



طراحی منسوجات ملت بلون با بازدهی بالا جهت تولید ماسک و فیلتراسیون صنعتی

مترجم: دکتر مزده قهرمانی هنرور*

مقدمه :

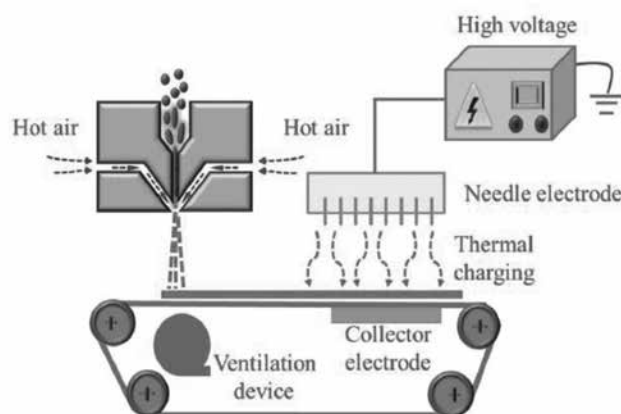
پلیمر در طی فرآیند دمش ذوب است که می‌تواند ساختار بلوری مواد را بهینه کرده و تله‌های بیشتری را برای ذخیره بار فراهم کند. رویکرد دیگر بهبود فناوری شارژ و بهینه‌سازی پارامترهای شارژ است. فیلترهای الکترواستاتیکی را می‌توان با استفاده از روشهای مختلف تولید کرد. در میان روش‌های موجود، معمولاً از روش شارژ کرونا برای تولید فیلتر استفاده می‌شود زیرا برای شارژ انواع الیاف مناسب است. کرونا یک روش تخلیه الکتریکی پایدار و غیر مختل بین الکتروادهای نامتقارن است که می‌تواند در صورت وجود اختلاف پتانسیل بالا مورد استفاده قرار گیرد.

در روش‌های شارژ الکتریکی، عوامل اصلی فرآیند شناخته شده است که شامل ولتاژ، زمان شارژ، فاصله شارژ، درجه حرارت و رطوبت شارژ اعمالی می‌باشد. چندین محقق تأثیر این عوامل را روی ولتاژ سطح بررسی کردند. این مطالعات بیشتر بر روی رابطه بین میزان فیلتراسیون و عوامل فرآیند متمرکز بوده است و ثبات پالایش و فیلتراسیون به ندرت مورد بررسی قرار گرفت. اخیراً مشخص گردیده است که می‌توان با استفاده از عملیات حرارتی با پارامترهای مناسب دمای شارژ و زمان شارژ، ثبات شارژ را افزایش داد.

شارژ مواد الکتریکی پس از مدت زمان خاصی از بین می‌رود و عدم پایداری ذخیره بار، شرایط عملکرد تصفیه فیلترهای الکتریکی را تا حد زیادی با مانع مواجه می‌سازد. برای بهبود پایداری بار، چندین محقق تلاش کردند مواد را در شرایط حرارتی شارژ کنند. لین و همکاران کشف کردند که ولتاژ سطح نفاخته پلی پروپیلن با دمای شارژ افزایش می‌یابد و بالاترین ولتاژ سطح در ۵۰ درجه سانتیگراد بدست می‌آید. کیلیج و همکاران مذاب پلیمر را در ۱۳۰ درجه سانتیگراد شارژ کرد و دریافت که شارژ حرارتی، منجر به افزایش عملکرد فیلتراسیون می‌شود زیرا شرایط حرارتی پلیمر را نرم می‌کند و تحرک مولکول‌های دو قطبی را افزایش می‌دهد و همچنین می‌تواند ثبات ذخیره بار را بهبود

ویروس کرونا (COVID-19) باعث ایجاد اختلالات عمده‌ای در تمام جوانب زندگی روزمره در سراسر جهان شده است. این بیماری از طریق قطرات آئروسول منتقل می‌شود. با این حال، هنوز روش موثری برای مقابله و نابودی کامل این ویروس پیدا نشده است. رویکردهای پیشگیرانه فعلی شامل استفاده از ماسک‌های محافظ شخصی، مانند ماسک‌های تنفسی N95 است. علاوه بر این بیماری، آلودگی ذرات ریز (PM) به دلیل تهدید جدی برای سلامت جامعه و زندگی روزمره و اکوسیستم‌ها، توجه جهانی را به خود جلب کرده است. فیلترهای الکترواستاتیکی به دلیل مقرون به صرفه بودن، فیلتراسیون با بازدهی بالا و افت فشار کم در فیلتراسیون ذرات کمتر از یک میکرون و محافظت در برابر ویروس کاربرد زیادی دارند. منسوج نفاخته ملت بلون به دلیل قطر الیاف بسیار پایین، اندازه منافذ کوچک، تخلخل بالا و ساختار شبکه متخلخل سه بعدی و برهم کنش الکترواستاتیکی اغلب در تولید دستگاه‌های تنفسی مورد استفاده قرار می‌گیرند و البته در حال حاضر به دلیل چالش‌های امروزی که همان مقابله با انتشار ویروس کرونا می‌باشد با باردار کردن این منسوج و ایجاد یک میدان الکترواستاتیکی خارجی در حاشیه الیاف، می‌توان فیلتری با بازدهی بالا برای مقابله با ویروس COVID-19 با اندازه حدود ۱۰۰ نانومتر بدون افت فشار بالا (تنفس پذیری مناسب) تولید نمود. بنابراین، این منسوج به طور گسترده‌ای در ماسک‌های صورت جراحی دستگاه تنفس تصفیه کننده هوا؛ فیلترهای تهویه مطبوع (HVAC)؛ و فیلترهای هوا در کابین خودرو استفاده می‌شود. قابل توجه‌ترین عملکرد فیلترهای الکترواستاتیکی ملت بلون، میزان و مدت زمان بارگذاری منسوج می‌باشد که می‌تواند قدرت جذب الکترواستاتیکی را تعیین کند. تا به امروز، به طور عمده دو روش برای بهبود عملکرد الکترواستاتیکی بیان شده است. یک روش، ترکیب مواد افزودنی با یک

و یک الکتروود جمع کننده می باشد. همانطور که قبلا اشاره شد سه پارامتر بر روی خصوصیات شارژ اثر گذار هستند که شامل مقدار ولتاژ به کار رفته، فاصله شارژ و زمان شارژ می باشد. در این مطالعه، تمام منسوجات ملت بلون با ولتاژ ۱۲۰ کیلوولت شارژ شده اند. زمان شارژ و فاصله به ترتیب ۴۰ ثانیه و ۱۰ سانتی متر بوده است. در طول فرایند شارژ کرونا از روش محرک حرارتی استفاده شده است. جزئیات فرایند در ادامه شرح داده شده است:



شکل ۱: شماتیک روش تهیه منسوجات ملت بلون تهیه شده از الیاف پلی پروپیلن (PP)

فرایند آنیلینگ قبل از شارژ:

لایه های ملت بلون در دماهای ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت دو ساعت در آن قرار گرفته و سپس در دمای پایین سرد شده اند. پس از فرایند آنیلینگ این لایه ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) شارژ شده اند.

