



## نوآوری‌های سیستم‌های اطفای اتوماتیک و کاربردهای آنها

دکتر رافی پایچوک ●●●

طی دهه‌های متمادی سیستم‌های اطفای حریق اتوماتیک ثابت، نقش بسیار مهمی در حفاظت از حریق ایفا نموده‌اند. نوع ماده اطفای کننده از یک سو و فن آوری مربوطه از سوی دیگر پیشرفت نموده، در حالی که مفاهیم حفاظت از حریق در انطباق با کاربری‌های متفاوت تغییر نموده که به نوبه خود باعث کشف و یا تولید مواد اطفای کننده جدید و یا به کارگیری مواد قدیمی با فن آوری روز گردیده‌اند. مقاله حاضر مروری است بر نوآوری‌های مختلف سیستم‌های حفاظت از حریق.

### سیستم‌های اطفای آبی

در ارتباط با سیستم‌های اطفای حریق آبی، چندین فن آوری مختلف قابل تمایز می‌باشند. در کنار سیستم‌های افشانگر<sup>۱</sup>، پاشش آب<sup>۲</sup> و سیستم مه آب<sup>۳</sup>، سیستم‌های اطفای فوم نیز به کار گرفته می‌شوند.

### سیستم‌های افشانگر

سیستم‌های افشانگر از قدیمی‌ترین، کاربردی‌ترین و مطمئن‌ترین فن آوری‌های اطفای حریق می‌باشند. اما همانگونه که می‌دانیم با تغییر ماهیت و وضعیت انواع خطرات، مفاهیم حفاظتی مربوطه نیز می‌باید به‌طور مستمر بررسی، بهبود و تطبیق یابند.

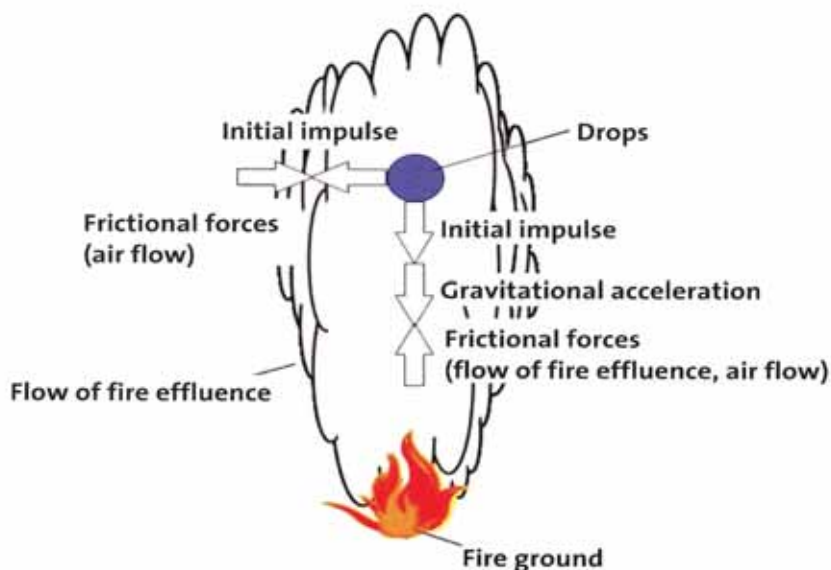


مواد پلاستیکی چون پلی پروپیلن و پلی اتیلن به سادگی می سوزند و در حرارت زیاد به راحتی ذوب می شوند

شکل ۱- افشانگر آب در حال عملکرد

و ۲۰۰۷ صورت گرفت. در نتیجه آزمایش ها مفهوم حفاظتی بسط داده شد که اطفای جعبه های پلاستیکی در آن محقق نشده، ولی امکان کنترل آنها را تا زمانی که مامورین آتش نشانی اقدامات لازم جهت اطفای تدارک ببینند، فراهم می نماید. علاوه بر جزئیات مرتبط با سیستم اطفای، سایر پیش فرض های سازمانی نیز می بایست برآورده گردد. مفهوم حفاظت باید در حالت کلی با سازمان بیمه مورد نظر بررسی و توافق گردد؛ بدین معنی که عملیات آتش نشانان، میزان آب تغذیه سیستم، محدوده های آتش، محدوده های دود و سیستم های تخلیه دود و حرارت و غیره مدنظر قرار گرفته باشند. جزئیات این نیازمندی ها در نشریه راهنمای VdS CEA ۴۰۰۱ در نوامبر ۲۰۰۸ به چاپ رسیده است.

