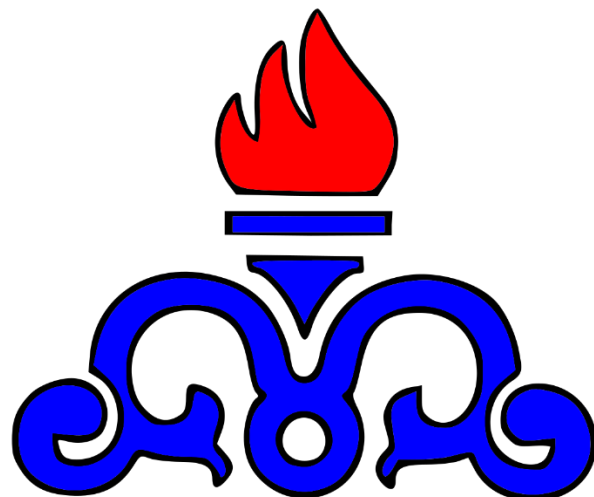




شرکت ملی گاز ایران

امور بهداشت، ایمنی و محیط زیست

دستورالعمل تهیه، تست و استفاده از

فوم‌های آتش‌نشانی

HSE-IN-S-182(0)-98

تدوین این دستورالعمل رافع مسئولیت‌های
قانونی و پیمانی افراد و پیمانکاران نمی‌باشد.

فرم مشخصات دستورالعمل:

عنوان دستورالعمل: دستورالعمل تهیه، تست و استفاده از فوم‌های آتش‌نشانی			
شناسه دستورالعمل:			
تاریخ	شماره ویرایش	تعداد صفحات	شرح

شماره اصلاحیه	تاریخ	شماره بخش / بخش‌های تغییر یافته	شماره صفحه / صفحات

اطفاء حریق توسط فوم اولین پیشرفت حاصله در مورد آتش‌های حیران‌کننده مایعات بود. بکارگیری آب در اطفاء حریق مایعات قابل اشتعال به دلیل داشتن دانسیته بزرگ‌تر آب نسبت به سایر مایعات قابل اشتعال بی‌تأثیر هست. هنگامی که مقداری مایع قابل اشتعال مانند سوخت‌های سنگین نفتی می‌سوزد گرمای فوق‌العاده‌ای تولید می‌کند. حال اگر در این حالت مقداری آب به آن افزوده شود به سرعت آب شروع به جوشیدن می‌نماید که منجر به تبخیر و افزایش حجمی سریع آب می‌شود در این حالت ممکن است پدیده overflow در سطح مایع در حال اشتعال رخ دهد و موجب گسترش آتش گردد. این پدیده سبب پاشش مایعات قابل اشتعال از سطح می‌شود، قابل ذکر است که آب به دلیل داشتن دانسیته بیشتر در قسمت پایین‌تر از سطح مایع قابل اشتعال قرار گرفته و سبب لبریز شدن سوخت از درون ظرف می‌گردد. یکی دیگر از عوامل مؤثر در اطفاء حریق با فوم بستگی به حباب‌های تولیدشده‌ای دارد که نتیجه مخلوط شدن (کنسانتره فوم + آب + هوا) است. این حباب‌های پر شده از هوا بر روی سطح مایع مشتعل شناور شده و به همین دلیل بین سوخت مشتعل و اکسیژن ایجاد فاصله نموده و موجب خفه شدن شعله می‌شود که نهایتاً اطفاء حریق را در پی خواهد داشت. فوم‌ها به دلیل داشتن دانسیته کمتر از سوخت‌ها مایع در اطفاء حریق‌های مایعات مورد استفاده قرار می‌گیرند این خاصیت شناور ماندن فوم‌ها سبب می‌شود تا سطح مایع را پوشش دهد و سبب خفه شدن بخارات مایعات در حال سوختن گردد و همچنین در صورت ایجاد بخارات سمی توسط مایعات شیمیایی آن‌ها را محبوس کرده و از گسترش و انتشار آن‌ها در هوا جلوگیری به عمل می‌آورد. حلالیت آب با بعضی از مایعات سوختی همچون حلال‌های قطبی مشکلات فراوانی را برای آتش‌نشانان می‌تواند داشته باشد این خاصیت موجب می‌شود هنگامی که فوم روی سطح مایع شناور می‌شود آب موجود در فوم با انحلال در داخل حلال‌های قطبی از داخل فوم تولیدی خارج شده و موجب تخریب سریع پوشش فوم می‌شود. سرانجام این اتفاقات موجب شده تا فوم‌های اطفاء حریقی ساخته شود که در مقابل سوخت‌های حلال آب مقاوم باشد که معروف به (فوم‌های مقاوم الکلی) هست. توسعه یافتن صنعت ساخت فوم موجب گشت تا فوم‌هایی ساخته شود که در مقابل آتش‌های نوع A نیز بکار رود.

فهرست مطالب

۱- هدف.....	۶
۲- دامنه کاربرد و محدوده تأثیر	۶
۳- مسئولیت‌ها و ضمانت اجرا.....	۶
۴- الزامات و مستندات مرجع.....	۶
۵- تعاریف.....	۷
۶- اقدامات	۱۰
۶-۱- تاریخچه پیشرفت فوم‌های اطفاء حریق	۱۰
۶-۲- عملکرد اطفاء حریق فوم.....	۱۱
۶-۳- انواع فوم‌ها.....	۱۴
۶-۳-۱- فوم‌های Class A.....	۱۴
۶-۳-۲- فوم‌های Class B.....	۱۴
۶-۳-۳- فوم پروتئینی.....	۱۴
۶-۳-۴- فوم فلوئور پروتئینی.....	۱۵
۶-۳-۵- فوم تشکیل‌دهنده لایه آبی AFFF.....	۱۶
۶-۳-۶- فوم مقاوم در برابر الکترولیت.....	۱۷
۶-۳-۷- فوم غیرپروتئینی (مصنوعی).....	۱۸
۶-۴- انواع فوم از نظر انبساط حجمی.....	۱۸
۶-۴-۱- فوم کم توسعه.....	۱۹
۶-۴-۲- فوم میان توسعه.....	۲۰
۶-۴-۳- فوم انبساط بالا یا پر توسعه.....	۲۰
۶-۵- استفاده از فوم‌های آتش‌نشانی	۲۱
۶-۵-۱- نحوه پاشش حباب کف بر روی مایعات در حال اشتعال.....	۲۱
۶-۵-۲- زمان استعمال کف بر روی حریق.....	۲۳
۶-۵-۳- نحوه به‌کارگیری تزریق کننده بین مسیر در کف رسانی.....	۲۴
۶-۶- تست فوم‌های آتش‌نشانی	۲۷
۶-۶-۱- تست تشکیل لایه.....	۲۷
۶-۶-۲- تست ۲۵ درصد تخلیه.....	۲۸
۶-۶-۳- تست عملکردی حریق.....	۳۰

- ۳۱ ۴-۶-۶- تست میزان توسعه
- ۳۱ ۵-۶-۶- تست پراکندگی
- ۳۱ ۶-۶-۶- تست حداقل دمای ذخیره‌سازی
- ۳۲ ۷-۶-۶- تست هیدرولیکی فشار

فهرست اشکال

- شکل (۱-۶) عملکرد اطفای حریق فوم‌های آتش‌نشانی..... ۱۱
- شکل (۲-۶) مثلث فوم آتش‌نشانی، عوامل مؤثر در تشکیل لایه فوم..... ۱۲
- شکل (۳-۶) چگونگی تشکیل فوم آتش‌نشانی..... ۱۳
- شکل (۴-۶) چگونگی تشکیل فوم آتش‌نشانی..... ۱۳
- شکل (۵-۶) نحوه پاشش فوم بر روی سطوح مختلف آتش..... ۲۲
- شکل (۶-۶) نحوه پاشش فوم بر روی سوخت‌های کلاس A و B..... ۲۳
- شکل (۷-۶) فلش تعیین مسیر آب درروی تزریق کننده..... ۲۴
- شکل (۸-۶) چگونگی فاصله کوپلینگ ورودی آب و کوپلینگ مکش..... ۲۵
- شکل (۹-۶) کوپلینگ ورودی و خروجی آب..... ۲۵
- شکل (۱۰-۶) لوله مکش به ته منبع مایع کف چسبیده است..... ۲۶
- شکل (۱۱-۶) مسدود بودن درب منبع به وسیله لوله مکش کف..... ۲۷
- شکل (۱۲-۶) دستگاه تنش سنج..... ۲۸
- شکل (۱۳-۶) نمونه‌هایی از دستگاه تنش سنج و رینگ آن..... ۲۸
- شکل (۱۴-۶) شما تیک نمونه‌ای از فوم ساز کشویی- شکل ۱۰،۱ استاندارد UL162..... ۲۹
- شکل (۱۵-۶) شماتیک نمونه محفظه فوم ۱۶۰۰ میلی‌لیتری و ابعاد آن..... ۳۰

فهرست جداول

جدول (۱-۶) میزان انبساط انواع فوم‌ها..... ۱۹

جدول (۲-۶) تست عملکردی حریق فوم-جدول ۱ استاندارد ISO7203..... ۳۱

جدول (۳-۶) نرخ خروجی اسپرینکلرهای آب و فوم-جدول ۸,۱ استاندارد UL162..... ۳۲

۱- هدف

هدف از ارائه دستورالعمل حاضر تهیه، تست و استفاده از فوم‌های آتش‌نشانی است.

۲- دامنه کاربرد و محدوده تأثیر

رعایت این سند در شرکت ملی گاز ایران و زیرمجموعه‌های آن الزامی است.

۳- مسئولیت‌ها و ضمانت اجرا

- ♦ مسئولیت ویرایش این سند به عهده امور HSE شرکت ملی گاز ایران است.
- ♦ ضمانت اجرایی این سند بر عهده مدیران عامل شرکت‌های تابعه، مدیران مناطق عملیاتی انتقال گاز و مجریان طرح‌های توسعه‌ای شرکت ملی گاز ایران است.

۴- الزامات و مستندات مرجع

- [1] A Firefighter's Guide to Foam, National foam
- [2] Standard on Foam Chemicals for Fires in Class A Fuels, NFPA 1150
- [3] Standard on Foam Chemicals for Wildland Fire Control, NFPA 298
- [4] Standard for Low, Medium, and High-Expansion Foam NFPA 11
- [5] Guide for the Use of Class A Foams in Fire Fighting, NFPA 1145
- [6] Fire service technology, equipment and media, volume 1
- [7] Standard for Foam Equipment and Liquid Concentrates, UL162
- [8] Fire extinguishing media--Foam concentrates -- Part 2: Specification for medium- and high-expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids, ISO 7203-2:2011
- [9] JOIFF Guideline on Foam, The Organisation for Emergency Services Management, 2010

۵- تعاریف

تعاریف عمومی^۱

استاندارد^۲: استاندارد به مجموعه‌ای از قواعد، ضوابط، دستورالعمل‌ها یا روش‌های آزمایش که توسط گروهی واجد صلاحیت تعیین، تدوین، تصویب و منتشر می‌شود، اطلاق می‌گردد. در این مجموعه منظور از استاندارد، مدارکی هستند که بر اساس استانداردهای بین‌المللی یا ملی تهیه شده باشند.

کارفرما^۳: به یکی از شرکت‌های اصلی و یا وابسته به شرکت ملی گاز ایران اطلاق می‌شود.

پیمانکار^۴: به شخص، موسسه و یا شرکتی گفته می‌شود که پیشنهادش برای مناقصه پذیرفته شده است.

سازمان^۵: در این مقررات سازمان شامل هر یک از شرکت‌ها و مناطق عملیاتی تابعه شرکت ملی گاز ایران است که هر کدام به لحاظ سازمانی دارای مدیرعامل/مدیر هستند.

تبصره: با توجه به اینکه در برخی از شرکت‌های تابعه شرکت ملی گاز، فعالیت‌های اجرایی، نظارتی و مدیریت پروژه‌ها از طریق مجموعه‌های پیمانکاری و مشاوره‌ای انجام می‌شود، مدیریت پروژه (MC) و در پروژه‌های فاقد MC دستگاه نظارت به‌عنوان سازمان محسوب می‌گردد که تحت نظر عالی کارفرما (شرکت ملی گاز و شرکت‌های تابعه) فعالیت می‌نمایند.

