مهندسی ساختمان و علوم مسکن، دوره سیزدهم، شماره ۲۴، پاییز ۱۳۹۹
فصلنامه علمی
مهندسی ساختمان و علوم مسکن behs.bhrc.ac.ir
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش عایق‌های حرارتی فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)

لیلا تقی‌اکبری[۱]، سعید بختیاری[۲*]، زهرا درودیانی[۳]

۱. کارشناس تحقیقات آتش، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران
۲. عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران
۳. کارشناس تحقیقات آتش، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران
* تهران، صندوق پستی ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶، Bakhtiyari@bhrc.ac.ir

چکیده

امروزه کاربرد عایق‌های حرارتی فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)[۱] مثل اتیلن پروپیلن دی‌ان‌مونومر (EPDM) و لاستیک نیتریل‌بوتادی‌ان (NBR) در سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و مخازن و لوله‌ها معمول است. ارزیابی رفتار اشتعالی این نوع عایق‌ها به دلیل ماهیت پلیمری آنها با توجه به کاربرد گسترده در صنایع لوله‌کشی حائز اهمیت است. در این مقاله، عملکرد سه نوع رایج از این عایق‌ها در برابر آتش شامل EPDM، NBR و NBR-PVC به وسیله آزمون‌های استاندارد واکنش در برابر آتش، ارزیابی شده و بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌ها، طبقه‌بندی خطر آتش بر اساس استاندارد طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش صورت گرفته است. الزامات مقرراتی درباره کاربرد این نوع عایق‌ها بر اساس ارزیابی آزمایشگاهی و مبحث سوم مقررات ملی ساختمان (محافظت ساختمان‌ها در مقابل حریق) ارائه شده است. در حال حاضر در کشور، این روش ارزیابی، به عنوان ابزاری کارآمد در حوزه کنترل کیفی عایق‌های FEF از نظر ایمنی در برابر آتش، طی روند صدور گواهی‌نامه فنی در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی استفاده می‌شود.

کلیدواژگان

عایق حرارتی فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)، واکنش در برابر آتش، طبقه‌بندی، ایمنی در برابر آتش، لوله‌ها، الزامات

Reaction to Fire Classification of Flexible Elastomeric Foams (FEF)

Leila Taghi Akbari[1], Saeed Bakhtiyari[2*], Zahra Doroodiani[3]

1. Fire research expert, Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
2. Faculty member of BHRC, Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC),
3. Fire research expert, Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)
* P.O. Box 13145-1696, Tehran, Iran, Bakhtiyari@bhrc.ac.ir

Abstract

Today, the use of Thermal insulation flexible elastomeric foam (FEF) products such as Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM), Nitrile butadiene rubber (NBR) and NBR-PVC blend (NBR/PVC) is common in insulation of heating, cooling systems, channels and pipes. Evaluation of fire behavior of these products is important due to their polymeric nature. In this paper, fire performance of three common types of these insulations, including E (NBR) and NBR-PVC blend (NBR/PVC) was evaluation by standard reaction to fire tests. Based on the test results, fire classification has been done according to the reaction to fire classification standard. The regulatory requirements for the use of this type of insulation are also presented based on the experimental evaluation and the third part of the Iranian national building code (fire protection of buildings). Currently, in our country, this assessment method is used as an effective tool in the field of quality control of FEF insulations in terms of fire safety during the process of issuing technical certificate of BHRC.

Keywords

Thermal Insulation, Flexible Elastomeric Foams (FEF), Reaction to Fire, Fire Classification, Fire Safety, Pipes, Requirements

[1] Flexible Elastomeric Foam

۱- مقدمه

عایق‌های حرارتی[1] فوم الاستومری انعطاف‌پذیر سلول بسته (FEF)، از جمله مواد سلولی برپایه پلی وینیل کلرید (PVC)، لاستیک نیتریل بوتادین (NBR وNBR/PVC) و اتیلن پروپیلن دی‌ان‌مونومر (EPDM) هستند. مواد عایق سلول بسته در مقابل عبور بخار آب مقاومت عالی از خود نشان می‌دهند به طوری که پس از نصب آن‌ها، نیازی به استفاده از هیچ‌گونه سد بخار دیگری نیست. این ویژگی به همراه ضریب هدایت حرارت پایین، سبب شده این مواد در سیستم‌های سرمایش، گرمایش، مخازن و لوله‌ها و تهویه به‌کاربرده شوند. این عایق‌ها به شکل تخته‌ای (sheet) و لوله‌ای و رولی وجود دارند. به طور کلی، کاربرد آن‌ها در دو گروه زیر است:

- کاربرد در سیستم‌های تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش، کانال‌های آب و هوا و خنک‌کننده‌ها؛
- کاربرد در جاهایی که چرخه‌های حرارتی از گرم به سرد و به عکس به طور مرتب وجود دارد.

کاربرد عایق‌های الاستومری، با رویکرد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کشور ما نیز رو به افزایش است چرا که استفاده از آنها روشی سریع و آسان برای عایقکاری حرارتی سیستم‌های لوله‌کشی است (شکل ۱). اما به دلیل ماهیت پلیمری این نوع عایق‌ها، برای کاربرد ایمن آنها به خصوص از نظر رفتار در برابر آتش، ارزیابی رفتار آنها در برابر آتش و تعیین طبقه خطر آتش آنها ضروری است. زیرا با توجه به الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، هر نوع عایق مورد استفاده در ساختمان باید از نوع کندسوز باشد و الزامات مربوط را برآورده نماید.

Fig. 1 Use of elastomeric foam insulation (FEF) in pipe insulation

شکل ۱ کاربرد عایق فوم الاستومری (FEF) در عایقکاری لوله‌ها و مخازن

۲- مروری بر تحقیقات پیشین

لاوسون [۱] درسال ۱۹۸۶، مروری بر تحقیقات صورت گرفته بر روی بهبود قابلیت اشتعال FEF و کنترل رهایش دود ناشی از سوختن عایق‌های الاستومری انجام داد. در این مطالعه، ضمن بیان بررسی‌های انجام شده به منظور درک کامل‌تر فرآیند پیچیده سوختن الاستومرها، به توسعه روش‌های کنترل دود و بهبود رفتار آن‌ها برای کاربردهای گسترده‌تر در آینده اشاره شده است.

در سال ۱۹۹۹، تحقیقی در چین بر روی فرآیند آمیزه‌سازی و میزان کندسوزکننده در الاستومر NBR/PVC صورت گرفت [۲]. نتایج نشان داد شرایط بهینه میزان NBR/PVC با نسبت (phr) ۴۰/۶۰ و میزان کربن سیاه (phr) ۳۰، آلومینیوم هیدروکسید، (phr) ۴۰ و سولفور، (phr) ۱/۳ است.

در سال ۲۰۰۵، چو و همکاران [۳]، مروری مطالعاتی بر روی کندسوزکننده‌های به کار رفته در فوم‌های پلیمری و از جمله EPDM انجام دادند.

در سال ۲۰۱۴، در کتاب کندسوزکننده‌های پلیمری سبز، فصلی به کندسورکنندگی الاستومرها و نانوکامپوزیت‌های الاستومری اختصاص یافته است که عایق‌های EPDM و NBR را نیز بررسی کرده و روش‌های آزمایشگاهی ارزیابی شامل آزمون گرماسنج مخروطی و شاخص حدی اکسیژن نیز ارایه شده است [۴].

در این تحقیق، عملکرد برخی از انواع رایج عایق‌هایFEF مورد استفاده در سیستم‌های سرمایش، گرمایش، مخازن و لوله‌ها با انجام دادن آزمون‌های استاندارد واکنش در برابر آتش ارزیابی شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌ها، طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش، برای تعیین طبقه و حدود کاربرد بر اساس الزامات مقرراتی ارایه شده در مبحث سوم مقررات ملی کشور [۵]، محافظت ساختمان‌ها در مقابل حریق، صورت گرفت. در حال حاضر در کشور، ارزیابی کنترل کیفی عایق‌های FEFاز نظر ایمنی در برابر آتش، طی روند گواهی‌نامه فنی در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بر اساس این روش صورت می‌گیرد.

