



الیاف

عامل دار کردن پارچه‌های PET با استفاده از مواد هیبریدی بومیت/سیلیکا/رنگزای تiazول

مترجم: عباس حاجی پور

چکیده

یک سری از مواد هیبریدی تشکیل شده از بومیت/سیلیکا/رنگزاهای تiazول و تهیه شده از فرآیند سل-ژل از آلومینیوم ایزو پروپوکسید (AIP) و تترا اتوکسی سیلان با استفاده از رنگزاهای آزو هتروآریل ۲-آمینو-تiazول سنتز شدند. رنگزاهای آزو هتروسیکلیک ۲-آمینو-تiazول تحت واکنش هیدرولیز-تراکمی با نسبت صحیح از AIP تحت کاتالیست، در نسبت ثابت از ونیل تری اتوکسی سیلان (VTES) و تترا اتوکسی سیلان (TEOS) قرار داده شد. ساختارهای این مواد هیبریدی حاوی بومیت/سیلیکا/رنگزاهای تiazول با استفاده از آنالیز مادون قرمز انتقال فوریه (FT-IR) مشخص شد. مورفولوژی سطح پارچه‌های پلی اتیلن ترفتالات (PET) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ارزیابی شد. تصاویر SEM رنگزای یکنواخت پارچه‌های PET را نشان داد که واکنش مواد هیبریدی با پارچه‌های PET را تأیید می‌کند. زاویه تماس آب، ثبات شستشویی، یکنواختی رنگ، نفوذپذیر هوا، حفظ گرما پارچه‌های PET رنگزای شده با مواد هیبریدی شامل بومیت/سیلیکا/رنگزاهای تiazول ارزیابی شد. نتایج ارزیابی بهبود خاصیت نگهداری گرما و دفع خوب آب را نشان می‌دهد.

فیلم‌های غیر آلی به دلیل مقاومت مکانیکی بالا، خواص پایدار شیمیایی، پایداری حرارتی خوب و عمر طولانی مدت، مورد توجه می‌باشند. در بیشتر حالات، از جدایی فاز اجتناب می‌شود، با این حال، جدایی فاز اجزای آلی و غیر آلی جهت تشکیل مواد متخلخل انجام می‌شود. مواد متخلخل، سطح میکروتخلخلی زیاد و خواص شیمیایی خاص دارند. بنابراین، تحقیق بر روی تکنولوژی فیلمی به جدایی محدود نمی‌باشد، بلکه تا کاربردهای کاتالیستی مبادله یون گسترده می‌باشد. سل بومیت (Boehmite) با ساختار میکرو تخلخلی می‌تواند از طریق هیدرولیز الکل با استفاده از ترکیبات مختلف واسط آلومینیومی از قبیل آلومینیوم آلکوکسیدها یا نمک‌های آلومینیوم غیر آلی تهیه شود. سل بومیت تهیه شده بوسیله نمک‌های غیر آلی، همانند سل تهیه شده بوسیله آلکوکسیدها متخلخل نمی‌باشد، زیرا روش با استفاده از نمک آلومینیوم غیر آلی همانند یک پیش ماده، ناخالصی‌ها را وارد می‌کند. عمده مطالعات بر روی فرآیند سل-ژل، از آلکوکسیدها به عنوان پیش ماده استفاده کرده است. فرآیند سل-ژل با استفاده از آلومینیوم آلکوکسید به عنوان پیش ماده، عموماً برای تهیه سل بومیت استفاده می‌شود. روکش γ -AlOOH، ماده‌ای با لایه نازک می‌باشد که به ماده اصلی می‌چسبد و مقاومت ماده اصلی را افزایش می‌دهد. این روکش می‌تواند نقص‌ها در ماده اصلی را تصحیح کند و مشخصات سطحی آن از قبیل مشخصات نوری، خواص الکتریکی، مقاومت در برابر فرسایش و خوردگی، تر شوندگی، مقاومت شیمیایی را بهبود دهد. فیلم‌های روکش شده با ماده زمینه می‌تواند به عنوان غشاء شفاف آلومین، الیاف آلومین،

فیلم‌های غیر آلی به دلیل مقاومت مکانیکی بالا، خواص پایدار شیمیایی، پایداری حرارتی خوب و عمر طولانی مدت، مورد توجه می‌باشند. در بیشتر حالات، از جدایی فاز اجتناب می‌شود، با این حال، جدایی فاز اجزای آلی و غیر آلی جهت تشکیل مواد متخلخل انجام می‌شود. مواد متخلخل، سطح میکروتخلخلی زیاد و خواص شیمیایی خاص دارند. بنابراین، تحقیق بر روی تکنولوژی فیلمی به جدایی محدود نمی‌باشد، بلکه تا کاربردهای کاتالیستی مبادله یون گسترده می‌باشد. سل بومیت (Boehmite) با ساختار میکرو تخلخلی می‌تواند از طریق هیدرولیز الکل با استفاده از ترکیبات مختلف واسط آلومینیومی از قبیل آلومینیوم آلکوکسیدها یا نمک‌های آلومینیوم غیر آلی تهیه شود. سل بومیت تهیه شده بوسیله نمک‌های غیر آلی، همانند سل تهیه شده بوسیله آلکوکسیدها متخلخل نمی‌باشد، زیرا روش با استفاده از نمک آلومینیوم غیر آلی همانند یک پیش ماده، ناخالصی‌ها را وارد می‌کند. عمده مطالعات بر روی فرآیند سل-ژل، از آلکوکسیدها به عنوان پیش ماده استفاده کرده است. فرآیند سل-ژل با استفاده از آلومینیوم آلکوکسید به عنوان پیش ماده، عموماً برای تهیه سل بومیت استفاده می‌شود. روکش γ -AlOOH، ماده‌ای با لایه نازک می‌باشد که به ماده اصلی می‌چسبد و مقاومت ماده اصلی را افزایش می‌دهد. این روکش می‌تواند نقص‌ها در ماده اصلی را تصحیح کند و مشخصات سطحی آن از قبیل مشخصات نوری، خواص الکتریکی، مقاومت در برابر فرسایش و خوردگی، تر شوندگی، مقاومت شیمیایی را بهبود دهد. فیلم‌های روکش شده با ماده زمینه می‌تواند به عنوان غشاء شفاف آلومین، الیاف آلومین،



خواص فیزیکی پارچه‌های PET عمل شده، بررسی شدند.

