

بررسی تاثیر نانوجندسازهای بر پایه نانولوله‌ی کربنی بر ساختار پودر فلوک (پلی استر)

فاطمه غضنفری، زرین اسحاقی*

دانشگاه پیام نور مشهد، ایران.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر نانو چندسازهای بر پایه نانولوله‌ی کربنی بر روی ساختار پودر فلوک بر پایه پلی استر می باشد. خاصیت هدایت الکتریکی الیاف فلوک افزایش یافت که تاثیر بسیار زیادی در عملکرد در صنعت خودرو سازی دارد. به این صورت که هر چه خاصیت هدایت الکتریکی فلوک بالاتر باشد با پراکندگی و یک نواختی بهتری روی سطح پخش می شود. در صنعت خودرو از پودر فلوک برای قطعات آب بندی خودرو مانند: گردگیرهای داخلی و خارجی، آب گیرهای داخلی و خارجی، دور کلاف شیشه‌ی خودرو و غیره استفاده می شود. با توجه به اهمیت این مواد در صنعت تولید، خواص تولیدی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است، یکی از ویژگی های مورد نظر، داشتن رطوبت است، شکل هندسی و اندازه ی الیاف نیز تاثیر بسیار زیادی در فرایند تولید دارد. هدایت الکتریکی این مواد در فرایند تولید قطعات خودرو بسیار مهم است، در این روش از نانو ذرات استفاده شد و نتایج به دست آمده مطلوب بود. شکل هندسی فلوک و طول الیاف فلوک با دستگاه فلوک این اسپیک بررسی شد و اندازه‌ی ذرات فلوک باید در حالت بهینه بین $0.4 - 0.7$ میلی متر باشد. نتایج نشان داد پس از اصلاح با مواد نانو چندساز به ساختار فلوک آسیب نرسیده است و اندازه آن‌ها بین 0.5 و 0.4 و است. پس از اصلاح الیاف فلوک، ذرات نانو چندساز به صورت یک نواخت بر روی الیاف فلوک بخش شده‌اند و هیچ آسیبی به ساختار اولیه نمونه نروده است. ساختار و شکل ظاهری فلوک پیش و پس از اصلاح با نانوجندسازها تغییری نکرده است. قطر خارجی نانولوله‌های کربنی بر اثر عامل دار شدن کاهش می‌یابد که می تواند به علت زدوده شدن کربن بی شکل از نانولوله‌های کربنی بر اثر اکسایش باشد.

واژه‌های کلیدی: نانو چندساز، نانولوله‌ی کربنی، ساختار پودر فلوک.

Eshaghi@pnu.ac.ir: ایمیل نویسنده مسئول

۱-مقدمه

نانولوله‌های کربنی به دلیل پیوند شیمیایی که کامل از نوع C-C و SP2 تشکیل شده است قوی‌ترین و سفت‌ترین مواد روی کره‌ی زمین هستند. این ساختار پیوندی نسبت به پیوندهای SP3 که در الماس وجود دارد نسبتاً بالاتر است و این ساختار پیوند دهنده، خواص مکانیکی بسیار بالایی دارند. چندسازهای بسیاری، چندسازهایی هستند که از مواد افزودنی و ماتریس-های بسیاری تشکیل شده‌اند که از ترکیب ترمو پلاستیک، ترموست و الاستومرها ساخته شده‌اند. این مواد نسبتاً ارزان هستند که می‌توانند برای کاربردهای مختلف مهندسی مورد استفاده قرار گیرند. چندسازهای بسیاری معمولاً از چند ماده تشکیل شده‌اند که دارای خواص منحصر به فردی هستند که وقتی ماده به تنهایی باشد حاصل نمی‌شود [۱].

چندسازهای بسیاری دارای خصوصیات منحصر به فرد هستند مانند هزینه‌ی کم، وزن پایین و مقاومت به خوردگی، سهولت پردازش و شکل دهی با این حال بزرگ‌ترین اشکال بسیار خواص مکانیکی چندساز است. از این رو بهینه سازی خواص مکانیکی همیشه مطلوب‌ترین هدف پژوهش‌ها بوده است. به طور سنتی از الیاف آلی معطر مانند آرامید، الیاف معدنی مانند شیشه و الیاف کربن به عنوان پرکننده استفاده می‌شود. از آن‌جا که در نانو چندسازها در مقایسه با چندسازهای بسیاری معمولی که از ذرات در مقیاس میکرو نظیر کربن سیاه^۱ استفاده می‌شود دارای خواص پیشرفته هستند. یکی دیگر از دلایل توسعه‌ی نانوچندسازهای بسیاری این است که وقتی ماده ای با خواص چند منظوره ی مکانیکی، الکتریکی، حرارتی و... [۲] مورد نیاز

* CB

سرعت ۱ تا ۹ متر بر ثانیه را تحت شرایط مطلوب داشته باشند [۱۶]. بر اساس مطالب ذکر شده هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر نانو چندسازه های بر پایه نانو لوله ی کربنی بر روی ساختار پودر فلوک (پلی استر) است.

