Archive of SID

ارزیابی عملکرد ورق های کامپوزیت آلومینیوم نما در برابر آتش

لیلا تقی اکبری (نویسنده مسؤول)[۱]
سعید بختیاری[۲]

چکیده

امروزه روند رو به رشد کاربرد مواد و مصالح پلیمری و فناوریهای نوین، در صنایع مختلف به ویژه صنعت ساختمان و حمل و نقل، نگرانی در زمینه پتانسیل خطر آتش سوزی ناشی از آن ها را تشدید کرده است. از جمله فناوریهای نوین، ورق کامپوزیت آلومینیوم است که به طور گسترده در پروژه های ساخت و ساز کشور به عنوان نمای خارجی ساختمان استفاده می شود. در صورت وقوع آتش سوزی داخل ساختمان و گسترش آن به بیرون، مشارکت نمای ساختمان در گسترش آتش مطرح می شود. به همین سبب، تعیین عملکرد نماهای کامپوزیت آلومینیوم در برابر آتش و و ارزیابی مشارکت آنها در گسترش آتش اهمیت به سزایی برای طراحان و مهندسین ساختمان دارد. در این مقاله، ضمن ارزیابی عملکرد واکنش در برابر آتش برخی نماهای کامپوزیت آلومینیوم رایج بر اساس آزمون گرماسنج مخروطی، طبقه بندی خطر آتش یک نوع نمای کامپوزیت آلومینیوم مطابق طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش مواد، با استفاده از نتایج آزمون های استاندارد واکنش در برابر آتش، شامل قابلیت افروزش و آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI) صورت گرفت و روند صدور گواهی نامه فنی برای این محصول در کشور نیز ارائه می شود. نتایج این تحقیق، با توجه به کاربرد گسترده ورق کامپوزیت آلومینیوم نما در آشنایی هر چه بیشتر با رفتار این نوع مصالح نما و تعیین سطح انتظار عملکردی آن مفید است. به علاوه، طبقه بندی خطر آتش این نوع نماها راهنمای مفیدی برای تعیین حدود مجاز کاربری طبق مقررات و آیین نامه های محافظت در برابر آتش است.

کلید واژه: واکنش در برابر آتش، ورق کامپوزیت آلومینیوم، نما، طبقه‌بندی خطر آتش، گواهی نامه فنی.

مقدمه

قدمت کاربرد آلومینیوم در ساختمان به سال ۱۸۹۸ بر می‌گردد زمانی که گنبد کلیسای سان جیوآچینو[۳] در رم با ورق آلومینیوم روکش شد. تولید صنعتی آن برای کاربردهای ساختمانی در سال ۱۹۵۰ آغاز شد [۱]. امروزه در صنعت ساختمان، از آلومینیوم برای استفاده در دیوارهای پرده‌ای، قاب پنجره، دیگر ساختارهای شیشه‌کاری شده، درها، کرکره، روکش خارجی نما و ... استفاده می‌شود. یکی از موارد کاربرد آن به شکل ورق کامپوزیت

۱- . کارشناس ارشد تحقیقات آتش، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ltaghiakbari@bhrc.ac.ir
۲- . استادیار، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، bakhtiari@bhrc.ac.ir

3- SanGioacchino

www.SID.ir

Archive of SID

آلومینیوم (ACS)[۴] در نمای خارجی ساختمان است.

ورق کامپوزیت آلومینیوم از سه بخش اصلی تشکیل شده است که شامل دو ورق آلومینیوم در دو طرف و یک لایه میانی است که در میان دو ورق آلومینیوم قرار می‌گیرد و معمولاً از جنس پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و ... می‌باشد. این لایه در انعطاف پذیری ورق کامپوزیت آلومینیوم نقش دارد. معمولاً برای افزایش مقاومت در برابر سایش و خوردگی، روی ورق‌ها را با فرآیند الکتروشیمیایی پوشش می‌دهند. با پوشش‌دهی، طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها و سطوح براق را می‌توان به دست آورد.

ایمنی در برابر آتش مصالح سفت کاری و نازک‌کاری یکی از الزامات مهم طراحی و اجرا در ساختمان است. از جمله موارد حائز اهمیت، مصالح نما می‌باشد. بنابراین، چنانچه نما رفتار مناسبی در برابر آتش نداشته باشند، یک آتش‌سوزی احتمالی می‌تواند به سرعت گسترش یافته، به سایر فضاها و طبقات سرایت کند. یکی از نماهایی که امروزه کاربرد زیادی دارد ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیکی است. آنچه درباره ACS از دیدگاه ایمنی در برابر آتش اهمیت دارد، لایه میانی آن است که در صورت عملکرد ضعیف در برابر آتش، سبب مشارکت این نوع مصالح را در گسترش آتش‌سوزی می‌شود. به علاوه، تجربه نشان داده قرارگیری ACS با مغزه پلاستیک مثل PE در معرض آتش، همراه با ذوب، شره کردن و فروپاشی است [۲]. از این رو، ارزیابی عملکرد نماهای کامپوزیت آلومینیوم در برابر آتش به منظور دستیابی به سطح مورد انتظار ایمنی در برابر آتش ضروری بوده، آگاهی از رفتار این نوع مواد در برابر آتش برای مصرف کنندگان این نوع مصالح، تولید کنندگان، واردکنندگان و به ویژه طراحان و مهندسین ساختمان مفید است.

