

کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و روکش‌های ضد حریق

سال انتشار: ۱۳۹۶

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهریژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قزایلو report@nano.ir	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
تهیه‌کننده:	شرکت توسعه نانو فناوری افشار civil@nano.ir	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
		صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴

۳	مقدمه
۳	تاریخچه
۴	بازار رنگ و روکش‌های عایق حرارتی، کندسوز و نسوز
۶	مواد مقاوم به شعله
۶	معرفی مواد کندسوز معمول
۷	سازوکارهای کند کردن روند شعله
۹	انواع نانومواد مورد استفاده در در رنگ‌ها و روکش‌های مقاوم به شعله
۱۱	مزایای نانورنگ‌ها و روکش‌های نسوز
۱۱	کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و روکش‌های معمول مقاوم به شعله
۱۳	شرکت‌های فعال در تولید رنگ‌ها و روکش‌های مقاوم به شعله
۱۴	خلاصه مدیریتی

فناوری های نوآورانه به ویژه فناوری نانو از جمله موضوعاتی است که حوزه های مختلف تحقیقاتی مربوط به چند رشته متفاوت از زیست شناسی مولکولی تا شیمی، از علم مواد تا فیزیک و مهندسی را در بر می گیرد. در طول یک دهه اخیر استفاده از فناوری نانو، نه تنها پیشرفت سریعی داشته است، بلکه نتایج مطلوبی نیز در پی داشته است که از جمله آن می توان به پیامدهای مفید اقتصادی آن اشاره کرد. ویژگی هایی که مواد مختلف در مقیاس نانو پیدا می کنند به آن ها خواص و قابلیت های ویژه ای می بخشد که پیش از آن وجود نداشت.

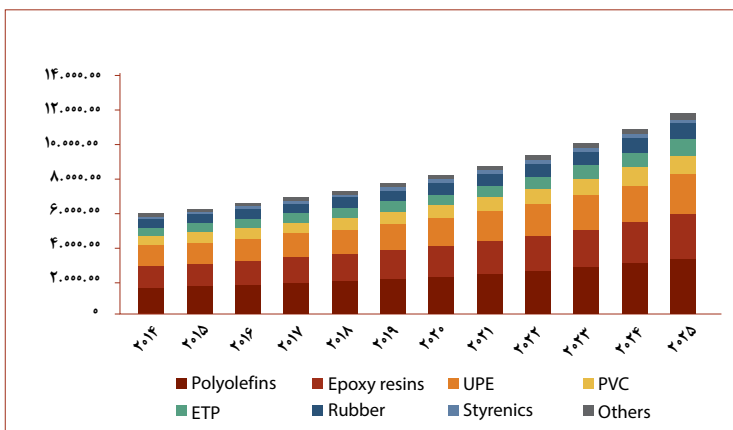
مواد مقاوم به شعله^۱ موادی شیمیایی هستند که به مواد قابل اشتعال اضافه می شوند تا آن ها را در برابر آتش مقاوم تر کنند. این مواد برای کاهش خطرات آتش سوزی در مواردی مثل تماس با یک منبع گرم مانند سیگار، شمع یا یک خطای الکتریکی طراحی شده اند. آن ها با احاطه کردن ماده در حال سوختن احتراق را پایین آورده و از گسترش آتش به مواد دیگر جلوگیری می کنند. این درحالی است که بسیاری از مواد شیمیایی مورد استفاده در طول سال ها، به دلیل آنکه برای سلامت انسان و یا طبیعت مضر شناخته شدند، از رده استفاده خارج شدند. محصولات امروزی بخصوص محصولات کندسوز غیرالوژنی، برای کمک به حفاظت از زندگی ضروری هستند. از آنجایی که بسیاری مواد بازدارنده شعله سمی بوده و آسیب جدی به محیط زیست می زنند، نیاز به استفاده از نانوفناوری برای کاهش سمیت و زیست تخریب پذیری مواد مقاوم به شعله موجود مشاهده شده است.

تاریخچه

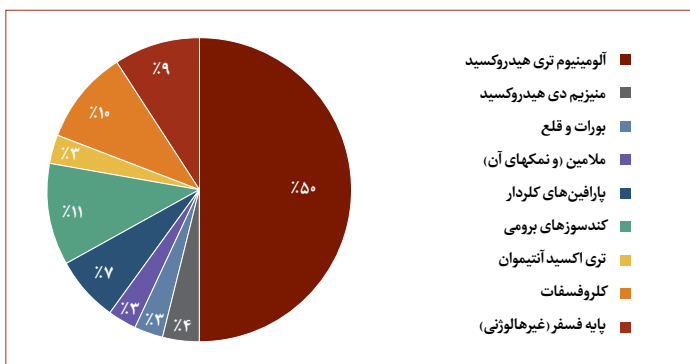
مواد شیمیایی کندسوز از زمان رومیان باستان مورد استفاده بوده است؛ آن ها از موادی نظیر زاج سفید^۲ یا سرکه^۳ برای حفاظت کشتی های جنگی و برج های محاصره شده، استفاده می کردند. تحقیق و توسعه و استفاده از مواد شیمیایی یا پوشش های ضد آتش همچنان تا به امروز ادامه دارد. در سال پنجم قبل از میلاد به نوشته هرودوت^۴ مورخ یونانی، مردم یونان از سولفات پتاسیم آلومینیوم ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) به عنوان رنگ و روکش برای بهبود خاصیت مقاومت به آتش چوب استفاده می کردند. حدود ۲۰۰ سال بعد رومیان باستان این فناوری را با اضافه کردن سرکه به سولفات پتاسیم آلومینیوم بهبود دادند. بعدها رومیان، اختراعات در زمینه مواد مقاوم در برابر آتش را در تجهیزات نظامی به کار بردند. در قرن ۱۷ مشهور به قرن آلمان، پرده های تئاتر با مخلوطی از خاک رس^۵ و سنگ گچ^۶ آغشته می کردند که آن ها را «پرده های نمایش نسوز»^۷ می نامیدند. در سال ۱۷۳۵ برای اولین بار حق ثبت اختراع ماده کندسوز به نام دانشمند بریتانیایی اوبادیا ویلد^۸ صادر شد و به عنوان یک موضوع مهم و نقطه عطفی در تاریخ مواد کندسوز مورد توجه قرار گرفت. بین سال های ۴۵ قبل از میلاد تا اوایل قرن بیستم، از مواد افزودنی و پرکننده های مختلف طبیعی، برای کاهش اشتعال استفاده می شد. از جمله این مواد می توان به خاک رس، سنگ گچ، سولفات آهن^۹، آمونیوم کلرید^{۱۰}، فسفات آمونیوم^{۱۱}، سدیم تترابورات^{۱۲} و انواع مختلف اسید و همچنین مخلوط زاج سفید و سرکه، اشاره کرد. این مواد جهت کندسوزی عمدتاً برای کاربردهای نظامی، پرده های تئاتر و دیگر پارچه ها کاربرد داشتند.

