افزایش ایمنی و کندسوزی در صنایع اسباب‌بازی با فناوری نانو

شناسنامه

ستاد ویژه توسعه فناوری‌نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

نظارت: داود قرایلو

پست الکترونیک: IND@nano.ir

صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵

تهیه‌کننده: سیده سمانه قاسمی، شرکت توسعه مهندسی الماسواره دانش

سال انتشار: ۱۴۰۲

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰

نمابر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
www.INDnano.ir

اینستاگرام نانو و صنعت: @INDnano.ir

فهرست مطالب

مقدمه ۳

معرفی مواد کندسوز معمول ۴

شرکت‌های ایرانی ۷

شرکت‌های خارجی ۷

جمع‌بندی ۸

مراجع ۸

مقدمه

خطر آتش‌سوزی، با وجود رعایت همهٔ استانداردها و ملاحظات ایمنی، در کمین همه لوازم مصرفی وجود دارد. وجود این چالش زمانی حساس‌تر می‌شود که لوازم مورد استفاده کودکان در معرض این خطرات باشد. فناوری نانو با معرفی نانوذرات، نقش به‌سزایی را در حل این چالش داشته است.

مواد شیمیایی کندسوز از زمان رومیان باستان مورد استفاده بوده‌اند؛ آن‌ها از موادی نظیر زاج سفید یا سرکه برای حفاظت کشتی‌های جنگی و برج‌های محاصره شده، استفاده می‌کردند. تحقیق و توسعه و استفاده از مواد شیمیایی یا پوشش‌های ضدآتش همچنان تا به امروز ادامه دارد. در سال پنجم قبل از میلاد به نوشته هرودوت مورخ یونانی، مردم یونان از سولفات پتاسیم آلومینیوم به عنوان رنگ و روکش برای بهبود خاصیت مقاومت به آتش چوب استفاده می‌کردند. 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، پرده‌های تئاتر را با مخلوطی از خاک رس و سنگ گچ آغشته می‌کردند که آن‌ها را «پرده‌های نمایش نسوز» می‌نامیدند.

بازدارنده‌های شعله، مواد شیمیایی هستند که تولیدکنندگان در دهه ۱۹۷۰ شروع به افزودن آن‌ها به محصولات تجاری و مصرفی کردند تا استانداردهای اشتعال‌پذیری را رعایت کنند. مواد بازدارنده شعله معمولاً به کالاهایی با پتانسیل اشتعال بالا مانند مبلمان روکش شده، محصولات کودک، لوازم الکترونیکی، مصالح ساختمانی، لباس، صندلی ماشین و داخل خودرو اضافه می‌شوند [۱].

در سال ۱۷۳۵ برای اولین بار حق ثبت اختراع ماده کندسوز به نام دانشمند بریتانیایی اوبادیا ویلد صادر شد و به‌عنوان یک موضوع مهم و نقطه عطفی در تاریخ مواد کندسوز مورد توجه قرار گرفت. تا اوایل قرن بیستم، از مواد افزودنی و پرکننده‌های مختلف طبیعی، برای کاهش اشتعال استفاده می‌شد. از جمله این مواد می‌توان به خاک‌رس، سنگ گچ، سولفات آهن، آمونیوم کلرید، فسفات آمونیوم، سدیم تترابورات و انواع مختلف اسید

و همچنین مخلوط زاج سفید و سرکه، اشاره کرد. این مواد جهت کندسوزی عمدتاً برای کاربردهای نظامی، پرده‌های تئاتر و دیگر پارچه‌ها کاربرد داشتند.

