



نانو تکنولوژی



الیاف آلژینات روی حاصل از نانو افزودنی های سیلیس

اکسید سیلیسیم

مقدمه

استفاده از الیاف آلژینات در پزشکی، به ویژه در تولید مواد پانسمان زخم، بر اساس خصوصیات ویژه ای انجام شده که فرآیند بهبود و التیام زخم را تقویت می کنند. مواد پانسمان زخم موجود در بازار، از الیاف آلژینات تهیه شده که شامل:

Kaltocarb®, Kaltogel® (Conva Tec), Kaltostat®, Sorbsan® (Pharma-Plast), Algisite M® (Smith&Nephew) و Sobalgon® (Hartmann) می باشند. با این وجود، هیچ محصولی در بازار موجود نمی باشد که از الیاف آلژینات روی، تولید شده باشد. اصلاح مواد لیفی از طریق اضافه نمودن آنتی بیوتیک ها یا نانو افزودنی های نقره حین فرآیند تولید الیاف، باعث ایجاد خاصیت ضد میکروبی شده یا منجر به تولید مواد پانسمان با خصوصیات ویژه ای می گردد. در این میان، خاصیت جذب بالای الیاف آلژینات نقش مهمی ایفا می کند، بدین صورت که موجب زوده شدن رطوبت از روی زخم گشته و از این رو خرد اقلیمی مناسب برای فرآیندهای احیاکننده ایجاد می کند.

دستیابی به بیوکامپوزیت های شامل الیاف آلژینات کلسیم با انواع نانو افزودنی های سرامیک، مانند هیدروکسی اپتایت (Hap)، فسفات تری کلسیم (TCP)، سیلیس (اکسید سیلیسیم) و مونومریونیت (MMT)، حوزه کاربردی آنها را وسیع تر نموده و می تواند سبب پیشرفت مواد کاشت جدید شود که بازسازی بافت استخوان را تقویت می کند. کامپوزیت های پلیمر-لیفی قابلیت تبدیل به مواد نفوذپذیر را داشته که می تواند جایگزین کاشت های فلزی قدیمی گردد. این امر نه تنها به واسطه تشابه ساختار سه بعدی چنین کامپوزیتی به استخوان طبیعی، بلکه به علت وجود نانو افزودنی در مواد لیف با اثر استواکاندکتیو می باشد.

وجود الیاف آلژینات در چنین بیوکامپوزیت هایی، سازگاری زیستی کاشت با سلول های استخوان را بهبود خواهد بخشید. معرفی الیاف آلژینات حاصل از آلژینات روی، به این معناست که سطح کاشت دستخوش تغییرات تحت نفوذ مایعات بدن، خواهد شد. در نتیجه جذب دوباره الیاف نانو کامپوزیتی، ساختار متخلخلی نیز تشکیل خواهد شد که در نتیجه ی چسبندگی سلول های تازه ایجاد شده و ادغام بهتر کاشت با بافت خود بیمار می باشد.

مفهوم اصلی استفاده از الیاف آلژینات نانو کامپوزیت بر اساس مصرف آنها برای تولید بیوکامپوزیت به شکل مواد لیفی دو لایه می باشد، که شامل نانو الیاف تولیدی از سایر پلیمرهایی شده که قابلیت جذب مجدد خوبی ندارند. تحقیق پیش رو، پژوهشی دنباله دار بوده که هدف آن شناسایی شرایطی برای تولید الیاف آلژینات روی، شامل نانو افزودنی های گوناگون سرامیک، می باشد. ساختار و خصوصیات الیاف حاوی نانو افزودنی های اکسید سیلیسیم با الیاف حاوی نانو افزودنی های TCP، مقایسه خواهد شد. همچنین تحلیلی مقایسه ای بر روی ساختار فوق مولکولی دو نوع الیاف آلژینات روی نانو کامپوزیتی انجام خواهد شد. هدف این پژوهش، تعیین تاثیر پارامترهای اولیه فرآیند، یعنی نسبت کشش لیف نورس و تغییر شکل مربوطه در مرحله کشش، بر ساختار متخلخل و فوق مولکولی و نیز خصوصیات جذبی و استحکام الیاف آلژینات روی به همراه نانو افزودنی های سیلیس می باشد.