بخش تجربی

مواد

پارچه‌های PET با بافت ساده شسته شده و سفیدگری شده [picks(63)×(84)ends Everest Textile Industry Co., تهیه شده از ((72d/75f)×(150d/228f Ltd. برای آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. ونیل تری اتوکسی سیلان، تترا اتوکسی سیلان، استوفنون، و p-متوکسی آنیلین از Acros Co., Ltd، بلژیک خریداری شدند. تیوره، اسید سولفوریک، یدید از Hayashi Pure Chemical Co., Ltd، ژاپن خریداری شدند.

روش و بررسی

طیف‌های مادون قرمز انتقال فوریه (FT-IR) بر روی اسپکترومتر (Bio-Rad Digilab FTS-40 (KBr) ثبت شدند. مورفولوژی سطح پارچه‌های PET و منسوجات عمل شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (Philips XL40، FE-SEM) بررسی شد.

قدرت رنگی و یکنواختی منسوجات عمل شده با استفاده از اسپکتروکالریمتر-Hunt er Lab Corporation (D/8، 4000S، Mini Scan XE Plus/Color Flex) اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری‌های زاویه تماس آب با استفاده از زاویه تماس آب‌سنج (Sigma CAM100) انجام شد.

ثبات شستشویی بوسیله روش تست AATCC با شماره تست 61-2001 با استفاده از ATCC Standard Instrumental Logic Art LA-650 Infrared Dyer ارزیابی شد. نفوذپذیری هوا بوسیله روش تست ASTM شماره D737-2004 برای نمونه‌های با مساحت ۳۸ سانتی‌متر مربع و اختلاف فشار ۱۲۵ پاسکال ارزیابی شد. نگهداری گرما بوسیله در معرض قرار دادن پارچه با لامپ هالوژن ۵۰۰ وات قرار داده شده در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از پارچه‌ها اندازه‌گیری شد. ترمومتر تصویری مادون قرمز جهت بدست آوردن تصاویر حرارتی در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از پارچه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. افزایش در دما پارچه‌های تست بوسیله آنالیز دمایی سطح پارچه‌های تست تعیین شد.

تعیین قدرت رنگی و پارامترهای مربوطه

مقادیر انعکاسی نمونه‌های عمل شده با استفاده از اسپکتروفتومتر فرابنفش-مرئی (UV-Vis) (Shimadzu، UV-1201) در λ_{max} اندازه‌گیری شد. مقادیر K/S با استفاده از رابطه کیوبلکا-مانک تعیین شدند:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\lambda_{max}})^2}{2R_{\lambda_{max}}} \quad (1)$$

بطوریکه K ضریب جذب می‌باشد، S ضریب انتشار می‌باشد، $R_{\lambda_{max}}$ مقدار انعکاس

پارچه در طول موج حداکثر جذب می‌باشد.

اختلاف رنگ و قدرت نسبی رنگ پارچه‌های روکش شده با مواد هیبریدی سیلیکا و پارچه‌های روکش نشده با استفاده از رابطه‌های زیر بدست آورده شد:

$$\text{Relative color strength (\%)} = \frac{K/S \text{ of treated sample}}{K/S \text{ of untreated sample}} \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

بطوریکه L روشنایی یا شید رنگ می‌باشد، a معیاری از قرمزی یا سبزی می‌باشد، و b معیاری از زردی یا آبی می‌باشد. لازم به ذکر است که $\Delta L = L_{dyed} - L_{undyed}$ ، $\Delta a = a_{dyed} - a_{undyed}$ و $\Delta b = b_{dyed} - b_{undyed}$ می‌باشند.

اختلاف رنگ بین بیشترین و کمترین مقدار پارچه بدست آورده شد و این مقادیر یکنواختی رنگ پارچه‌های را نشان می‌دهد. بر طبق قانون اداره ملی استانداردها (N.B.S)، پارچه‌ای برای کاربردهای صنعتی قابل قبول می‌باشد که اختلاف رنگ آن کمتر از ۲ باشد.

تعیین ثبات شستشویی

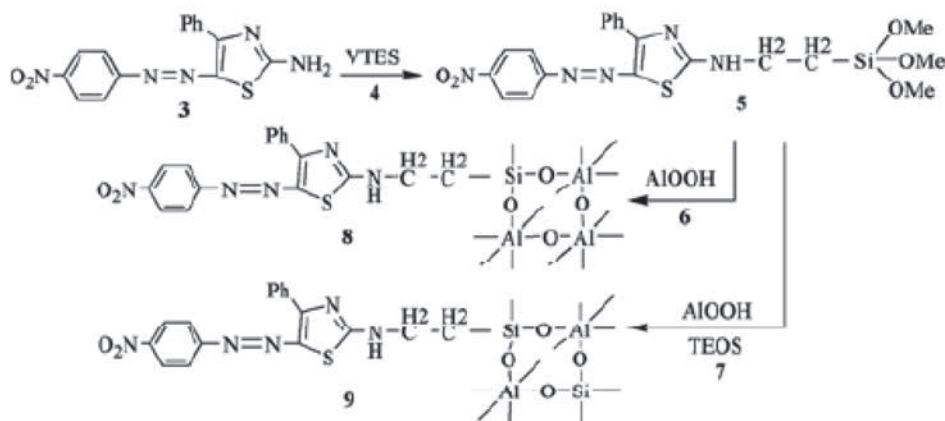
به منظور تعیین ثبات شستشویی، پارچه‌های PET عمل شده با پارچه‌های پنبه دوخته شدند و در سیلندر استیلی قرار داده شدند. ۵ گرم بر لیتر صابون، ۲ گرم بر لیتر کربنات سدیم، ۱۰ ساچمه استیل ضد زنگ و ۱۰۰ میلی لیتر از آب به سیلندر استیلی برای هر نمونه اضافه شد. دمای تست ۶۰ درجه سانتیگراد بود و زمان تست ۳۰ دقیقه بود. سیکل شستشو ۱۰ بار تکرار شد. مقیاس خاکستری جهت بررسی درجه ثبات رنگ و مقدار رنگ پریدگی استفاده شد.