فرد ذی‌صلاح^۶: بر اساس تعریف OSHA به افرادی اطلاق می‌شود که قادر به تشخیص خطرات موجود و قابل پیش‌بینی در محیط کار باشند. این مخاطرات شامل موارد بهداشتی و نیز خطراتی که موجب آسیب به نفرات می‌شود است. همچنین لازم است این شخص بتواند در مواجهه با پیشامدهای ناخواسته احتمالی اقدامات اصلاحی مقتضی را انجام دهد. فرد ذی‌صلاح توسط ابلاغیه معتبر، مدت‌دار و معین‌شده توسط سازمان مربوطه مشخص می‌شود.

فرد مجرب^۸: شخصی است که بنا به گواهی مدرکی معتبر، توانایی فنی و تجربه لازم و کافی برای انجام وظیفه یا مسئولیت مشخص را دارد.

حادثه: مطابق تعریف سازمان بین‌المللی کار (ILO^۹) حادثه عبارت است از یک اتفاق پیش‌بینی‌نشده و خارج از انتظار که سبب صدمه و آسیب گردد.

ریسک: به احتمال به وجود آمدن آسیب و صدمه از یک خطر معین، ریسک گویند. طبق تعریف بهداشت حرفه‌ای و سری‌های ارزیابی ایمنی (ISO 45001) ریسک، ترکیب (تابعی) از احتمال و پیامد (های) ناشی از وقوع یک اتفاق خطرناک مشخص

^۱ تعاریف عمومی در دستورالعمل حاضر منطبق بر بخشنامه‌های ابلاغی وزارت نفت، رویه‌های سازمانی موجود و OSHA تدوین شده است.

^۲ Standard

^۳ Owner

^۴ Contractor

^۵ Organization

^۶ Authorized Person

^۷ Occupational Safety And Health Administration

^۸ Qualified Person

^۹ International Labour Organization

است.

خریدار^۱: یعنی شرکتی که این دستورالعمل بخشی از مدارک سفارش خرید مستقیم آن شرکت است و یا پیمانکاری که این استاندارد بخشی از مدارک قرارداد آن است.

فروشنده و تأمین‌کننده^۲: به موسسه و یا شخصی گفته می‌شود که تجهیزات و کالاهای مورد لزوم صنعت را تأمین می‌نماید.

مجری^۳: مجری به گروهی اطلاق می‌شود که تمام یا قسمتی از کارهای اجرائی و یا راه‌اندازی پروژه را انجام دهد.

بازرس^۴: در این استاندارد بازرس به فرد/گروه یا مؤسسه‌ای اطلاق می‌شود که کتباً توسط کارفرما برای بازرسی، ساخت و نصب تجهیزات معرفی شده باشد.

باید^۵: برای کاری که انجام آن اجباری است، استفاده می‌شود.

توصیه^۶: برای کاری که ضرورت انجام آن توصیه می‌شود، بکار می‌رود.

ترجیح^۷: معمولاً درجایی استفاده می‌شود که انجام آن کار بر اساس نظارت شرکت کارفرما باشد.

ممکن است^۸: برای کاری که انجام آن اختیاری است، بکار می‌رود.

تعاریف اختصاصی

کف: ماده‌ای است که برای خاموش کردن آتش‌سوزی مایعات قابل اشتعال (گروه B) بکار می‌رود. اگرچه کف را می‌توان برای اطفاء بعضی دیگر از گروه‌های حریق نیز بکار برد، اما اثر کف در اطفاء حریق‌های مایعات بیشتر است.

مایع کف^۹: آنچه از طرف کارخانه سازنده کف در داخل ظروف عرضه می‌شود که به‌صورت مایع هست، مایع کف نامیده می‌شود.

محلول کف^{۱۰}: مایعی است که در آن درصدی از مایع کف و آب باهم مخلوط شده‌اند. این عمل در اینداکتور انجام می‌گیرد و در آن کف با میزان آب مناسب مخلوط شده و تولید محلول کف می‌گردد.

سر لوله کف‌ساز: تمام سر لوله‌هایی که محلی برای مکش هوا جهت تولید حباب‌های کف داشته باشند، سر لوله‌های کف‌ساز محسوب می‌شوند.

تناسب ساز (تزریق‌کننده – اینداکتور^{۱۱}): تناسب ساز در حقیقت یک نوع پمپ اجکتوری است. وقتی آب از قسمت

¹ Purchaser

² Vendor And Supplier

³ Executor

⁴ Inspector

⁵ Shall

⁶ Should

⁷ Will

⁸ May

⁹ Foam Concentrate

¹⁰ Foam Solution

¹¹ Inductor

ورودی دستگاه با فشار تعیین‌شده وارد دستگاه می‌گردد، با عبور از لوله اصلی در قسمت لوله مکش دستگاه تناسب ساز ایجاد خلأ می‌نماید. خلأ ایجادشده باعث می‌گردد که مایع کف در اثر فشار هوای اتمسفر از داخل منبع کف مکیده و با آب در جریان در داخل دستگاه مخلوط شده و در نهایت از خروجی دستگاه خارج و از طریق شیلنگ به سر لوله کف‌ساز برسد.

زمان تخلیه ۲۵ درصد آب^۱: این مقدار برابر است با زمان لازم برای از دست دادن ۲۵ درصد از مایع موجود در کف.

توسعه^۲: مجموع فوم تولیدی از محلول فوم زمانی که از داخل ابزار تولید فوم عبور کرده باشد.

توربکس: توربکس دستگاهی است که به کمک تناسب سازی که دارد، به نسبت حجمی مناسبی آب و کف را باهم مخلوط کرده و پره‌های آن همانند پنکه می‌چرخد و کف را با قدرت روی آتش پرتاب می‌کند.

پایداری^۳: توانایی فوم ایجادشده پایانی در نگه‌داشتن مایع درون آن و همچنین حفظ تعداد، اندازه و شکل حباب‌های موجود در فوم و به معنای دیگر توانایی سالم باقی ماندن فوم هست.

سیالیت^۴: توانای جریان یافتن و پیشروی فوم بر روی سطح مایعات قابل اشتعال.

مقاومت در برابر آلودگی^۵: توانایی فوم تولیدشده در برابر آلودگی‌های ناشی از مایعی که برای آن به کار برده می‌شود.

مسدود کردن^۶: توانایی فوم در مسدود کردن و جلوگیری از پیشرفت حوادث و همچنین توانایی پوشش آن در مقابل سطوح داغ و بی‌شکل (اشکال نامتعارف).

تخریب و تهیج^۷: توانایی فوم تولیدشده در کنترل و اطفاء حریق را تخریب و تهیج می‌گویند.

مقاومت در برابر سوختن و برگشت شعله^۸: توانایی فوم در بدون تغییر باقی ماندن روی سطح سوخت وقتی که در مقابل گرما و شعله قرار می‌گیرد.

انبساط حجمی مایع کف: آب و مایع کف پس از اختلاط به سر لوله کف‌ساز رفته و از آنجا با جذب هوا به صورت حباب درمی‌آید. در این حالت بر حجم آن افزوده می‌شود. این افزایش حجم را انبساط حجمی یا نسبت انبساط گویند.

الاستیسیته کف: به خاصیت ارتجاعی حباب‌های کف الاستیسته کف می‌گویند.

مقدار استعمال بحرانی: حداقل مقداری است که حباب کف در تحت شرایط به خصوصی حریق را خاموش می‌کند.

مقدار استعمال حداقل: بر طبق آزمایش‌های انجام‌شده، مقداری است که از نظر سرعت مهار آتش و مقدار کف استعمال شده، عملی‌ترین حالت ممکن هست.

¹ Drainage time

² Expansion

³ Stability

⁴ Fluidity

⁵ Contamination Resistance

⁶ Sealing And Resealing

⁷ Knock Down And Extinction

⁸ Burn – Back Resistance

۶- اقدامات

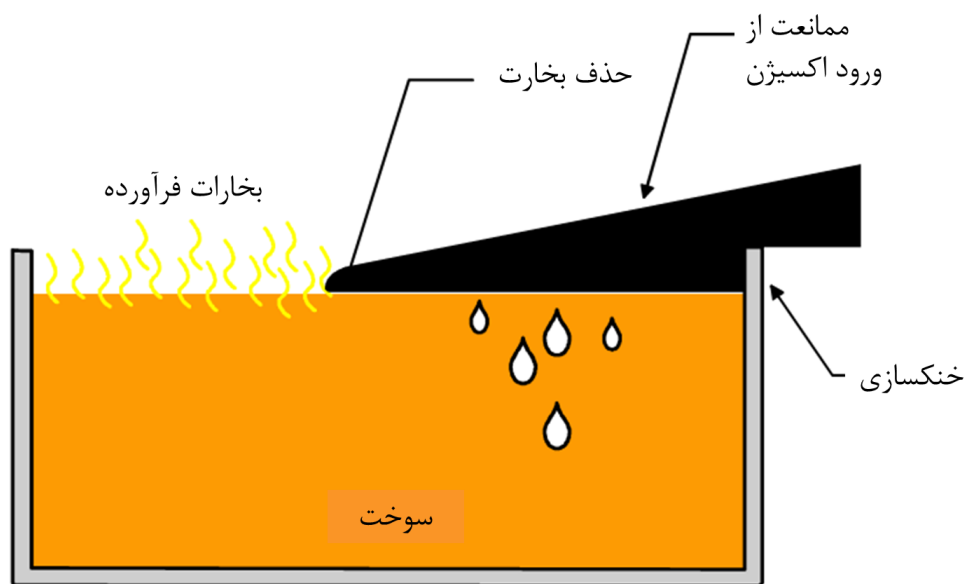
۶-۱- تاریخچه پیشرفت فوم‌های اطفاء حریق

- در سال ۱۸۷۷ فوم شیمیایی برای اولین بار توسط دانشمندان انگلیسی اختراع گردید.
- در سال ۱۹۰۴ اولین موفقیت استفاده از فوم شیمیایی در اطفاء حریق یک مخزن نفت با قطر یازده متر در کشور روسیه بود. این فوم از مخلوط کردن مقدار زیادی از دو ماده شیمیایی به وجود آمده بود.
- در سال ۱۹۱۴ دانشمندان اتریشی فومی تولید کردند که از مخلوط پودر در داخل آب و با سرعت بالا به وجود می‌آمد.
- در سال ۱۹۲۰ کنسانتره فوم پروتئینی برای اولین بار تولید گردید همراه با طراحی وسیله‌ای برای تولید و ارائه دادن اولین فوم مکانیکی.
- در سال ۱۹۳۰ پیشرفت سریع فوم‌های شیمیایی با مشخصه الکلی همراه بود. معنی کلی از مکش و تناسب میزان توسعه برای سیستم‌های فوم‌های مکانیکی همان اندازه‌ای است که ما از آن‌ها اطلاع داریم. در همان زمان کار تجربی بر روی انواع ترکیبات کنسانتره فوم آغاز گردید.
- در سال ۱۹۴۰ توسعه کنسانتره فوم‌های پروتئینه ۳٪ که فضا و وزن کمتری را با توجه به میزان کارایی آن نسبت به کنسانتره‌های فوم ۶٪ دارند.
- در سال ۱۹۵۰ می‌توانستند فوم‌های، کم، متوسط و پر توسعه تولید نمایند و همچنین موفق به تولید سنتزهای جداگانه کنسانتره فوم و نیز اولین توسعه کنسانتره‌های فوم مکانیکی مقاوم در برابر مایعات قابل امتزاج با آب.
- در سال ۱۹۶۰ توسعه بیشتر کنسانتره فوم‌های فلورو پروتئین و **AFFF** (فوم به فوم فیلم آبدار)، همچنین توسعه بهتر فوم‌های مقاوم الکلی صورت گرفت.
- در سال ۱۹۷۰ توسعه بیشتر کنسانتره فوم‌های مقاوم الکلی برای تولید فوم‌های چندمنظوره که استفاده آن به صورت ۳٪ جهت مایعات هیدروکربنی و ۶٪ روی مایعات قابل امتزاج با آب است. "**Hazmat**" پیشرفت فوم‌ها برای سرکوب کردن بخارات ناشی از مواد خطرناک صورت گرفت.
- در سال ۱۹۸۰ پیشرفت کنسانتره‌های فوم مقاوم الکلی در تولید **AFFF - AR** (مقاوم الکلی). پیشرفت فوم‌های فلور پروتئین **FFFP** (فوم فیلمی فلور پروتئین) و کنسانتره‌های فوم چندمنظوره **FFFP-AR** (مقاوم الکلی).
- در سال ۱۹۹۰ پیشرفت نمونه‌ای از کنسانتره‌های فوم مقاوم الکلی که بتوان از آن به صورت ۳٪ روی مایعات هیدروکربنی و مایعات قابل امتزاج با آب استفاده نمود. معرفی کنسانتره فوم جهت اطفاء مواد قابل اشتعال کلاس **A**.

