مروری بر انواع روش های سنتی و نوین اطفاء حریق و معرفی ساختاری و عملکردی توپ های ضد حریق

محسن ناظریان ، پژوهشگر پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین (ع)
علی حبیبی*، پژوهشگر پژوهشکده مهندسی و پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین (ع)
امیرحسین یزدان بخش ، دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی پلیمر دانشگاه تهران

*Ahabibi@ihu.ac.ir

چکیده

آتش از بدو ابداع در تمامی گستره حیات بشر خدمات ارزنده‌ای را ارائه کرده و سهم غیرقابل‌انکاری را در پیشرفت تکنولوژی و تمدن انسان‌ها داشته است. اما زمانیکه این ابداع مفید بشر به صورت ناخواسته بوجود آید و یا از کنترل انسان خارج شود به معضل بزرگی تبدیل شده که می‌تواند بسیاری از سرمایه های انسانی، اقتصادی، نظامی و ... را در زمان بسیار اندکی از بین ببرد. بنابراین با آگاهی به خطرات موجود، به منظور پیشگیری و مقابله با آتش، تدابیری اندیشیده و تجهیزاتی ساخته شده است. اولین قدم در مسیر مقابله با آتش‌سوزی، شناخت ماهیت آتش و عوامل موثر بر آن است. در این تحقیق ابتدا مقدمه کوتاهی درباره آتش و تاریخچه اقدامات بشر برای مقابله با آن آورده شده و سپس به روشهای اطفاء حریق سنتی و مدرن که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند اشاره خواهد شده است. نهایتا توضیحات مفصل‌تری در مورد عملکرد و ساختار توپ‌های اطفاء حریق به عنوان یکی از روش‌های مفید و موثر اطفاء حریق ارائه شده است.

کلمات کلیدی: اطفاء حریق، روش‌های نوین، توپ اطفاء حریق

۱- مقدمه

آتشنشانی یا اطفاء حریق عبارتست از مجموعه اقداماتی که برای مقابله با آتش بوسیله خاموش کردن، کنترل و یا هدایت آتش‌های ناخواسته انجام می‌گیرد. حفاظت از سلامت افراد، جلوگیری از آسیب رسیدن به اموال و حفاظت از محیط زیست را می‌توان به عنوان مهمترین اهداف آتش‌نشانی نام برد. روش‌های اطفاء حریق بستگی به نوع آتش دارد اما آنچه واضح است برای مقابله با آتش باید حداقل یکی از عوامل اصلی آتش یعنی اکسیژن، گرما، ماده سوختنی و یا زنجیره واکنش را از بین برد. در یک طبقه بندی می‌توان اطفاء حریق را به دو گروه دستی و اتوماتیک تقسیم کرد. در نوع دستی، عملیات اطفاء حریق به صورت دستی و توسط فرد و در نوع اتوماتیک، عملیات به صورت خودکار و بدون حضور عوامل انسانی صورت می‌پذیرد [۱]. همچنین طبقه‌بندی انواع حریق و روش‌های مناسب مربوط به اطفاء هر کدام به طور خلاصه در جدول ۱ زیر آمده است.

جدول ۱ – طبقه بندی انواع حریق و روش‌های مناسب مربوط به اطفاء [۱]

نوع حریق	توضیحات	روش اطفاء حریق – کپسول مناسب
A	مواد خشک یا جامدات مانند کاغذ و چوب	سرد کردن، خفه کردن و در بعضی موارد جداسازی - انواع کپسول های آبی و پودری
B	مایعات قابل اشتعال مانند بنزین و گریس و نفت و ...	خفه کردن و در بعضی موارد جداسازی - کپسول های پودری و هالوژنه
C	گازهای قابل اشتعال مانند متان، اتان و ...	جداسازی و خفه کردن - کپسول های پودری و هالوژنه
D	فلزات قابل اشتعال که سریعا اکسید می شوند مانند منیزیم، لیتیم و...	جداسازی است - انواع کپسول های پودری
E	برق و الکتریسیته که می توانند در کلیه‌ی ادوات برقی، کابل ها و سیم های برق و ...	قطع جریان برق و خفه کردن - انواع کپسول های گازی با گازکربنیک و هالون ها
F	شامل روغن های خوراکی و چربی ها	جداسازی - کپسول های آبی و پودری

رنگ کپسول های اطفاء حریق آب، کف، پودر، دی اکسید کربن و هالون ها به ترتیب قرمز، کرم، آبی، سیاه و سبز است.*

۲- طبقه‌بندی مواد خاموش‌کننده آتش

موادی‌که عنوان خاموش‌کنندگی‌دارند را می‌توان به چهار دسته طبقه‌بندی کرد. به دلیل لزوم سرعت عمل و افزایش پوشش خاموش‌کننده‌ها، می‌توان به‌طورهمزمان از دو یا چند عنصر خاموش‌کننده استفاده نمود [۲].

