

بررسی تجربی رفتار اشتعال پذیری موکت نایلونی با آزمون گرماسنجی مخروطی

Study of Flammability Properties of Nylon Moquette Using Cone Calorimetry

روح اله سمنانی رهبر^{۱*}، رضا قاسمی^۱، مجتبی پوراصفهانلی^۱، جمیله آفاقی^۱، ملیحه نازی^۱، مهرداد آذین فر^۲

۱- کرج، پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، گروه نساجی و چرم، صندوق پستی ۳۱۷۴۵-۱۳۹
۲- تبریز، شرکت پالازموکت

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۰۹

چکیده

رفتار دو نمونه موکت نایلونی (معمولی و حاوی مواد بازدارنده شعله روی بورات) در برابر آتش مطابق استاندارد ISO 5660-1 و در شار گرمایی 35 kW/m^2 بررسی شد. با استفاده از گرماسنج مخروطی، پارامترهای گرمایی واکنش در برابر آتش شامل زمان افروزش، کل گرمای آزاد شده، شدت و بیشینه گرمای آزاد شده، دود و خروج گازهای سمی بررسی شدند. نتایج نشان می‌دهد، زمان افروزش در موکت حاوی مواد بازدارنده شعله نسبت به موکت معمولی طولانی‌تر است، در حالی که بیشینه گرمای آزاد شده در موکت حاوی مواد بازدارنده شعله حدود ۳۳٪ کمتر است. بدین ترتیب، خطر گسترش شعله در موکت حاوی مواد بازدارنده شعله در مقایسه با موکت معمولی کمتر است. بهبود رفتار در برابر آتش در موکت حاوی مواد بازدارنده شعله را می‌توان به تشکیل لایه زغال روی سطح سوخته و وجود افزودنی‌های مختل‌کننده واکنش‌های احتراق نسبت داد که موجب کندشدن واکنش‌های سوختن می‌شود و در نتیجه مقدار بیشینه گرمای آزاد شده کاهش می‌یابد.

مقدمه

زیاد نیست و تنها هنگامی شعله را پخش می‌کنند که گرگرفتگی رخ دهد یا به عبارت دیگر آتش کل اتاق را فرا گیرد. ولی، برای مکان‌ها و ساختمان‌های حساس و ویژه، خاصیت کندکنندگی شعله یا رفتار اشتعال‌پذیری فرش و موکت مورد توجه قرار دارد و در این خصوص لازم است، پارامترهای معین‌کننده خطرهای آتش مانند زمان افروزش، سرعت و مقدار پیشروی سطحی شعله، مقدر گرمای آزاد شده، درصد گازهای سمی و دود حاصل از احتراق مدنظر قرار گیرند [۴،۵].

از روش‌های مطالعه رفتار حریق مواد، آزمودن آن‌ها با ابعاد بزرگ در شرایط واقعی آتش است که نیاز به روش‌های پیشرفته عملیاتی و محاسباتی دارد و منجر به

امروزه ایمنی و حفاظت ساختمان‌ها در برابر آتش موضوع قابل‌ملاحظه‌ای است که توجه به آن بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد. از این میان باید به نقش منسوجات در این خصوص توجه ویژه‌ای کرد، چرا که نتایج مطالعات نشان می‌دهد، منبع اصلی آتش‌سوزی خانگی، شعله‌ور شدن رومبلی و کالای خواب با کبریت یا سیگار روشن است [۱-۳]. از دیگر منابع اشتعال در دسته منسوجات، کفپوش نساجی یعنی فرش و موکت است. بررسی‌های انجام شده نمایانگر این نکته است که به علت قرار گرفتن فرش و موکت روی زمین، امکان مشارکت آنها در گسترش شعله در اتاق چندان

کلمات کلیدی

رفتار اشتعال‌پذیری، گرماسنج مخروطی، موکت نایلونی، تکمیل ضدآتش، بیشینه گرمای آزاد شده