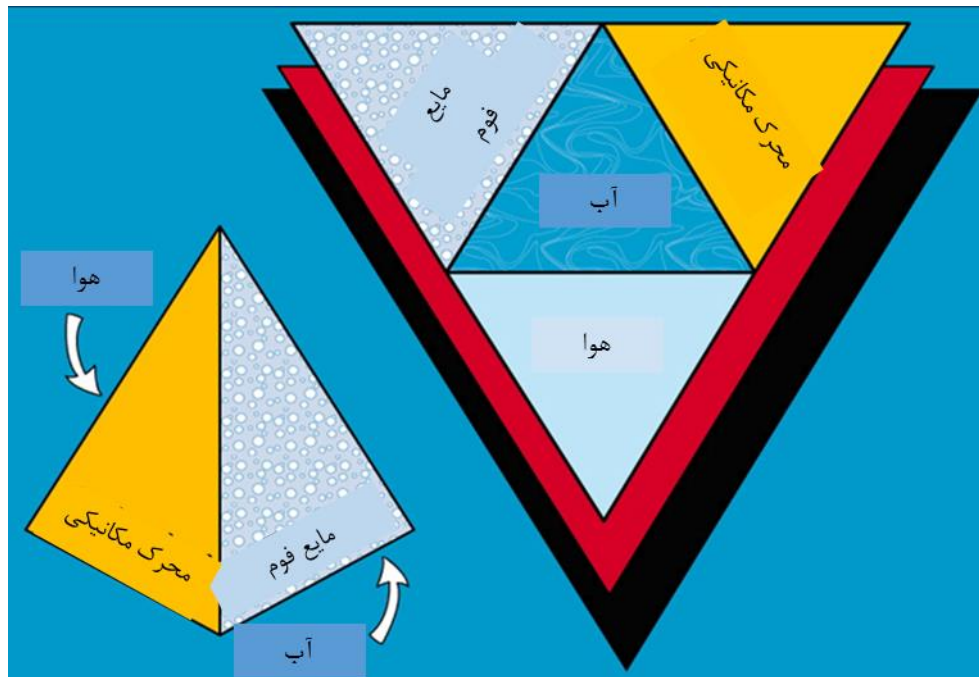
۲-۶- عملکرد اطفاء حریق فوم

فوم‌های اطفاء حریق از سوخت‌های مایع سبک‌تر هستند و روی آن‌ها شناور می‌مانند. حباب‌های فوم که شکل گرفته‌اند کمک می‌کنند به خواباندن و اطفاء حریق به روش‌های زیر:

- به‌وسیله جلوگیری از رسیدن هوا (اکسیژن) به سوخت
- به‌وسیله جدا کردن شعله از سطح سوخت
- به‌وسیله محدود کردن بخارات قابل اشتعال
- پوشش گرمای تشعشعی که می‌تواند به کاهش گرمای برگشت‌خورده از شعله به سطح سوخت کمک کند و به‌این‌ترتیب کاهش تولید بخارات قابل اشتعال را خواهیم داشت
- به‌وسیله خنک کردن سطح سوخت و سطوح فلزی، همچنان که محلول فوم از فرم کف خارج می‌شود. این عمل باعث تولید بخارات رقیق و کاهش اکسیژن اطراف سوخت می‌گردد



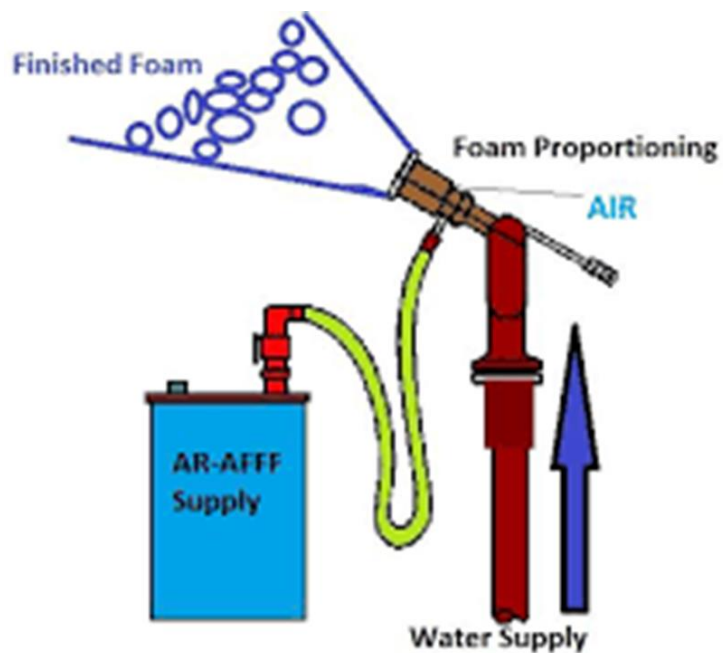
شکل (۶-۱) عملکرد اطفاء حریق فوم‌های آتش‌نشانی



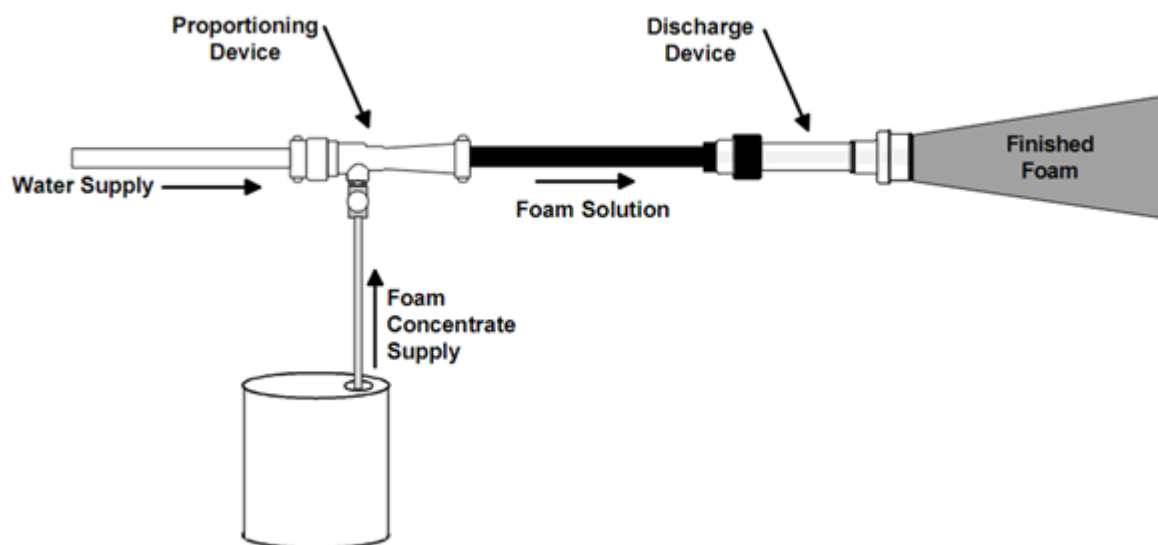
شکل (۶-۲) مثلث فوم آتش‌نشانی، عوامل مؤثر در تشکیل لایه فوم

عملکرد فوم‌های آتش‌نشانی می‌تواند تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل زیر باشد و تأثیرات و بازده بالای فوم‌های اطفاء حریق اغلب بعد از بررسی دقیق و کامل فاکتورهای بالا امکان‌پذیر است.

- نوع وسیله تولید فوم بکار و روش تولید و نگهداری فوم
- نوع کنسانتره فوم بکار رفته شده
- نوع آتش و سوخت موجود
- تاکتیک‌های بکارگیری فوم
- میزان فوم بکار رفته
- کیفیت آب بکار رفته در تشکیل فوم
- مدت‌زمان مجاورت در مقابل شعله



شکل (۳-۶) چگونگی تشکیل فوم آتش‌نشانی



شکل (۴-۶) چگونگی تشکیل فوم آتش‌نشانی

۳-۶- انواع فوم‌ها

فوم اطفای حریق، نوعی کف یا فوم است که برای خاموش کردن آتش مصرف می‌شود. نقش آن سرد کردن آتش و پوشاندن سوخت آن است و از تماس سوخت با اکسیژن جلوگیری می‌کند که در نهایت منجر به خاموشی احتراق می‌شود. کف آتش‌نشانی یا همان فوم اطفای حریق توسط مهندس و شیمی‌دان روسی الکساندر لوراند در سال ۱۹۰۲ اختراع شد. مواد فعال سطحی مصرف‌شده باید فوم را با غلظت کمتر از ۱٪ تولید کنند. سایر اجزای فوم بازدارنده عبارت‌اند از حلال‌های ارگانیک (مثل تری‌متیل تری‌متیلین گلیکول و هگزیلین گلیکول)، تثبیت‌کننده‌های فوم (مثل دودکانل) و بازدارنده‌های خوردگی.

۳-۶-۱- فوم‌های Class A

فوم‌های نوع A در اواسط دهه ۱۹۸۰ برای مقابله با آتش‌سوزی جنگل ساخته شدند. این فوم‌ها کشتش سطحی آب را پایین می‌آورند که به تر شدن و آغشته شدن سوخت‌های نوع A به آب کمک می‌کند. این عمل موجب خاموش شدن آتش و جلوگیری از احتراق مجدد می‌شود. تجربه موفقیت‌آمیز این فوم به استفاده آن مقابل انواع دیگر آتش‌سوزی‌های نوع A، از جمله آتش‌سوزی ساختمان منتهی شد.

۳-۶-۲- فوم‌های Class B

فوم‌های نوع B برای آتش‌سوزی‌های نوع B یعنی مایعات آتش‌زا، استفاده می‌شوند. استفاده از فوم نوع A برای آتش نوع B ممکن است نتایج غیرمنتظره‌ای در پی داشته باشد، چون طراحی فوم‌های نوع A به گونه‌ای نیست که مهارکننده گازهای انفجاری تولیدشده توسط مایعات آتش‌زا باشد. فوم‌های نوع B دارای دو زیرمجموعه اصلی فوم‌های مصنوعی و فوم‌های پروتئینی هستند که در ادامه هر یک توضیح داده شده است.

۳-۶-۳- فوم پروتئینی

در کف‌ها یا فوم‌های پروتئینی، پروتئین‌های طبیعی نقش عامل کف را بر عهده دارند. فوم‌های پروتئینی، برخلاف فوم‌های مصنوعی، زیست تجزیه‌پذیر هستند. جریان و پخش این فوم‌ها کندتر است، اما پوششی به وجود می‌آورند که در مقابل گرما مقاوم‌تر است و دوام بیشتری نیز دارد.

انواع فوم‌های پروتئینی عبارت‌اند از پروتئینی معمولی (P)، فوم فلوروپروتئینی (FP)، فلوروپروتئین غشا ساز (FFFP)، فوم ضد الکل فلوروپروتئینی (AR-FP) و فلوروپروتئین ضد الکل غشا ساز (AR-FFFP).

به دلیل خطر احتمالی آلودگی‌های زیست‌شناختی مثل پریون، تولید فوم پروتئینی از منابع غیر حیوانی ترجیح داده می‌شود.

مایع کف‌هایی که پایه پروتئینی دارند را بر اساس نوع پروتئین استفاده‌شده، می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

۱- پروتئین حیوانی: از ضایعات گاو و گوسفند مانند شاخ، سم، استخوان و خون.

