



## بررسی ریزساختار نانو الیاف نانوکامپوزیت پلی وینیل الکل - نانورس

مژگان الهامی<sup>1</sup>، سیما حبیبی<sup>2\*</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی نساجی/علوم الیاف، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، گروه نساجی، تهران

2- استادیار، مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، گروه نساجی، تهران

\* صندوق پستی 3319118651، sima.habibi@gmail.com

### اطلاعات مقاله

دریافت: 96/8/29

پذیرش: 96/11/7

### کلیدواژگان:

نانو الیاف

الکتروپسپین

پلی وینیل الکل

نانورس

نانوکامپوزیت

### چکیده

باتوجه به جایگاه فناوری نانو به ویژه محصولات همچون نانوالیاف و نانوکامپوزیتها و با در نظر گرفتن کاربردهای گسترده پلیمر پلی وینیل الکل و نانوذره نانورس، نانو الیاف نانوکامپوزیتی با درصدهای وزنی مختلف از نانو رس اصلاح شده در شرایط یکسان الکتروپسپین شد. رسیدن به نانوالیافی با ساختاری بدون بید و توزیع قطر تقریباً یکنواخت، می تواند کارایی بسیاری برای نانوالیاف تولیدی به همراه داشته باشد که هدف اصلی این تحقیق محسوب می گردید. به منظور مشاهده ریز ساختار نانوالیاف پلی وینیل الکل/ نانو رس و هم چنین به منظور بررسی امتزاج پذیری و تغییرات حاصله در پلیمر اولیه از دستگاه میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی اشعه مادون قرمز (FTIR/ATR) استفاده شده است. همچنین دستگاه آنالیز توزین حرارتی (TGA) برای مطالعه نحوه رفتار نانوالیاف در مقابل حرارت به کار گرفته شد. همچنین مورفولوژی و نحوه پراکندگی نانو ذرات نانورس در بستر پلیمری پلی وینیل الکل با استفاده از آزمون طیف سنجی پرتوی اشعه ایکس (XRD) بررسی شده است. نتایج حاکی از شکل گیری نانوالیاف نانوکامپوزیتی با متوسط قطر حدود 300 نانومتر است که صفحات رس به صورت کامل در بستر پلی وینیل الکل باز شده اند.

## A Study on morphology of poly (vinyl alcohol)-organoclay nanocomposite nanofibers

Mozhgan Elhami, Sima Habibi\*

Azad Islamic University Yadegar-e-Imam Khomeini (Rah) shahr-e-Rey branch, Textile department, Tehran, Iran.

\* P.O.B. 3319118651 Tehran, Iran, sima.habibi@gmail.com

### Keywords

Nano fiber  
Electrospinning  
Polyvinyl alcohol  
Organo- Clay  
Nanocomposite

### Abstract

Considering the importance of nanotechnology, especially nanofibers and nanocomposites ; as its most eligible products and the vast applications of polyvinyl alcohol (PVA) and nanoclay ( modified organo-clay), the main objective of this work was study on effect of polymer blends (PVA as matrix) and nano-filler ( organo-clay as disperse phase) concentrations and electrospinning parameters , on morphology of resulted nanocomposite nanofibers. It is noteworthy that bead less nanofibers with even diameter distributions can make the final products application more valuable. In order to investigate the microstructure and morphology and the miscibility and chemical bonding of polyvinyl alcohol / organo-clay nanocomposite nanofibers, the scanning electron microscope (SEM), and the Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) were used, respectively. Also, the thermal gravimetric analysis (TGA) was employed to investigate thermal behavior of nanocomposite nanofiber samples. The X-Ray Diffraction (XRD) data demonstrated the exfoliation of organo-clay layers in poly vinylalcohol matrix and nanofibers nanocomposite were electrospun with diameter about 300 nm.

### 1-مقدمه

[2-1] نانوالیاف تولید شده به روش الکتروپسپین به موجب برخورداری از ویژگی‌های منحصر به فردی همچون نسبت سطح به حجم بالا، تخلخل زیاد و منافذ بسیار ریز شدیداً مورد توجه هستند. از میان روشهای تولید نانوالیاف، الکتروپسپین روشی ساده و ارزان برای تولید نانوالیاف از محلول پلیمری است. در این روش نانوالیاف با نیروی محرکه الکتروستاتیکی تولید می شوند. ابعاد و ریزساختار الیاف تولید شده در الکتروپسپین با متغیرهای مختلفی کنترل شدنی است. از جمله این متغیرها، گرانیروی محلول، ولتاژ، سرعت تغذیه و رسانایی محلول هستند. روش الکتروپسپین بسیار تطبیق پذیر بوده و بسیاری از مواد پلیمری با محدوده گسترده ای از قطر الیاف، با این روش تولید می شوند [3].

