نانو تکنولوژی

بهبود آبگریزی پارچه پلی استری تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئور دار از طریق آمین کافت و مقایسه با نانو ذرات سیلیکا

مترجم: عباس حاجی پور

چکیده

برای ساخت پارچه‌های از نوع لوتوس، ترکیبی از دو شرط اصلی، انرژی سطح پایین و درجه زبری افزایش یافته، باید استفاده گردد. در این پژوهش، از تاثیر زبری سطح آمین کافت الیاف پلی استر، در حالیکه لایه فلوئورو کربن انرژی سطح پایین ایجاد می‌کند، برای تغییر مورفولوژی سطح استفاده شد. نتایج با روش‌هایی که زبری سطح متفاوت را از طریق تغییر در اندازه ذرات نانو سیلیکا ایجاد می‌کنند، با استفاده از تست دفع شدگی 3M آب/ روغن، زاویه (انحراف) لغزش، میکروسکوپی (SEM)، از بین رفتن آبگریزی، خود پاک شوندگی، و خواص کششی مقایسه شد. نتایج بدست آمده، مفید بودن فرآیند آمین کافت متداول پلی استر برای کنترل زبری سطح به منظور افزایش آبگریزی پارچه با زاویه لغزش کم ۱۲° را نشان داد.

مقدمه

تر شوندگی سطح جامد از ویژگی‌های مهم مواد است که توسط ترکیب شیمیایی و هندسه سطح کنترل می‌گردد. برای بستر جامد، وقتی که زاویه تماس آب بیشتر از ۱۵۰° است، سطح ابر آبگریز نامیده می‌شود. در حالیکه قدمت تحقیقات بر روی سطوح ابر آبگریز به مدت‌ها قبل باز می‌گردد، رویکرد اصلی بر روی منسوجات به تقلید از اثر برگ لوتوس با خواص خود پاک شوندگی می‌باشد. تلاش برای ساخت الیاف و منسوجات ابر آبگریز به روش‌های مختلف از قبیل الکتروریسی، سل ژل، پلیمرزاسیون پلاسما و پوشش دهی وجود دارد، اما هیچ کار تحقیقاتی، استفاده از آمین کافت پلی‌استر به منظور تغییر زبری سطح الیاف را گزارش نکرده است. نانو ذرات عموما به عنوان راهی ساده برای تغییر زبری سطح به منظور ساخت منسوجات از نوع لوتوس استفاده می‌شوند، اما بعضی از نانو ذرات می‌توانند با آزاد شدن از سطح پارچه تکمیل شده به پوست شخص نفوذ کنند و سبب مشکلاتی برای سلامت شخص گردند. همچنین منسوج بدست آمده می‌تواند برای پوشیدن ناخوشایند باشد. بنابراین جایگزینی نانو ذرات برای صنعت نساجی می‌تواند یک اولویت باشد. در این مقاله، ساخت پلی استر ابر آبگریز با پذیرش فرآیند سنتی تکمیل منسوجات مورد بررسی قرار گرفت. برای بدست آوردن توپوگرافی موفق، ۳ روش مختلف از قبیل: (۱) تغییر اندازه نانو ذرات سیلیکا، (۲) آمین کافت پلی استر و (۳) با استفاده از نانو ذرات سیلیکا بر روی نمونه‌های آمین عمل شده، مورد بررسی قرار گرفت. انرژی سطح پایین مورد نیاز لایه برای تمام نمونه‌ها با استفاده ماده شیمیایی فلوئور دار بدست آورده شد.

تجربیات

مواد

از پارچه پلی استر با بافت ساده (۱۰۰٪، ۱۲۰ g/m^2) به عنوان بستر استفاده شد. تمام مواد شیمیایی از درجه تحلیلی و از شرکت Merck، آلمان، بودند. نانو ذرات سیلیکا، (SNOTEX O (10–20 nm))، SNOTEX OL (40–50 nm)، MP-4540 (100–200 nm) و MP-1040 (300–400 nm) از Nissan Chemical America Corporation تهیه شدند. فلوئوروکربن انتخاب شده Rucostar EEE از Rudolf، آلمان، بود و درجتنت نانیونیک Sera Wet C-NR از DyStar بود.

تهیه پارچه

پارچه پلی استری در ابتدا به منظور حذف هر ناخالصی محتمل که می‌تواند تاثیر نامطلوب بر روی سطح داشته باشد، با استفاده از ۱mL/L درجتنت نانیونیک و ۰,۲g/l کربنات سدیم (pH ۸–۹) با L/R= ۳۰:۱ در دمای ۵۰–۵۵°C به مدت ۴۵ دقیقه، شسته شد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه با آب شسته شدند و در معرض هوا و بدون هیچگونه تنشی خشک گردیدند.

تکمیل پارچه پلی استری با مواد شیمیایی فلوئوردار

پارچه پلی استر شسته شده در حمام تکمیل حاوی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ گرم بر لیتر Ru-costar EEE، اسید استیک برای تنظیم PH آغشته شد و پروپان 2-ol، به میزان ۵ mL/L به عنوان عامل خیس کننده به حمام‌ها اضافه شد. سپس، نمونه‌ها از بین دو غلتک پد کننده آزمایشگاهی (Mathis، سوئیس) عبور داده شدند.

جدول ۱. دفع شوندگی آب و ویژگی های فیزیکی پارچه های پلی استر عمل شده با مواد شیمیایی فلوئوردار

Table 1 Water repellency and physical properties of fluorochemical-treated polyester fabrics

Fluorochemical (g/l)	Sliding angle (°)	Tenacity change (%)	Water and oil repellency 3M test					
			Before wash		After wash		After wash and hot-pressing	
			Water	Oil	Water	Oil	Water	Oil
30	19.1±0.5	12.1±3.4	10	8	2	0	9–10	7–8
45	17.9±0.7	12.8±2.5	10	8	2	0	10	8
60	16.1±0.5	−5.3±1.6[a]	10	8	2	0	10	8

a منفی، کاهش استحکام را نشان می‌دهد.

