

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۴

تکمیل ضدآتش و دیرسوزی منسوجات

سال انتشار: ۱۳۹۲

ویرایش نخست



۴۹ سال پیش ریچارد فایمن، در سخنرانی معروف خود در ۱۹۵۹ با عنوان «آن پایین، فضای بسیاری هست»، به بررسی بعد رشد نیافته علم مواد پرداخت که بعدها به نانو معروف شد. به دلیل تأثیر این فناوری بر بیشتر صنایع و فناوری های موجود، عقیده صاحب نظران این است که متخصصان رشته های مختلف بدون گرایش به مباحث نانو در دهه های آینده، فرصتی برای رشد نخواهند داشت. شواهد موجود نشان می دهد که درصد بالایی از بازارهای جدید محصولات مختلف متکی بر فناوری نانو خواهد بود. فناوری نانو تغییر بنیادی مسیری است که در آینده، موجب ساخت مواد جدید خواهد شد و انقلابی در مواد و فرایندهای تولید آنها ایجاد خواهد کرد. محققان قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد خواهند شد، که در طبیعت نبوده و شیمی مرسوم نیز قادر به ایجاد آن نیست. برخی از مزایای مواد نانو ساختار عبارتند از: مواد سبک تر، قوی تر و قابل برنامه ریزی، کاهش هزینه عمر کاری از طریق کاهش دفعه های نقص فنی؛ ابزار نوین بر پایه اصول و معماری جدید؛ به کارگیری کارخانه های مولکولی یا خوشه ای که مزیت مونتاژ مواد در سطح نانو را دارند. این مواد می توانند کاربردهای مختلفی را در صنایعی همچون: صنعت نساجی، صنعت هواپیمایی، صنعت خودرو، و غیره ایجاد کنند. به دلیل هزینه بر بودن فناوری نانو گسترش این فناوری در صنعت نساجی بیشتر در حوزه های غیر از منسوجات خانگی و پوشاک که در آنها کارایی مهمتر از قیمت است، خواهد بود. حوزه هایی همچون منسوجات ورزشی، پزشکی، نظامی و...

منسوجات دیرسوز

یکی از کاربردهای فناوری نانو در تکمیل منسوجات ایجاد خاصیت دیرسوزی در منسوجات است. آتش سوزی های شخصی بیشتر در اماکن مسکونی روی می دهد. جایی که وسایل منزل، کف پوش ها و البسه بطور گسترده وجود دارند و سوختی مناسب برای آتش به شمار می روند. یکی از روش های ممکن برای کاهش میزان خسارات ناشی از آتش سوزی استفاده از مواد تاخیر انداز شعله است. این مواد به شکل فیزیکی یا با ایجاد پیوند بر روی پلیمر منسوجات مانع آتش می شوند.



بیشتر ضد آتش های مصرفی تا سال ۱۹۷۰ دارای قابلیت کاهش آتش پذیری و نرخ انتشار سطحی آتش بودند اما در سال های اخیر توجه بیشتری بر نرخ گرمای آزاد شده و انتشار دود و گازهای سمی و کشنده معطوف شده است. بروز آتش سوزی ها در آسمان خراش ها و ساختمان های مرتفع سبب شده است که نقش ضد آتش های دارای قابلیت کاهش میزان دود و گازهای سمی که خفگی ساکنان را به همراه دارد، پررنگ تر شود.



اشتعال‌پذیری الیاف و روش‌های تکمیل تاخیراندازی شعله کالای نساجی

میزان آتش‌پذیری الیاف به عوامل مختلفی همچون ساختمان شیمیایی لیف، سهولت در سوختن، وزن و بافت پارچه و غیره بستگی دارد. در عمل هرگز نمی‌توان پارچه را به صورتی در آورد که اصلاً آتش نگیرد مگر آنکه پارچه از الیاف شیشه‌ای، آریست، کربن و یا الیاف کولار تهیه شده باشد. نومکس با اینکه بسیار گران است در حال حاضر بیشترین مصرف را در مواردی که تاخیراندازی شعله مهمترین فاکتور است نظیر، لباس آتش‌نشانان، لباس رانندگان مسابقات، کارگران ذوب آهن و غیره دارا است. از خصوصیات