در دهه های اخیر کاربرد مواد پلاستیک و همچنین مواد بسته بندی به سرعت افزایش یافته است، در حالی که تولیدکنندگان و مصرف کنندگان از مزایای این گرایش بهره مند می گردند. اما این موضوع مسایل و مشکلات جدیدی را در خصوص موضوع حفاظت از حریق پیش روی کارشناسان مربوطه گذاشته است. مواد پلاستیکی چون پلی پروپیلن و پلی اتیلن به سادگی می سوزند و در حرارت زیاد به راحتی ذوب می شوند. این امر در گسترش سریع حریق نقش مهمی دارد و لازم به یادآوری است که آب نمی تواند مواد پلاستیکی را خیس نماید. برای یافتن راه حل های مناسب، اولین آزمایش ها در سال ۱۹۹۱ صورت گرفت. سپس آزمایش های جدیدی با درگیر نمودن بنگاه های بین المللی گواهی دهنده در سال های ۲۰۰۶



شکل ۲- نحوه عملکرد سیستم مه آب



**آیروسل از نظر فیزیکی از یک ماده جامد و غیر آتش‌زا تشکیل شده که در برابر تغییرات درجه حرارت دارای ایستایی بسیار و همچنین درجه اشتعال ۳۰۰ درجه سلسیوس است**

### سیستم‌های مه آب

بر خلاف سیستم‌های افشانگر در حال حاضر هیچ گونه راهنمای نصب عمومی برای سیستم‌های مه آب وجود ندارد. گروه کاری CEN که به منظور تدوین استانداردهای برنامه‌ریزی و نصب برای سیستم‌های مذکور تشکیل گردید، به این نتیجه رسید که موثر بودن سیستم طراحی شده برای یک ریسک خاص می‌بایست با آزمایش‌های واقعی حریق اثبات گردد.

آزمایش‌های واقعی انجام شده نشان داده‌اند که بر خلاف سیستم‌های گازی، علاوه بر تعیین میزان درصد تمرکز آب و در نتیجه میزان آب مورد استفاده، موقعیت و نوع نازل‌ها نیز از اهمیت خاصی برخوردارند.

نازل‌های سیستم مه آب، ذرات کوچک آب تولید می‌نمایند که سطح تماس بزرگتر این ذرات باعث تبادل حرارتی بیشتر و در نتیجه جذب بیشتر حرارت از آتش می‌گردد. علاوه بر خواص سرماییش آتش، تبخیر آب مذکور باعث ساکن کردن محیط نیز می‌گردد. ولی از طرف دیگر ذرات کوچک تحت تاثیر جریان‌های هوا قرار گرفته که به‌نوبه خود اثرات اطفا را کاهش خواهد داد. سیستم‌های مه آب می‌توانند دارای انواع نازل‌های بسته با مکانیزم عملکرد مشابه سیستم‌های افشانگر (اسپرنکلر) و یا نازل‌های پاشش آب باشند؛ در نتیجه از دیدگاه فشار آب می‌توان آنها را به سیستم‌های فشار بالا، فشار متوسط و یا پایین تفکیک نمود.

این نوع سیستم‌های اطفا را می‌توان برای حفاظت ساختمان و یا تجهیزات چون توربین‌ها، ماشین‌آلات و کانال‌های کابل استفاده نمود.

### سیستم‌های افشانگر ESFR<sup>r</sup>

سیستم‌های ESFR دارای افشانگرهای واکنش سریع هستند که با حجم زیاد آب، برای کنترل و یا اطفای آتش در موارد خاص کاربرد دارند. مناسب بودن این نوع افشانگرها را در مطالعات موردی می‌توان ارزیابی نمود و کاربرد آنها بستگی به نوع مواد تحت نگهداری و همچنین وضعیت و ساختار انبار دارد، اما باید دقت شود که برخی مواد از جمله جعبه‌های پلاستیکی دارای سرعت گسترش حریق به‌صورتی هستند که نمی‌توان از این نوع افشانگرهای ESFR به‌طرز مناسب استفاده نمود.