الف) موادسردکننده (آب، دی‌اکسیدکربن)

ب) موادخفه‌کننده (کف، دی‌اکسیدکربن، خاک، ماسه و خاک)

ج) موادرقیق‌کننده‌هوا (نیتروژن و دی‌اکسیدکربن)

د) مواد محدودکننده واکنش‌های زنجیره‌ای شیمیایی (هالن و پودرهای‌مخصوص)

۳- تاریخچه سیستم های اطفاء حریق

۳-۱- سیستم های اعلام حریق

در قرون گذشته نیز بر کسی پوشیده نبود که واکنش سریع به در کنترل حریق اهمیت بالایی دارد و به همین منظور به محض آگاهی افراد از آتش سوزی، این خبر توسط زنگ‌های دستی نگهبانان شب، سوت بخار کارخانه ها و یا زنگ های کلیسا که توسط خادمان به صدا در می آمد، به گروه های آتش نشان اعلام می‌شد. واضح است که این سیستم ها از دقت کافی برخوردار نبوده و در اکثر اوقات آتش‌نشان ها را به مکان اشتباهی هدایت می‌کردند. اما پس از ظهور تلگراف، سیستم های گزارش‌دهی حریق به ماموران آتش نشانی دقیق‌تر و سریع‌تر صورت می‌گرفت. در سال ۱۸۴۷ نیویورک به عنوان اولین شهر ایالات متحده ساخت خطوط تلگراف، جهت اعلام حریق از شهرداری به ایستگاه‌های آتش‌نشانی و همچنین زنگ‌های ناقوسی را آغاز کرد. با گسترش سیستم اعلام حریق عمومی به کمک تلگراف زمان اعلام حریق به اداره آتش نشانی کوتاه‌تر شد. مدتها بعد نیز سیستم دستی اعلام حریق با عنوان سیستم اعلام حریق کمکی توسط راجرز ابداع و ساخته شد. جورج میلیکن در سال ۱۸۸۵ این سیستم را توسعه داد به طوریکه استفاده نامحدود از آن را در تمامی شهرهای ایالات متحده مقدور می‌ساخت [۳].

۳-۲- مواد اطفاء حریق

آب و خاک را می توان به عنوان اولین مواد اطفاء حریق در سالیان گذشته به حساب آورد. اما تاریخچه استفاده از وسایل مدرن تر برای مقابله با آتش را می توان با کپسول آتش نشانی مدرن پودر خشک ساخته شده توسط کاپیتان انگلیسی جورج ویلیام مانبی در سال ۱۸۱۸ آغاز کرد. کپسول ساخته شده توسط مانبی شامل یک مخزن ۳ گالنی مسی حاوی محلول خاکستر مروارید (کربنات پتاسیم) موجود در هوا فشرده شده بود. در سال ۱۸۶۶ نیز فرانسوا کارلیه یک خاموش کننده اسید سودا را در کشور فرانسه ثبت اختراع کرد که در آن یک محلول آب و بی‌کربنات سدیم را با اسید تارتاریک مخلوط و باعث تولید گاز دی اکسید کربن پیشرانه می‌شد. پس از مخلوط شدن اسید با محلول بی کربنات، گاز دی اکسید کربن تولید و بدین ترتیب آب تحت فشار قرار گرفته از طریق نازل یا شیلنگ از قوطی خارج می‌شد. کپسول مشابهی نیز در سال ۱۸۸۱ در ایالات متحده امریکا توسط گرانگر ساخته‌شد که در آن برای خروج آب تحت فشار بر روی آتش از واکنش بین محلول سدیم بی‌کربنات و اسید سولفوریک غلیظ مورد استفاده قرار می‌گرفت. اولین دستگاه خاموش کننده مواد شیمیایی نیز در سال ۱۹۰۴ توسط لوران در روسیه اختراع شد. در این کپسول علاوه بر سیستم اسید و محلول بی‌کربنات، از محلول سولفات آلومینیوم نیز به عنوان ماده اصلی اطفاء حریق استفاده شده بود [۴].