طی فرآیند الکتروپسپین، ولتاژ بالایی در محدوده کیلوولت به یک سیال پلیمری اعمال شده و بارهای الکتریکی، درون سیال القا می‌شوند. هنگامی که

فناوری نانو در عصر حاضر به عنوان رویکردی نوین در تمامی رشته های علمی، منشا دستیابی به پیشرفت و تحولات شگرفی شده است. این فناوری در عرصه تولید الیاف نیز همانند بسیاری از صنایع دیگر نمود یافته و امروزه شاهد تولید ساختارهای جدید تحت عنوان «ساختارهای نانولیفی» و «الیاف نانوکامپوزیتی» می باشیم. با توجه به ویژگی های بی همتای مواد و پلیمرها در سطح نانو، نانو الیاف و نانو مواد در زمینه های مختلفی از جمله: پزشکی، آرایشی، صنایع غذایی، صنایع بسته بندی، پوشاک، خودروسازی و... گستره کاربردی وسیعی یافته اند. نسبت سطح به حجم بسیار زیاد، قابلیت عامل دار کردن سطوح و خواص مکانیکی عالی از قبیل استحکام کششی و خواص محافظتی از خواص مورد توجه نانوالیاف در مقایسه با الیاف معمولی است.

### Please cite this article using:

Elhami, M. and Habibi, S., "A Study on morphology of Poly (vinyl alcohol)-organoclay nanocomposite nanofibers", In Persian, Journal of Science and Technology of Composites, Vol. 5, No. 3, pp. 325-330, 2018.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده نمایید:

رس به صورت ذاتی سرعت سوختن را کاهش داده و به واسطه تشکیل ذغال در حین سوختن، اشتعال پذیری این دسته از الیاف را نیز کاهش می دهد [4-9]. با در نظر گرفتن موارد اشاره شده، هدف از این تحقیق الکترورسی نانو الیاف نانو کامپوزیت پلی وینیل الکل به همراه نانورس اصلاح شده و بررسی مورفولوژی نانو الیاف حاصله می باشد. بدین منظور پلی وینیل الکل با درصدهای مختلف نانورس الکترورسی شد و مورفولوژی نانو الیاف حاصله با استفاده از آزمونهای XRD، SEM و FTIR و خواص حرارتی آن با استفاده از TGA بررسی شد. شکل 1 نحوه توزیع و پراکندگی صفحات رس در فرایند اختلاط را نشان می دهد.

## 2-تجربی

### 1-1-مواد مصرفی

پلی وینیل الکل (PVA) با وزن مولکولی 85000-124000 گرم بر مول و درجه هیدرولیز 87-89 درصد از شرکت MSDS (آلمان) خریداری شده و مورد استفاده قرار گرفت. رس اصلاح شده با DK2 (مونت موریلونیت) خریداری شده از آمریکا شرکت Nanolin تهیه گردیده شد.

### 2-2-دستگاهها

برای تهیه نانو الیاف از دستگاه الکترورسی ساخت شرکت ژاپنی KATO TECH LTD استفاده گردید. به منظور بررسی سطح و قطر نانو الیاف و بررسی درجه توزیع الیاف از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM مدل AIS 2100 ساخت شرکت Seron Technology استفاده شده است. به منظور شناسایی ساختمان و گروه های عاملی مواد و الیاف از دستگاه اسپکتروسکوپی اشعه مادون قرمز FTIR/ATR مدل Spectrum ساخت شرکت Perkin Elmer استفاده شد. همچنین برای شناسایی ریز ساختارهای نانو رس ها از آزمون پراش اشع ایکس (XRD) استفاده شد. نمونه ها در زاویه  $2\theta=2-10$  درجه مورد آزمایش قرار گرفت و جنس آند دستگاه مس  $\lambda=1.54$  آنگسترم بوده است. دستگاه مورد استفاده ساخت شرکت Philips مدل PW1800 استفاده شد.

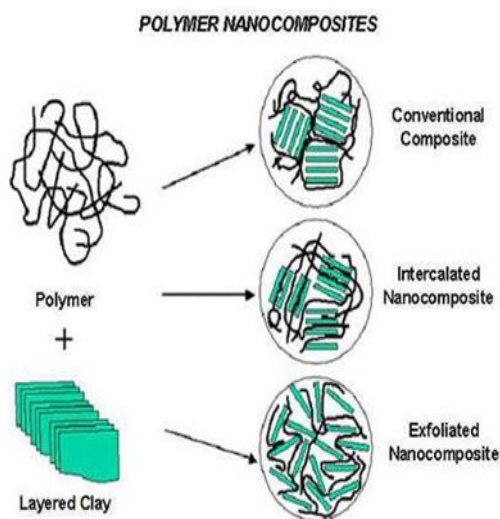


Fig.1 Schematic image of the distribution and distribution of clay in the mixing process[10]

شکل 1 تصویر شماتیک نحوه توزیع و پراکندگی رس در فرآیند اختلاط [10]

میزان بارهای الکتریکی درون سیال به یک حد بحرانی برسد، جتی از سیال به شکل مخروط تیلور از قطره کوچکی که در نوک سوزن قرار گرفته، خارج می شود. جت مذکور به سمت ناحیه دارای پتانسیل الکتریکی کمتر (جمع کننده ثابت یا دوار متصل به زمین) حرکت خواهد کرد. ریزساختار الیاف الکترورسی شده تحت تاثیر پارامترهای متعددی قرار دارد، چنان که توسط این فرآیند امکان تولید طیف گسترده ای از الیاف (از الیاف دارای ساختار مهره ای گرفته تا الیاف دارای سطح متخلخل) وجود دارد. به طور کلی اجزای سیستم الکترورسی عبارتند از یک لوله موئین یا سرنگ جهت نگه داشتن ماده پلیمری، دو الکتروود و یک منبع جریان مستقیم که ولتاژی در محدوده کیلوولت را فراهم می کند. پارامترهای متعددی بر خواص پلیمر و محلول آن از جمله وزن مولکولی، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی، کشش سطحی و همچنین شرایط الکترورسی مانند ولتاژ الکتریکی اعمال شده، فاصله نوک سوزن تا جمع کننده، نرخ تغذیه و غیره تاثیرگذار هستند [4-5].