بازدارنده‌های شعله، با احاطه کردن ماده در حال سوختن، احتراق را پایین آورده و از گسترش آتش به مواد دیگر جلوگیری می‌کنند. در برخی از این مواد از کلر و برم استفاده می‌شد که برای سلامتی مضر بود در نتیجه به مرور زمان از رده استفاده خارج شدند. محصولات امروزی به خصوص محصولات کندسوز غیرهالوژنی، برای کمک به حفاظت از زندگی ضروری هستند. تحقیقات گسترده‌ای در مواد شیمیایی بازدارنده شعله مختلف بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است که نتایج آن به مشکلات سلامتی ناشی از این مواد اشاره کرده است. بازدارنده‌های شعله دارای برم بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مشخص شد که این ماده می‌تواند در بافت تجمع کند، باعث سرطان شود، هورمون‌ها را مختل کند، به سیستم تولید مثل آسیب برساند و در حیوانات و احتمالاً انسان‌ها نیز مشکلاتی در رشد عصبی ایجاد کند. مطالعات بر روی انسان‌ها محدود است، عمدتاً به این دلیل که به زمان و منابع بسیار بیشتری نیاز دارد، اما به اثرات مشابهی از جمله افزایش خطر ابتلا به سرطان دست پیدا کرده‌اند و احتمالاً مشکلات رفتاری در کودکان خردسال، از جمله بیش فعالی، پرخاشگری و قلدری از عوارض این ماده است [۲].

امروز با استفاده از فناوری نانو سعی بر کاهش سمیت و زیست‌تخریب‌پذیری مواد مقاوم به شعله می‌شود تا از آسیب جدی به محیط زیست جلوگیری شود.

معرفی مواد کندسوز معمول

ازآنجایی که فناوری نانو می‌تواند با افزودن نانومواد به محصولات موجود باعث تغییر خواص، بهبود عملکرد و یا ایجاد خواص ویژه‌ای شود، بنابراین در زیر به معرفی انواع مواد کندسوز پرداخته می‌شود. در ادامه به کاربرد انواع نانومواد در بهبود عملکرد رنگ‌ها و روکش‌های مقاوم به شعله پرداخته خواهد شد.

انواع مواد کندسوز به ۶ دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

کندسوزهای هالوژنی: این دسته از مواد کندسوز بر پایه سیستم‌های مبتنی بر کلر هستند اما شاید بیشتر به بازدارنده شعله‌های برومی یا BRF معروف هستند. کاربرد آن‌ها بیشتر در صنعت الکترونیک و همچنین در منسوجات، محصولات ساخت‌وساز و پوشش‌ها است. بروم به این دلیل استفاده می‌شود که اتم‌های فعال خود را قبل از آن که ماده به دمای احتراق خود برسد، در فاز گاز آزاد می‌کند تا واکنش‌های درون شعله را خنثی کند. این فرایند روند سوختن ماده را کند می‌کند. این یک مثال از رویکرد مهار فاز بخار است. استفاده از این ماده به دلایل محیط زیستی از محدودیت‌های خاصی برخوردار است.

کندسوزهای معدنی: بسیاری از مواد معدنی به‌عنوان بازدارنده‌های شعله و یا یک کاتالیزور در سیستم کندسوز عمل می‌کنند. برای دریافت نتیجه مطلوب، این مواد در غلظت بالا و یا ترکیب با دیگر مواد کندسوز استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، اکسید آنتیموان خواص بازدارنده شعله ندارد، اما در ترکیب با بازدارنده‌های شعله بروم یا کلر، به‌عنوان یک ترکیب‌کننده مؤثر و یک کاتالیزور برای بروم یا کلر عمل می‌کند و باعث آزاد شدن سریع‌تر اتم‌های بروم در فاز گاز می‌شود. ازجمله مواد معدنی که به طور مستقل جهت کندسوزی عمل می‌کنند، هیدروکسید آلومینیوم و هیدروکسید منیزیم هستند. این ترکیبات ضمن فرایند سوختن، با انتشار گازهای غیرمستقیم (مانند

بخار آب)، لایه‌های با نقش حفاظتی ایجاد می‌کنند (پس انرژی موجود در آتش را کاهش می‌دهند) و به این ترتیب باعث تداخل در روند سوختن می‌شوند.

کندسوزهای نیتروژنی: مواد بر پایه ملامین که بیشتر به کندسوزهای نیتروژنی مشهورند. هنگامی که ملامین در فاز چگال است، ساختار مولکولی آن به ساختارهای متقاطع تبدیل می‌شود. این تحول موجب ایجاد زغال می‌شود که مانع عرضه اکسیژن می‌شود. کندسوزهای نیتروژنی نمونه‌ای از مواد بازدارنده شعله در فاز جامد است.