تجربیات

مواد و روش ها

تشریح پلیمر، نانو افزودنی و محلول ریسنده

نانو افزودنی مورد استفاده در خصوص الیاف مورد بررسی، اکسید سیلیسیم بود. همچنین روش شناسی اضافه کردن نانو افزودنی به میزان ۳٪ در خصوص جرم پلیمر و غلظت محلول ریسنده، شبیه به آنها بود. محلول ریسنده

خلاصه

بر اساس تحقیقات محققین، شرایطی برای تولید الیاف آلژینات از نانو افزودنی های سیلیس (اکسید سیلیسیم) فراهم شد که با الیاف آلژینات روی نانو کامپوزیتی همراه با نانو افزودنی های فسفات تری کلسیم (TCP) سر و کار داشت. در این تحقیق، تاثیر پارامترهای اولیه فرآیند تولید، مانند نسبت کشش لیف نورس، تغییر شکل مربوطه در مرحله کشش بر ساختار متخلخل و فوق مولکولی و نیز خصوصیات جذبی و استحکام الیاف آلژینات روی به همراه نانو افزودنی های سیلیس، مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین تحلیلی مقایسه ای بر روی ساختار و خصوصیات الیاف حاوی نانو افزودنی های PCT و سیلیس، صورت گرفت. تاثیر نوع نانو افزودنی ها بر ساختار و خصوصیات الیاف مورد بررسی نیز تعیین گردید.



شامل نانوافزودنی اکسید سیلیسیم می باشد که دارای پارامترهای رئولوژیکی $(k=0/907, n=0/907)$ می شود.

روش های تجربی

اندازه ذرات نانوافزودنی مورد استفاده، متوسط بود که توسط روش پراش دینامیک نور، تعیین گردید. جهت بررسی ساختار ماکروسکوپی، از میکروسکوپ الکترونی پویشی JEOL JSM ۵۴۰۰ استفاده شد. توزیع نانوافزودنی ها در الیاف بر اساس تصاویر تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ مذکور و توسط آنالیزگر OXFORD INSTRUMENTS EDX LINK ISIS از پراکندگی انرژی تشعشع، حاصل شد. نتایج تحلیل های EDX به صورت طیف امواج EDX و نگاشت های توزیع عناصر انتخابی در داخل منطقه آنالیز شده، ارائه گردید. توپوگرافی سطح الیاف توسط میکروسکوپ نیروی اتمی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص تغییر شکل سطح مقطع الیاف بر اساس تصاویر تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی JEOL JSM ۵۴۰۰ تعیین گردید. اندازه گیری ها با استفاده از برنامه کامپیوتری CSS Scan Multi Scan انجام شد. مقدار شاخص تغییر در شکل سطح مقطع، به عنوان نسبتی از کمترین شعاع دایره محیطی به بزرگترین شعاع دایره محاطی سطح مقطع، تعیین گردید. این مقدار بین ۱ و بی نهایت قرار می گیرد. به علاوه، هرچه این رقم بزرگتر باشد، انحراف شکل سطح مقطع لیف از حالت دایره ای، بیشتر می شود.

مقدار متوسط تورم الیاف با استفاده از میکروسکوپ بیولوژیکی وصل شده به یک کامپیوتر، مورد بررسی قرار گرفت و بدین ترتیب قطر الیاف تورم یافته، اندازه گیری شد. آزمایشات تا زمان ثابت شدن اندازه گیری قطر لیف در شرایط ثابت، انجام شد. مقدار متوسط تورم به صورت نسبتی از اختلاف بین قطر الیاف خشک و تر، به قطر لیف خشک بر حسب درصد، بیان گردید. درجه بلورینگی از طریق روش پراش زاویه بزرگ پرتو ایکس (WAXS) محاسبه شد. منحنی های پراش از طریق روش انعکاسی و اندازه گیری مرحله ای ثبت شدند. منحنی های پراش WAXS برای الیاف آلژینات با استفاده از برنامه کامپیوتری WAXSFIT آنالیز شدند. درجه بلورینگی به عنوان نسبتی از شدت یکپارچگی موجود در پیک های بلورین به شدت یکپارچگی تشعشع پراکنده شده توسط نمونه در طول طیف اندازه گیری، محاسبه شد.