این تکمیل برداشت تر ٪ ۸۰–۷۰ داد. پس از خشک کردن (۲ دقیقه، ۱۰۰°C)، پارچه به مدت ۲ دقیقه در ۱۸۰ °C در یک خشک کننده آزمایشگاهی (Warner Mathis AG ،Niederhasli/Zurich، سوئیس) پخت شد.

تکمیل پارچه پلی استر با ماده شیمیایی فلوئور دار و نانو ذرات سیلیکا

نانو ذرات سیلیکا همراه با غلظت بهینه مواد شیمیایی فلوئوردار، Rucostar EEE 45 g/l، بر طبق شرایط اشاره شده در بالا با محدوده وسیعی از اندازه ذرات از ۱۰ تا ۴۰۰ nm و با غلظت‌های مختلف بکار برده شد.

باید اشاره گردد که نانو ذرات به مدت ۲۰ دقیقه بوسیله دستگاه‌های آزمایشگاهی اولتراسونیک (UP200 H، 200W، 24kHz ، دامنه ۶۵٪) و سپس به مدت ۱۰ دقیقه بوسیله همزن برقی (1KA–COMBIMAG RED، Drehzahl– Electronic و دور ۹۰۰ rpm) هم زده شد. در طول هم زدن محلولبا ساتفده از همزن برقی، پروپان ol–۲ و Rucostar EEE اضافه شدند و تکمیل نمونه‌ها بوسیله روش pad–dry–cure، تحت شرایط ذکر شده در بالا انجام گرفت.

آمین کافت پارچه پلی استری و تکمیل با مواد شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئور دار–نانو ذرات

آمین کافت نمونه‌های پلی استر شسته شده با ۳۰٪،۳۲٪، ۳۴٪، ۳۶، و ۳۸٪ متیل آمین و L/R = ۱۵:۱ به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۳۰°C انجام شد.

به منظور بررسی تاثیر نمک بر روی آمین کافت و در نتیجه آب گریزی افزایش یافته بوسیله تکمیل فلوئورو کربن، نمک کلراید آمونیوم در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲ و ۵ g/l در شرایط بهینه حمام آمین کافت حاوی ۳۰٪ متیل آمین استفاده شد. پس از آمین کافت، نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند و توسط هوا و بدون هیچگونه تنشی خشک گردیدند.

تمام نمونه‌های آمین تکمیل شده با غلظت بهینه از ماده شیمیایی فلوئور، EEE Rucostar 45 g/l، بر طبق شرایط ذکر شده در بالا، به ترتیب با استفاده یا بدون استفاده از اندازه و غلظت انتخاب شده نانو ذرات سیلیکا، MP-4540، nm ۳۰۰–۴۰۰ و ۰/۴٪ خشک اضافه شده، تکمیل گردیدند.

روش‌های ارزیابی

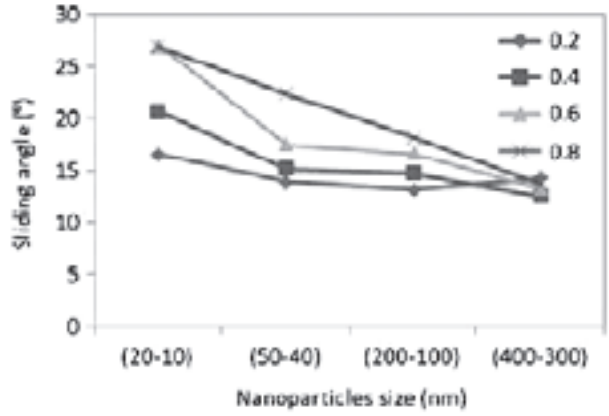
برای مطالعه مقدار آبگریزی نمونه‌ها، هم زاویه لغزش و هم تست‌های دفع شوندگی روغن و آب M ۳ انجام شد. زاویه لغزش نمونه‌ها بوسیله ابزار ساخته شده در دانشکده با ۱۵ بار آزمایش برای هر نمونه اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای دفع شوندگی آب با استفاده از آزمایش سقوطی آب/الکل مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌ها بر روی یک سطح صاف و افقی قرار داده شدند. ابتدا با کمترین تعداد مایع آزمایش، ۳ قطره کوچک (حدود ۵ mm قطر) با استفاده از پی‌پت بر روی نمونه قرار داده شد. قطرات برای ۱۰ ثانیه مشاهده شدند. اگر پس از ۱۰ ثانیه، ۲قطره از ۳ قطره هنوز هم به صورت کروی تا نیم‌کره مشاهده می‌شد، پارچه آزمایش را رد می‌کرد. نمونه‌ها به عنوان رد کردن یا شکست خوردن مایع آزمایش مناسب اسم گذاری شدند. درجه بندی داده شده برای نمونه، بالاترین مایع آزمایش می‌باشد که پس از ۱۵ ثانیه قابل مشاهده است. عموما درجه دفع شدگی آب ۲ یا بیشتر مناسب است.

برای دفع شوندگی روغن، نمونه‌ها به صورت صاف بر روی یک سطح صاف و افقی قرار داده شدند. در ابتدا کمترین تعداد روغن تست، قطرات کوچک (تقریبا ۵ mm قطر) بر روی نمونه با استفاده از پی‌پت قرار داده شد. قطرات به مدت ۳۰ ثانیه از زاویه ۴۵ درجه مشاهده گردید. اگر قطره نه پارچه را خیس کند و نه هیچ علامتی از فیتیله گذاری داشته باشد، آزمایش با استفاده از تعداد روغن‌های بعدی تکرار می‌گردد. این آزمایش تا زمانی که یک نمونه روغن پارچه را خیس کند یا نشانه‌ای از فیتیله‌گذاری نشان دهد، ادامه می‌یابد. درجه بندی

جدول ۲. دفع شوندگی آب و ویژگی های فیزیکی پارچه های پلی استری عمل شده با مواد شیمیایی فلوئوردار–نانوذرات

