کاربرد فوم‌های آبی نظامی

علی سلمانی اسکلو[1]، حسین فخرائیان[1]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۷

چکیده

فوم‌های آبی به عنوان سلاح غیرکشنده و بازدارنده در پدافند غیر عامل موضوعیت یافته است. فوم‌های آبی از دو جزء مایع و گاز قابل انبساط تشکیل شده‌اند و در فرمولاسیون آن، عامل ژل‌ساز و امولسیون کننده وجود دارد. این نوع فوم‌ها دارای کاربردهای نظامی بوده و طی روش و فرمولاسیون مشخص به دست می‌آیند. در این نوشتار، بعد از بررسی خصوصیات کلی و خواص فوم‌های آبی، به ارائه برخی کاربردهای نظامی و تعدادی از فرمولاسیون‌های موجود پرداخته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: فوم، فوم‌های آبی، دستگاه فوم‌ساز، آبرفت فوم، پایداری فوم، پخش فوم، فوم رفع آلودگی عوامل، سامانه‌های رهایش فوم

۱- دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده و پژوهشکده علوم پایه، گروه و مرکز تحقیقات شیمی، Email: asalmani1343@yahoo.com

مقدمه

فوم‌ها دارای یک سامانه چند جزئی و به‌طور طبیعی ناپایدار هستند. فوم‌های آبی، دسته‌ای از فوم‌ها را تشکیل می‌دهند و دارای کاربردهای ارزشمند و قابل توجه هستند. این نوع فوم‌ها، از دو جزء مایع و گاز قابل انبساط تشکیل شده‌اند. فوم آبی، طی فرمولاسیونی از عامل ژل‌ساز و امولسیون‌کننده به دست می‌آید. امولسیون‌کننده در مدت زمان ایجاد فوم با عامل ژل‌ساز ترکیب شده و آن را پایدار می‌سازد. اگر چه همه سامانه‌های تولید فوم در داشتن فاز مایع فوم شونده، گاز منبسط شونده و تجهیزات طراحی شده برای ترکیب و اختلاط فوم، مشابه و یکسان هستند ولی فوم‌های به دست آمده از آنها، مشابه و یکسان نمی‌باشند. بیشتر تفاوت‌های آشکار بین فوم‌ها، مربوط به دوام و پایداری آنها است. طبق تعریف کلی، زمان آبرفت[1] فوم، مدت زمانی است که فوم به دو فاز مایع و گاز تبدیل می‌شود. نوع ترکیب شیمیایی، عامل مؤثری در زمان آبرفت فوم است. همچنین، فوم روی دو عامل انتقال گرما و انتقال جرم، تأثیر می‌گذارد. سامانه‌های موفق تجاری فوم با ملاحظه قسمت‌های مختلف از جمله ترکیب مایع، گاز انبساط یافته، پایداری و تأثیر نهایی فوم بهینه شده‌اند [۲].

خصوصیت مهم فیزیکی فاز مایع فوم، کشش سطحی آن است؛ در سامانه‌های آبی، کشش سطحی آب خالص ۷۲ dyne/cm است و این مقدار برای فوم اندکی بیشتر می‌باشد. افزودن مقدار جزئی از یک ترکیب کاهنده کشش سطحی[2] به آب، کشش سطحی آن را به کمتر از ۳۰dyne/cm تقلیل می‌دهد. این مقدار، اندکی بیشتر از حد معمولی است. افزایش دما نیز کشش سطحی آب را کاهش می‌دهد [۲].

بیشترین گاز منبسط شده در سامانه‌های فوم آبی، هوای فشرده شده است که می‌توان از آن به عنوان یک گاز منبسط شدهٔ غیر محلول نام برد. سامانه‌های گاز منبسط شدهٔ محلول نیز با استفاده از هیدروکربن‌های سبک، نیتریک اکسید یا کربن اکسید بوجود می‌آید. انحلال این نوع گازهای منبسط شونده، به کاهش کشش سطحی سامانه مایع کمک می‌کند [۲].

اختلاط اجزاء فوم، به صور مختلف انجام می‌پذیرد اما همه موارد، دارای طرح کنترل سرعت جریان مناسب و فشار دو جزء می‌باشد. اغلب در طراحی تجهیزات و لوازم تهیه فوم، روش اختلاط صحیح و درست مورد توجه قرار نمی‌گیرد. احتمالاً، دلیل آن این است که زمان واقعی برای اختلاط صحیح، شناخته‌شده یا تأییدشده نیست. اختلاط صحیح، فوراً و یک‌باره اتفاق نمی‌افتد. همین‌طور، مایع و گاز نباید خیلی سریع مخلوط شوند و کیفیت فوم نباید از حد معمولی کمتر باشد [۲].