الیاف آلژینات روی توسط فرآیند ترریسی و با استفاده از آب مقطر به عنوان حلال، تولید شدند. فرآیند انعقاد در حمامی حاوی کلرید روی ($ZnCl_2$) و اسید کلریدریک (HCl) در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد انجام شد. غلظت محلول ریسندهی ۷/۴٪ تعیین شد. فرآیند کشش نیز در دو مرحله صورت گرفت: در مرحله نخست از حمام نرم سازی حاوی کلرید روی و ۰/۳۰٪ اسید کلریدریک در دمای ۶۷ درجه سانتیگراد و در مرحله دوم در اتمسفر بخار داغ ۱۳۵ درجه سانتیگراد استفاده شد. در طول فرآیند کشش، الیاف شسته شده و خشک گردیدند. برای تولید الیاف از ماشین ریسندهی آزمایشگاهی با ابعادی بزرگ استفاده شد. این ماشین به منظور تثبیت و کنترل پارامترهای تکنولوژیکی و تنظیم سرعت سیستم های کششی، ساخته شد.

حمام های انعقاد و نرم کنندگی در معرض گردش ثابت قرار گرفته تا غلظت آنها ثابت باقی بماند. همچنین از ترموستات برای ثابت نگه داشتن دما استفاده شد. نازل های ریسندهی مورد استفاده دارای ۲۴۰ حفره، هر یک حفره به قطر ۰/۰۸ میلی متر بودند. الیاف در شرایطی تولید شدند که قبلا بر اساس نتایج حاصله برای الیاف آلژینات روی با نانوافزودنی TCP، استفاده شده بود.

پارامتر متغیر، مقدار نسبت کشش لیف نوریس بوده که از ۳۰٪ تا ۱۱۰٪ تغییر می کند. بعلاوه، تغییر شکل ایجاد شده در مرحله کششی نیز با این پارامتر تغییر

می کند.

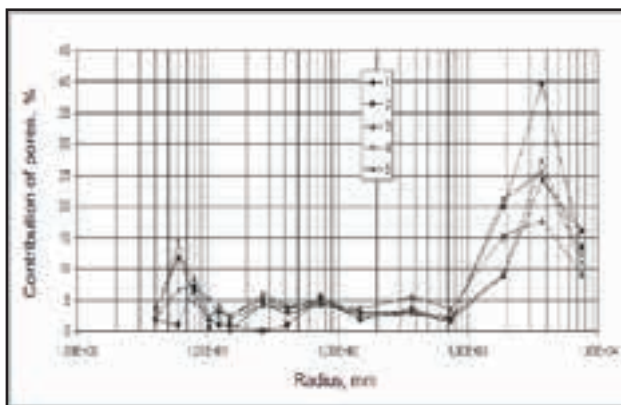
تحلیل نتایج

تاثیر بیرون کشی در نازل ریسندهی و تغییر شکل مربوطه در مراحل کششی، بر خصوصیات الیاف آلژینات روی

آنالیز خصوصیات جذبی الیاف آلژینات روی شامل نانوافزودنی های اکسید سیلیسیم نشان می دهد که، مشابه الیاف حاوی نانوافزودنی TCP، خصوصیات جذبی آنها اساسا به ماهیت آبدوست ماده منتسب می باشد. جذب رطوبت در رطوبت نسبی ۶۵٪ در طیف ۲۰/۶۷ الی ۲۲/۱۹ درصد قرار دارد که به طور جزئی برای الیاف حاوی نانوافزودنی TCP که برای آن این تغییرات در محدوده ۲۳/۷۰ الی ۲۵/۰۴ درصد می باشد، کمتر است. با این وجود، سطح به طور قابل توجه کمتر معادل ۱۰٪، برای طیف تغییرات در جذب رطوبت تحت رطوبت نسبی ۱۰۰٪، ثبت گردید که مقادیر آن بین ۵۲/۶۸ الی ۳۶/۸۸ درصد قرار داشتند. در حالی که مقادیر بیشتر بین ۱۴/۸۷ الی ۳۴/۷۲ درصد، برای الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی TCP، به دست آمدند.

تفاوت های موجود می تواند ناشی از ماهیت ساختار متخلخل و حجم کل حفره ها باشد. با در نظر گرفتن ساختار متخلخل، مشابه چیزی که در تحقیق روی الیاف آلژینات محتوی TCP وجود داشت، مقدار P_v به عنوان حجم کل حفره های متناظر در الیاف به حفره های در شعاع ۴ الی ۱۰۰۰ نانومتری تعیین شد که به تخلخل اولیه الیاف نسبت داده شد. P_v نیز به عنوان حجم کل حفره های نمونه با شعاع ۴ الی ۵۰۰۰ نانومتر تعیین شد که شامل تخلخل مواد لیفی به اضافه P_v می باشد.