➤ روش‌های تکمیل تاخیراندازی شعله کالای نساجی

تکمیل تاخیراندازی شعله مناسب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم تاثیر و یا حداقل تاثیر بر خواص فیزیکی و مکانیکی
- سادگی فرآیند مقاوم سازی نسبت به شعله و افزایش نقطه اشتعال الباف
- کم کردن طول شعله حاصل از سوختن
- ادامه نیافتن سوختن با حذف منبع آتش
- کاهش سرعت حرکت آتش بر روی کالا
- تولید نکردن مواد سمی حین سوختن
- مقاومت نسبت به شستشوی خانگی در صورت استفاده در البسه و لوازم منزل
- کم هزینه بودن عملیات

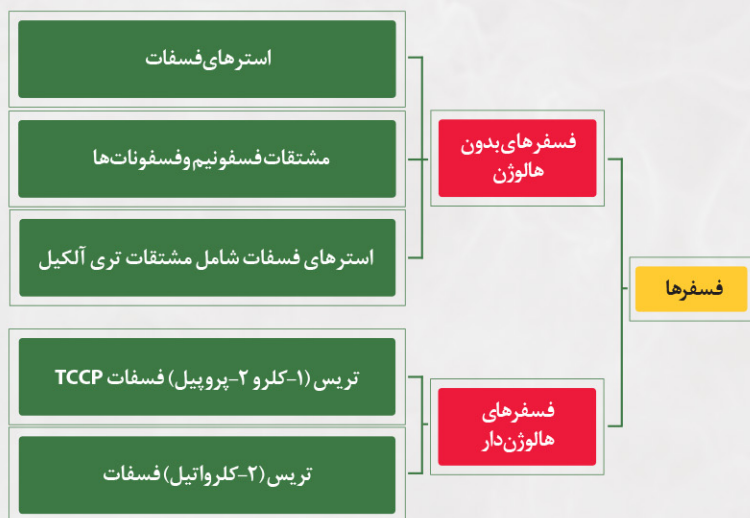
ساختار شیمیایی مواد تاخیرانداز شعله

■ هالوژن‌ها: یک مکانیسم برای بهبود تاخیراندازی شعله مواد ترموپلاستیک، کاهش نقطه ذوب آنها است. نتیجه این امر در نحوه تشکیل بازدارنده‌های رادیکال‌های آزاد در آتش است و سبب دور شدن ماده از شعله بدون سوختن آن می‌شود. باز داشتن رادیکال‌های آزاد موجب کاهش گازهای سوختنی تولید شده در اثر سوختن ماده می‌شود. حرارت مواد سوختنی، موجب تشکیل رادیکال‌های هیدروژن، اکسیژن، هیدروکسید و پروکسید که متعاقباً توسط آتش اکسید شده، می‌شود. مواد تاخیرانداز شعله این رادیکال‌ها را به دام می‌اندازند و در نتیجه از اکسید شدن‌شان جلوگیری می‌کنند.



■ آنتیموان: آنتیموان (که تنها در حضور هالوژن‌ها عمل می‌کند) نیز همانند فسفرها برای جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد هیدروژن و هیدروکسید که برای سوختن لازم هستند، عمل می‌کند. در آتش، هالیدهای آنتیموان و هالید اکسیدها در حجم‌های کافی تولید می‌شوند که در نتیجه آن پرده‌ای مه‌مانند از گاز خنثی بر روی جسم ایجاد می‌شود که از رسیدن اکسیژن به سطح جسم و همچنین گسترش شعله جلوگیری می‌کند.

■ فسفرها: فسفرها با ایجاد خاکستر، که به صورت تشکیل اسید فسفریک و کاهش رهایش بخارات قابل اشتعال است، عمل می کنند.

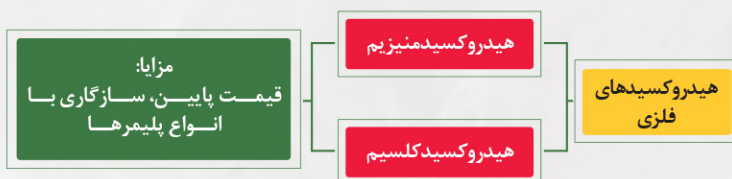


⬆ مواد تاخیر انداز شعله بر پایه فسفر

■ نیتروژن: نیتروژن به عنوان یک افزایش دهنده تاخیر اندازی شعله به همراه فسفر و همچنین به تنهایی در پلی آمیدها و آمینوپلاست ها، شناخته می شود. اصولاً مواد تاخیر انداز شعله نیتروژنی در پلیمرهای نیتروژن دار نظیر پلی یورتان ها و پلی آمیدها استفاده می شوند.