فوم‌های آبی، سامانه‌های ناپایداری هستند و به محض تشکیل شدن، عمل آبرفت در آن اتفاق می‌افتد. طی فرآیند آبرفت، یک فاز مایع تشکیل می‌گردد. مخزن، پمپ، کمپرسور و منبع تغذیه از جملهٔ تجهیزات و لوازم مورد نیاز در فرآیند فوم‌سازی هستند [۲].

۲- خواص و ویژگی‌های فوم‌های آبی

خصوصیات برجسته و ویژگی‌های مهم فوم‌های آبی را می‌توان به شرح زیر بر شمرد:

۱- حجم فوم

فوم از نظر حجم دارای ویژگی خاصی است و قابل مقایسه با حجم مواد تشکیل‌دهنده آن نیست؛ به گونه‌ای که یک فوت مکعب آب (۶۲/۵ پوند آب) فقط یک فوت مکعب حجم دارد، در حالی که حجم فوم حاصل شده از آن به ۱۰ الی ۵۰ فوت مکعب می‌رسد [۲].

۲- نسبت پخش

نسبت پخش فوم به مواد تشکیل‌دهنده آن برای فوم‌های پلیمری، ۵۰ به ۱ است ولی در فوم‌های آبی، این نسبت ۱۰۰۰ به ۱ می‌باشد [۳].

۳- حساسیت

فوم‌هایی که پایه رزین سیلیکون دارند، غیر حساس به آتش هستند [۳].

۴- سمیت

فوم‌هایی که دارای پایه رزین سیلیکون هستند، سمیت پائینی دارند [۳].

۵- اشک‌آوری و تحریک‌کنندگی

فوم آبی با رزین روغنی ترکیب شده و فومی را تشکیل می‌دهد

1 -Drainage
2 -Surfactant

که دارای خاصیت اشک‌آوری و تحریک‌کنندگی است [۳]. گاز پخش‌شونده و فاز مایع فوم، شامل مواد مضری هستند که از طریق تماس اثر می‌گذارند (مانند عوامل کنترل شورش[1] که باعث سوزش پوست می‌گردد) [۲]. فوم دیگری با فرمولاسیون مشخصی تهیه می‌شود که دارای مقدار کمی گاز اشک‌آور دی بنز [b,f][1,4] اکسازپین[2] است [۴].

۶- پایداری

به‌طورکلی، فوم‌ها دارای یک سامانه چند جزئی و به طور طبیعی ناپایدار هستند. خصوصیات و مؤلفه‌هایی مثل کیفیت، اندازه دستگاه‌های فوم‌ساز، روش تهیه، پدیده لیز خوردن و مقایسه فوم‌ها از طریق انجام یک سری آزمایش‌ها، مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۵].

به طور کلی، پایداری فوم، به سرعت آبرفت فوم یعنی سرعت خروج آب از فوم بستگی دارد. به عبارت دیگر، این موضوع به پایداری دانسیته فوم مربوط می‌باشد [۷، ۶]. فوم به وسیله روغن امولسیون شده، پایدار می‌شود. در منابع ذیربط، برهمکنش بین قطرات روغن و فوم، مورد بررسی قرار گرفته است. پایداری فیلم بین قطره روغن و سطح هوا / آب، یک عامل بسیار مهم برای پایداری و استحکام فوم‌های حاوی روغن‌های امولسیون شده می‌باشد. تأثیر عواملی چون حجم روغن، اندازه قطره و دانسیته فاز روغن، در پایداری فوم، مورد شناسایی قرار گرفته و اثر آنها در این پایداری آزمایش شده است؛ از طریق این آزمایش‌ها مشخص شده است که پایداری فوم به وسیله روغن افزایش می‌یابد. فوم به واسطه اندازه قطره، حداقل پایداری را دارد. اثر ویسکوزیته امولسیون، در قطره‌های کوچکتر و بزرگتر مقایسه شده است. دانسیته فاز روغن، نسبت مستقیم با انباشته شدن روغن و در نتیجه پایداری فوم دارد. متخصصان، تئوری‌هایی را که به صورت کلاسیکی ثبت شده است ارزیابی کرده و ضرایبی را که از تأثیر قطرات روغن بر روی پایداری فوم پیش‌بینی می‌شده است، منتشر کرده‌اند [۸، ۲].

۷- ویسکوزیته، استحکام و سیالیت

فوم آبی در مراحل اولیه پخش، شبیه مایع ویسکوز عمل کرده و از جاهای مرتفع به جاهای پست و کم ارتفاع جریان پیدا می‌کند. بیشتر مواقع، بعد از گذشت زمان طولانی از تولید آن، حالت جامد به خود می‌گیرد. این رفتار به این دلیل است که آب خارج شده از حباب‌ها، عواملی چون استحکام، طول دیواره و نیز سیالیت توده حاصل شده را کاهش می‌دهد [۹].