- نقش ماده فعال در سطح در پراکندگی نانولوله های کربنی
ویژگی ساختاری متمایز یک ماده فعال در سطح از دوگانگی آن سرچشمه می گیرد شامل ناحیه آب دوست یا سر قطبی و ناحیه آب گریز که معمولا از یک یا چند زنجیره هیدروکربن تشکیل شده است. ماده فعال در سطح ها به سه گروه تقسیم می شوند: کاتیونی - آنیونی و غیر یونی (آن ایزوترونوار). جذب ماده فعال در سطح به سطح معدنی و آلی معمولا به خصوصیات شیمیایی ذرات مولکول های ماده فعال در سطح و حلال بستگی دارد [۱۷، ۱۸].

پراکندگی خوب نانو لوله های کربنی در ماتریس های مختلف مهم ترین نکته در ساخت نانو چندسازه ها است [۱۹، ۲۰] به نظر می رسد مکانیسم جذب ماده فعال در سطح های یونی در تعامل الکترواستاتیک با سطح نانو لوله های کربنی ترویج می شوند و به شدت با فرایند تصفیه و عملکرد دیواره کنترل می گردند که به نوبه خود بار سطح را کنترل می کنند [۲۲]. حلقه بنزن در ماده فعال در سطح یکی از دلایل اصلی کارایی پراکندگی است [۲۳].

نتایج بیانگر این بود که استفاده از ماده فعال در سطح، مانع کلوخه ای شدن نانوذرات و در نتیجه پخش شدن مناسب تر آن ها شده است.

طبق مکانیسم پیشنهادی، یک ماده فعال در سطح مجبور است وارد فضای کوچک بین نانولوله های ایزوله شود و از تجمع آن ها جلوگیری کند، ماده فعال در سطح هایی با گروه های آبگریز بسیار حجیم نمی توانند به داخل لایه های نانو لوله نفوذ کنند. در چندسازه های اپوکسی پراکندگی آن ها در استون با افزودن ماده فعال در سطح غیر یونی افزایش می یابد و این روش یک نانوحندسازه با خواص ترمودینامیکی بهبود یافته ایجاد می کند در مقابل افزودن نانولوله های کربنی بدون ماده فعال در سطح فقط تاثیر مثبتی بر دمای انتقال شیشه ای بسپار و مدول الاستیک دارد [۲۴].

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه ی فلوک اصلاح شده در غیاب CTAB

ابتدا، ۲ گرم از نانولوله های کربنی خام در ۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (مرک) مخلوط شد و به مدت ۶ ساعت در داخل دستگاه فراصوت قرار داده شد، پس از این که مخلوط از دستگاه بیرون آورده شد، داخل دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. سپس، محلول رویی دور ریخته شد و این فرآیند ۱۰ مرتبه تکرار شد تا محلول در آب خنثی شد. pH محلول اندازه گرفته شد. پس از ۱۰ مرتبه سانتریفیوژ pH محلول ۶/۸ شد. نانو لوله های اکسید شده ی حاصل را داخل شیشه

است، کربن مبتنی بر مواد بسپاری نانو معمولا مورد حمایت قرار می گیرد.

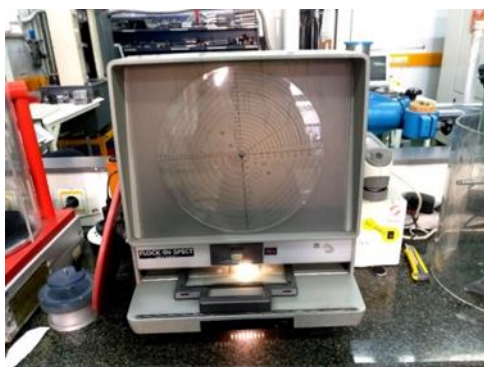
شوکان^۲ و همکارانش، تاثیر محتوای نانو لوله های کربنی را بر استحکام کششی و مدول کششی سیستم چندسازه/نانو لوله های کربنی مورد بررسی قرار دادند. آن ها دریافتند که در ابتدا با افزایش نانو لوله های کربنی مقاومت کششی و مدول افزایش پیدا می کند [۳]. ویل ونگ^۳ و همکارانش دریافتند که افزایش کسری وزن نانولوله ی کربنی چند دیواره ی فزاینده از مقدار بحرانی، اثر سوء بر فشار کرنشی و استحکام کششی و مدول الاستیک چندسازه های نانولوله های چند جداره^۴ پلی استایرن دارد و بدیهی است که بارگذاری بهینه ی نانو لوله های کربنی در ماتریس بسپار، یک پارامتر اصلی جهت مهار خواص مکانیکی در ساختار چندسازه ها است [۴، ۵].