تهیه پیش ماده ۵ و مواد هیبریدی N_1-N_4 ، TN_1-TN_4

شماتیک ۱ روش سنتز رنگزاهای بیس-هت آریل مونو آزو و مواد هیبریدی را نشان می‌دهد. پیش ماده ۵ بوسیله واکنش رنگزای ۳ (۳/۱ گرم، ۰/۰۱ مول) با ونیل تری اتوکسی سیلان (۹/۵ گرم، ۰/۰۵ مول) در ۸۰ میلی لیتر اتانول تهیه شد و سپس مخلوط در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۴ ساعت در pH ۴-۵ هم زده شد.

سل بومیت ۶ بوسیله فرآیند Yoldas با استفاده از AIP به عنوان پیش ماده تهیه شد. AIP در مقدار زیاد آب دی یونیزه (nH₂O:nAIP=100:1) برای مدت ۱ ساعت تحت هم زدن شدید در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد هیدرولیز شد. سپس لخته‌زدایی بوسیله اضافه کردن HNO₃ (nAIP:nHNO₃=1:0.1) انجام شد. پس از آن، سوسپانسیون کلونیدی حاصل برای مدت ۲ ساعت تحت هم زدن شدید در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد رفلاکس شد. سل بومیت شفاف پایدار در انتهای این فرآیند بدست آورده شد.

ماده هیبریدی ۸ (N₁) بوسیله واکنش تراکمی پیش ماده ۵ (۵/۰۱ گرم، ۰/۰۱



شما تیک ۱. سنتز مواد هیبریدی ۸، ۹.

(Chang Yang R3). سپس پارچه‌ها با آب چند بار به منظور حذف کامل هر گونه مواد باقیمانده هیبریدی آبکشی شدند و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۵ دقیقه قبل از آنکه مورد ارزیابی قرار گیرند، خشک شدند. در جدول ۱، AN_1-AN_4 و ATN_1-ATN_4 به ترتیب نشان دهنده پارچه‌های PET رنگریزی شده با مواد هیبریدی N_1-N_4 و TN_1-TN_4 می‌باشند.

نتایج و بحث

سنتز مواد هیبریدی بومیت/سیلیکا/رنگزای تiazول ۸، ۹

شما تیک ۱ روش سنتز مواد هیبریدی متشکل از بومیت/سیلیکا/رنگزاهای تiazول را نشان می‌دهد. رنگزای هت آریل مونو آزو ۱ با اضافه کردن ونیل تری اتوکسی سیلان ۴ در نسبت ثابت جهت بدست آوردن پیش ماده ۵ اصلاح شد. سرانجام، پیش ماده ۵ به صورت متناوب بوسیله واکنش تراکمی با γ -AIOOH ۶ در نسبت ثابت جهت بدست آوردن مواد هیبریدی ۸ سنتز شد. بعلاوه، پیش ماده ۵ بوسیله واکنش تراکمی با γ -TEOS ۶ و γ -AIOOH ۶ در نسبت ثابت جهت بدست آوردن ماده هیبریدی ۹ دوباره سنتز شد.

آنالیز FT-IR

پیش ماده‌های ۵ پیک جذب‌ی گروه N-H و گروه C-H به ترتیب در حدود 3440 و 3113 cm^{-1} داشتند، پیک جذب دیگر در حدود 1100 cm^{-1} و

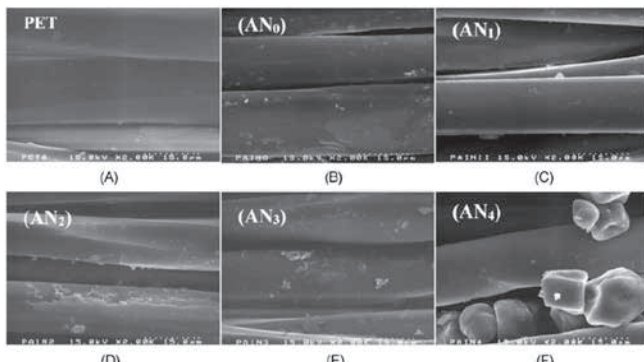
جدول ۱. ترکیب مواد هیبریدی TN_1-TN_4 و N_1-N_4

Compd.	Dye/VTES/AIOOH	Compd.	Dye/VTES/TEOS/AIOOH
N_1	1/5/0.5	TN_1	1/5/10/0.5
N_2	1/5/1	TN_2	1/5/10/1
N_3	1/5/2	TN_3	1/5/10/2
N_4	1/5/3	TN_4	1/5/10/3