۸- قابلیت پخش و سرعت آبرفت

به طور کلی، فوم آبی با قابلیت پخش زیاد، با دو مقیاس (نسبت پخش و سرعت آبرفت از فوم) ارزیابی می‌شود. نسبت پخش، عبارت از نسبت حجم گسترش یافته فوم به حجم آب است. فوم با نسبت پخش ۴۰۰ به ۱، برای موارد ایمنی استفاده می‌شود. نسبت سرعت آبرفت، مقیاسی از ظرفیت بازداری مایع فوم است. بلافاصله بعد از تولید حجمی از فوم، مایع شروع به پایین آمدن از فوم می‌کند. حباب‌ها متناسب با مقدار خروج مایع از فوم، نازک و ضعیف می‌شوند و سرعت پخش افزایش می‌یابد. آزمایشگاه‌های ملی سندیا[3]، برای موارد ایمنی، فوم متراکم تولید کرده و خواص فیزیکی فوم در مقیاس بزرگ توسط این آزمایشگاه‌ها[4] در سال ۱۹۹۵ به صورت کامل تست شده است [۹].

۹- قابلیت انعطاف در اندازه:

واحدهای تجارتی قادر هستند فوم‌هایی با اندازه‌های ۵۰ - ۳۷۰۰۰ cfm[5] تولید کنند.

۱۰- تقلیل صدا یا صداپوشی

برخی از فوم‌های آبی، سدی در مقابل صدا از جمله صدای انفجار ایجاد می‌کنند.

۱۱- استتار و محو دید

پوشش برای مخفی کردن و استتار، نوعی از ویژگی‌های این نوع فوم‌ها است.

۱۲- فرو نشاندن آتش

خاموش کردن آتش از ویژگی‌های بارز فوم‌های آبی است. شکل (۱)، به کارگیری فوم برای خاموش کردن آتش را نشان می‌دهد.

1 -Riot Control Agents (RCA_S)
2- Dibenz[b,f][1,4]oxazepine (CR)

3- Sandia National Laboratories (SNL)
۴- آزمایشگاه‌های ملی امنیتی اداره کل هسته‌ای ایالات متحده آمریکا هستندکه توسط شرکت ساندیا اداره می‌شود.
5- Cubic feet per minute

شکل ۱- به‌کارگیری نوعی فوم برای خاموش کردن آتش [۱۰]

۱۳- قابلیت اشک‌آوری

بعضی از فوم‌های آبی، قابلیت تحریک‌کنندگی و اشک‌آوری دارند.

۱۴- ذخیره‌سازی و پخش

یکی از مهمترین خواص فوم متراکم، قابلیت ذخیره‌سازی و پخش خوب آن است. اجزاء در مخلوط‌های چند جزئی، بلافاصله قبل از استفاده با یکدیگر مخلوط شده و فوم را تشکیل می‌دهند [۷، ۶].

۳- سامانه‌های رهایش یا نحوه پخش فوم در محیط

در یک نوع تقسیم‌بندی به دو نوع فوم آبی (فوم‌های تحت فشار گاز و فوم‌های هواپخش) بر می‌خوریم. پخش فوم یا به وسیله انسان و یا به کمک ماشین انجام می‌گیرد. واضح و مسلم است که انسان نمی‌تواند مانند کمپرسورها، پمپ‌ها و سایر تجهیزات پیچیده و بزرگ که ممکن است برای یک سامانه حمل و نقل مناسب باشد، عمل نماید. برای واحدهای انسانی، سامانه‌های فوم هواپخش مناسب‌تر است. در این نوع سامانه‌ها، خروج فوم با اعمال فشار بالای نیتروژن از یک سیلندر به ظرف حاوی فاز مایع در فشار پائین، صورت می‌گیرد. هنگامی که سامانه خالی شد، باید مجدداً تحت فشار اتمسفری پر شده و یک سیلندر جدید گاز به‌کار گرفته شود. در مقابل، سامانه‌های فوم ماشینی دارای قسمت‌های پیچیده و مختلفی مثل کمپرسورها، تجهیزات رقیق‌کننده و افزودنی می‌باشند. در سامانه‌های فوم ماشینی، قطعات و اجزاء مختلف چنان کارآمد، توانمند و سودمند طراحی شده‌اند که در ایجاد حجم زیاد و انبوه فوم، مؤثر و مفید هستند [۲].

۴- کاربردهای نظامی فوم‌های آبی

فوم‌های آبی به عنوان یکی از فناوری‌های غیرکشنده و بازدارنده، دارای کاربردهای متنوع و زیادی هستند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- رفع آلودگی عوامل شیمیائی

یکی از مهمترین کاربردهای نظامی این نوع فوم‌ها، رفع آلودگی عوامل مختلف شیمیائی است. مناسب بودن برای سطوح شیب‌دار و مناطق مرتفع، داشتن هزینه کمتر در تهیه، حصول کف زیاد از محلول کم، انبساط و پخش زیاد از مزیت‌های برجسته این نوع رفع‌آلوده‌کننده نسبت به محلول‌های رفع آلوده‌کننده می‌باشد [۱]. شکل (۲) نمونه‌ای از فوم‌های رفع آلودگی را نشان می‌دهد.