نانولوله های کربنی که روی مایع های کربنی رشد می کنند و سپس در یک ماتریس بسپاری تعبیه می شوند مشکلات مربوط به پراکندگی کمتری نسبت به نانو لوله های کربنی بسپاری نشان می دهند. با این حال تاثیر پارامترهای پردازش آن ها بر روی خصوصیات ترمودینامیکی و سطحی این چندسازه ها به طور کامل ارزیابی نشده است. لازم به ذکر است کیفیت نانو لوله های کربنی تولید شده به فاکتورهای زیادی مانند زمان رشد [۶، ۷، کاتالیست و دمای رشد و..... بستگی دارد [۸].

پراکندگی خوب نان لوله های کربنی در ماتریس های مختلف مهم ترین نکته در ساخت نانو چندسازه ها است [۹]. با استفاده از انتخاب مناسب ترین مراحل در رابطه با سازگاری برای اجزای نانو چندسازه یعنی نانو لوله ی کربنی و رزین پلی استر اشباع نشده از نظر فن آوری موثر است [۱۰]. مرحله ی اولیه ی سازگاری به معنی کاهش تعاملات و پیوندهای نانو لوله است. مرحله ی دوم سازگاری، توزیع یک نواخت ذرات است. در این مرحله پلی استر غیر اشباع اصلاح قابل توجه ای را نشان می دهد [۱۱]. با توجه به پژوهش های اخیر، پراکندگی مناسب نانو لوله های کربنی با استفاده از روش های مختلف شامل اصلاح سطح برش کنترل شده از نانولوله ی کربن در نظر گرفته شده است [۱۲، ۱۳].

از سوی دیگر، روش های فلوکینگ برای نخستین بار برای اهداف دکوراسیون در چین مورد استفاده قرار گرفت. در آن زمان ذرات ریز مخمل از جنس الیاف پشم یا ابریشم روی سطح هدف پوشیده شده از رزین پخش می کردند [۱۴]. فرایند جدید فلوکینگ الکترواستاتیک وقتی آغاز شد که کینگ^۵ در سال ۱۹۴۵ اقدام به ساخت پرده با منسوجات ساخته شده از فلوک نمود [۱۵]. هو^۶ در سال ۲۰۰۰ حرکت فلوکینگ در منطقه ی فلوکینگ را اندازه گیری کرد. توزیع سرعت الیاف فلوک در حال حرکت در این مطالعه نشان می دهد که الیاف فلوک می توانند حداکثر

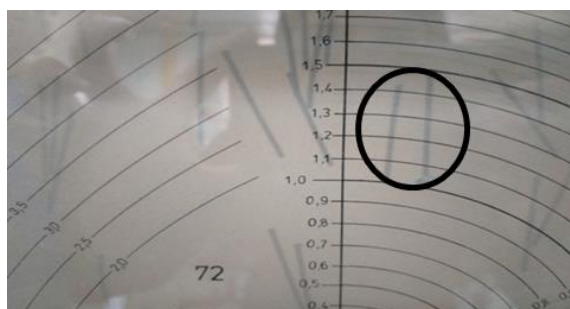
² Shu-quan
³ While Wong
⁴ MWCNT
⁵ king
⁶ HOU



شکل ۱. نمایی از دستگاه تشخیص ساختار فلوک

شکل هندسی فلوک و طول الیاف فلوک با دستگاه فلوک این اسپیک^۷ بررسی می‌شود و اندازه‌ی ذرات فلوک باید در حالت بهینه بین ۰/۴-۰/۷ میلی‌متر باشد. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است پس از اصلاح با مواد نانو چندسازه به ساختار فلوک آسیب نرسیده است و اندازه آن‌ها بین ۰/۴ و ۰/۵ و..... که شکل میکروسکوپی آن نیز در ادامه آورده شده است.

۳-۲- اندازه ذرات



شکل ۲. ساختار میکروسکوپی ذرات فلوک

الیاف فلوک که دارای بار الکتریکی می‌باشند باید هدایت بین ۹۰ تا ۱۱۰ اهم بر سانتی‌متر مربع را به محض این که الکتروود را به صورت مستقیم و بدون اعمال فشار بر روی فلوک قرار داده شود نشان دهند.