در این مقاله عملکرد واکنش در برابر آتش چند نوع ACS با مغزه پلاستیکی تحت آزمون گرماسنج مخروطی [۳] در مقیاس کوچک، ارزیابی می‌شود. به علاوه، طبقه بندی خطر آتش بر اساس استاندارد اروپایی EN۱۳۵۰۱-۱ و استاندارد ملی ۸۲۹۹ [۴] با استفاده از نتایج آزمون‌های واکنش در برابر آتش شامل آزمون قابلیت افروزش [۵] و عامل مشتعل منفرد (SBI) [۶]، برای یک نوع ACS با مغزه پلاستیک صورت می‌گیرد. همچنین درباره روند صدور گواهی‌نامه فنی برای ACS با مغزه پلاستیک توضیحاتی ارائه می‌شود.

مرور ادبیات علمی

اگرچه بسیاری معتقدند که نماها تأثیر کمی بر گسترش آتش در ساختمان‌ها دارند، تجارب آزمایشگاهی از جمله آزمون مقیاس بزرگ انجام شده در سال ۲۰۱۴ میلادی توسط دانشکده مهندسی عمران دانشگاه زاگرب، انجمن کروات محافظت در برابر آتش (HAZOP) و ایمنی در برابر آتش اروپا، نشان داده است که در واقع آتش‌سوزی‌های نما بسته به نوع مواد به کار رفته در نما می‌تواند به سرعت گسترش یابد [۷]. در سالهای اخیر چندین مورد آتش‌سوزی در دنیا در ساختمان‌های بلند مرتبه رخ داده که شامل گسترش سریع آتش بر روی نمای خارجی

4- ACS:Aluminum composite sheet

www.SID.ir

Archive of SID

بوده است از جمله چند آتش‌سوزی در چین که با گسترش شدید آتش بر روی نمای خارجی قابل سوختن شامل پانل کامپوزیت آلومینیوم همراه بوده است [۸]. نمونه دیگر آتش‌سوزی رخ داده در سال ۲۰۱۲ در برج ۳۴ طبقه Tamweel در دبی و ساختمان ۲۳ طبقه در استرالیا بوده که در هر دو مورد نمای برج از جنس ACS با مغزه پلی‌اتیلن بوده است و منجر به گسترش آتش‌سوزی در نتیجه مشارکت نما و در نهایت خسارات مالی شده است [۱].

احتمال خطر آتش‌سوزی و پیامدهای ناشی از آن وقتی بیشتر و شدیدتر است که نما از جنس قابل سوختن باشد و نصب آن نیز به درستی انجام نشده باشد. از انواع مصالح نمای قابل سوختن می‌توان سامانه عایق حرارتی بیرونی (EIFS)، لمینت‌های ساخته شده تحت فشار زیاد (SIPS)، پانل عایق سازه ای، موانع مقاوم در برابر شرایط جوی (WRB)، پانل‌های الوار و کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیک مثل پلی اتیلن را نام برد.

دو عامل اصلی سبب آتش‌سوزی در نمای ساختمان است:

- آتش‌سوزی خارج از ساختمان ناشی از مجاورت با منابع سوختنی؛
- آتش‌سوزی داخلی ساختمان، که منشاء آن در یک طبقه بوده، با شکستن شیشه به نما گسترش یافته است.

مشکل ایمنی در برابر آتش نما را می‌توان به چهار بخش تقسیم‌بندی نمود:

- ویژگی سناریوی قرارگیری در معرض آتش و توزیع شار حرارتی هم داخل نما و هم از سطح نما با شعله وری که از داخل شروع شده است. این موضوع پیش نیاز قسمت‌های زیر است؛
- مقاومت در برابر آتش مجموعه نما و اتصال دال کف- نما، شامل شکست سازه‌ای برای مجموعه‌های نمای غیرقابل سوختن و قابل سوختن؛
- گسترش آتش در سطح خارجی نما در صورتی که قابل سوختن باشد به دلیل شعله‌های ناشی از آتش‌سوزی در فضای محصور؛
- گسترش آتش ناشی از آتش‌سوزی در فضای محصور و پیشروی به داخل عایق نما در صورتی که قابل سوختن باشد.