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: semnani@standard.ac.ir

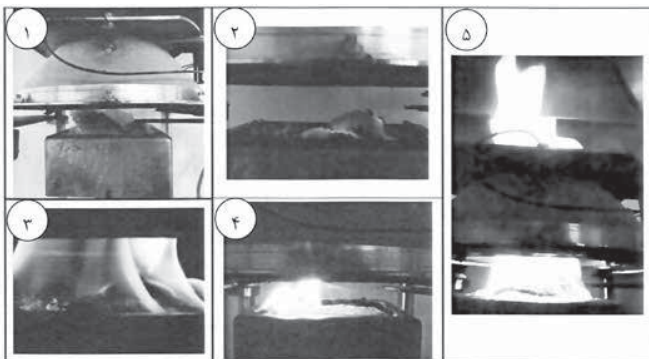
می گیرد. اساس کار این دستگاه بر مبنای اصل اکسیژن مصرفی است که مطابق آن مقدار آزادسازی گرمای ناشی از سوختن ماده، مستقل از نوع آن و متناسب با مقدار اکسیژن مصرف شده است. بدین ترتیب، به ازای 1 kg/m^3 اکسیژن مصرف شده، تقریباً $13/1 \times 310 \text{ kJ}$ گرما آزاد می شود. اندازه گیری های اولیه در این سامانه شامل غلظت اکسیژن و شدت جریان گاز خروجی است که با استفاده از آنها پارامترهای مهمی محاسبه می شوند. پارامترها شامل زمان افروزش، کل گرمای آزاد شده، میانگین شدت گرمای آزاد شده، بیشینه شدت گرمای آزاد شده، زمان رسیدن به بیشینه شدت گرمای آزاد شده، میانگین تولید کربن دی اکسید و کربن مونو کسید، گرمای مؤثر سوختن و زمان خاموش شدن شعله است. در این دستگاه شدت گرمای آزاد شده با استفاده از اندازه گیری اکسیژن مصرف شده و معادله های مربوط به دست می آید. زمان وقوع افروزش به طور چشمی ثبت می شود. تیرگی پدید آمده از دود به روش های نوری و گازهای کربن مونو کسید و کربن دی اکسید با ارزیابی گاز اندازه گیری می شود. سایر پارامترها با استفاده از این نتایج به دست می آید [۸، ۱۱-۱۳]. نتایج ارائه شده براساس میانگین سه آزمون انجام شده روی هر یک از نمونه هاست.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از آزمون گرماسنجی مخروطی در جدول ۱ نشان داده شده است که در ادامه بحث می شوند.

زمان افروزش و زمان خاموش شدن شعله

زمان افروزش از عوامل بسیار مهم در تعیین خطر آتش سوزی بوده و در عین حال سرعت پیشروی سطحی شعله نیز به آن وابسته است. زمان افروزش به زمان مورد نیاز برای آتش گرفتن نمونه تحت تابش گرمایی گفته می شود. هرچه پارامتر زمان افروزش کوتاه تر باشد، نمونه آسان تر آتش می گیرد و پیشروی شعله روی سطح آن می تواند سریع تر رخ دهد [۱۲، ۱۴]. همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می شود، زمان افروزش



شکل ۱- نمایی از دستگاه گرماسنج مخروطی به کار گرفته شده در این پژوهش و نمونه موکت تحت آزمون (در این شکل گرم کن الکتریکی تابشی مخروطی، نگه دارنده های نمونه و چگونگی شعله ور شدن موکت با گرمای تابشی نشان داده شده است).

هزینه های زیاد می شود. به طور کلی، آزمون کف پوش های نساجی در چنین شرایطی بسیار پیچیده بوده، ولی در عین حال لازم است، رفتار این کالاهای نساجی در برابر حریق به دلیل اهمیت مالی و جانی آن معین شود. در این راستا، گرماسنج مخروطی ابزار مناسبی برای ارزیابی زمان گر گرفتگی سراسری (flash over) در آزمون مقیاس بزرگ است. اطلاعات حاصل از این دستگاه برای کنترل کیفی کف پوش نساجی از نظر رفتار حریق و پیش بینی آن با ابعاد واقعی بسیار حائز اهمیت است. مطالعات متعددی درباره پیش بینی رفتار اشتعال پذیری مواد با گرماسنج مخروطی انجام شده است [۴، ۶، ۷]. ولی، مطالعات منتشر شده چندانی درباره رفتار اشتعال پذیری موکت و کف پوش های نساجی با استفاده از این دستگاه وجود ندارد [۸، ۹]. در این پژوهش، دینامیک گسترش حریق در موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله به کمک دستگاه گرماسنج مخروطی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 7271-1 و استاندارد بین المللی ISO 5660-1 ارزیابی شد.