شکل ۲- نمونه‌ای از فوم‌های رفع آلودگی [۱۱]

۲- تحریک‌کنندگی و اشک‌آوری:

نوعی فوم آبی که با فرمولاسیون خاص تهیه می‌شود، به علت وجود مقدار اندکی گاز CR، دارای اثرات تحریک‌کنندگی و اشک‌آوری است.

۳- فوم آتش جنگی

فوم آتش جنگی، مثالی از فوم‌های آبی است و با توجه به نوع کاربرد آن، مهم و قابل توجه می‌باشد. این فوم، برای جدا کردن سوخت از اکسیژن استفاده می‌شود؛ یعنی هدف اصلی از به‌کارگیری آن، جلوگیری از فرآیند سوخت و خاموش کردن آتش است. میزان انتقال حرارت از محل آتش به محل سوخت نیز مهم می‌باشد. هر چقدر میزان این انتقال کمتر باشد، همان‌قدر خطرات بعدی کمتر و ضریب ایمنی بیشتر است.

همچنین، این مسئله نشان‌دهنده کیفیت خوب ترکیب فوم می‌باشد. هر ترکیب فوم غیر قابل اشتعال را می‌توان برای خاموش کردن آتش استفاده کرد (شکل ۲). اما بهترین فوم خاموش‌کننده آتش جنگی، فومی است که با کمترین ماده و در حداقل زمان ممکن عمل کند. فوم آتش جنگی، باعث کاهش کشش سطحی آب می‌شود و بهترین نوع این فوم، حاوی فاز مایع برای بهبود مقاومت حرارتی است [۲]. شکل‌های (۳) و (۴)، نمونه‌ای از این نوع فوم را در حین به‌کارگیری نشان می‌دهند.

شکل ۳- نمونه‌ای از فوم آتش جنگی در حین به‌کارگیری [۱۲]

شکل ۳- نمونه‌ای از فوم بر علیه آتش [۱۳]

۴- ممانعت از نقل و انتقالات دشمن

جلوگیری از نقل و انتقالات، از کار انداختن و غیر فعال کردن وسایل نقلیه و ماشین‌آلات زرهی و در نتیجه تأخیر در گشودن آتش دشمن، از استفاده‌های مهم و برجسته فوم‌های آبی است [۹، ۱۴].

۵- جلوگیری از اثرات تابش‌های الکترومغناطیسی:

فوم‌های آبی از اثرات تخریبی تابش‌های الکترومغناطیسی (فرکانس‌های تصویری، کهموج[1] و رادیویی)، به نحو شایسته جلوگیری می‌کنند [۱۴].

۶- کنترل اغتشاشات و آشوب‌ها

مطالعات و بررسی‌های زیادی در مورد استفاده فوم‌های لغزنده برای کنترل ازدحام جمعیت، شورش‌ها، استتار مکان‌های مهم و مناطق استراتژیک و همچنین روش‌های تهیه آنها، صورت گرفته است. مواد مورد بحث، به راحتی در محدود کردن جنب و جوش و تحرک، از فعالیت انداختن افراد و وسائل نقلیه و حفاظت مناطق به‌کار برده می‌شوند. کنترل ازدحام و شورش‌ها در تمام سطوح از جمله شهری، کشوری، منطقه‌ای و بین‌المللی مورد بحث است [۱۵].

فوم آبی، در نزاع معدن ذغال سنگ انگلستان در سال ۱۹۲۰، به‌طور گسترده استفاده شده است. شاخه تحقیقات مؤسسه ملی عدالت[2] اجرای طرحی را توسط آزمایشگاه‌های ملی سندیا برای تعیین قدرت پخش وسیع فوم آبی جهت کاربردهای اصلاحی، بعد از ۱۹۹۴ شروع کرد [۱۶، ۹].

۷- فرونشاندن گرد و خاک در میادین جنگ

با توجه به اینکه گاهی گرد و خاک به وجود آمده در میادین جنگی و عرصه‌های کارزار، مشکلاتی را ایجاد می‌کند، به‌کارگیری فوم‌های مورد بحث، در فرونشاندن گرد و خاک مکان‌های ذکر شده مناسب است [۹].

۸- استتار سطوح و محو دید

فوم پایدار آبی که حاوی مقدار زیادی آمونیاک باشد، برای محو دید و استتار سطوح و مکان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵،۱۷].