شارژ حرارتی:

لایه های ملت بلون با استفاده از دستگاه گرمایشی در دمای ۲۵، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد شارژ شده اند و دما با تنظیم ولتاژ گرمایش کنترل شده است.

شارژ دوره ای:

در طی فرایند شارژ دوره ای، ابتدا نمونه ها در دمای اتاق شارژ می شوند سپس نمونه ها در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه گرم می شوند و مجدد نمونه ها شارژ می شوند، این فرایند یک سیکل (دوره) را تشکیل می دهد. پس از یک دوره، مجدد لایه تحت فرایند عملیات حرارتی و شارژ قرار می گیرد و این فرایند سیکل دوم نامیده می شود. تعداد سیکل های نمونه های مختلف ۰، ۱، ۲ و ۳ گزارش شده است.

روش تعیین خصوصیات منسوجات ملت بلون:

مورفولوژی سطح منسوجات ملت بلون با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM؛ DXS-10ACKT، شانگهای، چین) بررسی شده است. قطر و توزیع الیاف با استفاده از نرم افزار Nano Measurer 1.2.5 با اندازه گیری ۲۰۰ لیف از تصویر SEM محاسبه شده و ساختار منافذ منسوجات ملت بلون با استفاده از یک فشار سنج جریان مویرگی (CFP-1100AI، Porous، Materials Inc.، Ithaca، NY، USA) بر اساس آزمون نقطه حباب اندازه گیری شده است. در حین اندازه گیری، ابتدا منافذ نمونه با مایع مرطوب پر شده، سپس مایع

بخشد. تبتی و همکاران قبل از شارژ، مواد را در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد گرم کردند و نتایج نشان داد که پایداری ولتاژ سطح مواد به دلیل کاهش میزان رطوبت نمونه گرم شده بهبود یافته و با افزایش هدایت الکتریکی، تخلیه شارژ بار کاهش می یابد. با این حال، مطالعات مربوط به شارژ مواد فقط در یک دما دارای چندین نقص است و دمای مناسب شارژ نیاز به بحث بیشتر دارد. علاوه بر این، نظرات مختلفی در مورد استفاده از مکانیسمی جهت بهبود عملکرد فیلتراسیون وجود دارد و این باید بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد. در این مطالعه، منسوجات نفاخته ملت بلون تهیه شده از پروپیلن انتخاب شده و روش های شارژ حرارتی و نیز فرایند آنیلینگ قبل از شارژ، برای بهبود عملکرد فیلتراسیون آنها مورد بررسی قرار گرفته است. ساختار وب، اثر فیلتراسیون و افت فشار، کاهش اثر فیلتراسیون، کاهش ولتاژ سطح و کاهش شارژ محرک حرارتی (TSD) برای ارزیابی عملکرد فیلتراسیون اندازه گیری شده است.

روش انجام آزمایش:

پلیمر پلی پروپیلن (PP) با شاخص جریان مذاب ۳۸ گرم در ۱۰ دقیقه از شرکت پتروشیمی شانگهای SECCO (شانگهای، چین) تهیه شده است.

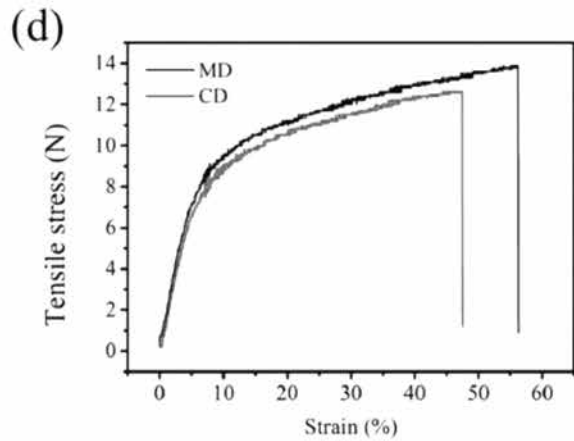
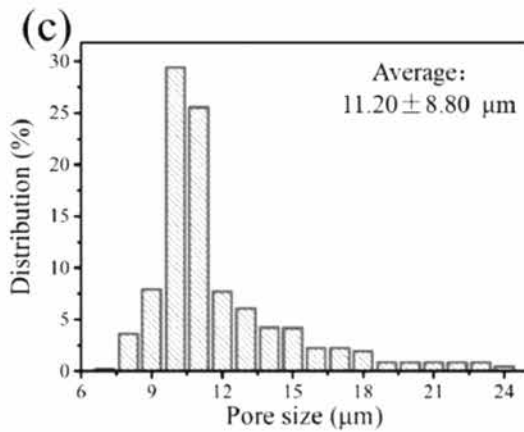
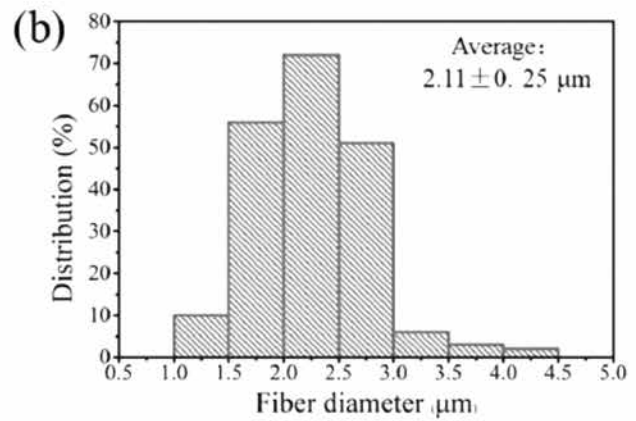
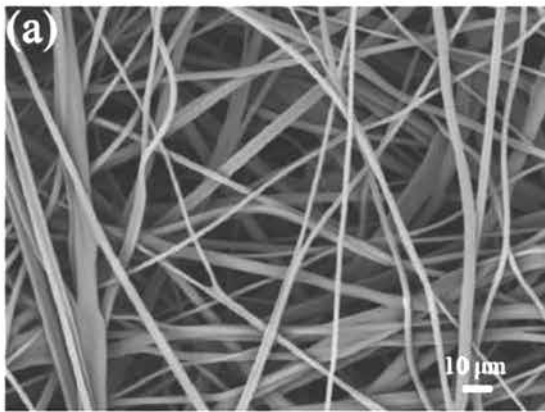
تهیه منسوجات ملت بلون:

منسوجات نفاخته با تراکم ۴۰ گرم در مترمربع با استفاده از دستگاه دمش مذاب در مقیاس آزمایشگاهی تولید شده است. قطر روزنه ها ۰/۲۵ میلی متر و زاویه صفحه هوا ۶۰ گزارش شده است. روش عملکرد دستگاه جهت تهیه منسوجات ملت بلون در شکل ۱ ارائه شده است و پارامترهای اصلی فرایند دمش مذاب در جدول ۱ ذکر شده است.

