



## روش‌های حفاظت از سازه‌ها در برابر حریق<sup>۱</sup>

دو نوع سیستم برای محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش وجود دارد که شامل سیستم فعال و غیرفعال هستند و این دو می‌توانند هر یک به تنهایی یا به صورت مکمل یکدیگر طراحی و اجرا شوند. اجرای پوشش‌های ضدحریق (سیستم‌های ضدحریق غیرفعال) در سازه‌ها به منظور پیشگیری از تخریب آن‌ها در آتش‌سوزی و به‌دست آوردن زمان ارائه خدمات آتش‌نشانی طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش ضدحریق و مدت زمان حفاظت از سازه در برابر حریق به نوع سازه (بتنی یا فولادی)، تصویر و فرم سازه، نوع کاربری سازه، میزان مواد قابل اشتعال در ساختمان، نوع حریق و موارد دیگر بستگی دارد. این موضوع در سازه‌های صنعتی و ساختمان‌های مهم و با اهمیت زیاد نظیر بیمارستان، موزه، مراکز با تجمع زیاد و غیره از اهمیت بالایی برخوردار است که در صورت بروز آتش‌سوزی احتمالی، پوشش ضدحریق می‌تواند از ورود آسیب‌های جدی و یا از بین رفتن تعادل سازه و در نتیجه متصویرات ناشی از آن جلوگیری نماید.



آیدین نماز زاده

کارشناس ارشد عمران - سازه

### پوشش ضدحریق

پوشش‌های ضدحریق که در سازه‌ها اجرا می‌شوند، از فروپاشی آن‌ها در اثر افزایش دما جلوگیری و زمان کافی برای فرار و رهایی از آتش و ارائه خدمات آتش‌نشانی را فراهم می‌کنند. پوشش‌های ضد حریق برای حفاظت انواع سازه‌های فلزی و بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از پوشش‌های ضد حریق دمای اجزای اساسی سازه، (در مدت زمان معین) کنترل شده و به سطح دمایی که باعث افت مقاومت و ریزش فولاد یا از دست رفتن ساختار بتن و در نهایت تخریب آن می‌شود، نمی‌رسد.



- ۱- حفاظت و پایداری اسکلت سازه در برابر تنش حرارتی ناشی از حریق، از طریق افزایش مقاومت المان‌های باربر سازه (ستون‌ها، تیرها و ...)
- ۲- تاثیر نگذاشتن روی زیبایی سازه
- ۳- ترمیم آسان
- ۴- قابلیت اجرا در سطوح خارجی و داخلی ساختمان
- ۵- فرصت بیشتر برای عملیات گریز و نجات فراهم می‌گردد.
- ۶- این روش (استفاده از پوشش‌های ضد حریق) می‌تواند در اجزای غیر باربر سازه شبیه دیوارها، جهت فضا بندی مجتمع در برابر گسترش حریق مورد استفاده قرار گیرد.
- ۷- قابلیت اجرا در سازه‌های تازه احداث و هم چنین سازه‌های قدیمی
- ۸- سهولت و سرعت اجرا

#### معایب پوشش ضد حریق

زمان اتمام ساخت سازه را افزایش خواهد داد. احتیاج به تخصص جهت اجرا و نصب و همچنین متخصص جهت انتخاب نوع عایق مصرفی دارد.

#### پوشش ضد حریق سازه‌های فولادی

لزوم محافظت اسکلت ساختمان و سازه با پوشش ضد حریق به عنوان مهمترین قسمت محافظت غیر عامل، باید مدنظر طراحان و محاسبان سازه قرار گیرد. اجرای پوشش ضد حریق سازه‌های فلزی از مهمترین و کاربردی‌ترین روش‌های محافظت سازه در رشته مهندسی حریق به شمار می‌آید.

در این روش بیشتر ستون‌ها و تیرهای اصلی سازه جهت محافظت قاب‌های سازه‌ای در مقابل حریق توسط پوشش ضد حریق اسکلت فلزی پوشش داده می‌شوند. دیوارها، سقف‌ها و کف‌ها سایر موارد مقاوم‌سازی غیر عامل در مقابل حریق می‌باشند که در موارد کاربری‌های خاص، عایق‌سازی می‌شوند. فولادهای سازه‌ای (ST-37)، نقطه حرارت خمش یا به اصطلاح خمیدگی تقریباً ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد دارند و نیمی از مقاومت خود را در دمای ۵۰۰ درجه از دست می‌دهند (بدون پوشش ضد حریق)؛ بنابراین سازه فولادی بدون پوشش ضد حریق در برابر حریق بسیار آسیب‌پذیر بوده و نیازمند مقاوم‌سازی در مقابل حریق می‌باشند.