۹- کنترل امواج انفجار و جلوگیری از تخریب زیاد

صدمات، خسارات و مشکلات به‌وجود آمده از موج انفجار، همواره یکی از معضلات مهم در جنگ‌ها است. روش کنترل امواج انفجار نیز در تهیه فوم‌های آبی، مورد توجه قرار می‌گیرد. در این خصوص، فوم به صورت مانع و پوشش عمل می‌کند و از گستردگی انفجار و موج آن جلوگیری می‌نماید [۱۸، ۹]. بسیاری از فوم‌های کاهنده ضربه موج انفجار، بر پایه آب هستند

1 -Microwave
2 -National Institute of Justice (NIJ)

و آزمایشگاه‌های ملی ساندیا، تحقیقات گسترده‌ای را بر روی فرمولاسیون، کاربرد و خواص آنها انجام داده است [۱۹]. نمونه‌ای از این نوع فوم در شکل (۵) دیده می‌شود.

شکل ۵- یکی از فوم‌های پایه آبی منبسط شده برای کاهش ضربه موج انفجار و اثرات مخرب و پیشگیری از پخش مواد موجود در سلاح شیمیایی، میکروبی و هسته‌ای در محیط به هنگام خنثی‌سازی آنها [۱۹].

۱۰- رفع آلودگی هسته‌ای

ناگفته پیداست که زیان‌های وارده از آلودگی‌های هسته‌ای، عمیق و گسترده است. فوم آبی در جذب و رفع آلودگی‌های هسته‌ای نیز مفید می‌باشد [۹].

۱۱- ایجاد سد و موانع

یکی از کاربردهای فوم‌های آبی، ایجاد موانع و سد است. موانع ساده حاصل از فوم، کارآیی چندانی ندارد به گونه‌ای که با یک بار عبور، می‌توان آن را تشخیص داد. با این حال، فوم‌های دارای افزودنی‌های مناسب برای این منظور مفید می‌باشند.

۱۲- حفاظت سنگرها و تجهیزات مهم جنگی

برخی از فوم‌های آبی را می‌توان در ساخت سنگرهای انفرادی و دسته‌جمعی در مناطق جنگی مورد استفاده قرار داد. همچنین، می‌توان حفاظ‌های مطمئن برای بعضی تجهیزات مهم جنگی دائر نمود. فوم‌های سفت و مقاوم، در محدوده دمایی ۱۰۰ درجه فارنهایت زیر صفر تا ۲۰۰ درجه فارنهایت به کار می‌روند.

۱۳- برخی کاربردهای دیگر

فوم‌های آبی در تهیه شامپوها، صابون‌های مایع (به وسیله نوعی فوم متراکم آبی که شامل سورفکتانت است)، اکتشافات معدن و نیز کاهش‌دهنده اصطکاک (مانند اکسید پلی اتیلن[1] که در شیب‌های بزرگراه‌های صعب‌العبور استفاده می‌شود) مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹، ۲].

۵- فرمولاسیون فوم‌های آبی

فرمولاسیون فوم‌های آبی، با به کارگیری ترکیبات مختلفی از قوام‌دهنده‌ها و پایدارکننده‌ها در مایع فوم پخش‌شونده زیاد شامل آمونیاک، قابل تهیه است. آمونیاک در قالب هر مشتقی نظیر آمونیوم هیدروکسید[2] تجاری محلول در آب (شامل ۳۰ - ۱۸٪ آمونیاک) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۱۷].
نمونه‌هایی از فرمولاسیون‌های مختلف فوم‌های آبی در زیر آورده شده است:

۱- فوم چسبناک، استتارکننده و تحریک‌کننده

نوعی فوم آبی با قدرت پخش وسیع و پایدار، از یک محلول ترکیبی ساده حاوی CR، گلیسرول[3]، پایدارکننده و تغلیظ‌کننده کربوکسیل وینیل پلیمر[4] برای پوشاندن سطوح، محو دید و تحریک‌کنندگی ساخته شده است. این مواد، یک فوم چسبناک را تولید می‌کنند که در یک دوره طولانی بر روی سطوح اجسام متحرک یا بر روی نفرات می‌چسبد و نیز برای استتار فرودگاه‌ها به کار می‌رود. از طرف دیگر، خاصیت تحریک‌کنندگی و اشک‌آوری آن، محیط را آلوده می‌سازد. برای تهیه این نوع فوم آبی از ۸۳/۶۲۵٪ آب مقطر، ۱۰٪ گلیسرول، ۶٪ تغلیظ شده فوم (دارای سورفکتانت سدیم لاریل سولفات[5] و لاریل الکل پلی اکسی[6] اتیله شده به عنوان کاهش‌دهنده کشش سطحی)، ۰/۲۷۵٪ کربوپول (کربوکسی پلی متیلن[7]، به عنوان قوام‌دهنده و عامل امولسیون‌کننده) و ۰/۱٪ ترکیب CR استفاده می‌شود [۴]. بنابراین، همانطور که در این فرمولاسیون مشاهده می‌شود، مقدار بسیار کمی از ماده مؤثره اشک‌آور CR برای این فرمولاسیون لازم است.