از آن جا که در ایران ورق نمای کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیک که از منابع مختلف داخلی و خارجی تهیه می‌شوند، کاربرد گسترده‌ای در پروژه‌های ساخت و ساز دارند، بدون ارزیابی آزمایشگاهی از طریق انجام آزمون‌های آتش استاندارد در زمینه ایمن بودن آنها به طور قاطع نمی توان اظهار نظر کرد. به همین دلیل در این پژوهش، عملکرد چند نوع نمای کامپوزیت آلومینیوم تولید شده داخلی و وارداتی با آزمون آتش مقیاس کوچک به وسیله گرماسنج مخروطی ارزیابی شد و توصیه‌های ارائه شده با توجه به نتایج آزمون باعث بهبود کیفیت برخی از آنها طی روند صدور گواهی نامه فنی شد. همچنین طبقه بندی خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش برای یک نوع نمای کامپوزیت آلومینیوم مطابق با استاندارد ملی طبقه بندی اتش ۸۲۹۹ و بر اساس داده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون‌های استاندارد واکنش در برابر آتش شامل قابلیت افروزش و عامل مشتعل منفرد SBI انجام شد. ضمن این که درباره صدور گواهی نامه فنی این محصول و کنترل کیفی آن توضیحاتی ارائه می‌شود.

مواد

نمونه‌های ورق کامپوزیت آلومینیوم (ACS) که برخی تولید داخل و برخی وارداتی بودند، از منابع تجاری داخلی تهیه شد. میانگین ضخامت آزمونه‌ها ۴/۰mm بود.

آزمون‌های آتش برای ارزیابی عملکرد ورق کامپوزیت آلومینیوم (ACS) در برابر آتش

آزمون‌های واکنش در برابر آتش به منظور ارزیابی رفتار اشتعالی و تعیین میزان مشارکت در گسترش آتش به شرح زیر انجام می‌شوند:

آزمون گرماسنج مخروطی[5]:

آزمون گرماسنجی مطابق استاندارد ملی 1-7271 و بین‌المللی ISO5660 -1 با استفاده از گرماسنج مخروطی انجام بر روی ۱۰ آزمونه با ACS-1 تا ACS-9 تحت تابش ۵۰kW/m^2 (معادل دمای تقریباً ۷۵۶°C) انجام شد. دستگاه گرماسنج مخروطی برای اندازه‌گیری شدت رهایش گرمای ناشی از اشتعال مواد و مصالح در مقیاس کوچک استفاده می‌شود. به علاوه با این دستگاه می‌توان خواص دیگری شامل افت جرمی فرآورده بر اثر سوختن، دانسیته دود ناشی از سوختن و مقدار گازهای CO/CO_2 را به‌دست آورد. آزمونه‌ها با ابعاد mm (۱۰۰×۱۰۰) با ضخامت حداکثر ۵۰mm در حالیکه در معرض تابش خارجی معینی تا حداکثر ۲۱۰۰kW/m قرار می‌گیرند و اندازه‌گیری‌ها با استفاده از حسگرها و آنالیزورهای مربوط صورت می‌گیرد. در این پژوهش، آزمون در تراز تابشی ۵۰kW/m^2 بر روی آزمونه‌ها انجام شد.

آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI)[6]:

آزمون عامل مشتعل منفرد برای مصالح ساختمانی غیر از کف پوش‌ها طبق استاندارد 13823EN و استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۶۲۱ انجام می‌شود که در آن نمونه‌هایی که برای نازک‌کاری دیوار، سقف و یا سایر قسمت‌های ساختمان به کار می‌روند، در مدت ۲۰ دقیقه در معرض شعله آتش قرار می‌گیرند. این آزمون برای ارزیابی رفتار واکنش در برابر آتش فراورده‌های ساختمانی غیر از کف‌پوش‌هاست که در معرض تهاجم حرارتی واحد مشتعل منفرد که عبارت از یك مشعل جعبه شنی تغذیه شده با گاز پروپان است، قرار می‌گیرند. آزمونه شامل دو بال بلند و کوتاه است که در قاب آزمونه نصب و سپس داخل اتاق آزمون قرار داده می‌شوند. طبق طبقه‌بندی واحد

5- Cone calorimeter
6- Single Burning Item

www.SID.ir

Archive of SID

اروپایی، این آزمون برای ارزیابی طبقه‌های A2 تا D به کار می‌رود. ارزیابی بر اساس مشاهدات حین آزمون و ثبت خودکار داده‌ها صورت می‌گیرد. قابلیت اشتعال، پیشروی سطحی شعله بر روی نمونه، گرمای آزاد شده بر اثر سوختن و شدت رهایش گرما در هر لحظه، مقدار دود ناشی از سوختن نمونه و شره کردن مواد مذاب ارزیابی می‌شود.

