مطالعه نفوذپذیری هوا در فیلترهای تنفسی پزشکی الکتروریسی شده

عارفه صحت[1]/ حسن آقامشروطه[1]/ محسن هادی‌زاده[1]/ نجمه دهقان[2]/ فاطمه مجلل[3]/ سیدمحمد مشتاقیون[1]

چکیده

نانوالیاف ساخته شده از طریق فرایند الکتروریسی می‌توانند به منظور ساخت بسترهای فیلتر کننده در دستگاه کمک تنفسی ونتیلاتور مورد استفاده قرار بگیر ند. هدف مطالعه حاضر ارزیابی و مقایسه عملکرد میزان نفوذپذیری هوای بسترهای نانوالیاف ساخته شده با دو نمونه از بسترهای تجاری معمول (فیلتر داخلی و خارجی) مورد استفاده در ساختار فیلتر دستگاه کمک تنفسی است.

همچنین بررسی تأثیر پارامترهای الکتروریسی از قبیل ولتاژ و سرعت تولید بر روی میزان نفوذپذیری هو ای بسترهای نانوالیاف انجام شده است. د ر این تحقیق، نمونه‌ها با ولتاژها و سرعت تولیدهای متفاوت، توسط دستگاه الکتروریسی صنعتی تولید شد. نتایج با استفاده از نر مافزار آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌داری روی عامل‌های ولتاژ، سرعت تولید و فشار دستگاه نفوذپذیری هوا است و اثرهای متقابل عامل‌ها نیز تأثیر معنی‌داری داشته است.

۱- مقدمه

فناوری نانو به دلیل عملکرد مطلوب و خواص شگرف مواد در این ابعاد مورد توجه محققان در رشته‌های مختلف قرار گرفته است. امروزه نانوالیاف بیشتر توسط روش الکتروریسی تولید می‌شوند.

الکتروریسی روشی ساده و ارزان برای تولید طیف گسترده‌ای از پلیمرها در قالب الیاف در مقیاس نانو و میکرومتر است.

نانوالیاف الکتروریسی شده با خواص منحصربه‌فردی همچون نسبت سطح به حجم بالا، وزن پایه پایین، نفوذپذیری بالا و روزنه‌های ریز مناسب برای محدوده وسیعی از کاربردهای فیلتراسیون هستند.

فیلترهای الیافی عموماً توسط الیاف با قطرهای در حدود چند میکرومتر ساخته می‌شود که ذرات جامد مثل گردوغبار، گرده، قارچ و باکتری را از هوا حذف می‌کنند. با افزایش نسبت سطح به حجم نانوالیاف، احتمال نشست ذرات هوا پخش (آئروسل) روی سطح لیف، به طور مؤثری افزایش یافته و به این وسیله بازده فیلتر بهبود می‌یابد.صصاز جمله این فیلترها، فیلتر مبدل حرارتی و رطوبتی است که در مسیر هوای دم و بازدم بیمارانی که نیاز به تنفس مصنوعی دارند یا احیاناً تحت فرآیند بیهوشی واقع می‌شوند، قرار می‌گیرند.

این فیلترها برای جلوگیری از انتقال ذرات نامطلوب از طریق گازهای دمیده شده به بیماران و حذف احتمالی ذرات از هوای بازدم استفاده می‌شوند.

هوای بازدم شده از بیماران بدحال مبتلا به عفونت ممکن است حاوی پاتوژن‌های باکتریایی یا ویروسی باشد که به طور بالقوه می‌تواند به سایر بیماران، کارکنان مراقبت‌های بهداشتی و... منتقل شود؛ بنابراین وجود این فیلتر حائز اهمیت است.

