جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

# مجموعه دستورالعمل‌های
# ارزیابی پوشش‌های معدنی پاششی محافظت‌کننده
# در برابر آتش برای سازه‌های فولادی

مجریان: سعید بختیاری – مسعود جمالی آشتیانی

**همکاران:**

**ارسلان کلالی**

**لیلا تقی‌اکبری- علی مزروعی- زهرا درودیانی- الهام عسکری مقدم**

# صفحه شناسنامه

# پیشگفتار

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

فصل اول – مقدمه ..... ۱
۱-۱ نگاهی به روش‌های استاندارد آزمون مقاومت در برابر آتش برای ستون‌های فولادی ..... **۳**
۱-۲ محافظت در مقابل آتش برای ستون‌های فولادی ..... ٦
۱-۳ دمای بحرانی ستون‌های فولادی ..... ۱۱
۱-٤ هدف و دامنه پژوهش ..... ۳۸
فصل دوم- چارچوب کلی – ارزیابی محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش ..... **٤۱**
بخش اول: کلیات و دامنه کاربرد ..... **٤۱**
۲-۱ دامنه کاربرد ..... ٤۱
۲-۲ دسته‌بندی کاربردها ..... ٤۲
۲-۲-۱ دسته‌بندی کاربردهای مربوط به شرایط آب و هوایی ..... ٤۲
۲-۲-۲ دسته‌بندی کاربرد مربوط به جزء ساختمانی مورد نظر برای محافظت ..... ٤٤
۲-۳ تعاریف و اصطلاحات ..... ٤٥
۲-۳-۱ پوشش واکنش‌زا ..... ٤٥
۲-۳-۲ اندودکاری (پوشش مقاوم در برابر آتش پاششی) ..... ٤٥
۲-۳-۳ تخته‌ها / پانل‌ها ..... ٤٥
۲-۳-٤ صفحه ..... ٤٦
۲-۳-٥ عایق‌های الیافی ..... ٤٦
۲-۳-٦ تخته‌ها / پانل‌ها، عایق‌های الیافی و صفحات محافظ در برابر آتش ..... ٤٦
بخش دوم: ارزیابی مناسب بودن برای کاربرد ..... **٤٦**
۲-٤ الزامات مورد نیاز برای کارها و ارتباط آن با مشخصه‌های محصولات ..... ٤۸
۲-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری ..... ٥۱
۲-٤-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی ..... ٥۱

**عنوان** **صفحه**


۲-٤-۳ بهداشت، سلامت و شرایط محیطی ..... ۵۲
۲-٤-٤ ایمنی در حین بهره‌برداری ..... ۵۳
۲-٤-۵ عایق‌بندی در برابر صدا ..... ۵۵
۲-٤-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ۵۵
۲-٤-۷ جنبه‌های دوام و شناسایی ..... ۵٦
۲-۵ روش‌های تصدیق ..... ۵۸
۲-۵-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری ..... ۵۸
۲-۵-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی ..... ۵۸
۲-۵-۳ بهداشت، سلامت و محیط زیست ..... ۵۹
۲-۵-٤ ایمنی در حین بهره‌برداری ..... ٦۰
۲-۵-۵ محافظت در برابر صدا ..... ٦۱
۲-۵-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ٦۱
۲-۵-۷ جنبه‌های دوام ..... ٦۲
۲-٦ ارزیابی و داوری در مورد مناسب بودن محصول برای کاربرد مورد نظر ..... ٦٤
۲-٦-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری ..... ٦٤
۲-٦-۲ ایمنی در آتش‌سوزی ..... ٦٤
۲-٦-۳ بهداشت، سلامتی و محیط زیست ..... ٦٤
۲-٦-٤ ایمنی در کاربرد ..... ٦۵
۲-٦-۵ محافظت در برابر صدا ..... ٦۵
۲-٦-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ٦٦
۲-٦-۷ جنبه‌های دوام و شناسایی ..... ٦۷
۲-۷ فرضیات و توصیه‌هایی برای مناسب بودن کاربرد محصول ارزیابی شده ..... ٦۹
۲-۷-۱ طراحی کارها ..... ٦۹
۲-۷-۲ بسته‌بندی، حمل و انبار ..... ٦۹

**عنوان** **صفحه**


۲-۷-۳ اجرای کارها ..... ٦۹
۲-۷-٤ نگهداری و تعمیر ..... ۷۰
۲-۷-۵ اجزای کمکی ..... ۷۰
۲-۸ ارزیابی انطباق ..... ۷۱
فصل سوم ارزیابی و صدور گواهی‌نامه فنی برای اندودها و پوشش های معدنی محافظت‌کننده در برابر آتش ..... **۷۵**
۳-۱ دامنه کاربرد ..... ۷۵
۳-۲ دسته‌بندی‌ها، انواع محصولات، مجموعه‌ها و سیستم‌ها ..... ۷٦
۳-۲-۱ کلیات ..... ۷٦
۳-۲-۲ طبقه‌بندی‌های کاربرد با توجه به شرایط محیطی ..... ۷٦
۳-۲-۳ دسته‌بندی‌های کاربرد در ارتباط با اجزای مورد محافظت ..... ۷۸
۳-۲-٤ فرضیات ..... ۷۸
۳-۳ اصطلاحات ..... ۷۹
۳-۳-۱ اصطلاحات و اختصارات معمول ..... ۷۹
۳-۳-۲ اصطلاحات و اختصارات تخصصی ..... ۷۹
۳-٤ الزامات ..... ۸٤
۳-٤-۱ الزام ضروری ۱: مقاومت مکانیکی و پایداری ..... ۸٤
۳-٤-۲ الزام ضروری ۲: ایمنی در آتش‌سوزی ..... ۸٤
۳-٤-۳ الزام ضروری ۳: بهداشت، سلامتی و محیط زیست ..... ۸۵
۳-٤-٤ الزام ضروری ٤: ایمنی در حین بهره‌برداری ..... ۸۵
۳-٤-۵ الزام ضروری ۵: محافظت در برابر صوت ..... ۸٦
۳-٤-٦ الزام ضروری ٦: صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ۸٦
۳-٤-۷ جنبه‌های دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی ..... ۸٦
۳-۵ روش‌های خاص ارزیابی ..... ۸۸

**عنوان** **صفحه**


۳-۵-۰ کلیات ..... ۸۸
۳-۵-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری ..... ۱۰۱
۳-۵-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی ..... ۱۰۱
۳-۵-۳ بهداشت، سلامت و محیط زیست ..... ۱۰۲
۳-۵-٤ ایمنی در کاربرد ..... ۱۰۳
۳-۵-۵ محافظت در برابر صدا ..... ۱۰۳
۳-۵-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ۱۰۳
۳-۵-۷ جنبه‌های مربوط به دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی ..... ۱۰۵
۳-٦ ارزیابی و داوری مناسب بودن محصولات یا مجموعه‌ها برای کاربرد مورد نظر ..... ۱۲۳
۳-٦-۰ کلیات ..... ۱۲۳
۳-٦-۱ مقاومت و پایداری مکانیکی ..... ۱۲٤
۳-٦-۲ ایمنی در آتش‌سوزی ..... ۱۲٤
۳-٦-۳ بهداشت، سلامتی و محیط زیست ..... ۱۲۵
۳-٦-٤ ایمنی در کاربرد ..... ۱۲۵
۳-٦-۵ محافظت در برابر صدا ..... ۱۲۵
۳-٦-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما ..... ۱۲۵
۳-٦-۷ جنبه‌های مرتبط با دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی ..... ۱۲٦
۳-۷ فرضیات و توصیه‌هایی برای ارزیابی مناسب بودن استفاده از محصولات ..... ۱۳۳
۳-۷-۰ کلیات ..... ۱۳۳
۳-۷-۱ طراحی کارها ..... ۱۳۳
۳-۷-۲ بسته‌بندی، انتقال و انبار ..... ۱۳۵
۳-۷-۳ اجرای کارها ..... ۱۳۵
۳-۷-٤ تعمیر و نگهداری ..... ۱۳۸
۳-۷-۵ اجزاء کمکی ..... ۱۳۸
۳-۸ گواهی‌نامه فنی ..... ۱۳۹

**عنوان** **صفحه**

۳-۸-۱ وظایف مرجع صدور گواهی‌نامه فنی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) ..... ۱۳۹
۳-۸-۲ کنترل‌های کارخانه‌ای ..... ۱٤٤
۳-۸-۳ تعمیر و نگهداری ..... ۱٤۸
۳-۸-٤ آرم ..... ۱٤۹
پیوست۳- الف آزمون‌های واکنش در برابر آتش برای محصولات ساختمانی ــ آرایش‌های نصب و اتصال برای اندودکاری‌ها ..... **۱۵۰**
پیوست ۳- ب روش آزمون برای ارزیابی خوردگی سطوح زیرکار فولادی به علت اندودکاری ..... **۱۵٤**
پیوست ۳- پ تعیین هدایت حرارتی اعلام شده و ضریب تبدیل به درصد رطوبت بالا (برای اندودکاری‌ها با پایه پشم معدنی) ..... **۱٦۰**
پیوست ۳- ت آزمون دوام برای اندودکاری‌ها ..... **۱٦۸**
پیوست ۳- ث تعیین مقاومت در برابر ضربه پانل‌ها و مجموعه‌های پانلی ..... **۱۷٦**
فصل چهارم تعیین مشارکت پوشش های معدنی پاششی در مقاومت اعضای فولادی سازهای در برابر آتش– روش‌های آزمون ..... **۱۹۵**
٤-۱ هدف و دامنه کاربرد ..... ۱۹٦
٤-۲ مراجع الزامی ..... ۱۹۸
٤-۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها ..... ۲۰۰
٤-۳-۱اصطلاحات و تعاریف ..... ۲۰۰
٤-۳-۲ کوته‌نوشت‌ها ..... ۲۰٤
٤-٤ تجهیزات آزمون ..... ۲۰۷
٤-٤-۱ کلیات ..... ۲۰۷
٤-٤-۲ کوره ..... ۲۰۷
٤-٤-۳ تجهیزات بارگذاری ..... ۲۰۷

**عنوان** **صفحه**


٤-٥ شرایط آزمون..... ٢٠٨
٤-٥-١ کلیات..... ٢٠٨
٤-٥-٢ شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری..... ٢٠٩
٤-٥-٣ بارگذاری..... ٢١٠
٤-٦ آزمونه‌ها..... ٢١١
٤-٦-١ کلیات..... ٢١١
٤-٦-٢ ابعاد آزمونه‌ها..... ٢١٢
٤-٦-٣ ساخت آزمونه‌های فولادی..... ٢١٤
٤-٦-٤ ترکیب مقاطع فولادی..... ٢١٧
٤-٦-٥ مشخصات مصالح محافظ در برابر آتش..... ٢١٨
٤-٦-٦ انتخاب آزمونه‌ها..... ٢٢١
٤-٧ نصب آزمونه‌ها..... ٢٣٢
٤-٧-١ تیرهای تحت بار..... ٢٣٢
٤-٧-٢ تیرهای بدون بار..... ٢٣٤
٤-٧-٣ ستون‌های تحت بار..... ٢٣٥
٤-٧-٤ ستون‌های بدون بار..... ٢٣٥
٤-٧- ٥ الگوهای نصب آزمونه‌ها..... ٢٣٥
٤-٨ تثبیت شرایط آزمونه‌ها..... ٢٣٦
٤-٩ اجرای ابزاربندی..... ٢٣٦
٤-٩-١ کلیات..... ٢٣٦
٤-٩-٢ ابزاربندی برای اندازه‌گیری و کنترل دمای کوره..... ٢٣٧
٤-٩-٣ ابزاربندی برای اندازه‌گیری دمای فولاد..... ٢٣٩
٤-٩-٤ ابزاربندی برای اندازه‌گیری فشار..... ٢٤٢
٤-٩-٥ ابزاربندی برای اندازه‌گیری تغییر شکل..... ٢٤٢
٤-٩-٦ ابزاربندی برای اندازه‌گیری بار..... ٢٤٢

**عنوان** **صفحه**


٤-١٠ روش اجرای آزمون ..... ٢٤٣
٤-١٠-١ کلیات ..... ٢٤٣
٤-١٠-٢ دما و فشار کوره ..... ٢٤٣
٤-١٠-٣ بارگذاری و کنترل آن ..... ٢٤٤
٤-١٠-٤ دمای قطعات فولادی ..... ٢٤٥
٤-١٠-٥ خیز ..... ٢٤٥
٤-١٠-٦ مشاهدات ..... ٢٤٦
٤-١٠-٧ پایان آزمون ..... ٢٤٦
٤-١١ بیان نتایج ..... ٢٤٦
٤-١١-١ قابل قبول بودن نتایج ..... ٢٤٦
٤-١١-٢ بیان نتایج ..... ٢٤٨
٤-١٢ گزارش آزمون ..... ٢٥٠
٤-١٣ ارزیابی ..... ٢٥١
٤-١٣-١ کلیات ..... ٢٥١
٤-١٣-٢ داده‌های دمایی ..... ٢٥٢
٤-١٣-٣ تصحیحِ اختلاف در عملکرد عایق و چسبندگی در محدوده ضخامت مورد آزمون ..... ٢٥٣
٤-١٣-٤ روش‌های ارزیابی برای عملکرد حرارتی ..... ٢٥٣
٤-١٣-٥ پذیرش روش ارزیابی مورد استفاده و آنالیز نتایج- معیارهای پذیرش ..... ٢٥٣
٤-١٤ گزارش ارزیابی ..... ٢٥٥
٤-١٥ محدوده‌های کاربرد نتایج ارزیابی ..... ٢٥٦
٤-١٥-١ ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده برای تیرها ..... ٢٥٩
٤-١٥-٢ ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده برای ستون‌ها ..... ٢٥٩
٤-١٥-٣ ضریب مقطع مجاز برای تیرها ..... ٢٥٩

٤-١٥-٤ ضریب مقطع مجاز برای ستون‌ها ..... ٢٦٠

**عنوان** **صفحه**

پیوست ٤- الف (الزامی) قابلیت کاربرد نتایج ارزیابی برای مقاطع دیگر به جز مقاطع I و H..... **٢٧٧**

پیوست ٤- ب (الزامی) اندازه‌گیری ضخامت و چگالی مواد محافظ در برابر آتش..... **٢٨١**

پیوست ٤- پ (الزامی) نصب ترموکوپل‌ها به فولاد و مسیر کابل‌ها..... **٣٠٣**

پیوست ٤- ت (الزامی) تصحیح داده‌ها / ضخامت اسمی ..... ٢٩٨

پیوست ٤- ث (الزامی) روش ارزیابی کارایی سامانه محافظ در برابر آتش ..... **٣١٣**

پیوست ٤- ج (الزامی) جداول ابعاد مقاطع ..... **٣٤٣**

فصل پنجم آیین‌کار اجرای پوشش‌های معدنی پاششی محافظت‌کننده در برابر آتش..... **٣٤٩**

٥-١ هدف و دامنه کاربرد..... ٣٤٩

٥-٢ مراجع الزامی ..... ٣٥٠

٥-٣ اصطلاحات و تعاریف..... ٣٥١

٥-٤ اعتباردهی مستقل..... ٣٥٢

٥-٥ کلیات ..... ٣٥٤

٥-٥-١ ترکیب..... ٣٥٤

٥-٥-٢ انتخاب محصول..... ٣٥٥

٥-٥-٣ انواع سطوح نهایی محافظ یا تزئینی..... ٣٥٥

٥-٥-٤ ملاحظات ایمنی و سلامت ..... ٣٥٦

٥-٦ آماده‌سازی سطح زیرکار..... ٣٥٦

٥-٦-١ کلیات..... ٣٥٦

٥-٦-٢ سطوح متداول..... ٣٥٨

٥-٧ روش‌های مختلف نگه‌داری مکانیکی..... ٣٦٢

٥-٧-١ کلیات..... ٣٦٢

٥-٧-٢ انواع نگه‌دارنده مکانیکی ..... ٣٦٣

۵-۸ محافظت سازه در برابر آتش ..... ۳۷٤

**عنوان** **صفحه**

۵-۸-۱ کلیات ..... ۳۷٤
۵-۸-۲ سازه فولادی ..... ۳۷٤
۵-۸-۳ ساختارهای کامپوزیتی ..... ۳۷۸
۵-۸-٤ مصالح سازه‌ای غیر از فولاد ..... ۳۸۰
۵-۸-۵ نگه‌داری پوشش پاششی ..... ۳۸۱
۵-۹ رشد قارچ ..... ۳۸۲
۵-۱۰ مهارت در اجرا ..... ۳۸۲
۵-۱۰-۱ حفاظت و نگهداری ..... ۳۸۲
۵-۱۰-۲ مراقبت از تجهیزات ..... ۳۸۳
۵-۱۰-۳ سرویس‌ها ..... ۳۸۳
۵-۱۰-٤ کارهای مقدماتی ..... ۳۸۳
۵-۱۰-۵ روش اجرا ..... ۳۸٤
۵-۱۰-٦ قارچ‌کش‌ها ..... ۳۸۵
۵-۱۰-۷ حفاظت از مناطق مجاور ..... ۳۸۵
۵-۱۰-۸ محافظت در حین اجرای پاشش ..... ۳۸۵
پیوست۵- الف (آگاهی‌دهنده) روش آزمون تعیین میزان پیوستگی / چسبندگی مواد پاششی مقاوم در برابر آتش به کار رفته برای محافظت اعضای سازه‌ای ..... **۳۹۳**

## پیشگفتار مؤلف

# چکیده

# فصل اول

## مقدمه

یک هدف مهم آئین‌نامه‌ها و ضوابط ساختمانی، تأمین ایمنی ساختمان‌ها در برابر آتش می‌باشد. ضوابط ایمنی در برابر آتش شامل موارد متعددی همچون تعیین مشخصات راه‌های خروج، طراحی سیستم‌های کشف، اعلام و اطفای حریق، کنترل مصالح ساختمانی، کنترل دود و نیز محافظت اجزای ساختمانی در برابر آتش می‌باشد. در این میان، حفاظت از اعضای سازه‌ای به وسیله پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش از اهمیت زیادی برخوردار است.

گرچه فولاد سازه‌ای دارای مزیت غیر قابل اشتعال بودن است، ولی مقاومت تسلیم و مدول الاستیسیته آن در دماهای بالا کاهش می‌یابد. مقاومت تسلیم فولاد سازه‌ای تا دمای نزدیک به ٤٣٠°C حدود ٩٤ درصد مقدار اولیه آن می‌باشد که با افزایش دما، این مقاومت کاهش یافته به گونه‌ای که در ٧٦٠°C به حدود ١٦ درصد مقدار اولیه خود می‌رسد. مدول الاستیسیته فولاد سازه‌ای نیز در دماهای ٤٢٧°C و ٧٦٠°C به ترتیب ٦٧ درصد و ١١ درصد مقدار اولیه خود می‌باشد.

یک روش برای محافظت سازه فولادی در برابر آتش، ارتقاء ایمنی آن از طریق به تأخیر انداختن نرخ رشد دمای فولاد است تا زمان کافی فراهم شود تا ساختمان تخلیه شده و یا آتش خاموش شود و مواد قابل اشتعال بدون خرابی سازه، به اتمام برسند. این نوع روش‌ها که شامل عایق کردن فولاد در برابر گرما است، جزو روش‌های غیر فعال محافظت در برابر آتش می‌باشند. برای مثال، در شکل ۱-۱، یک تیر فولادی که با استفاده از پوشش‌های مقاوم در برابر آتش پاششی، محافظت شده، ملاحظه می‌شود.

**شکل ۱-۱: یک تیر حفاظت شده در مقابل آتش به کمک SFRM**

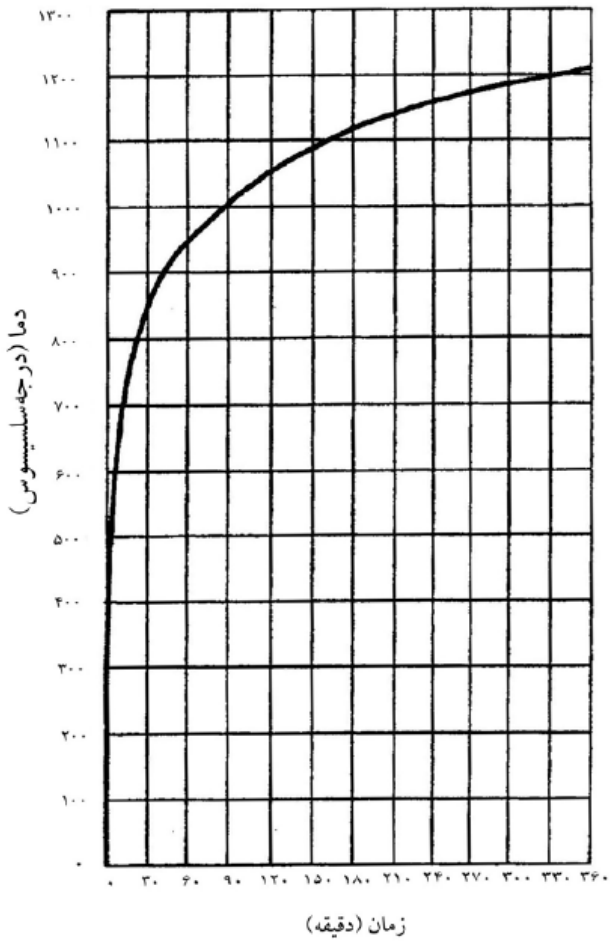
انواعی از پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش برای محافظت سازه در برابر آتش وجود دارد که به طور کلی می‌توان به پوشش‌های معدنی پاششی، رنگ‌های پف‌کننده، تخته‌های معدنی و غیره اشاره نمود. در این کتاب (که در آن مجموعه‌ای از

دستورالعمل‌های محافظت در برابر آتش ارائه شده است)، تمرکز اصلی بر روی پوشش‌های پاششی معدنی می‌باشد.

روش معمول در تأمین هدف سیستم محافظت غیرفعال، تجویزی است. ساختمان‌ها بسته به کاربردشان به وسیله آئین‌نامه ساختمانی مربوطه طبقه‌بندی می‌شوند. برای هر دسته، محدودیت‌های ارتفاع و مساحت وجود دارد که به تراز مقاومت در برابر آتش تأمین شده، وابسته است. برای مثال، یک ساختمان با کاربری تجاری با ارتفاع و مساحتی مشخص، ممکن است نیازمند آن باشد که اجزای ساختاری آن غیر قابل سوختن باشند و یک نرخ مقاومت در برابر آتش ۲ ساعت را برآورده سازند. الزامات کامل این موضوع در مقررات و آیین‌نامه‌های ساختمانی معتبر وجود دارد که از جمله مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران و نشریه شماره ض-۶۸۲ از انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی را می‌توان نام برد. نرخ مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمانی، باید مطابق روش‌های آزمون استاندارد تعیین شود. بالطبع استفاده همزمان از دو سیستم پوشش محافظت‌کننده و سیستم‌های فعال، ایمنی در برابر آتش را به میزان قابل توجهی بهبود می‌دهد.

## ۱-۱ نگاهی به روش‌های استاندارد آزمون مقاومت در برابر آتش برای ستون‌های فولادی

برای آزمون مقاومت در برابر آتش برای عناصر مختلف ساختمانی و از جمله سازه‌های فولادی، استانداردهای ملی ایران تهیه شده که از جمله می‌توان استانداردهای شماره ۱-۱۲۰۵۵ و ۲-۱۲۰۵۵ را نام برد. منحنی دما – زمان استاندارد ملی ایران در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است.




**شکل ۱-۲: منحنی استاندارد دما – زمان**

به طور کلی برای آزمون آتش ستون‌های فولادی، دو روش مختلف امکان‌پذیر است: ۱- ستون تحت بار فشاری و ۲- ستون بدون بار. در ادامه توضیحات مربوط به طور اختصار ارائه می‌شود.

**روش آزمون آتش ستون تحت بار**

روش هایی که در اینجا توضیح داده می‌شود به صورت کلی مطرح شده و ممکن است از استانداردی به استاندارد دیگر تفاوت‌هایی در جزئیات روش آزمون وجود داشته باشد. طول ستون در معرض آتش بستگی به هدف آزمون و استاندارد مرجع دارد. به عنوان مثال در استاندارد ASTM E119، آزمون تحت بار روی ستون‌های با ارتفاع حداقل ۲/۷ متر صورت می‌گیرد. ستون در حین آزمایش باید به طور قائم قرار گیرد. در حین آزمایش، ستون تحت حداکثر بار فشاری مجاز خود قرار گرفته و تمام وجوه ستون باید در معرض آتش قرار گیرد. حداکثر بار فشاری مجاز ستون، حداکثر باری است که آئین‌نامه ساختمانی اجازه می‌دهد تا به ستون وارد شود. حداکثر زمانی که ستون در معرض آزمایش آتش، بار وارده به خود را تحمل می‌کند، به عنوان نتیجه آزمایش اندازه‌گیری می‌شود و بیانگر نرخ مقاومت در برابر آتش ستون آزمون شده است. مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵، شکست معیار ظرفیت باربری ستون زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار تغییر شکل محوری ستون از یک صدم ارتفاع آن تجاوز کند یا شدت تغییر شکل محوری ستون از سه هزارم ارتفاع آن تجاوز کند.

**روش آزمون آتش ستون بدون بار**

این روش بخصوص برای ارزیابی پوشش‌های محافظت‌کننده ستون‌های فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن ستون، تحت بار نمی‌باشد. ستون محافظت شده باید در حین آزمایش قائم بوده و طول آن بستگی به روش استاندارد مرجع دارد. به عنوان مثال در استانداردهای اروپایی، ستون‌های با ارتفاع یک متر به طور گسترده برای آزمون استفاده می‌شود. در این روش، دمای فولاد به وسیله تعداد معین ترموکوپل در چند تراز

مختلف اندازه‌گیری می‌شود. در حین آزمایش، تمام وجوه ستون در کل طول آن باید در معرض آتش قرار بگیرد. حداکثر زمانی که انتقال حرارت از طریق پوشش محافظت‌کننده موجب شود تا دمای متوسط فولاد به دماهای مورد نظر برسد، ثبت می‌شود. این موضوع در فصل‌های بعدی که به دستورالعمل‌های مربوط اختصاص دارد، شرح داده شده است.

## ۱-۲ محافظت در مقابل آتش برای ستون‌های فولادی

معیار عملکردی برای یک ستون در معرض آتش آن است که قادر به تحمل بارهای وارده برای یک مدت زمان مشخص هنگامی که تحت افزایش دمای ناشی از آتش قرار می‌گیرد، باشد. از آن جایی که مشخصات مکانیکی فولاد در دماهای بالا کاهش می‌یابد، طول زمانی که ستون می‌تواند عملکرد مورد انتظار خود را حفظ کند، به وسیله کاهش نرخ انتقال حرارت به فولاد، قابل افزایش است. نرخ انتقال حرارت به فولاد از طریق جذب انرژی گرمایی به کمک یک عامل محافظتی، قابل کاهش است. برای مثال، این مکانیسم در ستون‌های فولادی لوله‌ای پر شده با آب استفاده شده است که در این حالت، زمان مقاومت در برابر آتش به وسیله ظرفیت جذب گرمای آب افزایش می‌یابد. بتن دارای ویژگی ظرفیت ذخیره حرارتی بالاتر و ضریب هدایت حرارتی پایین‌تری نسبت به فولاد است. بنابراین فولاد و بتن برای بهبود عملکرد ستون در دماهای بالا، می‌توانند با هم ترکیب شوند. مقاطع لوله‌ای فولادی پر شده با بتن و مقاطع فولادی مدفون شده در بتن، مثال‌هایی از چنین سیستم‌های ترکیبی هستند. اما روش معمول برای تأخیر در انتقال حرارت به فولاد، حفاظت از ستون فولادی به کمک یک ماده عایق حرارتی می‌باشد. با استفاده از این روش، مدت زمان مقاومت در مقابل آتش کافی

برای یک ستون فولادی به وسیله اجرای ضخامت مناسبی از پوشش محافظت‌کننده، قابل دسترسی است. ضخامت لایه محافظت‌کننده که زمان رسیدن به دمای بحرانی را افزایش می‌دهد به کمک روش‌های تحلیلی یا اطلاعات آزمایشگاهی قابل تعیین است.

**معیار دما**

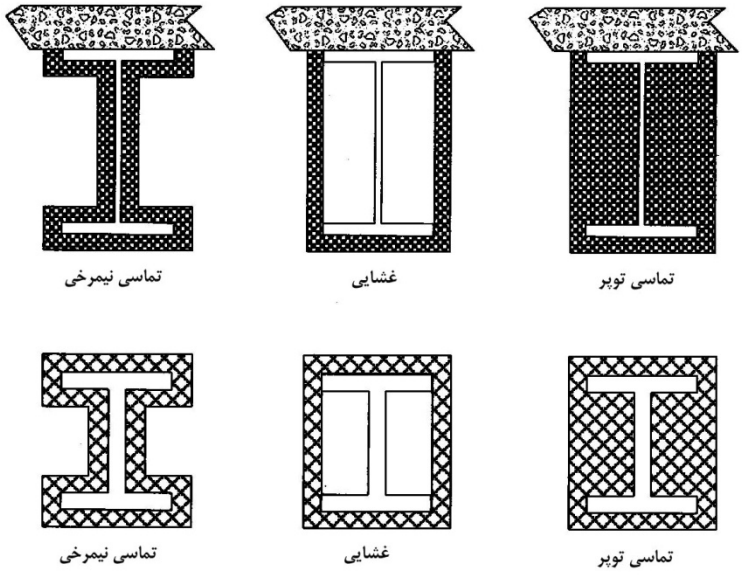
اطلاعات دمایی از آزمایش‌های ستون‌های تحت بار در معرض آتش، نشان می‌دهند که گسیختگی ستون به میزان منطقی بر اساس دمای فولاد مقطع قابل پیش‌بینی است. تأیید شده است که توانایی یک ستون در تحمل بارهای وارده، تا زمانی که آتش‌سوزی باعث افزایش دمای متوسط مقطع به حدود ۵٤۰°C نشود، ادامه می‌یابد. این دما اغلب به عنوان دمای بحرانی در نظر گرفته می‌شود و بیانگر دمایی است که در آن مقاومت ستون حدود ٤۰ درصد کاهش می‌یابد. این حدود دمایی به عنوان اساس تحلیل‌های انتقال حرارت می‌تواند استفاده شود و همچنین بیانگر معیارهای گسیختگی در آزمایش یک ستون محافظت شده است.

**معیار ضریب مقطع**

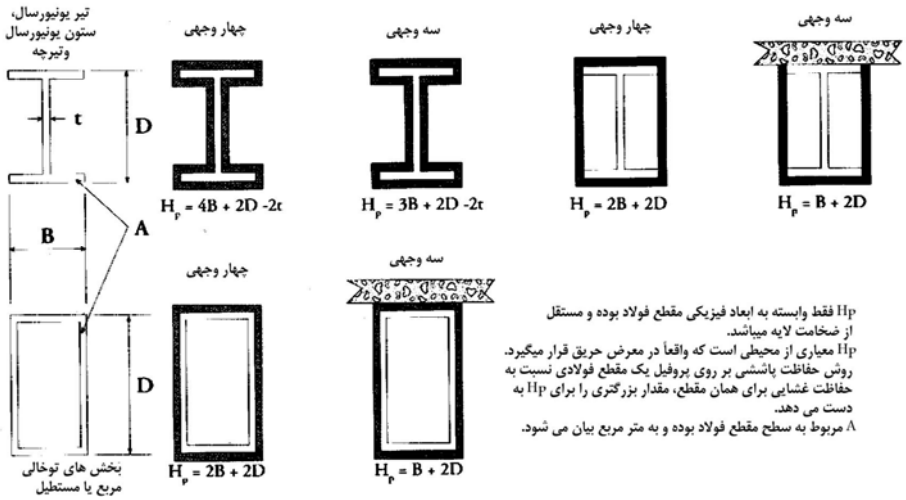
اگر یک مقطع فولادی در معرض حریق قرار گیرد، هرچه دارای محیط بزرگتری باشد تحت حرارت بیشتری قرار می‌گیرد. به همین ترتیب یک مقطع با مساحت سطح بیشتر، چاه حرارتی بزرگتری را تشکیل می‌دهد و به عبارتی حرارت بیشتری برای بالا بردن دمای آن لازم است. به این ترتیب دمای یک مقطع ضخیم و کوچک کندتر از یک مقطع بزرگ و نازک افزایش می‌یابد. لذا حاصل تقسیم محیط در معرض حرارت به مساحت سطح یک مقطع، می‌تواند شاخص مناسبی برای سرعت افزایش دمای آن مقطع باشد، به طوری که هر چه حاصل تقسیم این دو مقدار بزرگتر باشد، به محافظت بیشتری نیاز

داشته و ضخامت پوشش محافظ باید بیشتر باشد. بنابراین بسیار مهم است که جدول ضخامت پوشش محافظت‌کننده در برابر آتش برای ضرایب مقطع مختلف تهیه و ارائه شود.

نحوه محاسبه و نمایش نمادی ضریب مقطع در کشورهای مختلف تا حدودی متفاوت است. در بریتانیا برای این ضریب از نماد $H_p/A$ استفاده می‌شود. $H_p$ محیط قسمتی از مقطع است که در معرض آتش قرار دارد، در حالی که A مساحت سطح کل مقطع می‌باشد. بنابراین $H_p$ تا حدود زیادی به شکل هندسی پوشش محافظ بستگی دارد. در محافظت غشایی، محیط $H_p$ برابر با مجموع ابعاد داخلی تخته‌های دوربند می‌باشد، در حالی که در محافظت تماسی پروفیلی برابر با محیط خود مقطع فولادی می‌باشد. برای تیرهای سیستم کف که یک وجه تیر به وسیله سیستم کف محافظت می‌شود، $H_p$ فقط مجموع محیط قسمتی است که در معرض آتش می‌تواند قرار گیرد و وجه مجاور کف حذف می‌شود. شکل‌های ۱-۳ و ۱-٤ روش‌های محافظت سه وجهی یا چهار وجهی مقاطع و نحوه محاسبه $H_p/A$ را برای آنها نشان می‌دهد.




**شکل ۱-۳: انواع محافظت تماسی و غشایی**




**شکل ۱-٤: روش محاسبه $H_p/A$ برای پروفیل‌های مختلف**

نماد مورد استفاده برای ضریب مقطع در آمریکا، W/D، در کانادا، M/D و در آلمان، U/A می‌باشد. در سیستم کانادایی، M جرم مقطع برای واحد طول بوده و واحد آن kg/m است و D مساحت سطح مقطعی می‌باشد که به ازای واحد طول در معرض حریق قرار می‌گیرد. لذا واحد M/D کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد. W در سیستم آمریکایی همان جرم مقطع به ازای طول است، اما از سیستم امپریال استفاده می‌شود و D مشابه با U آلمانی یا $H_p$ بریتانیایی، برابر با محیط در معرض حریق (یا به بیان دقیق‌تر محیط مورد محافظت) است. بنابراین واحد آن $lb/ft^2$ می‌باشد. نماد U/A در سیستم آلمان عیناً مشابه همان $H_p/A$ بریتانیا است که در فوق ذکر شد.

اگر دانسیته فولاد را $۷۸۵۰kg/m^3$ بگیریم، ضریب تبدیل دو سیستم بریتانیایی و آلمانی به کانادایی به صورت زیر خواهد بود:

$$H_p/A = U/A = ۷۸۵۰ \div M/D$$

نرخ تغییر دما در یک جسم تابعی از جرم و مساحت سطح در معرض اختلاف دما می‌باشد. بنابراین یک ضریب تعیین‌کننده مقاومت در برابر آتش ستون فولادی، ضریب مقطع W/D می‌باشد که در آن W، وزن واحد طول عضو فولادی و D، محیط داخل مصالح محافظت‌کننده در برابر آتش است. برای مقاطع لوله‌ای، پارامتر A/P نسبت مساحت مقطع فولادی به محیط معمولاً به جای W/D استفاده می‌شود.

هرچه نسبت W/D بزرگتر باشد، نرخ تغییر دما آهسته‌تر است. بنابراین به عنوان یک قانون عمومی، مقاطع فولادی با نسبت‌های W/D بزرگتر، عملکرد بهتری در آزمون‌های آتش نسبت به مقطع‌های محافظت شده مشابه ولی با W/D کوچکتر، دارند.

## ۱-۳ دمای بحرانی ستون‌های فولادی

دمای بحرانی ستون بنا به تعریف دمایی است که در آن دیگر ستون قادر به ادامه عملکرد اصلی خود نباشد. به عبارت دیگر، دمایی است که اگر مصالح فولادی ستون به آن برسد، دیگر ستون قادر به تحمل بارهای وارده نباشد.

در این قسمت در خصوص حاشیه ایمنی ستون‌های فولادی تحت فشار که مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی" ویرایش ۱۳۸۷ طراحی شده است، با استفاده از روش طراحی تنش مجاز بحث می‌شود. در عمل، یک ستون فولادی در ساختمان دارای ظرفیت باربری به مراتب بیشتر از بار فشاری وارد به خود می‌باشد. در هنگام آتش‌سوزی، در اثر حرارت بالای ایجاد شده، مشخصات مکانیکی فولاد شامل مقاومت تسلیم ($F_y$) و مدول الاستیسیته (E) متناسب با افزایش دما، کاهش یافته و به تبع آن، مقاومت فشاری ستون کم می‌شود. با توجه به اینکه بار وارده ثابت است، در دمایی که کاهش مقاومت ستون به حدی باشد که مقاومت ستون کمتر از بار وارده شود، گسیختگی ستون اتفاق خواهد افتاد و دمای متناظر با این حالت حدی، دمای بحرانی ستون خواهد بود.

مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، تنش فشاری مجاز ستون به لاغری ($\lambda$) وابسته می‌باشد که در رابطه زیر معرفی شده است:

$$\lambda = kL/r \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه، k ضریب طول مؤثر ستون، L طول ستون و r شعاع ژیراسیون مقطع ستون است. در این مبحث، پارامتر $C_c$ که لاغری مرزی بین کمانش ارتجاعی و غیر ارتجاعی است در رابطه زیر نشان داده شده است:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \qquad (۲-۱)$$

در این رابطه، پارامترهای E و $F_y$ به ترتیب مدول الاستیسیته و مقاومت تسلیم فولاد ستون است. برای ستون با لاغری کمتر از $C_c$، تنش مجاز فشاری ستون از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{1}{F.S.}\left[1 - \frac{1}{2}(\lambda/C_c)^2\right]F_y \qquad (۳-۱)$$

$$F.S. = 1.67 + 0.375(\lambda/C_c) - 0.125(\lambda/C_c)^3 \qquad (٤-۱)$$

در این روابط، F.S. ضریب اطمینان طراحی است که مقدار آن وابسته به لاغری ستون است. برای لاغری از 0 تا $C_c$، مقدار ضریب اطمینان از ۱/٦۷ تا ۱/۹۲ تغییر می‌کند. برای ستون‌ها با لاغری بزرگتر از $C_c$، تنش مجاز فشاری مطابق آئین‌نامه از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\lambda^2} \qquad (۵-۱)$$

که در این حالت، مقدار ضریب اطمینان آئین‌نامه برابر ۱/۹۲ است. مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در اعضای فشاری مانند ستون‌ها، لاغری نباید از ۲۰۰ تجاوز کند.

اکنون برای تعیین دمای بحرانی ستون ($T_{cr}$)، داریم:

(٦-۱) بارهای وارد به ستون × F.S. = مقاومت ستون در دمای متعارف

(۷-۱) مقاومت ستون در دمای متعارف × (1/F.S.) = بارهای وارد به ستون

(۸-۱) مقاومت ستون در دمای T ≥ بارهای وارد به ستون :گسیختگی ستون در دمای T

(۹–۱) ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما×مقاومت ستون در دمای متعارف ≥ مقاومت ستون در دمای متعارف × (1/F.S.)

(۱۰–۱) $(1/F.S.) \leq$ ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما تا T

(۱۱–۱) $1 \leq F.S. \times$ ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما تا T

(۱۲–۱) $(1/F.S.) =$ ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما تا $T_{cr}$ :دمای بحرانی $T_{cr}$

بنابراین با توجه به محاسبات بالا و به کمک رابطه (۱–۱۲)، دمای بحرانی ستون فولادی قابل تعیین است. همان طور که قبلاً خاطر نشان شد مشخصات مکانیکی فولاد با افزایش دما تغییر کرده و در دماهای خیلی بالا، کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. برای فولادهای ساختمانی با مقاومت تسلیم کوچکتر از ٤٤٨ مگاپاسکال، رابطه مشخصات مکانیکی فولاد با دما در آئین‌نامه‌های EN 1993-1-2 و AISC 360 ارائه شده است که در جداول ۱–۱ و ۱–۲ قابل مشاهده است. از بررسی این جداول مشخص می‌شود که برای ضرایب کاهش مشخصات مکانیکی فولاد با دما در هر دو آئین‌نامه مقادیر یکسانی در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه فولادهای ساختمانی متداول در کشور، فولادهای ST37 و ST52 هستند که به ترتیب دارای مقاومت تسلیم حدود ۲٤۰ و ۳٦۰ مگاپاسکال می‌باشند، می‌توان از جداول ۱–۱ و ۱–۲ برای بررسی رفتار این فولادها در دماهای بالا استفاده نمود. مدول الاستیسیته فولادهای ساختمانی نیز حدود ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال می‌باشد.

**جدول ۱-۱: ضرایب کاهش مشخصات مکانیکی فولاد در دماهای بالا مطابق با آئین‌نامه EN 1993-1-2**

| دمای فولاد ($\theta_a$) | ضرایب کاهش مشخصات مکانیکی فولاد در دمای $\theta_a$ نسبت به $20^oC$ | | |
|---|---|---|---|
| | ضریب کاهش برای مقاومت تسلیم موثر | ضریب کاهش برای مقاومت حد تناسب | ضریب کاهش برای شیب محدوده الاستیک خطی |
| $20^oC$ | ۱/۰۰۰ | ۱/۰۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| $100^oC$ | ۱/۰۰۰ | ۱/۰۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| $200^oC$ | ۱/۰۰۰ | ۰/۸۰۷ | ۰/۹۰۰ |
| $300^oC$ | ۱/۰۰۰ | ۰/٦۱۳ | ۰/۸۰۰ |
| $400^oC$ | ۱/۰۰۰ | ۰/٤۲۰ | ۰/۷۰۰ |
| $500^oC$ | ۰/۷۸۰ | ۰/۳٦۰ | ۰/٦۰۰ |
| $600^oC$ | ۰/٤۷۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۳۱۰ |
| $700^oC$ | ۰/۲۳۰ | ۰/۰۷۵ | ۰/۱۳۰ |
| $800^oC$ | ۰/۱۱۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۹۰ |
| $900^oC$ | ۰/۰٦۰ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰٦۷۵ |
| $1000^oC$ | ۰/۰٤۰ | ۰/۰۲۵۰ | ۰/۰٤۵۰ |
| $1100^oC$ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۲۲۵ |
| $1200^oC$ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۰۰۰۰ |
| نکته: برای مقادیر میانی دمای فولاد، درون‌یابی خطی می‌تواند استفاده شود. | | | |

**جدول ۱-۲: ضرایب کاهش مشخصات مکانیکی فولاد در دماهای بالا مطابق با آئین‌نامه AISC 360**

| مشخصات مکانیکی فولاد در دماهای بالا | | | | |
|---|---|---|---|---|
| دمای فولاد $(^oC)^oF$ | $R$ | | | |
| (۲۰)۶۸ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |
| (۹۳)۲۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |
| (۲۰۴)۴۰۰ | ۰/۹۰ | ۰/۸۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |
| (۳۱۶)۶۰۰ | ۰/۷۸ | ۰/۵۸ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |
| (۳۹۹)۷۵۰ | ۰/۷۰ | ۰/۴۲ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ |
| (۴۲۷)۸۰۰ | ۰/۶۷ | ۰/۴۰ | ۰/۹۴ | ۰/۹۴ |
| (۵۳۸)۱۰۰۰ | ۰/۴۹ | ۰/۲۹ | ۰/۶۶ | ۰/۶۶ |
| (۶۴۹)۱۲۰۰ | ۰/۲۲ | ۰/۱۳ | ۰/۳۵ | ۰/۳۵ |
| (۷۶۰)۱۴۰۰ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ |
| (۸۷۱)۱۶۰۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ |
| (۹۸۲)۱۸۰۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ |
| (۱۰۹۳)۲۰۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ |
| (۱۲۰۴)۲۲۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |

مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2، مقاومت فشاری ستون در دمای $\theta$ به کمک روابط زیر قابل تعیین است:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} \qquad (۱۳-۱)$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{\varphi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}} \qquad (۱۴-۱)$$

$$\varphi_\theta = \frac{1}{2}\left[1 + \alpha\bar{\lambda}_\theta + \bar{\lambda}_\theta^2\right] \qquad (۱۵-۱)$$

$$\alpha = 0.65\sqrt{235/f_y} \qquad (۱۶-۱)$$

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda}\left[k_{y,\theta} / k_{E,\theta}\right]^{0.5} \quad (۱۷-۱)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} \quad (۱۸-۱)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i}\frac{1}{\lambda_1} \quad (۱۹-۱)$$

$$\lambda_1 = \pi\sqrt{E/f_y} \quad (۲۰-۱)$$

در این روابط A، $L_{cr}$ و i مربوط به مشخصات هندسی ستون بوده و به ترتیب بیانگر مساحت سطح مقطع ستون، طول کمانشی ستون و شعاع ژیراسیون مقطع ستون است. پارامتر $\gamma_{M,fi}$ یک ضریب وابسته به مصالح در هنگام آتش‌سوزی است که مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2، برای فولاد واحد اختیار می‌شود. سایر پارامترها نیز در جدول ۱-۱ معرفی شده است. پارامتر $\bar{\lambda}$ بیانگر لاغری بدون بعد ستون است که با تعریف ارائه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آئین‌نامه AISC 360 متفاوت است. از مقایسه روابط (۱-۱) و (۱-۱۹) مشاهده می‌شود که لاغری تعریف شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان یا آئین‌نامه AISC 360 ($\lambda$)، $\lambda_1$ ضربدر لاغری تعریف شده در آئین‌نامه EN 1993-1-2 ($\bar{\lambda}$) می‌باشد یعنی:

$$\lambda = \lambda_1 \times \bar{\lambda} \quad (۲۱-۱)$$

با توجه به اینکه تغییرات $\lambda$ بین ۰ تا ۲۰۰ می‌باشد، تغییرات $\bar{\lambda}$ نیز به طور متناظر برای فولاد ST37 بین ۰ تا ۲/۱۵ و برای فولاد ST52 بین ۰ تا ۲/٦٤ خواهد بود. اکنون به کمک روابط (۱-۱۳) تا (۱-۲۱) و نیز جدول ۱-۲، مقدار کاهش مقاومت فشاری ستون در اثر افزایش دما محاسبه می‌شود. برای مثال، این محاسبات برای دماهای ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ درجه فارنهایت (به ترتیب معادل ٤۲۷، ۵۳۸ و ٦٤۹ درجه سلیسیوس) برای دو

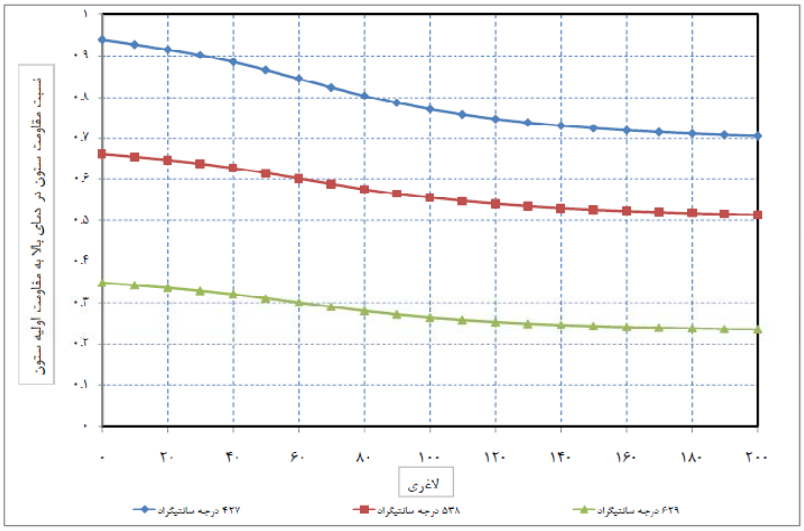
حالت فولاد ST37 و ST52 در جداول ۱–۳ و ۱–٤ ارائه شده است. همچنین مقادیر این جداول در شکل‌های ۱–۵ و ۱–٦ نشان داده شده است.

**جدول ۱–۳: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST37 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2**

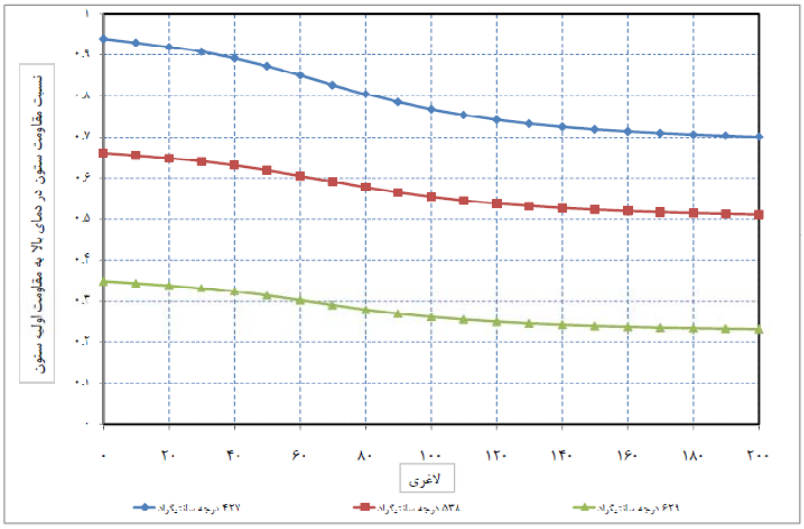
| لاغری ستون ($\lambda$) | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٤٢٧°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٥٣٨°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٦٤٩°C |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۹٤۰ | ۰/٦٦۰ | ۰/۳٥۰ |
| ۱۰ | ۰/۹۲۸ | ۰/٦٥۳ | ۰/۳٤٤ |
| ۲۰ | ۰/۹۱٦ | ۰/٦٤٦ | ۰/۳۳۸ |
| ۳۰ | ۰/۹۰۲ | ۰/٦۳۷ | ۰/۳۳۰ |
| ٤۰ | ۰/۸۸٦ | ۰/٦۲۷ | ۰/۳۲۱ |
| ٥۰ | ۰/۸٦٦ | ۰/٦۱٥ | ۰/۳۱۱ |
| ٦۰ | ۰/۸٤٥ | ۰/٦۰۲ | ۰/۳۰۰ |
| ۷۰ | ۰/۸۲٤ | ۰/٥۸۹ | ۰/۲۹۰ |
| ۸۰ | ۰/۸۰٤ | ۰/٥۷٦ | ۰/۲۸۰ |
| ۹۰ | ۰/۷۸٦ | ۰/٥٦٥ | ۰/۲۷۱ |
| ۱۰۰ | ۰/۷۷۰ | ۰/٥٥٥ | ۰/۲٦٤ |
| ۱۱۰ | ۰/۷٥۷ | ۰/٥٤٦ | ۰/۲٥۸ |
| ۱۲۰ | ۰/۷٤٦ | ۰/٥٤۰ | ۰/۲٥٤ |
| ۱۳۰ | ۰/۷۳۸ | ۰/٥۳٤ | ۰/۲٥۰ |
| ۱٤۰ | ۰/۷۳۱ | ۰/٥۲۹ | ۰/۲٤٦ |
| ۱٥۰ | ۰/۷۲٥ | ۰/٥۲٥ | ۰/۲٤٤ |
| ۱٦۰ | ۰/۷۲۰ | ۰/٥۲۲ | ۰/۲٤۲ |
| ۱۷۰ | ۰/۷۱٥ | ۰/٥۱۹ | ۰/۲٤۰ |
| ۱۸۰ | ۰/۷۱۲ | ۰/٥۱۷ | ۰/۲۳۸ |
| ۱۹۰ | ۰/۷۰۹ | ۰/٥۱٥ | ۰/۲۳۷ |
| ۲۰۰ | ۰/۷۰٦ | ۰/٥۱۳ | ۰/۲۳٦ |

جدول ۱-٤: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST52 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2

| لاغری ستون ($\lambda$) | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٤٢٧°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٥٣٨°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٦٤٩°C |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۹٤۰ | ۰/٦٦۰ | ۰/۳٥۰ |
| ۱۰ | ۰/۹۳۰ | ۰/٦٥٤ | ۰/۳٤٥ |
| ۲۰ | ۰/۹۲۰ | ۰/٦٤۸ | ۰/۳۳۹ |
| ۳۰ | ۰/۹۰۸ | ۰/٦٤۰ | ۰/۳۳۳ |
| ٤۰ | ۰/۸۹۲ | ۰/٦۳۱ | ۰/۳۲٤ |
| ٥۰ | ۰/۸۷۳ | ۰/٦۱۹ | ۰/۳۱٤ |
| ٦۰ | ۰/۸٥۱ | ۰/٦۰٥ | ۰/۳۰۳ |
| ۷۰ | ۰/۸۲۷ | ۰/٥۹۱ | ۰/۲۹۱ |
| ۸۰ | ۰/۸۰٥ | ۰/٥۷۷ | ۰/۲۸۰ |
| ۹۰ | ۰/۷۸٥ | ۰/٥٦٤ | ۰/۲۷۱ |
| ۱۰۰ | ۰/۷٦۷ | ۰/٥٥۳ | ۰/۲٦۳ |
| ۱۱۰ | ۰/۷٥۳ | ۰/٥٤٤ | ۰/۲٥٦ |
| ۱۲۰ | ۰/۷٤۲ | ۰/٥۳۷ | ۰/۲٥۱ |
| ۱۳۰ | ۰/۷۳۳ | ۰/٥۳۱ | ۰/۲٤۷ |
| ۱٤۰ | ۰/۷۲٥ | ۰/٥۲٦ | ۰/۲٤٤ |
| ۱٥۰ | ۰/۷۱۹ | ۰/٥۲۲ | ۰/۲٤۱ |
| ۱٦۰ | ۰/۷۱٤ | ۰/٥۱۹ | ۰/۲۳۹ |
| ۱۷۰ | ۰/۷۱۰ | ۰/٥۱٦ | ۰/۲۳۷ |
| ۱۸۰ | ۰/۷۰۷ | ۰/٥۱٤ | ۰/۲۳٦ |
| ۱۹۰ | ۰/۷۰٤ | ۰/٥۱۲ | ۰/۲۳٥ |
| ۲۰۰ | ۰/۷۰۱ | ۰/٥۱۰ | ۰/۲۳٤ |




**شکل ۱–۵: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST37 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق با آئین‌نامه EN 1993-1-2**




**شکل ۱–٦: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST52 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق با آئین نامه EN 1993-1-2**

اکنون این محاسبات را این بار مطابق آئین‌نامه AISC 360 تکرار می‌کنیم. مطابق این آئین‌نامه، تنش فشاری بحرانی ستون در دمای T از روابط زیر تعیین می‌شود:

$$F_{cr}(T) = \left[0.42^{\sqrt{F_y(T)/F_e(T)}}\right] F_y(T) \qquad (۲۲-۱)$$

$$F_e(T) = \frac{\pi^2 E(T)}{\lambda^2} \qquad (۲۳-۱)$$

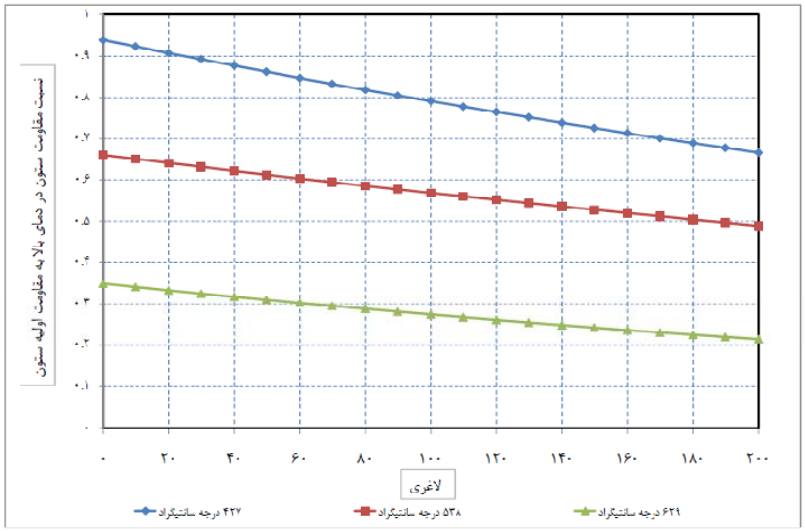
به کمک این روابط و جدول ۱-۲، می‌توان میزان کاهش در مقاومت ستون در اثر افزایش دما را محاسبه کرد. مقاومت مرجع ستون، مقاومت در دمای متعارف (۲۰°C) می‌باشد. برای مثال، این محاسبات برای دماهای ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ درجه فارنهایت (به ترتیب معادل ٤٢٧، ٥٣٨ و ٦٤٩ درجه سلیسیوس) برای دو حالت فولاد ST37 و ST52 انجام شده و در جداول ۱-۵ و ۱-٦ نشان داده شده است. همچنین مقادیر این جداول در شکل‌های ۱-۷ و ۱-۸ نشان داده شده است.

**جدول ۱-۵: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST37 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق آئین‌نامه AISC 360**

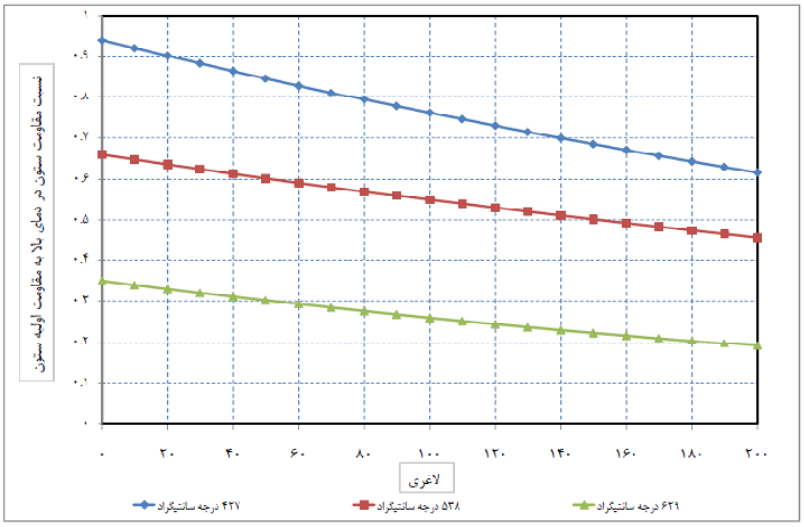
| لاغری ستون ($\lambda$) | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۴۲۷°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۶۴۹°C |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۹۴۰ | ۰/۶۶۰ | ۰/۳۵۰ |
| ۱۰ | ۰/۹۲۴ | ۰/۶۵۰ | ۰/۳۴۲ |
| ۲۰ | ۰/۹۰۸ | ۰/۶۴۱ | ۰/۳۳۳ |
| ۳۰ | ۰/۸۹۳ | ۰/۶۳۱ | ۰/۳۲۵ |
| ۴۰ | ۰/۸۷۷ | ۰/۶۲۲ | ۰/۳۱۷ |
| ۵۰ | ۰/۸۶۲ | ۰/۶۱۲ | ۰/۳۱۰ |
| ۶۰ | ۰/۸۴۸ | ۰/۶۰۳ | ۰/۳۰۲ |
| ۷۰ | ۰/۸۳۳ | ۰/۵۹۴ | ۰/۲۹۵ |
| ۸۰ | ۰/۸۱۹ | ۰/۵۸۵ | ۰/۲۸۸ |
| ۹۰ | ۰/۸۰۵ | ۰/۵۷۷ | ۰/۲۸۱ |
| ۱۰۰ | ۰/۷۹۱ | ۰/۵۶۸ | ۰/۲۷۴ |
| ۱۱۰ | ۰/۷۷۸ | ۰/۵۶۰ | ۰/۲۶۸ |
| ۱۲۰ | ۰/۷۶۵ | ۰/۵۵۱ | ۰/۲۶۱ |
| ۱۳۰ | ۰/۷۵۱ | ۰/۵۴۳ | ۰/۲۵۵ |
| ۱۴۰ | ۰/۷۳۹ | ۰/۵۳۵ | ۰/۲۴۹ |
| ۱۵۰ | ۰/۷۲۶ | ۰/۵۲۷ | ۰/۲۴۳ |
| ۱۶۰ | ۰/۷۱۴ | ۰/۵۱۹ | ۰/۲۳۷ |
| ۱۷۰ | ۰/۷۰۱ | ۰/۵۱۲ | ۰/۲۳۱ |
| ۱۸۰ | ۰/۶۸۹ | ۰/۵۰۴ | ۰/۲۲۶ |
| ۱۹۰ | ۰/۶۷۸ | ۰/۴۹۶ | ۰/۲۲۰ |
| ۲۰۰ | ۰/۶۶۶ | ۰/۴۸۹ | ۰/۲۱۵ |

جدول ۱-٦: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST52 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق آئین‌نامه AISC 360

| لاغری ستون ($\lambda$) | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٤٢٧°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٥٣٨°C | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ٦٤٩°C |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۹٤۰ | ۰/٦٦۰ | ۰/۳٥۰ |
| ۱۰ | ۰/۹۲۰ | ۰/٦٤۸ | ۰/۳٤۰ |
| ۲۰ | ۰/۹۰۱ | ۰/٦۳٦ | ۰/۳۳۰ |
| ۳۰ | ۰/۸۸۲ | ۰/٦۲٥ | ۰/۳۲۰ |
| ٤۰ | ۰/۸٦٤ | ۰/٦۱۳ | ۰/۳۱۱ |
| ٥۰ | ۰/۸٤٦ | ۰/٦۰۲ | ۰/۳۰۱ |
| ٦۰ | ۰/۸۲۸ | ۰/٥۹۱ | ۰/۲۹۳ |
| ۷۰ | ۰/۸۱۱ | ۰/٥۸۰ | ۰/۲۸٤ |
| ۸۰ | ۰/۷۹٤ | ۰/٥۷۰ | ۰/۲۷٦ |
| ۹۰ | ۰/۷۷۷ | ۰/٥٥۹ | ۰/۲٦۷ |
| ۱۰۰ | ۰/۷٦۱ | ۰/٥٤۹ | ۰/۲٦۰ |
| ۱۱۰ | ۰/۷٤٥ | ۰/٥۳۹ | ۰/۲٥۲ |
| ۱۲۰ | ۰/۷۳۰ | ۰/٥۳۰ | ۰/۲٤٥ |
| ۱۳۰ | ۰/۷۱٥ | ۰/٥۲۰ | ۰/۲۳۷ |
| ۱٤۰ | ۰/۷۰۰ | ۰/٥۱۰ | ۰/۲۳۰ |
| ۱٥۰ | ۰/٦۸٥ | ۰/٥۰۱ | ۰/۲۲٤ |
| ۱٦۰ | ۰/٦۷۱ | ۰/٤۹۲ | ۰/۲۱۷ |
| ۱۷۰ | ۰/٦٥۷ | ۰/٤۸۳ | ۰/۲۱۱ |
| ۱۸۰ | ۰/٦٤۳ | ۰/٤۷٤ | ۰/۲۰٤ |
| ۱۹۰ | ۰/٦۳۰ | ۰/٤٦٦ | ۰/۱۹۸ |
| ۲۰۰ | ۰/٦۱٦ | ۰/٤٥۷ | ۰/۱۹۳ |




**شکل ۱–۷: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST37 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق با آئین‌نامه AISC 360**



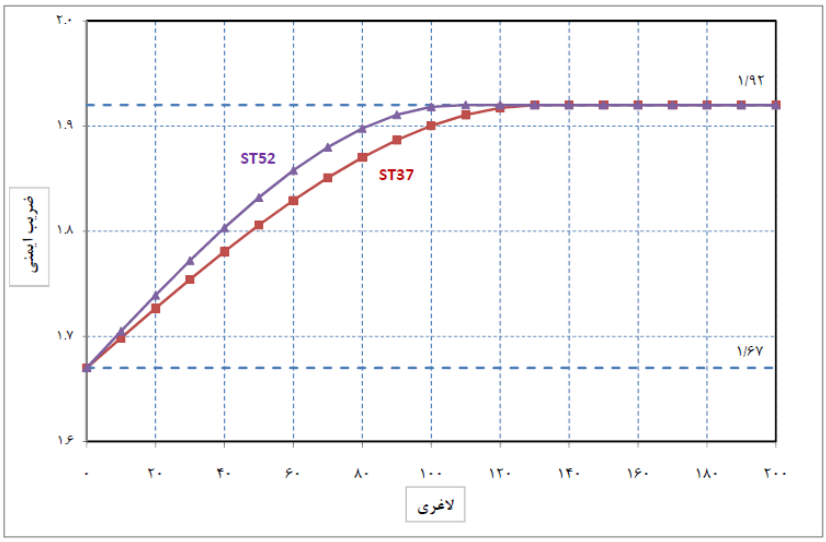

**شکل ۱–۸: نسبت مقاومت ستون با فولاد ST52 در دماهای بالا نسبت به دمای متعارف مطابق با آئین‌نامه AISC 360**

از جداول ۱-۳ تا ۱-٦ مشاهده می‌شود که در هر دما، با افزایش لاغری ستون، ضریب کاهش مقاومت ستون نیز کوچک‌تر می‌شود. علت آن است که در لاغری‌های خیلی کم (ستون‌های خیلی چاق)، گسیختگی ستون از نوع لهیدگی است که با مقاومت تسلیم فولاد مرتبط است ولی با افزایش لاغری ستون، بحث کمانش ستون که با مدول الاستیسیته فولاد ارتباط دارد، اهمیت پیدا می‌کند و افت این کمیت با افزایش دما در مقایسه با مقاومت تسلیم فولاد در محدوده مورد بررسی مطابق جداول ۱-۱ و ۱-۲ شدیدتر است.

برای فولادهای ساختمانی متداول کشور یعنی ST37 و ST52، مقدار $C_c$ طبق رابطه (۱-۲) محاسبه شده که به ترتیب مساوی ۱۳۱/٤ و ۱۰۷/۳ به دست می‌آید. در اینجا برای این فولادها، مقادیر ضریب اطمینان مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برای طراحی ستون‌ها با مقادیر مختلف لاغری را محاسبه می‌شود. نتایج در جدول ۱-۷ ارائه شده و در شکل ۱-۹ نشان داده شده است.

**جدول ۱-۷: مقادیر ضریب اطمینان طراحی ستون‌ها مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برای لاغری‌های مختلف**

| لاغری ستون ($\lambda$) | ضریب ایمنی برای فولاد ST37 | ضریب ایمنی برای فولاد ST52 |
|---|---|---|
| ۰ | ۱/٦۷۰ | ۱/٦۷۰ |
| ۱۰ | ۱/٦۹۸ | ۱/۷۰۵ |
| ۲۰ | ۱/۷۲۷ | ۱/۷۳۹ |
| ۳۰ | ۱/۷٥٤ | ۱/۷۷۲ |
| ٤۰ | ۱/۷۸۱ | ۱/۸۰۳ |
| ٥۰ | ۱/۸۰٦ | ۱/۸۳۲ |
| ٦۰ | ۱/۸۲۹ | ۱/۸٥۸ |
| ۷۰ | ۱/۸٥۱ | ۱/۸۸۰ |
| ۸۰ | ۱/۸۷۰ | ۱/۸۹۸ |
| ۹۰ | ۱/۸۸۷ | ۱/۹۱۱ |
| ۱۰۰ | ۱/۹۰۰ | ۱/۹۱۸ |
| ۱۱۰ | ۱/۹۱۱ | ۱/۹۲۰ |
| ۱۲۰ | ۱/۹۱۷ | ۱/۹۲۰ |
| ۱۳۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱٤۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱٥۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱٦۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱۷۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱۸۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۱۹۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |
| ۲۰۰ | ۱/۹۲۰ | ۱/۹۲۰ |




**شکل ۱-۹: مقادیر ضریب اطمینان طراحی ستون مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان**

در استاندارد ASTM E119، دمای (۵۳۸°C) ۱۰۰۰°F به عنوان دمای بحرانی ستون فولادی در نظر گرفته شده است. اکنون در این قسمت بررسی می‌شود که آیا این دما تعریف مناسبی برای دمای بحرانی ستون است یا خیر. برای این کار رابطه (۱-۱۱) مطابق آئین‌نامه‌های EN 1993-1-2 و AISC 360 در دمای ۵۳۸°C برای فولادهای ST37 و ST52 محاسبه می‌شود. نتایج در جداول ۱-۸ تا ۱-۱۱ نمایش داده شده است.

**جدول ۱-۸: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST37 مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2 در دمای ۵۳۸°C**

| لاغری ستون ($\lambda$) | F.S. | 1/F.S. | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C ($\alpha$) | $\beta = \alpha \times F.S.$ |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/٦۷۰ | ۰/۵۹۹ | ۰/٦٦۰ | ۱/۱۰ |
| ۱۰ | ۱/٦۹۸ | ۰/۵۸۹ | ۰/٦۵۳ | ۱/۱۱ |
| ۲۰ | ۱/۷۲۷ | ۰/۵۷۹ | ۰/٦٤٦ | ۱/۱۱ |
| ۳۰ | ۱/۷۵٤ | ۰/۵۷۰ | ۰/٦۳۷ | ۱/۱۲ |
| ٤۰ | ۱/۷۸۱ | ۰/۵٦۲ | ۰/٦۲۷ | ۱/۱۲ |
| ۵۰ | ۱/۸۰٦ | ۰/۵۵٤ | ۰/٦۱۵ | ۱/۱۱ |
| ٦۰ | ۱/۸۲۹ | ۰/۵٤۷ | ۰/٦۰۲ | ۱/۱۰ |
| ۷۰ | ۱/۸۵۱ | ۰/۵٤۰ | ۰/۵۸۹ | ۱/۰۹ |
| ۸۰ | ۱/۸۷۰ | ۰/۵۳۵ | ۰/۵۷٦ | ۱/۰۸ |
| ۹۰ | ۱/۸۸۷ | ۰/۵۳۰ | ۰/۵٦۵ | ۱/۰۷ |
| ۱۰۰ | ۱/۹۰۰ | ۰/۵۲٦ | ۰/۵۵۵ | ۱/۰۵ |
| ۱۱۰ | ۱/۹۱۱ | ۰/۵۲۳ | ۰/۵٤٦ | ۱/۰٤ |
| ۱۲۰ | ۱/۹۱۷ | ۰/۵۲۲ | ۰/۵٤۰ | ۱/۰۳ |
| ۱۳۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳٤ | ۱/۰۳ |
| ۱٤۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۹ | ۱/۰۲ |
| ۱۵۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۵ | ۱/۰۱ |
| ۱٦۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۲ | ۱/۰۰ |
| ۱۷۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۹ | ۱/۰۰ |
| ۱۸۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۷ | ۰/۹۹ |
| ۱۹۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۵ | ۰/۹۹ |
| ۲۰۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۳ | ۰/۹۹ |

**جدول ۱-۹: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST52 مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2 در دمای ۵۳۸°C**

| لاغری ستون ($\lambda$) | F.S. | 1/F.S. | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C ($\alpha$) | $\beta = \alpha \times F.S.$ |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/۶۷۰ | ۰/۵۹۹ | ۰/۶۶۰ | ۱/۱۰ |
| ۱۰ | ۱/۷۰۵ | ۰/۵۸۷ | ۰/۶۵٤ | ۱/۱۲ |
| ۲۰ | ۱/۷۳۹ | ۰/۵۷۵ | ۰/۶٤۸ | ۱/۱۳ |
| ۳۰ | ۱/۷۷۲ | ۰/۵۶٤ | ۰/۶٤۰ | ۱/۱۳ |
| ٤۰ | ۱/۸۰۳ | ۰/۵۵۵ | ۰/۶۳۱ | ۱/۱٤ |
| ۵۰ | ۱/۸۳۲ | ۰/۵٤۶ | ۰/۶۱۹ | ۱/۱۳ |
| ۶۰ | ۱/۸۵۸ | ۰/۵۳۸ | ۰/۶۰۵ | ۱/۱۲ |
| ۷۰ | ۱/۸۸۰ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۹۱ | ۱/۱۱ |
| ۸۰ | ۱/۸۹۸ | ۰/۵۲۷ | ۰/۵۷۷ | ۱/۰۹ |
| ۹۰ | ۱/۹۱۱ | ۰/۵۲۳ | ۰/۵۶٤ | ۱/۰۸ |
| ۱۰۰ | ۱/۹۱۸ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۵۳ | ۱/۰۶ |
| ۱۱۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵٤٤ | ۱/۰٤ |
| ۱۲۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳۷ | ۱/۰۳ |
| ۱۳۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳۱ | ۱/۰۲ |
| ۱٤۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۶ | ۱/۰۱ |
| ۱۵۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۲ | ۱/۰۰ |
| ۱۶۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۹ | ۱/۰۰ |
| ۱۷۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۶ | ۰/۹۹ |
| ۱۸۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱٤ | ۰/۹۹ |
| ۱۹۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۲ | ۰/۹۸ |
| ۲۰۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۰ | ۰/۹۸ |

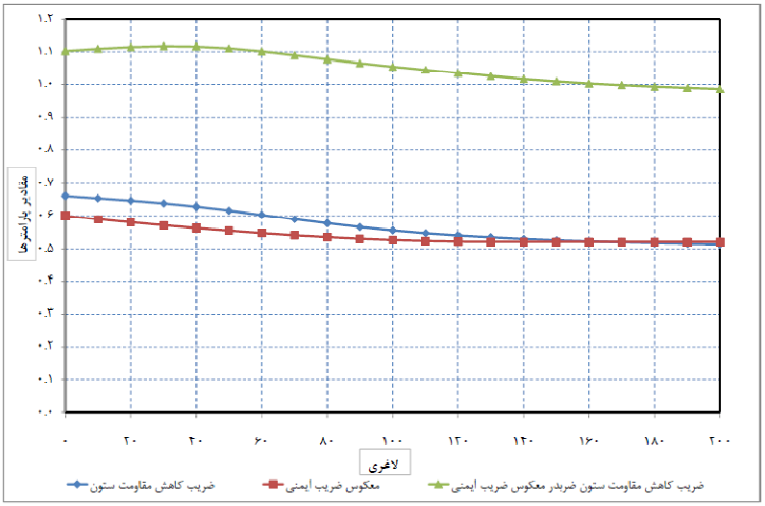
**جدول ۱-۱۰: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST37 مطابق آئین‌نامه AISC 360 در دمای ۵۳۸°C**

| لاغری ستون ($\lambda$) | F.S. | 1/F.S. | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C ($\alpha$) | $\beta = \alpha \times F.S.$ |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/۶۷۰ | ۰/۵۹۹ | ۰/۶۶۰ | ۱/۱۰ |
| ۱۰ | ۱/۶۹۸ | ۰/۵۸۹ | ۰/۶۵۰ | ۱/۱۰ |
| ۲۰ | ۱/۷۲۷ | ۰/۵۷۹ | ۰/۶۴۱ | ۱/۱۱ |
| ۳۰ | ۱/۷۵۴ | ۰/۵۷۰ | ۰/۶۳۱ | ۱/۱۱ |
| ۴۰ | ۱/۷۸۱ | ۰/۵۶۲ | ۰/۶۲۲ | ۱/۱۱ |
| ۵۰ | ۱/۸۰۶ | ۰/۵۵۴ | ۰/۶۱۲ | ۱/۱۱ |
| ۶۰ | ۱/۸۲۹ | ۰/۵۴۷ | ۰/۶۰۳ | ۱/۱۰ |
| ۷۰ | ۱/۸۵۱ | ۰/۵۴۰ | ۰/۵۹۴ | ۱/۱۰ |
| ۸۰ | ۱/۸۷۰ | ۰/۵۳۵ | ۰/۵۸۵ | ۱/۰۹ |
| ۹۰ | ۱/۸۸۷ | ۰/۵۳۰ | ۰/۵۷۷ | ۱/۰۹ |
| ۱۰۰ | ۱/۹۰۰ | ۰/۵۲۶ | ۰/۵۶۸ | ۱/۰۸ |
| ۱۱۰ | ۱/۹۱۱ | ۰/۵۲۳ | ۰/۵۶۰ | ۱/۰۷ |
| ۱۲۰ | ۱/۹۱۷ | ۰/۵۲۲ | ۰/۵۵۱ | ۱/۰۶ |
| ۱۳۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۴۳ | ۱/۰۴ |
| ۱۴۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳۵ | ۱/۰۳ |
| ۱۵۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۷ | ۱/۰۱ |
| ۱۶۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۹ | ۱/۰۰ |
| ۱۷۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۲ | ۰/۹۸ |
| ۱۸۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۰۴ | ۰/۹۷ |
| ۱۹۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۹۶ | ۰/۹۵ |
| ۲۰۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۸۹ | ۰/۹۴ |

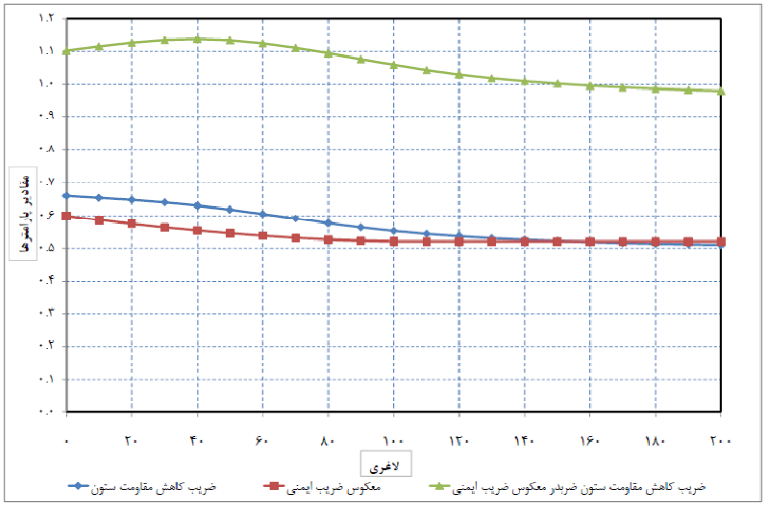
**جدول ۱-۱۱: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST52 مطابق آئین‌نامه AISC 360 در دمای ۵۳۸°C**

| لاغری ستون (λ) | F.S. | 1/F.S. | ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C (α) | β = α × F.S. |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/۶۷۰ | ۰/۵۹۹ | ۰/۶۶۰ | ۱/۱۰ |
| ۱۰ | ۱/۷۰۵ | ۰/۵۸۷ | ۰/۶۴۸ | ۱/۱۰ |
| ۲۰ | ۱/۷۳۹ | ۰/۵۷۵ | ۰/۶۳۶ | ۱/۱۱ |
| ۳۰ | ۱/۷۷۲ | ۰/۵۶۴ | ۰/۶۲۵ | ۱/۱۱ |
| ۴۰ | ۱/۸۰۳ | ۰/۵۵۵ | ۰/۶۱۳ | ۱/۱۱ |
| ۵۰ | ۱/۸۳۲ | ۰/۵۴۶ | ۰/۶۰۲ | ۱/۱۰ |
| ۶۰ | ۱/۸۵۸ | ۰/۵۳۸ | ۰/۵۹۱ | ۱/۱۰ |
| ۷۰ | ۱/۸۸۰ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۸۰ | ۱/۰۹ |
| ۸۰ | ۱/۸۹۸ | ۰/۵۲۷ | ۰/۵۷۰ | ۱/۰۸ |
| ۹۰ | ۱/۹۱۱ | ۰/۵۲۳ | ۰/۵۵۹ | ۱/۰۷ |
| ۱۰۰ | ۱/۹۱۸ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۴۹ | ۱/۰۵ |
| ۱۱۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳۹ | ۱/۰۴ |
| ۱۲۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۳۰ | ۱/۰۲ |
| ۱۳۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۲۰ | ۱/۰۰ |
| ۱۴۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۱۰ | ۰/۹۸ |
| ۱۵۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۵۰۱ | ۰/۹۶ |
| ۱۶۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۹۲ | ۰/۹۴ |
| ۱۷۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۸۳ | ۰/۹۳ |
| ۱۸۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۷۴ | ۰/۹۱ |
| ۱۹۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۶۶ | ۰/۸۹ |
| ۲۰۰ | ۱/۹۲۰ | ۰/۵۲۱ | ۰/۴۵۷ | ۰/۸۸ |

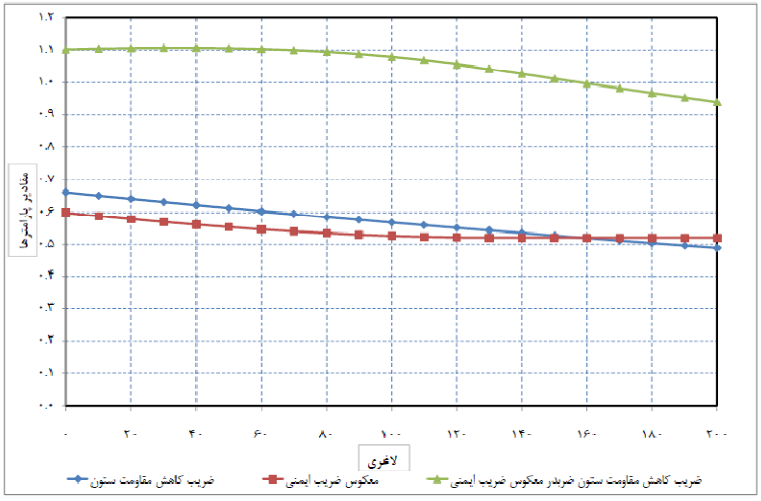
همچنین نتایج به دست آمده به صورت نمودار در شکل‌های ۱-۱۰ تا ۱-۱۳ نمایش داده شده است.



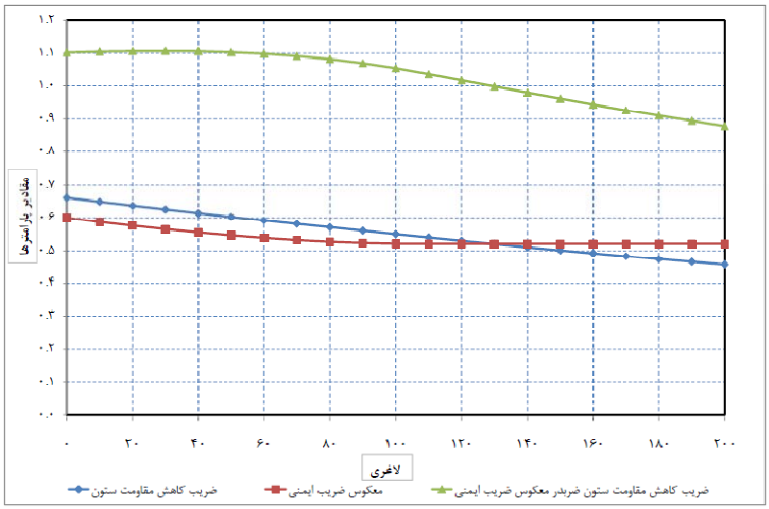

**شکل ۱-۱۰: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST37 مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2 در دمای ۵۳۸°C**




**شکل ۱-۱۱: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST52 مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2 در دمای ۵۳۸°C**




**شکل ۱-۱۲: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST37 مطابق آئین‌نامه AISC 360 در دمای ۵۳۸°C**




**شکل ۱-۱۳: کنترل گسیختگی ستون با فولاد ST52 مطابق آئین‌نامه AISC 360 در دمای ۵۳۸°C**

از جداول ۱-۸ و ۱-۹ و شکل‌های ۱-۱۰ و ۱-۱۱ که مطابق آئین‌نامه EN 1993-1-2 به دست آمده است، دیده می‌شود که مقدار .1/F.S و ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C نزدیک به یکدیگر بوده، به عبارت دیگر مقدار پارامتر $\beta$ نزدیک به ۱ می‌باشد، بنابراین دمای ۵۳۸°C می‌تواند تعریف مناسبی برای دمای بحرانی ستون فولادی باشد که البته این دما برای لاغری‌های پایین، مقداری محافظه‌کارانه نیز می‌باشد.

از جدول ۱-۱۰ و شکل ۱-۱۲ که مطابق آئین‌نامه AISC 360 برای فولاد ST37 محاسبه شده است، دیده می‌شود که مقدار .1/F.S و ضریب کاهش مقاومت ستون در دمای ۵۳۸°C نزدیک به هم بوده به عبارت دیگر مقدار پارامتر $\beta$ نزدیک به ۱ می‌باشد بنابراین دمای ۵۳۸°C می‌تواند تعریف مناسبی برای دمای بحرانی ستون فولادی باشد که البته به جز در لاغری‌های خیلی بالا که در عمل به ندرت با آن مواجه هستیم، این دما مقداری محافظه‌کارانه نیز می‌باشد.

از جدول ۱-۱۱ و شکل ۱-۱۳ که مطابق آئین‌نامه AISC 360 برای فولاد ST52 محاسبه شده است، دیده می‌شود که روند مشابه فولاد ST37 بوده ولی در لاغری‌های خیلی بالا، افت مقاومت ستون از حاشیه ایمنی طراحی بیشتر تجاوز می‌کند. البته باید در نظر داشت که در صنعت ساختمان ایران، فولاد غالب مورد استفاده، فولاد ST37 می‌باشد.

همچنین قابل ذکر است که به دلایل مختلف از جمله دلایل زیر، حاشیه ایمنی در ایران بزرگتر از آنچه در این مطالعه مورد نظر قرار گرفته، می‌باشد؛ به بیان دیگر، دمای بحرانی ستون فولادی می‌تواند از دمای ۵۳۸°C نیز تجاوز کند:

۱- با توجه به اینکه تغییرات مقطع پروفیل‌های فولادی موجود در بازار، پیوسته نبوده و برای طراحی یک ستون فولادی به منظور تحمل بارهای ثقلی وارده، لازم است ضریب

اطمینان آئین‌نامه رعایت شود، به ندرت با این حالت مواجه هستیم که برای ضریب اطمینان آئین‌نامه، بتوان یک پروفیل فولادی دقیقاً با خصوصیات مورد نیاز پیدا نمود و غالباً مجبور به استفاده از پروفیل‌های فولادی قوی‌تر از حد نیاز هستیم. بنابراین در عمل، ضریب اطمینان ستون بزرگتر از ضریب اطمینان آئین‌نامه است که در محاسبات این مطالعه مورد نظر قرار گرفته است.

۲- همزمانی وقوع زلزله یا طوفان شدید و آتش‌سوزی در ساختمان بسیار بعید است. در این مطالعه، ضریب اطمینان در نظر گرفته شده مربوط به تحمل بارهای ثقلی توسط ستون است. بنابراین اگر ستونی علاوه بر تحمل بارهای ثقلی برای تحمل زلزله یا طوفان نیز طراحی شده باشد، ضریب اطمینان این ستون برای تحمل فقط بارهای ثقلی بزرگتر از ضریب اطمینانی است که در محاسبات این مطالعه مد نظر قرار گرفته است.

در ارزیابی ستون‌های فولادی یک ساختمان موجود، می‌توان با توجه به مشخصات هندسی و مکانیکی هر ستون و بارهای ثقلی وارد به آن، مقدار ضریب اطمینان (F.S.) ستون در تحمل بارها را محاسبه کرده و بر اساس آن و به کمک روابط ارائه شده در این مطالعه، دمای بحرانی آن ستون را تعیین کرد. در این حالت، در یک ساختمان موجود، احتمالاً با ستون‌هایی مواجه خواهیم شد که دارای دماهای بحرانی متفاوتی هستند.