و سل بومیت ۶ (۰/۰۰۱ مول) در ۸۰ میلی لیتر اتانول تهیه شد، و این مخلوط در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۲ ساعت بوسیله اضافه کردن اسید هیدروکلریک (۰/۳۶۵ گرم، ۰/۰۱ مول) و ۵ میلی لیتر آب هم زده شد. مواد هیبریدی N_2-N_4 بوسیله روش مشابه که برای سنتز کردن N_1 استفاده شد، سنتز شدند. مواد هیبریدی N_1-N_4 بوسیله نسبت مولار مختلف پیش ماده ۵ به سل بومیت ۶ در واکنش پلیمرزاسیون تراکمی هیدرولیزی تهیه شدند؛ نسبت مولار ۰/۱ : ۰/۲ : ۰/۴ : ۱، و ۰/۶ : ۱ بودند. ماده هیبریدی ۹ (TN_1) بوسیله پلیمرزاسیون تراکمی پیش ماده ۵ (۵/۰۱ گرم، ۰/۰۱ مول)، TEOS ۷ (۴/۱۶ گرم، ۰/۰۲ مول) و سل بومیت ۶ (۰/۰۰۱ مول) در ۸۰ میلی لیتر اتانول تهیه شد و این مخلوط در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۲ ساعت بوسیله اضافه کردن اسید هیدروکلریک (۰/۳۶۵ گرم، ۰/۰۱ مول) و ۵ میلی لیتر آب هم زده شد. مواد هیبریدی TN_2-TN_4 با استفاده از روش مشابه که برای سنتز کردن TN_1 استفاده شد، سنتز شدند. مواد هیبریدی TN_1-TN_4 با استفاده از نسبت‌های مولی مختلف پیش ماده ۵ به TEOS ۷ به سل بومیت ۶ در واکنش پلیمرزاسیون تراکمی هیدرولیزی تهیه شدند؛ نسبت‌های مولی ۰/۱ : ۰/۲ : ۱، و ۰/۶ : ۱ بودند.

تکمیل پارچه‌های PET

پارچه‌های PET با مواد هیبریدی N_1-N_4 و TN_1-TN_4 با استفاده از روش پد کردن ۲ مرحله غوطه‌وری، دو مرحله فشردن با برداشت ۸۰٪ عمل شدند. محلول پد طبق روش زیر تهیه شد. پارچه‌ها برای مدت ۳ دقیقه در محلول اتانول حاوی درصد مورد نیاز وزنی مواد هیبریدی N_1-N_4 و TN_1-TN_4 غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌های پارچه عمل شده با گرته سیلیکا پد شدند و به منظور حذف مایع اضافی و جهت بدست آوردن برداشت ۸۰٪ با استفاده از پد کننده (Rapid Labortex Co., Ltd) با تنظیم فشار، پد شدند. پارچه‌های عمل شده در آن در دمای ۱۰۰ درجه برای مدت ۲ ساعت خشک شدند. سپس پارچه‌های عمل شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۲ ساعت در آون از قبل گرم شده، پخت شدند

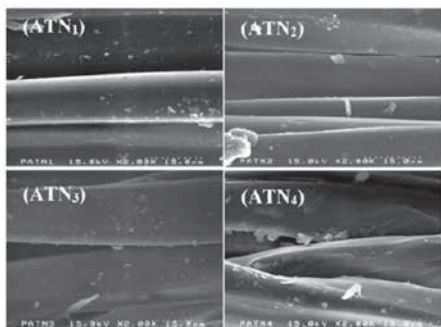


شکل ۳. تصاویر SEM پارچه‌های PET عمل شده در مراحل مختلف: (A) PET، (B) AN₀، (C) (F) روکش شده مواد هیبریدی N₁-N₄ در ۲۰۰۰ x

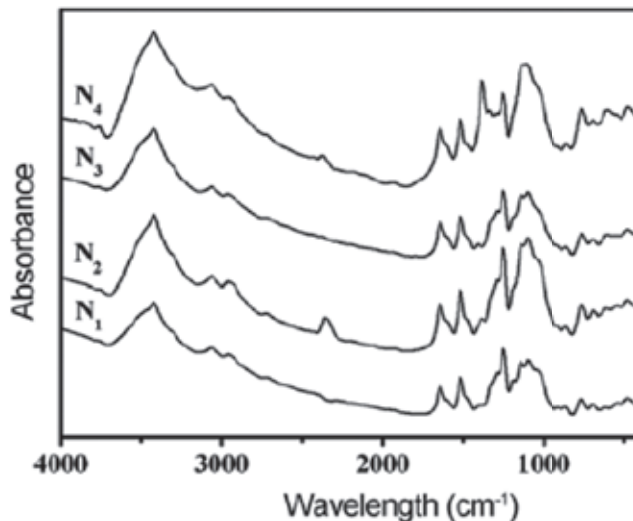
مقدار γ -AIOOH در نسبت حداقل، کم بود، نسبتا ضعیف بود؛ پیک جذب Si-O-Al با افزایش مقدار γ -AIOOH افزایش یافت.

آنالیز میکروساختاری سطح پارچه‌های عمل شده بوسیله SEM

در این مطالعه، ما از SEM جهت مشاهده میکروساختارهای پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی استفاده کردیم. شکل‌های (A) ۳ و (B) ۳، به ترتیب تصویر پارچه PET اولیه و پارچه PET عمل شده با پیش ماده ۵ (AN₀) می‌باشند. در شکل (A) ۳، PET اولیه سطح صاف و براق را نشان می‌دهد، با این حال، تمیزی بین الیاف کمی بیشتر از بین الیاف نشان داده شده در شکل (B) ۳ می‌باشد. در شکل (B) ۳، ذرات کوچک و بر روی سطح پارچه PET عمل شده بوسیله پیش ماده هیبریدها مشاهده می‌شوند. علاوه بر این، ساختارهای شیمیایی کراس لینک شده می‌تواند بر روی سطح پارچه مشاهده شود. شکل‌های (C) ۳-(E) ۳ تصاویر پارچه‌های PET عمل شده به ترتیب توسط مواد هیبریدی N₁-N₄ می‌باشند. توزیع فیلم ژل آلومینیوم (ژل Al) بر روی سطح پارچه PET با افزایش مقدار γ -AIOOH متراکم‌تر می‌شود. شکل (F) ۳ به وضوح نشان می‌دهد که پارچه PET تحت فیلم ژل Al مورفولوژی سطحی عالی هنگامیکه نسبت مولی رنگزا به VTES به γ -AIOOH برابر با ۳:۵:۱ می‌باشد، نشان می‌دهد. علاوه بر این، در این نسبت مولی، ژل Al می‌تواند در شکل کروی وجود داشته باشد. شکل‌های

