



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شماره گزارش: TAR FD 98-14981

شرکت نوید رنگ پدram

گزارش نهایی گواهینامه فنی

شرکت نوید رنگ پدram

تولیدکننده محصول

پوشش معدنی پایه سیمانی محافظت کننده در برابر آتش با نام تجاری FR 1700



بخش مجری

مهندسی آتش



اطلاعات کلی

نام کارخانه / شرکت: نوید رنگ پدram

نام محصول / کالا: پوشش معدنی پایه سیمانی محافظت کننده در برابر آتش با نام تجاری FR 1700

آدرس دفتر مرکزی: تهران-خیابان ولیعصر- روبروی پارک ملت- برج ملت- طبقه ۱۱ تلفن: ۸-۱۴۹۸۵-۲۲۰-۲۱
نمابر: ۰۲۱-۲۲۰۴۷۱۳۰

آدرس کارخانه: شهرک صنعتی اشتهاارد- بلوار حسابی غربی- خیابان دهستان سوم

آدرس انبار: محل کارخانه

شماره پرونده: ۱۴۹۸۱

تاریخ اعتبار گواهینامه: ۱۴۰۰/۳/۱۷

تاریخ بازدیدها: ۹۸/۴/۲۴ ، ۹۸/۶/۳۱ و ۹۸/۹/۲۳

نتیجه گیری: بدون ایراد، ادامه فرآیند

تعداد کل صفحات: ۴۹



۱- مقدمه

این گزارش به عنوان گزارش نهایی گواهینامه فنی محصول پوشش معدنی پایه سیمانی محافظت کننده در برابر آتش شرکت نوید رنگ پدram در چارچوب قرارداد شماره ۵۰۸۶-۲۵-۹۸ مورخ ۹۸/۳/۸ بین مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی از یک طرف و کارخانه نوید رنگ پدram از طرف دیگر، تهیه شده است. بر اساس شرح خدمات مذکور در قرارداد گواهینامه فنی، سه بازدید اتفاقی از کارخانه و پروژه های در دست اجرای شرکت نوید رنگ پدram در تاریخ های ۹۸/۴/۲۴، ۹۸/۶/۳۱ و ۹۸/۹/۲۳ انجام و نمونه برداری صورت گرفت. نتایج آزمون های انجام شده بر روی نمونه برداری ها قابل قبول ارزیابی شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، محصول دارای طبقه بندی X بوده و استفاده از این مواد برای تمام شرایط داخلی، نیمه در معرض و در معرض، مورد تأیید می باشد.

ضخامت در جداول ۱-۸-۹-۵ تا ۴-۸-۹-۵ برای مقاطع شکل I و H و جداول ۵-۸-۹-۵ تا ۸-۸-۹-۵ برای مقاطع توخالی با رعایت دستورالعمل اجرایی پیوست الف قابل کاربرد است. نتایج کامل تمامی آزمون ها در ادامه گزارش ارائه شده است.

لازم به ذکر است این گزارش نهایی تنها مربوط به پوشش معدنی پایه سیمانی محافظت کننده در برابر آتش به شرح زیر است و سایر تولیدات کارخانه را شامل نمی شود.

جدول ۱-۱: نتایج آزمون های ویژگی محصول

واحد	نتیجه	استاندارد	آزمون
-	A (A ₁ یا A ₂)	En 13501-1	واکنش در برابر آتش
kPa	۷۲	ASTM E736	حداقل چسبندگی
Kg/m ³	۴۸۰	ASTM E 605	چگالی
W/(m.K)	۰/۱۷۰۴	ISIRI ۷۲۹۷	ضریب هدایت حرارتی
m ² .K/W	۰/۳۱	ISIRI ۷۲۹۷	مقاومت حرارتی
-	۱۰/۲۰	ISIRI ۷۰۶-۲	PH

**۲- دامنه (کاربرد) گواهینامه فنی**

- جداول طراحی ۵-۸-۱ تا ۵-۹-۴ برای مقاطع شکل I و H و جداول ۵-۸-۵ تا ۵-۹-۸ برای مقاطع توخالی با رعایت دستورالعمل اجرایی قابل کاربرد است.

O برای ضرایب مقطع پایین تر از ۶۰، ضخامت تعیین شده برای این ضریب مقطع می تواند مورد استفاده قرار گیرد.
O به طور کلی در سطوح فولادی دارای ضد زنگ اپوکسی یا الکید، ابتدا لازم است تا سطح زیرکار، عاری از هر گونه روغن، گریس، گرد و غبار، آلودگی، لایه یا رنگ سست یا ... که به چسبندگی لطمه می زند، شود. در ادامه به منظور اتصال و چسبندگی کافی بین پوشش و سطح زیر کار، ضروری است بر روی سطح زیر کار، یک لایه چسباننده (Keycoat) با نام تجاری ISOLATEK SBK-113 با ضخامت خشک حدود ۵۰ الی ۷۵ میکرون اجرا شود و بعد از آن عملیات پاشش پوشش محافظ حریق FR 1700 انجام شود. لازم است نکات و سایر موارد مندرج در بند ۷-۲ نیز مد نظر قرار گیرد.

O اگر ارتفاع ساختمان بیشتر از ۱۲۸ متر باشد، بر اساس معیارها و ضوابط مربوط به مقاومت چسبندگی، اجرای مش فولادی گالوانیزه درگیر کننده (Key Mesh) سراسری بر روی سطح زیر کار به منظور محافظت ستون ها و تیرهای فولادی در مقابل حریق، الزامی است.
O به طور کلی اجرای مش فولادی گالوانیزه درگیر کننده سراسری بر روی سطح زیر کار به منظور محافظت ستون ها و تیرهای فولادی در مقابل حریق، الزامی است ولی اگر ارتفاع ساختمان کمتر از ۱۲۸ متر باشد برای تیرهای فولادی فرعی کوتاه تا ارتفاع ۲۴ سانتی متر، این مش فولادی گالوانیزه سراسری را می توان به یک نوار شبکه فولادی گالوانیزه (با مشخصات مندرج در بخش ۷-۱) در زیر بال پایین تیر تبدیل کرد.

O استفاده از مش مسلح کننده (Reinforcing Mesh) مطابق دستور العمل روش اجرا در پیوست الف، الزامی است.
O در صورتی که طراحی سازه فولادی ساختمان بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران انجام شده باشد، استفاده از جداول طراحی دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس برای ستون های فولادی و تیرهای فولادی تنها و جداول طراحی دمای ۶۲۰ درجه سلسیوس برای تیرهای فولادی همراه با دال بتنی تخت یا عرشه فولادی پر شده با بتن، قابل قبول می باشد.
O در صورتی که طراحی سازه ساختمان بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران انجام نشده باشد، طراح باید بر اساس نوع عضو سازه ای و بارهای وارده، نسبت به تعیین دمای بحرانی تیر و ستون فولادی اقدام نماید.

- به عنوان جایگزین روش فوق و برای محافظت در مقابل حریق تیرهای فولادی، استفاده از جداول طراحی ضخامت ارائه شده در پیوست ب (BHRC B102) مطابق جزئیات طراحی شده، مورد تأیید است.
O استفاده از مش درگیر کننده در این طراحی، اختیاری بوده و تنها برآورده کردن الزامات ارائه شده در بخش ۷ این گزارش الزامی است.



۳- گزارش بازدید

۳-۱- آزمایشگاه کنترل کیفیت

شرکت دارای آزمایشگاه کنترل کیفیت می باشد.



شکل ۳-۱-۱ قسمتی از وسایل آزمایشگاهی در آزمایشگاه مستقر در کارخانه

۳-۲- فرآیند تولید

فرایند تولید به صورت ماشینی انجام می گیرد.

۳-۳- انبار

محصول پس از تولید در محوطه کارخانه انبار می شود.

۴- روش ارزیابی

روش های ارزیابی، شامل استانداردها، روش های آزمون، آیین نامه ها و مقررات مرجع می باشد که در ادامه گزارش، در هر آزمون ارائه شده است.



۵- نتایج آزمون‌ها و ارزیابی‌ها

۵-۱ آزمون پیشروی شعله

۵-۱-۱ مقدمه:

براساس گواهینامه فنی شرکت نوید رنگ پدram، آزمون پیشروی سطحی شعله (طبق ISO 5658-2:200) بر روی نمونه پوشش پایه سیمانی صورت گرفت.

۵-۱-۲ شرح نمونه:

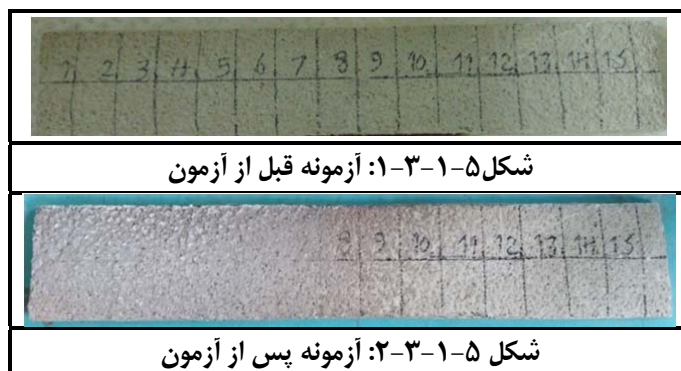
نمونه مورد آزمون، یک نوع پوشش پایه سیمانی اجرا شده بر روی تخته سیمانی با ضخامت کل حدود ۳۰/۰ میلی‌متر و طول ۷۹۷ mm و عرض ۱۵۰ mm (میانگین سه آزمون) می‌باشد. تصاویری از آزمون‌ها قبل و پس از آزمون در شکل‌های ۵-۱-۳ و ۵-۱-۳-۲ نشان داده شده است.

۵-۱-۳ نتایج و مشاهدات:

طبق استاندارد مربوط، آزمون‌های فوق در وضعیت قائم، در معرض یک پانل تابشی کالیبره قرار گرفتند. حداکثر شار گرمایی برخوردی به آزمون در ابتدای لبه داغ برابر با 50 kW/m^2 و حداقل شار گرمایی برخوردی در انتهای آزمون (۷۵۰mm) حدود $1/5 \text{ kW/m}^2$ می‌باشد. شارهای گرمایی کالیبره در فواصل معین در جدول ۵-۱-۳-۱ آمده است. همچنین یک شعله پیلوت در سر داغ آزمون وجود دارد که به لبه آزمون برخورد می‌کند. آزمون تا پایان آزمون (۶۰۰ ثانیه) شعله‌ور نشد.

جدول ۵-۱-۳-۱: شارهای گرمایی برخوردی به آزمون در فواصل معین شده طبق استاندارد ISO5658-2

شار گرمایی (kW/m^2)	فاصله شارسنج از لبه داغ آزمون (mm)	شار گرمایی (kW/m^2)	فاصله شارسنج از لبه داغ آزمون (mm)
۱۳/۲	۴۵۰	۵۰/۵	۵۰
۹/۲	۵۰۰	۴۹/۵	۱۰۰
۶/۲	۵۵۰	۴۷/۱	۱۵۰
۴/۳	۶۰۰	۴۳/۱	۲۰۰
۳/۱	۶۵۰	۳۷/۸	۲۵۰
۲/۲	۷۰۰	۳۰/۹	۳۰۰
۱/۵	۷۵۰	۲۳/۹	۳۵۰
		۱۸/۲	۴۰۰



۴-۱-۵ نتیجه گیری: نمونه مورد نظر به وسیله آزمون پیشروی سطحی شعله ارزیابی شد. در حین آزمون سطح آزمون تا حدود ۴۰ سانتی متری تغییر رنگ پیدا کرد. تا پایان آزمون آفروشی در آزمون دیده نشد.

توجه: نتایج این آزمون مربوط به رفتار نمونه آزمون شده از فرآورده، تحت شرایط مشخص آزمون می باشد و آن ها را نباید به عنوان تنها معیار ارزیابی خطرات احتمالی در برابر حریق، در شرایط واقعی کاربرد، در نظر گرفت.

۵-۲- آزمون هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی

این آزمون با استفاده از دستگاه جریان حرارت سنج مطابق استاندارد ایران انجام می شود. این دستگاه دارای یک واحد گرم کننده، دو جریان حرارت سنج و یک واحد سرد کننده است که یک چگالی نرخ جریان حرارت ثابت، یکنواخت و یک جهتی در داخل آزمون همگن با سطوح تخت موازی، برقرار می کند. آزمون بین صفحه های گرم و سرد قرار داده می شود و جهت جریان حرارت از بالا به پایین می باشد. ابعاد خطی آزمون ها مطابق با استاندارد ایران شماره ۷۲۹۸ با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی متر اندازه گیری و با تعیین حجم آزمون ها و توزین آزمون ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی جرم آزمون ها با دقت ۰/۵ درصد تعیین و چگالی ظاهری محاسبه می شود. ضریب هدایت حرارتی توسط دستگاه در هنگام رسیدن به شرایط تعادل اعلام و با استفاده از آن مقدار مقاومت حرارتی فرآورده محاسبه می شود. دمای متوسط مرجع ۱۰ درجه سلسیوس است و ضخامت مندرج در جدول نتایج ۵-۲-۱، در محاسبات در نظر گرفته شد.

جدول ۵-۲-۱: میانگین نتایج آزمون تعیین ضریب هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی

ضخامت، mm	ضریب هدایت حرارتی، λ_D ، W/(m.K)	مقاومت حرارتی، R_D ، $m^2.K/W$
۵۲/۵۰	۰/۱۷۰۴	۰/۳۱

**۵-۳- آزمون اندازه‌گیری زمان گیرش اولیه و نهایی ملات پایه سیمانی**

براساس استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲ و بعد از گذراندن از الک ۲/۳۶ میلی‌متر، زمان گیرش نهایی اندازه‌گیری شد.

جدول ۵-۳-۱ اندازه‌گیری زمان گیرش نهایی

نوع سیمانی : اندود سیمانی محافظ آتش	
نوبت بازدید	گیرش نهایی (دقیقه)
اول	۵ ساعت و ۲۸ دقیقه
دوم	۵ ساعت و ۳۸ دقیقه
سوم	۶ ساعت و ۲۰ دقیقه

۵-۴ آزمون مقاومت خمشی ملات سخت شده پایه سیمانی

براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۹۱۵۰ متوسط مقاومت خمشی ملات سخت شده (N/mm^2) ۱/۲۰ به دست آمده است.

۵-۵ آزمون مقاومت فشاری ملات سخت شده پایه سیمانی

براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۹۱۵۰ متوسط مقاومت فشاری ملات سخت شده (N/mm^2) ۲/۸۳ به دست آمده است.