اکنون دمای بحرانی یک ستون فولادی موجود تعیین می‌شود، صرفنظر از این که، ستون چگونه و بر اساس چه آئین‌نامه‌ای طراحی شده است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$(\text{Ratio}) = \text{(مقاومت ستون در دمای متعارف/بار وارد به ستون)} \qquad (۱-۲٤)$$

$$\text{گسیختگی ستون در دمای } T: \text{ مقاومت ستون در دمای } T \geq \text{بارهای وارد به ستون} \qquad (۱-۲۵)$$

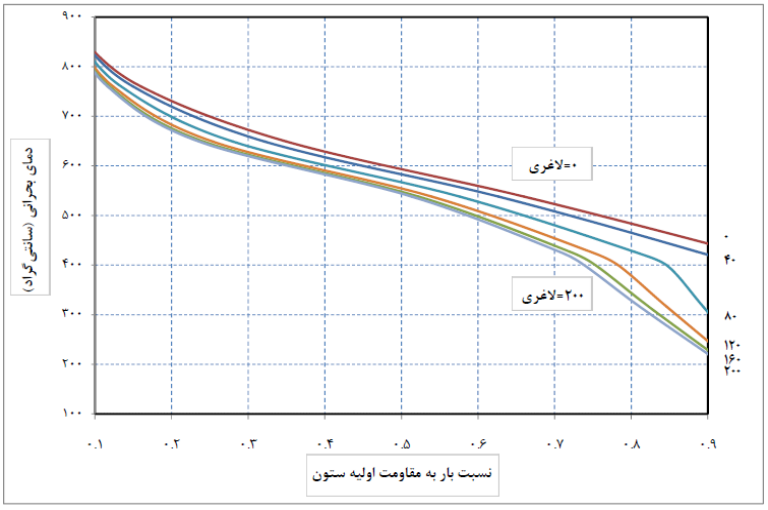
ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما×مقاومت ستون در دمای متعارف ≥ مقاومت ستون در دمای متعارف×(Ratio) (۱–۲۶)

(Ratio) ≤ ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما تا T (۱–۲۷)

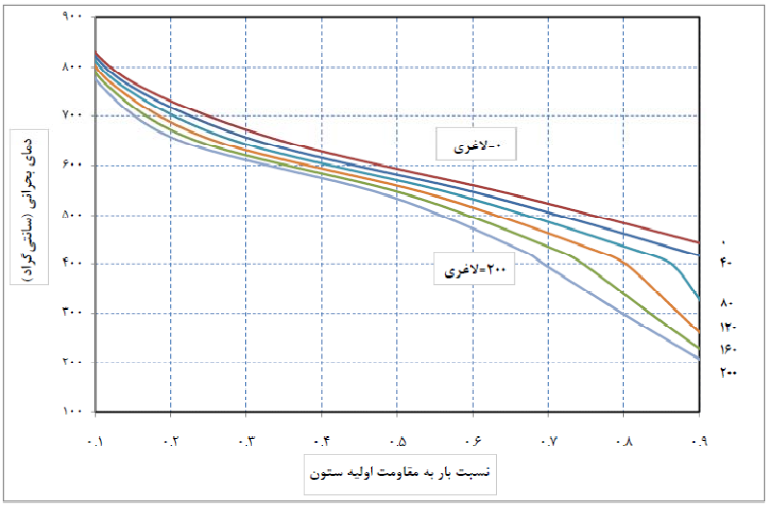
(Ratio) = ضریب کاهش مقاومت ستون در اثر افزایش دما تا $T_{cr}$ (۱–۲۸)

$T_{cr}$ :دمای بحرانی

اکنون با توجه به رابطه (۱–۲۸)، دمای بحرانی ستون با فولاد ST37 را در حالت‌های مختلف بر اساس آئین‌نامه‌های EN 1993-1-2 و AISC 360 محاسبه می‌کنیم و نتایج را به ترتیب در شکل‌های ۱–۱٤ و ۱–۱۵ نشان می‌دهیم.




**شکل ۱–۱٤: دمای بحرانی ستون با فولاد ST37 برای لاغری‌ها و نسبت‌های مختلف بار فشاری وارده به مقاومت اولیه ستون مطابق با آئین‌نامه EN 1993-1-2**




**شکل ۱-۱۵: دمای بحرانی ستون با فولاد ST37 برای لاغری‌ها و نسبت‌های مختلف بار فشاری وارده به مقاومت اولیه ستون مطابق با آئین‌نامه AISC 360**

با توجه به نمودارهای ترسیم شده در شکل‌های ۱-۱٤ و ۱-۱۵، می‌توان دمای بحرانی هر ستون را با توجه به لاغری آن و نسبت بار وارده به مقاومت اولیه ستون تعیین کرد و سپس ضخامت مناسب پوشش محافظت‌کننده در مقابل حریق انتخابی را بدست آورد. مراحل انجام کار به طور خلاصه در زیر لیست شده است:

۱- انتخاب ستون؛

۲- تعیین لاغری ستون؛

۳- تعیین نسبت بار وارده به مقاومت اولیه ستون؛

٤- تعیین دمای بحرانی ستون بر اساس منحنی‌های ترسیم شده بر اساس آئین‌نامه EN 1993-1-2 یا AISC 360 (شکل‌های ۱-۱٤ و ۱-۱۵)؛

۵- تعیین زمان مورد نیاز مقاومت ستون در برابر آتش مطابق آئین‌نامه محافظت در برابر حریق مورد استناد؛

۶- انتخاب نوع پوشش محافظت‌کننده ستون؛

۷- تعیین ضخامت پوشش محافظت‌کننده مطابق جداول تهیه شده بر اساس نتایج آزمایشگاهی.

یک نمونه جدول تهیه شده برای یک پوشش محافظت‌کننده در مقابل آتش با حذف نام تولیدکننده، در شکل زیر نشان داده شده است.

**جدول ۱-۱۲: یک نمونه جدول ضخامت ماده محافظت کننده در برابر حریق برای زمان‌های مختلف مقاومت در برابر آتش و ضریب مقطع مختلف ستون فولادی با مقطع I و H شکل برای یک دمای بحرانی مشخص**

| Thickness (mm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Critical Temperature=550°C | | | | | | |
| Section Factor (1/m) | Time (min) | | | | | |
| | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| 120 | 14 | 14 | 20 | 27 | 34 | 41 |
| 130 | 14 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 |
| 140 | 14 | 15 | 22 | 29 | 36 | 43 |
| 150 | 14 | 16 | 22 | 29 | 36 | 43 |
| 160 | 14 | 16 | 23 | 30 | 37 | 44 |
| 170 | 14 | 16 | 23 | 31 | 38 | 45 |
| 180 | 14 | 17 | 24 | 31 | 38 | 45 |
| 190 | 14 | 17 | 24 | 31 | 39 | 46 |
| 200 | 14 | 17 | 25 | 32 | 39 | 46 |
| 210 | 14 | 18 | 25 | 32 | 39 | 47 |
| 220 | 14 | 18 | 25 | 33 | 40 | 47 |
| 230 | 14 | 18 | 26 | 33 | 40 | 47 |
| 240 | 14 | 18 | 26 | 33 | 40 | 48 |
| 250 | 14 | 19 | 26 | 33 | 41 | 48 |
| 260 | 14 | 19 | 26 | 34 | 41 | 48 |
| 270 | 14 | 19 | 26 | 34 | 41 | 49 |
| 280 | 14 | 19 | 27 | 34 | 41 | 49 |
| 290 | 14 | 19 | 27 | 34 | 42 | 49 |
| 300 | 14 | 19 | 27 | 34 | 42 | 49 |
| 310 | 14 | 20 | 27 | 35 | 42 | 50 |
| 320 | 14 | 20 | 27 | 35 | 42 | 50 |
| 330 | 14 | 20 | 27 | 35 | 42 | 50 |
| 340 | 14 | 20 | 28 | 35 | 43 | 50 |

در این روش، پوشش محافظت‌کننده در هنگام آتش‌سوزی موجب ایجاد یک تاخیر زمانی در رسیدن دمای ستون فولادی به دمای بحرانی آن (گسیختگی ستون) می‌شود.

این تاخیر زمانی، برابر نرخ زمان مقاومت مورد نیاز ستون در مقابل آتش است که مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا هر مرجع معتبر دیگر تعیین می‌شود.

## ۱-٤ هدف و دامنه پژوهش

هدف از تهیه این مجموعه، تهیه استانداردها، روش‌های کار و آیین‌نامه‌های مورد نیاز برای کنترل پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش به عنوان پشتیبان مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و صدور گواهی‌نامه فنی برای آنها می‌باشد.

گواهی‌نامه فنی در یک جمله کوتاه، تطبیق محصول یا سیستم ساختمانی مورد نظر با الزامات مقررات و آیین‌نامه‌های ساختمانی است، به گونه‌ای که نشان دهد محصول مورد بررسی، الزامات اساسی برای کاربرد مورد نظر را در دوره بهره‌برداری برآورده می‌سازد، به شرطی که طراحی و ساخت بر اساس اصول صحیح و مقررات صورت گرفته و محصول مورد نظر بر اساس دستورالعمل‌ها و روش‌های صحیح اجرا شده باشد.

همان گونه که بیان شد، یکی از الزامات مهم در طرح و اجرای ساختمان‌ها، تأمین مقاومت لازم در برابر آتش برای اجزای سازه است، به گونه‌ای که دمای سازه بر اثر حرارت به مقدار بحرانی نرسیده و از شکست سازه به علت افزایش دما جلوگیری شود. تعریف لازم برای دمای بحرانی برای ستون‌های فولادی در بالا ارائه شد. مدت زمان لازم برای مقاومت سازه در برابر آتش بستگی به مشخصات ساختمان و آیین‌نامه مرجع دارد که در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

در مطالب بالا نشان داده شد، برای ستون فولادی و با طراحی بر اساس آیین‌نامه‌های طراحی سازه‌ای (مانند مبحث دهم مقررات ملی ساختمان)، به طور کلی دماهای حدود

۵۵۰ درجه سلیسیوس، دمای بحرانی محسوب می‌شود. این در حالی است که دمای آتش‌سوزی معمولاً بسیار بیشتر بوده، بنابراین برای رسیدن به مقاومت لازم در برابر آتش، لازم است تا از پوشش‌های محافظت‌کننده استفاده شود. برای این منظور، نیاز است تا پوشش محافظ خود از مشخصات مناسب برای این هدف برخوردار باشد؛ از جمله می‌توان به نارسانایی حرارتی مناسب، چسبندگی به سطح زیر کار در دمای معمولی و در دمای بالا، عدم ایجاد خوردگی در سطح زیر کار، دارا بودن وزن مناسب و حتی‌الامکان سبک و مقاومت‌های مکانیکی مناسب را نام برد. همچنین لازم است تا حداقل ضخامت مورد نیاز برای رسیدن به مقاومت‌های مورد نظربرای ضرایب مقطع مختلف دریک جدول طراحی ضخامت تأیید شده، مشخص شده باشد.

در این مجموعه، روش‌های ارزیابی و تهیه جدول ضخامت برای پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش از نوع معدنی پاششی (که تقریباً مهم‌ترین نوع پوشش‌های اصطلاحاً ضد حریق محسوب می‌شوند) ارائه می‌شود. این جداول شامل چهار پارامتر ضریب مقطع، دمای طراحی، مدت زمان رسیدن به آن دمای طراحی و ضخامت پوشش محافظت‌کننده می‌باشد که با انتخاب سه پارامتر، پارامتر چهارم از آن قابل استخراج است. این جداول چارچوب اصلی یک مدرک گواهی‌نامه فنی برای پوشش را تشکیل می‌دهند که طراحان بر اساس آن می‌توانند ضخامت مورد نیاز برای اجرای پوشش بر روی مقاطع فولادی مورد نظر را تعیین کنند. بدیهی است که جزئیات اجرایی که جدول بر آن اساس به دست آمده، نیز باید به صورت کامل مشخص باشد. سپس راهنمای گواهی‌نامه فنی برای این محصولات ارائه می‌شود که علاوه بر جداول طراحی ضخامت، شامل مشخصات فنی متعدد می‌باشد. تنها برای مثال می‌توان چگالی، مقاومت فشاری، چسبندگی، نفوذپذیری بخار آب، دوام در برابر شرایط محیطی و مشخصات

دیگر را نام برد. برخی از این مشخصات جنبه الزامی داشته و معیارهـای ارزیـابی بـرای آنها موجود است. برخی دیگر جنبه اطلاعات طراحی داشته و بر حسب الزامات پـروژه ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

موضوع مهم دیگر، نحوه کنترل این پوشش‌ها در حین اجرا در کارگاه ساختمانی اسـت. برای این موضوع نیز یک آیین‌کار استاندارد در این مجموعه تدوین و ارائه شده است.

# فصل دوم
# چارچوب کلی - ارزیابی محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش

# بخش اول: کلیات و دامنه کاربرد

## ۲-۱ دامنه کاربرد

به طور کلی، این دستورالعمل به ارزیابی محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش پوشش‌های معدنی پاششی می‌پردازد که برای بهبود عملکرد مقاومت در برابر آتش و یا فراهم کردن حفاظت لازم در برابر آتش اجزای ساختمانی، به کار می‌روند.

با این وجود، فصل دوم (حاضر)، به بررسی اجمالی، تمام محصولات پوشش‌های واکنش‌زا (پف‌کننده) برای محافظت در برابر آتش اعضای فولادی، اندودها و پوشش‌های معدنی ، تخته‌ها و صفحات محافظت‌کننده در برابر آتش، می‌پردازد.

در سایر فصول این دستورالعمل، فقط به مواد محافظت‌کننده معدنی پاششی پرداخته شده و بررسی مفصل‌تر دیگر محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش، شامل مواد

پف‌کننده پاششی (مانند رنگ‌ها) و صفحات محافظت‌کننده در برابر آتش (مانند تخته گچی) در ویرایش‌های آتی این دستورالعمل به آنها پرداخته خواهد شد.

این محصولات محافظ ممکن است سایر جنبه‌های عملکرد در برابر آتش (مانند واکنش در برابر آتش) را نیز بهبود بخشند، ولی نقش اصلی آن‌ها، بهبود عملکرد مقاومت در برابر آتش است.

این دستورالعمل استفاده از محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش را برای کارهای عمرانی که در آن‌ها سناریوهای خاص آتش مورد توجه باشد (مانند تونل‌ها یا نیروگاه‌های هسته‌ای) پوشش نمی‌دهد. همچنین محصولاتی که فقط به منظور بهبود رفتار واکنش در برابر آتش فرآورده‌های ساختمانی به کار می‌روند، تحت پوشش این دستورالعمل قرار نمی‌گیرند (مانند مواد کندسوزکننده).

## ۲-۲ دسته‌بندی کاربردها

### ۲-۲-۱ دسته‌بندی کاربردهای مربوط به شرایط آب و هوایی

با توجه به امکان کاربرد پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش در معرض شرایط جوی مختلف، ممکن است کاربرد یک پوشش محافظ در شرایط آب و هوایی یا شرایط خورنده مشخصی دارای محدودیت‌هایی باشد. برای ارزیابی و تعیین این محدودیت‌ها، روش‌های ارزیابی عملکرد پوشش‌ها در شرایط مختلف تدوین خواهد شد. از جمله این عوامل مخرب می‌توان دمای محیط؛ چرخه‌های یخ زدن/آب شدن؛ رطوبت (بخار آب)؛ آب مایع/باران؛ قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش و سایر شرایط را بر شمرد.

این عوامل بالقوه مخرب که عمر مفید و دوام محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، لازم است تا بهره‌برداران و تولیدکنندگان همواره آخرین ویرایش این دستورالعمل و راهنماهای مربوط به آن را مد نظر قرار دهند. در صورتی که روش ارزیابی دوام محصول در برابر شرایط تهاجمی مشخصی، در این دستورالعمل آورده نشده باشد، بهره بردار و تولیدکننده می‌توانند بر اساس مدارک فنی معتبر، روش ارزیابی را مشخص و توافق نمایند. همچنین در غیاب آزمون‌ها و روش‌های ملی، برای شرایط خاص خورنده و تهاجمی، از روش‌ها و نتایج آزمون‌های معتبر خارجی می‌توان استفاده کرد.

به طور کلی دسته‌بندی‌های زیر برای کاربرد محصولات محافظ در برابر آتش در شرایط آب و هوایی تعریف می‌شود:

الف– کاربرد محصول در محیط بیرونی (قرار گرفتن در معرض باران و اشعه ماوراء بنفش، قرار نداشتن در معرض باران و اشعه ماوراء بنفش)؛

ب – کاربرد محصول در محیط داخلی.

بسته به محصولات مختلف (تشریح شده در بخش‌های خاص این دستورالعمل)، تقسیم‌بندی‌های بیشتری مطابق دسته‌بندی‌های کاربرد داخلی و خارجی، ممکن است لازم شود. برای این موضوع، می‌توان از مراجع معتبر مربوط استفاده نمود.

اینکه ارزیابی محصول محافظت‌کننده در برابر آتش بر اساس استفاده در فضای داخلی و یا فضای بیرونی یا برای بیش از یکی از این دسته‌بندی‌ها صورت گیرد، بستگی به شرایط کاربرد محصول دارد.

### ۲-۲-۲ دسته‌بندی کاربرد مربوط به جزء ساختمانی مورد نظر برای محافظت

محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش را می‌توان بر اساس دسته یا خانواده اجزای ساختمانی که قرار است محافظت شوند، به شرح زیر دسته‌بندی نمود:

- نوع ۱: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش به صورت حفاظت غشایی افقی؛
- نوع ۲: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش به صورت حفاظت غشایی عمودی؛
- نوع ۳: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفاظت اجزای بتنی باربر؛
- نوع ٤: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفاظت اجزای فلزی باربر؛
- نوع ٥: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفاظت صفحات کامپوزیتی پروفیل شده بتنی تخت؛
- نوع ٦: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفاظت ستون‌های فولادی توخالی باربر، پرشده با بتن؛
- نوع ۷: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفاظت اجزای چوبی باربر؛
- نوع ۸: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش دارای مشارکت در مقاومت در برابر آتش اجزای جداکننده غیرباربر؛
- نوع ۹: محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش دارای مشارکت در مقاومت در برابر آتش برای مجموعه‌های تأسیساتی ساختمان؛
- نوع ۱۰: سایر کاربردها مرتبط با فضابندی حریق یا محافظت در برابر آتش که در ۹ دسته بالا آورده نشده باشد.

## ۲-۳ تعاریف و اصطلاحات

### ۲-۳-۱ پوشش واکنش‌زا

یک محصول محافظت‌کننده در برابر آتش که معمولاً شامل پرایمر برای حفاظت در برابر خوردگی یا به عنوان عامل چسبندگی، جزء واکنش‌زا و پوشش رویه است. جزء واکنش‌زا ممکن است یک ماده پف‌کننده، یک جاذب حرارت یا ترکیبی از هر دو باشد. این مواد واکنش‌زا ممکن است در یک یا چند لایه استفاده شوند.

### ۲-۳-۲ اندودکاری (پوشش مقاوم در برابر آتش پاششی)

یک ماده پاششی برای محافظت در برابر آتش سازه‌های فولادی، بتنی یا چوبی، متشکل از درصد عمده از هر یک از موارد زیر:

– چسباننده گچی یا سیمانی که با یک یا چند نوع سنگدانه و یا الیاف مخلوط شده است. این ترکیب (مخلوط خشک) با آب مخلوط شده تا ماده‌ای دوغابی قابل پاشش تولید شود؛

– الیاف معدنی که با یک چسباننده و یا سنگدانه مخلوط شده است. این ترکیب به صورت خشک پاشیده شده و در سر لوله با آب مخلوط می‌شود.

این محصولات پس از گیرش و سخت شدن، مقاومت در برابر آتش اعضای سازه‌ای ساختمانی فولادی، بتنی یا چوبی را بهبود می‌دهند.

### ۲-۳-۳ تخته‌ها / پانل‌ها

محصولاتی صلب با شکل مستطیلی و سطح مقطع معین هستند که ضخامت آن‌ها یکنواخت و بسیار کوچکتر از سایر ابعاد است.

### ۲-۳-٤ صفحه

محصولی نیمه‌صلب با شکل مستطیلی و سطح مقطع معین که ضخامت آن، یکنواخت و بسیار کوچکتر از سایر ابعاد است.

### ۲-۳-۵ عایق‌های الیافی

محصول الیافی انعطاف‌پذیر عایق که به صورت تخت یا لوله‌ای عرضه می‌شود. این محصول ممکن است دارای یک لایه نازک نما باشد (مثلاً برای اهداف تزئینی).

### ۲-۳-٦ تخته‌ها / پانل‌ها، عایق‌های الیافی و صفحات محافظ در برابر آتش

محصولاتی هستند که اساساً از الیاف معدنی، ورمیکولیت، سیلیکات کلسیم، سیمان، گچ یا سایر مواد مناسب تشکیل می‌شوند و به منظور فضابندی آتش ساختمان یا بهبود و یا حفظ عملکرد محافظت در برابر آتش استفاده می‌شوند.

# بخش دوم: ارزیابی مناسب بودن برای کاربرد

**الف) کاربرد دستورالعمل در فرآیند تأیید**

این دستورالعمل، اطلاعات لازم در خصوص ارزیابی یک خانواده یا گروه از محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش را ارائه می‌دهد. با توجه به ادعا و درخواست کارخانه یا تولیدکننده متقاضی اخذ گواهی‌نامه فنی، محصول مورد نظر و نحوه کاربرد آن مشخص و بر این اساس، چارچوب ارزیابی مشخص می‌شود. بنابراین برای تعدادی از محصولات نسبتاً متداول، ممکن است فقط تعدادی از آزمون‌ها و معیارهای

متناظر برای تعیین مناسب بودن محصول برای استفاده، کافی باشد. در سایر حالات، مثلاً برای محصولات خاص یا نوآوری‌ها ممکن است همه آزمون‌ها مورد نیاز باشند.

**ب) ساختار کلی ارزیابی**

ارزیابی مناسب بودن محصولات با توجه به کاربرد مورد نظر آنها در کارهای ساختمانی، فرآیندی است که در ادامه در چهار فصل زیر پوشش داده می‌شود:

– زیربخش ۲–٤: ارائه الزامات ویژه مرتبط با محصولات و کاربردهای آنها و سپس مشخصه‌های متناظر مرتبط محصولات.

– زیربخش ۲–۵: تعریف دقیق‌تر فهرست ارائه شده در زیربخش ۲–٤ و ارائه روش‌های موجود برای تصدیق مشخصه‌های ویژه محصولات و بیان اینکه چگونه الزامات و مشخصه‌های مربوطه محصولات، توصیف می‌شوند. این موضوع به وسیله آزمون‌ها، روش‌های محاسبه و غیره (بر مبنای انتخاب روش‌های مناسب) انجام می‌شود.

– زیربخش ۲–٦: راهنمایی در خصوص روش‌های ارزیابی و قضاوت، به منظور تأیید مناسب بودن برای کاربرد مورد نظر محصولات.

– زیربخش ۲–۷: فرضیات و پیشنهاداتی برای ارزیابی مناسب بودن محصول برای کاربرد مورد نظر.

**ج) عمر مفید فرض شده برای محصولات ساختمانی**

ضوابط آزمون‌ها و روش‌های ارزیابی که در این دستورالعمل ارائه شده است با فرض عمر مفید محصول برابر ۱۰ سال یا حداقل ۲۵ سال تهیه شده، به شرطی که محصول در معرض شرایط مناسب بهره‌برداری و نگهداری قرار داشته باشد. این ضوابط بر اساس وضعیت موجود دانش فنی و تجربیات ارائه شده است. اطلاعات تکمیلی در این خصوص در ویرایش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

## ۲-۴ الزامات مورد نیاز برای کارها و ارتباط آن با مشخصه‌های محصولات

### آشنایی با مفهوم «مناسب بودن برای کاربرد»

مناسب برای کاربرد مورد نظر بودن یک محصول ساختمانی بدان معنی است که این محصول دارای مشخصه‌هایی است که اگر به درستی طراحی و ساخته شده باشد، الزامات اساسی را (به شرط رعایت ضوابط مربوط) برآورده می‌کند و برای کاربرد مورد نظر مناسب است و یک عمر مفید منطقی اقتصادی را (در صورتی که به طور معمول حفظ و نگهداری شود) برآورده می‌کند.

ارزیابی مناسب بودن یک محصول ساختمانی برای کاربرد مورد نظر، شامل موارد زیر می‌باشد:

- شناسایی مشخصات محصول که با مناسب بودن آن برای کاربرد مرتبط هستند (مشخصات مقرراتی)؛
- تعریف روش‌هایی برای بررسی و تأیید مشخصات کنترلی محصول و بیان عملکردهای مربوط؛
- گزینه «عملکرد تعیین نشده» به این معنا است که برای مشخصه مورد نظر، بر اساس این دستورالعمل تعیین عملکرد الزامی نیست. بدیهی است که در این صورت، تطبیق مشخصات با الزامات مباحث مقررات ملی ساختمان کماکان باید صورت گیرد.

### ارتباط الزامات با مشخصات محصول و روش‌های ارزیابی و تصدیق

مشخصات محصول، معیارهای ارزیابی و روش‌های تأیید که مربوط به مناسب بودن محصولات محافظ در برابر آتش برای استفاده مورد نظر می‌باشد و در زیربخش ۲-۲

اشاره شده، در جدول ۲–۱ ارائه شده است. برای محصولات مختلف محافظ در برابر آتش، به فصل اختصاصی آن در این دستورالعمل مراجعه شود.

**یادآوری:** در این ویرایش از دستورالعمل، تنها دستورالعمل‌های لازم برای ارزیابی پوشش‌های معدنی پاششی محافظت‌کننده در برابر آتش برای سازه‌های فولادی ارائه شده و سایر ضوابط در ویرایش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

**جدول ۲–۱: مشخصه‌های محصول و روش‌های ارزیابی و تصدیق**

| ردیف | مشخصه محصول | گزینه «عملکرد تعیین نشده» | روش ارزیابی و تصدیق | بیان عملکرد محصول |
|---|---|---|---|---|
| الزام اساسی ۱: مقاومت مکانیکی و پایداری | | | | |
| | غیرمربوط | | | |
| الزام اساسی ۲: ایمنی در آتش‌سوزی | | | | |
| ۱ | واکنش در برابر آتش | طبقه F مطابق با INSO 8299-1 | بندهای ۲–۵–۲–۱ و ۲–۶–۲–۱ | طبقات A تا F مطابق با INSO 8299-1 |
| ۲ | مقاومت در برابر آتش، بند ۲–٤–۲–۳ | غیر مجاز | بندهای ۲–۵–۲–۲ و ۲–۶–۲–۲ | طبقه‌بندی مطابق با EN 13501 |
| الزام اساسی ۳: بهداشت، سلامتی و شرایط محیطی | | | | |
| ۳ | نفوذ هوا | مجاز | بندهای ۲–۵–۳–۱ و ۲–۶–۳–۱ | ارزیابی یا مقدار اعلام شده |
| ٤ | نفوذ آب | مجاز | بندهای ۲–۵–۳–۱ و ۲–۶–۳–۱ | ارزیابی یا مقدار اعلام شده |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۵ | مقدار و رها شدن مواد خطرناک | مجاز | بندهای ۲-۵-۳-۲ و ۲-۶-۳-۲ | نشانگر مواد خطرناک یا «بدون مواد خطرناک» |
| الزام اساسی ٤: ایمنی در حین بهره‌برداری | | | | |
| ٦ | مقاومت مکانیکی و پایداری | مجاز | بندهای ۲-۵-٤-۱ و ۲-٦-٤-۱ | مقادیر یا ترازهای اعلام شده و غیره، در صورت مقتضی |
| ۷ | مقاومت در برابر ضربه/حرکت | مجاز | بندهای ۲-۵-٤-۲ و ۲-٦-٤-۲ | مقادیر یا ترازهای اعلام شده و غیره، در صورت متقضی |
| ۸ | چسبندگی [۱*] | مجاز | بندهای ۲-۵-٤-۳ و ۲-٦-٤-۳ | مقادیر یا ترازهای اعلام شده و غیره، در صورت متقضی |
| الزام اساسی ۵: محافظت در برابر صدا | | | | |
| ۹ | عایق‌بندی صدای هوابرد | مجاز | بندهای ۲-۵-۵-۱و ۲-٦-۵-۱ | میزان تراز |
| ۱۰ | جذب صدا | مجاز | بندهای ۲-۵-۵-۲و ۲-٦-۵-۲ | میزان تراز |
| ۱۱ | عایق‌بندی صدای کوبه‌ای | مجاز | بندهای ۲-۵-۵-۳ و ۲-٦-۵-۳ | میزان تراز |
| الزام اساسی ٦: صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما | | | | |
| ۱۲ | مشخصات حرارتی | مجاز | بندهای ۲-۵-٦-۱ و ۲-٦-٦-۱ | مقادیر یا ترازهای اعلام شده و غیره، بر حسب مورد |
| ۱۳ | نفوذپذیری بخار آب [۲*] | مجاز | بندهای ۲-۵-٦-۲ و | مقادیر یا ترازهای اعلام شده و غیره، بر حسب مورد |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ۲-٦-٦-۲ | |
| **جنبه‌های عمومی مناسب بودن برای کاربرد مورد نظر *۳** | | | | |
| ١٤ | دوام | غیرمجاز | بندهای ۲-۵-۷-۱ و ۲-٦-۷-۱ | الزامات ویژه و نحوه ارزیابی‌ها در قسمت‌های خاص مربوطه در این راهنما توصیف شده است. |
| ١٥ | شناسایی | غیرمجاز | بندهای ۲-۵-۷-۲ و ۲-٦-۷-۲ | الزامات ویژه و نحوه ارزیابی‌ها در قسمت‌های خاص مربوطه در این راهنما توصیف شده است. |

***۱- برای محصولات خاص، می‌تواند به عنوان مقاومت چسبندگی به سطح زیر کار به کار برده شود.**

***۲- این مشخصه، مرتبط با الزام اساسی ۳ نیز می‌باشد.**

***۳- آن جنبه‌هایی از دوام و اقتصاد کارها، که در الزامات اساسی ۱ تا ٦ پوشش داده نشده باشد.**

## ۲-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

این الزام اساسی، به محصولات محافظ‌کننده در برابر آتش، مربوط نمی‌شود.

## ۲-٤-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی

موارد زیر در رابطه با عملکرد در برابر آتش مربوط به محصولات محافظ در برابر آتش می‌باشد:

### ۲-٤-۲-۱ واکنش در برابر آتش

عملکرد واکنش در برابر آتش محصول محافظت‌کننده در برابر آتش و یا اجزای یک مجموعه از آن، با توجه به کاربرد نهایی مورد نظر آن، باید مطابق با ضوابط و مقررات باشد.

### ۲-٤-۲-۲ مقاومت در برابر آتش

عملکرد مقاومت در برابر آتش عضو ساختمانی یا تأسیساتی که محصول محافظت‌کننده در برابر آتش ممکن است بخشی از آن را تشکیل دهد، با توجه به کاربرد نهایی آن، باید مطابق با ضوابط و مقررات باشد. گزینه «عملکرد تعیین نشده» برای محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش قابل استفاده نیست.

## ۲-٤-۳ بهداشت، سلامت و شرایط محیطی

### ۲-٤-۳-۱ نفوذپذیری هوا و یا آب

در صورتی که اقتضا نماید، طراحی محصول محافظ در برابر آتش، باید مطابق با ضوابط و مقررات باشد جایی که محصول جزئی از قطعه نهایی است.

### ۲-٤-۳-۲ رهاسازی مواد خطرناک

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید به گونه‌ای باشد که در حین و پس از اجرا، باعث انتشار گازهای سمی و مضر، ذرات خطرناک یا تشعشع به محیط داخلی یا موجب آلودگی محیط خارجی (هوا، خاک یا آب) نشود. تولیدکننده باید از استفاده از چنین موادی در محصول خودداری نموده، کلیه مسئولیت‌های حقوقی در صورت وجود مواد مضر در ترکیب محصول محافظت‌کننده در برابر آتش بر عهده تولیدکننده می‌باشد. متقاضی باید ترکیب کلی محصول و یا اجزای محصول را به مرجع صدور گواهی‌نامه فنی ارائه دهد. مرجع صدور گواهینامه فنی باید شرایط لازم و مطمئن برای محرمانه بودن اطلاعات را مهیا و رعایت نماید. همچنین استفاده از هر گونه مواد بازیافتی باید به مرجع صدور گواهی‌نامه فنی اعلام شود. در صورت تردید در مورد

وجود مواد مضر، مرجع صدور گواهینامه فنی می‌تواند آزمون‌های لازم را تعیین و به برنامه گواهینامه فنی اضافه نماید.

## ۲-٤-٤ ایمنی در حین بهره‌برداری

مشخصه‌های محصول محافظت‌کننده در برابر آتش که تراز خطرپذیری در حین بهره برداری را برای ساکنین تحت تأثیر قرار می‌دهند می‌تواند شامل مواردی مانند شکل هندسی، لبه‌های تیز، سطح زبر و از این قبیل باشد که برای محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش بر حسب جنبه‌های عملکردی مربوط به الزامات اساسی در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

### ۲-٤-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید مقاومت مکانیکی کافی برای تحمل بارهای استاتیکی و یا دینامیکی مورد انتظار در شرایط عادی جابجایی، حین اجرا و شرایط بعد از اجرا (شامل تعمیر و نگهداری) را داشته باشد. این بارها می‌توانند شامل وزن خود محصول، تغییرات ابعادی به دلیل تغییرات دما یا شرایط رطوبتی یا تغییرات ناشی از آن، بارهای باد و برف و غیره و همچنین شامل بارهای اعمال شده به محصول از طریق یک سیستم تکیه‌گاهی یا نگه‌دارنده باشد.

### ۲-٤-٤-۲ مقاومت در برابر ضربه / جابجایی

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش پس از اجرا باید مقاومت مکانیکی و پایداری کافی برای تحمل بارهای بزرگ تصادفی استاتیکی یا دینامیکی ناشی از افراد یا اجسام را، بدون فروپاشی کامل یا جزئی ایجادکننده قطعات خطرناک (تیز یا برنده)، بدون

ریسک سقوط به ویژه در تغییرات تراز ارتفاع را داشته باشد، به گونه‌ای باعث ایجاد خطر برای افراد نشود.

### ۲-٤-٤-۳ چسبندگی

برای محصولات محافظت کننده در برابر آتش که مستقیماً به سطح زیر کار چسبیده‌اند، باید جابجایی‌های ناشی از تغییرات دمایی، تنش و سایر جابجایی‌های قابل انتظار در دوران بهره‌برداری را تحمل کنند.

صرف نظر از هر گونه الزامات عملکردی در الزامات اساسی شماره ٤ (مراجعه شود به جدول ۲-۱)، در کاربرد در نظر گرفته شده برای محصولات محافظ در برابر آتش، لازم است چسبندگی آنها به سطح زیر کار (مثلاً مقاومت چسبندگی، قابلیت چسبندگی) با توجه به عملکردشان در برابر آتش، بررسی شود.

الزامات حداقل مقاومت چسبندگی پوشش محافظت‌کننده معدنی پاششی به زیر کار در جدول ۲-۲ ارائه شده است.

**جدول ۲-۲: حداقل مقادیر مقاومت چسبندگی پوشش‌های محافظ حریق**

| ارتفاع ساختمان (m) از تراز زمین | حداقل مقاومت چسبندگی (kPa) |
|---|---|
| تا ۲۳ | ۷/۲ |
| ۲۳ تا ۱۲۸ | ۲۱ |
| بیش از ۱۲۸ | ٤۸ |

همچنین لازم است تا مقدار چسبندگی با الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان مطابقت نماید.

### ۲-٤-٥ عایق‌بندی در برابر صدا

#### ۲-٤-٥-۱ عایق‌بندی در برابر صدای هوابرد

انتقال صدای هوابرد از محصول محافظت‌کننده در برابر آتش پس از اجرا باید برحسب نوع کاربرد آن مطابق با مقررات ملی ساختمان باشد. در این حالت، گزینه «عملکرد تعیین نشده» امکان‌پذیر است.

#### ۲-٤-٥-۲ جذب صدا

جذب صدای محصول محافظت‌کننده در برابر آتش پس از اجرا باید برحسب نوع کاربرد آن مطابق با مقررات ملی ساختمان باشد. در این حالت، گزینه «عملکرد تعیین نشده» امکان‌پذیر است.

#### ۲-٤-٥-۳ عایق‌بندی صدای کوبه‌ای

عایق‌بندی صدای کوبه‌ای محصول محافظت‌کننده در برابر آتش پس از اجرا باید برحسب نوع کاربرد آن مطابق با مقررات ملی ساختمان باشد. در این حالت، گزینه «عملکرد تعیین نشده» امکان‌پذیر است.

### ۲-٤-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

#### ۲-٤-٦-۱ عایق‌بندی حرارتی

انتقال / مقاومت حرارتی محصول محافظت‌کننده در برابر آتش پس از اجرا باید برحسب نوع کاربرد آن مطابق با مقررات ملی ساختمان باشد. در این حالت، گزینه «عملکرد تعیین نشده» امکان‌پذیر است.

اگر هر گونه ناپیوستگی در سیستم سرهم بندی شده، برای مثال، یک قاب نگـه‌دارنـده یا یک سیستم گیردار، وجود داشته باشد، لازم اسـت اثـر پـل حرارتـی در آن در نظـر گرفته شود.

### ۲-٤-٦-۲ نفوذپذیری بخار آب

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید طوری طراحی، ساخته و نصـب شـود کـه انتقال رطوبت باعث تراکم زیاد بخار آب در داخـل کارهـای اجـرا شـده یـا بـر روی سطوح داخلی، نشود (این موضوع همچنین می‌تواند مرتبط با الـزام اساسـی شـماره ۳ باشد).

## ۲-٤-۷ جنبه‌های دوام و شناسایی

### ۲-٤-۷-۱ دوام

دوام محصول محافظت‌کننده در برابر آتش لازم است مطابق با این دستورالعمل، مورد ارزیابی قرار گیرد.

### ۲-٤-۷-۲ شناسایی

#### ۲-٤-۷-۲-۱ روش‌های شناسایی

محصولی که موضوع گواهی‌نامه فنی است، باید به وسیله یک مورد یا چند مورد زیـر شناسایی شود:

- آزمون مشخصه‌های محصول مطابق دیگر بخش‌های مربوطه در این دستورالعمل؛
- تشخیص ماهیت؛
- فرمولاسیون؛
- پارامترهای فرآیند تولید؛

– محاسبات، جزئیات و نقشه‌ها.

### ۲-٤-۷-۲-۲ اجزا در بسته‌ها (Kits)

برای محصولاتی که به صورت یک پکیج ارائه می‌شود، دریافت کننده گواهی‌نامه فنی با توجه به ضوابط اجزا، گزینه‌های پیش‌رو را دارد و این گزینه‌ها به وسیله مرجع صدور گواهی‌نامه فنی در نظر گرفته خواهد شد:

– استفاده از اجزا معین؛ یعنی اجزا از یک تأمین‌کننده خاص، دریافت شده که به وسیله مرجع تأیید کننده، بر اساس عملکردشان در کاربرد، مورد قبول واقع شده است.

– استفاده از اجزای نوعی (ژنریک)؛ یعنی اجزا بر اساس تطابق با استاندارد مربوطه که به طور کامل کاربرد محصول را پوشش داده، مورد قبول مرجع صدور گواهی‌نامه فنی واقع شده است.

گواهی‌نامه فنی برای یک پکیج، بر اساس اطلاعات و داده‌های بدست آمده، صادر شده و به وسیله مرجع تأییدکننده، نگهداری شده و بیانگر پکیج و اجزای آن است که مورد ارزیابی و قضاوت قرار گرفته است. تغییرات در آن دسته از اجزای یک پکیج یا فرآیند تولید که می‌تواند منجر به نادرستی اطلاعات ثبت شده موجود شود، باید قبل از اعمال تغییرات، به مرجع صدور گواهی‌نامه فنی اعلام شود. مرجع صدور گواهی‌نامه فنی تصمیم خواهد گرفت که آیا این تغییرات، گواهی‌نامه فنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و آیا ارزیابی بیشتر و تغییر در گواهی‌نامه فنی لازم است. جایی که یک جزء بر اساس تولیدکننده خاص آن تعریف شده یا ضوابط عمومی به طور کامل مناسب بودن یک جزء برای استفاده در محصول محافظت‌کننده در برابر آتش را پوشش نمی‌دهد، هر گونه تغییر بر مبنای ارزیابی‌های اضافی لازم به وسیله مرجع صادرکننده گواهی‌نامه فنی، قابل قبول خواهد بود. عموماً در چنین حالاتی، صدور یک

گواهی‌نامه فنی اصلاح شده و تصحیح در دستورالعمل‌ها و اعلام به مراجع ذیصلاح، ضروری خواهند بود.

هنگامی که یک جزء از یک محصول محافظ در برابر حریق، به طور کلی مشخص می‌شود برای مثال، با ارجاع به یک استاندارد و کفایت آن ضابطه برای اثبات مناسب بودن استفاده از آن جزء در محصول مورد قبول مرجع صدور گواهی‌نامه فنی قرار گرفته باشد و در گواهی‌نامه فنی صادره، ذکر شده، در این صورت تغییر تأمین کننده جزء، قابل قبول خواهد بود.

با هر گونه تعویض یک جزء از محصول محافظ در برابر آتش، باید اطمینان حاصل شود که جزء جدید اثر منفی بر روی تراز عملکردی یا عمر محصول ندارد.

اطلاعات مفصل در بخش‌های خاص مربوطه از این دستورالعمل ارائه شده است.

## ۲-۵ روش‌های تصدیق

### ۲-۵-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

این الزام ضروری مربوط به این محصولات نمی‌شود.

### ۲-۵-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی

#### ۲-۵-۲-۱ واکنش در برابر آتش

**حالت ۱:** حالت عادی

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید با استفاده از روش (های) آزمون مربوطه برای تعیین کلاس واکنش در برابر آتش، به منظور طبقه‌بندی مطابق با INSO 8299-1 آزمون شود.

ضوابط تعبیه و نصب که برای آزمون محصول محافظ در برابر آتش، لازم در نظر گرفته شده‌اند و برای کاربرد مورد نظر آن محصول، اجرا می‌شوند، در صورت نیاز، در قسمت‌های خاص مربوطه در این مجموعه دستورالعمل مشخص شده‌اند.

**حالت ۲:** محصولاتی که الزامات طبقه A واکنش در برابر آتش را بدون نیاز به آزمون برآورده می‌کنند. فهرست این محصولات در راهنمای مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا به صورت مقتضی دیگر اعلام خواهد شد.

### ۲-۵-۲-۲ مقاومت در برابر آتش

بخشی از کارهای انجام شده یا سیستم مونتاژ شده که در آن محصول محافظت‌کننده در برابر آتش برای نصب یا اجرا مورد نظر است، باید با استفاده از روش آزمون مناسب برای طبقه مقاومت در برابر آتش متناظر، برای طبقه‌بندی مطابق INSO 8299-2 مورد آزمون قرار گیرد.

اطلاعات مفصل در بخش خاص مربوطه در این دستورالعمل ارائه شده است.

### ۲-۵-۳ بهداشت، سلامت و محیط زیست

#### ۲-۵-۳-۱ نفوذپذیری هوا و آب

برای برخی از محصولات محافظ در برابر آتش، تعیین میزان نفوذپذیری هوا و آب، نیاز است.

#### ۲-۵-۳-۱-۱ نفوذپذیری هوا

نفوذپذیری هوا در محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید با مقایسه راه‌حل‌های طراحی متقاضی گواهی‌نامه فنی با جزئیات ساخت استاندارد و تجربه فنی موجود، ارزیابی شود.

اگر نفوذپذیری هوا نتواند با استفاده از دانش موجود، مثلاً به دلیل ناآشنایی یا راه حل‌های نوآورانه برای جزئیات مربوط به ساخت، مورد ارزیابی قرار گیرد، آزمون باید تحت مسئولیت مرجع صدور گواهی‌نامه فنی انجام شود.

### ۲-۵-۳-۱-۲ نفوذ پذیری آب

نفوذپذیری آب (نفوذ آب مایع) در محصولات محافظ در برابر آتش به منظور استفاده در محیط‌های بیرونی یا داخلی، باید با مقایسه راه‌حل‌های طراحی متقاضی گواهی‌نامه فنی با جزئیات ساخت استاندارد و روش مناسب مهندسی، ارزیابی شود.

اگر نفوذپذیری آب نتواند با استفاده از دانش موجود، مثلاً به دلیل راه حل‌های ناشناخته یا نوآورانه برای جزئیات مربوط به ساخت، مورد ارزیابی قرار گیرد، آزمون و ارزیابی به تشخیص مرجع صدور گواهی‌نامه فنی صورت می‌گیرد.

### ۲-۵-۳-۲ مقدار و یا رها شدن مواد خطرناک

در صورت نیاز، مرجع صدور گواهی‌نامه فنی باید نسبت به ارزیابی مقدار و یا رها شدن مواد خطرناک با استفاده از مراجع معتبر اقدام نماید.

## ۲-۵-٤ ایمنی در حین بهره‌برداری

### ۲-۵-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

برای محصولات خاص محافظت‌کننده در برابر آتش، مقاومت مکانیکی و پایداری باید مطابق با روش‌های آزمون ارائه شده در بخش خاص مربوطه در این دستورالعمل تصدیق شود.

### ۲-۵-٤-۲ مقاومت در برابر ضربه / جابجایی

برای محصولات خاص محافظت‌کننده در برابر آتش، مقاومت در برابر ضربه باید مطابق با روش‌های آزمون ارائه شده در بخش خاص مربوطه در این دستورالعمل تصدیق شود.

### ۲-۵-٤-۳ چسبندگی

برای محصولات خاص محافظت‌کننده در برابر آتش، چسبندگی باید مطابق با روش‌های آزمون ارائه شده در بخش خاص مربوطه در این دستورالعمل تصدیق شود.

## ۲-۵-۵ محافظت در برابر صدا

در صورتی که که تولیدکننده مدعی عملکرد آکوستیکی محصول است، مرجع صدور گواهی‌نامه فنی باید این موضوع را مطابق با مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان و استانداردهای مربوط تأیید نماید.

## ۲-۵-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

### ۲-۵-٦-۱ عایق‌بندی حرارتی

ضریب هدایت حرارتی باید بر اساس استانداردهای ملی ایران تعیین شود.

ضریب هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی محصول، باید برحسب استانداردهای ملی تعیین گردد. در صورت ادعای متقاضی در مشارکت محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، باید مطابق با مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ارزیابی گردد.

### ۲-۵-۶-۲ نفوذپذیری بخار آب

در صورت لزوم، ضریب انتقال بخار آب باید بر اساس مقادیر جدول‌بندی شده در استانداردهای مربوط مانند EN 12086 (INSO 7299) تعیین شود. اگر متقاضی مقادیر معینی را برای ضریب انتقال بخار آب اعلام نماید، این مقادیر باید مطابق EN 12086 (INSO 7299) یا EN ISO 12572 آزمون و ارزیابی شود.

## ۲-۵-۷ جنبه‌های دوام

### ۲-۵-۷-۱ دوام

محصولات محافظ کننده در برابر آتش باید با توجه به عوامل زیر مورد ارزیابی قرار گیرند:

- عوامل فیزیکی؛
- عوامل شیمیایی؛
- عوامل بیولوژیکی.

در موارد لازم، تأثیر احتمالی دماهای بالا باید بخشی از روند ارزیابی باشد.

روش‌های آزمون در صورت نیاز، با توجه به دسته‌بندی‌های کاربرد، در بخش خاص مربوطه در این دستورالعمل توصیف شده است.

**حمله بیولوژیکی**

محصولات محافظ‌کننده در برابر آتش ممکن است تحت تأثیر اثرات بیولوژیکی، یعنی رشد کپک و یا در معرض تخریب ناشی از حمله حشرات یا پستانداران، مثلاً جوندگان قرار گیرند. در این دستورالعمل هیچگونه ارزیابی برای این موضوع ارائه نشده است.

### ۲-۵-۷-۲ شناسایی

بسته به ماهیت و نوع محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، تکنیک‌ها و فرآیندهای مختلف شناسایی باید (یا به صورت تکی یا ترکیبی) در نظر گرفته شود.

هر روشی که استفاده شود، شناسایی رواداری‌های اجرایی، در رابطه با نتایج / داده‌های جمع‌آوری شده، ضروری است. اطلاعات دقیق در مورد روش‌های آزمون مربوط به شناسایی محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، در قسمت‌های خاص مربوطه در این دستورالعمل، ارائه شده است.

مثال‌هایی از تکنیک‌ها و فرآیندهای مختلف شناسایی که باید به صورت تکی یا ترکیبی (غیرفراگیر) در نظر گرفته شود، عبارتند از:

– تشخیص ماهیت (به عنوان مثال مادون قرمز، کروماتوگرافی گازی، آنالیز حرارتی وزنی)؛

– فرمولاسیون (به عنوان مثال ساختار شیمیایی، دستورالعمل‌ها، ترکیب مواد اولیه، مقادیر، اجزا مشخص شده به وسیله مشخصه‌ها، تطابق با سایر ویژگی‌های مثلاً استانداردهای ملی ایران یا معتبر یا با جرم، حجم، درصد)؛

– پارامترهای فرآیند تولید (به عنوان مثال دما، فشار، زمان، کدهای محصول / تولید)؛

– آزمون مشخصه‌های فیزیکی (مانند شکل هندسی، چگالی، مقاومت مکانیکی)؛

– محاسبات، جزئیات، نقشه‌ها.

مشخصه‌های محصول مرتبط با کنترل‌های مربوط به شناسایی، در بخش‌های خاص مربوطه در این دستورالعمل تعیین می‌شود.

## ۲-٦ ارزیابی و داوری در مورد مناسب بودن محصول برای کاربرد مورد نظر

### ۲-٦-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

بدون الزامات / غیرمرتبط

### ۲-٦-۲ ایمنی در آتش‌سوزی

#### ۲-٦-۲-۱ واکنش در برابر آتش

محصول / مجموعه و یا اجزای محافظت‌کننده در برابر آتش باید مطابق استاندارد ایران INSO 8299-1 طبقه‌بندی شوند.

#### ۲-٦-۲-۲ مقاومت در برابر آتش

سیستم یا جزء ساختمانی و یا بخشی از آن، که به وسیله محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، محافظت شده است، باید مطابق استاندارد ایران INSO 8299-2، طبقه‌بندی شود.

### ۲-٦-۳ بهداشت، سلامتی و محیط زیست

#### ۲-٦-۳-۱ نفوذپذیری هوا و آب

نفوذپذیری هوا و آب محصول محافظت‌کننده در برابر آتش از نظر کیفی یا کمی بسته به نوع ارزیابی باید مشخص شود. برای برخی از محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش، رقم به دست آمده تنها برای آن مجموعه ارزیابی شده صادق است و این اطلاعات باید در گواهی‌نامه فنی درج شود. همچنین در اینجا در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

### ۲-٦-۳-۲ مقدار و یا رها شدن مواد خطرناک

مرجع صدور گواهی‌نامه فنی در صورت تشخیص، نسبت به تعیین و ارزیابی مواد خطرناک اقدام می‌نماید.

## ۲-٦-٤ ایمنی در کاربرد

### ۲-٦-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

معیارها و نحوه ارائه نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی در بخش خاص مربوطه از این دستورالعمل مشخص شده است. در اینجا در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

### ۲-٦-٤-۲ مقاومت در برابر ضربه

معیارها و نحوه ارائه نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی در بخش خاص مربوطه از این دستورالعمل مشخص شده است. در اینجا در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

### ۲-٦-٤-۳ چسبندگی

معیارها و نحوه ارائه نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی در بخش خاص مربوطه از این دستورالعمل مشخص شده است. در اینجا در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

### ۲-٦-٥ محافظت در برابر صدا

در صورت ادعای متقاضی، مرجع صدور گواهی‌نامه فنی باید این موضوع را مطابق با مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان و استانداردهای مربوط ارزیابی و تأیید نماید.

در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

## ۲-٦-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

### ۲-٦-٦-۱ عایق‌بندی حرارتی

بر اساس روش ارزیابی انجام شده، مقادیر جدول‌بندی شده یا اندازه‌گیری شده برای $\lambda$ (بر حسب $W/mK$)، مقاومت حرارتی $R$ (بر حسب $m^2K/W$) یا ضریب انتقال حرارتی کل $U$ (بر حسب $W/m^2K$)، محاسبه شده در صورت مقتضی بر اساس استانداردهای ملی ایران باید اعلام شود. مرجع مقادیر اعلام شده یا استاندارد به کار رفته برای تعیین مقادیر، باید ذکر شود.

در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

### ۲-٦-٦-۲ نفوذپذیری بخار آب

مقدار جدول‌بندی شده یا اندازه‌گیری شده برای ضریب انتقال بخار آب (مقدار $\mu$) باید اعلام شود. مرجع مقادیر یا استاندارد استفاده شده برای تعیین مقادیر، باید ذکر شود.

در اینجا در صورت صلاحدید مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، عدم تعیین این عملکرد مجاز است.

## ۲-٦-۷ جنبه‌های دوام و شناسایی

### ۲-٦-۷-۱ دوام

مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، باید اثرات احتمالی ناشی از محدودیت‌های اعلام شده بر روی عملکرد سیستم مونتاژ شده را ارزیابی نماید، که به عنوان مثال می‌تواند به صورت‌های زیر باشد:

– اعلام شده از نظر فیزیکی؛

– اعلام شده از نظر شیمیایی؛

– اعلام شده از نظر بیولوژیکی.

گواهی‌نامه فنی باید شامل نتایج ارائه شده به صورت عبارات کمی یا کیفی ناشی از روش‌های ارزیابی به کار رفته به منظور تأیید جنبه‌های دوام و خدمت‌رسانی محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، مربوط به یک یا چند الزام ضروری، باشد.

### ۲-٦-۷-۲ شناسایی

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید به طور واضح مشخص شود. در صورت امکان، به استانداردهای اروپایی باید ارجاع شود.

تمام اجزاء و مواد اولیه باید به نحو مناسب، شناسایی شوند و همچنین تا جای ممکن، نام‌های تجاری مواد خام که نشان‌دهنده خواص شیمیایی و فیزیکی آن‌ها باشد، مشخص شوند. روش‌های آزمون در بخش‌های خاص مربوطه در این دستورالعمل ارائه شده است.

گواهی‌نامه فنی برای محصول یا پکیج محافظت‌کننده در برابر آتش بر اساس داده‌ها / اطلاعات درست بدست آمده و نگهداری شده توسط مرجع صدور گواهی‌نامه فنی، صادر می‌شود و محصول / پکیج مورد ارزیابی را مشخص می‌کند.

تغییرات در ترکیب یا فرآیند تولید قبل از اعمال باید به اطلاع مرجع صادرکننده گواهی‌نامه فنی برسد تا داده‌ها / اطلاعات ثبت شده، نقض نشوند. مرجع صادرکننده گواهی‌نامه فنی تصمیم خواهد گرفت که آیا این تغییرات، گواهی‌نامه فنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و یا ارزیابی بیشتر و تغییر در گواهی‌نامه فنی لازم است.

جایی که یک جزء بر اساس تولیدکننده خاص آن تعریف شده یا ضوابط عمومی به طور کامل مناسب بودن یک جزء برای استفاده در محصول محافظت‌کننده در برابر آتش را پوشش نمی‌دهد، هر گونه تغییر بر مبنای ارزیابی‌های اضافی لازم به وسیله مرجع صادرکننده گواهی‌نامه فنی، قابل قبول خواهد بود.

عموماً در چنین حالاتی، صدور یک گواهی‌نامه فنی اصلاح شده و تصحیح در دستورالعمل‌ها، ضروری خواهد بود.

هنگامی که یک جزء از یک محصول محافظت‌کننده در برابر حریق، به طور کلی مشخص می‌شود برای مثال، با ارجاع به یک استاندارد و کفایت آن ضابطه برای اثبات مناسب بودن استفاده از آن جزء در محصول مورد قبول مرجع صدور گواهی‌نامه فنی قرار گرفته و در گواهی‌نامه فنی صادره، ذکر شده، در این صورت تغییر تأمین کننده جزء قابل قبول خواهد بود.

با هر گونه تعویض یک جزء از محصول محافظت‌کننده در برابر آتش، باید اطمینان حاصل شود که جزء جدید اثر منفی بر روی تراز عملکردی یا عمر محصول ندارد.

## ۲-۷ فرضیات و توصیه‌هایی برای مناسب بودن کاربرد محصول ارزیابی شده

### ۲-۷-۱ طراحی کارها

محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید با این فرض مورد ارزیابی قرار گیرد که عضو ساختمانی / تأسیساتی که به آن متصل می‌شود یا مجموعه‌ای که در آن قرار می‌گیرد، امکان تثبیت مناسب در محل را فراهم می‌کند و تنش بیش از حدی که در طرح آن محصول در نظر گرفته نشده باشد، اعمال نمی‌شود. چنین تنشی می‌تواند ناشی از مثلاً تغییر مکان‌های حرارتی یا نشست سازه‌ای باشد. قسمت‌های خاص مربوط از این دستورالعمل در هر جا که ممکن باشد، راهنمایی‌های لازم در این خصوص را ارائه می‌کند.

### ۲-۷-۲ بسته‌بندی، حمل و انبار

مرجع تأییدکننده باید کنترل کند که تولیدکننده اقدامات احتیاطی لازم برای محدود کردن خطر آسیب یا تخریب در حین حمل و انبار را انجام می‌دهد.

الزامات خاص در بخش‌های خاص مربوطه در این دستورالعمل ارائه شده است.

### ۲-۷-۳ اجرای کارها

نصب محصول محافظت‌کننده در برابر آتش باید با توجه به شرایط معمول کارگاه ساختمانی، قابل اجرا باشد و فرض بر این است که نصب توسط افراد آموزش‌دیده انجام می‌شود.

تولیدکننده باید دستورالعمل نصب برای محصول خود ارائه کند. توجه باید کرد که در گواهی‌نامه فنی، در نظر گرفتن میزان آموزش مجریان نصب در هر گونه اقدام احتیاطی خاصی در هنگام نصب محصول، ضروری است.

جنبه‌های خاص مربوط به محصولات مختلف، در بخش‌های مربوط از این دستورالعمل ارائه شده است.

### ۲-۷-٤ نگهداری و تعمیر

ارزیابی مناسب بودن برای کاربرد مورد نظر بر اساس این فرض است که آسیب جزئی، مثلاً ناشی از ضربه، قابل تعمیر است. فرض شده است که تعویض اجزا در محصولات / مجموعه‌های محافظت‌کننده در برابر آتش در حین حفظ و نگهداری، با استفاده از مواد تحت پوشش گواهی‌نامه فنی، انجام خواهد شد.

الزامات خاص در بخش‌های مربوط در این دستورالعمل ارائه شده است.

### ۲-۷-۵ اجزای کمکی

در بسیاری از موارد در نظر گرفتن اجزای کمکی مانند اتصالات یا چسب‌ها در یک سیستم مونتاژ شده، به منظور ارزیابی یک محصول خاص محافظت‌کننده در برابر آتش یک تولیدکننده، ضروری است. این امر به ویژه مربوط به آزمون‌های تعیین مقاومت در برابر آتش است که در این حالت، بیشتر محصولات نمی‌توانند به تنهایی آزمون شوند.

نتایج این آزمون‌ها فقط برای محصول به کار گرفته شده، معتبر خواهد بود و اجزای کمکی مورد استفاده باید دارای همان مشخصه‌های عملکردی باشند که در آزمون‌ها به

کار رفته است. بنابراین بسیار مهم است که اجزای کمکی به طور واضح در گواهی‌نامه فنی مشخص شود. این موضوع به دو روش شامل استفاده از یک مرجع خاص یا عمومی، قابل تحقق است.

مرجع خاص به معنای اشاره به یک محصول خاص تولیدکننده به وسیله نام، نوع و غیره است، در حالی که مرجع عمومی به معنای ارجاع به یک استاندارد یا سایر ضوابط است که به طور کامل آن محصول را معرفی می‌کند. مرجع تأییدکننده تعیین می‌کند که چه روشی باید استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که اجزای کمکی، کامل و درست توصیف می‌شوند. پس از آن، مسئولیت کاربر/نصاب است تا اطمینان حاصل کند که از اجزای کمکی مناسب در کارها، استفاده شده است.

## ۲-۸ ارزیابی انطباق

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان مرجع صدور گواهی‌نامه فنی برای پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش، نسبت به بازدید، نمونه‌برداری، آزمون و ارزیابی این محصولات بر اساس این دستورالعمل اقدام می‌نماید.

مرجع صدور گواهی‌نامه فنی مجاز است در هر زمان به علت دستیابی به اطلاعات جدید و یا بر حسب پیشرفت دانش فنی، امکانات وغیره نسبت به تغییر و به روز کردن این دستورالعمل اقدام نماید.

مجموعه کنترل‌ها و ارزیابی انطباق به عمل آمده توسط مرجع صدور گواهینامه فنی در کل شامل کنترل‌های داخلی تولیدکننده، آزمون‌های اولیه محصول، بازرسی اولیه کارخانه و کنترل تولید آن، نظارت مستمر، ارزیابی و تأیید کنترل تولید کارخانه با انجام آزمون‌های کامل در دوره اعتبار گواهی‌نامه فنی و مستندسازی و گزارش‌دهی می‌باشد.

هر گونه اطلاعات اضافی محرمانه باید در گواهی‌نامه فنی شفاف‌سازی شود. تعدادی از جزئیات طراحی مطابق درخواست تولیدکننده، ممکن است محرمانه نگه داشته شود به شرطی که مرجع صدور گواهی‌نامه فنی آنها را جزو اطلاعات ضروری مربوط به کاربرد صحیح محصول و ارزیابی انطباق، تلقی نکند.

فرآیند اصلی تولید باید با جزئیات کافی به منظور پشتیبانی روش‌های کنترل تولید کارخانه، توصیف شود.

مشخصات محصول و مصالح، می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- نقشه‌های دقیق (شامل رواداری‌های تولید)؛
- مشخصات مصالح خام ورودی؛
- ارجاع‌دهی به استانداردهای ملی ایران و یا بین‌المللی معتبر یا ویژگی‌های مناسب؛
- سایر اطلاعات فنی لازم.

مدرک گواهی‌نامه فنی باید شامل جزئیات نصب و اجرا باشد.

نحوه تعمیر و نگهداری محصول باید مشخص شود.

وظایف تولیدکننده در این خصوص به طور اهم به شرح زیر است:

۱- کنترل کیفی تولید در کارخانه؛

۲- آزمون‌های اولیه از نمونه‌های گرفته شده از کارخانه توسط تولیدکننده مطابق با یک الگوی آزمون تعیین شده؛

۳- تولیدکننده باید دارای سیستم دائمی کنترل محصول باشد. همه اجزا، الزامات و ضوابط انتخاب شده توسط تولیدکننده باید به شیوه‌ای نظام‌مند در یک قالب و روند منظم به همراه نتایج ثبت شده مطابق با الگوی آزمون‌ها، درج شود. با این سیستم

کنترل تولید، باید اطمینان حاصل شود که محصول منطبق با ضوابط گـواهی‌نامـه فنـی است.

٤- تولیدکنندگان باید دارای یک سیستم مدیریت کیفیت مطابق با INSO-ISO ۹۰۰۱ باشند (و یا جهت آن اقدام نمایند) که الزامات مربوطه در گـواهی‌نامـه فنـی را در بـر گرفته، تأمین‌کننده الزامات کنترل تولید کارخانه، مطابق دستورالعمل باشد.

۵- کارکنان درگیر در فرآیند تولید، باید برای کار و حفظ تجهیزات، بـه انـدازه کـافی آموزش دیده و واجد شرایط باشند. ماشین‌آلات و تجهیزات باید به طور منظم بازدیـد و تعمیر شده و این موارد باید مستند شـود. همـه فرآینـدها و مراحـل تولیـد بایـد در فواصل منظم ثبت شوند.

٦- تولیدکننده باید مستندات قابل ردیابی از فرآیند تولید شامل خرید یا تحویـل مـواد اولیه یا خام تا انبار و ارائه محصولات نهایی را نگهداری نماید.

۷- محصولاتی که با الزامات مشخص شده در گواهی‌نامه فنی، منطبق نیسـتند بایـد از محصولات منطبق، جدا شده و علامت زده شوند. تولیدکننده بایـد محصـول غیرقابـل قبول را ثبت کرده و اقداماتی برای جلوگیری از تولیـد بیشـتر ایـن نـوع محصـولات، انجام دهد. شکایت‌های بیرونی نیز باید مستند شود و اقدامات لازم صورت گیرد.

۸- زمانی که تولیدکننده اقدام به خرید مواد اولیه یـا یـک جـزء از یـک محصـول یـا مجموعه می‌کند باید اطمینان حاصل نماید که مشخصه‌های مواد و اجزا با ویژگی‌های مورد نظر، منطبق باشد.

۹- تولیدکننده باید نسبت به کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری اقدام نماید. تجهیـزات باید در فواصل زمانی مشخص، کالیبره شده یا تأیید شـوند. اسـتاندارد مـورد اسـتفاده برای کالیبراسیون باید مشخص باشد.

۱۰- تولیدکننده باید یک راهنما و دستورالعمل مناسب نصب و اجـرا بـرای محصـول خود فراهم کند. احتیاط‌های لازم باید با توجه به میزان آموزش نصـاب‌هـا و مجریـان مورد توجه قرار گیرد و آموزش‌های لازم برای آنها ارائه گردد.

۱۱- تمایز آشکاری باید بین اجزا و محصولاتی که در گـواهی‌نامـه فنـی پوشـش داده شده و آنهایی که ارزیابی نشده است، صورت گیرد. باید در گواهی‌نامه فنی بیان شـود که محصول برای چه کاربردهایی، ارزیابی شده است. گواهی‌نامه فنی نباید برای سـایر محصولات تولیدکننده که در حوزه گواهی‌نامه فنی ارزیابی نشـده‌انـد، اسـتفاده شـود.

# فصل سوم
# ارزیابی و صدور گواهی‌نامه فنی برای اندودها و پوشش‌های معدنی محافظت‌کننده در برابر آتش

## ۳-۱ دامنه کاربرد

این فصل باید همراه با کلیات ذکر شده در فصل دوم استفاده شود. این فصل برای ضوابط اختصاصی "اندودها و پوشش‌های معدنی محافظت‌کننده در برابر آتش" تهیه شده و شامل اصطلاحات و تعاریف، روش‌های تأیید و شناسایی، معیارهای طبقه‌بندی اندودها و سایر الزامات می‌باشد.

این دستورالعمل برای اندودها و پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش بر روی مصالح زیرکار فولاد، بتن، چوب (شامل محصولات چوبی تخته‌ای)، مصالح بنایی و تخته‌ها (شامل مثلاً انواع تخته‌های گچی و سیلیکات کلسیم) قابل استفاده است.

## ۳-۲ دسته‌بندی‌ها، انواع محصولات، مجموعه‌ها و سیستم‌ها

### ۳-۲-۱ کلیات

محصولات محافظت‌کننده در برابر آتش را می‌توان به طور کلی به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

- پوشش‌های واکنش‌زا (پف‌کننده) برای محافظت در برابر آتش اعضای فولادی؛
- اندودها و پوشش‌های معدنی؛
- تخته‌ها و صفحات محافظت‌کننده در برابر آتش.

کلیات ارزیابی تمام این محصولات در فصل دوم ارائه شد. در این ویرایش از این دستورالعمل تنها ضوابط اختصاصی مربوط به اندودها و پوشش‌های معدنی پاششی ارائه شده و ضوابط مربوط به رنگ‌های واکنش‌زای پف‌کننده و مجموعه‌های تخته‌ها و صفحات مقاوم در برابر آتش در ویرایش یا مجلدات بعدی ارائه خواهد شد.

### ۳-۲-۲ طبقه‌بندی‌های کاربرد با توجه به شرایط محیطی

طبقه‌بندی‌های کاربرد در ارتباط با نوع شرایط محیطی، بر اساس اصول کلی مشخص شده در بند ۲-۲-۱ می‌باشد. این طبقه‌بندی‌های کاربرد به شرح زیر می‌باشند:

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

- نوع $Z_1$: اندودها و پوشش‌های معدنی پاششی، مورد نظر برای شرایط داخلی با رطوبت نسبی برابر یا بیشتر از ۸۵٪، به استثنای دماهای زیر صفر درجه سلیسیوس؛
- نوع $Z_2$: اندودها و مجموعه اندودکاری‌ها، 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 می‌کنند، الزامات همه دیگر انواع را نیز برآورده می‌سازند. محصولاتی که الزامات نوع Y را برآورده می‌کنند نیز الزامات انواع $Z_1$ و $Z_2$ را برآورده می‌سازند. همچنین محصولاتی که الزامات نوع $Z_1$ را برآورده می‌کنند، الزامات نوع $Z_2$ را برآورده می‌سازند.

الزامات مربوط برای استخراج دسته‌بندی‌های کاربرد در بندهای ۳-۶-۷-۱-۲ تا ۳-۶-۷-۱-۶ ارائه شده است.

اگرچه اندودها عمدتاً تنها برای کاربردهای داخلی در نظر گرفته می‌شوند، ولی فرآیند ساخت ممکن است، قبل از اینکه پوسته خارجی ساختمان تکمیل و بسته شود، منجر به در معرض شرایط خارجی قرار گرفتن اندود در یک مدت طولانی شود. در این موارد، شرایط در طول فرآیند ساخت می‌تواند سخت‌تر از شرایط کاربرد نهایی باشد. احتمالات زیر باید برای جلوگیری از مشکلات، در نظر گرفته شوند:

۱- ضوابط ویژه‌ای باید برای محافظت موقت از اندودکاری در معرض، مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده در گواهی‌نامه فنی در نظر گرفته شود؛ یا

۲- اندودکاری باید برای کاربردهای در معرض (نوع X) ارزیابی شده باشد؛ یا

۳- برای محصولات مورد نظر، ارزیابی اندود برای دسته‌بندی کاربرد نوع Y یا نوع Z (برحسب مقتضی) مورد پذیرش مرجع تأییدکننده با توجه به احتمال قرار گرفتن

کوتاه مدت در معرض و بر اساس نتایج آزمون‌های بلند مدت و شواهد چنین شرایط در معرضی، قرار گیرد.

در این دستورالعمل، روش‌های خاص آزمون یا ارزیابی برای مقاومت در برابر شرایط محیطی معین، ارائه نشده است، اما در صورت لزوم، این موضوع ممکن است به صورت موردی ارزیابی شود. مرجع تأییدکننده باید شواهد مناسب برای ارزیابی را به دست آورده و جزئیات را در گواهی‌نامه فنی ارائه دهد.

در کاربردهای در معرض و نیمه در معرض، ممکن است برای اندود یا پوشش معدنی مورد نظر، استفاده از پوشش‌های درزبند یا پوشش‌های رویه برای کمک به مقاومت در برابر هوازدگی لازم شود.

مقاومت محصول در مقابل شرایط خاص محیطی باید به صورت موردی ارزیابی شود. مرجع تأییدکننده باید شواهد مناسب برای ارزیابی را بدست آورده و جزئیات را در گواهی‌نامه فنی ارائه دهد.

### ۳-۲-۳ دسته‌بندی‌های کاربرد در ارتباط با اجزای مورد محافظت

دسته‌بندی‌های کاربرد در بند ۲-۲-۲ به صورت انواع ۱ تا ۱۰ مشخص شده است. این دستورالعمل کاربرد اندودکاری‌ها را در انواع ۱ تا ۱۰ پوشش می‌دهد. نوع ۸ شامل محافظت تخته گچی به وسیله اندود پایه گچی است.

### ۳-۲-٤ فرضیات

ضوابط، روش‌های آزمون و ارزیابی در این دستورالعمل، یا ارجاع داده شده به منابع دیگر، بر اساس یک حداقل عمر مفید فرض شده ۲۵ سال برای محصول در کاربرد

مورد نظر تدوین شده است. این ضوابط بر اساس وضعیت فعلی علم و تجربه موجود می‌باشد.

اگر یک عملکرد رضایت‌بخش برای محصول در آزمون‌های دوام، برآورده نشود، سپس یک عمر مفید تخمین زده شده ۱۰ سال، ممکن است بر اساس یک ارزیابی مناسب از آزمون‌های خدمت‌رسانی/شناسایی (برای مثال، مقاومت خمشی و فشاری و در صورت امکان، مقاومت چسبندگی / اتصال)، ولی فقط برای دسته‌بندی کاربرد $Z_2$، نسبت داده شود. شواهد اضافی از محصول در شرایط واقعی کاربرد نیز ممکن است در نظر گرفته شود.

## ۳-۳ اصطلاحات

### ۳-۳-۱ اصطلاحات و اختصارات معمول

اصطلاحات و اختصارات معمول در بخش ۲-۳ ارائه شده است.

در این راهنما، اصطلاح محصول به معنای محصول و یا مجموعه آن، می‌باشد مگر آنکه طور دیگری در متن مشخص شده باشد.

### ۳-۳-۲ اصطلاحات و اختصارات تخصصی

برای اهداف این دستورالعمل، علاوه بر موارد ارائه شده در بخش ۲-۳، اصطلاحات و اختصارات تخصصی زیر نیز باید به کار رود:

**اندودکاری (مواد محافظت‌کننده در برابر آتش پاششی یا ماله‌کشی شده):**

محصول به کار رفته برای محافظت در برابر آتش، فقط عبارت است از:

۱- چسباننده گچی یا سیمانی مخلوط شده با یک یا چند نوع سنگدانه و یا الیاف که پاشش می‌شود. این محصول برای تولید یک دوغاب و پاشش به صورت تر، با آب مخلوط می‌شود.

۲- پشم معدنی که با یک چسباننده، پرکننده یا سنگدانه مخلوط شده و پاشش می‌شود. این محصول به صورت خشک پاشیده شده و در سر نازل با آب مخلوط می‌شود. ماده چسباننده ممکن است شامل قسمتی از مخلوط خشک در داخل کیسه بوده یا همراه با آب در سر نازل به مخلوط خشک اضافه شود.

۳- چسباننده گچی یا سیمانی مخلوط شده با یک یا چند نوع سنگدانه و یا الیاف، به طوری که برای مطابقت با پروفیل زیرکار، ماده دوغابی با غلظت مناسبی برای ماله‌کشی فراهم می‌شود.

٤- مصالح معرفی شده در بندهای ۱ تا ۳ در بالا، ولی اجرا شده با ماله و با غلظتی مخلوط شده است که امکان پوشش سطوح کوچک (لکه‌گیری) از این مصالح را فراهم می‌نماید.

اصطلاح «اندودکاری» مورد استفاده در این دستورالعمل، اشاره به مصالح در همه حالت‌های اجرا شده، خشک شده و سخت شده دارد.

## اتصالات مکانیکی:

اتصالات مکانیکی، اجزایی برای درگیر کردن اندودکاری به سطح زیرکار یا مسلح کردن آن هستند.

- مش درگیرکننده: مش از جنس فلز که از سوراخ‌های نسبتاً کوچک، معمولاً به اندازه ۱۰ تا ۲۵ میلی‌متر درست شده است و امکان مقداری نفوذ مصالح را فراهم کرده تا

یک درگیری خوب در مجاور یا متصل به سطح زیرکار ایجاد شود. انـواع معمـول آن عبارتند از: رابیتس فلزی منبسط شده، رابیتس فلزی منبسط شده کنگره‌دار، مش جوش شده و مش بافته شده شش ضلعی (توری مرغی).

– مش مسلح‌کننده: مش از جنس فلز که از سوراخ‌های نسبتاً بزرگ، معمولاً بـه انـدازه ۲۵ میلی‌متر درست شده است و اجازه نفوذ کامل اندودکاری و بنابراین مسـلح شـدن آن را می‌دهد. انواع معمول آن عبارتند از: مش جوش شده و توری مرغی. یـک مـش مسلح‌کننده معمولاً در یک سوم میانی ضخامت اندودکاری قرار می‌گیرد.

متقاضیان گواهی‌نامه فنی باید از انواع استاندارد رابیتس ماننـد انـواع تعریـف شـده در EN 13658-2 استفاده کنند.

| | |
|---|---|
| | ۱/۳ خارجی ضخامت اندودکاری |
| اندودکاری | ۱/۳ میانی ضخامت اندودکاری |
| | ۱/۳ داخلی ضخامت اندودکاری |
| سطح زیرکار | |

– اتصالات فلزی ناپیوسته: پین‌های جوش شده، میخکوب شده یا پیچ شده بـه سـطح زیرکار و خم شده یا تثبیت شده با واشرهای با قطر بزرگ یا گیره‌های فنری به منظـور درگیر کردن اندودکاری یا مورد استفاده برای نگهـداری مـش درگیـر کننـده یـا مـش مسلح‌کننده.

خواص مکانیکی اتصالات باید مطابق با ISO 898-1 (INSO 3966) باشد یا در صورت استفاده از متصل‌کننده‌های فولادی زنگ نزن (بولت‌ها یا پیچ‌ها)، استاندارد EN 3506-1 در نظر گرفته شود.

**آستر:**

لایه‌های آستری، اجزایی هستند که برای موارد زیر به کار می‌روند:

– حفاظت در مقابل خوردگی: پوششی که به طور مستقیم بر روی یک سطح فولادی به طور مناسب آماده شده، اجرا شده تا محافظت در برابر خوردگی فراهم شود؛ یا

– عامل چسباننده: یک جزء مایع که قسمتی از مخلوط خشک نبوده و در فرمولاسیون آن ذکر نمی‌شود و به طور جداگانه یا در مخلوط با اندودکاری، استفاده شده و به عنوان یک لایه نازک اولیه، برای اطمینان یا بهبود چسبندگی (مقاومت چسبندگی)، روی سطح زیرکار اجرا می‌شود، به ویژه اگر هیچ اتصال مکانیکی استفاده نشده باشد.

**افزودنی‌ها:**

این مواد اجزایی هستند که قسمتی از مخلوط خشک نبوده و در فرمولاسیون آن ذکر نمی‌شود؛ به آب یا ماده دوغابی تازه قبل از پاشش برای حصول اطمینان یا بهبود چسبندگی (مقاومت چسبندگی) اضافه شده یا روند گیرش را تند یا کند کند یا تخلخل را تحت تأثیر قرار دهد.

**مجموعه اندودکاری:**

مجموعه اندودکاری از مخلوط خشک (معمولاً در کیسه عرضه می‌شود) و یک یا چند جزء دیگر مانند عامل چسباننده، مش مسلح‌کننده، اتصالات، روکش/پوشش درزبند یا مواد افزودنی، تشکیل شده و توسط دارنده گواهی‌نامه فنی فراهم می‌شود.

**روکش‌ها / پوشش‌های درزبند:**

این مواد معمولاً اجزا با کاربرد خارجی از یک مجموعه اندودکاری برای زمانی هستند که اندودکاری نیاز به مقاومت اضافی در برابر هوازدگی دارد. آن‌ها همچنین به منظور محافظت از اندودکاری در برابر آسیب مکانیکی یا اساساً به منظور اهداف تزئینی بدون مشارکت مشخص در عملکرد، ارائه می‌شوند. این مواد عبارتند از:

- پوشش‌هایی با ویسکوزیته کم تا داخل اندودکاری رسوخ کنند؛
- پوشش‌هایی با ویسکوزیته زیاد که یا پاشش شده یا با قلم‌مو اجرا شده و یک لایه درزبندکننده بر روی سطح اندودکاری ایجاد می‌کنند.

محصول:

منظور از محصول، مخلوط خشکی است که توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی تأمین شده و شامل اتصالات، مسلح‌کننده‌ها یا دیگر اجزایی که به مخلوط خشک یا تر در محل اجرا، اضافه می‌شوند، نمی‌باشد. مواد بازیافتی تا زمانی که قسمتی از ارزیابی انجام شده مطابق با این دستورالعمل باشد، به عنوان یک جزء مخلوط خشک، قابل قبول است.

**عمر نگهداری:**

عمر نگهداری، حداکثر زمانی است که می‌توان مخلوط خشک را در شرایط نگهداری معینی، انبار کرد.

**عمر مصرف:**

عمر مصرف، حداکثر زمانی است که مخلوط خشک به محض ترکیب با آب و هرگونه مواد افزودنی دیگر، باید مورد استفاده قرار گرفته و نهایتاً اجرا شود.

بچ (Batch):

بچ به معنی واحد یا مقدار تولید در یک فرایند کامل تولید است. حجمی که یک بچ را از تبدیل مواد خام به محصول نهایی تشکیل می‌دهد، اندازه بچ نامیده می‌شود.

## ۳-٤ الزامات

الزامات عملکردی مربوط به مناسب بودن کاربرد اندودها و پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش، باید مطابق با بخش ۲-٤ و شرایط مخصوص پیش‌رو برای این خانواده از محصولات باشد.

ضوابط، روش‌های آزمون و ارزیابی در این دستورالعمل، یا ارجاع داده شده به منابع دیگر، بر اساس یک حداقل عمر مفید فرض شده ۱۰ یا ۲۵ سال برای محصول در کاربرد مورد نظر نوشته شده است به شرطی که محصول در شرایط استفاده و نگهداری مناسب مطابق با بخش ۳-۷ قرار گیرد. این ضوابط بر اساس وضعیت فعلی علم و تجربه موجود می‌باشد.

### ۳-٤-۱ الزام ضروری ۱: مقاومت مکانیکی و پایداری

به جدول ۲-۱ مراجعه شود.

### ۳-٤-۲ الزام ضروری ۲: ایمنی در آتش‌سوزی

به جدول ۲-۱ مراجعه شود.

### ۳-٤-۳ الزام ضروری ۳: بهداشت، سلامتی و محیط زیست

به جدول ۲-۱ مراجعه شود.

#### ۳-٤-۳-۱ نفوذپذیری بخار آب

به بند ۳-۵-٦-۲ مراجعه شود.

### ۳-٤-٤ الزام ضروری ٤: ایمنی در حین بهره‌برداری

#### ۳-٤-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

به فصل ۲ مراجعه شود.

#### ۳-٤-٤-۲ مقاومت در مقابل ضربه / جابجایی

به فصل ۲ مراجعه شود.

اگر این ویژگی مربوط به یک عضو قائم است، ISO 7892 (INSO 11272) باید به کار رود.

#### ۳-٤-٤-۳ چسبندگی (مقاومت چسبندگی)

به فصل ۲ مراجعه شود.

اندود محافظت‌کننده در برابر آتش باید به گونه‌ای به سطوح زیرکار بچسبد که سیستم دارای عملکرد محافظتی مورد نیاز در برابر آتش باشد.

این الزام همچنین با سایر الزامات به ویژه الزام ضروری ۲ و جنبه‌های سرویس‌دهی مرتبط است

### ۳-٤-٥ الزام ضروری ٥: محافظت در برابر صوت

به جدول ۲-۱ مراجعه شود.

### ۳-٤-٦ الزام ضروری ٦: صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

به جدول ۲-۱ مراجعه شود.

### ۳-٤-۷ جنبه‌های دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی

#### ۳-٤-۷-۱ دوام

تخریب ممکن است بر اثر عوامل فیزیکی، بیولوژیکی یا شیمیایی باشد. اما مواد و اجزاء اندودکاری‌های محافظت‌کننده در برابر آتش نباید در طول عمر مفید فرض شده خود، آسیب ببینند به گونه‌ای که تأثیر قابل توجهی بر روی عملکرد محصولات از نظر برآورده کردن تمام الزامات ضروری ۲ تا ٦، به ویژه اثرات محافظتی در مقابل آتش‌سوزی، ایجاد شود. در صورتی که آسیب فیزیکی را بتوان تعمیر کرد، ویژگی‌ها، روش و دامنه تعمیر آسیب همراه با محدودیت‌های آن باید مشخص شود.

#### ۳-٤-۷-۱-۱ رفتار تحت شرایط مختلف محیطی

اگر اندودکاری محافظت‌کننده در برابر آتش در شرایط کاربرد تعیین شده آن استفاده می‌شود، رفتار در برابر حریق اندود نباید در طول عمر مفید آن، تغییر قابل توجهی کند. متقاضی گواهی‌نامه فنی باید مدعی دوام اندودکاری مطابق با یکی از دسته‌بندی‌های کاربرد در بند ۳-۲-۲ باشد.

### ۳-٤-۷-۱-۲ مقاومت در برابر خوردگی

اندودکاری نباید با سطح (سطوح) زیرکار مورد نظر خود، واکنش منفی دهد و در جای لازم، یک آستر به منظور محافظت در برابر خوردگی سطح زیرکار، اجرا شود.

### ۳-٤-۷-۱-۳ مقاومت در مقابل مواد شیمیایی

اندود محافظت‌کننده در برابر آتش ممکن است تحت تأثیر مواد شیمیایی قرار بگیرد. برای مناطق معینی از کاربرد که اندودکاری ممکن است در معرض مواد شیمیایی باشد، بررسی‌های بیشتری ممکن است، لازم شود.

گسترده مقاومت در مقابل مواد شیمیایی، به ادعاهای متقاضی گواهی‌نامه فنی بستگی دارد.

### ۳-٤-۷-۲ خدمت‌رسانی

به بخش ۲-٤-۷ مراجعه شود.

### ۳-٤-۷-۳ شناسایی

به فصل ۲ مراجعه شود.

مواد و اجزای اندودکاری محافظت‌کننده در برابر آتش باید بر اساس خواصی که دارای تأثیر بر قابلیت برآورده کردن الزامات ضروری، هستند، قابل شناسایی باشند.

تعیین مشخصه‌ها و خواص محصول به منظور اهداف شناسایی باید مطابق آزمون‌های فهرست شده در بند ۳-۵-۷-۳ صورت گیرد.

## ۳-۵ روش‌های خاص ارزیابی

### ۳-۵-۰ کلیات

این بخش به روش‌های تأیید مورد استفاده برای تعیین جنبه‌های مختلف عملکرد محصول در رابطه با الزامات مورد نیاز برای کارها (محاسبه، آزمون‌ها، دانش مهندسی، تجربه اجرا و غیره) اشاره می‌کند. روش‌های تأیید ارائه شده در بخش ۲-۵ اعمال می‌شود، به جز جاهایی که در ادامه، اصلاح یا مشخص شده است (به جدول ۳-۱ توجه شود).