مطابق دستورالعمل BS476 فلز آهن بدون پوشش ضد حریق در مدت زمان کمتر از ۱۰ دقیقه پس از آتش‌سوزی به دمای ۵۰۰ درجه می‌رسد که این دما، نقطه خمش فلز آهن بوده و طبق مطالب فوق ۵۰ درصد مقاومت خود را از دست می‌دهد. در اکثر پروژه‌ها همچون نیروگاه به علت بالا بودن خطر حریق و آتش‌سوزی نیاز است تا سازه به خصوص سازه‌های فلزی توسط پوشش ضد حریق نسبت به حریق احتمالی مقاوم‌سازی شود. (تصویر ۲)

سطحی از فولاد که در معرض حریق قرار دارد بخش بر سطح مقطع کل، تشکیل ضریبی به نام ضریب مقطع ۲ می‌دهد. هر اندازه این ضریب بیشتر باشد، ضخامت پوشش‌های ضد حریق سازه اسکلت فولادی افزایش



تصویر ۱ - استفاده از مواد پاششی برای ضد حریق نمودن سازه‌ها

پوشش ضد حریق هم در سازه‌های تازه احداث و هم در سازه‌های قدیمی قابل اجرا است.

انواع پوشش‌های ضد حریق شامل موارد زیر هستند:  
مواد پاششی معدنی  
رنگ‌های منبسط شونده  
بوردها و پنل‌های ضد حریق

طراحی پوشش‌های ضد حریق با استفاده از آئین‌نامه‌های بین‌المللی مانند UBC، IBC و NFPA صورت گرفته و بهترین زمان جهت اجرای سیستم‌های مذکور به هنگام اتمام نصب اسکلت فلزی می‌باشد. این سیستم‌ها از نظر اجرا به دو روش دسته‌بندی می‌گردند که شامل روش پاشش مصالح پوشش‌های ضد حریق ۱ و روش اجرای پوشش ضد حریق خشک که شامل پنل‌ها، بوردها و غیره می‌باشد. روش‌های پاششی پوشش ضد حریق نیز شامل مصالح پایه سیمانی، پایه گچی به همراه ورمیکولایت و سایر مواد و رنگها و پوشش‌های منبسط شونده هستند. (تصویر ۱)

انواع مواد مقاوم در برابر حریق به کار رفته در پوشش‌های ضد حریق سه نوع مواد و مصالح مقاوم در برابر حریق وجود دارد که عبارتند از:  
مواد عایق

مواد جاذب انرژی

پوشش‌های ضد حریق منبسط شونده و پف‌کننده

بسیاری از مواد رایج در حقیقت به نوعی با مکانیسم ترکیبی از انواع ۱ و ۲ عمل می‌نمایند و حاوی مقادیری از هر دو گروه مواد عایق و جاذب انرژی می‌باشند. بیشترین مصرف مواد عایق که دارای خواص حرارتی عالی است مربوط به پوشش‌های ضد حریق با الیاف معدنی همانند پشم سنگ و سنگدانه‌های منبسط شونده مانند ورمیکولیت و پرلیت است. از مواد پوشش‌های ضد حریق رایج با مکانیسم جذب انرژی نیز می‌توان گچ و سیمان پرتلند را نام برد که در حین گرمایش، بخار آب آزاد می‌نمایند. نوع سوم پوشش‌ها، پوشش ضد حریق منبسط شونده می‌باشند که به محض رسیدن اولین شعله به سطح آن شروع به انبساط می‌نمایند و یک فوم جامد مشکی رنگ با ضخامت تقریبی ۲/۵ سانتیمتر ایجاد می‌کند. فوم به‌عنوان عایق، تماس شعله با زیر لایه را به تعویق می‌اندازد و به‌عنوان یک مانع تأخیرانداز از گرم شدن سریع و احتراق سطح زیرین جلوگیری به عمل می‌آورد. این پوشش ضد حریق تا حدود دو ساعت از رسیدن حرارت به سطح زیرین جلوگیری می‌کند. پوشش‌های ضد حریق در عمل به دو گروه پوشش‌های مقاوم حریق معدنی و پوشش‌های دیرسوز کننده آلی (تاخیرانداز حریق) تقسیم‌بندی می‌شوند.