پارامترهای مهم که طی آزمون SBI ارزیابی می‌شوند، عبارتند از:

- شدت گسترش آتش (FIGRA)،
- شدت گسترش دود (SMOGRA)، شدت تولید دود (SPR) و کل تولید دود (TSP) طی مدت آزمون،
- شدت رهایش گرما (HRR) و کل رهایش گرما (THR) طی مدت آزمون

آزمون قابلیت افروزش[۷]:

قابلیت افروزش فرآورده‌های ساختمانی در برخورد مستقیم با منبع تک شعله طبق استاندارد بین‌المللی ISO 11925-2 و استاندارد ملی ایران به شماره ۴-۷۲۷۱ تعیین می‌شود. در این آزمون، آزمونه‌ها تحت منبع شعله کوچك در وضعیت عمودی ارزیابی و طبقه‌بندی می‌شوند. به این ترتیب که افروزش فرآورده تحت تأثیر شعله کوچک طی مدت زمان مشخص قرارگیری در معرض شعله (۱۵ ثانیه و یا ۳۰ ثانیه) با معیار رسیدن لبه شعله به فاصله ۱۵۰mm از لبه آزمونه (Fs) اندازه‌گیری می‌شود. در صورتی که لبه شعله از مرز تعیین شده بگذرد (۱۵۰Fs ≤)، طبق استاندارد ملی طبقه بندی شماره ۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 در طبقه F (بدترین عملکرد از نظر واکنش در برابر آتش) قرار خواهد گرفت و در صورتی که به مرز تعیین شده نرسد (۱۵۰Fs ≥)، شرایط قرارگیری در طبقه E (برای ۱۵ ثانیه قرارگیری در معرض شعله) یا بالاتر از آن (برای ۳۰ ثانیه قرارگیری در معرض شعله) را احراز خواهد کرد. در استاندارد آزمون، برخورد شعله به آزمونه برای دو حالت در نظر گرفته شده است که شامل برخورد شعله به لبه و سطح آزمونه می‌شود.

تعیین طبقه خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش برای ACS

طبقه‌بندی خطر آتش مواد، شامل گروه‌های A تا F است که A نشان دهنده بهترین و F بدترین عملکرد از نظر واکنش در برابر آتش است. طبق استاندارد ملی ۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1، به منظور تعیین طبقه‌بندی خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش، آزمون‌های آتش شامل قابلیت افروزش و SBI باید بر روی ورق کامپوزیت آلومینیوم انجام شوند. سپس با استفاده از داده‌های حاصل از آزمون‌ها و مطابقت با استاندارد مذکور، طبقه واکنش در برابر آتش مصالح و فرآورده‌ها تعیین می‌شود.

7- Ignitability test

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

آزمون گرماسنجی

پارامترهای حرارتی آزمون گرماسنج مخروطی بر روی آزمونه‌های ACS در تراز تابشی ۲۵۰ kW/m در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج آزمون گرماسنجی روی آزمونه‌های ورق کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیکی تحت تابش ۵۰۲-kWm

پارامتر	ACS-1	ACS-2	ACS-3	ACS-4[1]	ACS-5
جرم اولیه (g)	۵۱/۶	۴۶/۵	۴۸/۰	۴۹/۸۰	۴۹/۷
چگالی سطحی (kg/m^2)	۵/۰	۴/۹	۴/۶	۵/۰	۴/۹
افت جرم در پایان آزمون (g)	۲۵/۸	۲۸/۵	۲۹/۷	۲۲/۰	۲۸/۹
زمان وقوع افروزش (s)	۱۷۶	۲۱۵	۲۰۰	۱۲۵	۶۸۸
زمان خاموش شدن شعله (s)	۴۵۰	۶۴۰	۵۵۶	۱۳۶	۱۸۰۶
طول مدت آزمون برای محاسبات (s)	۴۵۰	۶۴۰	۵۵۶	۹۳۰	۱۸۰۶
کل رهایش گرما (MJ/m^2)	۷۱/۰	۹۶/۰	۸۰/۰	۵۱/۰	۸۸/۱
میانگین گرمای موثر سوختن (MJ/kg)	۲۵/۰	۳۱/۰	۲۴/۲	۲۲/۲	۱۱/۱
میانگین شدت رهایش گرما (kW/m^2)	۲۶۰/۰	۲۲۹/۰	۲۳۴/۵	۷۹/۳	۷۹/۰
حداکثر شدت رهایش گرما (kW/m^2)	۷۶۵/۰	۵۳۰/۱	۵۲۶/۰	۳۸۰/۰	۱۸۸/۰
زمان رسیدن به حداکثر شدت رهایش گرما (s)	۳۳۰	۴۹۸	۳۶۸	۳۶۵	۱۰۸۴

۱- در این آزمونه افروزش دوم در ثانیه ۲۸۴ و خاموش شدن شعله برای بار دوم در ثانیه ۸۷۹ رخ داد.