بازار رنگ و روکش های عایق حرارتی، کندسوز و نسوز

در سال ۲۰۱۲ بازار رنگ و روکش های مانع حرارت بالغ بر ۳/۷۵ میلیارد دلار و در سال ۲۰۱۵ این میزان به ۶/۲۹ میلیارد دلار گزارش شده است. براساس شکل زیر بازار جهانی رنگ و روکش های مقاوم به شعله از حدود ۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۴ به حدود ۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۷ رسیده است. پیش بینی می شود در سال های آتی، استفاده از مواد نسوز برای ایمنی و پیشگیری از آتش سوزی در صنایع مختلف از قبیل ساخت وساز، برق و الکترونیک و حمل و نقل رشد چشمگیری داشته باشند. براساس این نمودار پیش بینی می شود بازار این محصولات در سال ۲۰۲۵ به بیش از ۱۲ میلیارد دلار باشد. از این میان سهم بازار نانو پوشش ۳/۵ درصد و بالغ بر ۲۶۶ میلیون دلار خواهد بود. چنانچه این روند رو به رشد ادامه یابد، در سال ۲۰۲۴ سهم بازار نانورنگ ها و نانوروش های مانع حرارت و کندسوز به میزان ۴۲۰ میلیون دلار خواهد رسید.

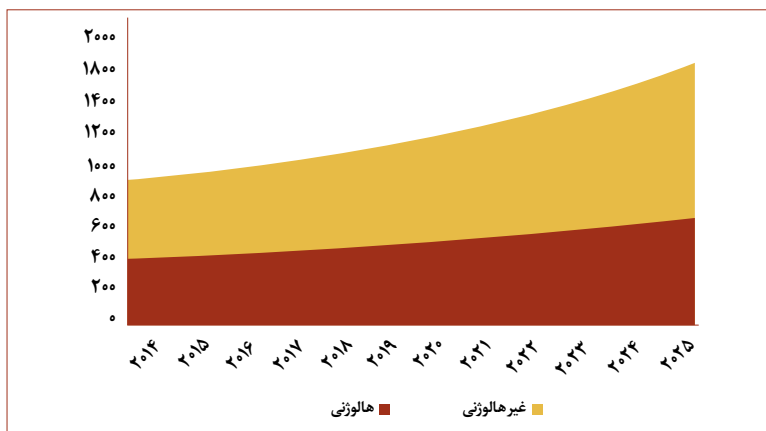


شکل ۱. بازار جهانی رنگ و روکش های مقاوم به شعله از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵

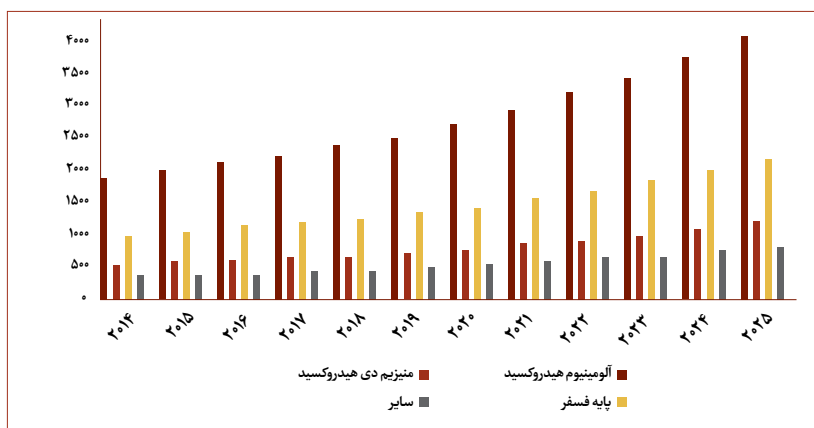


شکل ۲. نمودار بازار جهانی مواد کندسوز

برای شناخت بیشتر بازار این محصولات، در ادامه به بررسی اجمالی برخی از محصولات مقاوم به شعله پرداخته می‌شود. در سال ۲۰۱۵، کندسوزهای غیر هالوژنی دارای تقاضای بیش از ۱/۴۰۰ کیلو تن بودند. با توجه به مقررات سخت‌گیرانه در خصوص استفاده از مواد کندسوز هالوژنی، انتظار می‌رود استفاده از این مواد روندی افزایشی داشته باشند. در میان انواع مواد غیر هالوژنی، تقاضا برای آلومینیوم هیدروکسید در سال ۲۰۱۵ بیش از ۹۰۰ کیلو تن بوده که بیشترین مقدار در این بخش را شامل می‌شود. انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۲۵ این میزان تا ۵/۷ درصد افزایش یابد. در میان کندسوزهای هالوژنی نیز نوع برومی^۳ آن نزدیک به ۴۰ درصد از بازار را به دست آورده است.