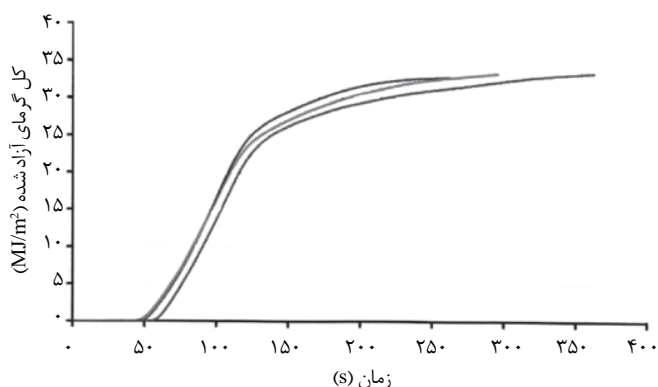
تجربی

مواد

دو نمونه موکت با بافت عمودی (tufting) پرز بریده محصول شرکت پالازموکت، از جنس پلی آمید ۶ با ضخامت تقریبی ۸ mm استفاده شدند که یکی از آنها حاوی مواد بازدارنده شعله بود. تمام خواص فیزیکی دو نمونه موکت که بر رفتار اشتعال پذیری آنها اثر گذار است، مانند ضخامت و چگالی و نیز سایر ویژگی ها مانند تراکم و نوع بافت یکسان بود. برای ایجاد خاصیت بازدارندگی شعله، از ماده بازدارنده شعله بر پایه روی بورات به مقدار ۵۰٪ وزنی استفاده شد. پس از اتمام عملیات بافت موکت، مواد ضد آتش به همراه لاتکس بین لایه زمینه پلی پروپیلنی و لایه زیری از جنس پلی استر قرار گرفت. در ادامه، پس از عبور از استنت در دمای 160°C عملیات پخت و تثبیت مواد انجام شد. ماده بازدارنده شعله با آزادسازی آب در برابر گرما، موجب خنک شدن شعله و کاهش سرعت پخش آن می شود. همچنین، با توجه به محل قرار گرفتن ماده بازدارنده شعله و نوع فرایند تثبیت، این ماده تکمیلی از پایداری خوبی در برابر محیط بیرونی و فرایند شست و شو برخوردار است.

دستگاه ها و روش ها

برای مقایسه رفتار دو نمونه موکت در برابر آتش طبق استاندارد ملی ایران به شماره 7271-1 (ISO 5660-1) از گرماسنج مخروطی در شار گرمایی 35 kW/m^2 استفاده شد [۱۰]. نمای کلی دستگاه گرماسنج مخروطی و نمونه موکت تحت آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی، گرماسنج مخروطی دارای یک گرم کن به شکل مخروط ناقص است که با جریان الکتریکی گرم شده و با تابش گرمایی، در شارهای گرمایی تنظیم شدنی، دمای نمونه ای را که به شکل افقی یا عمودی در مجاورت آن قرار گرفته افزایش می دهد. نمونه با ابعاد $10 \times 10 \text{ cm}$ و در قاب نگه دارنده ویژه ای تحت آزمون قرار



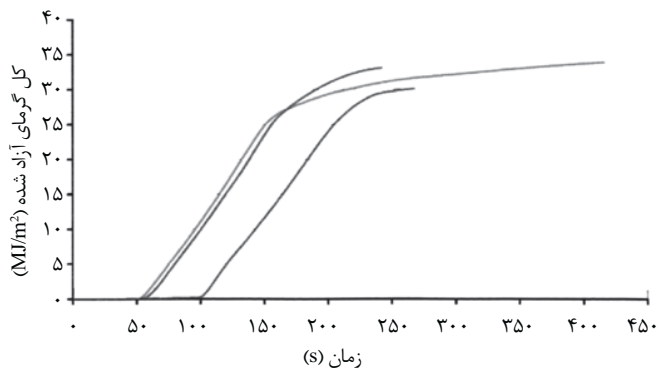
شکل ۳- کل گرمای آزاد شده برای موکت معمولی (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

مقدار کل گرمای آزاد شده

مقدار کل گرمای آزاد شده، انرژی داخلی مواد را نشان می‌دهد و مستقل از عوامل محیطی مانند تابش گرمایی خارجی است. مطالعات نشان می‌دهد، با در نظر گرفتن مدت زمان آزاد شدن گرما و شدت آن، هرچه مقدار کل گرمای آزاد شده از ماده بیشتر باشد، سهم بیشتری در گسترش حریق دارد [۱۲، ۱۵]. منحنی مقدار کل گرمای آزاد شده برای دو نمونه موکت در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. با توجه به این شکل‌ها و نیز داده‌های جدول ۱ ملاحظه می‌شود، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقدار کل گرمای آزاد شده بین موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله وجود ندارد. این موضوع بیانگر آن است که هر دو موکت در حالت گرگرفتگی محیط و با فرض موجود بودن اکسیژن، گرمای تقریباً یکسانی آزاد می‌کنند. علت را می‌توان بدین ترتیب عنوان کرد که هر دو موکت قابل سوختن هستند و در مجاورت منبع اشتعال خارجی تقریباً به‌طور کامل می‌سوزند. بنابراین، ویژگی کل گرمای آزاد شده نمی‌تواند عامل شناسایی دقیقی بین دو نمونه باشد.

