



بهبود خواص مقاومت در برابر شعله رزین بر پایه ارتوفتالیک با بکارگیری نانو گرافن اکسید اصلاح شده با ترکیبی حاوی نیتروژن، فسفر و سیلیس بصورت همزمان

حمیدرضا موحد^{۱*}، مصیب رضائی^۲، محمد آزادمنش^۲، زکریا فرهادی^۲

^۱ گروه مهندسی شیمی نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد مجتمع دانشگاهی یادگار امام شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ واحد تحقیق و توسعه، شرکت صنایع شیمیایی فراپل جم، همدان، ایران

*hrmovahed2019@gmail.com

چکیده

مواد تاخیر انداز شعله، موادی شیمیایی هستند که برای به حداقل رساندن خطر آتش سوزی در اثر تماس با منبع حرارت یا الکتریسیته، به پلیمرها اضافه می‌شوند. در صورت جرقه زدن و یا آتش سوزی، تاخیر اندازهای شعله سرعت احتراق را بسیار کند کرده و معمولاً از گسترش آتش به نقاط دیگر جلوگیری می‌کند. در واقع پلیمرها با خاصیت تاخیر انداز شعله با مقاومت به ایجاد جرقه و تاخیر اندازی و جلوگیری از گسترش آن با خاموش کردن شعله‌ها، مانع از ایجاد خطر آتش سوزی می‌شوند.

امروزه نمونه‌های زیادی از مواد جهت تاخیر اندازی شعله معرفی شده اند که از جمله آن می‌توان به مواد دارای هالوژن و مواد فاقد هالوژن اشاره کرد. مواد هالوژن دار دارای خاصیت تاخیر اندازی خوبی بوده و از طرفی با انشمار گازهای سمی هنگام سوختن باعث ایجاد مشکلاتی می‌شوند. از این رو در سال‌های اخیر یافتن مواد فاقد هالوژن جهت تاخیر اندازی شعله دارای اهمیت خاصی شده است. در این تحقیق با بکارگیری همزمان عناصری همچون کربن، نیتروژن، فسفر و سیلیس در یک ترکیب بصورت همزمان خواص ضد شعله بسیار مناسبی از ماده سنتزی مشاهده شد. با بکارگیری نانوغرافن اکسید اصلاح شده با ترکیبات دارای نیتروژن، فسفر و سیلیس ترکیب ضد شعله سنتز و با رزین پلی استر غیر اشباع بر پایه ارتوفتالیک ترکیب شد. خواص ضد شعله رزین خام بگونه‌ای بود که بر اساس استاندارد استاندارد UL 94 و ASTM D5048 دارای کلاس بندی خاصی نمی‌شد و نمونه‌ها در حالت افقی و عمودی بطور کامل سوخت. با بکارگیری ماده ضد شعله و ترکیب آن با رزین پلی استر مورد نظر بر اساس استاندارد مورد استفاده، کلاس بندی صفر در حالت عمودی و افقی بدست آمد که نتیجه بسیار قابل قبول و مطلوبی می‌باشد. **کلید واژگان:** تاخیر انداز شعله، رزین پلی استر غیر اشباع، مواد بدون هالوژن، گرافن اکسید

۱- مقدمه

تاخیر انداز شعله ترکیب‌هایی اند که به برخی مواد تولیدی مانند رزین‌ها، پلاستیک‌ها و همچنین پارچه افزوده می‌شوند یا به صورت روکش یا رویه‌ی یک سطح بکار می‌روند تا پدیداری شعله را به تاخیر بیندازند یا مانع از ایجاد آن شوند و در نتیجه از گسترش آتش جلوگیری کنند. پیشگیرنده‌های شعله از لحاظ قرارگیری در بافت مواد به دو دسته تقسیم می‌شوند که شامل موارد زیر می‌باشند [۱-۳]:

- ۱- با مواد پایه مخلوط باشند (پیشگیرنده‌ی شعله بصورت افزودنی)
 - ۲- به صورت شیمیایی به مواد پیوند ایجاد می‌کند (پیشگیرنده‌ی شعله‌ی واکنشی)
- با بکارگیری همزمان ترکیبی عناصر حاوی نیتروژن، فسفر و سیلیسوم و همچنین حاوی گرافن با سطح بالا می‌توان خواص مختلف این مواد را بطور همزمان برای تاخیر اندازی شعله و همچنین بهبود خواص مکانیکی و گرمایی داشت [۴-۶].