شکل ۳. نمودار رشد استفاده از مواد کندسوز غیر هالوژنی و هالوژنی طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵.



شکل ۴. نمودار رشد تقاضا برای ماده آلومینیوم هیدروکسید طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ در مقایسه با مواد دیگر.



شکل ۵. مثلث تشکیل آتش

مواد مقاوم به شعله

مواد مقاوم به شعله^{۱۲} موادی شیمیایی هستند که به مواد قابل اشتعال اضافه می شوند تا آن ها را در برابر آتش مقاوم تر کنند. همان طور که اجسام از ترکیبات شیمیایی متفاوتی ساخته شده اند، برای حفظ آن ها نیز باید از بازدارنده های شعله مناسبی استفاده شود. با توجه به شکل ۵، مواد مقاوم به شعله یا کندسوز با از بین بردن یکی از عوامل مثلث آتش، فرایند سوختن را کند و یا متوقف می کنند. درواقع این مواد بسته به آرایش شیمیایی شان، نرخ چرخه آتش را کاهش می دهند.

معرفی مواد کندسوز معمول

از آنجایی که فناوری نانو می تواند با افزودن نانومواد به محصولات موجود باعث تغییر خواص، بهبود عملکرد و یا ایجاد خواص ویژه ای کند، بنابراین در زیر به معرفی انواع مواد کندسوز پرداخته می شود. در ادامه مباحث به کاربرد انواع نانومواد در بهبود عملکرد رنگ ها و روکش های مقاوم به شعله پرداخته خواهد شد. انواع مواد کندسوز به ۶ دسته اصلی زیر تقسیم می شوند:

۱) کندسوزهای هالوژنی^{۱۵}: این دسته از مواد کندسوز بر پایه سیستم های مبتنی بر کلر^{۱۶} هستند اما شاید بیشتر به بازدارنده شعله های برومی^{۱۷} یا BRF معروف هستند. کاربرد آن ها بیشتر در صنعت الکترونیک و همچنین در منسوجات، محصولات ساخت وساز^{۱۸} و پوشش ها است. بروم به این دلیل استفاده می شود که اتم های فعال خود را قبل از آنکه ماده به دمای احتراق خود برسد، در فاز گاز آزاد می کند تا واکنش های درون شعله را خنثی کند. این فرایند روند سوختن ماده را کند می کند. این یک مثال از رویکرد مهار فاز بخار است. استفاده از این ماده به دلایل زیست محیطی از محدودیت های خاصی برخوردار است.

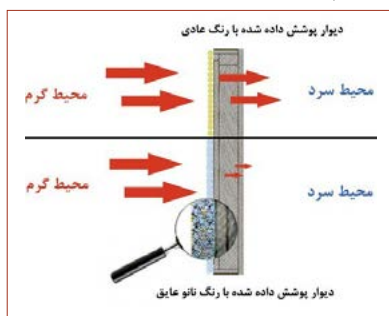
۲) کندسوزهای معدنی^{۱۹}: بسیاری از مواد معدنی به عنوان بازدارنده های شعله و یا یک کاتالیزور در سیستم کندسوز عمل می کنند. برای دریافت نتیجه مطلوب، این مواد در غلظت بالا و یا ترکیب با دیگر مواد کندسوز استفاده می شوند. به عنوان مثال، اکسید آنتیموان^{۲۰} خواص بازدارنده شعله ندارد، اما در ترکیب با بازدارنده های شعله بروم یا کلر، به عنوان یک ترکیب کننده مؤثر و یک کاتالیزور برای بروم یا کلر عمل می کند و باعث آزاد شدن سریع تر اتم های بروم در فاز گاز می شود. از جمله مواد معدنی که به طور مستقل جهت کندسوزی عمل می کنند، هیدروکسید آلومینیوم و هیدروکسید منیزیم^{۲۱} هستند. این ترکیبات ضمن فرایند سوختن، با انتشار گازهای غیرمستقیم (مانند بخار آب)، لایه ای با نقش حفاظتی ایجاد می کنند (پس انرژی موجود در آتش را کاهش می دهند) و به این ترتیب باعث تداخل در روند سوختن می شوند.

۳) کندسوزهای نیتروژنی^{۲۲}: مواد بر پایه ملامین^{۲۳} که بیشتر به کندسوزهای نیتروژنی مشهورند. هنگامی که ملامین در فاز چگال است، ساختار مولکولی آن به ساختارهای متقاطع تبدیل می شود. این تحول موجب

ایجاد زغال می شود که مانع عرضه اکسیژن می شود. کندسوزهای نیتروژنی نمونه ای از مواد بازدارنده شعله در فاز جامد است.

۲ پوشش های حجیم شونده^{۲۳}: هدف این پوشش ها محافظت از مواد در برابر آتش سوزی است. آن ها برای محصولات مثل مصالح ساختمانی (فولاد یا چوب) مانند لایه ای از رنگ اعمال می شوند. این لایه مقاوم به آتش و عایق، مواد را از درجه حرارت بالا و آسیب ساختاری محافظت می کند. اجزای مشترک این پوشش ها عبارت اند از ترکیبات کف دار^{۲۴} (مواد شیمیایی که در هنگام حرارت دادن تجزیه می شوند و مقدار زیادی گاز تولید می کنند)، چسب^{۲۵}، منبع اسیدی و ترکیبی کربنی.