شدت و بیشینه گرمای آزاد شده

شدت گرمای آزاد شده نمایانگر مقدار انرژی آزاد شده برای یک جسم در حال سوختن در واحد زمان به ازای واحد سطح است که با kW/m^2 نشان داده می‌شود. سرعت آزاد شدن گرما با توجه به اصل اکسیژن مصرف شده



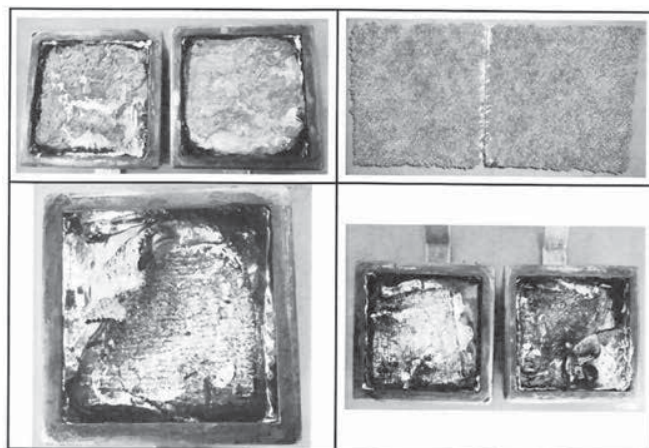
شکل ۴- کل گرمای آزاد شده برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

جدول ۱- داده‌های به دست آمده از آزمون گرماسنج مخروطی تحت شار گرمایی 35 kW/m^2 .

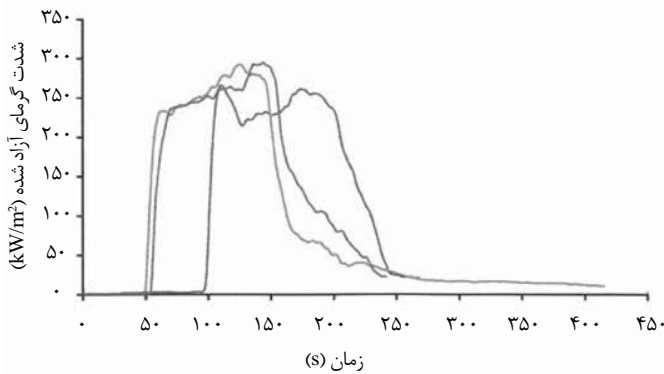
پارامتر بررسی شده	موکت معمولی	موکت عمل‌آوری شده با مواد بازدارنده شعله
زمان افروزش (s)	۵۴	۷۰
زمان خاموش شدن شعله (s)	۳۰۸	۳۰۹
کل گرمای آزاد شده (MJ/m^2)	۳۳/۱	۳۲/۴
میانگین گرمای مؤثر سوختن (MJ/kg)	۲۸/۵۲	۲۷/۸۰
میانگین شدت گرمای آزاد شده (kW/m^2)	۱۳۱/۲۲	۱۴۹/۰۱
بیشینه شدت گرمای آزاد شده (kW/m^2)	۴۲۶/۶۲	۲۸۴/۱۴
زمان رسیدن به حداکثر شدت رهايش گرما (s)	۱۰۲	۱۲۷
میانگین سطح تیرگی ویژه (m^2/kg)	۳۲۶/۲۹	۳۳۶/۶۲
میانگین تولید کربن مونوکسید (g/s)	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۳
میانگین تولید کربن دی‌اکسید (g/s)	۰/۰۸۱	۰/۰۷۴

نمونه موکت حاوی مواد بازدارنده شعله حدود ۱۶ s بیشتر از نمونه خام است. این موضوع می‌تواند به اثر سرد کردن ناگهانی ماده بازدارنده شعله نسبت داده شود که می‌تواند پس از وقوع اشتعال، شعله را خاموش کند. همچنین در این جدول مشاهده می‌شود، زمان خاموش شدن شعله یا به عبارت دیگر زمان شعله‌وری دو نمونه با یکدیگر تفاوتی ندارد و برای هر دو نمونه ۳۰۸ s است.

مطالعات نشان می‌دهد، پارامتر زمان خاموش شدن شعله برای ارزیابی خطر مشارکت یک ماده در آتش‌سوزی چندان مدنظر قرار نمی‌گیرد و می‌تواند به دلیل زیاد بودن درصد ترکیبات قابل سوختن در موکت‌ها باشد که در اینجا نیز تقریباً ۸۰٪ از جرم اولیه آنها طی آزمون از بین می‌رود. در شکل ۲ تصاویر موکت‌ها پیش و پس از انجام آزمون نشان داده شده‌اند.



شکل ۲- تصاویر موکت‌ها پیش از انجام آزمون (بالا- راست) و پس از قرار گرفتن در گرماسنج مخروطی (شکل بالا- چپ مربوط به موکت معمولی و شکل‌های پایین مربوط به نمونه موکت حاوی مواد بازدارنده شعله است).