۵-۶ آزمون تعیین رفتار حرارتی مخلوط پایه سیمانی مقاوم در برابر آتش (با استفاده از دستگاه STA)**۵-۶-۱- مقدمه**

رفتار حرارتی مخلوط پایه سیمانی با یک برنامه حرارتی مشخص به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

- حداکثر دمای اعمال شده: ۱۰۰۰ درجه سلسیوس.

- نرخ دمایی اعمال شده: ۱۰ درجه سلسیوس در دقیقه.

- زمان نگه داری در دمای نهایی: ۲ دقیقه

۵-۶-۲- آماده‌سازی آزمون‌ها

برای انجام آزمون، ابتدا نمونه مخلوط پایه سیمانی، به روش چهار قسمتی کاهش وزن داده شده و سپس از الک ۲/۳۶ میلی‌متر (نمره ۸) عبور داده شد.

۵-۶-۳- تعیین رفتار حرارتی نمونه‌های مخلوط پایه سیمانی

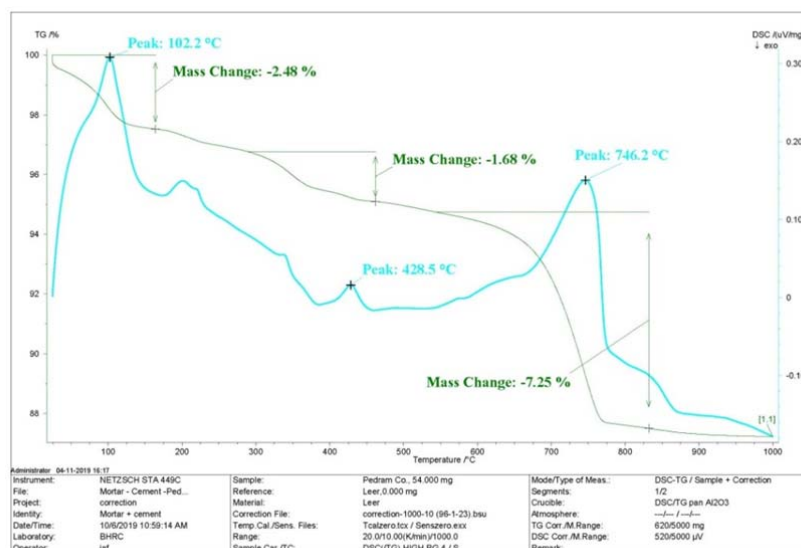
رفتار حرارتی نمونه ملات پودری خشک پایه سیمانی، به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است:



- پیک گرمایگر در دمای ۱۰۲/۲ درجه سانتی‌گراد ناشی از آب‌زدایی فاز (CSH) مربوط به کلسیم سیلیکات هیدراته سیمان است.

- پیک گرمایگر در دمای ۴۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به تجزیه کلسیم هیدروکسید و تبدیل آن به فاز جامد کلسیم اکسید و فاز مایع H_2O است. افت وزن نشان داده شده در منحنی (TG) نشانگر این تغییر فاز و ناشی از تبخیر آب است.

- پیک گرمایگر در دمای ۷۴۶/۲ درجه سانتی‌گراد مربوط به تجزیه کلسیم کربنات و تبدیل آن به فاز جامد کلسیم اکسید و فاز گازی دی اکسید کربن است.



شکل ۵-۳-۱ منحنی آنالیز حرارتی نمونه مخلوط پایه سیمانی

۵-۷ آزمون چگالی ملات سخت شده

مطابق استاندارد ASTM E605 چگالی مخلوط پایه سیمانی اندازه‌گیری شد چگالی به دست آمده در بازه 48.0 ± 1.5 کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

۵-۸ آزمون اندازه‌گیری PH ملات پایه سیمانی

مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۸۶ مقدار PH ملات اندازه‌گیری شد. مقدار متوسط ۱۰/۲۲ اندازه‌گیری شد.

**۹-۵- آزمون مقاومت در برابر آتش بر روی پوشش محافظت کننده در برابر آتش****۹-۵-۱ مقدمه**

آزمون تعیین مقاومت در برابر آتش استاندارد بر روی پوشش محافظت کننده در برابر آتش که بر روی ۵ نمونه ستون فولادی اجرا شده، در کوره مقاومت در برابر آتش مقیاس متوسط (یک متر مکعب) انجام شد. منحنی دما-زمان کوره مطابق با استانداردهای ملی و اروپایی زیر بود:

- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۰۵۵- مقاومت در برابر آتش - قسمت اول - الزامات عمومی.

- BS EN 1363-1:2012, Fire resistance tests - Part 1: General Requirements

۹-۵-۲ شرح نمونه مورد آزمون:

۵ نمونه ستون فولادی با ارتفاع ۱۰۰cm با مشخصات ابعادی نشان داده شده در جدول ۹-۵-۲-۱ با پوشش محافظت کننده در برابر آتش به طور ایستاده در داخل کوره قرار داده شد و مورد آزمون قرار گرفت. نمونه توسط متقاضی در مرکز آماده و به آزمایشگاه تحویل داده شد. قبل از آزمون، ضخامت پوشش توسط آزمایشگاه در چند نقطه اندازه گیری شد.

جدول ۹-۵-۲ ابعاد ستون های فولادی I و H و ضخامت اجرا

ضخامت پوشش mm	h_p/A m-1	t mm	$s=r_1$ mm	b mm	h mm	ستون فولادی	آزمونه
۴۰	۲۴۲/۴	۹/۸	۶/۲	۱۲۰	۲۴۰	IPE 240	۱
۳۲	۱۸۲/۹	۱۲	۷/۵	۲۴۰	۲۳۰	HEA 240	۲
۳۵	۱۵۶	۱۴	۸/۵	۲۹۰	۳۰۰	HEA 300	۳
۲۶	۲۱۶/۹	۱۰	۶/۵	۲۰۰	۱۹۰	HEA 200	۴
۴۳	۱۳۱/۵	۱۷/۵	۱۰	۳۰۰	۳۵۰	HEA 360	۵

۹-۵-۳ معیار پذیرش

در آزمون مقاومت در برابر آتش برای اجزای ساختمانی، بر حسب نوع جزء ساختمانی، معیارهای ظرفیت باربری، یکپارچگی و نارسایی به شرح زیر ارزیابی می شود.

معیار ظرفیت باربری: زمان برحسب دقایق کاملی که در آن آزمونه مورد نظر به توانایی تحمل بار آزمون در طول آزمون ادامه می دهد.

معیار یکپارچگی: زمان برحسب دقایق کاملی که در آن آزمونه به وظیفه جداسازی در طول آزمون ادامه می دهد. وقوع موارد زیر نشان شکست معیار یکپارچگی می باشد:

- افروزش یک بالشتک پنبه ای
- عبور فاصله سنج تعیین شده در استاندارد از ترک یا شکاف ایجاد شده در آزمونه
- مشاهده شعله وری پایدار



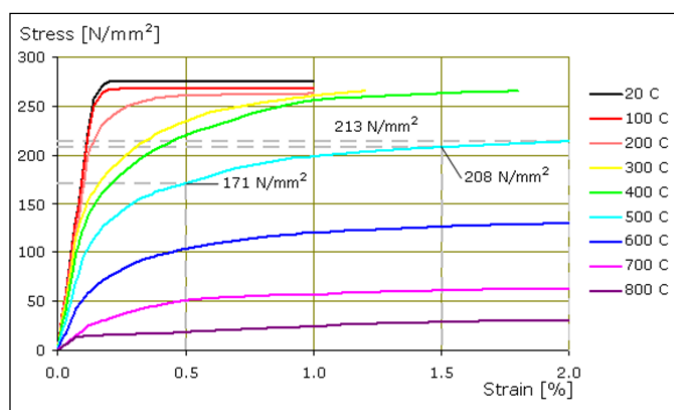
معیار نارسانایی: زمان برحسب دقایق کاملی که در آن آزمون به وظیفه جداسازی خود در طول آزمون ادامه می‌دهد، بدون اینکه افزایش دمای سطح غیر در معرض در طول آزمون به مقادیر زیر برسد:

- افزایش بیش از 140°C دمای متوسط از دمای متوسط اولیه

- افزایش بیش از 180°C از دمای متوسط اولیه در هر نقطه.

دمای متوسط اولیه، برابر با دمای متوسط سطح غیر معرض در لحظه شروع آزمون است که به وسیله ترموکوپل‌های نصب شده بر روی این سطح اندازه‌گیری می‌شود. در آزمون مقاومت در برابر آتش برای اجزای فولادی سازه‌ای، معیار ظرفیت باربری ملاک عمل می‌باشد. با افزایش دما، شکل منحنی تنش-کرنش فولاد به طور قابل توجهی تغییر می‌کند که همراه با کاهش مقاومت تسلیم و مدول الاستیک فولاد می‌باشد. به عنوان نمونه، منحنی تنش-کرنش در دماهای مختلف برای فولاد S275 بر اساس مراجع بریتانیایی در شکل ۵-۹-۳-۱ ارائه شده است.

بنابراین از آن جا که افزایش دمای عضو سازه‌ای فولادی به معنای کاهش مقاومت مکانیکی و ظرفیت باربری آن می‌باشد، لذا هر چه پوشش محافظ‌کننده حریق در هنگام آتش‌سوزی بتواند رسیدن دمای آن عضو به حد دمای بحرانی‌اش را به تأخیر بیندازد، به معنای ادامه مقاومت عضو در برابر آتش است. دمای بحرانی یک عضو باربر فولادی، دمایی است که در آن، عضو دیگر نمی‌تواند به وظیفه اصلی خود که همان تحمل بارهای وارده می‌باشد، عمل کند. معمولاً برای یک ستون و تیر فولادی طراحی شده طبق مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی"، دمای بحرانی به ترتیب مقداری برابر ۵۵۰ و ۶۲۰ درجه سلیسیوس خواهد بود.



شکل ۵-۹-۳-۱: رابطه تنش-کرنش برای فولاد S275 (طبق استانداردهای بریتانیا) در دماهای مختلف

علاوه بر این موضوع باید به تأثیرات ضریب مقطع (section factor) یا حاصل تقسیم محیط در معرض آتش مقطع بر مساحت فولاد مقطع (بر میزان مقاومت مقاطع فولادی در برابر آتش توجه نمود. هر چه ضریب مقطع بالاتر باشد، به ضخامت بیشتری از پوشش محافظت‌کننده در برابر حریق برای رسیدن به یک درجه معین مقاومت در برابر آتش نیاز خواهد بود. برای تعیین میزان این وابستگی برای هر نوع پوشش محافظت‌کننده در برابر حریق، نیاز به انجام چندین آزمون مقاومت در برابر آتش مطابق استانداردهای معتبر مانند BS EN 13381-4:2013 می‌باشد تا ثوابت روابط مربوطه تعیین شده و اثر ضریب مقطع مشخص شود.

۵-۹-۴ فشار داخل کوره:

فشار داخل کوره به وسیله حسگرهای فشار مطابق با الزامات استاندارد ملی شماره ۱-۱۲۰۵۵ اندازه‌گیری شد.

**۵-۹-۵ تثبیت شرایط:**

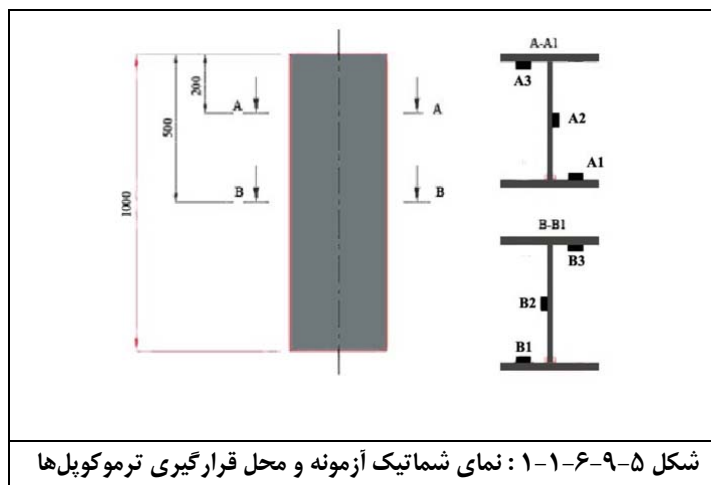
آزمونه به مدت بیش از یک ماه مطابق استاندارد BS EN 1363-1: 2003 تثبیت شرایط شد.

۵-۹-۶ نصب ترموکوپل ها و اندازه گیری ها:**۵-۹-۶-۱ ستون های فولادی با مقاطع شکل I و H**

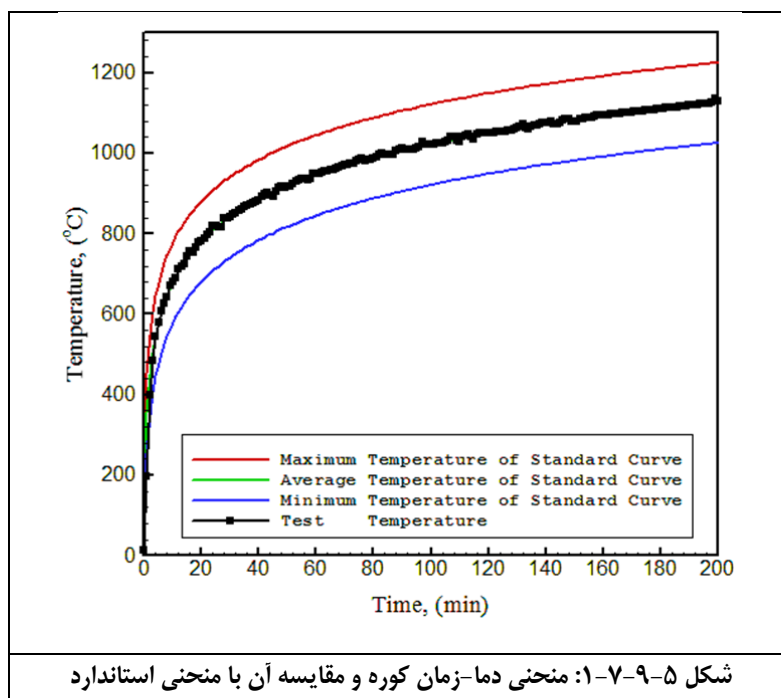
شش عدد ترموکوپل در فاصله ۲۰ سانتی متری و ۵۰ سانتی متری از بالای ستون فولادی در قسمت جان و بال مطابق شکل ۵-۹-۶-۱-۱ توسط آزمایشگاه به گونه ای قرار داده شد که سر ترموکوپل به عمق نصف ضخامت ورق در داخل ستون فولادی قرار گیرد و به طور مطمئن در حین آزمون در محل خود باقی بماند. نامگذاری ترموکوپل ها مطابق جدول شماره ۵-۹-۶-۱-۱ است.