۲- پروتئین گیاهی: بعضی از گیاهان و قارچ‌ها دارای مواد پروتئینی هستند که جهت تولید کف از این گیاهان

استفاده می‌شود.

۳- پروتئین آزمایشگاهی: بعضی از کشورها به دلیل نداشتن پروتئین قوی، پروتئین لازم در تولید مایع کف را در آزمایشگاه از ترکیب مواد یا تجزیه بعضی مواد دیگر به دست می‌آورند.

۴- مایع کف پروتئینی معمولاً جهت خاموش کردن حریق‌هایی که در سطوح آزاد اتفاق می‌افتد، بکار می‌روند.

۵- مایع کف‌های پروتئینی نیز بر اساس کاربرد به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۶- غیرمقاوم الکلی که جهت اطفاء آتش‌سوزی‌های هیدروکربن‌های نفتی که غیرقابل حل شدن در آب می‌باشند استفاده می‌شود.

۷- مقاوم در مقابل الکلهای که همان کف پروتئینی و مواد تثبیت‌کننده حباب‌ها در برابر خوردگی الکلهای هست و جهت اطفاء آتش‌سوزی‌های مایعات محلول در آب مانند الکلهای، استون‌ها و ... استفاده می‌شود.

۸- کف فلوروپروتئینی همان کف پروتئینی و فلوئور است که جهت روانی بیشتر بر روی مایعات قابل اشتعال استفاده می‌گردد. کف فلوروپروتئینی نیز دارای نوع مقاوم الکلی و غیر مقاوم الکلی است.

شایان ذکر است متناسب با نوع حریقی که در محل حادثه وجود دارد و متناسب با سیالی که دچار حریق و آتش‌سوزی شده است، می‌بایست از فوم مخصوص استفاده نمود. در اغلب موارد برای اطفاء حریق از خودروی آتش‌نشانی چندمنظوره استفاده می‌شود، بنابراین مخزن فوم خودرو می‌بایست از قبل متناسب با محتمل‌ترین و پرریسک‌ترین آتش‌سوزی تاسیسات آماده شده باشد.

۶-۳-۴- فوم فلوئور پروتئینی

ساختمان این نوع کف‌ها تقریباً کمابیش شبیه کف‌های پروتئینی هستند که علاوه بر پلیمرهای پروتئینی، دارای عوامل فلوئوری نیز می‌باشند که موجب افزایش روان‌روی جهت روانی و سادگی حرکت بر روی مایعات در حال اشتعال می‌شود. این خاصیت اجازه استفاده از این کف برای تزریق زیرسطحی به مخازن را داده و کاربرد آن با مانیتور و انواع سر لوله کف‌ساز کم توسعه که موجب فرورفتن حباب این کف در مایعات نفتی می‌شود، هیچ مشکلی ایجاد نخواهد کرد. حباب‌های کف فلوورپروتئینی دارای خصوصیات ذیل می‌باشند:

□ بر روی سطح مایعات در حال اشتعال با سرعت خوبی حرکت می‌کند.

□ سطح مایع در حال اشتعال را به خوبی می‌پوشاند.

□ در برابر برگشت شعله مقاومت خیلی خوبی دارد.

□ آلودگی بیشتری نسبت به کف پروتئینی دارد.

□ از ثبات بسیار خوبی برخوردار است.

۶-۳-۵- فوم تشکیل‌دهنده لایه آبی AFFF^۱

فوم تشکیل‌دهنده لایه آبی (AFFF) مبتنی بر آب هستند و اغلب دارای مواد فعال سطحی هیدروکربن دار مثل سدیم الکیل سولفات و دارای فلئوئوروسورفاکتانت‌ها مثل فلئوئوتلومر، پرفلوئورواکتانئوئیک اسید یا پرفلوئورواکتان سولفونیک اسید (PFOS) هستند.

فوم‌های ضد الکترول تشکیل‌دهنده غشاء مایع (AR-AFFF) فوم‌هایی مقاوم در مقابل عملکرد الکترول‌ها هستند و می‌توانند غشای محافظ به وجود آورند.

مایع کف‌های AFFF از مواد مصنوعی یا غیرطبیعی از کف سنتتایی به‌اضافه مواد فلئوئوروکربن ساخته‌شده‌اند و به‌خوبی با آب معمولی یا هر آب نمک‌دار دیگری (آب دریا) مخلوط می‌شود. ماده فلئوئور که در ترکیب AFFF بکار برده می‌شود یک عنصر بی‌نظیر در خاموش‌کننده‌ها هست و چون وزن مخصوص کمتری از مایعات در حال اشتعال دارد، بر روی سطح آن‌ها شناور گشته و با تشکیل یک قشر نازک فیلمی شکل بر روی سطح مایعات در حال اشتعال، مانع رسیدن اکسیژن به آتش می‌شود. این قشر شناور باعث جلوگیری از بازگشت شعله گردیده و همچنین از آتش گرفتن مواد سوختنی که شعله‌ور نشده و در مجاورت آتش هست ممانعت می‌نماید. سرعت عمل خاموش‌کنندگی این نوع فوم چهار برابر کف پروتئینی است. کف AFFF چون خاصیت چسبندگی زیادی مانند کف پروتئینی را ندارد و چون قشر نازک فیلمی شکل تشکیل می‌دهد، در قسمت‌هایی که سطح مایع در حال اشتعال باشد به‌خوبی عمل کرده، ولی در قسمت‌هایی که دارای پستی‌وبلندی باشد، مانند بدنه هواپیما، قدرت چسبندگی و پوشش کمتری نسبت به کف پروتئینی دارد. در صورتی که حباب کف AFFF را روی سطح بنزین بریزیم، از آتش گرفتن بنزین ممانعت می‌کند.

کف‌های AFFF از هیدروکربن‌هایی با زنجیره‌های طولانی تشکیل‌شده‌اند و پلیمرهای بزرگ محلول در آب برای افزایش پایداری حباب‌ها به این کف‌ها اضافه می‌شوند. این کف‌ها غیر سمی بوده و بعد از رقیق شدن (ایجاد محلول کف)، توسط میکروارگانیزم‌ها قابل تجزیه هستند.

حباب‌های کف AFFF دارای خصوصیات ذیل می‌باشند:

- از کلیه کف‌های شناخته‌شده، بر روی سطح مایعات در حال اشتعال سریع‌تر حرکت می‌کند.
- بسیار سریع حریق را کنترل و اطفاء می‌کند.
- نرخ از دست دادن آب آن خیلی زیاد است.
- آب از دست‌رفته آن بر روی سطح مایع در حال اشتعال شناور شده و تشکیل یک لایه نازک فیلمی شکل می‌دهد.
- سطح مایع در حال اشتعال را خوب می‌پوشاند.
- مقاومت آن در برابر برگشت شعله در حد قابل قبولی است.

¹ Aqueous Film Forming Foam

□ آلودگی محیط‌زیست آن در حد متوسط است.

محلول کف AFFF با هر سر لوله‌ای حتی سر لوله آب می‌تواند مورد مصرف قرار گیرد. از آنجایی که حباب در آن مطرح نیست، سطح‌های ناهموار یا جامدات را با سر لوله کف نازل نمی‌تواند به‌خوبی پوشش دهد. طبق استاندارد، هنگامی بهترین کارایی را دارد که با سر لوله‌های بدون حباب و کم توسعه مورد مصرف قرار گیرد.

۶-۳-۶- فوم مقاوم در برابر الکل

فوم‌های مقاوم در برابر الکل دارای شاخه پلیمری هستند که لایه‌ای محافظ بین سطح مشتعل و فوم ایجاد می‌کند که مانع تجزیه شدن فوم توسط الکل موجود در ماده مشتعل می‌شود. فوم‌های ضد الکل برای خاموش کردن سوخت‌های اکسیژن‌دار، مثل MTBE، یا آتش گرفتگی مایعاتی مبتنی بر حلال‌های قطبی یا دارای حلال‌های قطبی، استفاده می‌شوند. به علت اینکه هم کف‌های معمولی و هم الکل‌ها از لحاظ شیمیایی قطبی هستند، در هم حل می‌شوند و قادر به اطفاء حریق الکل‌ها نمی‌باشند. بنابراین کف‌های معمولی به هنگام مصرف بر روی مایعات قابل‌حل در آب یا محلول‌های قطبی در معرض شکسته شدن حباب‌ها و بی‌اثر شدن هستند. از جمله این مایعات می‌توان از الکل‌ها، لاک، متیل اتیل کتون، استون، ایزوپروپیل اتر، اکریلو نیتریل، بوتیل استات و آمین‌ها و انیدریدها نام برد. حتی مقادیر کمی از این مواد در صورت مخلوط شدن با هیدروکربن‌ها موجب درهم شکستن حباب‌های کف‌های معمولی خواهد شد. بنابراین باید کف‌های ویژه‌ای به نام کف‌های مقاوم الکی جهت اطفاء این‌گونه مایعات قابل‌حل شدن در آب مورد استفاده قرار گیرد. بعضی از کف‌های مقاوم الکی بلافاصله بعد از مخلوط شدن با آب می‌بایستی سریعاً مورد مصرف قرار گیرند. محلول کف این نوع کف‌ها را نمی‌توان به فاصله‌های خیلی دور پمپاژ نمود؛ زیرا اگر زمان عبور (زمان لازم برای محلول کف جهت حرکت از محل تولید محلول تا خروجی که معمولاً سر لوله کف‌ساز هست) طولانی باشد، خاصیت کف دهی محلول کم شده و یا از بین می‌رود. مایع کف‌های مقاوم الکی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

مایع کف‌های با پایه پروتئین شامل صابون‌های فلزی سنگین که به‌واسطه محلول آمونیاکی در کف محلول می‌باشند. حباب کف تولیدشده این گروه باید به‌آرامی بر روی حریق مورد استفاده و محدودیت زمان عبور آن نیز مدنظر قرار گیرد.

مایع کف‌های دوبخشی که بخشی از آن شامل سیستم پلیمری است. پلیمریزه شدن آن به‌وسیله محلول کاتالیزتی بخش دوم تشدید می‌شود و این عمل موجب پایداری کف مقاوم در برابر الکل تولیدشده می‌گردد. این نوع محلول کف‌ها دارای محدودیت زمان عبور نبوده و نیاز به الزام استعمال آرام نیز ندارد. مایع کف‌های ترکیبی یا مصنوعی با سیستم تک‌بخشی برای تولید حباب کف جهت استعمال، هم بر روی مایعات هیدروکربنی و هم برای محلول‌های قطبی با انواع مختلف وسایل کف‌ساز می‌تواند مورد استفاده قرارگیری. محلول کف این‌گونه کف‌های مقاوم دارای محدودیت زمان عبور نبوده و دمای نرمال استفاده از این محلول کف‌ها بین $7/1^{\circ}\text{C}$ تا $9/48^{\circ}\text{C}$ هست.

به‌طور کلی می‌توان گفت مایع کف‌های مقاوم الکی دارای عامل پلیمری هستند که لایه حباب کف را از مایعات در حال اشتعال قابل‌حل در آب حفاظت می‌کنند. این پلیمرها در زمانی که با محلول قطبی تماس می‌یابند، در کف باقی‌مانده و

اگرچه محلول قطبی سعی در خارج کردن آب از حباب کف را دارند، لیکن این غشا پلیمری از تخریب حباب کف جلوگیری می‌نماید.