■ هیدروکسیدهای فلزی:

مکانیسم عمل: جذب حرارت، تولید آب، خنک کردن آتش و پلیمر، رقیق کردن مخلوط گازهای قابل اشتعال.



⬆ مواد تاخیر انداز شعله - هیدروکسیدهای فلزی

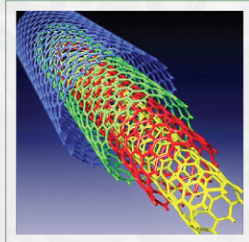
■ ترکیبات بور: پر مصرف ترین ترکیب اسید بوریک است. اسید بوریک و بورات سدیم (بوراکس $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) دو ماده تاخیر انداز شعله هستند که اصولاً برای مواد سلولزی مورد استفاده قرار می گرفتند.

مواد تاخیرانداز شعله نانووی

فناوری نانو نه تنها در تولید الیاف، بلکه در ارتقا تکمیل های شیمیایی نیز مؤثر واقع شده است. تاثیر فناوری نانو در حیطه تکمیل منسوجات باعث ابداع روش های تکمیل جدید و بروز کاربردهای نوین شده است. در تکمیل های تاخیرانداز شعله در منسوجات نیز در حیطه نانو تحقیقاتی صورت گرفته است و از مواد در ابعاد نانو استفاده شده است که به برخی از آنها اشاره می شود:

■ **نانوذرات:** نانو ذرات هنگامی که به خوبی در ماتریس پلیمری دیسپرس شوند، نانو کامپوزیت ها را تشکیل می دهند، که خواص مطلوب بسیاری را از جمله بهبود خواص مکانیکی، حرارتی و خاصیت ضد آتش را به همراه خواهند داشت. مثلاً مخلوطی که شامل پنج درصد از ذرات میکروسکوپی دی اکسید سیلیکون یا ذرات خاک اکسید آلومینیوم باشد، بطور چشمگیری موجب کاهش میزان ماده تاخیرانداز شعله که پیش از آن مورد استفاده قرار می گرفت، می شود. نانو ذرات به شکل یک پوسته محافظ در اطراف ماده سوختی در می آیند که موجب کاهش سرعت رها شدن گازهای سمی ناشی از مواد تاخیرانداز شعله شیمیایی می شوند.

■ **نانوذرات رس:** بکاربردن نانو ذرات رس باعث بهبود خواص ضد آتش در الیاف، کاهش سرعت رهایش حرارت، افزایش تشکیل خاکستر، کاهش میزان تولید دوده، کاهش میزان تولید مونواکسید کربن می گردد و سازگار با محیط زیست است.



■ **نانولوله کربنی:** بکاربردن نانولوله های کربنی سبب ایجاد مقاومت در برابر شعله، افزایش استحکام و بهبود سایر خواص فیزیکی می شود.

■ **میکا (ورقه نازک سیلیکا):** نانومیکا سبب تشکیل خاکستر و ایجاد سد در برابر حرارت شده، و باعث کاهش میزان رهایش گازهای ناشی از سوختن پلیمر می شود.

تصویری از نانولوله کربنی



■ **نانو هیدروکسید آلومینیوم و منیزیم:** بکاربردن نانو هیدروکسید آلومینیوم و منیزیم باعث تخریب حرارتی گرماگیر و ایجاد دود کمتر در حین سوختن می شود.

■ **کربو کسلیک اسید** به همراه نانو ذرات: پلی کربو کسلیک اسیدها به همراه نانو ذرات در ترکیب با کاتالیزورهای حاوی فسفر به عنوان جایگزینی برای کراس لینک کننده های فرمالدهیدی بکار می روند که سدیم هیپوفسفیت به عنوان کاتالیزور حاوی فسفر می تواند سبب ایجاد خاصیت تاخیر در شعله کالا شود.