جدول ۵-۹-۶-۱ : نام گذاری ترموکوپل ها

فاصله ۵۰ سانتی متری		فاصله ۲۰ سانتی متری	
محل قرار گیری	نام ترموکوپل	محل قرار گیری	نام ترموکوپل
بال	TC ₄	بال	TC ₁
جان	TC ₅	جان	TC ₂
بال	TC ₆	بال	TC ₃

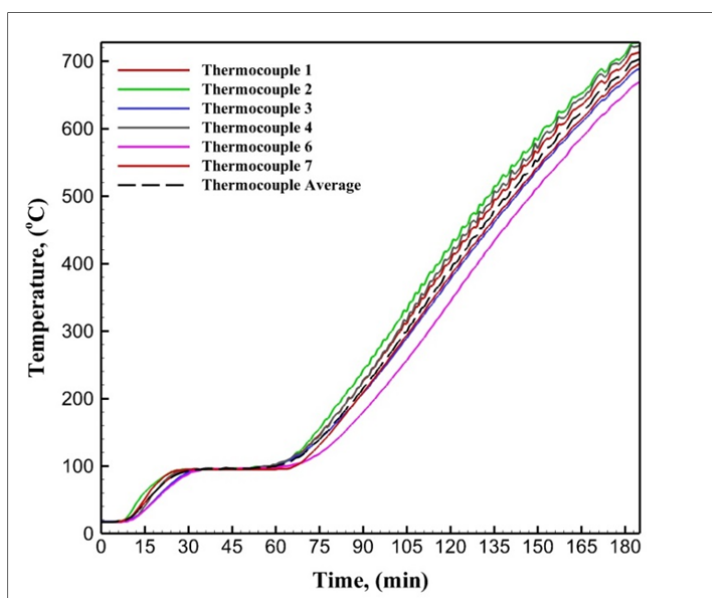
**۵-۹-۷ منحنی دما-زمان کوره:**

دمای متوسط کوره به وسیله ترموکوپل های نصب شده در داخل کوره اندازه گیری شد. مقادیر دمای به دست آمده از ترموکوپل ها و محدوده رواداری ها برای آزمون ها به طور دقیق در محدوده استاندارد بود.

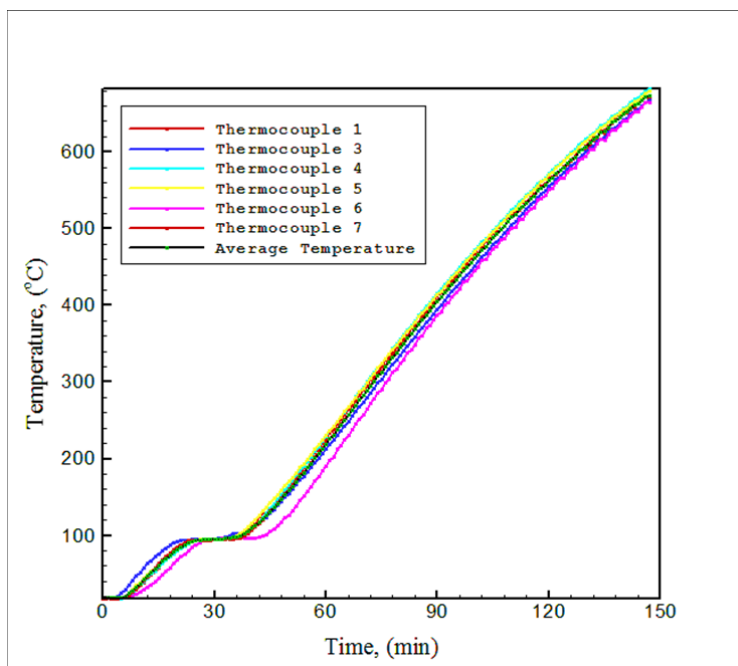


۵-۹-۸ منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر سطح آزمون و مشاهدات:

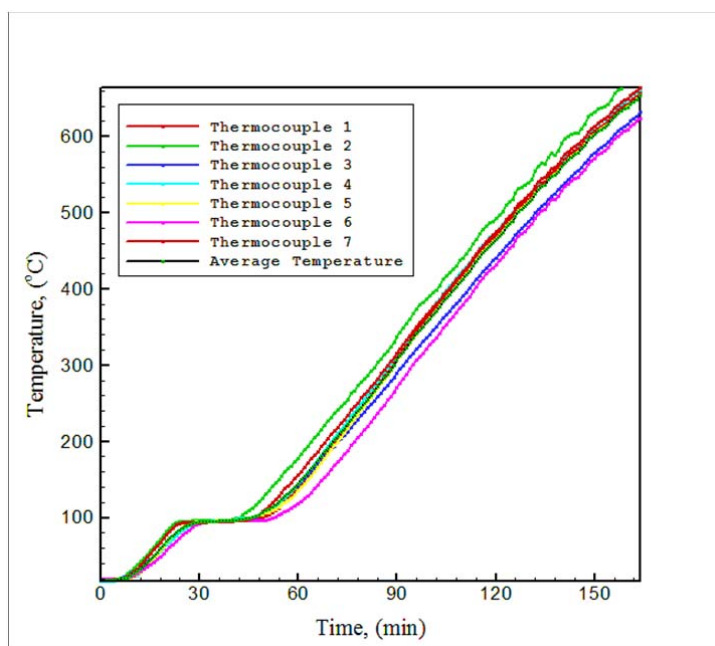
منحنی دما-زمان آزمون‌ها در شکل‌های ۵-۹-۱ تا ۵-۹-۸ نمایش داده شده است. متوسط دمای ترموکوپل‌های متصل به آزمون شماره ۱ در دقیقه ۱۰۴ به 300°C ، در دقیقه ۱۲۰ به 400°C ، در دقیقه ۱۵۱ به 550°C و در دقیقه ۱۶۶ به 620°C رسید. متوسط دمای ترموکوپل‌های متصل به آزمون شماره ۲ در دقیقه ۷۳ به 300°C ، در دقیقه ۸۹ به 400°C ، در دقیقه ۱۱۷ به 550°C و در دقیقه ۱۳۳ به 620°C رسید. متوسط دمای ترموکوپل‌های متصل به آزمون شماره ۳ در دقیقه ۸۹ به 300°C ، در دقیقه ۱۰۷ به 400°C ، در دقیقه ۱۳۸ به 550°C و در دقیقه ۱۵۵ به 620°C رسید. متوسط دمای ترموکوپل‌های متصل به آزمون شماره ۴ در دقیقه ۵۹ به 300°C ، در دقیقه ۷۲ به 400°C ، در دقیقه ۹۷ به 550°C و در دقیقه ۱۱۰ به 620°C رسید. متوسط دمای ترموکوپل‌های متصل به آزمون شماره ۵ در دقیقه ۱۱۱ به 300°C ، در دقیقه ۱۳۸ به 400°C ، در دقیقه ۱۷۶ به 550°C و در دقیقه ۱۹۸ به 620°C رسید.



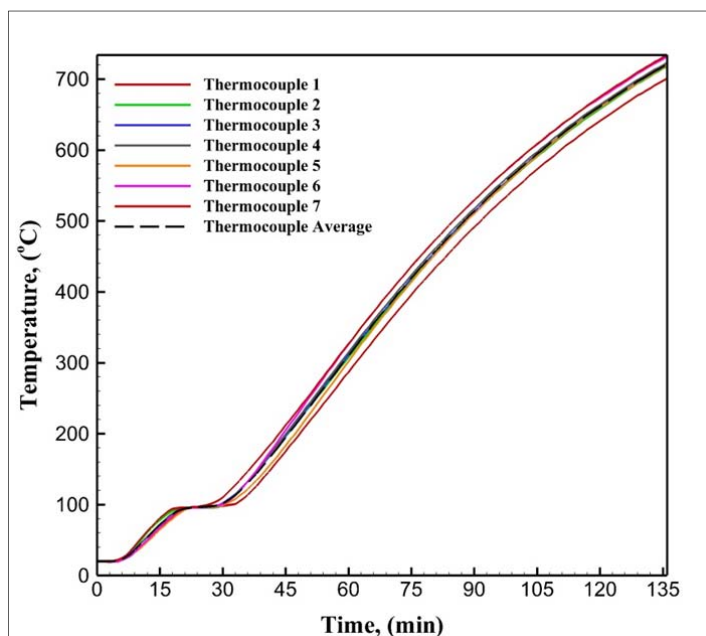
شکل ۵-۹-۸-۱: منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر روی آزمون شماره ۱



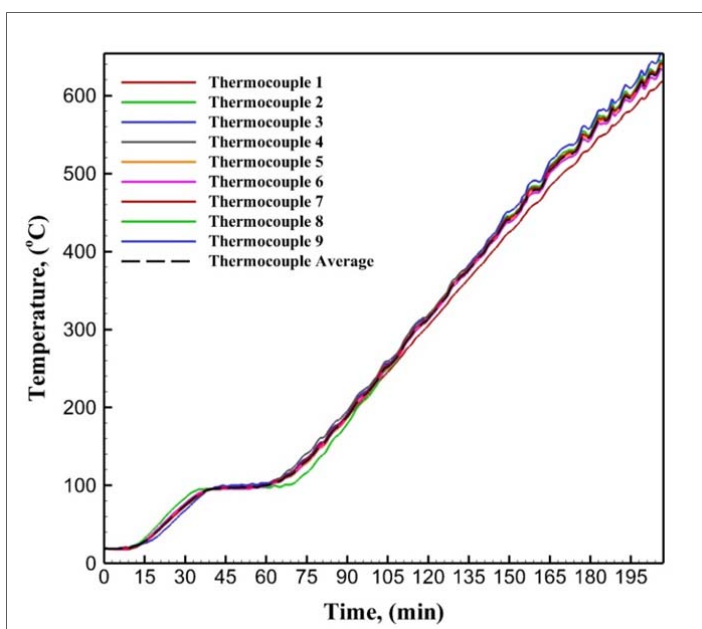
شکل ۵-۹-۸-۲: منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر روی آزمون شماره ۲



شکل ۵-۹-۸-۳: منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر روی آزمون شماره ۳



شکل ۵-۹-۸-۴: منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر روی آزمون شماره ۴



شکل ۵-۸-۹-۵: منحنی دما-زمان ترموکوپل نصب شده بر روی آزمون شماره ۵



جدول ۵-۹-۸-۱: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع شکل I و H (۱۸۰ دقیقه)

Thickness (mm)								
Fire Resistance Rating = 180 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	—	52	43	36	31	27	25	23
70	—	—	47	41	35	31	29	27
80	—	—	51	44	39	34	33	30
90	—	—	—	47	42	37	36	33
100	—	—	—	50	44	40	38	36
110	—	—	—	52	46	42	40	38
120	—	—	—	53	48	44	42	40
130	—	—	—	—	50	45	44	41
140	—	—	—	—	51	47	45	43
150	—	—	—	—	52	48	46	44
160	—	—	—	—	—	49	48	45
170	—	—	—	—	—	50	49	46
180	—	—	—	—	—	51	50	47
190	—	—	—	—	—	52	50	48
200	—	—	—	—	—	53	51	49
210	—	—	—	—	—	—	52	50
220	—	—	—	—	—	—	53	51
230	—	—	—	—	—	—	53	51
240	—	—	—	—	—	—	—	52
250	—	—	—	—	—	—	—	52
260	—	—	—	—	—	—	—	53
270	—	—	—	—	—	—	—	53
280	—	—	—	—	—	—	—	—
290	—	—	—	—	—	—	—	—
300	—	—	—	—	—	—	—	—
310	—	—	—	—	—	—	—	—
320	—	—	—	—	—	—	—	—
330	—	—	—	—	—	—	—	—
340	—	—	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—	—	—
360	—	—	—	—	—	—	—	—



جدول ۵-۹-۸-۲: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع شکل I و H (۱۲۰ دقیقه)

Thickness (mm)								
Fire Resistance Rating = 120 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	39	31	25	20	17	14	13	11
70	43	35	29	24	20	17	16	15
80	45	38	32	27	23	20	19	17
90	47	40	34	29	26	22	21	20
100	49	42	36	32	28	25	23	22
110	51	43	38	33	29	26	25	24
120	52	45	39	35	31	28	27	25
130	53	46	41	36	32	29	28	26
140	—	47	42	37	34	30	29	28
150	—	48	43	38	35	31	30	29
160	—	49	44	39	36	32	31	30
170	—	49	44	40	36	33	32	31
180	—	50	45	41	37	34	33	31
190	—	51	46	41	38	35	34	32
200	—	51	46	42	39	35	34	33
210	—	52	47	43	39	36	35	33
220	—	52	47	43	40	37	35	34
230	—	52	48	44	40	37	36	34
240	—	53	48	44	41	38	36	35
250	—	53	48	44	41	38	37	35
260	—	53	49	45	41	38	37	36
270	—	—	49	45	42	39	38	36
280	—	—	49	46	42	39	38	37
290	—	—	50	46	42	40	38	37
300	—	—	50	46	43	40	39	37
310	—	—	50	46	43	40	39	38
320	—	—	50	47	43	40	39	38
330	—	—	51	47	44	41	40	38
340	—	—	51	47	44	41	40	38
350	—	—	51	47	44	41	40	39
360	—	—	51	48	44	41	40	39



جدول ۵-۹-۸-۳: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع شکل I و H (۹۰ دقیقه)

Thickness (mm)								
Fire Resistance Rating = 90 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	27	21	16	12	11	11	11	11
70	30	24	19	16	13	11	11	11
80	33	27	22	18	15	13	12	11
90	35	29	24	21	18	15	14	13
100	36	31	26	22	19	17	16	15
110	38	32	28	24	21	19	18	16
120	39	33	29	25	22	20	19	18
130	40	35	30	27	24	21	20	19
140	41	35	31	28	25	22	21	20
150	41	36	32	29	26	23	22	21
160	42	37	33	29	27	24	23	22
170	43	38	34	30	27	25	24	23
180	43	38	34	31	28	25	25	23
190	44	39	35	31	29	26	25	24
200	44	39	35	32	29	27	26	25
210	44	40	36	33	30	27	26	25
220	45	40	36	33	30	28	27	26
230	45	40	37	33	31	28	27	26
240	45	41	37	34	31	29	28	27
250	46	41	37	34	31	29	28	27
260	46	41	38	35	32	29	29	27
270	46	42	38	35	32	30	29	28
280	46	42	38	35	32	30	29	28
290	46	42	39	35	33	30	30	28
300	47	42	39	36	33	31	30	29
310	47	43	39	36	33	31	30	29
320	47	43	39	36	34	31	30	29
330	47	43	39	36	34	31	31	29
340	47	43	40	37	34	32	31	30
350	47	43	40	37	34	32	31	30
360	47	43	40	37	34	32	31	30



