده نوع ماده درون لوله بوده و دو قسمت جانبی به عنوان رنگ شناسایی اصلی یا رنگ پایه شناخته می‌شود. در راهنمای رنگ آمیزی خطوط لوله شرکت ملی پتروشیمی ایران طول رنگ قسمت میانی ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است (شکل ۱-۱۲). وجود رنگ پایه همچنین جهت ایجاد تمایز و تفکیک بهتر رنگ ایمنی از رنگ تزئینی خط لوله است. رنگ ایمنی می‌تواند تک رنگ یا سه رنگ باشد.



شکل ۱-۱۲. روش رنگ آمیزی خطوط لوله

نام‌های ذکر شده برای رنگ‌ها (مانند سبز، آبی یا قهوه‌ای) برای راهنمایی کلی هستند. زیرا تولید کنندگان رنگ ممکن است برای یک رنگ نام‌های متفاوتی را برگزینند. از این رو، شناسایی رنگ‌ها در صنعت بر اساس کد و مرجع شناسایی رنگ صورت می‌گیرد. برای جلوگیری از برداشتهای متفاوت از رنگ‌ها از مرجع شناسایی رنگ استاندارد BS استفاده می‌شود. رنگ‌های شناسایی اصلی در استاندارد BS بر طبق جدول ۱-۱۲ هستند. همچنین رنگ‌های ایمنی یا کد نیز بر اساس جدول ۱-۱۲ تعریف می‌شوند.

جدول ۱-۱۲. رنگ‌های شناسایی اصلی (پایه) در استاندارد BS4800

محتویات خط لوله	نام رنگ شناسایی	مراجع شناسایی رنگ BS
آب	سبز	12 D 45
بخار	نقره‌ای-طوسی	10 A 03
سوختهای (مایعات قابل اشتعال حیوانی، گیاهی، آلی)	قهوه‌ای	06 C 39
گاز	زرد اخراپی	08 C 35
اسیدها و بازها	بنفش	22 C 37
هوا	آبی روشن	20 E 51
سایر مایعات	سیاه	00 E 53
سرویس‌های الکتریکی و داکت‌های تهویه	نارنجی	06 E 51

جدول ۲-۱۲. رنگ‌های ایمنی در استاندارد BS۴۸۰۰ (۳)

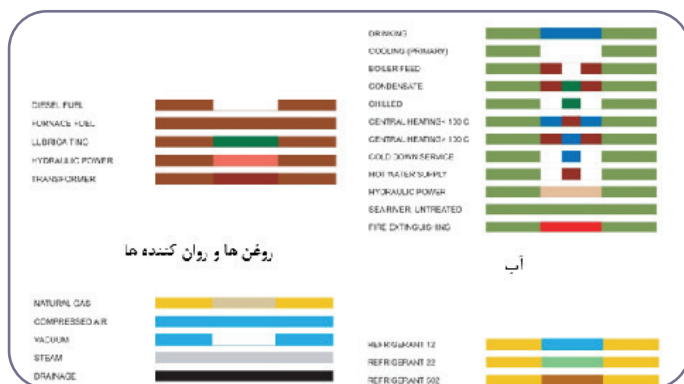
رنگ ایمنی	مراجع رنگ BS
قرمز	۵۳ E ۴۰
زرد	۵۱ E ۰۸
آبی	۵۳ E ۱۸

در جدول ۳-۸ رنگ‌های پایه و ایمنی خطوط لوله مشخص شده‌اند.

جدول ۳-۸. رنگ‌آمیزی لوله‌های انتقال‌دهنده برخی از مواد (استاندارد BS-۱۷۱۰ و BS-۴۸۰۰)

محتویات لوله	رنگ پایه	رنگ ایمنی (رنگ کد)	رنگ پایه
آب شرب	سبز	آبی	سبز
آب سیستم‌های خنک‌کننده	سبز	سفید	سبز
آب تغذیه‌کننده دیگ‌های بخار	سبز	سفید	قرمز پر رنگ
آب مقطر	سبز	سبز زمردی	قرمز پر رنگ
آب جوش کمتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد	سبز	قرمز پر رنگ	آبی
آب جوش بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد	سبز	آبی	قرمز پر رنگ
آبی که از خنک‌کننده به ماشین‌آلات می‌رود	سبز	سفید	آبی
آب آتش‌نشانی	سبز	قرمز	سبز
هوای فشرده		آبی روشن	
بخار آب		نقره‌ای	
فاضلاب		مشکی	
کاتال‌ها و لوله‌های حاوی سیم برق		نارنجی	
گاز مایع	زرد اخراپی	سبز زمردی	زرد اخراپی
گاز شهری	زرد اخراپی	زرد	زرد اخراپی
گازوئیل	قهوه ای	سفید	قهوه ای
سوخت کوره (مازوت)		قهوه ای	
روغن‌های روان‌ساز	قهوه ای	سبز زمردی	قهوه ای
مواد شیمیایی (اسید و بازو...)		بنفش	

در شکل ۲-۱۲ ترکیب رنگ برای لوله‌های انتقال آب، روغن، مبرد، و سایر خطوط بر اساس استاندارد BS ۱۷۱۰-۲۰۱۴ به صورت رنگی ارائه شده است.

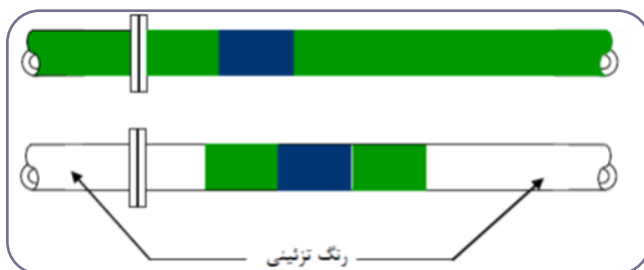


شکل ۲-۱۲ کدگذاری رنگی لوله‌های آب، روغن‌ها و روان‌کننده‌ها، مبردها، و سایر خطوط با استاندارد BS 1100

رنگ آمیزی خطوط لوله در محل‌های زیر باید صورت پذیرد:

۱. ابتدا و انتهای خطوط لوله
 ۲. انشعابات
 ۳. ۱/۵ متر دور از انشعاب به طرف تجهیزات
 ۴. دو طرف شیرها، تجهیزات، دیواره‌ها و تیغه‌ها
 ۵. ورودی و خروجی‌ها (محل‌هایی که لوله از طریق سقف یا کف و دیوارها به ساختمان داخل شده یا از آن خارج می‌شود)
 ۶. سایر نقاطی که شناسایی خطوط لوله در آنجا ضروری باشد.
- با توجه به توضیحات ارایه شده، رنگ آمیزی خطوط لوله می‌تواند به سه شکل صورت پذیرد:
۱. به کارگیری رنگ‌های شناسایی اصلی به تنهایی
 ۲. به کارگیری توام رنگ شناسایی اصلی و رنگ ایمنی (رنگ کد)
 ۳. به کارگیری رنگ شناسایی اصلی به همراه کدهای رنگی خاصی که کاربر آن‌ها را تعریف کرده است.

در مواردی که فقط تعیین ماهیت اصلی سیال مورد نیاز باشد، تمام طول لوله یا نواری ۱۵ سانتی متری از طول لوله در محل‌هایی که پیشتر ذکر شد با رنگ‌های شناسایی اصلی رنگ آمیزی می‌شوند. در مواردی که ماهیت اصلی و دقیق سیال درون لوله باید تعیین گردد از شیوه دوم استفاده می‌شود. در این شیوه طول خط لوله یا بخشی از آن با رنگ شناسایی اصلی رنگ آمیزی شده و رنگ‌های ایمنی به صورت نوارهایی در میانه رنگ شناسایی زده می‌شود (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۲. رنگ آمیزی لوله آب آشامیدنی (استفاده توأم از رنگ پایه و رنگ کد)

شیوه سوم اجرای رنگ آمیزی خطوط لوله در مواردی به کار می رود که تعداد سیالات بسیار زیاد بوده و نیاز به شناسایی دقیقی دارند. در این موارد کدهای ایمنی به صورت نوارهای سه تایی توسط صنعت تعریف شده و مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً تابلوی راهنمای شناسایی رنگها در این موارد در محوطه صنعت نصب شده و مورد استفاده کارکنان قرار می گیرد (شکل ۴-۱۲).

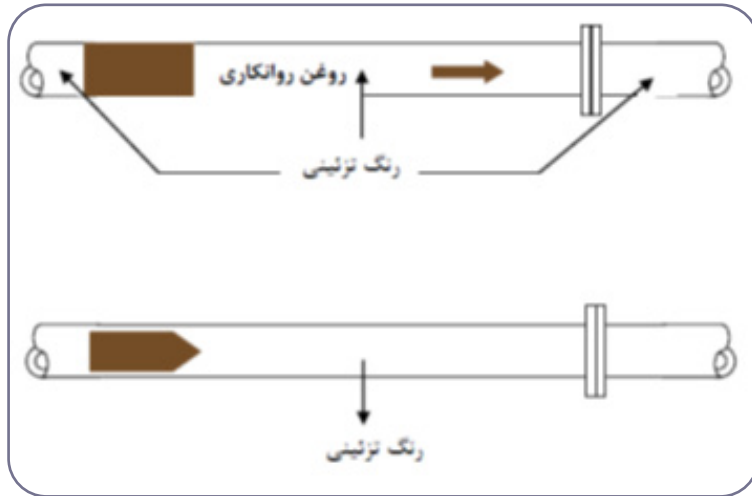
رنگ زمینه و نوار سه خطوط لوله				
ردیف	نوع سیال	رنگ زمینه	رنگ نوار	نام سیال
1	DM.W	سبز	سبز	آب
2	R.O.W	سبز	سبز	آب اسمزی (RO)
3	B.D.F	سبز	سبز	آب نذبه دیگهای بخار
4	L.A.	سبز	سبز	هوای برگرد فین
5	S.A	سبز	سبز	هوای سرویس
6	Steam	سبز	سبز	بخار
7	HPS	سبز	سبز	بخار فشار قوی
8	LPS	سبز	سبز	بخار فشار ضعیف
9	LPC	سبز	سبز	گدازنی
10	F.O.L	سبز	سبز	سوخت مایع
11	F.G.L	سبز	سبز	گازهای سوختی فشار ضعیف
12	F.G.H	سبز	سبز	گازهای سوختی فشار قوی
13	OXY	سبز	سبز	اکسیژن
14	NIT	سبز	سبز	نیترژن
15	CASTIC	سبز	سبز	گاستیک

ایمنی: ۳۰۱ - ۳۰۴ خط آتش: ۲۲۲

شکل ۴-۱۲. تابلوی راهنمای شناسایی رنگها در محوله یک واحد پتروشیمی

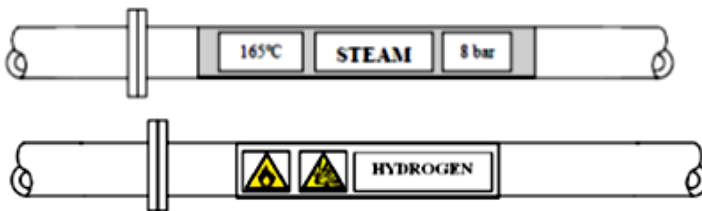
در مواردی که نشان دادن جهت جریان سیال ضروری باشد، از پیکانهای جهت نمادر مجاورتر رنگ شناسایی اصلی و به رنگ سیاه یا سفید (در تضاد با رنگ نشانه اصلی) استفاده می شود (شکل ۵-۱۲). برای سیستمهای حرارت مرکزی و سایر چرخه های بسته که مشخص نمودن جهت جریانهای رفت و برگشت ضروری است،

از کلمه Flow یا حرف F بر روی لوله رفت و کلمه Return یا حرف R بر روی لوله برگشت استفاده می شود.



شکل ۵-۱۲. تعیین جهت جریان روی خط لوله

همچنین با وجود اینکه کد رنگی می تواند ویژگی محتویات درون لوله را نشان دهد، امکان ارائه اطلاعات بیشتر نیز وجود دارد. برای نمونه می توان نام ماده (کامل / مخفف)، علامت شیمیایی و علائم ایمنی نشان دهنده خطرات آن را روی لوله مشخص کرد (شکل ۶-۱۲).



شکل ۶-۱۲. درج اطلاعات بیشتر بر روی خط لوله (لوله انتقال هیدروژن)

● ۱۲-۳ حفاظت از لوله ها

افزون بر رنگ آمیزی خطوط لوله، موضوعات دیگری درباره ایمنی آن ها باید در نظر گرفته شود که مهم ترین آن توجه به امکان خوردگی لوله است. خوردگی در خطوط لوله قدیمی بیشتر مطرح است (شکل ۷-۱۲).

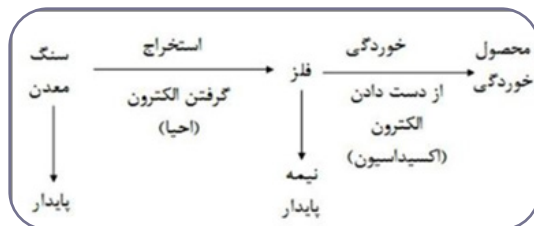


شکل ۷-۱۲. خوردگی لوله

برای نمونه می‌توان به انفجار در خط لوله مارون اشاره کرد. خط لوله ۳۰ اینچی مارون- اصفهان انتقال دهنده خوراک پالایشگاه اصفهان و قسمتی از خوراک پالایشگاه تهران است. این خط لوله که بیش از پنجاه سال قدمت دارد، به دلیل عبور از باتلاق و شوره‌زارهای خوزستان فرسوده شده و در سال ۱۳۸۵ دچار انفجار و آتش‌سوزی گردید. در نتیجه مسیر انتقال خوراک پالایشگاه اصفهان و قسمتی از مسیر پالایشگاه تهران آسیب دید. هرچند که این حادثه هیچگونه تلفات جانی نداشت، اما با هزینه‌هایی همچون تعمیر و بازسازی، اختلال در کار پالایشگاه‌ها به دلیل کمبود ماده اولیه و هدر رفتن میلیون‌ها لیتر نفت خام همراه بود. خطوط لوله‌های نفت و گاز در هر کشوری شریان حیاتی آن کشور محسوب می‌شود و حفاظت و استفاده بهینه از این خطوط همیشه یکی از مسائل با اهمیت و مورد توجه در هر کشوری می‌باشد. خوردگی در صنعت نفت از دیرباز باعث تخریب وسایل و تجهیزات مورد استفاده و در نتیجه صرف هزینه‌های هنگفت برای تعمیر و تعویض آن‌ها شده است. سالانه پنج درصد تولید ناخالص ملی بر اثر خوردگی هدر می‌رود. از این پنج درصد نیز حدود بیست درصد خوردگی‌ها در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی رخ می‌دهد. در ادامه، پدیده خوردگی در سازه‌های فلزی حاوی مواد شیمیایی به طور عام و لوله‌های انتقال مواد به طور خاص مورد بحث قرار می‌گیرد.

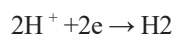
● ۴-۱۲ ماهیت خوردگی

فرآیند بازگشت فلز به حالت طبیعی و پایدار که از طریق واکنش‌های شیمیایی و یا الکتروشیمیایی فلز با محیط اطراف آن انجام می‌شود، زنگ زدگی یا خوردگی فلز نامیده می‌شود (شکل ۸-۱۲). خوردگی واکنشی الکتروشیمیایی است که بین فلزات و محیط اطراف آنها روی داده و سبب فساد و دگرگونی در خواص فلزات می‌شود. محیط‌های اطراف فلزات و از جمله فولادها که کاربرد وسیعی در زندگی روزمره دارند و به عنوان محیط‌های خورنده شناخته می‌شوند عموماً عبارتند از هوا، آب، خاک، مواد شیمیایی و محیط‌های مختلط که در بردارنده دو یا چند یا همه محیط‌های مذکور است. به طور معمول برای حفاظت فلزات به ویژه فلزات آهنی در برابر هوا از طریق رنگ آمیزی روی داده و برای سایر محیط‌های ذکر شده از ترکیبی از حفاظت کاتدیک و پوشش‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۸-۱۲. فرآیند خوردگی

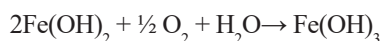
خوردگی براساس واکنش‌های الکتروشیمیایی؛ یعنی تولید الکترون (آند) و مصرف آن (کاتد)، صورت می‌گیرد. واکنش‌های الکتروشیمیایی خوردگی به شکل انحلال فلز و آزاد شدن گاز هیدروژن و بر پایه معادلات زیر است:



برای مثال چنانچه فلز آهن در تماس با آب یا رطوبت قرار گیرد، واکنش‌های شیمیایی زیر روی سطح آن اتفاق می‌افتد (۶):



ماده حاصل $Fe(OH)_2$ رسوب تیره رنگی است که ابتدا بر روی سطح قطعه آهنی تشکیل شده و به مرور زمان به دلیل واکنش بیشتر با اکسیژن (واکنش زیر) به صورت رسوب $Fe(OH)_3$ در می‌آید که رنگ آن قرمز قهوه‌ای یا آجری رنگ است و به عنوان زنگ آهن روی سطح قطعه زنگ زده دیده می‌شود.



تمایل فلزات مختلف نسبت به از دست دادن الکترون و اکسید شدن متفاوت است. شاخص این تمایل متفاوت، پتانسیل الکتروشیمیایی است. فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت‌تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند (نجیب‌تری الکتروپوزیوتروند). در طرف مقابل فلزات و آلیاژهای فلزی دارای پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر، تمایل بیشتری به خوردگی دارند (فعال‌تری الکترون‌گاتیوتروند). بر این اساس موادی مانند منیزیم، روی، آلیاژهای آلومینیوم، آهن و چدن مستعد خوردگی بوده و فلزاتی مانند قلع، سرب، مس، نیکل، نقر، تیتانیوم، طلا، پلاتین و فولاد ضد زنگ پایدار بوده و خورده نمی‌شوند.

بنابراین پدیده خوردگی با برقرار شدن جریان الکتریکی از فلز به الکترولیت، در اثر حرکت یون‌های مثبت به داخل الکترولیت و حرکت الکترون‌ها به داخل فلز همراه می‌باشد. هر ناحیه‌ای از سطح فلز که جریان الکتریکی در جهت آن باشد، ناحیه آندی نامیده می‌شود. یون‌های مثبت فلز با یون‌های منفی داخل الکترولیت ایجاد واکنش کرده و تشکیل مواد غیر محلول ناشی از خوردگی می‌دهند (مانند تولید زنگ در مورد فولاد). این

مواد تأثیری بر ادامه فرآیند خوردگی نداشته و حتی ممکن است سبب کندی جریان خوردگی نیز گردند. برای ادامه واکنش خوردگی، حرکت الکترون‌ها به داخل فلز و حرکت یون‌های مثبت به داخل الکترولیت در ناحیه آندی باید با عبور جریان الکتریکی از محلول فلز و مصرف الکترون‌ها در ناحیه دیگری که ناحیه کاتدی نامیده می‌شود، جبران می‌گردد. در فرآیند خوردگی وقتی الکترون‌ها از یک ناحیه از سطح فلز به ناحیه دیگر منتقل شوند، به آن انتقال «هدایت الکترونی»، و هنگامی که یون‌های مثبت از طریق الکترولیت جابه‌جا گردند، به آن «هدایت الکترولیتی» گفته می‌شود. جریان الکتریکی عبوری از این مدار با سرعت خوردگی متناسب می‌باشد. مثلاً در مورد آهن و فولاد، به ازای هر اتم که وارد محلول می‌شود، دو الکترون آزاد می‌گردد و به ازای شدت جریان یک آمپر، ۹ کیلوگرم آهن در سال خورده می‌شود.