**جدول ۳-۱: ارتباط بین بند دستورالعمل در مورد عملکرد محصول و بند آن در مورد روش ارزیابی**

| ردیف | پاراگراف راهنما در خصوص عملکرد محصول | پاراگراف راهنما در خصوص روش تأیید مشخصه‌های محصول<br>اندودکاری (اندودکاری‌ها و اتصالات) |
|---|---|---|
| ۱ | ۳-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری | غیر مرتبط با این محصولات |
| ۲ | ۳-٤-۲ ایمنی در آتش‌سوزی | ۳-۵-۲-۱ واکنش در برابر آتش<br>۳-۵-۲-۲ مقاومت در برابر آتش |
| ۳ | ۳-٤-۳ بهداشت، سلامت و محیط زیست | ۳-۵-۳-۱ مقدار و یا آزاد شدن مواد خطرناک<br>۳-۵-۳-۲ نفوذپذیری بخار آب |
| ٤ | ۳-٤-٤ ایمنی در حین بهره‌برداری<br>۳-٤-٤-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری<br>۳-٤-٤-۲ مقاومت در برابر ضربه/جابجایی<br>۳-٤-٤-۳ چسبندگی (مقاومت چسبندگی) | ۳-۵-۷-۲ خدمت‌رسانی<br>۳-۵-۷-۲-۱ مقاومت مکانیکی وپایداری<br>۳-۵-۷-۲-۲ مقاومت در برابر ضربه/جابجایی<br>۳-۵-۷-۲-٦ چسبندگی (مقاومت چسبندگی) |
| ۵ | ۳-٤-۵ محافظت در برابر صوت | ۳-۵-۵- به فصل دوم توجه شود. |
| ٦ | ۳-٤-٦ صرفه‌جوی در مصرف انرژی و حفظ گرما | ۳-۵-٦- به فصل دوم توجه شود.<br>۳-۵-٦-۱ عایق حرارتی<br>۳-۵-٦-۱-۱ روش برای اندودکاری‌ها با پایه پشم معدنی<br>۳-۵-٦-۱-۲ روش برای اندودکاری‌ها به غیر از انواع پایه پشم معدنی |
| ۷ | ۳-٤-۷ جنبه‌های دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی<br>۳-٤-۷-۱ دوام | ۳-۵-۷-۱ دوام<br>۳-۵-۷-۱-۱ کلیات<br>۳-۵-۷-۱-۲ مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش<br>۳-۵-۷-۱-۳ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و باران<br>۳-۵-۷-۱-٤ مقاومت در برابر تخریب ناشی از رطوبت بالا<br>۳-۵-۷-۱-۵ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و سرما<br>۳-۵-۷-۱-٦ مقاومت در برابر تخریب ناشی از سیکل‌های یخ زدن و آب شدن<br>۳-۵-۷-۱-۷ مقاومت در برابر خوردگی زیرکار فولادی در اثر اندودکاری<br>۳-۵-۷-۱-۸ مقاومت در برابر خوردگی اتصالات در اثر اندودکاری |
| | ۳-٤-۷-۲ خدمت‌رسانی | ۳-۵-۷-۲ خدمت‌رسانی، به فصل دوم توجه شود.<br>۳-۵-۷-۲-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری |

| | | |
|---|---|---|
| | | ۳-۵-۷-۲-۲ مقاومت در برابر ضربه/جابجایی<br>۳-۵-۷-۲-۳ فرسایش ناشی از جریان هوا<br>۳-۵-۷-۲-٤ نفوذپذیری بخار آب<br>۳-۵-۷-۲-۵ جذب آب<br>۳-۵-۷-۲-٦ چسبندگی (مقاومت چسبندگی) |
| | ۳-٤-۷-۳ شناسایی | ۳-۵-۷-۳ شناسایی |

### ۳-۵-۰-۱ نمونه‌برداری و آزمونه‌ها

در صورت امکان، نمونه‌های محصول برای تمام آزمون‌های مربوط به تأییدیه باید از محل تولید (تولید، انبار) برداشت شود و باید نماینده پوشش مورد نظر برای صدور تأییدیه باشد.

همه نمونه‌های متعلق به یک محصول به منظور آزمون، باید در یک زمان و از یک محموله به صورت اطمینان‌بخش برداشت شود، به گونه‌ای که نتایج آزمون‌های تأییدیه برای ارزیابی اولیه به منظور گواهی انطباق معتبر باشد. اگر به دلایل اجرایی، نمونه‌برداری در یک زمان غیرممکن باشد، باید برای اطمینان از اینکه تمام نمونه‌های برداشت شده دارای اجزا و ترکیب یکسانی هستند، اقدامات لازم انجام شود. در مرحله آخر، مرجع تأییدکننده لازم است مدارک مربوط به اقدامات انجام شده به منظور گواهی انطباق را تهیه کند (به بخش ۳-۸ توجه شود).

آزمونه‌ها برای آزمون‌های تأییدیه باید تا آنجا که ممکن است در یک زمان و مطابق با روش اجرای متقاضی گواهی‌نامه فنی، آماده‌سازی شوند تا تفاوت‌های ناشی از تغییرات در آماده‌سازی آزمونه‌ها، به حداقل برسد. به طور همزمان، آزمونه‌ها برای تعیین چگالی باید آماده شوند (مطابق روش زیر). این کار به علت ارتباط مشخصه‌های مواد با عملکرد در برابر آتش می‌باشد.

متناوباً چگالی ممکن است با اندازه‌گیری نمونه‌های واقعی تعیین شود.

**چگالی:**

در اغلب موارد، متقاضیان گواهی‌نامه فنی باید اندودکاری خود را به هر دو روش اجرا شامل پاشش (سطوح بزرگ) و ماله‌کشی (سطوح کوچک) معرفی کنند. بنابراین جز در حالتی که متقاضی گواهی‌نامه فنی روش اجرا را مشخص نماید یا روش اجرای پیچیده‌تری تعیین شود، آزمون‌ها باید بر روی ماده اجرا شده به هر دو روش پاشش و ماله‌کشی انجام شوند و چگالی هر دو حالت، باید اندازه‌گیری شود. در گواهی‌نامه فنی باید مقادیر چگالی و رواداری‌های آن‌ها برای اندودکاری اجرا شده به هر دو روش پاشش و ماله‌کشی ارائه شود (همچنین روش‌های اجرا هم باید معرفی شوند).

چگالی باید با روش‌های مناسب با توجه به نوع اندودکاری تحت ارزیابی، تعیین شود. برای ارزیابی چگالی، روش ارائه شده در فصل چهارم در صورت امکان بایدمورد استفاده قرار گیرد.

چگالی تمام آزمونه‌ها لازم است در محدوده ٪۱۵± مقدار متوسط آزمونه‌های مربوط به آزمون‌های آتش باشد. اگر چگالی‌های اندازه‌گیری شده خارج از این رواداری‌های مشخص شده، باشند، آزمون‌های اضافی باید برای ارزیابی طیف گسترده‌تر چگالی انجام شده و در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

چگالی ذکر شده برای اندودکاری اجرا شده همراه بارواداری آن، فرض می‌شود مقداری است که عملکردهای اعلام شده در گواهی‌نامه فنی شامل مقاومت در برابر آتش، بر اساس آن معتبر هستند.

علاوه بر این، مقدار اعلام شده برای چگالی همراه با رواداری آن، ممکن است در گواهی‌نامه فنی مطابق با سایر روش‌ها، مشخص شود (برحسب مقتضی، INSO)

EN 1015-6 9150-6)، EN 1015-10 (INSO 9150-10) یا سایر روش‌ها می‌توانند برای تعیین چگالی اعلام شده، به کار روند. در این حالت مقدار متوسط باید بر اساس حداقل ۱۰ اندازه‌گیری تعیین شود).

روش توافق شده برای اعلام چگالی همچنین باید به منظور اهداف شناسایی و کنترل تولید کارخانه به کار رود. مقادیر اعلام شده برای چگالی نیز ممکن است به عنوان معیارهایی برای آزمون‌های میدانی باشد، همان طور که در بند ۳-۷-۳-۱ ارجاع داده شده است.

**ضخامت:**

ضخامت اندودکاری سفت شده برای تمام آزمونه‌ها باید با استفاده از یک میله یا مته به قطر یک میلی‌متر اندازه‌گیری شود، به طوری که میله یا مته در هر وضعیت اندازه‌گیری باید داخل ماده شده تا آنجا که نوک آن با سطح زیرکار آزمونه تماس پیدا کند. برای تعیین دقیق تراز سطح، در بالای میله یا مته باید یک صفحه مدور فولادی به قطر تقریبی ۵۰ میلی‌متر و حداقل ۳۰ میلی‌متر، موجود باشد.

برای آزمون‌های مقاومت در برابر آتش، ضخامت آزمونه باید در نزدیکی، بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر دور از هر ترموکوپل متصل شده به سطح زیرکار، زیر سیستم محافظت‌کننده در برابر آتش اجرا شده، اندازه‌گیری شود.

برای سایر آزمونه‌ها، اندازه‌گیری‌ها باید به طور یکنواخت از نظر هندسی، بر روی سطح آزمونه توزیع و انجام شود، اما باید شامل اندازه‌گیری هر ضخامت کوچکتر قابل دید باشد. حداقل تعداد اندازه‌گیری در هر آزمونه، برابر ۱۰ می‌باشد.

ضخامت آزمونه نباید بیشتر از ۲۰٪ مقدار متوسط روی کل سطح آن انحراف داشته باشد. در این حالت، مقدار متوسط باید در ارزیابی نتایج و محدودیت‌های کاربرد ارزیابی، استفاده شود. اگر بیش از ۲۰٪ انحراف وجود داشته باشد، حداکثر ضخامت ثبت شده باید در ارزیابی استفاده شود.

سطح زیرکار برای آزمونه‌ها باید منعکس کننده شرایط سطحی اعلام شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی باشد همان طور که در دستورالعمل‌های اجرایی محصول، مشخص شده است.

مگر اینکه برای یک آزمون خاص، طور دیگری مشخص شده باشد که در این صورت سطوح زیرکار استاندارد زیر برای آزمون‌ها باید مورد استفاده قرار گیرد:

الف) فولاد مطابق با نوع S در EN 10025 به جز S185، با اندازه اسمی ۵۰۰ میلی‌متر در ۵۰۰ میلی‌متر و حداقل ضخامت ۵ میلی‌متر.

در جایی که فولاد گالوانیزه به عنوان سطح زیرکار استفاده می‌شود، EN ISO 1460 یا EN ISO 1461 اعمال شود.

ب) بتن مطابق با EN 1323، با حداقل اندازه ۳۰۰ میلی‌متر در ٤۰۰ میلی‌متر و ضخامت اسمی ٤۰ میلی‌متر.

پ) پانل‌های چوبی (همچنین پوشش چوبی توپر) و تخته‌های نئوپان مطابق با EN 312:2010 (INSO 9044)، با چگالی $700\ kg/m^3 \pm 10\%$ و اندازه اسمی ۵۰۰ میلی‌متر در ۵۰۰ میلی‌متر و ضخامت (۲±۲۰) میلی‌متر.

ت) برای سایر تخته‌ها به غیر از آن‌هایی که در بند پ ذکر شده، نوع خاص تخته باید استفاده شود.

### ۳-۵-۰-۲ اثرات خشک شدن

لازم است اندودکاری اجرا شده، با حداقل جمع‌شدگی یا ترک‌خوردگی، سخت شده و عمل‌آوری شود و با حفظ پایداری ابعادی‌اش، در طول عمر مفید خود دچار ترک‌خوردگی‌های قابل توجهی نشود. آزمونه‌های آماده شده برای آزمون‌های اشاره شده در بندهای ۳-۵-۷-۲-۲-۱ و ۳-۵-۷-۲-۲-۲ و همچنین آزمون‌های آتش را می‌توان برای ارزیابی اثرات خشک شدن اندودکاری مورد استفاده قرار داد.

ترک‌های مویی که به دلیل خشک شدن توسعه یافته‌اند، به شرطی قابل قبول است که نتایج مطلوب در آزمون‌های آتش با وجود حضور این ترک‌ها، حاصل شود. باید جمع‌شدگی و ترک‌خوردگی ناشی از خشک شدن و سخت شدن را مورد مشاهده و توجه قرار داد.

ترک‌ها تا اندازه و مقداری که در آزمونه‌ها قبل از آزمون آتش وجود دارد، قابل قبول هستند. این موضوع باید در گواهی‌نامه فنی به صورت واضح بیان شود.

### ۳-۵-۰-۳ تثبیت شرایط آزمونه‌ها و شرایط آزمون

آزمونه‌های اندودکاری باید مطابق دستورالعمل‌های متقاضی گواهی‌نامه فنی، اجرا و کاملاً عمل‌آوری شوند.

به جز وقتی که نحوه آماده‌سازی در یک روش آزمون ارجاع داده شده، مشخص شده باشد، آزمونه‌های تهیه شده باید در دمای ۲±۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵±۵۰ درصد، حداقل به مدت ۲۸ روز نگهداری شوند یا تا زمانی که جرم ثابت شود، یعنی تا زمانی که دو اندازه‌گیری متوالی جرم در طی یک دوره ۲٤ ساعته، کمتر از ۱درصد اختلاف داشته باشند.

شرایط آزمایشگاهی باید دارای دمای ۱۰±۲۰ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۲۰±۵۰ درصد باشد.

### ۳-۵-۰-٤ روش ارزیابی

در صورتی که محصول شامل یک مجموعه متشکل از مخلوط خشک اندود و یک یا چند آستر و یک یا چند لایه روکش می‌باشد، ارزیابی باید متناسب با این موضوع در نظر گرفته شود. آسترها، روکش‌ها، مسلح‌کننده‌ها، اتصالات مکانیکی و افزودنی‌ها، ممکن است به طور خاص (به وسیله نام تجاری و نوع) یا عام (به وسیله یک محصول عام یا یک خانواده متداول در حالت آسترها) مشخص شوند. اجزای مجموعه‌ها همیشه به طور مشخص مورد اشاره قرار می‌گیرند. همه سایر اجزا، خاص یا عام، باید در گواهی‌نامه فنی مطابق با ضوابط فنی موجود (برای مثال استاندارد ملی، اروپایی یا گواهی‌نامه فنی) یا در موارد غیرعملی، با اشاره به خصوصیات اختصاصی مانند ابعاد فیزیکی و عملکرد مصالح، مشخص شوند. در حالت آسترها، زمانی که از نوع خاصی نیستند، ارجاع به خانواده‌های متداول می‌تواند صورت گیرد.

در بسیاری از حالات، اعضای فولادی که در محل اجرا تحویل داده می‌شوند، دارای آستر هستند. در این صورت لازم است کاربر اندودکاری اطمینان حاصل کند که آستر با اندودکاری سازگار است. برای این حالت، ضوابط در بخش ۳-۷ ارائه شده است.

اگر اندودکاری با یا بدون آستر(ها) قابل اجرا است، هر دو حالت باید ارزیابی شود.

### ۳-۵-۰-۵ ارزیابی آستر (پرایمر)

### ۳-۵-۰-۵-۱ عوامل چسباننده (پرایمر) فراهم شده برای ایجاد پیوند برای اندودکاری

اگر مورد نظر است که سیستم اندودکاری با یک یا چند عامل چسباننده یا پرایمر مشخص استفاده شود، ارزیابی‌های لازم باید بر روی سیستم (یعنی با استفاده از عامل یا عوامل چسباننده) صورت گیرد. اگر این عامل (عوامل) چسباننده مشخص جزئی از مجموعه اندودکاری هستند، باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شده و کنترل‌های لازم در کارخانه نیز بر روی آنها صورت گیرد.

### ۳-۵-۰-۵-۲ آسترهای محافظ در برابر خوردگی، ویژه یا عمومی

دو گزینه برای ارزیابی و پوشش آسترها در گواهی‌نامه فنی وجود دارد: انواع عمومی یا آسترهای ویژه.

معمول‌ترین انواع آستر به کار رفته با محدوده ضخامت اسمی آن‌ها، در جدول ۳-۲ ارائه شده است. فقط یک آستر از یک خانواده تحت آزمون قرار می‌گیرد و انواع آسترهایی که در انواع عمومی فهرست شده در جدول ۳-۲ ارائه نشده‌اند، باید تحت ارزیابی جداگانه مطابق بند ت-۹ از پیوست ۳- ت قرار گیرند. اگر یک آستر بر روی فولاد بدون روکش، آزمون شده باشد ولی مورد نظر است که بر روی فولاد گالوانیزه استفاده شود، یک ارزیابی جداگانه بر روی فولاد گالوانیزه باید انجام شود. در این صورت حداکثر ضخامت نباید بیشتر از ۵۰ درصد ضخامت آزمون شده باشد.

هر گروه آستر متداول، باید به طور جداگانه ارزیابی شود. در صورتی که متقاضی گواهی‌نامه فنی مشخص کند که مواد با هر دو گروه پایه آب و پایه حلال ممکن است

استفاده شوند، هر دو باید مورد آزمون قرار گیرند. مواد بدون حلال باید در همان گروه معادل حامل حلال دسته‌بندی شوند.

**جدول ۳-۲: انوع آسترهای متداول**

| نوع آستر | حداکثر ضخامت قابل قبول- افزایش مجاز از ضخامت آزمون شده (درصد) (رواداری منفی مجاز نیست) |
|---|---|
| آکریلیک | +۵۰ |
| روغن آلکید کوتاه/متوسط | +۵۰ |
| اپوکسی دو جزئی | +۵۰ |
| اپوکسی غنی شده با روی (دارای حدود ۸۰ درصد جرمی پودر فلز روی) | +۵۰ |
| سیلیکات روی | +۵۰ |

در تمام موارد، ضخامت خشک آستر نباید از حداکثر ضخامت خشک برای هر محصول که توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی توصیه شده، بیشتر شود.

وقتی که آستر دارای فلز روی باشد، ممکن است نیاز به یک لایه اضافی متصل کننده یا پیش آماده‌سازی باشد، که این موضوع باید در سیستم مورد ارزیابی، لحاظ شود.

وقتی که یک آستر از یک گروه عمومی، آزمون شده باشد، تأییدیه عمومی به سایر آسترها در همان گروه محدود می‌شود به شرطی که حداکثر ضخامت کمتر از حد مجاز ارائه شده در جدول ۳-۲ باشد. هر گونه ضخامت زیر مقادیر آزمون شده، باید مورد پذیرش قرار گیرند به شرطی که ضخامت کوچک‌تر نباید کمتر از مقدار توصیه شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی باشد. در صورتی که هیچ آستری استفاده نشود،

آماده‌سازی سطح باید مشخص شده و مطابق بند۳- ت-۹ از پیوست ۳- ت ارزیابی شود.

آزمون سازگاری انجام شده بر روی پانل‌های فولادی، برای سایر سطوح زیرکار دارای ترکیبات آهنی، قابل قبول خواهد بود، به جز فولاد زنگ‌نزن که باید به طور جداگانه مطابق بند ۳- ت-۹ از پیوست ۳- ت مورد ارزیابی قرار گیرد.

آسترهایی که در خانواده‌های شناسایی شده در بالا، قرار ندارند، ممکن است در سایر خانواده‌های آسترها بر اساس نوع چسباننده (برای مثال، آلکید روغنی یا اپوکسی)، حامل (آلی، حلال / آب) و رنگدانه (برای مثال، شفاف یا غیرشفاف) گروه‌بندی شوند. ارزیابی دوام با یک آستر از نوع آستر عمومی اپوکسی غنی شده با روی، فولاد گالوانیزه شده را پوشش نمی‌دهد، مثلاً فولاد گالوانیزه شده از نوع غوطه‌ور شده داغ. با فولاد گالوانیزه شده به عنوان نوع دیگری از آستر تلقی می‌شود و باید به طور مجزا آزمون شود.

تمام آزمون‌ها / ارزیابی‌های عنوان شده در بندهای ۳-۵-۲ تا ۳-۵-۷ باید همراه با یک آستر انتخاب شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی انجام شود. اما زمانی که مورد نظر است که اندودکاری با بیش از یک خانواده آستر، استفاده شود، انجام یک آزمون کارایی نارسانایی (به صورتی که در بند ۳- ت-۹ از پیوست ۳- ت مشخص شده است)، برای آسترهای اضافی ضروری است. زمانی که آزمون‌های آتش، بدون آستر انجام می‌شوند، آزمون کارایی نارسانایی همچنین می‌تواند برای ارزیابی تأثیر حضور آسترها، استفاده شود. فقط یک آستر از یک خانواده آستر باید آزمون شود.

این آزمون‌ها برای آسترهایی با یک نوع حامل (حامل آب یا حامل حلال) و برای ضخامت‌های مشابه مربوط (محدوده ضخامت لایه خشک که آزمون شده، باید معین شود) معتبر هستند.

فرض شده است که نتیجه "قبول" در آزمون کارایی نارسانایی، مبنایی برای ارزیابی رفتار در سایر آزمون‌ها است (برای مثال، آزمون‌های مقاومت در برابر آتش، آزمون دوام).

در خصوص معیارهای قبول/مردود به بندهای ۳-۶-۷-۱-۲ تا ۳-۶-۷-۱-۸ توجه شود.

مشخص شده است که در اکثر حالت‌ها، اعضای فولادی که در محل اجرا تحویل داده می‌شوند، دارای آستر هستند. در چنین حالت‌هایی، لازم است کاربر اندودکاری اطمینان حاصل کند که آستر با اندودکاری سازگار است. برای این حالت، ضوابط در بخش ۳-۷ ارائه شده است.

ولی وقتی که مشخص شود که آستر از نوع درج شده در گواهی‌نامه فنی نیست، در این حالت، گواهی‌نامه فنی استفاده از اندودکاری مورد نظر را پوشش نمی‌دهد و ارزیابی اضافی باید انجام شود.

### ۳-۵-۰-۵-۳ اطلاعات موجود

برای محصولات موجود، در برخی شرایط، ممکن است ارزیابی عملکرد آتش در سیستم‌هایی با آسترهای جایگزین با استفاده از داده‌های موجود از آزمون‌هایی غیر از موارد مشخص شده در استانداردهای ملی ایران یا اروپایی انجام شود.

اگر داده‌های جایگزین از یک آزمون مقاومت در برابر آتش، بسیار شبیه به آزمون مشخص شده در استانداردهای ملی ایران یا اروپایی باشد، این داده‌ها همراه با داده‌های آزمون استانداردهای ملی ایران یا اروپایی مربوط به یک آستر خاص، ممکن است به منظور ارزیابی برای آستر جایگزین استفاده شود. به طور خاص، در صورتی که آزمون جایگزین بسیار شبیه به آزمون مشخص شده در استانداردهای ملی ایران یا EN از نظر حرارت‌دهی، تنش مکانیکی، مقیاس تغییر شکل و تغییر مکان و غیره باشد، قابلیت چسبندگی و عملکرد کلی سیستم اندودکاری می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد.

این احتمال وجود دارد که داده‌های آزمایشگاهی موجود ممکن است مربوط به آزمون‌های مقاومت در برابر آتشی باشد که در آن رژیم گرمادهی کوره دقیقاً مشابه آنچه که در آزمون استانداردهای ملی ایران یا اروپایی مشخص شده، نباشد. برای مثال، دماسنج صفحه‌ای ممکن است برای اندازه‌گیری دماهای کوره استفاده نشده باشد. با این وجود، داده‌های موجود می‌تواند همچنان مورد استفاده قرار گیرد، اگر عملکرد بین آسترهای جایگزین مختلف در همان رژیم گرمادهی مقایسه شده و در یک آزمایشگاه معتبر مستقل انجام شده باشد.

### ۳-۵-۰-۵-٤ ارزیابی روکش رویه

تمامی آزمون‌ها مطابق با بند ۳-۵-۷-۲ باید بدون روکش رویه انجام شوند، مگر اینکه این پوشش برای تأمین عملکرد مورد نیاز تحت شرایط قرارگیری خاصی، ضروری باشد. در این حالت اندودکاری باید با روکش رویه تعیین شده، آزمون شود.

مرجع تأییدکننده باید تصمیم بگیرد که کدام مشخصه‌ها از نظر عملکرد، وابسته به روکش رویه هستند (به عنوان مثال، چسبندگی می‌تواند مستقل از روکش رویه باشد).

### ۳-۵-۰-۵-۵ مسلح‌کننده‌ها و اتصالات مکانیکی

تمام آزمون‌ها مطابق با بند ۳-۵-۷-۲ باید بدون مسلح‌کننده یا اتصالات مکانیکی انجام شوند، مگر اینکه مسلح‌کننده یا اتصالات مکانیکی برای تأمین عملکرد مورد نیاز تحت شرایط خاص قرارگیری، ضروری باشند. در این حالت، اندودکاری باید همراه با مسلح‌کننده یا اتصالات مکانیکی مشخص شده، آزمون شود و باید در گواهی‌نامه فنی مشخص شود.

تعیین مسلح‌کننده(ها) و یا اتصال(های) مکانیکی که منجر به بدترین عملکرد در هر خانواده از آسترها می‌شود، باید توسط مرجع تأییدکننده و متقاضی گواهی‌نامه فنی، به صورت مورد به مورد، تصمیم‌گیری شود.

## ۳-۵-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

این الزام ضروری مربوط به این محصولات نمی‌شود.

## ۳-۵-۲ ایمنی در برابر آتش‌سوزی

### ۳-۵-۲-۱ واکنش در برابر آتش

به بند ۲-۵-۲-۱ از فصل ۲ توجه شود.

اندودکاری باید مطابق با EN 13501-1 (INSO 8299-1) طبقه‌بندی شود. در صورتی که اندودکاری با روکش یا بدون آن استفاده شود، هر دو وضعیت باید آزمون شود.

راهنمای نصب و آرایش اتصالات برای آزمون‌های مربوطه، در پیوست ۳- الف این دستورالعمل ارائه شده است.

### ۳-۵-۲-۲ مقاومت در برابر آتش

به بند ۲-۵-۲-۲ از فصل ۲ توجه شود.

برای صدور یک گواهی‌نامه فنی مربوط به اندودکاری یا مجموعه اندودکاری، باید مجموعه‌ای از آزمون‌های مقاومت در برابر آتش (مطابق فصل چهارم) انجام شود و بسته به مورد، باید مطابق با EN 13501-2 (INSO 8299-2) و یا EN 13501-3 طبقه‌بندی شود.

آزمون و طبقه‌بندی جداگانه باید برای هر نوع آستر انجام شود.

همچنین امکان استفاده از روش‌های محاسباتی بر اساس آئین‌نامه‌های اروپایی وجود دارد.

### ۳-۵-۳ بهداشت، سلامت و محیط زیست

#### ۳-۵-۳-۱ مقدار و یا آزاد شدن مواد خطرناک

در صورت نیاز مرجع صدور گواهی‌نامه فنی نسبت به ارزیابی مقدار و یا رها شدن مواد خطرناک با استفاده از مراجع معتبر از جمله سازمان حفاظت محیط زیست اقدام می‌نماید. متقاضی باید ساختار شیمیایی و ترکیب محصول و یا اجزای محصول را به مرجع صدور گواهی‌نامه فنی ارائه دهد. این اطلاعات به صورت کاملاً محرمانه نزد مرجع صدور گواهینامه فنی باقی می‌ماند.

استفاده از مواد بازیافتی همیشه باید اعلام شود، چون که این موضوع می‌تواند منجر به روش‌های بیشتر ارزیابی و تأیید شود.

### ۳-۵-۳-۲ نفوذپذیری بخار آب

به بند ۳-۵-٦-۲ توجه شود.

### ۳-۵-٤ ایمنی در کاربرد

ضوابط ایـن الـزام ضـروری در بنـدهای ۳-۵-۷-۲-۱، ۳-۵-۷-۲-۲ و ۳-۵-۷-۲-٦ ارائه شده است.

### ۳-۵-۵ محافظت در برابر صدا

به بند ۲-۵-۵ توجه شود.

### ۳-۵-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

#### ۳-۵-٦-۱ عایق‌بندی حرارتی

علاوه بر مقادیر ارائه شده در جدول، به بند ۲-۵-٦ توجه شود. روش‌های ارائـه شـده در زیر ممکن است برای تعیین عایق‌بندی حرارتی استفاده شوند.

#### ۳-۵-٦-۱-۱ روش اندودکاری با پایه پشم معدنی (پیوست ۳- ث)

#### ۳-۵-٦-۱-۱-۱ مقدار شکست لاندا در ۱۰ درجه سلیسیوس در شرایط خشک

مقدار شکست لاندا در ۱۰ درجه سلیسیوس در شـرایط خشـک ($\lambda_{10,dry,90/90}$)، بیـانگر حداقل ٪۹۰ محصول با حد اطمینان ٪۹۰ باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

### ۳-۵-٦-۱-۱-۲ ضریب تبدیل رطوبت (fu,1)

ضریب تبدیل رطوبت ($f_{u,1}$) برای تبدیل $\lambda_{10,dry}$ به $\lambda_{23,50}$ باید در گواهی‌نامه فنی اعلام شود.

### ۳-۵-٦-۱-۱-۳ لاندای اعلام شده در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ ($\lambda_{D(23,50)}$)

مقدار محاسبه شده لاندا در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

### ۳-۵-٦-۱-۱-٤ ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا (fu,2)

ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا ($f_{u,2}$) و جرم محتوای رطوبتی در جرم (m/m) در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ و در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۸۰٪، باید در گواهی‌نامه فنی ارائه شود.

باید در گواهی‌نامه فنی بیان شود که در مقدار لاندای اعلام شده در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪، تأثیر رطوبت در نظر گرفته شده است.

### ۳-۵-٦-۱-۲ روش اندودکاری به غیر از مواد با پایه پشم معدنی

تعیین هدایت حرارتی اندودکاری‌هایی که در بند ۳-۵-٦-۱-۱ پوشش داده نشده است باید مطابق با یکی از دو روش زیر انجام شود:

الف) EN 1745:2002، بند ٤-۲-۲

مقدار طرح باید مطابق با EN 1745:2002، بند ٤-۳ تعیین شود.

در گواهی‌نامه فنی باید بیان شود که کاربرد محصول به مکان‌هایی که در معرض رطوبت یا هوازدگی نیستند، محدود می‌شود.

ولی در حالت‌های معینی، ممکن است لازم باشد که تأثیر محتوای رطوبتی بالا در ارتباط با مقدار اعلام شده لاندا در ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ ($\lambda_{D(23,50)}$)، معلوم شود. این ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا ($f_{u,2}$) آنگاه باید به عنوان یک آگاهی در نظر گرفته شود.

ب) روش مطابق با بند ۳-۵-۶-۱-۱ (روشی مشابه با حالت اندودکاری‌های پایه پشم معدنی)

### ۳-۵-۶-۲ نفوذپذیری بخار آب

ضریب انتقال بخار آب باید بر اساس مقادیر جدول‌بندی شده در EN 12524:2000 (INSO 11055) تعیین شود.

زمانی که متقاضی گواهی‌نامه فنی، مقادیر مشخصی برای ضریب انتقال بخار آب اعلام می‌کند، این موارد باید مطابق با EN ISO 12572، EN 12086 (INSO 7299) یا استانداردهای مشابه اروپایی با همان اصول، مورد آزمون قرار گیرند.

## ۳-۵-۷ جنبه‌های مربوط به دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی

### ۳-۵-۷-۱ دوام

#### ۳-۵-۷-۱-۱ کلیات

روش‌های ارزیابی زیر باید برای اندودکاری به کار رود و هر گونه اتصالات مکانیکی که به عنوان بخشی از یک مجموعه یا سیستم سرهم‌بندی شده، استفاده می‌شود، نیز لحاظ شود، مگر اینکه آزمون‌های مشابه بر اساس استانداردهای ملی محصول یا سایر

گواهی‌نامه‌های فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شده باشد. نیاز به انجام هر یک از آزمون‌های زیر بر اساس شرایط قرارگیری و محیطی برای محصول یا سیستم مطابق جدول ۳-۳، تعیین می‌شود.

دوام از مقایسه عملکرد آزمونه‌های غیرمعرض با آزمونه‌های قرار گرفته در معرض شرایط تسریع کننده زمان‌مندی (ageing) ثابت می‌شود. آزمون‌های مناسب برای انواع مختلف قرارگیری در معرض، در جدول ۳-۳ ارائه شده است. ارجاعاتی به الزامات دقیق آزمون، ارائه شده در پیوست ۳- ت، صورت می‌گیرد. در موارد مربوطه، آزمون ارائه شده در بند ۳- ت-۹ از پیوست ۳- ت نیز باید برای مقایسه کارایی نارسانایی اندودکاری با آسترهای اضافی و پوشش‌های رویه مختلف، انجام شود.

**جدول ۳-۳: الزامات آزمون برای انواع مختلف در معرض قرار گرفتن**

| دسته‌بندی‌های کاربرد (۳-۲-۲) | اشعه ماوراء بنفش | رطوبت | | دما (زیاد/کم) | یخ زدن / آب شدن |
|---|---|---|---|---|---|
| | | باران | رطوبت زیاد | | |
| X | بله*، بند ۳- ت-۳ در پیوست ۳- ت | بله، بند ۳- ت-٤ در پیوست ۳- ت | بله، بند ۳- ت-۵ در پیوست - ۳- ت | بله، بند ۳- ت-٦ در پیوست ۳- ت | بله، بند ۳- ت-۳-۷-الف در پیوست ۳-ت |
| Y | خیر | خیر | بله، بند ۳-ت-۵ در پیوست ۳- ت | بله، بند ۳-ت-٦ در پیوست ۳- ت | بله، بند ۳-ت-۷-ب در پیوست ۳-ت |
| $Z_1$ | خیر | خیر | بله، بند ۳-ت-۵ در پیوست | خیر | خیر |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ۳-ت | | | |
| خیر | خیر | خیر | خیر | خیر | $Z_2$ |
| * فقط برای اندودکاری‌ها با روکش‌هایی از جنس ترکیبات آلی یا استفاده از چسباننده یا سنگدانه‌های آلی، ضروری است. | | | | | |

### ۳-۵-۷-۱-۲ مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش

این شرط برای اندودکاری‌هایی که ادعا شده است برای شرایط محیطی نوع X مناسب هستند، الزامی است. روش آزمون در بند ۳- ت-۳ از پیوست ۳- ت ارائه شده است.

### ۳-۵-۷-۱-۳ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و باران

این شرط برای اندودکاری‌هایی که ادعا شده است برای شرایط محیطی نوع X مناسب هستند، الزامی است. روش آزمون در بند ۳- ت-٤ از پیوست ۳- ت ارائه شده است.

### ۳-۵-۷-۱-٤ مقاومت در برابر تخریب ناشی از رطوبت بالا

این شرط برای اندودکاری‌هایی که ادعا شده است برای شرایط محیطی نوع Y و $Z_1$ مناسب هستند، الزامی است. روش آزمون در بند ۳- ت-۵ از پیوست ۳- ت ارائه شده است.

### ۳-۵-۷-۱-۵ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و سرما

این شرط برای اندودکاری‌هایی که ادعا شده است برای شرایط محیطی نوع X و Y مناسب هستند، الزامی است. روش آزمون در بند ۳- ت-٦ از پیوست ۳- ت ارائه شده است.

**۳-۵-۷-۱-٦ مقاومت در برابر تخریب ناشی از سیکل‌های یخ زدن و آب شدن**

این شرط برای اندودکاری‌هایی که ادعا شده برای شرایط محیطی نوع X و Y مناسب هستند، الزامی است. روش آزمون برای نوع X در بند ۳- ت-۷-الف از پیوست ۳- ت ارائه شده است. روش آزمون برای نوع Y در بند ۳- ت-۷-ب از پیوست ۳- ت ارائه شده است.

**۳-۵-۷-۱-۷ مقاومت در برابر خوردگی سطح زیرکار فولادی در اثر اندودکاری**

اگر توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی، ادعا می‌شود که اندودکاری برای استفاده مستقیم بر روی فولاد بدون آستر، مناسب است، یک ارزیابی سازگاری و قابلیت محافظت از فولاد، با استفاده از روش آزمون ارائه شده در پیوست ۳- ب، باید انجام شود.

اگر آستر قسمتی از یک مجموعه باشد و ادعا شود که قادر به محافظت در مقابل خوردگی است، عملکرد مورد نظر آستر باید بر اساس آزمون‌های ارائه شده در EN ISO 12944-6:1998 (INSO 6594-6) ثابت شود.

**۳-۵-۷-۱-۸ مقاومت در برابر خوردگی اتصالات در اثر اندودکاری**

هر گونه اتصال باید به طور کامل داخل ضخامت اندودکاری قرار گیرد و بنابراین پس از نصب در معرض شرایط محیط خارج قرار نخواهد گرفت. باید نشان داده شود که اتصالات با اندودکاری سازگار هستند و هیچ گونه واکنش منفی نمی‌دهند. از آنجا که مناسب بودن اتصالات، بستگی به ماهیت شیمیایی اندودکاری دارد، روش آزمون خاصی را نمی‌توان تجویز کرد. انجام آن چه که برای کنترل سازگاری مورد نیاز است باید توسط مرجع تأییدکننده تعیین شود.

برای مسلح‌کننده فولادی گالوانیزه، حداقل ضخامت مورد نیاز پوشش از جنس روی با استفاده از روش مربوطه EN: EN ISO 1460 یا EN ISO 1461، تأیید می‌شود.

### ۳-۵-۷-۲ خدمت‌رسانی

### ۳-۵-۷-۲-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری

آزمون‌های زیر برای اتصالات طراحی شده‌اند تا حداقل مقادیر مورد نیاز برای سیستم اندودکاری به منظور دستیابی به عملکرد تعیین شده، تعریف شود. این آزمون‌ها برای اتصالات فلزی طراحی شده‌اند. برای اتصالات غیرفلزی یا مسلح‌کننده‌های غیرفلزی، ارزیابی بیشتری ممکن است مورد نیاز باشد. اتصالات ممکن است یا به صورت متصل‌کننده‌های مجزا یا شامل اتصالات به کار رفته برای حفظ مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده باشند.

### ۳-۵-۷-۲-۱-۱ مقاومت در برابر بیرون کشیدگی اتصالات ناپیوسته (برای چوب، مصالح بنایی و بتن)

این روش آزمون فقط باید برای سیستم‌ها با اتصالات مکانیکی انجام شود و مقاومت در برابر بیرون کشیدگی یک سیستم اتصال را استخراج می‌کند. این آزمون باید بر روی هر نوع سطح زیرکار (شامل انواع مختلف بتن، چوب نرم و چوب سخت و مصالح بنایی) که اندودکاری روی آن اجرا می‌شود و برای هر نوع اتصال انجام شود.

برای هر نوع سطح زیرکار و اتصال، ۵ آزمونه مورد آزمون قرار می‌گیرد. حداقل اندازه آزمونه باید ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

دستگاه آزمون شامل یک نیروسنج است.

سیستم اتصال مطابق با دستورالعمل‌های متقاضی گواهی‌نامه فنی نصب می‌شود.

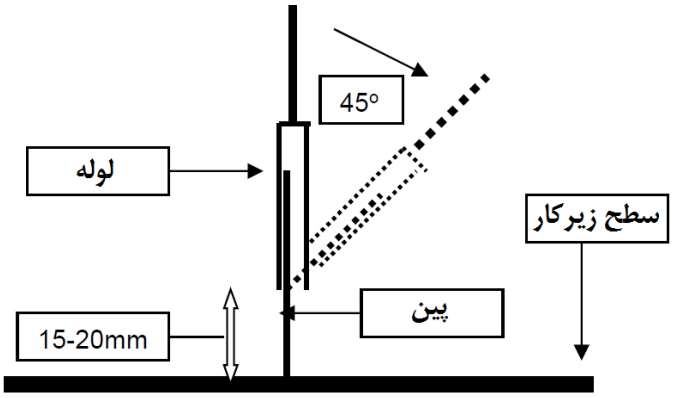
مقاومت کششی برای بیرون کشیدن اتصال باید با یک نیروسنج اندازه‌گیری شود. سرعت کشیدن ۲±۲۰ میلی‌متر بر ثانیه می‌باشد.

در هر آزمون، مقاومت در برابر بیرون کشیدگی بر حسب N (نیوتن) بیان می‌شود. نتایج آزمون، مود شکست و مقدار میانگین در گزارش آزمون ثبت می‌شود.

### ۳-۵-۷-۲-۱-۲ مقاومت خمشی اتصالات ناپیوسته (برای فولاد)

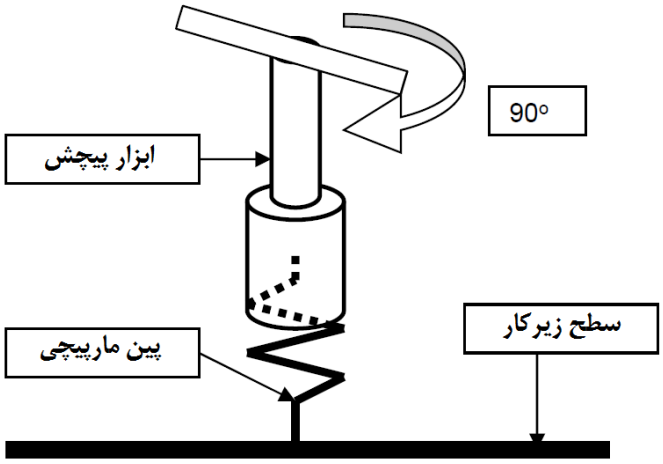
این آزمون‌ها باید برای تأیید مقاومت خمشی اتصالات در هر نوع سطح زیرکار فولادی که مجموعه اندودکاری روی آن اجرا می‌شود، انجام شود.

برای اتصالات پینی مستقیم جوش شده، یک لوله مخصوص (به طول ۱۰۰ میلی‌متر) باید تهیه شود تا اتصال پینی را بپوشاند و یک فاصله ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متری بین انتهای آن و سطح زیرکار فولادی باقی بماند. این وسیله باید به اندازه ٤٥ درجه خم شود و بدون هیچ گونه شکستی در پین یا جوش به حالت قائم برگردد. به شکل ۳-۱ توجه شود. این کار باید حداقل روی ۱۰ اتصال بدون وقوع شکست انجام شود.




**شکل ۳-۱: الگوی آزمون خمش برای اتصالات پینی**

برای پین‌های مارپیچی جوش شده، یک وسیله پیچشی مخصوص باید استفاده شود تا اتصال را به اندازه ۹۰ درجه بپیچاند و بدون هیچ گونه شکستی در پین یا جوش، به حالت اول برگردد. این کار باید حداقل روی ۱۰ اتصال بدون وقوع شکست انجام شود. این وسیله لازم است قسمت بالایی اتصال را به گونه‌ای درگیر کند که امکان حرکت پیچشی مورد نیاز، فراهم شود.




**شکل ۵-۲: الگوی آزمون خمش برای اتصالات پینی**

اتصالاتی به غیر از انواع ذکر شده در بالا، باید مطابق اصول دو روش فوق، آزمون شوند. این روش آزمون غیرمخرب علاوه بر اینکه یک آزمون لازم برای تعریف ویژگی تأیید شده است، همچنین برای استفاده در محل به منظور کنترل کارایی اتصالات، مناسب است.

### ۳-۵-۷-۲-۱-۳ مقاومت در برابر بیرون کشیدگی مش درگیر کننده

این آزمون برای ارزیابی مقاومت جوش (مقاومت در برابر بیرون کشیدگی) مش‌های فلزی منبسط شده که به سطح زیرکار جوش شده‌اند، انجام می‌شود.

یک ابزار T شکل باید زیر مش و مجاور سیم‌های جوش شده، وارد شود به گونه‌ای که دو سیم یک چشمه مش را درگیر کند. یک بار در راستای عمود بر صفحه مش، اعمال شده و با یک ترازوی فنری ساده، اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر بار وارد شده برحسب نیوتن ثبت می‌شود.

### ۳-۵-۷-۲-۱-٤ مقاومت در برابر بیرون کشیدگی اندودکاری

این مشخصه در بند ۳-۵-۷-۲-٦ بیان می‌شود.

### ۳-۵-۷-۲-۲ مقاومت در برابر ضربه/جابجایی

### ۳-۵-۷-۲-۲-۱ مقاومت در برابر گسیختگی کارکردی ناشی از بار ضربه جسم سخت - گوی فولادی به وزن ۰/۵ کیلوگرم

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

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

لازم نیست آزمون‌ها بر روی مقاطع فولادی سازه‌ای انجام شوند، به شرطی که مصالح به طور پیوسته به سطح فولادکاری چسبیده باشد، مگر اینکه یک روکش نهایی به منظور بهبود مقاومت در برابر ضربه استفاده شده باشد.

در صورتی که شرایط بالا اعمال نشود، این آزمون باید مطابق با روش آزمون مشخص شده در پیوست ۳-ث برای مشخصه‌های خدمت‌رسانی با اعمال اصلاحات زیر، انجام شود:

الف) برای سطوح تخت یا اساساً تخت بزرگ، آزمونه باید مقطعی از سطح زیرکار با حداقل ابعاد ۱m×۱m باشد.

ب) برای سطوح تخت یا اساساً تخت بزرگ، مقاومت در برابر ضربه باید در نقاط اتصال و در بین اتصالات (اگر باشد)، اندازه‌گیری شود.

ج) برای ارزیابی قطعات فولادی سازه‌ای، آزمونه باید یک ستون فولادی با مقطع مستطیلی توخالی (قوطی) با طول به اندازه اسمی یک متر و مقطعی به ابعاد ۲۰۰mm×۲۰۰mm و A/V (ضریب مقطع) برابر $۱۶۵m^{-1}$ باشد. این اندودکاری باید مطابق با ویژگی‌های اعلام شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی، مخلوط و پاشیده شود و اتصالات مکانیکی مشخص شده در صورت وجود، به کار رود. این آزمون باید برای حداقل ضخامت اندودکاری برای هر نوع سطح زیرکار مورد نظر، اتصالات مختلف، در صورت مقتضی بدون اتصالات مکانیکی و برای هر الگوی اتصال، تکرار شود. اگر بدترین حالت اتصالات و الگوی اتصال، قابل شناسایی باشد، فقط آن بدترین حالت، نیاز به آزمون دارد.

د) برای قطعات فولادی سازه‌ای، مقاومت در برابر ضربه باید در سه نقطه تعیین شده که شامل ضعیف‌ترین نقاط، مانند گوشه‌ها و انتهای بال‌ها می‌باشد، اندازه‌گیری شود.

ارتفاع گوی قبل از رها شدن بستگی به ادعاهای متقاضی گواهی‌نامه فنی دارد.
آزمونه باید برای نشانه‌های قابل رویت آسیب‌دیدگی (ترک‌خوردگی، پوسته شدن یا جدا شدن از سطح زیرکار) بازرسی شده و ابعاد تکه‌های جدا شده، اندازه‌گیری شود.
گزارش آزمون باید مقاومت در برابر ضربه (انرژی بر حسب N.m) که سیستم، بدون آسیب قابل مشاهده، تحمل کرده است، دربر بگیرد. در این گزارش آزمون باید تمام آسیب‌های مشاهده شده در ترازهای بالاتر برخورد، ثبت شود.

### ۳-۵-۷-۲-۲-۲ مقاومت در برابر شکست کارکردی ناشی از بار ضربه‌ای جسم نرم – کیسه ۵۰ کیلوگرمی

نیاز به ارزیابی مقاومت در برابر ضربه جسم نرم به محصولاتی محدود می‌شود که مورد نظر است برای استفاده روی سطوح تخت قائم بزرگ (بزرگتر از ۱m×۱m) در مناطقی که احتمال ضربه جسم نرم وجود دارد، استفاده شوند. اگر آزمون‌ها انجام نمی‌شوند، گواهی‌نامه فنی باید کاربردها را محدود به جاهایی کند که این نوع ضربه اتفاق نخواهد افتاد. لازم نیست آزمون‌ها بر روی مقاطع فولادی سازه‌ای انجام شوند به شرطی که مصالح به طور پیوسته به سطح فولادکاری چسبیده باشد.
آزمون‌های جداگانه‌ای باید بر روی هر نوع سطح زیرکار که اندودکاری مورد نظر است روی آن اجرا شود، انجام شود به جز نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی اندودکاری اجرا شده بر روی ورق فولادی که می‌تواند به سایر سطوح زیرکار تعریف شده در این دستورالعمل اعمال شود. ورق فولادی باید دارای حداقل ضخامت مناسب برای اندودکاری باشد و فولاد باید مطابق روش اجرای واقعی، نگهداشته شود.
این روش آزمون در مطابق پیوست ۳- ث و با اصلاحات زیر انجام شود:

آزمونه باید مقطعی از سطح زیرکار با حداقل ابعاد ۱m×۱m باشد. این اندودکاری باید مطابق با ویژگی‌های اعلام شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی، مخلوط و پاشیده شود و اتصالات مکانیکی مشخص شده در صورت وجود، به کار رود. این آزمون باید برای هر نوع سطح زیرکار مورد نظر، حداقل و حداکثر ضخامت اندودکاری، اتصالات مختلف، در صورت مقتضی بدون اتصالات مکانیکی و برای هر الگوی اتصال، تکرار شود. اگر بدترین حالت اتصالات و الگوی اتصال، قابل شناسایی باشد، فقط آن بدترین حالت، نیاز به آزمون دارد.

این کیسه در یک ارتفاع مشخص بالای نقطه ضربه، آویزان و رها می‌شود. نقطه ضربه باید مرکز آزمونه باشد.

ارتفاع کیسه قبل از رها شدن به ادعای متقاضی گواهی‌نامه فنی بستگی دارد. برای جلوگیری از تحت تأثیر قرار گرفتن نتایج آزمون توسط آسیب پیش‌رونده، آزمون مقاومت در برابر ضربه همواره باید بر روی مجموعه‌های جدید انجام شود.

آزمونه باید برای نشانه‌های قابل رویت آسیب (ترک‌خوردگی، پوسته شدن یا جدا شدن از سطح زیرکار) بازرسی شده و ابعاد تکه‌های جدا شده، اندازه‌گیری شود.

گزارش آزمون باید مقاومت در برابر ضربه (انرژی بر حسب N.m) که سیستم، بدون آسیب، تحمل کرده است را دربر بگیرد. در این گزارش آزمون باید تمام آسیب‌های مشاهده شده در ترازهای بالاتر برخورد، ثبت شود.

### ۳-۵-۷-۲-۳ فرسایش ناشی از جریان هوا

در کاربردهایی که اندودکاری در معرض جریان هوا از قبیل یک کانال هوا یا تهویه قرار دارد، فرسایش مواد باید طبق روش آزمون ارائه شده در پیوست ۳-پ، ارزیابی شود.

ارزیابی فرسایش در اثر هوا فقط برای کاربردهایی که اندودکاری در معرض جریان هوای بیشتر از حد معمول قرار دارد، مانند یک کانال هوا یا تهویه، لازم است. اگر آزمون‌ها انجام نشوند، گواهی‌نامه فنی باید کاربردها را محدود به جاهایی کند که اندودکاری در معرض جریان هوای بیشتر از حد معمول، قرار نمی‌گیرد.

### ۳-۵-۷-۲-٤ نفوذپذیری بخار آب

آزمون مشخص شده در بند ۳-۵-٦-۲ همچنین قابل کاربرد برای خدمت‌رسانی است.

### ۳-۵-۷-۲-۵ جذب آب (آزمون موئینگی)

این آزمون فقط برای دسته‌بندی کاربرد نوع X و همچنین اگر کاربرد مورد نظر درگیر شرایطی از قبیل تماس با زمین باشد که ارتباط با موئینگی پیدا می‌کند، نیاز به انجام دارد. در این حالت، روش ارائه شده برای نماهای مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اگر آزمون‌ها انجام نمی‌شوند، گواهی‌نامه فنی باید کاربردها را محدود به جاهایی کند که موئینگی اتفاق نخواهد افتاد.

### ۳-۵-۷-۲-٦ چسبندگی (مقاومت چسبندگی)

آزمون‌های زیر برای استخراج حداقل مقادیر لازم برای اندودکاری به منظور برآورده کردن عملکرد آتش مورد نیاز، طراحی شده است. مطابق بند ۳-۵-۰-۱ در خصوص

آماده‌سازی آزمونه برای آزمون‌ها، برای موضوع چسبندگی (مقاومت چسبندگی) ممکن است متناوباً آزمون بر روی خود آزمونه مربوط به آزمون آتش انجام شود. فرض می‌شود که چسبندگی (مقاومت چسبندگی) کافی برای عملکرد آتش برای خدمت‌رسانی نیز مناسب خواهد بود. یک حداقل مقدار برای چسبندگی (مقاومت چسبندگی)، باید در کمترین و بیشترین ضخامت مورد نظر برای اندودکاری، تعیین شود. بیشتر سازه‌های چوبی نیازمند اتصالات مکمل هستند ولی اگر هیچ اتصالی به کار نرفته باشد، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) باید برای سایر سطوح زیرکار مورد آزمون قرار گیرد.

چسبندگی (مقاومت چسبندگی) برای اندودکاری‌هایی که از مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده استفاده نمی‌شود، باید تعیین شود. مثال‌هایی از روش‌های مناسب آزمون عبارتند از: روش EGOLF EA 5 یا EN 1015-12 و به طور خاص برای محصولات با چسبندگی کم، استاندارد ASTM E 736 می‌باشد.

برای پوشش‌های محافظ حریق مورد استفاده در ساختمان و برای سطوح زیرکار موجود، مقاومت چسبندگی تعیین شده مطابق استاندارد ASTM E 736 و همچنین استاندارد EN 1015-12، باید بیشتر از حداقل مقادیر اعلام شده در جدول ۲-۲، بسته به ارتفاع ساختمان باشد.

برای اندودکاری‌هایی که از یک مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده پیوسته استفاده می‌شود، الزامی برای آزمون وجود ندارد، زیرا فرض می‌شود که مسلح‌کننده به طور مستقل به سطح زیرکار متصل شده و این اتصالات جداگانه ارزیابی شده‌اند.

توجه شود که آزمون چسبندگی (مقاومت اتصال) اجباری است، زیرا استخراج یک مقدار حداقل مقاومت چسبندگی برای مقاومت در برابر آتش برای هر نوع سطح زیرکار، ضروری است.

هنگام انجام آزمون‌های چسبندگی (مقاومت چسبندگی)، نکات زیر باید مد نظر قرار گیرد:

الف) در حداقل و حداکثر ضخامت اندودکاری، اندازه‌گیری باید شود.

ب) آزمونه‌های اندودکاری با پایه الیاف پشم معدنی به برش بسیار حساس هستند ولی می‌توان با دقت خاص و ابزارهای کافی، این کار را انجام داد.

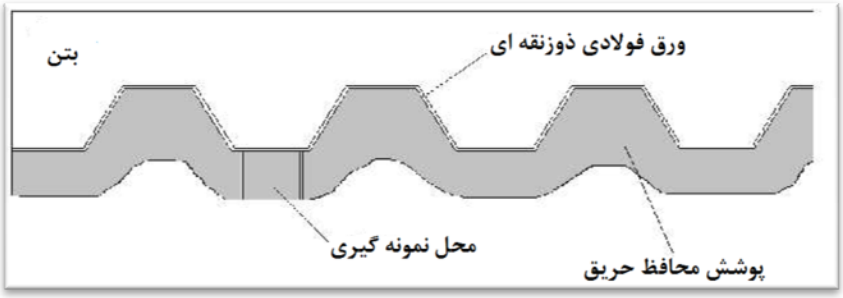
ج) چسبندگی باید اطمینان دهد که تمام سطح اندودکاری به ورق فولادی مدور متصل شده است. معمولاً اندودکاری‌های محافظت‌کننده در برابر آتش با پایه پشم معدنی، سطوح نامنظمی دارند که می‌تواند منجر به یک چسبندگی ناکارآمد به ورق فولادی مدور شود. بنابراین، برای تضمین یک چسبندگی خوب باید یک مقدار کافی چسب (مطابق مشخصات اعلام شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی) بر روی سطح اندودکاری پخش شده تا تمام نامنظمی‌های روی آن پر شود. سپس ورق فولادی باید بر روی آزمونه قرار گرفته و به آرامی فشار داده شود تا آزمونه آسیب نبیند.

قبل از انجام آزمون ضروری است که بررسی شود هیچ چسبی داخل برش بین قطعه آزمونه و مواد اطراف، نفوذ نکرده باشد.

د) سرعت بارگذاری. مطابق با روش آزمون، نیروی کششی باید به صورت دستی یا خودکار، با یک سرعت ثابت مطابق با میزان عملکرد نیروسنج (ظرفیت ۱ تا ۱۰ کیلونیوتن)، یا با استفاده تدریجی از وزنه‌های ثابت قابل افزایش، به آزمونه اعمال شود. دستگاه اعمال بار (کشش‌سنج یا سیستم وزنه‌های ثابت) باید قادر به اعمال بار

تقریباً از صفر باشد. این سرعت بارگذاری باید برای مواد آزمون شده، کافی باشد. مقدار آن باید ثبت و در گزارش آزمون ارائه شود.

ه) ممکن است نیاز شود ابعاد آزمونه کوچک‌تر از مقدار مشخص شده در روش آزمون باشد، مثلاً به دلیل مقطع نمونه (مقاطع داخل‌رونده یا ذوزنقه‌ای، به شکل ۳-۲ توجه شود)، به دلیل ملاحظات وزن یا تنظیم کردن دستگاه آزمون در آزمایشگاه‌ها.




**شکل ۳-۲: نمونه‌گیری از مقاطع فولادی ذوزنقه‌ای**

توجه شود که گسیختگی در آزمون در محل چسبندگی (چسب) یا پیوستگی (داخل اندود)، بسته به مورد ضعیف‌تر اتفاق خواهد افتاد. امکان ندارد بتوان از قبل مود گسیختگی را تعیین کرد و متعاقباً امکان ندارد چسبندگی بین لایه‌های مختلف را با طراحی مشخص کرد.

برای اندودکاری‌هایی که دارای اتصالات ناپیوسته هستند، این اتصالات باید مطابق با بند ۳-۵-۷-۲-۱ آزمون شوند.

### ۳-۵-۷-۳ شناسایی

صرف‌نظر از گزینه انتخاب شده برای اندودکاری یا مجموعه اندودکاری، اجزاء و مواد مورد استفاده در اندودهای محافظت‌کننده در برابر آتش، یا از طریق روش‌های مورد تأیید مشخص شده در یک استاندارد ملی محصول، یک گواهی‌نامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی یا جزییات ارائه شده در این دستورالعمل، باید شناسایی شوند. به بند ۲-۵-۷-۲ از فصل ۲ مراجعه شود. مرجع صدور گواهینامه فنی ممکن است بسته به نیاز از سایر مراجع معتبر بین‌المللی نیز استفاده نماید.

جدول ۳-٤ شامل مثال‌هایی از روش‌هایی است که می‌تواند استفاده شود. روش‌های انتخاب شده باید مناسب نوع اندودکاری مورد ارزیابی باشد و توسط مرجع تأییدکننده تصویب شود. اجزاء فرعی شامل مواد افزودنی باید با ارجاع به نام، استانداردهای مرجع، فرمولاسیون، دارنده گواهی‌نامه، تطابق با استاندارد مربوط، محافظت در برابر خوردگی، ابعاد یا دیگر موارد برحسب مقتضی، شناسایی شوند. وقتی که هر گونه از اجزاء اضافه شده به عنوان قسمتی از یک مجموعه، از سایر عرضه کنندگان تأمین شود، تولیدکننده اندودکاری باید اعلام انطباق با مشخصات توافق شده را از تأمین‌کننده بدست آورد.

**جدول ۳-٤: آزمون‌های شناسایی**

| خواص | مخلوط خشک | ملات تازه | اندودکاری | عوامل چسباننده، آستر(ها)، روکش(ها) | مسلح‌کننده (ها) | اتصالات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شرح | × | | × | × | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **فرمولاسیون، یا تشخیص ماهیت، فراهم کردن اطلاعات زیر: میزان چسب و رنگدانه، طیف مادون قرمز، میزان جرم ماده غیرفرار** | × | | | × | | |
| **تشخیص ماهیت** * | | × | | | × | |
| **نسبت اختلاط (در صورت کاربرد)** | | × | | × | | |
| **رنگ (تأیید چشمی)** | × | | × | × | | |
| **اندازه ذرات (درجه‌بندی)** ** | × | | | | | |
| **نوع، طول و نسبت ابعادی الیاف (فقط پشم معدنی)** | × | | | | | |
| **چگالی:**<br>**- چگالی متوسط (مخلوط خشک)**<br>**- چگالی حجمی (ملات تازه)**<br>**- چگالی (ملات سخت شده)** | × | × | × | | | |
| چگالی (مطابق بخش مربوطه در EN ISO | | | | × | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2811، تعیین شده در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰)٪ | | | | | | |
| **مقدار PH** | | × | | × | | |
| **عصاره خشک (۱۰۵ درجه سلیسیوس)** | × | | | × | | |
| **مقدار خاکستر شدن (٤٥٠ یا ۹۰۰ درجه سلیسیوس)** | | | | × | | |
| **مقاومت خمشی و فشاری ملات سخت شده (برای مثال EN 1015-11 ((ISO 9150-11))** | | | × | | | |
| **اجزاء آلی فرار (ISO 3233، تعیین شده در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰)٪** | | | | × | | |
| **ضخامت اسمی لایه** | | | | × | | |
| **تشریح جزء (شامل** | | | | | × | × |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **مقاومت در برابر خوردگی)** | | | | | | |
| **هندسه** | | | | | × | × |
| **مقاومت کششی** | | | | | × | × |

* اگر از تشخیص ماهیت استفاده می‌شود، برای بیشتر محصولات، FTIR (طیف نمایی مادون قرمز تبدیل فوریه)، TGA (تحلیل حرارتی-ثقلی) یا DTA (تحلیل اختلاف حرارتی) مناسب خواهد بود. روش تجزیه اشعه X هم می‌تواند در نظر گرفته شود.

** برای مواد الیافی: قطر/طول/نسبت ابعادی الیاف، به عنوان مثال برای پشم معدنی.

## ۳-٦ ارزیابی و داوری مناسب بودن محصولات یا مجموعه‌ها برای کاربرد مورد نظر

### ۳-٦-۰ کلیات

به جز موارد مشخص شده در زیر، ارزیابی و داوری باید مطابق با بخش ۲-٦ از فصل دوم صورت گیرد.

به جز مشخصات ارائه شده در این فصل، تعمیم کاربرد نتیجه آزمون (در صورت وجود) باید در گواهی‌نامه فنی اعلام شود.

در هر حال، مدرک گواهی‌نامه فنی با وجود همه آزمون‌ها و ارزیابی‌های دوره‌ای، به علت فرآیند پیوسته تولید، رافع مسئولیت تولیدکننده نبوده و مسئولیت اصلی و نهایی تضمین کیفیت پوشش محافظ حریق تولیدی با تولیدکننده می‌باشد. همچنین مسئولیت رعایت و اجرای درست دستورالعمل‌های اجرایی پیوست گواهی‌نامه فنی در هر پروژه‌ای بر عهده مجری پوشش محافظ حریق می‌باشد تا عملکرد مورد انتظار تأمین شود.

مرجع تأیید کننده باید محصول یا مجموعه را با توجه به هر مشخصه ارزیابی شده، از نظر مناسب بودن برای کاربرد مورد نظر، مورد ارزیابی و داوری قرار دهد.
مقدار متوسط چگالی آزمونه‌ها تحت مقاومت در برابر آتش باید به عنوان مقدار اسمی با یک رواداری ۱۵± درصد که نمایانگر زمینه کاربرد مستقیم است، در نظر گرفته شده و باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود. یک رواداری بالاتری را می‌توان با ملاحظات بیشتر مربوط به جرم افزایش یافته، استخراج کرد. این موضوع زمینه توسعه کاربرد را تشکیل می‌دهد.

### ۳-٦-۱ مقاومت و پایداری مکانیکی

به این محصولات مربوط نمی‌شود، به بند ۲-٦-۱ از فصل دوم توجه شود.

### ۳-٦-۲ ایمنی در آتش‌سوزی

به بند ۲-٦-۲ از فصل دوم توجه شود.

#### ۳-٦-۲-۱ واکنش در برابر آتش

اندودکاری محافظت‌کننده در برابر آتش باید یک طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش اعلام شده مطابق با EN 13501-1 (INSO 8299-1) داشته باشد.

#### ۳-٦-۲-۲ مقاومت در برابر آتش

مقاومت در برابر آتش بر حسب مقتضی باید مطابق با EN 13501-2 (INSO 8299-2) و یا EN 13501-3 طبقه‌بندی شود و باید اعضای (سطوح زیرکار) مورد محافظت و ویژگی آن‌ها را مانند مقطع فولادی، مشخص نماید.

از آنجا که مقاومت در برابر آتش برای یک اندودکاری معنی ندارد، طبقه‌بندی برای اعضای محافظت شده شامل اندودکاری و نه خود محافظ، به کار می‌رود.
گواهی‌نامه فنی باید شامل داده‌های مربوط به مشخصه‌ها و زمینه کاربرد باشد.

### ۳-٦-۳ بهداشت، سلامتی و محیط زیست

به فصل دوم توجه شود.

### ۳-٦-۳-۱ نفوذپذیری بخار آب

به بند ۳-٦-٦-۲ توجه شود.

### ۳-٦-٤ ایمنی در کاربرد

به بند ۳-۵-٤ توجه شود.

### ۳-٦-۵ محافظت در برابر صدا

به بند ۲-٦-۵ از فصل دوم توجه شود.

### ۳-٦-٦ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ گرما

### ۳-٦-٦-۱ عایق‌بندی حرارتی

به بند ۲-٦-٦ از فصل دوم توجه شود.
مقدار مقاومت حرارتی یا انتقال حرارت جدول‌بندی شده یا اندازه‌گیری شده باید اعلام شود.

### ۳-۶-۶-۲ نفوذپذیری بخار آب

ضریب انتقال بخار آب باید اعلام شود.

## ۳-۶-۷ جنبه‌های مرتبط با دوام، خدمت‌رسانی و شناسایی

### ۳-۶-۷-۱ دوام

#### ۳-۶-۷-۱-۱ کلیات

– حداقل عمر مفید ۲۵ سال:

این موضوع شامل ارزیابی مطلوبی برای تأیید کامل دوام مربوط به انـدودکاری اسـت. این تأیید بستگی به کاربرد مورد نظر بر اساس شرایط محیطی دارد و برای محصولات جدید، عملی است اگر

– یک عملکرد رضایت‌بخش برای شرایط در معرض اعلام شده، موجود است یا

– کاربرد مورد نظر به دسته‌بندی کاربرد نوع $Z_2$ محدود است.

– عمر مفید ۱۰ سال:

اگر عملکرد رضایت‌بخش محصول از طریق آزمون‌های تأیید دوام اثبات نشده باشـد، آنگاه یک عمر مفید ۱۰ ساله بر اساس اثبـات متقاضـی مربـوط بـه عملکـرد مطلـوب سیستم اندودکاری برای یک دوره ۱۰ ساله در شرایط محیطی مورد نظر، مـی‌توانـد در نظر گرفته شود.

#### ۳-۶-۷-۱-۲ مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش

مربوط به دسته‌بندی کاربرد نوع X؛

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شـرایط مقـرر در بنـد ۳-۵-۷-۱-۲، چسـبندگی (مقاومت چسبندگی) نباید کمتر از ۸۰ درصد آزمونه‌های قرار نگرفته در معـرض ایـن

شرایط، باشد. اگر نتیجه، معیار فوق را برآورده نکند، چهار آزمونه اضافی می‌تواند در معرض این شرایط قرار گرفته، آزمون و ارزیابی شوند. هر چهار آزمونه باید معیارهای مورد نظر را برآورده سازند.

### ۳-٦-۷-۱-۳ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و باران

مربوط به دسته‌بندی کاربرد نوع X؛

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط مقرر در بند ۳-۵-۷-۱-۳، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) نباید کمتر از ۸۰٪ آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته، باشد و همچنین نباید کارایی نارسانایی کمتر از ۸۵٪ مقدار متوسط آزمونه‌های غیر در معرض باشد. اگر نتیجه خارج از محدوده این معیارها قرار گیرد، چهار آزمونه اضافی می‌تواند در معرض این شرایط قرار گرفته، آزمون و ارزیابی شوند. هر چهار آزمونه باید این معیارها را برآورده سازند.

### ۳-٦-۷-۱-٤ مقاومت در برابر تخریب ناشی از رطوبت بالا

مربوط به دسته‌بندی‌های کاربرد نوع Y و $Z_1$؛

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط مقرر در بند ۳-۵-۷-۱-٤، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) نباید کمتر از ۸۰٪ آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته، باشد و همچنین نباید کارایی نارسانایی کمتر از ۸۵٪ مقدار متوسط آزمونه‌های غیر در معرض باشد. اگر نتیجه خارج از محدوده این معیارها قرار گیرد، چهار آزمونه اضافی می‌تواند در معرض این شرایط قرار گرفته، آزمون و ارزیابی شوند. هر چهار آزمونه باید این معیارها را برآورده سازند.

**۳-٦-۷-۱-۵ مقاومت در برابر تخریب ناشی از گرما و سرما**

مربوط به دسته‌بندی‌های کاربرد نوع X و Y؛

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط مقرر در بند ۳-۵-۷-۱-۵، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) نباید کمتر از ۸۰٪ آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته، باشد و همچنین نباید کارایی نارسانایی کمتر از ۸۵٪ مقدار متوسط آزمونه‌های غیر در معرض باشد. اگر نتیجه خارج از محدوده این معیارها قرار گیرد، چهار آزمونه اضافی می‌تواند در معرض این شرایط قرار گرفته، آزمون و ارزیابی شوند. هر چهار آزمونه باید این معیارها را برآورده سازند.

**۳-٦-۷-۱-٦ مقاومت در برابر تخریب ناشی از یخ زدن و ذوب شدن**

مربوط به دسته‌بندی‌های کاربرد نوع X و Y؛

پس از در معرض قرار گرفتن مطابق شرایط مقرر در بند ۳-۵-۷-۱-٦، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) نباید کمتر از ۸۰٪ آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته، باشد و همچنین نباید کارایی نارسانایی کمتر از ۸۵٪ مقدار متوسط آزمونه‌های غیر در معرض باشد. اگر نتیجه خارج از محدوده این معیارها قرار گیرد، چهار آزمونه اضافی می‌تواند در معرض این شرایط قرار گرفته، آزمون و ارزیابی شوند. هر چهار آزمونه باید این معیارها را برآورده سازند.

**۳-٦-۷-۱-۷ مقاومت در برابر خوردگی سطح زیرکار به علت اندودکاری**

مقدار کاهش جرم باید ذکر شود. گزینه "عملکرد تعیین نشده" مجاز است.

### ۳-٦-۷-۱-۸ مقاومت در برابر خوردگی اتصالات به علت اندودکاری

سازگاری اتصالات و اندودکاری به وسیله یک آزمون ویژه برای ترکیب مشخص اتصال / اندودکاری تعیین می‌شود.

برای اتصالات / مسلح‌کننده‌های گالوانیزه، ضخامت پوشش روی باید اعلام شود.

### ۳-٦-۷-۱-۹ ارائه تجربه عملکرد مطلوب ۱۰ ساله

اگر متقاضی گواهی‌نامه فنی، گزینه ارائه مدارک مستند که محصول به طور رضایت‌بخشی برای حداقل ۱۰ سال استفاده شده است را به کار ببرد، این مدارک باید در فرآیند گواهی‌نامه فنی بررسی شود. مرجع تأییدکننده ممکن است استفاده از محصول را در گواهی‌نامه فنی محدود کند و این تصمیم باید وابسته به عدم تغییر قابل توجه در ترکیب محصول در طی ۱۰ سال باشد. اگر مرجع تأییدکننده مدارک ارائه شده را کافی در نظر بگیرد، عمر مفید در گواهی‌نامه فنی باید ۱۰ سال مشخص شود. مدارک ارائه شده بخشی از فایل محرمانه مرجع تأییدکننده می‌شود.

### ۳-٦-۷-۲ الزامات قابلیت خدمت‌رسانی

مشخصه‌های دوام ارائه شده در بند ۳-٦-۷-۱ نیز می‌تواند برای تعریف قابلیت خدمت‌رسانی استفاده شود.

**۳-٦-۷-۲-۱ مقاومت مکانیکی و پایداری**[1]

۳-٦-۷-۲-۱-۱ **مقاومت بیرون‌کشیدگی اتصالات ناپیوسته (برای چوب، مصالح بنایی و بتن)**

مقدار آن برحسب نیوتن باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

**۳-٦-۷-۲-۱-۲ مقاومت خمشی اتصالات ناپیوسته (بر روی فولاد)**

مقدار آن برحسب نیوتن باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

**۳-٦-۷-۲-۱-۳ مقاومت بیرون‌کشیدگی مش درگیر کننده**

مقدار آن برحسب نیوتن باید در گواهی‌نامه فنی ذکر شود.

**۳-٦-۷-۲-۱-٤ مقاومت بیرون‌کشیدگی اندودکاری**

به بندهای ۳-٥-۷-۲-۱-٤، ۳-٥-۷-۲-٦ و ۳-٦-۷-۲-٦ توجه شود.

**۳-٦-۷-۲-۲ مقاومت در برابر ضربه/جابجایی**

**۳-٦-۷-۲-۲-۱ مقاومت در برابر شکست کارکردی ناشی از بار ضربه‌ای جسم سخت - گوی فولادی ۰/٥ کیلوگرمی**

مقدار انرژی ضربه برحسب N.m که بدون آسیب تحمل شده، باید اعلام شود.

---

۱- الزامات بندهای ۳-٦-۷-۲-۱-۱ تا ۳-٦-۷-۲-۱-۳ برای محصولاتی که دارای اتصال یا مش درگیرکننده نیستند، مربوط نمی‌شود.

گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

**۳-٦-۷-۲-۲ مقاومت در برابر شکست کارکردی ناشی از بار ضربه‌ای جسم نرم – کیسه ۵۰ کیلوگرمی**

مقدار انرژی ضربه برحسب N.m که بدون آسیب تحمل شده، باید اعلام شود.

گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

**۳-٦-۷-۲-۳ فرسایش ناشی از جریان هوا**

مقدار آن به عنوان کاهش جرم بر حسب گرم در متر مربع در طی ۲٤ ساعت باید اعلام شود.

گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

**۳-٦-۷-۲-٤ نفوذپذیری بخار آب**

مقدار ضریب انتقال بخار آب (مقدار $\mu$) اندازه‌گیری شده یا جدول‌بندی شده، باید اعلام شود.

گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

**۳-٦-۷-۲-۵ جذب آب (آزمون موئینگی)**

جذب آب سیستم اندودکاری پس از یک ساعت باید کمتر از $1 kg/m^2$ باشد.

گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

### ۳-۶-۷-۲-۶ چسبندگی (مقاومت چسبندگی)

#### ۳-۶-۷-۲-۶-۱ مقاومت چسبندگی

برای اندودکاری‌هایی که دارای مسلح‌کننده یا اتصالات ناپیوسته نیستند، مقاومت چسبندگی بر حسب $N/mm^2$ باید برای هر نوع سطح زیرکار آزمون شده، اعلام شود. گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز نیست.

مقدار چسبندگی (مقاومت چسبندگی) اندودکاری به سطح زیرکار باید استخراج شود از آنجا که برای تعیین شرایط دقیقی که مقاومت در برابر آتش بدست می‌آید، ضروری است

#### ۳-۶-۷-۲-۶-۲ مقاومت بیرون‌کشیدگی اتصالات

برای اندودکاری‌هایی که متکی به اتصالات ناپیوسته هستند، مقاومت خمشی یا مقاومت بیرون‌کشیدگی اتصالات باید اعلام شود (به بند ۳-۶-۷-۲-۱ توجه شود).

#### ۳-۶-۷-۲-۶-۳ درگیرکننده پیوسته

مقداری برای اندودکاری‌هایی که از یک مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده پیوسته استفاده می‌کنند، مورد نیاز نیست.

بنابراین گزینه «عملکرد تعیین نشده» مجاز است.

### ۳-۶-۷-۳ شناسایی

محصولات و مواد به کار رفته در اندودکاری‌ها و مجموعه‌های اندودکاری محافظت‌کننده در برابر آتش باید یا به وسیله روش مشخص شده در یک استاندارد

اروپایی محصول یا یک گواهی‌نامه فنی اروپایی یا روش مشخص شده در این دستورالعمل شناسایی شوند.

اندودکاری باید به وسیله روش‌های مناسب با توجه به گزینه‌های ارائه شده در بند ۳-۵-۷-۳ با اعلام مقادیر و رواداری‌ها، مشخص شود.

## ۳-۷ فرضیات و توصیه‌هایی برای ارزیابی مناسب بودن استفاده از محصولات

### ۳-۷-۰ کلیات

در این فصل فرضیات و توصیه‌هایی برای طراحی، نصب و اجرا، بسته‌بندی، حمل و نقل، انبار، استفاده، تعمیر و نگهداری ارائه می‌شود تا ارزیابی مناسب بودن برای استفاده مطابق با راهنمای گواهی‌نامه فنی قابل انجام شود (تنها در صورت نیاز و تا آنجا که آن‌ها اتکا بر روی ارزیابی یا محصولات داشته باشند).

### ۳-۷-۱ طراحی کارها

به فصل ۲ مراجعه شود.

اندودکاری‌ها و مجموعه‌های محافظت‌کننده در برابر آتش باید با این فرض ارزیابی شوند که عضو مورد محافظت، سطح زیرکار، برای اندودکاری ضد حریق با روش مورد نظر مناسب است و در تطابق کامل با گواهی‌نامه فنی می‌باشد، به گونه‌ای که اگر به روش مشخص شده در گواهی‌نامه فنی نصب شود، تمامی الزامات ضروری مربوطه برآورده خواهد شد.

مرجع تأییدکننده باید خطرات احتمالی را مورد ارزیابی قرار داده و اگر ضروری تشخیص داده شود، آزمون‌های مربوطه از موارد تشریح شده در بخش ۳-۵ را انجام دهد یا محدودیت‌هایی برای اندودکاری یا مجموعه اندودکاری از نظر مناسب بودن برای استفاده در کاربرد مورد نظر، پیش‌بینی کند.

دارنده گواهی‌نامه فنی ممکن است محصول را بدون هر گونه اجزای اضافی مانند اتصالات یا مسلح‌کننده‌ها، فقط از طریق کیسه‌های مخلوط خشک در بازار ارائه نماید. هرگونه اجزاء دیگر از قبیل اتصالات، مش، مواد افزودنی که لازم است مورد استفاده قرار گیرد باید در گواهی‌نامه فنی از طریق ویژگی‌های فنی (برای مثال استانداردهای ملی یا گواهی‌نامه‌های فنی موجود) یا مواردی از قبیل ابعاد فیزیکی و عملکرد ماده تعیین شود.

از طرف دیگر یک متقاضی گواهی‌نامه فنی ممکن است علاوه بر کیسه‌های حاوی مخلوط خشک، یک یا چند جزء مانند عامل چسباننده، مش مسلح‌کننده، اتصالات و مواد افزودنی را در بازار ارائه نماید. در این حالت، این مجموعه (یا کیت) محصول است که در گواهی‌نامه فنی ارزیابی شده و مورد پوشش قرار می‌گیرد. در این حالت متقاضی گواهی‌نامه فنی مسئول تطابق ویژگی تمام اجزای مجموعه که او تأمین می‌کند، می‌باشد. بنابراین فرض بر این است که طراحی کارها مطابق مجموعه عرضه شده است و مجموعه به طور کامل به صورتی که مشخص شده، نصب می‌شود.

در جاهایی که کار در معرض مسائلی مانند ارتعاش (در حین ساخت یا در حین بهره‌برداری) است، احتیاط‌های لازم باید صورت گیرد، برای مثال استفاده از یک مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده.

**حمله بیولوژیکی:**

در موارد نادر، تخریب این محصولات ممکن است در اثر حمله بیولوژیکی اتفاق بیفتد مانند رشد کپک روی محصولات و یا محصولات در معرض تخریب ناشی از هجوم حشرات یا حیوانات پستاندار قرار گیرند. این دستورالعمل، ارزیابی محصول برای مقاومت در برابر حمله بیولوژیکی را در نظر نگرفته است.

### ۳-۷-۲ بسته‌بندی، انتقال و انبار

دارنده گواهی‌نامه فنی برای محدود کردن خطر آسیب یا تخریب محصولات در طی حمل و انبار، احتیاط‌های لازم را باید در نظر گیرد.

### ۳-۷-۳ اجرای کارها

شرایط محیطی محل اجرا باید از نظر نوع در معرض بودن، دما و رطوبت در محدوده پارامترهای تعیین شده برای کاربرد اندودکاری قرار داشته باشد.

سیستم‌های اندودکاری مورد نظر برای کاربردهای داخلی قبل از اینکه پوشش خارجی ساختمان تمام شود ممکن است به طور موقت در معرض شرایط خارجی قرار گیرند. در صورتی که اندودکاری قادر باشد شرایط خارجی را در مدت زمان کوتاه تحمل کند، این موضوع باید در گواهی‌نامه فنی بیان شود و توصیه‌هایی باید برای چگونگی گذراندن این وضعیت ارائه شود. این موضوع باید شامل مثلاً چگونگی خشک کردن مواد در صورت مرطوب شدن، جزئیات بازرسی مورد نیاز برای ترک‌ها، لایه لایه شدن و رشد کپک، جزئیات اندازه‌گیری ضخامت و چسبندگی (مقاومت چسبندگی) و ارائه روش برای تعمیر مناطق آسیب دیده باشد.

سطوح زیرکار مورد نظر برای محافظت در مقابل حریق، باید به طور مناسب مطابق الزامات مشخص شده در گواهی‌نامه فنی آماده شوند و بر حسب مقتضی، آستر مناسب بر روی آنها اجرا شود.

پرایمر مورد استفاده در آزمون‌های ارزیابی باید در گواهی‌نامه فنی مشخص شود. گواهی‌نامه فنی ممکن است همچنین شامل خانواده‌های کلی پرایمر باشد، اگر سازگاری و چسبندگی (مقاومت چسبندگی) با آزمون اثبات شده باشد.

در جایی که اندودکاری بر روی فولادی اجرا می‌شود که قبلاً آستر شده است، سازگاری آستر باید محرز شود. اگر نوع آستر نامعلوم است، چسبندگی بین آستر و اندودکاری با یک عامل چسباننده، در صورت استفاده، باید ارزیابی شود.

برای آسترهای با محتوای سیمان زیاد، مقدار PH آستر به کار رفته باید آزمون شود و باید در محدوده تعیین شده برای اندودکاری باشد.

در این دستورالعمل گواهی‌نامه فنی، کاربرد اندودکاری بر روی هر گونه پوشش (مانند رنگ قدیمی موجود) یا اندودکاری موجود، پوشش داده نشده است، بنابراین فرض می‌شود که:

الف) هر گونه پوشش یا اندودکاری موجود کاملاً برداشته می‌شود، یا؛

ب) در صورت برداشته نشدن، سازگاری و چسبندگی (مقاومت چسبندگی) بین اندودکاری جدید و پوشش یا اندودکاری موجود نباید کمتر از ۸۰ درصد مقدار چسبندگی بین اندودکاری جدید و سطح زیرکار باشد، یا؛

پ) از اتصال مکانیکی استفاده می‌شود، برای مثال یک مش درگیرکننده مستقیماً محکم شده به سطح زیرکار بدون استفاده از پوشش یا اندودکاری موجود.

همچنین فرض می‌شود که سطح زیرکار موجود هیچ نقشی در عملکرد ندارد.

آماده‌سازی محصول و کاربرد آن در عملکرد اندودکاری‌ها و قابلیت آنها در برآورده کردن الزامات ضروری، بسیار مهم است. دارنده گواهی‌نامه فنی باید دستورالعمل‌های جامع اجرا و نصب را ارائه نماید. همچنین آموزش‌های لازم برای مجریان پوشش باید به نحو مقتضی فراهم و ارائه شود. این موارد باید همراه با محصول و مدارک مرتبط آن ارائه شده، حداقل شامل اطلاعات مشخص شده در بخش ۳-۸ باشد.

### ۳-۷-۳-۱ آزمون‌های در محل

در جایی که لازم است از اتصالات مکانیکی استفاده شود، آزمون‌های ارزیابی غیرمخرب پین‌ها و مش درگیرکننده، تشریح شده در بندهای ۳-۵-۷-۲-۱-۱، ۳-۵-۷-۲-۱-۲ و ۳-۵-۷-۲-۱-۳ مناسب هستند تا به عنوان آزمون‌های کنترل کیفیت در محل برای بررسی کارایی اتصالات انجام شود.

در جایی که اندودکاری بدون استفاده از اتصالات مکانیکی روی سطح زیرکار اجرا می‌شوند، انجام روش شرح داده شده در بند ۳-۵-۷-۲-۶ مناسب است تا اطمینان حاصل شود که حداقل ۸۰٪ مقدار مقاومت چسبندگی لازم در عمل قابل دستیابی است.

ضخامت باید با یک تکرار کافی برای تعیین ضخامت متوسط و حداقل، اندازه‌گیری شود. یک روش مناسب برای اندازه‌گیری ضخامت در بند ۳-۵-۰-۱ (برای آزمون‌های غیرآتش) ارائه شده است.

چگالی اندودکاری باید به روش توصیه شده در گزارش گواهی‌نامه فنی یا این دستورالعمل اندازه‌گیری شود. این مقدار باید در محدوده رواداری مشخص شده در گواهی‌نامه فنی باشد. روش‌های مناسب برای اندازه‌گیری چگالی در بند ۳-۵-۰-۱

ارائه شده است. در صورت استفاده از استانداردهای EN 1015-6 (INSO 9150-6) و EN 1015-10 (INSO 9150-10)، تعداد آزمونه‌ها ممکن است به یک سطح مناسب، کاهش یابد. سایر روش‌ها ممکن است استفاده شود.

پس از خشک شدن و عمل‌آوری اندودکاری‌ها، جمع‌شدگی مصالح به طور اجتناب‌ناپذیری اتفاق می‌افتد که همراه با مقداری ترک‌خوردگی است. ترک‌های مویی، حداکثر به اندازه و تعداد مقادیر ثبت شده در آزمونه‌های مربوط به آزمون آتش، قابل قبول هستند.

### ۳-۷-٤ تعمیر و نگهداری

به فصل ۲ مراجعه شود.

به طور کلی اندودها، در صورتی که مناطق آسیب‌دیده کوچکی ناشی از اتفاق یا حادثه مربوط به سایر فعالیت‌ها وجود داشته باشد، می‌توانند تعمیر شوند. الزامات مربوط به تعمیر شامل شکل و حداکثر اندازه تعمیر، آماده‌سازی، مواد مورد نیاز، اتصالات، مسلح‌کننده‌ها و روش اجرا باید در دستورالعمل‌ها مشخص شود. توجه خاصی باید به مشکلات مربوط به چسباندن مواد تعمیری به اندودکاری قدیمی صورت گیرد.

### ۳-۷-٥ اجزاء کمکی

به فصل ۲ مراجعه شود.

## ۳-۸ گواهی‌نامه فنی

### ۳-۸-۱ وظایف مرجع صدور گواهی‌نامه فنی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

مرجع صدور گواهی‌نامه فنی برای پوشش‌های محافظت‌کننده در برابر آتش، نسبت به بازدید، نمونه‌برداری، آزمون و ارزیابی این محصولات بر اساس این دستورالعمل اقدام می‌نماید. کنترل تولید کارخانه باید تحت بازرسی اولیه مرجع صدور گواهینامه فنی قرار گیرد و برای اطمینان از تداوم انطباق با گواهی‌نامه فنی، نظارت مداوم نباید در یک تناوب کمتر از دو بار در سال انجام شود. برای توضیحات بیشتر به بخش ۲-۸ در فصل دوم مراجعه شود.

گواهی‌نامه فنی باید ضخامت‌های مختلف مورد نیاز اندودکاری را برای سطوح زیرکار و زمان‌های متفاوت مقاومت در برابر آتش مشخص کند. برای کاربرد در اعضای سازه‌ای فولادی، ارائه مناسب به شکل یک ماتریس شامل ضریب مقطع در برابر زمان مقاومت در برابر آتش باید صورت گیرد. روش کار در فصول بعدی ارائه شده است.

ویژگی اجزای مجموعه، برای مثال اتصالات و مش مسلح‌کننده، باید همراه با تشریح چگونگی کاربرد آن‌ها ارائه شود.

دستورالعمل‌های نصب / اجرا باید حداقل الزامات برای اجرای رضایت‌بخش محصول را مشخص نمایند. جایی که فروش محصول از طرف دارنده گواهی‌نامه فنی به مجریان متخصص صنعت محافظت در برابر آتش محدود می‌شود، این موضوع علاوه بر ارائه در دستورالعمل‌های نصب باید به وضوح بر روی بسته‌بندی‌ها نیز مشخص شود.