جدول ۵-۹-۸-۴: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع شکل I و H (۶۰ دقیقه)

Thickness (mm)								
Fire Resistance Rating = 60 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	15	11	11	11	11	11	11	11
70	18	13	11	11	11	11	11	11
80	20	16	12	11	11	11	11	11
90	22	18	14	12	11	11	11	11
100	24	19	16	13	11	11	11	11
110	25	21	18	15	13	11	11	11
120	26	22	19	16	14	12	11	11
130	27	23	20	17	15	13	12	11
140	28	24	21	18	16	14	13	12
150	29	25	22	19	17	15	14	13
160	29	25	22	20	18	16	15	14
170	30	26	23	20	18	16	16	15
180	30	27	23	21	19	17	16	15
190	31	27	24	22	19	17	17	16
200	31	27	24	22	20	18	17	16
210	31	28	25	22	20	18	18	17
220	32	28	25	23	21	19	18	17
230	32	29	26	23	21	19	19	18
240	32	29	26	24	22	20	19	18
250	32	29	26	24	22	20	19	18
260	33	29	27	24	22	20	20	19
270	33	30	27	25	22	21	20	19
280	33	30	27	25	23	21	20	19
290	33	30	27	25	23	21	21	20
300	33	30	28	25	23	22	21	20
310	34	30	28	26	24	22	21	20
320	34	31	28	26	24	22	21	20
330	34	31	28	26	24	22	22	21
340	34	31	28	26	24	22	22	21
350	34	31	29	26	24	23	22	21
360	34	31	29	26	24	23	22	21



جدول ۵-۸-۹-۵: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع توخالی (۱۸۰ دقیقه)

Thickness (mm) - Structural Hollow Sections								
Fire Resistance Rating = 180 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	—	—	46	38	33	28	27	24
70	—	—	51	43	38	33	31	29
80	—	—	—	48	42	37	35	33
90	—	—	—	51	45	41	39	36
100	—	—	—	—	49	44	42	39
110	—	—	—	—	51	46	45	42
120	—	—	—	—	—	49	47	45
130	—	—	—	—	—	51	49	47
140	—	—	—	—	—	53	51	49
150	—	—	—	—	—	—	53	51
160	—	—	—	—	—	—	—	53
170	—	—	—	—	—	—	—	—
180	—	—	—	—	—	—	—	—
190	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—	—	—	—
220	—	—	—	—	—	—	—	—
230	—	—	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	—	—	—	—
250	—	—	—	—	—	—	—	—
260	—	—	—	—	—	—	—	—
270	—	—	—	—	—	—	—	—
280	—	—	—	—	—	—	—	—
290	—	—	—	—	—	—	—	—
300	—	—	—	—	—	—	—	—
310	—	—	—	—	—	—	—	—
320	—	—	—	—	—	—	—	—
330	—	—	—	—	—	—	—	—
340	—	—	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—	—	—
360	—	—	—	—	—	—	—	—



جدول ۵-۹-۸-۶: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع توخالی (۱۲۰ دقیقه)

Thickness (mm) - Structural Hollow Sections								
Fire Resistance Rating = 120 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	42	33	26	22	18	15	13	12
70	46	37	31	26	22	18	17	16
80	49	41	34	29	25	22	20	19
90	52	44	37	32	28	24	23	22
100	—	46	40	35	30	27	26	24
110	—	48	42	37	33	29	28	26
120	—	50	44	39	35	31	30	28
130	—	52	46	41	37	33	32	30
140	—	—	48	42	38	35	33	32
150	—	—	49	44	40	36	35	33
160	—	—	51	46	41	38	36	34
170	—	—	52	47	43	39	38	36
180	—	—	53	48	44	40	39	37
190	—	—	—	49	45	41	40	38
200	—	—	—	51	46	43	41	39
210	—	—	—	52	47	44	42	40
220	—	—	—	53	48	45	43	41
230	—	—	—	—	49	46	44	42
240	—	—	—	—	50	47	45	43
250	—	—	—	—	51	48	46	44
260	—	—	—	—	52	48	47	45
270	—	—	—	—	52	49	47	45
280	—	—	—	—	53	49	48	46
290	—	—	—	—	53	49	48	46
300	—	—	—	—	—	50	48	47
310	—	—	—	—	—	50	49	47
320	—	—	—	—	—	51	49	47
330	—	—	—	—	—	51	50	48
340	—	—	—	—	—	51	50	48
350	—	—	—	—	—	52	50	48
360	—	—	—	—	—	52	50	49



جدول ۵-۹-۸-۷: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع توخالی (۹۰ دقیقه)

Thickness (mm) - Structural Hollow Sections								
Fire Resistance Rating = 90 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	29	22	17	13	11	11	11	11
70	32	26	21	17	14	11	11	11
80	35	29	24	20	17	14	13	12
90	38	31	26	22	19	16	15	14
100	40	34	29	25	21	19	18	16
110	42	36	31	27	23	21	20	18
120	44	37	33	29	25	22	21	20
130	45	39	34	30	27	24	23	21
140	46	40	36	32	28	25	24	23
150	48	42	37	33	30	27	26	24
160	49	43	38	34	31	28	27	25
170	50	44	39	35	32	29	28	26
180	51	45	40	36	33	30	29	28
190	52	46	41	37	34	31	30	29
200	53	47	42	38	35	32	31	29
210	—	48	43	39	36	33	32	30
220	—	49	44	40	37	34	33	31
230	—	50	45	41	38	35	34	32
240	—	51	46	42	39	36	34	33
250	—	51	47	43	39	36	35	34
260	—	52	47	43	40	37	36	34
270	—	52	48	44	40	37	36	35
280	—	52	48	44	41	38	37	35
290	—	53	48	44	41	38	37	35
300	—	53	49	45	41	38	37	36
310	—	53	49	45	42	39	38	36
320	—	53	49	45	42	39	38	36
330	—	—	49	46	42	39	38	37
340	—	—	50	46	43	40	39	37
350	—	—	50	46	43	40	39	37
360	—	—	50	46	43	40	39	38



جدول ۵-۹-۸: جدول ضخامت پوشش محافظ پاششی پایه سیمانی FR1700 برای مقاطع توخالی (۶۰ دقیقه)

Thickness (mm) - Structural Hollow Sections								
Fire Resistance Rating = 60 min								
Section Factor (1/m)	Design Temperature (°C)							
	350	400	450	500	550	600	620	650
60	15	11	11	11	11	11	11	11
70	19	14	11	11	11	11	11	11
80	22	17	13	11	11	11	11	11
90	24	19	16	13	11	11	11	11
100	26	21	18	15	12	11	11	11
110	28	23	19	17	14	12	11	11
120	29	25	21	18	16	13	13	12
130	31	26	22	19	17	15	14	13
140	32	27	24	21	18	16	15	14
150	33	28	25	22	19	17	16	15
160	34	29	26	23	20	18	17	16
170	35	30	27	24	21	19	18	17
180	36	31	28	25	22	20	19	18
190	36	32	29	26	23	21	20	19
200	37	33	29	26	24	22	21	20
210	38	34	30	27	25	22	22	20
220	39	34	31	28	25	23	22	21
230	39	35	32	29	26	24	23	22
240	40	36	32	29	27	24	24	22
250	41	36	33	30	27	25	24	23
260	41	37	33	30	28	25	25	24
270	41	37	34	31	28	26	25	24
280	41	37	34	31	28	26	25	24
290	42	38	34	31	29	27	26	25
300	42	38	35	32	29	27	26	25
310	42	38	35	32	29	27	26	25
320	42	38	35	32	30	27	27	26
330	42	39	35	32	30	28	27	26
340	43	39	35	33	30	28	27	26
350	43	39	36	33	30	28	27	26
360	43	39	36	33	31	28	28	27





شکل ۵-۹-۶: آزمون‌ها قبل و پس از آزمون

توجه: این آزمون از نظر منحنی دما-زمان، کنترل فشار داخل کوره و نصب ترموکوپل‌های سطح غیر معرض مطابق استانداردهای ایران شماره ۱۲۰۵۵-۱ و BS EN 1363-1 صورت گرفت.

۵-۱۰ آزمون مقاومت در برابر ضربه - مقاومت در برابر گسیختگی کارکردی ناشی از بار ضربه جسم سخت

نیاز به ارزیابی مقاومت در برابر ضربه جسم سخت به محصولاتی که در کاربردهایی که احتمال ضربه جسم سخت به اندودکاری وجود داشته و ادعای مقاومت در برابر ضربه مطرح شده است، محدود می‌شود. انجام این آزمون‌ها در جایی که اندودکاری به وسیله تمهیدات مکانیکی مستقل محافظت می‌شود، لازم نیست.

اگر آزمون‌ها انجام نشوند، گواهی‌نامه فنی باید کاربردها را محدود به جاهایی کند که ضربه اتفاق نخواهد افتاد.

این آزمون برای حداقل ضخامت اندودکاری انجام شد. مطابق با روش استاندارد از گوی فولادی جسم سخت، به قطر $63/5 \pm 1$ mm و جرم 40 ± 1030 gr استفاده شد.

ضربات از ۵ N.m تا ۳۰ N.m وارد شد، هیچگونه ترک خوردگی و پوسته شدن یا جدا شدن از سطح زیر کار مشاهده نشد.

۵-۱۱ آزمون حداقل چسبندگی

اندازه گیری چسبندگی بر اساس استاندارد ASTM E 736 "روش استاندارد آزمون پیوستگی/ چسبندگی مواد پاششی مقاوم در برابر آتش به کار رفته برای محافظت اعضای سازه‌ای" انجام شد. در این آزمون صفحه فولادی گالوانیزه مربعی شکل با بعد حدود ۳۰۰ میلی‌متر و ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر که سطح مورد پاشش آن به کمک یک ماده حلال از هر گونه روغن پاک شده بود، به ضخامت ۱/۵ cm پاشش شد. درپوش پیچی از جنس فلزی به قطر ۵۱ میلی‌متر و عمق اسمی ۱۲ میلی‌متر که یک قلاب در وسط آن تعبیه شده است، بوسیله چسب دو جزئی به سطح پوشش متصل شد. یک بار دستی فزاینده در حال ثبت با ترازوی فنری، تا زمان شکست اعمال شد.

طبق الزامات مقررات IBC-2012 میزان چسبندگی مواد محافظ کننده در برابر آتش باید مطابق جدول ۵-۱۱-۱ باشد.

هرگونه تکثیر این گزارش با هدف ارائه به افراد مختلف باید به طور کامل (در ۴۹ صفحه، شامل یک برگ جلد و یک برگ اطلاعات کلی) صورت صفحه ۲۶ از ۴۹



جدول ۵-۱۱-۱ حداقل میزان چسبندگی مواد محافظت کننده در برابر آتش

ارتفاع ساختمان (m) از تراز زمین	حداقل مقاومت چسبندگی (kPa)
۱۲۸ تا ۲۳	۲۱
بیش از ۱۲۸	۴۸

طبق آزمون انجام شده میزان حداقل چسبندگی مواد محافظت کننده در برابر آتش بیش از ۷۲ کیلو پاسکال به دست آمد.

۵-۱۲ آزمون های دوام

طبقه بندی های کاربرد در ارتباط با نوع شرایط محیطی، بر اساس اصول کلی به شرح زیر می باشند:

- نوع X: اندودها و پوشش های معدنی پاششی، مورد نظر برای تمام شرایط (داخلی، نیمه در معرض و در معرض)؛

- نوع Y: اندودها و پوشش های معدنی پاششی، مورد نظر برای شرایط داخلی و نیمه در معرض. نیمه در معرض شامل دماهای زیر صفر درجه سلیسیوس، ولی بدون در معرض باران قرار گرفتن و در معرض محدود اشعه ماوراء بنفش قرار گرفتن (اما اثر در معرض اشعه ماوراء بنفش قرار گرفتن، مورد ارزیابی قرار نمی گیرد)؛

- نوع Z₁: اندودها و پوشش های معدنی پاششی، مورد نظر برای شرایط داخلی با رطوبت نسبی برابر یا بیشتر از ۸۵٪، به استثنای دماهای زیر صفر درجه سلیسیوس؛

- نوع Z₂: اندودها و مجموعه اندودکاری ها، مورد نظر برای شرایط داخلی به استثنای دماهای زیر صفر درجه سلیسیوس، با رطوبت نسبی کمتر از ۸۵٪.

محصولاتی که الزامات نوع X را برآورده می کنند، الزامات همه دیگر انواع را نیز برآورده می سازند. محصولاتی که الزامات نوع Y را برآورده می کنند نیز الزامات انواع Z₁ و Z₂ را برآورده می سازند. همچنین محصولاتی که الزامات نوع Z₁ را برآورده می کنند، الزامات نوع Z₂ را برآورده می سازند.

۵-۱۲-۱: مقاومت در برابر رطوبت بالا

- سه آزمون به مدت چهار هفته در معرض دمای (۲۵±۲) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۹۵±۵) درصد قرار گرفت.

- پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط رطوبت بالا، مقدار چسبندگی نباید کمتر از ۸۰٪ درصد آزمون های در معرض قرار نگرفته، باشد.

- طبق آزمون انجام شده میزان چسبندگی مواد محافظت کننده در برابر آتش در شرایط رطوبت بالا در محدوده مجاز قرار دارد.



جدول ۵-۱۲-۱ میزان چسبندگی بعد از شرایط رطوبت بالا

نتیجه (%)	چسبندگی مواد Kpa		نوبت آزمون
	آزمونه	شاهد	
۱۰۰	۷۲	۷۲	اول
۱۰۰	۷۲	۷۲	دوم
۱۰۰	۷۲	۷۲	سوم

۵-۱۲-۲: مقاومت در برابر گرما و سرما

سه آزمونه در معرض شرایط زیر قرار گرفته و پنج بار تکرار شده است. این آزمون در رطوبت محیط انجام شد.