Nanoparticle	Add on dry (%)	Sliding angle (°)	Water and oil repellency 3M test						Tenacity change (%)
			Before wash		After wash		After wash and hot-pressing		
			Water	Oil	Water	Oil	Water	Oil	
–	–	17.9±0.7	10	8	2	0	10	8	12.8±2.5
SNOTEX O (10–20 nm)	0.2	16.6±1.5	9–10	7	1–2	0	9	7	17.3±1.3
	0.4	20.7±0.9	10	8	1–2	0	10	8	−1.3±0.5[a]
	0.6	27.0±1.6	10	8	w–1	0	10	7	−4.2±0.6
	0.8	26.9±3.5	9–10	7	2	0	9–10	7	14.7±2.6
SNOTEX OL (40–50 nm)	0.2	13.9±0.6	10	8	2	0	10	8	13.0±2.1
	0.4	15.2±1.1	10	7–8	1–2	0	10	8	18.7±0.3
	0.6	17.5±0.5	9–10	7–8	2	0	9	7–8	16.1±1.3
	0.8	22.4±2.0	10	8	2	0	10	8	3.2±0.5
MP-1040 (100–200 nm)	0.2	13.2±0.6	10	8	2	0	10	8	20.6±1.1
	0.4	14.7±0.7	10	8	2	0	10	8	19.8±1.6
	0.6	16.7±1.6	9	7	2	0	8–9	7	17.1±2.4
	0.8	18.2±1.1	10	8	2	0	10	8	6.4±2.9
MP-4540 (300–400 nm)	0.2	14.3±0.4	10	8	2	0	10	8	5.6±1.6
	0.4	12.5±0.5	10	8	2	0	10	8	10.2±2.3
	0.6	13.3±1.2	10	8	2	0	9–10	8	13.4±3.6
	0.8	13.7±0.5	10	8	1–2	0	10	8	−3.6±0.8

a منفی، کاهش استحکام را نشان می‌دهد.



شکل۱. زاویه لغزش پارچه پلی استر عمل شده با مقادیر مختلف ذرات نانو سیلیکا بر حسب اندازه نانوذرات

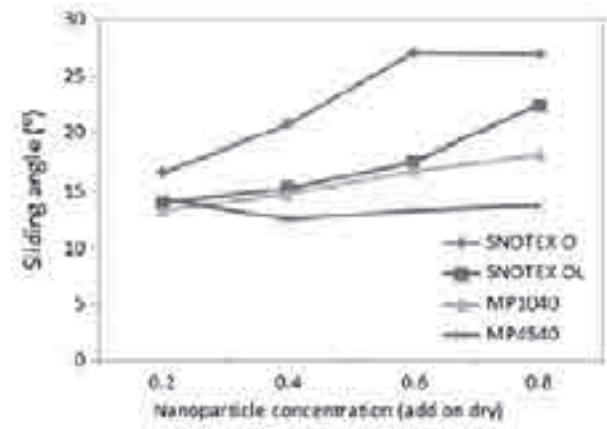
دفع شدگی روغن با استفاده از بیشترین تعداد روغن که پارچه را در مدت ۳۰ ثانیه خیس نکند بیان می‌گردد. خیس شدگی یک بستر معمولا بصورت تیره شدن بستر در نقطه تماس مایع- بستر دیده می‌شود. بر روی نمونه‌ها با رنگ تیره، خیس شدگی می‌تواند با استفاده از کاهش درخشش درون قطره شناسایی گردد.

علاوه بر این، جهت‌گیری زنجیرهای پلیمری فلوئوروکربن بعد از فرآیند خیس، بر طبق AATCC و روش آزمایش ۱۹۹۴-۶۱، شماره آزمایش 2A بوسیله Polymat (AHIBA1000 Datacolor، Zurich، سوئیس) به منظور ارزیابی اینکه چگونه نمونه عملکردش را پس از شستشو و فرآیند گرم حفظ می‌کند(۱۲۰°C) برای مدت ۲ دقیقه)، ارزیابی شد.

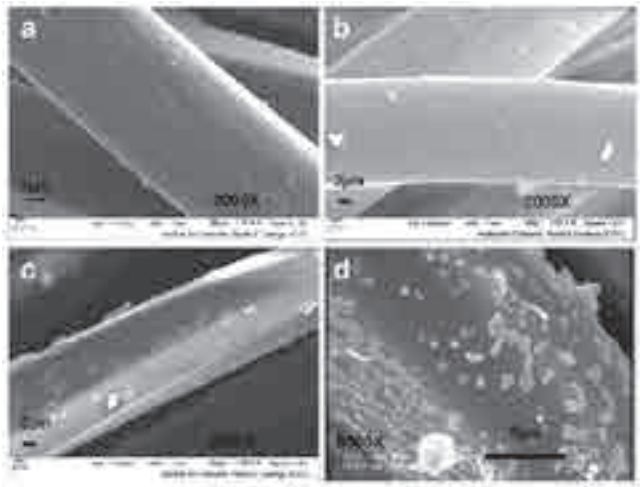
تعیین خواص کششی پارچه بر طبق ASTM: روش آزمایش D5035-90 بر روی دستگاه Instron 5564 با طول گیج ۰/۱۵ متر، سرعت فک ۱۰۰ mm/min، و ۱۰ آزمایش برای هر نمونه، انجام شد.

میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM؛ Hitachi S-300N) برای مطالعه ساختار سطح نمونه‌ها بکار برده شد.

همچنین، اثر لوتوس با استفاده از روش عکاسی بوسیله دوربین Canon، مدل 70-135 macro ارزیابی شد تا خواص خود پاک شوندگی، قبل و بعد از جابجایی قطره آب بر روی سطح پوشیده به صورت یکنواخت با کربن سیاه مقایسه گردید.