۳- روش تحقیق

سه نوع عایق FEF رایج مورد استفاده در سیستم‌های سرمایش، گرمایش، مخازن و لوله‌ها، شامل NBR، NBR-PVC و EPDM از منابع تجاری داخلی و خارجی تهیه شد. روند ارزیابی عملکرد واکنش در برابر آتش این نوع عایق‌ها به شرح زیر است:

۳-۱- ارزیابی عملکرد واکنش در برابر آتش با آزمون‌های استاندارد

در مقررات ملی ساختمانی (از جمله مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، نشریه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) و سایر مدارک مصوب، برای تعیین حدود کاربرد مواد و مصالح و ارزیابی عملکرد آن‌ها به طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش و آزمون‌های استاندارد آتش ارجاع داده می‌شود. بر همین اساس، برای تعیین میزان مشارکت عایق‌های فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)، آزمون‌های واکنش در برابر آتش به شرح زیر انجام می‌شود:

- **آزمون قابلیت افروزش:**

قابلیت افروزش فرآورده‌های ساختمانی در برخورد مستقیم با منبع تک شعله طبق استاندارد بین‌المللی ISO 11925-2 و استاندارد ملی ایران به شماره ۷۲۷۱-۴ تعیین می‌شود. در این آزمون، آزمونه‌ها تحت منبع شعله کوچک 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 (Fs ≥۱۵۰)، طبق استاندارد ملی طبقه‌بندی شماره ۸۲۹۹-۱ و استاندارد اروپایی EN ۱۳۵۰۱-۱ در طبقه F (بدترین عملکرد از نظر واکنش در برابر آتش) قرار خواهد گرفت و در صورتی که به مرز تعیین شده نرسد (Fs ≤۱۵۰)، 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.

[1] منظور از FEF در این مقاله عایق حرارتی فوم الاستومری انعطاف‌پذیر است که در مقاله به اختصار FEF یا عایق فوم الاستومری نام برده شده است.

- **آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI)[1]:**

آزمون عامل مشتعل منفرد برای مصالح ساختمانی غیر از کف‌پوش‌ها طبق استاندارد EN۱۳۸۲۳ 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 یک 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 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، 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، عبارت‌اند 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

- **طبقه‌بندی واکنش در برابر آتش**

از داده‌های حاصل از آزمون‌های واکنش در برابر آتش (قابلیت افروزش و عامل مشتعل منفرد)، برای تعیین طبقه‌بندی خطر آتش از نظر واکنش در برابر آتش طبق استاندارد ملی ۱-۸۲۹۹ معادل با استاندارد اروپایی EN ۱۳۵۰۱-۱ استفاده می‌شود.

در طبقه‌بندی مواد از نظر خطر آتش‌سوزی، مواد در گروه‌های A تا F قرار می‌گیرند که بهترین رفتار مربوط به کلاس A و بدترین مربوط به کلاس F است.

- **تعیین حوزه کاربرد بر اساس الزامات مقررات**

پس از تعیین طبقه واکنش در برابر آتش عایق FEF، با توجه به طبقه احراز شده، حوزه کاربرد محصول طبق الزامات مقرراتی مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شود.

طبق الزامات مبحث سوم، بند ۳-۴-۷ برای عایق‌های حرارتی پلاستیکی (از جمله عایق فوم الاستومری انعطاف‌پذیر)، عایق برای کاربرد در ساختمان باید از نوع کندسوز باشد و حداقل طبقه واکنش در برابر آتش E را احراز کند.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج آزمون قابلیت افروزش

نتایج آزمون و طبقه آتش احراز شده بر روی سه نوع FEF در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج حاصل، آزمونه‌های عایق‌های FEF از هر دو نوع، کندسوز است و پس از قرارگیری در معرض شعله به مدت ۲۰ ثانیه، طبقه E و پس از قرارگیری در معرض شعله به مدت ۳۰ ثانیه، شرایط قرارگیری در طبقات واکنش در برابر آتش بالاتر از E را احراز می‌کنند. تعیین دقیق طبقه واکنش در برابر آتش، مستلزم انجام دادن آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI) است.