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، پس از گذاشتن الکتروود، دستگاه عدد ۱۱۰ اهم بر سانتی‌متر مربع را نشان داده است و این نشان دهنده‌ی این است که الیاف دارای بار الکتریکی کافی است.

اما در خصوص نمونه‌ی فلوک خام همان‌طور که در شکل (۳-۷) نشان داده شده است، پس از گذاشتن الکتروود دستگاه عدد ۴۰ اهم بر سانتی‌متر مربع را نشان داده است، بدون هیچ تغییری و این نشان می‌دهد که نمونه‌ی فلوک فاقد بار الکتریکی است.

ساعت ریخته و داخل آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا نمونه کامل خشک شود. از نانو لوله‌ی اکسید شده‌ی به دست آمده به اندازه‌ی ۰/۵ گرم به ۹۹/۵ گرم پودر فلوک (پلی استر) اضافه شد. جهت اطمینان از پراکندگی یک نواخت نانولوله‌ی اکسید شده به داخل الیاف پلی استر از محلول اتانول استفاده شد. به این صورت که پس از این که مخلوط آماده شد، مخلوط پودر پلی استر و نانو لوله‌ی اکسید شده را داخل بشر ریخته و به اندازه‌ی ۱۰۰ میلی‌لیتر به آن اتانول اضافه شد (البته از آب مقطر نیز می‌توان استفاده کرد ولی به دلیل این که اتانول زود تبخیر می‌شود در این آزمایش از حلال اتانول استفاده شد). بعد از اضافه کردن اتانول مخلوط خوب هم زده شد و داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت قرار داده شد. آزمون‌های مورد نظر بر روی پودر فلوک اصلاح شده با نانو لوله‌های کربنی انجام شد.

۲-۲- تهیه‌ی فلوک اصلاح شده در حضور CTAB

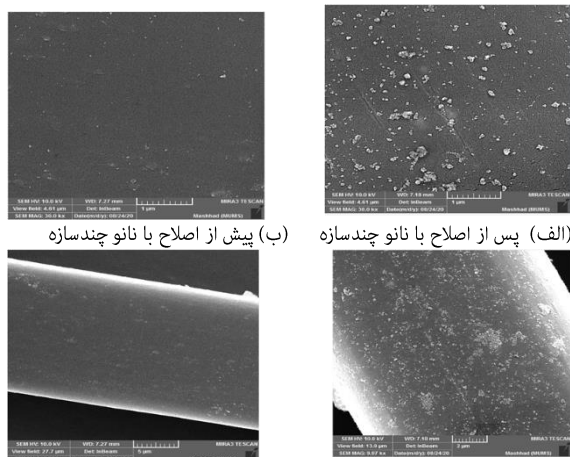
پس از تهیه‌ی نانولوله‌های اکسید شده و اصلاح فلوک بدون حضور CTAB آزمون‌های مربوط به پودر فلوک انجام شد و نتایج رضایت بخش نبود. بعد از بررسی‌های انجام شده به این نتیجه رسیدیم که CTAB در پراکندگی یک نواخت نانو چندسازه داخل الیاف پلی استر نقش به سزایی دارد. ابتدا ۲ گرم از نانولوله‌های کربنی خام را با ۱۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (مرک) داخل بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و خوب هم‌زده شد. مخلوط به دست آمده داخل دستگاه فراصوت به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. بعد از این که مواد از داخل دستگاه فراصوت خارج شد، داخل دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. این فرآیند ۱۱ مرتبه تکرار شد تا دیگر اسیدی در محلول موجود نباشد. pH محلول اندازه گرفته شد. بعد از ۱۱ مرتبه سانتریفیوژ، pH محلول ۷/۵ شد. نانو لوله‌ی اکسید شده‌ی به دست آمده داخل شیشه ساعت ریخته شد و داخل آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا نمونه کامل خشک شود. سپس به اندازه‌ی ۰/۵ گرم از نانو لوله‌ی اکسید شده را با ۳۰ میلی‌لیتر حلال تترا هیدروفران و ۴/۵ گرم CTAB مخلوط کرده و داخل دستگاه فراصوت به مدت ۱ ساعت قرار داده شد، سپس محلول به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت داخل آون خلاء با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

برای افزودن نانوذره به الیاف پلی استر از حلال اتانول استفاده شد. میزان نانو ذره‌ی افزوده شده طی ۴ مرحله انجام شد. در مرحله‌ی نخست، ۰/۵ گرم از نانولوله‌ی تهیه شده بدون CTAB به ۹۹/۵ گرم از الیاف پلی استر افزوده شد که پس از بررسی‌های انجام شده نتیجه‌ی آزمون‌ها رضایت بخش نبود.