در چند دهه ای اخیر کامپوزیت های پایه پلیمری به دلیل داشتن خواص فوق العاده از محبوبیت فراوانی برخوردار بوده اند. نانو الیاف نانو کامپوزیتی، گونه جدیدی از مواد نانو کامپوزیتی پلیمری است که در آن شاهد پراکندگی نانوذرات در یک بستر پلیمری هستیم. از یک سو مکانیزم بهبود خواص در کامپوزیت های متداول از قوانین اختلاط پیروی می کند و از سوی دیگر بهبود خواص در نانو کامپوزیت ها، مرهون هم افزایی خواص بهینه نانو ذره و بستر پلیمری است. با کاهش اندازه فیلر، میزان تاثیر و برهم کنش میان فیلر و بستر پلیمری به طرز شگفت انگیزی افزایش می یابد و بر همین اساس، خواص نانو کامپوزیت ها به مراتب بهتر از کامپوزیت های رایج خواهد بود [4-6]. پلی وینیل الکل را می توان یک کوپلیمر که از منومرهای وینیل استات و وینیل الکل تشکیل شده است، در نظر گرفت. گونه های پلی وینیل الکل بستگی به درجه پلیمریزاسیون و درصد هیدرولیز آنها دارد. برخی خواص پلی وینیل الکل نظیر مقاومت در برابر آب، مقاومت در برابر پارگی و در برابر حلال با افزایش درجه هیدرولیز افزایش می یابد، اما انعطاف پذیری، خواص چسبندگی و توانایی تفرق کاهش می یابد. بالا رفتن وزن مولکولی (یا درجه پلیمریزاسیون) منجر به افزایش ویسکوزیته محلول، قدرت کشش، توانایی تفرق، انعطاف پذیری و مقاومت در برابر پارگی می شود. درصد هیدرولیز به راحتی می تواند در حلال واکنش هیدرولیز کنترل شود. درجه پلیمریزاسیون پلی وینیل الکل به میزان زیادی به شرایط پلیمریزاسیون پلی وینیل استات بستگی دارد [7]. پلی وینیل الکل فقط در حلال های بسیار قطبی مانند آب، دی متیل سولفوکساید، استامید، گلیکول و دی متیل فرمامید حل می شود [8].

سیلیکات های لایه ای دیسپرس شده یا همان «نانورس» که غالباً بر پایه مونت موریلونیت هستند، به عنوان یک فاز تقویت کننده در ماتریس پلیمری، یکی از مهم ترین اشکال «نانو کامپوزیت های هیبرید آلی-غیر آلی» است. شکل 1 نحوه توزیع ذرات رس اصلاح شده در بستر پلیمری را نشان می دهد. حضور رس اصلاح شده در ماتریس پلیمری، سبب بهبود کارایی پلیمر در نقش لیف جهت کاربردهای مختلف نساجی می شود. رس دارای نقش موثری در بهبود خواص فیزیکی همچون مدول و استحکام، کاهش جمع شدگی حرارتی و رفتار الکترواستاتیک کنترل شده است. علاوه بر این، حضور رس آبدوست باعث بهبود قابلیت جذب رطوبت، رنگ پذیری، زیست تخریب پذیری و مقاومت شیمیایی می شود. الیاف نانو کامپوزیتی بر پایه رس در شرایط جوی، از مقاومت خوبی در برابر فرسایش برخوردار هستند که این امر ناشی از حضور صفحات رس به عنوان سدی در برابر تابش فرابنفش است.

جدول 1 مشخصات محلول و شرایط الکتروسی

Table 1 Solution specification and electrospinning parameters

شماره	نسبت مواد	نرخ تغذیه Mm/min	فاصله cm	ولتاژ KV	زمان min
S1	PVA8%	0/06	10	30	40
S2	PVA8%+Clay1%	0/06	10	30	40
S3	PVA8%+Clay3%	0/06	10	30	40
S4	PVA8%+Clay5%	0/06	10	30	40