با توجه به مزایای شناخته شده‌ای که در مورد استفاده از بسترهای نانوالیاف جهت فیلتراسیون توسط محققین مختلف به آن تأکید شده است، در این مقاله سعی

جدول ۱. مشخصه‌های نمونه‌های تولیدی

نمونه تولیدی	دولایه (یک طرف اسپان باند محتوی نانوالیاف)				سه‌لایه (دو طرف اسپان باند محتوی نانوالیاف)			
کد نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ولتاژ (kV)	۱۸۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۱۰	۱۸۰	۱۸۰	۲۱۰	۲۱۰
سرعت (m/min)	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۱/۵

بر این است که اثر عامل‌های ولتاژ و سرعت تولید دستگاه الکتروریسی و فشار دستگاه نفوذپذیری هوا بر قابلیت نفوذپذیری هوا در نانوالیاف تولید شده با استفاده از فرآیند الکتروریسی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲ - تجربیات

در این تحقیق از خط تولید صنعتی نانوالیاف پلیمری با تکنولوژی بدون نازل استفاده شد. لایه‌نانوالیاف پلی‌اکریلونیتریل بین دو بستر اسپان باند با گرماژها متفاوت قرار گرفت.

به منظور چسبندگی نانوالیاف به بسترها از چسب زیست‌سازگار با غلظت یک درصداستفاده شد.

گروه دیگر نمونه‌ها یک لایه اسپان باند و نانوالیاف بود. محلول پلی‌اکریلونیتریل در حلال دی‌متیل‌فرمامید با غلظت ۱۰ درصد جهت الکتروریسی به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق با استفاده از یک همزن مغناطیسی تهیه شد.

شرایط بهینه الکتروریسی عبارت بودند از: فاصله نازل تا جمع‌کننده ۱۷ سانتیمتر، ولتاژ ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلو ولت و سرعت تولید ۰/۵و ۱/۵ متر بر دقیقه. مشخصه‌های نمونه‌های تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است.

گذردهی هوایی یک منسوج نشان‌دهنده میزان عبور هوا از درون آن است. نفوذپذیری هوا مقدار جریان هوایی را که به طور عمودی از هر سطح پارچه در واحد زمان تحت فشارهای مشخص بین دو طرف پارچه عبور می‌کند؛ نشان می‌دهد و واحد آن CC/S است.

در این تحقیق طبق جدول‌های ۲ تا ۴ مقدار هوای عبورکرده از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری هوا مدل۲۱ SDL طبق استاندارد بریتانیا۵۶۳۶

جدول ۲. نتایج آزمون نفوذپذیری هوای نمونه فیلترهای تجاری

نمونه فیلترهای تجاری				
خارجی		داخلی		فشار (میلی‌متر آب)
CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	
۴/۱۳	۲۷/۸۳	۳/۱۹	۱۷/۲۶	۲
۳/۶۸	۲۵۲/۳۳	۱/۶۶	۱۵۱/۳۳	۲۲
۳/۶۸	۲۷۶/۰۰	۲/۱۶	۱۶۷/۰۰	۲۴
۳/۸۶	۲۸۶/۶۶	۲/۰۸	۱۷۳/۰۰	۲۵
۳/۳۶	۲۹۸/۳۳	۱/۶۹	۱۸۰/۶۶	۲۶
۳/۴۷	۳۲۱/۰۰	۲/۰۵	۱۹۵/۰۰	۲۸