۵ فسفر^{۲۷}: این ترکیبات می توانند هم به صورت شیمیایی به مواد متصل شوند و هم به صورت فیزیکی به عنوان افزودنی اضافه شوند. هنگامی که ترکیب حاوی فسفر گرم می شود، ایجاد زغال می کند. آنچه در مورد



شکل ۶. نحوه عملکرد رنگ نانویی عایق حرارت

تشکیل زغال بسیار جالب است این است که با ایجاد یک لایه، محافظ پلیمر را از گرمای شعله محافظت می کند؛ ضمن آنکه مانع انتشار گازهای قابل اشتعال نیز می شود.

۶ کندسوزهای غیرهالوژنی (HFFR)^{۲۸}: کندسوزهای غیرهالوژنی بهترین گزینه عصر کنونی برای افزایش مقاومت مواد نسبت به شعله هستند. این مواد حداقل اثرات زیست محیطی را در پی داشته و نسبت به مواد قبلی ذکر شده، عملکرد بهتری دارند. کلیه نانومواد مقاوم در برابر آتش در این دسته قرار می گیرند که در ادامه این گزارش به آن ها می پردازیم.

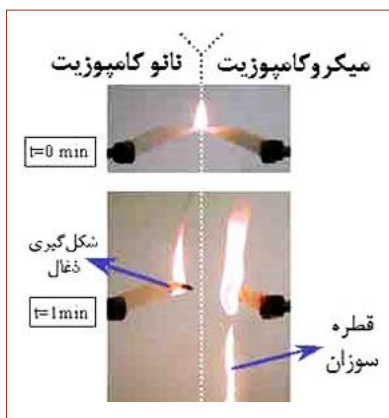
۸ سازوکارهای کند کردن روند شعله

۸ مهار فاز بخار^{۲۹}

در این روش، هدف وقفه انداختن در فاز گاز رادیکال آتش سوزی است. با شکستن این فاز که در آن گاز قابل اشتعال آزاد می شود، سیستم خنک می شود و مقدار گاز قابل اشتعال کاهش می یابد و یا حذف می شود.

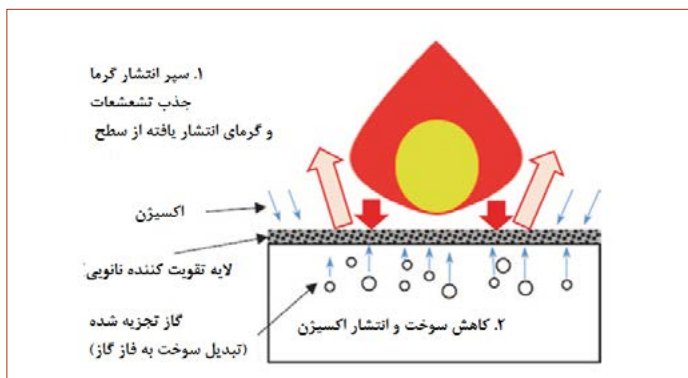
۲ ایجاد فاز جامد نیم سوز شده^{۳۰}

این روند برای ایجاد یک لایه زغال، زمانی که آتش آغاز می شود، طراحی شده است. آنچه در مورد زغال جالب است این است که دارای دو مزیت تأخیر در تولید گازهای قابل احتراق و همچنین ایجاد لایه ای محافظ که از مواد زیرین را در مقابل حرارت شعله محافظت می کند.



شکل ۷. مقایسه سوختن و میزان تشکیل شعله یک نانوکامپوزیت ضد حریق و میکروکامپوزیت معمولی در مدت ۱ دقیقه

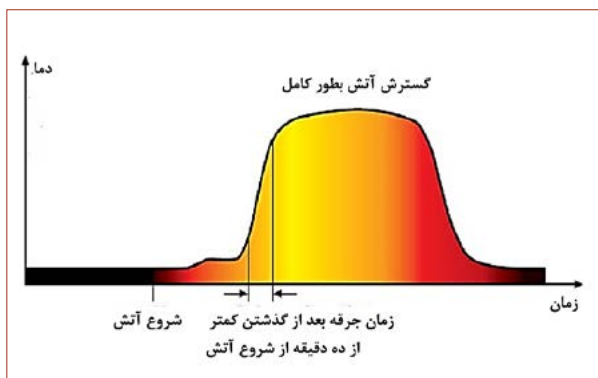
برای بیان بهتر عملکرد ایجاد فاز جامد نیم‌سوز شده، در ادامه سازوکار عملکردی نانوکامپوزیت‌های حاوی CNT معرفی شده است. نانوکامپوزیت‌های حاوی CNT^{۳۱} تشعشع^{۳۲} بیشتری نسبت به پلیمرها هنگام آتش سوزی به خود جذب می‌کنند؛ بنابراین درجه حرارت نانوکامپوزیت‌ها سریع‌تر از پلیمرها افزایش و زمان انجماد مواد کاهش می‌یابد. هنگامی که پلیمرها حرارت می‌یابند دمای تخریب آن‌ها افزایش یافته و شروع به سوختن می‌کنند. محصولات تخریب بسیار گرم شده و به شکل هسته‌هایی از حباب درمی‌آیند. حباب‌ها یکی پس از دیگری می‌ترکند و محتویات آن‌ها به عنوان بخار سوخت به فاز گاز تبدیل می‌شوند.



شکل ۸. سازوکار عملکرد نانوکامپوزیت‌های کندسوز پایه کربنی.

۳ سیستم‌های خنک‌کننده^{۳۲}

در این روش، به دلیل واکنش گرماگیر^{۳۳} در هنگام گرم شدن و حضور آتش، مواد معدنی هیدراته با آزاد کردن مولکول‌های آب، باعث خنک شدن پلیمر و با عدم آزاد شدن گازهای واکنشی، فرایند احتراق متوقف می‌شود.