مقایسه مقدار کل حجم حفره ها در دو نوع الیاف آلژینات روی کامپوزیتی، حاکی از آن است که کمتر بودن جزئی مقدار P_v ۲۰۴/۰ (cm^3/g) در مقایسه با ۳۴۳/۰ (cm^3/g) برای الیاف حاوی TCP نیز به مقادیر کمتر جذب رطوبت در رطوبت نسبی ۰/۰۱٪ برای الیاف محتوی نانوافزودنی سیلیس، نسبت داده می شود. این اتفاق مربوط به ارتفاع اولین ماکزیمم نمودار می شود که سهم مشارکت حفره ها را به عنوان تابعی از شعاع آنها نشان می دهد (شکل ۱).



شکل ۱- سهم مشارکت حفره ها به عنوان تابعی از شعاع آنها برای الیاف آلژینات

روی محتوی نانوافزودنی های سیلیس

- 1 – AZS1 as-spun draw ratio 2 ;%30+
- 2 – AZS2 as-spun draw ratio 3 ;%50+
- 3 – AZS3 as-spun draw ratio 4 ;%70+
- 4 – AZS4 as-spun draw ratio 5 ;%90+
- 5 – AZS5 as-spun draw ratio 6 ;%110+

در همین زمان، ماهیت دونمایی منحنی توزیع حفره برای هر دو نوع الیاف



مربوطه در مرحله کشش تحت تاثیر قرار می گیرد. بیشترین مقدار این شاخص برای الیاف تولید شده تحت کشش لیف نوریس ۷۰٪ بود، که مشابه الیاف آلزینات کلسیم محتوی سیلیس می باشد. با این وجود، بیشترین مقدار استحکام کششی الیاف آلزینات روی حاوی نانوافزودنی TCP، هنگام تولید الیاف با کمترین میزان کشش لیف نوریس (۳۰٪) حاصل شد. به علاوه، میزان استحکام برای هر دو نوع الیاف آلزینات روی نانوکامپوزیتی، مشابه می باشد: (۲۴/۳۸ cN/tex) و (۲۴/۳۸ cN/tex) برای الیاف آلزینات محتوی TCP. در اینجا، عامل قطعی پنهان در بیشترین خصوصیات استحکام الیاف حاوی نانوافزودنی های TCP، بیشترین مقدار قابل دستیابی نسبت کشش کل (در سطح ۲۴۴/۳۰ درصد) بود.

جدول ۲- ساختار متخلخل و خصوصیات جذبی الیاف آلزینات روی نانو کامپوزیتی حاوی نانوافزودنی سیلیس

نمونه	نسبت کشش لیف نوریس (%)	نسبت کشش (%)			تنش طی فرآیند کشش (cN/tex)			تغییر شکل کل (tex)	جرم خطی کشی (cN/tex)	استحکام کششی استاندارد (cN/tex)	انحراف طول تا حد پارگی (%)	
		R ₁	R ₂	R ₃	osteam	oplast	oocag					
AZS1	+۳۰	۱۷۹/۸۳	۴۷/۷	۱۹۳/۱۸	۰/۰۲۸	۱/۵۹۸	۰/۱۸۸	۳/۸۱	۵۴/۰۷	۲۲/۷۴	۰/۶۱	۵/۲۷
AZS2	+۵۰	۱۴۶/۷۷	۱۵/۷۹	۱۸۵/۷۳	۰/۰۴۴	۱/۸۲۰	۱/۱۰۴	۴/۲۹	۴۸/۶۷	۲۲/۹۹	۰/۵۷	۵/۶۴
AZS3	+۷۰	۱۵۰/۲۱	۲۲/۳۳	۲۰۷/۰۸	۰/۰۵۱	۲/۲۸۵	۱/۶۴۳	۵/۲۲	۳۹/۶۳	۲۴/۳۸	۰/۷۲	۵/۶۹
AZS4	+۹۰	۱۳۷/۳۳	۲۸/۳۱	۲۰۴/۵۲	۰/۰۵۳	۲/۱۷۵	۱/۶۳۳	۵/۷۹	۳۷/۴۷	۲۱/۹۰	۱/۲۱	۴/۸۲
AZS5	+۱۱۰	۱۳۴/۷۷	۹/۲۷	۱۵۶/۵۴	۰/۰۶۳	۲/۷۰۴	۰/۹۶۴	۵/۳۹	۳۸/۰۳	۲۱/۳۶	۱/۰۶	۴/۶۵

در مورد الیاف حاوی سیلیس، عامل قطعی، تغییر شکل جریان مایع پلیمر تعیین شد؛ چرا که مقدار کل نسبت کشش ۴۰٪ کمتر از این مقدار برای الیاف حاوی TCP بود.