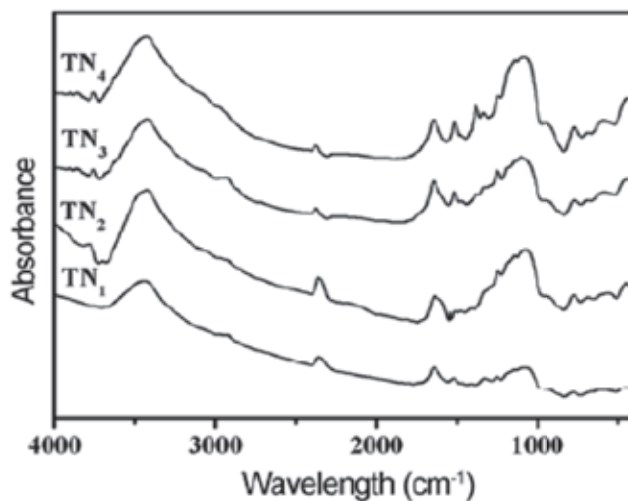


شکل ۴. تصاویر SEM پارچه‌های PET عمل شده روکش شده با مواد هیبریدی TN₁-TN₄ در بزرگنمایی ۲۰۰۰ x



شکل ۱. طیف‌های FT-IR مواد هیبریدی N₁-N₄

پیک جذب Si-C در حدود 1247 cm^{-1} مشاهده شد. بر طبق شکل ۱، مواد هیبریدی N₁-N₄ پیک‌های جذب گروه N-H و گروه C-H به ترتیب در حدود 3064 cm^{-1} و 2962 cm^{-1} داشتند. افزایش اسید نیتریک هنگامیکه γ -AIOOH حداکثر شد، افزایش یافت؛ از اینرو، پیک‌های جذب گروه N-H و گروه C-H در نسبت ماکزیمم به چپ انتقال یافت. پیک جذب Si-O در حدود 1098 cm^{-1} ، پیک مشخصه Al-O نیز بود. پیک جذب Si-C در حدود 1249 cm^{-1} مشاهده شد و پیک جذب Si-O-Al در حدود 1518 cm^{-1} مشاهده شد. این پیک در حالت نسبت ماکزیمم به چپ انتقال یافت. بر طبق شکل ۲، مواد هیبریدی TN₁-TN₄ پیک‌های جذب گروه N-H و گروه C-H به ترتیب در حدود 3079 cm^{-1} و 2934 cm^{-1} داشتند. پیک جذب Si-O مشاهده شده در حدود 1076 cm^{-1} ، پیک مشخصه Al-O نیز بود؛ پیک جذب Si-C در حدود 1243 cm^{-1} و پیک جذب Si-O-Al در حدود 1522 cm^{-1} مشاهده شدند. با این حال، پیک جذب هنگامیکه



شکل ۲. طیف‌های FT-IR مواد هیبریدی TN₁-TN₄



جدول ۳. ثباتهای رنگی شستشویی و سایشی پارچه‌های عمل شده PET

Compd.	Washing		Rubbing		Rubbing	
	Fading	Staining	Dry		Wet	
			Fading	Staining	Fading	Staining
3	3-4	3	3-4	3-4	3-4	3
5	3-4	3	3-4	3	4	4
AN ₁	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5
AN ₂	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5
AN ₃	4-5	4-5	5	5	5	5
AN ₄	4	3-4	4	4	4-5	4-5
ATN ₁	4-5	4	4	4	4-5	4-5
ATN ₂	4-5	4	4	4	4-5	4-5
ATN ₃	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
ATN ₄	5	4-5	4-5	4-5	5	5

عمل شده AN₁-AN₄ و ATN₁-ATN₄ هنگامیکه مقدار γ -AIOOH و TEOS افزایش یافت، ثبات‌های رنگی رنگ پدیدگی و لکه‌گذاری بهتری نشان دادند. برای بیشتر پارچه‌های PET عمل شده، ثبات شستشویی به رنگ پدیدگی، در محدوده بین ۴ و ۵ بود و ثبات شستشویی نسبت به لکه‌گذاری در محدوده بین ۳ و ۵ بود. پس از چندین بار شستشو، ثبات پارچه‌های PET عمل شده تفاوت چندانی نشان نداد. ثبات سایشی AN₁-AN₄ و ATN₁-ATN₄ در جدول ۳ آورده شده است. ثبات سایشی خشک عموماً در محدوده بین ۴ و ۵ بود، در حالیکه ثبات سایشی تر ۴ بود. ثبات سایشی رنگزاهای هیبریدی نیز نسبتاً کم بود. این نتایج نشان می‌دهند که مولکول‌های جذب شده سطحی کوچکتر می‌توانند تحت فشار حذف شوند.

زاویه تماس پارچه‌های عمل شده AN₁-AN₄ و ATN₁-ATN₄

پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی ارزیابی شدند. یکنواختی سطح عموماً بر درستی زاویه تماس اولیه تأثیر می‌گذارد و نمونه‌ها بر روی سطح تست کننده قرار داده شدند، و قطره آب بر روی پارچه‌ها قرار داده شد. زاویه تماس اولیه بین قطره آب و سطح پارچه با استفاده از برنامه کامپیوتری اندازه‌گیری شد. زاویه تماس زیاد نشان دهنده آب‌گریزی خوب می‌باشد. زاویه تماس پارچه PET تکمیل نشده تقریباً صفر بود. پس از هیبرید کردن پارچه PET با VTES، زاویه تماس بین

Compd.	Contact angel (degree)		Compd.	Contact angel (degree)	
	Before washing	After washing		Before washing	After washing
3	0	0	AN ₄	134	115
5	109	90	ATN ₁	112	104
AN ₁	124	102	ATN ₂	118	105
AN ₂	128	106	ATN ₃	121	109
AN ₃	130	110	ATN ₄	123	112

