الیاف

مروری بر کاربرد نانوالیاف الکتروریسی شده

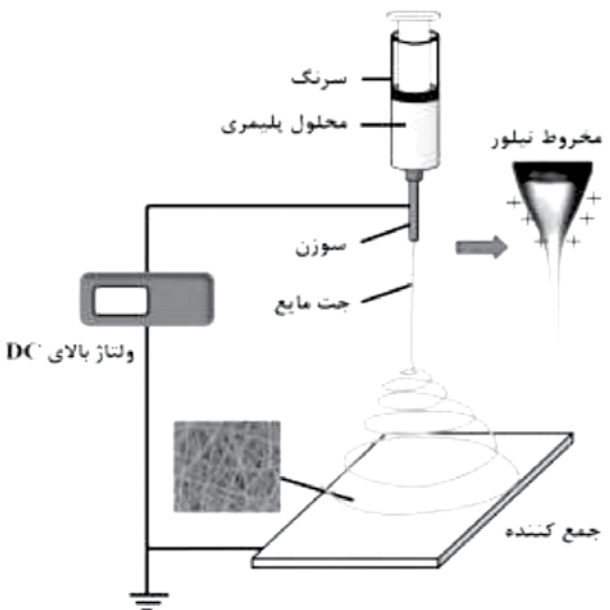
تهیه و تنظیم: نازنین سادات ظفرنیا[1] | سیما حبیبی[2] | اعظم طالبیان[2]

چکیده

الکتروریسی از روش‌های تولید نانوالیاف پلیمری است که به دلیل در دسترس بودن، در حوزه آزمایشگاهی و صنعتی توسعه یافته است. در این روش، جریان پلیمر به حالت محلول یا مذاب در معرض میدان الکتریکی قرار می‌گیرد که در نتیجه، الیافی پیوسته ایجاد می‌شود. روش الکتروریسی مذاب به دلیل نداشتن حلال سمی در طی فرایند الکتروریسی، به طور گسترده برای کاربرد در حوزه‌های پیشرفته، از جمله سلول‌های خورشیدی، زیست فناوری و محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. الیاف به دست آمده از روش الکتروریسی مذاب در مقایسه با محلول، معمولاً قطر بیشتری دارند. از این رو، مطالعات محدودی درباره تولید نانوالیاف پلیمری با روش الکتروریسی مذاب گزارش شده است. با توجه به گسترش کاربردهای روش الکتروریسی به منظور تولید الیاف پلیمری برای استفاده در صنایع گوناگون، هدف از این مقاله مروری، بررسی پیشرفت های اخیر و کاربردهای جدید روش الکتروریسی مذاب و مقایسه آن با روش الکتروریسی محلول است.

۱- مقدمه الکتروریسی

یک روش ساده و ارزان در تولید الیاف بسیار نازک از محلول پلیمری می باشد. این روش، برای محدوده گسترده‌ای از پلیمرها مشتمل بر پلیمرهای مصنوعی، پلیمرهای طبیعی یا ترکیبی از هر دو کاربرد دارد که تاکنون بیش از ۲۰۰ نوع پلیمر به این روش به نانوالیاف تبدیل شده .اند نانوالیاف الکتروریسی شده از امتیازات زیادی همچون نسبت مساحت به حجم زیاد، انعطاف پذیری در تولید الیاف با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف، تخلخل و قابلیت کنترل در تشکیل نانوالیاف متناسب با نیاز برخوردار است .به طور کلی، همان طور که در شکل زیر دیده می‌شود سامانه الکتروریسی از سه جزء منبع تأمین ولتاژ زیاد، رشته ساز و صفحه جمع کننده که عموما از جنس آلومینیوم است تشکیل شده است.



شکل ۱- نمایی از دستگاه الکتروریسی

طبق شکل؛ ولتاژ بالا و مستقیم به محلول وارد شده تا به وسیله آن سیال باردار شود. در این میدان الکتریکی اعمال شده نوک قطره مایع، شکل مخروطی می‌سازد که به آن مخروط تیلور می‌گویند. هنگامی که ولتاژ اعمالی به اندازه کافی زیاد باشد تا بر نیروی سطح عامل مخروط تیلور غلبه کند جریان شتابدار محلول که جت نامیده می‌شود، از نوک مخروط تیلور با شتاب خارج می‌شود. جت الکتروریسی شده به سمت منطقه با پتانسیل کمتر (صفحه جمع‌کننده متصل به زمین) حرکت می‌کند. زمانی که جت مایع در فاصله الکتروریسی به سمت جمع‌کننده می رود، حلال از جت تبخیر شده و الیاف جامد روی جمع‌کننده قرار می‌گیرد.