هنگام استفاده از سیستم‌های ESFR در انبارها لازم است پیش فرض‌هایی چون ارتفاع نگهداری انبار و نحوه توزیع کالا در آن همچنین میزان گردش مناسب هوا مابین رک‌ها، مورد بررسی قرار گیرد. انواع معضلات چون نوع سقف‌ها، چراغ‌ها یا لوله‌ها که ممکن است اثر منفی روی عملکرد سیستم‌های ESFR داشته باشند می‌بایست بررسی، کنترل و یا حذف شده و همچنین نیازهای خاص

سیستم‌های تهویه دود و حرارت مد نظر قرار گیرند. سیستم‌های افشانگر ESFR در مقایسه با افشانگرهای استاندارد، در برابر خطاها پایداری کمتری داشته و این دلیل مهمی است که در طراحی این سیستم‌ها می‌بایست بسیاری پیش فرض‌ها و استانداردها و پارامترهای خاص طراحی مد نظر قرار گیرند تا سیستم‌های ESFR در شرایط حریق با قابلیت اعتماد و موثر عمل نمایند.

در مجموع مفهوم ESFR یک گزینه جالب توجه برای سیستم‌های افشانگر معمولی است، ولی به‌دلیل پیش‌نیازهای زیاد آن، نمی‌تواند گزینه مناسبی برای انواع ساختمان‌ها تلقی شود.

### سیستم‌های اطفای گازی

سیستم‌های اطفای گازی نقش مهمی در مفهوم اطفای حریق دارند؛ به‌ویژه در مواردی که سایر اطفا کننده‌ها (به‌عنوان مثال سیستم‌های آبی) قادر به این کار نیستند. در سال‌های اخیر، به‌ویژه پس از ممنوعیت هالون از سال ۱۹۹۴، تلاش‌های بسیاری جهت معرفی و به‌کارگیری گازهای دیگر صورت گرفته است. سازمان ISO (سازمان بین‌المللی استانداردها) سیزده نوع گاز از انواع ساکن چون CO<sub>2</sub>، آرگون و نیتروژن و مخلوط آنها و همچنین هیدروکربن‌های هالوژنه چون NOVEC ۱۲۳۰ و یا FM۲۰۰ را معرفی نموده است.

درصد غلظت گاز مورد نیاز جهت اطفای حریق یا از طریق آزمایش‌های عملی و یا در شرایط آزمایشگاهی (به‌عنوان مثال آزمون کاپ برنر) به‌دست می‌آید.

بسیاری از هیدروکربن‌های هالوژنه به‌کار رفته چون FM۲۰۰ و یا NOVEC ۱۲۳۰ در شرایط جوی عادی در حالت گاز هستند و وقتی که تحت فشار در سیلندرهای گاز نگهداری شوند رفتاری شبیه دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهند؛ هر چند در فشار پایین‌تر به مایعی تبدیل می‌شوند که در آن فشار قادر به تخلیه از نازل‌ها نیستند و به این دلیل است که از گازی چون نیتروژن جهت بالا بردن فشار و تخلیه آنها استفاده می‌شود. لذا فضای کمتری برای نگهداری گاز مورد نیاز خواهد بود.

پیشرفت‌های فن‌آوری از یک‌سو و بالا بردن فشارهای نگهداری گازهای ساکن (از ۱۵۰/۱۶۰ اتمسفر تا ۲۰۰/۳۰۰ اتمسفر) کمک بسیاری در کاهش فضای مورد نیاز به منظور ذخیره و نگهداری این نوع گازها نموده است.

از آنجا که شبکه لوله‌کشی سیستم‌های اطفای حریق با گازهای ساکن برای فشار ۶۰ اتمسفر طراحی می‌گردند، می‌بایست فشار گاز را توسط دیافراگم‌های مخصوص کاهش داد. همچنین به جهت حفظ محدودیت فشار و ثابت نگه‌داشتن فشار کاری، شیرهای مخصوص برای سیلندرهای طراحی و ساخته شده‌اند و بسیاری از آنها دارای

نام تجاری	گاز مربوطه	فرمول شیمیایی	مطابق استاندارد ISO 6183 ISO 14520-1
Carbon dioxide	Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide
Argon	Argon	Ar <sub>2</sub>	IG-O1
Inergen	Mixture of 52% N <sub>2</sub> 40% Ar <sub>2</sub> 8% Co <sub>2</sub>	-	IG-541
Nitrogen	Nitrogen	N <sub>2</sub>	IG-100
Argonite	Mixture of 50% N <sub>2</sub> 50% Ar <sub>2</sub>	-	IG-55
FM-200	Heptafluoro-propane	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	HFC-227ea
NOVEC 1230	Dodecafluordimethyl- tripentanone	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O) CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	FK-5-1-12
Trigon	Trifluoro-Methane	CHF <sub>3</sub>	HFC-23

جدول ۱- نام و مشخصات شیمیایی و تجاری گازهای مورد استفاده در اطفای حریق اتوماتیک

خطرناک و خورنده اسیدهیدروفلوریک را که باعث تخریب محیط خواهد شد تولید می‌کند.