جدول ۵-۱۲-۲ شرایط قرارگیری آزمونه‌ها

دوره زمانی/مدت (ساعت)	دما
۲	اولین سیکل - افزایش از دمای محیط به (60 ± 2) درجه سلیسیوس سیکل‌های بعدی - افزایش از (-15 ± 2) درجه سلیسیوس به (60 ± 2) درجه سلیسیوس
۴	نگهداری در دمای (60 ± 2) درجه سلیسیوس
۲	کاهش دما از (60 ± 2) درجه سلیسیوس به (-15 ± 2) درجه سلیسیوس
۱۶	نگهداری در دمای (-15 ± 2) درجه سلیسیوس

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط گرما و سرما، مقدار چسبندگی نباید کمتر از ۸۰٪ درصد آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته، باشد.

طبق آزمون انجام شده میزان چسبندگی مواد محافظت‌کننده در برابر آتش در شرایط گرما و سرما در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول ۵-۱۲-۲ میزان چسبندگی بعد از شرایط سیکل گرما و سرما

نتیجه (%)	چسبندگی مواد Kpa		نوبت آزمون
	آزمونه	شاهد	
۹۴	۶۸	۷۲	اول
۱۰۰	۷۲	۷۲	دوم
۹۷	۷۰	۷۲	سوم



۵-۱۲-۳: مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن

برای دسته‌بندی کاربرد نوع X: آزمون باید در معرض شرایط زیر قرار گیرد و این کار باید ۲۵ بار تکرار شود.

جدول ۵-۱۲-۳ شرایط قرارگیری آزمون‌ها

دوره زمانی/مدت (ساعت)	شرایط، دما و غوطه‌ور شدن در آب
۴	غوطه‌ور کردن در آب در دمای (23 ± 2) درجه سلیسیوس
۲	خارج کردن از آب و کاهش دما به (-5 ± 2) درجه سلیسیوس در مدت دو ساعت
۱۶	نگهداری در دمای (-5 ± 2) درجه سلیسیوس (بیرون از آب)
۲	افزایش دما از (-5 ± 2) درجه سلیسیوس به (23 ± 2) درجه سلیسیوس (بیرون از آب)

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط یخ زدن و آب شدن، مقدار چسبندگی نباید کمتر از ۸۰٪ درصد آزمون‌های در معرض قرار نگرفته، باشد.

جدول ۵-۱۲-۴ میزان چسبندگی بعد از شرایط یخ زدن و آب شدن (کاربرد نوع X)

نوبت آزمون	چسبندگی مواد Kpa		نتیجه (%)
	شاهد	آزمونه	
اول	۷۲	۶۴	۸۸
دوم	۷۲	۷۲	۱۰۰
سوم	۷۲	۷۰	۹۷

با توجه به نتایج به دست آمده، محصول دارای طبقه‌بندی X بوده و استفاده از این مواد برای تمام شرایط داخلی، نیمه در معرض و در معرض، مورد تأیید می‌باشد.

همچنین عمر مفید این محصول حداقل ۲۵ سال ارزیابی می‌شود.

۵-۱۲-۴ آزمون قابلیت نسوختن مطابق استاندارد ملی ۷۲۷۱-۲ و استاندارد بین‌المللی ISO 1182

۵-۱۲-۴-۱ مقدمه

بر اساس شرح خدمات مندرج در قرارداد گواهی‌نامه فنی فی‌مابین، آزمون قابلیت نسوختن بر روی نمونه‌های پوشش معدنی پایه سیمانی محافظت‌کننده در برابر آتش، محصول شرکت نوید رنگ پدram، انجام شد. تصاویری از نمونه‌ها قبل از آزمون، هنگام آزمون و پس از آن، در شکل های ۵-۱۲-۴-۲ تا ۵-۱۲-۴-۴ نشان داده شده است.

۵-۱۲-۴-۲ تثبیت شرایط آزمون

سه آزمون به شکل استوانه‌ای، تهیه و مطابق بند ۶ استاندارد ملی ایران به شماره ۷۲۷۱-۲ تثبیت شرایط شدند.

۵-۱۲-۴-۳ روش آزمون و تحلیل نتایج

آزمون طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۷۲۷۱-۲ و استاندارد بین‌المللی ISO ۱۱۸۲ با استفاده از یک کوره استاندارد انجام می‌شود. قبل از شروع آزمون، توان ورودی به کوره به گونه‌ای تنظیم می‌شود که میانگین دمای کوره برای حداقل ۱۰ دقیقه در دمای $(750 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ تثبیت شود. رگرسیون خطی انحراف نباید بیشتر از 2°C در طول این ۱۰ دقیقه شود و حداکثر انحراف از دمای میانگین نباید بیش از 10°C در ۱۰ دقیقه باشد. سپس آزمون در داخل یک توری استوانه‌ای فلزی قرار داده شده، در محل مشخص در داخل کوره گذاشته می‌شود. آزمون در یک دوره زمانی مشخص انجام می‌شود که طی آن دما به طور پیوسته ثبت می‌گردد. سپس باقی‌مانده آزمون از کوره خارج و پس از رسیدن به دمای محیط وزن می‌شود. یک ماده در صورتی غیر قابل سوختن (یا نسوختنی) ارزیابی می‌شود که نتایج زیر از آزمون حاصل شود:

الف- میانگین افزایش دمای کوره برای آزمون از 50°C بیشتر نشود.

ب- میانگین زمان مشاهده هر گونه شعله پایدار روی آزمون از ۱۰S بیشتر نشود.

پ- میانگین افت جرم برای آزمون، پس از سرد شدن آزمون‌ها، از ۵۰٪ بیشتر نشود.

ب- میانگین زمان مشاهده هر گونه شعله پایدار روی آزمون از ۱۰S بیشتر نشود.

پ- میانگین افت جرم برای آزمون، پس از سرد شدن آزمون‌ها، از ۵۰٪ بیشتر نشود.



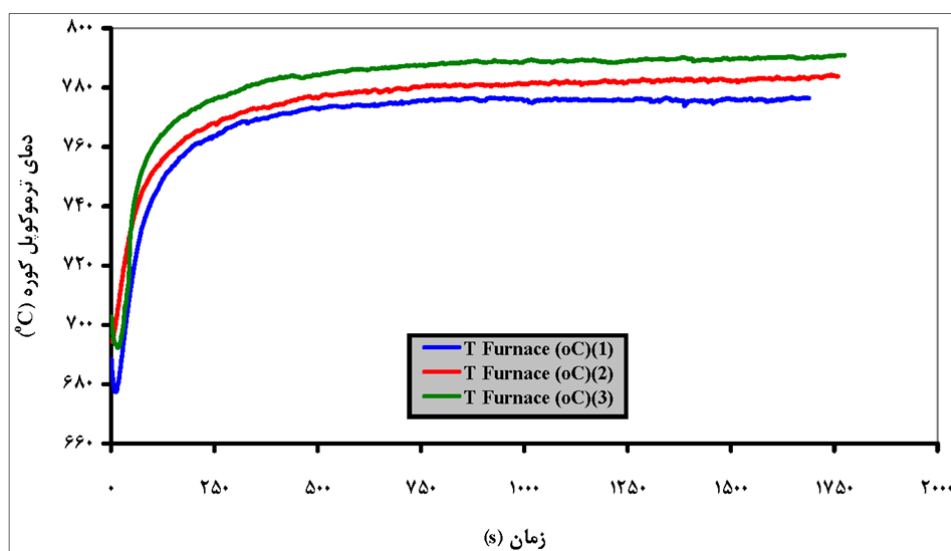
شکل ۵-۱۲-۴-۳-۱ دستگاه اندازه‌گیری قابلیت نسوختن مواد



۴-۴-۱۲-۵ نتایج آزمون

جدول ۵-۱۲-۴-۱- نتایج آزمون قابلیت نسوختن مواد

ضخامت اولیه (mm)	افت جرم (%)	تغییرات دمای کوره (°C)				کد نمونه
		اختلاف دما	دمای نهایی	دمای پیشینه	دمای اولیه	
۵۰/۴	۱۵/۸	۰/۳	۷۷۶/۴	۷۷۶/۷	۷۵۵/۷	S-FB-98-0020-1
۵۰/۴	۱۶/۲	۰/۵	۷۸۳/۸	۷۸۴/۳	۷۶۲/۲	S-FB-98-0020-2
۵۲/۲	۱۶/۰	۰/۴	۷۹۰/۶	۷۹۱/۰	۷۶۸/۳	S-FB-98-0020-3



شکل ۵-۱۲-۴-۱ تغییرات دمای کوره برحسب زمان برای سه آزمون



شکل ۵-۱۲-۴-۳ آزمون حین آزمون

شکل ۵-۱۲-۴-۲ آزمون آماده آزمون



شکل ۵-۱۲-۴-۴ آزمون پس از آزمون

۵-۴-۱۲-۵ نتیجه گیری آزمون قابلیت نسوختن

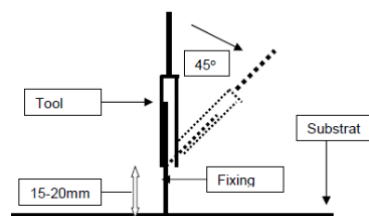
- نمونه پوشش محافظت کننده در برابر آتش بر پایه سیمان، محصول شرکت نوید رنگ پدram، مطابق معیارهای استاندارد ایران شماره ۷۲۷۱-۲، غیر قابل سوختن ارزیابی می شود.
 - نمونه مطابق با استاندارد ایران شماره ۸۲۹۹-۱ (واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده های ساختمانی - طبقه بندی) جزو گروه A (A1 یا A2)، محسوب می شود.
- توجه:** نتایج این آزمون مربوط به رفتار نمونه آزمون شده از فرآورده، تحت شرایط مشخص آزمون می باشد و آن را نباید به عنوان تنها معیار ارزیابی خطرات احتمالی در برابر حریق، در شرایط واقعی کاربرد، در نظر گرفت.

۵-۱۳ آزمون مقاومت بیرون کشیدگی اتصالات

این آزمون برای ارزیابی مقاومت جوش (مقاومت در برابر بیرون کشیدگی) مش های فلزی منبسط شده که به سطح زیر کار جوش شده اند، انجام می شود. در این آزمون، به وسیله یک ابزار T شکل، یک بار در راستای عمود بر صفحه مش، اعمال شده و با یک ترازوی فنری ساده، اندازه گیری می شود. مقادیر بار وارد شده بر حسب نیوتن بیش از ۱۵۰ N می باشد.

**۵-۱۴ آزمون مقاومت خم شدگی پین**

این آزمون برای تایید مقاومت خمشی اتصالات در هر نوع سطح زیر کار فولادی که مجموعه اندودکاری روی آن اجرا می شود، انجام شود. در این آزمون، به وسیله یک ابزار مخصوص پین ها را به اندازه ۴۵ درجه خم کرده و مطابق شکل ۵-۱۴-۱ به حالت اولیه باز گردانده می شود. این کار باید حداقل روی ۱۰ اتصال بدون وقوع شکست انجام شود. این آزمون در سه نوبت انجام شد، نتایج هر سه دوره قابل قبول ارزیابی شد.



شکل ۵-۱۴-۱: الگوی آزمون خمش برای اتصالات پینی

۵-۱۵ آزمون جذب آب (موئینگی)

براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۸-۹۱۵۰ جذب آب (موئینگی) در سه نوبت اندازه گیری شد، نتیجه آزمون در جدول ۵-۱۵-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱۵-۱ اندازه گیری جذب آب (موئینگی)

ضریب جذب آب موئینه حداقل - $[kg/(m^2min^{0.5})]$	نوبت بازدید
۰/۴۷	اول
۰/۵۷	دوم
۰/۴۲	سوم

۵-۱۶ آزمایش ضریب نفوذ پذیری بخار آب

براساس استانداردهای ملی ایران شماره ۱۹-۹۱۵۰ و ۱-۷۰۶ ضریب نفوذ پذیری بخار آب در یک نوبت اندازه گیری شد، نتیجه آزمون در جدول ۵-۱۶-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱۶-۱ اندازه گیری ضریب نفوذ پذیری بخار آب (μ)

نوع آزمون	نتیجه آزمون
ضریب نفوذ پذیری بخار آب	۰/۶۱

**۶- نتیجه گیری**

نتایج همه آزمون‌ها نمونه‌برداری قابل قبول بوده و با الزامات و ضوابط مرکز مطابقت دارد.

۷- ضوابط مربوط به اجرای پوشش‌های پاششی بر روی سطوح فولادی دارای ضدزنگ**۷-۱- کلیات**

سطوح فولادی که پوشش‌های پاششی بر روی آن‌ها اجرا می‌شوند، باید عاری از هر گونه آلودگی، روغن و ذرات سست باشند. سطوح فولادی همچنین ممکن است با ضدزنگ‌های از پیش تأیید شده، پوشیده شده باشند.

در حالتی که سطح فولاد با ضدزنگ پوشش داده شده باشد، باید به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گیرد (مگر آنکه در حالات خاصی کاربرد انواع بخصوص ضد زنگ ممنوع شده باشد). پوشش‌های پاششی تحت شرایط زیر می‌توانند بر روی اشکال فولادی I و H و ستون‌های لوله‌ای و قوطی دارای ضد زنگ اجرا شوند:

(الف) عرض بال تیر از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نکند،

(ب) عرض بال ستون از ۴۰ سانتی‌متر تجاوز نکند،

(ج) عمق جان تیر یا ستون (فاصله داخل به داخل بال‌ها) از ۴۰ سانتی‌متر تجاوز نکند،

(د) قطر خارجی لوله یا عرض قوطی از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نکند،

(ه) انجام آزمون‌های پیوستگی / چسبندگی مطابق دستورالعمل پیوست الف-۵ نشان دهد که متوسط و حداقل مقاومت پیوستگی / چسبندگی به ترتیب حداقل ۸۰ درصد و ۵۰ درصد مقاومت پیوستگی / چسبندگی در حالتی است که پوشش پاششی بر روی ورق فولادی با حداقل ضخامت ۳ میلی‌متر اجرا شده است (این مقادیر در بخش آزمون حداقل چسبندگی، بند ۵-۱۱ این گزارش اعلام شده است). مقادیر متوسط و حداقل مقاومت پیوستگی/چسبندگی باید بر اساس حداقل پنج آزمون چسبندگی تعیین شود. همچنین انجام آزمون‌های چسبندگی مطابق استاندارد EN 1015-12 بر روی سطوح فولادی دارای ضد زنگ باید نشان دهد که حداقل مقادیر مقاومت چسبندگی اعلام شده در جدول ۵-۱۱-۱، بسته به ارتفاع ساختمان تأمین می‌شود.