● ۵-۱۲ انواع خوردگی

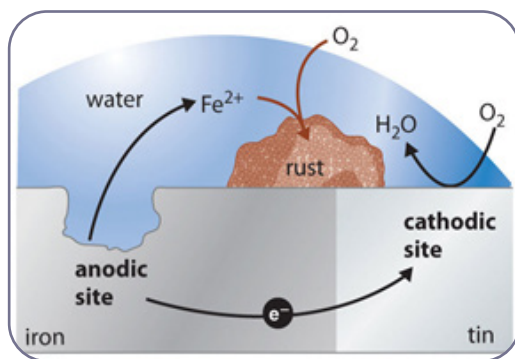
پیشگیری از خوردگی در مخازن مواد شیمیایی و به ویژه خطوط لوله که در بسیاری از موارد حاوی مواد آلاینده محیط زیست، مواد آتش‌گیر و حتی مواد سمی هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نشت مواد از خطوط انتقال مواد شیمیایی به ویژه در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی دارای حساسیت هستند می‌تواند خطرات زیادی برای اکوسیستم گیاهی و جانوری آن مناطق ایجاد نماید. از طرفی هدر رفتن بخشی از مواد ارزشمند که جزء محصولات و یا مواد اولیه هستند، از جنبه‌ی اقتصادی نیز مورد قبول نیست. به طور کلی نشت مواد شیمیایی از خطوط لوله می‌تواند اثراتی مانند آلودگی محیط زیست، ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده، انفجار، هدر رفتن مواد ارزشمند، تحمیل هزینه‌های پاکسازی محیط زیست، تحمیل هزینه‌های تعمیر و تعویض خط لوله، اتلاف وقت و جرایم احتمالی قانونی را در پی داشته باشد. بنابراین سه عامل ایمنی، اقتصاد و محیط زیست دلایل و انگیزه کافی برای پرداختن به مساله خوردگی و رفع آن را در صنعت فراهم می‌کنند.

عوامل گوناگون می‌تواند موجب خوردگی لوله شود، مانند خاصیت خوردنگی ماده درون لوله، جنس خاک (برای خطوط زیرزمینی)، شرایط آب‌وهوایی، برخورد اجسام و حتی خرابکاری (به ویژه برای لوله‌های بین شهری). خوردگی هم در سطح داخلی و هم در سطح خارجی لوله‌ها روی می‌دهد. در ادامه انواع خوردگی لوله، عوامل به وجود آورنده و روش‌های مقابله با آن تشریح می‌شود.

■ ۱-۵-۱۲ خوردگی داخلی

خوردگی سطح داخلی لوله در اثر دو عامل آب و اکسیژن و نیز باکتری‌ها بوجود می‌آید. در ادامه تأثیر هر کدام از این عوامل در خوردگی داخلی لوله‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. اثر آب و اکسیژن. فرآورده خشک و بدون آب به ندرت ایجاد خوردگی می‌کند، بر عکس وجود آب به صورت آزاد یا به صورت معلق در فرآورده به طور قطع موجب پیدایش خوردگی می‌شود. آب اگر به صورت

ذرات معلق همراه با مواد نفتی درون لوله تلمبه گردد، سرانجام پس از کاهش دمای فرآورده، از آن جدا می‌گردد. به ویژه اگر فرآورده مسافتی طولانی را در زیر زمین بپیماید. آب پس از جدا شدن از فرآورده با سطح داخلی لوله تماس پیدا می‌کند. وجود آب باعث ایجاد پیل گالوانیک و در نتیجه تبدیل آهن به هیدروکسید آهن تبدیل می‌شود. ماده دیگری که وارد مواد نفتی تلمبه شده در لوله می‌شود اکسیژن است که همراه با هوا به درون لوله راه می‌یابد. وجود اکسیژن در فرآورده باعث تشدید واکنش‌های الکتروشیمیایی پیل گالوانیک می‌گردد. اکسیژن در مجاورت آب و الکترون به هیدروکسید تبدیل شده و تشکیل $Fe(OH)_2$ را تشدید می‌کند. بنابراین، آب و اکسیژن از عوامل خوردگی سطح داخلی لوله می‌باشند (شکل ۹-۱۲).



شکل ۹-۱۲. فرآیند خوردگی گالوانیک در سطوح داخلی لوله

اثر باکتری‌ها. باکتری‌های احیاء کننده سولفات و اکسید کننده گوگرد و آهن از باکتری‌های مضر و زیان بار در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و بطور کلی در صنایعی که با آهن و فولاد سروکار دارند، هستند. جنس‌های باکتریایی دسولفو و بی‌ریو، تیوباسیلوس، اسیدیتیبو باسیلوس، گالیونلا و اسفارتیلوس از جمله این باکتری‌ها هستند. این باکتری‌ها بی‌هوازی اجباری بوده و اکسیژن مولکولی برای آن‌ها کشنده است. بنابراین بجای اکسیژن از احیاء یون سولفات (SO_4^{2-}) به عنوان پذیرنده نهایی الکترون استفاده می‌کنند. این باکتری در حضور آب خود را تکثیر نموده و چون غیر هوازی است، بعد از اتمام اکسیژن موجود در خط لوله یعنی بعد از اتمام واکنش‌های ذکر شده در قسمت قبل، شروع به فعالیت می‌کند. این باکتری سولفات سدیم موجود در مایع نفتی را به سولفور تبدیل نموده یک الکتروولیت ساده برای واکنش‌های پیل گالوانیک فراهم می‌سازد.

۱-۱-۵-۱۲ روش‌های جلوگیری از خوردگی داخلی

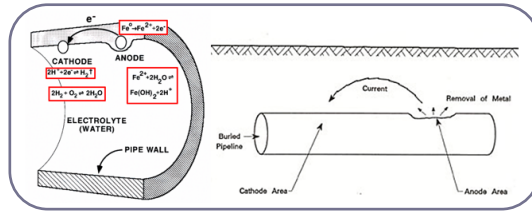
دو روش کلی برای جلوگیری از خوردگی داخلی در اکثر خطوط لوله وجود دارد؛ آب‌زدایی و تزریق ضد زنگ. در روش آب‌زدایی مواد نفتی قبل از تلمبه کردن به خط لوله از برج‌های محتوی مواد جاذب رطوبت مانند اکسید آلومینیوم یا کلرو کلسیم عبور داده می‌شود تا آب آن جذب گردد. با تکرار این عمل میزان آب در مواد نفتی تا مقدار مشخصی کاهش داده می‌شود. این مقدار در حدی است که اگر دمای مایع محتوی لوله

تا حد زیادی نیز کاهش یابد، آب درون مایع نفتی به حالت تعلیق باقی مانده و از آن جدا نمی‌شود. معمولاً پیش از عبور مایع از برج‌های آب‌زدایی مقداری از آب و مواد خارجی مایع از طریق عبور دادن آن از میان فیلتر جدا می‌شود (عملیات پیش تصفیه). در روش تزریق ضدزنگ با تزریق برخی مواد درون فرآورده قشری محافظ بر روی سطح داخلی لوله پوشانده شود تا از تأثیر مستقیم عناصر خورنده موجود در سیال بر فولاد جلوگیری بعمل آید. برای این کار از دو نوع ضد زنگ آبی و روغنی استفاده می‌شود. ضد زنگ آبی در آب حل می‌شود. نیتريت سدیم و کرومات سدیم مهم‌ترین نوع ضدزنگ‌های آبی به شمار می‌روند. این نوع ضد زنگ مخصوص فرآورده‌هایی است که می‌توانند و مجاز هستند مقداری آب به همراه داشته باشند، مانند بنزین موتور، نفت سفید و نفت گاز. تزریق این نوع ضد زنگ در فرآورده‌های هوایی ممنوع می‌باشد. ضد زنگ آبی از دو طریق مانع از خوردگی جدار داخلی لوله می‌شود. این ماده در ابتدا سبب از بین رفتن زنگ آجری رنگ و زنگ سیاه رنگ جدار داخلی لوله می‌شود. زنگ آجری رنگ از ترکیب Fe_2O_3 با آب تشکیل شده و زنگ سیاه رنگ شامل اکسیدهای آهن FeO و Fe_3O_4 می‌باشند. به طور معمول این دو نوع زنگ قبل از تزریق مواد ضد زنگ و یا در هنگام تولید لوله و احداث خط لوله بر روی سطح داخلی لوله ایجاد می‌شوند. در گام بعدی ضد زنگ آبی یک قشر غیر قابل نفوذ نسبت به اکسیژن و آب بر روی سطح داخلی لوله به وجود می‌آورد که سبب محافظت از فلز می‌گردد. ضد زنگ‌های روغنی اولین بار در دهه چهل میلادی مورد استفاده قرار گرفته و ویژگی‌های مطلوب خود را در پیشگیری از خوردگی لوله‌ها نشان دادند. این مواد در آب محلول نبوده ولی در مواد نفتی حل می‌شوند. در حال حاضر چندین نوع ضد زنگ روغنی وجود دارد که هر کدام باید با نسبت مخصوصی به داخل خط تزریق گردند. مقدار تزریق این ضد زنگ نیز مانند ضد زنگ آبی باید توأم با آزمایش و ارزیابی نتایج حاصل از تزریق باشد. بهای این نوع ضد زنگ تقریباً دو برابر ضد زنگ آبی است. لذا فقط در مواردی که امکان تزریق ضد زنگ آبی وجود ندارد به کار می‌رود. برای نمونه از این نوع ضد زنگ جهت پیشگیری از خوردگی در خطوط لوله انتقال بنزین هواپیما که باید به طور کامل بدون آب باشد، استفاده می‌شود. ضد زنگ‌های آبی و روغنی دارای مزایا و محدودیت‌هایی نسبت به همدیگر هستند. برای نمونه قیمت ضد زنگ آبی تقریباً نصف ضد زنگ روغنی بوده و تولید و عرضه آن بسیار بیشتر از نوع روغنی است. همچنین کنترل حفاظت لوله از راه تجزیه آب در ضد زنگ‌های آبی به سهولت انجام می‌گیرد. با آزمایش آب میزان pH مایع نیز اندازه گرفته شده و با بالا نگهداشتن pH مایع درون لوله از فعالیت باکتری‌های خورنده نیز جلوگیری می‌شود. با این حال استفاده از ضد زنگ‌های آبی مستلزم ورود مقداری آب به درون خط لوله بوده و لزوم تمیز کردن خط به مراتب بیشتر از ضد زنگ روغنی است. به طور کلی استفاده از روش آب زدایی جهت جلوگیری از خوردگی داخلی خطوط لوله در مواردی که امکان تزریق ضد زنگ در خط لوله مجاز یا ممکن نباشد، بسیار مؤثر است. در این روش به علت بی‌آب شدن مواد نفتی، مشکلات مربوط به آلودگی و تغییر رنگ مواد نفتی وجود ندارد. همچنین خطر انجماد آب در نواحی سرد از بین می‌رود. با این حال استفاده از روش آب زدایی در صورتی مفید است که از عدم ورود آب به درون خط لوله در میان مسیر مطمئن بود. در خطوط

لوله به ویژه خطوط لوله طولانی این امکان وجود دارد که مقداری آب همراه با فرآورده از مخازن تلمبه‌های بین راهی به درون خط وارد گردد. محدودیت دیگر روش آب زدایی این است که ممکن است در حین آب زدایی در ابتدای مسیر مقداری از مواد افزودنی که جهت بهبود خواص فرآورده به آن افزوده شده‌اند، همراه با آب خارج شده و در نتیجه موجب کاهش کیفیت و خواص فرآورده شوند. در کنار روش‌های عمومی ذکر شده برای پیشگیری از خوردگی داخلی خطوط لوله، روش پوشش داخلی نیز وجود دارد که تنها برای خطوط انتقال موادی گازی مانند گاز طبیعی مناسب است. پوشش داخلی در خطوط لوله جهت جلوگیری از خوردگی داخلی، مقاومت در برابر سایش یا کاهش مقاومت جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان‌گونه که ذکر شد استفاده از این پوشش‌ها علاوه بر پیشگیری از خوردگی داخلی با کاهش نیروی درگ توان عملیاتی خط لوله را به میزان قابل توجهی (تقریباً ۱۰٪) افزایش می‌دهند. برای موثر بودن پوشش داخلی لازم است که نواحی اتصال، جاهایی که لوله به یکدیگر جوش داده می‌شوند، نیز پوشش داده شوند، در غیر این صورت این نواحی در معرض خوردگی داخلی قرار می‌گیرند. این پوشش‌ها همچنین در سطوح داخلی زانوپی‌ها، فلنج‌ها و دیگر تجهیزات انتقال سیالات گازی به کار می‌رود. معمول‌ترین پوشش ضد خوردگی داخلی یک نوع اپوکسی به نام اپوکسی اتصال ذوبی^۱ می‌باشد. پوشش داخلی لوله‌ها به طور معمول پس از اجرای پوشش خارجی انجام می‌شود. زیرا اجرای پوشش‌های خارجی ضد خوردگی مستلزم گرم کردن لوله است و این مسأله می‌تواند به پوشش داخلی آسیب برساند. استاندارد IPS-E-TP-350 تحت عنوان «استاندارد مهندسی برای پوشش‌های داخلی» از مجموع استانداردهای نفت ایران جزئیات کاملی را در خصوص ویژگی‌ها و کاربرد پوشش‌ها ارائه نموده است.

■ ۲-۵-۱۲ خوردگی خارجی

خوردگی سطح خارجی خطوط لوله نیز در اثر واکنش‌های الکتروشیمیایی و به وجود آمدن پیل گالوانیک روی می‌دهد. عدم تشابه در جنس و میزان فشردگی ذرات و خواص فلز و یا عدم تشابه در جنس خاک و وجود رطوبت و یا هوا در آن سبب ایجاد جریان الکتریکی ضعیف در سطح خارجی لوله و خوردگی تدریجی آن می‌گردد (شکل ۱۰-۱۲). تغییر جنس خاک در مسیر طولانی خط لوله‌ای که از انواع مختلف خاک‌ها عبور می‌کند یکی از علل اصلی خوردگی لوله می‌باشد. جریان‌های الکتریکی سرگردان نیز باعث تشدید عمل پیل گالوانیک می‌شوند. منظور از جریان‌های سرگردان جریانی است که به علل مختلف وارد خاک شده و در هر مسیری که مقاومت خاک کمتر باشد جاری می‌شوند. برای مثال لوکوموتیوهای برقی از طریق ریل جریان‌هایی به داخل زمین می‌فرستند که در تماس با سطح خارجی لوله موجب تشدید جریان‌های پیل گالوانیک می‌شود.



شکل ۱۰-۱۲. خوردگی گالوانیک در سطوح خارجی لوله‌های دفن شده

۱-۲-۵-۱۲ روش‌های جلوگیری از خوردگی خارجی

روش‌های کلی برای متوقف ساختن خوردگی خارجی لوله شامل استفاده از پوشش‌ها، اتصالات عایق‌کننده و حفاظت کاتدیک می‌باشد. پوشش‌ها معمولاً نقش تشکیل لایه محافظ را بر روی سطح مورد حفاظت ایفا می‌کنند. عملکرد چنین پوششی جداکردن فلز از تماس مستقیم با الکترولیت اطراف آن و ایجاد مقاومت الکتریکی بالا در مدار آند - کاتد است به نحوی که از حرکت خوردگی از آند به کاتد جلوگیری گردد. اگر پوشش‌ها دائمی بوده و هنگام نصب یا کار آسیب نبینند، لوله‌های فلزی هرگز خورده نمی‌شوند. با این حال، پیدایش عیوب در لایه‌های محافظ یا وجود سوراخ در پوشش‌های حفاظتی، استفاده از روش حفاظتی دیگری را برای فلزات مدفون در خاک ضروری می‌کند. به این منظور از حفاظت کاتدی استفاده می‌شود. در این روش با وارد کردن یک پتانسیل کاتدی، جریان از طرف محیط به تمام سطح لوله می‌رسد. در نتیجه خوردگی رخ نداده و از لوله حفاظت می‌شود. حفاظت کاتدی استفاده از جریان مستقیم الکتریسیته حاصل از یک منبع خارجی است که در مقابل جریان خروجی خوردگی از نواحی آند قرار می‌گیرد. زمانی که یک سیستم حفاظت کاتدی نصب می‌گردد، کلیه قسمت‌های ساختار حفاظت شده، جریان حفاظتی را از الکترولیت اطراف اخذ کرده و تمام سطوح فلز مورد حفاظت کاتد می‌شود. با آنکه حفاظت کاتدی را می‌توان به تنهایی به کار برد، ولی به مقدار جریان زیادی نیاز است. بنابراین بهترین روش آن است که از یک لایه محافظ مناسب استفاده و بعد به وسیله حفاظت کاتدی تقویت شود. از اتصالات عایق‌کننده نیز برای قطع اتصال الکتریکی فلز بین آند و کاتد استفاده می‌شود. در این صورت از حرکت جریان بین آند و کاتد جلوگیری می‌گردد ولی استفاده از آن محدود است. مثلاً اتصالات عایق‌کننده را می‌توان در محل اتصال دو فلز غیر مشابه به کار برد. اما واضح است که در کنترل پیل‌های خوردگی موضعی واقع بر سطوح فلزی مؤثر نخواهد بود. سیستم‌های کنترل خوردگی خط لوله معمولاً (نه الزاماً) ترکیبی از سه روش فوق می‌باشند. بعلاوه در صورت نیاز پیش‌بینی‌های دیگری با توجه به شرایط غیر معمول ممکن است در نظر گرفته شود.

۲-۳-۵-۱۲ پوشش‌ها

استفاده از پوشش‌های حفاظتی برای قطع تماس خطوط لوله از خاک اطراف به عنوان اولین روش برای کنترل خوردگی فلزات به کار برده شده است. پوشش‌ها هم در جدار داخلی و هم در جدار خارجی لوله‌ها و سازه‌های فلزی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این پوشش‌ها زمانی مؤثر خواهد بود که ویژگی‌های زیر را داشته باشند:

- ▶ مقاومت الکتریکی بالا
- ▶ پیوستگی (منفذ کم)
- ▶ مقاومت بالا در برابر مواد شیمیایی و باکتری‌ها
- ▶ مقاومت در برابر تغییرات دمایی
- ▶ عدم وجود بادکردگی
- ▶ چسبندگی کامل به سطح فلز
- ▶ مقاومت در برابر پیری
- ▶ مقاومت مکانیکی بالا
- ▶ مقاومت در برابر سایش

با وجود این که استفاده از پوشش‌ها به تنهایی برای کنترل خوردگی کافی نیست، لیکن چنانچه به درستی بر روی سطح لوله اعمال شوند نقش مؤثری ایفا خواهند کرد. از این رو پوشش‌ها را به عنوان روشی معمول برای کنترل خوردگی در خطوط مهم در نظر می‌گیرند. انتخاب پوشش حفاظتی مناسب و اجرای کامل آن بر روی خط لوله، بیش از ۹۹ درصد حفاظت لازم را بر روی سطوح لوله فراهم می‌کند. هنگام استفاده از پوشش‌ها باید بهترین پوشش و تکنیک اجرای آن در کنار توجه به مسائل اقتصادی در پوشش انتخاب شده مد نظر قرار گیرد. چرا که اشتباه در انتخاب مواد پوششی می‌تواند باعث خسارات زیادی در طول عمر مفید خط لوله شود. به عبارت دیگر کاربرد صحیح مواد پوششی جنبه‌های دیگر کنترل خوردگی را نسبتاً آسان می‌کند. مقدار مقاومت الکتریکی پوشش با کیفیت اجرای عایق‌کاری رابطه مستقیم دارد. بدین معنی که هر اندازه پوشش یکپارچه‌تر و بدون منفذ باشد مقاومت پوشش بیشتر خواهد شد. حداقل میزان قابل قبول کارایی پوشش در مورد خطوط لوله انتقال ۹۸٪ می‌باشد.

پوشش‌های رنگی مانند رزین‌های اپوکسی و رزین‌های یورتان و پوشش‌های نواری مانند نوارهای ترموپلاستیک پلی اتیلن، و پلی وینیل کلراید، لعابها یا اناملها، واکسها، ماستیک‌ها یا بتونه‌ها، گریسها، پوشش‌های مایع با استعمال سرد، نوارها، پوشش‌های پلاستیکی، لفاف و محافظ، پوشش‌های سنگین فلزی و بتنی، از جمله مواد پوششی برای جلوگیری از خوردگی خارجی لوله‌ها هستند. علاقمندان برای اطلاعات بیشتر در خصوص این پوشش‌ها و نحوه انتخاب آنها به سایر کتاب‌های نویسنده می‌توانند مراجعه نمایند.