۳- یافته‌ها

۳-۱- بررسی اندازه و ساختار فلوک پیش و پس از اصلاح

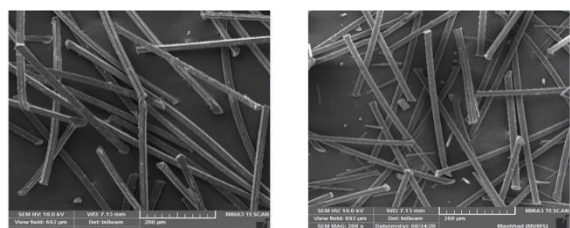
همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، پس از اصلاح الیاف، نانو ذرات به صورت کاملاً یک نواخت در سرتاسر سطح الیاف قرار گرفته است و پراکندگی نانوحندسازها به صورت کامل انجام شده است، در ادامه میزان پخش شونده ذرات در سرتاسر الیاف با بزرگنمایی‌های مختلف نشان داده شده است.



(الف) پس از اصلاح با نانو چندسازه (ب) پیش از اصلاح با نانو چندسازه

(ج) پس از اصلاح با نانو چندسازه (د) پیش از اصلاح با نانو چندسازه
شکل ۵. نمایی از سطح ذرات فلوک با بزرگ نمایی ۳۰٪ و ۵۰٪ توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی

۳-۴- بررسی شکل و ساختار الیاف فلوک پلی استر بعد از اصلاح با نانوحندسازه با میکروسکوپ الکترونی عبوری همان طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، ساختار و شکل ظاهری فلوک پیش و پس از اصلاح با نانو چندسازه‌ها تغییری نکرده است.



بعد از اصلاح با نانو چندسازه
شکل ۶. نمایی از شکل ساختاری الیاف فلوک قبل اصلاح و بعد از اصلاح با نانو چندسازه توسط میکروسکوپ الکترونی (TEM) عبوری

۳-۵- بررسی طیف FT-IR نانو لوله‌های کربنی عامل دار شده
طیف FT-IR نانو لوله‌های کربنی عامل دار شده در شکل (۶) نشان داده شده است. در این طیف نوار پهن در عدد موج 3442 cm^{-1} به ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل مربوط می‌شود. نوار موجود در عدد موج 1626 cm^{-1} می‌تواند مربوط به ارتعاش کششی گروه کربونیل (C=O) باشد. افزون بر این نوار-های موجود در 1124 cm^{-1} و 1024 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه C-O باشد. نوار موجود در 1384 cm^{-1} به تغییر شکل خمشی گروه O-H در اسیدهای کربوکسیلیک و گروه‌های فنولی مربوط است. نوار مربوط به خمش گروه C=C در

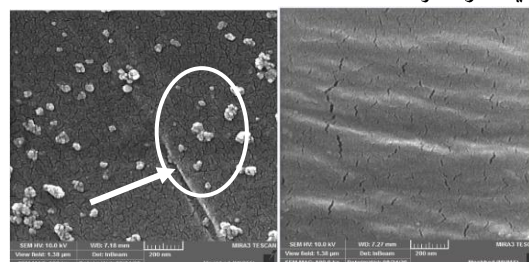


شکل ۳. الف) هدایت الکتریکی ذرات فلوک خام

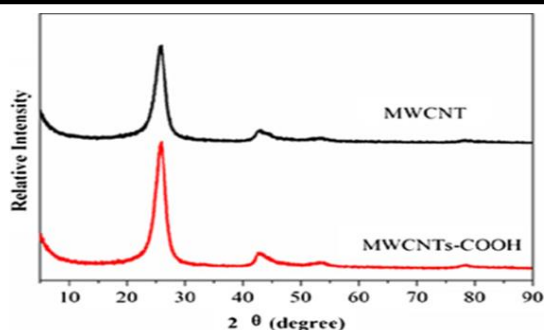


شکل ۳. ب) هدایت الکتریکی ذرات فلوک اصلاح شده

۳-۳- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های فلوک پیش از اصلاح و پس از اصلاح با نانو چندسازه
در ادامه، میزان پراکندگی ذرات نانو چندسازه بر روی الیاف فلوک در اندازه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در تصاویر SEM به دست آمده کاملاً مشهود است که پس از اصلاح الیاف فلوک، ذرات نانو چندسازه به صورت یک نواخت بر روی الیاف فلوک بخش شده‌اند و هیچ آسیبی به ساختار اولیه نمونه نزده است.