پوشش‌های حجیم‌شونده: هدف این پوشش‌ها محافظت از مواد در برابر آتش‌سوزی است. آن‌ها برای محصولاتی مثل مصالح ساختمانی (فولاد یا چوب) مانند لایه‌ای از رنگ اعمال می‌شوند. این لایه مقاوم به آتش و عایق، مواد را از درجه حرارت بالا و آسیب ساختاری محافظت می‌کند. اجزای مشترک این پوشش‌ها عبارتند از ترکیبات کف‌دار (مواد شیمیایی که در هنگام حرارت دادن تجزیه می‌شوند و مقدار زیادی گاز تولید می‌کنند)، چسب، منبع اسیدی و ترکیبی کربنی.

فسفر: این ترکیبات می‌توانند هم به‌صورت شیمیایی به مواد متصل شوند و هم به‌صورت فیزیکی به‌عنوان افزودنی اضافه شوند. هنگامی که ترکیب حاوی فسفر گرم می‌شود، ایجاد زغال می‌کند. آنچه در مورد تشکیل زغال بسیار جالب است این است که با ایجاد یک لایه، محافظ پلیمر را از گرمای شعله محافظت می‌کند؛ ضمن آنکه مانع انتشار گازهای قابل اشتعال نیز می‌شود.

کندسوزهای غیرهالوژنی (HFFR): کندسوزهای غیرهالوژنی بهترین گزینه عصر کنونی برای افزایش مقاومت مواد نسبت به شعله هستند. این مواد حداقل اثرات محیط زیستی را در پی داشته و نسبت به مواد قبلی ذکر شده، عملکرد بهتری دارند. کلیه نانومواد مقاوم در برابر آتش در این دسته قرار می‌گیرند.

در اوایل سال ۲۰۲۰، محققان گزارش کردند که بازدارنده‌های شعله برم‌دار به عنوان بزرگ‌ترین عامل سرطان از سرب پیشی گرفته‌اند [۱]. به دلیل این مشکلات ذکر شده مطالعه و استفاده از نانوذرات برای حل این چالش پیشنهاد شد. در ادامه به معرفی نانوذرات مرسوم برای کاهش آتش‌گیری پلیمرها پرداخته می‌شود. از جمله این نانوذرات می‌توان به تیتانیوم دی‌اکسید [۳]، نانوذرات خاک‌رس و همچنین نانولوله‌های کربنی اشاره کرد.

نانوذرات خاک‌رس

با توجه به این که امروزه حجم وسیعی از کالاهای مصرفی هر جامعه‌ای را پلیمرهایی تشکیل می‌دهند که به‌راحتی می‌سوزند یا گاهی در مقابل شعله فاجعه می‌آفرینند، لزوم تحقیق در خصوص مواد دیرسوز احساس می‌شود. بر همین اساس، در کشورهای صنعتی، تلاش گسترده‌ای برای ساخت موادی با ایمنی بیشتر در برابر شعله آغاز شده است و در این زمینه نتایج مطلوبی هم به دست آمده است. با توجه به تدوین استانداردهای جدید ایمنی، به نظر می‌رسد استانداردهای ساخت مربوط به پلیمرهای مورد استفاده در خودروسازی، صنایع الکترونیک، صنایع نظامی و تجهیزات حفاظتی و حتی لوازم‌خانگی، در حال تغییر به سوی مواد دیرسوز است. از طرف دیگر مدتی است که نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاک‌رس (استفاده از نانوذرات خاک رس به عنوان تقویت کننده) به عنوان موادی با خواص مناسب مثل تأخیر در شعله‌وری، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد که نانوکامپوزیت‌های پلیمر-خاکرس می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد پلیمری معمولی باشند [۴]؛ هنگامی که نانوذرات خاک‌رس به عنوان پرکننده در پلاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجب ایجاد

خواص قابل توجهی از جمله مقاومت در برابر آتش و مواد شیمیایی می‌شوند [۵]. تمامی نانوکامپوزیت‌هایی که تا به حال گزارش شده‌اند، کاهش آتش‌گیری را نشان می‌دهند. به عنوان مثال پیک سرعت آزادسازی گرما برای نانوکامپوزیت‌های پلیمری بر پایه پلی‌استایرن از ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش نشان می‌دهد [۶].