#### مزایای پوشش‌های ضد حریق

از مزایای اجرای پوشش‌های ضد حریق در سازه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:



تصویر ۲ - تاثیر تصویربرداری پروفیل‌های فولادی در تعیین ضخامت پوشش ضد حریق اسکلت فلزی

می‌یابد. در نتیجه هر چقدر سطح قسمت در معرض آتش بیشتر باشد و یا ضخامت فلز کمتر باشد، ضخامت پوشش ضدحریق اسکلت فلزی افزایش می‌یابد و بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

#### معیار پذیرش ضخامت پوشش ضدحریق سازه اسکلت فلزی

مطابق آئین‌نامه‌های موجود و ضوابط ارائه شده در سازه‌های ضدحریق، زمانی ضخامت پوشش‌های ضدحریق سازه‌های فلزی مقاوم در برابر حریق مورد پذیرش قرار خواهد گرفت که ضخامت متوسط کار انجام شده از ضخامت پوشش طراحی کمتر نباشد.

#### مصالح محافظت‌کننده در مقابل آتش

مصالح و محصولات مختلفی برای محافظت از قاب‌های فولادی استفاده می‌شود. محفظه بتنی، مصالح بنایی و پلاستر (اندود) برای یک قرن به عنوان پوشش ضدحریق اسکلت فلزی در برابر آتش استفاده می‌شدند. امروزه به صورت معمول از بورد گچی، پوشش‌های ضدحریق پاششی و مصالح محافظت‌کننده، پوشش‌های منبسط‌شونده و مصالح معدنی فیبردار به عنوان پوشش ضدحریق سازه اسکلت فولادی استفاده می‌شود.

#### پوشش ضدحریق معدنی (SFRM)<sup>۱</sup>

بیشتر SFRM ها چه از فیبر معدنی و چه از مصالح سیمانی تشکیل شده باشند، برای ایزوله کردن و پوشش ضدحریق اسکلت فلزی در مقابل حرارت استفاده می‌شوند.

SFRM سیمانی به سه دسته با دانسیته کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی می‌شود اما مصالح دارای دانسیته کم، بیشتر معمول است و معمولاً یک چسب گچی دارد. در مصالح با دانسیته متوسط و زیاد معمولاً از چسب سیمانی پرتلند استفاده می‌کنند. SFRM فیبر معدنی معمولاً ارزان‌تر از SFRM سیمانی است، اما به راحتی قابل چسبیدن به فولاد نیست. SFRM فیبر معدنی و SFRM سیمانی با جگالی کم برای مناطق مرطوب و هم‌منظور در مناطق محافظت نشده در مقابل هوا، جایی که امکان کنده‌شدن مصالح ضدحریق وجود دارد، مناسب نیستند.

#### تأمین مقاومت پوشش ضدحریق سازه‌های فلزی

برای تأمین مقاومت لازم در برابر آتش در ساختمان، باید از مصالح نازک‌کاری مناسب با خطر کم از نظر گسترش آتش‌سوزی برای پوشش ضدحریق سازه اسکلت فلزی استفاده شود. تأمین مقاومت پوشش ضدحریق سازه‌های فلزی به ارتفاع ساختمان، کاربری آن و نوع فضاها بستگی دارد. به عنوان مثال، مصالح نازک‌کاری راه‌های خروج و پله‌های سازه اسکلت فلزی باید حتماً از نوع ایمن باشد؛ اما سخت‌گیری برای مصالح نازک‌کاری اتاق‌ها کمتر است.