۴- روش‌های سنتی اطفاء حریق

۴-۱- کپسول (گاز و پودر)

این دستگاه جزء خاموش‌کننده‌های آتش قابل حمل دستی بوده و با توجه به نوع آتش ترکیبات مختلف مانند آب، پودر و یا گاز دی‌اکسید کربن (۱۵۰ psi) می‌باشد. به دلیل اینکه پودر در داخل خاموش‌کننده به‌طور دائم تحت فشار می‌باشد احتمال کلوخه شدن در آن زیاد است. پودرهای شیمیایی استفاده شده در کپسول‌ها غالبا پودر شیمیایی معمولی با پایه بی‌کربنات‌سدیم، بی‌کربنات‌پتاسیم، بی‌کربنات‌اوره‌پتاسیم و پتاسیم‌کلراید و یا پودرهای شیمیایی چند منظوره با پایه فسفات‌آمونیوم می‌باشد. شایان ذکر است که بی‌کربنات‌پتاسیم به دلیل ناپایداری و تمایل آن به کلوخه‌ای شدن، نسبت به ترکیبات سدیم کمتر در کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده می‌شود.

۴-۲- اسپرینکلر

سیستم اطفاء حریق آب فشان (اسپرینکلر) یک روش حفاظت از حریق اتوماتیک است که از یک منبع آب تحت فشار و مجموعه‌ای از لوله‌های توزیع آب و همچنین چند افشانه متصل به لوله ها تشکیل شده‌اند. برخلاف گذشته که این سیستم فقط در کارخانجات و ساختمان‌های تجاری بزرگ کاربرد داشت، امروزه سیستم‌هایی از این دست برای استفاده در منازل و ساختمان‌های کوچک با قیمت‌های مقرون به صرفه عرضه شده‌اند [۶].

اولین سیستم اطفای حریق اسپرینکلر مدرن در سال ۱۸۱۲ توسط ویلیام کانگریو[1] در انگلستان به ثبت رسید. این سامانه از یک مخزن ۹۵۰۰۰ لیتری استوانه‌ای آب‌بندی شده تشکیل شده بود که توسط یک لوله‌ی ۱۰ اینچی آب تغذیه می‌شد و انشعاباتی از آن به همه‌ی بخش‌های یک سالن تئاتر کشیده شده بود. در هنگام عملکرد، آب توسط سوراخ‌های نیم اینچی در لوله‌های انشعاب یافته روی آتش ریخته می‌شد.

اولین سیستم اسپرینکلر خودکار در سال ۱۸۷۲ توسط فیلیپ پرات[2] از شرکت آبینگتون[3] در ایالت ماساچوست ثبت اختراع شد و بعد از او توسط هنری پارمالی[4] از شرکت نیوهیون[5] در ایالت کانکتیکات توسعه یافت. فردریک گرینل در سال ۱۸۸۱ سیستم ۱۸۹۰ اسپرینکلر دیسک شیشه‌ای را ثبت اختراع کرد که اساساً همان سیستم اسپرینکلری است که امروزه از آن استفاده می‌شود.

۵- روش‌های نوین اطفاء حریق

۵-۱- تکنولوژی مه آب (Water-mist)

سیستم مه-آب دو جزء گرما و اکسیژن را از مثلث آتش (اکسیژن، گرما و ماده سوختنی) حذف می‌نماید. این کار توسط پاشش آب با فشار بالا از نازل صورت می‌پذیرد. بدین صورت که با افزایش فشار سیستم، سایز قطرات کاهش یافته و این امر منجر به افزایش قابل توجه مساحت تماس و در نتیجه تولید میزان قابل توجهی از بخار می شود که به این ترتیب می توان انرژی بیشتری از آتش گرفته و همچنین اکسیژن را بیشتر از آتش دور می‌کند. به بیان دیگر، زمانی که آب مایع به بخار تبدیل می‌شود، مانند اتفاقی که برای آب در مه-آب می‌افتد، مقدار قابل توجهی انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این انرژی از آتش تامین می‌شود. این کار قدرت آتش را کاهش می‌دهد. طبقه بندی این سیستم ها معمولا بر حسب فشار و به صورت فشار کم (کمتر از ۱۲,۵ بار)، فشار متوسط (بین ۱۲,۵ و ۳۵ بار) و فشار بالا (بین ۳۵ تا ۱۲۰ بار) انجام می‌شود.