۲- تفاوت الکتر وریسی مذاب و محلول

فرآیند الکتروریسی را می توان بر حسب روش تهیه سیال پلیمری، به دو شاخه محلول و مذاب تقسیم بندی کرد. در دو دهه اخیر بیشتر مطالعات الکتروریسی روی روش محلول متمرکز بوده است که مهمترین دلیل آن را می‌توان به امکان انحلال پذیری بیشتر پلیمرها در حلال‌های آلی و آبی، تنوع حلال های استفاده شده و امکان تولید الیافی با قطر کمتر از ۵۰۰ نانومتر نسبت داد. با این وجود برای برخی پلیمرهای پرمصرف ماند پلی اتیلن، حلال مناسب در دمای معمولی وجود ندارد. به همین خاطر، برخی از پژوهشگران به سمت الکتروریسی مذاب این پلیمرها سوق پیدا کردند. قطر الیاف حاصل از روش الکتروریسی مذاب معمولاً ۱۰ برابر قطر الیاف پلیمر مشابه آن با روش محلول است که می‌توان با روش‌هایی مانند افزایش درجه جهت‌گیری الیاف، سعی در کاهش قطر الیاف داشت.

محلول رقیق پلیمر، حاوی زنجیرهایی است که از یکدیگر به طور کامل مجزا بوده و نحوه پخش آنها مستقل از وزن مولکولی است در حالی که وضعیت این زنجیره ها در مذاب پلیمر کامال متفاوت است و زنجیره ها، گره خوردگی‌های شدیدی دارند. اگر گروه‌های کوچک زنجیرها به طور جدا باشند، الیاف نانومتری به دست می آید ولی گره خوردگی‌های زیاد موجود در پلیمر مذاب این امکان را فراهم نمیکند. بر

خلاف روش الکتروریسی مذاب، که حفظ ساختار جت فقط با کاهش دمای الیاف در طول مسیر ریسندگی انجام می‌شود، جت‌های حاصل از الکتروریسی محلول، افزون بر کاهش دما، به تبخیر حلال نیز نیاز دارند. دسته الیافی که از الکتروریسی محلول حاصل می‌شوند، مدول و مقاومت کششی کمتری نسبت به الیاف حاصل از روش مذاب دارند. علاوه بر این موارد الیاف پلیمری حاصل از روش الکتروریسی مذاب به خاطر رسانش کم، دست خوش ناپایداری‌های خمیدگی قرار نمی‌گیرند. همچنین به نظر می‌رسد از دو روش الکتروریسی مذاب و محلول [می‌توان در کنار هم نیز استفاده کرد.

۳- عوامل موثر بر الکتروریسی

ساختار نانوالیاف مانند قطر و یکنواختی الیاف پلیمری الکتروریسی شده به عوامل زیادی بستگی دارد که می‌توان آنها را به دو بخش کلی تقسیم کرد؛ شرایط محلول پلیمری و پارامترهای فرآیندی. عوامل مرتبط با محلول پلیمری عبارتند از ویسکوزیته، کشش سطحی، غلظت، دمای محلول، فراریت حالل و وزن مولکولی پلیمر. از عوامل فرآیندی می‌توان به ولتاژ اعمال شده، میزان رطوبت محیط، سرعت جریان هوا در اتاقک دستگاه الکتروریسی، دمای محیط، فاصله نازل تا غلطک جمع کننده، نوع صفحه جمع کننده و سرعت چرخش غلطک اشاره کرد. توانایی لیف شدن انواع پلیمرها تحت تاثیر هر کدام از این موارد بوده به طوری که اگر شرایط بهینه ایجاد نشود هیچ نوع لیفی به دست نمی آید یا الیاف به دست آمده از لحاظ [ساختاری دچار مشکل خواهند بود.

٤- پلیمرهای مورد استفاده برای الکتروریسی

پلیمرهای طبیعی و مصنوعی بسیار زیادی در طی سالیان اخیر مورد تحقیق قرار گرفته و قابلیت الکتروریسی شدن آنها بررسی شده است. پلی گلیکولیک اسید، پلی الکتیک اسید و پلی کاپروالکتون پلیمرهای سنتزی می باشند که برای استفاده در مهندسی بافت الکتروریسی شده اند اما استفاده از آنها برای کاربردهای غذایی مجاز نیست. در مقابل، بیو پلیمرهای غذایی مانند پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها به طور عمومی ایمن شناخته شده اند. ژلاتین، آلژینات، کیتوزان و نشاسته انواعی از بیوپلیمرهای غذایی می‌باشند که پیش از این الکتروریسی شده اند و عدم سمیت، زیست تخرب پذیری و مقاومت مکانیکی بالای آنها از جمله مزایای این بیوپلیمرها می باشد.