دستورالعمل‌ها باید به وضوح ابزار و تجهیزات درست برای اجرای اندودکاری یا مجموعه اندودکاری در تمام حالات مختلف کاربرد را مشخص نمایند (به وضوح مشخص کردن تجهیزاتی که ممکن است علاوه بر حالت متداول، مربوط به کاربردهای خاصی باشند).

اگر یک اندودکاری برای کاربردهای محیط داخلی و یا نیمه معرض خارجی، تأیید شده باشد و قبل از اتمام پوسته خارجی ساختمان، موقتاً در معرض شرایط محیط خارجی قرار گیرد، این موضوع باید در گواهی‌نامه فنی توضیح داده شود. دستورالعمل‌ها باید هر گونه ضوابط خاص مانند محافظت موقت از اندودکاری را مشخص نمایند.

دستورالعمل‌های اجرا باید به طور واضح روش نصب و اجرای محصول یا مجموعه را توصیف کرده و حداقل شامل موارد زیر باشند:

– شرایط انبار کردن محصولات، شامل عمر مفید محصول کیسه شده و سایر اجزای مربوطه در صورت وجود، زمان مصرف یا کارایی محصول آماده شده و زمان عمل‌آوری کامل، هر گونه آماده‌سازی مورد نیاز سطح زیرکار قبل از اجرا (شامل میزان تمیزی سطح زیرکار، سازگاری اندودکاری با سطوح زیرکار مختلف)؛

– هر گونه پوشش درگیرکننده / حفاظتی سطح زیرکار که ممکن است در شرایط خاصی لازم باشد، شامل دستورالعمل‌های دقیق برای اختلاط (بر حسب مورد)، شرایط محیطی مورد نیاز برای اجرا و الزامات برای اجرای درست؛

– جزئیات الزامات مربوط به آسترها بر روی سطوح زیرکار و برای کنترل تطبیق با اندودکاری و ارائه راه حل در صورت عدم تطبیق (مطابق توضیحات زیر)؛

- شرایطی که در آن محصول نیازمند تکیه‌گاه/مسلح‌کننده اضافی است (به فصل‌های بعد مراجعه شود)، به عنوان مثال زمانی که سطح زیرکار با محصول نامناسب یا ناشناخته پوشش داده شده و سازگاری آن با اندودکاری و بنابراین میزان چسبندگی (مقاومت چسبندگی) آن معلوم نیست؛
- جزئیات نوع / اندازه اتصالات مورد نیاز برای مسلح کردن یا اتصال مسلح‌کننده به سطح زیرکار پوشش داده شده. میزان تکرار، الگوی اتصالات و روش نصب اتصالات (در جای مورد نیاز)؛
- روش‌های آزمون یا ارزیابی مورد استفاده در محل برای تعیین کفایت اتصالات و پوشش‌های آستر؛
- روش‌های آزمون مورد استفاده در محل برای تعیین چسبندگی (مقاومت چسبندگی) اندودکاری همراه با حداقل مقادیر ارائه شده در گواهی‌نامه فنی؛
- مقادیر مورد نیاز برای مقاومت پیوستگی / چسبندگی باید مطابق با این دستورالعمل کنترل شود؛
- ویژگی مش مسلح‌کننده (که ممکن است به اتصالات از پیش نصب شده، محکم شود)؛
- دستورالعمل‌های نصب و اجرا برای محل و نگهداری مش مسلح‌کننده (شامل وضعیت انتهایی در نظر گرفته شده در داخل ضخامت اندودکاری)؛
- شرایط محیطی که محصول اندودکاری می‌تواند مخلوط (بر حسب مورد) و سپس اجرا شود؛
- دستورالعمل‌هایی برای اختلاط (بر حسب مورد) شامل نسبت‌های کمی ماده به آب؛ کیفیت آب (مثلاً قابل آشامیدن باشد)؛ هر گونه مواد افزودنی مورد نیاز، ویژگی آن‌ها،

نسبت و شرایط کاربرد؛ نوع تجهیزات مورد نیاز برای اختلاط درست محصول و زمان اختلاط؛

– تنظیمات فشار و اندازه‌های توصیه شده برای نازل پاشنده به منظور اجـرای درسـت اندودکاری با استفاده از نوع مشخصی از تجهیزات (در جایی کـه انـدودکاری پاشـش می‌شود)؛

– در صورت عدم پاشش، روش اجرای محصول؛

– جزئیات ضخامت‌های اندودکاری (همراه با رواداری‌ها) مورد نیاز بـرای زمـان‌هـای مختلف مقاومت در برابر آتش و نوع سطح زیرکار و شکل مقطع؛

– دستورالعمل‌ها در خصوص زمان‌های پاشش مجـدد و محـدودیت‌هـا (در صـورت وجود) در پاشش مجدد؛

– راهنمایی در خصوص ماله‌کشی، کوبیدن و یا هر شـکل دیگـری از درسـت کـردن سطح اندودکاری برای تولید یک سطح کار تمام شده منظم‌تر از آنچه در اجرای اولیـه بدست آمده (در صورت لزوم)؛

– جزئیات حداکثر مقدار ترک‌خوردگی مجاز بیان شده در گواهی‌نامه فنی؛

– جزئیات بیشتر در خصوص پوشش اندودکاری با هر گونه پوشش‌های اختصاصی از سایر تولیدکنندگان یا آن‌هایی که توسط دارنده گواهی‌نامه فنی انـدودکاری بـه عنـوان بخشی از یک مجموعه (در صورت لـزوم) سـاخته مـی‌شـود، بـه عنـوان مثـال بـرای محافظت بهتر در شرایط محیطی؛

– راهنمای محل‌های کار با ماسک در طول اجرای این محصولات.

چگالی متوسط ذکر شده در گواهی‌نامه فنی، مقداری است که آزمون‌های تأییدیه بر آن اساس انجام شده و مشخصه‌های عملکردی برای آن معتبر اسـت. یـک رواداری ۱۵± 

درصد این مقدار متوسط ذکر شده، برای آزمون‌های میدانی قابل قبول است و در این حالت، مشخصه‌های عملکردی ذکر شده، معتبر فرض می‌شوند.

مشخص است که در عمل کنترل چگالی مخلوط پاشش شده، دشوار است. با این وجود، چگالی اندودکاری پاشش شده نباید خارج از رواداری پایین‌تر قرار گیرد. اگر چگالی از رواداری بالاتر، بیشتر شود، ضروری است سایر پارامترها مورد بررسی قرار گیرد. این موضوع زمینه‌ای از کاربرد تعمیم یافته را تشکیل می‌دهد. اگر چه احتمال نمی‌رود که مشخصه‌های عملکردی در چگالی‌های بالاتر به خطر بیفتد ولی لازم است اثر افزایش جرم در نظر گرفته شود. در نتیجه، مقاومت چسبندگی (اگر اندودکاری مسلح نشده یا با اتصالات مکانیکی، محکم نشده باشد)، ضخامت اندودکاری و نوع سطح زیرکار مثلاً تخت یا با گوشه‌های داخل رونده، لازم است برای تعیین قابل قبول بودن برای چگالی بالاتر، مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان یک راهنما، یک چگالی متوسط به اضافه ۲۰ درصد، ممکن است قابل قبول باشد به جز احتمالاً در حد بالای ضخامت (مثلاً یک زمان مقاومت در برابر آتش بالا همراه با یک مقطع فولاد لاغر با ضریب مقطع بالا)، که جرم اضافی اندودکاری ممکن است باعث نگرانی شود.

به طور مشابه، اگر پاشش در ضخامت‌های بالاتر از مقادیر مشخص شده، باشد در حالی که عملکرد را کاهش ندهد، اثر جرم اضافی باید در نظر گرفته شود، به خصوص اگر با یک چگالی بالاتر همراه شود.

همچنین اطلاعات نصب و اجرا باید به طور واضح هر گونه محدودیت برای کاربرد محصول را مشخص نماید مثلاً عدم سازگاری با شرایط محیطی معین یا سناریوهای محافظت در برابر آتش مشخص.

اگر محصول بدون یک نوع پوشش اضافی معین نتواند آسیب‌های مکانیکی را تحمل کند، این موضوع نیز باید مشخص شود.

توصیه‌هایی باید در خصوص ترتیب کارها ارائه شود به طوری که اندودکاری اجرا نشود تا کارهای مجاور که ممکن است باعث آسیب به آن شود، به اتمام برسند.

توصیه مربوط به تأمین تهویه در اطراف کارهای تمام شده برای جلوگیری از حمله بیولوژیکی مانند رشد کپک در نظر گرفته شود.

اگر کارها، به عنوان مثال، احتمالاً در معرض لرزش باشند، ضوابط ویژه‌ای مانند استفاده از مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده، ممکن است لازم باشد.

در جایی که محصول در حال استفاده با دیگر محصولاتی که حفاظت در برابر آتش سازه را به عهده دارند، سازگار نباشد، این موضوع باید مشخص شود.

اطلاعات باید در مورد اینکه چطور با اتصالات بین اعضاء و بین سطوح قبلی و جدید اندودکاری برخورد کنیم، ارائه شود.

راهنمایی باید در مورد نحوه پاشش بر روی اندودکاری موجود ارائه شود (اگر چه این روش توصیه نمی‌شود).

### ۳-۸-۲ کنترل‌های کارخانه‌ای

همچنین کنترل‌های کارخانه‌ای در مجموعه دارنده گواهی‌نامه فنی باید موجود باشد که به عنوان یک نمونه، جدول ۳-۵ ارائه شده است. دارنده گواهی‌نامه فنی مسئول محصول و هر گونه اجزا تشکیل دهنده یک مجموعه می‌باشد، صرف‌نظر از اینکه دارنده گواهی‌نامه فنی تمام یا بخشی از آنها را تولید نکند. سیستم کنترل کیفیت

کارخانه دارنده گواهی‌نامه فنی باید ارزیابی‌هایی که برای اطمینان از کیفیت تولید و اطمینان از همه اجزا، انجام دهد و مسئول انجام ارزیابی در کارخانه مشخص باشد.

اگر محصول یا اجزای مجموعه به دارنده گواهی‌نامه فنی عرضه می‌شود، تأمین کننده باید الزامات کنترل کیفیت کارخانه‌ای را برآورده کند و دارنده گواهی‌نامه فنی باید از اعلام انطباق تأمین‌کننده، مطمئن شود. برای مثال با بازرسی محصول یا اجزای عرضه شده.

اعلام انطباق تأمین کننده باید منطبق با اصول EN ISO 17050-1 و EN ISO 17050-2 باشد.

وقتی که دارنده گواهی‌نامه فنی یک مجموعه اندودکاری را ارائه می‌دهد، کنترل کیفیت کارخانه باید برای اطمینان از عملکرد مناسب و ثابت اندودکاری، آزمون‌های مناسب انطباق یا بازرسی از تمام اجزا در یک مجموعه را به مرجع صدور گواهی‌نامه فنی ارائه کند (ثبات در کیفیت محصولات می‌تواند با کمک یک‌سری روش کنترل شود، برای مثال، کنترل ثابت بودن فرمولاسیون / ترکیب محصول و فرآیند تولید). نمونه‌برداری از محموله اجزا، ممکن است وابسته به حجم تولید چنین اجزایی، مناسب باشد.

در شرایطی که اجزای مجموعه توسط دارنده گواهی‌نامه فنی تولید می‌شوند، سیستم کنترل کیفیت کارخانه باید بازرسی موردی از اجزای ورودی را شامل شود. در جایی که اجزا از ماده‌ای ساخته می‌شوند که در کاربرد نهایی، مهم و کلیدی است، این معیارها باید در سیستم کنترل کیفیت کارخانه بیان شوند.

در صورتی که مواد وارد شده، قبل از تأیید، با هدف تولید فوری استفاده شده باشند، این موضوع باید ثبت شود تا در صورت عدم انطباق به راحتی قابل تشخیص و مرجوع کردن باشند.

ارزیابی مداوم محصولات نیمه‌آماده و آماده شده باید مطابق سیستم کنترل کیفیت کارخانه که توسط دارنده گواهی‌نامه فنی مستندسازی شده، انجام شود تا انطباق پیوسته با مشخصات مورد نظر محصول تأیید شود. همه مصالح، محصولات نیمه‌آماده و آماده شده تحت ارزیابی و بازرسی، باید از طریق شماره محموله یا سایر روش‌های ارجاع‌دهی مربوط به تولید متعلق به دارنده گواهی‌نامه فنی، قابل ردگیری باشند.

این ارزیابی مربوط به محصول باید به وسیله افراد آموزش دیده/متخصص انجام شود که یا به وسیله دارنده گواهی‌نامه فنی استخدام شده یا از طرف یک مرجع خارجی به نمایندگی از دارنده گواهی‌نامه فنی عمل می‌کنند.

گزارش‌های مربوط به ارزیابی‌ها و بازرسی‌های متعلق به محصولات نیمه‌آماده/آماده شده باید قابل ردگیری و ارتباط با گزارش‌های ارزیابی مواد خام/اجزا مخلوط باشند.

**جدول ۳-۵: خواص و طرح آزمون دارنده گواهی‌نامه فنی**

| ردیف | ویژگی | روش آزمون مربوط | مبنای پذیرش | حداقل تناوب آزمون‌ها |
|---|---|---|---|---|
| مخلوط خشک و پوشش نهایی (تولید شده توسط دارنده گواهی‌نامه فنی اندودکاری) | | | | |
| ۱ | مواد ورودی به کارخانه | اعلام انطباق | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | برای هر محموله دریافتی |
| ۲ | چگالی حجمی سنگدانه‌ها | | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | یک بار برای هر محموله |
| ۳ | چگالی حجمی مخلوط خشک | | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | یک بار برای هر محموله یا ۵ بار در روز (۲٤ ساعت) در بازه‌های منظم |
| اندودکاری (ملات تازه) | | | | |
| ٤ | چگالی ظاهری | | بر اساس گواهی‌نامه فنی | یک بار در هر محموله یا ۵ بار در روز (۲٤ ساعت) در بازه‌های منظم |
| ۵ | زمان گیرش/کارپذیری (زمان مصرف) | | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | یک بار در هر محموله یا ۵ بار در روز (۲٤ ساعت) در بازه‌های منظم |
| اندودکاری (ملات سخت شده) | | | | |
| ٦ | چگالی | | بر اساس گواهی‌نامه فنی | یک بار در ماه |
| ۷ | چسبندگی (مقاومت چسبندگی) به سطح زیرکار | | | یک بار در ماه |
| اجزاء افزودنی | | | | |
| ۸ | عامل چسباننده روکش نهایی (تولید شده توسط دیگران) | مشخصه توافق شده، مثلاً توصیف، نوع ماده، ویسکوزیته، | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | هر تحویل |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | مقدار pH، رنگ، محتوای فرار | | |
| ۹ | اتصالات، رابیتس و مسلح‌کننده | مشخصه توافق شده، مثلاً توصیف، نوع ماده، پوشش، ابعاد، شکل هندسی، طراحی | ویژگی‌های دارنده گواهی‌نامه فنی | هر تحویل |

## ۳-۸-۳ تعمیر و نگهداری

دارنده گواهی‌نامه فنی باید در دستورالعمل‌های نصب و اجرای پوشش (اندودکاری)، دستورالعمل‌های لازم برای نگهداری و تعمیر را تهیه و ارائه نماید.

این دستورالعمل می‌تواند شامل بازرسی‌های عادی برای کنترل آسیب، تمیزکاری، اجرای مجدد پوشش رویه/پوشش درزبندی (برحسب مورد) باشد.

روش تعمیر باید کنترل‌های لازم بر روی عملیات تعمیر به قرار زیر را مشخص نماید:

- آماده‌سازی اندودکاری آسیب دیده برای تعمیر شامل برداشتن مواد آسیب دیده و اصلاح کردن اطراف اندودکاری برای رسیدن به یک سطح پیرامونی بی‌عیب؛
- تمیز کردن سطح زیرکار و باقی ماندن اندودکاری اصلی؛
- دستورالعمل‌هایی مربوط به جایگزینی منطقه مسلح شده (بر حسب مورد)؛
- مشخص کردن اینکه آیا یک ماده تعمیری خاص لازم است یا اینکه اندودکاری اصلی می‌تواند به طور موثر استفاده شود؛
- نحوه مخلوط کردن (برحسب مورد) مواد تعمیری؛
- اجرای مواد تعمیری؛
- اجرای مجدد پوشش رویه / پوشش درزبندی (برحسب مورد).

### ۳-۸-٤ آرم

دارندگان گواهی‌نامه فنی باید بلافاصله هنگام بسته‌بندی محصول خشک، آرم مرجع صدور گواهینامه فنی را بر روی کیسه‌ها حک کنند. اجزاء مجموعه به غیر از کیسه‌های مخلوط خشک نباید دارای آرم مرجع صدور گواهینامه فنی به عنوان جزئی از مجموعه‌ای که مشمول گواهی‌نامه فنی می‌باشد، شوند ولی باید با جزئیات توضیح داده شده و این توضیحات ضمیمه کیسه‌های مخلوط خشک شود.

# پیوست۳- الف
# آزمون‌های واکنش در برابر آتش برای محصولات ساختمانی ـ آرایش‌های نصب و اتصال برای اندودکاری‌ها

در این پیوست شرایط اختصاصی آزمون‌های واکنش در برابر آتش برای پوشش‌ها و اندودکاری‌های معدنی محافظت‌کننده در برابر آتش ارائه شده است. مرجع صدور گواهی‌نامه فنی بر حسب نوع و ترکیبات مصالح، ممکن است یک یا چند آزمون واکنش در برابر آتش را برای تشخیص و شناسایی رفتار محصول انجام دهد.

### ۳-الف-۱ آزمون SBI مطابق EN 13823 (INSO 13553)

- اندودکاری و مجموعه‌های اندودکاری در نظر گرفته شده برای کاربردهای مقاومت در برابر آتش وقتی که به شکل لایه بر روی سطح زیرکار اعمال می‌شوند، باید مورد آزمون قرار گیرند. این آزمون باید به گونه‌ای که محصول در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام شود، برای مثال همراه با مش مسلح‌کننده مدفون در اندودکاری و با هر گونه پوشش سطحی.
- آزمونه‌ها برای هر بال به طور جداگانه تولید می‌شوند. آزمونه‌ها باید با توجه به بند ۳-۵-۰-۱ آماده‌سازی شده و با توجه به بند ۳-۵-۰-۳، عمل‌آوری شوند.

مونتاژ هر دو بال باید بر روی چرخ دستی آزمونه در دستگاه آزمون SBI انجام شود.

- یک سطح زیرکار استاندارد مطابق با EN 13238:2010 (INSO 13553) باید مورد استفاده قرار گیرد، به طوری که در یک فاصله بزرگتر یا مساوی ۸۰ میلی‌متر از تخته پشت‌بند، نصب شود. نتیجه اخذ شده برای همه سطوح زیرکار مورد استفاده در اجرا که در این دستورالعمل ارائه شده‌اند، به کار می‌رود. اگر یک سطح زیرکار غیر استاندارد برای آزمون استفاده شود، نتیجه اخذ شده فقط برای آن سطح زیرکار به کار می‌رود.
- در سطوح زیرکار طبقه‌های A1 یا A2، اندودکاری‌ها و مجموعه‌های اندودکاری باید با حداکثر ضخامت خشک قابل اعمال، مورد آزمون قرار گیرند. نتیجه اخذ شده برای همه ضخامت‌های اعمال شده تا ضخامت آزمون شده، به کارمی‌رود.
- برای سطوح زیرکار طبقه‌های B، C، D یا E، اندودکاری‌ها و مجموعه‌های اندودکاری باید با حداکثر و حداقل ضخامت خشک اعمال شده، آزمون شوند. سه آزمونه باید در هر ضخامت آزمایش شود. نتیجه اخذ شده[1]، برای همه ضخامت‌ها بین و شامل ضخامت‌های آزمون شده، به کار می‌رود.

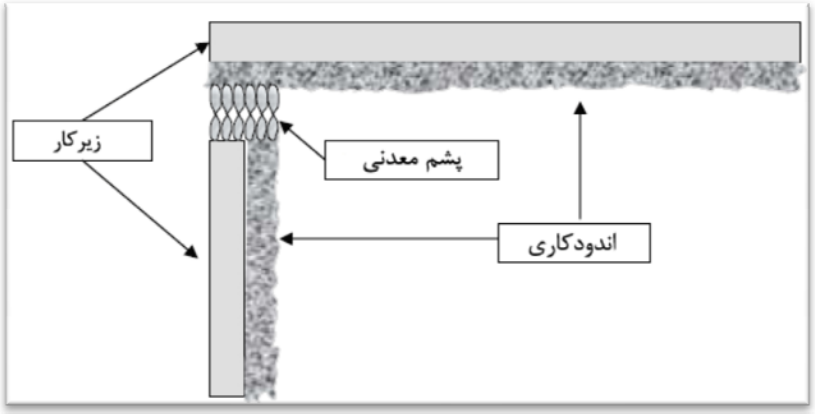
---

۱- اگر نتایج آزمون منجر به دو طبقه‌بندی مختلف شود، بدترین نتیجه در نظر گرفته خواهد شد یا در صورت درخواست متقاضی گواهی‌نامه فنی، آزمون‌های بیشتری قابل انجام است.

- اگر اندودکاری‌ها و مجموعه‌های اندودکاری دارای پوشش‌های سطحی باشند، آزمون باید با آن پوششی انجام شود که بر اساس سوابق تجربی در خصوص فرمولاسیون، تجربه موجود یا آزمون، منجر به بدترین نتیجه شود.

در حالت سطوح زیرکار قابل اشتعال (یعنی آن‌هایی که به جز A1 طبقه‌بندی شده‌اند)، درز بین بال‌ها باید با پشم معدنی طبقه‌بندی شده A1 یا مواد مشابه دیگر به منظور جلوگیری از همکاری در آزاد شدن انرژی از سطوح زیرکار که عملاً هرگز اتفاق نخواهد افتاد، محافظت شوند (به شکل الف-۱ توجه شود).

- مش سیمی ممکن است لازم باشد به سطح زیرکار متصل شود تا از اینکه اندودکاری به بال‌ها چسبیده است، اطمینان حاصل شود.




**شکل الف-۱: الگوی درز قائم برای آزمون یک سیستم اندودکاری**

### ۳-الف-۲ انجام آزمون مشعل کوچک مطابق با EN ISO 11925-2 (استاندارد ایران INSO 7271-4)

در صورت انجام این آزمون، تهیه آزمونه‌ها و انجام آزمون باید مطابق با الزامات EN ISO 11925-2 (INSO 7271-4) انجام شود.

### ۳-الف-۳ انجام آزمون مطابق با EN ISO 1716 (INSO 7271-5) و EN ISO 1182 (INSO 7271-1)

تهیه آزمونه‌ها و انجام آزمون‌ها باید مطابق با الزامات EN ISO 1716 (INSO 7271-5) و EN ISO 1182 (INSO 7271-1) انجام شود.

برای یک محصول بخصوص با فرمولاسیون‌های متفاوت (مثلاً یک محصول پایه سیمانی با چگالی یا سبکدانه متفاوت) این آزمون‌ها باید با آن پوششی انجام شود که بر اساس سوابق تجربی، نوع فرمولاسیون یا آزمون، منجر به بدترین نتیجه شود.

# پیوست ۳- ب
# روش آزمون برای ارزیابی خوردگی سطوح زیر کار فولادی به علت اندودکاری

### ۳- ب-۱ دامنه کاربرد

این روش آزمون طرز اندازه‌گیری خوردگی فولاد ناشی از اندودکاری‌ها را ارائه می‌کند.

### ۳- ب-۲ خلاصه روش آزمون

در این روش آزمون پانل‌های فولادی عریان، آستر زده شده و گالوانیزه به صورت پاششی اندودکاری می‌شوند و به مدت ۲٤۰ ساعت در معرض دما و رطوبت اتاق و همچنین یک محفظه با دما و رطوبت کنترل شده، قرار می‌گیرند. میزان خوردگی از افت جرم ورق‌ها تعیین می‌شود.

تنها فولاد با پرداخت‌های اعلام شده توسط دارنده گواهی‌نامه فنی که برای استفاده با اندودکاری مناسب می‌باشد، لازم است آزمایش شود.

### ۳- ب-۳ اهمیت و کاربرد

هدف از این روش آزمون تعیین خواص نسبی خورندگی اندودکاری است تا نشانه‌ای از قابلیت سرویس‌دهی و دوام فراهم شود. عملکرد رضایت‌بخش یک اندودکاری اجرا شده بر روی اعضای سازه‌ای و مجموعه‌ها به قابلیت آن در ایستادگی در برابر عوامل

مختلفی که در طول عمر سازه رخ می‌دهد و همچنین به عملکرد رضایت‌بخش آن در شرایط آتش‌سوزی، بستگی دارد.

در این روش آزمون، خوردگی نسبی فولاد ناشی از اندودکاری ارزیابی می‌شود و تعیین می‌شود که آیا وجود اندودکاری باعث افزایش خوردگی فولاد می‌شود یا هیچ تأثیری بر روی آن ندارد.

### ۳- ب-٤ دستگاه‌ها

- یک اتاقک استاندارد دما و رطوبت، که برای حفظ یک دمای (۲±۳۵) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۹۵) درصد، مجهز شده است. این اتاقک و تمام لوازم باید از ماده‌ای ساخته شده باشند که خورندگی هوای داخل اتاقک را تحت تأثیر قرار ندهد. به علاوه، تمام قسمت‌های در تماس با آزمونه‌ها باید از ماده‌ای ساخته شده باشد که موجب خوردگی الکتریکی نشوند. تهویه کافی هوا روی آزمونه‌ها باید فراهم شود.

- ترازوها، با ظرفیت ۵ کیلوگرم و حساسیت ۰/۱± گرم.

- برس سیمی، با موهای سیمی برنجی به طول تقریباً ۲۵ میلی‌متر که بر روی یک دسته قرار گرفته است. بخش مودار سیمی باید دارای طول ۱۲۷ میلی‌متر در عرض ۱۹ میلی‌متر باشد.

### ۳- ب-۵ مواد

در این روش آزمون لازم است که اندودکاری مطابق با دستورالعمل‌های متقاضی گواهی‌نامه فنی اجرا شود. دستگاه‌ها، مواد و روش‌های به کار رفته برای اجرای اندودکاری باید نماینده کاربرد برای آزمون آتش و نیز در عمل باشد.

چگالی آزمونه آماده شده باید به اندازه چگالی آزمونه آزمایش شده تحت آتش در محدوده ۱۵±٪ رواداری اعلام شده باشد.

ورق‌های فولادی باید دارای ابعاد ۲۰۰mm×۲۰۰mm×۵mm بوده و باید:

- در حالت فولاد عریان مطابق با EN 10025 کلاس S به جز S185
- در حالت آستر خورده مطابق با EN 10025 کلاس S به جز S185، فولاد روکش شده با آستر آلکیدی اکسیدآهن، یا دیگر موارد مشخص شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی
- فولاد گالوانیزه مطابق با EN 10025 کلاس S به جز S185 گالوانیزه شده مطابق با EN 10326

### ۳- ب-٦ آزمونه‌های آزمایشگاهی

باید چهار ورق فولادی از هر نوع، ارزیابی شود مثلاً فولاد عریان، آستر خورده، گالوانیزه.

ورق‌های فولادی در هر مجموعه باید با عنوان الف، ب، ج و د نامگذاری شوند.

ورق‌های فولادی باید بدون هر گونه زنگ‌زدگی باشند.

## ۳- ب-۷ روش

ورق‌های فولادی را با الکل یا استن شسته تا هرگونه روغن یا گریس از روی آنها پاک شود. سپس در دمای اتاق خشک شوند. هر ورق را با دقت ۰/۱ گرم وزن کرده و آن را ثبت کنید.

لبه‌های ورق‌ها را محافظت کرده و یک پوشش مناسب روی یک وجه اعمال کنید. این پوشش باید تحت شرایط این روش آزمون پایدار باشد و نباید خوردگی را افزایش دهد. موم پارافین برای این منظور پیشنهاد می‌شود.

اندودکاری را در حداقل ضخامتی که متقاضی گواهی‌نامه فنی، طبقه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای آن دارد، اجرا کنید.

چگالی و ضخامت هر آزمونه آزمایشگاهی آماده شده را تعیین کنید.

آزمونه الف و ب از هر مجموعه:

- آزمونه‌ها را برای (۲±۲٤۰) ساعت در دمای اتاق (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی حداکثر ٦۰ درصد، تثبیت شرایط نمایید.
- اندودکاری و همچنین پوشش محافظ خوردگی (موم) را از روی ورق‌ها پاک کنید.
- تمام زنگ‌زدگی‌های سطحی را از روی ورق‌ها با برس سیمی مشخص شده در بند ب-٤ پاک کنید و با حلال (الکل یا استن) تمیز کنید.
- ورق‌ها را با دقت ۰/۱ گرم وزن کرده و این مقادیر را ثبت نمایید.

آزمونه‌های ج و د از هر مجموعه:

- ورق‌ها را در محفظه دما – رطوبت قرار داده و در دمای (۲±۳۵) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۹۵) درصد به مدت (۲±۲٤۰) ساعت نگهداری نمایید.
- پس از اتمام دوره زمانی ۲٤۰ ساعته، آزمونه‌ها را از محفظه بیرون آورید.

– اندودکاری و همچنین پوشش محافظ خوردگی (موم) را از روی ورق‌ها پاک کنید.
– تمام زنگ‌زدگی‌های سطحی را از روی ورق‌ها با برس سیمی مشخص شده در بند ب–٤ پاک کنید و با حلال (الکل یا استن) تمیز کنید.
– ورق‌ها را با دقت ۰/۱ گرم وزن کرده و این مقادیر را ثبت نمایید.

## ۳– ب–۸ محاسبه

مقدار متوسط افت جرم در انتهای طول عمر آزمونه‌های الف و ب و افت جرم در انتهای آزمون رطوبت ۲٤۰ ساعته آزمونه‌های ج و د را به روش زیر محاسبه کنید:
برای هر آزمونه:
(مساحت ورق (میلی‌متر مربع))/(جرم آخر (گرم)–جرم اولیه (گرم))=افت جرم (گرم بر میلی‌متر مربع)
مقدار متوسط افت جرم در انتهای طول عمر آزمونه‌های الف و ب و مقدار متوسط افت جرم در انتهای آزمون رطوبت ۲٤۰ ساعته آزمونه‌های ج و د را به روش زیر محاسبه کنید:

۲ / ( افت جرم آزمونه ب+افت جرم آزمونه الف)= افت جرم متوسط ۱

۲ / ( افت جرم آزمونه د+افت جرم آزمونه ج)= افت جرم متوسط ۲

## ۳– ب–۹ گزارش

ضخامت اندودکاری را به میلی‌متر، چگالی اندودکاری را به کیلوگرم بر متر مکعب و افت جرم تکی و متوسط مربوط به هر آزمونه و مجموعه را به گرم بر میلی‌متر مربع، گزارش کنید.

همه اطلاعات راجع به فولاد از جمله کلاس، نوع آستر، شامل نام محصول و تولیدکننده، ضخامت لایه خشک اندازه‌گیری شده و زمان سپری شده (تعداد روزها یا ساعت‌ها) بین اجرای آستر و اندودکاری را گزارش کنید.

# پیوست ۳- پ
# تعیین هدایت حرارتی اعلام شده و ضریب تبدیل به درصد رطوبت بالا (برای اندودکاری‌ها با پایه پشم معدنی)

**۳- پ-۱ تعیین مقدار کسر λ در ۱۰ درجه سلیسیوس، در شرایط خشک ($\lambda_{10,dry,90/90}$)**

**۳- پ-۱-۱ اندازه‌گیری $\lambda_{dry}$ در ۱۰ درجه سلیسیوس**

**۳- پ-۱-۱-۱** آزمونه‌ها برای تعیین هدایت حرارتی λ در ۱۰ درجه سلیسیوس باید مطابق با بند ۳-۵-۰-۳ تثبیت شرایط شوند.

**۳-پ-۱-۱-۲** هدایت حرارتی آزمونه‌های تثبیت شرایط شده مطابق با بند ۳- پ-۱-۱-۱ باید مطابق با EN 12667 یا EN 12939 (INSO 11520) برای محصولات ضخیم در دمای متوسط (۱۰±۰/۳) درجه سلیسیوس اندازه‌گیری شود.

در طول اندازه‌گیری، احتیاط لازم باید برای جلوگیری از جذب رطوبت به وسیله آزمونه اتخاذ شود. قابل قبول است که برای مثال، آزمونه در داخل یک کیسه پلاستیکی نازک قرار داده شود.

### ۳- پ-۱-۲ محاسبه مقدار کسر λ در ۱۰ درجه سلیسیوس، در شرایط خشک ($\lambda_{10,dry,90/90}$)

**۳- پ-۱-۲-۱** کسر λ در ۱۰ درجه سلیسیوس، در شرایط خشک ($\lambda_{10,dry,90/90}$) به عنوان یک مقدار حدی نماینده حداقل ۹۰ درصد تولید با یک حد اطمینان ۹۰ درصد باید با استفاده از روش‌های ارائه شده در پیوست ۳-الف از EN 13162:2009 (INSO 8116) محاسبه شود. لازم به ذکر است که $\lambda_D$ باید مطابق با بند ث-۳ محاسبه شود.

## ۳- پ-۲ تعیین ضریب تبدیل رطوبت ($f_{u,1}$)

برای تعیین ضریب تبدیل رطوبت $f_{u,1}$، دو مجموعه اندازه‌گیری مورد نیاز است.

مجموعه ۱ شامل دو اندازه‌گیری بر روی آزمونه‌های خشک، برای تعیین $\lambda_{10,dry}$ و $u_{dry}$ (محتوای رطوبتی جرم ضربدر جرم).

مجموعه ۲ شامل دو اندازه‌گیری بر روی آزمونه‌های تثبیت شرایط شده در دمای (۲۳±۲) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵۰±۵) درصد، برای تعیین $\lambda_{10,(23,50)}$ و $u_{23,50}$ (محتوای رطوبتی جرم ضربدر جرم).

### ۳- پ-۲-۱ روش

#### ۳- پ-۲-۱-۱ مجموعه ۱

دو آزمونه را مطابق روش بند ۳- پ-۱-۱-۱ خشک کنید.

برای هر آزمونه مقدار جرم را در شرایط خشک تعیین کنید. متوسط دو مقدار را برای تعیین $m_{dry}$ در نظر بگیرید. $u_{dry}$، محتوای رطوبت در شرایط خشک بوده و طبق تعریف برابر صفر است.

برای هر آزمونه مقدار $\lambda$ را در دمای ۱۰ درجه سلیسیوس مطابق روش بند ۳- پ-۱-۱-۲ تعیین کنید. متوسط دو مقدار را برای تعیین $\lambda_{10,dry}$ در نظر بگیرید.

**۳- پ-۲-۱-۲ مجموعه ۲**

۳- پ-۲-۱-۲-۱ دو آزمونه را در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰) درصد مطابق روش‌های ارائه شده در گام ۲ بند ۵-۲ از EN 13169:2008 (INSO 8320) تثبیت شرایط کنید.

**۳- پ-۲-۱-۲-۲** برای هر آزمونه، جرم را در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰) درصد تعیین کنید.

متوسط دو مقدار را برای تعیین جرم در دمای ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰) درصد تحت عنوان $m_{23,50}$، در نظر بگیرید.

**۳- پ-۲-۱-۲-۳** $u_{23,50}$ را از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$u_{23,50} = \frac{m_{23,50} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

که $m_{23,50}$، مقدار جرم در دمای ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد مطابق بند ۳-پ-۲-۱-۲-۲ است.

$m_{dry}$، مقدار جرم مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۱ است.

**۳- پ-۲-۱-۲-٤** برای هر آزمونه تثبیت شرایط شده مطابق بند۳- پ-۲-۱-۲-۱، مقدار $\lambda$ را بر اساس EN 12667 یا EN 12939 (INSO 11520) برای محصولات ضخیم در دمای متوسط (۰/۳±۱۰) درجه سلیسیوس تعیین کنید.

متوسط دو مقدار را برای تعیین $\lambda_{10,(23,50)}$ در نظر بگیرید.

### ۳- پ-۲-۱-۳ محاسبه ضریب تبدیل رطوبت (fu,1)

ضریب تبدیل رطوبت $f_{u,1}$ باید از فرمول زیر (برگرفته از فرمول ٤ از ISO 10456:2010) محاسبه شود:

$$f_{u,1} = \frac{\ln \frac{\lambda_{10,(23,50)}}{\lambda_{10,dry}}}{u_{23,50} - u_{dry}}$$

که؛

$\lambda_{10,(23,50)}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۲-٤ تعیین می‌شود،

$\lambda_{10,dry}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۱ تعیین می‌شود،

$u_{23,50}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۲-۳ تعیین می‌شود،

$u_{dry}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۱ تعیین می‌شود و برابر صفر تعریف می‌شود.

## ۳- پ-۳ محاسبه هدایت حرارتی اعلام شده λD

هدایت حرارتی اعلام شده $\lambda_D$ باید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

$$\lambda_{(23,50)} = \lambda_{10,dry,90/90} * e^{f_{u,1}(u_{23,50} - u_{dry})}$$

که؛

$\lambda_{10,dry,90/90}$ مطابق بند ۳- پ-۱-۲ تعیین می‌شود،

$f_{u,1}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۳ تعیین می‌شود،

$u_{23,50}$ مطابق بند ۳-پ -۲-۱-۲-۳ تعیین می‌شود،

$u_{dry}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۱ تعیین می‌شود و برابر صفر تعریف می‌شود.

مقدار محاسبه شده $\lambda_{(23,50)}$ باید به بالاترین حد 0.001W/(m.K) گرد شود و تحت عنوان $\lambda_{D\,(23,50)}$ اعلام شود.

## ۳- پ-٤ تعیین ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا (fu,2)

برای تعیین ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالای $f_{u,2}$، دو مجموعه اندازه‌گیری مورد نیاز است.

مجموعه ۱:

دو اندازه‌گیری بر روی آزمونه‌های تثبیت شرایط شده در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۵۰) درصد، برای تعیین $\lambda_{10,\,(23,50)}$ و $u_{23,50}$ (محتوای رطوبتی جرم ضربدر جرم).

مجموعه ۲:

دو اندازه‌گیری بر روی آزمونه‌های تثبیت شرایط شده در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۸۵) درصد، برای تعیین $\lambda_{10,\,(23,80)}$ و $u_{23,80}$ (محتوای رطوبتی جرم ضربدر جرم).

### ۳- پ-٤-۱ روش

#### ۳- پ-٤-۱-۱ مجموعه ۱

$\lambda_{10,\,(23,50)}$ و $u_{23,50}$ را مطابق با بند ۳-پ-۲-۱-۲ تعیین کنید.

### ۳- پ-٤-۱-۲ مجموعه ۲

#### ۳- پ-٤-۱-۲-۱

دو آزمونه را در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۸۰) درصد مطابق با روش‌های ارائه شده در گام ۲ بند ۵-۲ از (EN 13169:2008 (INSO 8320، تثبیت شرایط کنید.

#### ۳- پ-٤-۱-۲-۲

برای هر آزمونه مقدار جرم را در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۸۰) درصد تعیین کنید.

متوسط دو مقدار را برای تعیین جرم در دمای ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد تحت عنوان $m_{23,80}$، در نظر بگیرید.

#### ۳- پ-٤-۱-۲-۳

مقدار $u_{23,80}$ را از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$u_{23,80} = \frac{m_{23,80} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

که؛

$m_{23,80}$ مقدار جرم در دمای ۲۳ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد مطابق بند ۳- پ-٤-۱-۲-۲ است.

$m_{dry}$ مقدار جرم مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۱ است.

**۳- پ-٤-۱-۲-٤**

برای هر آزمونه تثبیت شرایط شده مطابق بند ۳-پ-٤-۱-۲-۱، مقدار $\lambda$ را مطابق با EN 12667 یا EN 12939 (INSO 11520) برای محصولات ضخیم در دمای متوسط (۱۰±۰/۳) درجه سلیسیوس تعیین کنید.

متوسط دو مقدار را برای تعیین $\lambda_{10,(23,80)}$ در نظر بگیرید.

**۳- پ-٤-۱-۳ محاسبه ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا (fu,2)**

ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا، $f_{u,2}$ باید از فرمول زیر محاسبه شود (بر گرفته از فرمول ٤ از ISO 10456:2010):

$$f_{u,2} = \frac{\ln \frac{\lambda_{10,(23,80)}}{\lambda_{10,(23,50)}}}{u_{23,80} - u_{23,50}}$$

که؛

$\lambda_{10,(23,80)}$ مطابق بند ۳- پ-٤-۱-۲-٤ تعیین می‌شود،

$\lambda_{10,(23,50)}$ مطابق بند ۳-پ-۲-۱-۲ تعیین می‌شود،

$u_{23,80}$ مطابق بند ۳- پ -٤-۱-۲-۳ تعیین می‌شود،

$u_{23,50}$ مطابق بند ۳- پ-۲-۱-۲ تعیین می‌شود.

برای تعیین ضریب تبدیل رطوبت، $f_{u,1}$ و ضریب تبدیل به محتوای رطوبتی بالا، $f_{u,2}$، آزمونه‌ها باید از همان مرحله تولید به دست آیند.

هدایت حرارتی نیز ممکن است در دمای متوسط به غیر از ۱۰ درجه سلیسیوس اندازه‌گیری شود، به شرطی که دقت ارتباط بین دما و خواص حرارتی به خوبی مستند شده باشد.

# پیوست ۳- ت
# آزمون دوام برای اندودکاری‌ها

### ۳-ت-۱ مقدمه

دوام اندودکاری بر اساس مقایسه داده‌ها بین نمونه‌ها تحت شرایط مصنوعی در معرض و نمونه‌های شاهد تعیین می‌شود.

پارامترهای استفاده شده عبارتند از:

- چسبندگی (مقاومت چسبندگی)؛
- کارایی نارسانایی؛
- مشاهدات چشمی.

در آزمون‌های زیر، چسبندگی (مقاومت چسبندگی) به عنوان یک مشخصه برای تعیین تغییرات قبل و بعد از آزمون به کار می‌رود. بنابراین لازم است چسبندگی (مقاومت چسبندگی) در این آزمون‌ها اندازه‌گیری شوند، حتی اگر در عمل، مش مسلح‌کننده یا اتصالات مکانیکی ممکن است به کار رود.

آزمون کارایی نارسانایی فقط بر روی یک سطح زیرکار فولادی انجام می‌شود، زیرا مشخصه‌های دوام اندودکاری، مستقل از سطح زیرکار در نظر گرفته می‌شوند. چسبندگی (مقاومت چسبندگی) و مشاهدات چشمی مربوط به همه سطوح زیرکار هستند.

## ۳- ت-۲ آزمونه‌ها

مشخصات سطح زیرکار در بند ۳-۵-۰-۱ ارائه شده است.

اگر سیستم اندودکاری نیازمند آن باشد که فولاد دارای آستر باشد، فولاد باید آستر زده شود.

اگر اندودکاری قابلیت استفاده بدون روکش را داشته باشد، باید بدون روکش آزمایش شود.

ضخامت اندودکاری اگر بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر باشد باید در یک ضخامت اسمی ۲۵ میلی‌متر یا حداقل ضخامت اجرا شود یا اگر کمتر از ۲۵ میلی‌متر باشد، باید در حداکثر ضخامت اجرا شود. ضخامت اندودکاری باید قبل از آزمون در بیشتر از ۱۰ نقطه توزیع شده یکنواخت، اندازه‌گیری و ثبت شود.

لبه‌های آزمونه‌ها باید درزبندی شود تا از ایجاد درز بین اندودکاری و سطح زیرکار تحت شرایط در معرض جلوگیری شود.

برای پانل‌های به کار رفته برای آزمون دوام، یک پوشش محافظ (آستر) باید در پشت و لبه‌ها (شامل تمام پانل‌های شاهد)، برای جلوگیری از زنگ‌زدگی محفظه، اجرا شود.

برای هر شرایط در معرض مورد نیاز برای آزمایش، چهار آزمونه باید آماده شود: دو تا برای آزمون چسبندگی و دو تا برای کارایی نارسانایی. علاوه بر این، چهار آزمونه باید به عنوان کنترل کننده آماده شود: دو تا برای استخراج مقادیر چسبندگی (مقاومت چسبندگی) و دو تا برای استخراج کارایی نارسانایی.

این آزمونه‌ها باید مطابق با بندهای ۳-۵-۰-۱ و ۳-۵-۰-۳ و دستورالعمل‌های متقاضی گواهی‌نامه فنی برای سیستم اندودکاری، آماده و تثبیت شوند. آزمونه‌های کنترلی باید سپس تحت شرایط و مدت مشخص شده توسط متقاضی گواهی‌نامه فنی

نگهداری شوند. پس از در معرض قرار گرفتن تحت آزمون‌های دوام مشخص شده، آزمونه‌ها باید در شرایط مشخص شده در بند ۳-۵-۰-۳ تا رسیدن به جرم ثابت نگهداری شوند، قبل از اینکه آزمون چسبندگی (مقاومت چسبندگی) یا کارایی نارسانایی انجام شود.

توصیه می‌شود که قبل و بعد از آزمون‌های دوام، از آزمونه‌ها عکس‌برداری شود.

### ۳- ت-۳ قرارگیری در معرض اشعه ماوراء بنفش

دو آزمونه باید مطابق با EN ISO 4892-3:2006 (INSO 12523-3) برای ۱۱۲ سیکل (معادل ۲۸ روز) آزمایش شود.

مود ۲ قرارگیری در معرض با لامپ‌های ترکیبی باید به کار رود.

### ۳- ت-٤ گرما – باران

چهار آزمونه با ویژگی بند ت-۲ باید تحت شرایط مشخص شده در EN 12467:2006، بند ۷-٤-۲ برای ۵۰ سیکل در معرض گیرند.

### ۳- ت-۵ رطوبت بالا

چهار آزمونه با ویژگی بند ت-۲ باید به مدت چهار هفته در معرض دمای (۲±۳۵) درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی (۵±۹۵) درصد قرار گیرد.

### ۳-ت-٦ گرما - سرما

چهار آزمونه با ویژگی بند ت-۲ باید در معرض شرایط زیر قرار گیرد و پنج بار تکرار شود. این آزمون باید در رطوبت محیط انجام شود.

| دوره زمانی / مدت (ساعت) | دما |
|---|---|
| ۲ | اولین سیکل - افزایش از دمای محیط به (۲±۶۰) درجه سلیسیوس<br>سیکل‌های بعدی - افزایش از (۲±۱۵-) درجه سلیسیوس به (۲±۶۰) درجه سلیسیوس |
| ٤ | نگهداری در دمای (۲±۶۰) درجه سلیسیوس |
| ۲ | کاهش دما از (۲±۶۰) درجه سلیسیوس به (۲±۱۵-) درجه سلیسیوس |
| ۱٦ | نگهداری در دمای (۲±۱۵-) درجه سلیسیوس |

اگر دماهای حداکثر بالاتر یا دماهای حداقل پایین‌تر مورد انتظار باشد، دمای حداکثر/حداقل مورد نظر باید آزمایش شود.

## ۳- ت-۷ یخ زدن و آب شدن

الف) برای دسته‌بندی کاربرد نوع X: چهار آزمونه با ویژگی بند ت-۲ باید در معرض شرایط زیر قرار گیرد و ۲۵ بار تکرار شود. این آزمون باید در رطوبت محیط انجام شود.

| دوره زمانی / مدت (ساعت) | شرایط، دما و غوطه‌ور شدن در آب |
|---|---|
| ٤ | غوطه‌ور کردن در آب در دمای (۲±۲۳) درجه سلیسیوس |
| ۲ | خارج کردن از آب و کاهش دما به (۲±۵-) درجه سلیسیوس در مدت دو ساعت |
| ۱٦ | نگهداری در دمای (۲±۵-) درجه سلیسیوس (بیرون از آب) |
| ۲ | افزایش دما از (۲±۵-) درجه سلیسیوس به (۲±۲۳) درجه سلیسیوس (بیرون از آب) |

ب) برای دسته‌بندی کاربرد نوع Y: چهار آزمونه با ویژگی بند ت-۲ باید در معرض شرایط زیر قرار گیرد و ۲۵ بار تکرار شود.[۱]

| دوره زمانی/مدت (ساعت) | دما | رطوبت نسبی |
|---|---|---|
| ٤ | (۲±۲۳) درجه سلسیوس | ٪۹۵±۵ |
| ۲ | کاهش دما از °C (۲±۲۳) به °C(۲±۱۰-) | _ |
| ١٦ | نگهداری در دمای °C(۲±۱۰-) | _ |
| ۲ | افزایش دما از °C(۲±۱۰-) به °C(۲±۲۳) | ٪۹۵±۵ |

## ۳- ت-۸ چسبندگی (مقاومت چسبندگی) - روش آزمون

دو آزمونه کنترل کننده (آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته) مشخص شده در بند ت-۲ و دو آزمونه بعد از قرارگیری در معرض رژیم‌های آزمون مطابق بندهای ت-۳ تا ت-۷ (برحسب مقتضی) باید مطابق روش EGOLF EA 5 ارزیابی شوند. چهار آزمون چسبندگی کششی باید بر روی هر پانل انجام شود (برای مثال، چهار عدد بر روی هر پانل). مطابق روش EGOLF EA 5، برای هر جفت از آزمونه‌ها، باید بالاترین و پایین‌ترین مقادیر اعلام شود و ٦ آزمونه باقی‌مانده، میانگین‌گیری شوند.

**نتایج آزمون:**

---

۱- بر اساس تجربه ممکن است تعداد نسبتاً بالایی از سیکل‌ها کاهش یابد، در این حالت، این موضوع در برنامه آتی توسعه تحت پوشش قرار می‌گیرد.

مقدار متوسط مقاومت چسبندگی کششی پس از آزمون دوام نباید کمتر از ۸۰ درصد مقدار آزمونه کنترل کننده باشد. اگر این آزمون برای میلگردهای فولادی، سطوح زیرکار گالوانیزه و غیره انجام شود، نتایج برای فولاد و دال‌های بتنی نیز معتبر است.

## ۳- ت-۹ کارایی نارسانایی – روش آزمون

### ۳- ت-۹-۱ کلیات

آزمون آتش کوره با مقیاس کوچک باید تحت شرایط منحنی استاندارد دما – زمان تعریف شده در EN 1363-1 (INSO 12055-1) انجام شود.

آزمونه‌ها باید مطابق با بند ۳-۵-۰-۳ آماده‌سازی، تثبیت شرایط و اندازه‌گیری شوند.

پس از قرارگیری در شرایط محیطی، در صورت وجود، آزمونه‌ها باید دوباره در شرایط مشخص شده در بند ۳-۵-۰-۳ برای مدت حداقل یک هفته قبل از آزمون آتش نگهداری شوند.

### ۳- ت-۹-۲ آزمونه‌ها

دو آزمونه کنترل‌کننده (آزمونه‌های در معرض قرار نگرفته) مشخص شده در بند ت-۲ و دو آزمونه پس از قرارگیری تحت رژیم‌های آزمون مطابق بندهای ت-٤ تا ت-۷ (برحسب مقتضی) لازم است مورد ارزیابی قرار گیرند.

### ۳- ت-۹-۳ روش آزمون

آزمونه‌ها ممکن است به طور مجزا یا در یک آزمون مورد آزمایش قرار گیرند. این آزمونه (ها) باید در کوره در وضعیت قائم یا افقی قرار گیرند به طوری که وجه دارای سیستم اندودکاری در معرض آتش قرار گیرد. آزمونه (ها) باید در یک قاب که

قسمتی از یک وجه (دیوار یا سقف) کوره را تشکیل می‌دهد، قرار گیرند. طرف غیر در معرض آتش باید با استفاده از تخته سیلیکات کلسیم یا ورمیکولیت با حداقل ضخامت ۵ میلی‌متر و چگالی حجمی (۲۵±٤۷۵) کیلوگرم بر متر مکعب یا پشم معدنی (پشم سنگ) با چگالی حجمی (۱۰±۱۱۰/۱۲۰) کیلوگرم بر متر مکعب پوشش داده شود.[۱]

دو ترموکوپل باید به وجه غیر در معرض آتش پانل‌های فولادی متصل شوند. این ترموکوپل‌ها باید نزدیک به مرکز و ۲۰ میلی‌متر دور از هم قرار گیرند. ترموکوپل‌ها باید از نوع K مطابق با EN 1363-1 (INSO 12055-1) اما بدون صفحه مسی و بدون لایه عایق‌بندی باشند. ترموکوپل‌ها باید به پشت پانل‌های فولادی به وسیله جوش (نقطه جوش مقاومتی) متصل شوند.

زمان برای طرف غیر در معرض آتش فولاد برای رسیدن به دمای متوسط ۵۰۰ درجه سلیسیوس باید ثبت شود.

### ۳- ت-۹-٤ نتایج آزمون

زمان رسیدن وجه غیر در معرض آتش فولاد به دمای متوسط ۵۰۰ درجه سلیسیوس باید ثبت شود. به علاوه برای اطلاعات بیشتر، مشاهدات مربوط به اندودکاری، هر گونه جداشدگی، لایه لایه شدن یا ترک خوردن باید گزارش شود. زمان متوسط برای

---

۱- از آنجا که آزمون کارایی نارسانایی یک آزمون غیرمستقیم برای مقایسه (دوام، آسترهای مختلف، روکش‌های مختلف) است، همه آزمون‌های یک ارزیابی باید تحت شرایط/پارامترهای یکسان انجام شود.

طرف غیر در معرض آتش فولاد در آزمونه‌های قرار گرفته تحت آزمون‌های دوام نباید کمتر از ۸۵٪ زمان وجه غیر در معرض آتش فولاد نمونه‌های کنترلی برای رسیدن به دمای متوسط ۵۰۰ درجه سلیسیوس باشد. نتیجه هیچ آزمونی نباید کمتر از ۸۰ درصد زمان متوسط رسیدن به ۵۰۰ درجه سلیسیوس آزمون اولیه باشد.

وقتی که نتیجه خارج از این معیارها قرار گیرد، چهار آزمونه اضافی ممکن است در معرض قرار گرفته، آزمایش و ارزیابی شود. تمام چهار آزمونه باید معیارها را برآورده سازند.

### ۳- ت-۹-۵ تفسیر نتایج آزمون

هنگام ارزیابی آسترها/خانواده آسترها:

- اگر نتیجه بهتر یا مساوی آستر مرجع باشد، این آستر قابل قبول در نظر گرفته می‌شود.
- اگر نتیجه به دست آمده با یک آستر جایگزین، بد باشد، معیار مربوط به ارزیابی دوام آزمونه‌ها باید اعمال شود.

### ۳- ت-۱۰ مشاهدات چشمی

وضعیت همه آزمونه‌ها پس از آزمون باید به طور چشمی بازرسی شود و تغییرات از وضعیت قبل از آزمون باید ثبت شود. این موارد شامل ثبت تمام ترک خوردگی‌ها و شکاف خوردگی‌ها شامل اندازه و عمق شکاف‌ها و ترک‌ها می‌باشد. این موارد باید در گواهی‌نامه فنی به صورت حداکثر عرض ترک و کل طول ترک‌ها در متر مربع اندودکاری باشد.

# پیوست ۳- ث
# تعیین مقاومت در برابر ضربه پانل‌ها و مجموعه‌های پانلی

### ۳-ث-۱ مقدمه

این گزارش فنی با علم به اینکه ISO/DIS 7893 ممکن است لغو شود و اینکه مباحث گروه کاری اخیر منجر به بهبودها یا شفاف‌سازی‌های روند آزمون شده است که در چارچوب راهنمای محصولات ساختمانی (89/106/EEC) ضروری در نظر گرفته می‌شوند.

اگرچه این گزارش فنی به طور خاص برای ارزیابی محصولات و مجموعه‌های پانلی (مرکب) توسعه یافته است، این روش آزمون همچنین می‌تواند برای سایر محصولات مفید باشد.

پانل‌های دارا یا فاقد شیشه در این گزارش فنی پوشش داده نمی‌شوند.

در چارچوب این گزارش فنی، پانل‌ها این گونه در نظر گرفته می‌شوند که محصولات صلب ساخته شده در کارخانه بوده و دارای شکل و مقطع مستطیلی بوده به گونه‌ای که ضخامت، ثابت بوده و به میزان قابل توجهی کوچکتر از سایر ابعاد است. این پانل‌ها ممکن است از لایه‌ها با مصالح مختلف (برای مثال، یک یا دو رویه و یک هسته) تشکیل شده باشند یا ممکن است شامل مسلح‌کننده (برای مثال: ستونک) باشند یا ممکن است شامل اندودها (برای مثال: رنگ‌ها، پوشش‌ها) باشند.

اجزای سازه‌ای بسته به محل‌شان و کاربردشان تحت ضربه قرار می‌گیرند.

ضربه‌ها، مشخصه‌های مختلفی دارند و با فرکانس‌های مختلفی اتفاق می‌افتند. آنها ممکن است بر روی اجزا یک اثر کلی یا موضعی در صفحه برخورد یا هر دو حالت داشته باشند.

این گزارش فنی بین ارزیابی در کاربرد و قابلیت خدمت‌رسانی تمایز قائل می‌شود.

در بند ۳-ث-۳- ۹ این پیوست، پیشنهاداتی در خصوص بار ضربه و تعداد ضربه در هر آزمون ارائه شده است.

در چارچوب راهنمای محصولات ساختمانی، ایمنی در کاربرد به عنوان الزامات اساسی شماره ٤(ER4) در نظر گرفته شده و در مدرک تفسیری شماره ٤ مربوط به ER4، ضربه شامل موارد زیر است:

- ضربه‌ها / برخوردها بین کاربران و آن اجزا یا بخش‌هایی از کار که معمولاً تحت تماس یا کاربرد هستند (برای مثال: درها، پنجره‌ها، درهای اتوماتیک پارکینگ‌ها و ...)؛
- ضربه‌ها / برخوردها بین کاربران و بخش‌هایی از کار به عنوان نتیجه‌ای از حوادث (برای مثال: افتادن از میان یک عضو ترد) یا شرایط خاص (برای مثال: شکست سیستم روشنایی)؛
- ضربه‌های اجسام در حال سقوط که بخشی از کار را تشکیل می‌دهند بر روی کاربران

جدا از جنبه ایمنی، ضربه باید همچنین از دیدگاه قابلیت خدمت‌رسانی نیز مورد توجه قرار گیرد یعنی اثرات احتمالی برخوردها بر روی قابلیت خدمات‌رسانی اجزا باید دیده شود (برای مثال: آب‌بندی، بخاربندی)

اعتبار گواهی‌نامه فنی در اثر این گزارش فنی، لغونخواهد شد.

## ۳-ث-۲ محدوده کاربرد

این گزارش فنی روش‌های آزمون برای مقاومت در برابر ضربه پانل‌ها و مجموعه‌های پانلی را مشخص می‌کند و پیشنهاداتی برای کاربرد آنها ارائه می‌دهد. الزامات باید در راهنمای مربوطه وارد شود.

## ۳-ث-۳ روش آزمون برای تعیین مقاومت در برابر ضربه جسم نرم

### ۳-ث-۳-۱ مبانی

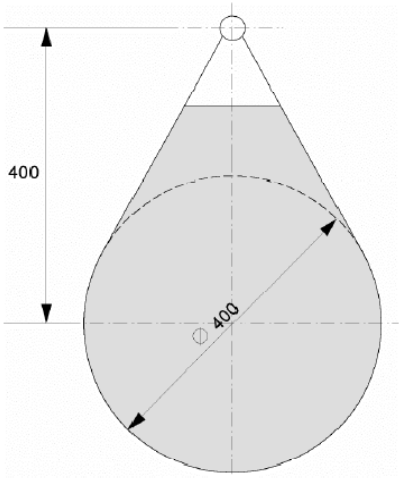
آزمون ضربه جسم نرم، یک ضربه ناشی از یک شخص که تصادفاً بر روی پانل می‌افتد را شبیه‌سازی می‌کند.

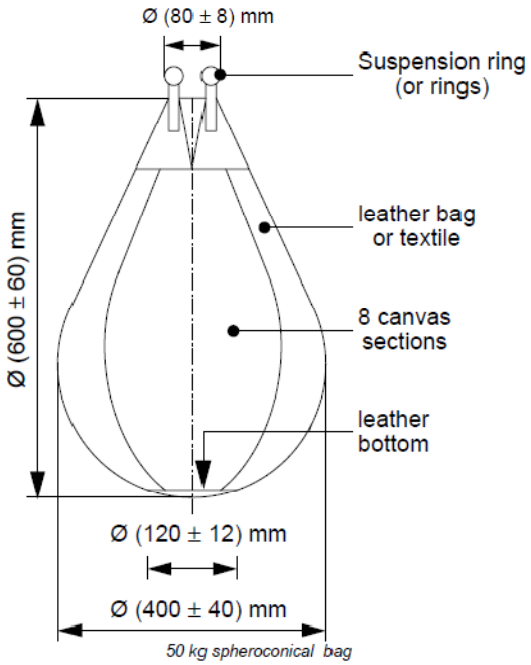
جسم نرم از یک ارتفاعی می‌افتد و انرژی ضربه‌ای ایجاد می‌کند که با انرژی ضربه رها شده توسط یک شخص متناظر می‌باشد.

این آزمون با نظر به ایمنی در کاربرد، یعنی تأیید اینکه آیا پانل‌ها یا مجموعه‌های پانلی می‌توانند از سقوط شخص جلوگیری کنند و با نظر به قابلیت خدمت‌رسانی، یعنی تأیید اینکه آیا آنها هنوز می‌توانند به نحو موردنظر عمل کنند، انجام می‌شود.

### ۳-ث-۳-۲ سیستم آزمون

ضربه‌زننده جسم نرم باید یک کیسه کتانی کروی با قطر (٤٠mm(±٤٠ (به شکل ۳-ث- ۱ توجه شود) بوده که با گوی‌های شیشه‌ای با قطر (۳mm(۰±/۳ پر شده باشد تا به وزن (۳mm(±۰/۵ پر شده باشد تا به وزن (۵۰kg(±۰/۵ برسد.




**شکل ۳-ث-۱: ضربه زننده جسم نرم**

### ۳-ث-۳-۳ تعداد آزمون‌ها

#### ۳-ث-۳-۳-۱ مقاومت در برابر ضربه برای قابلیت خدمت‌رسانی

آزمون باید بر روی یک مجموعه آزمونه انجام شود و عموماً از حداقل سه ضربه با انرژی یکسان در تقریباً نقطه برخورد یکسان تشکیل می‌شود. نقطه برخورد باید محلی باشد که فرض می‌شود بحرانی‌ترین حالت برای پانل مورد ارزیابی ایجاد می‌شود.

اگر انرژی‌های برخورد مختلفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، مجموعه‌های پانلی جدید باید برای هر انرژی برخورد مورد آزمون قرار گیرند.

#### ۳-ث-۳-۳-۲ مقاومت در برابر ضربه برای ایمنی در کاربرد

آزمون باید بر روی یک مجموعه پانلی انجام شود و از یک برخورد تشکیل می‌شود.

نقطه برخورد باید محلی باشد که فرض می‌شود بحرانی‌ترین حالت برای مجموعه پانلی مورد ارزیابی ایجاد می‌شود.

اگر انرژی‌های برخورد مختلفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، مجموعه‌های پانلی جدید باید برای هر تراز انرژی برخورد مورد آزمون قرار گیرند.

نکته: آزمون ضربه برای قابلیت خدمت‌رسانی و ایمنی در کاربرد نباید بر روی یک مجموعه پانلی انجام شود مگر آنکه متقاضی گواهی‌نامه درخواست کند.

### ۳-ث-۳-۲ تثبیت شرایط و شرایط آزمون

روش تثبیت شرایط پانل باید ثبت شود در جایی که لازم است

دوره تثبیت شرایط باید بین متقاضی گواهی‌نامه فنی و مرجع تأییدکننده مورد توافق قرار گیرد.

آزمون باید در شرایط معمول آزمایشگاه انجام شود.

### ۳-ث-۳-۳ مجموعه آزمونه

پانل‌ها باید مطابق دستورالعمل نصب تولیدکننده و با توجه به کاربرد مورد نظر (کف، دیوار یا سقف) نصب شوند به گونه‌ای که مجموعه آزمونه تا حد امکان مشابه شرایط کاربرد نهایی باشد.

روشی که اجزا به یکدیگر متصل می‌شوند به طور ویژه با توجه به نوع و امکان اتصالات و فاصله بین آنها، باید منطبق بر شرایط واقعی کاربرد باشد.

اگر دستورالعمل‌های تولیدکننده بیش از یک مجموعه پانلی با کاربرد نهایی را پیش‌بینی می‌کند، مرجع تأییدکننده باید حداقل یک آزمون در بحرانی‌ترین حالت انجام دهد.

تولیدکننده امکان انجام آزمون پانل‌های اضافی ار دارد اگر ادعای عملکرد بهتری را دارد.

اصولاً بحرانی‌ترین مجموعه پانلی باید به قرار زیر باشد:

- پانل: پانل با حداکثر نسبت طول (یا ارتفاع) به عرض در حداقل ضخامتش؛
- دهانه: حداکثر فاصل بین تکیه‌گاه‌ها

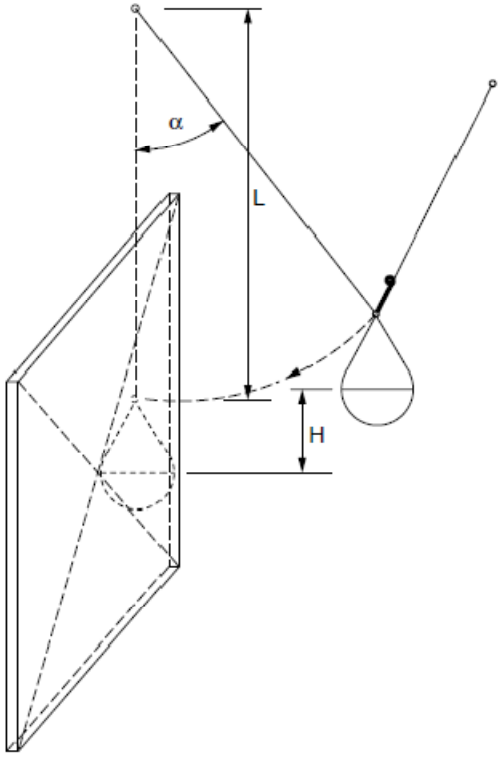
### ۳-ث-۳-٤ روش آزمون

در این آزمون، ضربه زننده حسم نرم با جرم m از یک ارتفاع h می‌افتد به گونه‌ای که کل انرژی برخورد (E=g×h×m) متناظر با یکی از مقادیر انرژی پیش رو برحسب N.m است: ٦٠، ١٠٠، ١٢٠، ١٣٠، ٢٠٠، ٢٤٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠، ٦٠٠، ٧٠٠، ٩٠٠ و ١٢٠٠.

ارتفاع h براساس فاصله بین نقطه برخورد و ارتفاع رهاسازی ضربه زننده جسم نرم اندازه‌گیری می‌شود.

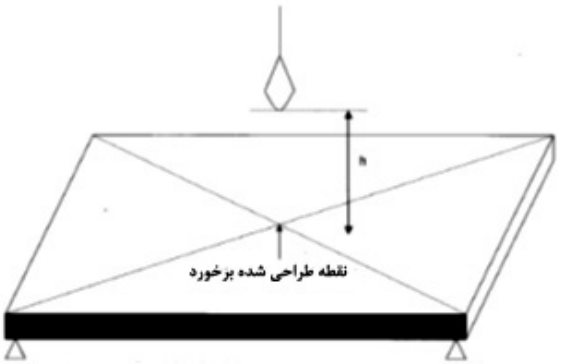
برای آزمون‌های انجام شده بر روی مجموعه‌های دیواری، زاویه α همیشه باید کوچکتر یا مساوی ٦٥ درجه باشد (به شکل ۳- ث-۲ توجه شود).

کیسه هنگام رهاسازی به صورت قائم نگه داشته می‌شود ( نه افقی)




**شکل ۳-ث-۲ ضربه بر روی مجموعه قائم**

برای مجموعه‌های کف و سقف، آزمون بر روی یک مجموعه افقی انجام می‌شود (به شکل ۳-ث-۳ توجه شود).




**شکل ۳-ث-۳ برخورد قائم بر روی مجموعه افقی**

### ۳-ث-۳-۵ ارائه نتایج آزمون

نتیجه آزمون، قبول یا رد است وابسته به اینکه آیا مجموعه‌های پانلی معیارهای ترکیبی پیش رو را می‌توانند برآورده کنند یا نه:

برای ایمنی کاربرد:

**عدم فروریزش**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، پانل یا مجموعه پانلی، یکپارچگی مکانیکی‌اش را حفظ می‌کند و هنوز مستعد تحمل وزن خود در موقعیت مورد آزمون می‌باشد.

**عدم سوراخ‌شدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده از میان آزمونه عبور نکرده است.

**عدم بیرون‌زدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده موجب نشود تا بخش‌هایی از پانل (برای مثال: هسته، رویه، مسلح‌کننده) از طرف دیگر پانل بیرون بزند تا لبه‌های برنده تیز یا سطوحی که موجب جراحت اشخاص در اثر تماس شود، پدید آید.

برای قابلیت خدمت‌رسانی:

**عدم سوراخ‌شدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده سمت برخورد نمونه را سوراخ نکرده باشد.

**عدم آسیب‌خوردگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ترک‌های قابل مشاهده، تورفتگی‌ها و برآمدگی‌های یا سایر نواقص در مصالح وجود نداشته باشد که ممکن است مناسب بودن کاربرد پانل یا مجموعه پانلی را تحت تأثیر قرار دهد. تغییرشکل‌هایی که فقط ظاهر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مجاز هستند اما باید در گزارش آزمون درج شود.

برای قابلیت خدمت‌رسانی، تغییرمکان ماندگار بعد از هر برخورد باید گزارش شود.

تغییرمکان ماندگار باید پنج دقیقه بعد از برخورد بر حسب میلی‌متر گزارش شود.

۱ـ در یک گزارش آزمون مطلوب، گزارش باید هرگونه آسیب را نشان دهد (برای مثال: حفرات سطحی محلی با ابعاد کوچک، خراش‌ها، نشانه‌های سایش به شکل شیار و غیره)

۲- برای تعمیم کاربرد نتایج آزمون، قانون کلی آن است که نتایج آزمون برای بحرانی‌ترین مجموعه پانلی می‌تواند برای انعکاس رفتار سایرین استفاده شود.

۳- نکته: یک لیست از محصولاتی که فرض می‌شود بدون نیاز به آزمون، معیارها را برآورده می‌کنند باید در یک مدرک جامع ضمیمه راهنمای گواهی‌نامه فنی شود.

### ۳-ث-۳-٦ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید موارد زیر را دربربگیرد:

- ارجاع به بند ۳-ث-۲ این گزارش فنی؛
- نام آزمایشگاه؛
- نام متقاضی دریافت گواهی‌نامه فنی ( و تولیدکننده پانل)؛
- زمان آزمون؛
- توصیف ابزاربندی آزمون؛
- شناسایی محصول آزمون شده (کد، ابعاد و هرگونه مشخصه شناسایی مربوطه)؛
- سازه سطحی (برای مثال: صاف، پروفیلی، قاب‌بندی و ...)؛
- توصیف نمونه آزمون شده و ارجاع به علامت آن؛
- توصیف تثبیت شرایط و آماده‌سازی نمونه (اگر مرتبط است)؛
- توصیف شرایط ازمون (دما و رطوبت نسبی) ، درجایی که لازم است؛
- نتایج آزمون شامل توصیف آسیب‌ها (اگر مرتبط است).

## ۳-ث-٤ روش‌های آزمون برای تعیین مقاومت در برابر ضربه جسم سخت

### ۳-ث-٤-۱ مبانی

آزمون ضربه جسم سخت، ضربه‌ای را شبیه‌سازی می‌کند که ناشی از سقوط تصادفی یک شی بر روی پانل است.

جسم سخت از یک ارتفاع سقوط می‌کند و انرژی برخوردی تولید می‌کند که متناظر با انرژی برخورد رها شده هنگام برخورد مبلمان یا سایر اشیاء مشابه به پانل است.

این آزمون با نظر به ایمنی در کاربرد، یعنی تأیید اینکه آیا پانل‌ها یا مجموعه‌های پانلی می‌توانند از سقوط شی جلوگیری کنند و نظر به قابلیت خدمت‌رسانی، یعنی تأیید اینکه آیا آنها هنوز می‌توانند به نحو مورد نظر عمل کنند (برای مثال: بخاربندی)، انجام می‌شود.

### ۳-ث-٤-۲ سیستم آزمون

برای ایمنی در کاربرد، ضربه‌زننده جسم سخت باید یک گوی فولادی با قطر mm (۱±٦۳/۵) و جرم gr(٤۰±۱۰۳۰) (یک گوی فولادی یک کیلوگرمی) باشد.

برای قابلیت خدمت‌رسانی، این ضربه‌زننده باید یک گوی فولادی mm(۰/۵±۵۰) و جرم gr(٤۰±۱۰۳۰) (یک گوی فولادی ۰/۵ کیلوگرمی) باشد.

### ۳-ث-٤-۳ تعداد آزمون‌ها

#### ۳-ث-٤-۳-۱ مقاومت در برابر ضربه برای قابلیت خدمت‌رسانی

آزمون باید بر روی یک نمونه پانل انجام شود و عموماً متشکل از حداقل سه برخورد در تقریباً یک نقطه برخورد است.

نقطه برخورد باید محلی باشد که بحرانی‌ترین حالت برای پانل مورد ارزیابی، فرض می‌شود.

#### ۳-ث-٤-۳-۲ مقاومت در برابر ضربه برای ایمنی در کاربرد

آزمون باید بر روی یک نمونه پانل انجام شود و شامل یک برخورد است.

نقطه برخورد باید محلی باشد که بحرانی‌ترین حالت برای پانل مورد ارزیابی، فرض می‌شود.

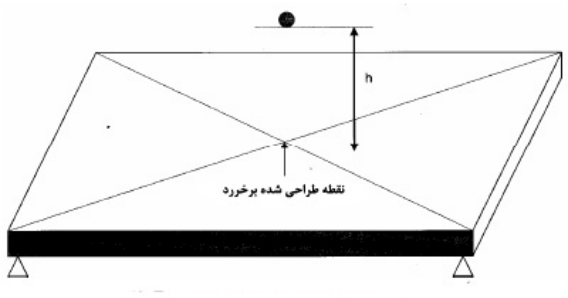
نکته: آزمون ضربه برای قابلیت خدمت‌رسانی و ایمنی در کاربرد نباید بر روی یک پانل انجام شود مگر آنکه متقاضی گواهی‌نام فنی آزمون درخواست کند.

### ۳-ث-٤-٤ تثبیت شرایط و شرایط آزمون

روش تثبیت شرایط پانل باید ثبت شود در جایی که لازم است. دوره تثبیت شرایط در صورت نیاز، باید به توافق بین متقاضی گواهی‌نامه فنی و مرجع تأییدکننده برسد.
آزمون باید در شرایط معمول آزمایشگاه انجام شود.

### ۳-ث-٤-٥ مجموعه پانلی

پانل باید به طور افقی بر روی تکیه‌گاه قرار گیرد ( به شکل ۳-ث-٤ توجه شود) تا اجازه دهد در حالت یک نتیجه آزمون نامطلوب، احتمال عبود ضربه‌زننده از میان پانل وجود داشته باشد.
بحرانی‌ترین نقطه برخورد باید انتخاب شود. در بیشتر حالات، این نقطه مرکز پانل خواهد بود اما برای پانل‌های دارای تقویت‌کننده (ستونک‌ها، پشت‌بندهای سخت‌کننده و....) پشت یک سطح نسبتاً ضعیف، بحرانی‌ترین مکان برخورد (۲±۲۵) میلی‌متری لبه تقویت‌کننده قرار خواهد گرفت.




**شکل ۳-ث-٤ مجموعه آزمایشگاهی برای آزمون ضربه جسم سخت**

### ۳-ث-٤-٦ روند آزمون

در این آزمون، ضربه‌زننده جسم سخت با جرم m از یک ارتفاع h سقوط می‌کند به گونه‌ای که کل انرژی برخورد (E=g×h×m) متناظر با یکی از موارد زیر است:

- آزمون ضربه جسم سخت (گوی فولادی یک کیلوگرمی): .۳Nm یا ۱۰Nm.
- آزمون ضربه جسم سخت (گوی فولادی ۰/۵ کیلوگرمی): ۱/۳N.m، ۲/۵N.m، ۳/۷۵N.m یا ٦N.m.

ارتفاع h براساس فاصله بین نقطه برخورد و ارتفاع رهایی ضربه زننده جسم سخت اندازه‌گیری می‌شود.

### ۳-ث- ٤-۷ ارائه نتایج آزمون

نتیجه آزمون، قبول یا رد است وابسته به اینکه آیا مجموعه‌های پانلی می‌توانند معیارهای ترکیبی پیش رو را برآورده کنند یا نه:

برای ایمنی درکاربرد:

**عدم فروریزش**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، پانل یا مجموعه پانلی، یکپارچگی مکانیکی‌اش را حفظ می‌کند و هنوز مستعد تحمل وزن خود در موقعیت مورد آزمون می‌باشد.

**عدم سوراخ‌شدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده از میان آزمونه عبور نکرده است.

**عدم بیرون‌زدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده موجب نشود تا بخش‌هایی از پانل (برای مثال: هسته، رویه، مسلح‌کننده) از طرف دیگر پانل بیرون بزند تا لبه‌های برنده تیز یا سطوحی که موجب جراحت اشخاص در اثر تماس شود، پدید آید.

برای قابلیت خدمت‌رسانی:

**عدم سوراخ‌شدگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ضربه‌زننده سمت برخورد نمونه را سوراخ نکرده باشد.

**عدم آسیب‌خوردگی**: نتیجه آزمون، مطلوب است هنگامی که بعد از آزمون، ترک‌های قابل مشاهده، تورفتگی‌ها و برآمدگی‌های یا سایر نواقص در مصالح وجود نداشته باشد که ممکن است مناسب بودن کاربرد پانل یا مجموعه پانلی را تحت تأثیر قرار دهد. تغییرشکل‌هایی که فقط ظاهر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مجاز هستند اما باید در گزارش آزمون درج شود.

برای قابلیت خدمت‌رسانی، قطر و حداکثر تورفتگی بعد از هر برخورد و قطر و تورفتگی ماندگار برحسب میلی‌متر باید گزارش شود.

در یک گزارش آزمون مطلوب، گزارش باید هرگونه آسیب را نشان دهد (برای مثال: حفرات سطحی محلی با ابعاد کوچک، خراش‌ها، نشانه‌های سایش به شکل شیار و غیره)

برای تعمیم کاربرد نتایج آزمون، قانون کلی آن است که نتایج آزمون برای بحرانی‌ترین مجموعه پانلی می‌تواند برای انعکاس رفتار سایرین استفاده شود.

نکته: یک لیست از محصولاتی که فرض می‌شود بدون نیاز به آزمون، معیارها را برآورده می‌کنند باید در یک مدرک جامع ضمیمه راهنمای گواهی‌نامه فنی شود.

### ۳-ث-٤-۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید موارد زیر را دربربگیرد:

- ارجاع به بند ۳-ث-۲ این گزارش فنی؛
- نام آزمایشگاه؛
- نام متقاضی دریافت گواهی‌نامه فنی ( و تولیدکننده پانل)؛
- زمان آزمون؛
- توصیف ابزاربندی آزمون؛
- شناسایی محصول آزمون شده (کد، ابعاد و هرگونه مشخصه شناسایی مربوطه)؛
- سازه سطحی (برای مثال: صاف، پروفیلی، قاب‌بندی و ...)؛
- توصیف نمونه آزمون شده و ارجاع به علامت آن؛
- توصیف تثبیت شرایط و آماده‌سازی نمونه (اگر مرتبط است)؛
- توصیف شرایط ازمون (دما و رطوبت نسبی) ، درجایی که لازم است؛

- نتایج آزمون شامل توصیف آسیب‌ها (اگر مرتبط است).

### ۳-ث-٤-۹ پیشنهاداتی در خصوص استفاده از این پیوست

این پیوست اطلاعاتی در خصوص ترازهای انرژی مورد استفاده برای آزمون‌های مقاومت در برابر ضربه ارائه می‌دهد. در بعضی حالات، چندین تراز انرژی شناسایی شده است.

#### ۳-ث-٤-۹-۱ دیوارهای داخلی

ایمنی در کاربرد

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۱ | ۵۰۰-٤۰۰-۳۰۰-۲۰۰-۱۰۰ | عدم فروریزش و عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۱ | ۱ | ۱۰ | |

قابلیت خدمت‌رسانی

| **آزمون** | **ضربه‌زننده (کیلوگرم)** | **تعداد ضربه‌ها** | **انرژی (N.m)** | **معیارها** |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۳ | ٦۰ یا ۱۲۰ | عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۰/۵ | ۳ | ۲/۵ یا ٦ | |

### ۳-ث-٤-۹-۲ دیوارهای خارجی

ایمنی در کاربرد

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۱ | ۷۰۰ یا ۹۰۰ | عدم فروریزش و عدم سوراخ‌شدگی و عـدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۱ | ۱ | ۱۰ | |

قابلیت خدمت‌رسانی

| **آزمون** | **ضربه‌زننده (کیلوگرم)** | **تعداد ضربه‌ها** | **انرژی (N.m)** | **معیارها** |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۳ | ۱۰۰، ۱۳۰، ۳۰۰ یا ٤۰۰ | عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۰/۵ | ۳ | ۱ الی ۳ یا ٦ | |

### ۳-ث-٤-۹-۳ بام‌ها/سقف‌ها

ایمنی در کاربرد

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۱ | ۹۰۰ یا ۱۲۰۰ | عدم فروریزش و عدم سوراخ‌شدگی و عـدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۱ | ۱ | ۱۰ | |

قابلیت خدمت‌رسانی

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۱ یا ۵ | ۷۰۰ | عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۰/۵ | ۱ | ۵ الی ۱۰ | |

### ۳-ث-٤-۹-٤ کف‌ها

ایمنی در کاربرد

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۱ | پیشنهادی موجود نیست. | عدم فروریزش و عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۱ | ۱ | | |

قابلیت خدمت‌رسانی

| آزمون | ضربه‌زننده (کیلوگرم) | تعداد ضربه‌ها | انرژی (N.m) | معیارها |
|---|---|---|---|---|
| ضربه جسم نرم | ۵۰ | ۳ | پیشنهادی موجود نیست. | عدم سوراخ‌شدگی و عدم بیرون‌زدگی |
| ضربه جسم سخت | ۰/۵ | ۳ | | |

# فصل چهارم

# تعیین مشارکت پوشش‌های معدنی پاششی در مقاومت اعضای فولادی سازه‌ای در برابر آتش– روش‌های آزمون

**هشدار ۱**– این دستورالعمل تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد ایـن روش را بیـان نمـی‌کنـد. بنابراین وظیفه کاربر این دستورالعمل است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده تا قبل از استفاده محدوده اجرایی آن را رعایت نماید.

**هشدار ۲**– از آنجا که احتیاط‌های مناسب برای حفظ سلامتی لازم است، تمام افراد مرتبط بـا آزمون‌های آتش باید به احتمال خروج گازهای زیان‌آور و سمی طی در معرض قـرار گـرفتن آزمونه‌ها توجه کنند.

## ٤-١ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مشارکت در سامانه‌های محافظت در برابر آتش غیر عامل به کار رفته در مقاومت در برابر آتش اعضای سازه‌ای فولادی است که می‌توانند به صورت تیر و ستون استفاده شوند. این استاندارد فقط مقاطع بدون بازشو در جان تیر و ستون را در نظر می‌گیرد و نمی‌تواند مستقیماً برای اعضای کششی سازه‌ای بدون ارزیابی بیشتر به‌کار رود. نتایج حاصل از آنالیز مقاطع I یا H به‌طور مستقیم برای نبشی‌ها، ناودانی‌ها و مقاطع T شکل برای همان ضریب مقطع چه به عنوان اجزای منفرد استفاده شده باشند یا مهاربند، کاربرد دارد و برای میلگرد یا میله توپر کاربرد ندارد.

این دستورالعمل، سامانه‌های محافظت در برابر آتشی را پوشش می‌دهد که تنها مواد غیر عامل را شامل می‌شوند و برای مواد محافظ واکنشگر به صورتی که در این دستورالعمل آمده است، کاربرد ندارد.

ارزیابی برای پوشش دادن محدوده‌ای از ضخامت‌های مواد محافظت‌کننده در برابر آتش اجرا شده، محدوده‌ای از مقاطع فولادی مشخص شده به وسیله ضرایب مقطع آن‌ها ، محدوده‌ای از دماهای طراحی و دوره‌های زمانی معتبر طبقه‌بندی محافظت در برابر آتش اختصاص داده شده است.

این دستورالعمل روش‌های آزمون آتشی را در بر دارد که آزمون‌هایی را مشخص می‌کند که باید برای تعیین توانایی سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش برای حفظ چسبندگی و اتصال آن به عضو سازه‌ای انجام شوند و داده‌هایی را درباره مشخصه‌های

حرارتی سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش فراهم می‌کند وقتی که در معرض منحنی دما - زمان استاندارد مشخص شده طبق استاندارد EN 1993-1-2 قرار گیرند.

روش شناسی آزمون آتش شرطی برای جمع‌بندی و ارائه داده‌ها ایجاد می‌کند که می‌تواند به عنوان ورودی مستقیم برای محاسبه مقاومت در برابر آتش اعضای فولادی سازهای، باید مطابق با روش‌های داده شده در استانداردهای EN 1993-1-2 و EN 1994-1-2 استفاده شوند.

این دستورالعمل شامل روش‌های ارزیابی است که در آن، نحوه انجام آنالیز داده‌های آزمون تجویز می‌شود و همچنین در مورد روش‌هایی که درون یابی باید صورت گیرد راهنمایی می‌کند.

روش ارزیابی برای احراز موارد زیر استفاده می شود:

الف) بر مبنای داده‌های دمایی برگرفته از آزمون مقاطع تحت بار و بدون بار، یک ضریب تصحیح و هرگونه شرایط عملی در مورد استفاده از سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش تحت شرایط آزمون، (عملکرد فیزیکی)؛

ب) بر مبنای داده‌های دمایی برگرفته از آزمون روی مقاطع کوتاه فولادی، خواص حرارتی سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش (عملکرد حرارتی).

محدوده کاربرد نتایج ارزیابی ناشی از آزمون ، همراه با کاربرد مستقیم و مجاز نتایج برای گریدها و مقاطع فولادی و سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش مختلف تعریف می شوند.

نتایج آزمون و ارزیابی حاصل مطابق با این دستورالعمل مستقیماً برای مقاطع فولادی با سطح مقطع به شکل I، H و توخالی قابل کاربرد است.

## ٤-۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این دستورالعمل به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این دستورالعمل محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این دستورالعمل الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این دستورالعمل الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این دستورالعمل الزامی است:

**4-2-1** EN 12467, Fibre cement flat sheets — Product specification and test methods.

**4-2-2** EN 13162, Thermal insulating products for buildings — Factory made mineral wool (MW) products —SpecificationEN 13162, Thermal insulating products for buildings — Factory made mineral wool (MW) products — Specification.

**4-2-3** EN 823, Thermal insulating products for building applications — Determination of thickness**.**

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۱٤: ۱۳۸۲، مصالح ساختمانی- فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی- تعیین ضخامت- روش آزمون تدوین شده است.

**4-2-4** EN 13501-1, Fire classification of construction products and building elements — Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.

