



وزارت مسکن و شهرسازی



مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



پهمنده انستیتی مهندسی معماری و شهرسازی

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان
دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان



وزارت مسکن و شهرسازی



مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



پهمنده انستیتی مهندسی معماری و شهرسازی

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان
دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

دوره آموزشی « آشنایی با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان »

عایق کاری حرارتی ساختمان

و

ایمنی در برابر آتش

سعید بختیاری

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مدیر بخش آتش و ساختمان

فصل اول:

مقدمه‌ای بر ایمنی حریق در ساختمانها

مقدمه:

یکی از مسائل مهم که در طراحی و ساخت ساختمانها باید مورد توجه قرار بگیرد، ایمنی در برابر حریق است. خطرات ناشی از حریق در ساختمانها همراه با رشد شهرنشینی و توسعه صنعتی افزایش می‌یابد. رشد شهرنشینی باعث افزایش تراکم و ارتفاع ساختمانها شده و بالطبع خطرات وقوع و گسترش حریق در آن را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر توسعه صنعتی به معنای ایجاد انبارهای بزرگ مواد اولیه و محصولات، استفاده از سوخت و مواد آلی بیشتر در فرآیند تولید، ذخیره‌سازی و مصرف مواد شیمیایی قابل اشتعال، استفاده از ماشین‌های حرارتی و کوره‌ها و غیره می‌باشد که هر کدام به نوبه خود افزایش خطرپذیری حریق در ساختمانهای صنعتی را به همراه دارند. با توجه به مسائل فوق در نظر گرفتن الزامات و تمهیدات ایمنی حریق در طراحی و ساخت ساختمانها ضروری می‌باشد. خصوصاً در رویکرد فعلی صنعت ساخت و ساز به مصالح و سیستم‌های جدید و سبک و نیز استفاده از انواع عایق‌های حرارتی و صوتی، مصالح پوششی جدید اعم از دیوارپوش، کف‌پوش و غیره باید به خصوصیات این فرآورده‌ها در برابر حریق توجه نمود.

۱- اهداف و روشهای ایمنی حریق

ایمنی حریق در ساختمانها اساساً دارای دو هدف ایمنی جانی و ایمنی مالی است. مشخص است که هدف طراح در مرحله اول تأمین جانی و کاهش احتمال مرگ یا جرح ساکنان ساختمان بر اثر آتش‌سوزی است. اما در هدف ایمنی مالی بیشتر حفاظت ساختمان و اسباب و وسایل درون ساختمان در برابر تبعات حریق مورد نظر قرار می‌گیرد. گاهی اوقات از اهداف دیگری نیز جزو اهداف ایمنی حریق یاد می‌شود که در واقع جزئی و یا ترکیبی از همین دو هدف هستند. به عنوان مثال در طراحی ایمنی حریق بیمارستانها، از حفظ خدمات درمانی به عنوان یک هدف یاد می‌شود، در حالیکه این نیز گونه‌ای از ایمنی جانی و مالی بوده و نمی‌توان آنرا هدف جدیدی تلقی نمود. در یک برخورد ساده و در عین حال مفید نسبت به اهداف ایمنی می‌توان گفت ایمنی جانی با محافظت افراد از دود و محافظت مالی از طریق کنترل حرارت به دست می‌آید.

در کل طراحان برای رسیدن به اهداف ایمنی حریق از ۵ روش می‌توانند استفاده نمایند:

۱- پیشگیری

۲- شبکه‌های هشدار حریق

۳- مسیرهای فرار از حریق

۴- فضابندی

۵- اطفای حریق

توضیح مفصل این روشها در کتاب اصول ایمنی حریق در ساختمانها، از انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ارائه شده است.