۶-۱۲ حفاظت کاتدی

به هنگام تشکیل پیل گالوانیک در اطراف سازه‌های فلزی مانند لوله یا مخازن مدفون در خاک یا آب وجود مناطق آندی و کاتدی اجتناب ناپذیر است. در جایی که سازه فلزی خورده می‌شود، جریان از فلز به الکترولیت (خاک یا آب) جاری می‌شود و در جایی که جریان از الکترولیت به طرف سازه جاری می‌شود سطح سازه کاتدی شده و خورده نمی‌شود. این عمل دقیقاً همان چیزی است که حفاظت کاتدی انجام می‌دهد. جریان مستقیم از یک منبع خارجی به سطوح خارجی خط لوله اعمال می‌شود. زمانی که این جریان به مقدار مناسب تنظیم گردد با جریان خروجی از کلیه نقاط آندی روی لوله مقابله کرده و بر سطح لوله و به کلیه نقاط جریان می‌یابد. در این صورت سطح لوله کاتدی شده و حفاظت کامل شود. بنابراین، حفاظت کاتدی یک سازه با برقرار نمودن جریان الکتریکی از الکترولیت (محیط اطراف) به تمام نقاط سطح سازه به دست می‌آید. ضابطه مشخص‌کننده برای حصول حفاظت کاتدی، این است که پتانسیل فلز (سازه) نسبت به الکترولیت مجاور آن در تمام نقاط منفی‌تر از پتانسیل حفاظتی ارائه شده در جدول ۴-۱۲ باشد. شدت جریان لازم برای رسیدن به این ضابطه، به نوع سازه و شرایط محیط اطراف بستگی دارد.

جدول ۴-۱۲. حداقل پتانسیل‌های حفاظت کاتدی

الکترومد مرجع (شرایط کاربرد)					فلز یا آلیاژ
مس-سولفات مس در خاک و آب شیرین	نقره-کلور نقره اشباع شده، کلور پتاسیم (در هر الکترولیت)	نقره-کلور نقره (در آب دریا)	روی-آب دریا		
					آهن و فولاد
محیط هوایی	-۰/۸۵	-۰/۷۵	-۰/۸	+۰/۲۵	
محیط بی‌هوایی	-۰/۹۵	-۰/۸۵	-۰/۹	+۰/۱۵	
سرب	-۰/۶	-۰/۵	-۰/۵۵	+۰/۵	
آلیاژهای مس و آلومینیوم	-۰/۶۵ تا -۰/۵	-۰/۵۵ تا -۰/۴	-۰/۶ تا -۰/۴۵	-۰/۶ تا -۰/۴۵	
در حد مثبت	-۰/۹۵	-۰/۸۵	-۰/۹	+۰/۱۵	
در حد منفی	-۱/۲	-۱/۱	-۱/۱۵	-۰/۱	

ولتاژ سیستم حفاظت کاتدی باید از ولتاژ پیل‌های خوردگی سطح لوله بیشتر باشد تا بتواند بر آن غلبه کند. برای این که سیستم حفاظت کاتدی کار کند، جریان از بستر آندی خارج می‌شود. در این صورت آندها

خورده می‌شوند. از آنجایی که تنها هدف از بستر آندی، خروج جریان از آن است، لذا باید از موادی که سرعت خوردگی کندتری از مواد تشکیل‌دهنده سازه فلزی دارند استفاده گردد. بنابراین حفاظت کاتدی لزوماً خوردگی را بر طرف نمی‌کند، بلکه خوردگی را از سازه مورد حفاظت به نقطه معین دیگری منتقل می‌نماید. عدم توزیع مناسب پتانسیل حفاظت کاتدی که می‌تواند ناشی از طراحی ضعیف این سیستم برای سازه مورد حفاظت باشد، کارایی آن را به شدت کاهش می‌دهد.

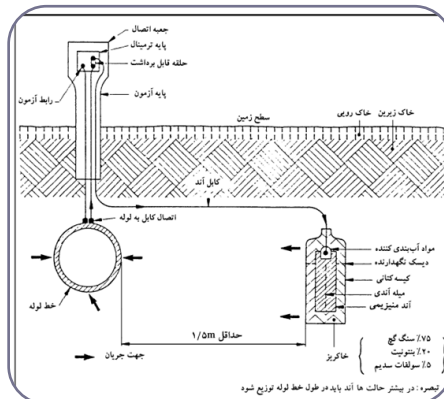
سیستم حفاظت کاتدی به طور کلی به دو صورت اجرا می‌شود:

▶ سیستم حفاظت کاتدی با آندهای فداشونده

▶ سیستم حفاظت کاتدی با اعمال جریان

■ ۱-۶-۱۲ سیستم حفاظت کاتدی با آندهای فداشونده

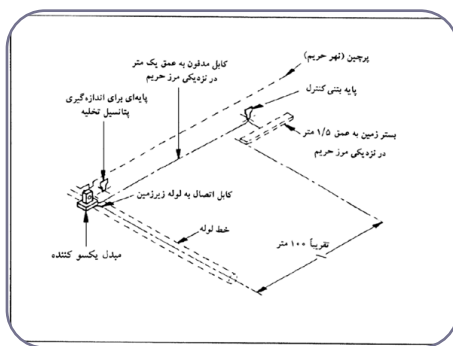
در شکل ۱۱-۱۲ یک نمونه از آرایش اجزا و سیستم اتصال در حفاظت کاتدی با آندهای فداشونده به صورت شماتیک نشان داده شده که متشکل از آند مدفون یا مستغرق و سیم رابط آند به سازه مورد حفاظت است. در این سیستم، آندی در الکترولیت اطراف سازه نصب شده و توسط سیم هادی به سازه متصل می‌شود. این آند از فلز سازه تحت حفاظت باید الکترونگاتیوتر باشد. جریان الکتریکی در قسمت‌های فلزی مدار، در مسیر نشان داده شده حرکت کرده و از طریق الکترولیت (خاک یا آب) به سازه حفاظت شده برمی‌گردد. حفاظت کاتدی با آندهای فداشونده زمانی به کار می‌رود که خوردگی محیط خط لوله قابل ملاحظه نبوده و جریان مورد نیاز برای جلوگیری از اثر آن اندک است، به طوری که می‌توان شدت جریان لازم را از اختلاف سطح طبیعی حاصل بین آند مدفون در زمین و لوله تأمین نمود. در این صورت گاهی با نصب یک آند و اتصال آن به لوله و تکرار این وضعیت در فواصل معینی از خط لوله شدت جریان مورد نیاز برای جلوگیری از خوردگی لوله تأمین می‌گردد و گاهی چند آند را به طور موازی به هم اتصال داده و به وسیله یک سیم آن‌ها را به لوله متصل می‌کنند، به این ترتیب شدت جریان حاصل چند برابر می‌گردد.



شکل ۱۱-۱۲. اجزای شماتیک سیستم حفاظت کاتدی برای لوله‌های مدفون با آندهای فداشونده (۵)

۲-۶-۱۲ سیستم حفاظت کاتدی با اعمال جریان

روش حفاظت کاتدی با جریان اعمالی هنگامی به کار می‌رود که محیط اطراف لوله بسیار خورنده بوده و شدت جریان مورد نیاز زیاد می‌باشد. در این صورت اختلاف سطح طبیعی بین آند یا سیستم‌های آند، مدفون در زمین و خط لوله کافی نبوده و باید از منبع خارجی نیز استفاده نمود. در این صورت لازم است جریان مستقیمی در جهت مناسب یعنی از آند به طرف لوله وارد سیم هادی نمود. ممکن است جریان متناوب در دسترس باشد، در این صورت به وسیله یک دستگاه یک سوکننده (رکتیفایر) جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌کنند. همچنین ممکن است از یک مولد جریان دائم و یا ژنراتورهای بادی در مناطق بادخیز استفاده شود. معمولاً در این روش چند آند مدفون در زمین را به طور موازی به هم اتصال داده و دو سر یک سوکننده را از یک طرف به آن‌ها و از طرف دیگر به لوله متصل می‌کنند. در این صورت سیستم آن‌ها را بستر زمین می‌گویند. بسترهای زمینی باید حداقل در فاصله ۱۰۰ متری سازه قرار گیرند تا حفاظت به طور گسترده انجام گرفته و توزیع جریان یکنواخت حاصل گردد. در این سیستم آن‌های مدفون با مواد کربنی مانند کک پوشانده می‌شوند تا ضمن کاهش مقاومت محیط اطراف آند نسبت به زمین، مصرف آند نیز تا حدودی کاهش یابد. انتخاب محل آن‌ها باید با در نظر گرفتن موقعیت سایر سازه‌های زیر زمینی، دسترسی به محل برای بهره‌برداری و نگهداری و نیز در دسترس بودن انرژی برق انجام پذیرد. در شکل ۱۲-۱۲ آرایش شماتیک اجزای سیستم حفاظت کاتدی با اعمال جریان نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۱۲. اجزای شماتیک سیستم حفاظت کاتدی برای لوله‌های مدفون با اعمال جریان (۵)

در این روش سیستم حفاظت کاتدی عمر طولانی‌تر و کارایی بیشتری را نسبت به روش آن‌های فداشونده خواهد داشت. همچنین ضریب اطمینان در کارکرد سیستم حفاظت کاتدی با جریان اعمالی بیشتر از روش آن‌های فداشونده است. به این معنی که در روش نخست ممکن است جریان‌های طبیعی آند - لوله همواره و در همه شرایط برای حفاظت کاتدی لوله کافی نباشد ولی در روش دوم برق به میزان کافی همواره در دسترس بوده و اطمینان بیشتری در کارکرد سیستم حفاظت وجود دارد. حفاظت کاتدی با اعمال جریان نیز به شیوه‌های متفاوتی اجرا می‌شود. در روش متداول یکسوکننده جریان از یک طرف به سیستم آن‌ها که بطور

موازی در زمین مدفون شده‌اند و از سوی دیگر به لوله متصل می‌گردد. در روش‌های دیگر ترکیبی از آرایش آندها در سیستم حفاظتی با آندهای فداشونده و شبکه اتصالات در سیستم اعمال جریان به کار برده می‌شود. همچنین در برخی از سیستم‌های حفاظت کاتدی با اعمال جریان، جریان مورد نیاز توسط مولد بادی و با دینام تولید می‌گردد.

در جدول ۵-۱۲ مزایا و معایب حفاظت کاتدی با آندهای فدا شونده و اعمال جریان ذکر شده است.

جدول ۵-۱۲. مقایسه سیستم حفاظت کاتدی با آندهای فدا شونده و سیستم با اعمال جریان (۵)

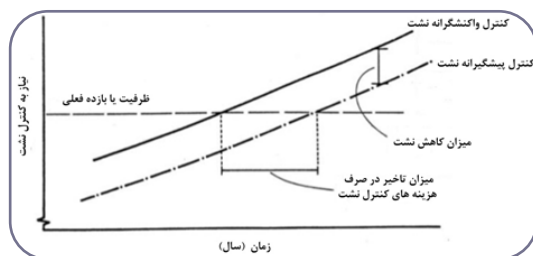
سیستم با اعمال جریان		سیستم آندهای فداشونده	
به برق شبکه یا منبع دیگر تولید برق نیاز دارد.	۱-	نیاز به منبع جریان برق ندارد.	۱-
برای انواع گوناگون سازه‌ها شامل سازه‌های بزرگ و سازه‌های بدون پوشش قابل استفاده می‌باشد.	۲-	کاربرد آن عموماً منحصر به حفاظت سازه‌های پوشش شده یا تامین حفاظت‌های موضعی است (به دلیل دسترسی اقتصادی به میزان محدودی از جریان‌های الکتریکی).	۲-
مقاومت خاک یا آب در کاربرد این سیستم محدودیت کمتری ایجاد می‌کند.	۳-	کاربرد آن به جز در خاک‌ها یا آب‌های با مقاومت پایین ممکن است علمی نباشد.	۳-
نیاز به طراحی دقیقی دارد. ولی راحتی تنظیم خروجی سیستم اجازه می‌دهد که برای شرایط متغیر و غیر قابل پیش‌بینی تدارک لازم دیده شود.	۴-	نصب این سیستم نسبتاً ساده بوده و توسعه و افزایش آن تا حصول نتیجه مورد نظر قابل اجراء است.	۴-
به بازرسی ادواری در چندین نقطه نیاز دارد. در روش کنترل غیر دستی ابزار دقیق اندازه‌گیری در نقاط تغذیه جریان به شکلی که قابل دسترسی باشد، نصب می‌گردد.	۵-	بازرسی سیستم مستلزم اندازه‌گیری در هر آند یا بین دو آند مجاور است که به وسیله دستگاه قابل حمل صورت می‌گیرد.	۵-
عموماً نیازمند تعداد کمتری آند می‌باشد.	۶-	در نقاط بسیار زیادی ممکن است به نصب آند نیاز باشد. عمر مفید آنها به شرایط محیط بستگی دارد. تعویض آندها در قسمت‌های مختلف سیستم در فواصل زمانی مختلف لازم است.	۶-
آثار این سیستم حفاظت کاتدی باید روی سازه‌هایی که در نزدیکی بسترهای آندی قرار دارند، مورد بررسی قرار گیرد تا واکنش‌های متقابل قابل تشخیص شده و امکان تصحیح آنها فراهم گردد.	۷-	از آنجایی که جریان سیستم در هر نقطه پایین است، بنابراین روی تاسیسات مجاور تاثیر ضعیفی دارد.	۷-
این سیستم به کنترل نسبتاً ساده خودکار نیاز دارد تا بتواند پتانسیل‌ها را در محدوده نزدیکی علی‌رغم دامنه وسیع تغییرات نگهدارد.	۸-	جریان حاصل از آندها قابل کنترل نمی‌باشد، ولی تمایل به خود تنظیمی جریان حاصله وجود دارد.	۸-

به علت امکان استفاده از مواد مناسب می توان از آندهای متراکم تری استفاده نمود.	۹-	بزرگی حجم آندها در برخی از سازه های فلزی ممکن است جریان طبیعی کار آنها را مختل کند.
به منظور نصب اتصالات عایق، در تمام موارد باید روی بدنه سازه مورد حفاظت سوراخ هایی ایجاد گردد.	۱۰-	آندها را می توان با اتصالات پیچی یا جوش، روی سطوح مورد حفاظت نصب نمود و نیاز به سوراخ کردن بدنه سازه وجود ندارد.
عایق کاری اتصالات در قسمت مثبت یکسوکننده (رکتیفایر) که در تماس با آب یا خاک قرار دارد باید با دقت و اطمینان کامل صورت گیرد. در غیر این صورت اتصالات شدیداً خورده می شوند.	۱۱-	اتصالات آندها نیز تحت حفاظت کاتدی قرار می گیرند.
لازم است پلاریته در هنگام راه اندازی سیستم به دقت بررسی شود، زیر اتصالات اشتباه موجب برعکس شدن پلاریته و تشدید خوردگی می شود.	۱۲-	امکان اتصال اشتباه وجود ندارد که موجب برعکس شدن پلاریته (قطب مثبت و منفی) شود.

۷-۱۲ نشت

نشت مواد از درون لوله ها یا مخازن به عنوان یکی از سه حادثه مهم در صنایع شیمیایی محسوب می شود. با وجود این که از نظر فراوانی، نشت پس از آتش سوزی و انفجار در رده سوم فراوان ترین انواع حوادث در صنایع شیمیایی قرار دارد ولی از نظر شدت اثرات انسانی، نشت مواد سمی بالاترین پتانسیل مرگ و میر را داراست. از این رو آشنایی با شیوه های نشت یابی و پیشگیری از آن سهم زیادی در حفظ ایمنی صنایع شیمیایی خواهد داشت.

تشخیص و تعمیر به هنگام نشت در فرایندهای شیمیایی مزایایی همچون صرفه جویی در انرژی، کاهش صدمه به اموال و کاهش خطر آلودگی و نیز تعویق هزینه های مربوط به بهینه سازی تجهیزات و فرآیند که در اثر فرسودگی و ایجاد نشتی های مکرر در سیستم ایجاد می شود را به دنبال دارد. این موضوع در شکل ۱۲-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۱۳. کنترل پیشگیرانه و واکنشگرانه نشت

به طور کلی، استراتژی‌های مدیریت نشت می‌تواند در دو گروه اصلی جای گیرد:

▶ کنترل غیر فعال نشت (کنترل واکنشگرانه)

▶ کنترل فعال نشت (کنترل پیشگیرانه)

کنترل غیر فعال نشت، واکنش به نشت‌های مشاهده شده در فرایند است که معمولاً توسط افراد گزارش می‌شود. در حالی که در کنترل فعال، امکان بروز نشت در نقاطی که احتمال آن وجود دارد بررسی شده و با اقدامات پیشگیرانه از وقوع آن پیشگیری کرده و یا وقوع آن به تأخیر انداز می‌شود.

■ ۱-۷-۱۲ نشت یابی

به دلیل وسعت عوامل ایجادکننده نشت و نیز هزینه‌ها و مخاطراتی که این پدیده در بر دارد، نشت یابی و جلوگیری از تداوم نشت، مسأله‌ی بسیار مهمی است. نشت یابی عبارت است از تلاش برای پیدا کردن و رفع نشت‌هایی که وجود آنها توسط دستگاه‌های نشت یاب آشکار شده است. پس از مشخص شدن محل نشت در لوله‌ها یا مخازن، آن نقطه با تجهیزات سالم جایگزین می‌شود. تشخیص دقیق و سریع نشت کار بسیار دشواری است. گام‌های اصلی در تشخیص نشت و کنترل آن در لوله‌ها عبارتند از:

▶ جمع‌آوری داده‌های شبکه انتقال مواد در لوله‌ها (داده‌های فراوانی نشت و تعمیر و نگهداری در سال، حجم مواد ورودی و خروجی از شبکه)

▶ ارزیابی داده‌ها و شناسایی احتمال نشت بر اساس تحلیل داده‌ها

▶ تشخیص نشت فیزیکی (تشخیص در عرصه)

▶ برنامه‌ریزی و اجرای برنامه تعمیر

▶ تعمیر و نگهداری شبکه و برنامه‌های بازسازی

در سیستم‌های خط لوله روش‌های ساده و پیچیده‌ای برای تشخیص نشت وجود دارد. در ادامه برخی از این روش‌ها ذکر می‌شود.

۱-۷-۱-۱۲ نشت یابی با استفاده از حواس بینایی، شنوایی و بویایی

گاهی اوقات وقوع نشت توسط افراد می‌تواند در مجاورت خط لوله قرار دارند، تشخیص و اطلاع داده می‌شود. این افراد از طریق حس بویایی، شنوایی، بینایی و یا مشاهده‌ی اثرات ماده نشتی بر گیاهان، حیوانات یا پرندگان پیرامون خط لوله یا مخزن، می‌توانند این پدیده را تشخیص دهند. همچنین در گذشته استفاده از حیوانات یا پرندگان به دلیل برخورداری از حواس بویایی یا شنوایی قوی برای تشخیص نشت رایج بوده است. این شیوه در حال حاضر به دلیل ممنوعیت‌های زیست محیطی (سوء استفاده از حیوانات) مرسوم نیست. تشخیص وقوع نشت به این شیوه‌ها چندان قابل اتکا نیست. زیرا احتمال شناسایی نشت در محیط‌های عاری از سکنه یا مواردی که ماده نشت یافته بدون بو بوده و یا در فضای باز و جریان‌های شدید باد باشد، بسیار

پایین خواهد بود. البته در محیط‌های سر بسته‌ای که افراد در آن مشغول به کار یا زندگی‌اند، می‌توان با افزودن مواد معطر به سیال احتمال شناسایی نشت از طریق حس بویایی را افزایش داد. این روش برای سیالات بدون بو روش نسبتاً موثری است. برای نمونه برای تشخیص نشتی گاز شهری (متان) ترکیباتی به آن افزوده شده و شناسایی نشت تسهیل می‌شود. همچنین چنین روشی برای شناسایی نشت گاز مونو اکسید کربن که بی‌بو ولی بسیار سمی و خطرناک است، کاربرد دارد. ترکیباتی مانند مرکاپتان‌ها و تری متیل آمین برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۲-۷-۱-۲ نشت یابی با کف صابون

برای شناسایی نشت در محل اتصالات و جوش‌ها و نقاطی که مظنون به نشت گاز هستند، می‌توان از روش قدیمی و ابتدایی کف صابون استفاده نمود. در این روش مقداری کف صابون بر روی محل مورد نظر ریخته می‌شود. در صورت وجود نشت در آن نقطه حباب‌های در حال رشد صابون تشکیل خواهد شد. بزرگی حباب‌های تولید شده متناسب با میزان نشت گاز خواهد بود. از این روش در لوله‌ها یا مخازن کوچک حاوی گاز تحت فشار استفاده می‌شود.