شکل ۶- شدت گرمای آزاد شده برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

واکنش‌های احتراق است که موجب کندشدن واکنش‌ها می‌شود و شدت گرمای آزاد شده کاهش می‌یابد. در موکت معمولی، زیادبودن شدت گرمای آزاد شده موجب می‌شود که گرمای بیشتری به سطح موکت برگردد و بدین ترتیب سرعت اشتعال افزایش می‌یابد. همچنین، گازهای آتش‌گیر بیشتری به وجود می‌آیند که این موضوع پخش شعله را در سطح موکت تقویت می‌کند. از این رو، خطر آتش‌گیری موکت معمولی زیاد است.

دود

دو تهدید اصلی در آتش‌سوزی، ایجاد اختلالات تنفسی و کاهش دید است [۱۲]. سامانه اندازه‌گیری دود در گرماسنج مخروطی مشابه آزمون اتاق آتش است و کمیت ضریب تیرگی (k) مطابق قانون بیر-لامبرت و به روش‌های نوری اندازه‌گیری می‌شود:

$$k = \left(\frac{1}{L}\right) \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (2)$$

در این معادله، L طول مسیر عبور نور در دود و I₀ و I نیز به ترتیب شدت نور ورودی و نور تضعیف شده به‌وسیله دود است [۱۹]. در گرماسنج مخروطی، تولید دود با میانگین سطح تیرگی ویژه (surface extinction area, SEA) بیان می‌شود که از معادله (۳) به‌دست می‌آید:

$$SEA = \frac{kV}{\dot{m}} \quad (3)$$

در این معادله، K ضریب تیرگی (m⁻¹), \dot{m} سرعت کاهش جرم مواد در حال سوختن (kg/s) و V سرعت جریان حجمی گازها در نقطه اندازه‌گیری دود (m³/s) است [۲۰]. سطح تیرگی ویژه نمایانگر مساحت سطح کل ذرات دود به ازای یک کیلوگرم از ماده سوخته با فرض کروی بودن ذرات دود است [۹، ۲۱]. میانگین سطح تیرگی ویژه برای دو نمونه در جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین مقدار دود حاصل از سوختن در موکت حاوی مواد بازدارنده شعله و موکت معمولی اختلاف چندانی ندارند.

گازهای سمی

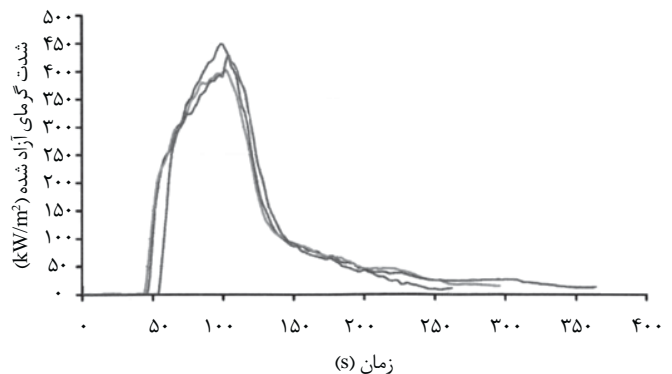
از علل تلفات ناشی از آتش‌سوزی، تولید کربن مونوکسید در اثر سوختن

از معادله (۱) محاسبه می‌شود:

$$\dot{q} = E[(\dot{m}_{O_2})_m - (\dot{m}_{O_2})_{out}] \quad (1)$$

در این معادله، \dot{q} سرعت گرمای آزاد شده، E معادل ۱۳/۱ kJ/go₂ و \dot{m}_{O_2} درصد یا کسر مولی اکسیژن گازهای ورودی و خروجی است. مطالعات نشان می‌دهد، شدت گرمای آزاد شده ناشی از سوختن ماده، مهم‌ترین پارامتر ارزیابی رفتار در برابر آتش است [۱۶]. منحنی شدت گرمای آزاد شده برای دو نمونه در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، مقادیر شدت گرمای آزاد شده پیش از افروزش کم است که علت آن به کم‌بودن دمای سطح نمونه مربوط است. پس از وقوع افروزش، مقدار شدت گرمای آزاد شده به سرعت افزایش یافته و به مقدار بیشینه می‌رسد. در ادامه، با تشکیل لایه زغال روی سطح سوخته، فرایند سوختن مختل شده و مقدار بیشینه گرمای آزاد شده کاهش می‌یابد. در منحنی شدت گرمای آزاد شده موکت حاوی مواد بازدارنده شعله، نقاط بیشینه دیگری نیز ملاحظه می‌شود که علت آن می‌تواند غلبه فشار گاز ناشی از پیرولیز بر سطح زغال شده موکت و فروریختن این سطح زغالی و در نتیجه فرار حجم قابل‌ملاحظه‌ای از گاز محبوس به فضای بالای سطح نمونه باشد [۱۷، ۱۸].