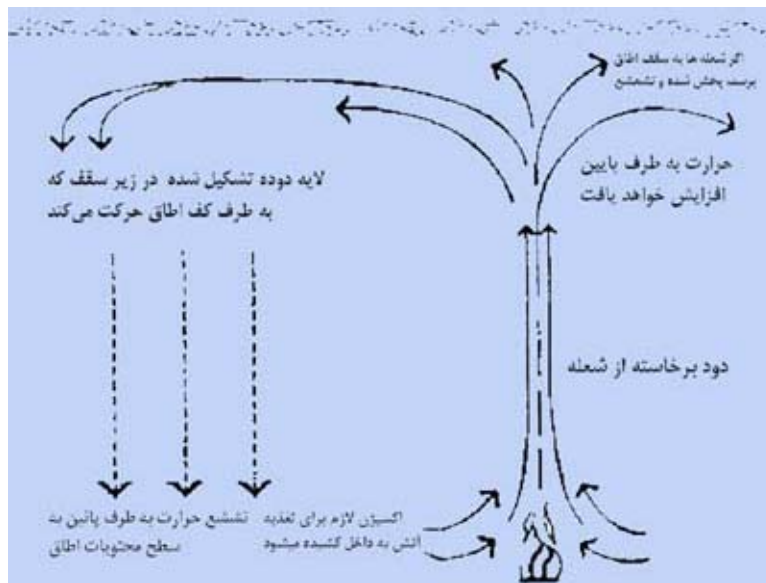
۲- رفتار حریق در ساختمان

یکی از مشکلاتی که در مرحله اول برسر راه شناخت حریق وجود دارد، پیچیدگی شدید این فرآیند است به طوری که بارها گفته شده است هیچ دو حریقی شبیه به هم نیست. حتی پژوهشگران در مراکز تحقیقاتی نیز در آزمایشهای خود برای ایجاد یک آتش‌سوزی تجدیدپذیر با مشکلات زیادی روبرو هستند. با این وجود با پذیرفتن الگوهای ساده می‌توان دید خوبی نسبت به عوامل مؤثر بر شروع و گسترش آتش در ساختمان به دست آورد. در این قسمت رفتار حریق در یک فضای بسته که معمول‌ترین نوع حریق در ساختمانها است، بررسی می‌گردد (شکل ۱-۱). اصولاً وجود سقف در بالای شعله‌های آتش، نقش مستقیم در افزایش گرمای تابشی بر روی سطح مواد سوختنی داشته و وجود دیوارها این اثر را تشدید می‌نماید. یک آتش‌سوزی پس از شروع در یک فضای بسته، به شرطی که مواد سوختنی و اکسیژن به مقدار کافی موجود باشد، مراحل زیر را طی می‌نماید:

الف) رشد آتش: ابتدا یک ماده بر اثر حادثه‌ای (مثلاً ناشی از یک منبع کوچک خارجی) افروخته شده و شعله‌های کوچکی از آتش ایجاد می‌نماید. این شعله‌های موضعی به تدریج می‌توانند رشد نموده و با بازخورد حرارت ایجاد شده، موجب سوختن بیشتر ماده مشتعل و نتیجه گسترش حریق می‌شوند.

ب) اشتعال حالت پایدار: رشد حریق نمی‌تواند به صورت نامحدود صورت گیرد و پس از یک مدت به شدت نسبتاً ثابتی خواهد رسید که بستگی به عواملی از قبیل ابعاد و شکل هندسی اتاق، دسترسی به مواد سوختنی و میزان تهویه دارد. این مرحله به نام مرحله سوختن حالت پایدار یا اشتعال حالت پایدار نامیده می‌شود.

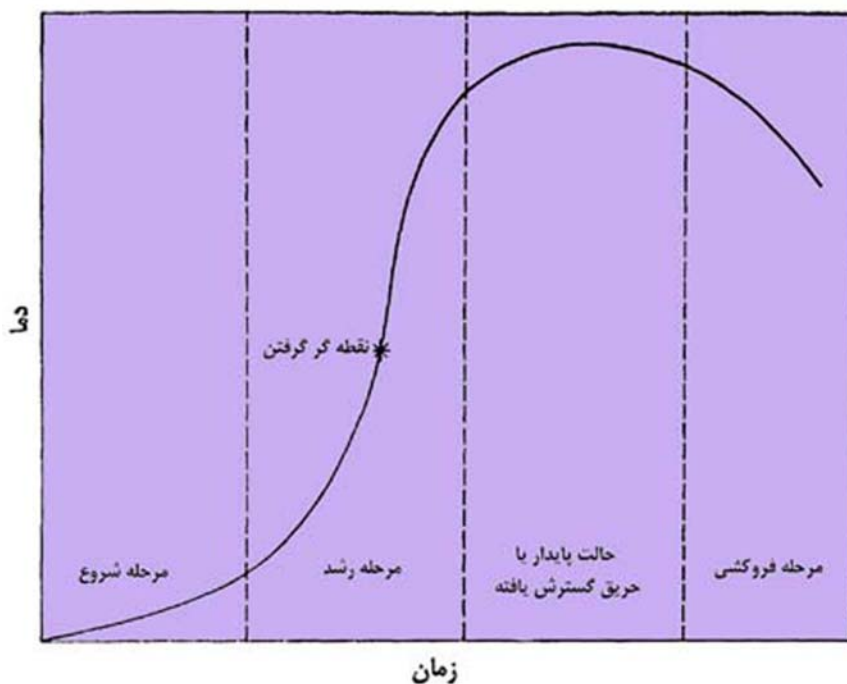
ج) فروکشی: پس از اینکه بیشتر مواد سوختنی مشتعل شده و مقدار آنها رو به تقلیل رفت، ابعاد حریق شروع به کاهش می‌نماید و در نهایت خاموش خواهد شد. البته در عمل انتظار می‌رود که قبل از رسیدن به این مرحله، عملیات آتش‌نشانی انجام و حریق فرونشاندن شده باشد.