## 3- نتایج و بحث

## 3-1- بررسی مورفولوژی نانو الیاف با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

شکل 3 تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه های نانوالیاف الکتروسی شده را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود متوسط قطر نانوالیاف در نمونه PVA خالص  $280 \pm 18.93 \text{ nm}$  و ساختار الیاف بدون بید و هموار می باشد. شکل 4 نمودار توزیع متوسط قطر نانوالیاف را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود، با افزایش میزان نانورس از 1٪ به 5٪ متوسط قطر الیاف افزایش می یابد. چنانچه قطر از نمونه به ترتیب برای نمونه های 1، 3 و 5٪ به ترتیب  $283 \pm 45.09 \text{ nm}$  و  $290 \pm 85.24 \text{ nm}$  و  $300 \pm 68.4 \text{ nm}$  می باشد. با اینگونه به نظر می رسد که ذرات رس با افزایش قطبیت محلول امکان کاهش قطر نانوالیاف را به همراه داشته باشند اما تشکیل شبکه ای در داخل نانوالیاف، همچون سدی ممانعتی، مانع خروج آب به عنوان حلال از ساختار نانوالیاف گشته و جت الیاف در فاصله میان نوک سوزن و صفحه جمع کننده زمان کافی جهت از دست دادن کامل حلال آب را نداشته، در نتیجه برخورد نانوالیاف به صورت خیس به صفحه جمع کننده، قطر الیاف افزایش یافته است حضور نانو رس باعث ایجاد شبکه در داخل پلیمر PVA می شود.

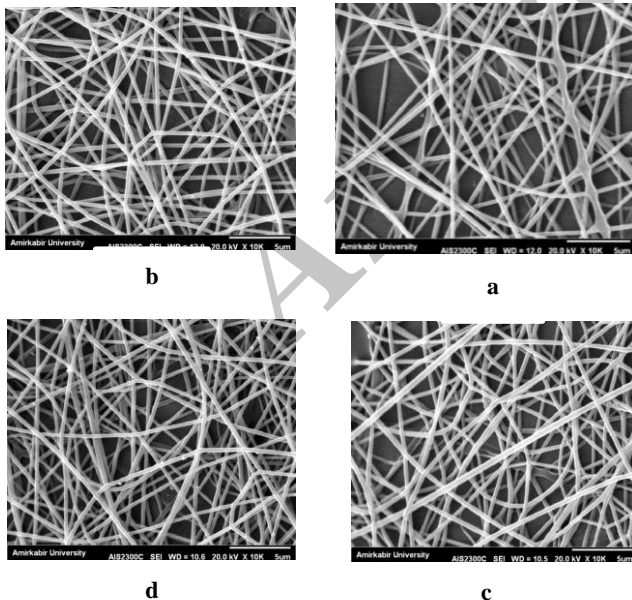


Fig.3 SEM image of Poly (vinyl alcohol)-nanoclay nanofibers composite (A) PVA 8% (B) PVA 8%/ Nano Clay 1% (C) PVA 8%/ Nano Clay 3% (D) PVA 8%/ Nano clay 5%

شکل 3 تصاویر SEM نانو الیاف نانو کامپوزیت پلی وینیل الکل - نانورس (a) پلی وینیل الکل 8٪ (b) پلی وینیل الکل 8٪ نانو رس 1٪ (c) پلی وینیل الکل 8٪ نانو رس 3٪ (d) پلی وینیل الکل 8٪ نانو رس 5٪

دستگاه آنالیز توزین حرارتی روشی برای بررسی و کشف نحوه ی رفتار یک ماده در مقابل حرارت می باشد. مدل دستگاه استفاده شده PYRIS Diamond ساخت شرکت Perkin Elmer می باشد.

## 3-2- روشها

عملیات تولید نانوالیاف مطابق شکل گرافیکی 2 با استفاده از دستگاه الکتروسی در شرایط مختلف انجام گرفت. این دستگاه قابلیت تولید ولتاژ 0-45 kV را دارا می باشد. سوزن استفاده شده 18 گیج و صفحه جمع کننده به صورت غلتک دوار است که جهت جمع آوری نمونه ها، سطح آن با فویل آلومینیوم پوشش داده شده است.

پودر پلی وینیل الکل را با غلظت 8٪ (W/V) در حلال آب مقطر حل کرده و جز دوم نانو رس اصلاح شده را با درصدهای وزنی مختلف (1 و 3 و 5) به محلول حاصل اضافه شد. عملیات الکتروسی در شرایط یکسان برای تمام نمونه ها انجام شد. مشخصات محلول و شرایط الکتروسی در جدول 1 آورده شده است.