مقادیر میانگین و بیشینه شدت گرمای آزاد شده در جدول ۱ نشان می‌دهد، موکت حاوی مواد بازدارنده شعله از نظر بیشینه گرمای آزاد شده ناشی از سوختن رفتار بهتری نسبت به موکت خام دارد، به نحوی که بیشینه شدت گرمای آزاد شده برای موکت معمولی در آزمون با شار گرمایی ۳۵ kW/m² حدود ۴۲۶ kW/m² و برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله حدود ۲۸۴ kW/m² است که حدود ۳۳٪ کاهش یافته است. می‌توان گفت، موکت حاوی مواد بازدارنده شعله در مقایسه با موکت معمولی بار گرمایی کمتری به فضای آتش‌سوزی وارد می‌کند و مشارکت کمتری در گسترش شعله و آتش‌سوزی دارد. همچنین می‌توان عنوان کرد، ویژگی میانگین و بیشینه شدت گرمای آزاد شده مهم‌ترین شاخص گرمایی متفاوت بین دو نمونه موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله است. علت کم‌بودن مقدار شدت بیشینه گرمای آزاد شده برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله، وجود افزودنی‌های مختل‌کننده



شکل ۵- شدت گرمای آزاد شده برای موکت معمولی (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

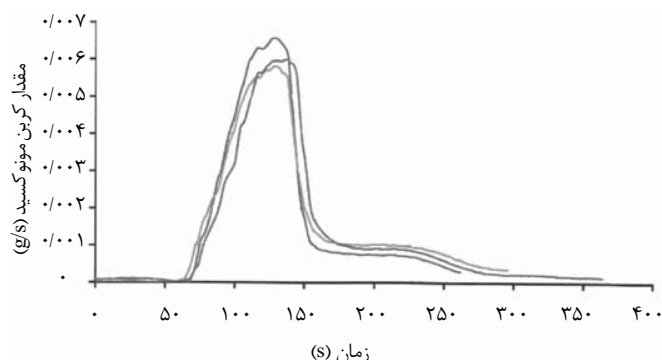
خاصی از این خطر را پیش‌بینی کنند. از این‌رو به نظر می‌رسد، ارزیابی خطر مشارکت موکت در آتش‌سوزی فقط با در نظر گرفتن یک پارامتر چندان منطقی نباشد. Petrella پیشنهاد داده است، پارامتر ترکیبی بیشینه گرمای آزاد شده (peak heat release rate, PHRR) بر زمان افروزش (time to ignition, TTI) یا PHRR/TTI ارزیابی مناسب‌تری را در این باره ارائه می‌دهد [۱۴]. مقدار این پارامتر برای موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله به ترتیب ۷/۸۸ و ۴/۰۵ است. بنابراین، امکان گرگرفتگی ناشی از سوختن موکت معمولی بیشتر از موکت حاوی مواد بازدارنده شعله است. همچنین مطالعات پیشین نشان داد، پارامتر $PHRR^2/TTI$ می‌تواند برای دسته‌بندی خطر مشارکت کف‌پوش نساجی در پله‌ها مدنظر قرار گیرد [۵]. مقدار این پارامتر در موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله به ترتیب ۳۳۶۰ و ۱۱۵۲ است و نشان می‌دهد، موکت حاوی مواد بازدارنده شعله رفتار مطلوب‌تری از لحاظ سرعت پخش شعله در راه‌پله‌ها دارد.

استاندارد اروپایی EN13501-1 (استاندارد ملی ایران به شماره ۸۲۹۹)، مصالح ساختمانی را براساس رفتار واکنش در برابر آتش به گروه‌های A تا F دسته‌بندی می‌کند [۲۲] که در آن بهترین رفتار مربوط به کلاس A و بدترین مربوط به کلاس F است. تخمین نتایج با نرم‌افزار Conetools نشان می‌دهد، موکت معمولی در دسته E یا F قرار می‌گیرد، در حالی که موکت حاوی مواد بازدارنده شعله می‌تواند در دسته D واکنش در برابر آتش قرار گیرد که وضعیت بهتری نسبت به موکت معمولی دارد. نکته قابل‌ملاحظه این است که در یکی از پژوهش‌های انجام شده روی موکت با بافت عمودی حاوی ۸۰٪ پشم و ۲۰٪ درصد نایلون، مقدار بیشینه گرمای آزاد شده $275-291 \text{ kW/m}^2$ گزارش شده است [۹] که به مقدار به‌دست آمده برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله در این پژوهش (284 kW/m^2) بسیار نزدیک است. این موضوع نشان می‌دهد، با انتخاب نوع ماده بازدارنده شعله مناسب و مقدار آن، می‌توان موکت با بافت عمودی نایلونی و خاصیت کندکنندگی شعله مشابه موکت پشمی تولید کرد که این موضوع با توجه به خاصیت خودخاموش‌شوندگی لیف پشم جالب توجه است.