۱۲-۷-۱-۳ نشت یابی بر اساس موازنه حجمی سیال

یکی از روش‌های تشخیص وجود نشت در خطوط لوله، موازنه‌ی حجمی خطوط لوله است. با استفاده از این روش می‌توان موازه جریان را به صورت روزانه، ساعتی و حتی لحظه‌ای پایش نمود. این روش به خصوص برای خطوط لوله‌ی مایعاتی که تقریباً تراکم ناپذیرند، مناسب است. در این روش تغییرات موجود در خطوط لوله از روی اختلاف بین جریان ورودی و خروجی محاسبه شده و از روی این اختلاف، نشتی‌های کوچک تشخیص داده می‌شود. موازنه در خط لوله به صورت رابطه زیر است.

$$dV = V_{in} - V_{out} - V_1$$

که در آن:

dV : حجم نشتی

V_{in} : حجم سیال ورودی

V_{out} : حجم سیال خروجی

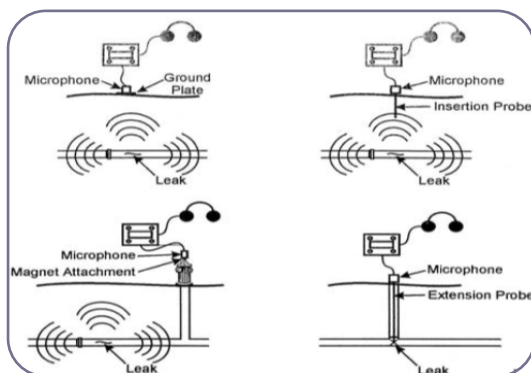
V_1 : میزان موجودی مایع در خط لوله

در این روش یک سیستم اندازه‌گیری فشار خط لوله در کنار جریان سنج‌ها برای نشان دادن تغییر گرادیان فشار نسبت به حالت بدون نشت لازم است. این روش دو محدودیت دارد. یکی این که با این روش موقعیت نشت در طول خط لوله تشخیص داده نمی‌شود. دیگر این که اگر شدت جریان‌ها تغییر کند، یعنی سیستم در

حالت پایدار نباشد، موازنه برای تشخیص نشتی بسیار دشوار می شود.

۴-۷-۱۲-۱۴ نشت یابی صوتی

نشت یابی صوتی یکی دیگر از سیستم‌های نشت یابی است. جریان سیالات می‌تواند ارتعاشاتی با فرکانس‌های محدوده‌ی مافوق صوت تولید کند که به وسیله‌ی گیرنده‌هایی خاص (میکروفن با سنسور پیزوالکتریک) قابل تشخیص هستند. این گیرنده‌ها قابل حمل بوده و توسط ماموران خط حمل و به هر نقطه‌ی دلخواه برده می‌شوند. این نوع سنسورها زمانی که تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرند، یک سیگنال خروجی از خود صادر می‌کنند. گیرنده‌های صوتی به صورت صفحه یا میله پراب بوده و در محل مورد بررسی با سطح لوله یا زمین تماس داده می‌شوند. بروز نشت در یک نقطه از خط لوله سبب افت فشار سریع خواهد شد. امواج ناشی از افت فشار با سرعت صوت در هر دو جهت حرکت کرده و توسط سنسورهای موجود در طول خط دریافت می‌شوند. مکان نشت بر اساس شرایط خط و زمان اندازه‌گیری شده توسط ابزارها، تشخیص داده می‌شود. این روش به خصوص در زمانی که مقدار نشت زیاد است، بسیار موثر می‌باشد. در شکل ۱۴-۱۲ طرح شماتیک استفاده از این سنسورها در شرایط مختلف نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۲. طرح شماتیک استفاده از نشت یاب صوتی در شرایط مختلف

۵-۷-۱۲-۱۵ نشت یاب‌های شیمیایی

نشت یاب‌های حساس، با سرعت و دقت بالا نشت مواد سمی از درون خطوط لوله به بیرون را شناسایی می‌کنند. این سیستم‌ها دارای سنسورهای حساس به بخار و مایع هستند. دو نمونه از این سیستم‌ها عبارتند از:

- ▶ سیستم نمایش بخار: در این روش گازهای اطراف سیستم لوله کشی توسط حسگرها آنالیز شده و در صورت وجود اختلاف میان مقدار طبیعی ماده مورد نظر در هوا با مقدار اندازه‌گیری شده، وقوع نشت اعلام می‌شود.
- ▶ سیستم کابلی: سیستم کابلی شامل کابل نوری یا الکترونیکی پیوسته‌ای از جنس مواد هیدروکربنی است. این

کابل‌ها در مسیر لوله کشی قرار می‌گیرند و به یک کنترلر و تابلوی زنگ خطر وصل می‌شوند. وقتی که مواد نشت کرده با این کابل تماس حاصل کنند، خواصی از کابل مانند مقاومت الکتریکی و... تغییر کرده و سیگنالی را به کنترلر ارسال می‌کند. کنترلر با ارسال سیگنال به تابلوی زنگ خطر، آن را فعال کرده و وقوع نشت را اطلاع می‌دهد. محدودیت اساسی این روش این است که کابل‌ها یک بار مصرف‌اند و قابل احیا نمی‌باشند. بنابراین پس از هر بار استفاده باید کابل کشی مجدد بر روی خط لوله انجام شود.

۱-۶-۷-۱۲ نشت یاب دو جداره

نشت‌یابی با استفاده از لوله‌کشی دو جداره یکی از روش‌های جدید نشت‌یابی به شمار می‌رود. لوله کشی دو جداره شامل دو لوله‌ی تو در تو است. فضای میانی دو لوله برای شناسایی نشت استفاده می‌شود. جنس لوله‌های مورد استفاده در این روش فایبر گلاس است. این سیستم، سیستم حساسی است و در هنگام نصب به دقت ویژه‌ای نیاز دارد. لوله‌ی داخلی معمولاً تحت فشاری معادل $1/5$ برابر فشار عملیاتی سیستم، تست می‌شود. تست لوله‌ی خارجی معمولاً تحت فشار ۳۰ کیلو پاسکال انجام می‌گیرد.

حفاظت در برابر خطرات مکانیکی توسط خط لوله‌ی بیرونی انجام می‌شود. در فشار بین دو لوله نیتروژن تحت فشار زیاد تزریق می‌شود. این فشار باید از فشار عملیاتی داخل لوله بزرگ‌تر باشد. یک سنسور در فضای بین دو لوله و در دو انتهای خط لوله نصب می‌شود. این سنسور به فشار کم حساس است. این سنسور، روی فشاری تنظیم می‌شود که از فشار عملیاتی جریان بزرگ‌تر و از فشار فضای بین دو لوله کمتر باشد. حال اگر خط لوله‌ی داخلی، نشتی داشته باشد نیتروژن از فضای ما بین دو لوله به داخل لوله‌ی داخلی نفوذ می‌کند، لذا فشار بین دو لوله کم شده و سنسور حساس به فشار کم فعال می‌شود. اگر یک نشتی در نتیجه‌ی خرابی مکانیکی در لوله‌ی بیرونی به وجود آید گازی خطر نیتروژن به محیط نفوذ می‌کند. به هر حال تحت هر شرایطی که فشار فضای بین دو لوله کاهش یابد شیرهای قطع جریان واقع در سرچاه‌ها جریان را قطع می‌کنند.

۱۲-۷-۲ ■ آزمون‌های مخرب و غیر مخرب

بیشترین میزان نشت در مخازن و لوله‌های حاوی مواد شیمیایی از محل جوش‌ها و اتصالات روی می‌دهد. بنابراین انجام روش‌های بازرسی از جوش در هنگام ساخت یا بهره‌برداری از این تجهیزات می‌تواند نقاط احتمالی نشت را به شکل پیشگیرانه‌ای شناسایی کند. بررسی کیفیت جوش به دو شیوه کلی صورت می‌پذیرد:

▲ آزمون‌های مخرب^۱

▲ آزمون‌های غیر مخرب^۲

البته این آزمون‌ها محدود به جوش نبوده و در مورد ساختارهای دیگری مانند بتن نیز به کار می‌روند.

۱- Destructive Tests (DT)

۲- Non-Destructive Tests (NDT)

شیوه آزمون در مورد هر ساختار متفاوت است. در آزمون‌های مخرب، آزمایش‌های مختلف روی نمونه‌های استاندارد تهیه شده از قطعات انجام شده و پس از انجام تست نمونه از بین می‌رود. کاربرد این آزمون‌ها به دلیل سرعت پایین، هزینه زیاد و کار بر روی نمونه‌ها (و نه کل سیستم یا محصول) با محدودیت‌های روبروست. ولی در آزمون‌های غیر مخرب کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان تمام محصول یا سیستم را با استفاده از این آزمون‌ها مورد بررسی قرار داد. البته انجام این آزمون‌ها مکمل هم بوده و انجام آزمون‌های غیر مخرب سبب بی‌نیازی از انجام آزمون‌های مخرب یا بالعکس نمی‌شود. برخی از آزمون‌های غیر مخرب متداول برای شناسایی ترک، منفذ یا تخلخل در جوش عبارتند از:

▶ بازرسی چشمی (VT)

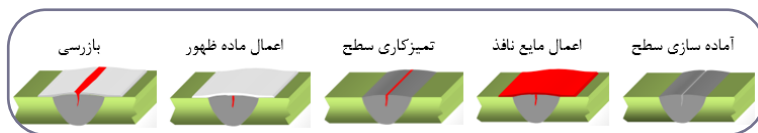
▶ آزمون مایعات نافذ (PT)

▶ آزمون ذرات مغناطیسی (MT)

▶ آزمون رادیوگرافی (RT)

▶ آزمون امواج فراصوت (UT)

بازرسی چشمی (VT)، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش شناسایی عیوب سطحی جوش‌ها و شناسایی نشت‌های احتمالی است. در بازرسی چشمی نمی‌توان عیوب زیرسطحی را شناسایی نمود. ضمن این که شناسایی عیوب سطحی نیز تا حد زیادی به تجربه فرد بازرس بستگی دارد. ترک، تقعر جوش نسبت به سطح جسم، نفوذ بیش از اندازه جوش، تخلخل یا پاشش جوش را می‌توان با بازرسی چشمی شناسایی کرد. در آزمون مایعات نافذ (PT)، سطح جوش به موادی با قابلیت ظهور و رؤیت بالا آغشته شده و سپس پاک می‌شود. سپس ماده دیگری به نام ماده ظهور بر سطح جوش ریخته می‌شود. در جاهایی که به دلیل وجود سوراخ یا ترک، ماده اولیه به درون آن نفوذ کرده باشد، اثر و رد رنگی حاصل از ترکیب ماده اول و دوم به راحتی قابل شناسایی خواهد بود (شکل ۱۵-۱۲)



شکل ۱۵-۱۲. مراحل اجرای آزمون مایعات نافذ

کاربرد این روش نیز با وجود مزیت آن در شناسایی شکل و اندازه تقریبی عیوب ظاهری، سادگی اجرا و ارزانی، به دلیل عدم توانایی در شناسایی عیوب زیرسطحی، عدم تغییر رنگ مایعات نافذ در برخی موارد و احتمال

۱- Visual Test (VT)

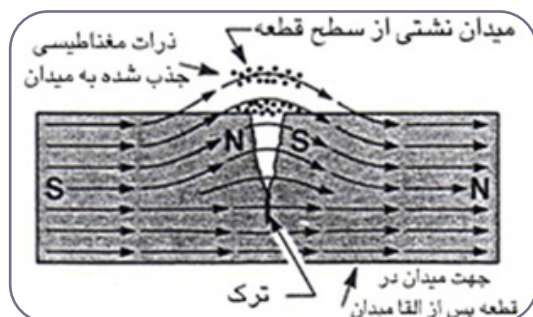
۲- Liquid Penetrant Test (PT)

۳- Magnetic Particle Test (MT)

۴- Radiographic Test (RT)

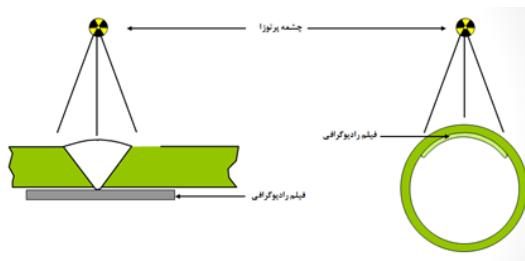
۵- Ultrasonic Test (UT)

خطا در شناسایی نقص و نیز تاثیر مخرب مواد شیمیایی سمی بر انسان و قطعه باید با احتیاط صورت گیرد. اساس کار در آزمون ذرات مغناطیسی (MT)، شناسایی محل ایجاد میدان نشستی پس از القاء میدان به فلز و جمع شدن براده های فلزی در آن نقطه است (شکل ۱۶-۱۲). این آزمون دارای حساسیت بالایی بوده و برای شناسایی ترک های خیلی ریز و ناپیوستگی های زیر سطحی بسیار مناسب است. با این حال، نمی توان آن را برای مواد فرومغناطیس به کار برد. در هنگام اجرای آزمون نیز باید به مواردی مانند عمود بودن جهت جریان بر قطعه، تقویت میدان در ترک های عمیق و تکرار آزمون در برخی موارد توجه نمود.



شکل ۱۶-۱۲ آزمون ذرات مغناطیسی

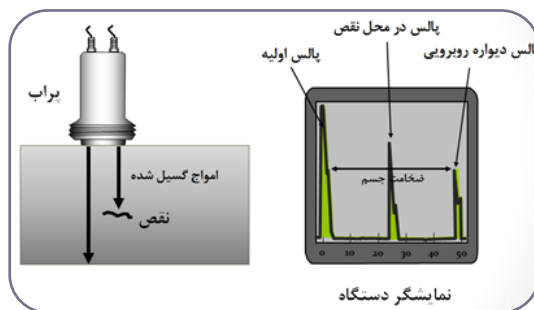
به طور معمول بررسی کیفیت جوش در سر جوش ها (محل اتصال دو لوله) در پروژه های انتقال گاز یا مایعات در فواصل دور یا مخازن بزرگ با استفاده از آزمون رادیوگرافی (RT) انجام می شود. در این روش یک فیلم رادیوگرافی در یک طرف سطح جوش قرار داده شده و از طرف دیگر، پرتو X یا گاما به محل جوش تابانده می شود (شکل ۱۷-۱۲). در صورت وجود منفذ در محل جوش، اثری بر روی فیلم رادیوگرافی ایجاد خواهد شد. با این روش، محل دقیق منفذ و ابعاد آن قابل شناسایی است. استفاده از این روش باید با در نظر گرفتن هزینه بالای انجام آن، نیاز به زمان دریافت نتیجه آزمون (ظهور فیلم) و نیز نیاز به تخصص بالا برای انجام آن باشد. همچنین به دلیل خطرات مربوط به استفاده از چشمه های پرتوزا باید با احتیاط به کار برده شود.



شکل ۱۷-۱۲ آزمون رادیوگرافی (RT)

با وجود این که آزمون امواج فراصوت (UT) نسبت به PT و MT گران تر بوده و انجام آن به تخصص بالایی توسط اپراتور نیاز دارد، ولی توانایی شناسایی کلیه عیوب سطحی و زیر سطحی را داشته و مکان دقیق

عیب را نشان می‌دهد. همچنین نتیجه آزمون در حین اجرای آن مشخص شده و انجام آن هیچ خطر و زیانی را به انسان یا محیط زیست وارد نمی‌کند. در این آزمون امواج فراصوت با استفاده از یک پراب که به سطح محل آزمون تماس داده می‌شود، به درون جسم گسیل شده و بازتاب‌های آن دریافت می‌شود. بازتاب امواج ماوراء صوت در نقاطی که جسم دارای شکستگی، ترک و منفذ باشد، پالس‌های متفاوتی را بر روی صفحه دستگاه ایجاد خواهد نمود (شکل ۱۸-۱۲).



شکل ۱۸-۱۲. آزمون ماوراء صوت

۸-۱۲ راهنمای عملی برای بازرسان و کارشناسان ایمنی

به بازرسان و کارشناسان ایمنی توصیه می‌شود مطابق با آموزش‌های ارائه شده در این فصل از راهنما نسبت به پیاده‌سازی برنامه‌های زیر مطابق با اقتضات سازمان اقدام نمایند.

بازرسان:

- ▶ رعایت استانداردها و الزامات مربوط به رنگ آمیزی لوله‌های حاوی مواد شیمیایی خطرناک را بررسی و گزارش کنید.
- ▶ رعایت الزامات مرتبط با برنامه حفاظت در برابر خوردگی صنعت را مطابق مندرجات این راهنما و سایر اسناد قانونی بررسی و گزارش کنید.
- ▶ اسناد و مستندات مرتبط با برنامه نشت یابی صنعت را بررسی و گزارش کنید.

کارشناسان ایمنی:

- ▶ برنامه مدون رنگ آمیزی استاندارد لوله‌های حاوی مواد شیمیایی را مطابق استاندارد الزامات این راهنما تدوین و اجرا کنید.
- ▶ برنامه مدون حفاظت در برابر خوردگی لوله‌ها را با همکاری واحدهای فنی صنعت تدوین و بر اجرای آن نظارت کنید.
- ▶ برنامه مدون نگهداری پیشگیرانه و نشت یابی خطوط لوله را تدوین و اجرایی کنید.