جدول ۳. نتایج آزمون نفوذپذیری هوای نمونه‌های تولیدی دولایه

کد نمونه								
۴		۳		۲		۱		فشار (میلی‌متر آب)
CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	
۱۰/۸۴	۲۱/۹۵	۵/۶۱	۹/۰۸	۶/۹۹	۱۶/۸۰	۵/۱۲	۸/۰۶	۲
۱۲/۸۲	۱۹۱/۸۳	۵/۴۲	۶۴/۵۰	۸/۱۲	۱۳۷/۱۶	۶/۴۲	۵۲/۶۶	۲۲
۱۲/۸۸	۲۰۹/۶۶	۵/۶۷	۷۰/۶۶	۸/۳۲	۱۵۰/۸۳	۴/۰۶	۵۹/۶۶	۲۴
۱۲/۹۳	۲۱۸/۰۰	۵/۵۳	۷۳/۶۶	۷/۸۰	۱۵۷/۰۰	۴/۶۰	۶۲/۱۶	۲۵
۱۳/۰۱	۲۲۷/۵۰	۵/۵۹	۷۷/۳۳	۸/۲۰	۱۶۴/۰۰	۵/۵۳	۶۵/۱۶	۲۶
۱۳/۱۴	۲۴۵/۳۳	۶/۳۳	۸۴/۵۰	۷/۷۶	۱۷۷/۵۰	۵/۲۹	۷۰/۳۳	۲۸

جدول ۴. نتایج آزمون نفوذپذیری هوای نمونه‌های تولیدی سه‌لایه

کد نمونه								
۸		۷		۶		۵		فشار (میلی‌متر آب)
CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	CV%	میانگین نفوذپذیری هوا (CC/Sec)	
۹/۷۰	۲۸/۴۳	۱۴/۸۶	۷/۶۶	۷/۹۱	۱۹/۱۰	۱۲/۱۳	۹/۳۱	۲
۱۰/۲۷	۲۴۷/۳۳	۲۰/۰۰	۵۱/۰۰	۹/۵۰	۱۵۹/۰۰	۱۶/۱۶	۶۵/۳۳	۲۲
۱۰/۳۲	۲۶۹/۰۰	۱۷/۵۱	۵۶/۵۰	۹/۲۳	۱۷۳/۰۰	۱۴/۹۸	۷۲/۰۰	۲۴
۱۰/۳۱	۲۷۹/۰۰	۱۹/۰۶	۵۸/۵۰	۸/۹۱	۱۸۱/۰۰	۱۵/۸۲	۷۵/۱۶	۲۵
۱۰/۴۱	۲۹۰/۸۳	۱۹/۴۱	۶۰/۸۳	۸/۶۰	۱۸۸/۵۰	۱۶/۵۹	۷۸/۶۶	۲۶
۱۰/۳۹	۳۱۳/۰۰	۱۸/۴۶	۶۶/۸۳	۸/۵۵	۲۰۴/۰۰	۱۵/۷۵	۸۵/۳۳	۲۸

جدول ۵. نتایج آزمون آنووا برای نمونه فیلتر داخلی

Source	Type I Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	64086.311[a]	5	12817.262	1326.610	.000
Intercept	390963.769	1	390963.769	40465.458	.000
هنار	64086.311	5	12817.262	1326.610	.000
Error	115.940	12	9.662		
Total	455166.020	18			
Corrected Total	64202.251	17			

جدول ۶. نتایج آزمون آنووا برای نمونه فیلتر خارجی

Source	Type I Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	175567.403[a]	5	35113.481	392.093	.000
Intercept	1068965.681	1	1068965.681	11936.563	.000
هنار	175567.403	5	35113.481	392.093	.000
Error	1074.647	12	89.554		
Total	1245607.730	18			
Corrected Total	176642.049	17			