جدول ۱ نتایج آزمون قابلیت افروزش بر روی آزمونه‌های عایق FEF

Table 1 Ignitability fire test results for FEF specimens

پارامتر	FEF-EPDM	FEF-NBR	FEF-NBR-PVC
متوسط ضخامت (mm)		۱۹/۰	
متوسط چگالی سطحی (kg/m^2)		۱/۰	
مدت زمان در معرض شعله (s)	۱۵		۳۰
رخداد افروزش	خیر		خیر
افروزش کاغذ صافی	خیر		خیر
رسیدن نوک شعله به ۱۵۰mm بالای نقطه به‌کارگیری شعله	Fs ≤ ۱۵۰		Fs ≤ ۱۵۰
طبقه‌بندی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۹۹	E		E یا بالاتر

۴-۲- نتایج آزمون عامل مشتعل منفرد (SBI):

نتایج آزمون SBI در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ میانگین نتایج آزمون SBI بر روی آزمونه‌های عایق FEF

Table 3 Average values for SBI fire test on FEF specimens

آزمونه	پیشروی شعله، تولید گرما FIGRA0.2MJ (w/s)	FIGRA0.4MJ (w/s)	THR600s (MJ)	تولید دود SMOGRA	ذرات/ قطرات مشتعل TSP600s (m2)
EPDM-1	۴۶۸/۲	۴۴۰/۴	۲/۹	۴۹۵/۴	۱۰۴/۲
EPDM-2	۲۱۰۸/۶	۲۱۰۸/۶	/۴ ۲۱	۹۷/۹	۹۸/۸
NBR-1	۳۲۲/۰	۲۰۵/۰	۲/۸	۶۴۳/۳	۱۵۵/۲
NBR/PVC-2	۱۳/۶	۱۳/۶	۱/۴	۱۲۷۷/۴	۲۰۴/۱
NBR/PVC-3	۳۲۶/۱	۱۷۰/۶	۲/۶	۶۱۸/۵	۸۹/۸
NBR-4	۱۱۱۸/۸	۱۰۶۶/۹	۳/۲	۲۹۳/۹	۸۱/۷

* LFSedge: پیشروی عرضی شعله روی بال بلند و رسیدن به لبه دورتر آزمونه

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

[1] Single Burning Item

طبق نتایج حاصل، شاخص گسترش آتش (FIGRA) در آزمونه‌های FEF از جنس NBR/PVC کمتر است، یا به عبارتی میزان رهایش گرمای ناشی از سوختن آن کمتر است. ولی میزان دود آزاد شده در این نوع نسبت به بقیه بیشتر است. با وجود این، بین دو آزمونه NBR/PVC-2 و NBR/PVC-3 مقدار شاخص گسترش آتش (FIGRA) و دود (SMOGRA) و کل دود تولید شده (TSP) بسیار متفاوت است که نشان می‌دهد با وجود مشابهت جنس عایق‌های مذکور، فرمولاسیون و فرآیند تولید متفاوت بوده است. همچنین، میزان بالای شاخص گسترش آتش (FIGRA) در جدول ۲ برای EPDM-2 و NBR-4، ضرورت بهبود خواص آتش و کندسوزکردن را به وضوح نشان می‌دهد.

شکل ۲، یکی از آزمونه‌های FEF-EPDM را حین آزمون SBI و پس از آن نشان می‌دهد. شکل ۳، منحنی شاخص گسترش آتش (FIGRA) و کل رهایش گرما (THR) را برای آزمونه EPDM-2 و شکل ۴، منحنی شاخص گسترش آتش (FIGRA) و کل رهایش گرما (THR) را برای آزمونه NBR/PVC-3 نشان می‌دهد.

Fig. 2 FEF-EPDM during SBI fire test (above) and after test (below)

شکل ۲ آزمونه FEF - EPDM حین آزمون SBI (بالا) و پس از آن (پایین)