۱۳

فصل سیزدهم

پیوست‌ها

و منابع

پیوستها و منابع

پیوست ۱: فهرست حداقل کمیت مواد شیمیایی با پتانسیل ایجاد حادثه (TPQ)

نام ماده شیمیایی	CAS شماره	کمیت بر حسب کیلوگرم (TPQ)
Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	450
Acetone cyanohydrin	75-86-5	450
Acetone thiosemicarbazide	1752-30-3	450
Acrolein	107-02-8	225
Acrylamide	79-06-1	450
Acrylonitrile	107-13-1	4500
Acrylyl chloride	814-68-6	45
Adiponitrile	111-69-3	450
Aldicarb	116-06-3	45
Aldrin	309-00-2	225
Allyl alcohol	107-18-6	450
Allylamine	107-11-9	225
Aluminum phosphide	20859-73-8	225
5-(Aminomethyl)-3-isoxazolol	2763-96-4	225
Aminopterin	54-62-6	225
4-Aminopyridine	504-24-5	225
Amiton	78-53-5	225
Amiton oxalate	3734-97-2	45

Ammonia	7664-41-7	225
Ammonia (anhydrous)	7664-41-7	225
Amphetamine	300-62-9	450
Aniline	62-53-3	450
Aniline, 2, 4, 6-trimethyl-	88-05-1	225
Antimony pentafluoride	7783-70-2	225
Antimycin A	1397-94-0	450
ANTU	86-88-4	225
Arsenic pentoxide	1303-28-2	45
Arsenic trioxide	1327-53-3	45
Arsenous oxide	1327-53-3	45
Arsenous trichloride	7784-34-1	225
Arsine	7784-42-1	45
Azinphos-ethyl	2642-71-9	45
Azinphos-methyl	86-50-0	4. 5
Aziridine	151-56-4	225
Aziridine, 2-methyl	75-55-8	4500
Benzal chloride	98-87-3	225
Benzenamine, 3-(trifluoromethyl)-	98-16-8	225
Benzenearsonic acid	98-05-5	4. 5
Benzene, 1-(chloromethyl)-4-nitro-	100-14-1	225
Benzene, 2, 4-diisocyanato-1-methyl-	584-84-9	225
Benzene, 1, 3-diisocyanato-2-methyl-	91-08-7	45
Benzenethiol	108-98-5	225
Benzimidazole, 4, 5-dichloro-2- (trifluoromethyl)-	3615-21-2	225
Benzoic trichloride	98-07-7	45
Benzotrichloride	98-07-7	45
Benzyl chloride	100-44-7	225
Benzyl cyanide	140-29-4	225
Bicyclo[2. 2. 1]heptane-2-carbonitrile, 2, 2'-Bioxirane	15271-41-7	225
1464-53-5	225	
Bis(2-chloroethyl) ether	111-44-4	4500
Bis(chloromethyl) ether	542-88-1	45
Bis(chloromethyl) ketone	534-07-6	4. 5
Bitoscanate	4044-65-9	225
Borane, trichloro-	10294-34-5	225
Borane, trifluoro-	7/2/7637	225
Boron trichloride	10294-34-5	225
Boron trifluoride	7/2/7637	225

Boron trifluoride compound with methyl ether (1: 1)	353-42-4	450
Boron, trifluoro[oxybis]methane	353-42-4	450
Bromadiolone	28772-56-7	45
Bromine	7726-95-6	225
Bromomethane	74-83-9	450
2-Butenal	4170-30-3	450
2-Butenal, (ε)-	123-73-9	450
Cadmium oxide	1306-19-0	45
Cadmium stearate	2223-93-0	450
Calcium arsenate	7778-44-1	225
Camphchlor	8001-35-2	225
Camphene, octachloro-	8001-35-2	225
Cantharidin	56-25-7	45
Carbachol chloride	51-83-2	225
Carbamic acid, methyl-, O-(((2, 4-	26419-73-8	45
Carbofuran	1563-66-2	4. 5
Carbon disulfide	75-15-0	4500
Carbonic dichloride	75-44-5	4. 5
Carbonochloridic acid, methylester	79-22-1	225
Carbonochloridic acid, 1-methylethyl ester	108-23-6	450
Carbonochloridic acid, propylester	109-61-5	225
Carbophenothion	786-19-6	225
Chlordane	57-74-9	450
Chlorfenvinfos	470-90-6	225
Chlorine	7782-50-5	45
Chlormephos	24934-91-6	225
Chlormequat chloride	999-81-5	45
Chloroacetic acid	79-11-8	45
2-Chloro-N-(2-chloroethyl)-N- methylethanamine	51-75-2	4. 5
Chloroethanol	107-07-3	225
Chloroethyl chloroformate	627-11-2	450
Chloroform	67-66-3	4500
Chloromethyl ether	542-88-1	45
Chloromethyl methyl ether	107-30-2	45
Chlorophacinone	3691-35-8	45
3-Chloropropionitrile	542-76-7	450
Chloroxuron	1982-47-4	225

Chlorthiophos	21923-23-9	225
Cobalt carbonyl	10210-68-1	4. 5
Cobalt· ((2· 2'-(1· 2- ethanediybis(nitrilomethylidene))bis(6	62207-76-5	45
Colchicine	64-86-8	4. 5
Coumaphos	56-72-4	45
Coumatetralyl	5836-29-3	225
o-Cresol	95-48-7	450
Crimidine	535-89-7	45
Crotonaldehyde	4170-30-3	450
Crotonaldehyde· (E)-	123-73-9	450
Cupric acetoarsenite	12002-03-8	225
Cyanogen bromide	506-68-3	225
Cyanogen iodide	506-78-5	450
Cyanophos	2636-26-2	450
Cyanuric fluoride	675-14-9	45
Cyclohexanamine	108-91-8	4500
Cyclohexane· 1· 2· 3· 4· 5· 6-hexachloro-	58-89-9	450
Cycloheximide	66-81-9	45
Cyclohexylamine	108-91-8	4500
Decaborane(14)	17702-41-9	225
Demeton	8065-48-3	225
Demeton-S-methyl	919-86-8	225
Dialifor	10311-84-9	45
Diborane	19287-45-7	45
Diborane(6)	19287-45-7	45
trans-1· 4-Dichloro-2-butene	110-57-6	225
trans-1· 4-Dichlorobutene	110-57-6	225
Dichloroethyl ether	111-44-4	4500
Dichloromethyl ether	542-88-1	45
Dichloromethylphenylsilane	149-74-6	450
Dichlorophenylarsine	696-28-6	225
Dichlorvos	62-73-7	450
Dicrotophos	141-66-2	45
Diepoxybutane	1464-53-5	225
Diethyl chlorophosphate	814-49-3	225
O· O-Diethyl O-pyrazinyl phosphorothioate	297-97-2	225
Digitoxin	71-63-6	45

Diglycidyl ether	7/5/2238	450
Digoxin	20830-75-5	4. 5
Diisopropylfluorophosphate	55-91-4	45
Dimefox	115-26-4	225
1, 4: 5, 8-Dimethanonaphthalene	309-00-2	225
Dimethoate	60-51-5	225
Dimethyl chlorothiophosphate	2524-03-0	225
Dimethyldichlorosilane	75-78-5	225
1, 1-Dimethyl hydrazine	57-14-7	450
Dimethylhydrazine	57-14-7	450
Dimethyl-p-phenylenediamine	99-98-9	4. 5
Dimethyl phosphorochloridothioate	2524-03-0	225
Dimethyl sulfate	77-78-1	225
Dimetilan	644-64-4	225
Dinitrobutyl phenol	88-85-7	45
4, 6-Dinitro-o-cresol	534-52-1	4. 5
Dinitrocresol	534-52-1	4. 5
Dinoseb	88-85-7	45
Dinoterb	1420-07-1	225
Dioxathion	78-34-2	225
Diphacinone	82-66-6	4. 5
Diphosphoramidate octamethyl-	152-16-9	45
Disulfoton	298-04-4	225
Dithiazanine iodide	514-73-8	225
Dithiobiuret	541-53-7	45
2, 4-Dithiobiuret	541-53-7	45
Emetine dihydrochloride	316-42-7	0. 45
Endosulfan	115-29-7	4. 5
Endothion	4/3/2778	225
Endrin	72-20-8	225
Epichlorohydrin	106-89-8	450
EPN	2104-64-5	45
Ergocalciferol	50-14-6	450
Ergotamine tartrate	379-79-3	225
1, 2-Ethanediamine	107-15-3	4500

Ethaneperoxoic acid	79-21-0	225
Ethanesulfonyl chloride· 2-chloro-	1622-32-8	225
Ethane· 1· 1'-thiobis[2-chloro-	505-60-2	225
Ethanimidothioic acid· N- [[methylamino]carbonyl]	16752-77-5	225
Ethanol· 1· 2-dichloro· acetate	10140-87-1	450
Ethion	563-12-2	450
Ethoprop	13194-48-4	450
Ethoprophos	13194-48-4	450
Ethylbis(2-chloroethyl)amine	538-07-8	225
Ethyl cyanide	107-12-0	225
Ethylenediamine	107-15-3	4500
Ethylene fluorohydrin	371-62-0	4. 5
Ethyleneimine	151-56-4	225
Ethylene oxide	75-21-8	450
Ethylthiocyanate	542-90-5	4500
Fenamiphos	22224-92-6	4. 5
Fensulfothion	115-90-2	225
Fluenetil	4301-50-2	45
Fluorine	7782-41-4	225
Fluoroacetamide	640-19-7	45
Fluoroacetic acid	144-49-0	4. 5
Fluoroacetic acid· sodium salt	62-74-8	4. 5
Fluoroacetyl chloride	359-06-8	4. 5
Fluorouracil	51-21-8	225
5-Fluorouracil	51-21-8	225
Fonofos	944-22-9	225
Formaldehyde	50-00-0	225
Formaldehyde cyanohydrin	107-16-4	450
Formaldehyde (solution)	50-00-0	225
Formetanate hydrochloride	23422-53-9	225
Formothion	2540-82-1	45
Formparanate	17702-57-7	45
Fosthietan	21548-32-3	225
Fuberidazole	3878-19-1	45
Furan	110-00-9	225
Gallium trichloride	13450-90-3	225

Guthion	86-50-0	4.5
Hexachlorocyclohexane (gamma isomer)	58-89-9	450
Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4	45
Hexamethylenediamine, N, N'-dibutyl-	11/4/4835	225
Hydrazine	302-01-2	450
Hydrazine, 1, 1'-dimethyl-	57-14-7	450
Hydrazine, methyl-	60-34-4	225
Hydrocyanic acid	74-90-8	45
Hydrofluoric acid	7664-39-3	45
Hydrofluoric acid (conc. 50% or greater)	7664-39-3	45
Hydrogen chloride (anhydrous)	7647-01-0	225
Hydrogen chloride (gas only)	7647-01-0	225
Hydrogen cyanide	74-90-8	45
Hydrogen fluoride	7664-39-3	45
Hydrogen fluoride (anhydrous)	7664-39-3	45
Hydrogen peroxide (Conc. > 52%)	7722-84-1	450
Hydrogen selenide	7783-35-9	4.5
Hydrogen sulfide	7/5/7783	225
Hydroquinone	123-31-9	225
Iron carbonyl (Fe(CO) ₅), (TB-5-11)-	13463-40-6	45
Iron, pentacarbonyl-	13463-40-6	45
Isobenzan	297-78-9	45
Isobutyronitrile	78-82-0	450
Isocyanic acid, 3, 4-dichlorophenyl ester	102-36-3	225
Isodrin	465-73-6	45
Isofluorophate	55-91-4	45
Isophorone diisocyanate	4098-71-9	225
Isopropyl chloroformate	108-23-6	450
Isopropylmethylpyrazolyl	119-38-0	225
Isothiocyanatomethane	556-61-6	225
Lactonitrile	78-97-7	450
Leptophos	21609-90-5	225
Lewisite	541-25-3	4.5
Lindane	58-89-9	450
Lithium hydride	7580-67-8	45
Malononitrile	109-77-3	225

Manganese· tricarbonyl	12108-13-3	45
Mechlorethamine	51-75-2	4. 5
Mepfosfolan	950-10-7	225
Mercaptodimethur	2032-65-7	225
Mercuric acetate	1600-27-7	225
Mercuric chloride	7487-94-7	225
Mercuric oxide	21908-53-2	225
Methacrolein diacetate	10476-95-6	450
Methacrylic anhydride	760-93-0	225
Methacrylonitrile	126-98-7	225
Methacryloyl chloride	920-46-7	45
Methacryloyloxyethyl isocyanate	30674-80-7	45
Methamidophos	10265-92-6	45
Methanamine· N-methyl-N-nitroso-	62-75-9	450
Methane· chloromethoxy-	107-30-2	45
Methane· isocyanato-	624-83-9	225
Methane· oxybis[chloro-	542-88-1	45
Methanesulfonyl chloride· trichloro-	594-42-3	225
Methanesulfonyl fluoride	558-25-8	450
Methane· tetranitro-	509-14-8	225
Methanethiol	74-93-1	225
Methane· trichloro-	67-66-3	4500
4· 7-Methanoindan· 1· 2· 3· 4· 5· 6· 7· 8· 8-	57-74-9	450
Methodathion	950-37-8	225
Methiocarb	2032-65-7	225
Methomyl	16752-77-5	225
Methoxyethylmercuric acetate	151-38-2	225
Methyl bromide	74-83-9	450
Methyl 2-chloroacrylate	80-63-7	225
Methyl chlorocarbonate	79-22-1	225
Methyl chloroformate	79-22-1	225
Methyl hydrazine	60-34-4	225
Methyl isocyanate	624-83-9	225
Methyl isothiocyanate	556-61-6	225
2-Methylactonitrile	75-86-5	450

Methyl mercaptan	74-93-1	225
Methylmercuric dicyanamide	502-39-6	225
Methyl parathion	298-00-0	45
Methyl phenkapton	3735-23-7	225
Methyl phosphonic dichloride	676-97-1	45
Methyl thiocyanate	556-64-9	4500
Methyltrichlorosilane	75-79-6	225
Methyl vinyl ketone	78-94-4	4. 5
Metolcarb	1129-41-5	45
Mevinphos	7786-34-7	225
Mexacarbate	315-18-4	225
Mitomycin C	50-07-7	225
Monocrotophos	6923-22-4	4. 5
Muscimol	2763-96-4	225
Mustard gas	505-60-2	225
Nickel carbonyl	13463-39-3	0. 45
Nicotine	54-11-5	45
Nicotine sulfate	65-30-5	45
Nitric acid	7697-37-2	450
Nitric acid (conc 80% or greater)	7697-37-2	450
Nitric oxide	10102-43-9	45
Nitrobenzene	98-95-3	4500
Nitrocyclohexane	1122-60-7	225
Nitrogen dioxide	10102-44-0	45
Nitrogen mustard	51-75-2	4. 5
Nitrogen oxide (NO)	10102-43-9	45
N-Nitrosodimethylamine	62-75-9	450
Nitrosodimethylamine	62-75-9	450
Norbormide	991-42-4	45
Ouabain	630-60-4	45
Oxamyl	23135-22-0	45
Oxetane, 3, 3-bis(chloromethyl)-	78-71-7	225
Oxirane	75-21-8	450
Oxirane, (chloromethyl)-	106-89-8	450
Oxirane, methyl-	75-56-9	4500

Oxydisulfoton	7/6/2497	225
Ozone	10028-15-6	45
Paraquat dichloride	1910-42-5	4. 5
Paraquat methosulfate	2074-50-2	4. 5
Parathion	56-38-2	45
Parathion-methyl	298-00-0	45
Paris green	12002-03-8	225
Pentaborane	19624-22-7	225
Pentadecylamine	2570-26-5	45
Peracetic acid	79-21-0	225
Perchloromethyl mercaptan	594-42-3	225
Phenol	108-95-2	225
Phenol, 3-(1-methylethyl)-, methylcarbamate	64-00-6	225
Phenol, 2, 2'-thiobis[4-chloro-6-methyl-	4418-66-0	45
Phenoxarsine, 10, 10'-oxydi-	58-36-6	225
Phenyl dichloroarsine	696-28-6	225
Phenylhydrazine hydrochloride	59-88-1	450
Phenylmercuric acetate	62-38-4	225
Phenylmercury acetate	62-38-4	225
Phenylsilatrane	2097-19-0	45
Phenylthiourea	103-85-5	45
Phorate	298-02-2	4. 5
Phosacetim	4104-14-7	45
Phosfolan	947-02-4	45
Phosgene	75-44-5	4. 5
Phosphamidon	13171-21-6	45
Phosphine	7803-51-2	225
Phosphonothioic acid, methyl-, O-		
ethyl O-(4-(methylthio)phenyl) ester	2703-13-1	225
Phosphonothioic acid, methyl-, S-(2-(bis(1-methylethyl)amino)ethyl) O-ethyl ester	50782-69-9	45
Phosphonothioic acid, methyl-, O-(4-		
nitrophenyl) O-phenyl ester	2665-30-7	225
Phosphoric acid, 2-dichloroethenyl		
dimethyl ester	62-73-7	450

Phosphoric acid· dimethyl 4-		
(methylthio) phenyl ester Phosphorodithioic acid O-ethyl S· S-	3254-63-5	225
dipropyl ester	13194-48-4	450
Phosphorothioic acid· O· O-diethyl-O- (4-nitrophenyl) ester Phosphorothioic acid· O· O-dimethyl-5-	56-38-2	45
(2-(methylthio)ethyl)ester	2587-90-8	225
Phosphorous trichloride	12/2/7719	450
Phosphorus (yellow or white)	7723-14-0	45
Phosphorus	7723-14-0	45
Phosphorus oxychloride	10025-87-3	225
Phosphorus pentachloride	10026-13-8	225
Phosphorus trichloride	7720-78-7	450
Phosphoryl chloride	10025-87-3	225
Physostigmine	57-47-6	45
Physostigmine· salicylate (1: 1)	57-64-7	45
Picrotoxin	124-87-8	225
Piperidine	110-89-4	450
Pirimifos-ethyl	23505-41-1	450
Plumbane· tetramethyl-	75-74-1	45
Potassium arsenite	10124-50-2	225
Potassium cyanide	151-50-8	45
Potassium silver cyanide	506-61-6	225
Promecarb	2631-37-0	225
Propanenitrile	107-12-0	225
Propanenitrile· 2-methyl-	78-82-0	450
Propargyl bromide	106-96-7	4. 5
2-Propenal	107-02-8	225
2-Propen-1-amine	107-11-9	225
2-Propenenitrile	107-13-1	4500
2-Propenenitrile· 2-methyl-	126-98-7	225
2-Propen-1-ol	107-18-6	450
2-Propenoyl chloride	814-68-6	45
beta-Propiolactone	57-57-8	225

Propionitrile	107-12-0	225
Propionitrile, 3-chloro-	542-76-7	450
Propiophenone, 4'-amino	70-69-9	45
Propyl chloroformate	109-61-5	225
Propyleneimine	75-55-8	4500
Propylene oxide	75-56-9	4500
Prothoate	2275-18-5	45
Pyrene	129-00-0	450
Pyridine, 4-amino-	504-24-5	225
Pyridine, 3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)-, (S)-	54-11-5	45
Pyridine, 2-methyl-5-vinyl-	140-76-1	225
Pyridine, 4-nitro-, 1-oxide	1124-33-0	225
Pyriminil	53558-25-1	45
Salcomine	14167-18-1	225
Sarin	107-44-8	4. 5
Selenious acid	7783-00-8	450
Selenium oxychloride	7791-23-3	225
Semicarbazide hydrochloride	563-41-7	450
Silane, (4-aminobutyl)diethoxymethyl-	3037-72-7	450
Silane, chlorotrimethyl-	75-77-4	450
Silane, dichlorodimethyl-	75-78-5	225
Silane, trichloromethyl-	75-79-6	225
Sodium arsenate	7601-54-9	450
Sodium arsenite	7784-46-5	225
Sodium azide (Na(N ₃))	26628-22-8	225
Sodium cacodylate	124-65-2	45
Sodium cyanide (Na(CN))	143-33-9	45
Sodium fluoroacetate	62-74-8	4. 5
Sodium selenate	13410-01-0	45
Sodium selenite	10102-18-8	45
Sodium tellurite	10102-20-2	225
Stannane, acetoxytriphenyl-	900-95-8	225
Strychnine	57-24-9	45
Strychnine, sulfate	60-41-3	45
Sulfotep	3689-24-5	225
Sulfoxide, 3-chloropropyl octyl	3569-57-1	225

Sulfur dioxide	9/5/7446	225
Sulfur dioxide (anhydrous)	9/5/7446	225
Sulfur fluoride (SF ₄) ^۰ (T-4)-	7783-60-0	45
Sulfuric acid (aerosol forms only)	7664-93-9	450
Sulfuric acid	7664-93-9	450
Sulfur tetrafluoride	7783-60-0	45
Sulfur trioxide	11/9/7446	45
Tabun	77-81-6	4. 5
Tellurium hexafluoride	7783-80-4	45
TEPP	107-49-3	45
Terbufos	13071-79-9	45
Tetraethyldithiopyrophosphate	3689-24-5	225
Tetraethyl lead	78-00-2	45
Tetraethyl pyrophosphate	107-49-3	45
Tetraethyltin	597-64-8	45
Tetramethyllead	75-74-1	45
Tetranitromethane	509-14-8	225
Thallium(I) carbonate	6533-73-9	45
Thallium chloride TlCl	7791-12-0	45
Thallium(I) sulfate	7446-18-6	45
Thallium sulfate	10031-59-1	45
Thallos carbonate	6533-73-9	45
Thallos chloride	7791-12-0	45
Thallos malonate	2757-18-8	45
Thallos sulfate	7446-18-6	45
Thiocarbazide	2231-57-4	450
Thiocyanic acid ^۰ methyl ester	556-64-9	4500
Thiofanox	39196-18-4	45
Thiomethanol	74-93-1	225
Thionazin	297-97-2	225
Thiophenol	108-98-5	225
Thiosemicarbazide	79-19-6	45
Thiourea ^۰ (2-chlorophenyl)-	5344-82-1	45
Thiourea ^۰ (2-methylphenyl)-	614-78-8	225
Thiourea ^۰ 1-naphthalenyl-	86-88-4	225
Titanium chloride (TiCl ₄) (T-4)-	7550-45-0	45

Titanium tetrachloride	7550-45-0	45
Toluene-2, 4-diisocyanate	584-84-9	225
Toluene-2, 6-diisocyanate	91-08-7	45
Toxaphene	8001-35-2	225
Triamiphos	1031-47-6	225
Triazofos	24017-47-8	225
Trichloroacetyl chloride	76-02-8	225
Trichloro(chloromethyl)silane	1558-25-4	45
Trichloro(dichlorophenyl)silane	27137-85-5	225
Trichloroethylsilane	115-21-9	225
Trichloromethanesulfonyl chloride	594-42-3	225
Trichloronate	327-98-0	225
Trichlorophenylsilane	98-13-5	225
Triethoxysilane	998-30-1	225
Trimethylchlorosilane	75-77-4	450
Trimethylolpropane phosphite	824-11-3	45
Trimethyltin chloride	1066-45-1	225
Triphenyltin chloride	639-58-7	225
Tris(2-chloroethyl)amine	555-77-1	45
Valinomycin	2001-95-8	450
Vanadium pentoxide	1314-62-1	45
Vinyl acetate	108-05-4	450
Vinyl acetate monomer	108-05-4	450
Warfarin	81-81-2	225
Warfarin sodium	129-06-6	45
Xylylene dichloride	28347-13-9	45
Zinc dichloro(4, 4-dimethyl-5((((methylamino)carbonyl)oxy)imino)pentanenitrile)-(T-4)-	58270-08-9	45
Zinc phosphide	1314-84-7	225
Zinc phosphide (conc. <= 10%)	1314-84-7	225
Zinc phosphide (conc. > 10%)	1314-84-7	225

بیوست ۲: چارچوب یک نمونه برگه اطلاعات ایمنی (SDS) و یک نمونه SDS اسید استیک به فارسی

SAMPLE SDS

MSDSonline
— a Microsoft solution —

Product A

Safety Data Sheet

According To Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules And Regulations

Date of Issue: 02/23/2017

Version: 1.0

SECTION 1: IDENTIFICATION

1.1. Product Identifier

Product Form: Mixture

Product Name: Product A

Synonyms: Anionic Anti-Sludge Agent

1.2. Intended Use of the Product

Use of the Substance/Mixture: Anti-Sludge Agent. For professional use only

1.3. Name, Address, and Telephone of the Responsible Party

Company

Glendale Industries, Inc.