جدول ۴. ارزیابی آب‌گریزی سطح رنگزاهای، پیش ماده‌ها و مواد هیبریدی عمل شده بر روی پارچه‌های PET

جدول ۲. قدرت و یکنواختی رنگ پارچه‌های عمل شده PET

Compd.	Color strength (K/S)	Evenness (ΔE)	Compd.	Color strength (K/S)	Evenness (ΔE)
3	5.85	0.44	-	-	-
AN ₁	6.54	0.70	ATN ₁	5.79	0.33
AN ₂	5.29	0.63	ATN ₂	4.92	0.49
AN ₃	5.76	0.57	ATN ₃	6.35	0.56
AN ₄	5.51	0.21	ATN ₄	5.54	0.31

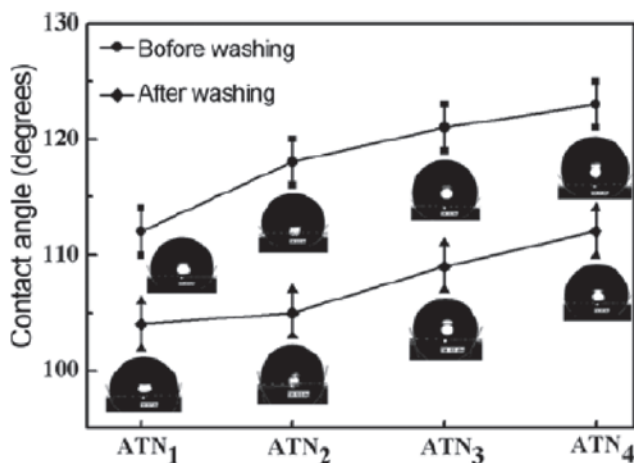
(A)-(D) ۴ به ترتیب تصاویر پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی -TN₁ می‌باشد. در این مواد هیبریدی، TEOS و مقادیر مختلف هیبریدهای γ -AIOOH جهت روکش کردن سطح پارچه PET مورد استفاده قرار گرفتند. شکل‌ها نشان می‌دهند که توزیع فیلم ژل Al بر روی سطح پارچه PET با افزایش مقدار γ -AIOOH متراکم‌تر می‌شود. از این مشاهدات می‌توان دریافت که افزایش قابلیت تشکیل فیلم مواد هیبریدی می‌تواند سبب بهبود نگهداری گرما و دفع آب شود.

آنالیز قدرت رنگی و یکنواختی پارچه‌های عمل شده

پارچه‌های PET با مواد هیبریدی تهیه شده با استفاده از نسبت‌های مختلف γ -AIOOH به TEOS رنگرزی شدند. در جدول ۲، مقادیر ΔE پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی N₁-N₄ و TN₁-TN₄ از محدوده ۰/۲۱ تا ۰/۷۰ بود. این مقادیر نشان می‌دهند که یکنواختی پارچه‌های عمل شده در محدوده قابل قبول می‌باشد. مقدار K/S پارچه‌های PET عمل نشده ۵/۸۵ بود و مقادیر K/S پارچه‌های عمل شده با مواد هیبریدی N₁-N₄ و TN₁-TN₄ از محدوده ۴/۹۲ تا ۶/۵۴ بود. مقادیر آورده شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که مقدار γ -AIOOH و TEOS به مقدار زیادی بر قدرت رنگی پارچه‌های PET اثر می‌گذارد و مقدار بیشتر، قدرت رنگی بیشتری دارد. علاوه بر این، اضافه کردن هم TEOS و هم γ -AIOOH به پارچه‌های PET در طول رنگرزی می‌تواند سبب قدرت رنگی کمی بهتر نسبت به افزایش تنها TEOS شود.

ثبات شستشویی و ثبات سایشی پارچه‌های عمل شده

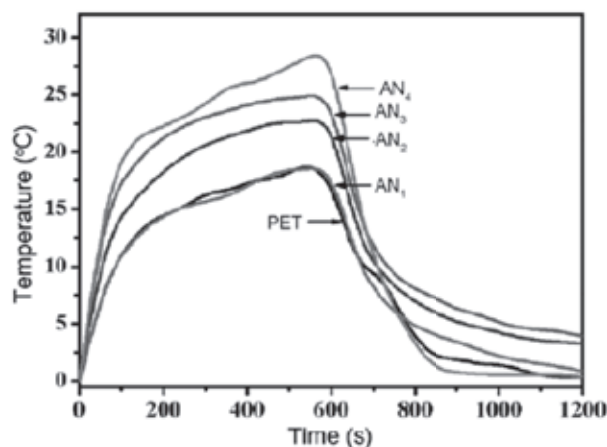
جدول ۳ درجه ثبات شستشویی پارچه‌های PET عمل شده را نشان می‌دهد. می‌دانیم که دو نیروی اتصال اصلی بین رنگزاهای آزو الیاف PET از قبیل اتصالات هیدروژنی و نیروهای واندوالس وجود دارد. این نشان می‌دهد که درجه رنگ پدیدگی و ثبات لکه‌گذاری به دلیل آنکه نیروهای بین رنگزاهای آزو و الیاف PET که ترکیبی از اتصالات هیدروژنی و نیروهای واندوالس می‌باشد، قابل ملاحظه می‌باشد، به ۳ می‌رسد. ثبات شستشویی کمتر می‌باشد. با این حال، افزایش در مقدار TEOS و AIOOH یکپارچگی ساختار شبکه‌ای مواد هیبریدی را افزایش می‌دهد. در مقایسه با پارچه PET ۳ و پیش ماده ۵، پارچه‌های PET



شکل ۶. آنالیز زاویه تماس پارچه‌های PET، AN₁-AN₄

زاویه‌های تماس پارچه‌های عمل شده قبل و بعد از شستشو وجود دارد. اختلاف بین زاویه‌های تماس AN₁-AN₄ قبل و بعد از عملیات شستشو در محدوده ۱۹ تا ۲۲ درجه بود و اختلاف بین زاویه‌های تماس ATN₁-ATN₄ قبل و بعد از عملیات شستشو از ۸ تا ۱۳ درجه بود. این اختلاف کم بین زاویه‌های تماس نشان می‌دهد که عملیات‌های تکمیلی مختلف که پارچه‌های پلی استر تحت آنها قرار گرفتند، به مقدار قابل توجهی بر دفع آب تاثیر نمی‌گذارند.