1 -Polyethylene oxide; $(CH_2CH_2O)_n$
2 -Ammonium hydroxide; NH_4OH
3 -Glycerol; $CH_2OHCHOHCH_2OH$
4 -Carboxy vinyl polymer; $CH_2CHCOOH$
5 -Sodium lauryl sulfate; $C_{12}H_{25}SO_4Na$
6 -Polyoxy lauryl alcohol; $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_nOH$
7 -Carboxypolymethylene; $[CH_2CHCOOH]_n$

۲- ژل چسبناک

موادی به صورت ژل چسبناک تهیه شده و برای کاهش تحرک یا متوقف کردن فلزات و اجسام متحرک سنگین و پرتابی مثل موشک استفاده می‌شود. این ماده از مخلوط کردن چسب با یک قوام‌دهنده به دست می‌آید. سپس، آب با این مخلوط خشک آمیخته شده و یک خمیر آبی تشکیل می‌گردد. آنگاه، کلسیم فسفات و ترکیبی از آلومینیوم به آن افزوده شده و تا ایجاد مخلوط یکنواخت، به هم زده می‌شود. فوم آبی برای تنظیم دانسیته مورد نظر به این مخلوط خمیری اضافه می‌گردد و به صورت قالب‌های مشخص در می‌آید. این اجسام را می‌توان در ساخت سنگرهای مناسب در میادین جنگ، مورد استفاده قرار داد که علاوه بر حفاظت نیروهای انسانی و مکان‌های مورد نظر، خاصیت جذب و جلوگیری از آلودگی محیط را نیز دارد [۲۰].

۳- فوم‌های آبی پایدار و تغلیظ شده

فوم‌های آبی پایدار شده، از ترکیب پلیمر محلول در آب (پلی آکریلیک اسید[1])، پایدارکننده فوم (الکل دو دسیل[2])، سورفکتانت، حلال و آب تهیه می‌شود [۲۱, ۷].

فوم آبی متراکم پایدار، برای تولید فوم‌های آبی پایدار و تغلیظ شده با نسبت پخش ۱۰ به ۱ الی ۱۰۰۰ به ۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فوم، شامل یک ماده سورفکتانت آنیونی با طول زنجیر C_{12} الی C_{14}، گلیکول[3]، الکل چرب با طول زنجیر C_{12} الی C_{14} و پلیمر دو جزئی انیدرید مالئیک[4] می‌باشد. اجزاء ترکیب شونده به‌جز پلیمر، با هم مخلوط شده، سپس پلیمر به آن اضافه می‌گردد و حداقل با یکی از اجزاء مخلوط واکنش می‌دهد. پلیمر در پی تشکیل فوم مذکور، پیوند کووالانسی ایجاد می‌کند و سرعت آبرفت از فوم برای افزایش پایداری فوم، کاهش می‌یابد [۲۲، ۲۱، ۶].

۴- فوم های داروئی و دامپزشکی

فوم، طی یک فرمولاسیون از عامل ژل‌ساز و معلق‌کننده به دست می‌آید. معلق‌کننده در مدت زمان ایجاد فوم با عامل ژل‌ساز ترکیب می‌شود و آن را پایدار می‌سازد. معلق‌کننده‌های مناسب شامل نمک‌های کلسیم (کلسیم سیترات[5] و کلسیم کلرید) یا نمک‌های آلومینیوم (آلومینیوم کلرید) می‌باشند. افزایش پایداری فوم، گندزدایی آن را تسهیل می‌بخشد. فوم مورد بحث در زمینه‌های دارویی و دامپزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث ترمیم محل زخم و جراحت می‌شود. فرمولاسیون ذکر شده، ژلی است که از ۸۰ میلی‌لیتر آب، ۲۵/۲۲ گرم گلیسیرین و ۶/۵ گرم Keltone HV[6] تشکیل شده است. برای ۱۰۰ گرم از ژل مذکور، ۲/۵ گرم کلسیم سیترات اضافه شده و فوم حاصله بر روی ورقه‌های پلاستیکی پخش می‌گردد؛ ماده حاصله در مدت ۱۵ دقیقه انبساط پیدا می‌کند [۲۳].

۵- فوم پلی ساکارید آبی

این فوم، طی فرآیندی بر پایه چسب تهیه می‌شود. در این فرآیند، ۳۱/۰۰٪ آب، ۹/۰۰٪ خاک، ۳۷/۷۵٪ دکسترین و ۱۰/۰۰٪ شربت دانه‌های ذرت با هم مخلوط شده؛ به مدت یک ساعت در دمای ۲۰۰°F به هم زده می‌شوند و سپس دما به ۱۴۰°F کاهش می‌یابد. آنگاه، ماده به دست آمده با مخلوط ۲/۹۱٪ بوراکس[7]، ۲/۱۰٪ محلول ۲۵٪ هیدروکسید سدیم، ۱/۰۰٪ گلیسیرین، ۷/۰۰٪ اوره[8]، ۰/۱۰٪ نگاهدارنده و ۰/۱۰٪ دی اکتیل سدیم سولفوسوکسینات[9] ترکیب می‌شود. مخلوط به دست آمده، در یک مخلوط کن در دمای اتاق به مدت یک دقیقه به هم زده شده و فوم چسب با زمان بازداری بیش از یک ساعت به دست می‌آید. این فوم چسبناک دارای کاربردهای مختلفی است که از آن جمله برای روی هم قرار دادن صفحه‌های کاغذ، جلوگیری از خروج باد تیوب و پنچرگیری، چسباندن چوب‌ها، تولید دستمال کاغذی و حوله، مناسب می‌باشد [۶].