نکته گفتنی دیگر اینکه، ارزیابی خطر مشارکت موکت در آتش‌سوزی با استفاده از این پارامترها با نتایج حاصل از آزمون‌ها در مقیاس بزرگ ارتباط تنگاتنگی دارد، ولی داده‌های به‌دست آمده برای ارزیابی نهایی موکت کافی نیست و لازم است آزمون‌های تکمیلی دیگری مانند تعیین رفتار سوختن تحت منبع گرمایی تابشی انجام شود. شایان ذکر است، نتایج این آزمون مربوط به رفتار نمونه آزمون شده از فرآورده، در شرایط مشخص آزمون است و آنها را نباید تنها معیار ارزیابی خطرهای احتمالی در برابر حریق، در شرایط واقعی کاربرد، در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری

رفتار دو نمونه موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله در برابر آتش با گرماسنج مخروطی بررسی شد تا خطر مشارکت آنها در گسترش

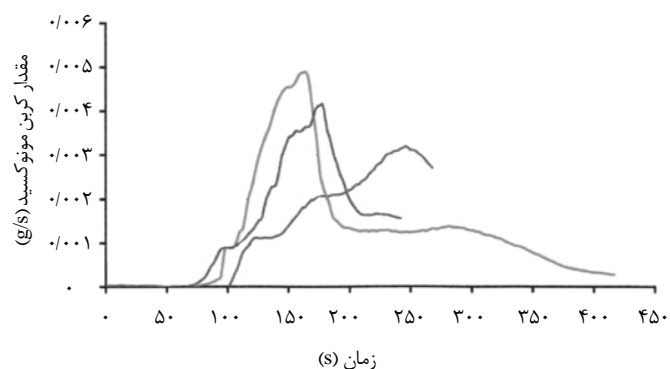


شکل ۷- مقدار کربن مونوکسید آزاد شده برای موکت معمولی (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

ناقص است که می‌تواند موجب بی‌هوشی و در نهایت مرگ انسان شود، به طوری که می‌توان کربن مونوکسید را خطرناک‌ترین گاز سمی در آتش‌سوزی دانست. همچنین، بررسی گازهای سمی خروجی از سامانه و تعیین مقدار کربن مونوکسید، کربن دی‌اکسید و دود حاصل از سوختن با توجه به این نکته که تلفات ناشی از خفگی در آتش‌سوزی‌ها همواره بیش از سوختگی بوده، بسیار مهم است. در شکل‌های ۷ و ۸ منحنی مقدار تولید کربن مونوکسید بر حسب زمان برای دو نمونه موکت نشان داده شده است. داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین تولید کربن مونوکسید برای موکت معمولی و موکت حاوی مواد بازدارنده شعله تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند. ولی می‌توان گفت، مقدار بیشینه کربن مونوکسید تولید شده در موکت معمولی بیشتر از موکت حاوی مواد بازدارنده شعله است.

دسته‌بندی و تحلیل خطر

از گرماسنج مخروطی برای دسته‌بندی کف‌پوش‌ها در برابر آتش استفاده نمی‌شود، ولی برای شبیه‌سازی رفتار موکت حین آتش‌سوزی مفید است. بنابراین، می‌توان از نتایج حاصل از آن برای تحلیل خطر مشارکت موکت در آتش‌سوزی استفاده کرد. زمان افروزش، شدت گرمای آزاد شده و کل گرمای آزاد شده از پارامترهای کلیدی برای ارزیابی خطر مشارکت مواد در آتش‌سوزی هستند، ولی هر یک از این عوامل فقط می‌توانند جنبه



شکل ۸- مقدار کربن مونوکسید آزاد شده برای موکت حاوی مواد بازدارنده شعله (هر منحنی مربوط به یک مرحله انجام آزمون بوده و میانگین نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است).

معمولی بیشتر از موکت حاوی مواد بازدارنده شعله است. همچنین طبق استاندارد اروپایی EN13501-1 (استاندارد ملی ایران به شماره ۸۲۹۹)، می‌توان موکت حاوی مواد بازدارنده شعله را نسبت به موکت معمولی در دسته مطلوب‌تری از لحاظ واکنش در برابر آتش قرار داد که تعیین دقیق دسته این موکت‌ها نیاز به سایر آزمون‌های تکمیلی دارد.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی شرکت پالازموکت انجام شده است که در این راستا از زحمات جناب آقایان احمد ماشین‌چی و سید محمد حسینی تقدیر و تشکر می‌شود.