از مزایای دیگر هیدروکربن‌های هالوژنه در مقایسه با گازهای ساکن، باقی ماندن غلظت مناسب از اکسیژن در هوا و در نتیجه کاهش خطرات کمبود اکسیژن و در نتیجه کاهش خطرات جانی است. موضوع مهم دیگر، کاهش اندازه درپچه‌های اطمینان در مقایسه با سیستم‌های با گاز ساکن است. زیرا میزان گاز تخلیه شده در مقایسه با سیستم‌های اطفای حریق با گاز ساکن بسیار کمتر است.

تاییدیه‌های بین‌المللی نیز هستند. این شیرها فشار گاز را کنترل نموده و آنرا در طول زمان تخلیه ثابت نگه می‌دارند.

هنگام محاسبه و طراحی سیستم‌های با گازهای هیدروکربنی (چون FM200 یا NOVEC) می‌بایست نکات مهمی مد نظر قرار گیرد؛ از جمله اینکه برخلاف گازهای ساکن زمان تخلیه نباید از ده ثانیه بیشتر شود تا از تولید رادیکال‌ها جلوگیری شود. در صورت واکنش، هیدروژن فلوراید (HF) به‌عنوان محصول تجزیه تولید شده که به نوبه خود در مجاورت آب و یا رطوبت محیط، ماده بسیار



شکل ۳- مجموعه سیلندرهای اطفای حریق اتوماتیک CO<sub>2</sub> با متعلقات



شکل ۴- کاربرد سیستم اطفای حریق فوم

این فومها با پایه آب بوده و هوا بخش عمده‌ای از آنها را تشکیل می‌دهد.

فوم‌های اطفای حریق، لایه‌ای از آب را روی سطح هیدروکربن به وجود می‌آورند که باعث جلوگیری از خروج بخارات اشتعال‌زا می‌گردند. از سال ۱۹۶۳ جزء اصلی تشکیل دهنده فوم‌های اطفای حریق، مولکول‌های ترکیبی فلوئور با اجزای حلال یا غیر حلال در آب بوده‌اند.

از عوامل موثر در گسترش فن‌آوری سیستم‌های اطفای حریق فوم، وجود استانداردهای بسیار مناسب چون ISO ۷۲۰۳-۱ و EN ۱۵۶۳-۳ یا UL ۱۶۲ است که زبان مشترک برای کل صنعت (تولید کنندگان، مصرف کنندگان و نمایندگان) های فروش را به وجود آورده و در صورت تایید این استانداردها، نشان دهنده مناسب بودن فوم برای کاربری مربوطه هستند. بازدهی مناسب در این خصوص عبارتست از اطفای سریع همراه با مصرف کم آب و تولید کم مواد سمی که ناشی از احتراق هیدروکربن‌هاست و خطرات کمتری برای مامورین آتش‌نشانی دارد.

#### سیستم‌های تقلیل غلظت اکسیژن

در کنار سیستم‌های اطفای حریق گازی، اخیراً سیستم‌های تقلیل غلظت اکسیژن به‌طور روزافزونی در حفاظت مراکز مخابراتی و انبارهای خاص به‌کار گرفته می‌شوند.

این سیستم‌ها به منزله سیستم اطفای حریق به معنی مصطلح خود نیست، زیرا تاثیر آنها از طریق کاهش غلظت اکسیژن در محیط است و هدف آن کاهش میزان اکسیژن تا حدی است که با وجود مواد اشتعال‌زا در محیط امکان احتراق مجدد میسر نباشد. بدین منظور گاز نیتروژن و یا هوای پر از نیتروژن به محیط تزریق می‌گردد. سیستم‌های مذکور تنها در مکان‌هایی که امکان کار برای انسان وجود نداشته و یا تردد آنها بسیار کم است کاربرد دارند. انبارهای تمام اتوماتیک حاوی مواد خطرناک و یا اشتعال‌زا و یا

#### سیستم‌های اطفای حریق فوم<sup>۵</sup>

فوم‌های اطفای حریق از سال‌ها پیش به منظور مقابله با حریق مایعات مخلوط شدنی با آب (الکل، کتون، و غیره) یا مایعات غیر قابل اختلاط با آب (هیدروکربن‌ها) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.