شکل۲. زاویه لغزش پارچه پلی استر عمل شده با اندازه مختلف نانوذرات سیلیکا بر حسب مقدار نانوذرات



شکل۳. تصاویر a SEM پلی استر تکمیل نشده و پارچه تکمیل شده با g/l b ۴۵ ماده شیمیایی فلوئوردار، g/l c ۴۵ ماده شیمیایی فلوئوردار ۲/۰٪ ذرات نانو سیلیکا (nm ۲۰ -۱۰) و g/l d ۴۵ ماده شیمیایی فلوئوردار ۴/۰٪ ذرات نانو سیلیکا(nm ۴۰۰-۳۰۰)

نتایج و بحث

تکمیل پارچه‌های پلی استر با ماده شیمیایی فلوئوردار

بر طبق جدول ۱، تکمیل فلوئورو کربن صرف نظر از غلظت بکار برده شده، منجر به بیشترین دفع شدگی روغن و آب با دفع شدگی آب ۱۰ M۳ و دفع شدگی روغن ۸ برای ۱۰ نمونه می‌شود. زاویه لغزش نمونه تکمیل شده با g/l ۶۰ ماده شیمیایی فلوئوردار به صورت مشهودی با نمونه دوم متفاوت نیست اما نمونه تکمیل شده با g/l ۴۵ زاویه لغزش کمتری نسبت به نمونه تکمیل شده با g/l ۳۰ ماده شیمیایی فلوئوردار نشان می‌دهد. بنابراین، افزایش در غلظت فلوئورو کربن سبب بهتر شدن پوشش فیلم آبگریز و در نتیجه زاویه لغزش کمتر می‌گردد. بعلاوه، نمونه‌های تکمیل شده با ۳۰ و g/l ۴۵ از ماده حاوی مواد فلوئور سختی بیشتری در محدوده مشابه دارند، در حالیکه نمونه سوم تاثیر عکس بر روی استحکام را نشان می‌دهد. کاهش در استحکام می‌تواند به علت سهم سختی نمونه که با استفاده از غلظت‌های بالاتر مواد فلوئوردار بدست می‌آید، باشد. بنابراین، غلظت g/l ۴۵ به عنوان غلظت بهینه برای آزمایشات بعدی انتخاب شد، در حالیکه از جنبه اقتصادی نیز قابل توجه می‌باشد. علاوه بر این، بهبود زاویه لغزش می‌تواند با تغییر زبری سطح با نقشی مهمتر از غلظت مواد فلوئوردار تغییر کند.

تکمیل پارچه‌های پلی استر با ماده شیمیایی فلوئوردار و نانو ذرات سیلیکا

ایجاد زبری سطح با استفاده از نانو ذرات نشان می‌دهد که زاویه لغزش بشدت توسط اندازه و مقدار نانو ذرات تاثیر می‌پذیرد (جدول ۲). با بکار بردن مخلوط نانو ذرات و مواد فلوئوردار، زنجیرهای ماده شیمیایی فلوئوردار به دلیل سطح انرژی پایین‌تر به سطوح بیرونی مهاجرت کرده و سطح الیاف را پوشش دادند، که نانو ذرات منتقل شده سبب دفع شدگی آب و روغن به ترتیب با درجات ۱۰ و ۸ شدند. مهاجرت زنجیرهای مولکولی انرژی سطح پایین به سطوح بیرونی اخیرا گزارش شده است.

شکل‌های ۱ و ۲ زاویه لغزش نمونه‌های تکمیل شده با نانو ذرات با اندازه و غلظت متفاوت را مقایسه کرده است. می‌توان دریافت که زاویه لغزش به تدریج با افزایش اندازه نانو ذرات کاهش می‌یابد. رفتارهای مشابه در هنگامی که غلظت نانو ذرات کاهش می‌یابد دیده می‌شود.

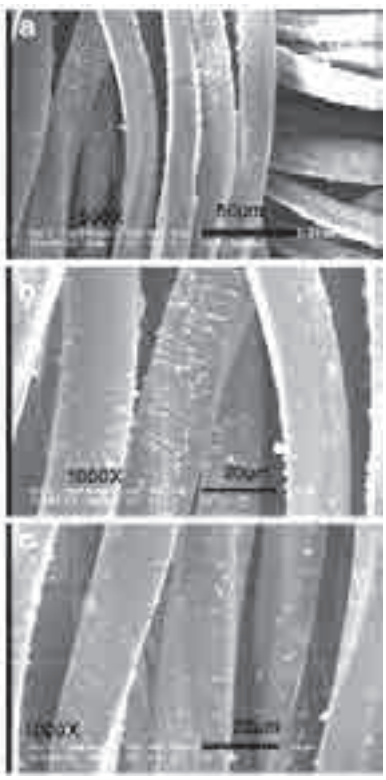
زاویه لغزش نمونه‌های پوشیده شده با نانو ذرات کوچکتر، nm ۲۰-۱۰، بیشتر

جدول۳. دفع شوندگی آب و کاهش استحکام پارچه های پلی استری عمل شده آمین، تکمیل شده با مواد شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئوردار- نانوذرات

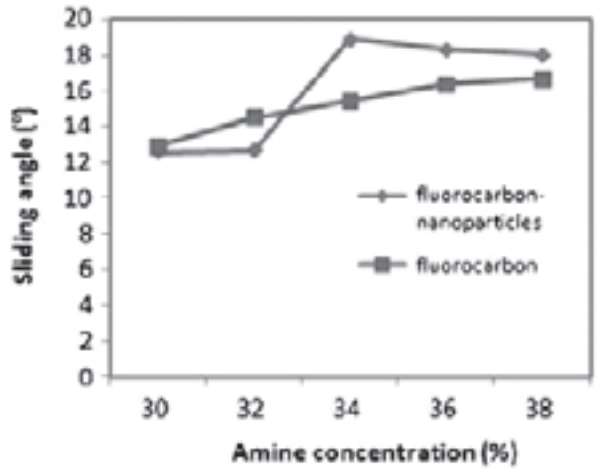
Finish	Amine concentration (%)	Sliding angle (°)	3M water and oil repellency test						Tenacity loss (%)
			Before wash		After wash		After wash and hot-pressing		
			Water	Oil	Water	Oil	Water	Oil	
Unfinished	–	–	0	0	0	0	0	0	–
	30	–	0	0	0	0	0	0	−66.6±1.4
	32	–	0	0	0	0	0	0	−71.0±2.4
	34	–	0	0	0	0	0	0	−94.4±1.2
	36	–	0	0	0	0	0	0	−90.8±1.7
	38	–	0	0	0	0	0	0	−90.5±0.7
Fluorochemical	30	12.9±0.6	10	8	1–2	0	10	8	−47.3±3.8
	32	14.5±0.4	10	8	2	0	10	8	−77.5±3.5
	34	15.4±0.5	10	8	2	0	10	8	−76.9±1.4
	36	16.4±0.6	10	8	W–1	0	10	8	−91.7±0.7
	38	16.7±1.0	10	8	1	0	10	8	−88.5±1.0
Fluorochemical and nanoparticle	30	12.6±0.3	9–10	8	2	0	10	8	−39.9±3.7
	32	12.7±0.7	9–10	8	2	0	10	8	−53.6±2.5
	34	18.9±0.6	10	8	1–2	0	10	8	−78.5±2.4
	36	18.3±1.0	10	8	2	0	10	8	−80.3±3.1
	38	18.0±1.5	10	8	W–1	0	10	8	−90.9±0.9