1234 Anywhere Way

Anytown, US 12345

1.888.362.2007

1.4. Emergency Telephone Number

Emergency Number : 1.888.362.2007

SECTION 2: HAZARDS IDENTIFICATION

2.1. Classification of the Substance or Mixture

GHS-US Classification

Flam. Liq. 2 H225

Skin Corr. 1B H314

Eye Dam. 1 H318

STOT SE 3 H336

Full text of hazard classes and H-statements : see section 16

2.2. Label Elements

GHS-US Labeling

Hazard Pictograms (GHS-US)



Signal Word (GHS-US)

: Danger

Hazard Statements (GHS-US)

: H225 - Highly flammable liquid and vapor.
H314 - Causes severe skin burns and eye damage.
H318 - Causes serious eye damage.
H336 - May cause drowsiness or dizziness.

Precautionary Statements (GHS-US)

: P210 - Keep away from heat, sparks, open flames, hot surfaces. - No smoking.
P240 - Ground/Bond container and receiving equipment.
P241 - Use explosion-proof electrical, ventilating, and lighting equipment.
P242 - Use only non-sparking tools.
P243 - Take precautionary measures against static discharge.
P260 - Do not breathe vapors, mist, spray.
P264 - Wash hands, forearms, and other exposed areas thoroughly after handling.
P271 - Use only outdoors or in a well-ventilated area.
P280 - Wear protective gloves, protective clothing, eye protection, face protection, respiratory protection.
P301+P330+P331 - If swallowed: rinse mouth. Do NOT induce vomiting.
P303+P361+P353 - If on skin (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower.
P304+P340 - If inhaled: Remove person to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing.

SAMPLE SDS

MSDSonline
— A chemistry solution —

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

P321 - Specific treatment (see section 4 on this SDS).
 P363 - Wash contaminated clothing before reuse.
 P370+P378 - In case of fire: Use appropriate media to extinguish.
 P405 - Store locked up.
 P501 - Dispose of contents/container in accordance with local, regional, national, and international regulations.
 P403+P233+P235 - Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed. Keep cool.

2.3. Other Hazards

Flammable vapors can accumulate in head space of closed systems. Exposure may aggravate pre-existing eye, skin, or respiratory conditions. Repeated or prolonged skin contact may cause dermatitis and defatting.

2.4. Unknown Acute Toxicity (GHS-US)

No data available

SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1. Substance

Not applicable

3.2. Mixture

Name	Product Identifier	%	GHS-US classification
Isopropyl alcohol	(CAS No) 67-63-0	50	Flam. Liq. 2, H225 Eye Irrit. 2A, H319 STOT SE 3, H336
Benzenesulfonic acid, 4-dodecyl-	(CAS No) 121-65-3	50	Skin Corr. 1B, H314 Eye Dam. 1, H318

Full text of Hazardous section 3E

SECTION 4: FIRST AID MEASURES

4.1. Description of First-aid Measures

First-aid Measures General: Never give anything by mouth to an unconscious person. If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible).

First-aid Measures After Inhalation: Obtain medical attention if breathing difficulty persists. When symptoms occur: go into open air and ventilate suspected area.

First-aid Measures After Skin Contact: Remove contaminated clothing. Immediately flush skin with plenty of water for at least 30 minutes. Immediately call a POISON CENTER or doctor. Wash contaminated clothing before reuse.

First-aid Measures After Eye Contact: Rinse cautiously with water for at least 30 minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Get immediate medical advice/attention

First-aid Measures After Ingestion: Rinse mouth. Do not induce vomiting. Obtain medical attention.

4.2. Most Important Symptoms and Effects Both Acute and Delayed

Symptoms/Injuries: Causes severe skin burns and eye damage. Causes serious eye damage. May cause drowsiness and dizziness.

Symptoms/Injuries After Inhalation: Inhalation may cause immediate severe irritation progressing quickly to chemical burns. May be corrosive to the respiratory tract. High concentrations may cause central nervous system depression such as dizziness, vomiting, numbness, drowsiness, headache, and similar narcotic symptoms.

Symptoms/Injuries After Skin Contact: Causes severe irritation which will progress to chemical burns.

Symptoms/Injuries After Eye Contact: Causes severe irritation which will progress to chemical burns. Causes permanent damage to the cornea, iris, or conjunctiva.

Symptoms/Injuries After Ingestion: May cause burns or irritation of the linings of the mouth, throat, and gastrointestinal tract.

Chronic Symptoms: None known.

4.3. Indication of Any Immediate Medical Attention and Special Treatment Needed

If exposed or concerned, get medical advice and attention. If medical advice is needed, have product container or label at hand.

SECTION 5: FIRE-FIGHTING MEASURES

5.1. Extinguishing Media

Suitable Extinguishing Media: Dry chemical powder, alcohol-resistant foam, carbon dioxide (CO₂). Water may be ineffective but water should be used to keep fire-exposed container cool.

Unsuitable Extinguishing Media: Do not use a heavy water stream. Use of heavy stream of water may spread fire.

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

5.2. Special Hazards Arising From the Substance or Mixture

Fire Hazard: Highly flammable liquid and vapor.

Explosion Hazard: May form flammable or explosive vapor-air mixture. When mixed with air and exposed to an ignition source, flammable vapors can burn in the open or explode in confined spaces. Being heavier than air, vapors may travel long distances to an ignition source and flash back. Runoff to sewer may cause fire or explosion hazard.

Reactivity: Reacts violently with strong oxidizers. Increased risk of fire or explosion.

5.3. Advice for Firefighters

Precautionary Measures Fire: Exercise caution when fighting any chemical fire.

Firefighting Instructions: Use water spray or fog for cooling exposed containers. Remove containers from fire area if this can be done without risk. In case of major fire and large quantities: Evacuate area. Fight fire remotely due to the risk of explosion. Do not breathe fumes from fires or vapors from decomposition.

Protection During Firefighting: Do not enter fire area without proper protective equipment, including respiratory protection.

Hazardous Combustion Products: Thermal decomposition generates: Carbon oxides (CO, CO₂). Sulfur oxides. Corrosive vapors.

Other Information: Do not allow run-off from fire fighting to enter drains or water courses.

SECTION 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

6.1. Personal Precautions, Protective Equipment and Emergency Procedures

General Measures: Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not breathe vapor, mist or spray. Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames, and other ignition sources. No smoking. Use special care to avoid static electric charges. Use only non-sparking tools.

6.1.1. For Non-Emergency Personnel

Protective Equipment: Use appropriate personal protective equipment (PPE).

Emergency Procedures: Evacuate unnecessary personnel. Stop leak if safe to do so.

6.1.2. For Emergency Personnel

Protective Equipment: Equip cleanup crew with proper protection.

Emergency Procedures: Eliminate ignition sources. Ventilate area. Upon arrival at the scene, a first responder is expected to recognize the presence of dangerous goods, protect oneself and the public, secure the area, and call for the assistance of trained personnel as soon as conditions permit.

6.2. Environmental Precautions

Prevent entry to sewers and public waters.

6.3. Methods and Materials for Containment and Cleaning Up

For Containment: Contain any spills with dikes or absorbents to prevent migration and entry into sewers or streams. As an immediate precautionary measure, isolate spill or leak area in all directions.

Methods for Cleaning Up: Clean up spills immediately and dispose of waste safely. Absorb and/or contain spill with inert material. Do not take up in combustible material such as: saw dust or cellulosic material. Use only non-sparking tools. Transfer spilled material to a suitable container for disposal. Contact competent authorities after a spill.

6.4. Reference to Other Sections

See Section 8 for exposure controls and personal protection and Section 13 for disposal considerations.

SECTION 7: HANDLING AND STORAGE

7.1. Precautions for Safe Handling

Additional Hazards When Processed: Handle empty containers with care because residual vapors are flammable. May release corrosive vapors.

Precautions for Safe Handling: Do not handle until all safety precautions have been read and understood. Wash hands and other exposed areas with mild soap and water before eating, drinking or smoking and when leaving work. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not breathe mist, spray, vapors. Take precautionary measures against static discharge. Use only non-sparking tools. Handle empty containers with care because they may still present a hazard. Use appropriate personal protective equipment (PPE).

Hygiene Measures: Handle in accordance with good industrial hygiene and safety procedures.

7.2. Conditions for Safe Storage, Including Any Incompatibilities

Technical Measures: Ground and bond container and receiving equipment. Use explosion-proof electrical, ventilating, and lighting equipment. Comply with applicable regulations.

Storage Conditions: Keep/Store away from extremely high or low temperatures, direct sunlight, ignition sources, and incompatible materials. Store in a dry, cool and well-ventilated place. Keep container closed when not in use. Keep in fireproof place. Store in original container or corrosive resistant and/or lined container. Store locked up.

Incompatible Products: Strong acids, strong bases, strong oxidizers. Halogenated compounds. Acid anhydrides. Aldehydes.

SAMPLE SDS

MSDSonline
A HAZARD SOLUTION

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

7.3. Specific End Use(s)

Anti-Sludge Agent. For professional use only.

SECTION 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

8.1. Control Parameters

For substances listed in section 3 that are not listed here, there are no established exposure limits from the manufacturer, supplier, importer, or the appropriate advisory agency including: ACGIH (TLV), AIHA (WEEL), NIOSH (REL), or OSHA (PEL).

Isopropyl alcohol (67-63-0)		
USA ACGIH	ACGIH TWA (ppm)	200 ppm
USA ACGIH	ACGIH STEL (ppm)	400 ppm
USA ACGIH	ACGIH chemical category	Not Classifiable as a Human Carcinogen
USA ACGIH	Biological Exposure Indices (BEI)	40 mg/l Parameter: Acetone - Medium: urine - Sampling time: end of shift at end of workweek (background, nonspecific)
USA NIOSH	NIOSH REL (TWA) (mg/m ³)	980 mg/m ³
USA NIOSH	NIOSH REL (TWA) (ppm)	400 ppm
USA NIOSH	NIOSH REL (STEL) (mg/m ³)	1225 mg/m ³
USA NIOSH	NIOSH REL (STEL) (ppm)	500 ppm
USA IDLH	US IDLH (ppm)	2000 ppm (10% LEL)
USA OSHA	OSHA PEL (TWA) (mg/m ³)	980 mg/m ³
USA OSHA	OSHA PEL (TWA) (ppm)	400 ppm

8.2. Exposure Controls

Appropriate Engineering Controls

: Emergency eye wash fountains and safety showers should be available in the immediate vicinity of any potential exposure. Ensure adequate ventilation, especially in confined areas. Gas detectors should be used when flammable gases or vapors may be released. Proper grounding procedures to avoid static electricity should be followed. Use explosion-proof equipment. Ensure all national/local regulations are observed.

Personal Protective Equipment

: Protective clothing. Protective goggles. Gloves. Insufficient ventilation: wear respiratory protection. Face shield.



Materials for Protective Clothing

: Chemically resistant materials and fabrics. Wear fire/flame resistant/retardant clothing. Corrosion-proof clothing.

Hand Protection

: Wear protective gloves.

Eye Protection

: Chemical safety goggles.

Skin and Body Protection

: Wear suitable protective clothing. A full face shield is recommended.

Respiratory Protection

: If exposure limits are exceeded or irritation is experienced, approved respiratory protection should be worn. In case of inadequate ventilation, oxygen deficient atmosphere, or where exposure levels are not known wear approved respiratory protection.

Environmental Exposure Controls

: Avoid release to the environment.

Other Information

: When using, do not eat, drink or smoke.

SECTION 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1. Information on Basic Physical and Chemical Properties

Physical State	: Liquid
Appearance	: Brown
Odor	: Alcohol.
Odor Threshold	: No data available
pH	: 3 - 5 (1% solution)
Evaporation Rate	: No data available
Melting Point	: No data available
Freezing Point	: No data available
Boiling Point	: No data available

SAMPLE SDS

MSDSonline
— a Merck Group —

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Flash Point	: 12 °C (53.6 °F)
Auto-ignition Temperature	: No data available
Decomposition Temperature	: No data available
Flammability (solid, gas)	: No data available
Vapor Pressure	: No data available
Relative Vapor Density at 20°C	: No data available
Relative Density	: No data available
Specific Gravity	: 1.04
Solubility	: Soluble in water.
Partition Coefficient: N-Octanol/Water	: No data available
Viscosity	: No data available

9.2. Other Information No additional information available

SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY

- 10.1. **Reactivity:** Reacts violently with strong oxidizers. Increased risk of fire or explosion.
- 10.2. **Chemical Stability:** May form flammable or explosive vapor-air mixture.
- 10.3. **Possibility of Hazardous Reactions:** Hazardous polymerization will not occur.
- 10.4. **Conditions to Avoid:** Direct sunlight, extremely high or low temperatures, heat, hot surfaces, sparks, open flames, incompatible materials, and other ignition sources.
- 10.5. **Incompatible Materials:** Strong acids, strong bases, strong oxidizers. Halogenated compounds. Acid anhydrides. Aldehydes.
- 10.6. **Hazardous Decomposition Products:** Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1. Information on Toxicological Effects

Acute Toxicity: Not classified

Isopropyl alcohol (67-63-0)	
LD50 Dermal Rabbit	4059 mg/kg
LC50 Inhalation Rat	72600 mg/m ³ (Exposure time: 4 h)
LC50 Inhalation Rat	72.5 mg/l/4h

Skin Corrosion/Irritation: Causes severe skin burns and eye damage.

pH: 3 - 5 (1% solution)

Serious Eye Damage/Irritation: Causes serious eye damage.

pH: 3 - 5 (1% solution)

Respiratory or Skin Sensitization: Not classified

Germ Cell Mutagenicity: Not classified

Carcinogenicity: Not classified

Isopropyl alcohol (67-63-0)	
IARC group	3

Reproductive Toxicity: Not classified

Specific Target Organ Toxicity (Single Exposure): May cause drowsiness or dizziness.

Specific Target Organ Toxicity (Repeated Exposure): Not classified

Aspiration Hazard: Not classified

Symptoms/Injuries After Inhalation: Inhalation may cause immediate severe irritation progressing quickly to chemical burns.

May be corrosive to the respiratory tract. High concentrations may cause central nervous system depression such as dizziness, vomiting, numbness, drowsiness, headache, and similar narcotic symptoms.

Symptoms/Injuries After Skin Contact: Causes severe irritation which will progress to chemical burns.

Symptoms/Injuries After Eye Contact: Causes severe irritation which will progress to chemical burns. Causes permanent damage to the cornea, iris, or conjunctiva.

Symptoms/Injuries After Ingestion: May cause burns or irritation of the linings of the mouth, throat, and gastrointestinal tract.

Chronic Symptoms: None known.

SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION

12.1. Toxicity

Ecology - General : Not classified.

SAMPLE SDS

MSDSonline
A Safer Solution

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Isopropyl alcohol (67-63-0)	
LC50 Fish 1	9640 mg/l (Exposure time: 96 h - Species: Pimephales promelas [flow-through])
EC50 Daphnia 1	13299 mg/l (Exposure time: 48 h - Species: Daphnia magna)
EC50 Other Aquatic Organisms 1	1000 mg/l (Exposure time: 96 h - Species: Desmodesmus subspicatus)
LC50 Fish 2	11130 mg/l (Exposure time: 96 h - Species: Pimephales promelas [static])
EC50 Other Aquatic Organisms 2	1000 mg/l (Exposure time: 72 h - Species: Desmodesmus subspicatus)

12.2. Persistence and Degradability

Product A	
Persistence and Degradability	Not established.

12.3. Bioaccumulative Potential

Product A	
Bioaccumulative Potential	Not established.

Isopropyl alcohol (67-63-0)	
Log Pow	0.05 (at 25 °C)

12.4. Mobility in Soil No additional information available

12.5. Other Adverse Effects

Other Information : Avoid release to the environment.

SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1. Waste Treatment Methods

Waste Disposal Recommendations: Dispose of contents/container in accordance with local, regional, national and international regulations.

Additional Information: Handle empty containers with care because residual vapors are flammable.

Ecology - Waste Materials: Avoid release to the environment.

SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION

The shipping description(s) stated herein were prepared in accordance with certain assumptions at the time the SDS was authored, and can vary based on a number of variables that may or may not have been known at the time the SDS was issued.