در فرآیند انعقاد، ساختار الیاف محتوی سیلیس از طریق تاثیر تنش های بالاتر (جدول ۲)، در مقایسه با الیاف محتوی نانوافزودنی های TCP، شکل داده شد. تنش های انعقاد برای الیاف محتوی سیلیس، دو برابر تنش انعقاد الیاف حاوی نانوافزودنی های TCP می باشد که بیانگر تشابه خصوصیات استحکام برای هر دو نوع الیاف کامپوزیتی، به رغم مقدار قابل دستیابی نسبت کشش کل برای الیاف حاوی نانوافزودنی های سیلیس، می باشد. همگان می دانند که تنش های بیشتر در اثر بخشی فرآیندهای تغییر شکل و خصوصیات استحکام مربوطه، مطلوب می باشند.

خصوصیات استحکام الیاف آلزینات به تعداد پیوندهای مولکول های بسیار بزرگ، روی و تعداد پیوندهای ثانویه بستگی دارد. تحلیل مشروح تاثیر این دو عامل بر خصوصیات الیاف آلزینات کلسیم، شامل مواردی که حاوی نانوافزودنی می باشند، در تحقیقات پیشین پژوهشگران موجود می باشد.

تحلیل ساختار بلورین الیاف آلزینات روی

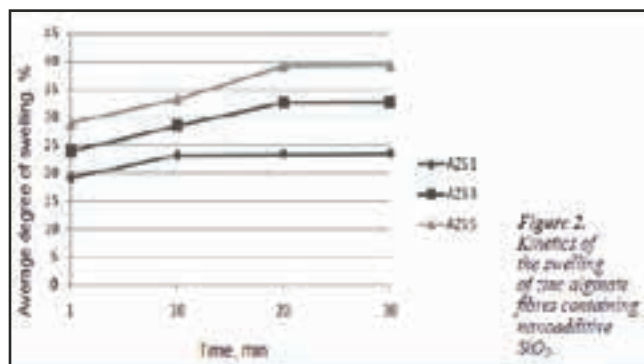
ساختار بلوری الیاف آلزینات روی برای الیاف فاقد نانوافزودنی (AZ ۲) و الیاف حاوی نانوافزودنی سیلیس و TCP، بیشترین خصوصیات استحکام را دارا می باشند (AZ ۱، AZT ۱). آزمایشات همچنین شامل الیاف حاوی نانوافزودنی PCT تولید شده با نسبت کشش لیف نوریس ۷۰٪ (AZT ۳) و نیز الیاف محتوی نانوافزودنی سیلیس تولید شده با نسبت کشش لیف نوریس ۳۰٪ (AZT ۱) و در مقدار بسیار مثبت بیرون کشی معادل ۱۱۰٪ (AZS ۵) می باشد.

نانوکامپوزیتی برقرار شد. میزان نگهداری آب نیز که در سطح بالای حدود ۵۶/۳۵ الی ۷۳/۴۳ درصد قرار دارد (جدول ۱)، به خصوصیات حفره ها در مواد لیفی با ابعادی در طیف ۱۰۰۰ الی ۷۵۰۰ نانومتر نسبت داده می شود که مربوط به وقوع آخرین ماکزیمم نمودار بوده و درصد مشارکت حفره ها را به عنوان تابعی از شعاع آنها نشان می دهد (شکل ۱).

جدول ۱- ساختار متخلخل و خصوصیات جذبی الیاف آلزینات روی نانو کامپوزیتی حاوی نانوافزودنی سیلیس

نمونه	نسبت کشش لیف نوریس (%)	حجم حفره ها cm ³ /g	P ₁ cm ³ /g	کل سطح داخلی حفره ها (m ² /g)	درصد جذب رطوبت در رطوبت نسبی ۱۰۰٪	درصد جذب رطوبت در رطوبت نسبی ۶۵٪	نگهداری آب	غلظت روی (%)
AZS1	+۳۰	۰/۳۳۲	۰/۱۶۸۰	۳۵/۹۴۲	۲۰/۶۷	۳۶/۴۸	۷۳/۴۳	۱۰/۴۰
AZS2	+۵۰	۰/۳۳۱	۰/۰۶۲۵	۱۰/۳۷۱	۲۲/۰۸	۳۶/۸۸	۶۶/۲۶	۱۰/۸۱
AZS3	+۷۰	۰/۳۵۴	۰/۲۰۴۰	۴۲/۱۴۴	۲۰/۸۱	۳۵/۸۶	۵۹/۶۷	۱۱/۴۱
AZS4	+۹۰	۰/۳۵۱	۰/۱۷۹۶	۳۷/۳۶۱	۲۱/۶۴	۳۶/۴۰	۵۶/۳۵	۱۱/۰۰
AZS5	+۱۱۰	۰/۲۹۱	۰/۱۲۳۴	۲۴/۹۳۳	۲۲/۱۹	۳۶/۵۷	۶۲/۰۵	۱۰/۷۰