از زاویه لغزش نمونه تکمیل شده تنها با استفاده از ماده شیمیایی فلوئوردار می‌باشد. هنگامی این مسئله مطرح می‌شود که تکمیل بر روی پارچه‌های بافته شده با زبری سطح طبیعی بکار برده شود، پس این پدیده می‌تواند به علت تجمع نانو ذرات باشد(شکل 1c)، که در مقایسه با نمونه پوشیده شده تنها با فیلم فلوئورو کربن، احتمالا زبری سطح پارچه کاهش می‌یابد. تفاوت بین زاویه لغزش نمونه‌های پوشیده شده با ۰/۴٪، ۰/۶٪ و ۰/۸٪ غلظت (nm ۵۰–۴۰) Snowtex OL و (nm ۲۰۰–۱۰۰) MP-1040 و نمونه عمل شده تنها با استفاده از ماده شیمیایی فلوئوردار قابل توجه نمی‌باشند. در هر دو حالت، با استفاده از غلظت کمتر نانو ذرات، ۰/۲، به ترتیب زاویه لغزش کمتر °۱۳/۹ و °۱۳/۲ برای Snowtex OL و MP1040 بدست آورده شد. تمام نمونه‌های تکمیل شده با نانو ذرات، زاویه لغزش کمتر از °۱۵ را نشان دادند. بنابراین بهترین نتیجه، زاویه لغزش °۰/۵ ±۱۲/۵، بوسیله ۰/۴٪ نانو ذرات با اندازه nm ۴۰۰–۳۰۰ انجام شد.

کاهش در زاویه لغزش مربوط به زبری دوبرابری است که با زبری اصلی خود



شکل ۵. تصاویر SEM پارچه های پلی استر آمین کافت تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئوردار- نانوذرات 500X a و 1000X b,c



شکل٤. زاویه لغزش پارچه های پلی استری آمین کافت، تکمیل شده با مواد شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئوردار- نانوذرات بر حسب غلظت آمین

Treatment	Ammonium chloride concentration (g/l)	Sliding angle (°)	3M water and oil repellency test					
			Before wash		After wash		After wash and hot-pressing	
			Water	Oil	Water	Oil	Water	Oil
Fluorochemical	0.5	10.6±0.4	10	8	1	0	10	8
	1	10.4±0.5	10	7–8	W–1	0	10	7
	2	9.7±0.5	10	8	W–1	0	10	8
	5	9.6±0.3	10	8	2	0	10	8
Fluorochemical and nanoparticle	0.5	10.5±0.4	10	8	W–1	0	10	8
	1	11.0±0.5	10	8	1	0	10	8
	2	9.8±0.3	10	8	2	0	10	8
	5	9.2±0.3	10	8	W–1	0	10	8

جدول٤. دفع شوندگی آب پارچه های پلی استر آمین عمل شده در حضور نمک کلراید آمونیوم ، تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئوردار – نانوذرات

ساختار پارچه و سپس زبری حاصل از لایه نانو ذرات معرفی می‌شود. زبری دو برابری، توپوگرافی مناسبی برای بهبود ابر آبگریزی و خود پاک شوندگی سطح فراهم می‌کند. تاثیر ساختار پارچه بر روی آبگریزی می‌تواند بوسیله مقایسه زاویه لغزش فیلم پلی استر تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئور (۱/۹° ±۳۰/۵°)، Melinex، با پارچه (۰/۷° ±۱۷/۹°) اثبات گردد.

از نتایج می‌توان نتیجه گرفت که نانوذرات با اندازه بزرگتر و غلظت کمتر، منجر به زاویه لغزش کمتری می‌شوند. تصویر SEM توزیع قابل قبول نانوذرات (Mp ۴۵۴۰، ۴۰۰ nm–۳۰۰) بر روی سطح پارچه (تصویر ۳) را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، ارزیابی خواص استحکامی نمونه‌ها (جدول ۲)، در بیشتر حالات افزایش در استحکام نمونه‌ها را نشان می‌دهد که مشخص می‌کند که فرآیندهای بکار گرفته شده هیچ اثر منفی بر روی استحکام نمونه‌ها ندارد که برای کاربردهای صنعتی بسیار مهم می‌باشد. این تاثیر می‌تواند به علت چسبندگی بیشتر بین الیاف باشد که در نتیجه آن نیرو بهتر توزیع می‌گردد.

آمین کافت پارچه پلی استر، و تکمیل با ماده شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئوردار– نانوذرات

نانو ذرات به عنوان راهی ساده برای ساخت منسوجات از نوع لوتوس استفاده می‌گردند. با این حال، به علت تاثیرات سوء این نانوذرات بر روی محیط زیست، انسان و راحتی منسوج، توسعه یک روش ساده برای جاگزینی نانوذرات در فرآیندهای ساخت سطوح ابر آبگریز بر روی منسوجات با استفاده از مواد بی ضرر و انعطاف‌پذیر، بسیار حیاتی می‌باشد. در این پژوهش، برای ایجاد زبری سطح و جایگزینی نانوذرات با امکان تاثیر زبری پلی استر، آمین کافت بررسی گردید. آمین کافت پلی استر به عنوان یک روش رایج برای ایجاد الیاف جاذب آب نیز شناخته می‌شود.