استفاده از نانوذرات خاک رس در صنعت ساختمان مزایایی داشته است که می‌توان از این مزایا در صنعت پلاستیک و به‌خصوص صنعت اسباب‌بازی نیز بهره برد، از جمله این مزایا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش اتلاف حرارت و توسعه دود و به تعویق انداختن جرقه‌زنی
- تأخیر توسعه آتش (توسعه آتش در مصالح به وسیله نانوپوشش‌ها به تأخیر می‌افتد. در صورت بروز آتش در طول چند ثانیه یک پوشش سرامیکی شکل می‌گیرد. این پوشش به شکل یک عایق حرارتی عمل می‌کند و در نتیجه از گسترش دود به شدت جلوگیری می‌شود.)

استفاده از نانوپودرها منجر به تسریع در ایجاد این پوشش سرامیکی می‌شود. به طوری که همزمان با تولید گازهای به دام افتاده، محصولات احتراقی و حباب‌های آب، به عنوان عایق حرارتی ثانوی عمل می‌نماید. شرکت I-can nano، رنگ‌هایی را بر پایه فناوری نانو عرضه کرده است که موجب به تأخیر انداختن آتش می‌شوند [۷]. از این رنگ‌ها به عنوان لایه نهایی محافظ و یا به‌تنهایی به صورت پوشش رویی برای دستیابی به سطح بالایی از محافظت در برابر آتش استفاده می‌شود. این رنگ‌ها برای دیواره‌های ضدحریق، سقف‌ها و دیگر ساختارها مناسب هستند.

- انطباق خوب با محیط زیست به علت عدم وجود هالوژن‌ها

از جمله مزیت‌های دیگر سیستم ضدحریق، انطباق خوب آن با محیط) بدون هالوژن، (Halogen-free و مقاومت بالا در برابر نور و سایش است [۷].

نانولوله‌های کربنی

محققان توانسته‌اند ویژگی‌های آتش‌گیری پلیمرها را با استفاده از نانولوله‌های کربنی تغییر دهند. این کار کمک بسیاری به حل مشکل سمیت مواد دفع‌کننده آتش خواهد کرد. به گزارش پایگاه اینترنتی فناوری نانو، تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که پرکننده‌های نانوذره‌ای هم موجب کاهش آتش‌گیری نانوکامپوزیت‌های پلیمری شده و هم استحکام مکانیکی آن‌ها را افزایش می‌دهند. همچنین نشان داده شده است که اگر نانولوله‌های کربنی به نحوی درون بستر پلیمری قرار بگیرند که یک ساختار شبکه‌ای فشرده تشکیل دهند، می‌توانند بیشتر از نانوذرات آتش‌گیری کامپوزیت‌ها را کاهش دهند. هم نانوذرات رس و هم نانولوله‌های کربنی موجب کاهش آتش‌گیری پلیمرها می‌شوند و وقتی هر کدام از آن‌ها به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای محدودیت‌هایی هستند؛ اما زمانی که از ترکیبی از این دو ماده استفاده می‌شود، اثرات هم‌افزایی جالب توجهی دیده می‌شود. پروفسور «ژانک پینک فنک» مدیر موسسه کامپوزیت‌های پلیمری در «دانشگاه ژجیانک» در مقاله‌ای در مجله "Nanotechnology" جزئیات این تحقیق را توضیح داده‌اند. وی می‌گوید: «توضیح معمول برای اثر هم‌افزایی میان رس و نانولوله‌های کربنی در جهت کاهش آتش‌گیری پلیمرها این است که نانولوله‌های کربنی پس از آغاز احتراق به عنوان یک درزگیر عمل کرده و از گسترش آتش جلوگیری می‌کند. وجود همزمان رس و نانولوله‌های کربنی

چندجداره در نانوکامپوزیت می‌تواند باعث کاهش مؤثر فضا شده و ساختار شبکه‌ای نانولوله‌ها را بهبود بخشد و این امر موجب کاهش آتش‌گیری پلیمرها می‌شود.» [۸]