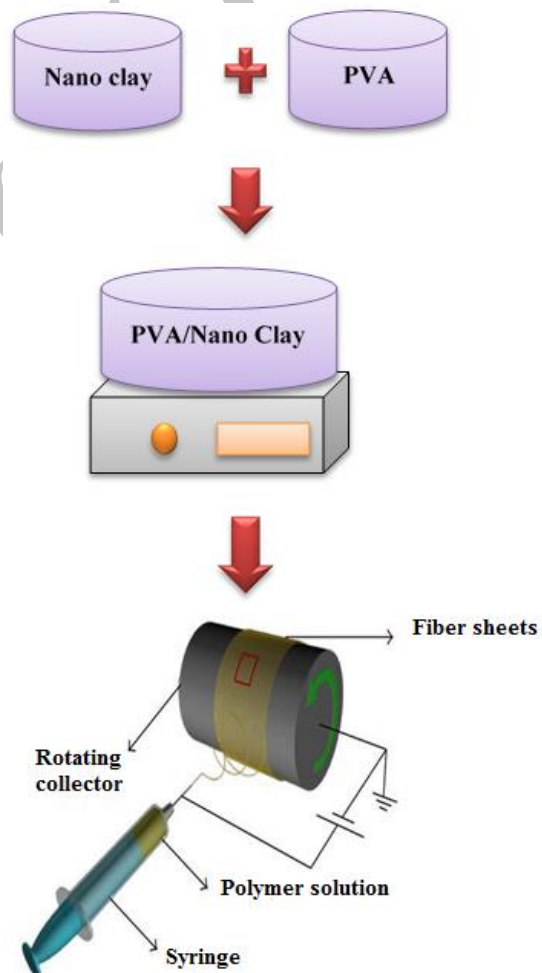


Fig.2 Graphical abstract of procedure

شکل 2 چکیده گرافیکی فرآیند آزمایش

3-3-آزمون تفرق اشعه ایکس (XRD)

شکل 6 طیف XRD نانورس اصلاح شده را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود نانورس اصلاح شده پیک مشخصه وسیعی در زاویه تفرق  $2\theta$  به مقدار 4.171 را نشان می دهد که طبق قانون براگ  $n\lambda = 2d \sin \theta$  بیان کننده فاصله بین لایه ای صفحات رس 2.167nm می باشد.

همان طور که در شکل 7 مشاهده می شود بعد از اضافه شدن نانو ذرات رس اصلاح شده به پلیمر در تمام نمودارها پیک شاخص صفحات نانورس از بین رفته است. با توجه به ماهیت آلی اصلاح کننده رس استفاده شده در این تحقیق در نمونه های نانوکامپوزیتی، در اثر نفوذ زنجیرهای پلیمری به داخل صفحات رس اصلاح شده و تحت تنش الکتروسیسی، صفحات نانورس کاملا از هم باز شده و ساختار لایه لایه (اکسفولیت) شکل گرفته است و در سه غلظت مختلف 1 و 3 و رفتار مشابه داشته اند.

لازم به ذکر است که افزایش قطر در نتیجه پارامترهای دیگری همچون افزایش ویسکوزیته در نتیجه حضور نانورس نیز می تواند باشد. در نمونه 5/ رس علاوه بر این تجمع نانوذرات می تواند بر افزایش قطر تاثیر مضاعف داشته باشد. هرچند که در نهایت ساختار نانو الیاف نانوکامپوزیتی یکتواخت و بدون معایب دانه تسییحی و بدون بید حاصل گردیده است.

2-3-نتایج آزمون طیف سنجی مادون قرمز FTIR

همان گونه که در تصویر 5 مربوط به طیف FTIR پلی وینیل الکل مشاهده می شود، نوار جذبی در ناحیه ی  $3399\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه های OH، نوار جذبی در ناحیه  $2939\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه های CH، نوار های جذبی مشاهده شده در ناحیه  $1735\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه کششی C=O، و نوار در ناحیه  $1432\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه های  $\text{CH}_3$  (حرکات خمشی) و  $1091\text{cm}^{-1}$  مربوط به الکل نوع دوم می باشد. در طیف های FTIR، PVA، خالص، نوار جذبی مربوط به ارتعاش کششی پیوند OH در محدوده  $3200-3500\text{cm}^{-1}$  (پیوند های قوی هیدروکسیل برای الکل آزاد) از نوارهای جذبی اصلی مشاهده شده در این طیف می باشد. و همان گونه که از طیف های جذبی مشاهده می شود عملیات الکتروسیسی تاثیرری روی گروه های عاملی ندارد و فقط شدت آنها تغییر کرده است.

همان طور که انتظار می رود حضور گروه های O-Si و H-O-AlFeOH در طیف FTIR وجود دارد. همان طور که مشاهده می شود، نوار جذبیدر ناحیه  $844\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه های کششی AlMgOH و  $1038.82\text{cm}^{-1}$  مربوط به Si-O می باشد. نوار جذبی مشاهده شده در  $3626.08\text{cm}^{-1}$  مربوط به گروه کششی O-H در Si-OH و Al-OH می باشد. حذف نوار جذبی در محدوده  $519\text{cm}^{-1}$  در نمونه نانورس و همپوشانی آن با نوار جذبی در محدوده  $606\text{cm}^{-1}$  دلیل بر همپوشانی گروههای عاملی در هر دو ماده است. به دلیل عدم ایجاد پیک جدید، هر دو ماده از طریق پیوند هیدروژنی با هم وارد واکنش شده اند.