14.1. In Accordance with DOT

Proper Shipping Name	: FLAMMABLE LIQUIDS, CORROSIVE, N.O.S. (Isopropyl alcohol; Benzenesulfonic acid,4-dodecyl-)	
Hazard Class	: 3	
Identification Number	: UN2924	
Label Codes	: 3, 8	
Packing Group	: II	
ERG Number	: 132	

14.2. In Accordance with IMDG

Proper Shipping Name	: FLAMMABLE LIQUID, CORROSIVE, N.O.S. (Isopropyl alcohol; Benzenesulfonic acid,4-dodecyl-)	
Hazard Class	: 3	
Subsidiary Risk(s)	: 8	
Identification Number	: UN2924	
Packing Group	: II	
Label Codes	: 3, 8	
EmS-No. (Fire)	: F-E	
EmS-No. (Spillage)	: S-C	
MFAG Number	: 132	

14.3. In Accordance with IATA

Proper Shipping Name	: FLAMMABLE LIQUID, CORROSIVE, N.O.S. (Isopropyl alcohol; Benzenesulfonic acid,4-dodecyl-)	
Packing Group	: II	
Identification Number	: UN2924	
Hazard Class	: 3	
Label Codes	: 3, 8	
Subsidiary Risk(s)	: 8	

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

ERG Code (IATA) : 3CH

SECTION 15: REGULATORY INFORMATION**15.1. US Federal Regulations****Product A**

SARA Section 311/312 Hazard Classes	Fire hazard Immediate (acute) health hazard
--	--

Isopropyl alcohol (67-63-0)Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) Inventory
Subject to reporting requirements of United States SARA Section 313

SARA Section 313 - Emission Reporting	1.0 % (only if manufactured by the strong acid process, no supplier notification)
--	---

Benzenesulfonic acid, 4-dodecyl- (121-65-3)

Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) Inventory

15.2. US State Regulations**Isopropyl alcohol (67-63-0)**

U.S. - California - SCAQMD - Toxic Air Contaminants - Non-Cancer Acute
 U.S. - California - SCAQMD - Toxic Air Contaminants - Non-Cancer Chronic
 U.S. - California - Toxic Air Contaminant List (AB 1807, AB 2728)
 U.S. - Connecticut - Hazardous Air Pollutants - HLVs (30 min)
 U.S. - Connecticut - Hazardous Air Pollutants - HLVs (8 hr)
 U.S. - Connecticut - Volatile Substances
 U.S. - Idaho - Non-Carcinogenic Toxic Air Pollutants - Acceptable Ambient Concentrations
 U.S. - Idaho - Non-Carcinogenic Toxic Air Pollutants - Emission Levels (ELs)
 U.S. - Idaho - Occupational Exposure Limits - TWAs
 RTK - U.S. - Massachusetts - Right To Know List
 U.S. - Massachusetts - Toxics Use Reduction Act
 U.S. - Michigan - Occupational Exposure Limits - STELS
 U.S. - Michigan - Occupational Exposure Limits - TWAs
 U.S. - Minnesota - Hazardous Substance List
 U.S. - Minnesota - Permissible Exposure Limits - STELS
 U.S. - Minnesota - Permissible Exposure Limits - TWAs
 U.S. - New Hampshire - Regulated Toxic Air Pollutants - Ambient Air Levels (AALs) - 24-Hour
 U.S. - New Hampshire - Regulated Toxic Air Pollutants - Ambient Air Levels (AALs) - Annual
 U.S. - New Jersey - Discharge Prevention - List of Hazardous Substances
 U.S. - New Jersey - Environmental Hazardous Substances List
 RTK - U.S. - New Jersey - Right to Know Hazardous Substance List
 U.S. - New Jersey - Special Health Hazards Substances List
 U.S. - New York - Occupational Exposure Limits - TWAs
 U.S. - North Dakota - Air Pollutants - Guideline Concentrations - 1-Hour
 U.S. - North Dakota - Air Pollutants - Guideline Concentrations - 8-Hour
 U.S. - Oregon - Permissible Exposure Limits - TWAs
 U.S. - California - Safer Consumer Products - Initial List of Candidate Chemicals and Chemical Groups
 RTK - U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) - Environmental Hazard List
 RTK - U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) List
 U.S. - Rhode Island - Air Toxics - Acceptable Ambient Levels - 1-Hour
 U.S. - Tennessee - Occupational Exposure Limits - STELS
 U.S. - Tennessee - Occupational Exposure Limits - TWAs
 U.S. - Texas - City of Austin - Aerosol Paint and Glue Restrictions
 U.S. - Texas - Effects Screening Levels - Long Term
 U.S. - Texas - Effects Screening Levels - Short Term
 U.S. - Vermont - Permissible Exposure Limits - STELS
 U.S. - Vermont - Permissible Exposure Limits - TWAs
 U.S. - Washington - Permissible Exposure Limits - STELS
 U.S. - Washington - Permissible Exposure Limits - TWAs

Benzenesulfonic acid, 4-dodecyl- (121-65-3)

Product A

Safety Data Sheet

According to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

U.S. - Texas - Effects Screening Levels - Short Term

SECTION 16: OTHER INFORMATION, INCLUDING DATE OF PREPARATION OR LAST REVISION


Other information : This document has been prepared in accordance with the SDS requirements of the OSHA Hazard Communication Standard 29 CFR 1910.1200

GHS Full Text Phrases:

Eye Dam. 1	Serious eye damage/eye irritation Category 1
Eye Irrit. 2A	Serious eye damage/eye irritation Category 2A
Flam. Liq. 2	Flammable liquids Category 2
Skin Corr. 1B	Skin corrosion/irritation Category 1B
STOT SE 3	Specific target organ toxicity (single exposure) Category 3
H225	Highly flammable liquid and vapor
H314	Causes severe skin burns and eye damage
H318	Causes serious eye damage
H319	Causes serious eye irritation
H336	May cause drowsiness or dizziness

This information is based on our current knowledge and is intended to describe the product for the purposes of health, safety and environmental requirements only. It should not therefore be construed as guaranteeing any specific property of the product.

SAFETY DATA SHEET (Acetic Acid) اسید استیک	
بخش ۱: هویت ماده	
نام ماده	اسید استیک (Acetic Acid)
CAS-No	64-19-7
EC number	200-580-7
Index number	607-002-00-6
بخش ۲: خطرات شناسایی شده	
۱,۲ طبقه‌بندی ماده یا مخلوط	
طبقه‌بندی براساس (EC) No 1272/2008	
GHS02 Flame	آتش
Flam Liq 3	H226 بخار و مایع قابل اشتعال.
GHS05	خورندگی
Skin corr 1A	H314 سبب سوختگی‌های شدید پوست و آسیب به چشم شود.
طبقه‌بندی براساس Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC	
C ₊	خورنده
R35	سبب سوختگی‌های شدید می‌شود.
R10	قابل اشتعال.
اطلاعات در مورد خطرات خاص برای انسان و محیط زیست: کاربردی نیست	
سایر خطرات طبقه‌بندی‌نشده: اطلاعات شناخته‌شده‌ای وجود ندارد.	
۱,۲ اجزای برچسب	
برچسب‌گذاری توسط (EC) No 1272/2008	
این ماده براساس الزامات CLP طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری شده است.	
نمادهای خطر	
GHS05	GHS02

نماد عبارت	خطر (Danger)
عبارات خطر (Hazard statement(s))	
H226	بخار و مایع قابل اشتعال
H314	سبب سوختگی‌های شدید پوستی و آسیب به چشم می‌شود.
عبارات احتیاط (Precautionary statement(s))	
P210	دور از گرما، جرقه‌ها، شعله‌های باز و سطوح داغ نگهداری شود. استعمال دخانیات ممنوع است.
P260	تبخار، فوم، گاز، میست، بخارات و اسپری را تنفس نکنید.
P303+P361+P353	در صورت مواجهه با پوست (یا مو): سریعاً همه‌ی لباس‌های آلوده را در آورید. پوست را با آب شستو دهید یا دوش بگیرید.
P305+P351+ P338	در صورت مواجهه‌ی چشمی، چشم‌ها را با احتیاط برای مدت چندین دقیقه بشوئید. در صورت وجود لنزهای تماسی و امکان راحت برداشتن آن‌ها، لنزها را خارج نموده و به شستن ادامه دهید.
P405	به‌صورت قفل‌شده، ذخیره شود.
P501	ماده یا ظرف محتوی آن را مطابق با قوانین موجود، دفع کنید.
طبقه‌بندی براساس استاندارد کانادا (WHMIS) B3 مایع قابل اشتعال D2B ماده سمی که سبب سایر اثرات سمی می‌شود. E ماده خورنده 	
دسته‌بندی HMIS (درجه‌بندی ۴-۰)	سلامتی (اثرات حاد) = ۳ قابلیت اشتعال = ۲ خطر فیزیکی = ۱
۲،۲ سایر خطرات نتایج ارزیابی vPrB.PBT	کاربردی نیست.
بخش ۳: اطلاعات در مورد ترکیب / اجزاء	
ویژگی شیمیایی	مواد
CAS#Description	64-19-7 Acetic acid
EC-No	200-580-7
Index number	607-002-00-6

بخش ۴: اقدامات کمک‌های اولیه	
۱،۴ تشریح اقدامات کمک‌های اولیه	
توصیه عمومی: فوراً همه لباس‌های آلوده شده به ماده را در آورید.	
در صورت تنفس: مصدوم را به محل دارای هوای تازه ببرید. در صورت نیاز، به او تنفس مصنوعی بدهید. او را گرم نگه دارید. فوراً به پزشک مراجعه کنید.	
در صورت مواجهه‌ی پوستی: فوراً پوست را به‌طور کامل با آب و صابون شسته و آب‌کشی کنید. فوراً به پزشک مراجعه کنید.	
در صورت مواجهه‌ی چشمی: چشم‌های باز را برای چند دقیقه زیر آب جاری شستو دهید. با پزشک مشورت کنید.	
در صورت خوردن: درمان پزشکی را دریافت کنید.	
اطلاعات برای پزشک	
۲،۴ مهم‌ترین علائم و اثرات حاد و تاخیری: اطلاعات بیش‌تری در دسترس نیست.	
۳،۴ شاخص مراقبت پزشکی فوری و درمان‌های خاص مورد نیاز: اطلاعات بیش‌تری در دسترس نیست.	

بخش ۵: روش های اطفاء حریق	
۱.۵	ماده‌ی خاموش‌کننده
	ماده‌ی خاموش‌کننده‌ی مناسب: CO ₂ . یودر خاموش‌کننده یا اسبیری آید. آتش‌های بزرگ‌تر را با استفاده از اسبیری آب یا فوم مقاوم الکتلی خاموش کنید.
	۲.۵ خطرات خاصی ناشی از ماده یا مخلوط: در صورت حریق این ماده، مواد زیر آزاد می‌شوند: دی اکسید کربن و مونوکسید کربن.
	۳.۵ توصیه برای آتش‌نشانی: استفاده از تجهیزات تنفسی خودتامین در عملیات اطفاء حریق. پوشیدن لباس‌های کامل حفاظتی غیرقابل نفوذ.
بخش ۶: اقدامات لازم در زمان نشت و ریزش تصادفی	
۱.۶	احتیاط‌های فردی، تجهیزات حفاظتی و رویه‌های اضطراری: از تجهیزات حفاظت فردی استفاده کنید. افراد فاقد تجهیزات حفاظت فردی را از محل دور کنید. تهویه‌ی کافی را برای محیط فراهم کنید. دور از منابع اشتعال نگهداری شود.
۲.۶	احتیاط‌های زیست محیطی: بدون مجوزهای قانونی لازم، ماده را در محیط رها نکنید. اجازه ندهید ماده وارد سیستم فاضلاب یا مسیر آب شود. اجازه ندهید ماده در خاک یا زمین نفوذ کند.
۳.۶	روش‌ها و وسایل برای رفع آلودگی: دور از منابع اشتعال نگهداری شود. مواد را با شن، چسب‌های اسیدی، دیانومه و خاک اره جذب کنید. از عامل خنثی‌کننده استفاده کنید. برای دفع مناسب ماده به عنوان ماده زائد، براساس بخش ۱۳ اقدام کنید. برای محیط، تهویه‌ی کافی فراهم کنید.
۴.۶	پیشگیری از خطرات ثانویه: دور از منابع اشتعال نگهداری شود.
۵.۶	منابع برای سایر بخش‌ها: برای اطلاع از حمل ایمن ماده، بخش ۷ را ببینید. برای اطلاع از وسایل حفاظت فردی، بخش ۸ را ببینید. برای اطلاع از نحوه‌ی دفع، بخش ۱۳ را ببینید.
بخش ۷: حمل و انبار	
۱.۷	احتیاط‌ها برای حمل و انبار ایمن: ظرف را به‌صورت محکم مهر و موم کنید. ظروفی که در آن‌ها محکم بسته‌شده را در محیط‌های سرد و خشک نگهداری کنید. تهویه‌ی مناسب را در محیط کار برقرار کنید. از تشکیل آئروسول‌ها اجتناب کنید.
۲.۷	اطلاعاتی درباره‌ی حفاظت در برابر انفجار یا آتش: در برابر الکتریسیته‌ی ساکن محافظت شوند. قیوم‌ها می‌توانند در ترکیب با مواد مخلوط قابل انفجاری ایجاد کنند. دور از منابع آتش‌گیر نگهداری شود.
۳.۷	شرایط انبار ایمن شامل مواد ناسازگار: الزامات برای ظروف و اطاق‌ها: اقدام خاصی مد نظر نیست. اطلاعات برای انبارنمودن ماده در انبار مشترک: این ماده باید دور از عوامل اکسیدکننده، بازهای قوی و آمین‌ها انبار شود.
۴.۷	سایر اطلاعات درباره‌ی شرایط انبار: ظرف را به‌صورت محکم مهر و موم کنید. ظرفی که در آن‌ها محکم مهر و موم شده را در محیط‌های سرد و خشک نگهداری کنید.
بخش ۸: کنترل‌های مواجهه/حفاظت فردی	
۱.۸	اطلاعات پیش‌تر درباره‌ی طراحی سیستم تهویه: تهویه موضعی باید متناسب با مواد شیمیایی خطرناک طراحی و متوسط سرعت دهانه‌ی هود حداقل ۱۰۰ ft/min در نظر گرفته شود.
۲.۸	عوامل کنترل حدود مجاز مورد نیاز در محیط کار: براساس الزامات ملی ایران (OEL;1391): OEL-TWA= 10ppm OEL-STEL=15 ppm
۳.۸	کنترل‌های مواجهه: تجهیزات حفاظت فردی



<p>روش‌های بهداشتی و حفاظتی عمومی: باید اقدامات پیشگیرانه معمول برای استفاده از مواد شیمیایی دنبال شود. ماده را دور از مواد غذایی و آشامیدنی نگه‌داری کنید. فوراً تمامی لباس‌های آلوده و کثیف را بردارید. دست‌ها را قبل از استراحت و در پایان کار بشوئید. از تماس این ماده با پوست و چشم‌ها خودداری کنید. شرایط محیط کار از گونومیک را فراهم سازید.</p>	
<p>تجهیزات حفاظت تنفسی: وقتی غلظت‌های زیادی از این ماده در محیط وجود دارد، از وسیله‌ی حفاظت تنفسی مناسب استفاده نمایید.</p>	
<p>حفاظت دست‌ها: استفاده از دستکش‌های غیرقابل نفوذ قبل از استفاده از دستکش‌های حفاظتی، مناسب‌بودن آن‌ها را بررسی کنید. انتخاب دستکش‌های مناسب نه تنها به جنس آن‌ها، بلکه به کیفیت آن‌ها نیز بستگی دارد. اختلاف کیفیت دستکش سازندگان متفاوت را باید مد نظر داشت.</p>	
<p>حفاظت چشم: کلاه‌های (عینک حفاظتی مواد شیمیایی) بدون محل نفوذ، حفاظ کامل صورت.</p>	
<p>حفاظت بدن: لباس کار حفاظتی</p>	
<p>تذکره: در زمینه انتخاب، تهیه و استفاده از وسایل حفاظت فردی، رعایت کلیه موارد مندرج در "آیین‌نامه وسایل حفاظت فردی" مصوب ۱۳۹۰/۳/۲۱ شورای عالی حفاظت فنی و بهداشت کار ایران، الزامی است.</p>	
<p>بخش ۹: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی</p>	
<p>۱.۹ اطلاعات اساسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی</p>	
ظاهر	مایع.
رنگ	بدون رنگ
بو	تند و تیز
حد آستانه‌ی بو	مشخص نشده است.
pH-Value (10g/l) در دمای ۲۰°C	مشخص نشده است.
نقطه‌ی ذوب	16.6°C (62°F)
نقطه‌ی جوش	118.1°C (245°F)
دمای تصعید	مشخص نشده است.
نقطه‌ی اشتعال	40°C (104°F)
قابلیت اشتعال (جامد، گاز)	کاربرد ندارد.
دمای آتش‌گیری	485°C (905°F)
دمای تجزیه	مشخص نشده است.
دمای خود اشتعالی	مشخص نشده است.
خطر انفجار	ماده قابل انفجار نیست. هر چند تشکیل مخلوط قابل انفجار بخارا/ هوا امکان پذیر است.
محدوده‌ی قابل انفجار	حد پایین: 4 VOL% حد بالا: 17 VOL%
فشار بخار در دمای 20°C (68°F)	16hpa (12mm Hg)
دانسیته در دمای 20°C (68°F)	1.049 g/cm ³ (8.754 lbs/gal)
دانسیته‌ی نسبی	مشخص نشده است.
دانسیته‌ی بخار	مشخص نشده است.
نسبت تبخیر	مشخص نشده است.
حلالیت در آب	کاملاً قابل حل.
ضریب تفکیک (m-Octanol/Water)	مشخص نشده است.
ویسکوزیته	Dynamic در دمای 25°C(77°F) 1.53mPas Kinematic مشخص نشده است.

بخش ۱۰: پایداری و واکنش پذیری		
۱.۱۰ واکنش پذیری: اطلاعاتی وجود ندارد.		
۲.۱۰ پایداری شیمیایی: تحت شرایط توصیه شده برای انبار، پایدار است.		
۳.۱۰ تجزیه‌ی حرارتی/اشراطی که باید از آن دوری شود: اگر تحت شرایط مورد توصیه، انبار شده و مورد استفاده قرار گیرد، تجزیه‌ی حرارتی اتفاق نمی‌افتد.		
۴.۱۰ واکنش‌های احتمالی خطرناک: واکنش خطرناکی شناخته نشده است.		
۵.۱۰ مواد ناسازگار: عوامل اکسیدکننده، بازها، آمین‌ها		
۶.۱۰ محصولات خطرناک حاصل از تجزیه: دی اکسید کربن و مونوکسید کربن.		
بخش ۱۱: اطلاعات سم‌شناسی		
۱۱.۱ اثرات سم‌شناسی		
مسمومیت حاد: خوردن این ماده اثر خوردگی شدید در گلو و دهان ایجاد می‌کند و خطر سوراخ شدن مری و معده وجود دارد. RTECS شامل اطلاعاتی درباره‌ی سمیت حاد ترکیبات این محصول است.		
Oral	LD50	3310 mg/kg(rat)
Dermal	LD50	1060 mg/kg(rabbit)
Inhalative	LC50/ 1H	5620 ppm/1H(mouse)
تخریک / خوردگی پوست: سبب سوختگی‌های شدید پوستی می‌شود.		
تخریک چشم/خوردگی: سبب آسیب جدی چشم می‌شود.		
حساسیت: اثرات حساسیت‌زای شناخته شده وجود ندارد.		
اثر موتازن بر سلول جنسی: RTECS شامل اطلاعاتی درباره‌ی جهش‌زایی این ماده است.		
سرطان‌زایی (Carcinogenicity): اطلاعات طبقه‌بندی شده‌ای در مورد سرطان‌زایی این ماده توسط ACGIH, EPA, IARC, OSHA, NTP وجود ندارد. RTECS شامل اطلاعات تومورزایی، سرطان‌زایی و یا پدیمی توسط این ماده است.		
سمیت دستگاه تولید مثل: RTECS شامل اطلاعاتی درباره سمیت تولید مثل توسط این ماده است.		
سمیت ارگان‌های خاص هدف - مواجهه‌ی تکراری: اثراتی، شناخته نشده است.		
سمیت ارگان‌های خاص هدف - یک بار مواجهه: اثراتی، شناخته نشده است.		
خطر تنفسی: اثراتی، شناخته نشده است.		
سمیت مزمن تا تحت حاد: RTECS شامل اطلاعاتی درباره‌ی سمیت دزهای متفاوت این ماده است.		
اطلاعات سم‌شناسی پیش‌تر: براساس اطلاعات ما در مورد سمیت حاد و مزمن این ماده به‌طور کامل تحقیق نشده است.		
بخش ۱۲: اطلاعات زیست محیطی		
۱.۱۲ سمیت		
سمیت برای آبزیان: اطلاعات تکمیلی پیش‌تری در دسترس نیست.		
۲.۱۲ مقاومت و تجزیه‌پذیری: اطلاعات تکمیلی پیش‌تری در دسترس نیست.		
۳.۱۲ احتمال تجمع زیستی: اطلاعات تکمیلی پیش‌تری در دسترس نیست.		
۴.۱۲ نفوذ در خاک: اطلاعات تکمیلی پیش‌تری در دسترس نیست.		
۵.۱۲ اطلاعات زیستی پیش‌تر		
نکات عمومی: اجازه ندهید ماده بدون مجوز مقامات دولتی در محیط رها شود. اجازه ندهید ماده به صورت رقیق نشده یا در مقادیر زیاد وارد آب‌های زیر زمینی، مسیر آب و سیستم فاضلاب شود. از انتقال این ماده به محیط زیست اجتناب کنید.		
۶.۱۲ نتایج ارزیابی PBT, vPvB: کاربردی نیست.		