۶-۳-۷- فوم غیر پروتئینی (مصنوعی)

این نوع مایع کف که آن را به نام مایع کف‌های سنتتیک یا مصنوعی می‌شناسند، از مواد غیرطبیعی و به‌طور مصنوعی از صنایع پتروشیمی و پاک‌کننده‌ها ساخته شده و دارای انواع مقاوم و غیر مقاوم الکلی هست. توسعه حجمی آن‌ها زیاد است، لذا از این نوع مایع کف به‌طور معمول جهت خاموش کردن آتش‌سوزی‌هایی که در محیط‌های بسته رخ می‌دهد استفاده می‌شود. کف‌های زیادی وجود دارند که به علت وجود مرطوب کننده‌ها و یا به عبارتی روان کننده‌ها و دارا بودن خصوصیات مواد پاک‌کننده، در نتیجه کشش سطحی پائین و روان‌روی بالا، از گسترش و پوشش دهی مناسبی برخوردار بوده و قابلیت نفوذ بالای آن اجازه استفاده از این کف‌ها را در آتش‌های گروه A نیز می‌دهد. این کف‌ها از پایداری کمتری نسبت به کف‌های پروتئینی برخوردار است. حباب‌هایی که در معرض حرارت زیاد و فشارهای مکانیکی است، آب خود را به سرعت از دست می‌دهند. از مشخصات خوب این کف این است که قادر است شیء یا شخص در دام آتش را از بقیه آتش جدا نماید. این نوع کف برای پر کردن حجم مناسب است (پر کردن زیرزمین) و به‌عنوان سپر حرارتی نیز استفاده می‌شود. حباب‌های کف سنتتیک دارای خصوصیات ذیل می‌باشند:

□ به راحتی و خیلی سریع روی سطح مایع در حال اشتعال حرکت می‌کند.

□ کمی با مایع در حال اشتعال مخلوط می‌شود.

□ در برابر برگشت شعله مقاومت خوبی ندارد.

□ انبساط آن راحت است.

۶-۴- انواع فوم از نظر انبساط حجمی

کف‌ها از نظر توسعه حجمی به‌طور کلی به چهار دسته تقسیم می‌شوند. کف یا فوم‌های کم توسعه مثل AFFF که دارای نرخ گسترش کمتر از ۲۰ هستند و اسکوزیته پایین دارند، تحرک بیشتری دارند و می‌توانند به سرعت نواحی بزرگ را پوشش دهند. فوم‌های بسط متوسط دارای نرخ گسترش ۲۰-۱۰۰ هستند. فوم‌های با بسط بالا نرخ گسترشی بیشتر از ۱۰۰-۲۰۰ دارند و برای محیط‌های سرپوشیده مثل پناهگاه‌ها مناسب هستند.

کف بدون حباب: که توسعه حجمی آن صفر تا دو (۰-۲) برابر حجم اولیه محلول کف

هست. (این مواد مایعات اطفاء کننده هستند که بعضی آن را جزء خانواده کفه‌امی دانند).

کف کم توسعه: کف‌هایی که انبساط حجمی آن‌ها یک‌به‌بیش می‌باشند، جزء کف‌های کم توسعه محسوب می‌شوند.

کف میان توسعه: کف‌هایی که انبساط حجمی آن‌ها از بیست تا دویست (۲۰۰-۲۰) می‌باشند،

کف‌های میان توسعه نامیده می‌شوند. این نوع کف‌ها معمولاً در عمل بین (۷۵-۱) الی (۱۵۰-۱) وابسته به نوع وسایل تهیه کف، توسعه حجمی دارند.

کف پر توسعه: کف‌هایی که انبساط حجمی آن‌ها دویست تا دو هزار (۲۰۰۰-۲۰۰) است،

مایع کف‌های پر توسعه گفته می‌شوند. این نوع مایع کف معمولاً در عمل، با توجه به نوع وسایل تهیه کف دارای انبساط حجمی بین (۷۵۰-۱) الی (۱۰۰۰-۱) می‌باشند.

درصد انبساط حجمی حباب کف با توجه به نوع سر لوله کف‌ساز، درصد اختلاط و فشار، متفاوت هست. بعضی از مایع کف‌ها را می‌توان با هر نوع سر لوله کف‌ساز استفاده نمود، اما حداکثر بازدهی این مایع کف‌ها طبق جدول ذیل پیشنهاد می‌گردد.

جدول (۶-۱) میزان انبساط انواع فوم‌ها

نام فوم (مایع کف)	بدون حباب ۰-۲	کم توسعه ۲۰-۲	میان توسعه ۲۰-۲۰۰	پر توسعه ۲۰۰-۲۰۰۰
کف پروتئینی		x		
کف فلوروپروتئینی		x	x	
کف غیر پروتئینی			x	x
کف AFFF	x	x		
کف مقاوم الکلی	x	x	x	
کف انبساط بالا				x

۶-۴-۱- فوم کم توسعه

- ❑ آتش‌های مایعات قابل اشتعال بزرگ
- ❑ حوادث ترافیک جاده‌ای.
- ❑ آتش‌های مایعات قابل اشتعال ریزان.
- ❑ سرکوب کردن بخارات.
- ❑ نجات برخوردهای هواپیما.
- ❑ خاموش‌کننده‌های قابل حمل.

۶-۴-۲- فوم میان توسعه

- سرکوب کردن بخارات.
- محدوده تانک‌های ذخیره‌سازی مایعات قابل اشتعال.
- گذرها یا کانال‌های اصلی کوچک
- آتش‌های کوچک مربوط به مایعات قابل اشتعال از قبیل حوادث ترافیک جاده‌ای.
- ایمن نگه‌داشتن مبدل‌ها (ترانسفورمرها).

۶-۴-۳- فوم انبساط بالا یا پر توسعه

- سرکوب کردن و اطفاء و حمایت از مقادیر زیاد مانند انبارها، آشیانه‌های فرودگاه.
- انبارهای کشتی، دالان معادن و غیره.
- کانال‌ها یا گذرهای اصلی.
- سرکوب بخارات (شامل مایعات سرد مانند LPG/LNG).
- فوم‌های تولیدی با مکش ثانویه (secondary aspirated)
- آتش‌های مایعات قابل اشتعال بزرگ (i.e. storage tanks, tank bunds).
- نجات برخورد‌های هواپیما.
- خاموش‌کننده‌های قابل حمل.

مایع کف‌های پر توسعه در زمره کف‌های ترکیبی به شمار می‌آیند. این نوع مایع کف‌ها از مواد مصنوعی و غیرطبیعی ساخته می‌شوند و در ساخت آن‌ها جهت پایین آوردن کشش سطحی از مواد مرطوب‌کننده و نوعی سطح‌گرای هیدروکربنی استفاده شده است. محلول این نوع کف‌ها قادر به انبساط بسیار زیاد (تحت شرایطی ایدئال تا ۲۰۰۰ برابر حجم اولیه) بوده و برای استفاده در سرلوله‌های کف‌ساز پر توسعه (توریکس)، ساخته شده‌اند. این نوع مایع کف‌ها برای مهار و اطفاء آتش‌سوزی‌های گروه A و B مناسب بوده و به علت جریان سیل‌وار آن برای محل‌های سربسته (زیرزمین‌ها) و داخل ساختمان‌ها بسیار مؤثر می‌باشند.

مایع کف‌های پر توسعه ما را قادر به انتقال حجم انبوهی از حباب‌های کف روان به محل‌های سربسته می‌کند. در نتیجه سرازیر شدن حجم انبوهی از این کف، بخارات قابل اشتعال، حرارت و دود از محل حریق خارج شده و جای خود را به حباب‌های این کف می‌دهد. آزمایش‌های نشان داده‌اند که استفاده از کف پر توسعه همراه اسپرینکلرهای خودکار آب موجب اطفاء بهتر حریق می‌گردد. کارایی کف‌های انبساط بالا بستگی به میزان مصرف و انبساط و پایداری حباب‌های کف دارد.

کف‌های پر توسعه دارای اثرات زیر هست:

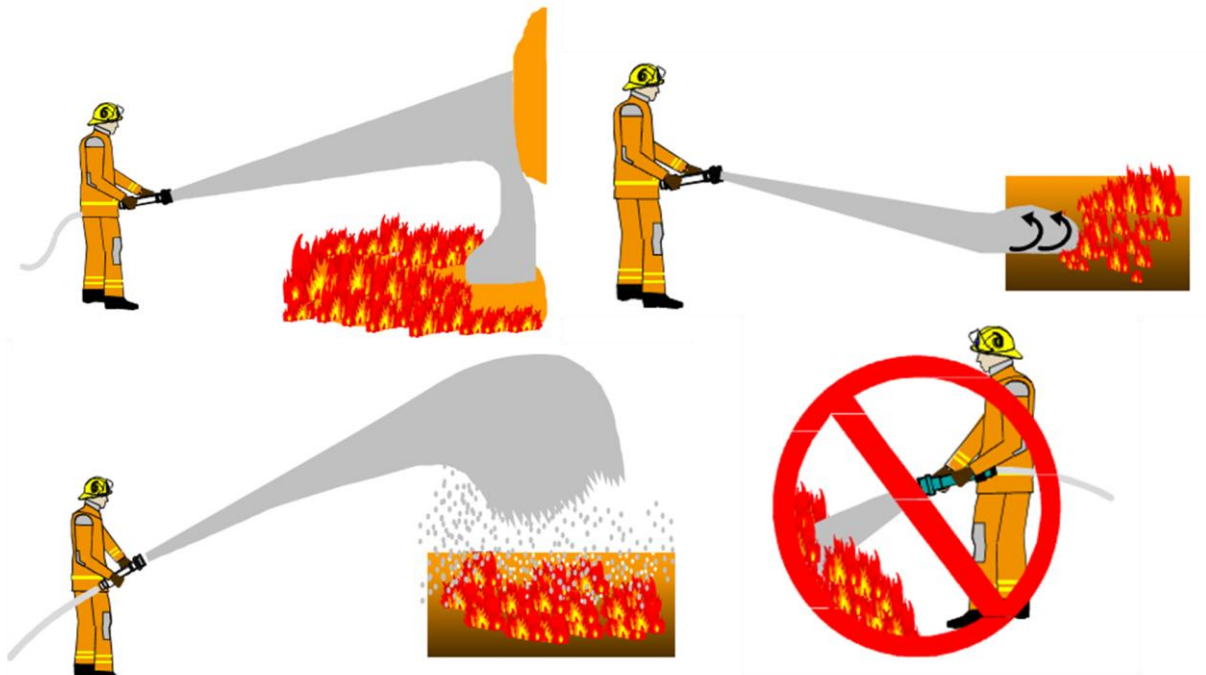
- به هنگام تولید انبوه موجب ممانعت از ورود هوای موردنیاز آتش‌سوزی می‌شود.
 - در صورت قرار گرفتن در معرض حرارت بالا، آب موجود در حباب‌ها بخار شده و این بخار موجب رقیق شدن هوای محل حریق سربسته می‌گردد.
 - تبدیل آب به بخار موجب جذب حرارت از آتش و سرد کردن مواد قابل اشتعال می‌شود. با توجه به کشش سطحی پائین این کف‌ها، مابقی حباب‌ها که از بین نرفته‌اند به پیشروی ادامه داده و به خلل و فرج و منافذ بین مواد سوختنی گروه A نفوذ می‌کنند.
 - از این کف‌ها می‌توان به‌عنوان سپر حرارتی و مانعی برای گسترش آتش‌سوزی با ایجاد سدی از حباب کف استفاده کرد و مواد و بخش‌هایی که هنوز در معرض آتش‌سوزی قرار نگرفته‌اند را محافظت نمود.
- تحقیقات نشان داده است که استفاده از هوای درون ساختمان در حال آتش‌سوزی برای تولید کف انبساط بالا، اثرات مخربی بر حجم و پایداری کف تولیدشده می‌گذارد. دود و گازهای تولیدی حریق به هنگام واکنش با عوامل کف‌ساز، میزان حباب کف تولیدی را کاهش و میزان تخلیه آب را افزایش می‌دهند. هوا با دمای بالا موجب شکستن حباب کادر بدو ورود به محل آتش‌سوزی شده و همچنین شکستگی فیزیکی حباب‌ها تحت تأثیر بخار و ذرات جامد (دود) برخاسته از فرآیند احتراق به وقوع می‌پیوندد. این عوامل نابودکننده حباب‌های کف، با تولید بیشتر حباب‌های کف جبران می‌گردد. هنگامی که هوای تولید کف پر توسعه دارای گازهای سمی و دود باشد، جهت ورود به این محل باید از دستگاه تنفسی و طناب راهنما استفاده نمود.
- هر فومی کاربرد خاص خود را دارد. فوم‌های با گسترش زیاد در محیط‌های بسته‌ای که باید به‌سرعت پر شوند، مثل زیرزمین یا پناهگاه، استفاده می‌شوند. فوم‌های با گسترش کم برای مایعات آتش‌زا استفاده می‌شوند. بهترین مصرف AFFF برای مایع سوخت جت است، FFFP برای مواردی که سوخت محترم می‌تواند در عمق بیشتری جمع شود بهتر است و AR-AFFF برای الکل‌های سوزان مناسب‌تر است. بیشترین انعطاف‌پذیری را AR-AFFF و یا AR-FFFP دارند. AR-FFF باید در مکان‌هایی استفاده شود که گازوییل با مواد اکسیژن‌دار مخلوط می‌شود، زیرا الکل‌ها مانع شکل‌گیری غشا بین فوم FFFP و گازوییل می‌شوند؛ چیزی که موجب تجزیهٔ فوم و عملاً باعث بی‌اثر شدن آن می‌شود.