شکل ۵- نمونه‌ای از سیلندره‌های اطفای اتوماتیک با گاز NOVEC

ذرات مولکول‌های آزاد (رادیکال‌ها) صورت می‌گیرد. به این فرآیند واکنش زنجیره‌ای رادیکال‌ها اطلاق می‌گردد. این فرآیند تا زمانی که محصولات نهایی و ثابت احتراق از جمله  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  و یا KOH تشکیل می‌گردند ادامه می‌یابد. در اینجاست که فرآیند زنجیره‌ای رادیکال‌ها متوقف و آتش خاموش می‌شود. آبروسل از نظر فیزیکی از یک ماده جامد و غیر آتش‌زا تشکیل شده که در برابر تغییرات درجه حرارت دارای ایستایی بسیار و همچنین درجه اشتعال ۳۰۰ درجه سلسیوس است. در مرحله تحریک، این ماده جامد به یک آبروسل با سرعت انبساط بسیار بالا تبدیل می‌شود که در آن ذرات با قطر چند میکرون وجود دارند.

انبارهای مواد یخ زده از جمله این اماکن هستند. سیستم‌های تقلیل غلظت اکسیژن را نمی‌توان در موارد ذیل به کار برد:

- در سیستم‌های زباله‌سوز که اکسیژن مورد نیاز برای احتراق در خود مواد موجود است.
- هنگامی که فرآیند احتراق اگزوترمیک که نیازی به اکسیژن ندارد رخ می‌دهد.
- و یا هنگامی که فرآیندهای کاتالیتیک رخ می‌دهد.

دستورالعمل VdS ۳۵۲۷ را می‌توان به‌عنوان یکی از روش‌های کاربرد سیستم‌های تقلیل غلظت اکسیژن به کار برد.



شکل ۶- سیستم اطفای اتوماتیک آبروسل پودر در حال عملکرد

برای داشتن ایده‌ای مناسب باید بدانیم یک گرم از این ماده موجب تولید یک لیتر آبروسل می‌گردد. آنگاه در اثر فشار ناشی از تبدیل ماده جامد به آبروسل و عبور آن از فیلتر خنک کننده غیر آتش‌زا که باعث جذب بخش اعظمی از انرژی حرارتی آن می‌گردد به محیط تزریق می‌شود.

### کاربری سیستم‌های DSPA

سیستم‌های DSPA دارای کاربرد بسیار گسترده در تاسیسات الکتریکی و تجهیزات مربوطه، موتورها و ماشین‌های الکتریکی، کشتی‌ها و وسایل نقلیه همچنین آشپزخانه‌ها هستند و در اطفای کل، اطفای موضعی و به‌عنوان خاموش کننده‌های دستی و غیره کاربرد دارند. با توجه به عدم تخریب لایه ازن و طول عمر اتمسفری و اثر گلخانه‌ای صفر، جایگزینی مناسب برای گازهای هالوژنه تلقی می‌گردد.

### DSPA؛ با افشانگر خشک با آبروسل پودر

افشانگر خشک با آبروسل پودر که به اختصار آبروسل نامیده می‌شود از ذرات بسیار ریز ترکیبات پتاسیم تشکیل می‌شود. هنگامی که واحد DSPA به‌صورت حرارتی یا الکتریکی تحریک می‌شود، این ذرات از واحد DSPA خارج شده و با مخلوط گاز (اغلب  $\text{CO}_2$  یا  $\text{N}_2$  و یا بخار آب) تشکیل ماده اطفاننده را می‌دهند. مبنای عملکرد DSPA در دو وجه می‌باشد: اول اینکه ترکیبات پتاسیم به جهت یونیزاسیون نیاز به کمترین انرژی را داشته و میزان کم انرژی قادر به جداسازی الکترون از اتم و یا جذب یون می‌گردد. این میزان انرژی از حریق جذب می‌گردد، لذا جذب انرژی از حریق متناسب با میزان یونیزاسیون خواهد بود. یونیزاسیون اتم‌های پتاسیم با تغییر رنگ شعله‌ها به صورتی کم‌رنگ قابل تشخیص خواهد بود.

در طی روند احتراق واکنش‌های خاص و سریع میان اتم‌ها و

- 1- Sprinkler
- 2- Water Spray
- 3- Water Fog
- 4- Early Suppression Fast Response
- 5- Aqueous film forming foam
- 6- Dry Sprinkler Powder Aerosol