جدول ۷. نتایج آزمون آنووا برای نمونه‌های تولیدی دولایه

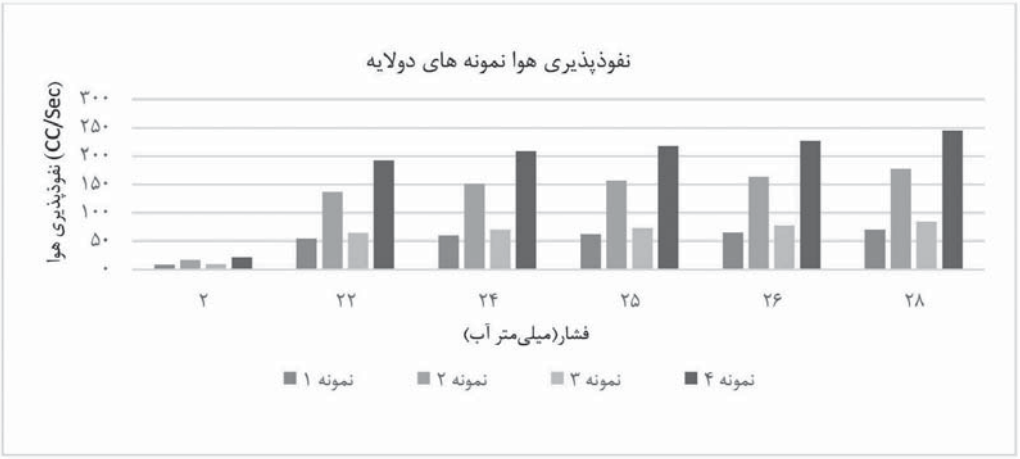
Source	Type I Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	766354.650[a]	23	33319.767	160.232	.000
Intercept	1711387.240	1	1711387.240	8229.937	.000
وفار	34534.028	1	34534.028	166.072	.000
سرعت	371348.047	1	371348.047	1785.786	.000
هنار	274321.267	5	54864.253	263.838	.000
وفار * سرعت	15662.522	1	15662.522	75.320	.000
وفار * هنار	5831.972	5	1166.394	5.609	.000
سرعت * هنار	62031.418	5	12406.284	59.661	.000
وفار * سرعت * هنار	2625.396	5	525.079	2.525	.033
Error	24953.590	120	207.947		
Total	2502695.480	144			
Corrected Total	791308.240	143			

جدول ۸. نتایج آزمون آنووا برای نمونه‌های تولیدی سه‌لایه

Source	Type I Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1328522.78[a]	23	57761.860	201.521	.000
Intercept	2309412.106	1	2309412.106	8057.142	.000
وفار	43789.050	1	43789.050	152.772	.000
سرعت	693097.876	1	693097.876	2418.099	.000
هنار	369575.786	5	73915.157	257.877	.000
وفار * سرعت	86284.167	1	86284.167	301.031	.000
وفار * هنار	7152.292	5	1430.458	4.991	.000
سرعت * هنار	114500.703	5	22900.141	79.895	.000
وفار * سرعت * هنار	14122.909	5	2824.582	9.854	.000
Error	34395.502	120	286.629		
Total	3672330.390	144			
Corrected Total	1362918.284	143			

جدول ۹. نتایج مقایسه میانگین‌ها حاصل از آزمون دانکن برای عامل فشار

فیلتر داخلی	۲	۲۲	۲۴	۲۵	۲۶	۲۸
فیلتر خارجی	۲	۲۲	۲۴ ۲۵		۲۶	۲۸
نمونه‌های تولیدی دولایه	۲	۲۲	۲۴ ۲۵		۲۶	۲۸
نمونه‌های تولیدی سه‌لایه	۲	۲۲	۲۴ ۲۵		۲۶	۲۸



شکل ۱. مقایسه نمونه‌های تولیدی

جدول ۱۰. نتایج آزمون دانکن برای مقایسه نمونه‌های تولیدی با نمونه فیلترهای تجاری

ولتاژ ۱۸۰kV	نمونه‌ها دولایه با سرعت ۰/۵ m/min	نمونه‌ها سه لایه با سرعت ۰/۵ m/min	نمونه‌ها دولایه با سرعت ۱/۵ m/min	نمونه فیلتر داخلی	نمونه‌ها سه‌لایه با سرعت ۱/۵ m/min	نمونه فیلتر خارجی
ولتاژ ۲۱۰kV	نمونه‌ها سه لایه با سرعت ۰/۵ m/min	نمونه‌ها دولایه با سرعت ۰/۵ m/min	نمونه فیلتر داخلی	نمونه‌ها دولایه با سرعت ۱/۵ m/min	نمونه‌ها سه‌لایه با سرعت ۱/۵ m/min	نمونه فیلتر خارجی

BS در فشارهای ۲ ، ۲۲ ، ۲۴ ، ۲۵ ، ۲۶ و ۲۸ میلیمتر آب برحسب cc/sec اندازه‌گیری شد. میزان نفوذپذیری هوا بر روی ۶ آزمونه از قسمت‌های مختلف هر نمونه انجام گرفت.