دستگاه شارژ کرونا متشکل از یک منبع تغذیه ولتاژ بالا، یک الکتروود سوزنی

جدول ۱: پارامترهای فرایند تولید ملت بلون

Parameters	Screw 1 Temperature (°C)	Screw 2 Temperature (°C)	Screw 3 Temperature (°C)	Air Temperature (°C)	Distance (mm)	Air Pressure (MPa)
	280	325	330	300	100	0.20



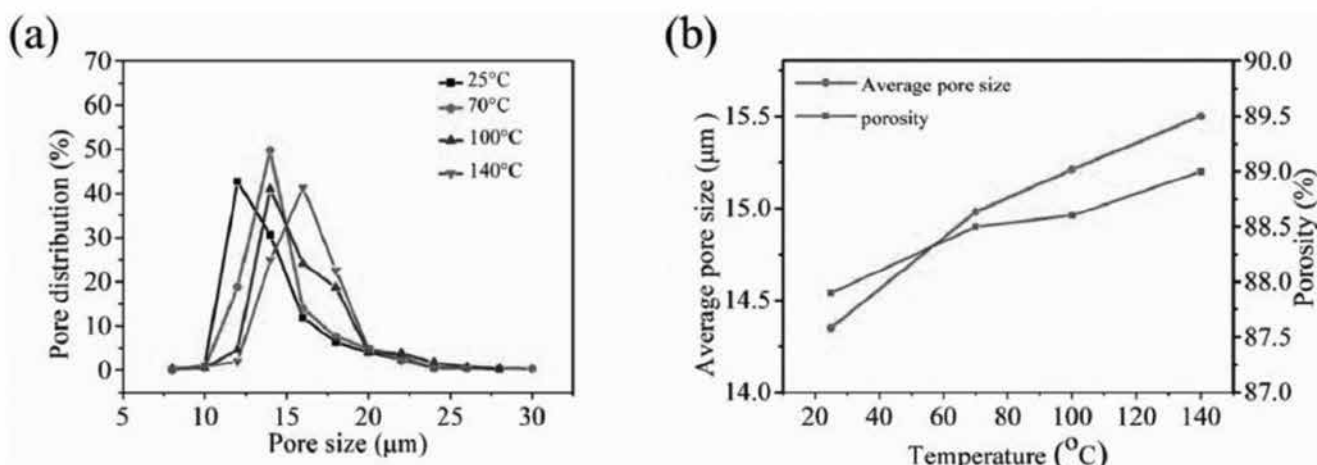
شکل ۲: خصوصیات منسوج ملت بلون: (a) تصویر (SEM)، توزیع قطر الیاف، (c) توزیع اندازه منافذ و (d) مقاومت کششی

ای الکترون-لیزر استفاده شده است. تکراری پذیری آزمایش ها جهت اطمینان از صحت آزمایش، ۵ بار ذکر شده است. اثر فیلتراسیون η به شرح زیر محاسبه گردیده است:

$$\eta = \left(1 - \frac{c_d}{c_u}\right) \times 100\% \quad (1)$$

آزمون در دمای محیط $25 \pm 2^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی $45 \pm 5\%$ و سرعت هوا $1, 14$ سانتی متر بر ثانیه انجام شده است. پتانسیل الکترواستاتیکی سطح با استفاده از ولت متر غیر تماسی (TREK Inc., Lockport, NY, USA) با سه بار تکرارپذیری از نقاط مختلف در سطح اندازه گیری شده است. خصوصیات الکترواستاتیکی از طریق تکنیک های TSD بررسی شده است. در این روش از اندازه گیری های مدار باز TSD در سیستمی متشکل از یک آون کنترل کننده دما با سرعت گرمایش خطی 3°C درجه سانتیگراد در دقیقه، یک الکترومتر (Keithley Model 6514, Beaverton, OR, USA) و یک رایانه پردازش داده استفاده شده است. جهت تجزیه و تحلیل درجه تبلور و ساختار بلوری از پراش اشعه ایکس با زاویه باز (XRD) با استفاده از دستگاه پراش اشعه ایکس (D / max-2550 PC، توکیو، ژاپن) در حالت مداوم استفاده شده است.

توسط گاز تحت فشار تخلیه گردید. پس از خروج تمام حجم مایع از منافذ، گاز از طریق همان نمونه خشک عبور داده شده است و فشارهای دیفرانسیل و میزان جریان گاز از طریق نمونه های مرطوب و خشک اندازه گیری شده است. اندازه منافذ (حداکثر، حداقل قطر منافذ و میانگین قطر منافذ) و توزیع آنها توسط نرم افزار Quantachrome Instruments محاسبه گردیده است. خصوصیات مکانیکی لایه ها نیز از طریق دستگاه تست کشش (YG026MB) و ونزو، Ltd، Fangyuan Instrument Co.، ونزو، چین) مورد آزمایش قرار گرفته است. طول، عرض و ضخامت نمونه های آزمایش شده به ترتیب 200 ، 50 و 40 میلی متر گزارش شده است. سرعت تست مکانیکی 100 میلی متر در دقیقه بوده و فرایند آنیلینگ در محفظه حرارتی (H / GDWJS-50L، Shanghai Husheng Instruments Co. Ltd، شانگهای، چین) برای نمونه ها در دماهای مختلف به مدت 24 ساعت انجام شده است. عملکرد فیلتراسیون منسوجات ملت بلون با استفاده از دستگاه فیلتر خودکار (TSI8130، TSI Instruments Co.، Ltd، Shoreview، MN، USA) آزمایش شده و از محلول آبی NaCl با غلظت 2% برای تولید ذرات توسط مولد آئروسول استفاده گردیده است. قطر متوسط جرم آئروسول 0.26 میکرومتر و محیط شمارش 0.75 میکرومتر بوده است. برای اندازه گیری بالاترین غلظت ذرات آئروسول (Cu) و نیز کمترین غلظت (Cd) به ترتیب از یک فوتومتر ذره