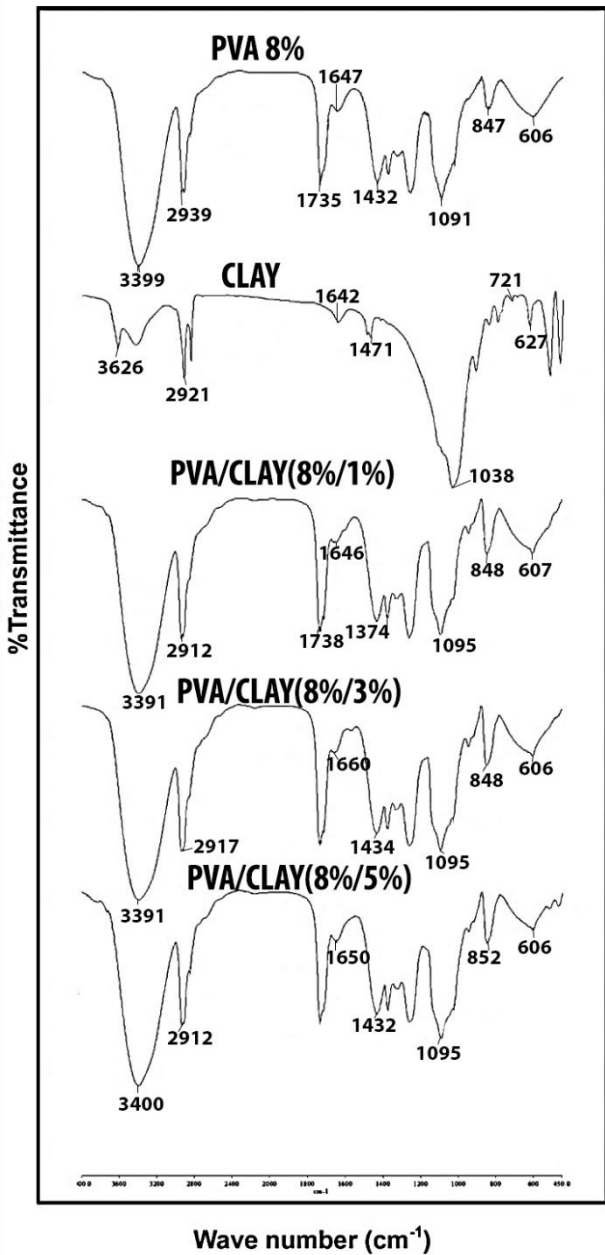


Fig5 comparison of fourier transform infrared spectrometer results  
شکل 5 مقایسه نتایج آزمون طیفسنجی مادون قرمز