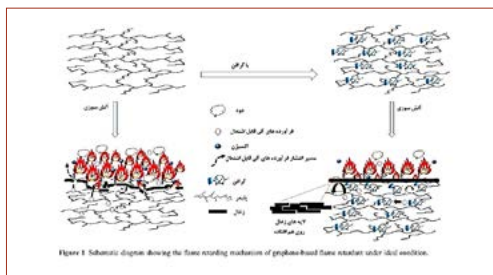


شکل ۹. نمودار آتش سوزی از اشتعال تا خاموش شدن آن

انواع نانومواد مورد استفاده در رنگ ها و روکش های مقاوم به شعله

تحقیقات پیشین نشان داده است که نانوذرات پرکننده، برای ساختن مواد مقاوم به شعله بسیار مناسب هستند، زیرا می توانند به طور هم زمان خواص فیزیکی و نیز اشتعال نانوکامپوزیت پلیمری را بهبود بخشند. نانوپوشش های ایجاد شده با ترکیب نانوذرات اکسید زیرکونیوم مقاومت حرارتی بهتر و کاهش هدایت حرارتی بیشتر در مقایسه با پوشش های معمول از خود نشان می دهند. به طور کلی مقاومت حرارتی مواد در مقیاس نانو، ۱۷۰ درجه سانتی گراد بیشتر از حالت معمولی است. نانوذرات به خوبی می توانند عمل بازدارندگی آتش را بهبود بخشند.

نانوکامپوزیت ها از اواخر دهه ۱۹۹۰ به عنوان ماده ای کندسوز توجه بسیاری به خود جلب کردند. از این رو تحقیقات بسیاری در مورد افزودن انواع نانوذرات به نانوکامپوزیت ها جهت بهبود خواص کندسوزی صورت گرفته است. از نانوماده هایی که توجه زیادی را در این خصوص به خود جلب کرده اند، می توان به سیلیکات لایه ای ^{۳۴}، لایه های خاک رس و ساختارهای مختلف کربن اشاره کرد. نانومواد کربنی بر اساس مورفولوژی که دارند به ترتیب با نام های گرافن، نانولوله های کربنی و کربن سیاه شناخته می شوند. گرافن با ساختار لایه ای، کاملاً شفاف است. نانولوله های کربنی به عنوان پرکننده ها برای بهبود خواص مکانیکی، الکتریکی و بازدارندگی شعله نانوکامپوزیت ها استفاده می شود.



شکل ۱۰. طرح واره ای از نحوه عملکرد پوشش های ضد حریق پایه کربنی (گرافن)

جدول ۱. انواع نانوماده های کندسوز و کاربردهای آن ها

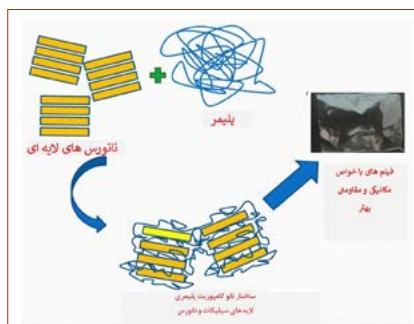
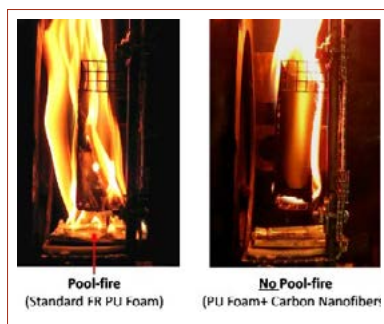
نام نانوماده	ویژگی ها	کاربرد و حوزه صنعتی	روش کندسوزی
خاک رس ^{۳۵}	کندسوزی بسیار بالا زیست تخریب پذیری بالا واکنش پذیری شیمیایی بالا کاملاً طبیعی	انواع کاربردهای صنعتی و ساختمانی سیم و کابل برق پوشش های تزئینی و کف پوش ها	ایجاد فاز جامد نیم سوز شده
نانولوله های کربنی ^{۳۶}	شفاف	برق و الکترونیک / عایق کابل صنعت خودرو و هوافضا	ایجاد فاز جامد نیم سوز شده
خاک رس + نانولوله های کربنی	افزایش خواص کندسوزی نسبت به استفاده منفرد هر یک از مواد به تنهایی	برق و الکترونیک / عایق کابل	ایجاد فاز جامد نیم سوز شده

نام نانوماده	ویژگی ها	کاربرد و حوزه صنعتی	روش کندسوزی
گرافن	شفاف	انواع کاربردهای صنعتی و ساختمانی صنعت خودرو و هوافضا برق و الکترونیک / عایق کابل نساجی	ایجاد فاز جامد نیم سوز شده
دی اکسید سیلیکون / تیتانیوم	بسیار نازک	چوب و وسایل چوبی	سیستم خنک کننده
نانوذرات اکسید زیرکونیوم	مقاومت بسیار بالای حرارتی	نساجی (به ویژه پارچه های پشمی)	مهار فاز بخار

در ادامه به برخی از نانومواد پرکاربرد مورد استفاده در نانورنگ ها و نانوروکش های مقاوم به شعله پرداخته خواهد شد.

۱. نانوذرات خاک رس

خاک رس به طور طبیعی به شکل ذرات میکرونی پولکی، ضخامت نانومتری دارد. بیشترین خاصیت خاک رس به عنوان یک ماده پرکننده زمانی نمود می یابد که این ذرات پراکنده شده و هریک به عنوان یک لایه در مقیاس نانو عمل می کنند. این لایه ها اغلب با استفاده از روش های مافوق صوت به دست می آیند. نانوکامپوزیت ها و نانوپلیمرهای شامل خاک رس (به عنوان پرکننده)، خواص کندسوزی بسیار عالی از خود نشان می دهند. خاک رس باعث تشکیل زغال می شود که به عنوان عایق حرارتی و مانعی برای انتشار شعله عمل می کند. جذاب ترین موضوع در خصوص خاک رس، این است که یک ماده کاملاً طبیعی هستند. این موضوع باعث فراوری بسیار ساده و زیست تخریب پذیری بالای آن ها می شود.