ادامه جدول ۱- نتایج آزمون گرماسنجی روی آزمونه‌های ورق کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیکی تحت تابش ۵۰۲-kWm

پارامتر	ACS-6	ACS-7	ACS-8	ACS-9
جرم اولیه (g)	۵۱/۱	۴۹/۱	۵۲/۳	۶۹/۱
چگالی سطحی (kg/m^2)	۵/۰	۴/۹	۵/۱	۶/۵
افت جرم در پایان آزمون (g)	۲۹/۵	۲۵/۷	۳۰/۷	۲۷/۱
زمان وقوع افروزش (s)	۲۱۰	۱۵۵	۲۲۸	۱۶۰
زمان خاموش شدن شعله (s)	۱۰۸۴	۸۰۸	۶۷۵	۲۱۰۸

www.SID.ir

Archive of SID

طول مدت آزمون برای محاسبات (s)	۱۰۸۴	۸۰۸	۶۷۵	۲۱۰۸
کل رهایش گرما (MJ/m^2)	۷۵/۳	۹۲/۵	۸۸/۵	۷۵/۱
میانگین گرمای موثر سوختن (MJ/kg)	۱۸/۲	۳۲/۶	۲۵/۲۱	۲۴/۱
میانگین شدت رهایش گرما (kW/m^2)	۸۵/۴	۱۴۰/۹۵	۱۹۸/۷۲	۳۶/۹
حداکثر شدت رهایش گرما (kW/m^2)	۲۷۲/۲	۳۸۷/۱	۳۵۲/۲	۵۸/۵
				۵۹/۲
زمان رسیدن به حداکثر شدت رهایش گرما (s)	۳۱۰	۲۶۶	۴۵۲	۲۲۶
				۱۲۳۰

طی آزمون گرماسنجی، در همه آزمونه‌های کد ACS-1 تا ACS-9 شره کردن قطرات مذاب ناشی از قرارگیری مغزه پلاستیکی در معرض تابش حرارتی رخ داد.

طبق داده‌های جدول ۱، در آزمونه‌های ACS-2 ،ACS-1 و ACS-3، حداکثر شدت رهایش گرمای حاصل از سوختن بسیار بالاست و لازم است با استفاده از مواد کندسوز کننده، رفتار اشتعالی نمونه اصلاح شود. ضمن اینکه با توجه به نتایج حاصل از آزمون، اطلاعات نرم‌افزار تخصصی آتش و مقایسه با مقررات معتبر خارجی، کاربرد نمونه به عنوان نمای ساختمان، فقط برای ساختمان‌های با ارتفاع کمتر از ۱۸ متر که در آنها نما با ساختمان‌های اطراف و یا معبر عمومی بیش از یک متر فاصله داشته باشد، قابل قبول است.

در آزمونه ACS-4، با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقیاس کوچک، اطلاعات حاصل از نرم‌افزارهای تخصصی و مقایسه با مقررات معتبر خارجی، کاربرد نمونه در نمای ساختمان قابل قبول ارزیابی می‌شود. با توجه به داده‌های جدول ۱ آزمونه‌های ACS-5 و ACS-6، که مشابه با ACS-4 بودند، به دلیل بهبود خواص آتش مغزه رفتار بهتری در آزمون گرماسنجی نشان دادند و پیک رهایش گرما در آنها کاهش یافته است.

در آزمونه‌های ACS-7 و ACS-8، با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقیاس کوچک به عمل آمده، اطلاعات حاصل از نرم‌افزارهای تخصصی و مقایسه با مقررات معتبر خارجی، کاربرد نمونه در نمای ساختمان قابل قبول ارزیابی می‌شود.

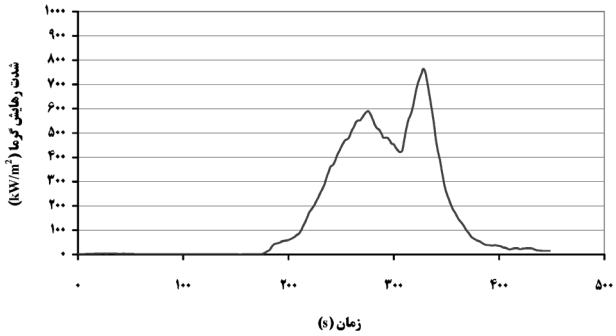
در آزمونه ACS-9، حداکثر شدت رهایش گرما نسبت به آزمونه‌های قبلی بسیار کمتر بود. ضمن این‌که اطلاعات حاصل از نرم‌افزار تخصصی آتش نشان داد در طبقه واکنش در برابر آتش بالاتر از C قرار می‌گیرد و در نتیجه به عنوان نمای خارجی ساختمان طبق آیین‌نامه‌های معتبر موجود و از جمله آیین‌نامه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی [۹] قابل کاربرد است.