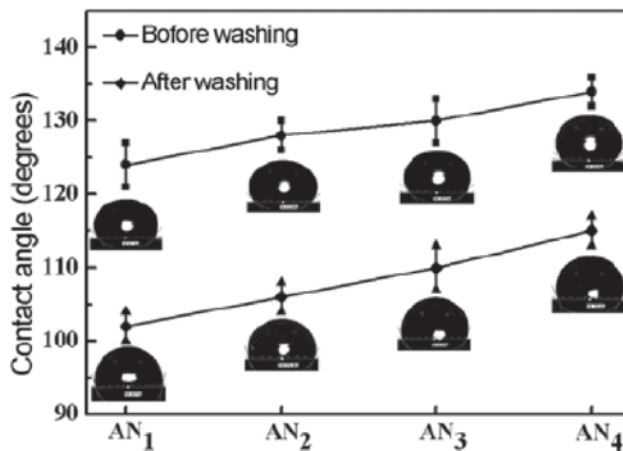
بررسی نگهداری گرما پارچه‌های PET عمل شده AN₁-AN₄ و AN₁-AN₄ ما از پروب دما ۴ نقطه‌ای برای ارزیابی خواص نگهداری گرما و حرارت پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی N₁-N₄ و TN₁-TN₄ استفاده کردیم. این مقدار ارزیابی شده در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است. پارچه PET اولیه کمترین اختلاف دما پس از در معرض قرار دادن با لامپ هالوژن برای مدت ۱۰ دقیقه نشان داد، با این حال، پارچه عمل شده با AN₄ بیشترین اختلاف دما را نشان داد. ما مشاهده کردیم که اختلاف بین دما پارچه PET عمل شده با AN₄ که



شکل ۷. آنالیز نگهداری گرما پارچه‌های PET، AN₁-AN₄

قطره آب و سطح پارچه تا ۱۰۹ درجه افزایش یافت. بنابراین، قطرات آب نمی‌توانند به راحتی سطح اصلاح شده با VTES/TEOS/AIOOH را تر کنند. بعلاوه این نتایج نشان دهنده افزایش در دفع شوندگی آب می‌باشند. مقادیر آورده شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش در مقدار مواد افزودنی γ -AIOOH در مواد هیبریدی منجر به افزایش زاویه تماس می‌شود. زاویه تماس حداکثر (برای AN₄) ۱۳۴ درجه بود (قطره آب به پارچه نفوذ نکرد). آب گریزی لازم برای پارچه‌های PET عمل شده با مواد هیبریدی می‌تواند بدست آورده شود و بنابراین پارچه‌ها دفع آب عالی دارند. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، افزایش در مقدار γ -AIOOH سبب افزایش زاویه تماس پارچه‌های PET می‌شود. زاویه تماس AN₁ ۱۲۴ درجه بود و زاویه تماس AN₄ با بیشترین محتوای γ -AIOOH، ۱۳۴ درجه بود. با افزایش در نسبت مولی، چندین گروه آلومینا-اکسیژن در مواد هیبریدی تولید می‌شود و درجه کراس لینک شدن نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، با افزایش در مقدار γ -AIOOH در نسبت مولی ثابت TEOS، زاویه تماس پارچه‌های رنگرزی شده افزایش می‌یابد. زاویه تماس AN₁ ۱۱۲ درجه بود و زاویه تماس AN₄ با بیشترین محتوای γ -AIOOH، ۱۲۳ درجه بود. دفع شوندگی آب پارچه‌های PET عمل شده AN₁-AN₄ کمتر از AN₁-AN₄ بود. این اختلاف در دفع شوندگی آب به مقدار γ -AIOOH مربوط می‌باشد و می‌تواند ساختار شبکه‌ای ۶ وجهی داشته باشد و آب گریزی بهتر نشان دهد. درجه بالای کراس لینک شدن می‌تواند سبب دفع آب بالاتر شود. هنگامیکه مقدار γ -AIOOH به یک مقدار مشخصی رسید، مقدار کراس لینک شدن به مقادیر بالای خود رسید و افزایش مربوطه در دفع آب به وضوح مشاهده نشد.

شکل ۵ و ۶ زاویه‌های تماس پارچه‌های عمل شده قبل و بعد از ۲ بار شستشو را نشان می‌دهند. زاویه تماس AN₁ قبل از شستشو ۱۲۴ درجه بود و پس از شستشو ۱۰۲ درجه بود. هنگامیکه مواد هیبریدی N₁-N₄ و TN₁-TN₄ به منظور عمل کردن پارچه‌های PET مورد استفاده قرار می‌گیرند، اختلاف کمی بین



شکل ۵. بررسی زاویه تماس پارچه‌های PET، AN₁-AN₄



معکوس قابلیت نگهداری گرما پارچه‌های PET را کاهش دهد.