شکل ۱- حریق در یک فضای بسته

منحنی رشد آتش را می‌توان با رسم تغییرات دمای آتش بر حسب زمان از لحظه شروع افروزش ترسیم نمود. هر چند این منحنی بسته به شرایط محیط تغییر می‌نماید، اما در کل اطلاعات مفیدی را ارائه می‌دهد. زمان رشد حریق از لحظه افروزش تا زمانی که کلیه مواد قابل سوختن درون محیط بسته مشتعل شوند، در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲). ابتدا بخارات حاصل از سوخت در نزدیکی سطحی که متصاعد شده‌اند، می‌سوزند. در این زمان به طور عادی مقدار هوای قابل دسترس بیش از مقدار مورد نیاز است و عامل کنترل‌کننده سرعت احتراق، مساحت سطح مواد سوختنی است. تداوم دوره رشد به عوامل متعددی بستگی دارد، اما لحظه بحرانی وقتی فرا می‌رسد که شعله‌های آتش به سقف برسند. با گسترش آتش به سطح زیر سقف، مساحتی که دچار آتش‌سوزی شده است به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و در نتیجه تابش حرارت به طرف مواد قابل احتراق به طور محسوسی افزایش می‌یابد. در یک اتاق معمولی با مبلمان و وسایل معمولی، این اتفاق می‌تواند در دمای حدود ۵۵۰ درجه سلسیوس رخ دهد. در این زمان باقیمانده مواد سوختنی به سرعت به دمای شعله‌وری خود رسیده و ظرف ۳ تا ۴ ثانیه مشتعل می‌شوند. این انتقال ناگهانی با نام "مرحله گرگرفتن" شناخته می‌شود و نشاندهنده آغاز مرحله پایدار حریق است.

در طول مرحله پایداری حریق در یک فضای بسته، شعله‌های آتش دیگر در یک قسمت محدود نیستند بلکه کل آن فضا را در برمی‌گیرند. بخار منتشرشده در فضا با هوای ورودی مخلوط شده و شدت حریق توسط دو عامل میزان تهویه و مقدار سوخت تعیین می‌گردد. برای طراحان، این مهمترین مرحله آتش‌سوزی است زیرا دما در اینجا به حداکثر خود می‌رسد. برای تعیین مقاومت لازم اجزای ساختمان در برابر آتش باید حداکثر دمای ممکن و همین‌طور مدت پایداری سیستم در این دما را در نظر گرفت. مرحله نهایی عبارت از فروکش کردن شعله‌های آتش و پائین آمدن دماست که با تمام شدن مواد سوختنی موجود آغاز می‌شود.