شرکت‌های ایرانی

کارخانه ایرانی شکوفه، پارچه‌های دارای ۹۰ درصد SiO_2 به عنوان عایق حرارت تولید می‌کند که این پارچه‌ها پس از قرار گرفتن در معرض دمای بالا (تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) انعطاف‌پذیری خود را حفظ می‌کنند، بسیار با دوام و مقاوم بوده و حفاظ بسیار مناسبی در برابر مذاب فلزات هستند. این پارچه‌ها مصارف زیادی در محافظت از شعله و حرارت دارند و به عنوان روکش‌های عایق قابل تعویض نیز استفاده می‌شوند. این پارچه‌ها توانایی مقاومت در برابر درجه حرارت مداوم ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای لحظه‌ای ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد دارند که همین امر آن‌ها را در تولید راکت و موشک صنایع هوا و فضا کاربردی کرده است. همچنین از این اقلام جهت تجهیزات آتش‌نشانی و نیز حفظ حرارت مواد استفاده می‌شود. این پارچه‌ها در پارچه‌های عروسک‌ها نیز می‌تواند استفاده شود [۹].

عکس‌العمل نمونه پارچه خام و پارچه دارای نانوذرات تاخیرانداز شعله [۱۰]

در پژوهشی، محققان دانشگاه کاشان نوعی نانوکامپوزیت‌های بر پایه سلولزاستات به همراه نانوذرات اکسید آنتیموان و تری کلرومالامین سنتز کرده‌اند که دارای مکانیسم به تأخیراندازی شعله است بدین صورت که حتی اگر در برابر شعله بزرگ و دائمی مقاومت نکند، قطعاً سرعت انتشار آن را کاهش می‌دهد و زمان را برای نجات افراد و خاموش کردن آتش افزایش می‌دهد [۱۱].

شرکت‌های خارجی

یکی از شرکت‌های تولیدکننده پارچه‌های ضدحریق شرکت آلمانی نانوایکس است. الیاف پارچه‌های این شرکت دارای نانوذرات رس است که در مقابل حریق مقاوم است [۶].

جمع‌بندی

همواره مشکلات ناشی از آتش‌سوزی موردتوجه فعالان حوزه صنعت بوده است. این چالش‌ها زمانی حساس‌تر می‌شود که این خطرات متوجه گروه سنی کم و کودکان باشد که توانایی کنترل شرایط و فرار از محل آتش‌سوزی را ندارند. به همین دلیل فناوری نانو با تمرکز بر نانوذرات کاهنده خطر آتش‌گیری لوازم مورد استفاده کودکان، سعی بر کاهش نگرانی‌ها در این رابطه داشته است.

مراجع

۱ The Harmful Chemical Lurking in Your Children's Toys, https://www.nytimes.com/2020/11/23/parenting/home-flame-retardants-dangers.html

۲ کاربرد فناوری نانو در رنگ‌ها و روکش‌های ضدحریق،
http://indnano.ir/post/625

۳ Effect of nanoparticles on the improvement in fire-resistant and anti-ageing properties of flame-retardant coating, Z. Wang et al. / Surface & Coatings Technology 200 (2006) 5706–5716

۴ استفاده از فناوری نانو برای دیرسوزکردن پلیمرها،
https://rasekhoon.net/article/show/110741

۵ Effect of Nanoparticles on Flammability, UV Resistance, Biodegradability, and Chemical Resistance of Wood Polymer Nanocomposite, Ind. Eng. Chem. Res. 2012, 51, 11881–11891

۶ پروژه‌های عملیاتی فناوری نانو برای وزارت صنایع، مرتضی مغربی، علی عباسی، حسن پوی پوی، کارگروه آینده‌اندیشی دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۷ کاربرد نانورنگ‌ها، نانوپوشش‌ها و سازه‌های ضدحریق در صنعت ساختمان،
https://paper.nano.ir/1/3817

۸ استفاده از فناوری نانو برای کاهش آتش‌گیری پلیمرها،
https://www.irna.ir/news/10505737

۹ پارچه نسوز سیلیکا،
http://parscenter.com/Product/236170

۱۰ تحلیل نانو مواد در نساجی،
http://chap.sch.ir/sites/default/files/lbooks/97-98/219/127-174-C212790.pdf

۱۱ ماهنامه فناوری نانو،
www.nano.ir