مراجع

- Kilinc F.S., *Handbook of Fire Resistant Textiles*, 1st ed., Woodhead, UK, 2013.
- Horrocks A.R., Kandola B.K., Davies P.J., Zhang S., and Padbury S.A., Developments in flame retardant textiles - A review, *Polym. Degrad. Stabil.*, 88, 3-12, 2005.
- Weil E.D. and Levchik S.V., Flame retardants in commercial use or development for textiles, *J. Fire Sci.*, 26, 243-281, 2008.
- Hirschler M.H., Smoke and heat release and ignitability as measures of fire hazard from burning of carpet tiles, *Fire Saf. J.*, 18, 305-324, 1992.
- Blackmore J.M. and Delichatsios M.A., Flammability tests for assessing carpet performance, *J. Fire Prot. Eng.*, 12, 45-59, 2002.
- Huang G., Chen S., Liang H., Wang X., and Gao J., Combination of graphene and montmorillonite reduces the flammability of poly(vinyl alcohol) nanocomposites, *Appl. Clay Surf.*, 80-81, 433-437, 2013.
- Huang G., Gao J., Wang X., Liang H., and Ge C., How can graphene reduce the flammability of polymer nanocomposites?, *Mater. Lett.*, 66, 187-189, 2012.
- زیرین قلم‌ع، قلی‌پور ن.، استفاده از روش‌های استاندارد (E-1359-90) و ASTM جهت بررسی پارامترهای ایمنی حریق مواد سلولوزی و پلیمری، استاندارد ۱۶، ۱۳۸۰، ۱۹-۲۵.
- Tomann J., Comparison of Nordtest fire 007, CEN draft proposal (radiant panel) and cone calorimeter methods in the fire testing of floor coverings, *Fire Mater.*, 17, 185-190, 1993.
- Standard test method for reaction to fire tests-heat release, smoke production and mass loss rate-Part 1: Heat release rate (Cone Calorimeter Method), ISO 5660-1, 2002.
- Parker W.J., Calculations of the heat release rate by oxygen consumption for various applications, *J. Fire Sci.*, 2, 380-395, 1984.
- بختیاری س.، تقی اکبری ل.، جمالی آشتیانی م.، بررسی تجربی خطرپذیری آتش‌سوزی و همبستگی پارامترهای خطر آتش‌سوزی برای برخی مصالح ساختمانی پلیمری، مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس، دوره چهاردهم، ۴۰-۲۹، ۱۳۹۲.
- بختیاری س.، تقی اکبری ل.، باریکلی م.، رفتار اسفنج سخت پلی‌پورتان و دیواره‌های ساندویچی پلی‌پورتانی فلزپوش در برابر آتش و ارزیابی خطر مشارکت آنها در آتش‌سوزی، نشریه علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۲، ۱۹۵-۱۸۳، ۱۳۸۸.
- Petrella R.V., The assessment of full scale fire hazards from cone calorimeter data, *J. Fire Sci.*, 12, 14-43, 1994.
- Schartel B., Pötschke P., Knoll U., and Abdel-Goad M., Fire behaviour of polyamide 6/multiwall carbon nanotube nanocomposites, *Eur. Polym. J.*, 41, 1061-1070, 2005.
- Babrauskas V. and Peacock R.D., Heat release rate: The simple most important variable in fire hazard, *Fire Saf. J.*, 18, 255-272, 1992.
- Huang G., Wang Sh., Song P., Wu Ch., Chen S., and Wang X., Combination effect of carbon nanotubes with graphene on intumescent flame-retardant polypropylene nanocomposites, *Compos. Part A: Appl. Sci. Manufact.*, 59, 18-25, 2014.
- Liu Y., Zhao J., Deng Ch.L., Chen L., Wang D.Y., and Wang Y.Zh., Flame-retardant effect of sepiolite on an intumescent flame-retardant polypropylene system, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 50, 2047-2054, 2011.
- Au Yeung H.W., Chow W.K., Necessity of testing furniture materials with a cone calorimeter, *Int. J. Eng. Performance-Based Fire Codes*, 4, 60-67, 2002.
- Babrauskas V., Application of predictive smoke measurements, *J. Fire Flammability*, 12, 51-64, 1981.
- بختیاری س.، تقی اکبری ل.، بررسی تجربی رفتار پلی‌استیرن انبساط یافته در برابر آتش، نشریه علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۰، ۲۴۵-۲۳۵، ۱۳۸۶.
- Fire classification of construction products and building elements- Part 1: Classification using data from reaction to fire tests, BS EN 13501-1, 2007.