زمانی که مقادیر مقاومت چسبندگی یا پیوستگی / چسبندگی پایین‌تر از حداقل مقادیر قابل قبول هستند، ممکن است از یک عامل چسباننده (پرایمر) بر روی سطح دارای ضدزنگ برای رسیدن به حداقل مقاومت چسبندگی مورد نیاز استفاده شود.

اگر شرط (ه) برآورده نشود، نیاز به مش فولادی درگیرکننده پیوسته است که می‌تواند مثلاً با دورپیچ کردن عضو سازه‌ای با رابیتس فلزی (حداقل وزن ۹۰۰ گرم در متر مربع) تأمین شود.

اگر هر یک از شرایط (الف) یا (ب) یا (ج) یا (د) برآورده نشود، یک مش فولادی درگیرکننده منقطع باید تأمین شود. یک مش فولادی درگیرکننده منقطع می‌تواند به وسیله یک یا چند نوار رابیتس فلزی با حداقل وزن ۹۰۰ گرم بر متر مربع که با جوش، پیچ یا میخکوب به سطح بال، جان، لوله یا قوطی متصل شده، تأمین شود. فاصله این اتصالات، مرکز تا مرکز حداکثر ۳۰ سانتی‌متر در هر لبه طولی نوار بوده و فاصله بین نوارها نباید از



حدود مشخص شده در شرایط (الف)، (ب)، (ج) یا (د) بسته به موضوع، تجاوز کند. نباید کمتر از ۲۵ درصد عرض بال یا جان بزرگ اندازه با رابیتس پوشیده شده باشد. عرض هر نوار رابیتس نباید کمتر از ۹ سانتی متر باشد.

در جایی که نوارهای رابیتس فلزی (منقطع) استفاده می شوند، مقاومت پیوستگی/چسبندگی و مقاومت چسبندگی قابل قبول مطابق شرط (هـ) باید تأمین شود.

در موارد ترمیم محلی پوشش محافظ حریق که نیاز به نگه دارنده مکانیکی می باشد و اگر در طرح های خاصی تأیید شده باشد، این نگه دارنده مکانیکی می تواند از طریق گل میخ های فولادی با حداقل اندازه ۱۲ (12 gauge) دارای کلاهک های فولادی گالوانیزه با حداقل اندازه ۲۸ (28 gauge) تأمین شود. گل میخ ها باید به مقطع بزرگ اندازه در ردیف هایی جوش شوند که حداکثر فاصله این ردیف ها مطابق با شرایط «الف»، «ب»، «ج» یا «د» در بالا باشد. فاصله گل میخ ها در طول هر ردیف نباید از ۶۰ سانتی متر تجاوز کند و حداقل یک گل میخ در هر ۱۶۰۰ سانتی متر مربع باید تأمین شود.

باید توجه داشت اگر مش فولادی درگیر کننده (Key Mesh) بر روی سطح زیر کار و قبل از پاشش پوشش محافظ حریق پایه معدنی، به نحو درستی اجرا شده باشد، بعد از خشک شدن پوشش محافظ حریق، اتصال مناسب و کافی بین پوشش و سطح زیر کار برقرار خواهد شد. هر گونه طبله کردن و جداسازی پوشش محافظ حریق در این شرایط، نشان از اجرای نادرست مش فولادی درگیر کننده دارد که می تواند ناشی از عواملی همچون ضعیف بودن مش فولادی (تراکم و وزن کم آن در واحد سطح)، محل نادرست یا تعداد ناکافی متصل کننده های مش فولادی به سطح زیر کار (مثلاً موقعیت نامناسب و تعداد کم پین های فولادی اجرا شده)، آسیب دیدگی یا خوردگی مش فولادی یا متصل کننده های آن و ... دارد. لذا در اجرای مش فولادی درگیر کننده در هر پروژه ای، لازم است کنترل ها و نظارت های لازم برای تضمین کیفیت مناسب اجرا صورت گیرد.

۷-۲- پرایمر

با توجه به ارزیابی های فنی صورت گرفته در گزارش RR 96-02 که شامل مجموعه ای از آزمون های چسبندگی می باشد و همچنین با توجه به ضوابط آئین نامه ای موجود، نتایج زیر اعلام می شود:

۷-۲-۱- در سطوح فولادی دارای ضد زنگ اپوکسی یا الکید (مطابق نمونه های آزمایشگاهی)، ابتدا لازم است تا سطح زیر کار، عاری از هر گونه روغن، گریس، گرد و غبار، آلودگی، لایه یا رنگ سست یا ... که به چسبندگی لطمه می زند، شود. در ادامه به منظور اتصال و چسبندگی کافی بین پوشش و سطح زیر کار، ضروری است بر روی سطح زیر کار، یک لایه چسباننده (Keycoat) با نام تجاری ISOLATEK SBK-113 اجرا شود و بعد از آن عملیات پاشش پوشش محافظ حریق FR 1700 انجام شود.

لازم به ذکر است استفاده از سایر انواع لایه های چسباننده (چسب خالص یا ترکیب چسب و پوشش محافظ حریق) در صورتی مجاز است که مطابق دستورالعمل این مرکز به شماره ض-۸۲۵ مورخ ۱۳۹۷ تحت عنوان "دستورالعمل ارزیابی پوشش های معدنی پاششی محافظت کننده در برابر آتش برای سازه های فولادی"، این لایه های چسباننده دارای سازگاری با سطح زیر کار و پوشش محافظ حریق بوده و همچنین قادر به تأمین چسبندگی کافی بین پوشش محافظ حریق و سطح زیر کار باشند.

از طرف دیگر، با توجه به تنوع ضد زنگ های استفاده شده در صنعت ساختمان کشور، شرکت مجری پوشش محافظت کننده در برابر آتش موظف است در هر پروژه ساختمانی، قبل از اجرای پوشش محافظ حریق بر روی اعضای فولادی ساختمان، از چسبندگی مناسب پوشش به سطح زیر کار، با اجرای چند نمونه آزمایشی و انجام آزمون های چسبندگی، اطمینان حاصل نماید. در صورت عدم انجام این کار یا مقاومت چسبندگی بدست آمده پایین پوشش محافظ حریق به سطح زیر کار، نیاز به اجرای نگهدارنده مکانیکی قبل از پاشش پوشش خواهد بود که لازم است با دورپیچ کردن سرتاسر هر عضو سازه ای با مش فولادی گالوانیزه (که دارای حداقل وزن ۱۶۰ گرم در هر متر مربع می باشد) فراهم شود.



پیوست الف (دستورالعمل روش اجرا)

این دستورالعمل باید توسط عوامل اجرایی گروه مهندسی پدram به طور دقیق مورد توجه و رعایت قرار گیرد.

الف. ۱ ضخامت پوشش

لازم است بر اساس این دستورالعمل، ضخامت پوشش محافظ ارائه شده در جداول ۵-۹-۸ تا ۵-۹-۸-۸، تعیین و مطابق دستورالعمل اجرا شود.

الف. ۲ کلیات

در جایی که اجرای سطوح محافظتی یا تزئینی بر روی پوشش محافظت کننده در برابر آتش نیاز است، باید کنترل شود که سطح نهایی اجرا شده، با پوشش محافظ سازگار باشد و به عملکرد آن لطمه‌ای وارد نکند. باید به خطر جدایی پوشش محافظ به علت وزن اضافی ناشی از لایه نهایی اجرا شده روی آن توجه نمود. این موضوع به تعدادی از عوامل وابسته است، از جمله امتداد و زاویه سطح، نوع پوشش محافظ و نوع لایه پرداخت و به طور خاص این موضوع در جایی که لایه‌های پرداخت سنگین بر روی پوشش‌های محافظ سبک اجرا می‌شوند، از اهمیت بیشتر برخوردار بوده و باید جزئیات اجرایی مناسب در نظر گرفته شود.

مصارف پرداخت باید الزامات مربوط به رفتار در برابر آتش (مانند قابلیت اشتعال، پیشروی شعله و رهاش گرما) را مطابق دستورالعمل‌های مرکز تامین کنند.

الف. ۳ آماده‌سازی سطح زیر کار

سطح زیر کار باید عاری از هر گونه روغن، گریس، گرد و غبار، آلودگی، پوسته، یا سایر عوامل و شرایطی که به چسبندگی لطمه می‌زند باشد و می‌بایست ابتدا قبل از اجرا باید نسبت به تمیز کردن سطح زیر کار بوسیله وایر برس، باد، واترجت و یا سایر تمهیدات مناسب اقدام شود.

الف. ۴ استفاده از نگهدارنده‌های مکانیکی

نیاز به نگهدارنده مکانیکی و نوع و میزانی که باید استفاده شود، به چند عامل وابسته است که از جمله می‌توان چسبندگی، کاربرد مورد نظر، جزئیات سطح زیر کار، عوامل محیطی و مشخصات پوشش محافظ را نام برد. تعدادی از شرایط ویژه‌ای که استفاده از نگهدارنده مکانیکی ضروری است، به همراه جزئیات روش‌های مختلف موجود برای اجرای نگهدارنده‌های مکانیکی در ادامه ارائه می‌شود.

باید توجه شود که نیاز به نگهدارنده‌های مکانیکی برای تضمین اتصال کافی به سطح زیر کار و یا انسجام داخل پوشش محافظ است. برخی از انواع نگهدارنده‌های مکانیکی مانند رابیتس ممکن است برای هر دو عملکرد مناسب نباشند که توضیحات تکمیلی در این خصوص در جدول الف-۱ ارائه شده است.



جدول الف-۱- انواع نگهدارنده‌های مکانیکی

مجموعه	نوع	کاربردها
مش درگیر کننده: مش با چشمه‌های نسبتاً کوچک، برای مثال ۱۰ الی ۲۵ میلی‌متر، که امکان نفوذ پوشش محافظ را فراهم و یک درگیری خوب ایجاد می‌کند.	رابیتس رابیتس کنگره‌دار شبکه سیمی جوش شده شبکه سیمی بافته شده شش ضلعی (توری مرغی)	در مجاور سطح زیر کار به عنوان مش درگیر کننده نصب می‌شود (حدود ۶ میلی‌متر) یا یک تکیه‌گاه برای پوشش پر کننده فضای خالی بین سازه ای را فراهم می‌کند (به شکل‌های ۱-الف، ۱-ب و ۱-ج توجه شود).
مش مسلح‌کننده: مش با چشمه‌های نسبتاً بزرگ، برای مثال، ۵۰ میلی‌متر، که امکان نفوذ کامل پوشش محافظ را فراهم و آن را مسلح می‌نماید.	شبکه سیمی جوش شده شبکه سیمی بافته شده شش ضلعی (توری مرغی)	داخل پوشش محافظ قرار می‌گیرد و بنابراین پوشش محافظ را مسلح می‌کند (به شکل ۱-د توجه شود). مش مسلح‌کننده باید در محدوده یک سوم میانی ضخامت پوشش قرار داده شود.

انواع متنوعی از سیستم‌های نگهدارنده مکانیکی قابل استفاده موجود است (به جدول الف-۱ مراجعه شود) و مشخصات آنها در اینجا توصیف می‌شود. در شرایط معینی، ترکیبی از این سیستم‌ها ممکن است ضروری باشد. باید از نگهدارنده‌های مکانیکی فلزی برای اهداف محافظت در برابر آتش که مقاومت خوب در مقابل دماهای بالا لازم است، استفاده شود.

الف.۴-۱- مش

الف.۴-۱-۱- طبقه‌بندی مش‌ها از نظر کاربرد

مش فلزی معمولاً به عنوان نگهدارنده مکانیکی استفاده می‌شود و به طور مناسبی به مجموعه‌های زیر می‌تواند تقسیم‌بندی شود:

الف) مش درگیر کننده: معمولاً از چشمه با اندازه نسبتاً کوچک تشکیل شده، یعنی ۱۰ الی ۲۵ میلی‌متر که اجازه نفوذ ماده دوغابی پاشش شده را می‌دهد تا درگیری مناسبی ایجاد شود. این مش در نزدیکی سطح زیرکار به گونه‌ای نصب می‌شود که ماده پاششی به زیر آن نفوذ کند (توصیه می‌شود این فاصله حداقل حدود ۶mm باشد) (به شکل‌های الف.۱-الف، الف.۱-ب و الف.۱-ج مراجعه شود)، یا به عنوان تکیه‌گاهی برای پوشش پاششی به منظور پر کردن روی فواصل بین سازه‌ها استفاده شود، برای مثال، ایجاد یک مانع آتش یا محصور کردن یک ستون.

ب) مش مسلح‌کننده: معمولاً از چشمه‌ها با اندازه نسبتاً بزرگ، برای مثال ۵۰ میلی‌متر تشکیل شده که اجازه نفوذ کامل پوشش پاششی را می‌دهد و بنابراین آن را مسلح می‌کند. مش مسلح‌کننده در فاصله یک سوم میانی ضخامت پوشش قرار می‌گیرد (به شکل الف.۱-د مراجعه شود). مهم است که اندازه چشمه‌های مش، خیلی کوچک نباشد و اندازه ضخامت مش، خیلی زیاد نباشد، در غیر این صورت باعث تضعیف پوشش پاششی می‌شود.

الف.۴-۱-۲- انواع مش قابل استفاده بسته به نوع کاربرد

انواع معمول مش به قرار زیر است:

الف) رابیتس: اندازه چشمه مش، از ۶ الی ۲۰ میلی‌متر متغیر است. این نوع مش فقط به عنوان درگیر کننده استفاده می‌شود.



ب) رابیتس کنگره دار: مشابه رابیتس بوده، ولی دارای کنگره است. این نوع مش اساساً به عنوان مش درگیر کننده استفاده می شود.

ج) مش جوش شده: از سیم های فلزی که با جوش نقطه ای به هم متصل شده و یک مش مستطیلی را ایجاد می کنند، تشکیل شده است. حداقل اندازه چشمه مش، معمولاً ۲۵ میلی متر است که تا ۱۵۰ میلی متر هم می رسد. قطر سیم معمولاً بین یک تا یک و نیم میلی متر برای چشمه های تا ۵۰ میلی متر می باشد و برای چشمه های ۷۵ تا ۱۵۰ میلی متر، از قطرهای ۳ تا ۳ میلی متر استفاده می شود. از این نوع مش می توان به عنوان مش درگیر کننده یا مسلح کننده استفاده نمود.

د) مش بافته شده شش ضلعی (توری مرغی): از سیم فلزی که برای ایجاد چشمه های شش ضلعی، بافته شده، تشکیل شده است و شبیه به مش جوش شده است. این نوع مش به عنوان یک مش درگیر کننده یا مسلح کننده استفاده می شود. در صورت کاربرد توری مرغی، باید به مقاومت های کافی مکانیکی، مقاومت در برابر خوردگی و دوام کافی آن در شرایط بهره برداری توجه نمود.