■ **نانوپودر آلومینای پهنه شده**
توسط شرکت فناوران دانش گستر
سپهر آیین

ایجاد خاصیت دیرسوزی در منسوجات

■ پنبه و روش‌های نانویی ایجاد تاخیر در شعله: در بین الیاف طبیعی پنبه به شدت خطر آتش‌پذیری دارد. سلولز در اثر تخریب حرارتی به ماده کوچکتري به نام لووگلوکوزان (LG) تبدیل می‌شود که این ماده و محصولات فرار حاصل از پیرولیز آن از قابلیت اشتعال‌پذیر بالایی برخوردار هستند. برای کاهش تولید لووگلوکوزان می‌توان زنجیرهای سلولز را با اسید فسفریک شبکه کرد. این دسته از اسیدها همچون کاتالیزوری برای آب‌گیری و کربونیزاسیون هستند و بدین ترتیب خاصیت ضدآتش مطلوبی را تامین می‌کنند. برخی از ضد آتش‌های حاوی برم نیز از طریق واکنش‌های آب‌گیری و استریفیکاسیون، خاکسترهای کربنی تولید می‌کنند.

■ استفاده پلی کربو کسلیک اسیدها به همراه نانو ذرات: پلی کربو کسلیک اسیدها به همراه نمک‌های آلی اسیدهای فسفره بر روی کالای سلولزی به دلیل ایجاد پیوند عرضی بین زنجیرهای سلولزی طی واکنش استریفیکاسیون گزینه‌های مناسبی جهت تکمیل ضدچروک به حساب می‌آیند که اگر ۱/۶٪ فسفر داشته باشد سبب ایجاد خاصیت تاخیر در شعله در کالای کراس‌لینک شده می‌شود. استفاده از نانو ذرات ZnO، سدیم هیوفسفیت، بونان تترا کربو کسلیک اسید، روی کالای پنبه و پنبه/ پلی استر با روش پد-خشک- پخت ایجاد خاصیت تاخیر در شعله می‌کند.

■ استفاده از نانو ذرات رس: نانو ذرات رس به عنوان تاخیرانداز شعله روی کالای پنبه‌ای شامل مزایای زیر است.

۱ افزایش دوام در برابر آتش

۲ جلوگیری از انتقال آتش به پارچه در اثر متورم شدن

۳ حفظ نرمی و لطافت پارچه



« نمونه خام و نمونه عمل شده با مواد تاخیرانداز شعله

■ استفاده از نانو هیدروکسید آلومینیوم: هیدروکسید آلومینیوم که به نام تری‌هیدرات آلومینا (ATH) نیز شناخته می‌شود، امروزه بیشترین حجم مصرفی را به عنوان ماده تاخیرانداز آتش دارا است. نتایج بدست آمده از آزمون‌ها و آنالیزهای مختلف نشان‌دهنده این است که نانو هیدروکسید آلومینیوم به عنوان یک ماده دیرسوزکننده شعله دوست‌دار محیط‌زیست، به‌خوبی توانایی افزایش مقاومت

حرارتی الیاف سلولزی را دارا است.

■ استفاده از نانولوله‌های کربن: پوشش‌های نانو کامپوزیتی با استفاده از نانولوله‌های کربنی و مونومر ضد آتش وینیل فسفونیک اسید برای افزایش مقاومت حرارتی تحت تشعشع ماورا بنفش ساخته شده‌اند. مونومرهای ضد آتش وینیلی به عنوان پل میان الیاف سلولزی و نانولوله کربنی استفاده شده است که سبب ایجاد خاصیت دیر سوزی در منسوجات می‌شود.



لباس ضد آتش آتش نشانان

■ پلاسما: پلاسما شامل گاز یونیزه شده با انواع گونه‌های فعال مثل یون‌های مثبت و منفی، الکترون، فوتون و مولکول‌های برانگیخته است. فناوری پلاسما می‌تواند با اتم‌ها و مولکول‌های سطح واکنش دهد و سطح را اصلاح کند بدون اینکه به کل ماده آسیبی وارد کند. در این صورت گرفت مواد ضد آتش بر پایه فسفر به سطح منسوج راحت‌تر انجام می‌پذیرد. با گرفت مونومر (اکریلات فسفات و مشتقات فسفات) روی پارچه ابریشمی و پنبه‌ای توسط پلاسما ی آرگون کاهش شعله پذیری بدست آمده است.

■ پلی استر و روش‌های نانویی ایجاد تاخیر در شعله: پلی استر پلیمری نیمه بلوری با خواص مطلوبی همچون مقاومت شیمیایی، حرارتی و قابلیت ریستندگی بالا بوده که الیاف تهیه شده از این پلیمر بالاترین میزان تولید و در نتیجه مصرف را در میان الیاف مصنوعی دیگر داراست. مشکل عمده این پلیمر، آتش‌پذیری و شره کردن در حین سوختن آن است. برای ضد آتش نمودن پلی استر از ترکیبات فسفر و بروم استفاده می‌شود. از جمله این مواد می‌توان به استرهای فسفات حاوی برم، تریس دی برومو پروپیل فسفات معروف به تریس، مواد شیمیایی حاوی برم مانند هگزا برومو سیکلودودکان (HBCD) اشاره کرد.