۶- فوم‌های یک جزئی

فوم‌ها به دو حالت یک جزئی یا دو جزئی تولید می‌شوند. در سامانه‌های یک جزئی، جزء پلیمری با حلال سبک و فرار در محفظه مناسب و تحت فشار مخلوط می‌شود و فوم به دست می‌آید. نمونه‌ای از فوم یک جزئی ۲،۲ـ دی متیل پروپان[10] با نقطه جوش ۹/۵°C است [۲۴].

1 -Polyacrylic acid; $(C_3H_4O_2)_n$
2 -Dodecyl alcohol; $CH_3(CH_2)_{10}CH_2OH$
3 -Glycol; CH_2OHCH_2OH
4 -Maleic anhydride; $C_2H_2(CO)_2O$
5 -Calcium sitrate; $Ca_3(C_6H_5O_7)_2$
6 -Alginic acid, sodium salt
7 -Borax; $Na_2B_4O_7 \cdot 1_0H_2O$
8 -Urea; $(NH_2)CO$
9 -Dioctyl sodium sulfosuccinate; $C_20H_{37}NaO_7S$
10 -Dimethylpropane; C_5H_{12}

۷- سامانه فوم بین‌المللی

این فرمولاسیون فوم آبی، شامل آب مقطر و مایع فوم متراکم با قابلیت پخش زیاد می‌باشد. در این کار، مایع فوم متراکم از ترکیب کردن سورفکتانت (سدیم لاریل سولفات)، یک جزء اصلی و کمی مواد پایدارکننده نظیر HEF به دست می‌آید. این فرمولاسیون، جزء سامانه‌های فوم بین‌المللی است. ساکارز و گلیسیرین به عنوان عوامل قوام‌دهنده و آمونیاک به عنوان عامل پایدارکننده در این فرمولاسیون استفاده می‌شوند. اجزاء ترکیبی فرمولاسیون با هم مخلوط شده و کمی به هم زده می‌شوند تا فوم یکنواخت حاصل گردد. در این فرآیند، در ظرف واکنش بسته می‌شود تا قبل از تشکیل فوم، از خروج و هدر رفتن آمونیاک، حلال‌های فرار و ترکیبات سبک جلوگیری به عمل آید [۱۷].

۸- امولسیون پایدار آبی

روش شناخته شده برای تهیه امولسیون پایدار آبی عبارت از افزایش گونه‌هایی با بار مثبت در امولسیون چربی و در صورت داشتن یک بار منفی، افزایش مواد فعال اسیدی یا یون‌های فلزات سنگین است. ۱/۷ گرم روغن پارافین یا پارافین نرم با ۱۴۰ گرم نمک قلیایی دو دسیل سولفوریک اسید استر[1] در یک دیگ بخار و تحت سرما، به شدت به هم زده می‌شوند و به صورت امولسیون در می‌آیند. سپس، لاریل پیریدنیوم بی‌سولفات[2] ۴۰٪ به آن افزوده شده و مخلوط بسیار ویسکوز حاصل می‌گردد. در این مرحله، آب نمک به وسیله گرم کردن و ترکیب الکتریکی جدا می‌شود و با افزایش اضافی لاریل پیریدنیوم بی‌سولفات، به درصد بالایی از امولسیون با بار مثبت تبدیل می‌گردد. اگر به جای لاریل پیریدنیوم بی‌سولفات از دو دسیل سولفوریک اسید استر استفاده شود، درصد بالایی از امولسیون با بار منفی حاصل خواهد شد [۲۳].

۹- فوم‌های متراکم (میزان تولید و نحوه پخش آنها)

فوم متراکم، ممکن است دارای افزودنی‌های پروتئینی به نسبت ۱ الی ۳ درصد حجمی در هر ۱۰۰ قسمت حجمی آب باشد. ماده‌ای به نام JET-X در تهیه این فوم‌ها استفاده می‌شود که با نسبت ۶۰۰ به ۱، حدود ۷۵ گالن آب در ۶۰۰۰ فوت مکعب فوم وجود دارد. ماشین‌های تولیدکننده فوم، قادرند ۱۲۵۰ الی ۲۲۰۰۰ فوت مکعب فوم را در یک دقیقه تولید نمایند. نسبت پخش فوم‌های مورد نظر ممکن است از ۱۳۵ به ۱ الی ۱۰۰۰ به ۱ تغییر کند. آب استفاده شده، از سرعت ۳۷ گالن در دقیقه با فشار psi ۱۰۰ الی سرعت ۱۶۵ گالن در دقیقه با فشار psi ۱۰۰، متغیر است [۱۸].