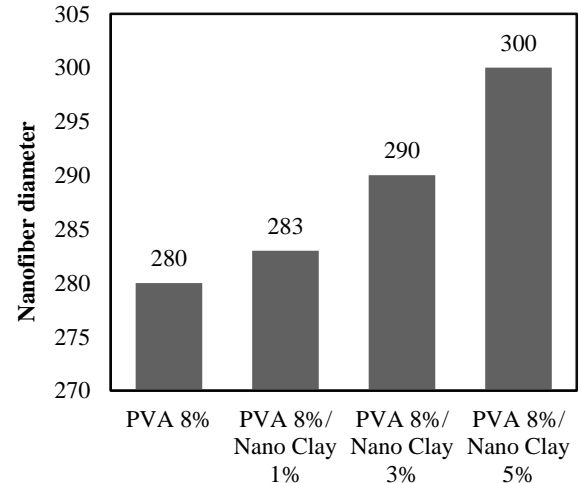


Fig.4 Diagram of diameter Changes with Nano Clay Concentration

شکل 4 نمودار مقایسه تغییرات قطر با غلظت نانو رس

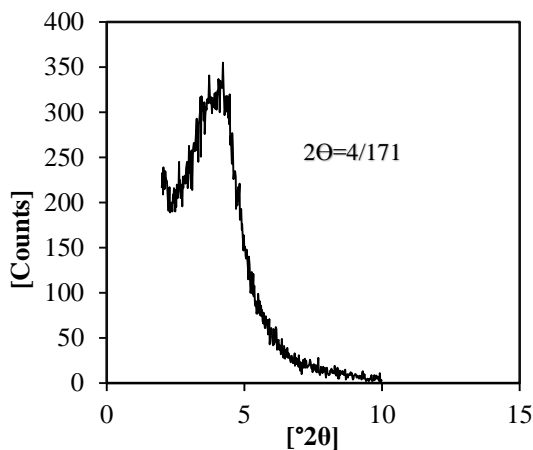


Fig. 6 XRD diagram of organo-clay

شکل 6 دیاگرام تفرق اشعه ایکس نانو رس

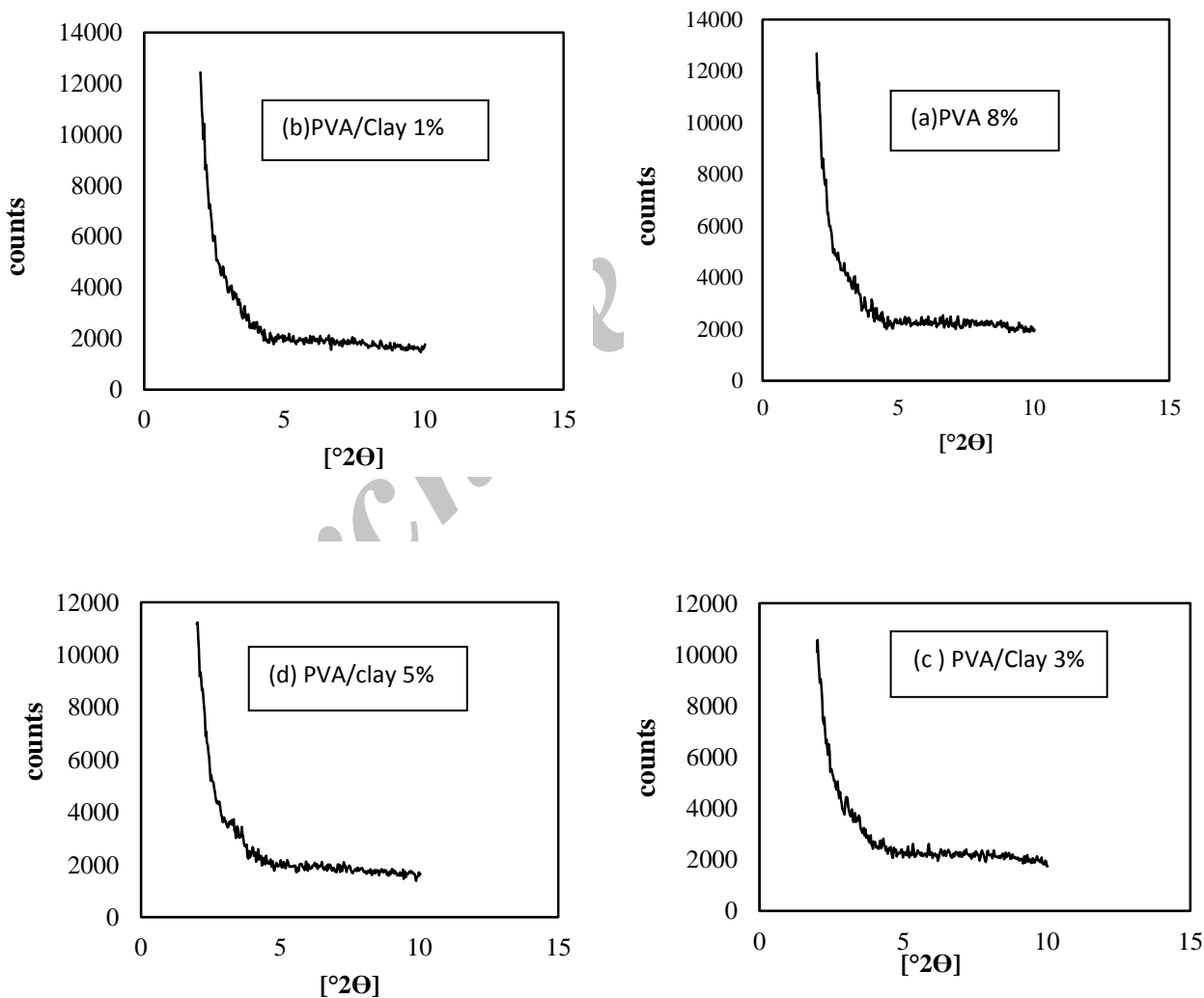


Fig. 7 XRD Diagram (a) PVA 8% (b) PVA/Nano Clay (8%/1%) (c) PVA/Nano Clay (8%/3%) (d) PVA/Nano Clay (8%/5%)

شکل 7 دیاگرام تفرق اشعه ایکس (الف) پلی وینیل الکل ۸٪ (ب) پلی وینیل الکل ۸٪ نانو رس ۱٪ (ج) پلی وینیل الکل ۸٪ نانو رس ۳٪ (د) پلی وینیل الکل ۸٪ نانو رس ۵٪



نانوالیاف نانو کامپوزیتی حاصل از پلیمر پلی وینیل الکل و نانورس اصلاح شده بررسی شد. مشاهدات براساس مناسب ترین نانوالیاف به لحاظ وجود اقلیت بید، برخورداری از یکنواختی بالا و میانگین قطر اندک، حاکی از آن است که تفاوت معنا دار چندانی میان نمونه های نانو الیافی نانو کامپوزیتی وجود ندارد. هرچند که در مقدار اندک 1٪ از نانورس، نانوالیاف با میانگین قطری کمتر و یکنواخت تر تولید شده اند. هم چنین این دو ماده بدون جدا شدن فازی با هم ترکیب شده و ساختاری یکنواخت تشکیل داده اند، در نهایت ساختار نانو الیاف یکنواخت و بدون معایب دانه تسبیحی و بدون بید حاصل گردید. همچنین نتایج حاصل از FTIR و XRD نشان می دهد، صفحات نانو ذرات رس پس از وارد شدن به پلیمر به طور کامل باز شده اند.

5- منابع

[1] FANG Jian, NIU HaiTao, LIN Tong & WANG Xungai. "Application of Electrospun Nanofibers", Springer, 2265-2286. 2008.

[2] Jian Fang, Xungai Wang and Tong Lin. "Functional Applications of Electrospun Nanofibers", Nanofibers -Production, Properties and Functional Applications, Dr. Tong Lin (Ed.), ISBN: 978-953-307-420-7, 2011.

[3] Andradý A. L., "Science and Technology of Polymer Nano Fibers", John Wiley and sons Inc, 2008.