۵-۶- استفاده از فوم‌های آتش‌نشانی

۵-۶-۱- نحوه پاشش حباب کف بر روی مایعات در حال اشتعال

تمامی حباب‌های کف وقتی بالاترین قدرت خود را اعمال می‌نمایند که به‌ملايمت بر روی حریق پاشیده شوند. هرچند در اغلب حریق‌ها به علت حرارت بالا، اجباراً حباب کف را از فاصله دور به‌وسیله سر لوله‌های کف‌ساز کم توسعه و یا مانیتور که قدرت پرتاب دارند به محل حریق هدایت می‌شوند. این عمل باعث می‌گردد تا حباب کف به‌صورت یک باریکه پرفشار با سطح مایع در حال اشتعال برخورد نماید و باعث مخلوط شدن حباب کف و سوخت گردد. این مخلوط شدن باعث

کاهش عملکرد تمامی کف‌ها می‌شود، خصوصاً در مواردی که مایعات مخرب حباب کف در این ترکیب دخیل باشد. ضمن اینکه اگر حباب کف را با فشار سرعت بر روی مایعات در حال اشتعال بپاشیم باعث می‌شود مقداری از مایع در حال اشتعال به اطراف مخزن پاشیده شده و حریق گسترده گردد. برای جلوگیری از مخلوط شدن حباب کف و سوخت (که باعث کاهش قدرت حباب کف می‌شود)، از روش‌های ذیل می‌توان استفاده نمود.



شکل (۵-۶) نحوه پاشش فوم بر روی سطوح مختلف آتش

بهترین روش از طریق بازتاب هست، به‌طوری‌که جریان حباب کف را به بدنه ظرف پاشیده که پس از برخورد حباب‌های کف به‌صورت آرام روی سطح مایع در حال اشتعال حرکت کرده و حریق را خاموش نماید و یا پاشش حباب‌های کف به نقطه‌ای خارج از سطح مایع در حال اشتعال که پس از برخورد، فشار حباب‌های کف کاهش یافته و به شکل ملایم روی سطح مایع در حال اشتعال حرکت نماید. موارد زیر را به هنگام استفاده و کاربرد حباب‌های کف در نظر داشته باشید:

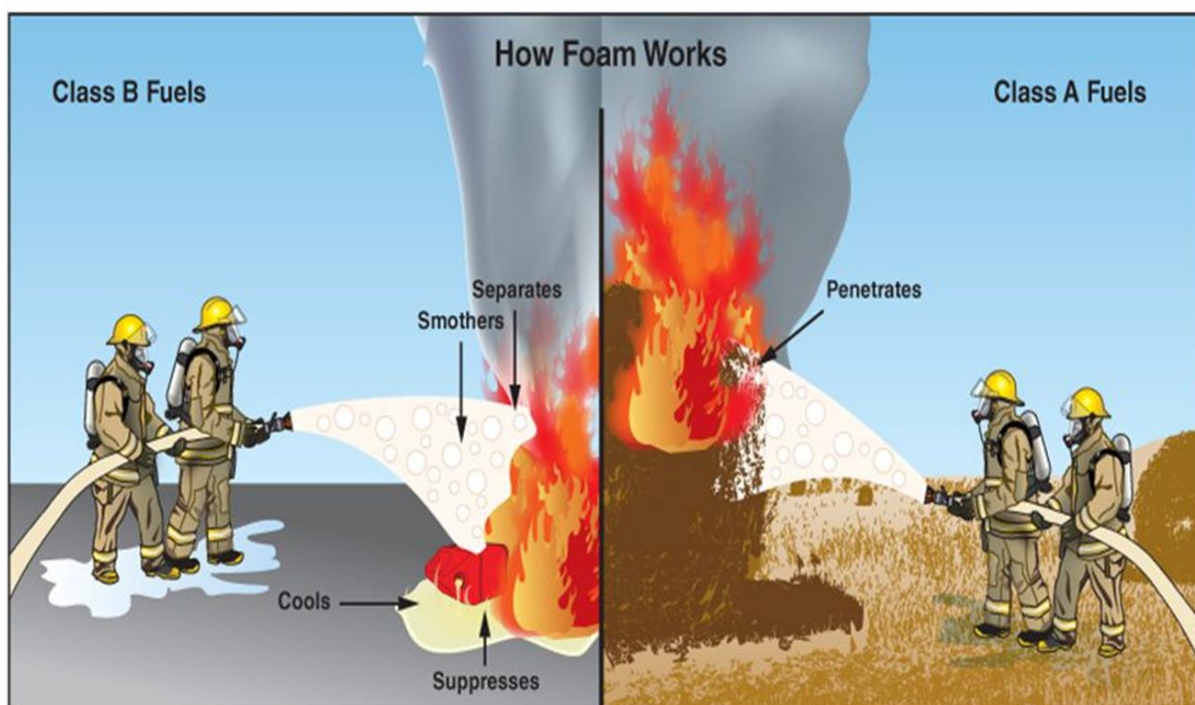
□ هر چه کف به آرامی استعمال شود به همان میزان اطفاء سریع‌تر انجام می‌گیرد و مقدار کمتری مایع کف لازم خواهد بود.

□ اطفاء موفق به وسیله حباب کف بستگی به مقدار مصرف آن دارد. مقدار مصرف برحسب مقدار معینی از محلول کف بر واحد سطح در هر دقیقه بیان می‌شود.

□ افزایش مقدار مصرف حباب کف از حداقل توصیه‌شده، زمان معمول برای اطفاء را کاهش می‌دهد. اگر مقادیر مصرف به کمتر از میزان حداقل توصیه‌شده برسد زمان اطفاء طولانی‌تر و احتمالاً اطفاء صورت نگیرد. اگر مقدار

مصرف بازهم کاهش یابد طوری که مقدار کف از دست‌رفته به‌وسیله حرارت با کف استعمال شده برابر و یا بیشتر از آن باشد آتش تحت کنترل درنخواهد آمد و اطفاء صورت نخواهد گرفت.

- مقدار استعمال بحرانی حداقل مقداری است که حباب کف در تحت شرایط به خصوصی حریق را خاموش می‌کند.
- مقدار استعمال حداقل بر طبق آزمایش‌های انجام‌شده، مقداری است که از نظر سرعت مهار آتش و مقدار کف استعمال شده، عملی‌ترین حالت ممکن هست.



شکل (۶-۶) نحوه پاشش فوم بر روی سوخت‌های کلاس A و B

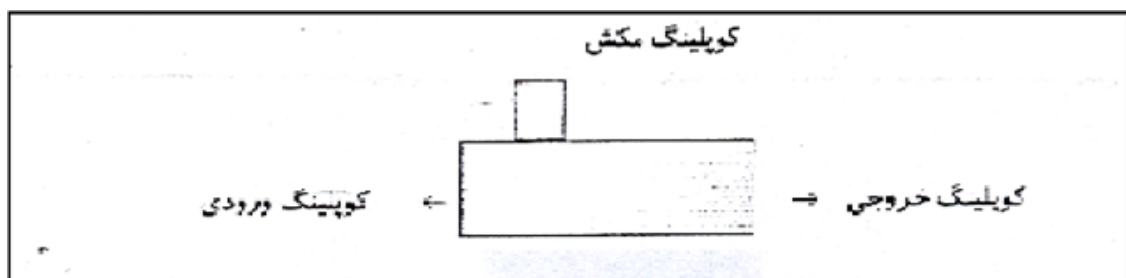
۶-۵-۲- زمان استعمال کف بر روی حریق

- در حالت کلی اگر چنانچه کف‌ها با آب دمای پایین‌تر تولید شوند از پایداری بیشتری برخوردار می‌گردند. دمای ارجح بین ۱/۷ درجه سانتی‌گراد تا ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد هست. برای این منظور از آب معمولی و آب دریا می‌توان استفاده کرد. موادی مانند پاک‌کننده‌ها، مواد روغنی و یا بعضی مواد خورنده به کیفیت حباب کف تولیدشده آسیب می‌رسانند.
- فشار توصیه‌شده همواره باید زیر نظر باشد. کیفیت حباب کف در نتیجه کاهش و افزایش از این محدوده آسیب می‌بیند.

- برخی حباب کف‌ها در نتیجه تماس با بعضی از گازهای متصاعد از دیگر خاموش‌کننده‌ها شدیداً آسیب می‌بینند، همان‌طوری که بخارات حاصله از تجزیه مواد پلاستیک موجب از بین رفتن حباب کف می‌گردد. این خاموش‌کننده‌ها نباید هم‌زمان با کف‌ها بکار برده شود.
- محلول کف رسانا بوده و نباید برای وسایل الکتریکی بکار برده شود.

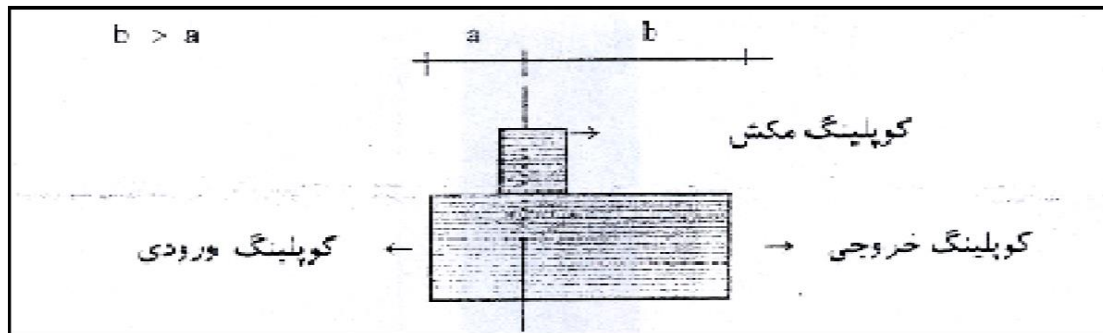
۳-۵-۶- نحوه به کارگیری تزریق کننده بین مسیر در کف رسانی

- لوله‌ای هم‌قطر با ورودی تزریق کننده از پمپ یا منبع آب تحت فشار کشیده و به ورودی اینداکتور وصل کنید.
 - یک ظرف حاوی مایع کف کنار تزریق کننده قرار داده و لوله مکش تزریق کننده را داخل ظرف کف نمایید.
 - لوله‌ای به کوپلینگ خروجی و سر دیگر لوله را به سر لوله کف‌ساز متناسب با بازدهی تزریق کننده وصل نمایید.
 - درجه تنظیم تزریق کننده را طبق درصد مایع کف تنظیم کنید.
 - شیر منبع تحت فشار یا پمپ را باز نمایید.
 - فشار را تنظیم کرده و عملیات کف رسانی را انجام دهید. پس از پایان عملیات به جای ظرف مایع کف، ظرف آب قرار داده و کلیه وسایل کف‌ساز را شستشو دهید.
 - لوله ورودی آب را اشتباهاً به کوپلینگ خروجی وصل کرده باشیم.
- کوپلینگ ورودی آب را می‌توان از روی سه نشانه تشخیص داد:
- الف) در روی تزریق کننده فلشی که جهت مسیر آب را نشان می‌دهد نمایان است.