منحنی‌های مربوط به حداکثر شدت رهایش گرما و کل رهایش گرما برای دو نوع ACS که بهترین و بدترین

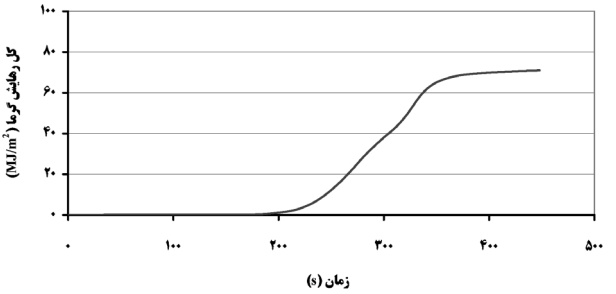
www.SID.ir

Archive of SID

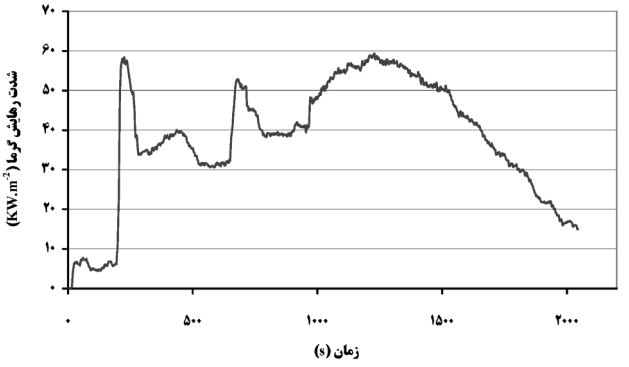
عملکرد را براساس نتایج آزمون آتش داشتند (ACS-1 و ACS-9)، در شکل های ۴-۱ آمده است. همچنین رفتار آزمونه های مذکور طی آزمون گرماسنجی در شکل ۵ آمده است.



شکل ۱- منحنی شدت رهایش گرما برای آزمونه کامپوزیت آلومینیوم ACS-۱، تحت تابش ۵۰ kW.m-۲



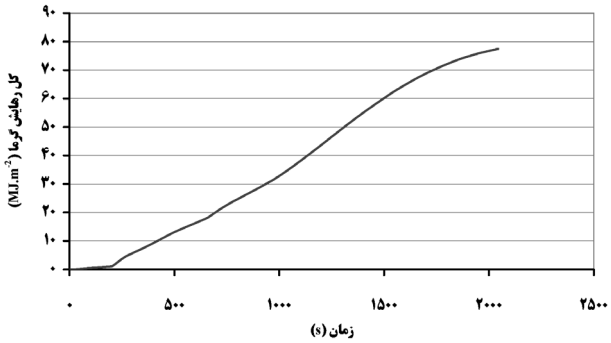
شکل ۲- منحنی کل رهایش گرما برای آزمونه کامپوزیت آلومینیوم ACS-۱، تحت تابش ۵۰ kW.m-۲



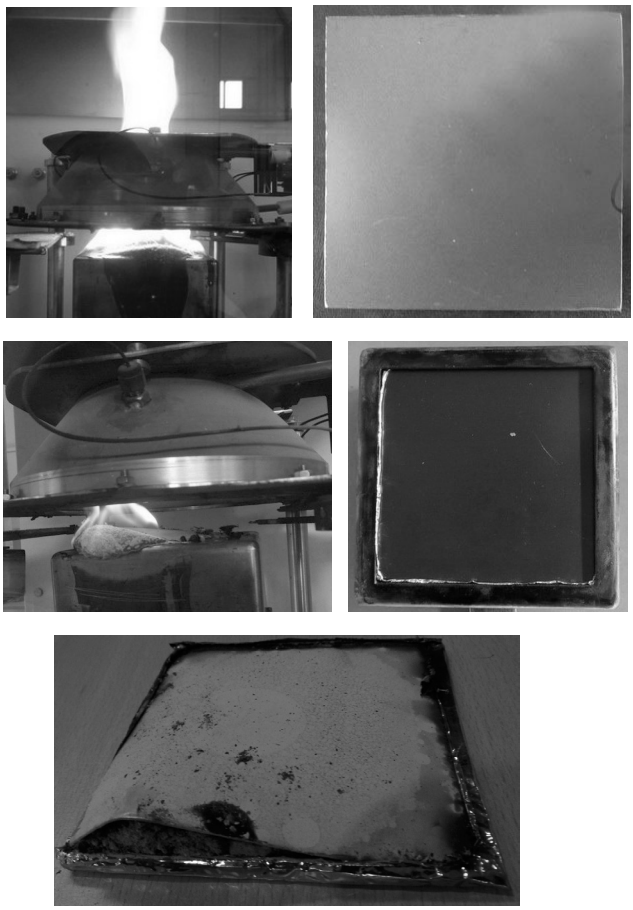
شکل ۳- منحنی شدت رهایش گرما برای آزمونه کامپوزیت آلومینیوم ACS-9، تحت تابش ۵۰ kW.m-۲

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- منحنی کل رهایش گرما برای آزمونه کامپوزیت آلومینیوم ACS-9، تحت تابش ۵۰ kW.m-2



شکل ۵- رفتار آزمونه‌های ACS-1 (بالا) و ACS-9 طی آزمون گرماسنجی

آنچه درباره رفتار اشتعالی نمای ACS اهمیت دارد این است که در صورتی که عملکرد مغزه پلاستیکی نامناسب

www.SID.ir

Archive of SID

باشد، احتمال دارد در صورت وقوع آتش‌سوزی، هنگام سوختن مغزه، مواد مذاب مشتعل به سمت پایین سقوط کند و معمولاً این شره‌های داغ می‌توانند مواد قابل اشتعال موجود در سمت پایین را مشتعل ساخته، آتش‌سوزی را به سمت پایین نما گسترش دهند. اگرچه ورق آلومینیوم موجود روی مغزه، در محافظت از آن و رفتار بهتر محصول نقش مهمی دارد ولی در صورت قرارگیری مغزه در معرض شعله امکان گسترش آتش و حرارت و نیز امکان جداشدگی ورق از مغزه وجود دارد. این موضوع می‌تواند سبب شود که نما با شدت بسیار بیشتر شعله ور شده، شره‌های مواد مذاب به سمت پایین نیز افزایش یابند.