یادآوری - استاندارد ملی ایران به شماره ۸۲۹۹: ۱۳۸٤، واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی – طبقه‌بندی تدوین شده است.

**4-2-5** EN 1363-1, Fire resistance tests — Part 1: General requirements.

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ : ۱۳۸۸، آزمون‌های مقاومت در برابر آتش – قسمت ا: الزامات عمومی تدوین شده است.

**4-2-6** EN 1365-3, Fire resistance tests for loadbearing elements — Part 3: Beams**.**

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۱۲۰۵۶: ۱۳۸۸، آزمون‌های مقاومت در برابر آتش – قسمت ۳: تیرها تدوین شده است.

**4-2-7** EN 1365-4, Fire resistance tests for loadbearing elements — Part 4: Columns.

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران به شماره ٤-۱۲۰۵٦: ۱۳۸۸، آزمون‌های مقاومت در برابر آتش – قسمت ٤: ستون‌ها تدوین شده است.

**4-2-8** EN 1993-1-1, Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings.

**4-2-9** EN 1993-1-2, Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-2: General rules - Structural fire design.

**4-2-10** EN 10025-1, Hot rolled products of non-alloy structural steels — Part 1: General technical delivery conditions.

**4-2-11** EN ISO 13943, Fire safety — Vocabulary (ISO 13943)

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۰۲٤: ۱۳۸۷، ایمنی در برابر آتش – واژه‌نامه تدوین شده است.

**4-2-12** ISO 8421-2:1987, Fire protection — Vocabulary — Part 2: Structural fire protection.

**4-2-13** ETAG 018-Parts 3, Guideline for European Technical Approval of Fire Protective Products — Part 3: Renderings and rendering kits intended for fire resisting applications.

**4-2-14** ETAG 018-Parts 4, Guideline for European Technical Approval of Fire Protective Products — Part 4: Fire Protective board, slab and mat products and kits.

**4-2-15** ASTM E605, Standard Test Methods for Thickness and Density of Sprayed Fire-Resistive Material (SFRM) Applied to Structural Members.

## ٤-٣ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها

### ٤-٣-١ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارایه شده در استانداردهای EN 1363-1, EN ISO 13943 و ISO 8421-2، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

**٤-٣-١-١**

**عضو فولادی**

**steel member**

جزء ساختاری ساختمان که باربر است و از همان نوع فولادی که در آزمون استفاده می‌شود، ساخته شده است.

**٤-٣-١-٢**

**مواد و مصالح واکنش‌گر محافظت‌کننده در برابر آتش**

**reactive fire protection material**

مواد واکنش‌گر با فرمولی مخصوص، که در اثر گرمایش، واکنش شیمیایی انجام می‌دهند به‌گونه‌ای که شکل فیزیکی آن‌ها تغییر می‌کند و در اثر آن، با عایق‌سازی حرارتی و تأثیرات خنک‌کنندگی، محافظت در برابر آتش را فراهم می‌کنند.

**٤-٣-١-٣**

**مواد غیرعامل محافظت‌کننده در برابر آتش**

**passive fire protection material**

موادی که شکل فیزیکی آن‌ها تحت تأثیر گرمایش تغییر نمی‌کند و به دلیل خواص فیزیکی یا حرارتی خود، حفاظت در برابر آتش را فراهم می‌کنند.

**یادآوری**- این مواد ممکن است شامل مواد حاوی آب یا مواد گرماگیر باشند که در اثر گرمایش، اثرات خنک کنندگی ایجاد می‌کنند. این مواد ممکن است به شکل پوشش‌های پاششی، اندودها، دال‌ها، تخته‌ها یا محصولات پتویی باشند.

**٤-٣-١-٤**

**سامانه محافظت کننده در برابر آتش**

**fire protection system**

مواد محافظت‌کننده در برابر آتش به همراه هر سامانه نگه‌دارنده شامل مش تقویتی با پرایمری مشخص یا پوشش رویی در صورتی که قابل کاربرد باشند.

**٤-٣-١-٥**

**محافظت در برابر آتش**

**fire protection**

محافظتی که برای یک عضو فولادی توسط سامانه محافظت در برابر آتش فراهم می‌شود تا دمای آن در طول مدت قرار گرفتن در معرض آتش محدود شود.

**٤-٣-١-٦**

**آزمونه**

**test specimen**

مقطع فولادی مورد آزمون، شامل ستون یا تیر به همراه سامانه محافظت‌کننده در برابر آتشِ تحت آزمون است.

**٤-۳-۱-۷**

**ضخامت محافظت‌کننده در برابر آتش**

**fire protection thickness**

ضخامت خشک از یک ماده محافظت‌کننده به‌کار رفته یا یک لایه از سامانه محافظت در برابر آتش یا مجموع ضخامت تمامی لایه‌ها از یک سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش چند لایه جز ضخامت سامانه نگه‌دارنده یا نوارهای پوششی اتصال است.

**٤-۳-۱-۸**

**چسبندگی**

**stickability**

توانایی یک سامانه محافظت‌کننده در برابر آتش که در دامنه معینی از تغییر شکل‌ها، دماهای کوره و فولاد، به اندازه کافی متصل بماند به گونه‌ای که توانایی آن برای محافظت در برابر آتش به مقدار قابل توجهی آسیب نبیند.

**٤-۳-۱-۹**

**ضریب مقطع**

**section factor**

**٤-۳-۱-۹-۱**

**سامانه‌های محافظت‌کننده در برابر آتش پروفیلی**

**profiled fire protection systems**

نسبت مساحت پیرامون بیرونی عضو سازه‌ای فولاد درمعرض آتش بر واحد طول، بدون درنظر گرفتن ماده محافظت‌کننده آن به حجم سطح مقطع آن بر واحد طول (طبق شکل ٤-١).

**یادآوری ١-** به شکل ٤-١ مراجعه شود.

**٤-٣-١-٩-٢**

**سامانه‌های محافظت‌کننده در برابر آتش جعبه‌ای**

**boxed fire protection systems**

نسبت مجموع ابعاد داخلی از کوچکترین مربع یا مستطیل ممکن محاط که امکان اندازه گیری حول عضو سازه‌ای فولادی دارد، ضربدر واحد طول به حجم آن بر واحد طول (طبق شکل ٤-١).

**یادآوری ١-** به شکل ٤-١ مراجعه شود.

**٤-٣-١-١٠**

**دمای طراحی**

**design temperature**

دمای یک عضو سازه‌ای فولادی برای اهداف طراحی سازه است.

**٤-٣-١-١١**

**دمای مشخصه فولاد**

**characteristic steel temperature**

دمای یک عضو سازه فولادی که برای تعیین ضریب تصحیح چسبندگی به صورت (دمای میانگین+حداکثر دما) تقسیم بر ٢ محاسبه شده است.

**٤-۳-۱-۱۲**

**دمای فولاد**

**steel temperature**

دمای متوسط کلی که به عنوان داده‌های ورودی برای آنالیز محاسبه می‌شود:

- برای تیرهایی با مقطع I و H : متوسط بال بالایی به‌علاوه متوسط جان به علاوه متوسط بال پایینی تقسیم بر ۳؛
- برای ستون‌هایی با مقطع I و H و ستون‌های توخالی (قوطی‌ها): مجموع متوسط هریک از نقاط اندازه‌گیری تقسیم بر تعداد نقاط اندازه‌گیری؛
- برای تیرهایی با مقطع توخالی: متوسط اضلاع به علاوه متوسط سطح پایینی تقسیم بر ۲.

## ٤-۳-۲ کوته‌نوشت‌ها

| علامت | واحد | شرح |
|---|---|---|
| $LB$ | | مقطع تحت بار از یک تیر |
| $UB$ | | مقطع بدون بار از یک تیر کوتاه |
| $LC$ | | مقطع تحت بار از یک ستون سه متری |
| $SC$ | | مقطع بدون بار از یک ستون کوتاه |
| $p$ | | ماده محافظت‌کننده در برابر آتش |
| $a$ | | فولاد |
| $f$ | | کوره |
| $d$ | | ضخامت |
| $\rho$ | | چگالی |
| $t_l$ | min | زمان لازم برای مقطع تحت بار تا به دمای طراحی برسد |
| $t_1$ | min | زمان لازم برای مقطع مرجع تا به دمای طراحی برسد |
| $S$ | $m^{-1}$ | ضریب مقطع برای مقطع تحت بار |
| $S_1$ | $m^{-1}$ | ضریب مقطع برای مقطع مرجع |

| | | |
|---|---|---|
| $D$ | mm | ضخامت محافظ برای مقطع تحت بار |
| $D_1$ | mm | ضخامت محافظ برای مقطع مرجع |
| $d_{max}$ | mm | حداکثر ضخامت محافظ برای مقطع تحت بار |
| $d_{min}$ | mm | حداقل ضخامت محافظ برای مقطع تحت بار |
| $d_i$ | mm | ضخامت محافظ برای مقطع کوتاه |
| $K_{imax}$ | | ضریب تصحیح قابلیت چسبندگی در حداکثر ضخامت محافظ |
| $K_{imin}$ | | ضریب تصحیح چسبندگی در حداقل ضخامت محافظ |
| $K_i$ | | ضریب تصحیح چسبندگی برای مقطع کوتاه با ضخامت $di$ |
| $A_m/V$ | $m^{-1}$ | ضریب مقطع برای مقطع فولادی محافظت نشده |
| $A_p/V$ | $m^{-1}$ | ضریب مقطع برای مقطع فولادی محافظت شده |
| $A$ | $m^2$ | مساحت سطح مقطع فولاد |
| $V$ | $m^3/m$ | حجم مقطع فولادی بر واحد طول |
| $V_v$ | $m^3/m$ | حجم ماده محافظ در برابر آتش بر واحد طول |
| $H$ | mm | ارتفاع ستون فولادی |
| $h$ | mm | عمق مقطع فولادی |
| $B$ | mm | عرض مقطع فولادی |
| $t_w$ | mm | ضخامت جان مقطع فولادی |
| $t_f$ | mm | ضخامت بال مقطع فولادی |
| t | mm | ضخامت دیواره مقطع توخالی فولادی |
| $L_{exp}$ | mm | طول آزمونه تیر در معرض گرمایش |
| $L_{sup}$ | mm | طول آزمونه تیر بین تکیه‌گاه‌ها |
| $L_{spec}$ | mm | طول آزمونه تیر |
| $d_{UB}$ | mm | ضخامت ماده محافظ در برابر آتش بر روی مقطع تیر بدون بار |
| $d_{SC}$ | mm | ضخامت ماده محافظ در برابر آتش بر روی مقطع ستون بدون بار |
| $d_p$ | mm | ضخامت ماده محافظ در برابر آتش مورد نظر |
| $d_{p(max)}$ | mm | حداکثر ضخامت ماده محافظ در برابر آتش به‌کاررفته |
| $d_{p(min)}$ | mm | حداقل ضخامت ماده محافظ در برابر آتش بکاررفته |
| $\rho_{protection}$ | $kg/m^3$ | چگالی ماده محافظ در برابر آتش |

| | | |
|---|---|---|
| $\rho_{UB}$ | $kg/m^3$ | **چگالی ماده محافظ در برابر آتش بر روی مقطع تیر بدون بار** |
| $\rho_{SC}$ | $kg/m^3$ | **چگالی ماده محافظ در برابر آتش بر روی مقطع ستون بدون بار** |
| $\rho_{LB}$ | $kg/m^3$ | **چگالی ماده محافظ در برابر آتش بر روی تیر تحت بار** |
| $\rho_a$ | $kg/m^3$ | **چگالی فولاد (معمولاً $7850 kg/m^3$)** |
| $\theta_{LB}$ | °C | **دمای مشخصه فولاد برای یک تیر تحت بار** |
| $\theta_{UB}$ | °C | **دمای مشخصه فولاد برای یک تیر مرجع کوتاه تحت بار** |
| $\theta_{LC}$ | °C | **دمای مشخصه فولاد برای یک ستون تحت بار** |
| $\theta_{SC}$ | °C | **دمای مشخصه فولاد برای یک ستون مرجع کوتاه** |
| $\theta_{c(UB)}$ | °C | **دمای میانگین تصحیح شده از مقطع یک تیر بدون بار** |
| $\theta_{c(SC)}$ | °C | **دمای میانگین تصحیح شده از مقطع یک ستون بدون بار** |
| $\theta_t$ | °C | **دمای میانگین کوره در زمان $t$** |
| $\theta_{at}$ | °C | **دمای میانگین فولاد در زمان $t$** |
| $\theta\Delta_t$ | °C | **افزایش دمای کوره در بازه زمانی ($\Delta t$)** |
| $\theta_{m(SC)}$ | °C | **دمای اصلاح شده فولاد یک مقطع بدون بار** |
| $\theta$ | °C | **دمای طراحی** |
| $K_d$ | | **ضریب دامنه برای ضخامت** |
| $K_s$ | | **ضریب دامنه برای ضریب مقطع** |
| $c_a$ | J/(kgK) | ظرفیت گرمایی ویژه وابسته به دما برای فولاد که در استاندارد EN 1993-1-2 تعریف شده است |
| $c_p$ | J/(kgK) | **ظرفیت گرمایی ویژه مستقل از دما برای ماده محافظ در برابر آتش** |
| $\mu$ | | **نسبت ظرفیت گرمایی ماده محافظ در برابر آتش به ظرفیت گرمایی مقطع فولادی** |
| $t$ | min | **زمان از آغاز شروع آزمون** |
| $t_e$ | min | **زمان لازم برای رسیدن یک مقطع فولادی بدون بار به همان دمایی که یک تیر تحت بار در مدت زمان $t$ به آن رسیده است** |
| $\Delta t$ | min | **بازه زمانی** |
| $t_d$ | min | **زمان لازم برای یک مقطع کوتاه تا به دمای طراحی برسد** |

| | | |
|---|---|---|
| $\lambda_{(p)}$ | w/(mk) | هدایت حرارتی مؤثر برای ماده محافظ در برابر آتش |
| $\lambda_{chr(p)}$ | w/(mk) | مقدار مشخصه هدایت مؤثر برای ماده محافظ در برابر آتش |
| $\lambda_{ave(p)}$ | w/(mk) | مقدار متوسط $\lambda_p$ به‌دست آمده از تمام مقاطع کوتاه در دمای $\theta$ |
| $\lambda_{\delta(p)}$ | | انحراف استاندارد از $\lambda_p$ به‌دست آمده از تمام مقاطع کوتاه در دمای $\theta$ |
| $K$ | | ضریب ثابت به کار رفته برای $\lambda_{\delta(p)}$ |

## ٤-٤ تجهیزات آزمون

### ٤-٤-١ کلیات

کوره و تجهیزات آزمون باید مطابق استاندارد EN 1363-1 باشد.

### ٤-٤-٢ کوره

کوره باید به نحوی باشد که اجازه دهد تمامی ابعاد آزمونه‌ها همان‌طور که در بند ٤-٦ مشخص شده، در معرض حرارت قرار گیرد و نصب آن‌ها بالا یا درون کوره مطابق آن‌چه در بند ٤-٧ مشخص شده، باشد.

### ٤-٤-٣ تجهیزات بارگذاری

بارگذاری باید مطابق استاندارد EN 1363-1 اعمال شود. سامانه بارگذاری برای تیرها باید مطابق با زیربند ٤-٥-٢-١ و برای ستون‌ها مطابق با زیربند ٤-٥-٢-٣ باشد.

## ٤-٥ شرایط آزمون

### ٤-٥-١ کلیات

تعدادی عضو فولادی کوتاه با مقاطع I یا H یا توخالی، محافظت شده با یک سامانه محافظ در برابر آتش، در کوره مطابق با روش ارائه شده در استاندارد EN 1363-1 در معرض حرارت قرار می‌گیرند.

ستون‌ها یا تیرهای تحت بار و بدون بار که به این شکل حرارت داده می‌شوند، اطلاعاتی در خصوص توانایی سامانه محافظ در برابر آتش برای سالم و چسبیده ماندن به مقاطع فولادی مورد آزمون، ارائه می‌کنند (قابلیت چسبندگی).

روش آزمون تیرهای تحت بار در این بخش از روش آزمون به نحوی طراحی شده است که حداکثر تغییر شکل (یک سی‌ام طول دهانه) تحت تأثیر بار و حرارت ایجاد شود. اگر نرخ تغییر شکل از مقدار مشخص شده در استاندارد EN 1363-1 تجاوز کند، رسیدن به یک سی‌ام طول دهانه ممکن است عملی نباشد.

توصیه می‌شود که آزمون‌ها تا زمانی که دمای فولاد به حداکثر مقدار متناسب با کاربرد این داده‌ها برسد، ادامه یابند.

زمانی که چندین آزمونه به صورت همزمان آزمون می‌شوند، باید دقت کافی به عمل آید تا هر یک به صورت کافی و مشابه در معرض شرایط تعیین شده برای آزمون قرار گیرند.

روش‌های ارائه شده در استاندارد EN 1363-1 باید در اجرای این آزمون دنبال شوند مگر آن که دستورالعمل‌های متفاوت مشخصی در این دستورالعمل داده شده باشد.

### ٤-٥-٢ شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری

#### ٤-٥-٢-١ تیرهای تحت بار

هر آزمونه تیر تحت بار باید دارای تکیه‌گاه ساده بوده و امکان انبساط آزاد و تغییر شکل قائم تیر وجود داشته باشد. تیر نباید دارای قید پیچشی اضافی به جز جایی که مطابق زیربند ٤-٦-٣-١ ضروری فرض می‌شود، باشد. طول دهانه با تکیه‌گاه ساده نباید بیش از ٤٠٠mm در هر انتها، بزرگ‌تر از طولی باشد که در معرض حرارت قرار می‌گیرد.

بارگذاری باید با استفاده از یکی از دو روش شرح داده شده در شکل ٤-٢، اعمال شود.

هر دو انتهای تیرهای تحت بار خارج از کوره باید با مصالح عایق حرارتی مناسب عایق‌بندی شوند.

#### ٤-٥-٢-٢ تیرهای بدون بار

هر آزمونه تیر بدون بار باید مطابق آن‌چه در شکل ٤-٣ نشان داده شده، نگه داشته شود.

#### ٤-٥-٢-٣ ستون‌های تحت بار

برای هر ستون تحت بار، باید شرایط مناسب برای تکیه‌گاه، قرارگیری و امتداد آزمونه ستون در کوره مطابق استاندارد EN 1365-4 و تحت هرگونه الزامات اصلاحی یا اضافی این دستورالعمل فراهم شود. یک نمونه مثال در شکل ٨ ارائه شده است.

### ٤-٥-٢-٤ ستون‌های بدون بار

مقاطع ستون بدون بار باید در داخل کوره به‌طور عمودی نگه داشته شوند، یا به شکل زیر دال سقف کوره (به نمونه مثال شکل ۱۰ توجه شود) یا ایستاده بر روی کف کوره (به صورت مستقیم یا بر روی پایه‌ها) نصب شوند.

### ٤-٥-٣ بارگذاری

آزمونه تیر تحت بار باید در مجموع به اندازه ٦٠٪ مقاومت خمشی طراحی‌اش طبق استاندارد EN 1993-1-1 تحت بار قرار گیرد، که یا با استفاده از مقاومت تسلیم واقعی فولاد به‌دست آمده از گواهی‌نامه انطباق محموله محصول و یا مقدار واقعی اندازه‌گیری شده، محاسبه شده است.

بار واقعی اعمال شده، کل بار محاسبه شده منهای وزن مرده تیر، پوشش بتنی و ماده محافظ در برابر آتش و غیره می‌باشد.

روش بارگذاری باید توسط سامانه‌ای انجام شود که ممان خمشی یکنواختی حداقل در ۲۰٪ دهانه تیر حوالی وسط دهانه ایجاد کند.

ستون تحت بار باید به اندازه ٦٠٪ مقاومت کمانشی طراحی‌اش طبق استاندارد EN 1993-1-1 تحت بار قرار گیرد، که یا با استفاده از مقاومت تسلیم واقعی فولاد بدست آمده از گواهی‌نامه انطباق محموله محصول و یا مقدار واقعی اندازه‌گیری شده، محاسبه شده است. جزئیات محاسبات مربوط به تعیین بارهای آزمون باید در گزارش آزمون درج شود.

مقاطع فولاد تحت بار برای آزمون، باید مطابق استانداردهای EN 1365-3 یا EN 1365-4 و تحت هر گونه الزامات اصلاحی یا اضافی این دستورالعمل، مورد آزمون قرار گیرند.

## ٤-٦ آزمونه‌ها

### ٤-٦-١ کلیات

مقاطع آزمون باید به گونه‌ای انتخاب شوند که برای حوزه ارزیابی مناسب باشند و هر دو نوع مقاطع تحت بار و بدون بار را شامل شوند. آزمون مقاطع تحت بار و مرجع، مبنایی برای تصحیح چسبندگی فراهم می‌سازد که بر روی داده‌های حرارتی بدست آمده از مقاطع کوتاه بدون بار اعمال می‌شود. وابسته به حوزه ارزیابی، اصل انتخاب مقاطع تحت بار و بدون بار باید بر مبنای جزئیات ارائه شده در زیربند ٤-٣- ٦-٦ باشد. مقاطع آزمون باید از جداول پیوست ۳- ج انتخاب شوند.

برای هر آزمون شامل یک تیر یا ستون تحت بار، اگر امکان‌پذیر باشد، باید یک مقطع تیر یا ستون مرجع بدون بار معادل به طور همزمان در کوره آزمون شود. در صورتی که امکان انجام آزمون به صورت همزمان برای یک ستون تحت بار و یک ستون مرجع در کوره وجود نداشته باشد، مقطع مرجع باید در همان کوره و تحت همان وضعیت ستون تحت بار، به صورت جداگانه آزمون شود.

برای هر یک از دو ضخامت حداقل و حداکثر یک سامانه محافظ در برابر آتش، یک تیر تحت بار باید به منظور برآورد قابلیت چسبندگی طی حداکثر تغییر شکل یک مقطع فولادی در حوالی دمای ۵۵۰°C تا حداکثر دمای پیش‌بینی شده برای فولاد، آزمون شود. دو تیر فولادی تحت بار نباید لزوماً اندازه یکسان داشته باشند.

اگر سامانه‌های محافظت متفاوت باشند، ضروری است آزمون‌های تحت بار هم بر روی تیرها و هم بر روی ستون‌ها انجام شود.

داده‌های به دست آمده از مقاطع تحت بار و مرجع بدون بار معادل آن باید برای تعیین ضرایب تصحیح مربوط به چسبندگی در محدوده ضخامت مطابق با پیوست ۳-ت مورد استفاده قرار گیرند.

اگر ارزیابی به ستون‌های محافظت شده از هر چهار طرف، محدود شده باشد، آزمون‌های ستون‌های تحت بار باید جایگزین آزمون‌های تیرهای تحت بار شوند. در این حالت، مقاطع ستون‌های مرجع بدون بار جایگزین مقاطع تیرهای مرجع بدون بار می‌شوند.

## ٤-٦-٢ ابعاد آزمونه‌ها

### ٤-٦-٢-١ تیرهای تحت بار

تیرهای تحت بار باید شکل مقطع I یا H یا مستطیلی توخالی داشته باشند.

طول کل هر تیر باید به اندازه‌ای باشد که قسمت در معرض حرارت آن کمتر از ٤٠٠٠mm نباشد.

فاصله تکیه‌گاه‌ها و طول آزمونه باید مطابق با مشخصات زیر باشد:

دهانه بین تکیه‌گاه‌ها ($L_{sup}$) باید برابر طولی که در معرض حرارت قرار می‌گیرد به علاوه حداکثر ٤٠٠mm در هر انتها باشد. طول آزمونه ($L_{spec}$) باید برابر طولی که در معرض حرارت قرار می‌گیرد به علاوه حداکثر ٥٠٠mm در هر انتها باشد (به شکل ۹ مراجعه شود).

طول اضافی که به منظور نصب مورد نیاز است، باید تا حد امکان از نظر عملی کوچک نگه‌داشته شود.

### ٤-٦-٢-٢ مقاطع مرجع

هر مقطع مرجع بدون بار، اگر عملی باشد، باید از همان شاخه تیر آهنی که برای مقطع تحت بار معادل آن استفاده شده، گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که ابعاد و خصوصیات در هر دو یکسان است. اگر این حالت امکان‌پذیر نباشد، آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که مقطع مرجع دقیقاً ابعاد و مشخصات یکسانی با مقطع تحت بار دارد.

برای سامانه‌های تخته‌ای، حداقل طول ستون‌ها و تیرهای کوتاه که به عنوان مقاطع مرجع استفاده می‌شوند باید mm(۵۰±۱۰۰۰) باشد و درزها در سامانه محافظت تخته‌ای نباید در نظر گرفته شود مگر این‌که حداکثر طول تخته کمتر از ۱۰۰۰mm باشد.

### ٤-٦-٢-٣ ستون‌های تحت بار

حداقل ارتفاع ستون‌های تحت بار که در معرض حرارت قرار می‌گیرند، باید برابر با ۳۰۰۰mm باشد.

### ٤-٦-٢-٤ مقاطع کوتاه

طول تیرها و ستون‌های کوتاه باید mm(۵۰±۱۰۰۰) باشد.

## ٤-٦-٣ ساخت آزمونه‌های فولادی

### ٤-٦-٣-١ تیرهای تحت بار

مقاطع فولادی که در آزمون‌های تیرهای تحت بار استفاده می‌شوند، باید مطابق با شکل ۹ ساخته شوند.

اگر دهانه تیر به اندازه‌ای است که به قید اضافی نیاز باشد، آنگاه قید اضافی با نصب سخت‌کننده‌های جان طبق توافق با متقاضی، به شرح زیر می‌تواند تأمین شود.

به منظور تأمین سخت‌کننده جان و قید پیچشی، تیرها ممکن است به شیوه‌های زیر آماده شوند:

الف) سخت‌کننده‌های جان به شکل صفحات فولادی یا لچکی‌های مثلثی شکل که در هر نقطه بارگذاری جوش داده می‌شوند. ضخامت آن‌ها باید حداقل برابر ضخامت جان باشد و عمق آن‌ها باید حداقل ۱۰mm کمتر از عمق بال تیر باشد. جزئیات در شکل ٤-۹ نشان داده شده است.

ب) سخت‌کننده‌های جان به شکل صفحات فولادی یا ناودانی‌ها که در هر نقطه تکیه‌گاهی جوش می‌شوند. ضخامت آن‌ها حداقل باید برابر با ضخامت جان باشد. سخت‌کننده‌های جان متشکل از صفحات فولادی باید ذوزنقه‌ای باشند تا قید پیچشی اضافی ایجاد کنند. جزئیات در شکل ٤-۹ نشان داده شده است.

### ٤-٦-٣-٢ تیرهای بدون بار

تیرهای بدون بار باید مطابق با شکل ٤-۳ ساخته شوند.

به منظور به حداقل رساندن انتقال حرارت در دو انتهای تیرهای بدون بار، هر دو انتها باید با تخته‌های عایق حرارتی یا مشابه آن که در دماهای بالا میزان عایق‌کنندگی برابر یا بیشتری از ماده محافظ آتش اجرا شده در طول آزمونه فراهم می‌کنند، محافظت شوند. (به شکل ٤-٣ مراجعه شود).

اندازه محافظت دو انتها باید از کل ابعاد ماده محافظ در برابر آتش بزرگ‌تر باشد.

### ٤-٦-٣-٣ ستون‌های تحت بار

ستون‌های تحت بار باید مطابق با شکل ٤- ٨ ساخته شوند.

### ٤-٦-٣-٤ ستون‌های کوتاه

ستون‌های کوتاه می‌توانند مطابق با شکل‌های ٤-١٣ و ٤-١٤ ساخته شوند.

ستون‌های کوتاه می‌توانند بر روی کف کوره، یا آویزان از سقف کوره یا قرار گرفته بر روی پایه، آزمون شوند.

به منظور به حداقل رساندن انتقال حرارت در دو انتهای مقاطع ستون‌های فولادی، هر دو انتها باید با تخته‌های عایق حرارتی یا مشابه آن که در دماهای بالا میزان عایق‌کنندگی برابر یا بیشتری از ماده محافظ آتش اجرا شده در ارتفاع ستون فراهم می‌کنند، محافظت شوند. (به شکل‌های ٤-١٣ و ٤-١٤ مراجعه شود).

اندازه محافظت‌کننده دو انتها باید بزرگ‌تر از کل ابعاد ماده محافظ در برابر آتش باشد (به شکل ٤-١٣ مراجعه شود).

### ٤-٦-٣-٥ اجرای سامانه محافظ در برابر آتش

سطح فولاد در صورت لزوم باید آماده و سامانه محافظ در برابر آتش باید بر روی تیرها و ستون‌ها مطابق روش رایج عملی، اجرا شود. روش اجرا بر روی ستون‌ها نباید با تیرها متفاوت باشد در غیر این صورت آزمون‌ها و ارزیابی‌های جداگانه‌ای برای ستون‌های تحت بار مورد نیاز است. هر گونه تغییر چگالی در سامانه محافظ در برابر آتش اجرا شده بر روی تیرهای تحت بار و تیرهای بدون بار معادل آن، باید در محدوده مشخص شده در زیربند ٤-٦-٥-٣ باشد.

برای سامانه‌های تخته‌ای محافظ در برابر آتش، مقاطع تیرها و ستون‌های فولادی تحت بار باید دارای درزهای اجرایی یا پیرامونی که ممکن است در عمل با آن‌ها مواجه شویم، باشند.

در مورد تیرها، سامانه محافظ در برابر آتش باید بسته به شرایط، توسط مقطع فولادی مورد آزمون یا کف بتنی نگه داشته شود. در جایی که سامانه محافظ در برابر آتش با وسایلی مانند پیچ سراسری به کف بتنی سبک متصل می‌شود، در ارزیابی‌ها باید روش به کار رفته مورد نظر در عمل برای اتصال به سازه نگه‌دارنده در نظر گرفته شود.

ماده محافظ در برابر آتش باید بر روی مقاطع فولادی تحت بار مورد آزمون، قبل از اعمال بارگذاری اجرا شود به غیر از حالتی که تیرهای تحت بار به وسیله تخته‌ها یا صفحات محافظت می‌شوند. راهنمای تکمیلی در حالت تیرهای تحت بار محافظت شده به وسیله تخته یا دال، در زیربند ٤-١٠-٣ ارائه شده است.

مواد محافظت‌کننده در برابر آتش باید بیشتر از طول تحت حرارت عضو ادامه یابند و باید کل ارتفاع هر مقطع ستون را بپوشانند. علاوه بر این برای تیرهای تحت بار،

فضای کافی برای اطمینان از عدم تداخل دیواره‌های کوره با ماده محافظ در برابر آتش باید فراهم شود. کنترل این فضا الزامی است تا اطمینان حاصل شود که ماده محافظ در برابر آتش در هنگام تغییر شکل تیر، تحت اثر منفی قرار نمی‌گیرد.

جایی که سامانه محافظ در برابر آتش به شکل جعبه‌ای است، در قسمتی که آزمونه از دیواره کوره خارج می‌شود، فضای بین ماده محافظ در برابر آتش و عضو فولادی در هر دو انتها باید پوشانده شود تا از جریان هر گونه گاز دورتر از طول تحت حرارت آزمونه، جلوگیری شود.

باید اطمینان حاصل شود که طی نصب آزمونه‌ها درون کوره یا در اثر هرگونه جابجایی آزمونه‌ها حین انجام آزمون، سامانه محافظ در برابر آتش تحت هیچ گونه تنش‌های انبساطی یا قیدی، متفاوت از شرایط کاربرد واقعی، قرار نگیرد.

## ٤-٦-٤ ترکیب مقاطع فولادی

فولاد استفاده شده باید از نوع فولاد سازه‌ای (با حرف اختصاری S)[1] مطابق استاندارد EN 10025-1 (به جز S185) باشد. انواع مهندسی (با حرف اختصاری E)[2] نباید استفاده شوند.

ابعاد و مساحت مقاطع فولادی با صرف‌نظر از شعاع‌های داخلی و خارجی باید اندازه‌گیری شود. این مقادیر باید برای تعیین ضرایب مقاطع فولادی مطابق با روابط ارائه شده در شکل ٤-١ استفاده شود.

---

1- structural grade
2- Engineering grades

## ٤-٦-٥ مشخصات مصالح محافظ در برابر آتش

### ٤-٦-٥-١ کلیات

ترکیب سامانه محافظت در برابر آتش باید توسط متقاضی مشخص شود و باید حداقل شامل چگالی اسمی و محتوای رطوبتی مورد انتظار باشد. برای اهداف ارزیابی ممکن است اطلاعات اضافی مربوط به ظرفیت گرمایی نیز مورد نیاز باشد.

به دلایل محرمانه بودن، ممکن است متقاضی آزمون نخواهد که جزئیات فرمول یا ترکیب ماده محافظ در برابر آتش در گزارش آزمون آورده شود. در این حالت، اطلاعاتی که مطابق این دستورالعمل به منظور مشخص کردن مشخصه‌های پوشش‌های پاششی یا تخته‌ها یا صفحات محافظ در برابر آتش مورد نیاز است، باید ذکر شود.

ابعاد مربوط به تخته‌ها و صفحات باید مطابق با استاندارد EN 13162 (برای صفحات) و مطابق با استاندارد EN 12467 (برای تخته‌ها) تعیین شود و باید در محدوده رواداری‌های تعریف شده در این استانداردها قرار گیرد.

به طور مشابه، ضخامت تخته‌ها و صفحات باید مطابق با استاندارد EN 823 (برای صفحات) و مطابق با استاندارد EN 12467 (برای تخته‌ها) تعیین شود و باید در محدوده رواداری‌های تعریف شده در این استانداردها قرار گیرد.

چگالی، محتوای رطوبت و ضخامت مربوط به پوشش‌های پاششی و تخته‌ها باید مطابق با پیوست ٤-ب تعیین شوند.

ضخامت، چگالی و محتوای رطوبت واقعی ماده محافظ در برابر آتش باید در زمان انجام آزمون برای هر آزمونه اندازه‌گیری و ثبت شود. مشخصات مواد باید برای مواد مورد آزمون یا آزمونه‌های تثبیت شرایط شده طبق بند ٤-٨، تعیین شود.
روش‌های مناسب برای انواع مختلف مواد محافظ در برابر آتش در پیوست ٤-ب ارائه شده است.

### ٤-٦-٥-٢ ضخامت مواد محافظت‌کننده

در کل سطح، ضخامت مواد محافظت‌کننده در برابر آتش از نوع صفحه یا تخته نباید بیشتر از ۱۵٪ از مقدار میانگین انحراف داشته باشد. برای ارزیابی نتایج و در محدوده قابلیت کاربرد ارزیابی، باید ضخامت میانگین در نظر گرفته شود. اگر ضخامت تخته بیش از ۱۵٪ تغییر کند، آنگاه حداکثر ضخامت ثبت شده باید در ارزیابی استفاده شود.
این میانگین باید متوسط تمامی اندازه‌گیری‌ها مطابق با پیوست ٤- ب باشد.
ضخامت اندودهای پاششی یا مواد غیرفعال محافظ در برابر آتش پوششی باید در محل‌های مشخص شده در پیوست ٤- ب اندازه‌گیری شود. نقاط اندازه‌گیری ضخامت باید حداقل ۱۵۰mm از سخت‌کننده‌های جان در تیرهای تحت بار فاصله داشته باشد.
اندازه‌گیری‌ها باید در فواصل بین ۵۰mm تا ۱۰۰mm از محل ترموکوپل‌ها انجام گیرد.
ضخامت اندودها یا مواد محافظ در برابر آتش پاششی نباید بیشتر از ۲۰٪ از مقدار متوسط انحراف داشته باشد. برای ارزیابی نتایج و در محدوده قابلیت کاربرد ارزیابی، باید ضخامت میانگین در نظر گرفته شود. در صورتی که انحراف بیش از ۲۰٪ باشد، حداکثر ضخامت ثبت شده باید در ارزیابی استفاده شود.

ضخامت میانگین (یا حداکثر ضخامت مطابق با معیارهای بالا برای انحراف مجاز در ضخامت) برای ماده محافظ در برابر آتش اجرا شده بر روی هر مقطع تیر یا ستون فولادی تحت بار باید به همان اندازه اجرا شده بر روی مقطع تیر یا ستون فولادی کوتاه مرجع باشد. اختلاف ضخامت‌ها در هر حالت نباید بیشتر از ۱۰٪ حداکثر مقدار یا ۵mm±، هرکدام که کمتر است، باشد.

### ٤-٦-٥-٣ چگالی و محتوای رطوبتی مواد محافظ در برابر آتش

چگالی و محتوای رطوبتی مواد محافظ در برابر آتش (در صورت لزوم) اجرا شده بر روی هر مقطع باید مطابق با پیوست ٤- ب اندازه‌گیری و ثبت شود.

برای هر ضخامت از ماده محافظ در برابر آتش، چگالی نباید بیشتر از ۱۵٪ از اندازه میانگین، انحراف داشته باشد. این اندازه میانگین باید برای ارزیابی نتایج و در محدوده

قابلیت کاربرد ارزیابی در نظر گرفته شود. اگر این انحراف بیش از ۱۵٪ باشد، حداکثر چگالی ثبت شده باید در نظر گرفته شود.

چگالی متوسط (یا حداکثر چگالی مطابق با معیارهای بالا برای انحراف مجاز در ضخامت) برای ماده محافظ در برابر آتش اجرا شده بر روی هر مقطع تیر یا ستون فولادی تحت بار باید به همان اندازه اجرا شده بر روی مقطع تیر یا ستون فولادی کوتاه مرجع باشد. اختلاف بین چگالی‌ها در هر حالت نباید بیشتر از ۱۰٪ حداکثر مقدار متوسط در آن ضخامت باشد. آزمایشگاه باید تأیید کند که مقادیر معادل مقاطع تحت بار و مرجع در محدوده ۱۰٪ یکدیگر هستند.

### ٤-٦-٥-٤ تأیید آزمونه‌ها

بررسی و تأیید آزمونه برای انطباق با مشخصات، باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد EN1363-1 انجام شود.

مشخصات مواد محافظ در برابر آتش به‌کار رفته در آماده‌سازی آزمونه‌ها، باید با استفاده از روش‌های ارائه شده در پیوست ٤-ب و در صورت نیاز با استفاده از آزمونه‌های خاص، اندازه‌گیری شود.

مسئول تأیید اجرای صحیح ماده محافظ در برابر آتش از نوع اندودها یا پوشش‌های پاششی، متقاضی می‌باشد تا اطمینان حاصل شود که این اجرا با روش‌های مناسب با توجه به ترکیبات و مشخصات طراحی ماده انجام شده است.

فاصله بین وجه داخلی یک سامانه صفحه‌ای یا تخته‌ای با مقطع فولادی باید ثبت شود. اندازه‌گیری‌ها باید تقریباً در وسط دهانه و در هر دو انتهای بدنه تیر مورد آزمون و تقریباً در میانه ارتفاع و در بالای بدنه ستون انجام شود.

### ٤-٦-٦ انتخاب آزمونه‌ها

#### ٤-٦-٦-١ اصول انتخاب

انتخاب آزمونه‌ها بر اساس دامنه ارزیابی صورت می‌گیرد. مطابق جدول ١ انجام ارزیابی‌های مختلف وابسته به این‌که تولیدکننده درخواست آزمون محدود یا جامع دارد، می‌باشد. در هر بسته آزمون، حداقل تعداد آزمونه‌های مورد نیاز برای هر محدوده، مشخص شده است.

نتایج آزمون تیر تحت بار با یک سامانه محافظ در برابر آتش مشخص، برای ستون‌ها با استفاده از همان سامانه محافظ نیز قابل کاربرد است. منظور از همان سامانه محافظ

در برابر آتش، سامانه‌ای است که عیناً مشابه نیمه پایینی سامانه محافظ در برابر آتش تیر است. همچنین باید همان روش اتصال در نیمه بالایی تیر نیز استفاده شود. برای مثال، اگر در سامانه محافظ تیر فقط از پین‌های نگه‌دارنده استفاده شده باشد، سامانه محافظ ستون نیز مشابه با آن در نظر گرفته می‌شود اگر در آن از همان پین‌های نگه‌دارنده با همان فاصله استفاده شده باشد. اگر در سامانه محافظ تیر از نبشی در قسمت بالایی پوشش تیر و نه در قسمت پایینی تیر، استفاده شده باشد، پس باید نبشی یا ناودانی‌های مشابهی نیز در سامانه پوشش ستون استفاده شود. در غیر این صورت، این دو سامانه محافظ، متفاوت در نظر گرفته خواهد شد و یک ستون تحت بار نیز باید مورد آزمون قرار گیرد.

سامانه‌های محافظ در برابر آتشی که متشکل از تعداد متفاوتی لایه از تخته یا صفحه هستند باید بیش از یک سامانه در نظر گرفته شوند. بنابراین بسته آزمون‌ها و ارزیابی‌ها برای سامانه‌های تک لایه و چند لایه متفاوت است. به عنوان مثال، اگر یک سامانه محافظ تخته‌ای شامل حداکثر سه لایه باشد، در این صورت دو بسته آزمون و ارزیابی مورد نیاز

است که یکی مربوط به سامانه تک لایه و دیگری مربوط به سامانه ترکیبی دو و سه لایه است.

اگر سامانه‌های محافظ در برابر آتش از نوع اندودکاری بدون مش مسلح‌کننده آزمون شوند، در عمل، مش مسلح‌کننده می‌تواند به سامانه اضافه شود. اما اگر مش در آزمون به کار رود، این مش باید در عمل نیز استفاده شود.

جدول ۱ مربوط به تخته‌ها، صفحات و پوشش‌های پاششی می‌باشد. در حالت تخته‌ها و صفحات، سامانه‌های محافظ در برابر آتش ستون و تیر، باید برای گزینه ترکیبی ستون‌ها و تیرها، یکسان باشد (بسته‌های آزمون ۳ و ٤).

**جدول ٤-۱- بسته‌های آزمون تخته‌ها، صفحات و پوشش‌های پاششی**

| حدود | بسته آزمون | تیرهای تحت بار انتخاب شده طبق زیربند ٤- ٦-٦-۲ | تیرهای تحت بار انتخاب شده طبق زیربند ٤- ٦-٦-۲ | RB[b] | RC[c] | SIB[c] | SIC[d] | کل مقاطع کوتاه | فرآیندهای تصحیح مطابق جدول ت-۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیرهای I[a] | ۱ | ✓ | | ۲ | | ۱۱ | | ۱۳ | **a)** |
| ستون‌های I[a] | ۲ | | ✓ | | ۲ | | ۱۱ | ۱۳ | **b)** |
| تیرها و ستون‌های I[a] | ۳ | ✓ | | ۲ | | | ۱۳ | ۱۵ | **d)** |
| تیرها و ستون‌های I[a] | ٤ | ✓ | | ۲ | | ۱۱ | ۱۳ | ۲٦ | **c)** |

[a] I بیانگر هر دو شکل I و H است.

[b] RB تیر مرجع. این تیر باید در آنالیز حرارتی در نظر گرفته شود.

[c] SIB تیرهای کوتاه با مقطع I

[d] SIC ستون‌های کوتاه با مقطع I [e] RC ستون مرجع. این ستون باید در آنالیز حرارتی در نظر گرفته شود.

متقاضی می‌تواند مطابق اصول ارائه شده در پیوست ٤- الف برای مقاطع توخالی سازه‌ای، عمل کند. در این حالت، آزمون مقاطع مناسب I یا H مطابق با این سند باید انجام شود.

برای محافظت‌کننده‌های تخته‌ای یا صفحه‌ای که سامانه محافظ در برابر آتش برای مقاطع توخالی متفاوت با مقاطع I یا H است یا جایی که ارزیابی جداگانه‌ای برای مقاطع توخالی مورد نیاز است، جدول ٤-۲ باید استفاده شود.

**جدول ٤-۲- بسته‌های آزمون محافظ‌های تخته‌ای یا صفحه‌ای برای مقاطع توخالی**

| حدود | بسته آزمون | تیرهای تحت بار انتخاب شده طبق زیربند ٤-٦-٦-۲ | ستون‌های تحت بار انتخاب شده طبق زیر بند ٤-٦-٦-۲ | مقاطع مرجع | تیرهای توخالی کوتاه | ستون‌های توخالی کوتاه | کل مقاطع کوتاه | فرآیندهای تصحیح طبق جدول ت-۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیرهای مستطیلی | ۱ | ✓ | | ۲ | ٤ | | ٦ | **e)** |
| ستون‌های توخالی | ۲ | | ✓ | ۲ | | ٤ | ٦ | **f)** |

یک برنامه آزمون برای مقاطع بدون بار مورد نیاز است تا ارتباط بین مقاومت در برابر آتش، ضخامت ماده محافظت‌کننده و ضریب مقطع مشخص شود. یک برنامه معمول حداقل شامل ٦ مقطع می‌باشد در حالتی که محدوده‌ای از ضخامت‌ها مورد نیاز است.

### ٤-٦-٦-٢ مقاطع مورد نیاز برای تصحیح مربوط به قابلیت چسبندگی

راهنما برای انتخاب مقاطع تحت بار به منظور ارزیابی قابلیت چسبندگی در جداول ٤-٣ و ٤-٤ ارائه شده است.

جدول ٤-٣- اندودها

| مقطع تحت بار | ضخامت پوشش محافظ | ضریب مقطع | حداقل عمق یا عرض (mm) |
|---|---|---|---|
| تیر ۱ | حداکثر | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۳۰۰ |
| تیر ۲ | حداقل | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۳۰۰ |
| ستون ۱ | حداکثر | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۲۰۰ |
| ستون ۲ | حداقل | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۲۰۰ |

جدول ٤-٤- تخته‌ها / صفحات

| مقطع تحت بار | ضخامت محافظ کننده | ضریب مقطع | حداقل عمق (mm) |
|---|---|---|---|
| تیر ۱ | حداکثر | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۳۰۰ |
| تیر ۲ | حداقل | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۳۰۰ |
| ستون ۱ | حداکثر | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۲۰۰ |
| ستون ۲ | حداقل | مناسب برای محدوده ارزیابی | ۳۰۰ |

قابلیت چسبندگی برای تمامی مقاطع تحت بار مشخص شده، الزامی نیست؛ بنابراین مطابق با زیربند ٤-۳- ٦-٦-۱، آزمون‌های مورد نیاز انتخاب می‌شوند.

روش تعیین تصحیح مربوط به قابلیت چسبندگی به محدوده بسته آزمون انتخابی طبق جداول ٤-۱ و ٤-۲ بستگی دارد و در پیوست ٤- ت شرح داده شده است.

ضرایب تصحیح برای سامانه‌های تک لایه فقط به اطلاعات حرارتی از آزمون‌های تک لایه اعمال می‌شود.

ضرایب تصحیح برای سامانه‌های چند لایه فقط به اطلاعات حرارتی از آزمون‌های چند لایه اعمال می‌شود.

در آزمون سامانه‌های چند لایه اجرا شده بر روی تیرها و ستون‌ها، برای مقطع با حداقل ضخامت محافظت‌کننده، باید دو لایه از نازک‌ترین تخته یا صفحه استفاده شود و برای مقطع با حداکثر ضخامت محافظت‌کننده، باید دو لایه یا بیشتر از ضخیم‌ترین تخته یا صفحه استفاده شود. در حالت دوم، یکی از لایه‌های تخته یا صفحه می‌تواند با یک لایه نازک‌تر جایگزین شود تا حداکثر ضخامت مربوط به محدوده ارزیابی برآورده شود.

محل نازک‌ترین لایه باید مشابه آن‌چه باشد که در عمل به‌کار می‌رود. به عنوان مثال، اگر در آزمون، نازک‌ترین لایه، لایه خارجی سامانه است، بنابراین در عمل هم این لایه باید لایه خارجی باشد.

### ٤-٦-٦-٣ مقاطع مورد نیاز برای تحلیل حرارتی

#### ٤-٦-٦-٣-١ مقاطع کوتاه I و H

مقاطع باید به گونه‌ای انتخاب شود که محدوده ضخامت محافظت‌کننده، ضریب مقطع و دوره مقاومت در برابر آتش مورد نظر را پوشش دهد و شامل مقاطع مرجع کوتاه معادل مقاطع تحت بار باشد. جداول ٤-٥ و ٤-٦ حداقل تعداد مقاطع لازم را مشخص می‌کند. مقاطع اضافی می‌تواند آزمون شود تا امکان برازش مطابق توضیحات بند ٤-ث-٢ (روش گرافیکی) ممکن شود.

انتخاب مقاطع کوتاه اضافی برای تحلیل مقاطع توخالی به طور مشابه مورد نیاز خواهد بود تا محدوده ضخامت محافظت‌کننده، ضریب مقطع و دوره مقاومت در برابر آتش را پوشش دهد.

آزمونه‌های کوتاه و بدون بار با سامانه‌های محافظ در برابر آتش دارای درز، نباید دارای درز باشند مگر این‌که سامانه محافظ به صورت معمول درزهایی در فواصل مرکزی کمتر از یک متر داشته باشد.

انتخاب آزمونه‌ها با توجه به حوزه ارزیابی مورد نیاز برای محصول مورد نظر صورت خواهد گرفت. این انتخاب بر مبنای دامنه ضریب مقطع (حداقل و حداکثر) و دامنه ضخامت (حداقل و حداکثر) برای هر دوره زمانی مقاومت در برابر آتش خواهد بود. ضرایب دامنه برای مقدار حداکثر و حداقل، به ترتیب یک و صفر خواهد بود و توسط تولیدکننده تعیین خواهد شد.

برای مقاطع I یا H جدول ٤-٥ ملاک عمل خواهد بود.

**جدول ٤-٥ – ضرایب دامنه برای مقاطع I یا H**

| ضریب دامنه مقطع ($K_S$) | ضریب دامنه ضخامت ($K_d$) |
|---|---|

| | $(d_{min})$ ۰/۰ | ۰/۲ تا ۰/۵ | ۰/۵ تا ۰/۸ | $(d_{max})$ ۱/۰ |
|---|---|---|---|---|
| ۰/۰ $(s_{min})$ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | ✓ptp | | | |
| ۰/۲ تا ۰/۵ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| | ✓ptp | | | |
| | ✓ptp | ✓ptp | | ✓ptp |
| ۰/۵ تا ۰/۸ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | ✓ptp | ✓ptp | ✓ptp |
| | | ✓ptp | ✓ptp | ✓ptp |
| ۱/۰ $(s_{max})$ | | ✓ | ✓ | ✓ |

جدول ٤-٥ برای تیرها و ستون‌ها به صورت جداگانه کاربرد دارد.

همچنین جدول ٤-٥ یک نمونه مثال است: به جز در حالت مقاطع اضافی ptp، در هر انتخاب باید حداقل ۳ مقطع در هر ردیف و ۳ مقطع در هر ستون باشد.

تیر تحت بار با حداکثر ضخامت باید در دامنه ضریب مقطع (۰/۲ تا ۱/۰) باشد.

تیر تحت بار با حداقل ضخامت باید در دامنه ضریب مقطع (۰/۲ تا ۰/۸) باشد.

ضریب مقطع و ضخامت واقعی باید از طریق روابط (۱) و (۲) محاسبه شوند.

حوزه ارزیابی به تیرهایی با حداکثر عمق مساوی ۱/۵ برابر عمق تیر تحت بار مورد آزمون محافظت شده با ضخامت مناسب محافظ کننده محدود خواهد بود.

حوزه ارزیابی به ستون‌هایی با حداکثر عمق مساوی ۲ برابر عمق تیر یا ستون تحت بار مورد آزمون و حداکثر ۶۰۰ میلی‌متر محدود خواهد بود.

حداقل کل تعداد مقاطع کوتاه برای تیرها ۱۳ عدد و برای ستون‌ها نیز ۱۳ عدد می‌باشد. در صورتی که سامانه در کمتر از چهار ضخامت مختلف به کار می‌رود، در عمل این ضخامت‌ها آزمون می‌شوند و هر ضخامت در هر ضریب دامنه مقطع ارزیابی خواهد شد.

در صورتی که تنها ستون‌های کوتاه برای ارزیابی تیرها به کار روند، آنگاه باید تیرهای مرجع باید برای هر دو آزمون تیرهای تحت بار حداقل و حداکثر در نظر گرفته شوند.

در صورتی که تنها ستون‌های کوتاه برای ارزیابی تیرها به کار روند، آنگاه حداکثر عمق جان به عمق جان تیر تحت بار به علاوه ۵۰ درصد محدود خواهد بود.

استفاده از مقاطع کوتاه H یا I برای ارزیابی عملکرد مقاطع توخالی باید مطابق با پیوست ٤–الف باشد.

در صورتی که از ارزیابی گرافیکی نقطه به نقطه برای یک خط ضخامت اسمی مشخص استفاده شود، یک مرجع ptp [۱] برای مقاطعی که در جدول ٤–۵ نشان داده شده، به عنوان مقاطع اضافی مورد نیاز هستند که در دامنه‌های ضریب مقطع در هر طرف به عنوان حد واسط هستند.

---

۱- ptp= تیر مرجع

### ٤-٦-٦-٣-٢ مقاطع توخالی

اگر مقاطع توخالی به صورت جداگانه آزمایش و ارزیابی شوند یعنی زمانی که پیوست ٤-الف مورد استفاده قرار نگیرد، آن‌گاه جدول ٤-٦ باید ملاک عمل قرار گیرد.

**جدول ٤-٦- ضرایب دامنه برای مقاطع توخالی**

| ضریب دامنه مقطع ($K_S$) | ضریب دامنه ضخامت ($K_d$) | | |
|---|---|---|---|
| | ($d_{min}$) ۰٫۰ | ۰٫٤ تا ۰٫٦ | ($d_{max}$) ۱٫۰ |
| ۰٫۰ ($s_{min}$) | ✓ | ✓ | |
| ۰٫٤ تا ۰٫٦ | ✓ | | ✓ |
| ۱٫۰ ($s_{max}$) | | ✓ | ✓ |

جدول ٤-٦ برای تیرها و ستون‌های توخالی به صورت جداگانه کاربرد دارد.

همچنین جدول ٤-٦ یک نمونه مثال است: در هر انتخاب باید حداقل ۲ مقطع در هر ردیف و ۲ مقطع در هر ستون باشد.

تیر تحت بار با حداکثر ضخامت باید در دامنه ضریب مقطع (۰٫۵ تا ۱٫۰) باشد.

ستون توخالی تحت بار با حداکثر ضخامت باید در دامنه ضریب مقطع (۰٫۵ تا ۱٫۰) باشد.

ضریب مقطع و ضخامت واقعی باید از طریق معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه شوند.

حداقل تعداد کل مقاطع کوتاه برای تیرها ٦ عدد و برای ستون‌ها نیز ٦ عدد می‌باشد (در مجموع ۱۲ عدد). در صورتی که سامانه در کمتر از سه ضخامت مختلف به کار رود، در عمل این ضخامت‌ها آزمون می‌شوند و هر ضخامت باید در هر ضریب دامنه مقطع مورد آزمون قرار گیرد.

این تعداد کمتر مقاطع نسبت به جدول ٤-٥ ، برای یک ارزیابی محدود یعنی یک ضخامت ثابت محافظت‌کننده برای هر ضریب مقطع بدون هیچ گونه درون‌یابی بین دامنه ضخامت‌های مورد آزمون، مجاز است.

برای ارزیابی کامل همان روش و تعداد مقاطع داده شده در جدول ٤-٥ باید استفاده شود.

حوزه ارزیابی به تیرهایی با حداکثر عمق مساوی ۱٫۵ برابر عمق تیر تحت بار مورد آزمون محافظت شده با ضخامت مناسب محافظت‌کننده محدود خواهد بود.

حوزه ارزیابی به ستون‌هایی با حداکثر عمق مساوی ۲ برابر عمق تیر یا ستون تحت بار مورد آزمون و حداکثر ٦۰۰ میلی‌متر محدود خواهد بود.

برای برخی از دوره‌های مقاومت در برابر آتش، مقطع تحت بار ممکن است ضریب مقطع حداکثر نباشد اما باید با حداکثر ضخامت محافظت شود.

مقادیر واقعی ضریب دامنه می‌تواند از معادله‌های (۱) و (۲) استخراج شوند.

برای ضخامت:

$$d_p=k_d(d_{max}-d_{min})+d_{min} \qquad (۱)$$

که در آن:

$d_p$ ضخامت برای ضریب $K_d$؛

$d_{max}$ حداکثر ضخامت برای ضریب $K_d$ مساوی یک؛

$d_{min}$ حداقل ضخامت برای ضریب $K_d$ مساوی صفر؛

به عنوان مثال: برای دامنه ضخامت از ۱۰mm تا ۵۰mm.

در صورتی که ضریب $K_d$ مساوی ۰٫۵ باشد، ضخامت برابر است با:

$((۵۰-۱۰) \times ۰٫۵) + ۱۰ = ۳۰mm$

برای ضریب مقطع:

$$Sp=k_s(S_{max}-S_{min})+S_{min} \qquad (۲)$$

که در آن:

$S_P$ ضریب مقطع برای ضریب $K_s$؛

$S_{max}$ ضریب مقطع حداکثر برای ضریب $k_s$ مساوی یک؛

$S_{min}$ ضریب مقطع حداقل برای ضریب $k_s$ مساوی صفر؛

به عنوان مثال برای دامنه ضریب مقطع از $۶۰m^{-1}$ تا $۳۰۰m^{-1}$

در صورتی که ضریب $K_s$ مساوی ۰٫۵ باشد، ضریب مقطع برابر است با:

$((۳۰۰-۶۰) \times ۰٫۵)+۶۰ = ۱۸۰m^{-1}$

ضریب مقطع می‌تواند توسط تولیدکننده بر اساس انتخاب پروفیل واقعی مورد آزمون توسط آزمایشگاه، تعیین شود.

آزمونه‌های مورد استفاده باید از جداول پیوست٤- ج انتخاب شوند.

## ٤-۷ نصب آزمونه‌ها

### ٤-۷-۱ تیرهای تحت بار

بر روی تیرها باید قطعات بتنی سبک وزن یا هوادار به کار برده شود که با استفاده از بولت‌هایی با قطر ۱۲mm به تیرها متصل می‌شوند. همان گونه که در شکل‌های ٤-۲،

٤-١١ و ٤-١٢ نشان داده شده، فقط دو وجه کناری و وجه پایینی تیرها در معرض حرارت قرار می‌گیرد. این قطعات بتنی سبک باید دارای مشخصات زیر باشند:

الف) مقادیر عرض از میان تیر باید mm(١٠٠±٦٠٠) باشد؛

ب) ضخامت باید در محدوده (١٥٠ تا ٢٠٠) میلی‌متر باشد؛

پ) حداکثر طول باید ٦٢٥mm باشد؛

ت) چگالی اسمی قطعات بتنی هوادار باید $kg/m^3$ ٥٠٠ باشد؛

ث) چگالی اسمی قطعات بتنی سبک وزن باید $kg/m^3$ ١٥٠٠ باشد؛

ج) باید مابین قطعات بتنی به اندازه کافی فضای خالی وجود داشته باشد تا تیر امکان خم شدن داشته باشد.

باید لایه‌ای از مواد عایق حرارت قابل تراکم مابین قطعات بتنی و سطح بالایی تیر قرار داده شود. این مواد عایق حرارتی باید از نوع کلاس A1 مطابق استاندارد EN 13501-1 بوده و دمای عمل‌کننده آن‌ها باید حداقل ١٠٠٠°C باشد. ضخامت این مواد عایق در حالت غیرمتراکم باید mm(٥±٣٠) بوده و دارای چگالی اسمی $kg/m^3$(٢٥±١٢٥) باشند. عرض این مواد عایق باید برابر با عرض سطح بالایی تیر فولادی باشد (به شکل ٤-٢ مراجعه شود).

هر قطعه از لایه رویی بتنی باید حداقل توسط دو اتصال مهار شود. فضای خالی مابین قطعات بتنی باید توسط پوشش مقاوم در برابر آتش پر شود.

در آغاز آزمایش، زیر لایه رویی بتنی بر روی تیر تحت بار باید اسماً با زیر پوشش سقف مجاور کوره هم‌تراز باشد.

تمهیدات لازم متناسب با شیوه عمل آزمایشگاه باید صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که فضای خالی مابین پوشش نهایی بتنی بر روی تیر تحت بار و سقف مجاور کوره به منظور جلوگیری از فرار گازهای کوره، درزبندی شده است به ویژه زمانی که تیر در حین انجام آزمون تغییر شکل می‌دهد. در هنگام نصب تیرهای تحت بار، باید توجه ویژه‌ای به عایق‌سازی تکیه‌گاه‌های تیر در مقابل تأثیرات حرارتی صورت گیرد.
به علاوه، دو انتهای تیرهای تحت بار خارج از کوره باید عایق‌کاری شوند و همین طور بین وجه زیرین سامانه محافظت‌کننده و دیواره‌های کوره باید فضای کافی تعبیه شود تا از هر گونه تداخلی جلوگیری به عمل آید.

### ٤-۷-۲ تیرهای بدون بار

هر تیر مرجع باید توسط بولت به سطح زیرین قطعات بتنی سقف کوره متشکل از همان بتنی که به عنوان پوشش نهایی تیرهایی تحت بار استفاده شده، نصب شود. سایر مقاطع تیرهای کوتاه باید پوششی از بتن متخلخل داشته باشند. باید یک ورق فولادی مناسب در زیر مهره‌های قفل‌شونده وجود داشته باشد.
هر آزمونه باید به یک لایه مشابه از مصالح عایق حرارتی قابل تراکم در بین سطح زیرین پوشش رویی و بال بالایی تیر مجهز شود همان طور که در زیربند ٤-۷-۱ برای تیرهای تحت بار و شکل ٤-۳ مشخص شده است.
دو انتهای هر تیر باید با یک لایه از مصالح عایق حرارتی صلب یا انعطاف‌پذیر، عایق‌بندی شود، یک نمونه مثال در شکل ٤-۳ ارائه شده است.

### ٤-٧-٣ ستون‌های تحت بار

آزمونه‌های ستونی تحت بار باید مطابق با شکل ٤-٨ و آن‌چه در زیربند ٤-٥-٢-٣ شرح داده شده، نصب شود.

### ٤-٧-٤ ستون‌های بدون بار

ستون‌های کوتاه به دو شیوه می‌توانند نصب شوند: هم می‌توانند به سطح زیرین قطعات بتنی سقف کوره متصل شوند همان طور که در شکل ٤-١٠ نشان داده شده و هم می‌توانند بر روی کف کوره به صورت عمودی (مستقیماً یا بر روی پایه) قرار گیرند.

همان گونه که در زیربند ٤-٧-١ برای تیر تحت بار و شکل ٤-١٢ مشخص شده، مصالح عایق حرارتی کافی باید بین تمامی سطوح در تماس مقاطع فولادی با سقف کوره یا کف کوره یا پایه، به منظور جلوگیری از انتقال حرارت از طریق انتهای مقاطع، استفاده شود.

اندازه محافظت‌کننده انتهایی باید از مجموع کل ابعاد مصالح محافظ در برابر آتش بزرگ‌تر باشد.

### ٤-٧- ٥ الگوهای نصب آزمونه‌ها

برای هر آزمون شامل تیر یا ستون تحت بار، باید به ترتیب یک مقطع معادل تیر یا ستون بدون بار در نظر گرفته شده و در یک زمان در کوره مورد آزمون قرار گیرد، در غیر این صورت به زیربند ٤- ٦-١ مراجعه شود.

برای هر تیر تحت بار، تیر مرجع معادل آن باید به‌صورت موازی با تیر تحت بار و در وسط دهانه آن قرار گیرد.

در صورتی که امکان‌پذیر باشد، هر ستون تحت بار و مقطع ستون مرجع کوتاه بدون بار معادل آن باید هم‌زمان درون کوره نصب شده و با هم مورد آزمون قرار گیرند.

مقاطع باید به گونه‌ای درون کوره قرار گیرند که اطمینان حاصل شود که توسط دیواره‌های کوره یا سایر آزمونه‌ها و موانع دیگر پوشانده نشده‌اند یا تحت تأثیر آن‌ها قرار نمی‌گیرند. حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز، ۳۰۰mm است یا فاصله‌ای برابر با عمق جان اگر عمق تیر بیش از ۳۰۰mm باشد. مقاطع باید به‌گونه‌ای قرار گیرند که تحت تأثیر مستقیم خروجی مشعل‌های کوره قرار نگیرند.

در شکل ٤-۱۰ یک الگوی نصب معمول آزمونه، قابل استفاده در یک کوره ٤ متر در ۳ متر نشان داد شده است.

## ٤-۸ تثبیت شرایط آزمونه‌ها

تمامی آزمونه‌ها، اجزاء آن‌ها و هر نمونه آزمایشگاهی گرفته شده برای تعیین خواص مواد، باید مطابق با استاندارد EN 1363-1 تثبیت شرایط شوند.

## ٤-۹ اجرای ابزاربندی

### ٤-۹-۱ کلیات

ابزاربندی برای اندازه‌گیری دما، فشار کوره، بار اعمال شده و تغییر شکل باید مطابق با الزامات استاندارد EN 1363-1 باشد.

## ٤-۹-۲ ابزاربندی برای اندازه‌گیری و کنترل دمای کوره

### ٤-۹-۲-۱ کلیات

گرماسنج‌های صفحه‌ای از نوع مشخص شده در استاندارد EN 1363-1 باید به منظور اندازه‌گیری و کنترل دمای کوره تعبیه و به صورت یکنواخت مطابق استاندارد EN 1363-1 توزیع شوند تا اطلاعات قابل اعتمادی از دما در محدوده آزمونه‌ها به دست

آید. این گرماسنج‌ها نباید در نقاطی قرار گیرند که به دلیل مانع شدن توسط آزمونه‌ها، قادر به اندازه‌گیری دمای کوره به صورت صحیح نباشند.

این احتمال وجود دارد که مجموعه آزمون‌ها شامل حداقل یک آزمون باشد زمانی که فقط مقاطع کوتاه در نظر گرفته می‌شوند.

### ٤-۹-۲-۲ دمای کوره در منطقه آزمونه‌های تیری تحت بار

دمای کوره در منطقه هر آزمونه تیری تحت بار باید توسط گرماسنج‌های صفحه‌ای که در نقاط $\frac{1}{5}$، $\frac{2}{5}$، $\frac{3}{5}$ و $\frac{4}{5}$ از طول تحت حرارت تیر تحت بار، قرار گرفته و در هر یک از این نقاط، دو گرماسنج صفحه‌ای در هر طرف تیر وجود دارد (کلاً دو عدد در هر نقطه)، اندازه‌گیری شود. همان گونه که در شکل ٤-۱۱ نشان داده شده است، گرماسنج‌های صفحه‌ای باید در فاصله ۵۰۰mm از زیر سقف کوره قرار گیرند.

گرماسنج‌های صفحه‌ای باید به گونه‌ای امتداد داشته باشند که در نصف آن‌ها، وجه A رو به کف کوره و در مابقی، سطح A روبروی دیوار جانبی طولی کوره قرار گیرد. باید توزیع گرماسنج‌ها با امتدادهای مختلف به گونه‌ای باشد که تعداد مساوی رو به کف و دیوار در هر سمت تیر وجود داشته باشد.

### ٤-۹-۲-۳ دمای کوره در منطقه آزمونه‌های ستونی تحت بار

زمانی که تنها یک ستون تحت بار مورد آزمون قرار می‌گیرد، دمای کوره در محدوده مقطع ستون باید توسط دو گرماسنج صفحه‌ای که در دو طرف ستون و در نقاط $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ از ارتفاع ستون و در فاصله ۱۰۰mm از ستون قرار گرفته‌اند، اندازه‌گیری شود.

گرماسنج‌های صفحه‌ای باید به گونه‌ای قرار گیرند که وجه A آن‌ها روبروی دیوارهای جانبی کوره باشد. قسمت‌های عایق شده باید رو به ستون قرار گیرند.

در شروع آزمون، اتصالات داغ این ترموکوپل‌ها باید مطابق استاندارد EN 1363-1 قرار داده شوند.

### ٤-۹-۲-٤ دمای کوره در محدوده آزمونه‌های بدون بار

#### ٤-۹-۲-٤-۱ ستون‌های واقع برروی کف کوره با یا بدون تیر تحت بار

در حالتی که ستون‌های کوتاه به همراه یک تیر تحت بار یا یک ستون تحت بار در درون کوره و بر روی کف کوره قرار می‌گیرند، دمای کوره در محدوده مقطع هر ستون باید توسط یک گرماسنج صفحه‌ای قرار گرفته در هر طرف ستون و در فاصله ۰٫۵ متری از پایه ستون اندازه‌گیری شود و برای کنترل دمای کوره مطابق استاندارد EN 1363-1 استفاده شود. این گرماسنج‌ها باید با در نظر گرفتن مکان و تعداد آزمونه‌ها، تا حد امکان به صورت یکنواخت قرار گیرند.

گرماسنج‌های صفحه‌ای باید به گونه‌ای قرار گیرند که وجه A آن‌ها روبروی دیوارهای جانبی کوره باشد. قسمت‌های عایق شده باید رو به ستون قرار گیرند.

در شروع آزمون، اتصالات داغ این ترموکوپل‌ها باید مطابق استاندارد EN 1363-1 قرار داده شوند.

ستون‌های کوتاه قرار گرفته بر روی پایه با ارتفاع بیش از ۵۰۰mm، معادل ستون‌های متصل به سقف هستند و بنابراین نیازی به استفاده از گرماسنج‌های صفحه‌ای نمی‌باشد.

**٤-۹-۲-٤-۲ مقاطع کوتاه متصل به سقف کوره به همراه یک تیر تحت بار**

زمانی که تیرها یا ستون‌های کوتاه هم‌زمان با یک تیر تحت بار در کوره قرار می‌گیرند و به سقف کوره متصل می‌شوند، دما باید توسط گرماسنج‌های صفحه‌ای قرار گرفته مطابق با زیربند ٤-۹-۲-۲، اندازه‌گیری شود.

**٤-۹-۲-٤-۳ مقاطع کوتاه متصل به سقف کوره بدون یک تیر تحت بار**

این امکان وجود دارد که مجموعه‌ای از آزمون‌ها شامل حداقل یک آزمون باشد که فقط مقاطع کوتاه درون کوره نصب شوند. در این گونه آزمون‌ها، دمای کوره توسط گرماسنج‌های صفحه‌ایی اندازه‌گیری می‌شود که در وضعیتی مشابه با همان وضعیت شرح داده شده در زیربند ٤-۹-۲-۲ که تیر تحت بار هم وجود دارد، قرار می‌گیرند.

## ٤-۹-۳ ابزاربندی برای اندازه‌گیری دمای فولاد

### ٤-۹-۳-۱ کلیات

ترموکوپل مربوط به اندازه‌گیری و ثبت دمای فولاد از مدل و نوع اتصالات ارائه شده در پیوست ٤-پ، باید در ایستگاه‌های اندازه‌گیری مشخص شده در زیر (به

زیربندهای ٤-۹-۳-۲ تا ٤-۹-۳-۵ توجه شود) و در امتدادی که در شکل‌های ٤-٤ تا ٤-۷ نشان داده شده، قرار گیرند:

**٤-۹-۳-۱-۱ مقاطع I یا H**، ترموکوپل‌های مربوط به بال‌ها، باید در میانه فاصله نوک بال و جان قرار گیرند. ترموکوپل‌های مربوط به جان، باید در میانه فاصله بین دو بال قرار گیرند.

**٤- ۹-۳-۱-۲ تیرها و ستون‌های توخالی مستطیلی**، ترموکوپل‌های روی سطوح مناسب باید در میانه فاصله بین دو گوشه مجاور قرار گیرند.

**٤-۹-۳-۱-۳ ستون‌های توخالی با مقطع دایره‌ای**، ترموکوپل‌ها در هر ایستگاه اندازه‌گیری باید به صورت متساوی الفاصله دورتا دور محیط قرار گیرند.

### ٤-۹-۳-۲ تیرهای تحت بار

برای هر تیر تحت بار باید سه ایستگاه اندازه‌گیری در نظر گرفته شود که هر یک شامل پنج ترموکوپل برای مقاطع I و H و سه ترموکوپل برای مقاطع توخالی باشد. این ایستگاه‌ها باید در نقاط $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ از طول در معرض حرارت تیر قرار گیرند.

برای مقاطع I و H، دو ترموکوپل باید بر روی بال پایینی در طرفین جان به صورت یک در میان در فاصله ۲۵۰mm از ایستگاه اندازه‌گیری مرکزی نصب شود. برای تیرهای توخالی، این ترموکوپل‌های اضافی باید بر روی وجه پایینی قرار گردند.

نقاط اندازه‌گیری دما باید از نقاط بارگذاری حداقل ۱۵۰mm فاصله داشته باشند و همچنین فاصله آن‌ها تا محل سخت‌کننده‌های جان نباید کمتر از ۱۵۰mm باشد.

ترموکوپل‌های مربوط به جان باید بر روی دو طرف جان به صورت یک در میان واقع شوند.

### ٤-۹-۳-۳ تیرهای بدون بار

به ازای هر تیر بدون بار باید سه ایستگاه اندازه‌گیری در نقاط $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{2}$ و $\frac{2}{3}$ از طول تیر در نظر گرفته شود که هر یک شامل سه ترموکوپل باشد. ترموکوپل‌های

مربوط به بال‌ها و جان باید به صورت یک در میان در طرفین وجه برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری مجاور قرار گیرند.

به طور مشابه، برای مقاطع توخالی نیز ترموکوپل‌ها باید در ایستگاه‌های اندازه‌گیری مشابه و در مرکز هر وجه قرار گیرند.

### ٤-۹-۳-٤ ستون‌های تحت بار

برای هر ستون تحت بار باید یک ایستگاه اندازه‌گیری شامل پنج ترموکوپل در نظر گرفته شود که در فاصله ۲۰۰mm از بالای ستون و همچنین در نقاط $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$ از طول در معرض حرارت ستون قرار گیرند.

ترموکوپل‌های واقع بر جان ستون باید به صورت یک در میان در دو طرف جان قرار گیرند.

به طور مشابه، برای مقاطع تو خالی نیز ترموکوپل‌ها باید در ایستگاه‌های اندازه‌گیری مشابه و در وسط هر وجه قرار گیرند.

### ٤-۹-۳-٥ ستون‌های کوتاه بدون بار

برای هر ستون کوتاه با مقطع I یا H یک ایستگاه اندازه‌گیری شامل پنج ترموکوپل در فاصله ۲۰۰mm از بالای ستون و همچنین یک ایستگاه اندازه‌گیری شامل ٤ ترموکوپل واقع در میانه ارتفاع ستون در نظر گرفته شود. برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری مجاور در مقاطع I یا H، ترموکوپل‌های واقع بر جان و بال‌ها باید به صورت یک در میان در طرفین وجه قرار گیرند.

برای ستون‌ها با مقطع توخالی، در هر ایستگاه اندازه‌گیری، ٤ ترموکوپل در نظر گرفته شود.

## ٤-۹-٤ ابزاربندی برای اندازه‌گیری فشار

تجهیزات اندازه‌گیری فشار درون کوره باید مطابق استاندارد EN 1363-1، فراهم، نصب و استفاده شوند.

## ٤-۹-٥ ابزاربندی برای اندازه‌گیری تغییر شکل

تغییر شکل قائم در وسط دهانه نسبت به تکیه‌گاه‌ها برای تیرهای تحت بار و تغییر شکل محوری برای ستون‌های فولادی تحت بار، باید مطابق استاندارد EN 1363-1 اندازه‌گیری شود.

## ٤-۹-٦ ابزاربندی برای اندازه‌گیری بار

ابزاربندی برای اندازه‌گیری بار اعمال شده باید مطابق استاندارد EN 1363-1، فراهم و استفاده شود.

## ٤-١٠ روش اجرای آزمون

### ٤-١٠-١ کلیات

تعداد مقاطع موردنیاز تحت بار و بدون بار تشکیل دهنده‌ی بسته آزمون را متناسب با حوزه ارزیابی شرح داده شده در بند ٤-٦ فراهم کنید.

با توجه به ظرفیت کوره و معیارهای بند ٤-٧، این مقاطع را در چندین آزمون دسته‌بندی کنید.

مطابقت ترموکوپل‌های به‌کار رفته و نقاط جمع‌آوری داده‌های دمایی استاندارد EN 1363-1 را، قبل از شروع آزمون و مراحل شرح داده شده در زیربندهای٤ -١٠-٢ تا ٤-١٠-٧ بررسی کنید.

### ٤-١٠-٢ دما و فشار کوره

اندازه‌گیری و ثبت دمای کوره در ناحیه آزمون با استفاده از دماسنج‌های صفحه‌ای در زیربند ٤-٩-٢-١ شرح داده شده است و اندازه‌گیری فشار کوره باید مطابق استاندارد EN 1363-1 انجام گیرد.

محل قرارگیری دماسنج‌های صفحه‌ای که برای کنترل دمای کوره به‌کار می‌روند، بستگی به آزمونه‌های به‌کار رفته درون کوره دارد.

دماسنج های صفحه‌ای که در زیربندهای ٤-٩-٢-٢ تا ٤-٩-٢-٤ شرح داده شده‌اند، برای کنترل کوره مطابق استاندارد بین‌المللی EN 1363-1 استفاده خواهند شد.

## ٤-۱۰-۳ بارگذاری و کنترل آن

### ٤-۱۰-۳-۱ تیرهای تحت بار

مطابق با مراحل استاندارد EN 1363-1، بار ثابتی با شدت معادل آن‌چه در زیربند ٤-۵-۳ آمده است، در طول مدت آزمون به تیر مورد نظر برای بارگذاری اعمال کنید و زمانی که تغییر شکل به $L_{sup}/30$ رسید یا زمانی که شدت خیز از آن‌چه در استاندارد EN 1363-1 آورده شده بیشتر شد، بارگذاری باید متوقف گردد.

$L_{sup}/30$ باید در محدوده دمایی ۵۰۰°C تا ٦۰۰°C به‌دست آید در صورتی‌که این مقدار تغییر شکل تا دمای ۵۷۵°C ایجاد نشود بارگذاری باید به‌تدریج و با دقت افزایش یابد تا به $L_{sup}/30$ برسد. دمایی که بدین منظور ملاک عمل می‌باشد دمای بال پایین می‌باشد.

در صورت استفاده از ورق‌های محافظت‌کننده، این امکان وجود دارد که اعمال بار لازم بر روی تیری که از قبل توسط این نوع از محافظت‌کننده‌ها پوشانده شده است، منجر به شکستن مواد محافظت‌کننده شود. بنابراین، تا ۵۰٪ از بار مورد نیاز برای آزمون باید قبل از نصب مواد محافظت‌کننده، به تیر وارد شود.

در حالت ضخامت حداکثر، L/30 تیر تحت بار باید تا حدود ۸۵٪ حداکثر دوره زمانی مقاومت در برابر آتش در محدوده ارزیابی مورد نظر برسد.

### ٤-۱۰-۳-۲ ستون‌های تحت بار

برای آزمون یک ستون تحت بار، بار ثابتی با بزرگی معادل آن‌چه که در زیربند ٤-۵-۳ آمده است، در طول مدت آزمون به ستون مورد نظر برای بارگذاری وارد کنید تا به

نقطه حداکثر تغییر طول برسد و در صورتی که بارگذاری حذف شود، ستون به ارتفاع اولیه‌اش برگردد.

در حالت استفاده از ضخامت حداکثر برای ستون تحت بار ، این ستون باید تا حدود ۸۵٪ از حداکثر دوره زمانی مقاومت در برابر آتش در محدوده ارزیابی مورد نظر برسد.

## ٤-١٠-٤ دمای قطعات فولادی

دمای مقاطع تحت بار و بدون بار را توسط ترموکوپل‌های متصل شده به قطعات فولادی مطابق آن‌چه که در زیربند ٤-٩-٣ شرح داده شده، در دوره‌های زمانی حداکثر یک دقیقه اندازه‌گیری و ثبت کنید.

## ٤-١٠-٥ خیز

قبل از وارد کردن بار آزمون، نقطه خیز اولیه را نسبت به تکیه گاه ها تعیین کنید. سپس با استفاده از روش استاندارد EN 1363-1، بار آزمون را اعمال کنید، نقطه صفر تغییر شکل را اندازه‌گیری و خیز تیر فولادی تحت بار و انقباض محوری ستون فولادی تحت بار (در صورت استفاده) را به صورت مداوم در طول مدت انجام آزمون در دوره‌های زمانی حداکثر یک دقیقه پایش کنید.

### ٤-١٠-٦ مشاهدات

رفتار کلی هر یک از آزمونه‌ها را در طول مدت آزمون پایش کنید و وقوع ترک‌ها، شکاف‌ها، ورقه ورقه شدن یا جدا شدن ماده محافظ در برابر آتش و سایر پدیده‌های مشابه شرح داده شده در استاندارد EN 1363-1 را ثبت کنید.

### ٤-١٠-٧ پایان آزمون

تمامی آزمون‌ها باید اطلاعات دمایی تا حداکثر دمای مورد نیاز برای حوزه ارزیابی را فراهم کنند.

برای آزمون‌های شامل آزمونه‌های تحت بار، ممکن است لازم باشد تا پس از زمانی که بار آزمون برداشته می‌شود، آزمون ادامه یابد تا زمانی که میانگین دمای ثبت شده برای تمامی مقاطع فولادی از دمای حداکثر بیشتر شود و طول مدت انجام آزمون از حداکثر دوره زمانی مورد نیاز متقاضی دریافت تأییدیه بیشتر شود. در غیر این صورت، با وقوع یک یا چند دلیل از دلایلی که در استاندارد EN 1363-1 شرح داده شده است، آزمون را پایان دهید.

## ٤-١١ بیان نتایج

### ٤-١١-١ قابل قبول بودن نتایج

این امکان وجود دارد که در هر بسته آزمون نتایج نادرستی به دلایل غیر عمد در اثر خرابی ترموکوپل‌ها یا نصب نادرست آزمونه به‌دست آید. در صورتی‌که نتایج نامعتبر باشد، آزمایشگاه باید با مشورت متقاضی آزمون و با به‌کارگیری قوانین زیر نتایج را تنظیم کند:

### ٤-١١-١-١ تیرهای تحت بار با مقاطع I یا H

- از ٦ ترموکوپل واقع بر بال بالا، حداقل ٤ نتیجه باید معتبر باشد؛
- از ۳ ترموکوپل واقع بر جان، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد؛
- از ۸ ترموکوپل واقع بر بال پایین، حداقل ٦ نتیجه باید معتبر باشد.

### ٤-١١-١-٢ تیرهای بدون بار با مقاطع I یا H

- از ۳ ترموکوپل واقع بر بال بالا، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد؛
- از ۳ ترموکوپل واقع بر جان، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد؛
- از ۳ ترموکوپل واقع بر بال پایین، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد.

### ٤-١١-١-٣ ستون‌های تحت بار با مقاطع I یا H

- از ۱۵ ترموکوپل واقع بر ستون حداقل ۹ نتیجه باید معتبر باشد، با حداقل ۳ نتیجه معتبر در هر ایستگاه اندازه‌گیری دما.

### ٤-١١-١-٤ ستون‌های بدون بار با مقاطع I یا H

- از ۳ ترموکوپل بر روی هر بال، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد؛
- از ۳ ترموکوپل بر روی جان، حداقل ۲ نتیجه باید معتبر باشد.

### ٤-١١-١-٥ تیرهای توخالی تحت بار

- از ۱۱ ترموکوپل واقع بر تیر حداقل ۹ نتیجه باید معتبر باشد، با حداقل ۲ نتیجه معتبر در هر ایستگاه اندازه‌گیری دما

### ٤-١١-١-٦ تیرهای توخالی بدون بار

- از ۹ ترموکوپل واقع بر تیر حداقل ۷ نتیجه باید معتبر باشد، با حداقل ۲ نتیجه معتبر در هر ایستگاه اندازه‌گیری دما.

### ٤-١١-١-٧ ستون‌های توخالی تحت بار

- از ۱۲ ترموکوپل واقع بر ستون حداقل ۹ نتیجه باید معتبر باشد، با حداقل ۳ نتیجه معتبر در هر ایستگاه اندازه‌گیری دما.

### ٤-١١-١-٨ ستون‌های توخالی بدون بار

- از ۸ ترموکوپل واقع بر ستون حداقل ۹ نتیجه باید معتبر باشد، با حداقل ۲ نتیجه معتبر در هر ایستگاه اندازه‌گیری دما.

## ٤-١١-٢ بیان نتایج

موارد زیر باید در گزارش آزمون آورده شود:

الف) نتایج اندازه‌گیری ابعاد و خواص واقعی مواد به خصوص ضخامت، چگالی و رطوبت مواد تشکیل‌دهنده محصول محافظ در برابر آتش به همراه مقادیری که در ارزیابی، مطابق زیربند ٤-٦-٥ استفاده شده‌است؛

ب) نتایج جداگانه از تمامی اندازه‌گیری‌های انجام شده از دمای کوره و متوسط تمامی اندازه‌گیری‌های جداگانهٔ انجام شده ازدمای کوره، مطابق با آن‌چه در استاندارد EN 1363-1شرح داده شده است، شکل منحنی‌ها و مقایسه با الزامات و رواداری‌های مشخص شده در استاندارد EN 1363-1 ارائه شود؛

پ) نتایج جداگانه از تمامی اندازه‌گیری‌های انجام شده از فشار کوره و متوسط تمامی اندازه‌گیری‌های جداگانه‌ی انجام شده از فشار کوره، مطابق با آن‌چه در استاندارد EN 1363-1شرح داده شده است، شکل منحنی‌ها و مقایسه با الزامات و رواداری‌های مشخص شده در استاندارد EN 1363-1 ارائه شود؛

ت) نتایج جداگانه و دمای متوسط فولاد از هر یک از بال‌ها، متوسط جان و متوسط کلی تعیین شده در زیربند ٤-٣-١-١٢ و تمامی نتایج جداگانه از تمامی ترموکوپل‌های اندازه‌گیری دمای فولاد در مکان‌هایی که در زیربند ٤-٩-٣ آمده است، تمام آن‌ها

به‌صورت گرافیکی ارائه شود. گواهی انطباق با معیارهای اعتبار در زیربند ٤-١١-١ نیز باید گزارش شود؛

ث) اندازه‌گیری‌های مربوط به خیز برای تیرهای تحت بار که در زیربند ٤-١٠-٥ مشخص شده‌است و تمام آن‌ها به‌صورت گرافیکی ارائه شود. در صورت حذف بار مطابق با زیربند ٤-١٠-٣-١، زمانی‌که در آن بار برداشته شده است, ارائه شود.

ج) نتایج جداگانه از اندازه‌گیری انقباض محوری برای ستون‌های تحت بار مطابق با زیربند ٤-١٠-٥ و تمام آن‌ها به‌صورت گرافیکی ارائه شود. در صورتی‌که بار برداشته شود مطابق با زیربند ٤-١٠-٣-١، زمانی‌که در آن بار برداشته شده است، ارائه شود.

چ) مشاهدات انجام شده و زمان‌های مربوط به آن‌ها باید گزارش داده شوند

نتایج بندهای (ب) تا (ج) می تواند به عنوان منتخبی از داده های اندازه‌گیری شده که به منظور بیان سابقه‌ای از عملکرد آزمونه مطابق استاندارد EN1363-1 کافی است، ارائه شوند.