الف. ۴-۱-۳- سیستم های متصل کننده مش

از آنجایی که نقش مش، حفظ پوشش محافظ در موقعیت خود می باشد، باید به وسیله یک روش مناسب به سطح زیر کار متصل شود. در ادامه چند روش قابل قبول ارائه شده است.

جایی که مش می تواند به طور کامل پیرامون سطح زیر کار را بپوشاند، برای مثال، پیرامون یک لوله، معمولاً استفاده از اتصال به سطح زیر کار نیاز نیست. در این صورت دو سر مش باید در انتها هم پوشانی داشته و به هم دوخته شوند.

شکل الف. ۲. مثالی هایی از مقاطع افقی و قائم را نشان می دهد که به علت وجود گوشه داخل رونده در مقطع یا به علت محصور شدن کل مقطع با پوشش محافظ، مش مسلح کننده مورد نیاز نیست.

شکل الف. ۳. شامل مثال هایی از حالت های متداول است که داخل شوندگی در مقطع یا محصور شدگی کامل مقطع با پوشش محافظ وجود ندارد و مش مسلح کننده مورد نیاز است.

همچنین در هر جایی که ابعاد مقطع خیلی بزرگ است (یعنی جان بزرگتر از ۶۵۰ میلی متر و بال بزرگتر از ۴۰۰ میلی متر)، استفاده از مش مسلح کننده لازم است. همچنین اگر ضخامت پوشش محافظ بالاتر از حداکثر ضخامتی باشد که برای آن آزمون مقاومت در برابر آتش انجام شده است، استفاده از مش مسلح کننده ضروری است.

استفاده از متصل کننده های جوشی، پیچی یا میخکوب شونده برای حفظ مش و پوشش محافظ لازم است. تعداد کافی از آنها باید به سطح زیر کار متصل شود تا پوشش محافظ را در شرایط مورد نظر نگه دارد. به این منظور پین ها و اتصالات جوشی به شکلی باید به سطح زیر کار متصل شوند که حداکثر فاصله مش از سطح زیر کار از حدود ۶ میلی متر تجاوز نکند. برای وصل کردن این متصل کننده ها به مش، می توان از پولک، مفتول سیمی یا خم کردن پین بر روی مش استفاد نمود.

پین های پلاستیکی یا پین های متصل شده با چسب، عموماً به علت مقاومت کم در برابر دماهای بالا، نامناسب هستند. لذا باید از پین های فولادی استفاده شود. مش با گره زدن به صورت مناسب (مثلاً بوسیله مفتول) به پین ها، متصل شده و سپس پین ها بر روی مش خم شوند.

در محلهایی که از پین فولادی برای نگهداری مش فولادی استفاده می شود و سطح زیر کار از نوع فولادی همراه با ضد زنگ است، لازم است در صورت نیاز به مقابله با خوردگی فولاد، ضد زنگ در محل اجرای پین ها ترمیم و مجدداً اجرا شود.

**الف.۵- نکات اجرایی و بازرسی‌های لازم****الف.۵-۱- حفاظت و نگهداری**

حفاظت از پوشش‌های محافظ بسته‌بندی شده در کیسه در مقابل رطوبت، قبل، در حین و بعد از تحویل در محل اجرا، لازم است. برای این منظور لازم است کیسه‌ها در یک فاصله مناسب از زمین (مثلاً به کمک پالت‌های چوبی) قرار گرفته و روی آنها در محیط‌های باز و مرطوب با نایلون پوشیده شود.

دقت شود تا مصالح به طور مناسب نگهداری و استفاده شود، چون انواعی از مصالح تحت تأثیر فشارهای زیاد دچار تغییر خصوصیات می‌شوند. در انبار کردن کیسه‌ها باید حداکثر تعداد مجاز کیسه‌هایی که می‌توان روی هم قرار داد، توجه شود. معمولاً برای مناطق خشک و خنک برای کیسه‌های سیمان، حداکثر ۱۰ کیسه به عنوان عدد مجاز قید شده است.

الف.۵-۲- توجه به تجهیزات

تجهیزات اصلی و جانبی پاشش باید به طور منظم از نظر مسائل زیر کنترل شود:

الف) تمیز و عاری بودن از مواد آلاینده (مانند گرد و خاک یا مواد باقی‌مانده از نوبت‌های قبلی پاشش).

ب) تمامی اجزا وظیفه خود را درست انجام می‌دهند تا محصول نهایی کیفیت لازم را داشته باشد. برای مثال، فن‌ها، دمنده‌ها و مخلوط‌کن‌ها.

ج) نازل‌های هوا و پاشش مواد، عاری از هر گونه گرفتگی باشند.

د) شیرهای دورانی، لوله‌های مواد، لوله‌های هوای فشرده و لوله‌های آب، فاقد هرگونه نشت هستند.

الف.۵-۳- سرویس‌ها

باید کنترل شود که سرویس‌های مربوط به عملیات پاشش کافی و مناسب هستند:

الف) ولتاژ ثابت و مناسب است.

ب) آب از نوع آشامیدنی بوده و در کل زمان پروژه در حجم کافی و فشار ثابت تأمین می‌شود.

ج) هوای فشرده تمیز در فشار درست، موجود است.

الف.۵-۴- کارهای مقدماتی

همه سطوح زیر کار باید مطابق ضوابط این دستورالعمل آماده شوند. همچنین در مکان‌های اشاره شده در این دستورالعمل، نگهدارنده مکانیکی باید تأمین و مطابق ضوابط نصب شود. چنانچه شرکت تولید کننده برای آماده سازی سطح زیر کار، دارای دستورالعمل‌های خاص و یا اضافی نسبت به آنچه در این گزارش آمده است، می‌باشد باید به صورت کتبی آن را به مرکز اعلام تا نسبت به بررسی و تصمیم‌گیری اقدام لازم صورت گیرد.



الف.۵-۵- تکنیک اجرا

اجرا باید توسط عوامل آموزش دیده و به صورت دقیق صورت گیرد. خصوصاً رعایت پیمانهای دقیق برای تأمین اختلاط مناسب ضروری است. ضخامت نهایی پاشش هر تک لایه به میزان قابل توجهی به نوع مصالح، شکل سطح زیر کار و مهارت اجرا کننده بستگی دارد، بنابراین ضخامت باید به نحو مناسب و مطابق با دستورالعمل ارائه شده توسط مرکز کنترل و هرگونه کسری ضخامت باید در انتهای هر دوره کاری، اصلاح شود. در صورت استفاده از چسبها، توصیه‌های تولیدکننده چسب باید رعایت شده.

چگالی نهایی پوشش محافظ اجرا شده می تواند حداکثر دارای اختلافی معادل $\pm 1.5\%$ با چگالی اعلام شده در گواهینامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد. طرح اختلاط و چگالی پوشش محافظ باید به گونه‌ای انتخاب شود که مناسب کاربردش برای محافظت در برابر آتش باشد.

اجرای پوشش محافظت‌کننده در برابر آتش پایه سیمانی FR 1700 در دو مرحله زیر انجام می‌شود.

الف.۵-۶- حفاظت از مناطق مجاور

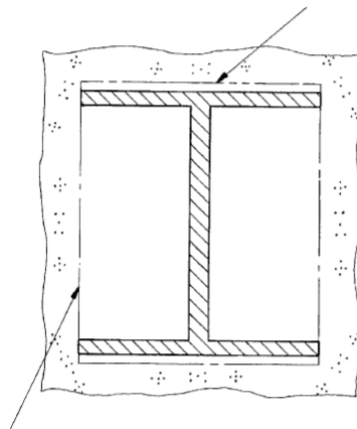
هنگامی که عملیات اجرا، در بالا یا مجاور ماشین‌آلات مکانیکی یا نزدیک سیستم‌های تهویه انجام می‌شود، احتیاط‌های ویژه‌ای برای جلوگیری از ورود مواد در حال پاشش به آن سیستم‌ها و تجهیزات صورت گیرد.

الف.۵-۷- حفاظت در حین اجرای پوشش

پوشش محافظ پس از اجرا تا زمان گیرش نهایی، تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی است. در این مدت ضروری است تا پوشش محافظ در معرض خشک شدن سریع، باران، آب جاری، یخ زدن، حرکت سازه‌ای، ارتعاش و ضربه قرار نگیرد.



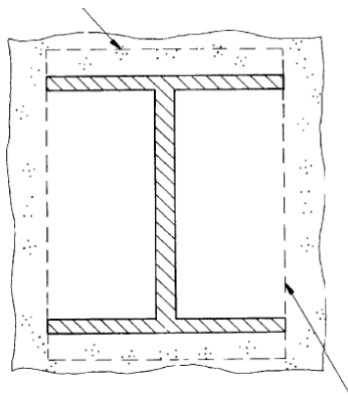
مش درگیر کننده برای مواد پاششی دوغابی که در فاصله حدود شش میلی متری از سطح زیر کار نصب شده تا امکان عبور کافی مواد پاششی را فراهم کند.



مش درگیر کننده، سطح زیر کار را برای پوشش محافظت شکل می دهد.

الف) مش درگیر کننده برای محافظت به شکل جعبه با استفاده از مواد پاششی دوغابی

مشی که نقش نگهدارنده برای پوشش های پشم معدنی (Mineral wool spray) را دارد و در یک سوم آخر پوشش قرار می گیرد.



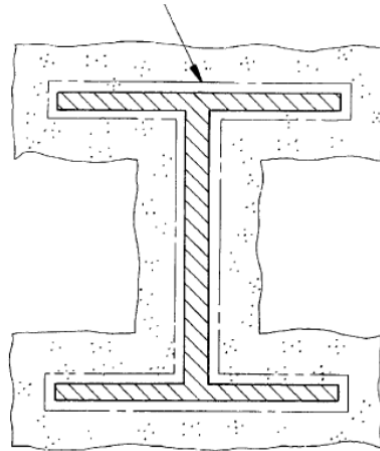
مش درگیر کننده یک سطح زیر کار برای پوشش محافظت را شکل می دهد.

ب) مش درگیر کننده / نگهدارنده برای محافظت به شکل جعبه با استفاده از پوشش های پشم معدنی



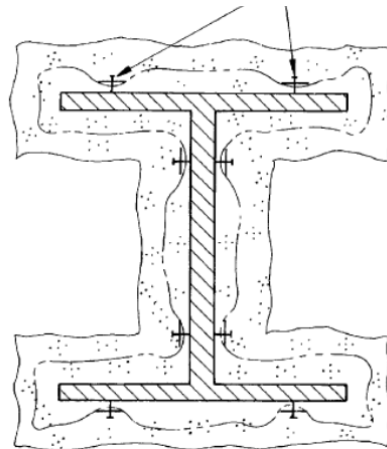
شکل الف.۱- نگهدارنده‌های مکانیکی (ادامه‌دار)

مش درگیر کننده برای مواد پاششی دوغابی که در فاصله حدود ۶ میلی‌متری از سطح زیر کار نصب شده تا امکان عبور کافی مواد پاششی را فراهم کند.



ج) مش درگیر کننده برای محافظت به شکل مقطع زیر کار (پروفیلی)

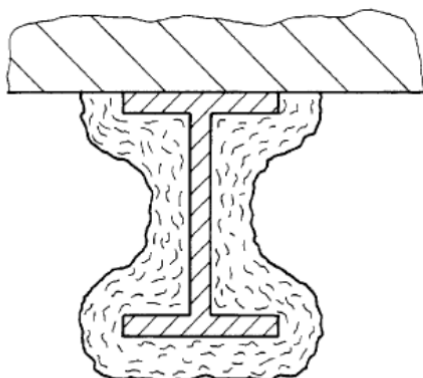
مش مسلح کننده شش ضلعی بافته شده (توری مرغی) که با کمک کلیپس‌های مخصوص به پین‌های جوش شده، متصل شده تا مش در محلش تثبیت شود.



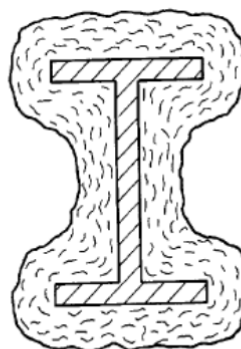
د) مش مسلح کننده

نکته: مش مسلح‌کننده اضافی ممکن است برای بعضی شرایط مانند ضخامت زیاد پوشش، لازم شود.