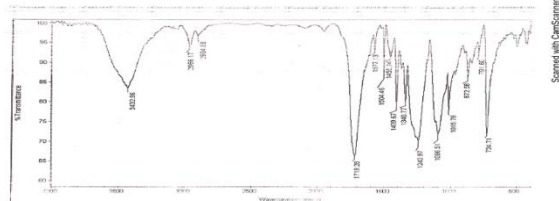


شکل ۴. (الف) نمایی از سطح ذرات فلوک با بزرگ نمایی ۱۰۰٪ بدون اصلاح با نانو چندسازه (ب) نمایی از سطح ذرات فلوک اصلاح شده با نانو چندسازه با بزرگ نمایی ۱۰۰٪ توسط میکروسکوپ الکترونی SEM پویشی



شکل ۹. نمایی از طیف پراش پرتو ایکس نانو لوله ی کربنی اکسید شده و خام

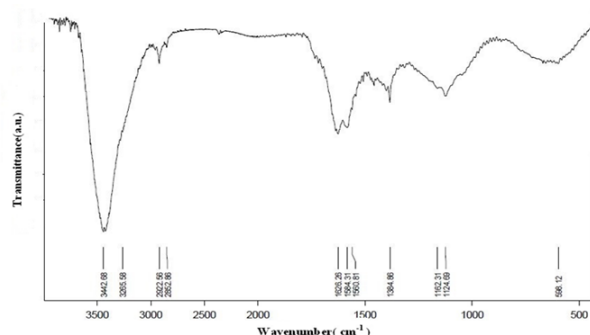
طیف FT-IR پودر فلوک (پلی استر) در شکل (۹) نشان داده شده است. در این طیف نوار پهن در عدد موج $3432/86 \text{ cm}^{-1}$ به ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل مربوط می شود. نوارهای موجود در $2966/17 \text{ cm}^{-1}$ و $2904/88 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاش کششی گروه C-H است. نوار موجود در عدد موج $1719/28 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش استری گروه کربونیل (C=O) باشد. نوار موجود در عدد موج $1243/97 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش C-O-C باشد. نوارهای موجود در اطراف اعداد موج $1015/78 \text{ cm}^{-1}$ می تواند ناشی از مدهای کششی گروه C=H باشد. نوار موجود در عدد موج $724/71 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش C-H آروماتیک است.



شکل ۱۰. نمایی از طیف FTIR پودر فلوک قبل از اصلاح

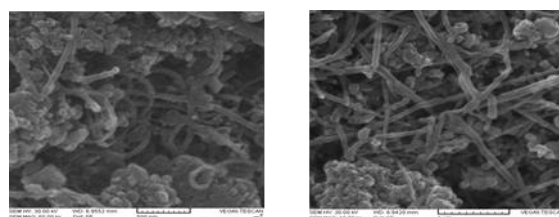
طیف FT-IR پودر فلوک (پلی استر) در شکل (۱۰) نشان داده شده است. در این طیف نوار پهن در عدد موج $3436/01 \text{ cm}^{-1}$ به ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل مربوط می شود. نوارهای موجود در $2966/17 \text{ cm}^{-1}$ و $2904/88 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاش کششی گروه C-H باشد. نوار موجود در عدد موج $1720/63 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش استری گروه کربونیل (C=O) باشد. نوار موجود در عدد موج $1249/29 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش C-O-C است. نوارهای موجود در اطراف اعداد موج $1015/82 \text{ cm}^{-1}$ می تواند ناشی از مدهای کششی گروه C=H باشد. نوار موجود در عدد موج $725/43 \text{ cm}^{-1}$ می تواند مربوط به ارتعاش C-H آروماتیک باشد.

نزدیکی 1584 cm^{-1} قرار دارد. نوارهای موجود در اطراف اعداد موج $3000-2800 \text{ cm}^{-1}$ می تواند ناشی از مدهای کششی گروه C-H باشد. به این ترتیب سطح نانولوله های کربنی با گروه های عاملی دارای اکسیژن پوشانده می شود.

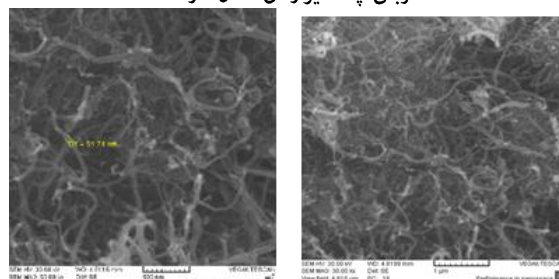


شکل ۷. نمایی از طیف FT-IR نانو لوله های کربنی عامل دار شده

۳-۶- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی از نانولوله ی کربنی چند دیواره ی عامل دار شده و خام
تصاویر SEM نانولوله های کربنی عامل دار شده را نشان می دهد. با مقایسه ی این تصاویر در شکل (۷ الف و ب) مشاهده می شود که قطر خارجی نانولوله های کربنی بر اثر عامل دار شدن کاهش می یابد که می تواند به علت زدوده شدن کربن آمورف (بی شکل) از نانولوله های کربنی بر اثر اکسایش باشد.