برخی از تغییرات شیمیایی و مورفولوژیک بر روی پارچه پلی‌استر می‌توانند بوسیله آمین عمل شده ایجاد گردند. این سطح نامنظم پس از آمین کافت می‌تواند سبب ایجاد زبری مناسب بعد از تکمیل با ماده شیمیایی فلوئوردار برای افزایش خواص دفع شوندگی گردد. بنابراین، همانگونه که در جدول ۳ مشاهده گردید، نمونه‌های آمین عمل شده، بعد از هر دو تکمیل انجام شده با فلوئورو کربن و فلوئورو کربن– نانوذرات، بیشترین مقدار دفع شدگی روغن و آب ۳M را نشان دادند.

با توجه به شکل ۴، در هر دو حالت با نانوذرات و بدون نانوذرات، زاویه لغزش نمونه‌ها افزایش تدریجی با افزایش غلظت متیل آمین را نشان می‌دهند، بنابراین زاویه لغزش نمونه آمین کافت شده با غلظت ۳۰٪ کمتر از نمونه تکمیل شده با غلظت بالاتر است.

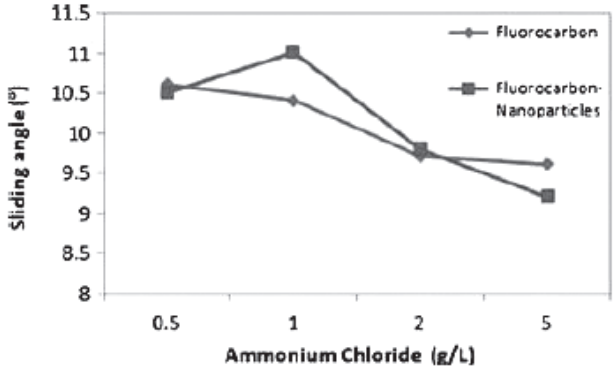
معمولا، در هر گروه (با و بدون نانوذرات)، اختلاف بین زاویه لغزش نمونه‌های آمین عمل شده به جز برای نمونه عمل شده با ۳۰٪ آمین، از نظر آماری قابل توجه نمی‌باشند.

علاوه بر این، نتایج (جدول ۳) نشان می‌دهد که آمین کافت زبری مناسبی ایجاد می‌کند و بنابراین نیازی به استفاده از نانوذرات نمی‌باشد. زیرا در تمامی حالت‌های آزمایش شده، زاویه لغزش نمونه‌های تکمیل شده با فلوئورو کربن، کمتر یا مشابه نمونه‌های تکمیل شده با نانوذرات فلوئوروکربن بعد از آمین کافت می‌باشد. آمین کافت با ۳۰٪ متیل آمین و تکمیل تنها با استفاده از فلوئورو کربن، خواص دفع کنندگی مشابه با حالتی که پارچه پلی استر بعد از آمین کافت با استفاده از ۰/۴٪ نانوذرات با اندازه ۴۰۰ nm–۳۰۰ و فلوئوروکربن تکمیل می‌گردد، می‌دهد.

اندازه گیری خواص کششی (جدول ۳)، تاثیر نامطلوب آمین کافت بر روی استحکام پارچه را نشان می‌دهد. با این حال، پس از تکمیل با فلوئورو کربن، هیچگونه کاهش بیشتر در خواص کششی بوجود نمی‌آید. بعلاوه، اندکی بهبود در استحکام نیز مشاهده می‌گردد.

شکل ۵ تصویر SEM نمونه تکمیل شده با متیل آمین را بعد از تکمیل با نانوذرات مواد شیمیایی فلوئوردار را نشان می‌دهد. واکنش آمین انتخابی است و کاهش ناحیه آمورف در مرحله اول تکمیل منجر به ایجاد ترک‌هایی بر روی سطح الیاف می‌شود. انچینگ‌های متفاوت در مناطق آمورف و کریستالی و همچنین تنش‌های داخلی باقیمانده در الیاف، فاکتورهای هستند که منجر به ایجاد ترک بر روی سطح می‌گردند.

فیلم فلوئوروکربن در بالاترین سطح لایه، انرژی سطحی کم همراه با ایجاد ترک و سطح زبر آمین کافت اولیه، آب گریزی بیشتری به ارمغان آورد و بهترین نتیجه (زاویه لغزش کمتر از ۱۲°) بوسیله تکمیل با ۳۰٪ متیل آمین، بدون بکار بردن نانوذرات بدست آورده شد. بنظر می‌رسد که توپوگرافی دو مقیاسی (ساختار حفره/پارچه) سطح پلی استر اثر لوتوس را تقلید می‌کند که با یافته‌های قبلی درباره توپوگرافی مقیاس طول مضاعف (الیاف μm ~ ۲ / بسته بافته شده μm ~



شکل۶. زاویه لغزش پارچه های پلی استر آمین کافت تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئوردار و ماده شیمیایی فلوئوردار- نانوذرات بر حسب غلظت کلراید آمونیوم

۵۰) پلی استر میکرو قابل مقایسه است که برای بهبود دفع آب آن در مقایسه با پارچه پلی استر معمولی معتبر می‌باشد.