1 William Congreve
2 Philip W. Pratt
3 Abington
4 Henry S. Parmalee
5 New Haven

از محدودیت های این تکنولوژی می توان به این نکات اشاره کرد که در برخی موارد ذرات مه-آب شبیه گاز عمل کرده و بسته به اندازه، ویژگی و طرح داخلی ساختمان باید تهویه مناسب ساختمان همیشه مد نظر قرار گیرد. همچنین با آنکه استفاده از مه-آب برای محافظت منطقه نسبت به سیستم های اطفای حریق گازی کمتر در معرض نشتی قرار دارد، اما این در مسئولیت نصاب است که حجم نشتی قابل قبول را برای هر ناحیه بر .اساس تست های انجام شده مشخص سازد

شکل ۱- نمونه سیستم های مه-آب [۵]

۵-۲- سیستم مهار کننده آتش ایروسل (Aerosol)

سیستم اطفای حریق آیروسل سیستم مهار کننده آتش بر پایه ذرات جامد کوچکتر از ۱۰ میکرومتر و گاز می‌باشد. ذرات جامد غیرسمی بوده و تا زمانی که فعال نشده است پایدار می ماند و در صورت فعال شدن ترکیبی از پودر و گاز (آیروسل) با خاصیت خاموش کنندگی تولید می‌نماید. مکانیزم اطفاء حریق در این تکنولوژی بدین صورت است که یک ماده شیمیایی جامد پس از فعالسازی، که می تواند به صورت الکتریکال، مکانیکال و یا حرارتی باشد، مخلوطی از گاز (اکثرا دی‌اکسید کربن، نیتروژن و بخار آب) و پودر میکرونی خشکی (اکثرا کربنات‌های پتاسیم) ایجاد کرده و آیروسل حاصل به منطقه تحت پوشش وارد می‌شود. ذرات آیروسل از یک خنک کننده شیمیایی عبور نموده و دمای ایروسل را به نحو مطلوبی کاهش می‌دهد. از فواید این روش می توان به سادگی و راه اندازی مجدد سریع، غیر سمی بودن، عدم کاهش سطح اکسیژن در محیط، مقرون به صرفه بودن، سازگار بودن با محیط زیست و ... اشاره کرد. این سیستم بیشترین کاربرد را در اتاق های اسناد کاغذی، انبارهای چوب و پارچه، اتاق های برق و اتاق های دیزل و سوخت دارد.

شکل ۲- نمونه سیستم های ایروسول [۷]

۵-۳- اطفاء حریق با امواج صوتی

دو دانشجوی مهندسی دانشگاه جورج میسون که معتقد بودند امواج صوتی قابلیت کاهش حجم آتش را دارند توانستند آتش را به کمک امواج صوتی خاموش کنند. مکانیزم این سیستم بدین صورت است که به کمک امواج صوتی اکسیژن را از آتش دور شده و آتش خاموش می‌شود. آنها به این نتیجه رسیدند که امواج در محدوده ی ۳۰ تا ۶۰ هرتز که در محدوده فرکانس پایین قرار دارد، بهترین رفتار اطفای حریق را ارائه می‌دهد. این وسیله از سه بخش تقویت کننده، منبع قدرت و موازی ساز تشکیل شده است. یکی از معایب این تکنولوژی این است که پس از اطفای حریق جسم تا مدتی داغ خواهد بود. چون در این فرایند، برخلاف آب که گرما را از آتش حذف می کند اکسیژن را از آتش حذف شده است [۸].

شکل ۳- اطفاء حریق با امواج صوتی [۸]

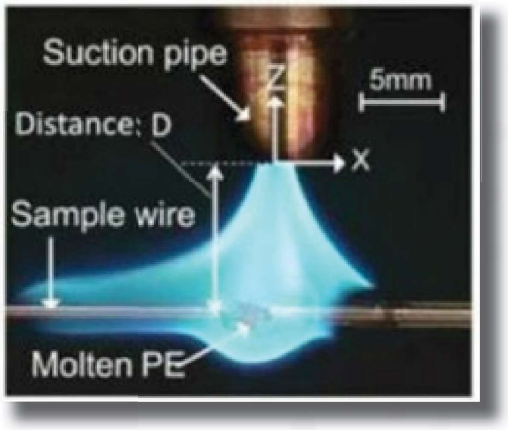
۵-۴- اطفاء حریق با تفنگ های هوای فشرده

می نامند و IFEX ۳۰۰۰ این وسیله آتش نشانی دقیقاً شبیه اسلحه است اما در برخورد با آتش سوزی خطرناک فوق العاده مؤثر است. آن را از سال ۱۹۹۴ توسط آتش نشانان در آلمان مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی از مقدار کمی آب که با سرعت بالا شلیک می شود برای خاموش کردن آتش استفاده می‌کند. قطرات آبی که در اثر انفجارهای بخار شلیک می‌شوند می‌توانند تا ۱۲۰ متر در ثانیه حرکت کنند و باعث ایجاد یک اثر خنک کننده قوی شده که عامل موفقیت این سیستم است. این سیستم در قالب دستی، کوله پشتی، موتور سیکلت، تراکتور، هلی‌کوپتر و غیره کاربری دارد.