بخش ۱۳: ملاحظات دفع

۱.۱۳ روش‌های دفع مواد زائد
توصیه: برای دفع صحیح با مراجع قانونی مشورت کنید.
بسته‌بندی مواد آلوده: باید برطبق الزامات قانونی موجود انجام شود.
"برای اطلاع از کلیه ضوابط و قوانین دفع مواد در کشور به قانون مدیریت پسماندها مصوبه ۱۳۸۳ مجلس شورای اسلامی و آئین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها مصوبه ۱۳۸۴ هیات دولت مراجعه شود"

بخش ۱۴: اطلاعات حمل و نقل

UN2789	UN number IMDG- IATA-DOT
Acetic acid, glacial	UN proper shipping name DOT
ACETIC ACID, GLACIAL	IMDG- IATA
 class:8 Corrosive substances Label: 8 Class: 8(CF1) Corrosive substances Label: 8	Transport hazard class(es) DOT
 class:8 Corrosive substances Label: 8	IATA-IMDG
II	Packaging group DOT- IATA-IMDG
کاربرد ندارد.	خطرات محیطی
هشدار: ماده خورنده F-E,S-C Acids	احتیاط‌های خاص برای استفاده‌کننده EMS Number گروه تفکیک
کاربرد ندارد.	حمل عمده‌ای براساس الزامات Annex II of MARPOL73/78 and the IBC code
- خیر	اطلاعات پیش‌تر حمل و نقل DOT Marin pollutant(DOT)
UN2789, Acetic acid, glacial, 8, II	UN "Model Regulatin"

بخش ۱۵: اطلاعات قانونی

۱.۱۵ قوانین خاص ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی برای این ماده یا مخلوط:
همه‌ی ترکیبات این ماده در آژانس حفاظت از محیط زیست مواد سمی و کنترل مواد شیمیایی آمریکا فهرست شده است.
۲.۱۵ ارزیابی ایمنی شیمیایی: برای این ماده انجام نشده است.
۳.۱۵ اطلاعات در مورد محدودیت استفاده: این ماده باید فقط توسط افراد صلاحیت دار فنی مورد استفاده قرار گیرد.

بخش ۱۶: سایر اطلاعات	
تاریخ تهیه	پاییز ۱۳۹۵
به سفارش	معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا)
تهیه‌کننده	دکتر محمدعلی اسداللهی و مهندس مهدی کمالی (اعضاء هیات علمی دانشگاه اصفهان) و دکتر محمدصادق علیانی (عضو هیات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری)
تاییدکننده	خاتم مهندس شهلا ظاهری (کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی اصفهان)
کارشناس طرح	خاتم مهندس هاجر عطاران
منابع و مآخذ	Alfa Aesar: 2014 کتاب حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی با عوامل زیان آور در ایران (ویرایش ۱۳۹۱)
نکات مهم	۱- اطلاعات ارائه شده در این سند با هدف اطلاع‌رسانی و افزایش آگاهی عمومی نسبت به خطرات استفاده از مواد شیمیایی تهیه و در دسترس عموم قرار گرفته است. ۲- اطلاعات موجود در این سند براساس پرک‌های اطلاعات ایمنی ارائه شده توسط شرکت‌های معتبر تولیدکننده در دنیا است که منابع اصلی آن در قسمت منابع و مآخذ آورده شده و در مواردی براساس استانداردهای موجود در داخل کشور، یومی‌سازی شده است. ۳- در تهیه این سند تلاش شده تا این اطلاعات با نهایت دقت از زبان اصلی به زبان فارسی برگردانده شود. ۴- تهیه‌کنندگان و تاییدکنندگان این سند هیچ‌گونه مسئولیتی را در خصوص عواقب احتمالی ناشی از استفاده از این اطلاعات نمی‌پذیرند. بدیهی است در صورت هرگونه تغییر در اطلاعات علمی این سند، لازم است از نسخه اصلاح شده به روز آن استفاده شود.

منابع فصل اول

1. United Nations Environment Programme (UNEP). "Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals". Switzerland: GPS Publishing, 2013.
2. US Occupational Safety & Health Administration (OSHA). "Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances, Hazard Communication. 29 Code of Federal Regulations (CFR) 1910. 1200(c)". USA, 2012.
3. Spellman FR, Bieber RM. "Occupational Safety and Health Simplified for the Chemical Industry". USA: Government Institutes, 2009.
4. Arghami S, Pouyakian M. "Safety at workplace (1)". Iran, Tehran: Fanavaran 2013 [in Persian]
5. Iran Department of Environment. "Legal Criteris for Establishment of Industries in Urban and Non-urban Areas". Iran, 2008. [In Persian]
6. The University of York. "The Essential Chemical Industry". [Access date: 2 March 2016]. Available from: <http://www.essentialchemicalindustry.org>.
7. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety, classification, labeling, packaging, transportation and storage. Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017
8. ScienceBuddies Inc. Grades of Chemicals [Access date: 18 March 2016]. Available from: http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_Purchasing.shtml.
9. The Science Company. "Learn Chemical Grade Definitions from Highest to Lowest Purity". [Access date: 22 March 2016]. Available from: <http://www.sciencecompany.com/Learn-Chemical-Grade-Definitions-from-Highest-to-Lowest-Purity-W53.aspx>.

منابع فصل دوم

1. World Health Organization. "International Programme on Chemical Safety (IPCS)". Finland, 2001.
2. IPCS. "Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations". [Access date: 8 May 2015]. Available from: <http://www.inchem.org/>.

3. Khosravi Yahya, Farshad Aliasghar, Arghami Shirazeh, Taghdisi Mohammad Hossain, Gohari Mahmud reza, Hasanazade rangi Narmin. Evaluating the effect of HAZCOM (hazard communication) Program on Knowledge and Attitude of Chemical Safety Management in Tehran Petrochemical Refinery, Iran Occupational Health. 2008; 5 (3-4): 20-27. [In Persian]
4. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety; classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017
5. Spellman FR, Bieber RM. "Occupational Safety and Health Simplified for the Chemical Industry". USA: Government Institutes; 2009.

منابع فصل سوم

1. "Valves Types". Iran: Rahavaran Foonon Petrochemical Co. [Access date: 2 Sep 2015]. Available from: <http://www.rfpc.ir/>. [In Persian]
2. "Types of Manual Valves". Japan: TLV Company; [Access date: 17 Sep 2014]. Available from: http://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/types-of-valves.html#toc_4.
3. Ghadaksaz H, Fahimi-rad M. "Application of heat exchangers in food industry". Iran: Sharif University of Technology; 2008. [In Persian]
4. "Exchanger's maintenance". Iran: Rahavaran Foonon Petrochemical Co.; 2013. [Access date: 2 Sep 2015]. Available from: <http://www.rfpc.ir/>. [In Persian]
5. "Iran's codes of safety and health at work". Iran: Iran's Labour and Social Security Institute; 2010. [In Persian]
6. "Chapter 11: Cooling Towers". Iran. [Access date: 28 July 2015]. Available from: <http://www.rfpc.ir/>. [In Persian]
7. "Basics of Pumps". Iran: Rahavaran Foonon Petrochemical Co. [Access date: 2 Sep 2015]. Available from: <http://www.rfpc.ir/>. [In Persian]
8. Nasr-Azadani M. "Pumps' Types, Principles, Uses, Repairs and Troubleshooting". Esfahan Oil Refinery Company. [In Persian]
9. Azmi M. "Compressors and Their Role in Industry". [In Persian]
10. "Basics of Compressors". Iran: Rahavaran Foonon Petrochemical Co. [Access date: 2 Sep 2015]. Available from: <http://www.rfpc.ir/>. [In Persian]
11. "Reactors". Available from: <http://bayanbox.ir/view/4636749172456820652/Reactors.pdf>. [In persian]
12. Devold H. "Oil and gas production handbook". Norway: ABB Oil and Gas; 2013.
13. Kuchemeshki NR. "Atmospheric Tanks' Design, Construction and Installation". Iran: Andishe-Sara Publications; 2014. [In Persian]
14. Ghomshe MN, Mansouri R. "Atmospheric Tanks Design with TANK Software". Iran: Andishe-Sara Publications; 2011. [In Persian]
15. DiGrado BD, Thorp GA. "The Aboveground Steel Storage Tank Handbook". John Wiley and Sons Inc.; 2004.
16. Kuan SY. "Design, construction and operation of Floating Roof Tanks". Australia: University of Southern Queensland; 2009.
17. "Storage Tank Training Course". Iran: National Petrochemical Company.
18. Liptak BG. "Instrument engineers' handbook, Chapter 1. 1: Flowsheet Symbols and P&I Diagrams". 4 ed. USA: CRC Press; 2003.
19. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety; classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017

منابع فصل چهارم

1. Crowl DA, Louvar JF. "Chemical process safety: fundamentals with applications". 2. ed. USA: Prentice Hall, Inc.; 2002.
2. Mihailidou EK, Antoniadis KD, Assael MJ. "The 319 Major Industrial Accidents Since 1917". International Review of Chemical Engineering. 2012; 4(6): 529-40.
3. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety; classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017
4. Kletz T. "What Went Wrong?: Case Histories of Process Plant Disasters". 4 ed. USA: Gulf Professional Publishing; 1999.
5. Arghami, Shirazeh. "Fire Due to Municipal Gas Network during Earthquake"; Conference on Crisis Management, Zanjan University of Medical Science, 2006.
6. Center for Chemical Process Safety (CCPS). "Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs". American Institute of Chemical Engineers; 1994.
7. "BLEVE". Process Safety Beacon. 2009. [Access date: 10 Feb 2014]. Available from: <http://sache.org/beacon/products.asp>
8. Pouyakian Mostafa, Arghami Shirazeh, Asilian Mahabadi Hassan, Mortazavi Seyyed Bagher. Safety analysis of a corn processing industry by energy trace and barrier analysis Technique: a case study, Iran Occupational Health. 2007; 3 (3-4): 39-43.

منابع فصل پنجم

1. Noll GG, Hildebrand MS, Rudner G, Schnepf R. "Hazardous Materials: Managing Th1. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety; classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017
2. "Kemler or ADR Panels". [Access date: 8 Mar 2015]. Available from: <http://www.eurosoft-leeds.com/kemler-adr-panels/>.
3. National Chemical Emergency Centre (NCEC). "Dangerous goods emergency Action Code list 2009". UK: TSO Inc.; 2009.
4. Praveen Garg. "Safety in Transportation of Hazardous Substances by Road: Industrial Disaster Risk Management". Germany: Disaster Management Institute; 2010.
5. Rodgers GC. "Hazardous Materials Guide for responders". USA: Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration.
6. "Don't Be Misled By Hazard Ratings". LPS Bulletin. 2014. [Access date: 2 Nov 2014]. Available from: http://www.lpslabs.com/site_files/literature/HMIS3FlammabilityRatings_LPS.pdf
7. US National Paint and Coatings Association. "Hazardous Materials Identification System; Chemical Rating Guide". 3 ed. USA: J. J. Keller & Associates, Inc.; 2002.

منابع فصل ششم

1. Bahrami A, Raškari N, Bakand S. "A guide to use of hazardous chemical substances". Iran: Ministry of Health and Medical Education, Environmental and Occupational Health Center; 2013. [In Persian]
2. US National Paint and Coatings Association. "Hazardous Materials Identification System; Chemical Rating Guide". 3 ed. USA: J. J. Keller & Associates, Inc.; 2002.
3. United Nations. "Recommendations on the transport of dangerous goods". 16 ed. USA; 2009.

منابع فصل هفتم

1. "An introduction to CHIP 4". UK: Health and Safety Executive (HSE), 2010.
2. "WorkSafeBC. WHMIS core material: A resource manual for the application and implementation of WHMIS". Canada: Workers' Compensation Board of British Columbia, 2007.
3. "WHMIS Classification Symbols". [Access date: 28 Nov 2014]. Available from: <http://www.uregina.ca/hr/hsw/assets/docs/pdf/Laboratory-Safety/WHMIS-Classification-Symbols.pdf>.

منابع فصل هشتم

1. "Marking and identification of pipework for reclaimed". In: Greywater Systems. UKH-istory of GHS (Globally Harmonized System) & HazCom Timeline". [Access date: 13 Apr 2014]. Available from: <https://www.msdsonline.com/resources/ghs-answer-center>.
2. Sherafati-nejad M. "Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals". Sakko Magazine. 2013.
3. "Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)". 4 ed. USA and Switzerland: United Nations, 2011.
4. Kaplan SA. "History of the Material Data Safety Sheets (MSDS)". 191st ACS National Meeting, New York, USA, 1986.
5. Safety Data Sheet of Chemicals in Microbiology and Water Treatment Laboratories. Arghami Shirazeh, Shahcheragh B, Enayati movafagh A, Hosseini bidar Seyedhadi, Fanavarani publication, 2013. [in Persian]
6. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety, classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2017

منابع فصل هشتم
منابع فصل نهم

۱. Noll GG, Hildebrand MS, Rudner G, Schnepf R. "Hazardous Materials: Managing The Incident". USA: Jones & Bartlett Learning, ۲۰۱۴.
۲. United Nations. "Recommendations on the transport of dangerous goods". ۱۶ ed. USA, ۲۰۰۹.
۳. Mohammad Saeed Torabi, Amir Mogharian, Habib Kabiri. "Emergency response practical indices for chemical accidents and hazardous materials". Iran: Jahan Adib, ۲۰۰۸. [In Persian]
۴. Arghami S, Pouyakian M. Chemical Safety, classification, labeling, packaging, transportation and storage, Shaid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. ۲۰۱۷
۵. Transportation A. "Dangerous goods transportation tanks". Canada: Government of Alberta, ۲۰۱۰.
۶. Rodgers GC. "Hazardous Materials Guide for responders". USA: Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration.

منابع فصل دهم

۱. Spellman FR, Bieber RM. "Occupational Safety and Health Simplified for the Chemical Industry". USA: Government Institutes ۲۰۰۹.
۲. "NERC guidance on safe storage of laboratory chemicals". ۲۰۱۰. Available from: www.nerc.ac.uk
۳. Manufacturing Chemists' Association. "Guide for Safety in the Chemical Laboratory". ۲ ed. USA: Van Nostrand Reinhold ۲۰۰۸.
۴. "Chapter ۴: Purchasing, Storage and Handling". In: "Guideline for Managing Risks with Chemicals in DET Workplaces". Australia: Queensland Government, Department of Education and Training. ۲۰۱۲.
۵. Occupational Health and Safety Service. "Safe storage of hazardous chemicals in stockrooms, workshops and laboratories". University of Cambridge ۲۰۱۱.
۶. University of California Davis. "Flammable Liquid Storage, USA ۲۰۱۳". [Access date: ۲ Feb ۲۰۱۵]. Available from: www.ece.ucdavis.edu ۲۰۱۳.
۷. "Pyrophoric Chemicals Guide". USA: University of Minnesota. [Access date: ۲۸ July ۲۰۱۴]. Available from: http://www.dehs.umn.edu/PDFs/Pyrophoric_Chemicals_Guide.pdf
۸. Yoshida T, Wada Y, Foster N. "Safety of Reactive Chemicals and Pyrotechnics". Netherlands: Elsevier Science ۱۹۹۵.
۹. "International Building Code". USA: International Code Council Inc. ۲۰۰۹.
۱۰. Petronic San'at Engineering Company. "Premier Lab Solutions". Iran. [Access date: ۱۲ Nov ۲۰۱۵]. Available from: www.petronic.ir
۱۱. "Guidelines for Safe Storage of Flammable Materials". Texas A&M Engineering [Access date: ۱۳ Nov ۲۰۱۵]. Available from: <https://ehsd.tamu.edu/EngSafety20/Documents/LabSafety20/Manuals/labSafety.pdf>
۱۲. Gholamnia R. "Storage safety". ۲۰۰۷
۱۳. Iran's codes of safety and health at work". Iran: Iran's Labour and Social Security Institute ۲۰۱۰.
۱۴. Deputy of Treatment, Ministry of Health and Medical Education. "A Guideline for Characteristics of Chemicals and Pesticides Warhouses" [Access date: ۲۵ June ۲۰۱۵]. Available from: darman.ajajums.ac.ir
۱۵. "Safe stacking and storage". Occupational Safety and Health Service, Department of Labour, New Zealand: ۱۹۹۹

منابع فصل یازدهم

- IMDG Code: International Maritime Dangerous Goods Code". UK: International Maritime Organization; 2010.
2. Torkashvand J. "Regulations of Transportation of Dangerous Goods". Iran: Tehran Fire Department [In Persian]
 3. "Road Transport of Hazardous Materials' Regulation". In: Ministry of Road and Transportation, Iran Department of Environment. Iran: 2001.
 4. "NIOC's Guidelines for transportation of hazardous chemicals". Iran: Health, Safety and Environment office of National Iranian Oil Company (NIOC). [In Persian]
 5. United Nations. "Recommendations on the transport of dangerous goods". 16 ed. USA: 2009.
 6. "Chapter 4: Purchasing, Storage and Handling". In: Guideline for Managing Risks

with Chemicals in DET Workplaces. Australia: Queensland Government, Department of Education and Training, 2012.

7. Bridgland J. "Transporting Dangerous Goods: What every transport worker needs to know". Australian: Transport Training Advisory Board SA Inc, 2001.

منابع فصل دوازدهم

1. "Marking and identification of pipework for reclaimed". In: Greywater Systems. UK: Water Regulations Advisory Scheme, 1999.
2. "NPC's Piping Colour Coding guideline". Iranian National Petrochemical Company. 2010. [In Persian]
3. "BS1710 & BS4800 Pipeline Identification Colours". In: SIR Teknologi Ltd. UK: [Access date: 11 Mar 2014]. Available from: www.sirteknologi.co.uk, 2010.
4. "Corrosion and Cathodic Protection". [Access date: 8 Feb 2014]. Available from: http://www.naft.info/content_management.php/default/viewFile/id/81 [In Persian]
5. Iran Water Resources Management Co. Deputy of Research. "Guideline for cathodic protection of pipelines and steel structures". Publication No. 311. Iran: Iran's Management and Planning Organization, 2005. [In Persian]
6. Organization for Educational and Planning. "Chapter 7: Corrosion and Protection of Materials". 2012. Ministry of Education. Available from: www.chap.sch.ir/system/.../125-%20151-C487.pdf.
7. Ahangari B. "Detection and protection against corrosion in oil and gas pipelines". Iran: Naghous publication. [In Persian]
8. Ghoreishi SM. "Construction and technical inspection of storage tanks". Iran: Arkan Danesh publication, 2011. [In Persian]
9. Iranian Petroleum Standards. "IPS Engineering standard for linings". Iran: Deputy Minister of Engineering and Local Manufacturing Research and Standards, 2010.
10. Rezaie F. "The importance of protective coatings on buried pipelines". Iranian Corrosion Association Newsletter. 2011. [In Persian]
11. Iran Water Resources Management Co. Deputy of Research. "Cement Mortar Coating for Steel Pipe". Publication No. 173. Iran: Iran's Management and Planning Organization, 1998. [In Persian]
12. Hashemi-Majd SA. "Cathodic protection of steel pipes". Iran: Sokhan GoStar publication, 2003. [In Persian]
13. Crowl DA, Louvar JF. "Chemical process safety: fundamentals with applications". 2 ed. USA: Prentice Hall, Inc, 2002.
14. Saroj Sharma. "Leakage management and control". 2008. Netherland. Available from: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/GEN_PRS_Leakage_Management_and_Control_AC_Apr08.pdf.
15. Amin-Kasmaie M-R. "Non-Destructive Tests". Iran: Andishe-Sara Publications, 2011. [In Persian]

**Safety in the Use of
Chemicals at Work
for labor inspectors and safety officers**