این نوع تخلخل احتمالاً به واسطه وجود فضاهای خالی بین مونوفیلانمنت ها و نایکنواختی سطح لیف می باشد. تخلخل بیش از ۵۰٪ در طیف ۱۰۰۰ الی ۷۵۰۰ نانومتر مفید است، چرا که برای نفوذ سیالات بدن و چسبندگی سلول های تازه ایجاد شده در مواد کاشتی ساخته شده از این الیاف، مساعد می باشد. مقدار متوسط تورم (شکل ۲) در سطح به طور قابل توجه کمتری (در مقایسه با مقادیر نگهداری آب)، در طیف ۲۳/۱۵ الی ۳۹/۳۷ درصد قرار می گیرد. قابل توجه است که این شاخص همگام با نسبت کشش ریسندگی، تمایل به افزایش دارد.



شکل ۲- سینتیک تورم الیاف آلزینات روی محتوی نانوافزودنی اکسید سیلیسیم

در تعیین مقدار تورم، تغییرات ایجاد شده طی مدت زمان بیش از ۳۰ دقیقه اندازه گیری شد و ماهیت منحنی ها که بیانگر سینتیک تورم می باشد، نشان می دهد که پس از گذشت مدت زمان مورد انتظار، فرآیند تثبیت یافته است (شکل ۲).

تحلیل استحکام الیاف آلزینات روی نانو کامپوزیتی حاوی نانوافزودنی های سیلیس (جدول ۲)، نشان می دهد که خصوصیات کششی الیاف به طور قابل توجهی توسط مقدار نسبت کشش لیف نوریس و تغییر شکل

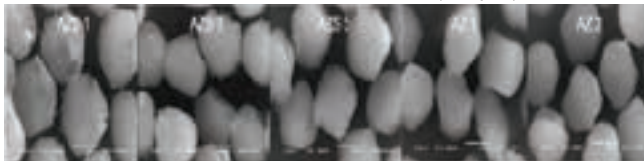


جدول ۳- درجه بلورینگی و ابعاد کریستال ها در الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های سیلیس
 (AZS ۱,۳,۵) و فاقد نانوافزودنی TCP (AZT ۱,۳)

نمونه	نسبت کشش لیف نوریس (%)	نسبت کشش کل (%)	درجه بلورینگی (%)	ابعاد بلور		
				D _{۱۰۰} (M), nm	D _{۱۱۰/۰۱۱} (G), nm	D _{۱۰۱} (MG), nm
AZS ۱	+۳۰	۱۹۳/۱۸	۱۸	۵/۶	۴/۷	۵/۷
AZS ۳	+۷۰	۲۰۷/۰۸	۱۶	۴/۸	۴/۲	۵/۲
AZS۵	+۱۱۰	۱۵۶/۵۴	۲۰	۵/۴	۴/۲	۴/۹
AZT۱	+۳۰	۲۳۱/۷۵	۱۷	۴/۲	۳/۹	۳/۴
AZT۳	+۷۰	۱۶۹/۹۷	۱۵	۴/۷	۴/۱	۳/۷
AZ۲	+۵۰	۲۴۶/۴۶	۱۶	۳/۹	۳/۱	۳/۵

براساس آنالیز نتایج (جدول ۳)، می توان چنین نتیجه گرفت که اضافه کردن نانوافزودنی های سیلیس یا TCP به مواد لیفی و مقدار نسبت کشش لیف نوریس، اثر کمی بر درجه بلورینگی دارد و باعث ایجاد تفاوت های قابل توجهی در ابعاد بلورها نمی شود. بلورینگی کلیه الیاف آلژینات روی تحلیل شده، عملاً در داخل طیف خطای اندازه گیری بوده که می تواند مشابه در نظر گرفته شود.

تحلیل شکل سطح مقطع لیف، سطح لیف و توزیع نانوافزودنی در الیاف آلژینات روی
 شکل سطح مقطع الیاف حاوی نانوافزودنی سیلیس یا فاقد آن، شبیه به دایره می باشد (شکل ۶). مقادیر شاخص تغییر در در شکل سطح مقطع، بین ۱/۲۶-۱/۲۱ قرار دارد (جدول ۴).