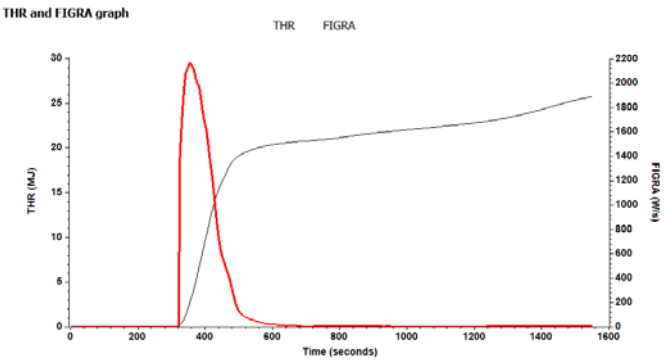

Fig. 3 FIGRA and THR curves for FEF-EPDM

شکل ۳ منحنی شدت گسترش آتش (FIGRA) و کل رهایش گرما برای آزمونه عایق FEF-EPDM-2

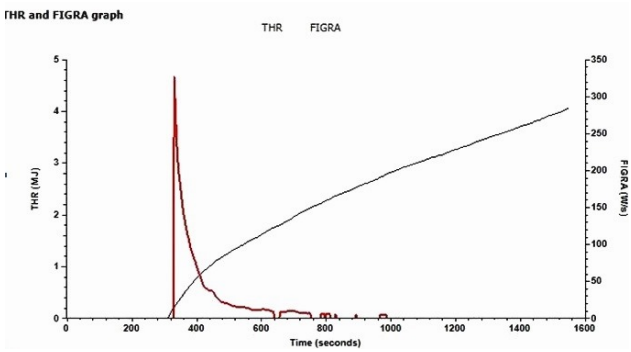

Fig. 4 FIGRA and THR curves for FEF-NBR-PVC-3

شکل ۴ منحنی شدت گسترش آتش (FIGRA) و کل رهایش گرما برای آزمونه عایق FEF-NBR-PVC-3

- **طبقه واکنش در برابر آتش عایق‌های فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)**

نتایج تعیین طبقه واکنش در برابر آتش طبق استاندارد ملی ۱-۸۲۹۹ و براساس نتایج حاصل از آزمون‌های قابلیت افروزش و SBI، در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳ طبقه واکنش در برابر آتش عایق‌های الاستومری قابل انعطاف از جنس EPDM ،NBR ،NBR/PVC

Table 4 Reaction to fire class of tested FEF samples (EPDM, NBR, and NBR/PVC)

FEF	طبقه واکنش در برابر آتش	طبقه تولید دود	طبقه ذرات/ قطرات شعله‌ور
EPDM-1	D	s3	d0
EPDM-2	E	s2	d0
NBR-1	C	s3	d0
NBR/PVC-2	B	s3	d0
NBR/PVC-3	C	s3	d0
NBR-4	E	s3	d0

همان‌طور که داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهند، طبقات شامل B، C، D و E هستند که نشان می‌دهند ماهیت آزمونه‌ها و میزان کندسوزکنندگی و در نتیجه، خواص واکنش در برابر آتش آن‌ها متفاوت است. همچنین، میزان رهایش دود از عایق‌های FEF بالاست که طبقه s3 برای دود این موضوع را نشان دهد و تنها آزمونه EPDM-2 میزان دود کمتری دارد. ولی طبقه آتش آن پایین‌تر (بدتر) است. زیرا تعیین طبقه بر اساس میزان گرمای آزاد شده است که پارامتر اصلی در واکنش در برابر آتش است.

۵- توصیه های کاربردی

۱- برای کاربرد عایق‌های فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)، در ساختمان و سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و داکت‌ها، مطابقت با الزامات مقرراتی به خصوص مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، ضروری است.

۲- با توجه به نتایج آزمون‌های واکنش در برابر آتش و طبق ضوابط ایمنی در برابر آتش در مقررات و آیین‌نامه‌های موجود، محدودیت‌های کاربردی برای این نوع فرآورده‌های عایق در

گزارش‌های مربوط به گواهی‌نامه فنی آن‌ها ارایه می‌شود. برای مثال، در صورت احراز طبقه E، کاربرد عایق در ساختمان تنها در حالتی مجاز است که روی آن به وسیله یک پوشش مانع حرارتی با ضخامت کافی (حداقل یک تخته گچی نیم اینچ یا اندود گچی ۱/۵ سانتی‌متر) پوشیده شود. چسباندن هرگونه پوشش مانع حرارتی به طور مستقیم به عایق الاستومری آزمون شده قابل قبول نیست و لزوماً باید از اتصالات مکانیکی مناسب و مطمئن (مانند اتصالات دیوارهای خشک) بهره‌گیری شود.