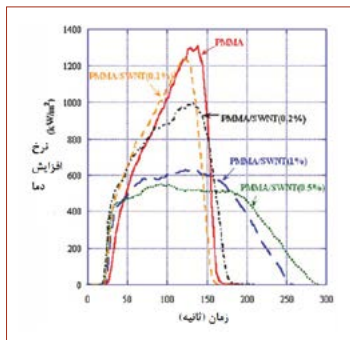


➤ شکل ۱۲. مقایسه سوختن جسم حاوی نانو فیبرهای کربنی با نمونه معمولی آن

➤ شکل ۱۱. استفاده از لایه های خاک رس در پلیمرها و بهبود خاصیت مکانیکی و مانع حرارتی

۲ نانولوله های کربنی^{۳۸}

نانولوله های کربنی یا CNTها نیز به عنوان یک پرکننده مقاوم در برابر آتش شناخته می شوند. چرا که انتشار گرما در مواد را به صورت مؤثر کاهش می دهند. به طور خاص با ترکیب غلظت کمی از CNTها با نانوذرات خاک رس نوعی اثر سینرژیک^{۳۹} را ایجاد می کنند که بسیار مؤثرتر از استفاده هریک از این دو ماده به صورت انفرادی ست. علیرغم هزینه بسیار بالا برای تولید CNTها، عملکرد بالای این ماده که با غلظت بسیار کم قابل انجام است، استفاده از این ماده را در کاربردهای با ارزش بالا مانند عایق کابل ها در مراکز داده قابل اجرا می کند. به نظر



شکل ۱۳. نتایج کالری سنجی مخروطی برای کامپوزیت های نانولوله تک دیواره و پلی متیل متاکریلات

می رسد بهترین عملکرد از ترکیب گلاس ها و نانوساختارها یا نانولوله ها با انواع دیگری از مواد مصنوعی ضد آتش مانند ترکیبات آلی فسفوری به دست می آید. این بدان معنی است که افزودنی های بسیار کمتری برای مصرف مورد نیاز است، بنابراین در محصولات نیاز به مواد پرکننده کمتر است.

شکل ۱۲ نتایج کالری سنجی مخروطی^{۴۰} برای کامپوزیت های نانولوله تک دیواره^{۴۱} و پلی متیل متاکریلات^{۴۲} را نشان می دهد. زمان انجماد^{۴۳}، نرخ آزادسازی پیک^{۴۴} و میزان آزادسازی حرارت کامل^{۴۵} پارامترهای مهمی در کالری سنجی

مخروطی برای مشخص کردن اشتعال پذیری مواد هستند. میزان آزادسازی حرارت کامل مهم ترین پارامتر مورد استفاده برای توصیف اشتعال است و به عنوان نیرو محرکه آتش شناخته می شود. اضافه کردن CNTها می تواند PHRR یعنی شدت گرمای احتراق را کاهش دهد. با این حال، THRR را نمی تواند تغییر دهد زیرا CNTها در فاز بخار عمل نمی کنند؛ این بدان معنی است که مقدار گاز سوخت مورد نیاز برای احتراق با اضافه کردن CNTها تغییر نمی کند.

مزایای نانورنگ ها و روکش های نسوز

همان طور که قبلاً اشاره شد، از جمله مضرات روکش ها و رنگ های کندسوز معمولی، آسیب های زیست محیطی آن ها است. همچنین هزینه بالا برای تهیه آن ها باعث می شود که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نباشند. در ادامه به مزایای نانومواد کندسوز/ نسوز اشاره می شود:

۱) مواد افزودنی با پایه آب در این روکش ها و رنگ ها سمیت بسیار کمتری نسبت مواد کندسوز هالوژنی با برومی دارند و با محیط زیست سازگارند.

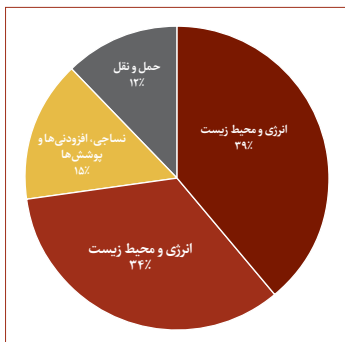
۲) مقرون به صرفه هستند.

۳) به زمان کمی برای آماده سازی اولیه احتیاج دارند.

۴) عملکرد بهتر و استقامت بیشتر در مقایسه با مواد معمولی.

کاربرد فناوری نانو در رنگ ها و روکش های معمول مقاوم به شعله

از تشک های خواب گرفته تا تلویزیون، اسباب بازی های کودکان، فرش ها و بسیاری وسایل دیگر، اطراف ما



شکل ۱۴. کاربرد مواد کندسوز بر اساس استفاده نهایی.

با وسایل کندسوز احاطه شده است. این مواد شیمیایی به مواد یا محصولات اضافه می شوند تا هنگام آتش سوزی از گسترش آتش در آن ها جلوگیری یا روند سوختن را کند نمایند. در شکل ۱۴ و جدول ۲ کاربرد مواد کندسوز در صنایع مختلف آورده شده است.