[4] Habibi, S., "Nanotechnology in Textile", Amir Kabir university, pp. 1-73, 2013. (In Persian)

[5] Rahnama, H. Mehrdad-Shorkrieh, M., "Exact Micromechanical Stress Analysis of Long Fiber Composites Under Uniform Tensile Loading" Journal of Technology of Composite, Vol 2, No 3, pp.1-10, 2015. (In Persian)

[6] Rafiee, R. Mazhar, B., "Modeling Creep in Long Fiber Reinforced Laminated Composites using Micromechanical Rules", Journal of Technology of Composite, Vol 3, No 4, pp.409-418, 2016. (In Persian)

[7] Baker, M. P. Walsh, S. Schwartz, Z. Boyan, D., "A Review of Polyvinyl Alcohol and its uses in Cartilageand Orthopedic Applications", society for biomaterials, Vol.100B, 1451-7, 2012.

[8] Yun Ok Kang. Chitosan-Coated Poly (vinyl alcohol) Nanofibers ForWound Dressings. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 568-576, 2009.

[9] Golgoon, A. Aliofkhaezrai, M. Toorani, M., "The Structure and Corrosion Properties of Polyester-Clay Nanocomposite Coatings and Effect of Curing on Coatings Properties", Journal of Technology of Composites, Vol 3, No 1, pp.51-58, 2016. (In Persian)

[10] I. F. amaral, P. L. "Chemical modification of chitosan by phosphorylation: an XPS, FTIR and SEM study". J. Biomater. Sci. Polymer Edn, pp1575-1593, 2005.

3-4-آنالیز توزین حرارتی (TGA)

اشکال 8 و 9 دیاگرام آنالیز حرارتی TGA نمونه پلی وینیل الکل خالص و نمونه نانوالیاف نانو کامپوزیتی حاوی رس را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود دمای شروع تخریب از 220 درجه سانتی گراد در نمونه نانوالیاف خالص PVA به 250 درجه سانتی گراد در نمونه حاوی 3٪ نانو رس افزایش یافته است. چنین به نظر می رسد که حضور نانو رس به عنوان یک عامل هسته زا در حین فرایند الکترورسی باعث افزایش مناطق کریستالی و در نتیجه افزایش دمای شروع تخریب شده است.

با توجه به شکل 9 آنالیز وزنی TGA حاکی از آن است که میزان کاهش وزن در نمونه نانو الیاف PVA 0.798mg، و در نمونه نانو الیاف نانو کامپوزیتی PVA و نانو رس اصلاح شده 0.786mg می باشد که این تفاوت وزن بیشتر از باقیمانده ماده در انتهای فرایند حرارت دهی مربوط به ماده معدنی رس می باشد که میزان 0.078mg بوده و در اثر حرارت تخریب نشده است.

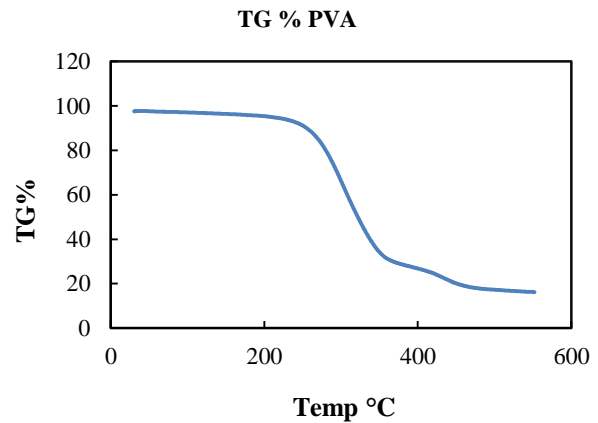


Fig.8 TGA graphs of PVA 8%

شکل 8 آنالیز توزین حرارتی پلی وینیل الکل 8٪

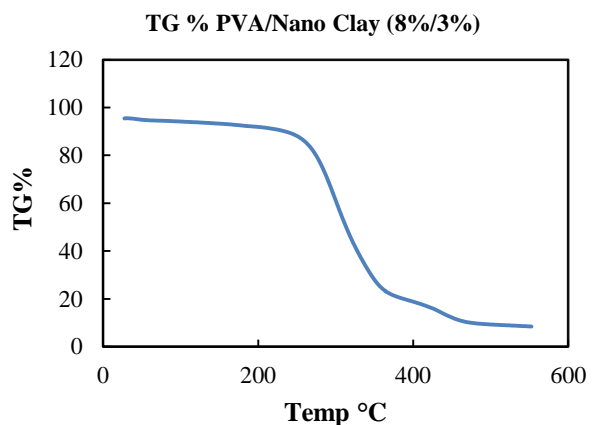


Fig.9 TGA graphs of PVA/Nano Clay (8%/3%)

شکل 9 آنالیز توزین حرارتی پلی وینیل الکل 8٪ نانو رس 3٪

4- نتیجه گیری

هدف اصلی تحقیق تولید و بررسی ریز ساختار نانو الیاف نانو کامپوزیتی پلی وینیل الکل در حضور نانو ذرات رس بود به منظور کاربردهای بعدی است. بدین منظور امکان الکترورسی و همچنین مشاهده و تحلیل ریز ساختار