با توجه به نتایج آزمون گرماسنجی، برای تعیین طبقه خطر آتش از دیدگاه واکنش در برابر آتش، آزمونه ACS-9 با توجه به عملکرد اشتعالی بهتر نسبت به سایر آزمونه‌ها انتخاب شد و تحت آزمون‌های واکنش در برابر آتش قابلیت افروزش و SBI قرار گرفت و طبقه‌بندی برای ACS-9 به شرح زیر صورت گرفت.

آزمون قابلیت افروزش

قابلیت افروزش مواد در وضعیت برخورد شعله به لبه آزمونه، در زمان‌های ۲۰ و ۶۰ ثانیه بر روی آزمونه‌های ACS-9 انجام شد. نتایج آزمون قابلیت افروزش در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- نتایج آزمون قابلیت افروزش بر روی آزمونه ACS-۹

آزمونه	ACS-10	ACS-10
مدت زمان در معرض شعله (s)	۲۰	۳۰
ضخامت (mm)	۴/۰	۴/۰
چگالی سطحی (kg/m^2)	۶/۰	۶/۰
رخداد افروزش	خیر	خیر
افروزش کاغذ صافی	خیر	خیر
رسیدن نوک شعله به ۱۵۰ میلیمتر بالای نقطه به کارگیری شعله	$Fs \leq ۱۵۰$	$Fs \leq ۱۵۰$
طبقه بندی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۹۹	E	E یا بالاتر

آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI)

آزمون طبق روش استاندارد آغاز شد و پس از روشن شدن مشعل اصلی در ثانیه ۳۰۰، شعله بر روی سطح آزمونه به سمت بالا تا لبه بال بلند آزمونه گسترش یافت ولی پیشروی عرضی شعله بر روی خط نشانه در بال بلند آزمونه دیده نشد. در پایان آزمون، ورق کامپوزیت آلومینیومی در محل مجاور با مشعل اصلی ترک خورده بود. جدول ۳ نتایج آزمون SBI را نشان می‌دهد. شکل ۶ رفتار آزمونه را طی آزمون SBI نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ – میانگین نتایج آزمون SBI بر روی آزمونه‌های ورق کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیک کد ACS-۹

پارامتر	پیشروی شعله، تولید گرما				تولید دود		ذرات/قطرات مشتعل	
	$FIGRA_{0.2MJ}$ (w/s)	$FIGRA_{0.4MJ}$ (w/s)	THR_{600s} (MJ)	LFS_e[۱] (cm^2/s^2)	SMOGRA	TSP_{600s} (m^2)	$FDP^{۲}$ ≤۱۰ s	FDP >۱۰ s
میانگین نتایج	به آستانه نرسید	به آستانه نرسید	۰/۸	-	۲/۲	۲۹/۰	-	-

۱- LFS_e (LSF_{edge}): پیشروی عرضی شعله روی بال بلند و رسیدن به لبه دورتر آزمونه

۲- FDP: افتادن تکه‌های آزمونه/ قطرات شعله‌ور، خارج از مرز مشعل

شکل ۶- ورق کامپوزیت آلومینیوم با کد ACS-۹، به ترتیب از راست: قبل، حین آزمون SBI و پس از آن

تعیین طبقه خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش

نتایج آزمون گرماسنج مخروطی بر روی نمونه ACS-9 به وسیله نرم‌افزار تخصصی آتش، conetools شبیه‌سازی شد و طبق آن پیش‌بینی شد که نمونه مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۹۹ در طبقه A2 یا B از نظر واکنش در برابر آتش قرار گیرد.

در عین حال با توجه به داده‌های حاصل از آزمون SBI و قابلیت افروزش و استاندارد ملی ۸۲۹۹، طبقه خطر آتش ورق کامپوزیت آلومینیوم با کد ACS-9 به صورت زیر تعیین شد.