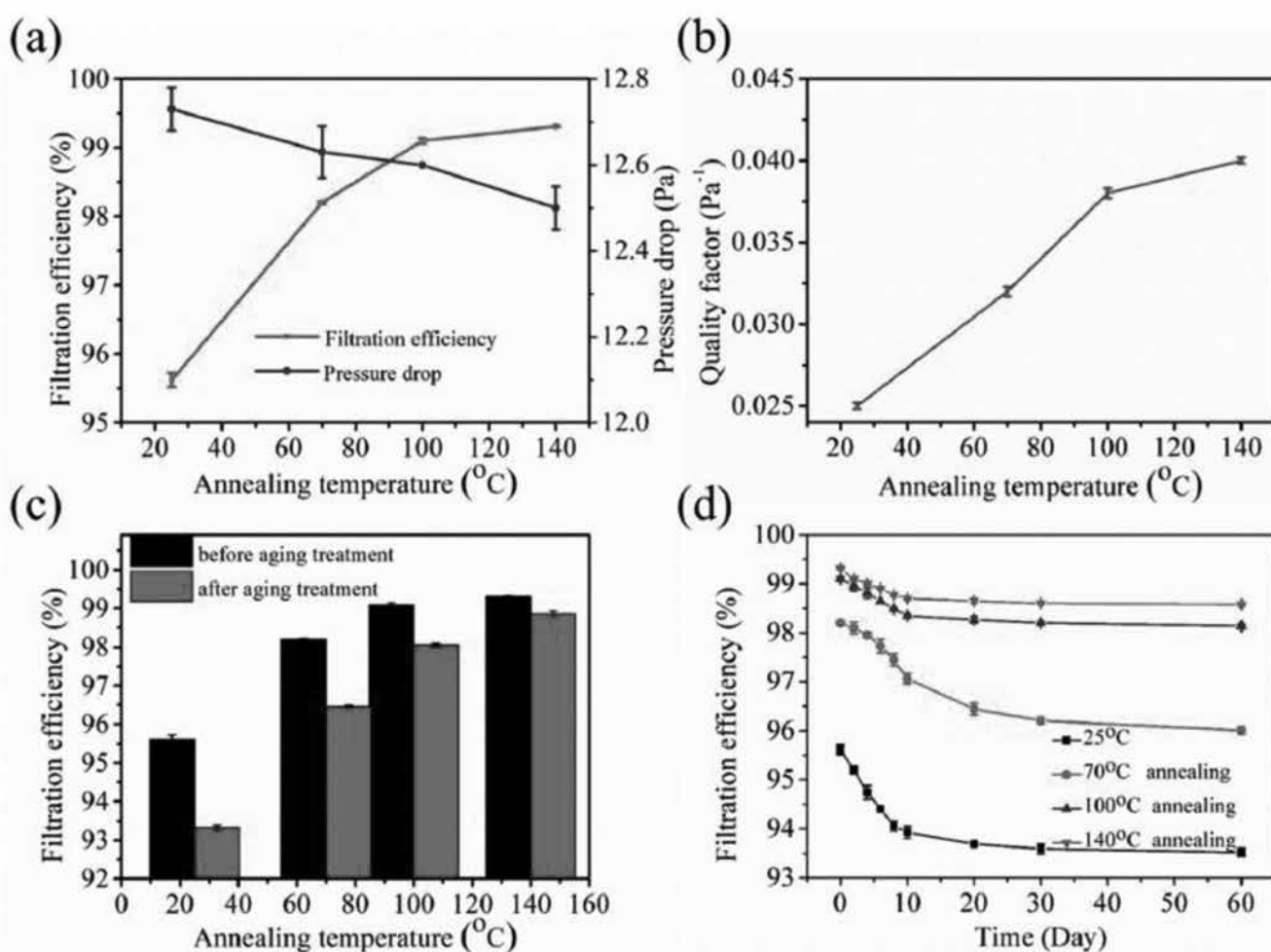
شکل ۳: ساختار منافذ نمونه های ملت بلون آئیل شده: (a) توزیع منافذ، و (b) اندازه منافذ و متوسط تخلخل

نتایج:

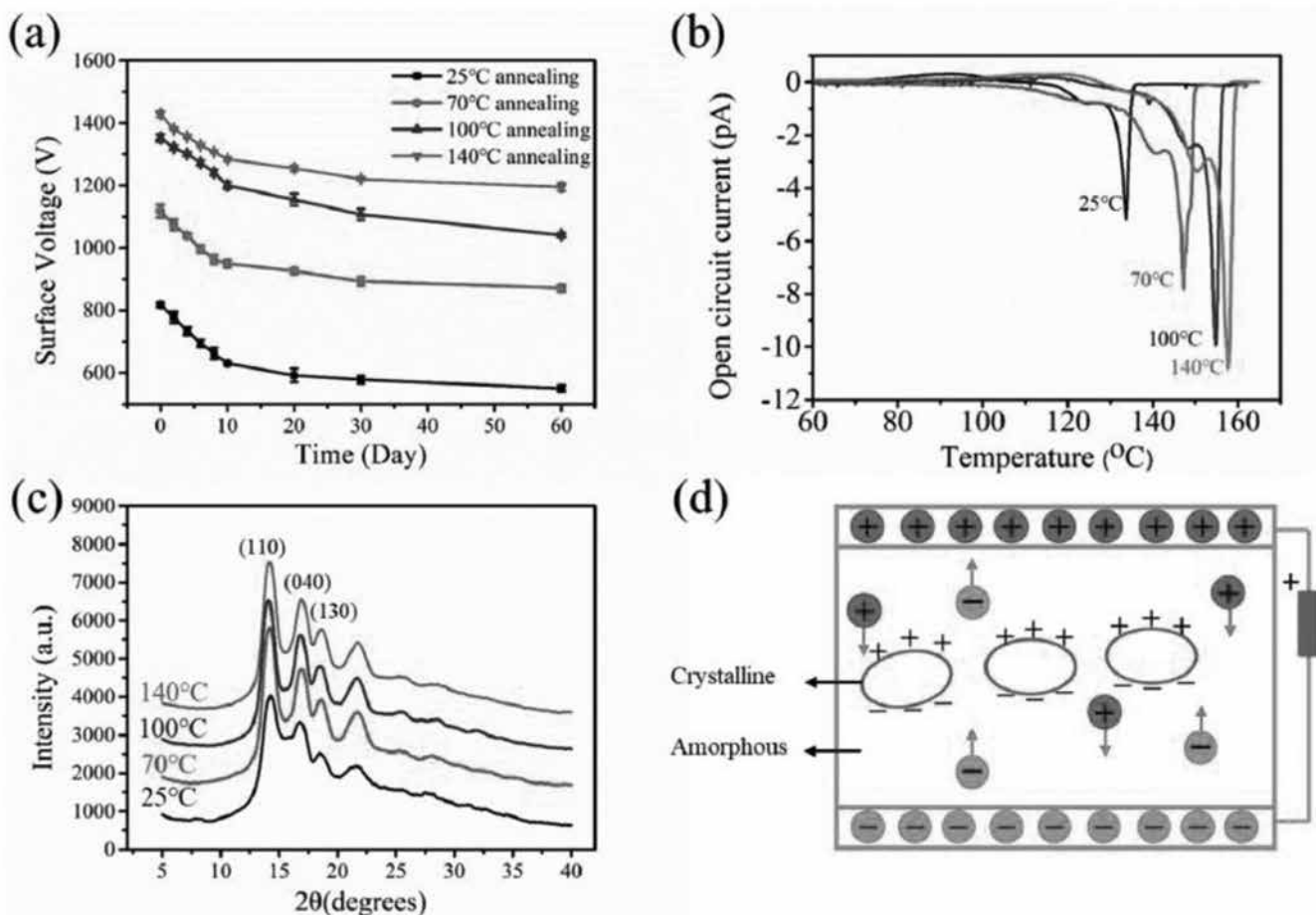
خصوصیات لایه ملت بلون:

نشان می دهد که یک ساختار سه بعدی میکرو متخلخل (با تخلخل ۹۰٪) توسط الیافی که به طور تصادفی آرایش یافته اند شکل گرفته است. الیاف دارای قطر متوسط $2/11 \pm 0/25$ میکرومتر هستند (شکل b2) و متوسط ابعاد منافذ $11/2 \pm 8/8$ میکرومتر می باشد (شکل 2c). از یک طرف، ساختار میکرو

تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از لایه ملت بلون تهیه شده از الیاف PP در شکل (a2) نشان داده شده است. این تصاویر



شکل ۴: عملکردهای فیلتراسیون نمونه های ملت بلون آئیل شده: (a) فیلتراسیون و افت فشار، (b) فاکتور کیفیت، (c) فیلتراسیون و تحلیل رفتن دما پس از درمان پیری، و (d) فیلتراسیون و فروپاشی سطح پس از دو ماه ها



شکل ۵: خواص الکتریکی نمونه های ملت بلون آنیل شده: (a) کاهش ولتاژ سطحی پس از دو ماه، (b) طیف تخلیه تحریک حرارتی (TSD) الگوی تابشی اشعه X (XRD) و (d) شماتیک شارژ انباشته شده در سطح بلور (c)،

حالیست که اغلب منسوجات ملت بلون به تنهایی به عنوان فیلتر استفاده نمی شوند و اغلب این لایه (به عنوان لایه اصلی فیلتر) با لایه های دیگر از جمله اسپان باند (جهت تامین استحکام مناسب) جهت مصارف فیلتراسیون به کار می روند.

بازدهی فیلتراسیون لایه هایی که قبل از شارژ فرایند آنیلینگ را طی می کنند: ساختار منافذ نقش مهمی را در نحوه عبور مولکول های هوا از لایه ایفا کرده و بنابراین مقاومت هوا را تحت تأثیر قرار می دهد. شکل 3a نشان می دهد که توزیع منافذ با افزایش دمای پخت، رفتاری مشابهی (به استثنای قله ای که در آن سایز منافذ متغیر است) را نشان می دهد. علاوه بر این، متوسط اندازه منافذ و تخلخل پس از آنیلینگ افزایش می یابد (شکل 3b). این نتیجه نشان می دهد که مقاومت هوا نیز پس از فرایند آنیلینگ کاهش می یابد.

این پدیده را می توان منبسط شدن منافذ در اثر عملیات حرارتی نام برد که منجر به ساختار کرکی منسوج ملت بلون می گردد. عملکرد فیلتراسیون نمونه های آنیل شده در شکل 4 نشان داده شده است. اثر فیلتراسیون نمونه غیر آنیل شده ۹۵/۶۲٪ گزارش شده است در حالی که در نمونه های آنیل شده با دمای ۷۰، ۱۰۰، و ۱۴۰ درجه سانتیگراد این مقدار به

متخلخل سه بعدی می تواند به عنوان یک کانال موثر برای عبور مولکول های هوا عمل کند و منافذ کوچک داخل این ساختار می تواند فرایند فیلتراسیون مکانیکی ذرات را بر اساس ابعاد بزرگتر ذرات تسهیل کند. از طرف دیگر، ذرات ریز نیز می توانند پس از شارژ توسط اثرات جذب الکترواستاتیکی جذب لایه شده و از عبور آنها جلوگیری شوند.

بنابراین نتایج حاصله نشان می دهد که منسوجات تهیه شده از روش ملت بلون کاندید مناسبی برای تهیه فیلتر هوا با راندمان بالا و مقاومت کم در برابر هوا (افت فشار پایین) می باشند.

خواص مکانیکی منسوج از جمله ازدیاد طول و استحکام کششی، پارامترهای قابل توجهی می باشند که می تواند کاربردهای عملی لایه را تعیین نماید. همانطور که در شکل 2d نشان داده شده است، استحکام کششی در راستای طولی ماشین (MD) بالاتر بوده و ازدیاد طول در راستای عرض دستگاه (CD) مقدار بالاتری را نشان داده است که ممکن است به دلیل آرایش یافتگی بیشتر الیاف در امتداد جهت خروجی دستگاه با وجود تصادفی بودن توزیع الیاف باشد. در اندازه گیری ها، مقاومت پارگی (CD) N12 گزارش شده است که برای اکثر کاربردهای فیلتراسیون هوا به اندازه کافی بالا و مناسب می باشد این در

جدول ۲: ساختار کریستالی نمونه‌ها در شرایط آنیلینگ با سه درجه حرارت مختلف

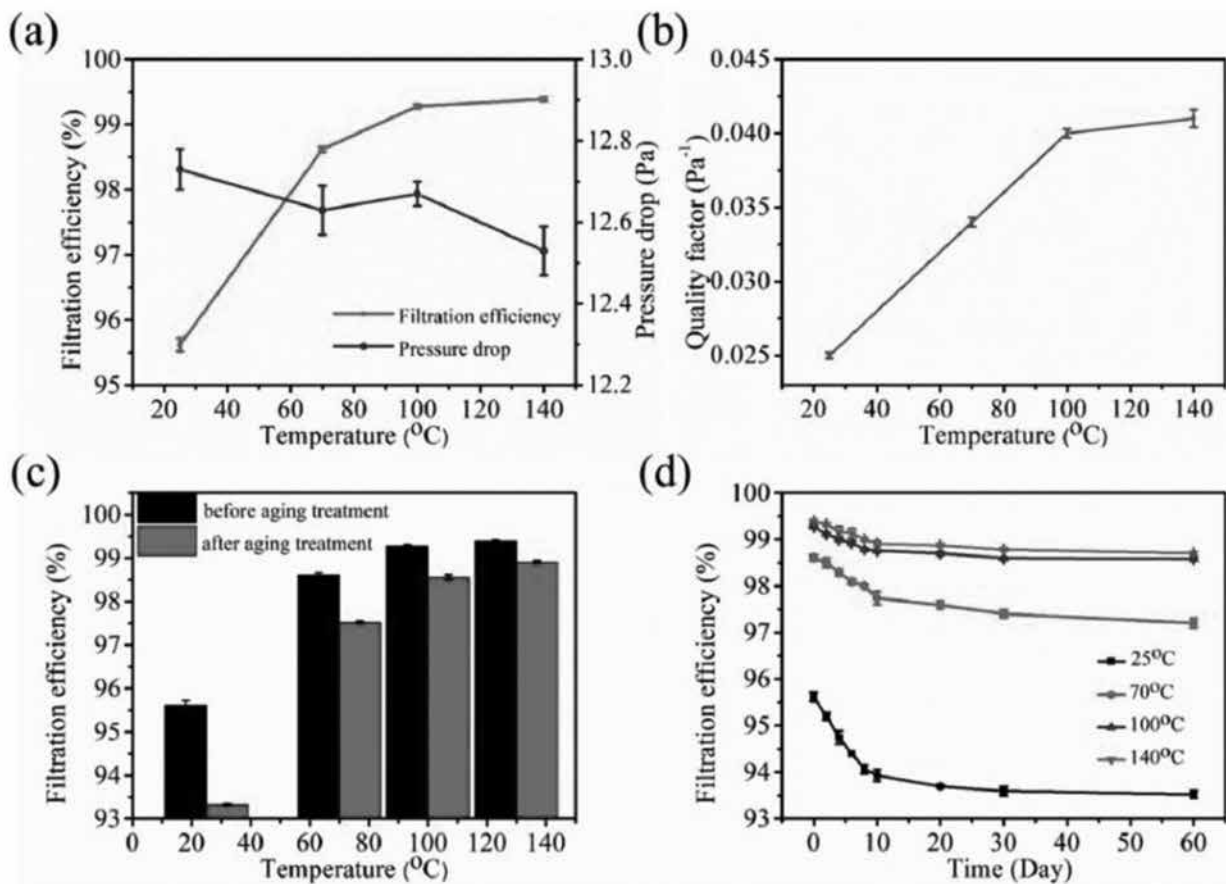
Sample	Crystallinity (%)	2θ(°)	D (Å)	XS (Å)
25 °C	40.91	13.90	6.256	115
		16.90	5.233	132
70 °C annealing	44.98	14.00	6.281	103
		16.90	5.227	122
100 °C annealing	49.24	14.05	6.232	98
		17.10	5.202	115
140 °C annealing	58.35	14.10	6.215	83
		17.15	5.185	103