#### پوشش ضدحریق برپایه مواد معدنی پاششی

پوشش ضدحریق با مواد معدنی پاششی بر پایه مواد معدنی نسوز بوده و حاوی مواد منبسط‌شده نظیر ورمیکولیت<sup>۲</sup>، دولومیت، پرلیت و نیز مصالحی نظیر گچ و سیمان، مواد کف‌زا و غیره می‌باشند. پوشش ضدحریق بر پایه مواد معدنی پاششی به دلیل مقاومت حرارتی بسیار بالا و ضریب رسانایی گرمایی بسیار پایین، روند انتقال حرارت در سازه را کاهش داده و باعث تاخیر در فروپاشی سازه در حدود ۴ تا ۵ ساعت می‌شود. میزان ضخامت پوشش ضدحریق با مواد معدنی پاششی بستگی به طراحی سازه و مدت زمان مورد نیاز مقاومت در برابر حریق دارد. پوشش ضدحریق برپایه مواد معدنی پاششی در ضخامت‌های پایین تا ۱ سانتیمتر به وسیله پاشش مستقیم

و توسط ماشین روی سطوح اجرا می‌شوند و در ضخامت‌های بیش از یک سانتیمتر از توری‌های ویژه این کار به عنوان تقویت‌کننده پوشش ضدحریق با مواد معدنی پاششی استفاده می‌شود. از جمله ویژگی‌های بارز پوشش ضدحریق بر پایه معدنی پاششی می‌توان به وزن مخصوص پایین، مصالح و در نتیجه کاهش بار مرده سازه، سهولت اجرا، چسبندگی مناسب، مقاومت بسیار بالا در پیشگیری از گسترش آتش روی سطح و جلوگیری از انتقال حرارت ناشی از آتش به سطح سازه، مقاومت در برابر شوک حرارتی و عدم ایجاد دود و گازهای سمی اشاره کرد. (تصویر ۳)

کاربرد پوشش ضدحریق برپایه مواد معدنی پاششی عبارتند از:

- ۱- به سبب سبک و مقرون به صرفه بودن، کاربرد فراوان در ساختمان سازی
- ۲- استفاده فراوان در نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها
- ۳- پارکینگ‌ها و استخرها
- ۴- انواع سازه‌های بتنی و فولادی
- ۵- مراکز صنعتی شیمیایی
- ۶- تونل‌ها
- ۷- کارخانجات صنعتی

#### رنگ ضدحریق منبسط‌شونده

پوشش رنگ ضدحریق منبسط‌شونده علیرغم ضخامت بسیار کم اولیه در صورت وقوع حریق با انبساط و ایجاد یک لایه متخلخل با ضخامت بسیار بیشتر از ضخامت اولیه، سطح زیرین خود را در برابر حریق محافظت می‌کند. پوشش رنگ ضدحریق منبسط‌شونده عمدتاً روی مصالح قابل اشتعال استفاده می‌شود تا زمان اشتعال سطح محافظت شده را به تاخیر انداخته و یا از پیشروی سطحی شعله جلوگیری کند. برای این منظور لازم است یک توده متخلخل جامد از رنگ ضدحریق منبسط‌شونده تصویر گیرد. رنگ منبسط‌شونده ضدحریق زمانی که در معرض آتش قرار می‌گیرد به دلیل وقوع یک سری واکنش‌های شیمیایی، گازهای خنک‌کننده‌ای آزاد نموده، از دیاد حجم داده و با حریق مقابله می‌نماید و در ضمن یک لایه عایق زغالی جهت عایق‌سازی تولید می‌کند که ضخامت آن حتی تا ۲۰ برابر مقدار اولیه رنگ می‌باشد. از پوشش رنگ ضدحریق منبسط‌شونده عمدتاً به منظور حفاظت در شرایط خاص از سازه فلزی و سطوح داخلی ساختمان استفاده می‌شود.

#### مزایای رنگ ضدحریق در مقایسه با سایر پوشش‌های ضدحریق

رنگ ضدحریق منبسط‌شونده در مقایسه با سایر روکش‌های ضدحریق، مزایای بسیاری دارند که در زیر به آنها اشاره شده است.  
**فضای کم اشغال شده:** رنگ ضدحریق منبسط‌شونده را می‌توان به طور متوسط از ۵۰۰ میکرون تا ۵۵۰۰ میکرون روی کلیه سطوح با هر زاویه‌ای و شکستگی اعمال کرد. در نتیجه رنگ ضدحریق منبسط‌شونده فضایی را



تصویر ۳ -  
استفاده از پوشش  
ضدحریق بر پایه مواد  
معدنی پاششی



اشغال نکرده، ظرافت کار را حفظ کرده و به عنوان یک پوشش ضدحریق

منبسط شونده، سازه را در مقابل حریق محافظت می‌کند.