۳- در صورتی‌که از این عایق‌ها برای عایق‌کاری سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و داکت‌ها استفاده می‌شود، باید تطبیق با ضوابط ایمنی در برابر آتش بر حسب مورد، توسط طراح یا مشاور به‌عمل آید. اگر الزامات مقاومت در برابر آتش در فضایی که از آنها استفاده می‌شود، برآورده شده باشد، با توجه به نیازهای طراحی می‌توان از عایق با طبقه E یا بالاتر استفاده کرد و اگر فضایی که عایق در آن به‌کار رفته، مقاومت در برابر آتش لازم را نداشته باشد، الزامات مقرراتی و طراحی تعیین‌کننده نوع عایق با طبقه آتش معین است.

۴- با توجه به امکان صدور گواهی‌نامه فنی برای این نوع عایق‌ها، توصیه می‌شود برای دستیابی به سطح ایمنی در برابر آتش مطلوب از نظر مقرراتی، با ارزیابی عملکرد در برابر آتش آن‌ها طی دوره اعتبار گواهی‌نامه فنی، از عملکرد مناسب در برابر آتش اطمینان حاصل شود.

۵- ارزیابی عملکرد در برابر آتش، نه تنها به بهبود تولید و آگاهی از سطح کیفی محصول به تولیدکننده، واردکننده و مصرف‌کننده کمک می‌نماید، بلکه باعث می‌شود تا پیمان‌کاران و طراحان نیز با علم به طبقه آتش احراز شده، نسبت به طراحی ایمن اقدام نمایند.

۶- نتیجه‌گیری

عملکرد انواع رایج عایق‌های فوم الاستومری انعطاف‌پذیر (FEF)، که در حال حاضر، به طور گسترده در ساخت‌وساز کشور به‌کار می‌روند، با استفاده از آزمون‌های واکنش در برابر آتش، شامل: آزمون‌های قابلیت افروزش و عامل مشتعل منفرد (SBI) ارزیابی شد. براساس نتایج آزمون‌های آتش استاندارد، طبقه واکنش در برابر آتش، مطابق با استاندارد ملی ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 تعیین گردید. طبق نتایج حاصل از آزمون و طبقه‌بندی انجام شده برای هر دو نوع (EPDM) و (NBR)، کندسوز بودن آن‌ها مشخص شد و طبقات E، D، C و B برای آن‌ها به‌دست آمد که نشان‌دهنده تفاوت در فرمولاسیون در فرآیند تولید محصول است. بنا بر نتایج حاصل از ارزیابی، مطابقت با الزامات مقرراتی محافظت در برابر آتش ساختمان، از جمله مبحث سوم مقررات ملی و در نظرگرفتن نیازهای طراحی، برای تعیین حدود مجاز کاربری و در نهایت کاربرد ایمن آن‌ها برای جلوگیری یا کاهش میزان مشارکت در آتش‌سوزی، ضروری است. ضمن این که کنترل کیفی این نوع محصولات 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 آتش مورد انتظار، اطمینان حاصل نمایند.

۷- تقدیر و تشکر و پیوست‌ها

از همکاران بخش مهندسی آتش، جناب آقای مهندس جمالی و سرکار خانم عسگری مقدم که در انجام دادن این تحقیق ما را یاری نمودند، سپاسگزاریم.

۸- مراجع

[1] David F. Lawson, Recent Developments in the Flammability of Elastomeric Materials, *Rubber Chemistry and Technology*, Vol. 59, No. 3, pp. 455-481, 1986.
[2] P. J. Z. Fandi , *SPECIAL PURPOSE RUBBER PRODUCTS*, en.cnki.com.cn, 1999.
[3] J. Q. Wang, W. K. Chow, A Brief Review on Fire Retardants for Polymeric Foams, *Journal of applied polymer science*, Wiley Online Library, 2005.
[4] S. K. Srivastava, T. Kuila, Fire Retardancy of Elastomers and Elastomer Nanocomposites, *Polymer Green Flame Retardants*, Chapter 18, pp. 597-651, 2014.
[5] *Third Part National Building Regulation*, Building and Housing Research Center, 2016. (in Persian)