۵-کاربردهای نانوالیاف الکتروریسی شده

نانوالیاف تولیدی به روش الکتروریسی کاربردهای زیادی در صنایع مختلف از جمله پزشکی، استفاده در حسگرها، لایه‌های جاذب، تصفیه پساب و فاضلاب، تقویت کننده کامپوزیت و برخی پوشاک خاص دارند. از این میان به توضیح مختصری درباره کاربرد نانوالیاف الکتروریسی شده در تصفیه پساب پرداخته شده است.

امروزه صنایع با سرعت در حال رشد هستند که اغلب از لحاظ اقتصادی بررسی می‌شوند و توجه‌ای به پیامدهای زیست محیطی آنها نمی شود. به تازگی استفاده از فناوری نانو در مباحث تصفیه پساب و فاضلاب مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. نانوالیاف به دلیل خواص شگفت انگیزی مانند نسبت سطح به حجم زیاد، قابلیت انعطاف‌پذیری در ویژگی‌های سطحی و عملکرد مکانیکی فوق‌العاده مانند سختی و استحکام کششی، قابلیت جذب میزان زیادی از آلاینده‌های موجود در پساب و فاضلاب را دارند

٦-معایب تولید نانوالیاف به روش الکتروریسی

با وجود اینکه روش الکتروریسی به عنوان رایج‌ترین روش در تولید نانو الیاف شناخته می‌شود، اما به دلیل نرخ تولید کم، استفاده از اختلاف پتانسیل بالا، ایمنی فرآیند پایین، لزوم انجام یک مرحله اضافی جهت استخراج حلال و همچنین محدودیت‌های زیست محیطی در خصوص استفاده از حلال‌های سمی تمایل به استفاده از این روش برای کاربردهای صنعتی محدود است. برای غلبه بر مشکل تولید کم نانوالیاف الکتروریسی شده و افزایش میزان آن، می‌توان از چند سوزن سرنگ به عنوان ریسنده استفاده کرد اما به دلیل استفاده از تعداد زیاد سوزن سرنگ در این شیوه و به منظور جلوگیری از اثر تداخل میدان‌های الکتریکی بر ساختار نانوالیاف حاصل و تهیه نانوالیاف با ساختار یکنواخت، نیاز به تعیین بسیار دقیق محل ریسنده‌هاست که انجام این امر با دشواری‌هایی همراه است.

۷- نتیجه گیری

الکتروریسی یکی از روش های ممکن در تولید نانوالیاف است. تحقیقات در زمینه الکتروریسی و بررسی هرچه دقیق تر عوامل موثر بر فرآیند الکتروریسی باعث افزایش کارایی در تولید نانوالیاف پلیمری با قطر و سختار دلخواه قابل کنترل میشود. همچنین این روش منجربه کاربرد نانوالیاف در طیف وسیعی از حوزه های علوم شده است. نانوالیاف الکتروریسی شده ویژگی های مطلوبی را به نمایش می گذارند که امکان استفاده از آنها در بسیاری از کاربردها از جمله مهندسی بافت، سامانه رهایش دارو، پوشش زخم، غشاها با قابلیت ویژه، حسگرها و ... فراهم می‌سازد. در هر کاربرد با انتخاب مواد مناسب و روش مورد استفاده و کنترل عوامل موثر بر الکتروریسی می‌توان شرایطی را فراهم کرد که محصول نهایی، بهترین عملکرد و کارایی را با توجه به کاربرد مورد نظر داشته باشد.

با توجه به تفاوت های بیان شده دو روش الکتروریسی مذاب و محلول می توان گفت در کاربردهایی که تجمع حلال یا سمیت مشکل جدی به حساب می‌آیند روش مذاب می‌تواند به عنوان روشی موثر استفاده شود. عالوه بر این، از روش الکتروریسی مذاب پلیمر در برخی موارد می تواند الیافی با کیفیت بهتر از الیاف روش الکتروریسی محلول حاصل شود.

پی‌نوشت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام

۲- گروه نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام

منابع در دفتر نشریه موجود است.