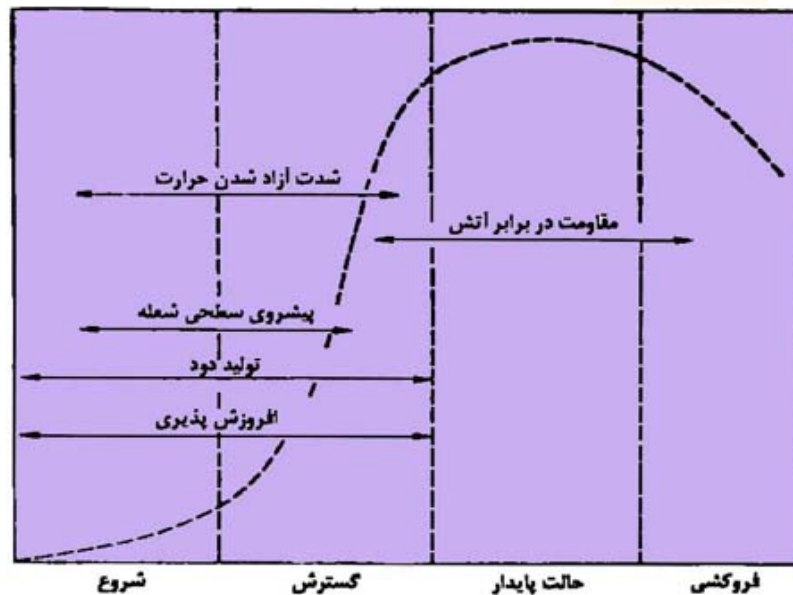
شکل ۲ - منحنی استاندارد رشد حریق

۳- آزمایشهای آتش و ارتباط آنها با پدیده آتش سوزی در ساختمان

برای ارزیابی رفتار و مشخصات مصالح و اجزای ساختمانی در برابر حریق از آزمایشهای آتش استفاده می‌شود. ضمن اینکه در مقررات ساختمانی و سایر مدارک مصوب نیز برای طبقه‌بندی، محدودسازی کاربرد یا ارزیابی عملکرد مصالح و فرآورده‌های ساختمانی به آزمایشهای استاندارد آتش ارجاع داده می‌شود. بسیاری از کشورها در این زمینه استانداردهای مخصوص خود را دارند. در عین حال رویکرد اکثر کشورها به سمت پذیرش استانداردهای واحد اروپایی (EN) یا بین‌المللی (ISO) و تدوین استانداردهای ملی مطابق با آنها می‌باشد. باید توجه نمود که آزمایشهای استاندارد آتش اساساً تلاشی در جهت ارزیابی رفتار یا عملکرد یک ماده، فرآورده، عضو سازه‌ای یا یک سیستم ساختمانی در برابر حریق در شرایط استاندارد شده و قابل تکرار آزمایشی می‌باشد، به طوری که حداکثر شباهت با شرایط واقعی حریق یا قسمتی از آن را داشته باشد. لذا هیچ یک از آزمایش‌های آتش به تنهایی نمی‌تواند تحقق کامل ایمنی را تضمین نماید. اصولاً هر یک از آزمایشها تنها یک یا تعدادی از عواملی را که باید در ارزیابی ایمنی حریق مورد توجه قرار داد، در اختیار می‌گذارند.

ارزیابی عملکرد محصولات ساختمانی در برابر حریق در دو حوزه اصلی زیر صورت می‌گیرد:
 الف - مشخصات واکنشی مواد در برابر آتش - به وسیله این سری از آزمایشها میزان مشارکت یک فرآورده در گسترش حریق ارزیابی می‌گردد

ب - مشخصات مقاومتی در برابر آتش - توانایی یک فرآورده و عضو ساختمانی برای جلوگیری از گسترش حریق از فضایی که حریق در آن کاملاً گسترش یافته است به فضاهای مجاور ، با آزمایش‌های سری مقاومت در برابر آتش ارزیابی می‌گردد. شکل ۳ رابطه بین آزمایشها و پدیده حریق را به طور کلی نشان می‌دهد.



شکل ۳: ارتباط آزمایشهای استاندارد آتش با پدیده واقعی حریق بر روی منحنی استاندارد

از آزمایشهای مهم واکنش در برابر آتش می‌توان به آزمایشهای افروزش‌پذیری ، قابلیت سوختن ، پیشروی سطحی شعله بر روی مصالح، شدت تولید حرارت بر اثر اشتعال و متصاعد شدن گازهای سمی بر اثر سوختن را نام برد. برای هر یک از این مشخصات، آزمایشهای بسیار متنوعی وجود دارد که بر حسب ابعاد آزمایش، نوع و کاربرد فرآورده موردنظر، و استاندارد مرجع متفاوت می‌باشد.