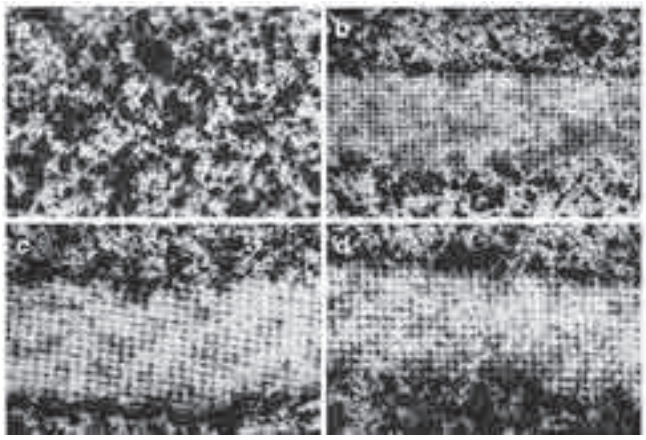
واکنش آمین الیاف پلی‌استر بوسیله نمک می‌تواند تاثیر بپذیرد. بنابراین، تاثیر کلراید آمونیوم بر روی ایجاد سطح زبر در طول آمین کافت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارائه شده در جدول ۴ و شکل ۶ نشان می‌دهند که کلراید آمونیوم، آمین کافت را بگونه‌ای تغییر می‌دهد که سبب بهبود زاویه لغزش به دلیل احتمال اثر زبری، می‌شود. همچنین یک رابطه مستقیم بین افزایش غلظت نمک از ۰/۵ تا g/l ۵ و بهبود در کاهش زاویه لغزش دیده می‌شود.

جهت‌گیری مجدد زنجیرهای ماده شیمیایی فلوئوردار در طول شستشو

با استفاده از پلیمر حاوی بخش‌های پلیمری فلوئوردار و آبدوست، انرژی سطح مورد نیاز در هوا و یا در محیط آبی می‌تواند بدست آید. بنابراین، هیبرید شیمیایی فلوئوردار به صورت موثر به عنوان دافع لکه در هوا عمل می‌کنند و همچنین به عنوان کثیفی روغنی موثر، تکمیل را در شستشو آزاد می‌کنند. اما همانگونه که در جداول ۱، ۲ و۳ مشاهده می‌گردد، جهت‌گیری مجدد Rocustar EEE در طول خشک کردن بوسیله هوا ناکامل می‌باشد.

خواص دافعی کاهش قابل توجهی در دفع شوندگی‌های روغن و آب به دلیل رفتار دوگانه ماده شیمیایی فلوئوردار که از جهت‌گیری مجدد زنجیرهای آبگریز حاصل می‌شود، نشان می‌دهد. بخش‌های آبگریز موجود در سطح تماس هوا/ پلیمر با استفاده از غوطه‌ور شدن در آب، از سطح به داخل حجم پلیمر حرکت می‌کنند.

نمونه‌های تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئوردار آمین تمایل مشابهی مانند نمونه‌های تکمیل شده با ماده شیمیایی فلوئوردار و نانوذرات ماده شیمیایی فلوئوردار و عیب مشابه جهت‌گیری مجدد مولکولی بعد از شستشو



شکل ۷. ویژگی های خود تمیز شوندگی پلی استر تکمیل دافع شده، a پوشیده شده با کربن سیاه و b-d بعد از گردش قطره آب. نمونه‌های تکمیل شده با b مواد شیمیایی فلوئوردار،c مواد شیمیایی فلوئوردار- نانوذرات و d آمین و ماده شیمیایی فلوئوردار

را نشان می‌دهند.

کاهش دفع‌کنندگی بعد از تکمیل تر به دلیل از بین رفتن بخش‌های آبگریز به علت برگشت به عملکرد دفع کنندگی اولیه بعد از پرس داغ در دمای ۱۲۰°C نمی‌باشد. بلکه مهاجرت‌های بخش‌های آبگریز ناشی از آب می‌باشد که تا حدی قابل بازگشت است. بخش‌های از بین رفته حاوی فلوئور طی عملیات حرارتی به سمت سطح مهاجرت می‌کنند.

علی‌رغم آبگریزی پس از شستشو، تمام نمونه‌های تکمیل شده حداقل دفع کنندگی۲-۱ آب 3M را نشان می‌دهند که برای دفع آب و بدست آوردن تاثیر خود پاک شوندگی تقریبا کافی است.

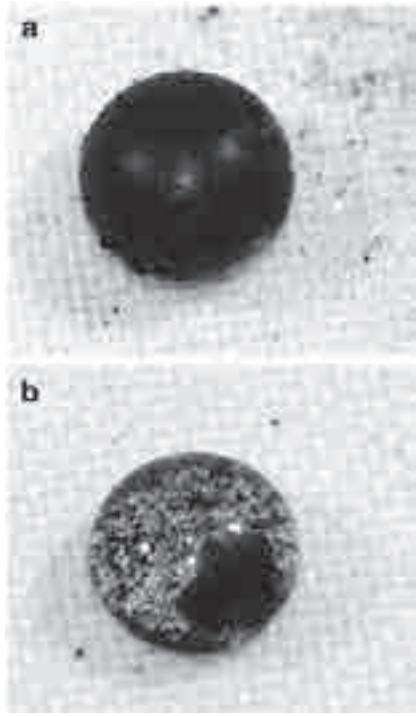
خواص خود پاک شوندگی نمونه‌های تکمیل شده دافع

ارزیابی‌های کمی و کیفی خود پاک شوندگی نمونه‌ها با استفاده از عکاسی نمونه‌های پوشیده شده با لایه نازک کربن سیاه، قبل و بعد از قرار دادن قطرات آب روی سطح انجام شد. با استفاده از قطره چکان، یک قطره آب بر روی سطح قرار داده شد و سطح کج نگه داشته شد تا قطره بتواند بلغزد. جابجایی قطرات بر روی پارچه تکمیل شده دافع باعث شد تا پودرهای سیاه جمع شوند و پارچه پاک شود.