۳-تجزیه و تحلیل

آنالیز واریانس برای داده‌های به دست آمده از آزمون نفوذپذیری هوا انجام شد. مقادیر کوچک سطح معنی‌داری در جدول‌های ۵ تا ۸ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف ولتاژ، سرعت تولید، فشار دستگاه نفوذپذیری هوا وجود دارد.

اثرات متقابل متغیرها نیز تأثیر معنی‌داری داشته است. پس هرکدام از عوامل ذکر شده بر روی میزان نفوذپذیری نمونه‌های تولید شده مؤثر هستند.

از آزمون مقایسه چند دامنه دانکن برای مقایسه میانگین بین سطوح فشار بر نفوذپذیری نمونه‌ها استفاده شده است.

از مقایسه میانگین بین سطوح عامل فشار نمونه‌های تولیدی و نمونه فیلتر خارجی مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین فشارهای ۲ ، ۲۲ ، ۲۶ و ۲۸ با فشار ۲۴ و ۲۵ وجود دارد و از مقایسه میانگین بین سطوح عامل فشار فیلتر داخلی مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین فشارهای ۲ ، ۲۲ ، ۲۴، ۲۵ ، ۲۶ و ۲۸ وجود دارد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون دانکن در جدول ۹ خلاصه شده است.

مقایسه نمونه‌های تولیدی در شکل ۱ نشان داده شده است.

با افزایش فشار نمونه فیلترهای تجاری و نمونه‌های تولیدی، میزان نفوذپذیری هوا بالاتری دارند.

نمونه‌های تولیدی دولایه با سرعت تولید۱/۵متر بر دقیقه نسبت به سرعت تولید ۰/۵متر بر دقیقه نفوذپذیری هوای بالاتری دارند و نمونه‌های تولیدی دولایه با ولتاژ ۲۱۰ کیلوولت نسبت به ولتاژ ۱۸۰ کیلو ولت نفوذپذیری هوای بالاتری دارند. برای نمونه‌های تولیدی سه‌لایه نیز نتایج به همین صورت است.

آزمون دانکن برای مقایسه نتایج نمونه‌های تولیدی با نمونه فیلترهای داخلی و خارجی انجام شد.

مشاهده می‌شود که نمونه‌های تولیدی سه‌لایه با ولتاژ ۱۸۰ کیلوولت و سرعت تولید ۱/۵متر بر دقیقه با نمونه فیلتر داخلی و نمونه‌های تولیدی سه‌لایه با ولتاژ ۲۱۰ کیلوولت و سرعت تولید ۱/۵متر بر دقیقه با نمونه فیلتر خارجی هم‌گروه شده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون دانکن در جدول ۱۰ خلاصه شده است.

٤ - نتیجه‌گیری

در این مقاله اثر عامل‌های ولتاژ و سرعت تولید دستگاه الکتروریسی و فشار دستگاه نفوذپذیری هوا روی بستر نانوالیاف بررسی شد.

اثر معنی‌داری روی عامل‌های ولتاژ، سرعت تولید و فشار دستگاه نفوذپذیری هوا وجود دارد و اثرهای متقابل عامل‌ها نیز تأثیر معنی‌داری داشته است به نحوی که با افزایش ولتاژ، سرعت تولید و فشار، نمونه‌ها میزان نفوذپذیری هوا بالاتری دارند.

پی نوشت

۱-دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه یزد
۲-شرکت زیست فناوران بافت همانند ساز مانا