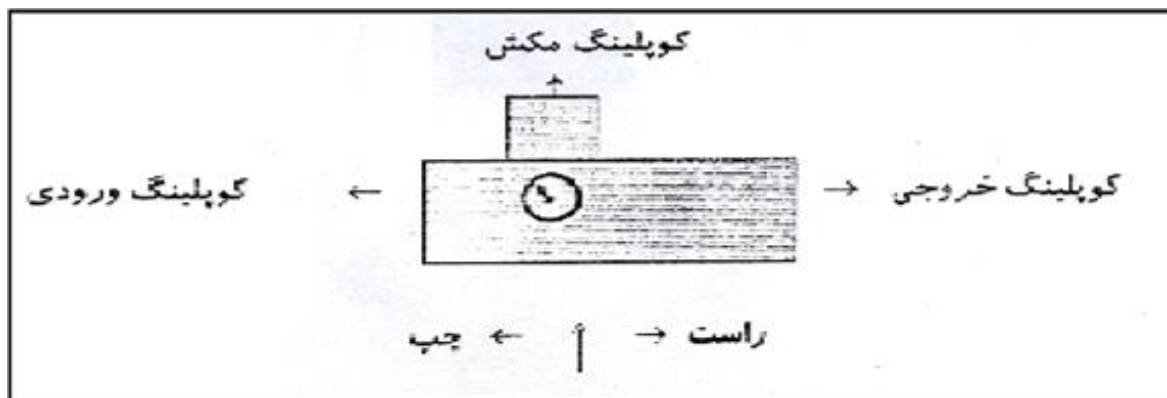
شکل (۶-۷) فلش تعیین مسیر آب در روی تزریق کننده

ب) فاصله کوپلینگ ورودی آب و کوپلینگ مکش کمتر از فاصله کوپلینگ خروجی و کوپلینگ مکش هست.



شکل (۸-۶) چگونگی فاصله کوپلینگ ورودی آب و کوپلینگ مکش

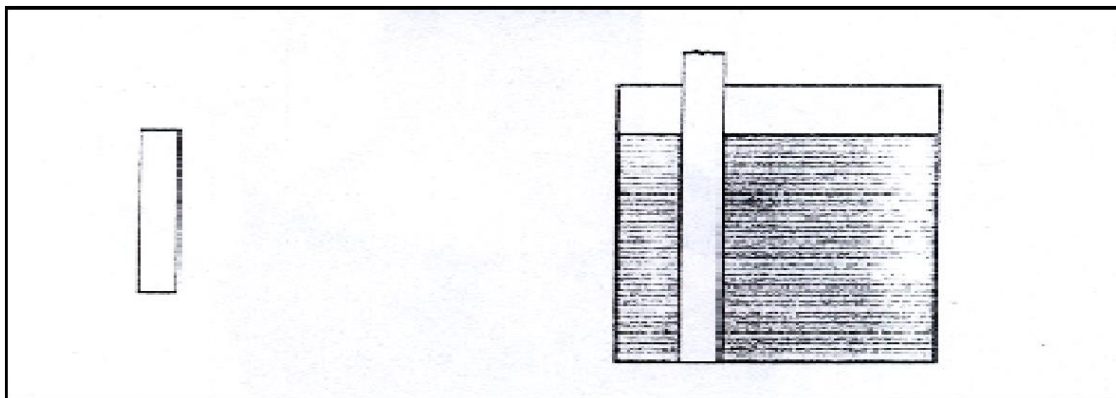
ج) هرگاه دستگاه را طوری قرار دهیم که درجه تنظیم رو به ما باشد، کوپلینگ ورودی آب در سمت چپ و کوپلینگ خروجی در سمت راست بدن قرار دارد.



شکل (۹-۶) کوپلینگ ورودی و خروجی آب

- ❑ درجه تنظیم بسته باشد، گاهی اوقات آتش‌نشان‌ها بر اثر هیجانی که دستخوش آن می‌شوند و یا بر اثر سهل‌انگاری، درجه تنظیم را فراموش می‌نمایند و این امر باعث می‌گردد که وقتی درجه روی صفر قرار دارد مایع کف مکیده نشود.
- ❑ لوله مکش مایع کف به مایع منبع کف نرسیده باشد، شتاب‌زدگی و یا بی‌توجهی مأمورین باعث این امر می‌گردد.
- ❑ لوله مکش گرفته باشد، این مسئله در اثر شستشو ندادن لوله مکش پس از هر عملیاتی اتفاق می‌افتد.
- ❑ ته منبع مایع کف رسوب گرفته باشد و لوله مکش داخل رسوب فرو رفته باشد این موضوع بیشتر در مایع کف‌های پروتئینی اتفاق می‌افتد.
- ❑ بر اثر سوراخ شدن لوله مکش و یا بر اثر افتادن واشر کوپلینگ مکش، لوله مکش، هوا بکشد.

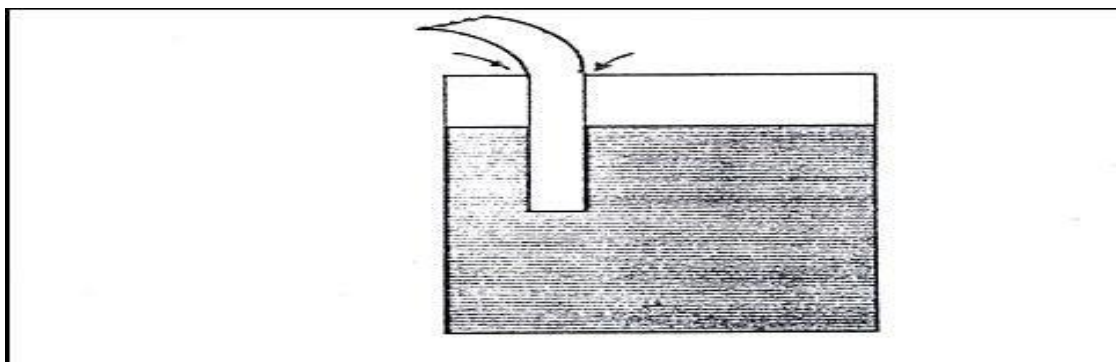
□ انتهای لوله مکش صاف باشد و به ته ظرف چسبیده باشد.



شکل (۶-۱۰) لوله مکش به ته منبع مایع کف چسبیده است

- گاهی در اثر مرور زمان و کار زیاد این لوله‌ها آسیب‌دیده و سوراخ می‌شوند. افراد بی‌اطلاع جهت استفاده از آن‌ها قسمت سوراخ شده را قطع می‌کنند و اگر ته آن را صاف ببرند مشکل زیر حاصل می‌شود، یعنی لوله به هنگام مکش به ته ظرف می‌چسبد و دیگر قادر به‌منش نیست. بنابراین انتهای لوله مکش باید طوری باشد که به ته ظرف مایع کف نچسبد.
- ساچمه‌مکنده مایع کف در اثر رسوبات حاصل از مایع کف بزرگ‌شده و در محل خود قادر به حرکت نباشد، شستشوی دستگاه با آب تمیز پس از هر عملیاتی از وقوع چنین پیشامدی جلوگیری به عمل می‌آورد.
- شیپوری داخل دستگاه از جای خود حرکت کرده باشد، در اثر ضربه دیدن تزریق‌کننده و افتادن از بلندی و غیره، ممکن است شیپوری از جای خود حرکت نماید.
- آب از داخل دستگاه عبور نمی‌کند، ممکن است بر اثر وارد شدن شن و مواد زائد، صافی دستگاه دچار گرفتگی شده باشد، یا اگر آب عبور می‌نماید فشار آن به قدری کم است که قادر به مکش مایع کف نیست، در این حالت فشار پمپ مشکل را مرتفع می‌سازد.
- بازدهی سر لوله کمتر از بازدهی تزریق‌کننده باشد، وقتی بازدهی تزریق‌کننده 200 lit/min باشد اجباراً باید بازدهی سر لوله مکانیسم 200 lit/min گردد و اگر اشتباهاً سر لوله‌ای را مورد استفاده قرار دهیم که مثلاً 150 lit/min بازدهی داشته باشد تمام محلولی که از تزریق‌کننده عبور می‌نماید قادر به خارج شدن از سر لوله نیست و این امر موجب می‌گردد که مقداری از محلول برگشت نماید. محلول برگشتی توسط ساچمه، محل ورود مایع کف را مسدود می‌نماید (افت شدید در لوله ایجادشده و باعث بالا رفتن ساچمه مسدود شدن مسیر ورود کف می‌گردد).

□ فشار هوا روی مایع کف کمتر از حد معین باشد، این امر در ارتفاعات بیشتر رخ می‌دهد، زیرا در ارتفاعات تراکم هوا کم بوده و در نتیجه فشاری که باید مایع کف را از لوله مکش بالا ببرد کم خواهد بود. این امر ممکن است به صورت دیگری نیز رخ دهد، به این ترتیب که قطر درب منبع مایع کف به حدی کم باشد که هوای لازم جهت بالا بردن مایع کف در لوله مکش نتواند وارد منبع گردد.



شکل (۶-۱۱) مسدود بودن درب منبع به وسیله لوله مکش کف

۶-۶- تست فوم‌های آتش‌نشانی

۶-۶-۱- تست تشکیل لایه

مایع فومی بهتر است که دارای ضریب پراکندگی بزرگ‌تر از صفر باشد. ضریب پراکندگی مایع فوم نیز مطابق با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$SC = S_C - S_F - S_{CF}$$

به طوری که:

SC ضریب پراکندگی

S_C تنش سطحی سیکلوهگزان

S_F تنش سطحی محلول فوم

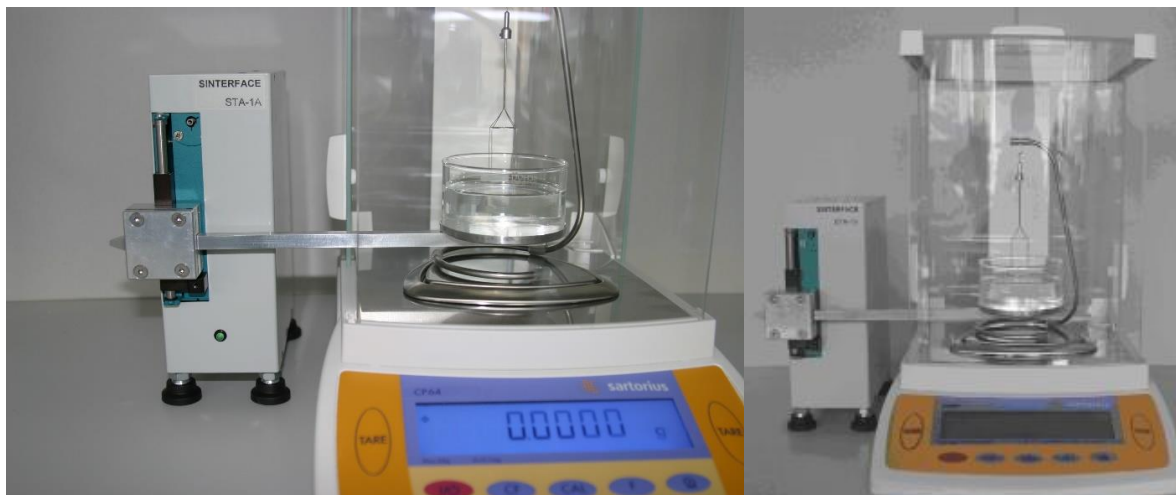
S_{CF} تنش لایه‌ای محلول فوم

تنش سطحی محلول فوم و سیکلوهگزان و تنش لایه‌ای محلول فوم بر اساس دستگاه تنش‌سنج و مطابق با رویه‌ای که در ASTM D1331-89 می‌بایست محاسبه شود.

تنش سطحی محلول فوم نیز می‌بایست مطابق با نمونه‌های مصرفی در ترکیب با آب تصفیه‌شده و یا آب شور (دریا)، مطابق با درصد مشخصات ترکیب که از سوی سازنده ارائه می‌شود-بررسی و محاسبه گردد. بررسی‌ها و محاسبات می‌بایست در شرایط دمایی ۲۱ درجه سانتی‌گراد (۷۰ درجه فارنهایت) صورت پذیرد.

تنش سطحی سیکلوهگزان و تنش لایه‌ای محلول فوم نیز همانند رویه بالا قابل محاسبه است، فقط در شرایطی که رینگ دستگاه تنش‌سنج در محلول فوم مغروق شده باشد، باید یک لایه‌ای از سیکلوهگزان با درجه واکنش (حداقل ۹۹ درصد)

با احتیاط به سطح فوم اضافه شود. لازم به ذکر است می‌بایست از تماس رینگ تنش سطح با سیکلوهگزان جلوگیری نمود. پس از مدت زمان ۵ دقیقه، تنش لایه‌ای محلول فوم قابل محاسبه است.