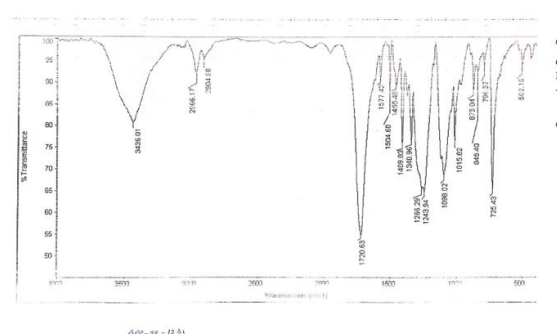
شکل ۸. الف) نمایی از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی از نانولوله کربنی چند دیواره ی عامل دار شده



شکل ۸. ب) نمایی از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی از نانولوله ی کربنی چند دیواره ی خام

همان طور که در شکل (۸) نشان داده شده است، وجود قله های پراش در 2θ مقادیر $25/6$ درجه و $26/1$ درجه با صفحه ی پراش مطابقت دارد و تأیید می کند که نانولوله های کربنی عامل دار شده اند و به خصوص گروه های کربوکسیل بر روی سطح نانولوله ها مستقر شده اند.

- [4] M. Wong, M. Paramsothy, X. Xu, Y. Ren, S. Li, K. Liao, *Polymer*, 44(25), 7757-64, 2003.
- [5] Y. Zhou, F. Pervin, L. Lewis, S. Jeelani, *Materials Science and Engineering, A* 475(1-2), 157-65, 2008.
- [6] D. Venegoni, P. Serp, R. Feurer, Y. Kihn, C. Vahlas, P. Kalck, *Carbon*, 40(10), 1799-807, 2002.
- [7] C.T. Kwok, B.J. Reizman, D.E. Agnew, G.S. Sandhu, J. Weistroffer, M.S. Strano, et al., *Carbon*, 48(4), 1279-88, (2010).
- [8] C.J. Lee, J. Park, A.Y. Jeong, *Chemical Physics Letters*, 360(3-4), 250-5, (2002).
- [9] M. E. Mackay, A. Tuteja, P.M. Duxbury, C.J. Hawker, B. Van Horn, Z. Guan, et al., *Science*, 311(5768), 1740-1743, (2006).
- [10] T. Uchida, S. Kumar, *Journal of Applied Polymer Science*, 98(3), 985-9, (2005).
- [11] T. Saito, K. Matsushige, K. Tanaka, *Physica B: Condensed Matter*, 323(1-4), 280-3, (2002).
- [12] R. Tenne, *Chemistry-A European Journal* 8(23), 5296-304, 2002.
- [13] B. Ni, S.B. Sinnott, *Physical Review B*, 61(24), R16343, (2000).
- [14] V. Quera, F.S. Beltran, R. Dolado, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(2), 8, 2010.
- [15] A. Cavagna, I. Giardina, T.S. Grigera, *Physics Reports*, 728, 1-62, 2018.
- [16] Y.J. Hou, Unpublished MS thesis from Textile Sciences Department, (2000).
- [17] S.T.R. Naqvi, T. Rasheed, D. Hussain, M. Najam-ul-Haq, S. Majeed, S. Shafi, N. Ahmed, R. Nawaz, *Modification strategies for improving the solubility/dispersion of carbon nanotubes*, *J. Mol. Liq.* 297 111919, (2020).
- [18] B. Abreu, J. Rocha, R.M.F. Fernandes, O. Regev, I. Furó, E.F. Marques, *Gemini surfactants as efficient dispersants of multiwalled carbon nanotubes: Interplay of molecular parameters on nanotube dispersibility and debundling*, *J. Colloid Interface Sci.* 547, 69-77, (2019).
- [19] B. Abreu, J. Montero, M. Buzaglo, O. Regev, E.F. Marques, *Comparative trends and molecular analysis on the surfactant-assisted dispersibility of 1D and 2D carbon materials: multiwalled*