شکل ۴- تفنگ های هوای فشرده IFEX ۳۰۰۰ [۹]

۵-۵- اطفاء حریق با مکش

گروه مهندسی مکانیک در دانشگاه فناوری تویوهاشی یک دستگاه آتش‌نشان برای استفاده در فضاپیماها ساخته است. این دستگاه «روش خاموش) نام دارد که به جای پاشش مواد خاموش کننده به سمت آتش، شعله‌های آتش و مواد در حال سوختن را می‌مکد و بهVEMکردن در خلاء» (یک مخزن خلاء می‌برد، جایی که آتش و مواد مشتعل در آن به راحتی خفه شده و خاموش می‌شوند. این روش نه تنها باعث کاهش مخاطرات تنفسی می‌شود، بلکه باعث کاهش زمان واکنش نیز می‌شود، چرا که نیاز به گذاشتن ماسک‌های اکسیژن را در هنگام آتش‌سوزی از بین می‌برد. این سیستم هنوز به تأیید هیچ‌یک از آژانس‌های فضایی نرسیده است، اما تیم سازنده می‌گوید در برنامه‌های مختلفی قابل استفاده است. این سیستم آتش را بدون برجا گذاشتن آلودگی خاموش می‌کند و باعث می‌شود آسیب محیطی به کمترین میزان ممکن برسد [۱۰].



شکل ۵ - اطفاء حریق با مکش [۱۰]

۵- ۶- توپ های اطفاء حریق

توپ‌های اطفاء حریق یا همان توپ‌های ضدحریق یکی از ابزارهای بسیار جالب و کارآمد برای کنترل آتش در کمترین زمان ممکن می‌باشند. این توپ‌ها معمولاً دارای وزنی در حدود ۱ تا ۱,۵ کیلوگرم و دارای یک روکش پلاستیکی ضد آب هستند. روند کاری این توپ به این صورت می‌باشد که وقتی در معرض دمای حدود۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد قرار بگیرد، به‌صورت خودکار منفجر شده و صدای بسیار زیادی در حدود ۱۲۰ دسی‌بل ایجاد می‌کند که می‌توان آن را به عنوان یک هشدار صوتی بسیار مناسب در نظر گرفت. این توپ های یکبار مصرف بوده و دارای ۵ سال عمر مفید می‌باشند و زمانی که منفجر شوند، پودر آتش نشانی را در فضایی بین ۳ تا ۹ متر مکعب بسته به نوع توپ از نظر وزن ، خلوص ماده خاموش و حجم توپ می تواند قدرت خاموش کنندگی متفاوتی داشته باشد و به این صورت مانع از انتشار آتش می‌شوند.

نحوه استفاده از این توپ‌ها معمولا به دو صورت می‌باشد:

۱- قرار دادن در مکان هایی که احتمال آتش سوزی وجود دارد (پیشگیرانه).

۲- پرتاب توپ به داخل آتش توسط افرادی که نزدیکی آتش قرار دارند.

۵- ۶- ۱- مزایای توپ‌های ضد حریق

از مهمترین مشخصات و مزایای این توپ‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

روکش پلاستیکی این توپ‌ها ضد آب می باشد و همین باعث افزایش دوام آنها در شرایط محیطی مختلف خواهد شد.

صدای انفجار بالا (۱۲۰ دسی‌بل) که مانند که به عنوان یک هشدار قوی برای اطرافیان محیط آتش سوزی عمل می‌کند.

اطفاء حریق در همان مراحل اولیه و قبل از انتشار آتش سوزی

قابل نصب در حالات مختلف

قابلیت حمل ساده و همچنین استفاده آسان برای افرادی که هیچ تخصصی در زمینه اطفاء حریق ندارند.

مقرون به صرفه باشد.

از داخل شدن افراد در منطقه خطرناک هنگام بروز حوادث و آتش سوزی ها پیشگیری کند.