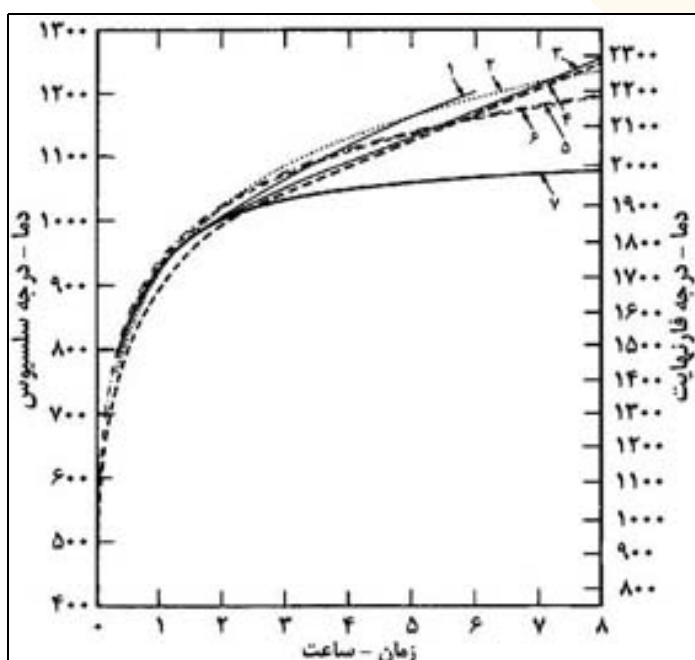
از طرف دیگر آزمایش مقاومت در برابر آتش به مرحله گسترش یافته حریق مربوط است و در آن توانایی اعضای ساختمانی در جلوگیری از گسترش حریق به فضاهای مجاور تعیین می‌گردد. اغلب اوقات واژه مقاومت در برابر آتش به اشتباه به بالا بودن دمای اشتعال یا غیرقابل اشتعال بودن مواد تعبیر می‌گردد. درحالیکه این واژه در مفهوم علمی آن در واقع برای بیان رفتار اجزای ساختمانی در برابر آتش استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر پس از آن که حریق به طور کامل یک اتاق یا فضا را در بر گرفت، اجزای جداکننده و سازه‌های نظیر دیوار، کف، سقف، ستون، تیر و درها باید در برابر آتش مقاوم بوده و از گسترش حریق به فضاهای مجاور جلوگیری نمایند. برای انجام آزمایش مقاومت در برابر آتش اصولاً از سه نوع کوره مختلف استفاده می‌شود:

۱- کوره افقی با ابعاد دهانه حدوداً $3(m) \times 4(m)$ برای اجزای افقی (کف، سقف، تیر و...)،

۲- کوره عمودی با ابعاد تقریباً $3(m) \times 3(m)$ برای اجزای قائم (دیوار، تیغه، درها و...)،

۳- کوره ستونی به ارتفاع تقریباً $3(m)$ برای آزمایش ستونها.

در مورد برخی از سیستم‌ها نظیر دریچه‌ها و دمپرهای تأسیساتی از کوره‌های کوچکتری استفاده می‌گردد. برای مطالعات مقاومت در برابر آتش، باید جزء ساختمانی مورد نظر را طبق یک رژیم استاندارد دما - زمان در کوره مناسب مورد آزمایش قرار داد. منحنی‌های استاندارد دما - زمان در چند کشور مختلف در شکل شماره ۴ نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین منحنی‌های استانداردهای مختلف از این نظر وجود ندارد.



شکل ۴: رابطه دما - زمان در آزمایش مقاومت اجزای ساختمانی در برابر حریق در استاندارد ملی چند کشور:

۱- استرالیا، انگلستان، نیوزیلند، ۲- آلمان، بلژیک، دانمارک، سوئد، فرانسه، فنلاند، نروژ، هلند، ۳-

امریکا، کانادا، ۴- روسیه، ۵- ایتالیا، ۶- سوئیس، ۷- ژاپن

در این آزمایش در حین افزایش دما در کوره، سه مشخصه زیر در نمونه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

- الف - پایداری : عضو مورد نظر باید پایداری خود را در برابر افزایش دما حفظ کرده، دچار گسیختگی و ریزش نشود.
- ب - یکپارچگی : عضو ساختمانی مورد نظر باید یکپارچگی خود را در طول آزمایش حفظ نموده، دچار ترک یا شکافی نشود که موجب انتقال شعله و دود به فضاهای مجاور گردد.
- ج - نارسانایی : عضو مورد نظر باید حتی‌الامکان عایق باشد تا موجب انتقال سریع حرارت به فضاهای مجاور نشود.