شکل (۶-۱۲) دستگاه تنش سنج



شکل (۶-۱۳) نمونه‌هایی از دستگاه تنش سنج و رینگ آن

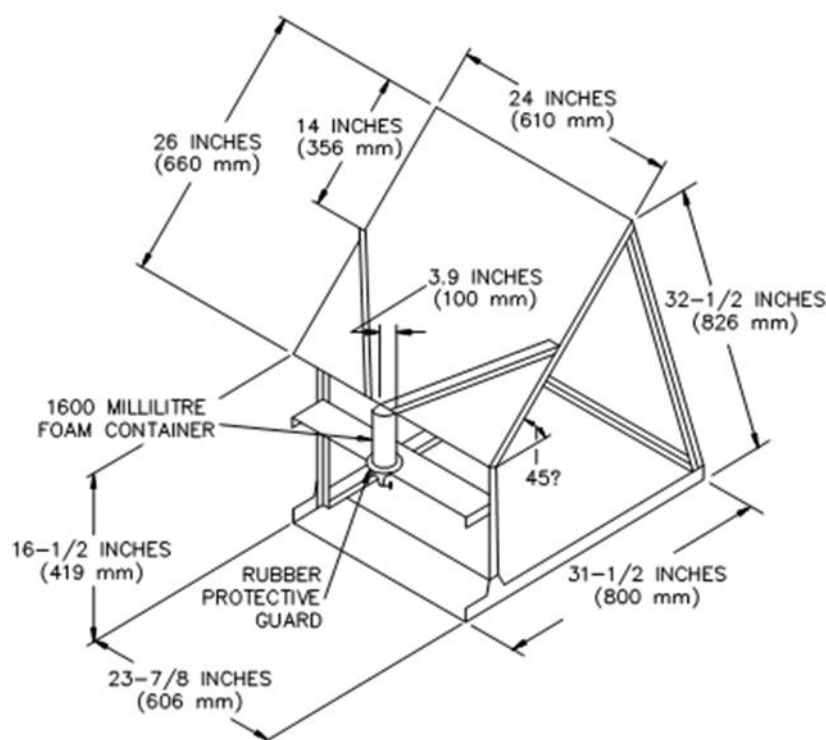
۶-۶-۲- تست ۲۵ درصد تخلیه

جهت تطبیق این تست با شرایط استاندارد می‌بایست نمونه فوم از خروجی تجهیزات فوم ساز به درون یک فوم ساز کشویی^۱

^۱ Slider

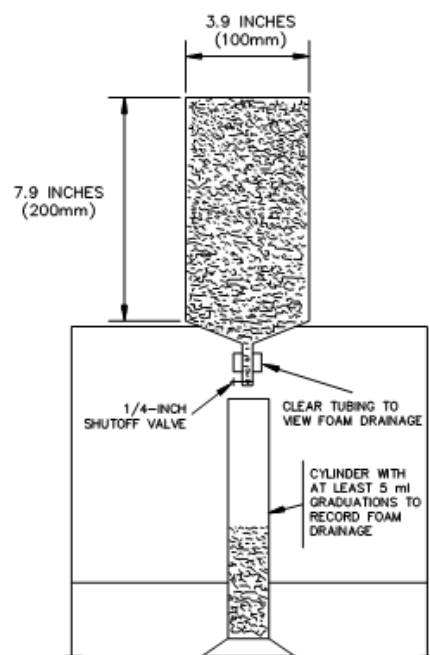
تزریق شود. برای تزریق‌های زیرسطحی نمونه فوم می‌بایست از اتصالات شیرهای تست بر روی قسمت خروجی فوم قرار گیرد. نمونه فوم می‌بایست به آرامی در محفظه تست وارد شود به صورتی که بخش عمده‌ای از فوم هدر می‌رود. فوم می‌بایست در حداقل، نرمال و حداکثر فشار ورودی مورد ارزیابی قرار گیرد.

از یک فوم ساز کشویی به منظور جمع‌آوری فوم و برای تعیین کیفیت آن استفاده می‌شود. نمونه‌ای از یک فوم ساز کشویی در شکل (۱۵-۶) نشان داده شده است. این تجهیز شامل یک صفحه صاف فلزی، پلاستیکی و یا چوبی منصوب بر روی یک چارچوب و قاب با زاویه ۴۵ درجه است. فومی که به سطح فوم ساز کشویی می‌رسد، به محفظه فوم نمونه که در انتهای صفحه فوق قرار دارد، هدایت می‌شود. به منظور جلوگیری از تلاطم در محفظه فوم، می‌بایست از ورود بیش‌ازاندازه فوم به آن جلوگیری نمود.



شکل (۱۴-۶) شما تیک نمونه‌ای از فوم ساز کشویی - شکل ۱۰.۱ استاندارد UL162

محفظه فوم که در فوم ساز کشویی مورد استفاده واقع می‌شود و در شکل (۱۵-۶) نیز نشان داده شده است، یک محفظه سیلندر شکل به حجم ۱۶۰۰ میلی‌لیتر است.



شکل (۶-۱۵) شماتیک نمونه محفظه فوم ۱۶۰۰ میلی‌لیتری و ابعاد آن

حجم مایع جمع‌آوری‌شده می‌بایست در بازه‌های معینی ثبت گردد و این اطلاعات در محاسبات تخلیه ۲۵ درصد فوم مورد استفاده قرار گیرد.

میزان زمان موردنیاز جهت تخلیه ۲۵ درصد حجم مایع فوم از نمونه در محفظه با استفاده از تکنیک‌های برون‌یابی حجم مایعات جمع‌آوری‌شده و زمان آن، محاسبه خواهد شد. زمان صفر برای زمانی است که حجم کافی از فوم در محفظه نمونه جمع‌آوری‌شده است.

یک‌راه جایگزین به‌منظور محاسبه میزان زمان تخلیه ۲۵ درصد فوم این است که زمان موردنیاز جهت تخلیه ۲۵ درصد حجم فوم معادل ۲۵ درصد وزن فوم نمونه را مورد پایش قرار داده و از فرمول زیر محاسبه می‌نمایند.

$$\text{Foam Expansion Unit} = \frac{\text{Volume of container (mL of water)}}{[\text{Weight}_{\text{full}} (g) \text{ minus } \text{Weight}_{\text{empty}} (g)]^0}$$

۳-۶-۶- تست عملکردی حریق

طبق استاندارد ISO7203 در صورتی‌که استفاده از آب آشامیدنی و یا آب‌شور دریا، پس از انجام تست فوم مطابق با رویه اعلام‌شده در ضمیمه H و I همین استاندارد، سطح برگشت شعله برحسب نوع فوم (میان توسعه و پر توسعه) می‌بایست به شرح جدول (۶-۲) باشد.

جدول (۲-۶) تست عملکردی حریق فوم- جدول ۱ استاندارد ISO7203

Types of expansion foam	Medium-expansion foam	High-expansion foam
Exinction time, seconds	Not more than 120	Not more than 150
1 % burn-back time, seconds	Not less than 30	Not applicable

۴-۶-۶- تست میزان توسعه

میزان فوم‌های تخلیه‌شده از محفظه می‌بایست مجدداً به محفظه بازگردانده شود. حجم محفظه نمونه می‌بایست در سبک‌ترین حالت در نظر گرفته و طراحی شود. وزن فوم نمونه از تقسیم وزن محفظه به وزن کل به دست می‌آید. واحد گستردگی فوم ممکن است به‌صورت تخمینی برای اهداف تست و آزمایش‌ها بر اساس وزن مخصوص فوم تولیدی و با استفاده از فرمول درج‌شده در قسمت ۵-۶-۶- محاسبه شود.

۵-۶-۶- تست پراکندگی

کلیه فوم‌های تولیدی و خروجی از تجهیزات مختلف فوم ساز (مانیتور، فوم میکرو، فوم پورر، اینلاین اینداکتور و ...) مطابق با دستورالعمل‌های تستی که از سوی سازنده اعلام می‌گردد و بر اساس کلیه آب‌های مصرف (آب دریا، آب تصفیه‌شده و ...) می‌بایست شرایط ذیل را رعایت نمایند:

الف: میزان زمان تخلیه ۲۵ درصد نباید بیشتر از یک دقیقه (و در شرایطی که مقادیر بیشتر است نباید کمتر از ۲ دقیقه) باشد.

ب: میزان پراکندگی فوم نباید بیشتر از یک واحد پراکندگی باشد. فرمول مربوط به محاسبات پراکندگی فوم رابطه زیر است:

$$\text{Foam Expansion Unit} = \frac{\text{Volume of container (mL of water)}}{[\text{Weight}_{full} (g) \text{ minus } \text{Weight}_{empty} (g)]^a}$$

۶-۶-۶- تست حداقل دمای ذخیره‌سازی

مقدار مایع فوم که در پایین‌ترین دمای ذخیره‌سازی برای استفاده ذخیره می‌شود، می‌بایست به‌گونه‌ای باشد که در صورت تست، ۸۵ درصد مقدار مایع در دمای ۱۵,۶ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر به کف تبدیل شود.

حداقل دمای ذخیره‌سازی فوم‌ها ۲۸,۹ درجه سانتی‌گراد زیر صفر، ۶,۷ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و ۱,۷ درجه سانتی‌گراد زیر صفر هست.

استثنا: فوم ذخیره‌شده در سیستم بلدرتانک می‌بایست فقط در دمای ۱,۷ درجه سانتی‌گراد تست شود.

۶-۶-۷- تست هیدرولیکی فشار

دبی آب (لیتر بر دقیقه) می‌بایست با احتساب ۵ درصد تلورانس و مشخصات فنی که از سوی سازنده اعلام می‌گردد، در زمان حداقل فشار ورودی، فشار میانگین بین حداقل و حداکثر فشار ورودی و حداکثر فشار ورودی محاسبه شود.

□ فوم چمبر

فوم چمبر می‌بایست دارای ظرفیت حجمی مناسب باشد تا به فوم فرصت گسترده‌گی قبل از انجام عملیات تزریق را بدهد و ظرفیت تخلیه بزرگ‌ترین فوم میکری که در حین حریق در سرویس قرار می‌گیرد را نیز تأمین نماید. سیستم سیل بندی (درزبندی) مربوط به فوم میکرها چنانچه فشار ورودی آن بیشتر از ۲۵ PSI باشد و دستگاه در شار ورودی کمتر از ۱۰ PSI عمل نماید، از بین رفته و منجر به شکست می‌شود.

محفظه‌های فوم و فوم میکرها می‌بایست در محوطه‌هایی که مایعات مشتعل ذخیره می‌شوند نصب گردند. نرخ خروجی و تزریق اسپرینکلرهای آب و فوم می‌بایست در محدوده خروجی فشار موردنیاز ورودی اسپرینکلر باشد. در جدول (۳-۶) این مقادیر نشان داده شده است.

جدول (۳-۶) نرخ خروجی اسپرینکلرهای آب و فوم- جدول ۸،۱ استاندارد UL162

Pressure at sprinkler inlet,		Range of discharge rates,	
psi	(kPa)	gallons per minute	(L/min)
30	(207)	14 – 17	(53 – 65)
50	(345)	18 – 22	(68 – 84)
75	(518)	22 – 26	(84 – 101)
100	(689)	25 – 31	(95 – 118)

آب خروجی می‌بایست از فوم چمبر نمونه نصب‌شده بر روی تجهیز بر اساس فشار مناسب طراحی مورد آزمایش قرار گیرد و نرخ جریان عبوری در هر فشار می‌بایست یادداشت گردد.

الگوی آب خروجی از اسپرینکلر آب و فوم می‌بایست با ۱۰ الی ۱۶ PAN مطابق باشد به‌گونه‌ای که تست‌های توزیع و پراکندگی (۵۷ لیتر بر دقیقه) و تست فشار (۵۷ الی ۹۵ لیتر بر دقیقه) به درست انجام گردد.