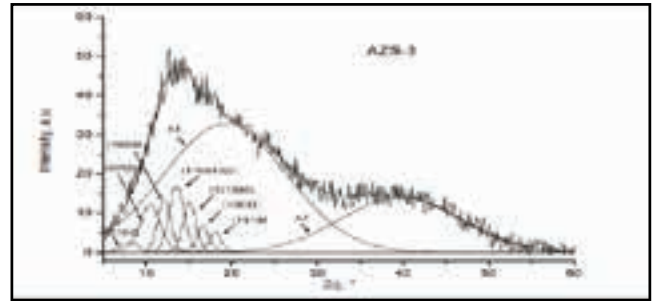


شکل ۶- سطح مقطع های الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های سیلیس (AZS ۱,۳,۵) و الیاف فاقد نانوافزودنی

نمونه	نسبت کشش لیف نوریس (%)	شاخص تغییر در شکل	انحراف استاندارد	استحکام کششی (cN/tex)
AZS۱	+۳۰	۱/۲۶	۰/۲۵	۲۲/۷۴
AZS۳	+۷۰	۱/۲۳	۰/۲۲	۲۴/۳۸
AZS۵	+۱۱۰	۱/۱۸	۰/۱۹	۲۱/۳۶
AZ۱	+۳۰	۱/۲۱	۰/۱۸	۲۷/۹۸
AZ۲	+۵۰	۱/۲۲	۰/۲۳	۲۸/۶۹

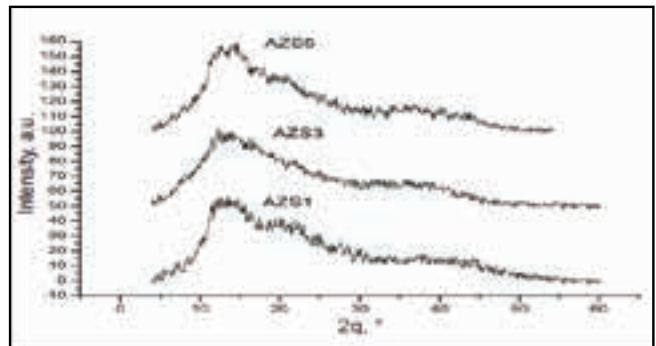
جدول ۴- مقادیر شاخص تغییر در شکل سطح مقطع الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های سیلیس (AZS ۱,۳,۵) و الیاف فاقد نانوافزودنی

مثالی از توزیع منحنی پراش در پیک های بلورین پدیدار شده از بلورهای ساخته شده از قالب های (G) guluronic و (M) manuronic برای الیاف حاوی سیلیس تولید شده با نسبت کشش لیف نوریس ۷۰٪+، در شکل ۳ ارائه شده است.



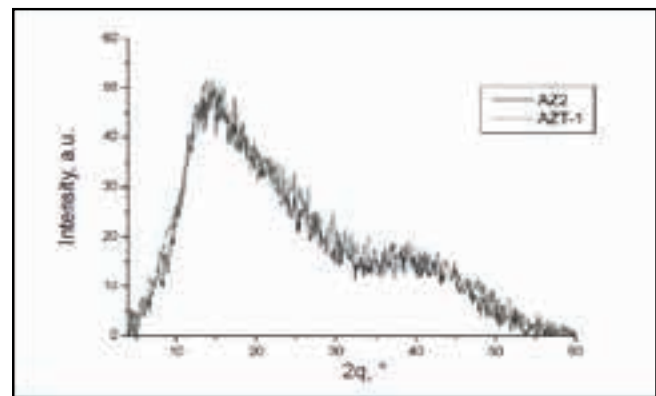
شکل ۳- توزیع منحنی پراش برای الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های سیلیس

مقایسه دیفراکتوگرام های الیاف حاوی نانوافزودنی های سیلیس تولید شده با مقادیر گوناگون نسبت کشش لیف نوریس در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- مقایسه دیفراکتوگرام های الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های سیلیس

همچنین مقایسه دیفراکتوگرام های الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های TCP و الیاف آلژینات روی فاقد نانوافزودنی، در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- مقایسه دیفراکتوگرام های الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی های TCP (AZT ۱) و الیاف آلژینات روی فاقد نانوافزودنی های (AZ ۲)

مقادیر درجه بلورینگی و ابعاد بلورها برای الیاف بررسی شده نیز در جدول ۳ ارائه شده است.