را دارا می‌باشد.C و B، Aقابلیت اطفاء حریق نوع

از جمله مکان‌های مناسب برای قرار دادن توپ‌های ضد حریق می‌توان به اتاقک‌های کنترل حاوی تجهیزات برقی و مخابراتی، مخازن بانک‌ها، خودروها، داخل منازل و پاگرد ساختمان‌ها، کتابخانه‌ها، نیروگاه‌ها و ... اشاره کرد.

۵- ۶- ۲- ساختار توپ‌های ضد حریق

در شکل زیر ساختار کلی توپ‌های ضد حریق را نشان داده شده است.

شکل ۶ - ساختار توپ‌های ضد حریق [۱۱]

روی سطح توپ به منظور جلوگیری از نفوذ آب به داخل توپ قرار داده شده است. کمربند انفجاری نیز که به صورت نواریPVCپوشش نازک به دور توپ قرار گرفته، نقش فعالسازی و انفجار باروت وسط توپ را به هنگام احساس گرمای آتش (حدود ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد) را دارد. بین کمربند و باروت نیز پودر اطفاء حریق در داخل پوشش یونولیتی وجود دارد. این پودر معمولا شامل فسفات مونوآمونیوم و سولفات آمونیوم به عنوان خاموش کننده آتش و سیلیکاآمورفوس و پلی‌سیلوکسان‌متیل‌هیدروژن به عنوان عوامل ضدرطوبت و روان‌کننده به منظور جلوگیری از کلوخه شدن پودر است. به هنگام قرار گرفتن توپ در مجاورت آتش، کمربند انفجاری عمل کرده و باروت مرکز توپ را منفجر می‌کند. این امر باعث پخش شدن پودر به محیط (حدود ۳ تا ۹ متر مکعب) و خاموش کردن ناگهانی آتش می‌شود. وزن این توپ‌ها معمولا بین ۰,۵ تا ۱,۵ کیلوگرم می‌باشد و از برندهای معروف این توپ‌ها می توان به ELIDE FIRE، AFO و Rufo. اشاره کرد

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق به مطالعه تاریخچه و انواع روش‌های مرسوم و نوین اطفاء حریق پرداخته شد. باید به این نکته توجه داشت که هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب مخصوص خود را دارا می‌باشند و کاربرد آنها بسته به نوع آتش، شدت و دامنه آتش، محل بروز آتش‌سوزی و ... دارای محدودیت‌هایی خواهد بود. توپ‌های ضد حریق به عنوان یک ابزار مناسب با قابلیت جاسازی در محل (حالت پیشگیرانه) و حمل دستی (در زمان آتشسوزی) معرفی شده اند. همانطور که در این تحقیق توضیح داده شد، ساختار داخلی و عملکرد این توپ‌ها بسیار ساده و مواد اولیه آن در دسترس است. در حال حاضر اکثر این توپ‌ها به صورت وارداتی و با قیمت‌های نسبتا بالا در بازار موجود هستند درحالیکه پتانسیل بالایی برای تولید این توپ‌ها در داخل کشور وجود دارد.

منابع

۱. گل محمدی, ر., مهندسی حریق. ۸۸۳۱: انتشارات دانشگاه علوم و پزشکی همدان.
۲. جزوه کلیات و مبانی آتش نشانی. Oct ۲۰۲۰]; Available from: https://srad.ir/.
۳. تاریخچه اولین سیستم اعلام حریق. [cited Oct. ۲۰۲۰; Available from: http://www.mirajco.ir/.
۴. تاریخچه مواد اطفا حریق. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://oca-co.com/fire-extinguishing/.
۵. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.nfpa.org/.
۶. سیستم اطفای حریق اسپرینکلر. Oct ۲۰۲۰]; Available from: http://firefightingbook.blogfa.com/.
۷. سیستم اطفاء حریق آیروسل. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://gbpars.com.
۸. Sonic fire extinguisher puts out flames with sound. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.engineersaustralia.org.au/News/sonic-fire-extinguisher-puts-out-flames-sound.
۹. IFEX ۳۰۰۰. Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://www.ifex۳۰۰۰.com/en/home/.
۱۰. Nakamura, Y., T. Usuki, and K. Wakatsuki, Novel Fire Extinguisher Method Using Vacuuming Force Applicable to Space Habitats. Fire Technology, ۲۰۱۹. ۵۶(۱): p. ۳۶۱-۳۸۴.
۱۱. What Is Inside A Fire Extinguisher Ball? . Oct. ۲۰۲۰]; Available from: https://safetysection.com/what-is-inside-a-fire-extinguisher-ball/.