همچنین امکان دارد که نتایج بندهای (ب) تا (ج) در قالب جداول آماده و چاپ یا به صورت اطلاعات کامپیوتری ارائه شوند که در این‌صورت باید برای جلوگیری از تغییر یافتن، با فرمتی که تنها قابل خواندن باشد، تهیه گردند. فقط اطلاعاتی که در فایل‌های آزمایشگاه نگهداری می‌شوند باید در ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

## ٤-١٢ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

«این گزارش، جزئیات ساختاری، شرایط آزمون، نتایج کسب شده و داده‌های حاصل از درون‌یابی[1] ، به دست آمده برای یک سامانه مشخص محافظت در برابر آتش شرح داده شده در این سند را ارائه می‌کند که مطابق با روش استاندارد EN 1363-4 مورد آزمون قرار گرفته است. هرگونه انحراف در ضخامت و چگالی ماده محافظ در برابر آتش و جزئیات ساختاری، بارها، تنش‌ها، وضعیت دو انتها و لبه‌ها مگر آن‌هایی که تحت حوزه کاربرد مجاز شمرده شده است، می‌تواند منجر به نامعتبر شدن نتایج آزمون شود.»

علاوه بر مواردی که در استاندارد EN1363-1 مشخص شده، موارد زیر نیز باید در گزارش آزمون ارایه شود:

- شرح کلی و جزئیات دقیق سامانه محافظت در برابر آتش؛
- نام تولیدکننده محصول یا محصولات و نام تولیدکننده یا تولیدکنندگان ساختار؛

---

1- Interpolated data

– جزئیات کاملی از آزمونه در برگیرندهٔ جزئیات آماده‌سازی و نصب شامل آماده‌سازی سطوح، روش اجرا، تعداد لایه‌ها؛
– شرح ساختار آزمون، شرح تثبیت ساختار آزمون و نصب آزمونه درون کوره آزمون؛
– ارائه گرافیکی از نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده حین آزمون با استفاده از وسایل اندازه‌گیری شرح داده شده در زیربند ٤-١١-٢ (الف تا ج) (یا با هر قالب اختیاری) که طبق زیربند ٤-١١-٢ لازم است.
– در صورت امکان، شرحی از رفتارهای مهم آزمونه که حین انجام آزمون مشاهده شده، شامل زمان و میزان جداشدگیِ ماده محافظ در برابر آتش؛

– بزرگی بار وارد شده بر هر آزمونه به عنوان تابعی از زمان و در صورت حذف بار (تیرها و ستون‌های تحت بار)، زمان رخداد آن ثبت شود؛
– برمبنای زیربند ٤-١٠-٧ از این روش آزمون، دلایل پایان دادن آزمون و زمانی که طی شده تا آزمون به پایان برسد.
– جزئیات محاسبه‌های به‌کار رفته در تعیین بار آزمون.

## ٤-١٣ارزیابی

### ٤-١٣-١ کلیات

داده‌های دمایی به‌دست آمده از مقاطع تحت بار و بدون بار به عنوان مبنایی برای مرتبط ساختن زمان به منظور رسیدن به دمای مشخصی از فولاد، ضخامت ماده محافظ در برابر آتش و ضریب مقطع، استفاده می‌شود. در صورتی که عملکرد در حداقل و حداکثر ضخامت از ماده محافظ برای ستون تحت بار، کمتر از مقطع مرجع

کوتاه معادل آن است، زمان برای رسیدن به دمای طراحی مطابق با پیوست ٤-ت تصحیح می‌شود.

ضریب مقطع و ضخامت ماده به‌کار رفته برای مقاطع مرجع باید تا ٪(۱۰±) از مقاطع تحت بار معادل آنان باشد. آنالیز داده‌ها باید بر مبنای ارزیابی داده‌های آزمون صورت گیرد؛ در صورتی‌که عملکرد پیش‌بینی شده، معیارهای قابل قبول که در زیربند ٤-۱۳-۵ شرح داده شده را برآورده کند و به صورت کامل در گزارش ارزیابی شرح داده شود.

روش آنالیز باید از روش‌هایی که در پیوست ٤-ث شرح داده شده است انتخاب شود. انتخاب مناسب‌ترین روش برای برقراری بهترین ارتباط مابین عملکرد پیش‌بینی شده و داده‌های آزمون بر عهدهٔ آزمایشگاه مسئول انجام آزمون با مشورت با تولیدکننده است.

برای کل دامنه ارزیابی داده‌ها از آزمون یک محصول تنها باید از یک روش استفاده شود یعنی این‌که نباید برای ارزیابی قسمت‌های مختلف داده‌های آزمون، از روش‌های مختلف استفاده نمود.

این سند، بسته‌های آزمونی را تعریف می‌کند که برای دامنه ارزیابی تعیین شده مطابق با اصول بند ٤-٦ مناسب است.

### ٤-۱۳-۲ داده‌های دمایی

دمای فولاد به منظور ارزیابی باید برابر با دمای متوسط کل هر مقطع که مطابق با زیربند ٤-۳-۱-۱۲ محاسبه شده، در نظر گرفته شود.

### ٤-١٣-٣ تصحیحِ اختلاف در عملکرد عایق و چسبندگی در محدوده ضخامت مورد آزمون

ضرایب تصحیح باید برای دامنه ضخامت مورد آزمون مطابق با پیوست ٤-ت تعیین گردد برای تصحیح زمان به منظور دستیابی به دمای طراحی برای تمامی مقاطع کوتاه، روش درونیابی خطی به‌کار می‌رود.

دمای مشخصه فولاد که مطابق با زیربند ٤-٣-١-١١ تعیین شده است، باید برای تعیین ضرایب تصحیح به‌کار رود.

### ٤-١٣-٤ روش‌های ارزیابی برای عملکرد حرارتی

ارزیابی عملکرد حرارتی باید برمبنای زمان‌های تصحیح شده به منظور رسیدن به دمای طراحی هر مقطع کوتاه انجام شود و باید معیارهای پذیرش و به‌ترتیب، محدودیت‌های شرح داده شده در زیربند ٤-١٣-٥ و بند ٤-١٥ را برآورده سازد.

حداقل تعداد مقاطع کوتاه مطابق با بند٤- ٦ باید مورد آزمون قرار گیرد. در صورتی‌که نقاط داده‌های بیشتری مورد نیاز باشد، آزمونه‌های اضافی باید آزمون شوند.

### ٤-١٣-٥ پذیرش روش ارزیابی مورد استفاده و آنالیز نتایج- معیارهای پذیرش

پذیرش آنالیز در دامنه دمای مقطع فولاد (تعریف شده در زیربند ٤- ١٠-٧ یا توسط متقاضی آزمون) و در طول مدت آزمون باید تا دمای حداکثر مورد آزمون بر مبنای موارد زیر بررسی شود:

الف) برای هر مقطع کوتاه، زمان پیش‌بینی شده به دقیقه به منظور رسیدن به دمای طراحی محاسبه شده با یک رقم اعشار، از ۱۵٪ زمان تصحیح شده بیشتر باشد؛

ب) میانگین همه اختلاف درصدهای محاسبه شده در بند الف، باید کمتر از صفر باشد؛

پ) حداکثر ۳۰٪ مقادیر منفرد از همه اختلاف درصدها که در بند الف محاسبه شده، باید بیشتر از صفر باشد؛

ت) نتایج آنالیز که معیارهای (الف تا پ) را برآورده می‌سازند همچنین باید مطابق با قوانین زیر که سایر پارامترهارا ثابت نگه می‌دارد، باشد:

- ضخامت ماده محافظ در برابر آتش با افزیش زمان مقاومت در برابر آتش، افزایش یابد؛
- با افزایش ضریب مقطع، زمان مقاومت در برابر آتش کاهش یابد؛
- با افزایش زمان مقاومت در برابر آتش، دما افزایش یابد؛
- با افزایش ضخامت ، دما کاهش یابد؛
- با افزایش ضریب مقطع، دما افزایش یابد؛
- با افزایش ضریب مقطع، ضخامت افزایش یابد.

معیارهای پذیرش باید به صورت جداگانه برای تمامی دماهای طراحی درون حوزه ارزیابی در هر $50^{o}C$، شروع در $50^{o}C$ زیر حداقل دما درون حوزه یا $350^{o}C$ هرکدام که بالاتر است تا حداکثر دما درون حوزه به‌کارگرفته شود. در هر حوزه ارزیابی، حداقل باید سه گام دمایی $50^{o}C$ وجود داشته باشد.

به منظور برآورده شدن معیارهای پذیرش، باید در آنالیزها اصلاحاتی انجام شود.

## ٤-١٤ گزارش ارزیابی

گزارش ارزیابی باید شامل موارد زیر باشد:

– نام و نشانی مرجع ارزیابی کننده و تاریخی که ارزیابی انجام شده است. نام و نشانی آزمایشگاه مسئول انجام آزمون، مرجع انجام آزمون و شماره / شماره‌های گزارش نیز باید آورده شود؛

– نام / نام‌ها و نشانی / نشانی‌های متقاضی / متقاضیان؛

– توصیف کلی محصول یا محصولات، به خصوص سامانه محافظ در برابر آتش و هر گونه اجزای تشکیل‌دهنده (اگر معلوم باشد). در صورت معلوم نبودن، این موضوع باید قید شود؛

– توصیف کلی آزمونه‌های تشکیل‌دهنده مبنای ارزیابی شامل ابعاد اندازه‌گیری شده آن‌ها؛

– دلیل حذف هرگونه داده به‌دست آمده از آزمون؛

– توصیف کلی آزمونه‌های تشکیل‌دهنده مبنای ارزیابی شامل ابعاد آن‌ها، ترکیبات و مشخصات اندازه‌گیری شده اجزاء که مطابق زیربند ٤-٦-٥، ضروری بوده و روش تعیین آن‌ها؛

– روش ارزیابی استفاده شده؛

– دمای متوسط فولاد، استفاده شده در آنالیزها مطابق با زیربند ٤-١٣-٢؛

– زمان‌های تصحیح شده استفاده شده در آنالیزها، تعیین شده مطابق با پیوست ٤-ت؛

– مقادیر تمامی داده‌های حرارتی که در روش ارزیابی انتخابی، باید محاسبه شوند؛
– برای تمام روش‌های آنالیز، قابلیت روش انتخابی برای تأمین معیارهای پذیرش مشخص شده در زیربند ٤-۱۳-۵، کنترل شود؛
– آنالیز حرارتی باید مجموعه‌ای از جداول و اشکال گرافیکی مربوط به دوره‌های مقاومت در برابر آتش مناسب با عملکرد ماده محافظت‌کننده را تولید کند. هر جدول یا نمایش گرافیکی باید حداقل ضخامت ماده محافظ در برابر آتش مورد نیاز برای تأمین دمای طراحی را نشان دهد. مثالی از ارائه نتایج به فرمت جدول، در جدول ۱ نشان داده شده است. هر نوع ارائه دیگری از اطلاعات که توسط متقاضی به منظور برآوردن نیازهای محلی و برای محدوده‌های مختلف دمای طراحی و فواصل ضرایب مقطع، تعیین شده، می‌تواند مد نظر قرار گیرد. در هر صورت، ارائه درون‌یابی تنها برای حداکثر دامنه $50^{o}C$ و $10m^{-1}$ مجاز خواهد بود؛
– همچنین حدود کاربرد مستقیم روش ارزیابی به خصوص در ارتباط با محدوده ضرایب مقطع، دماهای طراحی، ضخامت‌ها، دوره‌های زمانی، محافظت سه یا چهار طرفه و غیره، باید در گزارش قید شود؛
– جداول مربوط به زمان‌های پیش‌بینی شده و تصحیح شده باید در گزارش آورده شود.

## ٤-۱۵ محدوده‌های کاربرد نتایج ارزیابی

نتایج به دست آمده از این روش آزمون و روش‌های ارزیابی آن، قابل کاربرد برای سامانه محافظ در برابر آتش در محدوده ضخامت ماده محافظ در برابر آتش و ضریب مقطع $A_m/V$ آزمون شده و حداکثر دماهای بدست آمده در حین آزمون، می‌باشد.

به منظور آن که ارزیابی برای هر دوره مقاومت در برابر آتش، معتبر باشد، مقاطع تحت بار محافظت شده با حداکثر ضخامت باید به عملکرد ظرفیت باربری تعریف شده در زیربندهای ٤-١٠-٣-١ و ٤-١٠-٣-٢ در محدوده ٨٥٪ این دوره، برسند.
نتایج آنالیز ستون‌ها می‌تواند برای تیرهای در معرض حرارت از چهار طرف تا حداکثر ضخامت ماده محافظ در برابر آتش بدست آمده از آزمون تیر تحت بار مربوطه، نیز به کار رود. دوره مقاومت در برابر آتش نتیجه شده از آزمون و ارزیابی، به حداکثر دوره زمانی آزمون یا دوره زمانی کوتاه‌تر مد نظر متقاضی اخذ تأییدیه، محدود می‌شود.
نتایج ارزیابی برای سایر انواع فولاد غیر از نوع مورد آزمون که در استاندارد EN10025-1 ارائه شده و در زیربند ٤-٦-١ مشخص شده، با محدودیت‌های ذکر

شده در آن‌جا، قابل کاربرد است. امکان استفاده از نتایج ارزیابی برای مقاطع ساخته شده از ورق نیز وجود دارد.
حداکثر عمق جان تیر به عمق جان تیر تحت بار به علاوه ۵۰٪، باید محدود شود.
حداکثر عمق ستون (h)، باید به عمق تیر یا ستون تحت بار به علاوه ۱۰۰٪، محدود شود. همچنین حداکثر عمق مجاز برای سامانه‌های محافظ در برابر آتش جعبه‌ای، ٦٠٠mm می‌باشد. ارزیابی برای روش اجرای به کار رفته در آماده‌سازی آزمونه‌ها، قابل استفاده می‌باشد.
فاصله تخته‌ها / صفحه‌ها در سامانه محافظ در برابر آتش از اعضای فولادی باید طبق موارد زیر باشد:
- فاصله مورد آزمون: از ۵mm- تا ۵۰mm+ بدون تغییر در اتصالات؛

– روش نصب ورق‌ها (صفحات) به روش انتخاب شده برای آزمونه‌ها محدود می‌شود، از آن‌جا که این روش نصب، ممکن است برای سایر موقعیت‌ها مناسب نباشد. مناسب بودن سامانه اتصال آزمون شده برای سایر موقعیت‌های مختلف باید به وسیله ارزیابی مناسب، ثابت شود؛

– برای اندودهای اجرا شده بر روی مقاطع بزرگ خارج از حوزه ارزیابی، ممکن است استفاده از مش مسلح‌کننده ضروری باشد. ارزیابی باید عوامل مختلفی شامل موارد زیر را در بر بگیرد:

الف) موقعیت – روش‌های نصب ممکن است بین ستون‌ها و تیرها متفاوت باشد؛

ب) شکل – روش‌های نصب ممکن است برای مقاطع با شکل‌های مختلف، متفاوت باشد، به عنوان مثال، مقاطع دایره‌ای یا مستطیلی یا ناودانی‌ها و مقاطع T شکل؛

پ) بارگذاری – بارهای فشاری و خمشی ممکن است تأثیرات مختلفی بر روی سامانه نصب داشته باشند؛

ت) تعداد لایه‌ها – ممکن است عملکرد یک سامانه چند لایه با عملکرد یک سامانه تک لایه با همان ضخامت، متفاوت باشد؛

ث) عمق جان – برای مقاطع با عمق جان بزرگ، ممکن است به یک سامانه تکیه‌گاهی متفاوت نیاز باشد؛

آزمون‌ها ممکن است به هر یک یا تمامی موارد بالا محدود باشد اما حوزه ارزیابی بر همان اساس، محدود خواهد شد؛

تعمیم اسمی فقط خارج محدوده متغیرهای ارزیابی شده در طی آزمون، مجاز می‌باشد. تمامی تعمیم‌های مجاز باید هم‌زمان و مطابق با آن‌چه در ادامه آمده، اعمال شوند:

### ٤-١٥-١ ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده برای تیرها

حداکثر ضخامت مجاز برای پوشش محافظت‌کننده: تا ۵٪ بیشتر از حداکثر ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی یک تیر تحت بار آزمون شده.

حداقل ضخامت مجاز برای پوشش محافظت‌کننده: تا ۵٪ کمتر از حداقل ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی یک تیر تحت بار آزمون شده.

### ٤-١٥-٢ ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده برای ستون‌ها

حداکثر ضخامت مجاز برای پوشش محافظت‌کننده: تا ۵٪ بیشتر از حداکثر ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی یک ستون تحت بار آزمون شده. در صورتی که ستون تحت باری مورد آزمون قرار نگرفته باشد و تنها تیرهای تحت بار آزمون

شده باشند، حداکثر ضخامت مجاز، ضخامت پوشش محافظ تیر تحت بار در نظر گرفته خواهد شد.

حداقل ضخامت مجاز برای پوشش محافظت‌کننده: تا ۵٪ کمتر از حداقل ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی یک ستون تحت بار آزمون شده در صورتی که چنین آزمونی انجام شده باشد. در غیر این صورت، حداقل ضخامت مجاز، به حداقل ضخامت اجرا شده بر روی ستون کوتاه‌های بدون بار، محدود خواهد شد.

### ٤-١٥-٣ ضریب مقطع مجاز برای تیرها

حداکثر ضریب مقطع مجاز: تا ۱۰٪ بیشتر از حداکثر ضریب مقطع برای هر مقطع آزمون شده؛

حداقل ضریب مقطع مجاز: تا ۱۰٪ کمتر از حداقل ضریب مقطع برای هر مقطع تیر مورد آزمون دارای حداقل ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده. برای ضرایب مقطع کمتر از حداقل مقدار تعمیم یافته، همان ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی حداقل ضریب مقطع تعمیم یافته، باید به کار گرفته شود.

در صورتی که فقط ستون‌ها مورد آزمون قرار گرفته‌اند، حداقل تعمیم مجاز برای ضرایب مقطع، بر مبنای حداقل ضریب مقطع هر مقطع آزمون شده می‌باشد.

## ٤-۱۵-٤ضریب مقطع مجاز برای ستون‌ها

حداکثر ضریب مقطع مجاز: تا ۱۰٪ بیشتر از حداکثر ضریب مقطع برای هر مقطع ستون آزمون شده؛

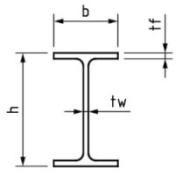
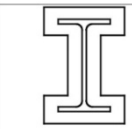
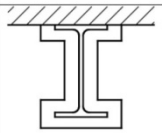
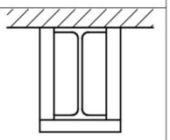
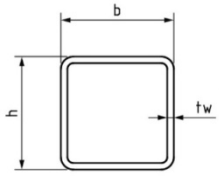
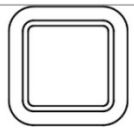
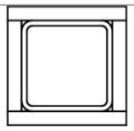
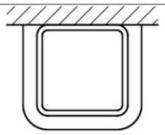
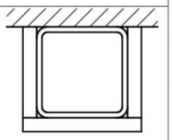
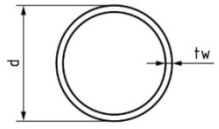
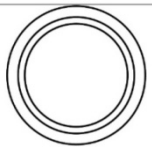
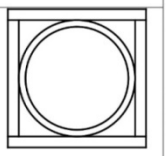
حداقل ضریب مقطع مجاز: تا ۱۰٪ کمتر از حداقل ضریب مقطع برای هر مقطع ستون مورد آزمون دارای حداقل ضخامت مجاز پوشش محافظت‌کننده. برای ضرایب مقطع کمتر از حداقل مقدار تعمیم یافته، همان ضخامت پوشش محافظت‌کننده اجرا شده بر روی حداقل ضریب مقطع تعمیم یافته، باید به کار گرفته شود.

نتایج ارزیابی برای مقاطع ساخته شده از ورق نیز قابل استفاده می‌باشند.

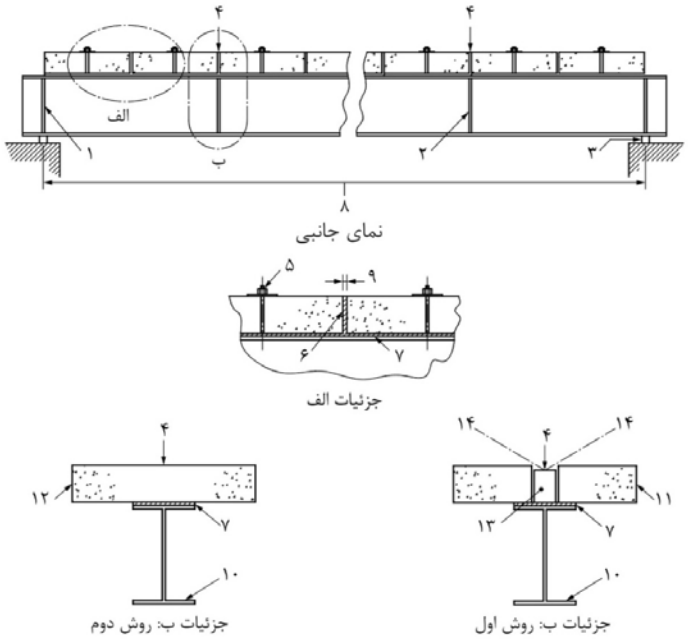
**جدول٤-۷- مثالی از ارائه نتایج به صورت جدول**

| دوره مقاومت در برابر آتش - ۳۰ دقیقه | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دمای طراحی | ۳۵۰ | ٤۰۰ | ٤۵۰ | ۵۰۰ | ۵۵۰ | ٦۰۰ | ٦۵۰ | ۷۰۰ |
| ضریب مقطع $m^{-1}$ | ضخامت ماده محافظ در برابر آتش به منظور حفظ دمای فولاد زیر دمای طراحی | | | | | | | |
| ٤۰ | | | | | | | | |
| ۵۰ | | | | | | | | |
| ٦۰ | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۷۰ | | | | | | | |
| ۸۰ | | | | | | | |
| ۹۰ | | | | | | | |
| ۱۰۰ | | | | | | | |
| ۱۱۰ | | | | | | | |
| ۱۲۰ | | | | | | | |
| ۱۳۰ | | | | | | | |
| ۱٤۰ | | | | | | | |
| ۱۵۰ | | | | | | | |
| ۱٦۰ | | | | | | | |
| ۱۷۰ | | | | | | | |
| ۱۸۰ | | | | | | | |
| ۱۹۰ | | | | | | | |
| ۲۰۰ | | | | | | | |
| ۲۱۰ | | | | | | | |
| ۲۲۰ | | | | | | | |
| ۲۳۰ | | | | | | | |
| ۲٤۰ | | | | | | | |
| ۲۵۰ | | | | | | | |
| ۲٦۰ | | | | | | | |
| ۲۷۰ | | | | | | | |
| محدوده دمایی بالا صرفاً یک نمونه است؛ محدوده واقعی بر اساس حوزه ارزیابی تعیین می‌شود. | | | | | | | |

| مقطع فولادی | محیط ( P )- مقطعی | | محیط ( P )- جعبه‌ای | |
|---|---|---|---|---|
| مقطع I یا H<br>  <br><br>سطح مقطع = tw (h-2tf) + 2(b x tf) | چهار طرفه<br>P = 4b + 2h - 2tw |  | چهار طرفه<br>P = 2b + 2h | |
| | سه طرفه<br>P = 3b + 2h - 2tw |  | سه طرفه<br>P = b + 2h |  |
| مقاطع مربع یا چهارگوش<br>  <br><br>سطح مقطع = 2b x tw (h-2tw) x (2tw) | چهار طرفه<br>P = 2b + 2h |  | چهار طرفه<br>P = 2b + 2h |  |
| | سه طرفه<br>P = b + 2h |  | سه طرفه<br>P = b + 2h |  |
| مقاطع گرد توخالی<br>  <br><br>سطح مقطع = π(d÷2)² – π[(d-2tw)÷2]² | سه طرفه<br>P = πd |  | سه طرفه<br>P = πd |  |
| سطح مقطع + محیط = ضریب مقطع | | | | |

**شکل ٤-١- ضریب مقطع**




**راهنما:**

الف جزئیات الف- نصب بارگذاری فوقانی تیر

ب جزئیات ب- روش بارگذاری تیر، روش ۱ یا ۲

۱ تقویت کننده جان تیرآهن در انتهای مقطع تحت بار I یا H

۲ تقویت کننده جان تیرآهن در نقاط تحت بار از مقاطع I یا H

۳ ایجاد فاصله‌گذاری مناسب به منظور اطمینان از عدم تداخل جداره کوره با عملکرد محافظت‌کننده

٤ بار وارد شده به بالای تیر توسط فاصله‌گذار بارگذاری ۱۳ یا اسلب بتنی ۱۲

۵ پیچ، صفحه، مهره ٦ عایق فیبری یا معادل آن

۷ عایق فشرده فیبری به عرض تیر، به بند ٤-۷-۱ مراجعه شود.

۸ دهانه ۹ فضای خالی به منظور فراهم کردن امکان خم شدن تیر بدون آنکه توسط اسلب‌ها محدود شود

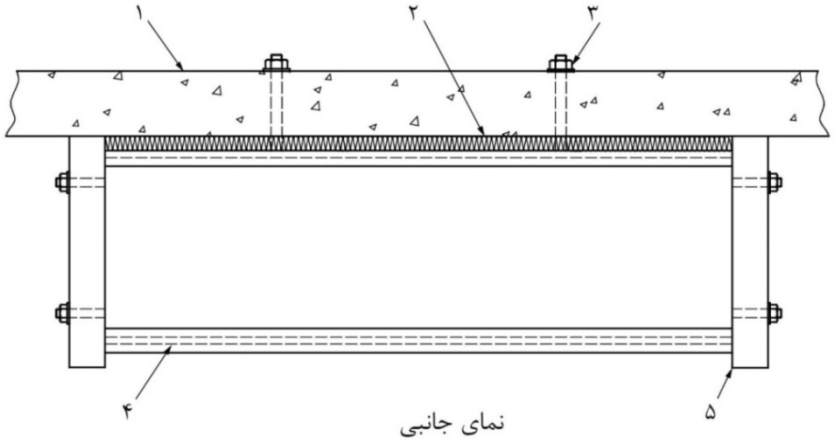
۱۰ تیر فولادی- در شکل مقطع I نشان داده شده، مقاطع توخالی مشابه همان است

۱۱ مقاطع اسلب‌های بتنی متخلخل با چگالی اسمی $500 kg/m^3$ مطابق با بند ٤-۷-۱، ابعاد اسمی اسلب‌ها به عرض $600mm(\pm 10mm)$ و به طول حداکثر ٦۲۵mm با ضخامت ۱۵۰mm تا ۲۰۰mm

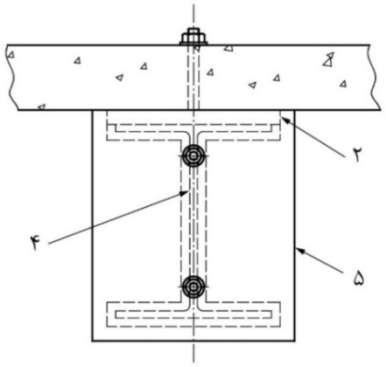
۱۲ مقطع اسلب بتنی سبک با چگالی اسمی $1500 kg/m^3$ مطابق با بند ٤-۷-۱ ابعاد اسمی اسلب‌ها مطابق ۱۱

۱۳ فاصله‌گذار بارگذاری ۱٤ نگه‌دارنده اضافی به منظور ممانعت از چرخش تیر در صورت لزوم

**شکل٤- ۲- روش ساخت کلی تیر تحت بار برای مقاطع I یا H یا توخالی به صورت مشابه**




نمای جانبی




نما از طرفین

**راهنما:**

۱ دال بتنی رویی (برای تیر مرجع مشابه تیر تحت بار، برای سایر تیرها، بتن متخلخل استفاده شود)

۲ تخته عایق

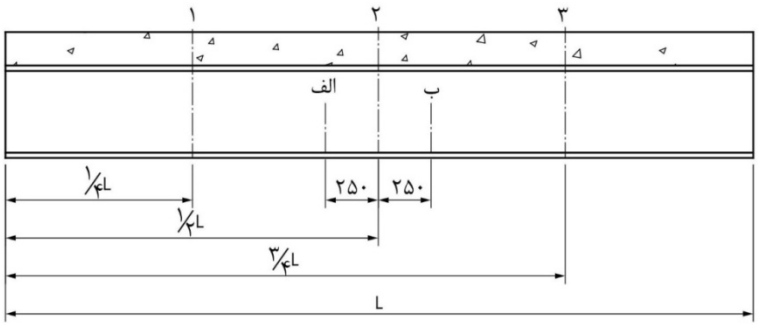
۳ پیچ / مهره / صفحه

٤ مقطع فولادی

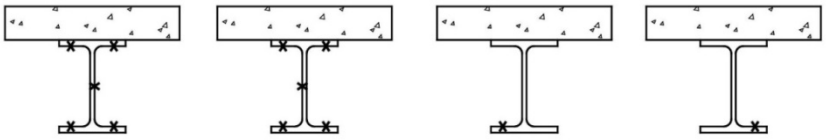
۵ تخته عایق – درپوش انتهایی

**شکل ٤-۳- تیر بدون بار – ساختار متداول**

ابعاد برحسب میلی‌متر




نمای جانبی از تیر بارگذاری شده




موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در تیرهای بارگذاری شده T , H (در مجموع ۱۷ عدد)

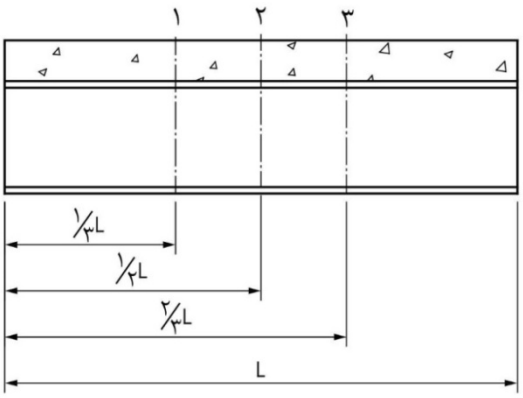
موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در تیرهای بارگذاری شده با مقاطع توخالی (در مجموع ۱۱ عدد)

راهنما:

۱ موقعیت ۱
۲ موقعیت ۲
۳ موقعیت ۳
A موقعیت A
B موقعیت B
L دهانه تیر

**شکل ٤-٤- موقعیت و جهت قرارگیری ترموکوپل‌ها در تیرهای تحت بار**

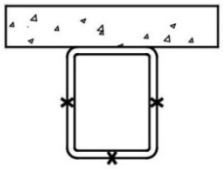
ابعاد برحسب میلی‌متر




نمای جانبی تیر کوتاه

موقعیت ۲ موقعیت ۱و ۳

موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در تیرهای کوتاه H , I (در مجموع ۹ عدد)



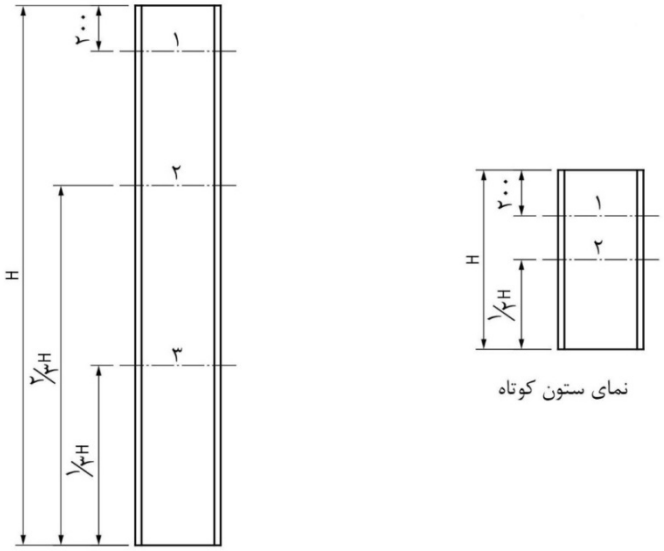
موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در تیرهای کوتاه با مقاطع توخالی (در مجموع ۹ عدد)

**راهنما:**

۱ موقعیت ۱
۲ موقعیت ۲
۳ موقعیت ۳
L دهانه تیر

شکل ٤-٥- موقعیت و جهت قرارگیری ترموکوپل‌ها در تیرهای کوتاه

ابعاد برحسب میلی‌متر




نمای ستون بارگذاری شده

نمای ستون کوتاه

موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در ستون‌های بارگذاری شده
(در مجموع ۱۵ عدد)

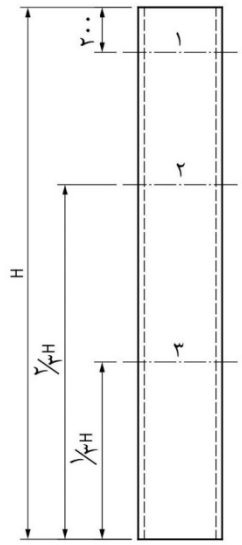
موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در ستون‌های کوتاه
(در مجموع ۹ عدد)

**راهنما:**

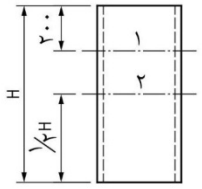
۱ موقعیت ۱
۲ موقعیت ۲
۳ موقعیت ۳
H ارتفاع

**شکل٤- ٦- موقعیت و جهت قرارگیری ترموکوپل‌ها در ستون های کوتاه با مقاطع I یا H**

ابعاد برحسب میلی‌متر




نمای ستون بارگذاری شده




نمای ستون کوتاه

موقعیت‌های ۱ تا ۳ | موقعیت‌های ۱ تا ۳ | موقعیت‌های ۱ تا ۳ | موقعیت ۱ و ۲

موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در ستون‌های کوتاه (در مجموع ۸ عدد)

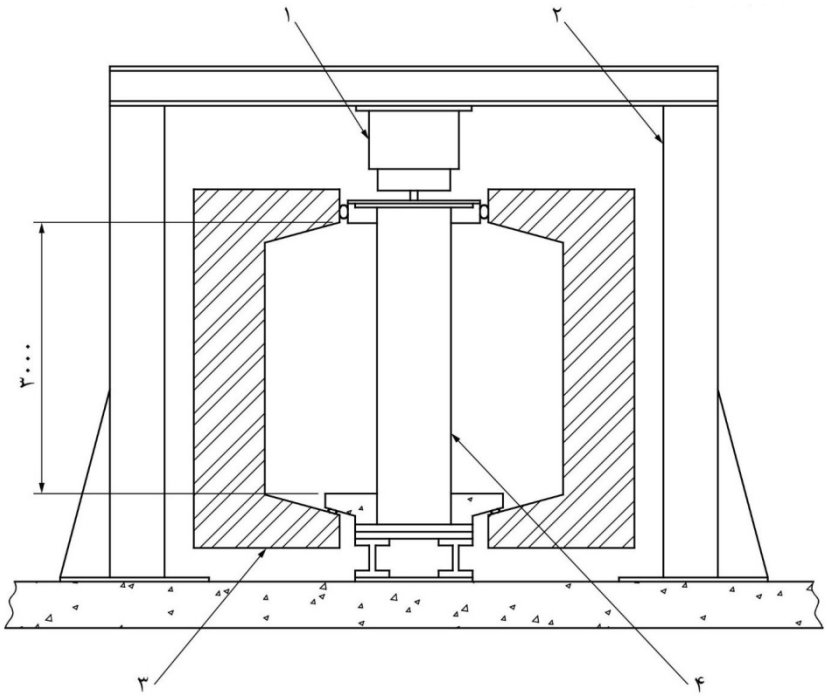
موقعیت ترموکوپل‌های به‌کار رفته در ستون‌های بارگذاری شده (در مجموع ۱۲ عدد)

**راهنما:**

۱ موقعیت ۱
۲ موقعیت ۲
۳ وقعیت ۳
H ارتفاع

**شکل٤- ۷- موقعیت و جهت قرارگیری ترموکوپل‌ها برای مقاطع توخالی**

ابعاد برحسب میلی‌متر

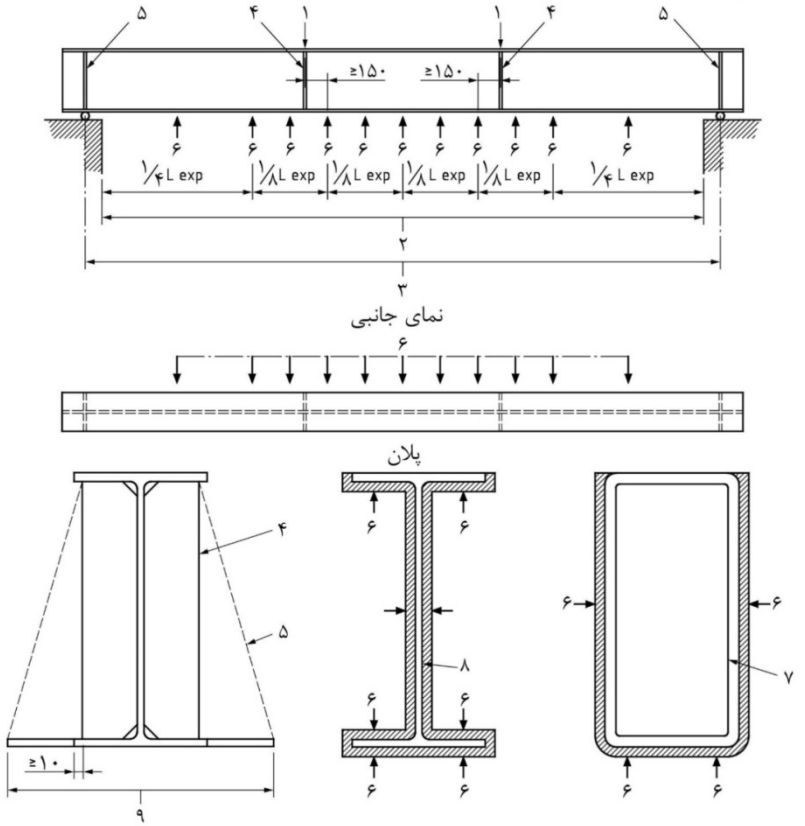



**راهنما:**

۱ جک هیدرولیکی
۲ قاب بارگذاری
۳ کوره
۴ ستون تحت بار - خروج از مرکز مطابق با EN 1365-4

**شکل٤- ٨- ستون تحت بار - نمونه‌ای از کلیات آماده‌سازی آزمون**

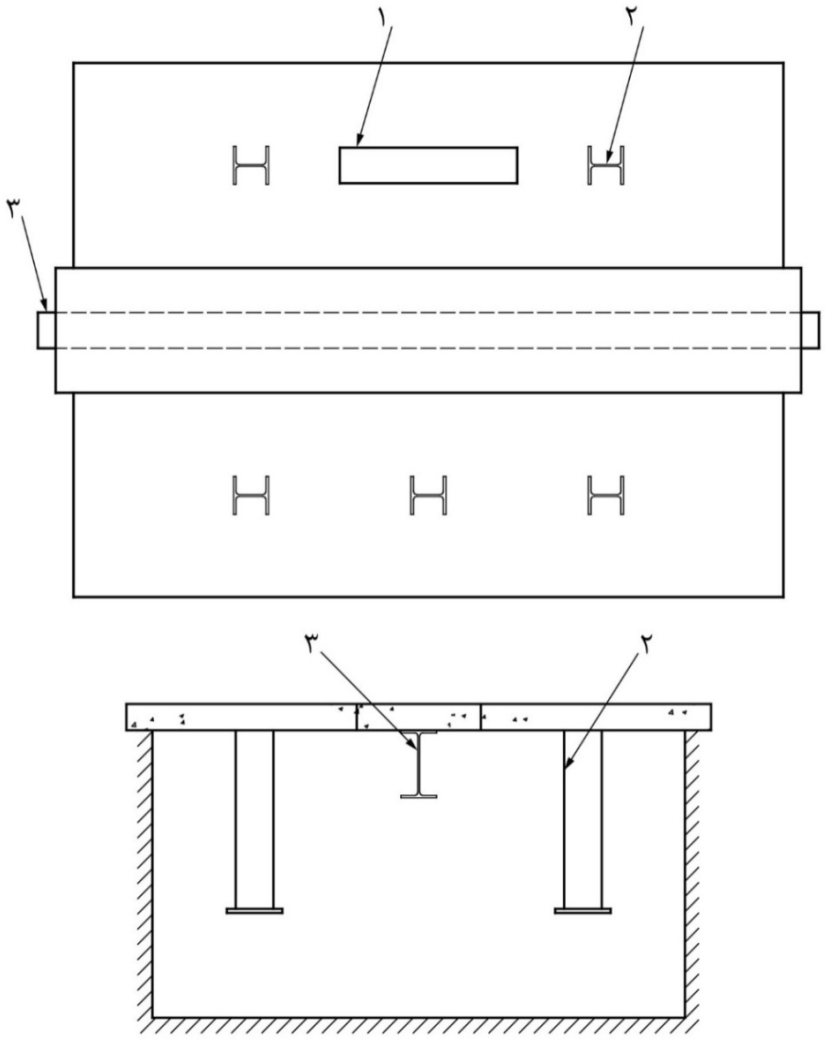
ابعاد برحسب میلی‌متر




**راهنما:**

۱ بار وارده
۲ طول در معرض، .Lexp
۳ دهانه
۴ تقویت‌کننده‌های جان در نقاط بارگذاری درصورت نیاز- مقاطع I یا H
۵ تقویت‌کننده‌های جان در موقعیت‌های تحمل بار در صورت نیاز
۶ نقاط اندازه‌گیری برای پوشش‌های پاششی
۷ تیر با مقطع توخالی
۸ تیر با مقطع I یا H
۹ دو برابر جان پایینی

**شکل ٤-۹- تقویت‌کننده‌های تیر تحت بار و نقاط اندازه‌گیری ضخامت**




**راهنما:**

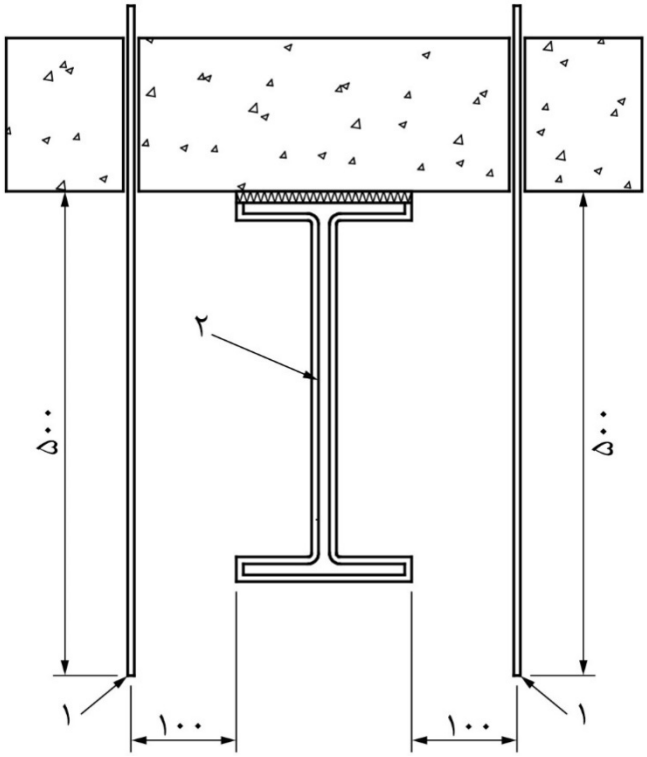
۱ موقعیت تیر کوتاه مرجع بدون بار (موازی با تیر تحت بار )

۲ ستون کوتاه بارگذاری نشده

۳ تیر تحت بار

**شکل ٤- ۱۰- روش کلی نصب آزمونه**

ابعاد برحسب میلی‌متر



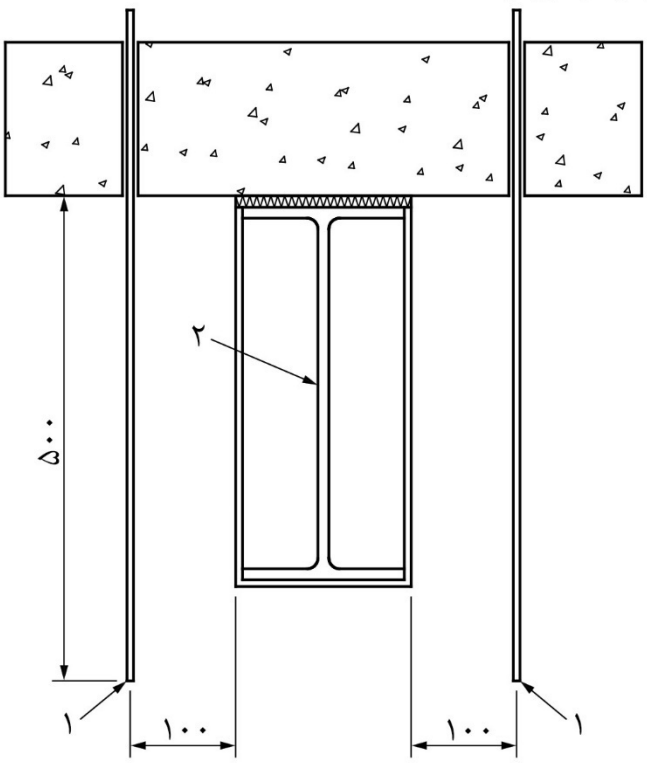

**راهنما:**

۱ گرماسنج صفحه‌ای

۲ تیر با مقطع I یا H، برای تیرهای توخالی به‌صورت مشابه

**شکل ٤-۱۱- محل قرارگیری ترموکوپل‌های کنترل کوره برای تیرهای تحت بار با محافظت تماسی**

ابعاد برحسب میلی‌متر

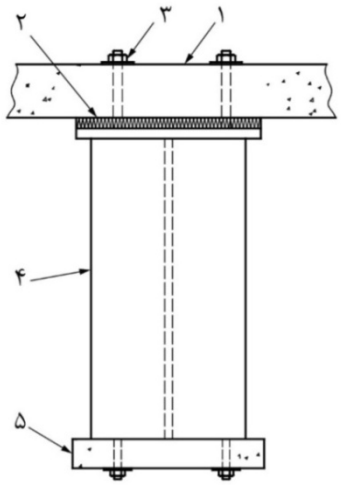



**راهنما:**

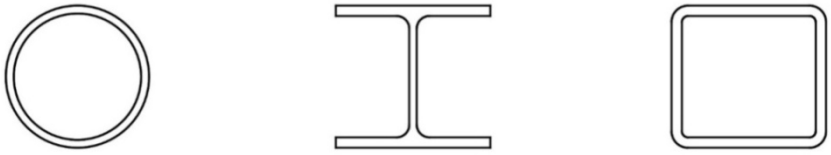
۱ گرماسنج صفحه‌ای

۲ تیر با مقطع I یا H، برای تیرهای توخالی به‌صورت مشابه

**شکل ٤-۱۲ - محل قرارگیری ترموکوپل‌های کنترل کوره برای تیرهای تحت بار با محافظت جعبه‌ای**




نمای ستون



ستون توخالی
با مقطع چهارگوش

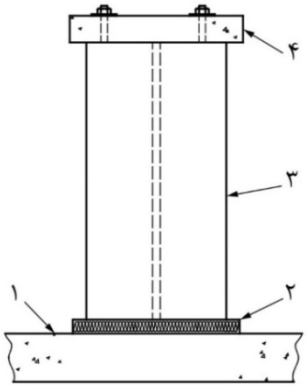
ستون با مقطع
I یا H

ستون توخالی
با مقطع دایره‌ای

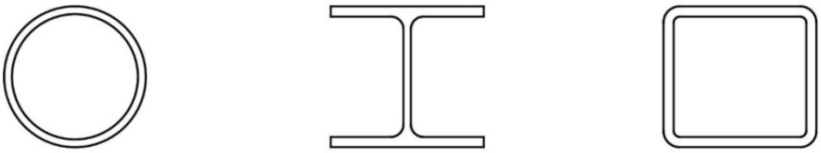
**راهنما:**

۱ درپوش کوره
۲ صفحه عایق
۳ پیچ / مهره / صفحه
۴ ستون کوتاه
۵ صفحه عایق- درپوش انتهایی

**شکل ٤-۱۳- ستون‌های بارگذاری نشده- عایق حرارتی، نصب شده به اسلب‌های درپوش**




نمای ستون



ستون توخالی
با مقطع چهارگوش

ستون با مقطع
I یا H

ستون توخالی
با مقطع دایره‌ای

**راهنما:**

۱ کف کوره یا پایه
۲ مصالح عایق به میزان کافی به منظور جلوگیری از اتلاف گرمایی از انتهای مقطع
۳ ستون کوتاه
۴ صفحه عایق- درپوش نهایی

**شکل ٤-١٤- ستون‌های بارگذاری نشده- عایق حرارتی، نصب شده به کف کوره یا روی پایه**

# پیوست ٤- الف
# (الزامی)
# قابلیت کاربرد نتایج ارزیابی برای مقاطع دیگر به جز مقاطع I و H

## ٤- الف-١ مقاطع سازه‌ای توخالی - کلیات

تحقیقات اخیر به‌علاوه نتایج آزمون‌های موجود بر روی مقاطع توخالی سازه‌ای (SHS)[1] به عنوان اعضای فشاری و کششی، نشان می‌دهند که بین مقاطع SHS و مقاطع I یا H از نظر رابطه بین ضخامت پوشش محافظ در برابر آتش و ضریب مقطع، تشابهاتی وجود دارد. نتایج آزمون برای مقاطع مستطیلی، مربعی و دایره‌ای به منظور تعیین قابلیت تشابه از نظر ضخامت پوشش محافظ، ضریب مقطع و عملکرد مقاومت در برابر آتش تحلیل شده است. روش‌های ارائه شده در بندهای ٤-الف-٢، ٤-الف-٣ و ٤-الف-٤ به منظور محافظت سه طرفه و چهار طرفه برای تیرها و ستون‌ها پیشنهاد می‌شوند.

ولی متقاضی ممکن است تقاضای انجام آزمون بر روی مقاطع توخالی سازه‌ای مطابق با این دستورالعمل را داشته باشد تا اطلاعات مناسب‌تری به دست آورد.

---

1- Structural hollow sections

### ٤- الف-۲ سامانه‌های جعبه‌ای

زمانی که ضخامت‌های ماده محافظ در برابر آتش برای مقاطع I یا H با الگوی جعبه‌ای، ارزیابی شده است، تغییری در ضخامت لازم نیست، یعنی ضخامت برای یک مقطع SHS با مقدار $A_p/V$ معین مساوی با ضخامت مقطع I یا H با همان مقدار $A_p/V$ جعبه‌ای است.

### ٤-الف-۳ سامانه‌های پروفیلی

در صورتی که ضخامت ماده محافظ در برابر آتش برای مقاطع I یا H با الگوی پروفیلی، ارزیابی شده باشد، باید بر مبنای مقدار $A_m/V$ مقطع، ضخامت به قرار زیر اصلاح شود:

الف) مقدار $A_m/V$ مقطع توخالی سازه‌ای را محاسبه کنید؛

ب) ضخامت $d_p$ ماده محافظ در برابر آتش را به میلی‌متر بر مبنای داده‌های مقطع I یا H مطابق معادله‌های (الف-۱) یا (الف-۲) تعیین کنید؛

پ) برای مقادیر $A_p/V$ تا $۲۵۰ m^{-1}$، ضخامت را طبق معادله (الف-۱) افزایش دهید:

$$\text{ضخامت اصلاح‌شده} = d_p \left( 1 + \frac{A_p/V}{1000} \right) \qquad \textbf{(الف-۱)}$$

ت) برای مقادیر $A_p/V$ بیشتر از $۲۵۰ m^{-1}$، ضخامت را طبق معادله (الف-۲) افزایش دهید:

$$\text{ضخامت اصلاح‌شده} = 1.25 d_p \qquad \textbf{(الف-۲)}$$

### ٤- الف-٤ روش‌های نصب جایگزین برای تخته‌ها (صفحه‌ها)

در صورتی که روش نصب تخته‌ها به مقاطع توخالی همانند روش نصب برای مقاطع I یا H مورد آزمون نباشد، مناسب بودن سامانه نصب باید توسط ارزیابی‌های لازم اثبات شود. در این ارزیابی‌ها باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

الف) موقعیت – روش‌های نصب ممکن است بین تیرها و ستون‌های مستطیلی متفاوت باشد؛

ب) شکل – روش‌های نصب ممکن است بین مقاطع دایره‌ای و مستطیلی متفاوت باشد؛

پ) بارگذاری – بارهای خمشی و فشاری ممکن است به طرق مختلف بر سامانه نصب تأثیرگذار باشند؛

ت) تعداد لایه‌ها – ترکیب لایه‌ها ممکن است عملکردی متفاوت در مقایسه با تک لایه با همان ضخامت داشته باشد.

آزمون‌ها ممکن است به هر یک یا تمامی موارد بالا محدود باشد اما حوزه ارزیابی بر همان اساس، محدود خواهد شد. آزمون‌های مناسب برای مقاطع توخالی باید مطابق بند ٤-٦ باشد.

### ٤-الف-٥ محدودیت‌ها

حداکثر ضخامتی که می‌تواند برای مقاطع توخالی سازه‌ای به کار رود نباید از حداکثر ضخامت ارزیابی شده برای مقاطع I یا H بیشتر باشد.

قواعد تشریح شده در این پیوست، قابل استفاده است به شرطی که شکل‌های مختلف مقطع به روش‌های جدید نصب نیازی نداشته باشند و عملکرد فیزیکی سامانه محـافظ در برابر آتش را تحت تأثیر قرار ندهند.

# پیوست ٤- ب
# (الزامی)
# اندازه‌گیری ضخامت و چگالی مواد محافظ در برابر آتش

## ٤-ب-١ روش آزمایشگاهی

### ٤-ب-١-١ مقدمه

تعیین ضخامت، چگالی و محتوای رطوبتی مصالح محافظ در برابر آتش و سایر مصالح مورد استفاده در آزمون‌های مقاومت در برابر آتش، برای پیش‌بینی دقیق ضخامت محافظت در برابر آتش مورد نیاز بر مبنای نتایج آزمون‌ها، حائز اهمیت است.

بنابراین روش‌های مورد استفاده برای استخراج این مشخصات باید سازگار باشند و این پیوست راهنمایی در خصوص روش‌های مناسب که باید استفاده شود، ارائه می‌کند.

هر گونه آزمونه خاص مورد استفاده برای تعیین ضخامت، چگالی، حرارت ویژه و محتوای رطوبتی باید مطابق با شرایط توصیف شده در بند ٤-٨ و با همان وضعیت آزمونه واقعی مورد استفاده برای آزمون آتش، تثبیت شرایط شود.

هر گونه استاندارد مشخص موجود مربوط به محصول به منظور اندازه‌گیری چنین مشخصاتی باید دنبال شود.

روش‌های ارائه شده در استاندارد EN1363-1 و آن‌چه در بنـدهای ٤–ب–۲، ٤–ب–۳ و ٤–ب–٤ مورد ارجاع قرار گرفته، باید دنبال شوند.

### ٤–ب–۱–۲ ضخامت مواد محافظ در برابر آتش

#### ٤–ب–۱–۲–۱اندازه‌گیری

ضخامت اسمی هر یک از مصالح محافظ در برابر آتـش تختـه‌ای یـا صـفحه‌ای، بایـد مطابق با استانداردهای EN 12467، EN13162 و یا EN823 اندازه‌گیری شود.

اندازه‌گیری‌ها باید یا بر روی مصالح واقعی در طی ساخت آزمونه‌ها یـا بـر روی یـک آزمونه آزمایشگاهی ویژه نماینده با حداقل ابعاد خطی ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متـر انجام شود. حداقل ۹ اندازه‌گیری باید انجام شود که شامل اندازه‌گیـری‌هـا در اطـراف محیط و بر روی سطح مصالح است.

ضخامت طراحی مورد استفاده در ارزیابی باید مطابق آن‌چه در زیربند ٤–٦–٥–۲ شرح داده شده، باشد.

ضخامت مواد پاششی محافظ در برابر آتش غیرعامل باید توسط یک مته یا میله با قطر ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شود که باید در هر نقطه اندازه‌گیری به داخل مواد وارد شده تا جایی که نوک میله یا مته به سطح المان ساختمانی برسد. به منظور تعیـین دقیـق تـراز سطح، میله یا مته باید دارای یک صفحه فولادی دایره‌ای شکل به قطر ۵۰ میلی‌متـر در بالای آن باشد.

تعداد و موقعیت نقاط اندازه‌گیری ضخامت باید مطابق زیربند ٤–ب–۱–۲–۲ باشد.

ضخامت طراحی مورد استفاده در ارزیابی باید مطابق زیربند ٤–٦–٥–۲ باشد.

برای مواد محافظ در برابر آتش پاششی با ضخامت خیلی بیشتر از ۵ میلی‌متر (یعنی جایی که ضخامت متوسط ماده محافظ بیشتر از ۱۵٪ ارتفاع عضو مورد آزمون است)، ضخامت متوسط باید به وسیله معادله (ب-۱) محاسبه شود:

$$d_{av} = -A_p + -\frac{(A_p + 16V_p)}{8} \qquad (ب-۱)$$

که در آن:

$d_{av}$ ضخامت میانگین؛

$A_p$ مساحت ماده محافظ در برابر آتش در واحد طول؛

$V_p$ حجم سطح ماده محافظ در برابر آتش در واحد طول است.

برای مصالح محافظ در برابر آتش پاششی و پوشش‌ها با ضخامت کمتر از ۵ میلی‌متر اجرا شده بر روی سطح اعضای تیر و ستون فولادی مورد آزمون، ضخامت مصالح باید در زمانی که پوشش کاملاً خشک شده باشد، مستقیماً از روی اجزاء مورد آزمون تعیین شود.

ضخامت باید توسط وسیله‌ای که با اصل القای الکترومغناطیس یا اصل جریان گردابی کار می‌کند با استفاده از یک میله تماسی به قطر حداقل ۲٫۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شود.

تعداد و موقعیت نقاط اندازه‌گیری ضخامت باید مطابق با آن‌چه در زیربند ٤-ب-۱-۲-۲ آمده، باشد. ضخامت طراحی استفاده شده در ارزیابی باید مطابق با آن‌چه در زیربند ٤-٦-۵-۲ شرح داده شده، باشد.

### ٤-ب-۱-۲-۲ نقاط اندازه‌گیری برای اندودها

تعداد و موقعیت نقاط اندازه‌گیری ضخامت (که باید به عنوان حداقل تعداد لازم در نظر گرفته شود) باید به شرح زیر باشد:

### ٤-ب-١-٢-٢-١ تیرهای تحت بار

حداقل ۸۸ نقطه اندازه‌گیری بر روی تیرهای با مقطع I و ٦٦ نقطه اندازه‌گیری برای تیرهای توخالی باید در نظر گرفته شود که این نقاط به صورت یکنواخت در سرتاسر ایستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق با اشکال ٤- ٤ و ٤-٩ پراکنده شده‌اند.

- ایستگاه‌های اندازه‌گیری که در آن‌ها اندازه‌گیری دما از روی سطح تیر مورد آزمون انجام می‌گیرد؛
- موقعیت‌هایی که در آن‌ها اندازه‌گیری دما بر روی سطح بالایی بال پایینی تیر یا سطح پایینی تیرهای توخالی، در وسط ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما انجام می‌شود؛
- موقعیت‌هایی در وسط دورترین ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما و دورترین نقاط بر روی سطح بالایی بال پایینی تیر یا سطح پایینی تیرهای توخالی انجام می‌شود.

### ٤-ب-١-٢-٢-٢ تیرهای بارگذاری نشده

حداقل ٢٤ نقطه اندازه‌گیری بر روی تیرهای با مقطع I و ۱۸ نقطه اندازه‌گیری برای تیرهای توخالی باید در نظر گرفته شود (جان و بال‌ها یا سطوح تیرهای توخالی مطابق شکل ٤-٥) در موقعیت‌هایی مجاور:

- ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما (بین ۵۰ میلی‌متر تا ۱۰۰ میلی‌متر دور از محل ترموکوپل) که در آن‌ها اندازه‌گیری دما بر روی سطح تیر مورد آزمون انجام می‌شود.

### ب-۱-۲-۲-۳ستون‌های تحت بار

حداقل ۵۰ نقطه اندازه‌گیری بر روی ستون‌ها با مقطع I و ۲۰ نقطه اندازه‌گیری برای ستون‌های توخالی باید در نظر گرفته شود که به صورت یکنواخت در سرتاسر ایستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق با شکل ٤-٦ برای مقاطع I یا H و شکل ٤-٧ برای مقاطع توخالی پراکنده شده‌اند.

- ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما (بین ۵۰ میلی‌متر تا ۱۰۰ میلی‌متر دور از محل ترموکوپل) که در آن‌ها اندازه‌گیری دما بر روی سطح ستون مورد آزمون انجام می‌شود؛
- موقعیت‌هایی در متوسط ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما.

### ب-۱-۲-۲-٤ ستون‌های کوتاه بارگذاری نشده

حداقل ۲۰ نقطه اندازه‌گیری بر روی ستون‌ها با مقطع I و ۸ نقطه اندازه‌گیری برای ستون‌های توخالی باید در نظر گرفته شود که به صورت یکنواخت در سرتاسر ایستگاه‌های اندازه‌گیری مطابق با شکل ٤-٦ برای مقاطع I یا H و شکل ٤-٧ برای مقاطع توخالی پراکنده شده‌اند.

- ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما (بین ۵۰ میلی‌متر تا ۱۰۰ میلی‌متر دور از) که در آن‌ها اندازه‌گیری دما بر روی سطح ستون مورد آزمون انجام می‌شود.

### ٤-ب-۱-۳ چگالی مواد محافظ در برابر آتش اجرا شده

چگالی هر یک از مواد محافظ در برابر آتش باید توسط اندازه‌گیری جرم و ابعاد به شرح زیر تعیین شود:

برای مواد محافظ در برابر آتش غیرعامل تخته‌ای یا پانلی، چگالی به کمک مقادیر جرم، ضخامت متوسط (از ۹ اندازه‌گیری) و مساحت که از مواد واقعی در حین کاربرد یا از روی یک آزمونه ویژه نماینده، با حداقل ابعاد خطی ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شده، قابل تعیین است. جرم تخته باید با استفاده از یک ترازو با دقت ۰٫۱ درصد جرم کل آزمونه وزن شده یا ۰٫۱ گرم (اندازه آزمونه باید کافی باشد به گونه‌ای که حداقل جرم آزمونه ۱۰۰ گرم باشد)، هر کدام که بیشتر باشد، به دست آید؛

چگالی مواد محافظ در برابر آتش الیافی یا سایر مواد مشابه قابل تراکم، باید مرتبط با ضخامت اسمی باشد؛

برای مواد محافظ در برابر آتش پاششی، چگالی مواد باید از آزمونه‌های پاشش شده، از قسمت زیرین، داخل سینی‌های فلزی که به صورت افقی قرار گرفته، همزمان با اجرای سامانه محافظ در برابر آتش بر روی آزمونه‌های فولادی، تعیین شود. این سینی‌ها باید دارای ابعاد ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر بوده و از ورق فولادی با ضخامت یک میلی‌متر ساخته شده باشند؛

عمق سینی باید به اندازه ضخامت طراحی ماده محافظ در برابر آتش باشد؛

برای هر ضخامت از ماده باید دو سینی با مشخصات فوق آماده شود و مواد محافظ در برابر آتش با همان ضخامت اجرا شده بر فولاد، بر روی آن‌ها اجرا شود. یکی از

این سینی‌ها برای به دست آوردن مرجعی برای چگالی خشک و محتوای رطوبتی، خشک می‌شود. سینی دوم باید برای تعیین چگالی در زمان انجام آزمون، مورد استفاده قرار گیرد.

ضخامت آزمونه داخل سینی‌ها باید در ۹ محل بر روی سطح سینی‌ها به شرح زیر اندازه‌گیری شود:

- در مرکز (در مجموع یک محل)؛
- دو محل در فاصله بین مرکز و هر یک از گوشه‌ها با فواصل مساوی از یکدیگر (در مجموع ۸ محل).

جرم ماده محافظ در برابر آتش درون سینی باید با استفاده از یک ترازو با دقت ۰٫۱ درصد جرم کل آزمونه وزن شده یا ۰٫۱ گرم (اندازه آزمونه باید کافی باشد به گونه‌ای که حداقل جرم آزمونه ۱۰۰ گرم باشد)، هر کدام که بیشتر باشد، به دست آید. چگالی طراحی به کار رفته در ارزیابی باید در تمامی موارد مطابق آن چه در زیربند ٤- ٦-٥- ٣ شرح داده شده، باشد.

### ٤-ب-١-٤ محتوای رطوبتی مواد محافظ در برابر آتش اجرا شده

آزمونه‌ها و مواد به‌کار رفته برای اندازه‌گیری محتوای رطوبتی باید به همراه آزمونه‌های اصلی و تحت شرایط یکسان نگهداری شوند. اندازه‌گیری محتوای رطوبتی نهایی باید در روز انجام آزمون آتش انجام شود.

برای تخته‌ها یا پانل‌های محافظ در برابر آتش غیرعامل، باید از آزمونه‌های ویژه‌ای با ابعاد حداقل ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر و برای هر ضخامت ماده مورد نظر، استفاده شود. این آزمونه‌ها باید در گرمخانه دارای تهویه با شرایط دمایی و روش‌های

مشخص شده در استاندارد EN1363-1، وزن و خشک شوند. محتوای رطوبتی آزمونه باید به صورت درصدی از وزن معادل رطوبت، محاسبه شود.

محتوای رطوبتی مواد محافظ در برابر آتش پاششی غیرعامل، باید از آزمونه‌ای که درون گرمخانه با توجه به زیربند ٤- ب-۱-۳ خشک شده، برای هر ضخامت آزمون شده، تعیین شود. این آزمونه‌ها باید در گرمخانه دارای تهویه با شرایط دمایی و روش‌های مشخص شده در استاندارد بین‌المللی EN1363-1، وزن و خشک شوند. محتوای رطوبتی آزمونه باید به صورت درصدی از وزن معادل رطوبت، محاسبه شود.

## ٤-ب-۲ روش میدانی

### ٤-ب-۲-۱ دامنه کاربرد

این روش‌های آزمون طرز تعیین ضخامت و چگالی ماده پاششی مقاوم در برابر آتش (SFRM)[1]، مورد استفاده برای قطعات سازه‌ای را ارائه می‌کند. این مواد پاششی شامل مواد پایه سیمانی و الیافی هستند. در این روش‌های آزمون لازم است SFRM مطابق با دستورالعمل‌های منتشر شده توسط کارخانه تولیدکننده، اجرا شود.

---

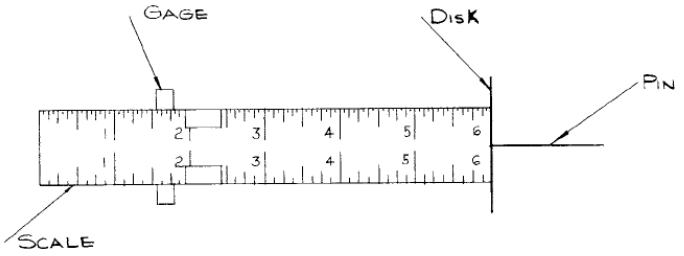
1-SFRM= Sprayed Fire-Resistive Material

**٤- ب-۲-۲ وسایل**

**٤- ب-۲-۲-۱ خط‌کش فولادی**، درجه‌بندی شده با دقت حداقل یک میلی‌متر؛

**٤- ب-۲-۲-۲ ضخامت‌سنج**، دارای یک سوزن یا پین و یک صفحه متحرک عمود بر سوزن است (مطابق شکل ٤- ب-۱). پین باید طول کافی برای ضخامت ماده‌ای که اندازه‌گیری می‌شود را داشته باشد. سنجه باید با دقت یک میلی‌متر درجه‌بندی شده باشد. این صفحه در تمام مدت باید عمود بر سوزن باشد و باید دارای یک وسیله اصطکاکی برای قفل کردن سوزن باشد مگر این‌که قصد حرکت دادن آن وجود داشته باشد. قطر صفحه باید حداقل ۲۲ میلی‌متر و حداکثر ۳۰ میلی‌متر باشد که بتواند با سطح آزمونه مورد نظر تماس یابد. برای موادی که سنجه به آسانی در آن‌ها نفوذ نمی‌کند، به نکات بعدی توجه شود؛

**٤-ب-۲-۲-۳ ترازوها**، دارای ظرفیت و حساسیت کافی برای توزین آزمونه با دقت حداقل ۰٫۱ گرم باشند؛




**شکل٤- ب-۱ ضخامت‌سنج**

**٤- ب-۲-۲-٤** قالب مستطیلی با طول و عرض مشخص که حداقل مساحت آن ۳۱۰ سانتی‌متر مربع است. هیچ بعد آن نباید کمتر از ۷٦ میلی‌متر باشد؛

**٤- ب-۲-۲-٥** چاقو یا هر وسیله مناسب دیگری برای برش آزمونه؛

**٤- ب-۲-۲-٦** گرمخانه برای خشک کردن یا هر وسیله دیگری با قابلیت حفظ دما و رطوبت در طول دوره عمل‌آوری آزمونه، مطابق با الزامات کارخانه تولیدکننده SFRM؛

**٤- ب-۲-۲-۷** دانه‌های پلی‌استایرن منبسط نشده، ۵۰۰ میلی‌لیتر – دانه از درجه C با یک قطر اسمی ۱٫۰ میلی‌متر (ترجیحاً) یا ساچمه سربی به عنوان جایگزین با نمره ۸؛

**٤- ب-۲-۲-۸** دو سیلندر درجه‌بندی شده به حجم ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب؛

**٤-ب-۲-۲ -۹ قیف**، یک قیف از جنس پلی‌پروپیلن دارای قطر فوقانی ۱۵۰ میلی‌متر و قطر تحتانی ۲۸ میلی‌متر؛

**٤- ب-۲-۲-۱۰ بشر**، با حجم ٤۰۰ میلی‌لیتر از نوع دیواره صاف؛

**٤- ب-۲-۲-۱۱** تیغه با طول حداقل ۱۵۰ میلی‌متر با لبه مستقیم صلب؛

**٤- ب-۲-۲-۱۲ تاوه**، دو تاوه تخت به قطر حداقل ۱۵۰ میلی‌متر با ارتفاع لبه حداقل ۱۵۰ میلی‌متر.

### ٤- ب-۲-۳ آزمونه‌ها

آزمونه‌ها باید در دمای $(٤٣\pm٦)^{o}C$ و در یک رطوبت نسبی حداکثر ٦۰ درصد، خشک شوند، به‌طوری که وزن اندازه‌گیری شده آن‌ها در بازه‌های زمانی ۸ ساعته، دارای اختلافی کمتر از یک درصد باشد.

### ٤-ب-۲-٤ تعیین ضخامت

برای اطمینان از دستیابی به یک ضخامت میانگین درست، مناطق انتخاب شده برای اندازه‌گیری ضخامت، باید مطابق با یک الگوی تکراری از پیش تعیین شده انتخاب شود.

مقدار ضخامت را از طریق وارد کردن سوزن ضخامت‌سنج به صورت عمود بر SFRM تا سطح زیرکار تعیین نمایید. وقتی که نوک سوزن با سطح زیرکار تماس برقرار می‌کند، دیسک متحرک را به سمت سطح SFRM با فشار کافی حرکت دهید تا صفحه متوسط سطح ثبت شود. با عقب کشیدن ضخامت‌سنج، ضخامت را با دقت یک میلی‌متر که با موقعیت نشانگر گیره متحرک نشان داده شده، خوانش نمایید.

به منظور میانگین‌گیری اندازه‌ها، هر اندازه ٦ میلی‌متری یا بیشتر بزرگتر از ضخامت مورد نیاز در طرح، باید برابر ضخامت طرح به علاوه ٦ میلی‌متر ثبت شود. هیچ ضخامت اندازه‌گیری شده‌ای نباید بیش از ٦ میلی‌متر یا ۲۵ درصد کمتر از ضخامت مورد نیاز طرح باشد.

در معیارهای خاص نرخ‌بندی مقاومت در برابر آتش برای تیرها، خرپاها و ستون‌ها، ممکن است ضخامت کاهش یافته در سر بال مجاز باشد. این ضخامت‌ها جدا از دیگر قسمت‌های عضو سازه‌ای میانگین‌گیری می‌شوند. همچنین تعدادی از قطعات در درجه‌بندی آتش، الزامات مختلفی برای ضخامت در محل پستی‌ها و بلندی‌های عرشه‌های کف دارند و باید به طور مجزا میانگین گرفته شوند.

انجام این روش آزمون ممکن است برای اندازه‌گیری ضخامت برای SFRM با چگالی متوسط و بالا خیلی مشکل باشد. توصیه می‌شود ضخامت‌ها بلافاصله پس از اجرا و قبل از عمل‌آوری بررسی شود.

مطابق توصیه‌های کارخانه تولیدکننده SFRM، اجرا کننده باید ضخامت SFRM تازه اجرا شده را به اندازه‌ای تنظیم کند که منجر به ضخامت مورد نظر بعد از عمل‌آوری شود.

اگر محصول عمل‌آوری شده باشد و نفوذ سوزن ضخامت‌سنج در آن خیلی مشکل باشد، سوراخ‌هایی با قطر کوچک در داخل محصول حفر کرده به طوری که برای قطر سوزن ضخامت‌سنج کافی باشد. سپس سوزن ضخامت‌سنج داخل این سوراخ‌ها فرو

رفته و ضخامت با روش استاندارد تعیین می‌شود. بلافاصله بعد از آزمون، این سوراخ‌ها باید با استفاده از همان SFRM پر شوند.

**٤-ب-٢-٤- آزمون اندازه‌گیری ضخامت،** یک چشمه در هر کف یا یک چشمه در هر ۵۰۰ متر مربع، هر کدام که تعداد آزمون‌های بیشتری را نتیجه می‌دهد، در نظر بگیرید. تعیین ضخامت برای اعضای سازه‌ای زیر در چشمه انتخاب شده به طور تصادفی، باید انجام شود: یک منطقه انتخابی از عرشه فلزی، دال بتنی، یا مقطع دیوار؛ یک ستون؛ و یک تیر (تیرچه یا خرپا).

**٤-ب-٢-٤-٢ آزمون‌ها برای مقطع کف و دیوار**

**کف‌های تخت،** در منطقه انتخابی، یک سطح مربعی به اندازه ضلع ۳۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید. چهار اندازه‌گیری تصادفی و متقارن در این سطح مربعی انجام داده و نتیجه را به صورت میانگین گزارش کنید؛

**کف‌های موج‌دار (غیرمسطح)**، در منطقه انتخابی، یک سطح مربعی به اندازه ضلع ۳۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید. چهار اندازه‌گیری تصادفی و متقارن در این سطح مربعی انجام داده که شامل موارد زیر است: فرورفتگی، برآمدگی و کناره‌ها و نتیجه به صورت میانگین گزارش شود

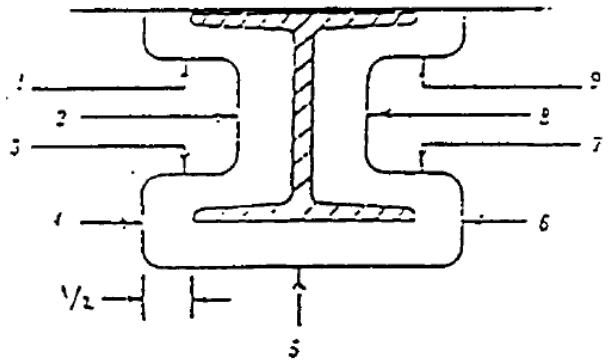
### ٤-ب-۲-٤-۳ آزمون برای تیرها، تیرچه‌ها (خرپاها) و ستون‌ها

**تیرها**، برای هر تیر انتخاب شده، یک طول ۳۰۰ میلی‌متری در نظر گرفته و ۹ اندازه‌گیری ضخامت (به شکل ب-۲ توجه شود) در هر انتهای این طول۳۰۰ میلی‌متری انجام شود (به شکل ب-۳ توجه شود)؛

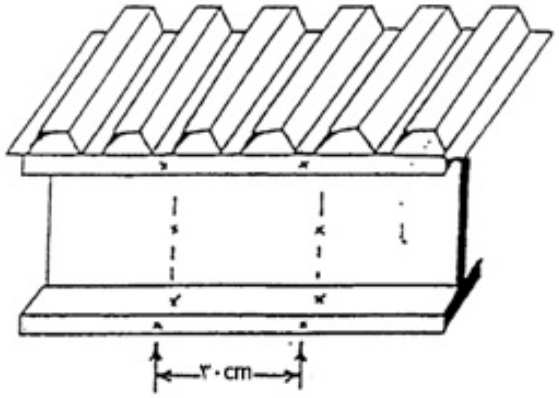
**تیرچه‌ها (خرپاها)**، برای هر تیرچه (خرپا) انتخاب شده، یک طول ۳۰۰ میلی‌متری در نظر گرفته و ۷ اندازه‌گیری ضخامت (به شکل ب-٤ مراجعه شود) در هر انتهای این طول۳۰۰ میلی‌متری انجام شود (به شکل ب-۵ مراجعه شود)؛

**ستون‌ها**، برای هر ستون انتخاب شده، یک طول ۳۰۰ میلی‌متری در نظر گرفته و ۱۲ اندازه‌گیری ضخامت (به شکل ب-٦ مراجعه شود) در هر انتهای این طول۳۰۰ میلی‌متری انجام شود (به شکل ب-۷ مراجعه شود)؛

**تیرها، تیرچه‌ها (خرپاها) و ستون‌ها**، ضخامت‌ها به طور جداگانه میانگین گرفته شود شامل ۱۸ اندازه‌گیری ضخامت برای تیرها، ١٤ اندازه‌گیری ضخامت برای تیرچه‌ها (خرپاها) و ٢٤ اندازه‌گیری ضخامت برای ستون‌ها. (یک نمونه برگه ثبت داده‌ها در شکل ب-۸ نشان داده شده است).

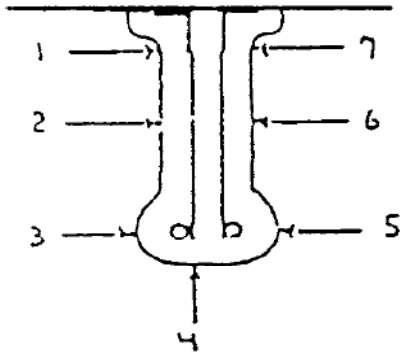



**شکل٤- ب-۲ مکان‌های اندازه‌گیری ضخامت مواد محافظ در برابر حریق بر روی تیرها**

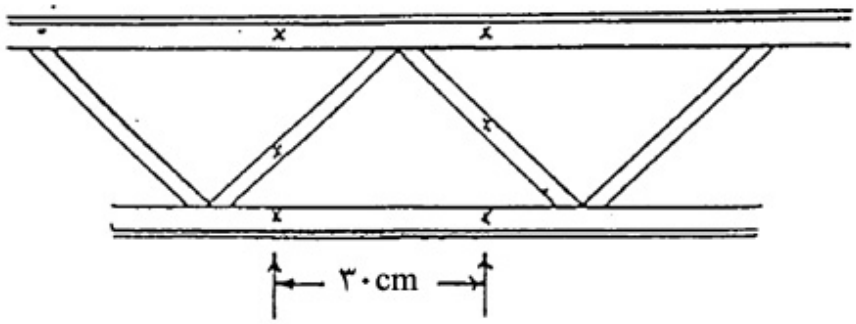



**انجام نه اندازه‌گیری در هر انتهای طول ۳۰ سانتی‌متری**

**شکل٤- ب-۳ تیر**

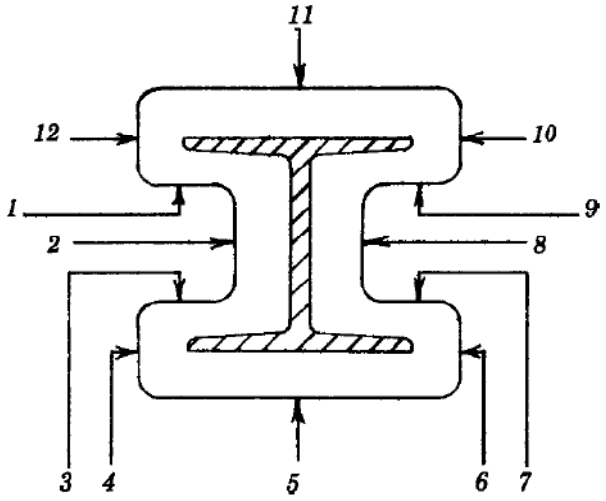



**شکل ٤-ب-٤ مکان‌های اندازه‌گیری ضخامت مواد محافظ در برابر حریق بر روی تیرچه‌ها (خرپاها)**

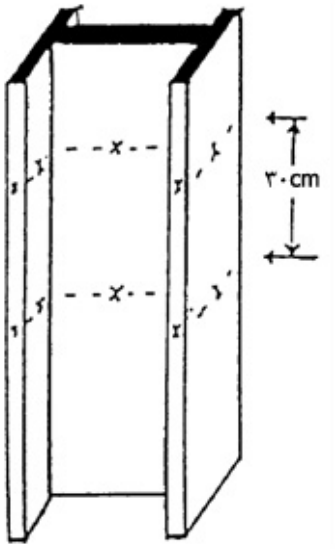



**انجام ۷ اندازه‌گیری ضخامت در هر انتهای طول ۳۰ سانتی‌متری**

**شکل ٤- ب-٥ تیرچه**

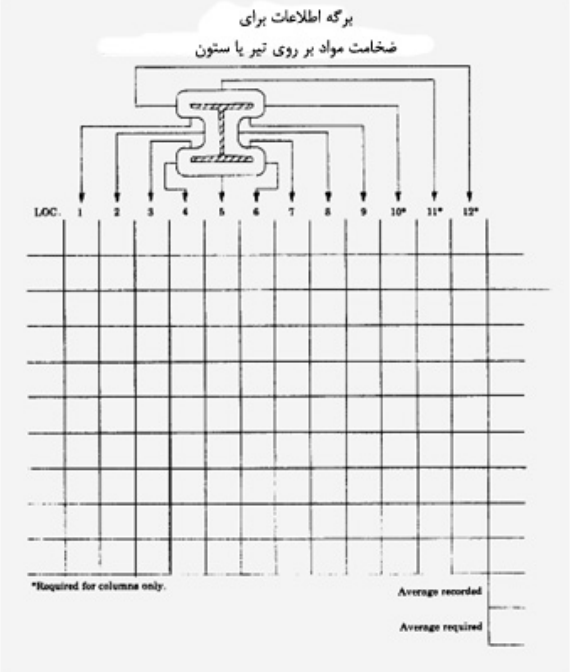



**شکل٤- ب-٦ مکان‌های اندازه‌گیری ضخامت مواد محافظ در برابر حریق بر روی تیرها و ستون‌ها**




**انجام ۱۲ اندازه‌گیری ضخامت در هر انتهای طول ۳۰cm**

٤- ب-۷ ستون




**شکل٤- ب-٨ نمونه‌ای از برگه ثبت اطلاعات شکل**

**کمبود ضخامت،** یک المان (کف، ستون، تیر یا تیرچه) دارای کسری ضخامت است اگر:

یک ضخامت منفرد اندازه‌گیری شده بیش از ٦ میلی‌متر یا بیش از ۲۵ درصد کمتر از ضخامت مورد نیاز برای طرح مقاوم در برابر آتش باشد.

میانگین ضخامت محاسبه شده SFRM کمتر از ضخامت مورد نیاز در طراحی باشد.

در بعضی معیارهای نرخ‌بندی مقاومت در برابر آتش یا مطابق راهنماهای بخشی از تولیدکنندگان SFRM، یک ضخامت در یک ضریب اصلاح چگالی ضرب می‌شود. بنابراین قبل از گزارش معایب به این نکته شود.

اگر یک المان معیوب باشد، بنابراین فقط همان المان خاص رد می‌شود. المان‌های باقی‌مانده در همان چشمه و المان‌های مشابه در مناطق دیگر ساختمان، نباید صرفاً به دلیل اینکه المان بررسی شده، رد شده است، مردود فرض شوند.

**روش کار در مورد معایب،** اگر یک المان معیوب باشد، باید اصلاح و دوباره بررسی شود به همراه یک المان مشابه دیگر (به عنوان مثال اگر مورد نقص، ستون باشد، یک ستون دیگر هم انتخاب شود) که به صورت تصادفی انتخاب شده است.

### ٤-ب-۲-۵ چگالی

انجام یک آزمون چگالی به صورت تصادفی در هر عضو محافظت شده زیر انجام شود. در هر کف یا در هر ۵۰۰ مترمربع، هر کدام که بیشترین تعداد آزمون را نتیجه می‌دهد: بخش تخت کف؛ یک تیر، یا زیر بال پایینی تیر یا جان تیر؛ و یک ستون، یا جان ستون یا وجه خارجی یکی از بال‌های ستون.

وقتی که چگالی بین حداقل میانگین و حداقل مقدار منفرد مطابق طرح مقاومت در برابر آتش باشد، یک المان مشابه و به طور تصادفی انتخاب شده در همان منطقه، باید تست شود. اگر چگالی متوسط دو عضو در محدوده مجاز قرار گیرد، آن منطقه تأیید می‌شود و اگر میانگین رد شود، بنابراین آن اعضا در آن منطقه باید اصلاح شوند.

**طول و عرض،** اطراف محیط قالب مربوط به آزمونه را علامت‌گذاری کنید.

**ضخامت،** حداقل ۱۲ اندازه‌گیری ضخامت به طور متقارن انجام شود. اندازه‌های ضخامت را قبل از برداشتن SFRM تعیین نمایید. میانگین این ۱۲ اندازه را به عنوان ضخامت آزمونه در نظر بگیرید.

**وزن،** آزمونه را تا سطح زیر کار و در امتداد محیط قالب برش دهید. دقت کنید تمام مواد در جا از سطح زیرکار برداشته شود و مطابق زیربند ب-۲-۲ عمل‌آوری کنید.

**محاسبه چگالی،** چگالی را معادله (ب-۲) محاسبه نمایید:

$$D = \frac{W}{l \times w \times t} \qquad (ب-۲)$$

که در آن:

D چگالی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب؛

W وزن ثابت ماده خشک شده برحسب کیلوگرم؛

l طول آزمونه برحسب متر؛

w عرض آزمونه برحسب متر؛

t میانگین ضخامت آزمونه برحسب متر.

روش تغییرمکانی، این یک روش جایگزین برای روش توصیف شده در بالا بوده که برای تعیین چگالی در محل برای آزمونه‌ها با سطوح یا ابعاد نامنظم یا برای آزمونه‌هایی که به سختی از سطح زیرکار جدا می‌شوند، به کار می‌رود.

حداقل اندازه پیشنهاد شده برای آزمونه، ۱۳۱ سانتی‌مترمکعب است.

آزمونه باید در یک اندازه یکنواخت برش خورده و همه لبه‌های ناصاف آن برطرف شود.

عمل‌آوری آزمونه باید مطابق زیربند ب-۲-۲ باشد.

وزن را تعیین کنید.

تعیین حجم، یک بشر خالی با حجم ٤۰۰ میلی‌لیتر را در مرکز ظرف تخت قرار دهید و دانه‌های پلی‌استایرن منبسط نشده را داخل آن بریزید یا از طریق قیف ریخته به طوری که دانه‌های اضافی تا لبه بشر ریخته شود.

تیغه را به طور عمود بر لبه بشر نگه دارید. شروع کنید در لبه خلاف جهت دهانه و تیغه، دانه‌های اضافی را خارج کنید (با تیغه سطح بشر را صاف کنید). یکبار عبور کافی است.

سرریز دانه‌ها که در ظرف پهن جمع شده است را دور بریزید.

تمام دانه‌های باقی‌مانده در داخل بشر را در یک سیلندر مدرج بریزید.

بشر خالی را در مرکز ظرف پهن بگذارید و حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر از دانه‌های ریخته شده در سیلندر مدرج را در بشر بریزید. بشر را تکان ندهید.