شکل ۱۱. نمایی از طیف FTIR پودر فلوک بعد از اصلاح

۴- نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر نانو چندسازه های بر پایه نانولوله های کربنی بر ساختار پودر فلوک (پلی استر) است. بررسی ها نشان داد شکل هندسی فلوک و طول الیاف فلوک توسط دستگاه فلوک این اسپک بررسی شد و اندازه ی ذرات فلوک باید در حالت بهینه بین ۰/۴-۰/۷ میلی متر باشد. نتایج نشان داد پس از اصلاح با مواد نانوحندسازه به ساختار فلوک آسیب نرسیده است و اندازه آن ها بین ۰/۵ و ۰/۴ میلی متر است. از اصلاح الیاف فلوک، ذرات نانوحندسازه به صورت یک نواخت بر الیاف فلوک پخش شده اند و هیچ آسیبی به ساختار اولیه نمونه نرذده است. ساختار و شکل ظاهری فلوک قبل و پس از اصلاح با نانو چندسازه ها تغییری نکرده است. قطر خارجی نانولوله های کربنی بر اثر عامل دار شدن کاهش می یابد که می تواند به علت زدوده شدن کربن بی شکل از نانولوله های کربنی بر اثر اکسایش باشد [۲۱]. روش مذکور روش ساده و مقرون به صرفه ای است، که جهت فعال سازی الیاف فلوک پلی استر مورد استفاده قرار گرفته است. در روش صنعتی برای فعال سازی (افزایش هدایت الکتریکی) الیاف پلی استر از روش افزودن رطوبت نیز استفاده شده است که منجر به بهبود خاصیت هدایت الکتریکی شده است. ولی در سطح آزمایشگاهی از روش افزودن نانوحندسازه های عامل دار شده به الیاف پلی استر استفاده شده است.

۵- منابع

- [1] J. Zhang, D. Jiang, H.-X. Peng, F. Qin, *Enhanced mechanical and electrical properties of carbon nanotube buckypaper by in situ cross-linking*, *Carbon* 63, 125-132, (2013).
- [2] B. Kumanek, D. Janas, *Thermal conductivity of carbon nanotube networks: a review*, *J. Mater. Sci.* 54, 7397-7427, (2019).
- [3] S.Q. Liang, C.Y. Jia, Y. Tang, Y. Zhang, J. Zhong, A.Q. Pan, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 17(s1B), s675-s9, (2007).

- nanotubes vs graphene nanoplatelets, *J. Mol. Liq.* 333, 116002, (2021).
- [20] B. Abreu, J. Rocha, R.M.F. Fernandes, O. Regev, I. Furó, E.F. Marques, Gemini surfactants as efficient dispersants of multiwalled carbon nanotubes: Interplay of molecular parameters on nanotube dispersibility and debundling, *J. Colloid Interface Sci.* 547, 69–77, (2019).
- [21] M. Shokrieh, A. Saeedi, M. Chitsazzadeh, Mechanical properties of multi-walled Carbon nanotube/polyester nanocomposites. *J.Nanostruct Chem.* 3, 1–5, (2013).
- [22] T. Chatterjee, K. Yurekli, V.G. Hadjiev, R. Krishnamoorti, Single-walled carbon nanotube dispersions in poly (ethylene oxide). *Adv. Funct. Mater.* 15(11), 1832-8, (2005).
- [23] M. Islam, E. Rojas, D. Bergey, A. Johnson, A. Yodh, High weight fraction surfactant solubilization of single-wall carbon nanotubes in water. *Nano letters.* 3(2), 269-73, (2003).
- [24] M.S. Strano, V.C. Moore, M.K. Miller, M.J. Allen, E.H. Haroz, C. Kittrell, et al., The role of surfactant adsorption during ultrasonication in the dispersion of single-walled carbon nanotubes. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 3(1-2), 81-6, (2003).

Investigation of the effect of nanocomposites based on carbon nanotubes on the structure of flock powder (polyester)

Fatemeh.Ghazanfari¹, Zarrin Eshaghi²

¹ Master of Decomposition Chemistry, Payame Noor University of Mashhad, Iran.

² Professor, Department of Analytical Chemistry, Payame Noor University of Mashhad, Iran

Abstract: The aim of this study was to investigate the effect of carbon nanocomposites based on carbon nanotubes on the structure of flock powder (polyester). Modified flock was prepared in the presence and absence of CTAB. Investigations showed that the geometric shape of the flock and the length of the flock fibers were investigated by the flock device of this spec, and the particle size of the flock should be optimally between 0.4-0.7 mm. The results showed that after modification with nanocomposite materials, the flock structure was not damaged and their size is between 0.5, 0.4 and..... After modifying the flock fibers, the nanocomposite particles were evenly distributed on the flock fibers and did not cause any damage to the original structure of the sample. The structure and appearance of the flock did not change before and after modification with nanocomposites. The outer diameter of carbon nanotubes decreases due to functionalization, which can be due to the removal of amorphous (amorphous) carbon from carbon nanotubes due to oxidation.

Keywords: Nanocomposite, Carbon nanotube, flock powder structure