۶- نتیجه‌گیری

مطالعه و بررسی خصوصیات، فرمولاسیون‌ها و کاربردهای فوم‌های آبی نظامی نشان از اهمیت و برجستگی این نوع فرمولاسیون‌ها در پدافند غیر عامل دارد. فوم‌های آبی دارای ویژگی‌های منحصر به خود می‌باشند. با توجه به اینکه پایه اصلی این نوع فوم‌ها، آب است و به دلیل قابل دسترس بودن مواد اولیه مورد نیاز دیگر و نوع فرمولاسیون‌های مربوطه، می‌توان به راحتی به این نوع فرمولاسیون‌ها دست یافت. فوم‌های آبی مورد بحث در این نوشتار از پایداری و کارآیی مناسب برخوردار بوده و با توجه به اینکه، علاوه بر کاربرد نظامی دارای استفاده‌های غیر نظامی نیز می‌باشند لذا می‌توان با مساعدت مراکز تصمیم‌گیر، اقدام به تولید انبوه این مواد جهت پدافند غیر عامل حداکثری در قالب پروژه‌های متفاوت نمود.

مراجع

۱. رهبر نوحی، رحیم؛ فوم رفع آلودگی عوامل شیمیائی (فرعش)؛ دومین همایش سراسری پدافند جنگ‌های نوین؛ دانشگاه امام حسین(ع) (**۱۳۸۲**).

2. L.A Lobo; D. T. Wasan, "Mechanisms of aqueous foam stability in the presence of emulsified non-aqueous-phase liquids: structure and stability of the pseudoemulsion",Langmuir, 9, 1668-77, (**1993**).
3. Rand; Peter B., Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, 2934, (**1997**).
4. US Patent 4410508; "Novel aqueous foam formulation and method" (**1983**).
5. Herzhaft, B., Oil Gas Sci. Technol,54, 587-596, (**1999**).
6. WO Patent 0200804; "Processfor making a foamed polysaccharide aqueous-based adhesive", (**2002**).
7. US Patent 4442018, "Stabilized aqueous foam systems and concentrate and method for making them", (**1984**).

1 -Sulfuric acid,dodecyl ester,sodium salt; $C_{12}H_{26}NaO_4S$
2 -Lauryl pyridinium bisulfate; $C_{17}H_{30}N\text{-}SO_4H$

8. K. Koczo; L.A. Lobo; D.T. wasan, "Effect of oil on foam stability: Aqueous foams stabilized by Emulsions", J.Colloid Interface Sci., 150,492-506, (**1992**).
9. Goolsby, Tommy D., Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng., 2934, (**1997**).
10. http://www.intelagard.com/pmducts/foam.
11. http://www.sandia.gov/media/cbwfoam.
12. http://www.chubb.com.au/utcfs.
13. http://www.kiddecanada.com/utcfs.
14. US Patent 5194687, "Means of disabling tactical armored vehicles", (**1993**).
15. US Patent 0144407A1, "Easily dispensed, anti-traction, mobility denial system", (**2003**).
16. US Patent 4541947, "Method for crowd and riot control", (**1985**).
17. US Patent 4203974, "Stable aqueous foam formulation, and method of use thereof for visual", (**1980**).
18. US Patent 4589341, "Method for explosive blast control using expanded foam", (**1986**).
19. John German, "Developed blast supperession foam", Sandia Lab. News 54(23), (**2002**).
20. US Patent 6620236B2, "Material, and method of producing it, for immobilizing heavy metals later", (**2003**).
21. US Patent 4836939, "Stable expandable foam & concentrate & method", (**1989**).
22. GB Patent 442466, "A process for the preparation of aqueous emulsions", (**1936**).
23. WO Patent 0019979, "Foamable formulation and foam", (**2000**).

Investigation of Military Aqueous Foams

Ali Salmani Oskulo[1]

Hossien Fakhraian[1]

Abstract

Aqueous foams as non-lethal and preventing weapons have been mentioned in passive defense terminology. Aqueous foams are constituted from liquid and gaseous components in which gelling agent and emulsifier are also present. These kinds of foams have military application and are obtained from specified method and formulation. In this paper, after investigation of general properties of aqueous foam, some of their military applications and formulations are outlined.

Keys Words: *Foam, Aqueous Foam, Foam Maker Apparatus, Foam Drainage, Foam Distrubution, Decontamination Foam, Foam Distrubution System*

1- Department of Chemistry, Imam Hossein University, Tehran, Iran (Email: asalmani1343@yahoo.com)