مواد بازدارنده شعله نگرانی های زیادی در خصوص تأثیرات محیط زیستی ایجاد کرده اند. چراکه بسیار پایدار هستند و می توانند در زنجیره غذایی تجمع یابند. این موضوع سبب تشدید اثرات سمی آن ها شده است. از این رو نیاز به استفاده از نانومواد برای کاهش سمیت و نیز زیست تخریب پذیری اجتناب ناپذیر است. مقررات کنترل استفاده از این ترکیبات

مضرباعث شده که مواد غیرهالوژنی جایگزین ترکیبات شیمیایی شوند. در ابتدا تحقیقات روی مواد با پایه فسفر بیشتر بود اما به مرور توجه به مواد نانویی بخصوص خاک رس، به عنوان یک ماده ارزان قیمت، گسترش بیشتری یافت. در ابتدا کشورهایی مثل نروژ، آلمان و سوئد درصدد برآمدند تا جایگزین مناسبی برای مواد بازدارنده شعله برومی پیدا کنند. تلاش برای همگام سازی با دیگر کشورهای اتحادیه اروپا منجر به منع استفاده از مواد PBDE^{۲۰} و PBB^{۲۱} شد.

جدول ۲. نانوتک های کندسوز و حوزه های کاربردی آن ها

بخش صنعتی	کاربرد
مهندسی برق و الکترونیک	سیم و کابل، لوازم الکترونیکی منزل، لوازم الکترونیکی محل کار، صفحات الکترونیکی
وسایل نقلیه موتوری	سیم و کابل، صندلی ها
وسایل نقلیه ریلی	صندلی های داخل کابین، تودوزی کوپه و عایق بندی آن
هواپیما	پانل ها، سقف و کف
ساختمان	عایق حرارتی برای سقف، نمای خارجی، دیوارها، ورق های بام، پوشش کف، کانال و مجرای آب، پانل ها، فضاها داخلی و پوشاننده ها

۱ کاربرد نانومواد و نانوروکش های کندسوز و نسوز در ساختمان

آتش سوزی در مکان های مسکونی همواره یکی از نگرانی های طراحان، متخصصان و جوامع عمومی بوده است. یک آتش سوزی مخرب در یک ساختمان مسکونی منجر به جراحت، مرگ و از دست دادن میلیون ها دلار ارزش مالی می شود. از این رو انتخاب موادی که در ساختمان به کار می رود می تواند تأثیر مهمی در نرخ

تخریب پس از آتش سوزی داشته باشد. چوب و کامپوزیت های چوبی از جمله مواد پر کاربرد قابل اشتعال در هر ساختمانی هستند.

■ لوازم چوبی

اپوکسی های حاوی نانوماده های بر پایه دی اکسید سیلیکون یا دی اکسید تیتانیوم می توانند در بازدارندگی شعله روی چوب مؤثر باشند. این محصول به شکل روکش های نازک با کارایی بسیار بالا، به منظور جلوگیری از آتش و نیز کاهش دود در تمامی سطح اعمال می شوند. در هنگام آتش سوزی، این نانوروکش تولید آب و گاز می کند. به طوری که این محصول با آزاد کردن اکسیژن و همچنین تشکیل زغال متراکم باعث ایجاد یک اثر خنک کننده و محافظتی در مقابل شعله می شوند.

■ کاربرد نانومواد و نانوپوشش های کندسوز و نسوز در هواپیما

۴۰٪ از مسافرانی که از سانحه هوایی جان سالم به درمی برند، دچار جراحات سوختگی می شوند. با افزایش رشد ترافیک هوایی، تلفات آتش سوزی در هواپیما هرساله، ۴ درصد افزایش می یابد. از این رو استفاده از نانورنگ ها و نانوروکش های مقاوم به حرارت در بخش هایی از سطوح هواپیما (فلز و فایبرگلاس) که در زمان کوتاهی در معرض حرارت بالایی قرار می گیرند، در حال توسعه هستند. وسایل نقلیه نظامی که در محیط های سخت و در دماهای بالا قرار می گیرند نیز از جمله بازارهای این رنگ ها و روکش هاست.



➤ شکل ۱۵. استفاده از رنگ ها، روکش ها و مواد مقاوم به شعله در برخی از قسمت های هواپیما.

■ شرکت های فعال در تولید رنگ ها و روکش های مقاوم به شعله

۱. شرکت های تجاری داخلی

با توجه بررسی انجام شده در داخل کشور، چندین شرکت در زمینه تولید و توزیع مواد مقاوم به شعله فعالیت می نمایند. از این بین، فقط یک شرکت مورد تأیید واحد بررسی و ارزیابی محصولات نانو (نانومقیاس) است. شرکت پوشش صنعت نانو فن تهران فعال در زمینه رنگ و رزین، تولیدکننده رنگ عایق حرارتی نانو است.

۲. شرکت های تجاری فعال خارجی

شرکت های خارجی فعال در زمینه تولید محصولات مرتبط با این حوزه در جهان بسیار می باشند. در جدول ۴ به شرکت های بزرگ فعال در این زمینه اشاره شده است.

جدول ۳. نام و زمینه فعالیت برخی از شرکت های خارجی در زمینه تولید محصولات مقاوم به شعله

ردیف	نام شرکت	نام کشور	فعالیت اصلی شرکت	محصول نانویی تجاری شده
۱	ShayoNano	سنگاپور	تولیدکننده انواع محصولات نانویی	نانوکامپوزیت مقاوم در برابر
۲	I-CanNano	هند	تولیدکننده پوشش ها و روکش های نانویی	رنگ های ضد حریق
۳	Northwest Mettech Corp	کانادا	فعال در زمینه توسعه اسپری حرارتی	پوشش عایق حرارتی
۴	Industrial Nanotech Inc	آمریکا	تولیدکننده محصولات عایق حرارتی	نانوکامپوزیت های عایق حرارتی

خلاصه مدیریتی

در سال های اخیر مشکلات ناشی از سوانح آتش سوزی، به عنوان یکی از پرخطرترین سوانح، بسیار مورد توجه فناوران و شرکت های دانش بنیان قرار گرفته است. از سوی دیگر فناوری نانو، به عنوان یکی از فناوری های کلیدی قرن بیست و یکم به عنوان راهکاری مؤثر برای پیش گیری، تجهیز وسایل و کاهش خسارات و هزینه های ناشی از این دست خواهد بود. در این گزارش سعی شده تا با نگاهی به فناوری نانو بتوان مشکلات ناشی از پدیده آتش سوزی را مرور نمود و برای آن ها راهکارهای ارائه داد. از این رو در این گزارش بازار مواد مقاوم به شعله، سازوکارهای عملکرد، کاربردها، انواع نانو مواد مورد استفاده در این محصولات ذکر شده است.