می باشند.

توزیع نانوافزودنی ها بر سطح الیاف در شکل ۹ ارائه شده است.

نتیجه گیری

در این پژوهش خصوصیات جذبی الیاف آلژینات روی نانوکامپوزیتی، توسط ماهیت آبدوست ماده تعیین شدند. مقادیر تقریبی جذب رطوبت کمتر از ۱۰٪ در رطوبت نسبی ۱۰۰٪، برای الیاف حاوی نانوافزودنی های سیلیس مقایسه شده با الیاف فاقد نانوافزودنی، به تفاوت در ماهیت ساختار متخلخل تا ۱۰۰ نانومتر نسبت داده شد. تفاوت های موجود در مقادیر نگهداری آب برای هر دو نوع الیاف آلژینات روی نانوکامپوزیتی به تخلخل مواد لیفی مربوط می باشد.

برای دستیابی به استحکام کششی ((۳/۲۴ cN/tex)) برای الیاف حاوی نانوافزودنی سیلیس، این الیاف باید با نسبت کشش لیف نورس بیشتری (حدود ۷۰٪+) نسبت به الیاف حاوی نانوافزودنی های TCP رسیده شوند.

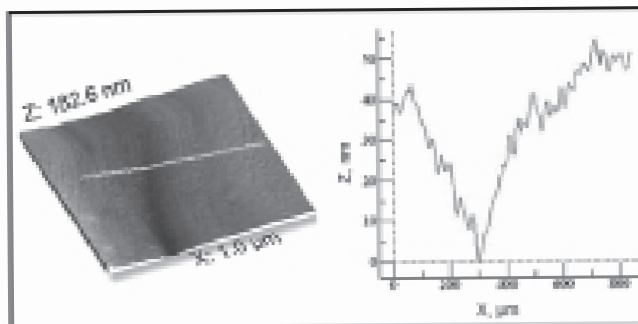
با درجه های قابل قیاس بلورینگی و ابعاد مواد بلورین، بیشترین استحکام کششی به دست آمده مربوط به الیاف حاوی نانوافزودنی سیلیس، به واسطه تغییر شکل جریان مایع می باشد، که به مقدار نسبت کشش لیف نورس مربوط می باشد، در حالی که برای الیاف حاوی نانوافزودنی TCP، نقش مهمتر توسط مقدار قابل دستیابی نسب کشش کل ایفا می شود.

منبع:

FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2010, Vol. 18, No. 6 (83)

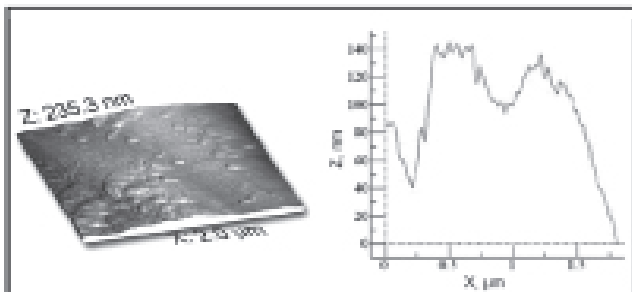
مقادیر به طور جزئی کمتر این شاخص (معادل ۱/۱۸) برای الیاف حاوی سیلیس تولید شده تحت مقدار مثبت حدی نسبت کشش لیف نورس، می باشد. این امر می تواند به این حقیقت منتصب باشد که، هنگامی که نسبت کشش لیف نورس بیشتر می شود، فرآیند سینرسیس، یکنواخت تر انجام می شود.

در سطح الیاف حاوی نانوافزودنی سیلیس، ترک ها و خراش هایی پدیدار شد که این پدیده برای الیاف حاصل از فرآیند تریسی، عادی می باشد. آنالیز توپوگرافی سطح نیز که توسط میکروسکوپ نیروی اتمی انجام شد، وجود ترک هایی را بر سطح الیاف بدون نانوافزودنی نشان داده (شکل ۷) و نایکنواختی سطح به وجود توده های نانوافزودنی سیلیس مربوط می باشد (شکل ۸).



شکل ۷- آنالیز توپوگرافی سطح الیاف آلژینات روی بدون نانوافزودنی

شکل ۸- آنالیز توپوگرافی سطح الیاف آلژینات روی حاوی نانوافزودنی سیلیس



هر دوی این پدیده ها با توجه به چسبندگی سلول های تازه تشکیل یافته، مطلوب

شکل ۹- نقشه توزیع نانوافزودنی ها بر سطح الیاف