ترتیب به ۹۸/۲۰، ۹۹/۱۰ و ۹۹/۳۱ رسیده است (شکل a4).

بنابراین بازدهی فیلتراسیون با افزایش دمای آنیلینگ افزایش می‌یابد. در همین حال، افت فشار روند کاهشی جزئی را نشان داده است که می‌تواند به دلیل بزرگ بودن منافذ و تخلخل زیاد ناشی از ساختار انبساطی باشد که به مولکول‌های هوا اجازه عبور راحت‌تر از روزنه‌های کانال را می‌دهد. ضریب کیفیت (QF) که به عنوان شاخص کلی در بیان عملکرد فیلتر بیان می‌شود از طریق رابطه (۲) قابل محاسبه می‌باشد:

$$QF = (\ln \frac{1}{1-\eta}) / \Delta p \quad (2)$$

در این رابطه η بازدهی فیلتراسیون و ΔP بیان‌کننده میزان افت فشار می‌باشد. همانطور که در شکل b4 مشاهده می‌شود رفتار ضریب کیفیت (QF) نسبت به درجه حرارت، مشابه بازدهی فیلتراسیون می‌باشد. این رفتار مشابه نشان می‌دهد که از طریق فرایند آنیلینگ همه جانبه کیفیت فیلتراسیون را افزایش می‌دهد و درجه بالای آنیلینگ مقدار بالاتر (QF) را به دنبال دارد. همراه با افزایش درجه آنیلینگ، بازدهی فیلتراسیون افزایش می‌یابد و در ضمن مقدار افت فشار کاهش می‌یابد و در نتیجه این امر منجر به بهبود کیفیت فیلتراسیون می‌گردد. پایداری راندمان فیلتراسیون یک ویژگی بسیار مهم در فیلتراسیون محسوب می‌شود، خصوصاً به دلیل اینکه میرایی بار منجر به کاهش بازدهی فیلتراسیون می‌شود. بنابراین، آزمایش مربوط به تاثیر گذشت زمان بر روی بازدهی فیلتراسیون انجام شد. کاهش بازدهی فیلتراسیون نمونه غیر آنیل شده پس از گذشت زمان ۲/۳۰ درصد بود، در حالی که نمونه‌های در دما ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۱/۷۴، ۱/۰۵ و ۰/۴۵ درصد بود (شکل c4). این نتیجه حاکی از آن است که با انجام عملیات بازپخت قبل از شارژ، پایداری مقاومت در برابر گذشت زمان مواد الکتریکی بهبود می‌یابد. شکل d4 نشان می‌دهد که بازدهی فیلتراسیون در مقایسه با گذشت زمان روند کاهشی را نشان می‌دهد. پس از دو ماه، بازدهی فیلتراسیون تقریباً به یک مقدار ثابت رسیده و کاهش کارایی نمونه غیر آنیل و نمونه‌های آنیل شده در ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰



شکل ۶: عملکردهای فیلتراسیون نمونه‌های ملت بلون شارژ شده در حرارت بالا (a) بازده فیلتراسیون و افت فشار، (b) فاکتور کیفیت (c)، (QF) تحلیل رفتن بازده فیلتراسیون پس از گذشت زمان و (d) افت کارایی فیلتراسیون پس از دو ماه.

درجه سانتیگراد به ترتیب ۲/۱۰، ۲/۰۹، ۰/۹۶ و ۰/۷۳ درصد بوده است. این یافته نشان می‌دهد که فرایند آنیلینگ می‌تواند پایداری بازده فیلتراسیون در طولانی مدت را نیز بهبود بخشد، به ویژه در نمونه‌هایی که در دمای بالا آنیل می‌شوند. علاوه بر این، نمودارها نشان می‌دهد که میرایی ولتاژ سطح غیر خطی بوده زیرا شیب کاهش در ماه اول بیشتر بوده و در ماه دوم به آرامی کاهش می‌یابد.

جهت آشکار نمودن مکانیسم میرایی بازدهی فیلتراسیون، آزمایش مشابهی بر روی ولتاژ سطح انجام شده است. همانطور که در شکل ۸۵ نشان داده شده، ولتاژ سطح روند کاهشی مشابه بازدهی فیلتراسیون را نشان می‌دهد و در نتیجه دلیل اصلی کاهش بازدهی فیلتراسیون مشخص می‌شود. میرایی ولتاژ سطح پس از دو ماه ۳۶۷، ۲۸۷، ۲۴۰ و ۲۳۳ ولت گزارش شده است. چنین مقادیری نشان می‌دهد که روش آنیلینگ می‌تواند ثبات ذخیره بار را بهبود بخشد.