سرعت و سهولت در اجرا: پوشش رنگ ضدحریق منبسط شونده پس از مرحله آماده‌سازی سطح، به راحتی و در زمان کم و با ابزارهای مختلف اجرا می‌شود.

سبک بودن: پوشش رنگ ضدحریق منبسط شونده به لحاظ وزن در واحد مترمربع بسیار کمتر از پوشش‌های ضدحریق بر پایه مواد معدنی هستند و پوشش‌های ضدحریق بر پایه مواد معدنی در مواردی از طراحی، برای محاسبه بار مرده به حساب می‌آیند.

سهولت در ترمیم: نقاطی از سطح پوشش رنگ ضدحریق منبسط شونده که آسیب دیده باشند بوسیله رنگ ضدحریق منبسط شونده به سهولت ترمیم می‌گردد.

ایمنی و بهداشت: پوشش رنگ‌های ضدحریق منبسط شونده، ایمن بوده و در زمان بروز حریق، گازهای سمی متصاعد نمی‌کند.

جنبه اقتصادی: با اینکه پوشش‌های معدنی ضدحریق مقرون به صرفه می‌باشند با این حال به دلیل تسریع در زمان اجرا، اشغال فضای کمتر، سطح هموارتر و عدم نیاز به هزینه دوباره جهت صاف و هموار کردن سطح اجرا شده و میزان مصرف کم، استفاده از پوشش رنگ ضدحریق منبسط شونده در بعضی موارد می‌تواند مقرون به صرفه و اقتصادی باشد.

#### انواع رنگ ضدحریق منبسط شونده

پوشش رنگ‌های ضدحریق در دسته‌بندی‌های مختلفی عرضه می‌گردند که بخشی نقش منبسط شونده را داشته و بخش دیگر نیز نقش دیرسوز کننده دارند. دسته‌ای که نقش منبسط شونده را دارند در ضخامت‌های ۰/۵ تا ۵/۵ میلیمتر روی کلیه سطوح از جمله سازه اسکلت فلزی یا همان اسکلت فولادی، بتن، گچ، کابل، چوب و دیگر سطوح می‌توان اعمال نمود و به محض رسیدن حرارت حاصل از شعله، ضخامت نیم میلیمتری به حدود ۴ تا ۵ سانتی متر رسیده و این عمل مانع انتقال حرارت به سطح زیر کار می‌شود. دسته‌ای دیگر نیز که نقش دیرسوز کننده را دارند، معمولاً روی سطوح پلیمری، کاغذ، پارچه، چوب، چرم و سایر مواد اعمال شوند تا در

مواقع حریق قابلیت آتش گرفتن را نداشته باشند. (تصویر ۴)

کاربرد رنگ ضدحریق منبسط شونده

رنگ ضدحریق منبسط شونده کاربردهای فراوانی دارد که در زیر به چند مورد آنها اشاره می‌کنیم.

۱- استفاده در محیط‌های داخلی

۲- سازه‌هایی که تصویر ظاهری آنها دارای اهمیت می‌باشد.

۳- سازه‌هایی که اشغال فضا در آنها دارای اهمیت است یا سازه دارای فضای محدود می‌باشد.

۴- سازه‌هایی که زمان اتمام ساخت در آنها مهم است.

۵- سازه‌هایی که بار مرده آنها قابل توجه است.

۶- سازه‌هایی که ایمنی و بهداشت در آنها دارای اهمیت است.

#### نحوه اعمال رنگ ضدحریق

به منظور اعمال پوشش رنگ ضدحریق روی سازه فولادی و یا بتنی، پس از آماده سازی سطح، پرایمر مناسب روی سطح سازه فولادی کشیده شده و سپس پوشش رنگ ضدحریق اعمال می‌گردد. پوشش رنگ ضدحریق منبسط شونده به سهولت و در زمان بسیار کوتاه اجرا می‌شود. ضخامت اعمالی رنگ‌های ضدحریق منبسط شونده بسته به نوع و تصویر سازه، ضخامت ورق، شرایط محیطی کاربری، امکانات اطفای حریق و دیگر عوامل تعریف می‌گردد. سطح نهایی رنگ ضدحریق، سطحی صاف بوده و پس از اتمام عملیات پوشش دهی، نیاز به هموار کردن سطح نمی‌باشد.



تصویر ۴ - استفاده از رنگ ضدحریق منبسط شونده به عنوان پوشش ضدحریق در سازه