برای ساختمانهای مورد استفاده در برخی فرآیندهای خاص صنعتی، مانند صنایع نفت و پتروشیمی، که در آنها بار حریق خیلی متفاوت با ساختمانهای معمولی می‌باشد، منحنی‌های استاندارد دما - زمان از نوع فوق کاربرد زیادی نمی‌تواند داشته باشد و لذا در این مورد برای ارزیابی مقاومت اجزای ساختمانی در برابر آتش از منحنی‌های دیگری متناسب با بار حریق موجود در این ساختمانها استفاده می‌شود. مقاومت حریق لازم برای اجزای ساختمانی (نظیر بام، کف، سقف، تیر، ستون، دیوار خارجی و...) در هر تصرفی توسط ضوابط و دستورالعمل‌های ساختمانی محافظت در برابر حریق تعیین می‌گردد. در بسیاری از اوقات به علت اینکه اعضای ساختمانی به تنهایی نمی‌توانند مقاومت لازم در برابر آتش را طبق مقررات مربوطه تأمین نمایند، باید از پوششهای محافظ حریق استفاده نمود.

۴- طبقه‌بندیهای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی از نظر احتمال خطر حریق

همانگونه که دیده شد پس از آغاز آفرورش در یک فضای بسته، آتش‌سوزی از سه مرحله رشد، حریق گسترش یافته و فروکشی عبور می‌نماید. در این بین نقش مصالح و اجزای ساختمانی در مراحل وقوع آفرورش، رشد حریق و دوام حالت گسترش یافته بسیار مهم می‌باشد. طبیعی است که به این دلیل طراحان و مهندسان علاقمند هستند که از میزان خطر هر یک از مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورد نظر آگاه باشند. لذا آزمایشها و استانداردهای متعددی در کشورهای مختلف به این موضوع پرداخته‌اند و بعضاً طبقه‌بندیهایی را نیز با توجه به نتایج آزمایش ارائه نموده‌اند. برخی از این طبقه‌بندیها عیناً در مقررات ساختمانی کشورها استفاده شده است و گاهی اوقات نیز خود مقررات ساختمانی مستقلاً و با توجه به نتایج آزمایشهای استاندارد بخصوصی، طبقه‌بندیهایی را ارائه کرده و مورد استناد قرار داده‌اند.

با توجه به نحوه پیشرفت حریق در ساختمان در مراحل مختلف، طبیعی است که طبقه‌بندیها نیز مبتنی بر مشخصات مختلفی باشند. از این جمله طبقه‌بندیهای مبتنی بر آفرورش، طبقه‌بندیهای مبتنی بر گسترش حریق در داخل فضای محل وقوع، و طبقه‌بندی بر اساس گسترش به فضاها یا ساختمانهای مجاور را می‌توان نام برد. در جدول شماره (۱) انواع طبقه‌بندیهای مصالح از نظر خطر حریق در کشورهای مختلف ارائه گردیده است.

جدول ۱: طبقه‌بندیهای مصالح از نظر خطر حریق در کشورهای مختلف

کشور یا منطقه	طبقه‌بندی
آلمان	غیر قابل سوختن: قابل سوختن : گروههای A1 و A2 گروه B1 : به سختی قابل آفرزش گروه B2 : با قابلیت آفرزش متوسط گروه B3 : به سادگی قابل آفرزش
آمریکا	گروه A : گروه B : گروه C :
اتحادیه اروپا (قسمتهایی از آن هنوز نهایی نشده است)	گروه A1 و A2: گروه B : گروه C : گروه D : گروه E : گروه F :
انگلستان	غیر قابل سوختن: قابل سوختن : گروه 0 (بر اساس مقررات ساختمانی) گروههای 1 تا 4 (بر اساس استاندارد BS)
بلژیک	بر اساس epiradiateur
	بر اساس BS
بلژیک	۱- غیر قابل اشتعال ۲- به سختی قابل اشتعال (خطر اشتعال کم) ۳- تقریباً قابل اشتعال (خطر اشتعال متوسط) ۴- به آسانی قابل اشتعال (خطر اشتعال زیاد)
دانمارک	مصالح : پوششهای محافظ : گروه A : غیر قابل سوختن گروه B : قابلیت آفرزش کم، شعله متوسط ، گسترش دود متوسط گروه ۱ : تقریباً معادل گروه A در بالا گروه ۲ : تقریباً معادل گروه B در بالا
فرانسه	گروه M0 : گروه M1 : گروه M2 : گروه M3 : گروه M4 : گروه M5 : غیر قابل سوختن غیر قابل اشتعال به سختی قابل اشتعال با قابلیت اشتعال متوسط به سادگی قابل اشتعال با قابلیت اشتعال بسیار بالا