یافته‌های دیگر نشان می‌دهد که منحنی کاهشی ولتاژ سطح را می‌توان به دو مرحله تقسیم کرد. در مرحله اول، منحنی کاملاً شیب دار بوده و سبب شیب نزولی کاهش می‌یابد. این پدیده را می‌توان با توجه به نفوذ بارها در سطح منسوج در نقاط کم عمق و عمیق توجیه کرد. با توجه به اینکه بارهای قرار گرفته بر روی سطح به راحتی جا به جا خواهند شد، ولتاژ در ابتدا به سرعت کاهش می‌یابد و سپس روش کاهش شیب به دلیل وجود بارهای قرار گرفته در نقاط عمیق تر نسبت به سطح به دلیل ساختار متخلخل لایه می‌باشد.

جهت بررسی بیشتر مکانیسم پایداری ذخیره ولتاژ سطح، خصوصیات الکتریکی نمونه‌ها از طریق اندازه گیری TSD بررسی شد. شکل ۸۵ نشان می‌دهد که شکل قله‌ها مشابه است، در حالی که شدت اوج و دمای مربوطه با یکدیگر متفاوت است. دو قله با دو ارتفاع متفاوت برای همه نمونه‌ها ظاهر شده است که تایید می‌کند دو نوع بار در مواد وجود دارد. قله با ارتفاع کم را می‌توان به آزاد شدن بارهای قرار گرفته بر روی نقاط کم عمق سطح نسبت داد، در حالی که قله اصلی به دلیل آزاد شدن بار در نقاط عمیق می‌باشد.

قله‌های کم عمق و اصلی نمونه غیر آنیل شده به ترتیب در دمای ۱۲۵ و ۱۳۳ درجه سانتیگراد ظاهر شدند. قله‌های کم عمق نمونه‌های آنیل شده به ترتیب در دمای ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد تقریباً در دمای ۱۴۰، ۱۴۸ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود، در حالی که قله‌های اصلی مربوطه به ترتیب در ۱۴۷، ۱۵۵ و ۱۵۸ درجه سانتیگراد ظاهر شدند. تغییر قابل توجه دمای قله به دمای بالا نشان داد که عمق نفوذ بار در نمونه‌های آنیل شده بیشتر بوده و در نتیجه برای آزاد شدن بارهای مربوطه نیاز به تحریک حرارتی بیشتر می‌باشد و بنابراین ثبات ذخیره شارژ در دماهای بالاتر بهبود یافته است. این پدیده را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که ساختار کریستال در طی فرایند بازپخت تغییر کرده و نفوذ بهتر برای بارها ایجاد شده است. ساختارهای بلوری مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای کریستالی محاسبه شده است (شکل ۸۵ و جدول ۲).

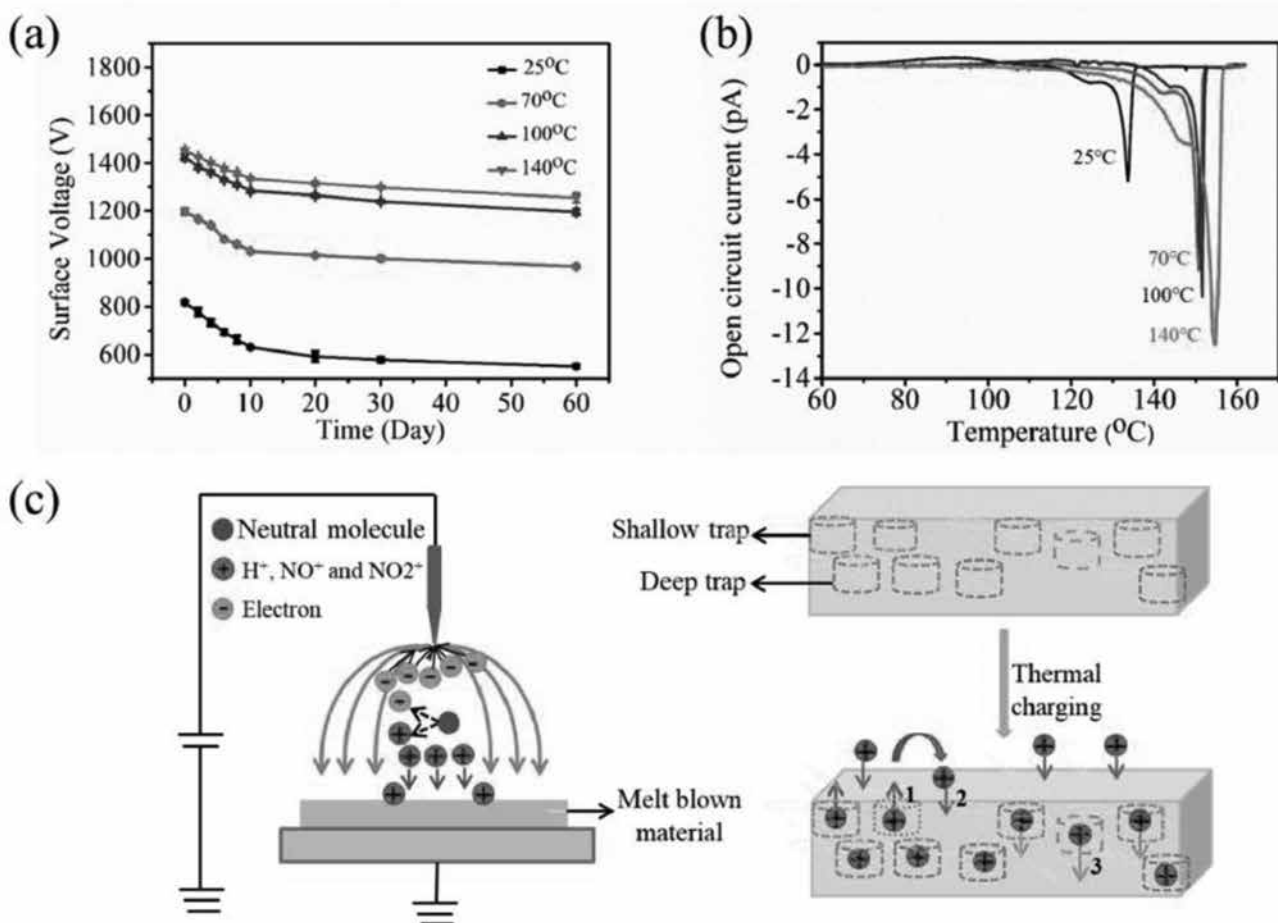
شبکه کریستالی (۱۱۰) به ترتیب در ۱۳/۹۰ درجه سانتیگراد، ۱۴/۰۰ درجه سانتیگراد، ۱۴/۰۵ درجه سانتیگراد و ۱۴/۱۰ درجه سانتیگراد برای نمونه غیر