نمونه مورد آزمایش را در مرکز بشر قرار داده و مطمئن شوید لبه‌ها به اطراف شیشه‌ای تماس پیدا نمی‌کند. در صورت لزوم به آرامی نمونه را بچرخانید.

باقی‌مانده‌های دانه‌های سیلندر مدرج را روی نمونه بریزید، اجازه دهید دانه‌های اضافی روی بشر داخل تاوه بریزد. هیچ گونه دانه‌ای را در سیلندر مدرج باقی نگذارید.

با تیغه سطح بشر را صاف کنید و اضافی آن را از تاوه بردارید.

با استفاده از یک قیف، دانه‌های جمع شده در ظرف پهن را داخل سیلندر مدرج خالی بریزید و حجم جابجا شده توسط نمونه را بخوانید. هنگام خواندن حجم، به سیلندر ضربه نزنید و آن را تکان ندهید.

**محاسبه چگالی،** چگالی را به معادله (ب-۳) محاسبه نمایید:

$$D = \frac{W}{V} \qquad (ب-۳)$$

که در آن:

D چگالی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب؛

W وزن ثابت ماده خشک شده برحسب کیلوگرم؛

V حجم نمونه خشک شده بر حسب مترمکعب (برابر با حجم دانه‌های جابجا شده به وسیله آزمونه).

**کمبود چگالی،** یک المان (کف، ستون، تیر یا تیرچه) معیوب است اگر:

یک چگالی منفرد کمتر از مقداری است که در طرح مقاوم در برابر آتش مجاز شده است.

چگالی میانگین محاسبه شده SFRM کمتر از حد مجاز در طرح مقاومت در برابر آتش مربوط باشد.

### ٤-ب-٢-٦ گزارش

**ضخامت،** میانگین، بیشترین و کمترین ضخامت آزمونه‌ها را برحسب میلی‌متر گزارش کنید.

**چگالی،** میانگین، بیشترین و کمترین مقدار چگالی آزمونه‌ها را برحسب کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کنید.

همچنین اطلاعات زیر را بسته به کاربرد،گزارش کنید:

- تاریخ آزمون و گزارش؛
- شناسه آزمونه (نام محصول، تولیدکننده، ابعاد و دیگر اطلاعات مربوط)؛

- توصیف آزمونه؛
- مشخصات پروژه و طرح؛
- اندازه آزمونه؛
- نقشه‌های دقیق آزمونه که توصیفی از مشخصه‌های فیزیکی شامل مقاطع اندازه‌گذاری شده و سایر جزئیات وابسته را ارائه می‌دهد؛
- هر گونه اصلاح آزمونه برای به دست آوردن مقادیر گزارش شده باید ذکر شود؛
- شرایط محیطی عمومی در زمان ساخت، در طی زمان عمل‌آوری (زمان ساخت تا آزمون) و زمان آزمون توصیف شود؛
- تغییرات وزن در شرایط آماده‌سازی آزمونه‌ها را ثبت کنید؛
- هرگونه انحراف از روش آزمون توصیف شود؛
- مکان بررسی (اعضای قاب‌بندی کف، شماره شبکه‌ها یا دیگر اطلاعات) برای مستندسازی تعداد آزمون‌ها؛
- پیوست، شامل تمام مشاهداتی که به‌طور ویژه در این روش‌های آزمون مورد نیاز نیست (برای مثال، شرایط فیزیکی داده‌های جدید آزمونه و مانند آن).

# پیوست ٤- پ
# (الزامی)
# نصب ترموکوپل‌ها به فولاد و مسیر کابل‌ها

## ٤- پ-۱ مقدمه

اندازه‌گیری دقیق دمای فولاد مبنای روش ارزیابی است. بنابراین، نوع ترموکوپل‌ها و روش اتصال، کابل‌کشی، محافظت و اتصال به کابل‌های مناسب یا انبساط‌ها باید به‌دقت مورد توجه قرار گیرد. این پیوست راهنمایی برای مراحل مناسب آن ارائه می‌دهد.

## ٤-پ-۲ انواع ترموکوپل‌ها

انواع مختلفی از ترموکوپل‌های سیمی شامل T، N، K و J که در استاندارد EN60584-1 مشخص شده است، مناسب هستند.

درصورت تمایل، ترموکوپل‌های پوشیده شده با فولاد ضد زنگ با پوشش عایق معدنی با اتصال گرم دارای عایق می‌تواند به‌کار رود. قطر کلی تا روی پوشش باید حداقل ۱٫۵ میلی‌متر باشد. سایر انواع ترموکوپل‌ها نیز بسته به توافق میان آزمایشگاه و متقاضی انجام آزمون در صورت مناسب بودن می‌توانند به‌کار روند. ترموکوپل‌های مناسب باید دارای سیم‌هایی با حداقل قطر ۰٫۵ میلی‌متر و دارای عایق در بین دو سیم و بین هر

سیم با هر ماده خارجی رسانا باشند تا احتمال هیچ‌گونه خطایی در حین انجام آزمون نباشد.

### ٤-پ-۳ نصب ترموکوپل‌ها

اتصال گرم ترموکوپل‌ها به فولاد باید از طریق جوش دادن، پین زدن یا سایر روش‌هایی که بر روی نتیجه یا دقت ترموکوپل اثر ندارند انجام شود. اتصال مکانیکی با استفاده از پیچ یا بولت مجاز نمی‌باشد.

بدون درنظر گرفتن روش نصب، ضروری است تا دو سیم ترموکوپل فراتر از اتصال گرم که باید در یا بر روی سطح فولاد باشد، به هم متصل نباشند. اتصال گرم ترموکوپل باید همیشه در نقطه‌ای انجام شود که کوتاه‌ترین چرخه را بین آن و اتصال سرد به‌وجود آورد.

### ٤-پ-٤ مسیر سیم‌های ترموکوپل

تا حد امکان باید سعی شود از اینکه اتصال گرم در طی مسیر تا اتصال سرد، در معرض دمایی بیشتر از دمای اتصال گرم قرار نمی‌گیرد، اطمینان حاصل شود. سیم‌ها باید از زیر ماده محافظ در برابر آتش حرکت کنند و خارج از کوره بدون عبور از محیط درون کوره حرکت کنند.

یادآور می‌شود که کارایی دمایی مشخص شده برای مواد عایق ترموکوپل، مربوط به شرایطی است که سیم‌ها تحت هیچ‌گونه حرکت یا کشش قرار نگرفته باشند.

ممکن است لازم باشد تا سیم‌های ترموکوپل‌ها نگه داشته شوند تا اطمینان حاصل شود که عملکرد مواد عایق به درستی ادامه پیدا می‌کند.

### ٤-پ-٥ اتصال ترموکوپل‌ها

هیچ‌گونه اتصالی نباید بین سیم ترموکوپل و هرگونه کابل اضافه شده درون ناحیه‌ی با دمای بالا برقرار شود. سیم‌های اضافی همیشه باید از نوع مناسب برای سیم ترموکوپل باشند.

### ٤- پ-٦ خرابی ترموکوپل‌ها

خرابی ترموکوپل‌ها همیشه به آسانی قابل تشخیص نیستند. این خرابی ممکن است در برخی موارد به دلیل شکست در سیم‌ها یا به دلیل نواقص موجود در عایق الکتریکی بین سیم‌ها و درنتیجه مدار کوتاه اتصال گرم باشد.

اگرچه نشانه‌های آشکار خرابی ترموکوپل عبارتند از:

- کاهش ناگهانی دمایی که نشان می‌دهد نسبت به دمای ثبت شده قبلی؛
- افزایش ناگهانی دمایی که نشان می‌دهد نسبت به مقداری که نماینده حداکثر دامنه ثبت دستگاه است؛
- مقدار دمایی که نشان می‌دهد با مقادیری که پیش‌بینی می‌شد تفاوت بسیاری داشته باشد.

یک نشانه متداول برای خرابی عایق الکتریکی می‌تواند وجود تفاوت در مقدار دمایی باشد که آن وسیله نشان می‌دهد با دمایی که کوره دارد.

# پیوست ٤- ت
# (الزامی)
# تصحیح داده‌ها / ضخامت اسمی

## ٤-ت-١ تصحیح داده‌ها

### ٤-ت-١-١ مراحل

خاصیت چسبندگی محصول را در نظر بگیرید، اطلاعات برای مقاطع کوتاه باید در مقابل تیرها و ستون‌های بارگذاری شده باید تصحیح شوند بسته به اینکه کدام برنامه آزمون که در جداول ٤-٥ و ٤-٦ ارائه شده، انتخاب شده است. مراحل تصحیح مورد نیاز برای بسته‌های آزمون که در جدول ٤-١ داده شده‌اند در جدول ٤- ت-١ نشان داده شده‌اند.

**جدول ٤- ت-١- مراحل تصحیح بسته‌های آزمون**

| ردیف | مراحل تصحیح مورد نیاز برای بسته‌های آزمون مندرج در جداول ١ و ٢ |
|---|---|
| الف) | داده‌های تیر H و I را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت تیرهای بارگذاری شده و تیرهای مرجع تصحیح کنید |
| ب) | داده‌های ستون H و I را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت ستون‌های بارگذاری شده و ستون‌های مرجع تصحیح کنید |
| پ) | داده‌های تیر و ستون H و I را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت تیرهای بارگذاری شده و تیرهای مرجع تصحیح کنید |
| ت) | داده‌های ستون H و I را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت تیرهای بارگذاری شده و تیرهای |

| | |
|---|---|
| | مرجع تصحیح کنید |
| ث) | **داده‌های تیر توخالی را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت تیرهای بارگذاری شده و تیرهای مرجع تصحیح کنید** |
| ج) | **داده‌های ستون توخالی را با استفاده از حداقل و حداکثر ضخامت ستون‌های بارگذاری شده و ستون‌های مرجع تصحیح کنید** |

اطلاعات مقطع کوتاه برای قابلیت چسبندگی در مقابل مقاطع بارگذاری شده تصحیح می‌شوند. این کار با مقایسه زمان لازم برای مقطع بارگذاری شده برای رسیدن به دمای طراحی با همان زمان برای مقطع کوتاه مرجع معادل ان انجام می‌شود. در تمامی موارد، دما به عنوان دمای مشخصه تعریف شده در زیربند ٤-۳-۱-۱۱ محاسبه می‌شود.

ضریب تصحیح برای هر دمای طراحی موردنیاز در دامنه ارزیابی محاسبه می‌شود. زمان تصحیح شده برای هر مقطع را در تحلیل‌ها به‌کار برید.

### ٤-ت-۱-۲ روش اجرا

در حالتی که زمان رسیدن به هر دمای طراحی برای مقطع کوتاه برای همان ضریب مقطع و ضخامت مقطع بارگذاری شده با به کار بردن معادله (٤- ت-۱) تنظیم شده باشد ممکن است مقاطع بارگذاری شده و مقطع مرجع کوتاه معادل آن، ضرایب مقطع و ضخامت پوشش یکسان نداشته باشند.

$$t_c = t_1 \times (S_1/S) \times (D/D_1) \qquad (٤- ت-۱)$$

که در آن:

$t_c$ زمان تصحیح شده؛

$t_1$ زمان رسیدن به دمای طراحی برای مقطع مرجع؛

S ضریب مقطع برای مقاطع بارگذاری شده؛

$S_1$ ضریب مقطع برای مقطع مرجع؛

D ضخامت ماده محافظ برای مقطع بارگذاری شده؛

$D_1$ ضخامت ماده محافظ برای مقطع مرجع؛

ضریب تصحیح K با استفاده از معادله (٤- ت-۲) محاسبه می‌شود.

$$k = t_1/t_c \qquad (٤- ت-۲)$$

که در آن:

$t_1$ زمان رسیدن به دمای طراحی برای مقطع بارگذاری شده است؛

$t_c$ زمان تصحیح شده.

در صورتی که ضریب تصحیح بزرگ‌تر از یک باشد، ضریب تصحیح یک درنظر گرفته می‌شود.

زمان رسیدن به دماهای معین برای مقاطع کوتاه با استفاده از ضریب تصحیح مناسب و زمان‌های تصحیح شده، به عنوان داده‌ها در تحلیل‌ها استفاده می‌شوند. یک نمونه در جدول ت-۲ ارائه شده است.

**جدول ٤- ت-۲- نمونه زمان رسیدن به دماهای معین برای مقاطع کوتاه و زمان‌های تصحیح شده**

| نوع مقطع | ضخامت | ضریب مقطع ($m^{-1}$) *Am/V* | زمان رسیدن به دمای طراحی (دقیقه) | زمان تصحیح برای ضخامت و ضریب مقطع (دقیقه) $t_c$ | ضریب تصحیح ($k=tl/t_c$) |
|---|---|---|---|---|---|
| تیر بارگذاری شده | 45.0(D) | 158(S) | 128($t_1$) | **144.2** | **0.89** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| تیر مرجع | $46.1(D_1)$ | $161(S_1)$ | $145(t_1)$ | | |

در صورتی که بسته آزمون انتخابی شامل مقاطع بارگذاری شده بـا حـداقل و حـداکثر ضخامت باشد، ضریب تصحیح برای مقاطع کوتاه توسط میان‌یابی خطی بین ضـرایب تصحیح به دست آمده در حداقل و حداکثر ضخامت پوشش محافظ به دست می‌آید. ضریب تصحیح برای مقاطع کوتاه با ضخامت‌های درون دامنه از طریق میان‌یابی خطی با استفاده از معادله (٤- ت-۳) به دست می‌آید:

$$k_i = \left[\frac{k_{max} - k_{min}}{d_{max} - d_{min}}\right](d_i - d_{min}) + k_{min} \qquad (٤- ت-۳)$$

که در آن:

$k_i$ ضریب تصحیح برای مقطع کوتاه در ضخامت i؛

$k_{imax}$ ضریب تصحیح برای حداکثر ضخامت ماده محافظ؛

$k_{imin}$ ضریب تصحیح برای حداقل ضخامت ماده محافظ؛

$d_i$ ضخامت ماده محافظ برای مقطع کوتاه به میلی‌متر،

$d_{min}$ حداقل ضخامت ماده محافظ برای مقطع بارگذاری شده به میلی‌متر؛

$d_{max}$ حداکثر ضخامت ماده محافظ برای مقطع بارگذاری شده به میلی‌متر.

زمان تا دمای طراحی × $k_i$ = زمان تصحیح شده برای مقطع کوتاه

یک نمونه محاسبه در جدول ٤- ت-۳ ارائه شده است.

**جدول ٤- ت-۳ – نمونه زمان تصحیح‌شده برای مقطع کوتاه**

| نوع مقطع | ضخامت mm | ضریب مقطع ($m^{-1}$) Am/V | زمان رسیدن به دمای طراحی (دقیقه) | زمان تصحیح برای ضخامت و ضریب مقطع (دقیقه) $t_c$ | ضریب تصحیح ($k=t_i/t_c$) |
|---|---|---|---|---|---|
| تیر بارگذاری شده ($d_{max}$) | ٤٥٫۰ | ۱۵۸ | ۱۲۸ | ۱٤٤٫۲[a] | ۰٫۸۹ ($k_{max}$) |
| تیر مرجع ($d_{max}$) | ٤٦٫۱ | ۱٦۱ | ۱٤٥ | | |
| تیر بارگذاری شده ($d_{min}$) | ۸٫٥ | ۱٥٥ | ٦۹ | ٦۹٫۹[a] | ۰٫۹۹ ($k_{min}$) |
| تیر مرجع($d_{min}$) | ۸٫۱ | ۱٥٤ | ٦۷ | | |

**راهنما:**
$d_{max}$ ضخامت حداکثر
$d_{min}$ ضخامت حداقل

a زمانی که تیر کوتاه باید به آن برسد اگر ضخامت ماده محافظ و ضریب مقطع همان ضخامت ماده محافظ و ضریب مقطع تیر بارگذاری شده معادل آن باشد.

یک مثال در جدول ٤- ت-٤ ارائه شده است.

**جدول ٤- ت-٤ – مثالی از محاسبه ضریب تصحیح**

| مقطع کوتاه | ضخامت ($d_i$) mm | زمان رسیدن به دمای طراحی (دقیقه) | ضریب ($k_i$) | زمان تغییر یافته (دقیقه) |
|---|---|---|---|---|
| تیر کوتاه | ۲٥٫٥ | ۸٥ | ۰٫۹٤۳ | ۸۰٫۲ |

ضریب ($K_i$) توسط میان‌یابی خطی بین $k_{max}$ و $k_{min}$ با استفاده از معادله (٤- ت-۲) به دست می‌آید.

مقاطع کوتاه بدون بارگذاری باید در مطابقت با جدول (٤- ت-۱) تصحیح شوند.

ضرایب تصحیح برای تمامی دماهای طراحی بیشتر از دمایی که در آن مقطع بارگذاری شده ظرفیت تحمل بار خود را از دست می‌دهد که در استاندارد EN1363-1 تعیین شده است بر اساس کمترین مقداری که مطابق زیر به‌دست می‌آید، می‌باشد:

- ضریب را در دمایی معادل ۱۰۰°C زیر دمایی که در آن شکست ظرفیت تحمل بار رخ می‌دهد، تعیین کنید؛
- ضرایب را برای دماهای میانی به تناوب هر ۱۰°C به همان طریق تعیین کنید؛
- کمترین مقدار را انتخاب کنید و برای تصحیح اطلاعات برای دماهای طراحی بالاتر از دمایی که در آن شکست ظرفیت تحمل بار رخ می‌دهد، استفاده کنید.

## ٤- ت-۲ ضخامت اسمی - روش تصویری

این احتمال وجود ندارد که گروهی از اطلاعات دقیقاً همان ضخامت را برای هر مقطع داشته باشند. بنابراین کارایی در یک ضخامت واقعی باید تنظیم شود تا ضخامت اسمی را به‌منظور تکشیدن ترسیمات معنی‌دارتر نشان دهد.

ضخامت اسمی به صورت میانگینی از کلیه ضخامت‌ها در دامنه اسمی محاسبه می‌شود.

برای هر نقطه داده، زمان تصحیح شده را تا رسیدن به دمای طراحی معین به دست آمده مطابق با بند ٤- ت-۱ به تناسب ضخامت واقعی و ضخامت اسمی تنظیم کنید.

**مثال**– رفتار خطی و ترسیمی از ضخامت اسمی ۵۰ میلی‌متر و یک نقطـه داده از ۵۲٫۳ میلی‌متر ضخامت واقعی را با زمان ٦٤ دقیقه را درنظر بگیرید ٦٤ × ۳، ۰٫۵۲، ۵۰ یعنی ٦۱ دقیقه را برای این نقطه داده به‌کار برید.

تصحیحات با استفاده از این رویکرد باید محدود به ٪۱۰± از ضخامت اسـمی درنظـر گرفته شده باشد.

# پیوست ٤- ث
# (الزامی)
# روش ارزیابی کارایی سامانه محافظ در برابر آتش

## ٤- ث-١ کلیات

این پیوست شامل روش‌های تحلیلی است که برای ارزیابی کارایی سامانه‌های محافظت در برابر آتش غیرعامل به‌کار می‌رود. برای تمامی روش‌های ارزیابی ضریب مقطع محاسبه شده برای آزمونه باید در تحلیل‌ها به کار برده شود. شکل ٤-١ را ببینید. برای هر روش ارزیابی، نتایج باید به صورت ضخامت محافظ (که در زیربند ٤-٣-١-٧ بیان شده است) به کار رفته بر روی اجزاء فولادی و به عنوان عملکرد ضریب مقطع، دمای طراحی فولاد و زمان مقاومت در برابر آتش داده شود.

داده ورودی باید زمان رسیدن به دمای متوسط طراحی فولاد برای تمامی مقاطع مورد آزمون که در جداول ٤-٥ و ٤-٦ مورد نیاز است، باشد. داده‌ها باید در مطابقت با اصول داده شده در پیوست ٤- ت تصحیح شوند.

در حالتی‌که فقط ستون‌های کوتاه به همراه تیرهای بارگذاری شده آزمایش شوند، داده‌ها برای تیرها نیز به‌کار می‌روند.

## ٤-ث-۲ رویکرد تصویری

### ٤-ث-۲-۱ کلیات

روش گام به گام زیر، مراحل ۱ تا ۷ باید اجرا شوند:

مرحله ۱ – تعیین ضخامت اسمی؛

مرحله ۲ – آماده کردن نمودارها؛

مرحله ۳ – روش ترسیم خطوط و منحنی‌ها؛

مرحله ٤ – کاربرد معیار پذیرش؛

مرحله ۵ – تعیین محل تقاطع؛

مرحله ٦ – میان‌یابی خطی؛

مرحله ۷ – تهیه گزارش نتایج.

### ٤- ث-۲-۲ داده‌های ورودی

دماهای طراحی مطابق آن‌چه در زیربند ٤-۱۳-۵ تعریف شده است که باید حداقل سه مرحله ۵۰°C داشته باشند.

- زمان‌های تصحیح شده برای رسیدن به دماهای طراحی؛
- ضریب مقطع محاسبه شده برای اجزاء سازه‌ای؛
- ضخامت متوسط ماده محافظ به تنهایی.

### ٤-ث-۲-۳ مرحله ۱ - ضخامت اسمی

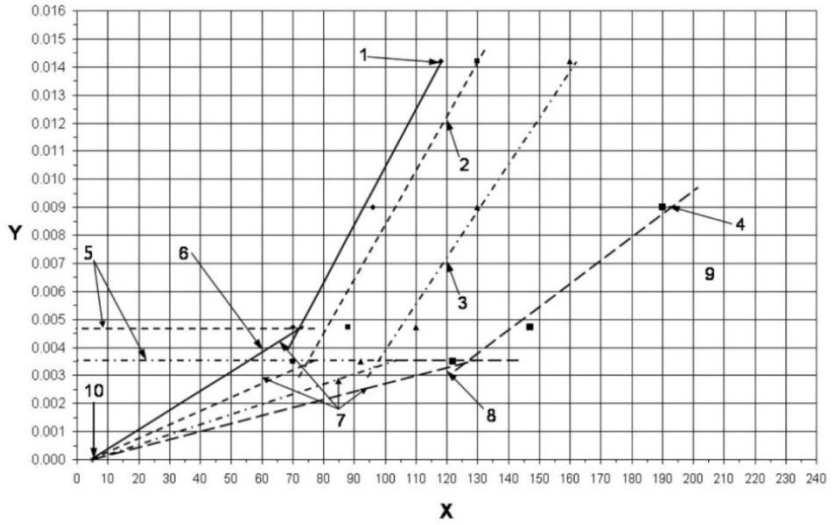
برای هر مقطع با ضخامت اسمی مشابه از ماده محافظ، زمان تصحیح برای مقطع تا رسیدن به دمای طراحی معین مطابق بند ٤- ت-۲ را با توجه به ضخامت اسمی تنظیم کنید.

### ٤- ث-۲-٤ مرحله ۲ - نمودار

برای هر مقطع مورد آزمون در هر دامنه ضخامت اسمی و برای هر دمای طراحی، معکوس ضریب مقطع را نسبت به زمان تصحیح تا رسیدن به دمای طراحی فولاد مطابق شکل ٤- ث-۱ ترسیم کنید. یک نقطه داده اضافی مجازی[1] محافظه‌کارانه که توسط $V/A_m$ از ۰٫۰ متر و زمان رسیدن به هر دمای طراحی که در استاندارد منحنی گرمایش در استاندارد EN1363-1 تعریف شده است، مختصات یابی می‌شود می‌تواند برای تمامی دماهای طراحی به‌کار رود. این نقطه داده مجازی می‌تواند در ساخت هر خط ضخامت اسمی به کار رود.

---

۱- نقطه داده مجازی (زیربند ٤- ث-۲-٤ را ببینید) یک نقطه داده محافظه کارانه برای فولاد محافظت شده است. این نقطه داده توسط دمای کوره استاندارد نسبت به زمان تعریف شده در استاندارد EN1363-1 برای دمای طراحی به دست می‌آید. برای تمامی مقاطع فولاد مناسب است چون دمای مقطع فولادی نمی‌تواند از دمای کوره بالاتر رود. این نقطه رسم یک خط از آن به محل تقاطع خط افقی توسط یک خط مستقیم یا منحنی را آسان می‌کند.




**راهنما:**

X زمان تصحیح شده و تنظیم شده (دقیقه) Y معکوس ضریب مقطع

1 محور برای ضخامت $d_{min}$ نمی‌تواند تا ۱۲۰ دقیقه تعمیم داده شود. تقاطع با رسم زمان نسبت به ضخامت برای یک ضریب مقطع ثابت به دست می‌آید و تا ۱۲۰ دقیقه میان‌یابی می‌شود. شکل ث-۳ را ببینید.

2 تقاطع برای $d_1$ در ۱۲۰ دقیقه، یعنی $۸۲m^{-1}$ 3 تقاطع برای $d_2$ در ۱۲۰ دقیقه، یعنی $۱۳۷m^{-1}$

4 حداکثر ۱۵ درصد برای تمام نقاط

5 یک خط افقی در پایین‌ترین معکوس ضریب مقطع برای هر نمودار ضخامت اسمی ترسیم می‌شود تا نمودارد ضخامت اسمی را قطع کند.

6 یک تقاطع در ۶۰ دقیقه 7 خطوط افق ترسیم شده از نقاط تقاطع تا نقاط داده مجاری

8 تقاطع برای $d_{max}$ در ۱۲۰ دقیقه، یعنی $۲۸۶m^{-1}$

9 از تمام نقاط داده برای هر ضخامت استفاده کنید تا بهترین خط مستقیم ممکن را براساس حداقل مربع‌ها رسم کنید.

10 نقطه داده مجازی در V/A برابر با صفر میلی‌متر و ۴٫۵ دقیقه (زمان لازم برای رسیدن دمای کوره به $۵۵۰^{\circ}C$

♦ $d_{min}$ ▲ $d_{max}$ ■ $d_1$ ▲ $d_2$

**شکل ٤- ث-۱ دمای فولاد $۵۵۰^{\circ}C$**

### ٤-ث-٢-٥ مرحله ۳- ترسیم خط

ترسیم‌ها ممکن است به صورت منحنی مماس بر خطوط مستقیم و یا یک منحنی ساده نقطه به نقطه ترسیم شود.

**خط مستقیم**، برای هر ضخامت، یک خط افقی از محور Y در پایین‌ترین معکوس ضریب مقطع از جدول ٤-٥ و ٤-٦ بکشید. برای هر گروه از نقاط داده از همان ضخامت اسمی ماده، یک خط مستقیم در بهترین مکان بر اساس اصول کمترین مربع‌ها تا حدی که اطمینان حاصل شود که شیب خط مثبت است، بکشید. یک خط مستقیم از نقطه داده مجازی از میان کمترین نقطه داده پیش‌بینی شده به‌صورت افقی به آن نقطه داده واقعی مطابق شکل ٤- ث-١ بکشید.

**خط منحنی**، ترسیم یک منحنی مماسی برای هر ضخامت اسمی موردنیاز، به حداقل شش نقطه داده نیاز خواهد داشت. نقاط داده اضافی باید در میان گروه داده‌های حداقل از جداول ٤ -٥ و ٤-٦ باشند. منحنی باید یک منحنی سهمی‌وار مماس بر حداقل مربع باشد و از نقطه مجازی عبور کند.

نقطه به نقطه، ترسیم یک نمودار خطی برای هر ضخامت اسمی موردنیاز، به حداقل شش نقطه داده نیاز خواهد داشت. نقاط داده اضافی باید در میان گروه داده‌های حداقل از جداول ٤-٥ و ٤-٦ در بین هر جفت از ضرایب مقاطع محافظه کارانه‌ای که مورد آزمون قرار گرفته‌اند، باشند. وقتی دو نقطه از یک A/V وجود دارد، محافظه کارانه‌ترین نقطه باید به‌کار رود.

با افزایش ضریب مقطع، زمان برای رسیدن به یک دمای طراحی داده شده کاهش پیدا خواهد کرد. نقاطی که این الزامات را برآورده نکنند حذف خواهند شد.

### ٤-ث-٢-٦ مرحله ٤- مطابقت با زیربند ١٣-٥

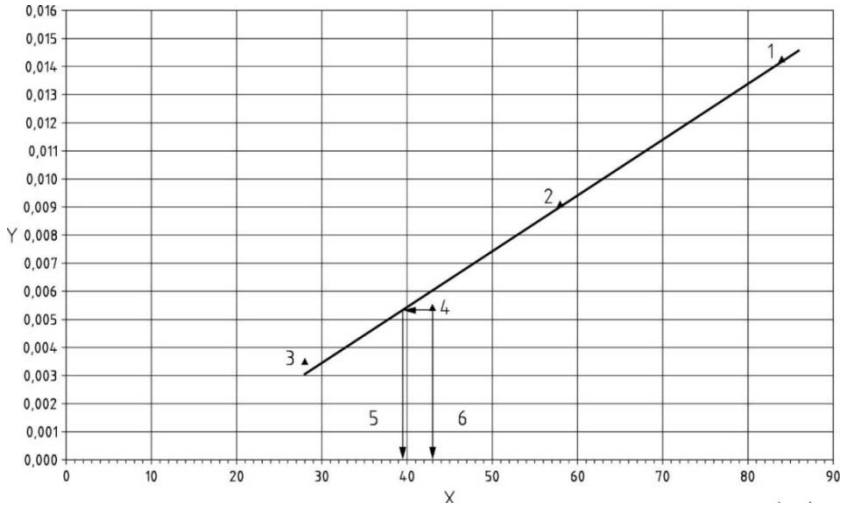
سه معیار داده شده در بخش‌های الف، ب و پ زیربند ١٣-٥ را برای هر دمای طراحی مانند مثال داده شده در شکل ث-٢ که ترسیمی از معکوس ضریب مقطع نسبت به زمان پیش‌بینی شده و زمان تصحیح شده و تنظیم شده برای ضخامت میانگین از دامنه ضخامت اسمی در دمای طراحی معین را نشان می‌دهد، به کار برید.

داده‌های این مثال در جدول ٤- ث-١ ارائه شده است. اگر برای هر خط معیار الف برآورده نشود، خط مورد سوال باید به سمت محور Y با حفظ شیب آن انتقال داده شود تا زمانی که معیار الف برای آن برآورده شود.

در صورتی که معیار ب یا پ برای یک دمای معین طراحی برآورده نشود، خط‌ها باید مطابق آن‌چه در بالا شرح داده شد، انتقال داده شوند ابتدا باید خطی انتقال داده شود که را دارد یعنی نزدیک‌ترین خط به نقطه داده واقعی است. بعد از هر انتقال از یک خط کوچک‌ترین پیش‌بینی غیرمحافظه‌کارانه دوباره تعیین می‌شود و این روند تکرار می‌شود تا جایی‌که معیار برآورده شود.

معیار ت باید در تمامی حالت‌ها برای دامنه ارزیابی برآورده شود.

درصورتی که یک خط ضخامت، خط ضخامت دیگری را قطع کند، نتایج تحلیل نهایی در جداول ضخامت باید خط ضخامت محافظه‌کارانه بالای نقطه تقاطع را به عنوان پیش‌فرض قرار دهد.




**راهنما:**

X زمان (دقیقه) Y معکوس ضریب مقطع

1 نقطه داده 2 نقطه داده ۲

3 نقطه داده ۴ 4 نقطه داده ۳

5 زمان پیش‌بینی شده ۳۹٫۵ دقیقه است.

6 زمان تصحیح شده و تنظیم شده ۴۳ دقیقه است.

▲ d – d (خطی)

**شکل ٤- ث-۲ مقایسه زمان پیش‌بینی شده نسبت به زمان تصحیح و تنظیم شده**

**جدول ٤- ث-١ داده‌های مورد استفاده در معیارهای پذیرش**

| نقطه داده‌ها | ضریب مقطع $m^{-1}$ | معکوس ضریب مقطع (m) | زمان رسیدن به دمای طراحی min |
|---|---|---|---|
| ١ | ٧٠ | ٠,٠١٤٢٨٦ | ٨٤ |
| ٢ | ١١٠ | ٠,٠٠٩٠٩١ | ٥٨ |
| ٣ | ١٨٥ | ٠,٠٠٥٤٠٥ | ٤٣ |
| ٤ | ٢٨٥ | ٠,٠٠٣٥٠٩ | ٢٨ |

با در نظر گرفتن نقطه داده ۳، مقدار پیش‌بینی شده توسط تقاطع خط ترسیمی و یک زمان پیش‌بینی شده پاسخگو که از محور X (یا درصورتی که نقطه داده بالای خط افقی باشد توسط یک معادله برای خط) به دست می‌آید که در این حالت ۳۹٫۵ دقیقه می‌باشد.

همین رویکرد می‌تواند برای هر نقطه داده برای تمامی خطوط ضخامت اسمی و دماهای طراحی فولاد به‌کار رود. در این حالت جدول ٤-ث-٢ به دست می‌آید و معیار پذیرش برای مقادیر به‌کار می‌رود.

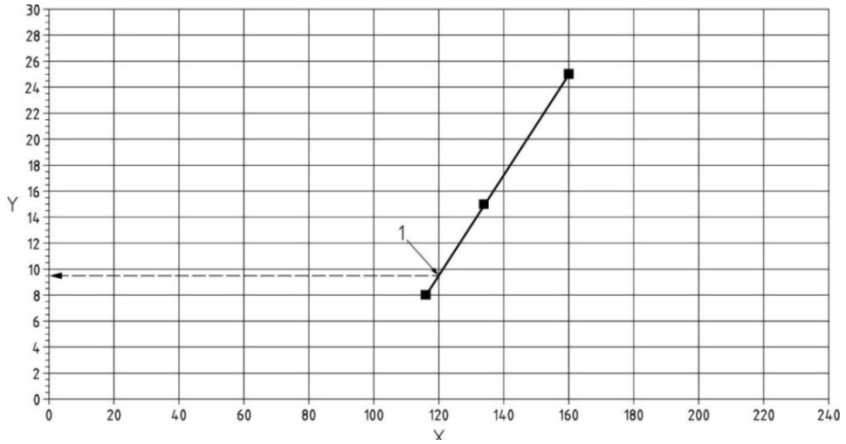
**جدول ٤- ث-٢ کاربرد معیارهای پذیرش رای هر نقطه داده**

| نقطه داده‌ها | زمان تصحیح برای دمای طراحی min | زمان پیش‌بینی شده برای دمای طراحی min |
|---|---|---|
| ١ | ٨٤ | ٨٣٫٩ |
| ٢ | ٥٨ | ٥٨٫٠ |
| ٣ | ٤٣ | ٣٩٫٥ |
| ٤ | ٢٨ | ٣٠٫٠ |

### ٤-ث-۲-۷ مرحله ٥- به دست آوردن محل‌های تقاطع خطوط

برای هر دمای طراحی و هر ترسیم از ضخامت اسمی ماده، حد معکوس ضریب مقطع را در محل تقاطع برای هر دوره زمانی موردنیاز مقاومت در برابر آتش برقرار کنید. محل تقاطع با استفاده از خطی که معیار پذیرش را برآورده می‌سازد، به دست می‌آید همان‌گونه که در شکل ٤-ث-۱ نشان داده شده است.

درصورتی که خط ضخامت اسمی، یک دوره زمانی مقاومت در برابر آتش را قطع نکند، همان گونه که در شکل ٤-ث-۱ برای ضخامت حداقل و ٦۰ دقیقه نشان داده شده است، یک محل تقاطع از طریق پیوست کردن با ترسیم نمودار اضافی از ضخامت اسمی در مقابل زمان تصحیح و تنظیم شده برای ضریب مقطع ثابت به دست می‌آید. یک نمونه ترسیم در شکل ٤-ث-۳ نشان داده شده است که بر اساس حداقل ضخامت فرضی ۸ میلی‌متر و ضخامت‌های میانی ۱۵ میلی‌متر و ۲۵ میلی‌متر می‌باشد.




**راهنما:**

X زمان (دقیقه) Y ضخامت به میلی‌متر

1 نقطه‌یابی در $۷۰ m^{-1}$ و ۹٫۵ میلی‌متر تعیین شده است.

**شکل ٤-ث-۳ محل تقاطع برای ۵۵۰°C / $۷۰m^{-1}$**

### ٤-ث-۲-۸ مرحله ٦ - الحاق خطی

برای هر دمای طراحی و دوره مقاومت در برابر آتش، حد ضریت مقطع را برای ضخامت‌های اسمی معین کنید.

ضخامت‌های میانی و ضرایب مقطع را توسط میانیابی خطی معین کنید. به منظور جلوگیری از پیش‌بینی‌های غیرمحافظه‌کارانه ضرورت دارد تا از وجود مراحل کافی در دامنه ضخامت اطمینان حاصل کنید.

تعداد مراحل ضخامت موردنیاز بین حداقل و حداکثر ضخامت در جدول ٤- ث-۳ داده شده است.

**جدول ٤- ث-۳ – تعداد مراحل ضخامت مورد نیاز بین حداقل و حداکثر ضخامت**

| حداکثر ضخامت- حداقل ضخامت **(mm)** | تعداد مراحل ضخامت |
|---|---|
| بیش از ٤٠ | ٤ |
| بیشتر از ٤٠ تا ٧٥ | ٥ |
| بیش از ٧٥ | ٦ |

### ٤-ث-۲-۹ مرحله ۷ - گزارش نتایج

نتایج ارزیابی را مطابق بند ١٤ در قالب گزارش ارائه دهید.

## ٤- ث-۳ روش تحلیل معادله دیفرانسیل (رویکرد λ متغیر)

### ٤- ث-۳-۱ کلیات

روش گام به گام زیر (مراحل ۱ تا ۱۲) باید اجرا شود:

مرحله ۱ – معادله اصلی؛

مرحله ۲ – داده‌های ورودی

مرحله ۳ – آماده‌سازی داده‌های ورودی

مرحله ٤ – تعیین رطوبت پایدار

مرحله ۵ – تعیین هدایت گرمایی متغیر اولیه برای هر مقطع کوتاه

مرحله ٦ – تعیین دمای ماده محافظ

مرحله ۷ – تغییر هدایت گرمایی

مرحله ۸ – تعیین میانگین هدایت گرمایی متغیر برای ماده محافظ

مرحله ۹ – کنترل معیار پذیرش

مرحله ۱۰ – تنظیم مشخصات هدایت گرمایی متغیر

مرحله ۱۱ – بیان نتایج

مرحله ۱۲ – تهیه گزارش نتایج

### ٤- ث-۳-۲ مرحله ۱ – معادله پایه

معادله پایه دیفرانسیل مطابق معادله (٤- ث-۱) است:

$$\Delta\theta_{a,t} = \left[\frac{\lambda_{p,t}/d_p}{c_a\rho_a}\times\frac{A_m}{V}\times\left(\frac{1}{1+\phi/3}\right)\times(\theta_t-\theta_{a,t})\Delta t\right]-\left[\left(e^{\phi/10}-1\right)\Delta\theta_t\right] \qquad (٤-ث-۱)$$

در صورتی که:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} \times d_p \times \frac{A_m}{V}$$

که در آن:

$\Delta\theta_{a,t}$ افزایش دمای طراحی در طی گام زمانی $\Delta t$، برحسب درجه کلوین؛

$\Delta\theta_t$ افزایش دمای کوره در طی گام زمانی $\Delta t$، برحسب درجه کلوین؛

$d_p$ ضخامت لایه خشک ماده واکنش‌زا برحسب متر؛

$c_a$ ظرفیت گرمایی ویژه دمایی مستقل فولاد در $\theta_a$، برحسب ژول بر کیلوگرم برکلوین؛

$\rho_a$ چگالی فولاد برحسب کیلوگرم بر مترمکعب؛

$A_m/V$ ضریب مقطع فولاد برحسب $m^{-1}$؛

$\theta_t$ دمای کوره برحسب $^oC$؛

$\theta_{a,t}$ دمای فولاد برحسب $^oC$؛

$\Delta t$ گام زمانی برحسب ثانیه؛

$\lambda_{p,t}$ هدایت گرمایی ماده محافظ در زمان t و برای $d_p$ ضخامت ماده محافظ بر حسب وات بر متر بر درجه کلوین؛

با

$$\Delta\theta_{a,t} \geq 0 \quad \text{و} \quad \Delta t \leq 30s$$

اگر $\Delta t$ محاسبه شده بزرگ‌تر از ۳۰ ثانیه باشد در این صورت باید ۳۰ ثانیه انتخاب شود.

به‌منظور برآورده کردن معیار پایداری عددی، افزایش زمان باید به گونه‌ای انتخاب شود که بیشتر از ۸۰٪ افزایش زمان بحرانی نباشد و توسط معادله (ث-۲) به دست می‌آید.

$$\Delta t = 0.8 \times \frac{c_a \times \rho_a}{\lambda_{p,t} / d_p} \times \frac{V}{A_p} \qquad (٤- ث- ٢)$$

که در آن:

$A_p/V$ یک نسبت هندسی شناخته شده از آزمونه است و از ابعاد واقعی المان‌های فولادی و محاسبه شده مطابق شکل شماره یک به دست می‌آید؛

$c_a$ و $\rho_a$ نسبت‌های مواد فولاد طبق استاندارد EN 1993-1-2 می‌باشند؛

$d_p$ فقط ضخامت اولیه فقط برای لایه نازکی از محصول واکنش‌زا در حالت خشک.

در صورتی که اطلاعات کافی در مورد محصول در دسترس نباشد، مقادیر زیر برای ماده محافظ می‌تواند به کار رود.

$c_p$=1000kJ/(kg.K)
$\rho_p$=100kg/m$^3$

### ٤-ث-۳-۳ مرحله ۲ - داده‌ها

به‌منظور انجام ارزیابی مناسب، داده‌های ورودی زیر برای تمامی اجزاء کوتاه غیربار‌بر ضروری می‌باشد:

دماهای طراحی تعریف شده در زیربند ٤-۱۳-۵ که حداقل سه دوره دمایی ۵۰°C را شامل باشد.

- زمان‌های تصحیح شده برای رسیدن به دماهای طراحی؛
- دماهای مانگین تصحیح نشده فولاد؛

- ضریب مقطع محاسبه شده برای اجزاء فولادی؛
- ضخامت متوسط فقط برای لایه نازکی از پوشش واکنش‌زا یعنی بدون پرایمر و پوشش نهایی.

### ٤-ث-۳-٤ مرحله ۳ - آماده‌سازی داده‌ها

برای هر آزمونه، دمای میانگین بین دو افزایش زمان نباید کاهش پیدا کند. اگر این اتفاق بیفتد باید دمای پایین‌تر میانی نادیده گرفته شده و با دمایی که از طریق میان‌یابی خطی بین دمای شروع اولین افزایش زمانی و دمای پایانی دومین افزایش زمانی به‌دست می‌آید، جایگزین شود.

### ٤-ث-۳-٥ مرحله ٤ - تعیین رطوبت پایدار

یک منحنی از طول رطوبت پایدار $D_p$ نسبت به ضخامت ماده محافظ در برابر آتش $d_p$ مطابق با معادله‌های (٤- ث-۳) و (٤- ث-٤) محاسبه کنید:

$$D_p = C \times d_p^3 \qquad (٤- ث-۳)$$

ضریب C از معادله (٤- ث-٤) به دست می‌آید:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_p^3 \times D_p}{\sum_{i=1}^{n} d_p^6} \qquad (٤- ث-٤)$$

که در آن‌ها:

N تعداد آزمون‌ها؛

$D_p$ طول رطوبت پایدار برای هر مقطع کوتاه محاسبه شده بر طبق مرحله ۱ (بر حسب دقیقه)؛

$d_p$ ضخامت ماده محافظ در برابر آتش بر هر مقطع کوتاه (برحسب mm).

**٤-ث-٣-٦ مرحله ٥ - تعیین هدایت گرمایی اولیه متغیر برای هر مقطع کوتاه**

برای هر مقطع کوتاه، هدایت گرمایی ماده محافظ در برابر آتش را نسبت بـه زمـان از معادله اصلی (ث-۱)، طبق معادله (ث-۵) محاسبه نمایید.

**(٤-ث-٥)**

$$\lambda_{p,t} = d_p \times \frac{V(1+\phi/3)}{A_p} \times c_a \times \rho_a \times \frac{1}{(\theta_t - \theta_{a,t}) \times \Delta t} \times \left[ \Delta\theta_{a.t} + (e^{\phi/10} - 1)\Delta\theta_t \right]$$

در این مرحله، دمای میانگین تصحیح نشده فولاد استفاده می‌شود.

**٤-ث-٣-٧ مرحله ٦ - تعیین دمای ماده محافظ**

برای هر مقطع کوتاه و هر دوره زمانی دمای ماده محافظ $\theta_{p,t}$ را از معادلـه (٤- ث-٦) تعیین کنید:

$$\theta_{p,t} = \left[ (\theta_{t-1} + \theta_t)/2 + (\theta_{a,t-1} + \theta_{a,t})/2 \right] \Big/ 2 \qquad \text{(٤- ث-٦)}$$

**٤-ث-٣-٨ مرحله ٧ - تبدیل مقادیر هدایت گرمایی**

مقادیر ($\lambda_p$ در مقابل t) $\lambda_{p,t}$ به مقادیر ($\lambda_p$ در مقابل $\theta_{p,t}$) $\lambda_{p,\theta}$ تبدیل کنید.

### ٤-ث-۳-۹ مرحله ۸ - تعیین میانگین هدایت گرمایی متغیر برای ماده محافظ

#### ٤-ث-۳-۹-۱کلیات

به‌دلیل آن‌که هدایت گرمایی به ضخامت ماده محافظ بستگی دارد، برای حداقل و حداکثر ضخامت ماده محافظ، باید دو مقدار هدایت گرمایی تعیین شود.

مقادیر هدایت گرمایی محاسبه شده بین شروع و پایان رطوبت پایدار در این مراحل استفاده نمی‌شوند.

برنامه آزمون شامل حداقل سه مقطع با حداقل مقدار اسمی ماده محافظ و سه مقطع با حداکثر مقدار ماده اسمی است.

برای حداقل ضخامت، $\lambda_{mean}(\theta_p)$ مربوط به مقاطع بدون بار کوتاه محافظت شده با حداقل ضخامت باید در نظر گرفته شود.

برای حداکثر ضخامت، $\lambda_{mean}(\theta_p)$ مربوط به مقاطع بدون بار کوتاه محافظت شده با حداکثر ضخامت باید در نظر گرفته شود.

برای ضخامت اسمی، طبق مراحل زیر است:

- برای هدایت گرمایی متغیر اولیه $\lambda_p(\theta_p)$ ، هدایت گرمایی متغیر متوسط $\lambda_{mean}(\theta_p)$ برای ماده محافظ باید طبق زیربند ٤- ث-۳-۹-۲ تعیین شود.

- سپس هدایت گرمایی متغیر میانگین $\lambda_{ave}(\theta_p)$ و انحراف استاندارد مشابه باید طبق زیربند ٤-ث-۳-۹-۳ تعیین شود.

#### ٤-ث-۳-۹-۲مرحله ۸ - الف

برای مقاطع محافظت شده با حداقل ضخامت و مقاطع محافظت شده با حداکثر ضخامت، به ازای هر هدایت گرمایی متغیر اولیه $\lambda_p(\theta_p)$ مقادیر متوسط را از $\lambda_{mean}(\theta_p)$

برای دامنه متوالی $[\theta_p,\theta_p+50]$ برای $\theta_p$ از صفر تا ۱۰۰۰°C به تناوب هر ۵۰°C یعنی برای ۲۱ محدوده محاسبه کنید.

دمای مشابه $\theta_p$ برای هر مقدار متوسط $\lambda_{mean}$ در میانه هر دامنه قرار دارد که در نظر گرفته شده به عنوان مثال در ۳۷۵°C، ۴۲۵°C، ۴۷۵°C و غیره.

### ٤-ث-۳-۹-۳مرحله ۸ - ب

برای مقاطع محافظت شده با حداقل ضخامت، هدایت گرمایی متغیر میانگین و انحراف استاندارد مشابه باید برای هر دامنه دمایی ۵۰°C محاسبه شود.

برای مقاطع محافظت شده با حداکثر ضخامت، هدایت گرمایی متغیر میانگین و انحراف استاندارد مشابه باید برای هر دامنه دمایی ۵۰°C محاسبه شود.

برای هر دو گروه و در هر دامنه دمایی $[\theta_p,\theta_p+50]$ برای $\theta_p$ از صفر تا ۱۰۰۰°C به تناوب هر ۵۰°C و به ازای هر مقدار متوسط $\lambda_{mean}(\theta p)$ مقادیر میانگین $\lambda_{ave}(\theta_p)$ و انحراف استاندارد برای $\theta_p$ از صفر تا ۱۰۰۰°C به تناوب هر ۵۰°C یعنی برای ۲۱ محدوده را محاسبه کنید.

### ٤- ث-۳-۱۰ مرحله ۹ - تغییر هدایت گرمایی متغیر میانگین

#### ٤- ث-۳-۱۰-۱ کلیات

با استفاده از هدایت گرمایی محاسبه شده در زیربند ٤- ث-۳-۹-۳، منحنی دما – زمان برای هر مقطع محاسبه می‌شود و زمان‌های محاسبه شده برای رسیدن به دمای طراحی با زمان‌های اندازه‌گیری شده مقایسه می‌شوند.

**٤- ث-۳-۱۰-۲ مرحله ۹ - الف**

برای اجزا کوتاه با استفاده از معادلـه (٤- ث-۷) و بـا $\lambda_{ave}(\theta_p)$ بـرای $\theta_p$ از صـفر تـا ۱۰۰۰°C به تناوب هر ۵۰°C، دمای فولاد را دوباره طبق معادلـه (٤- ث-۷) محاسـبه کنید.

(٤- ث-۷)

$$\Delta\theta_{p,t} = \left[\frac{1}{C_a \times \rho_a} \times \frac{\lambda_{ave}(\theta_p)}{d_p} \times \frac{A_p}{V} \times \frac{1}{1+\phi/3} \times (\theta_t - \theta_{a,t}) \times \Delta_t\right] - \left[(e^{\phi/10} - 1) \times \Delta\theta_t\right]$$

برای دمای $\theta_p$ بیشتر از ۱۰۰۰°C از مقدار $\lambda_{ave}(\theta_p)$ معـین شـده بـرای بیسـتمین دامنـه [950,1000]°C.

زمانی‌که دمای فولاد به ۱۰۰°C رسید، زمـان رسـیدن بـه ۱۰۰°C بـا اسـتفاده از طـول رطوبت پایدار، $D_p$ و مراحل ادامه یافته افزایش می‌یابد.

مقدار $\lambda_{ave}(\theta_p)$ بستگی به $d_p$ دارد و باید توسط میان‌یابی خطی بین $\lambda_{ave}(\theta_p)$ محاسـبه شده برای حداقل و حداکثر ضخامت ماده محافظ مطابق آنچه در بند ٤-۸- ب شـرح داده شد، محاسبه شود.

**٤- ث-۳-۱۰-۲ مرحه ۹ - ب**

برای هر دمای فولادِ اجزاء کوتاه بدون بار کـه دوبـاره محاسـبه شـده، زمـان $t_{recal}$ تـا رسیدن به دمای طراحی فولاد را تعیین کنید.

### ٤- ث-۳-۱۰-٤ مرحله ۹ - پ

تمامی $t_{recal}$ را نسبت به $t_{exp}$، مطابق معیار پذیرش تعریف شده در زیربند ٤-۱۳-۵ مقایسه کنید.

در صورتی که سه معیار برآورده شده باشند، هدایت گرمایی متغیر میانگین $\lambda_{ave}(\theta_p)$ برای $\theta_p$ از صفر تا ۱۰۰۰°C به تناوب هر ۵۰°C و به ترتیب برای حداقل و حداکثر ضخامت می‌تواند به عنوان نشان‌دهنده کارایی ماده واکنش‌زا تخمین زده شود.

سپس به مرحله ٤-۱۱، زیربند ٤-ث-۳-۱۱ مراجعه شود. بروید.

در صورتی که سه معیار برآورده نشده باشند هدایت گرمایی متغیر میانگین $\lambda_{ave}(\theta_p)$، باید به منظور برآورده کردن آن سه معیار پذیرش تغییر داده شوند، به مرحله ۱۰ زیربند ث-۳-۱۰ بروید.

### ٤- ث-۳-۱۰ مرحله ۱۰- تنظیم خواص هدایت گرمایی متغیر

به منظور برآورده کردن سه معیار پذیرش، هدایت گرمایی میانگین برای حداقل ضخامت $\lambda_{ave,min}(\theta_p)$ و هدایت گرمایی میانگین برای حداکثر ضخامت $\lambda_{ave,max}(\theta_p)$ باید با استفاده از معادله (٤- ث-۸) اصلاح شوند.

$$\lambda_{char}(\theta) = \lambda_{ave}(\theta_p) + K \times \sigma(\theta_p) \qquad (٤- ث-۸)$$

که در آن:

مقدار K باید حداقل ممکن باشد. همان مقدار باید برای هردو ضخامت حداکثر و حداقل ماده محافظ به کار رود.

مقدار K به صورت تکرار شونده یا متناوب توسط افزایش مقدار در گام‌های کوچک یافته می‌شود.

سپس، با استفاده از $\lambda_{char}(\theta_p)$ به جای $\lambda_{ave}(\theta_p)$ دوباره مرحله ۸ زیربند ٤- ث-۳-۹ را تکرار کنید تا تا زمانی‌که سه معیار پذیرش برآورده شوند.

اگر معیارهای پذیرش برآورده نشد، K را افزایش دهید و مرحله ۹ زیربند ٤- ث-۳-۱۰را تکرار کنید.

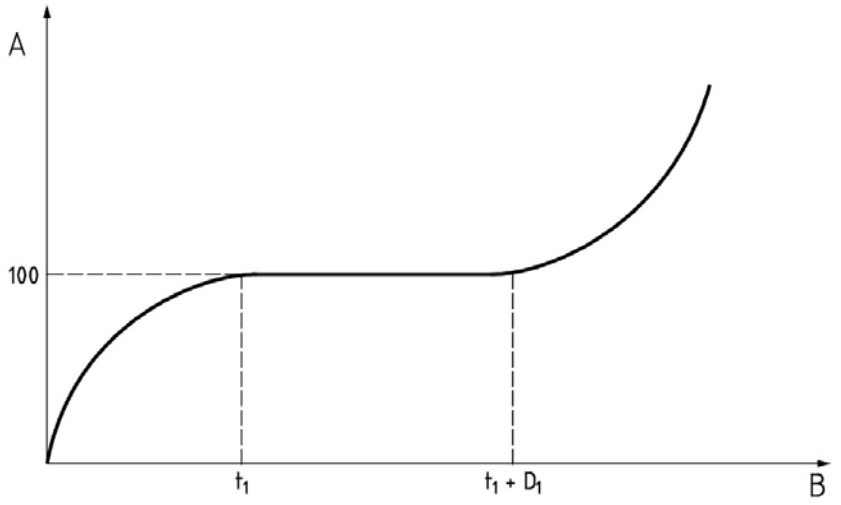
### ٤-ث-۳-۱۱ بیان نتایج

از هدایت گرمایی مربوط $\lambda_{ave}(\theta_p)$ یا $\lambda_{char}(\theta_p)$ که از مرحله ۹-پ در زیربند ٤-ث-۳-۱۰-٤ یا مرحله ۱۰ در زیربند ٤-ث-۳-۱۰ به دست آمده و همچنین معادله (٤-ث- ۷) استفاده کنید تا دمای پیش‌بینی شده اجزاء فولادی متعلق به دامنه ضریب شکل و ضخامت دامنه ماده محافظ تعریف شده در زیربند ٤-۱۳-۵ را تعیین کنید.

این دماهای طراحی را در گزارش ارزیابی که در بند ٤-١٤ خواسته شده، ارائه کنید.

### ٤-ث-۳-۱۲ گزارش نتایج

نتایج و ارزیابی آن‌ها را مطابق بند ٤-١٤ گزارش دهید.




راهنما:

A دما برحسب °C

B زمان بر حسب min

**شکل٤- ث-٤ معرفی رطوبت پایدار**

## ٤-ث-٤ روش تحلیل معادله دیفرانسیل (رویکرد λ ثابت)

### ٤-ث-٤-١ کلیات

مراحل گام به گام زیر (۱ تا ۷) باید اجرا شوند:

مرحله ۱ – استفاده از داده‌های ورودی به دست آمده از نتایج آزمون؛

مرحله ۲ – تعیین λ برای یک دمای طراحی معین فولاد؛

مرحله ۳ – برگشت خطی؛

مرحله ٤ – تأیید معیار پذیرش؛

مرحله ۵ – اصلاح $c_0$؛

مرحله ٦ – بیان نتایج؛

مرحله ۷ -گزارش نتایج.

### ٤-ث-٤-۲ مرحله ۱ - استفاده از داده‌های ورودی به‌دست آمده از نتایج آزمون - داده‌های ورودی

- دماهای طراحی تعریف شده در زیربند ٤-۱۳-۵؛
- زمان‌های تصحیح شده برای رسیدن به دماهای طراحی؛
- ضریب مقطع محاسبه شده برای اجزاء فولادی؛
- ضخامت متوسط ماده محافظ به تنهایی.

برای هر مقطع کوتاه، طول رطوبت پایدار $D_p$ را مطابق آن‌چه در شکل ٤-ث-۵ نشان داده شده و مطابق با دستورالعمل زیر ارزیابی کنید.

طول رطوبت پایدار $D_p$ (به دقیقه) فاصله بین محل تقاطع خط مستقیم ($d_1$) و محل تقاطع خط مستقیم مشابه آن ($d_2$) با خط $t = ۱۰۰°C$ می‌باشد.

که در آن:

$d_1$ خط مستقیم ترسیم شده از نقاط دما - زمان زیر است:

$[60°C/t_{60}°C]$ و $[80°C / t_{80}°C]$

$d_2$ خط مستقیم ترسیم شده از نقاط دما-زمان زیر است:

$[115°C/t_{115}°C]$ و $[200°C/t_{200}°C]$

برای تعیین رطوبت پایدار دمای فولاد برای هر مقطع کوتاه مطابق زیربند ٤-۳-۱-۱۲ محاسبه می‌شود.

زمان‌های تصحیح شده طول رطوبت پایدار را برای رسیدن به دماهای طراحی به‌حساب می‌آورند، یعنی زمان تصحیح شده تعریف شده در بند ٤-ت-۱ منهای طول

رطوبت پایدار $D_p$. این مقدار برای تعیین $\lambda$ که در مراحل ۲ و ۳ زیربندهای ٤-ث-۳-۳ و ٤-ث-۳-٤ تجویز شده‌اند به کار می‌رود.

### ٤-ث-٤-۳ مرحله ۲ - تعیین $\lambda$ برای یک دمای طراحی معین فولاد

معادله (٤-ث-۹) رابطه بین دمای فولاد نسبت به زمان را برقرار می‌کند. تمامی متغیرها به جز $\lambda$ شناخته می‌شوند. برای هر مقطع کوتاه $\lambda$ را با استفاده از معادله (٤-ث-۹) توسط تکرار به منظور انطباق زمان تصحیح شده و زمان محاسبه شده برای رسیدن به دمای طراحی فولاد تعیین کنید.

معادله اصلی

افزایش دما طی یک گام زمانی $\Delta$ برای یک مقطع فولادی محافظت شده توسط ماده محافظ با استفاده از معادله دیفرانسیل اصلی (٤- ث-۹) تعیین می‌شود.

$$\Delta\theta_{a,t} = \left[\frac{\lambda_{p,t}/d_p}{c_a\rho_a}\times\frac{A_m}{V}\times\left(\frac{1}{1+\phi/3}\right)\times\left(\theta_t-\theta_{a,t}\right)\Delta t\right]-\left[\left(e^{\phi/10}-1\right)\Delta\theta_t\right] \qquad (٤-ث-۹)$$

در صورتی‌که:

$$\phi = \frac{c_p\rho_p}{c_a\rho_a}\times d_p\times\frac{A_m}{V}$$

که در آن:

$\Delta\theta_{a,t}$ [K] افزایش دمای فولاد طی گام زمانی $\Delta t$ (همیشه باید بزرگتر از صفر باشد)؛

$\theta_{a,t}$ [K] دمای فولاد در زمان t؛

$d_p$ [m] ضخامت متوسط ماده محافظ؛

$c_a$ [J/kgK] گرمای ویژه فولاد در $\vartheta_a$؛

$\rho_p$ [$kg/m^3$] چگالی متوسط ماده محافظ؛

$A_m/V$ [$m^{-1}$] ضریب مقطع فولاد محاسبه شده؛

$\theta_t$ [°C] دمای کوره مربوط به هر ستون کوتاه؛

$\theta_a$ [°C] دمای فولاد؛

$\Delta t$ [S] گام زمانی (باید کمتر از ۳۰ ثانیه باشد)؛

$\Delta\theta_t$ [K] افزایش دمای کوره طی گام زمانی $\Delta_t$.

### ٤-ث-٤-٤ مرحله ۳ - برگشت خطی

برای یک دمای فولاد معین، تابع کلی $\lambda$ از برگشت خطی (روش حداقل مربع‌ها) و با استفاده از معادله (٤- ث-۱۰) به دست می‌آید:

$$\lambda = c_0 + c_1 \times A_m/V + c_2 \times d_p \qquad (٤- ث-۱۰)$$

مقادیر ثابت $c_0$، $c_1$ و $c_2$ را توسط حل معادله برگشت با استفاده از تمام نقاط داده از ستون‌های کوتاه برای دمای طراحی معین فولاد، تعیین کنید.

### ٤-ث-٤-٥ مرحله ٤ - تأیید معیار پذیرش

منحنی با شیب کم برای طول رطوبت پایدار ($D_p$) نسبت به ضخامت ماده محافظ در برابر آتش ($d_p$) را مطابق معادله (٤- ث-۱۱) و شکل ٤- ث-٦ تعیین کنید.

$$D_p = C \times d_p^3 \qquad (٤- ث-۱۱)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_p^3 \times D_p}{\sum_{i=1}^{n} d_p^6}$$

که در آن:

n تعداد آزمونه‌ها؛

$D_p$ طول رطوبت پایدار برای هر مقطع کوتاه محاسبه شده مطابق با مرحله ۱ زیربند ٤-ث-٤-۲ (برحسب min)؛

$d_p$ ضخامت ماده محافظ در برابر آتش برای هر مقطع کوتاه (برحسب mm).

برای هر دمای طراحی فولاد، $\lambda$ را با استفاده از مقادیر ثابت $c_0$، $c_1$ و $c_2$ و معادله (٤-ث-۱۰) محاسبه کنید. با استفاده از معادله (٤-ث-۹) زمان نظری برای رسیدن به دمای فولاد داده شده برای هر ستون کوتاه را محاسبه کنید.

طول رطوبت پایدار مطابق موارد زیر و شکل ٤- ث-۷ معرفی می‌شود:

- $\theta_a$ را با استفاده از معادله (٤- ث-۹) تا $\theta_a$=100°C به دست آید تا زمان $t_1$ را بدهد، محاسبه کنید؛
- $D_p$ را به عنوان تابعی از ضخامت ماده محافظ در برابر آتش $d_p$ محاسبه شود؛
- این زمان را به $t_1$ اضافه کنید؛

برای زمان بعد از $(t_1+D_p)$، $\theta_a$ را با استفاده از معادله (٤-ث-۹) محاسبه گردد؛

تعیین کنید که آیا نتایج، معیارهای پذیرش از بخش‌های الف، ب و پ زیربند ٤-۱۳-۵ را برآورده می‌سازند.

### ٤-ث-٤-٦ مرحله ۵ - اصلاح C0

اگر معیار پذیرش در ابتدا برآورده نشود، مرحله ٤ زیربند ٤-ث-٤-۵ را با $c_0$ اصلاح شده تکرار کنید تا زمانی‌که معیارهای پذیرش بخش‌های الف، ب و پ زیربند ٤-۱۳-

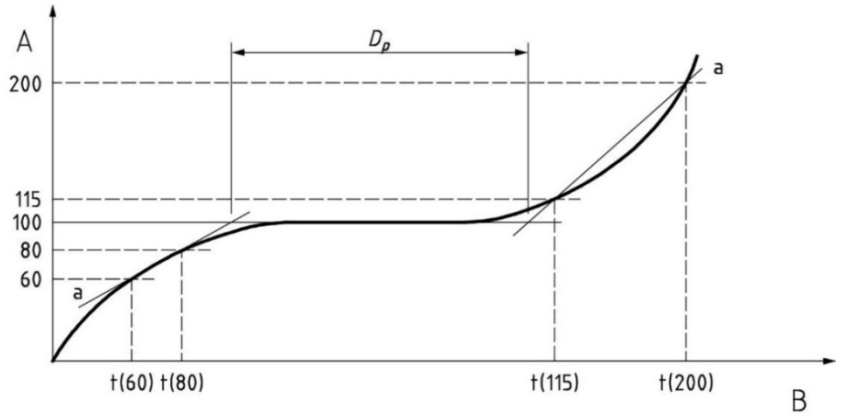
۵ برآورده شوند. نتیجه این تحلیل، ترکیب ضرایب برگشت $c_0$ (اصلاح شده در صورت نیاز)، $c_1$ و $c_2$ می‌باشد.

### ٤-ث-٤-٧ مرحله ٦ - بیان نتایج

با استفاده از ضرایب برگشت $c_0$، $c_1$ و $c_2$، معادله‌های (٤-ث-٩) و (٤-ث-١٠) و طول رطوبت پایدار تعریف شده در مرحله ٤ زیربند ٤-ث-٤-٥ اطلاعاتی که باید در گزارش ارزیابی مطابق بند ٤-١٤ ارائه شود را تعیین کنید.

### ٤-ث-٤-٨ مرحله ٧ - گزارش نتایج

نتایج و ارزیابی را مطابق با بند ٤-١٤ گزارش کنید.

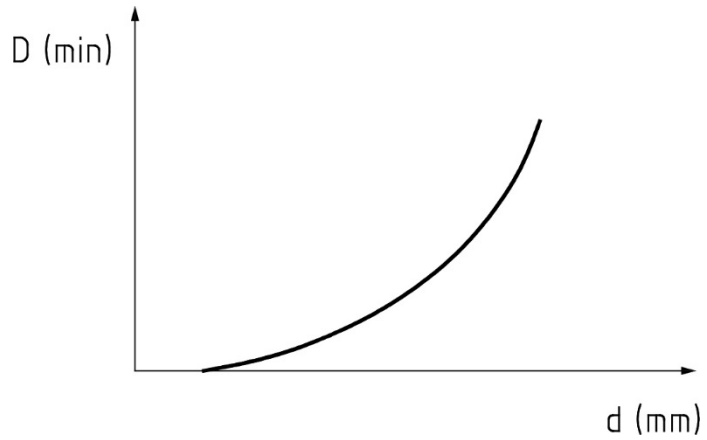



**راهنما:**

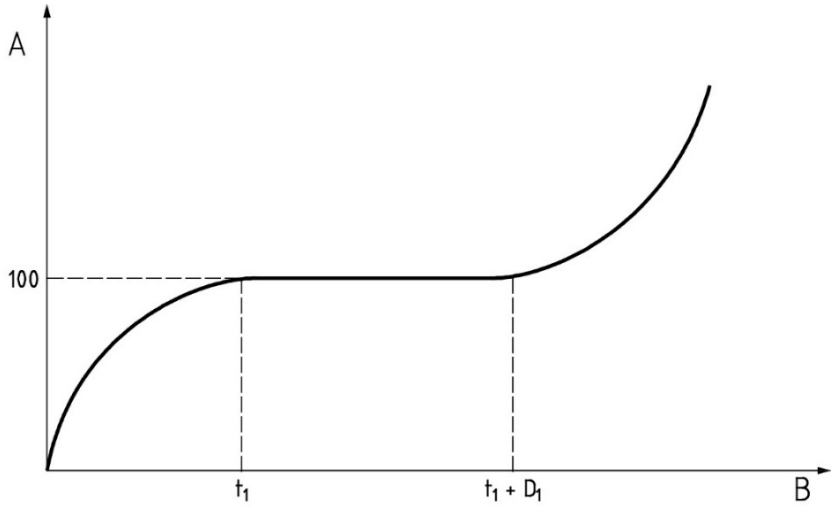
A دما برحسب °C

B زمان بر حسب min

**شکل ٤- ث-٥ ارزیابی طول رطوبت پایدار**




**شکل ٤- ث-٦ ارزیابی طول رطوبت پایدار نسبت به ضخامت ماده محافظ**




**راهنما:**

A دما برحسب $^{o}C$

B زمان بر حسب min

**شکل ٤- ث-٧ معرفی طول رطوبت پایدار**

## ٤-ث-٥ تحلیل برگشت عددی

### ٤-ث-٥-١ کلیات

روش گام به گام طبق مراحل ۱ تا ٦ باید انجام شود:

مرحله ۱ تا ٥ – استفاده از داده‌های نتایج آزمون؛

مرحله ٦ – گزارش نتایج

### ٤-ث-٢ داده‌ها

- دماهای طراحی مطابق زیربند ٤-۱۳-٥؛
- زمان‌های تصحیح شده برای رسیدن به دماهای طراحی؛
- ضخامت ماده محافظ به تنهایی.

### ٤-ث-٥-٣ معادله اصلی

تحلیل برگشت عددی خطی چندگانه توسط معادله (٤-ث-۱۲) انجام می‌شود:

$$t = a_0 + a_1 d_p + a_2 \frac{d_p}{A_m/V} + a_3\theta + a_4 d_p \theta_a + a_5 d_p \frac{\theta_a}{A_m/V} + a_6 \frac{\theta_a}{A_m/V} + a_7 \frac{1}{A_m/V} \qquad (٤-ث-۱۲)$$

که در آن:

$t$ زمان رسیدن به دمای طراحی برحسب min؛

$d_p$ ضخامت ماده محافظ برحسب mm؛

$A_m/V$ ضریب مقطع اندازه‌گیری شده برحسب $m^{-1}$؛

$a_0$ تا $a_7$ ضرایب برگشت؛

$\theta_a$ دمای فولاد برحسب °C.

### ٤- ث-٥-٤ مراحل ۱ تا ٥ - استفاده از داده‌های نتایج آزمون

#### ٤- ث-٥-٤-١ مرحله ۱

از طریق حل معادله برگشت با استفاده از تمامی داده‌های آزمون برای دماهای طراحی از حداقل تا حداکثر دمای مناسب برای هر تحلیل خواسته شده به تناوب هر ۵۰°C، مقادیر ثابت $a_1$ تا $a_7$ را تعیین کنید.

#### ٤- ث-٥-٤-٢ مرحله ۲

با استفاده از مقادیر ثابت، زمان لازم تا رسیدن به دمای طراحی برای ضخامت‌های مختلف سامانه محافظ در برابر آتش و ضرایب مقطع مختلف را محاسبه کنید.

#### ٤-ث-٥-٤-٣مرحله ۳

زمان‌های پیش‌بینی شده تا رسیدن به دمای طراحی را با زمان‌های اندازه‌گیری شده و تصحیح شده مقایسه کنید و مشخص کنید که آیا نتایج، معیارهای بخش‌های الف، ب و پ زیربند ٤-۱۳-٥ را برآورده می‌سازد.

#### ٤- ث-٥-٤-٤ مرحله ٤

درصورت لزوم، برای هر سه معیار پذیرش، یک ضریب اصلاح خطی ساده «x» را مشخص کنید به صورتی که $x \leq ۱۰$ باشد که در صورت اعمال در تمام مقادیر ثابت برگشت، سبب شود تا زمان‌های پیش‌بینی شده، معیارهای پذیرش را برآورده سازند.

#### ٤- ث-٥-٤-٥ مرحله ٥

با استفاده از ضرایب برگشت اصلاح شده، اطلاعاتی که باید در گزارش ارزیابی مطابق بند ١٤ آورده شود را مشخص کنید. این محاسبات نیاز به تغییر در معادله (ث-۱۲)

دارد تا ضخامت لازم برای ضریب مقطع داده شده برای هر دوره مقاومت در آتش مورد نیاز و برای هر دمای فولاد مشخص شود. معادله (ث-۱۳) باید برای تعیین ضخامت به کار رود.

$$d_p = \frac{t - a_0 - a_3\theta_a - \left(\frac{a_6\theta_a}{A_m/V}\right) - \left(\frac{a_7}{A_m/V}\right)}{a_1 + a_4\theta_a + \left(\frac{a_2}{A_m/V}\right) + \left(\frac{a_5\theta_a}{A_m/V}\right)} \qquad \text{(ث-۱۳)}$$

که در آن:

$t$ زمان رسیدن به دمای طراحی برحسب min؛

$d_p$ ضخامت ماده محافظ برحسب mm؛

$A_m/V$ ضریب مقطع اندازه‌گیری شده برحسب $m^{-1}$؛

$a_0$ تا $a_7$ ضرایب برگشت؛

$\theta_a$ دمای فولاد برحسب °C.

**٤-ث-٥-٤-٦مرحله ٦**

نتایج و ارزیابی را مطابق با بند ٤-١٤ گزارش دهید.

# پیوست ٤- ج

# (الزامی)

# جداول ابعاد مقاطع

**جدول ٤- ج-۱ مقاطع تیر با پروفیل‌های H و I**

| ابعاد مقطع تیر (UK) mm×mm×Kg/m | ضریب اسمی مقطع پروفیل $m^{-1}$ | ابعاد مقطع تیر (EURO) mm×mm×Kg/m | نام اروپایی تیر | ضریب اسمی مقطع پروفیل $m^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| ۹۱۴×۴۱۹×۳۸۸ | ۶۰ | ۸۱۴×۳۰۳×۳۱۷ | HEM 800 | ۶۳ |
| ۶۱۰×۳۰۵×۲۳۸ | ۷۰ | ۹۰۰×۳۰۰×۲۹۱ | HEB 900 | ۷۳ |
| ۶۱۰×۳۰۵×۱۷۹ | ۹۰ | ۵۴۰×۳۰۰×۱۶۶ | HEA 550 | ۹۵ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۸۹ | ۱۱۰ | ۲۴۰×۲۴۰×۸۳ | HEB 240 | ۱۱۶ |
| ۴۵۷×۱۵۲×۸۲ | ۱۳۰ | ۵۰۰×۲۰۰×۹۱ | IPE 500 | ۱۴۱ |
| ۳۵۶×۱۷۱×۶۷ | ۱۴۰ | | | |
| ۵۳۳×۲۱۰×۹۲ | ۱۴۰ | | | |
| ۴۰۶×۱۷۸×۶۷ | ۱۵۵ | ۴۰۰×۱۸۰×۶۶ | IPE 400 | ۱۶۴ |
| ۶۱۰×۲۲۹×۱۰۱ | ۱۴۵ | | | ۱۸۸ |
| ۴۰۶×۱۷۸×۶۰ | ۱۷۵ | ۳۳۰×۱۶۰×۴۹ | IPE 330 | ۲۰۰ |
| ۴۰۶×۱۷۸×۵۴ | ۱۹۰ | ۳۰۰×۱۵۰×۴۲ | IPE 300 | ۲۰۰ |
| ۳۵۶×۱۷۱×۴۵ | ۲۱۰ | ۲۴۰×۱۲۰×۳۱ | IPE 240 | ۲۲۳ |
| ۳۵۶×۱۲۷×۳۹ | ۲۱۵ | | | |
| ۲۵۴×۱۴۶×۳۱ | ۲۳۰ | ۲۰۰×۱۰۰×۲۲ | IPE 200 | ۲۵۳ |
| ۳۰۵×۱۰۲×۲۸ | ۲۴۵ | ۱۸۰×۹۱×۱۹ | IPE 180 | ۲۶۸ |
| ۲۵۴×۱۰۲×۲۲ | ۲۷۵ | ۱۶۰×۸۲×۱۶ | IPE 160 | ۲۸۷ |
| ۳۰۵×۱۰۲×۲۵ | ۲۸۵ | ۱۴۰×۷۳×۱۳ | IPE 140 | ۳۰۶ |
| /٤١٠٢×۴۴×۷ | ۳۲۰ | /٤١٢٠×۶۴×۱۰ | IPE 120 | ۳۳۱ |
| | | /۸۱۰۰×۵۵×۷ | IPE 100 | ۳۶۰ |
| | | | IPE 80 | ۳۹۰ |

**جدول ٤- ج-۲ مقاطع تیرهای H و I جعبه‌ای**

| ابعاد مقطع تیر (UK) mm×mm×Kg/m | ضریب اسمی مقطع جعبه‌ای $m^{-1}$ | ابعاد مقطع تیر (EURO) mm×mm×Kg/m | نام اروپایی تیر | ضریب اسمی مقطع جعبه‌ای $m^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| ۹۱۴×۴۱۹×۳۸۸ | ۴۵ | ۸۱۴×۳۰۳×۳۱۷ | HEM 800 | ۴۹ |
| ۶۱۰×۳۰۵×۲۳۸ | ۵۰ | ۹۰۰×۳۰۰×۲۹۱ | HEB 900 | ۵۸ |
| ۶۱۰×۳۰۵×۱۷۹ | ۷۰ | ۵۴۰×۳۰۰×۱۶۶ | HEA 550 | ۶۷ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۸۹ | ۷۰ | ۲۴۰×۲۴۰×۸۳ | HEB 240 | ۷۱ |
| ۴۵۷×۱۵۲×۸۲ | ۱۰۵ | ۵۰۰×۲۰۰×۹۱ | IPE 500 | ۱۰۷ |
| ۳۵۶×۱۷۱×۶۷ | ۱۰۵ | | | |
| ۵۳۳×۲۱۰×۹۲ | ۱۱۰ | | | |
| ۴۰۶×۱۷۸×۶۷ | ۱۱۵ | ۴۰۰×۱۸۰×۶۶ | IPE 400 | ۱۲۱ |
| ۶۱۰×۲۲۹×۱۰۱ | ۱۱۰ | | | |
| ۴۰۶×۱۷۸×۶۰ | ۱۳۰ | ۳۳۰×۱۶۰×۴۹ | IPE 330 | ۱۳۷ |
| ۴۰۶×۱۷۸×۵۴ | ۱۴۵ | ۳۰۰×۱۵۰×۴۲ | IPE 300 | ۱۴۵ |
| ۳۵۶×۱۷۱×۴۵ | ۱۵۵ | ۲۴۰×۱۲۰×۳۱ | IPE 240 | ۱۶۱ |
| ۳۵۶×۱۲۷×۳۹ | ۱۷۰ | | | |
| ۲۵۴×۱۴۶×۳۱ | ۱۶۰ | ۲۰۰×۱۰۰×۲۲ | IPE 200 | ۱۸۴ |
| ۳۰۵×۱۰۲×۲۸ | ۲۰۰ | ۱۸۰×۹۱×۱۹ | IPE 180 | ۱۹۴ |
| ۲۵۴×۱۰۲×۲۲ | ۲۱۵ | ۱۶۰×۸۲×۱۶ | IPE 160 | ۲۰۷ |
| ۳۰۵×۱۰۲×۲۵ | ۲۲۵ | ۱۴۰×۷۳×۱۳ | IPE 140 | ۲۲۱ |
| ۴٫۱۰۲×۴۴×۷ | ۲۶۰ | ۴٫۱۲۰×۶۴×۱۰ | IPE 120 | ۲۳۹ |
| | | ۸٫۱۰۰×۵۵×۷ | IPE 100 | ۲۵۸ |
| | | | IPE 80 | ۲۷۷ |

**جدول ٤- ج-۳ مقاطع ستون با پروفیل‌های H و I**

| ابعاد مقطع ستون (UK) mm×mm×Kg/m | ضریب اسمی مقطع پروفیل $m^{-1}$ | ابعاد مقطع ستون (EURO) mm×mm×Kg/m | نام اروپایی ستون | ضریب اسمی مقطع پروفیل $m^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| ۳۵۶×۴۰۶×۶۳۴ | ۳۰ | | | |
| ۳۰۵×۳۰۵×۲۸۳ | ۵۵ | ۴۳۲×۳۰۷×۲۵۶ | HEM 400 | ۶۴ |
| ۳۵۶×۴۰۶×۳۴۰ | ۵۵ | | | |
| ۳۰۵×۳۰۵×۱۹۸ | ۷۵ | ۲۷۰×۲۴۸×۱۵۷ | HEM 240 | ۷۶ |
| | ۱۰۵ | ۳۱۰×۲۸۸×۱۸۹ | HEM 280 | ۷۴ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۱۳۲ | ۹۰ | ۲۴۰×۲۲۶×۱۱۷ | HEM 220 | ۹۲ |
| ۳۵۶×۳۶۸×۱۷۷ | ۹۵ | ۴۵۰×۳۰۰×۱۷۱ | HEB 450 | ۹۸ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۱۰۷ | ۱۱۰ | ۳۲۰×۳۰۰×۱۲۷ | HEB 320 | ۱۱۷ |
| ۳۰۵×۳۰۵×۱۱۸ | ۱۲۰ | ۳۰۰×۳۰۰×۱۱۷ | HEB 300 | ۱۲۵ |
| | | ۳۹۰×۳۰۰×۱۲۵ | HEA 400 | ۱۲۸ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۸۹ | ۱۳۰ | ۲۴۰×۲۴۰×۸۳ | HEB 240 | ۱۳۹ |
| ۳۵۶×۳۶۸×۱۲۹ | ۱۳۰ | ۳۳۰×۳۰۰×۱۰۵ | HEA 340 | ۱۴۵ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۶۰ | ۱۶۰ | ۱۸۰×۱۸۰×۵۱ | HEB 180 | ۱۶۸ |
| ۳۰۵×۳۰۵×۹۷ | ۱۴۵ | ۲۹۰×۳۰۰×۸۸/۳ | HEA 300 | ۱۶۶ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۵۲ | ۱۸۰ | ۲۳۰×۲۴۰×۶۰ | HEA 240 | ۱۹۲ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۴۶ | ۲۰۰ | ۲۱۰×۲۲۰×۵۱ | HEA220 | ۲۰۹ |
| | | ۱۹۰×۲۰۰×۴۲ | HEA 200 | ۲۲۹ |
| ۱۵۲×۱۵۲×۳۰ | ۲۳۵ | ۱۵۲×۱۶۰×۳۴ | HEA 160 | ۲۵۳ |
| | | ۱۳۳×۱۴۰×۲۵ | HEA 140 | ۲۵۹ |
| ۲۰۳×۱۰۲×۲۳ | ۲۷۰ | ۱۱۴×۱۲۰×۲۰ | HEA 120 | ۲۹۰ |
| | | ۲۰۰×۱۰۰×۲۲/۴ | IPE 200 | ۲۹۰ |
| ۱۵۲×۱۵۲×۲۳ | ۳۰۰ | ۱۸۰×۹۱×۱۹ | IPE 180 | ۳۰۷ |
| ۱۷۸×۱۰۲×۱۹ | ۳۰۵ | ۱۶۰×۸۲×۱۶ | IPE 160 | ۳۲۹ |
| | | | IPE 100 | ۴۲۴ |
| | | | IPE 80 | ۴۵۰ |

**جدول ٤-ج-٤ مقاطع ستون‌های H و I جعبه‌ای**

| ابعاد مقطع ستون (UK) mm×mm×Kg/m | ضریب اسمی مقطع جعبه‌ای $m^{-1}$ | ابعاد مقطع ستون (EURO) mm×mm×Kg/m | نام اروپایی ستون | ضریب اسمی مقطع جعبه‌ای $m^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| ۳۵۶×۴۰۶×۶۳۴ | ۲ | | | |
| ۳۰۵×۳۰۵×۲۸۳ | ۴۰ | ۴۳۲×۳۰۷×۲۵۶ | HEM 400 | ۴۶ |
| ۳۵۶×۴۰۶×۳۴۰ | ۳۵ | | | |
| ۳۰۵×۳۰۵×۱۹۸ | ۵۰ | ۲۷۰×۲۴۸×۱۵۷ | HEM 240 | ۵۳ |
| | ۱۰۵ | ۳۱۰×۲۸۸×۱۸۹ | HEM 280 | ۵۱ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۱۳۲ | ۶۵ | ۲۴۰×۲۲۶×۱۱۷ | HEM 220 | ۶۴ |
| ۳۵۶×۳۶۸×۱۷۷ | ۶۵ | ۴۵۰×۳۰۰×۱۷۱ | HEB 450 | ۷۱ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۱۰۷ | ۷۵ | ۳۲۰×۳۰۰×۱۲۷ | HEB 320 | ۸۰ |
| ۳۰۵×۳۰۵×۱۱۸ | ۸۵ | ۳۰۰×۳۰۰×۱۱۷ | HEB 300 | ۸۴ |
| | | ۳۹۰×۳۰۰×۱۲۵ | HEA 400 | ۹۰ |
| ۲۵۴×۲۵۴×۸۹ | ۹۰ | ۲۴۰×۲۴۰×۸۳ | HEB 240 | ۹۴ |
| ۳۵۶×۳۶۸×۱۲۹ | ۹۰ | ۳۳۰×۳۰۰×۱۰۵ | HEA 340 | ۹۹ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۶۰ | ۱۱۰ | ۱۸۰×۱۸۰×۵۱ | HEB 180 | ۱۱۴ |
| ۳۰۵×۳۰۵×۹۷ | ۱۰۰ | ۲۹۰×۳۰۰×۸۸/۳ | HEA 300 | ۱۱۰ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۵۲ | ۱۲۵ | ۲۳۰×۲۴۰×۶۰ | HEA 240 | ۱۲۹ |
| ۲۰۳×۲۰۳×۴۶ | ۱۴۰ | ۲۱۰×۲۲۰×۵۱ | HEA220 | ۱۴۰ |
| | | ۱۹۰×۲۰۰×۴۲ | HEA 200 | ۱۵۳ |
| ۱۵۲×۱۵۲×۳۰ | ۱۶۰ | ۱۵۲×۱۶۰×۳۴ | HEA 160 | ۱۶۹ |
| | | ۱۳۳×۱۴۰×۲۵ | HEA 140 | ۱۷۴ |
| ۲۰۳×۱۰۲×۲۳ | ۲۱۰ | ۱۱۴×۱۲۰×۲۰ | HEA 120 | ۱۹۴ |
| | | ۲۰۰×۱۰۰×۲۲/۴ | IPE 200 | ۲۲۰ |
| ۱۵۲×۱۵۲×۲۳ | ۲۰۵ | ۱۸۰×۹۱×۱۹ | IPE 180 | ۲۳۳ |
| ۱۷۸×۱۰۲×۱۹ | ۲۳۰ | ۱۶۰×۸۲×۱۶ | IPE 160 | ۲۵۰ |
| | | | IPE 100 | ۳۱۳ |
| | | | IPE 80 | ۳۳۹ |

**جدول ٤- ج-٥ مقاطع توخالی مستطیل شکل**

| ابعاد مقطع ستون mm×mm×mm | ضریب اسمی مقطع $m^{-1}$ |
|---|---|
| ۴۰۰×۴۰۰×۲۰ | ۵۵ |
| ۲۰۰×۲۰۰×۱۶ | ۷۷ |
| ۲۰۰×۲۰۰×۱۲٫۵ | ۸۵ |
| ۲۰۰×۲۰۰×۱۰ | ۱۰۰ |
| ۲۰۰×۲۰۰×۸ | ۱۳۰ |
| ۱۶۰×۱۶۰×۸ | ۱۳۵ |
| ۹۰×۹۰×۸ | ۱۴۰ |
| ۲۰۰×۲۰۰×۶٫۳ | ۱۶۵ |
| ۱۵۰×۱۵۰×۵ | ۲۱۰ |
| ۱۰۰×۱۰۰×۴ | ۲۶۰ |
| ۹۰×۹۰×۳٫۶ | ۲۹۰ |
| ۸۰×۸۰×۳٫۶ | ۲۹۵ |
| ۱۰۰×۱۰۰×۳٫۲ | ۳۳۰ |
| ۵۰×۵۰×۲٫۵ | ۴۲۵ |

درصورت نیاز به آزمون تیرهایی با مقطع مستطیل شکل، مقاطع را می‌توان از این جدول نیز انتخاب نمود. دراین‌صورت، ضریب مقطع براساس سه سطح در معرض محاسبه می‌شود.