۱ استفاده از نانو ذرات رس

■ نانوماده: رس - گرید DK2

■ کامپوزیت تولید شده: پلی استر / رس

■ روش تولید: اختلاط مذاب

■ مکانیسم عمل: حضور رس در ماتریس پلی استر باعث بهبود مقاومت شعله‌وری آن می‌شود و مکانیزم آن به صورت کاهش حداکثر رهایش گرما است. همچنین از نانو ذرات سیلیکا روی پلی استر برای رسیدن به خاصیت تاخیر در شعله توسط روش لایه به لایه (کوت به وسیله فیلم‌های نازک) استفاده شده است.

۲ استفاده پلی کربنسیلیک اسیدها به همراه نانو ذرات

■ نانوماده: دی اکسید تیتانیوم

■ کامپوزیت تولید شده: پلی استر TiO_2

■ روش تولید: ذوب ریزی

■ مکانیسم عمل: سایر مواد مورد استفاده عبارتند از: سیتریک اسید، مالئیک اسید و سدیم هیوفسفیت. کالای هیدرولیز شده دارای باقیمانده خاکستر بیشتری نسبت به کالای هیدرولیز نشده بوده است. سدیم هیوفسفیت سبب کاهش سرعت گسترش حرارت شده و میزان درصد خاکستر باقیمانده افزایش یافته است.

■ ضد آتش نمودن ریون: ریون را می توان همانند پنبه ضد آتش کرد. اما بهتر آن است که افزودنی های دارای قابلیت ضد آتش را در حمام ریسندگی ویسکوز، بدان افزود. از جمله این مواد می توان به افزودنی های بر پایه آلکیل دی اکسافسفورینان دی سولفید، اشاره کرد.

■ ضد آتش نمودن پشم: پشم، لینی است که در برخی مصارف خاص نیازمند تکمیل ضد آتش است. می توان از طریق رمقشکی نمک های هگزا فلوروزیر کونات و تیتانات لیف را ضد آتش کرد. نمک های زیر کونیوم دارای ایندیرید قابلیت افزایش تولید خاکستر حین سوختن هستند. ماده دیگر که کاربرد بسیار دارد، TBPA، تترابرموفتالیک ایندیرید است.

■ ضد آتش نمودن نایلون: از روش های معمول ضد آتش کردن نایلون افزودن مواد مختلف به مذاب پلیمری آن است. از جمله ی این افزودنی ها می توان به ترکیبات فسفری، ترکیبات برم دار، نانوذرات رس، اکسید آنتی موان و برم و ترکیبات حاوی اوره و فرمالدهیدها اشاره کرد.

■ ضد آتش نمودن پلی پروپیلن: برای ضد آتش کردن PP می توان پلیمر، لیف و یا فیلامنت آن را با مواد ضد آتش عمل نمود.

■ فسفات آمونیوم به همراه هیدروکسی اتیل سیانورات	■ ترکیبات هالوژنه هالوژن های آنتیموان
■ فسفات آمونیوم به همراه هیدروکسید منیزیم	■ ترکیبات فسفر با پایه آلی و غیر آلی
■ اکسید های فلزی Sb_2O_3	■ فسفات آمونیوم به همراه رزین های اوره فرمالدهید

⬆ مواد ضد آتش به کار برده شده برای پلی پروپیلن

معرفی شرکت های تولید کننده

نام شرکت	تلفن	نمابر	پایگاه اینترنتی
پادجامه	۰۲۱-۶۶۹۷۰۷۵۸	۰۲۱-۶۶۹۷۰۷۸۰	www.padjameh.com

از مجموعه گزارش های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد پوشش های نانو در لوله های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضد آتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه های جدید برای دارورسانی

مجموعه نرم افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است. تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفط»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۸۸۰۲۳۹۶۴ - www.nanosun.ir

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰

نمابر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

پایگاه اینترنتی: nanoindustry.ir

پست الکترونیک: im@nano.ir

صندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

کارگروه صنعت و بازار

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهریژن

تهیه کننده: سمیرا سیف اله زاده