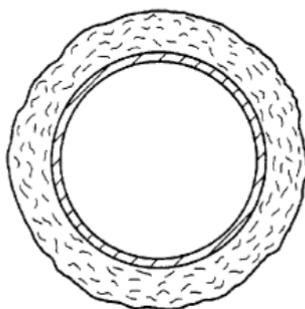
ادامه شکل الف.۱- نگهدارنده‌های مکانیکی



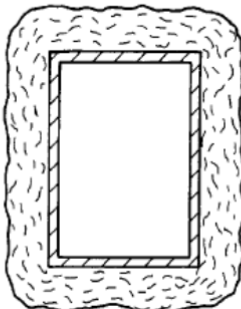
a)



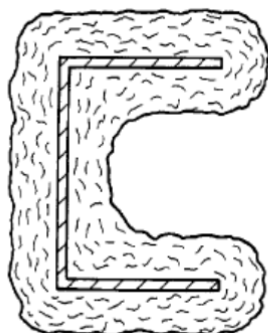
b)



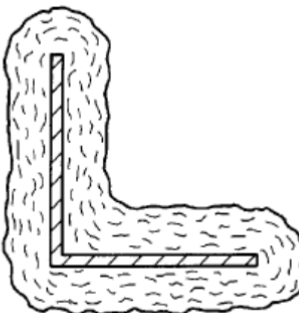
c)



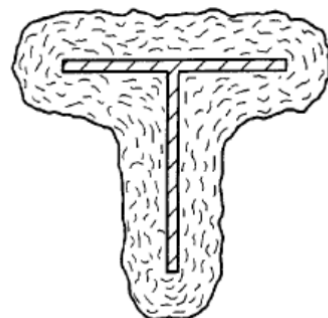
d)



e)

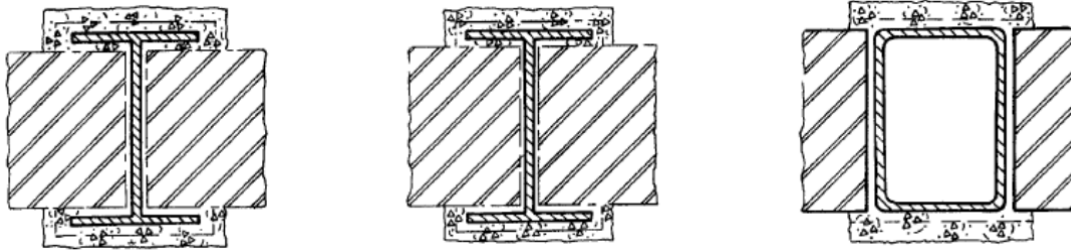


f)

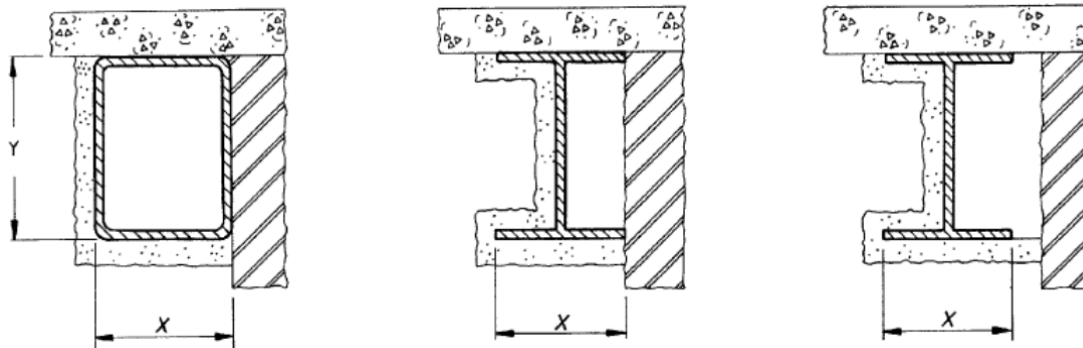


g)

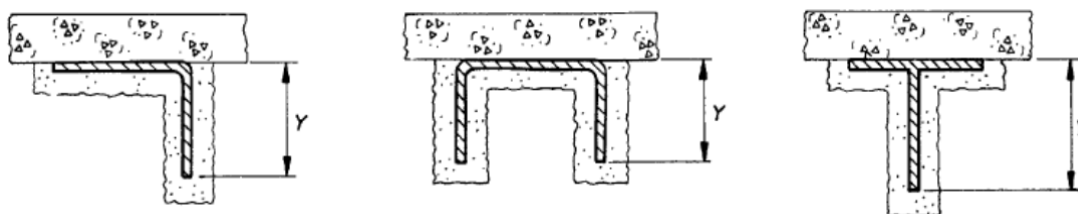
شکل الف. ۲- محصور کردن و پروفیل‌ها با شکل داخل رونده



الف) مسلح کردن در همه حالت‌ها لازم است. مش ممکن است به دیوار یا فولاد متصل شود اما در هر شرایطی به هر دو مجاز نیست. اگر از صفحات مش فلزی منبسط شده با واشر به عنوان مسلح کننده غیرپیوسته استفاده شود، پین‌ها باید در فواصل ۲۵۰ میلی‌متری از هم قرار بگیرند. مش مسلح کننده پیوسته نیز می‌تواند به بال مقطع فولادی به وسیله پین‌ها و واشرها وصل شود.

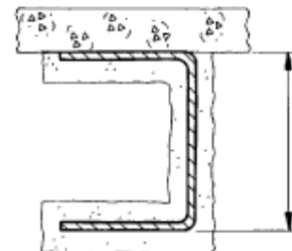
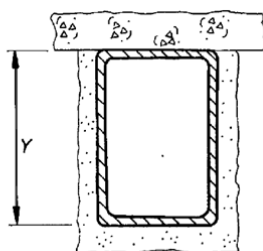
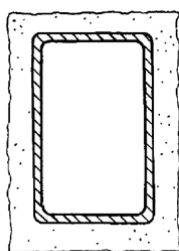


ب) اگر فاصله X از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح کننده باید به بال پایینی متصل شود. مش مسلح کننده باید فقط به مقطع فولادی متصل شود اگر درزها را می‌پوشاند. اگر فاصله Y از ۳۲۵ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.



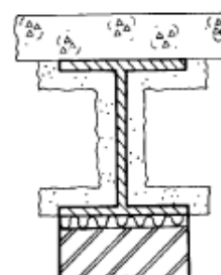
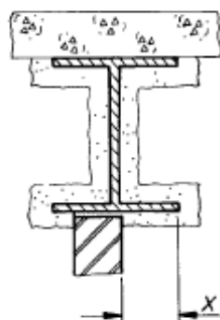
ج) اگر فاصله Y از ۳۲۵ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.

شکل الف.۳- حالت‌هایی که محصور کردن یا پروفیل با شکل داخل رونده وجود ندارد. (ادامه‌دار)



(ه) مقاطع توخالی دایره‌ای نیاز به مش مسلح کننده ندارند مگر آنکه قطر آنها از ۴۰۰ میلی متر تجاوز کند. در مقاطع توخالی مستطیلی به عنوان تیر باید از مش مسلح کننده استفاده شود اگر بعد از Y از ۳۲۵ میلی متر تجاوز کند. اگر به عنوان ستون استفاده شود، در صورت افزایش هر بعد از ۴۰۰ میلی متر، نیاز به مش مسلح کننده می‌باشد.

(د) اگر فاصله Y از ۳۲۵ میلی متر تجاوز کند، مش مسلح کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.



(ی) اگر فاصله X از ۲۰۰ میلی متر تجاوز کند، مش مسلح کننده باید به بال پایین متصل شود.

(و) اگر یک دیوار جدا کننده شامل یک درز انبساطی باشد، پوشش محافظ نباید درز را بپوشاند. لازم است که مصالح درز انبساطی مورد استفاده، به بال تیر آسیب نزنند و زیر تیر را در معرض هوا قرار ندهند.

ادامه شکل الف.۳- حالت‌هایی که محصور کردن یا پروفیل با شکل داخل رونده وجود ندارد.

الف.۵-۶- محل‌های استفاده از نگه‌دارنده مکانیکی

نگه‌دارنده مکانیکی باید استفاده شود به جز در موارد زیر:

الف - آزمون‌های مقاومت در برابر آتش نشان دهد که چسبندگی کافی بین پوشش پاششی و سطح زیرکار وجود دارد (شامل آسترها یا سایر لایه‌ها) الزامی به استفاده از مش درگیرکننده نیست؛

ب - به وسیله شکل المان، پوشش پاششی در محلش قفل می‌شود، الزامی به استفاده از مش مسلح کننده نیست.

شکل الف-۲ مثالی‌هایی از مقاطع افقی و قائم را نشان می‌دهد که مش مسلح کننده معمولاً مورد نیاز نیست یا به علت وجود گوشه داخل‌رونده در مقطع یا به علت محصور شدن کل مقطع با پوشش پاششی است.

شکل الف-۳ مثال‌هایی از حالت‌های متداول که داخل‌رفتگی در مقطع یا محصورشدگی کامل مقطع با پوشش پاششی وجود ندارد و مش مسلح کننده مورد نیاز است.

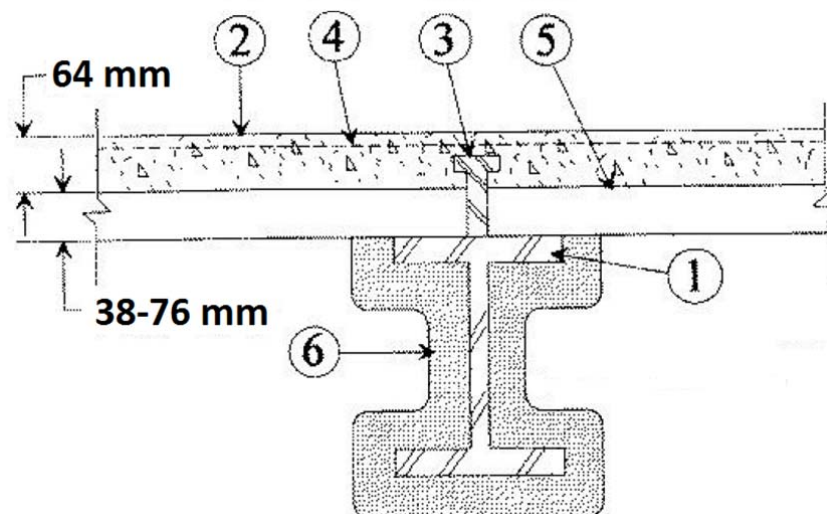
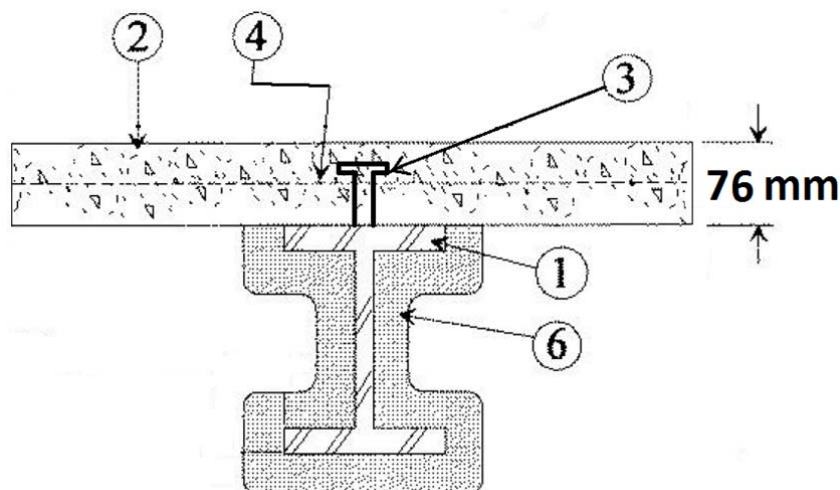
جایی که ابعاد مقطع خیلی بزرگ است (یعنی جان بزرگتر از ۶۵۰ میلی متر و بال بزرگتر از ۴۰۰ میلی متر است) و همچنین ضخامت پوشش محافظ حریق بیش از ۳۰ میلی متر است، مش مسلح کننده لازم است.



پیوست ب

درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای تیرهای فولادی مطابق جزئیات زیر

(طراحی ملی ایران به شماره BHRC B102)





۱- تیر فولادی: مقطع تیر از نوع HEA 220 است.

۲- بتن معمولی: مقاومت فشاری استوانه‌ای بتن برابر ۲۰ مگاپاسکال و وزن مخصوص بتن برابر ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.

۳- برشگیر (اختیاری است): برشگیرها (گلمیخ‌ها) به روی بال بالایی تیر جوش می‌شوند. طراحی آنها باید مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی" صورت گیرد.

۴- میلگرد حرارت و جمع‌شدگی: طراحی میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه" صورت گیرد.

۵- عرشه فولادی: عمق عرشه‌های فولادی بین ۳۸ الی ۷۶ میلی‌متر بوده که به تیر فولادی جوش می‌شوند.

۶- پوشش محافظ حریق پایه معدنی پاششی: پوشش محافظ حریق از نوع پایه سیمانی FR 1700 تولیدی شرکت نوید رنگ پدram بوده و فاقد مش فولادی می‌باشد. در صورت وجود عرشه فولادی در سیستم سقف، لازم است فضای بین زیر عرشه و بال بالایی تیر نیز با این نوع پوشش (یا ترکیب پشم معدنی و این نوع پوشش) پر شود. قبل از پاشش پوشش محافظ حریق، سطح تیر فولادی باید تمیز و عاری از هر گونه روغن، گریس، گرد و غبار، آلودگی، لایه یا رنگ سست یا سایر مواردی که به چسبندگی لطمه می‌زند، باشد. در صورت اجرای این پوشش پاششی محافظ حریق بر روی سطوح فولادی دارای ضد زنگ، لازم است تا شرایط مندرج در بخش ۳ گزارش گواهی‌نامه فنی این پوشش شامل معیارهای مقاومت چسبندگی و ابعاد هندسی مقطع زیر کار کنترل شود تا در صورت نیاز، مش فولادی منقطع یا سرتاسری بکار گرفته شود. ضخامت مورد نیاز از این نوع پوشش محافظ حریق برای زمان‌های دو و سه ساعته مقاومت در برابر آتش، به قرار زیر است که از آزمون‌های مقاومت در برابر آتش در حالت تحت بار بدست آمده است:

ضخامت (میلی‌متر)		زمان مقاومت در برابر آتش (ساعت)
تیر مقید نشده	تیر مقید شده	
۲۲	۲۱	۲
۳۴	۳۰	۳

۶-۱- جدول ضخامت پوشش محافظ حریق برای سایر مقاطع: برای مقاطع با ضریب مقطع کمتر یا بیشتر از مقطع HEA 220، ضخامت مورد نیاز از پوشش محافظ حریق FR 1700 به قرار جدول زیر خواهد بود:



ضخامت پوشش محافظ حریق FR 1700 بر حسب میلی متر				ضریب مقطع (1/m)
سه ساعت مقاومت در برابر آتش		دو ساعت مقاومت در برابر آتش		
تیر مقید نشده	تیر مقید نشده	تیر مقید شده	تیر مقید نشده	
15	17	10	11	60
16	18	11	12	65
16	19	11	12	70
17	20	12	13	75
18	21	13	13	80
19	22	13	14	85
20	23	14	15	90
21	23	14	15	95
21	24	15	16	100
22	25	15	16	105
23	26	16	17	110
23	27	16	17	115
24	27	17	18	120
25	28	17	18	125
25	29	17	19	130
26	30	18	19	135
27	30	18	20	140
27	31	19	20	145
28	32	19	21	150
28	32	19	21	155
29	33	20	21	160
29	33	20	22	165
30	34	21	22	170
30	35	21	22	175
31	35	21	23	180
31	36	22	23	185
32	36	22	23	190
32	37	22	24	195
33	37	22	24	200
33	38	23	24	205
33	38	23	25	210
34	39	23	25	215
34	39	24	25	220
35	39	24	26	225
35	40	24	26	230
35	40	24	26	235
36	41	25	26	240
36	41	25	27	245
36	42	25	27	250
37	42	25	27	255
37	42	26	27	260
37	43	26	28	265
38	43	26	28	270
38	43	26	28	275
38	44	26	28	280
39	44	27	29	285
39	44	27	29	290
39	45	27	29	295
39	45	27	29	300
40	45	27	29	305
40	46	28	30	310
40	46	28	30	315
41	46	28	30	320



41	47	28	30	325
41	47	28	30	330
41	47	28	31	335
42	47	29	31	340
42	48	29	31	345
42	48	29	31	350
42	48	29	31	355
42	48	29	32	360