جدول۳- طبقه واکنش در برابر آتش ACS-9

طبقه واکنش در برابر آتش	تولید دود	ذرات/قطرات شعله‌ور
B	s1	d0

www.SID.ir

Archive of SID

صدور گواهی نامه فنی نمای کامپوزیت آلومینیوم

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان تنها نهاد صادرکننده گواهی‌نامه فنی طی روند آزمایشگاهی ذکر شده در بالا و مطابق با استاندارد طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش برای ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم نما که الزامات آزمون‌های استاندارد به شرح فوق را برآورده کنند، گواهی‌نامه فنی صادر می‌کند. ابتدا آزمون قابلیت افروزش انجام شده، در صورت احراز طبقه E یا بالاتر، آزمون SBI انجام و شاخص گسترش آتش و دود ارزیابی می‌شود. سپس با استفاده از داده‌های آزمون، طبقه‌بندی خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش طبق استاندارد طبقه‌بندی انجام می‌شود.

توصیه‌های کاربردی

برای انتخاب مصالح نما به ویژه نمای کامپوزیت آلومینیوم توجه به آیین‌نامه‌های معتبر محافظت در برابر آتش (مانند نشریه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) ضروری است و رفتار اشتعالی مواد با الزامات آیین‌نامه مطابقت داده شود. بر این اساس نظر به وجود امکان صدور گواهی نامه فنی برای این نوع مصالح، به کاربران توصیه می‌شود برای دستیابی به سطح ایمنی در برابر آتش مطلوب از نظر مقرراتی، با ارزیابی رفتار این نوع مصالح طی دوره اعتبار گواهی نامه فنی، از عملکرد مناسب این نوع مواد و مصالح در برابر آتش اطمینان حاصل نمایند.

نتیجه‌گیری

عملکرد ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم با مغزه پلاستیکی مورد استفاده در نمای خارجی ساختمان، که به طور گسترده در پروژه‌های ساخت و ساز کشور به کار می‌روند، با استفاده از آزمون‌های واکنش در برابر آتش شامل آزمون گرماسنج مخروطی و آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI) ارزیابی شد. به علاوه پیش بینی طبقه خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش، بر اساس نتایج آزمون‌های آتش استاندارد صورت گرفت و روند طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش مطابق با استاندارد ملی ۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 ارائه شد. و استاندارد ملی طبقه‌بندی از نظر واکنش در برابر آتش ارائه شد. طبق نتایج حاصل از آزمون گرماسنجی، با وجود نقش محافظتی روکش آلومینیوم، در صورت قرارگیری مغزه در معرض شعله و عملکرد ضعیف آن، شره کردن همراه با رهایش گرما و دود با شدت زیاد رخ می‌دهد. در صورتی که با بهبود خواص آتش مغزه ورق کامپوزیت آلومینیوم، می‌توان به عملکرد مطلوبی دست یافت. پیش‌بینی طبقه خطر آتش برای یک نوع ACS با عملکرد مناسب واکنش در برابر آتش نشان داد که با بهبود خواص مغزه امکان قرارگیری در طبقه واکنش در برابر آتش Bs1d0 وجود دارد. در عین حال، مطابقت با مقررات محافظت در برابر آتش ساختمان، از جمله آیین‌نامه محافظت در برابر آتش، نشریه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای تعیین حدود مجاز کاربری بر اساس داده‌های حاصل از آزمون‌های استاندارد، ضروری است. ضمن این که کنترل کیفی این نوع محصولا طی روند گواهی‌نامه فنی این امکان را به وجود می‌آورد که کاربران و تولیدکنندگان با آگاهی از رفتار این گونه مصالح در برابر آتش، از سطح ایمنی در برابر

www.SID.ir

Archive of SID

آتش مورد انتظار اطمینان حاصل نمایند.

مراجع

[1] EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION, SUSTAINABILITY OF ALUMINIUM IN BUILDINGS, www. aluminium.org.

[2] http://www.sgi-architectural.com.au/wp-content/uploads/2015/07/PE-ACM-The-Issue-of-Combustibility.pdf.

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۲۷۱، واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی، روش‌های آزمون. قسمت اول .اندازه گیری شدت رهایش گرما ناشی از سوختن مصالح و فرآورده‌های ساختمانی"، ۱۳۸۲.

[۴] استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۹۹: واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی- روش طبقه‌بندی، ۱۳۸۴.

[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۴-۷۲۷۱، "واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی، روش‌های آزمون. قسمت چهارم .قابلیت افروزش فرآورده‌های ساختمانی در برخورد مستقیم شعله (آزمون منبع تک شعله)"، ۱۳۸۴.

[۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۲۱، "واکنش در برابر آتش فرآورده‌های ساختمانی، روش‌های آزمون. فرآورده‌های ساختمانی به جز کف‌پوش‌ها در معرض تهاجم گرمایی عامل مشتعل منفرد (SBI)"، .۱۳۸۸.

[7] Fire Safe Europe (FSEU) and the Croatian Association for Fire Protection (HUZOP), Façades can significantly affect the spread of fire, Zagreb, May 2014.

[8] Lei Peng, Zhaopeng Ni, Xin Huang, Review on the fire safety of exterior wall claddings in high-rise buildings in China, Procedia Engineering 62 (2013) 663 – 670.

[۹] آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، نشریه شماره ض-۶۸۲، ۱۳۹۲.

www.SID.ir