از طرف دیگر با توجه به روند سیاست یکسان‌سازی مقررات تجاری و تبادل کالا در اتحادیه اروپا، کمیسیون اروپایی به طور فعال موضوع تدوین مقررات و استانداردهای مورد قبول یکسان در سطح این اتحادیه را پیگیری می‌نماید. یکی از مسائل بسیار مهم که در این کمیسیون پیگیری می‌شود، تدوین استانداردهای ایمنی حریق در مورد محصولات ساختمانی می‌باشد. این کمیسیون در مورد مشخصات محصولات ساختمانی و از جمله مشخصات آنها در برابر حریق در سالهای ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ مصوباتی را تهیه و به کشورهای عضو ابلاغ نموده است. در عین حال استانداردها و آزمایشهایی که متضمن اجرای این مصوبات هستند هنوز در حال بررسی و بهبود می‌باشند. در

طبقه‌بندی پیشنهاد شده توسط کمیسیون اروپا (که هنوز قسمتهایی از آن در حال تکمیل است) محصولات ساختمانی از نظر تأثیر آنها در آتش‌سوزی به هفت گروه اساسی تقسیم شده‌اند. (به جدول ۱ مراجعه شود).

۵- مقررات ایمنی ساختمانها در برابر حریق

یکی از بخشهای مهم مقررات ساختمانی در کشورهای مختلف، ایمنی ساختمان در برابر حریق است به طوری که در بسیاری از کشورهای اروپایی، امریکا، کانادا، استرالیا، نیوزیلند و غیره، درصد بالایی از حجم مقررات ساختمانی تنها به ایمنی حریق اختصاص یافته است. نحوه برخورد با این مسأله در مقررات فوق تابع ساختار و سطح الزامات موردنظر در کل آن مقررات است. به عبارت دیگر یک هماهنگی و یکنواختی بین تمام بخشهای مقررات از نظر ساختار و سطح الزامات باید وجود داشته باشد. این مسأله‌ای است که در تدوین مقررات ملی ساختمانی ایران باید با دقت بیشتری مورد توجه قرار گیرد تا هماهنگی لازم بین تمام مباحث مقررات وجود داشته باشد. عدم یکنواختی از نظر ساختاری، تعاریف، بیان جزئیات، ارائه یا عدم ارائه توصیه‌ها و راهنماییها در داخل مباحث، به انسجام و جمع‌بندی مباحث لطمه وارد خواهد نمود.

آنچه که به طور کلی می‌توان در مورد مقررات محافظت ساختمانها در برابر حریق بیان نمود، این است که هر ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که کلیه پیش‌بینی‌ها و تمهیدات لازم جهت ایمنی جانی ساکنان و متصرفان در برابر خطر حریق در آن به عمل آمده باشد. همچنین لازم است طراحی و ساخت ساختمان به نحوی باشد که متناسب با کاربری، ابعاد و تعداد طبقات آن در برابر حریق به مدت مناسبی مقاومت نموده و از گسترش حریق به فضاها یا ساختمانهای مجاور جلوگیری گردد.

از اهم بخشهای مقررات در این خصوص می‌توان کلیات زیر را نام برد:

- ۱- راههای فرار: ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع حریق، افراد بتوانند خود را از طریق مسیرهای امن و در دسترس به محل امنی در خارج از ساختمان برسانند.
- ۲- گسترش داخلی حریق: تمهیدات و پیش‌بینی‌های لازم به منظور جلوگیری از گسترش حریق در داخل ساختمان از طریق پوشش‌ها، نازک‌کاریهای داخلی، یا خرابی سازه‌ای متناسب با کاربری ساختمان به عمل آید.
- ۳- گسترش خارجی حریق: دیوارهای خارجی ساختمان باید در برابر گسترش حریق به خارج از آن، به مدتی متناسب با کاربری و ابعاد ساختمان مقاومت نمایند. همینطور بام ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که با توجه به موقعیت ساختمان از گسترش حریق از طریق آن به اماکن مجاور جلوگیری گردد.
- ۴- دسترسی نیروهای آتش‌نشانی به ساختمان: ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که تمهیدات لازم جهت دسترسی نیروهای آتش‌نشانی به محل حریق در آن وجود داشته باشد.