آنیل شده و نمونه‌های آنیل شده در سه درجه حرارتی متفاوت ظاهر می‌شود. چنین ظاهری نشان می‌داد که مواد عمدتاً به بلورهای α متبلور می‌شوند. تبلور پس از آنیل شدن نمونه در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد، از ۴۰/۹۱ به ۵۸/۳۵ درصد افزایش یافته است. بنابراین ثابت می‌شود که فرایند آنیلینگ می‌تواند ساختارهای بلوری را تغییر دهد. مطالعات قبلی اظهار داشته است که مناطق قرارگیری بار به طور عمده وابسته به آرایش یافتگی ساختار و میزان مناطق بلوری و آمورف در پلیمر PP می‌باشد. با توجه به رسانایی الکتریکی متفاوت بین مناطق کریستالی و آمورف، حرکت حامل‌های بار محدود شده و این حامل‌ها بر روی سطح سابق رسوب کرده‌اند (شکل ۸۵d). علاوه بر این، نقاط کم عمقی که بار بر روی آن قرار گرفته (تله‌های کم عمق) در مرزها و پیرامون مناطق بلوری می‌باشد در حالی که تله‌های عمیق در قسمت‌های مرکزی قرار دارند. نسبت تله‌های عمیق به تله‌های کم عمق با کاهش اندازه مناطق بلوری افزایش می‌یابد. در نتیجه، از طریق فرایند آنیلینگ می‌توان یک ساختار کریستالی بهینه ایجاد نمود که در آن تله‌های عمیق ایجاد شده و بنابراین عملکرد الکترواستاتیکی فیلتر را بهبود بخشید.

عملکرد فیلتراسیون نمونه‌های شارژ شده در دماهای بالا:

منسوجات ملت بلون تهیه شده از الیاف PP در دماهای بالا شارژ می‌شوند. نتایج نشان داده است که کارایی فیلتراسیون و QF با افزایش دمای شارژ بهبود می‌یابد (شکل ۶a، b). نمونه شارژ شده در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به بازده فیلتراسیون ۹۹،۴۱٪ دست یافته و بدین ترتیب از نمونه شارژ شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (۶۲،۹۵٪) پیشی گرفته است. این پدیده را می‌توان به عملکرد برتر الکتریکی نمونه‌هایی که در دمای بالا شارژ می‌شوند و همچنین به دلیل افزایش تعداد ذرات جذب شده توسط مکانیسم جذب الکترواستاتیک نسبت داد. همانطور که در شکل ۸۶ نشان داده شده است، بازده فیلتراسیون نمونه‌های شارژ شده در دمای ۲۵، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد پس از گذشت زمان به ترتیب ۲/۳۰، ۱/۱۰، ۰/۷۲ و ۰/۴۸ درصد کاهش یافته است. این کاهش‌ها نشان می‌دهد که ثبات مقاومت در برابر گذشت زمان بهبود یافته است که ممکن است به دلیل حرکت بارهای قرار گرفته بر روی سطح ماده به تله‌های عمیق‌تر در دمای بالا باشد. این شارژها در شرایط گذشت زمان نسبتاً پایدار بوده‌اند. علاوه بر این، ثبات راندمان فیلتراسیون پس از گذشت زمان اندازه‌گیری شده است. بازده فیلتراسیون چهار نمونه شارژ شده پس از دو ماه به ترتیب با ۲/۱۰، ۱/۴۱، ۰/۷۰ و ۰/۶۰ درصد کاهش یافته است (شکل ۸۶d). این یافته نشان داده است که فناوری شارژ حرارتی به طور قابل توجهی خاصیت میرایی طولانی مدت کارایی فیلتراسیون را افزایش می‌دهد.

همانطور که در شکل ۸۷ مشاهده می‌شود روند کاهش ولتاژ سطح مشابه روند کاهشی بازدهی فیلتراسیون می‌باشد، این بدان معنا است که فناوری شارژ حرارتی می‌تواند پایداری عملکردهای الکتریکی را بهبود بخشد. خصوصیات الکترواستاتیکی با استفاده از روش TSD در نمودار b7 بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. قله‌های فرعی و اصلی نمونه‌ها در دمای ۲۵، ۷۰،



شکل ۷: خواص الکترواستاتیکی نمونه های ملت بلون با شارژ حرارتی: (a) کاهش ولتاژ سطح پس از دو ماه، (b) طیف TSD و (c) شماتیک بارهای انباشته شده در طی فرآیند شارژ حرارتی

نتیجه گیری

COVID-19 یک بیماری استثنایی مسری است که مردم به اقدامات احتیاطی زیادی از جمله استفاده از دستگاه تنفس N95 برای محافظت از خود نیاز دارد. در این مطالعه، یک منسوج ملوت بلون تهیه شده از الیاف PP برای دستگاه های تنفس N95 با فیلتراسیون بالا و پایداری بازدهی فیلتراسیون عالی طراحی شده است. روش شارژ حرارتی، روش آنیلینگ قبل از شارژ، در طی فرآیند شارژ به کار گرفته شده است. کمیت و عمق تله های شارژ به دلیل ساختار بلوری بهینه شده و با تحریک حرارتی فیلتراسیون بسیار بهبود یافته است. در این راستا فیلتری با بازدهی فیلتراسیون بالا ۹۹.۶۵٪، افت فشار کم 120 Pa و ثبات رضایت بخشی تولید شده است که این مقدار به مراتب بالاتر از استاندارد فعلی ماسک های تنفسی می باشد.

* مدیریت واحد تحقیق و توسعه شرکت صنعتی لایی ساز

مرجع:

Polymers 2020, 12, 2341; doi:10.3390/polym12102341

۱۰۰ و ۱۴۰ درجه سانتیگراد به ترتیب در ۱۲۵ و ۱۳۳، ۱۴۲، ۱۵۱ و ۱۴۴ و ۱۵۲ درجه سانتیگراد ظاهر شده اند.

هر دو قله فعلی به دمای بالا تغییر مکان داده و بنابراین یک تغییر آشکار در پایداری بار را نشان می دهد. این تغییر را می توان به پدیده به دام انداختن مجدد بارها نسبت داد، که در آن بارهای به دام افتاده تحت رانش قرار می گیرند و در دمای بالا یک فرآیند دام انداختن عمیق دوم انجام می شود و میانگین عمق بار به طرز چشمگیری عمیق تر می شود. شکل ۷C مدل توزیع بار و رانش را در یک فرآیند حرارتی نشان می دهد. تخلیه بار به دلیل اختلاف پتانسیل زیاد بین منبع ولتاژ بالا و الکتروود گیرنده رخ داده است. این پدیده منجر به تجزیه مولکول خنثی و حرکت یونها به سمت الکتروود با پتانسیل پایین شده است. در این مطالعه، میدان الکتریکی مولکولهای خنثی را برای تولید یونهای NO، H⁺ و NO₂ آماده کرده است. یونها به سمت روی سطح رسوب می کنند و الکترون ها را به تله ها منتقل می کنند. در عین حال، چندین بار از طریق فعال سازی حرارتی و رانش در مکان های خود از تله ها آزاد شده اند و مجدد پس از طی یک مسیر آزاد در مکان های عمیق تر نفوذ کرده و در نمونه ها به طور ثابت قرار گرفته اند و پایداری ذخیره بار بهبود یافته است (شکل ۷C).