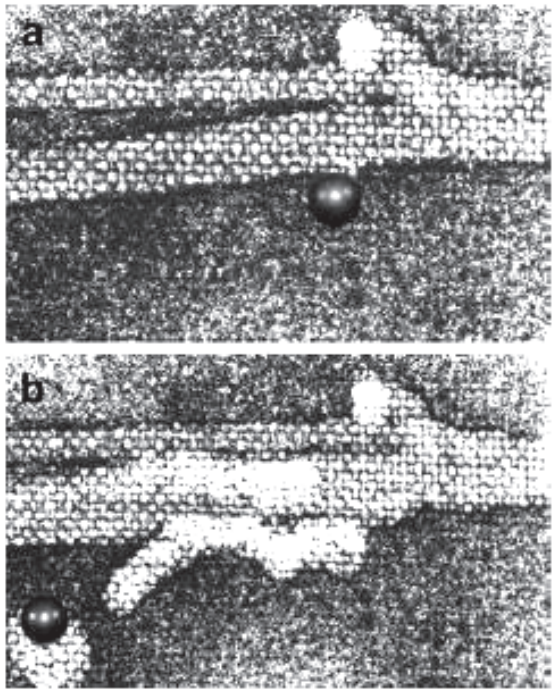
در ارزیابی کمی، افزایش درصد سفیدی نمونه‌های تکمیل شده در مقایسه با نمونه‌های مشابه قبل از قرار دادن قطره آب، با استفاده از نرم افزار متلب تعیین گردید (جدول ۵). افزایش در اثر خود پاک شوندگی با اضافه کردن نانو ذرات و آمین کافت بر روی سطح نمونه‌ها با مقادیر بیشتر ذرات شسته شده در مقایسه با نمونه تکمیل شده با مواد شیمیایی فلوئوردار کاملا واضح است (جدول ۵ و شکل ۷). اگرچه نمونه آمین کافت شده افزایش درصد سفیدی کمتری نسبت

جدول۵. درصد افزایش سفیدی بعضی از پارچه های پلی استر تکمیل دافع شده

Treatment	Whiteness increase (%)	Sliding angle (°)
Fluorochemical (45 g/l)	6.5	17.9±0.7
Fluorochemical (45 g/l) and nanoparticles (0.4%)	12.0	12.5±0.5
Aminolysis (30%) and fluorochemical (45 g/l)	8.5	12.9±0.6



شکل ۸. قطرات آب بعد از انتقال روی سطح سیاه شده



شکل ۹. تمییز شدگی سطح تحت گردش قطره، a یکبار b چندین بار

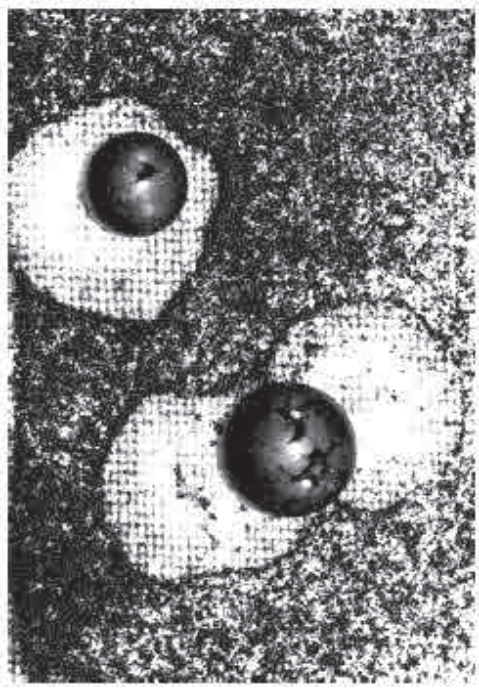
به نمونه تکمیل شده با نانوذرات را نشان می‌دهد، اما باز هم قابلیت کافی مانند نانوذرات دارد که بدلیل زبری سطح مناسب بدست آمده از ترک‌های سطحی است. واضح است که برهمکنش بین قطره و ذرات سیاهی برای غلبه بر چسبندگی پایین بین پارچه و ذرات، مشابه برگ لوتوس، کافی می‌باشد. در واقع، ذرات به قطرات آب که بر روی سطح می‌غلتند، می‌چسبند (شکل ۸).

برخی از ذرات سیاه، که در میان بافت گیر کرده‌اند، نمی‌توانند بوسیله قطره آبی که بر روی سطح زبری حرکت می‌کند، حذف گردند. با این حال، به منظور حذف تقریبا تمام ذرات بین ساختارهای پارچه، عبور آرام قطره آب به عقب و جلو برای چندین بار کافی است.

علاوه بر این، در شکل ۱۰ نشان داده شده است که در هر نقطه‌ای که قطره آب ابتدا با سطح تماس داشته است، آلودگی در سطح قطره جمع خواهد شد که به تمیز شدن سطح توسط باران کمک می‌کند. این آزمایشات پارامترهای موثر بر خواص خود پاک شوندگی و هموار کردن راه برای ارزیابی موفق تقلید اثر برگ لوتوس بر روی منسوجات واقعی، علاوه بر اندازه‌گیری‌های درونی را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

بهبود آبگریزی بر روی پارچه پلی‌استر با استفاده از روش آمین کافت مورد بررسی قرار گرفت. زبری سطح دوبرابر مورد نیاز، بوسیله ساختار بافت و ایجاد ترک‌ها بوسیله تکمیل آمین ایجاد شد و با روش استفاده از نانوذرات مقایسه گردید. نتایج نشان داد که توپوگرافی سطح با زبری مناسب می‌تواند توسط آمین کافت مناسب پارچه پلی‌استر، ۳۰٪ متیل آمین، به مدت ۱۵۰ دقیقه در دمای ۳۰ ^{o}C ایجاد شود. ساخت منسوجات ابر آبگریز می‌تواند بدون استفاده از نانوذرات گران قیمت، روش پیچیده مورد نیاز برای دیسپرس کردن، تخریب زیر دست پارچه‌ها، و ساخت پوشاک نامساعد بدست آید. این روش جدید به نانوذرات نیاز ندارد، اما نشان داد که تاثیرات نامطلوبی بر روی مقاومت کششی نمونه دارد. بعلاوه، مشخص شد که از بین رفتن آبگریزی در این روش، در آن حدی نیست که خود تمیز شوندگی کاهش یابد. علاوه بر این، روشی جدید برای ارزیابی‌های عینی و درونی مهمترین خاصیت منسوجات با اثر برگ لوتوس، یعنی خود تمیز شوندگی معرفی شد.



شکل ۱۰. جمع شدن آلودگی در سطح قطره هنگامیکه با سطح ابر آبگریز تماس پیدا می‌کند