پی نوشت ها

۱ flame retardants

۲ Alum

۳ vinegar

۴ Herodotus (Greek historian)

۵ clay

۶ gypsum

۷ inflammable canvas

۸ Obadiah Wyld

۹ Ferrous sulfate

۱۰ Ammonium chloride

۱۱ ammonium phosphate

۱۲ borax

۱۳ Brominated type

۱۴ flame retardants

۱۵ Halogen

۱۶ chlorine-based systems

۱۷ Bromine Flame Retardants (BRFs)

۱۸ construction products

۱۹ Inorganic Flame Retardants

۲۰ antimony oxides

۲۱ aluminum and magnesium hydroxides

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| ۲۲ Nitrogen Flame Retardants | ۳۱ radiation | ۴۱ single-wall nanotube |
| ۲۳ Malamine-based | ۳۲ quench and cool systems | ۴۲ poly(methyl methacrylate) (PMMA) |
| ۲۴ Intumescent Coatings | ۳۳ endothermic | ۴۳ Ignition time |
| ۲۵ spumific compounds | ۳۴ layered silicates | ۴۴ peak heat release rate (PHRR) |
| ۲۶ binder | ۳۵ nanoclay | ۴۵ total heat release rate (THRR) |
| ۲۷ Phosphorous | ۳۶ CNT | ۴۶ polybrominated diphenyl ethers |
| ۲۸ Halogen-Free Flame Retardants | ۳۷ Nanoclay | ۴۷ polybrominated biphenyls |
| ۲۹ vapor phase inhibition | ۳۸ Carbon Nanotube | |
| ۳۰ solid phase char formation | ۳۹ synergistic | |
| | ۴۰ cone-calorimetry | |

مراجع

- ۱ J. ZHUGE, "Processing, Optimization AND Characterization OF Fire Retardant Polymer Nanocomposites", Thesis for Master of Science, Department of Mechanical, Materials, and Aerospace Engineering, College of Engineering and Computer Sciences, University of Central Florida Orlando, Florida, 2010.
- ۲ <https://www.polymersolutions.com/blog/how-do-flame-retardants-work>
- ۳ <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=2445.php>
- ۴ B. Sang, Z. Li, X. Li, L. Yu, and Z. Zhang, "Graphene-based flame retardants: a review", National & Local Joint Engineering Research Center for Applied Technology of Hybrid Nanomaterials, Henan University, 2016.
- ۵ Y. Arao, " Flame Retardancy of Polymer Nanocomposite", Department of Mechanical and Systems Engineering, Doshisha University, Japan, Springer International Publishing Switzerland, Chapter 2, 2015.
- ۶ <http://nanoisola.com/fa/index.php/2015-06-28-07-34-15>
- ۷ <https://www.polymersolutions.com/blog/major-categories-flame-retardants>
- ۸ http://www.fireretardantsinc.com/fire_retardants101.html
- ۹ F.P.Goldsmith, "Fire Retardant Coatings, An evaluation of fire retardant coatings as a means of protecting wood panels ", April 17,2011.
- ۱۰ H. W. LASCH and ELMER E. JUKKOLA, "Fire-Retardant Coatings for Aircraft Use", Wright Air Development Center, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio,2013.
- ۱۱ S.G. WEISSBERG AND G. KLIKE, "Fire-Retardant Coatings for Fabric-Covered Aircraft", iVational Bureau of Standards, Civil Aeronautics Administration Experimental Station, Indianapolis, 2008.



- کاربرد فناوری نانو در عایق های رطوبت
- کاربرد فناوری نانو در کاشی و سرامیک
- نقش فناوری نانو در ارتقای کیفی سیمان و مصالح پایه سیمانی
- کاربرد فناوری نانو در سازه های بتنی هوشمند با قابلیت خودترمیم شونده
- کاربرد فناوری نانو در شیشه های هوشمند
- کاربرد نانورنگ ها، نانوپوشش ها و سازه های ضدحریق در صنعت ساختمان
- کاربرد نانوپوشش ها در صنعت ساخت و ساز
- نانوپوشش های ضد اثر انگشت
- کاربرد فناوری نانو در رنگ های آنتی استاتیک
- کاربرد فناوری نانو در رنگ ها و پوشش های آبگریز
- کاربرد فناوری نانو در رنگ های خودتمیز-شونده

- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ های ضد خش
- کاربرد فناوری نانو در رنگ های آنتی باکتریال
- کاربرد فناوری نانو در عایق های حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در عایق های صوتی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت چوب
- کاربرد فناوری نانو در بتن های سبک
- کاربرد فناوری نانو در بتن
- کاربرد فناوری نانو در حسگرهای ساختمانی
- کاربرد فناوری نانو در لوله های بی صدای فاضلاب
- کاربرد فناوری نانو در گچ ساختمانی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان
- فناوری نانو و بتن های ویژه
- پوشش ها، کفپوش ها و سازه های مقاوم در برابر لغزش