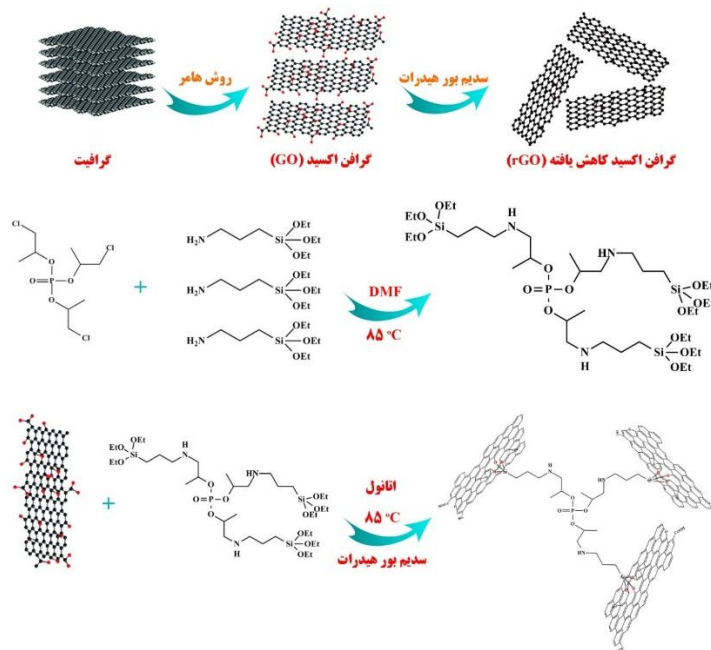
۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد و دستگاه ها

گرافیت و APTS (3-aminopropyltriethoxy-silane)، استون، سولفوریک اسید، پتاسیم پرمنگنات، پتاسیم نیترات، هیدروژن پر اکسید، اتانول، سدیم بورهیدرات، هیدروکینون، هیدروکلریک اسید و TCPP (Tris (1-chloro-2-propyl) phosphate) همگی با گرید سنتزی و از شرکت مرک خریداری شد و بدون هیچ گونه خالص سازی مورد استفاده قرار گرفت. رزین پلی استر غیر اشباع بر پایه اورتوفتالیک اسید از تولیدات شرکت صنایع شیمیایی فراپل جم با کد O-۱۱۵ به عنوان رزین پایه مورد استفاده قرار گرفته شد. از کبالت اکتوات ۱/۰ درصد (تولیدی فراپل جم) به عنوان شتابدهنده و کاتالیست M50 استفاده شد. به منظور انجام تست شعله از دستگاه مخصوص این تست استفاده شد و نتایج بر اساس استاندارد ASTM D5048 گزارش شده است.

۲-۲- سنتز APTS@rGO - TCPP

شماتیک همه مراحل سنتز تاخیر انداز شعله در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. شماتیک سنتز تاخیر انداز شعله

۲-۳- تهیه نمونه تست شعله APTS@rGO - TCPP

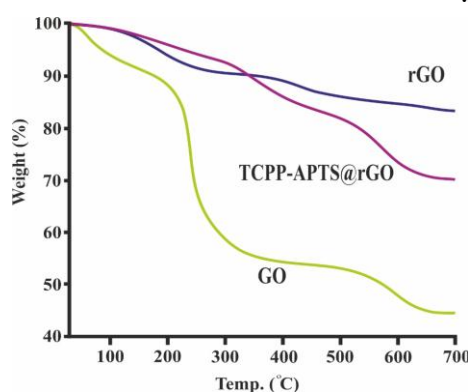
به منظور تهیه نمونه تست شعله بر اساس استاندارد ASTM D5048 ابتدا رزین پلی استر غیر اشباع با درصد های مختلف از TCPP به APTS@rGO - بخوبی مخلوط شد، سپس ۱ phr کبالت اکتوات ۱/۰٪ به عنوان شتابدهنده به آن اضافه شد، مخلوط همگن بدست آمده بصورت شیت در آورده و برای برش با طول ۱۲۵ و عرض ۱۳ میلیمتر آماده شد.



۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی مقاومت حرارتی

با توجه به گراف بدست آمده در شکل ۲۵ برای GO و گرافن اکسید کاهش یافته مشخص می شود که گرافن اکسید کاهش یافته دارای پایداری حرارتی بالایی نسبت به GO است که این امر ناشی از حذف اکسیژن های موجود در سطح GO و کاهش حدود ۱۵ درصدی وزن می باشد. همچنین با توجه به اضافه شدن ترکیب تاخیر انداز شعله APTS - TCP - rGO به rGO، افزایش کاهش وزن TCP - APTS@rGO نسبت به rGO می تواند ناشی از تخریب TCP - APTS باشد. همچنین می توان مشاهده کرد که در دمای بالاتری نسبت به سایر مواد تخریب صورت میگیرد که ناشی از اثر مقاومت حرارتی TCP - APTS افزوده شده به rGO می باشد. همچنین با تخریب TCP - APTS در کامپوزیت TCP - APTS@rGO باعث ایجاد یک لایه محافظ شده که موجب کاهش آزاد شدن گازهای قابل احتراق و همچنین باعث جلوگیری انتقال حرارت/جرم در فرآیند تخریب حرارتی شده و این عوامل نهایتاً باعث کاهش سرعت از دست دادن جرم می شود.



شکل ۲. طیف TGA مربوط به مواد تاخیر انداز تولیدی

۳-۲- بررسی مقاومت حرارتی

به منظور بررسی سرعت و نوع سوختن نمونه ساخته شده در حالت عمودی و افقی، تست شعله بر اساس استاندارد UL 94 و ASTM D5048 انجام شد. در شکل ۲ نمونه های آماده شده بر اساس استاندارد آورده شده است. نتایج بدست آمده از تست شعله در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ نتایج کلاس بندی تست شعله

ردیف	نوع تست	کلاس بندی
۱	افقی	Class 0
۲	عمودی	V 0

با توجه به نتایج بدست آمده ترکیب سنتزی خواص بسیار مناسبی برای تاخیر اندازی شعله از خود نشان داده و می تواند در بخش های صنعتی نیز مورد استفاد قرار گیرد.



۴- نتیجه گیری

با بکارگیری مواد ضد شعله بدون هالوژن بصورت تکی، امکان رسیدن به کلاسبندی صفر بر اساس استاندارد استاندارد UL 94 و ASTM D5048 بسیار مشکل بوده و گاهی خواصرزین پخت شده بسیار افت می کند. در این تحقیق بررسی خواص ضد شعله با بکارگیری همزمان مواد حاوی کربن، نیتروژن، فسفر و سیلیس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد با بکارگیری این ماده سنتزی خواص مطلوب ضد شعله حاصل می شود.

۵- قدردانی

نویسندگان از شرکت محترم صنایع شیمیایی فراپل جم که امکانات و مواد مورد نیاز را برای انجام پروژه فراهم کردند صمیمانه تشکر و قدردانی می کنند.

مراجع

- [1] Lu, S.Y. and Hamerton, I., (2002). Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers. Progress in polymer science, 27(8), 1661-1712.
- [2] Rothon, R.N. and Hornsby, P.R., (1996). Flame retardant effects of magnesium hydroxide. Polymer Degradation and Stability, 54, 383-385.
- [3] Feng, Y., He, C., Wen, Y., Ye, Y., Zhou, X., Xie, X. and Mai, Y.W., (2017). Improving thermal and flame retardant properties of epoxy resin by functionalized graphene containing phosphorous, nitrogen and silicon elements. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 103, 74-83.
- [4] Laoutid, F., Bonnaud, L., Alexandre, M., Lopez-Cuesta, J.M. and Dubois, P., (2009). New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites. Materials science and engineering: R: Reports, 63, 100-125.
- [5] Stankovich, S., Dikin, D.A., Dommett, G.H., Kohlhaas, K.M., Zimney, E.J., Stach, E.A., Piner, R.D., Nguyen, S.T. and Ruoff, R.S., (2006). Graphene-based composite materials. nature, 442, 282-289.
- [6] Dreyer, D.R., Park, S., Bielawski, C.W. and Ruoff, R.S., (2010). The chemistry of graphene oxide. Chemical society reviews, 39, 228-240.