**جدول ٤- ج-٦ مقاطع توخالی دایره‌ای شکل**

| ابعاد مقطع ستون mm(dia) × mm | ضریب اسمی مقطع $m^{-1}$ |
|---|---|
| ۲۴۴٫۵×۲۵ | ۴۵ |
| ۳۲۳٫۹×۲۵ | ۴۵ |
| ۳۵۵٫۶×۲۰ | ۵۵ |
| ۲۱۹٫۱×۱۲٫۵ | ۸۵ |

| | |
|---|---|
| ۲۱۹٫۱×۱۰ | ۱۰۰ |
| ۲۱۹٫۱×۸ | ۱۳۰ |
| ۱۶۸٫۳×۸ | ۱۳۰ |
| ۱۶۸٫۳×۶٫۳ | ۱۶۵ |
| ۱۳۹٫۷×۵ | ۲۰۵ |
| ۲۱۹٫۱×۵ | ۲۰۵ |
| ۱۱۴٫۳×۳٫۶ | ۲۸۵ |
| ۸۸٫۹×۳٫۲ | ۳۲۵ |
| ۴۲٫۴×۲٫۶ | ۴۱۰ |

# فصل پنجم
# آیین‌کار اجرای پوشش‌های معدنی پاششی محافظت‌کننده در برابر آتش

**هشدار**- این دستورالعمل تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این دستورالعمل است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده تا قبل از استفاده محدوده اجرایی آن را رعایت نماید.

## ۵-۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این دستورالعمل، ارائه توصیه‌هایی برای نحوه انتخاب و نصب پوشش‌های معدنی پاششی برای بهبود مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمانی است. همچنین این دستورالعمل روش‌های کاربرد در انواع مختلف سطح با چگالی‌ها و سطوح پرداخت مختلف را تشریح می‌کند.

## ۵-۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این دستورالعمل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این دستورالعمل محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار، ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این دستورالعمل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های آن‌ها مورد نظر است.

**5-2-1** EN ISO 1182, Reaction to fire tests for building products – Non combustibility test.

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۲۷۱: ۱۳۸۳، واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی- قسمت ۲ ـ آزمون نسوختن مواد، با استفاده از استاندارد EN ISO 1182: 2002 تدوین شده است.

**5-2-2** BS EN 1363-1, Fire resistance tests- Part 1: General requirements.

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۰۵۵: ۱۳۸۸، مقاومت در برابر آتش ـ قسمت ۱: الزامات عمومی با استفاده از استاندارد BS EN 1363-1: 1999 تدوین شده است.

**5-2-3** BS ISO 5658-2, Reaction to fire tests – Spread of flame – part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration.

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۲۸۱: ۱۳۹۳، آزمون‌های واکنش در برابر آتش – پیشروی شعله – قسمت ۲: پیشروی جانبی شعله روی فرآورده‌های ساختمانی و حمل و نقل در موضع عمودی، با استفاده از استاندارد BS ISO 5658-2:2006 تدوین شده است.

۵-۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۶۷۸: ۱۳۹۳، سیمان کلسیم آلومیناتی-ویژگی‌ها.

**5-2-5** BS 1191-1, Specification for gypsum building plasters. Excluding premixed lightweight plasters

۵-۲-۶ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی".

**5-2-7** ISO 5660, Fire Tests, Reaction to Fire, Rate of Heat Release from Building Products (Cone Calorimeter)

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۲۷۱: ۱۳۸۲، واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده های ساختمانی ـ روشهای آزمون ـ قسمت اول: اندازه گیری شدت رهایش گرما ناشی از سوختن مصالح و فرآورده های ساختمانی به وسیله دستگاه گرماسنجی مخروطی با استفاده از استاندارد ISO 5660:1990 تدوین شده است.

**5-2-8** BS 1485, Specification for zinc coated hexagonal steel wire netting

۵-۲-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه".

۵-۲-۱۰ استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹: ۱۳۷۸، ویژگی‌های سیمان پرتلند.

**5-2-11** BS 5268-2, Structural use of timber. Code of practice for permissible stress design, materials and workmanship

۵-۲-۱۲ مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی".

**5-2-13** BS EN 1015-12, Mortar for masonry Test method - Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates

**یادآوری**- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۹۱۵۰: ۱۳۸۶، ملات بنایی روش آزمون قسمت ۱۲ تعیین مقاومت چسبندگی ملات‌های اندود بیرونی و داخلی سخت شده به مصالح زیرکار با استفاده از استاندارد BS EN 1015-12:2000 تدوین شده است.

**5-2-14** ASTM E605**,** Standard Test Methods for Thickness and Density of Sprayed Fire-Resistive Material (SFRM) Applied to Structural Members.

## ۵-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این دستورالعمل، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

**۵-۳-۱**

**پوشش پاششی**

spray

پوشش معدنی پاششی است.

**۵-۳-۲**

**نگه‌دارنده چسباننده**

adhesive retention

استفاده از یک ماده اضافی برای بهبود چسبندگی پوشش پاششی به زیرکار است.

**۵-۳-۳**

**نگه‌دارنده مکانیکی**

mechanical retention

استفاده از سامانه‌های مکانیکی برای نگه‌داشتن پوشش پاششی در محل خود است.

**یادآوری** - به بند ۵-۷ مراجعه شود.

## ۵-٤ اعتباردهی مستقل

۵-٤-۱باید اعتباردهی مستقل جداگانه‌ای فراهم شود که نشان دهد از توصیه‌های این دستورالعمل پیروی شده است. برای تعداد زیادی از کاربردها به ویژه آن‌هایی که مرتبط با کنترل ساختمان است، لازم است تولیدکننده و یا مجری،گزارش‌های آزمون (یا ارزیابی‌هایی) از یک آزمایشگاه معتبر (یا مشاور ذیصلاح) تهیه کند تا نشان دهد معیارهای عملکردی مورد نیاز تأمین شده است.

هرگونه تغییر در سامانه پوشش پاششی شامل تغییر در آستر، پوشش پاششی و نازک‌کاری سطح یا روش اجرای آن، می‌تواند در عملکرد آن مؤثر باشد. به طور ایده‌آل، آزمون‌های عملکردی انجام شده در گذشته، برای اطمینان از رسیدن به سطح عملکردی مورد نظر باید تکرار شوند. ولی در عمل، به علت هزینه بالای برخی از این آزمون‌ها به ویژه آزمون‌های مقاومت در برابر آتش مطابق استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵ و همچنین متغیرهای زیادی که ممکن است وجود داشته باشد، مانند مواد خام که ممکن است از منابع مختلف تأمین شود یا پوشش پاششی که ممکن است لازم باشد با آسترهای زیاد متفاوتی استفاده شود، این کار همیشه ممکن نیست. بنابراین تغییرات در ماهیت شیمیایی یا فیزیکی اجزای پوشش پاششی یا نسبت آن‌ها باید به وسیله آزمون کامل مجدد مطابق با استانداردهای عملکردی مربوط بررسی شود، اما تغییرات جزئی در سامانه پوشش پاششی می‌تواند بدون تکرار آزمون‌های عملکردی، با استفاده از مطالعات تحلیلی یا آزمون‌های مقیاس کوچک، مورد بررسی و تأیید قرار گیرد. مهم است بتوان نشان داد که آزمون‌های مقیاس کوچک مورد استفاده با استانداردهای عملکردی مربوط سازگار است. مرجع صادرکننده گواهی‌نامه فنی مجاز به تصمیم‌گیری و انجام هر گونه بررسی و ارزیابی در خصوص تغییرات در سامانه پوشش محافظت‌کننده پاششی می‌باشد.

**۵-٤-۲** جایی که مصالح و روش‌هایی استفاده می‌شود که در این دستورالعمل معرفی نشده است، استفاده از آن‌ها مشروط به اجرای موارد زیر است:

الف) به وسیله آزمون اثبات شوند و

ب) سطح عملکردی حداقل معادل با آن‌چه در این دستورالعمل توصیه شده است، توسط آنها تأمین شود.

## ۵-۵ کلیات

### ۵-۵-۱ ترکیب

#### ۵-۵-۱-۱ اصول

پوشش‌های پاششی از اجزای اصلی ذکر شده در زیربندهای ۵-۵-۱-۲، ۵-۵-۱-۳ و ۵-۵-۱-٤ تشکیل می‌شوند.

#### ۵-۵-۱-۲ مصالح اصلی

مصالح اصلی پوشش معمولاً مطابق یکی از موارد الف یا ب این زیربند است:

الف - پشم‌های معدنی مصنوعی مختلف که دارای نسبت طول به عرض حداقل سه به یک هستند؛

این پشم‌های معدنی مصنوعی از الیاف با ترکیبات غیرآلی تشکیل شده‌اند که عموماً به وسیله فرآیند ذوب کردن سنگ یا سرباره کوره تولید می‌شوند.

ب – سنگدانه‌های منبسط شده عمدتاً شامل سبکدانه‌های پرلیت یا ورمیکولیت منبسط شده؛

گروهی از مواد معدنی که معمولاً به علت ساختار مواد تشکیل‌دهنده آنها و وجود مواد هیدراته، هنگامی که در معرض حرارت زیاد قرار می‌گیرند، حجم آنها چند برابر شده و به عایق شدن مصالح پوشش کمک می‌نمایند.

لازم به ذکر است که در چند سال اخیر از سایر مواد و مصالح عایق حرارتی مانند دانه‌های پلی‌استایرن یا باطله‌های سلولزی نیز به این منظور استفاده شده است و در صورت اثبات عملکردهای فنی مورد نیاز، کاربرد آنها نیز ممانعتی ندارد.

### ۵-۵-۱-۳ عامل چسباننده

معمولاً چسباننده‌های هیدرولیکی مانند سیمان پرتلند (یا احتمالاً سایر انواع سیمان) یا اندود گچ می‌باشد.

### ۵-۵-۱-٤ پرکننده‌ها

پرکننده‌های معمول عبارتند از: آهک هیدارته، سنگ آهک یا سایر سنگدانه‌ها.

## ۵-۵-۲ انتخاب محصول

پوشش‌های پاششی، مصالح تطبیق‌پذیری هستند که مقاطع با اندازه و شکل‌های مختلف و نامنظم شامل پروفیل‌ها و زوایای پیچیده را می‌توان با آنها پوشش داد. ولی هر محصول باید با دقت انتخاب شود تا الزامات ویژه برای کاربری معین را تأمین کند. برای مثال، در یک محیط خارجی یا در شرایط مرطوب، برخی از محصولات ممکن است نامناسب باشند یا نیازمند محافظت‌های اضافی در برابر هوا باشند. تنوع در محصولات و روش‌های کاربرد موجود، محدوده وسیعی از سطوح نهایی را شامل می‌شود که از سطوح تخت تا سطوح دارای بافت خاص، متغیر است.

## ۵-۵-۳ انواع سطوح نهایی محافظ یا تزئینی

در صورتی که سطوح محافظ یا تزئینی بر روی پوشش پاششی، در ابتدا یا بعداً (به علت تغییر در کاربری) مورد نیاز باشد، لازم است اطمینان حاصل شود که سطح نهایی اجرا شده، با پوشش پاششی سازگار است و به عملکردش صدمه‌ای نمی‌زند. باید به خطر جدا شدن پوشش پاششی به علت وزن اضافی ناشی از لایه نهایی اجرا شده روی

آن توجه شود. این موضوع به عواملی وابسته است مانند جهت‌گیری زیرکار، نوع پوشش پاششی و نوع لایه نهایی، به خصوص وقتی که لایه‌های نهایی سنگین بر روی پوشش‌های پاششی سبک اجرا می‌شوند که نیاز به بررسی و دقت در جزئیات اجرایی دارد. استفاده از هر گونه مصالح سطحی تزئینی باید به نحو مناسب ارزیابی و تائید شود. از جمله الزامات زیر باید به فراخور مورد توجه قرار گیرد:

الف – غیرقابل سوختن بودن که باید مطابق استاندارد ملی ۲-۷۲۷۱ آزمون شود؛

ب – پیشروی سطحی شعله مطابق با استاندارد ملی ۲-۱۹۲۸۱؛

ج – رهایش گرما مطابق استاندارد ملی ۱-۷۲۷۱، در صورت نیاز.

در همه کاربردها، خواص لایه نهایی سطح باید به‌گونه‌ای باشد که با هرگونه تغییرات ابعادی پوشش پاششی قابل انطباق باشد.

### ٥-٥-٤ ملاحظات ایمنی و سلامت

اجرای انواعی از پوشش‌های پاششی ممکن است ذرات ریزی تولید کند که موجب سوزش پوست و چشم و مشکلات تنفسی شود. در این خصوص باید به راهنماهای منتشر شده توسط تولیدکننده مانند راهنمای ایمنی و سلامت محصول توجه شود.

## ٥-٦ آماده‌سازی سطح زیرکار

### ٥-٦-١ کلیات

هدف از آماده‌سازی سطح زیرکار، اطمینان از موارد زیر است:

الف – یک اتصال یا چسبندگی کافی بین پوشش پاششی و سطح زیرکار حاصل شود تا پوشش قادر باشد عملکرد مورد نظر را براورده سازد و

ب - پوشش پاششی با مصالحی که روی آن اجرا می‌شود، سازگار باشد.

برای تأمین چسبندگی هر نوع پوشش پاششی به زیرکار، شرایط سطح زیرکار مهم است، یعنی سطح زیرکار باید عاری از هر گونه روغن، گریس، گرد و غبار، آلودگی، رنگ سست، عوامل تولید کپک یا سایر مصالح یا شرایطی که احتمالاً به چسبندگی لطمه می‌زند، باشد.

هنگام تصمیم‌گیری در خصوص آماده‌سازی سطح زیرکار، لازم است موارد زیر در نظر گرفته شود و در حالت‌های با چسبندگی ناکافی، ممکن است نیاز به نگه‌دارنده‌های مکانیکی باشد (به بند ۵-۷ مراجعه شود):

۱- ماهیت سطح زیرکار شامل هر گونه پرداخت انجام شده قبل از اجرای پوشش؛

۲- شکل هندسی سطح زیرکار؛

۳- وجود ارتعاش؛

٤- جابجایی حرارتی؛

۵- خواص پوشش پاششی؛

٦- شواهد چسبندگی کافی بین پوشش و سطح زیرکار؛

۷- هر گونه اثرات احتمالی دمای بالا بر روی چسبندگی یا نگه داشتن پوشش پاششی به سطح زیرکار.

امکان ارائه توصیه‌هایی برای همه انواع پوشش پاششی و سطوح زیرکار در این دستورالعمل وجود ندارد. توصیه‌هایی برای سطوح زیرکار متداول در زیربند ۵-٦-۲ ارائه شده است.

### ۵-۶-۲ سطوح متداول

#### ۵-۶-۲-۱ سطوح رنگ شده

همه سطوح رنگ شده قدیمی، سست و پوسته پوسته شده باید قبل از اجرای پوشش پاششی، حذف شوند، مگر آنکه از نگه‌دارنده‌های مکانیکی استفاده شود (به بند ۵- ۷ مراجعه شود). آسترهای سازگار تازه اجرا شده قاعدتاً نباید اثر منفی در عملکرد پوشش پاششی داشته باشند، اما سایر سطوح رنگ شده ممکن است نیاز به کاربرد نگه‌دارنده‌های مکانیکی داشته باشند، مگر آنکه اطلاعات آزمایشگاهی مقاومت در برابر آتش برای آنها وجود داشته باشد که نشان دهد حضور رنگ، عملکرد پوشش را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. در حالتی که رنگ از نظر شیمیایی با پوشش پاششی سازگار نیست، حتی در صورت استفاده از نگه‌دارنده‌های مکانیکی، باز هم لازم است که از یک آستر مقاوم در مقابل قلیایی‌ها استفاده شود (به زیربند ۵-۶-۳ مراجعه شود).

**یادآوری** - مقدار pH اولیه سیمان پرتلند در حالت مرطوب بین ۱۲ تا ۱۲٫۵ است و بنابراین مخلوط‌های سیمانی و یا گچ غنی شده با آهک می‌تواند به رنگ‌های حساس به قلیا (مانند رنگ‌های آلکیدی) آسیب بزند. رنگ‌های دارای چسباننده‌های حساس به آب نیز ممکن است توسط پوشش پاششی آسیب ببینند.

#### ۵-۶-۲-۲ بتن و مصالح بنایی

ممکن است لازم شود جذب آب مصالح بنایی بسته به نوع، با پاشش خفیف آب یا یک آستر مناسب (به زیربند ۵- ۶-۳ مراجعه شود) کاهش یابد. سطوح بتنی معمول تمیز سالم، نیاز به تمهیدات خاصی ندارند اما سطوح خیلی سست، احتمالاً نیازمند نگه‌دارنده‌های مکانیکی یا سایر روش‌ها مانند تراشیدن است تا یک اتصال مناسب ایجاد شود (به زیربند ۵-۸-۵ مراجعه شود).

### ۵-٦-۲-۳ اندود گچی و تخته گچی

پوشش‌های پاششی دارای سیمان پرتلند نباید به طور مستقیم بر روی اندودها یا تخته‌های گچی، بدون آستر اجرا شوند زیرا مشخصه‌های گیرش سیمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد و منجر به کاهش چسبندگی می‌شود. پوشش‌های پاششی پایه گچی یا آهکی می‌توانند بر روی انواع معینی از سطوح گچی اجرا شوند، اما باید به راهنمای کارخانه تولیدکننده نیز توجه شود.

### ۵-٦-۲-٤ فلزات

اگر محیط ساختمانی به‌گونه‌ای باشد که بعد از اتمام ساخت، خشک باقی می‌ماند، معمولاً برای پوشش‌های پاششی دارای سیمان پرتلند، آسترها مورد نیاز نیستند. باید توجه ویژه‌ای به اجرای لایه آستر بر روی سطوح فولادی شود، زیرا احتمال تغییر کاربری ساختمان بعد از اجرای پوشش پاششی، وجود دارد. هرگونه آستر باید با پوشش پاششی سازگار باشد.

**یادآوری** - برای مطالعه روش‌های مختلف محافظت به استاندارد BS 5493 مراجعه شود.

بیشتر فلزات روکش شده با پلاستیک، سطح سستی دارند که می‌تواند منجر به مشکلات چسبندگی شود. در این حالت، معمولاً به نگه‌دارنده مکانیکی نیاز خواهد بود و نظرات تخصصی در این زمینه باید اخذ شود.

سفیدشدگی[1] در فولاد روکش شده با فلز روی که می‌تواند منجر به خوردگی فولاد پایه شود، ممکن است در شرایط دائماً مرطوب و تهویه ضعیف اتفاق بیفتد. در این شرایط،

توصیه می‌شود که بر روی سطوح فولادی با پوشش فلز روی (برای مثال فولاد گالوانیزه)، یک سامانه آستر سازگار با فولاد روکش شده با فلز روی و پوشش پاششی پایه سیمانی، اجرا شود. به توصیه‌های متخصصان در این زمینه باید توجه شود.

بر روی سطوح فولادی تخت بزرگ، باید از نگه‌دارنده‌های مکانیکی استفاده شود (به زیربند ۵-۷ مراجعه شود).

آلومینیوم، آلیاژهای آلومینیومی و روکش‌های آلومینیومی باید قبل از اجرای پوشش‌های پاششی قلیایی، با یک آستر مناسب پوشانده شوند (به زیربند ۵-۶-۳ مراجعه شود).

### ۵-۶-۲-۵ مصالح پلاستیکی (شامل مصالح فوم و تقویت شده با شیشه)

[1]تعداد زیادی از مصالح پلاستیکی، نسبت به دما حساس هستند که از جمله می‌توان فوم‌های پلی‌استایرن را نام برد. برای این مصالح باید ضوابط مبحث سوم و یا هرگونه ضوابط منتشر شده توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی رعایت گردد.

### ۵-۶-۲-۶ الوار و مصالح پایه چوبی

الوار و مصالح پایه چوبی در معرض جمع‌شدگی‌های زیاد ناشی از خشک شدن و تغییر رطوبت هستند. یک درزبند مقاوم در برابر آب باید قبل از اجرای پوشش پاششی، تعبیه شود (مطابق زیربند ۵- ۶-۳). میخ‌های گالوانیزه و شبکه سیمی گالوانیزه برای کمک به حفظ پوشش می‌تواند استفاده شود.

---

1 -White Rusting

### ۵-۶-۲-۷ درزها و فواصل هوایی

پوشش‌های پاششی برای پر کردن روی درزها مناسب هستند به شرطی که سامانه تکیه‌گاهی مناسبی مانند توری فلزی گالوانیزه قبل از اجرای پوشش به کار رود.

### ۵-۶-۲-۸ درزهای انبساط

در جایی که درزهای انبساط در یک سازه تعبیه شده باشد، ضروری است تا اطمینان حاصل شود که پوشش پاششی روی درز را پر نکند (از جابجایی جلوگیری نکند)، زیرا خطر جابجایی و به تبع آن ترک خوردن و / یا جداشدگی موضعی پوشش وجود دارد. توصیه می‌شود در هر طرف درز انبساط، یک ورق لبه دار[1] مناسب (یا مشابه آن) تعبیه شود و لایه پوشش پاششی به آن‌ها ختم شود.

### ۵-۶-۳ درزبندها و عوامل چسباننده

درزبندهای مقاوم در برابر قلیایی و مقاوم در برابر آب ممکن است برای سطوح خاصی، لازم شوند؛ بنابراین نیاز است تا کنترل شود که لایه درزبند با سطح زیرکار سازگار است.

چسب‌ها یا پوشش‌های نگه‌دارنده[2] ممکن است برای بهبود چسبندگی پوشش پاششی به سطوح زیرکار مختلف استفاده شود.

---

1- Stop beads

باید توجه ویژه‌ای شود که هرگونه آستر، چسب یا پوشش نگه‌دارنده، اثر منفی در عملکرد پوشش پاششی نداشته باشد (به زیربند ۵-۸-۵ مراجعه شود).

## ۵-۷ روش‌های مختلف نگه‌داری مکانیکی

### ۵-۷-۱ کلیات

**۵-۷-۱-۱** نیاز به نگه‌دارنده مکانیکی و نوع و میزانی که استفاده می‌شود، به عواملی وابسته است؛ برای مثال: کاربرد مورد نظر، جزئیات سطح زیرکار، عوامل محیطی و مشخصات پوشش پاششی. مواردی از شرایط ویژه که استفاده از نگه‌دارنده مکانیکی ضروری است، در بند ۵-۸ ارائه می‌شود. جزئیات روش‌های مختلف موجود برای تأمین نگه‌دارنده‌های مکانیکی، در زیربند ۵-۷-۲ توضیح داده می‌شود.

**۵-۷-۱-۲** باید توجه شود که نیاز به نگه‌دارنده‌های مکانیکی برای تضمین اتصال کافی به سطح زیرکار و یا انسجام داخل پوشش پاششی است. انواع معینی از نگه‌دارنده‌های مکانیکی ممکن است همیشه هر دو عملکرد را نداشته باشند. اگر لازم باشد باید به توصیه‌های متخصصان مراجعه شود.

فقدان چسبندگی به سطح زیرکار، ممکن است به علت یکی از عوامل زیر باشد:

الف - ماهیت سطح زیرکار، برای مثال: ترکیب شیمیایی، بافت سطح، امتداد و شکل؛

ب - آلودگی سطح زیرکار، برای مثال با روغن؛

ج - سطوح پرداخت موجود بر روی سطح زیرکار؛

د - عوامل محیطی، مانند ارتعاش.

---

1- Key coat

فقدان پیوستگی کافی داخل پوشش پاششی ممکن است ناشی از شرایط خاصی باشد، برای مثال جایی که ضخامت پوشش، از حد مشخص تایید شده بیشتر است.

## ۵-۷-۲ انواع نگه‌دارنده مکانیکی

### ۵-۷-۲-۱ مقدمه

انواع متنوعی از سامانه‌های نگه‌دارنده مکانیکی موجود است (به جدول ۱ مراجعه شود). معمول‌ترین این سامانه‌ها در این‌جا توصیف می‌شود، ولی سامانه‌های دیگری نیز می‌تواند قابل قبول باشد (به بند ۵-٤ مراجعه شود). در شرایط معینی، ترکیبی از سامانه‌ها ممکن است ضروری شود.

خواص مصالح باید در هنگام انتخاب مناسب‌ترین سامانه در نظر گرفته شود، برای مثال، مقاومت، صلبیت، قابلیت ارتجاعی، مقاومت در برابر دمای بالا، مقاومت در برابر هوازدگی، سازگاری شیمیایی و مقاومت در مقابل خوردگی. اجزای فولادی گالوانیزه بیشترین استفاده را دارند به ویژه برای اهداف محافظت در برابر آتش که مقاومت خوب در برابر دماهای بالا لازم است. خوردگی گالوانیک (دو فلزی) ناشی از کاربرد فلزات نامشابه در بیشتر حالت‌ها، قابل توجه نیست.

**یادآوری** - برای اطلاعات بیشتر به مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران فصل "ساخت، نصب و کنترل" مراجعه شود.

اجزای پلاستیکی و چسب‌های آلی برای کاربرد در دمای محیط مناسب هستند. برخی از چسب‌های آلی، که آزمون و تایید شده باشند، برای استفاده در کاربردهای محافظت در برابر آتش، مناسب هستند.

**جدول ۵-۱- انواع نگه‌دارنده‌های مکانیکی**

| مجموعه | نوع | کاربردها |
|---|---|---|
| مش درگیرکننده: مش با چشمه‌های نسبتاً کوچک، برای مثال (۱۰ الی ۲۵) میلی‌متر، که امکان نفوذ پوشش پاششی را فراهم می‌کند و درگیری مناسبی ایجاد می‌کند | ورق مشبک فلزی<br>رابیتس<br>شبکه سیمی جوش شده<br>شبکه سیمی بافته شده<br>شش ضلعی (توری مرغی) | در مجاورت سطح زیرکار نصب می‌شود یا یک تکیه‌گاه برای پوشش پاششی پرکننده روی فضای خالی بین سازه‌ها فراهم می‌کند (به شکل‌های ۵-۱- الف، ۵-۱- ب و۵- ۱- ج مراجعه شود). |
| مش مسلح کننده: مش با جشمه‌های نسبتاً بزرگ، برای مثال، ۵۰ میلی‌متر، که امکان نفوذ کامل پوشش پاششی را فراهم می‌کندو بنابراین آن را مسلح می‌کند | شبکه سیمی جوش شده<br>شبکه سیمی بافته شده<br>شش ضلعی (توری مرغی) | داخل پوشش پاششی قرار می‌گیرد و بنابراین پوشش پاششی را مسلح می‌کند ( به شکل ۵-۱-د مراجعه شود). |
| اتصالات ناپیوسته | پین‌های فلزی<br>قطعات مش<br>واشرهای فلزی | به طور خاص برای عایق‌های پشم معدنی پاششی استفاده می‌شود ولی همچنین گاهی برای مخلوط‌های دوغابی پاششی نیز استفاده می‌شود (شکل‌های ۵-۱- د و ۵-۱- هـ) |

### ۵-۷-۲-۲ مش

### ۵-۷-۲-۲-۱ کاربرد مش‌ها

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

الف - مش درگیرکننده: 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 گونه ای نصب می‌شود که ماده پاششی

به زیر آن نفوذ کند (توصیه می‌شود این فاصله حداقل حدود ٦ میلی‌متر باشد) (به شکل‌های ۵-۱- الف، ۵-۱- ب و ۵-۱- 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 آن را مسلح می‌کند. این مش داخل پوشش پاششی قرار می‌گیرد تا آن را مسلح کند (شکل ۵-۱- د). 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.

**یادآوری** - به توصیه‌های تولیدکننده پوشش پاششی باید توجه شود.

### ۵-۷-۲-۲-۲ انواع مش‌ها

انواع معمول مش به قرار زیر است:

الف - شبکه فلزی نگه‌دارنده[1]: از یک ورق فولادی که در فواصل معین، بریده شده و سپس کشیده شده تا چشمه‌هایی به شکل لوزی ایجاد شود، تشکیل شده است. اندازه اسمی مش، از (٦ تا ۲۰) میلی‌متر متغیر است. این نوع مش فقط به عنوان مش درگیرکننده استفاده می‌شود.

---

1- Expanded metal lath (EML)

ب – رابیتس نگه‌دارنده[1]: ورق مشبک فلزی با ستونک تقویت کننده است. این نوع مش اساساً به عنوان مش درگیرکننده استفاده می‌شود.

ج – مش جوش شده نگه‌دارنده[2]: از سیم‌های فلزی که با جوش نقطه‌ای به هم متصل شده و یک مش مستطیلی را ایجاد می‌کنند، تشکیل شده است. حداقل اندازه چشمه مش، معمولاً ۲۵ میلی‌متر بوده که تا ۱۵۰ میلی‌متر هم می‌رسد. قطر سیم معمولاً بین یک تا یک و نیم میلی‌متر برای چشمه‌های تا ۵۰ میلی‌متر می‌باشد و برای چشمه‌های (۷۵ تا ۱۵۰) میلی‌متر، از قطرهای تا ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود. این نوع مش به عنوان یک مش درگیرکننده یا مسلح‌کننده استفاده می‌شود.

د – مش بافته شده شش ضلعی (توری مرغی)[3]: از سیم فلزی که برای ایجاد چشمه‌های شش ضلعی، بافته شده، تشکیل شده است. این نوع مش به عنوان یک مش مسلح‌کننده استفاده می‌شود و باید مطابق استاندارد BS 1485 باشد.

### ۵-۷-۲-۲-۳ روش‌های اتصال مش

از آن‌جایی که وظیفه مش، حفظ پوشش پاششی در موقعیت خود می‌باشد، معمولاً به وسیله یک روش مناسب به سطح زیرکار متصل می‌شود. مثال‌هایی در موارد (الف) و (ب) ارائه شده است و از توصیه‌های تولیدکننده پوشش پاششی نیز باید در صورت قابل اجرا بودن، تبعیت نمود:

---

1- Ribbed EML
2-Welded mesh
3-Woven hexagonal mesh

الف) محصور کردن سطح زیرکار: زمانی که مش بتواند به طور کامل به دور سطح زیرکار پیچیده شود، برای مثال، به دور یک لوله، ممکن است لازم نباشد که برای اتصال مش به سطح زیرکار از اتصالات استفاده شود. مش باید با خودش در انتها هم‌پوشانی داشته و به هم دوخته شود. جایی که نگه‌دارنده اضافی و یا تکیه‌گاه برای مش لازم است، برای مثال، محصور کردن جعبه‌ای مقاطع I شکل، این کار می‌تواند با استفاده از نوارهای فولادی گالوانیزه یا زنگ‌نزن، سیم‌های فلزی قوی و یا مقاطع ناودانی یا نبشی فولادی سبک گالوانیزه انجام شود.

ب) استفاده در سطوح تخت: هنگام استفاده از مش در یک سطح تخت، یک وسیله مناسب برای حفظ مش و پوشش پاششی لازم است، مگر آنکه چسبندگی کافی پوشش پاششی در هر دو شرایط محیطی و آتش وجود داشته باشد. متصل‌کننده‌های جوشی (پین)، پین‌های رزوه‌دار یا میخکوب شونده (شلیکی) قابل استفاده است و تعداد کافی از آن‌ها باید به سطح زیرکار متصل شود تا پوشش پاششی را در شرایط مورد نظر نگه دارد. برای وصل کردن این متصل‌کننده‌ها به مش، می‌توان از واشرهای غیربرگشتی (واشرهایی که فقط با پین‌های رزوه‌ای یا شیاردار استفاده می‌شوند) یا با سیم بستن یا با خم کردن پین‌های جوش شده بر روی مش، استفاده کرد.

پین‌های پلاستیکی یا پین‌های متصل شده با چسب، عموماً به علت مقاومت کم آن‌ها در برابر دماهای بالا، نامناسب هستند.

### ۵-۷-۲-۳ متصل‌کننده‌های پیوسته

جایی که امکان دورپیچ کردن کامل سطح زیرکار به وسیله مش وجود ندارد، متصل‌کننده‌های جوشی یا پیچی یا میخکوب‌شونده می‌تواند به سطح زیرکار متصل

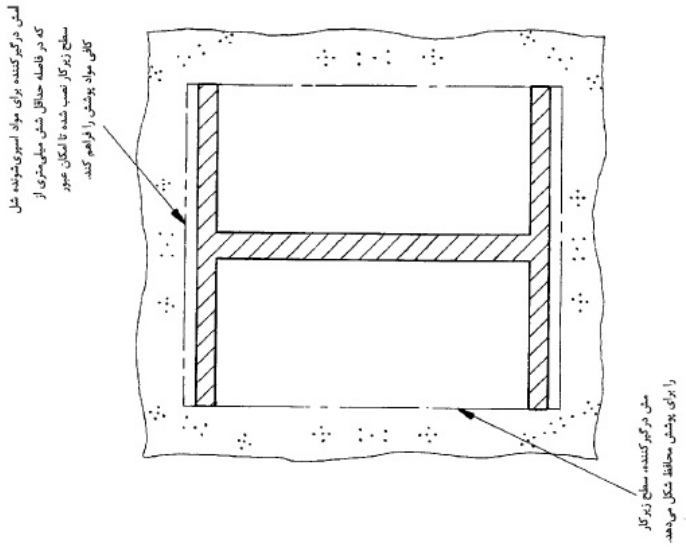
شود. اتصال مش به این قطعات متصل‌کننده می‌تواند به وسیله کلاهک‌ها یا بستن با سیم یا خم کردن پین‌های جوش شده بعد از قراردادن مش (شکل ۵-۱- د)، انجام شود. این روش به طور ویژه برای مخلوط‌های دوغابی پاششی استفاده می‌شود.

### ۵-۷-۲-٤ اتصالات منقطع

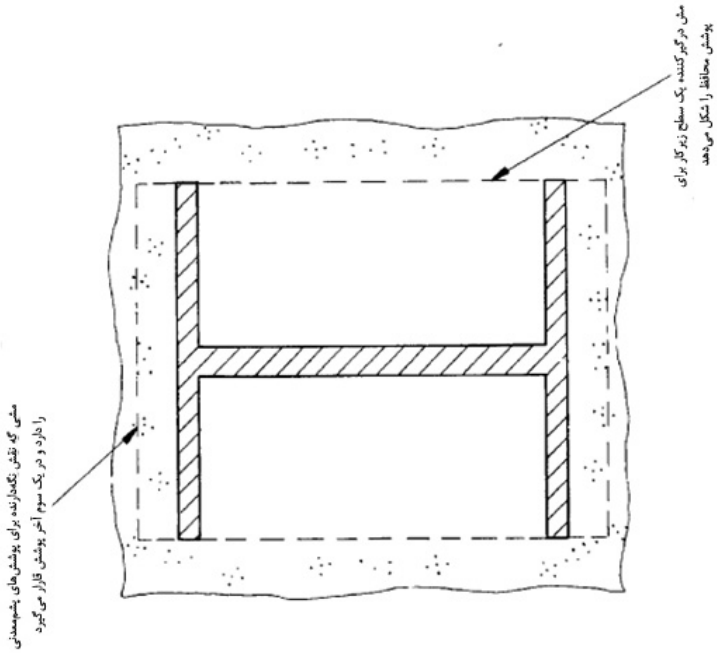
نگه‌دارنده مکانیکی می‌تواند به وسیله قطعات مجزای متصل شده به سطح زیرکار در فواصل مناسب تأمین شود. برای مثال می‌توان به پین‌های جوش شده به سطح زیرکار و خم شده داخل عایق پاششی به عنوان نگه‌دارنده یا قطعات مش یا واشرهای فنری غیرقابل برگشت با قطر بالا نصب شده بر روی متصل‌کننده‌های جوشی، اشاره نمود (شکل ۵-۱-ه). این روش نگه‌داری به ویژه برای عایق پشم معدنی پاششی استفاده می‌شود اما گاهی برای مخلوط‌های دوغابی پاششی نیز استفاده می‌شود.

اجزای پلاستیکی یا اجزای متصل شده با چسب، مقاومت کمی در برابر دماهای بالا دارند و عموماً برای اهداف محافظت در برابر آتش، نامناسب هستند.

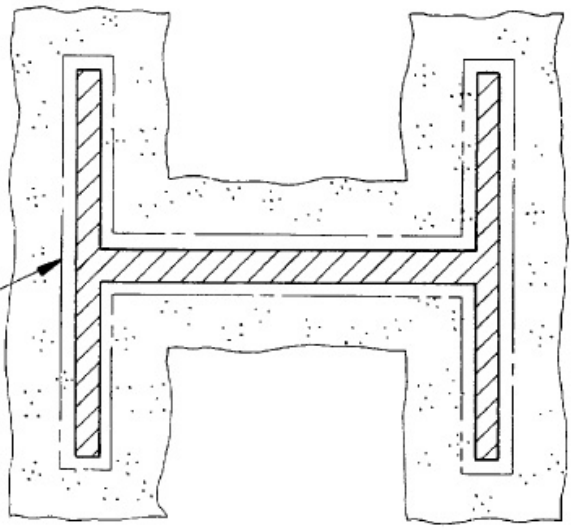
متصل‌کننده‌های ناپیوسته باید دارای فاصله ۲۵۰ میلی‌متری از هم باشند مگر آن‌که اعتباردهی مستقلی برای سایر فاصله‌ها وجود داشته باشد.




الف- مش درگیرکننده برای محافظت به شکل جعبه با استفاده از مواد پاششی دوغابی

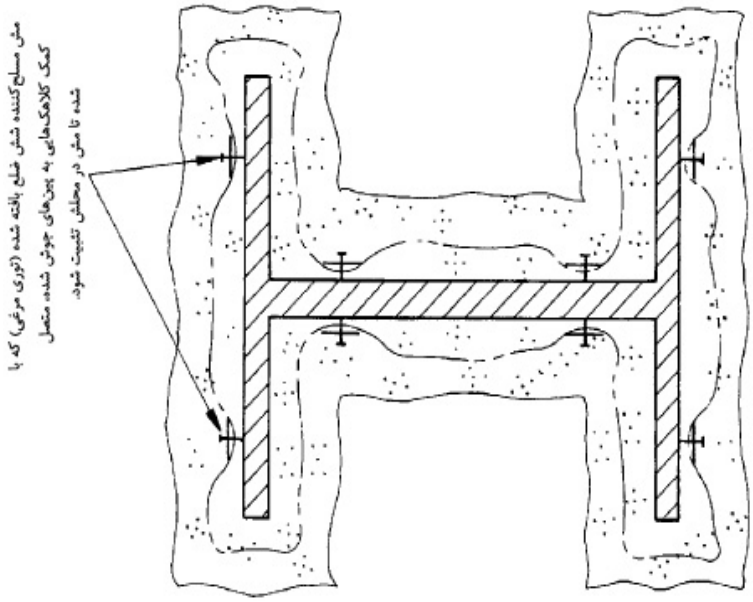



ب- مش درگیر کننده یک سطح زیرکار برای پوشش پاششی را شکل می‌دهد.

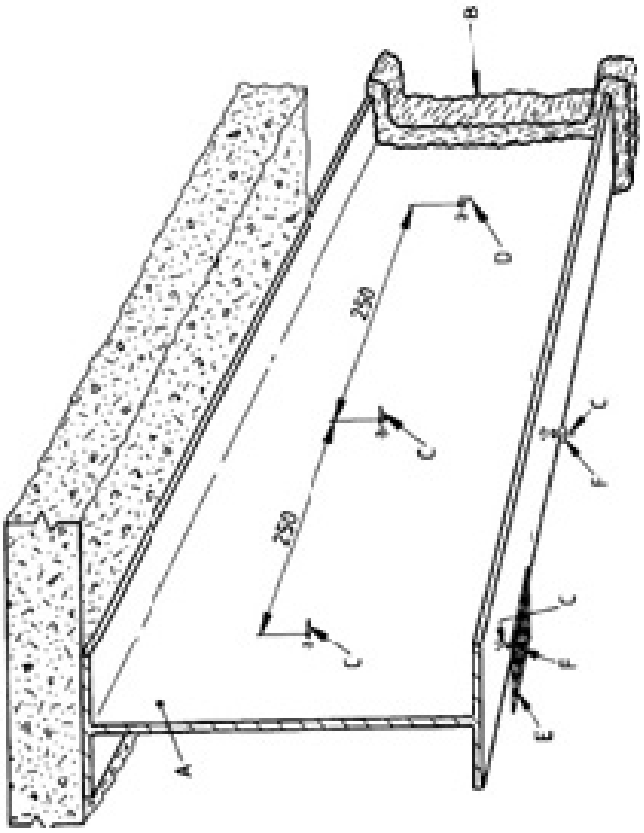



ج- مش درگیرکننده برای محافظت به شکل مقطع زیرکار

**یادآوری-** مش مسلح‌کننده اضافی ممکن است برای بعضی شرایط مانند ضخامت زیاد پوشش، لازم شود.




د- مش مسلح‌کننده



هـ- اتصالات ناپیوسته

**راهنما:**

A تیر فولادی
B پوشش پاششی
C پین فولادی مستقیم
D پین‌فولادی‌خم شده
E صفحه مش مربعی شکل با ضلع تقریباً ۱۰۰ میلی‌متری
F واشر فولادی غیر قابل برگشت هـ) اتصالات ناپیوسته

**شکل ۵-۱- نگه‌دارنده‌های مکانیکی**

## ۵-۸ محافظت سازه در برابر آتش

### ۵-۸-۱ کلیات

پوشش‌های پاششی می‌توانند برای تأمین یا بهبود مقاومت در برابر آتش اجزای سازه‌ای مختلف استفاده شوند.

روش تعیین مقاومت در برابر آتش یک عضو سازه‌ای در استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵ ارائه شده است. در سازه‌های فولادی، برای هر پوشش محافظ حریق پاششی، تعداد و نوع نمونه‌های مورد نیاز برای انجام آزمون‌های مقاومت در برابر آتش و نحوه تولید جدول ضخامت به طور کامل در فصل چهارم تشریح شده است.

در همه حالت‌هایی که مقاومت در برابر آتش لازم است، قابل قبول بودن پوشش پاششی باید بر اساس یک اعتباردهی مستقل، تایید شود (به بند ۵-٤ مراجعه شود). به علت تنوع زیاد در متغیرهای یک طرح سازه‌ای، ارزیابی‌ها بر اساس اطلاعات آزمایشگاهی اغلب لازم خواهد بود.

از راهنمایی‌های ارائه شده در این بند باید تبعیت نمود مگر آن‌که نتایج آزمون‌های مقاومت در برابر آتش نشان دهد که روش دیگری می‌تواند انتخاب شود.

### ۵-۸-۲ سازه فولادی

در استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵، مقاومت در برابر آتش یک تیر یا ستون فولادی فقط بر اساس پایداری‌اش تعریف می‌شود (یعنی توانایی آن در تحمل بارهای وارده). زمان مقاومت در برابر آتش حاصل شده در یک آزمون، تحت تأثیر مشخصات مقطع فولادی، بار وارده و پوشش پاششی می‌باشد. به علت تنوع در مقاطع فولادی موجود، غیرعملی است که هر ترکیبی از اندازه مقطع فولادی و ضخامت پوشش پاششی، آزمون شود.

بنابراین الزامات محافظت در برابر آتش فولاد سازه‌ای، معمولاً بر اساس ارزیابی‌های انجام شده از نتایج آزمون‌ها مطابق شرایط حرارت دادن در استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵ است.

ارزیابی‌ها باید موارد زیر را در بر گیرند:

الف – توانایی باقی ماندن پوشش پاششی بر روی مقطع فولادی؛

ب – ضخامت مورد نیاز پوشش پاششی برای جلوگیری از رسیدن دمای فولاد به مقدار بحرانی‌اش که در آن گسیختگی سازه‌ای اتفاق می‌افتد.

از آن جا که روش معینی برای آزمون اعضای کششی محافظت شده، وجود ندارد، لازم است عملکرد آن‌ها بر اساس داده‌های موجود تحت آزمون‌های فشار و خمش ارزیابی شود.

برای هر پوشش محافظ حریق پاششی، تعداد و نوع نمونه‌های مورد نیاز برای انجام آزمون‌های مقاومت در برابر آتش و نحوه تولید جدول ضخامت به طور کامل در فصل چهارم تشریح شده است.

### ۵-۸-۲-۱ ضوابط مربوط به اجرای پوشش‌های پاششی بر روی سطوح فولادی دارای ضدزنگ

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 ضدزنگ اجرا شوند:

الف) عرض بال تیر از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نکند،

ب) عرض بال ستون از ٤٠ سانتی‌متر تجاوز نکند،

ج) عمق جان تیر یا ستون (فاصله داخل به داخل بال‌ها) از ٤٠ سانتی‌متر تجاوز نکند،

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

هـ) انجام آزمون‌های پیوستگی / چسبندگی مطابق دستورالعمل پیوست ۵-الف 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 گزارش گواهینامه فنی اعلام می‌شود). مقادیر متوسط و حداقل مقاومت پیوستگی/چسبندگی باید بر اساس حداقل پنج آزمون چسبندگی تعیین شود. همچنین از طرف دیگر 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 ۲-۲، بسته به ارتفاع ساختمان تامین 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 (هـ) 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 سانتی‌متر باشد.

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

در موارد ترمیم محلی پوشش محافظ حریق که نیاز به نگه‌دارنده مکانیکی می‌باشد و اگر در طرح‌های خاصی تأیید شده باشد، این نگه‌دارنده مکانیکی می‌تواند از طریق گل‌میخ‌های فولادی با حداقل اندازه ۱۲ (12 gauge) دارای کلاهک‌های فولادی گالوانیزه با حداقل اندازه ۲۸ (28 gauge) تأمین شود. گل‌میخ‌ها باید به مقطع بزرگ اندازه در ردیف‌هایی جوش شوند که حداکثر فاصله این ردیف‌ها مطابق با شرایط «الف»، «ب»، «ج» یا «د» در بالا باشد. فاصله گل‌میخ‌ها در طول هر ردیف نباید از ۶۰ سانتی‌متر تجاوز کند و حداقل یک گل‌میخ در هر ۱۶۰۰ سانتی‌متر مربع باید تأمین شود.

**باید توجه داشت اگر مش فولادی درگیر کننده (Key Mesh) بر روی سطح زیرکار 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 زیرکار برقرار خواهد شد. هر گونه طبله کردن و جداشدگی پوشش محافظ حریق در این شرایط، نشان**

از اجرای نادرست مش فولادی درگیر کننده دارد که می‌تواند ناشی از عواملی همچون ضعیف بودن مش فولادی (تراکم و وزن کم آن در واحد سطح)، محل نادرست یا تعداد ناکافی متصل کننده‌های مش فولادی به سطح زیرکار (مثلاً موقعیت نامناسب و تعداد کم پین‌های فولادی اجرا شده)، آسیب‌دیدگی یا خوردگی مش فولادی یا متصل کننده‌های آن و ... دارد. لذا در اجرای مش فولادی درگیر کننده در هر پروژه‌ای، لازم است کنترل‌ها و نظارت‌های لازم برای تضمین کیفیت مناسب اجرا صورت گیرد.

### ۵-۸-۳ ساختارهای کامپوزیتی

#### ۵-۸-۳-۱ سقف‌های مرکب

پوشش پاششی ممکن است برای تأمین مقاومت در برابر آتش سقف‌های مرکب دارای عرشه فولادی به کار رود. عملکرد اصلی پوشش پاششی معمولاً برای اطمینان از آن است که عرشه فولادی به دمایی که موجب فروریزش سقف می‌شود، نمی‌رسد. همچنین این پوشش ممکن است برای جبران ضخامت ناکافی بتن روی عرشه به کار رود.

انتظار می‌رود سقف‌های دارای عرشه فولادی متحمل تغییر شکل قابل توجه قبل از فروریزش شوند. بنابراین مهم است که اطمینان حاصل شود تا پوشش پاششی در حالی که دچار تغییر شکل می‌شود، به عرشه چسبیده باقی می‌ماند. این موضوع فقط به وسیله یک آزمون مطابق استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵، برای مدت زمان مقاومت در برابر آتش مورد نیاز می‌تواند ثابت شود. در غیاب اطلاعات آزمایشگاهی معتبر، یک پوشش پاششی می‌تواند استفاده شود به شرطی که به کمک یک مش درگیرکننده در محل خود نگه داشته شود (به زیربند ۵-۷-۲-۲-۱ مراجعه شود). ضخامت پوشش پاششی باید کافی باشد تا از رسیدن دمای عرشه فولادی به حدی که موجب فروریزش می‌شود،

جلوگیری کند. وابسته به ضخامت پوشش پاششی و نوع آن، یک مش مسلح‌کننده نیز ممکن است لازم باشد. در روش دیگر، اگر عرشه یک درگیرکننده مکانیکی ایجاد می‌کند برای مثال پروفیل عرشه دارای تورفتگی‌هایی با فواصل مرکزی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد، پوشش پاششی می‌تواند استفاده شود به شرطی که دمای عرشه کمتری از حدی که موجب تغییرشکل‌های زیاد می‌شود، نگه داشته شود. برای مثال، تغییرشکل‌ها کمتر از ۵۰ میلی‌متر در یک دهانه چهار متری باشد. پوشش پاششی باید تورفتگی‌های عرشه را پرکند تا اطمینان حاصل شود که یک درگیری مکانیکی ایجاد شده است.

بدیهی است اگر عرشه فولادی مورد استفاده، صرفاً نقش قالب در حین بتن‌ریزی را داشته باشد، آنگاه نیازی به محافظت آن در مقابل حریق به کمک پوشش‌های پاششی وجود ندارد، به شرطی که دال بتن مسلح روی عرشه با توجه به جزئیاتش قادر باشد به تنهایی زمان مقاومت در برابر آتش مورد نیاز را تامین کند.

### ۵-۸-۳-۲ تیرهای مرکب

در شرایط معینی (مقاومت در برابر آتش ٦٠ دقیقه‌ای و مصالح بررسی شده در دمای ۵۵۰ درجه سلیسیوس)، حفره‌های شکل گرفته بین عرشه فولادی و تیر، نیازی به پرشدن ندارد. حفره‌ها در عرشه‌های غیرکامپوزیتی باید پر شوند.

اگر تیر در خط یک دیوار جداکننده آتش قرار دارد یا اگر مقاومت در برابر آتش مورد نیاز بیش از ۹۰ دقیقه است، این حفره‌ها باید پر شوند.

پیشنهاد می‌شود که اجرای پوشش پاششی بعد از ریختن بتن بر روی عرشه فولادی انجام شود.

### ۵-۸-٤ مصالح سازه‌ای غیر از فولاد

#### ۵-۸-٤-۱ فلزات غیرآهنی

معیارهای داده شده برای اعضای فولادی در زیربند ۵-۸-۲ باید استفاده شود.

**یادآوری** - باید توجه داشت که دمای بحرانی بسته به نوع فلز تغییر می‌کند.

#### ۵-۸-٤-۲ بتن

توصیه‌هایی برای طراحی اعضای بتنی به‌منظور مقاومت در برابر آتش در بند ۵-٤ از استاندارد BS 8110-2 ارائه شده است. برای تأمین تمامی معیارهای داده شده در استاندارد ملی ۱-۱۲۰۵۵، پوشش پاششی ممکن است برای تأمین محافظت در برابر آتش اضافی برای اعضای بتنی لازم باشد، به‌ویژه هنگامی که ارتقای سازه‌های موجود مطرح باشد. توجه ویژه‌ای باید به مشخصه‌های چسبندگی شود، هنگامی که از پوشش پاششی بر روی بتن استفاده می‌شود (به مورد «الف» زیربند ۵-۸-۵-۲ مراجعه شود).

#### ۵-۸-٤-۳ الوار

هنگام تعیین ضخامت پوشش پاششی برای محافظت در برابر آتش الوار، لازم است مشخصه‌های زغال شدن چوب و تکیه‌گاه در فصل مشترک در نظر گرفته شود. مشخصات سازه‌ای مقطع باقی‌مانده الوار قرار گرفته در معرض آتش باید مطابق پیشنهادات در زیربند ۵-٤-۱ استاندارد BS 5268 ارزیابی شود.

## ۵-۸-۵ نگه‌داری پوشش پاششی

### ۵-۸-۵-۱ کلیات

توانایی باقی ماندن پوشش پاششی در محل خود تحت شرایط آزمون مقاومت در برابر آتش، تحت تأثیر موارد زیر است:

الف – ماهیت سطح زیرکار؛

ب – میزان تمیزی سطح زیرکار؛

ج – حضور یک آستر یا سایر لایه‌ها بر روی سطح زیرکار؛

د – خواص پوشش پاششی (شامل خواص چسبندگی)؛

هـ – شکل، خواص و ابعاد عضو سازه‌ای؛

و – مشخصات سامانه نگه‌دارنده (اگر موجود باشد).

### ۵-۸-۵-۲ 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) یا؛

ب – به وسیله شکل المان، پوشش پاششی در محلش قفل می‌شود.

شکل ۵-۲ مثالی‌هایی از مقاطع افقی و قائم را نشان می‌دهد که نگه‌دارنده مکانیکی معمولاً مورد نیاز نیست یا به علت وجود گوشه داخل‌رونده در مقطع یا به علت محصور شدن کل مقطع با پوشش پاششی است.

شکل ۵-۵-۳ مثال‌هایی از حالت‌های متداول که داخل‌رفتگی در مقطع یا محصورشدگی کامل مقطع با پوشش پاششی وجود ندارد و نگه‌دارنده مکانیکی مورد نیاز است.

جایی که ابعاد مقطع خیلی بزرگ است (یعنی جان بزرگتر از ٦٥٠ میلی‌متر و بال بزرگتر از ٤٠٠ میلی‌متر است) و همچنین ضخامت پوشش محافظ حریق بیش از ۳۰ میلی‌متر است، نگه‌دارنده مکانیکی لازم است.

## ۵-۹ رشد قارچ

پوشش‌های پاششی، مواد بادوامی هستند که ترکیب ذاتی آن‌ها موجب رشد قارچ‌ها نمی‌شود. در جاهای مرطوب و جاهایی که مواد، فرآوری یا ذخیره می‌شوند و احتمال تولید مواد مورد نیاز رشد قارچ وجود دارد برای مثال، کارخانه‌های تولید مواد غذایی، مواد قارچ‌کش برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها ممکن است مورد نیاز باشد.

در انتخاب و استفاده از قارچ‌کش‌ها باید توجه شود تا اثرات سمی یا هر گونه ناسازگاری با پوشش پاششی به حداقل برسد. برخی از قارچ‌کش‌ها فقط برای یک دوره زمانی محدود ممکن است مؤثر باشند و اجرای مجدد آن‌ها به شکل رنگ یا پاشش ممکن است در یک دوره زمانی معین، لازم شود.

## ۵-۱۰ مهارت در اجرا

### ۵-۱۰-۱ حفاظت و نگه‌داری

**۵-۱۰-۱-۱** حفاظت از پوشش‌های پاششی در برابر رطوبت، قبل، حین و بعد از تحویل در محل اجرا، لازم است.

**۵-۱۰-۱-۲** دقت شود تا مصالح مطابق توصیه‌های تولیدکننده، انبار و استفاده شوند، زیرا برخی از مصالح تحت تأثیر فشار زیاد دچار تغییر خواص می‌شوند.

### ۵-۱۰-۲ مراقبت از تجهیزات

تجهیزات اصلی و جانبی باید به طور منظم برای اطمینان از موارد زیر کنترل شوند:

الف - تمیز و عاری از مواد باقی‌مانده از قبل باشند؛

ب - تمامی اجزا برای مثال، فن‌ها، دمنده‌ها، مخلوط‌کن‌ها و غیره خوب کار می‌کنند؛

ج - نازل‌های هوا و پاشش مواد مخلوط شده، عاری از هر گونه گرفتگی هستند؛

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

### ۵-۱۰-۳ سرویس‌ها

باید کنترل شود که سرویس‌ها کافی هستند. مثال‌های مهم در زیر آمده است:

الف – برق با ولتاژ ثابت و مناسب در دسترس است؛

ب - آب از نوع آشامیدنی است و می‌تواند در حجم کافی و فشار ثابت تأمین شود؛

ج - هوای فشرده تمیز در فشار مورد نیاز، موجود است.

### ۵-۱۰-٤ کارهای مقدماتی

همه سطوح زیرکار باید مطابق بند ۵-٦، آماده شوند. جایی که لازم است، نگه‌دارنده مکانیکی باید تأمین و مطابق شکل‌های ۵-۱ و ۵-۳، نصب شود.

دو روش معمول برای اجرای مواد پاششی به قرار زیر است:

الف – استفاده از مخلوط مواد معدنی و چسباننده‌ها که در زمان پاشش، تر می‌شوند و عموماً برای پشم معدنی پاششی خشک استفاده می‌شود (به شکل۵ – ٤-الف مراجعه شود)؛

ب – مخلوط تر و اجرای آن که عموماً برای پشم معدنی پاششی مرطوب و ورمیکولیت استفاده می‌شود (به شکل ۵–٤– ب مراجعه شود).

## ۵–۱۰–۵ روش اجرا

توجه ویژه‌ای لازم است تا ضخامت مورد نیاز به شکل پیشنهاد شده به منظور تأمین مقاومت چسبندگی خوب، اجرا شود.

ضخامت هر تک لایه به میزان قابل توجهی بسته به نوع مصالح، امتداد سطح زیرکار و مهارت اجراکننده، تغییر خواهد کرد. هرگونه کسری یا زیادی ضخامت باید در انتهای هر دوره کاری، اصلاح شود. هنگام استفاده از چسب‌ها، از توصیه‌های تولیدکننده چسب باید پیروی شود.

پوشش‌های پاششی مختلف نیازمند روش‌های مختلف اجرا هستند و باید به پیمانکاران متخصص مراجعه شود. اسامی چنین پیمانکارانی را می‌توان از کارخانجات گرفت.

چگالی نهایی پوشش پاششی اجرا شده باید در محدوده ٪(۱۵±) چگالی بیان شده توسط تولیدکننده باشد. طرح اختلاط و چگالی پوشش پاششی باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که مناسب کاربردش برای محافظت در برابر آتش باشد.

### ۵-۱۰-٦ قارچ‌کش‌ها

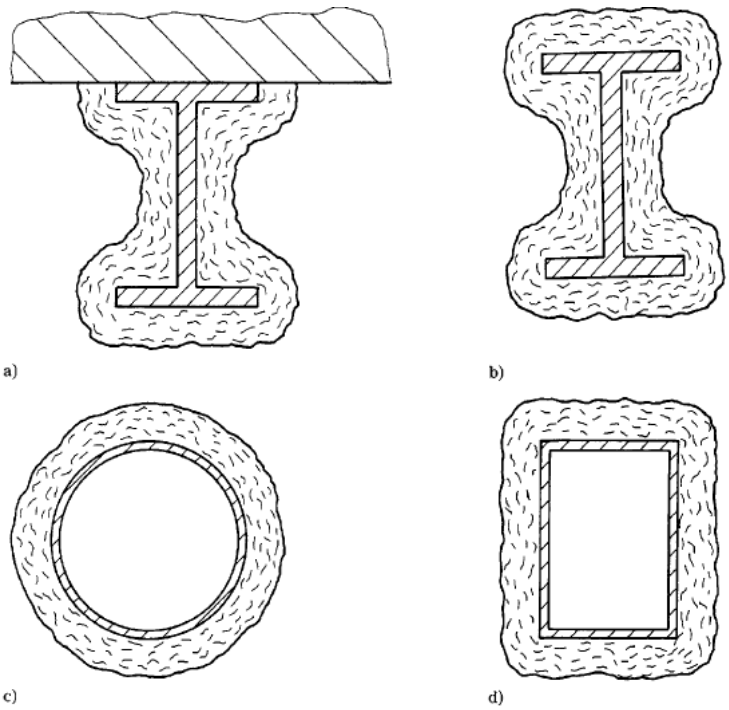
هنگام استفاده از قارچ‌کش‌ها، پوشش پاششی باید یا عمل‌آوری شده و خشک باشد یا قارچ‌کش به آب مورد استفاده برای پاشش اضافه شود یا پودر قارچ‌کش به مخلوط خشک اضافه شود.

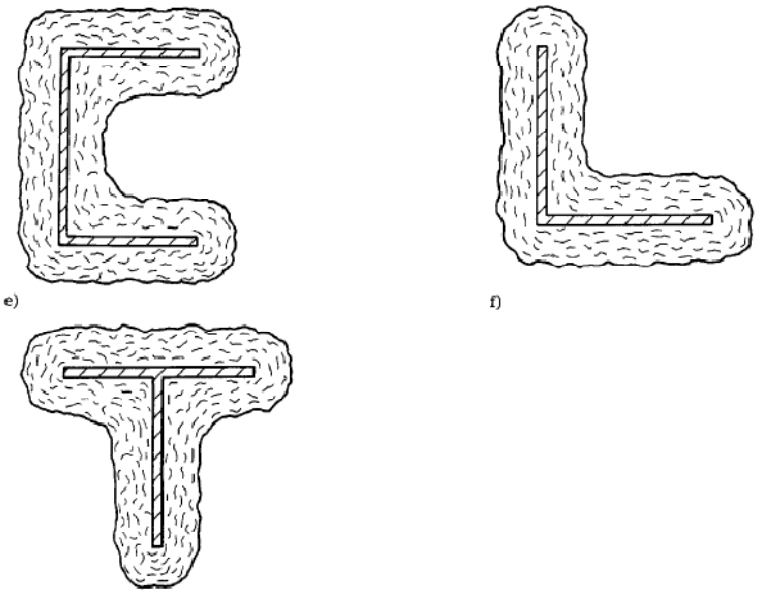
### ۵-۱۰-۷ حفاظت از مناطق مجاور

هنگامی که عملیات اجرا بالا یا مجاور ماشین‌آلات مکانیکی یا نزدیک سامانه‌های تهویه انجام می‌شود، احتیاط‌های ویژه‌ای برای جلوگیری از ورود مواد در حال پاشش لازم است مانند، استفاده از یک سازه موقت همراه با پوشش‌های ضد آب.

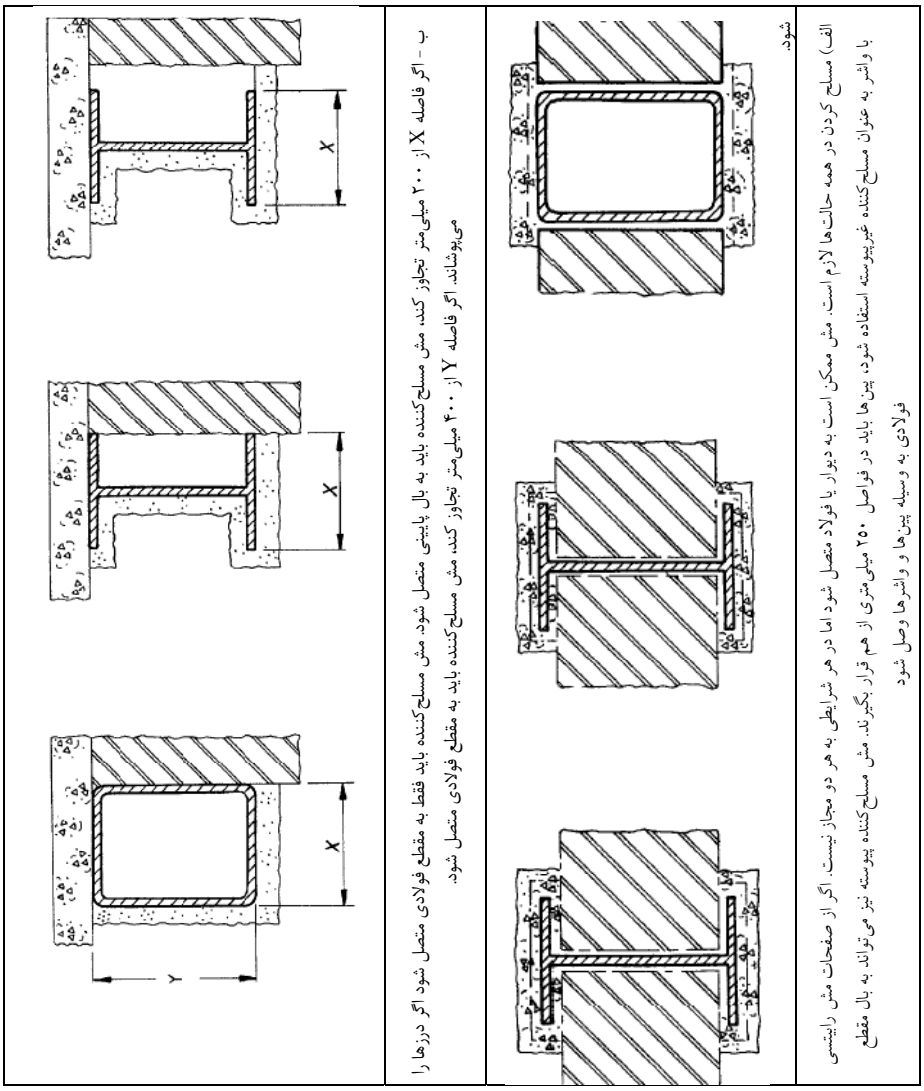
### ۵-۱۰-۸ محافظت در حین اجرای پاشش

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


a)
b)
c)
d)



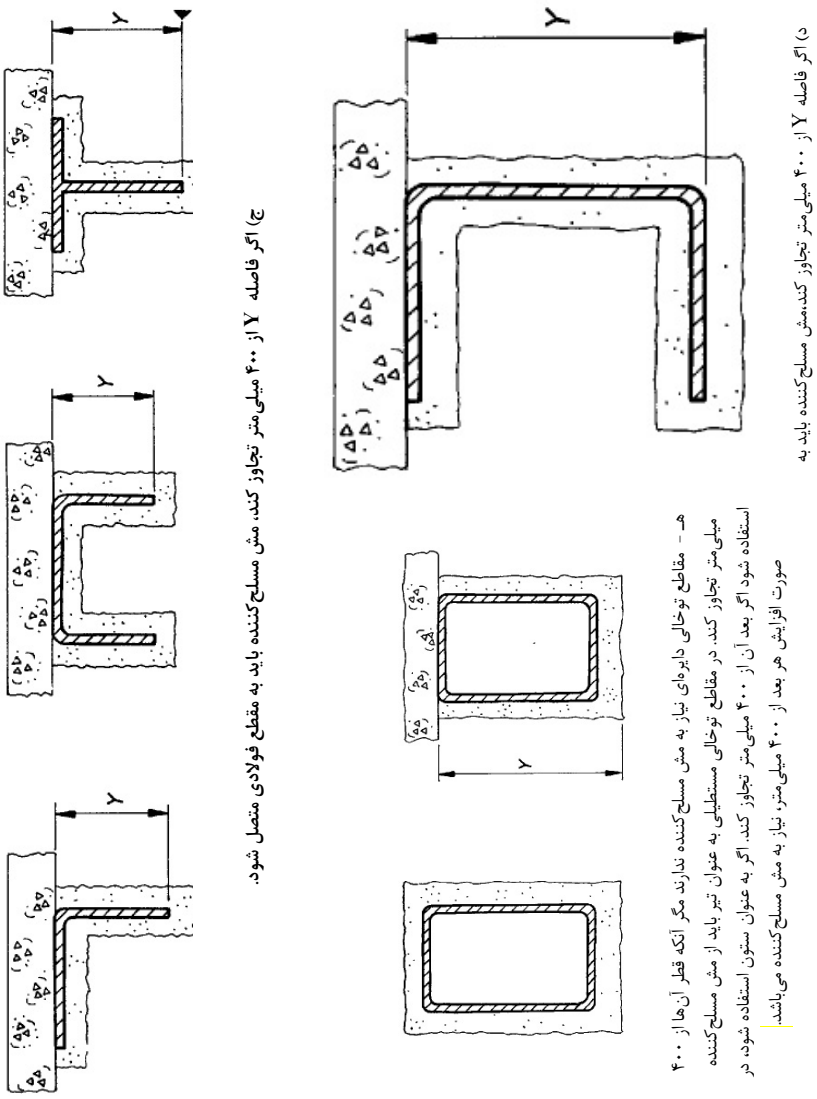

**شکل ۵-۲- محصور کردن و پروفیل‌ها با شکل داخل‌شونده**




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 رابیتس با واشر به عنوان مسلح‌کننده غیرپیوسته استفاده شود، پین‌ها باید در فواصل ۲۵۰ میلی‌متری از هم قرار بگیرند. مش مسلح‌کننده پیوسته نیز می‌تواند به بال مقطع فولادی به وسیله پین‌ها و واشرها وصل شود

ب - اگر فاصله X از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح‌کننده باید به بال پایینی متصل شود. مش مسلح‌کننده باید فقط به مقطع فولادی متصل شود اگر دررها را می‌پوشاند. اگر فاصله Y از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح‌کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.

**شکل ۵-۳- حالت‌هایی که محصور کردن یا پروفیل با شکل داخل‌رونده وجود ندارد**

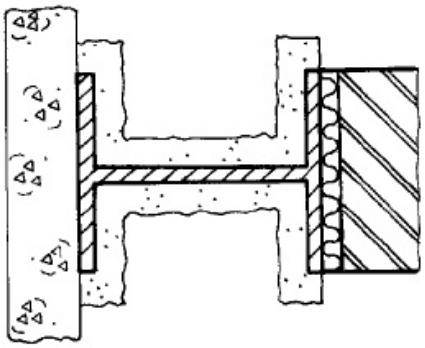



ج) اگر فاصله Y از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح‌کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.

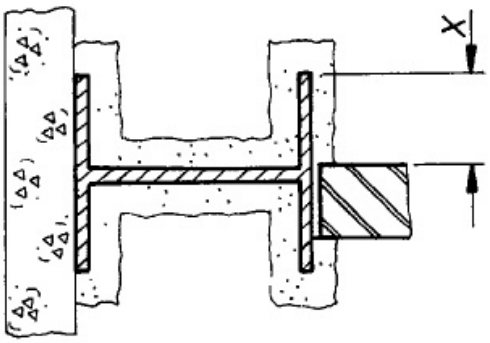
هـ - مقاطع توخالی دایره‌ای نیاز به مش مسلح‌کننده ندارند مگر آنکه قطر آن‌ها از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند. در مقاطع توخالی مستطیلی به عنوان تیر باید از مش مسلح‌کننده استفاده شود اگر بعد آن از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند. اگر به عنوان ستون استفاده شود، در صورت افزایش هر بعد از ۴۰۰ میلی‌متر، نیاز به مش مسلح‌کننده می‌باشد.

د) اگر فاصله Y از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند،مش مسلح‌کننده باید به مقطع فولادی متصل شود.

**شکل۵- ۳- حالت‌هایی که محصور کردن یا پروفیل با شکل داخل‌رونده وجود ندارد (ادامه)**

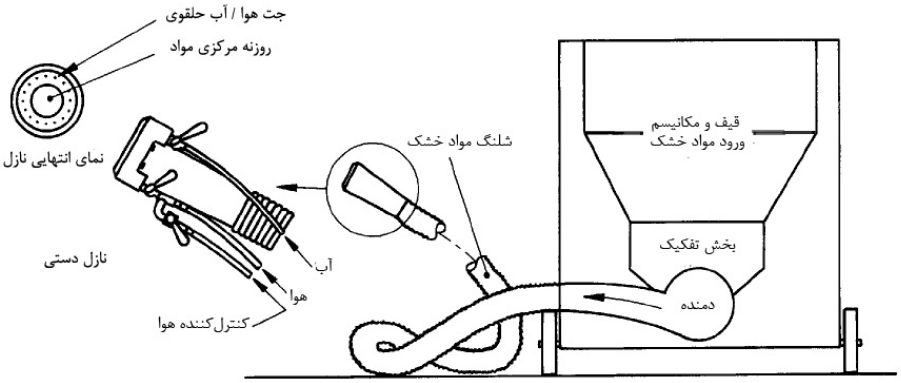


و - اگر یک دیوار جداکننده شامل یک درز انعطاف‌پذیر باشد، پوشش پاششی نباید این درز را بپوشاند. لازم است که مصالح درز انعطاف‌پذیر مورد استفاده، دچار فرسایش نشود و زیر تیر را در معرض هوا قرار ندهد.

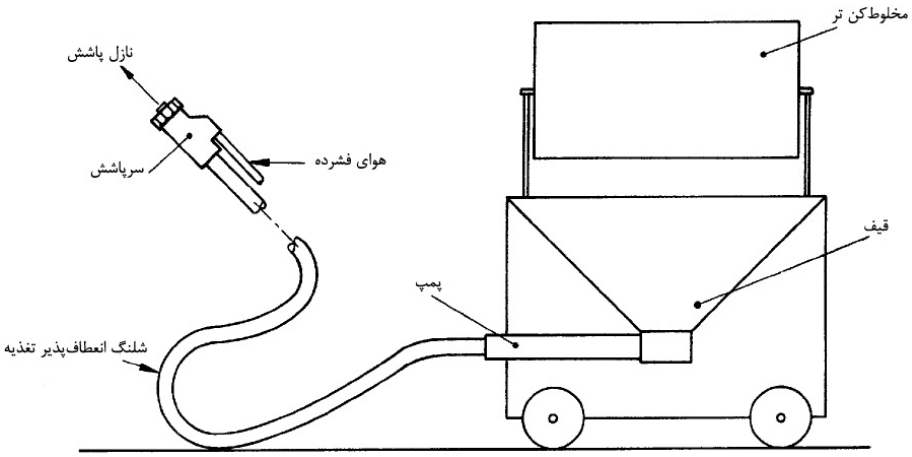



ی - اگر فاصله X از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند، مش مسلح‌کننده باید به بال پایین متصل شود.

**شکل ۵-۳- حالت‌هایی که محصور کردن یا پروفیل با شکل داخل‌رونده وجود ندارد (ادامه)**




**الف- تجهیزات مربوط به مواد پاششی تر شده در سرپاشنده**




**ب- تجهیزات مربوط به مواد پاششی دوغابی**

**شکل ۵-٤- تجهیزات اجرای پوشش‌های پاششی**

# پیوست ۵- الف

# (آگاهی‌دهنده)

# روش آزمون تعیین میزان پیوستگی / چسبندگی مواد پاششی مقاوم در برابر آتش به کار رفته برای محافظت اعضای سازه‌ای

**۵-الف-۱ هدف**

**۵- الف-۱-۱** این روش آزمون، نحوه اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی یا پیوستگی (کششی) عمود بر سطح ماده پاششی مقاوم در برابر آتش (SFRM) که بر روی یک پشت کار صلب اجرا شده است را ارائه می‌کند. این مواد مقاوم در برابر آتش شامل مواد پاششی الیافی و سیمانی می‌باشند. این روش آزمون همان طور که در بخش الف-٦ نشان داده شده است به دو روش آزمایشگاهی و میدانی قابل انجام است.

**۵- الف-۱-۲** مقادیر ارائه شده با واحد SI به عنوان مقادیر استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

### ۵- الف-۲ خلاصه روش آزمون

**۵- الف-۲-۱** میزان پیوستگی / چسبندگی با استفاده از یک درپوش فلزی یا پلاستیکی متصل به یک قلاب تعیین می‌شود. این درپوش به وسیله یک چسب مناسب به SFRM متصل می‌شود. یک بار دستی فزاینده که با ترازوی فنری اندازه گیری می شود، تا زمان شکست اعمال می‌شود.

## الف- ۳ اهمیت و کاربرد

**الف-۳-۱** هدف از این روش آزمون تعیین یک خاصیت از SFRM است که ممکن است برای تعیین نشانه‌ای از قابلیت سرویس‌دهی آن در محل، مورد استفاده قرار گیرد. عملکرد رضایت‌بخش SFRM اجرا شده بر روی مجموعه‌ها و اعضای سازه‌ای بستگی به قابلیت آن ماده در تحمل عوامل مختلفی که ممکن است در طی اجرا و عمر سازه رخ دهد و همچنین به عملکرد رضایت‌بخش آن تحت شرایط آتش‌سوزی بستگی دارد.

### ۵- الف- ٤ دستگاه

**۵- الف-٤-۱** شکل الف-۱ یک دستگاه مناسب را نشان می‌دهد.

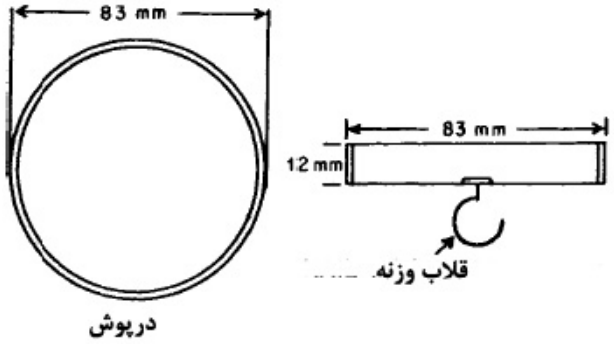
**۵- الف-٤-۲** درپوش پیچی بطری از جنس فلز یا پلاستیک سخت به قطر ۵۱ تا ۸۳ میلی‌متر و عمق اسمی ۱۲ میلی‌متر که یک قلاب باید در وسط آن متصل شود. در جایی که به دلیل محدودیت سطح، پروفیل عرشه سقف امکان استفاده از درپوش به قطر ۸۳ میلی‌متر را ندهد، یک درپوش به حداقل قطر ۵۱ میلی‌متر باید استفاده شود.

**۵- الف-٤-۳** چسب، یک یا دو جزئی، مناسب برای چسباندن درپوش به SFRM.

**۵- الف-٤-٤** ترازو برای وزن کردن، از نوع فنری (قلاب ماهی)، با یک ظرفیت مناسب برای آن نوع از SFRM که قرار است آزمون شود (به طور معمول ۱۲ تا ۳۰ کیلوگرم ظرفیت). صحت باید در حدود ۰٫۱ کیلوگرم باشد.

**۵- الف-٤-۵** 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 است.

**۵- الف-٤-٦** گرمخانه برای خشک کردن، با قابلیت حفظ دما و رطوبت در دوره عمل‌آوری نمونه، مطابق با الزامات منتشر شده توسط کارخانه تولید کننده SFRM.




**شکل ۵- الف-۱ یک دستگاه متداول برای آزمون پیوستگی/چسبندگی**

## ۵- الف-۵ نمونه‌گیری

**۵- الف-۵-۱** این روش آزمون نیازمند اجرای SFRM مطابق با دستورالعمل‌های منتشر شده توسط کارخانه تولیدکننده می‌باشد. در این آزمون، وسایل، مواد و روش‌های مورد استفاده برای پاشش SFRM باید مشابه روش اجرا در محل باشد.

**۵- الف-۵-۲** چگالی آزمونه‌های آماده شده باید مشابه چگالی نمونه‌هایی از همان ماده باشد که مطابق با روش‌های آزمون آتش استانداردهای ملی شماره ۱-۱۲۰۵۵ و ۲-۱۹۲۸۱، آزمایش و گزارش شده است یا مطابق نیاز متقاضی باشد.

**۵- الف-۵-۳** چگالی و ضخامت هر نمونه را مطابق روش‌های آزمون استاندارد بین‌المللی ASTM E605 تعیین و گزارش نمایید یا وقتی که تعدادی نمونه مشابه برای انجام آزمایش در آزمایشگاه آماده شده‌اند، به طور تصادفی یک آزمونه از بین هر دسته مشابه انتخاب کنید. برای آزمونه‌های میدانی، چگالی را از ماده مجاور به آزمونه تعیین نمایید.

## ۵- الف-۶ آزمونه

### ۵- الف-۶-۱ آزمون‌های آزمایشگاهی

**۵- الف-۶-۱-۱** SFRM باید با ضخامت بین ۱۲ تا ۲۵ میلی‌متر بر روی یک صفحه فولادی گالوانیزه با مشخصات مندرج در بند الف-۴-۵، اجرا شود.

**۵- الف-۶-۱-۲** آزمونه در یک اتاق با دمای $^{o}C$(۲۰±۱۰) قرار گیرد. بعد از ۷۲ ساعت، نمونه‌ها در یک گرمخانه در دمای $^{o}C$(۴۳±۶) و یک رطوبت نسبی حداکثر ۶۰ درصد، خشک شوند تا زمانی که وزن‌های اندازه‌گیری شده در بازه‌های ۸ ساعته کمتر از یک درصد اختلاف داشته باشند.

**۵- الف-۶-۱-۳** آزمون پس از رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت طبق تعریف بند ۵- الف-۶-۱-۲، قابل انجام است.

**۵- الف-٦-۲ آزمون‌های میدانی**

**۵- الف-٦-۲-۱** SFRM باید در محل روی سطح مورد نظر آزمونه اجرا شود. در جایی که یک سطح ۳۰۰×۳۰۰ میلی‌متری موجود نیست، مثلاً بر روی تیرها و یا عرشه سقف، از عرض تیر یا عرض عرشه با طول ۳۰۰ میلی‌متر استفاده کنید. این سطح باید حداقل ۳۰۰×۱۰۰ میلی‌متری باشد. برای موارد استثناء به بند الف-٤-۲ مراجعه شود.

**۵- الف-٦-۲-۲** آزمونه را در شرایط اتمسفر یا مطابق با توصیه‌های کارخانه تولیدکننده برای یک دوره زمانی کافی تثبیت شرایط کنید تا خشک شود.

**۵- الف-٦-۲-۳** بنابر توصیه کارخانه تولیدکننده، تهویه مکانیکی برای تسریع در خشک شدن می‌تواند به کار رود.

**۵- الف-٦-۲-٤** برای کنترل کیفیت میدانی، آزمون چسبندگی به صورت تصادفی در هر نوع عضو محافظت شده در مقابل حریق شامل ستون، تیر اصلی و تیر فرعی، حداقل به تعداد زیر انجام شود:

برای طبقات با مساحت کمتر از ۱۰۰۰ متر مربع: به ازای هر ۵۰۰ متر مربع، یک عدد آزمون چسبندگی؛

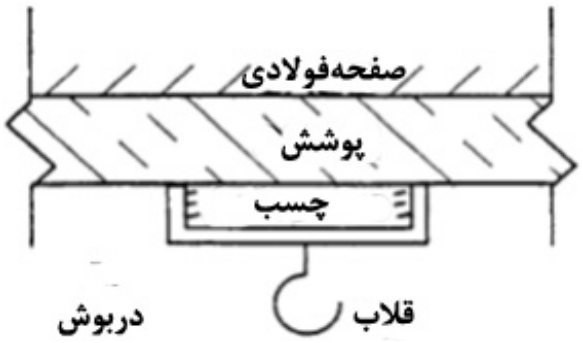
برای طبقات با مساحت بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مربع: دو عدد آزمون چسبندگی و به ازای هر ۱۰۰۰ متر مربع بیش از مساحت ۱۰۰۰ متر مربعی، یک عدد آزمون چسبندگی دیگر نیز اضافه خواهد شد؛

برای طبقات با مساحت بیش از ۱۰۰۰۰ متر مربع: یازده عدد آزمون چسبندگی و به ازای هر ۲۰۰۰ متر مربع بیش از مساحت ۱۰۰۰۰ متر مربعی، یک عدد آزمون چسبندگی دیگر نیز اضافه خواهد شد.

لازم به ذکر است که تعداد فوق، حداقل تعداد آزمون چسبندگی بوده و در صورت مشاهده هر گونه خرابی در پوشش محافظ حریق پروژه از جمله ترک‌خوردگی، ریزش، جداشدگی، طبله کردن و غیره، لازم است آزمون‌های بیشتری به منظور ارزیابی وضع موجود انجام شود.

## ۵- الف-۷ روش آزمون

**۵- الف-۷-۱** از چسب به اندازه کافی برای پرکردن درپوش فلزی یا پلاستیکی استفاده کرده و بلافاصله درپوش را روی سطح SFRM قرار دهید (به شکل الف-۲ مراجعه شود).




**شکل ۵- الف-۲ دستگاه در محل آزمون**

**۵- الف- ۷-۲** درپوش را روی سطح نگه داشته تا چسب به اندازه کافی بگیرد. قبل از گیرش چسب، هر گونه چسب اضافی در اطراف درپوش را پاک کنید یا پس از گیرش چسب با دقت مقادیر اضافی را ببرید و جدا کنید.

### ۵- الف-۷-۳ آزمون‌های آزمایشگاهی

**۵- الف-۷-۳-۱** آزمونه با SFRM رو به بالا را در طول آزمون برای جلوگیری از حرکت و خمیدگی، مهار کنید. جهت آزمونه در شکل الف-۲ نشان می‌دهد که SFRM رو به پایین است.

**۵- الف-۷-۳-۲** ترازو را به قلاب وصل کرده و یک بار افزایشی با حداقل شدت یکنواخت تقریباً برابر ۵ کیلوگرم در دقیقه عمود بر سطح اعمال کنید.

**۵- الف-۷-۳-۳** نیرو باید تا زمان شکست اعمال شود، یک مقدار از پیش تعیین شده به دست آید یا تا زمانی که به ظرفیت ترازو برسیم.

**۵- الف-۷-۳-٤** نیرو را بر حسب نیوتن در زمان شکست یا زمان رسیدن به سایر حالات حدی، ثبت کنید.

### ۵- الف-۷-٤ آزمون‌های میدانی

**۵- الف-۷-٤-۱** آزمون‌ها را مطابق بندهای ۵- الف-۷-۳-۲ تا ۵- الف-۷-۳-٤ انجام دهید.

**۵- الف-۷-٤-۲** یک آزمون غیرمخرب میدانی ممکن است با جایگزین کردن ترازو (مطابق بند ۵- الف-٤-٤) با یک وزنه ثابت که باید به مدت یک دقیقه نگه داشته شود، انجام شود.

### ۵- الف-۸ محاسبه

**۵- الف-۸-۱** نیروی پیوستگی / چسبندگی (مقاومت چسبندگی) را به شرح زیر محاسبه کنید:

$$CA = F/A \quad (۱)$$

که:

CA = نیروی پیوستگی / چسبندگی بر حسب پاسکال؛

F = نیروی ثبت شده بر حسب نیوتن؛

A = مساحت سطح درپوش بر حسب مترمربع.

**۵- الف-۹ گزارش**

**۵- الف-۹-۱** اطلاعات زیر را گزارش کنید:

**۵- الف-۹-۱-۱** نیرو بر حسب نیوتن؛

**۵- الف-۹-۱-۲** نیروی پیوستگی / چسبندگی (مقاومت چسبندگی) بر حسب پاسکال؛

**۵- الف-۹-۱-۳** توصیف نوع شکست؛

**۵- الف-۹-۱-۳-۱** شکست پیوستگی، اگر جداشدگی در داخل ماده رخ داده باشد؛

**۵- الف-۹-۱-۳-۲** شکست چسبندگی، اگر جداشدگی در فصل مشترک سطح زیر کار و SFRM رخ داده باشد؛

**۵- الف-۹-۱-٤** مساحت تقریبی ماده درگیر شده در شکست، اگر فراتر از محیط درپوش باشد؛

**۵- الف-۹-۱-۵** ضخامت SFRM بر حسب میلی‌متر و

**۵- الف-۹-۱-٦** چگالی SFRM بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.

**۵- الف-۱۰ دقت و اریبی**

**۵- الف-۱۰-۱ دقت** - دقت این روش آزمون در حال توسعه بوده و بعد از اتمام، اضافه خواهد شد.

**۵- الف-۱۰-۲ اریبی-** روش انجام این آزمون خطا ندارد زیرا مقدار مقاومت پیوستگی / چسبندگی می‌تواند فقط با توجه به این روش آزمون تعریف شود.

## ۵- الف-۱۱ واژه های کلیدی

**۵- الف-۱۱-۱** آزمون پیوستگی / چسبندگی؛ مواد مقاوم در برابر آتش؛ آزمون مواد پاششی.