نفوذپذیری هوا پارچه‌های عمل شده AN_1-AN_4 و ATN_1-ATN_4

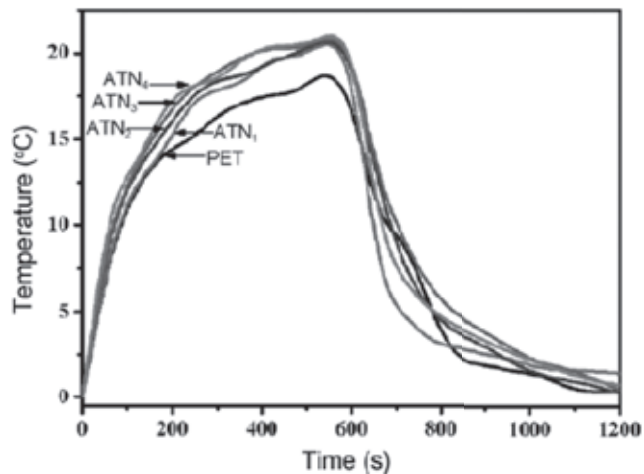
پارچه‌های رنگرزی شده با مواد هیبریدی AN_1-AN_4 و ATN_1-ATN_4 بر روی دستگاه تست کننده نفوذپذیری قرار داده شدند. جدول ۵ تاثیر مواد هیبریدی با استفاده از نسبت‌های مولی مختلف بر روی پارچه‌ها را نشان می‌دهد. پارچه‌های PET عمل نشده مقدار نفوذپذیری بالاتر $27/7 \text{ cub.m/sq.m/min}$ داشتند.

پس از عمل کردن، نفوذپذیری پارچه‌ها با استفاده از ماده هیبریدی N_1 با افزایش محتوای $\gamma\text{-AIOOH}$ کاهش یافت. ماده هیبریدی N_4 کمترین قابلیت نفوذپذیری (cub.m/ $23/1 \text{ sq.m/min}$) را دارا بود. بنابراین، مهمترین فاکتور اثر گذار بر نفوذپذیری، مقدار $\gamma\text{-AIOOH}$ می‌باشد؛ نفوذپذیری تاثیر زیادی از مقدار TEOS نمی‌پذیرد. نفوذپذیری هوا با افزایش مقدار $\gamma\text{-AIOOH}$ در مواد هیبریدی کاهش می‌یابد. بعلاوه، ذرات متصل شده سطحی با توجه به اندازه و توزیع و ناحیه‌های زیر بوجود آمده بر روی سطح یکنواخت بودند. منافذ پارچه به مقدار کمی پر شدند، و سبب کاهش کم در نفوذپذیری شدند. تعداد نسبتا زیاد ذرات بر روی دیواره‌های منافذ پارچه جذب شدند، و منجر به منافذ باریکتر شدند. این تاثیرات اساسا می‌توانند نفوذپذیری هوا پارچه‌ها را کاهش دهند. علاوه بر این، نفوذپذیری پارچه‌ها با استفاده از مواد هیبریدی TN_1-TN_4 که محتوای $\gamma\text{-AIOOH}$ بالایی و نسبت مولی TEOS ثابتی دارند در محدوده $22/8$ تا $24/4 \text{ cub.m/}$ $24/4 \text{ sq.m/min}$ بود.

نتیجه گیری

این مطالعه خواص کاربردی مواد هیبریدی شامل بومیت/سیلیکا/رنگرهای تiazول و تهیه شده از طریق فرآیند سل-ژل را بررسی کرد. نتایج آزمایش نشان داد که برای پارچه‌های رنگرزی شده تکمیل شده، ثبات شستشویی نسبت به رنگ پایداری بین درجه ۴ و ۵ می‌باشد و ثبات شستشویی نسبت به لکه گذاری در محدوده درجات بین ۳ و ۵ می‌باشد. ثبات سایشی خشک بین درجات ۴ و ۵ بود، و ثبات سایشی تر درجه ۴ داشت. زاویه تماس آب بر روی پارچه‌های تکمیل شده رنگرزی شده با سطوح اصلاح شده با VTES/AIOOH در محدوده ۱۲۴ تا ۱۳۴ درجه بود و پس از ۲۰ بار شستشو تا ۱۱۵-۱۰۲ درجه کاهش یافت. زاویه تماس بر روی پارچه‌های تکمیل شده رنگرزی شده با سطوح اصلاح شده با VTES/TEOS/AIOOH در محدوده ۱۱۲ تا ۱۲۳ درجه بود و پس از ۲۰ بار شستشو تا ۱۱۲-۱۰۴ درجه کاهش یافت. ما مشاهده کردیم که اختلاف بین دمای پارچه PET عمل شده با AN_4 ، که حاوی بیشترین مقدار ژل AI می‌باشد، و پارچه اولیه اولیه حدود $10/72$ می‌باشد. مقدار زیاد ژل AI در هیبریدها، خاصیت نگهداری گرما پارچه PET را بهبود می‌بخشد.

در نتیجه، دمای پارچه PET عمل شده افزایش یافت، و سبب افزایش اختلاف بین دمای پارچه PET اولیه و پارچه PET عمل شده شد. این نتیجه نشان می‌دهد که ژل AI می‌تواند قابلیت جذب گرما پارچه PET عمل شده را بهبود دهد و خاصیت نگهداری گرما آن را افزایش دهد.



شکل ۸. آنالیز نگهداری گرما پارچه‌های PET، ATN_1-ATN_4

حاوی بیشترین مقدار ژل AI می‌باشد و پارچه PET اولیه در حدود $10/72$ درجه سانتیگراد می‌باشد. مقدار بیشتر ژل AI در هیبرید قابلیت نگهداری حرارت پارچه PET را بهبود می‌دهد. در نتیجه، در مقایسه با پارچه PET اولیه، پارچه PET عمل شده دمای بیشتری داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که ژل AI می‌تواند قابلیت جذب گرما پارچه PET عمل شده را بهبود دهد و خاصیت نگهداری گرما را افزایش دهد. با این حال، مقدار بیشتر ژل AI در هیبریدها می‌تواند قابلیت نگهداری گرما را کاهش دهد. افزایش ژل سیلیکون (ژل Si) به دلیل آنکه اختلاف در دماهای حداکثر پارچه‌های PET عمل شده، کم می‌باشد، می‌تواند اختلاف دما را ثابت کند. در نتیجه، افزایش تنها ژل AI می‌تواند قابلیت نگهداری گرما را بهبود دهد. پارچه PET عمل شده بوسیله AN_2 آهسته ترین کاهش در دما را نشان می‌دهد، که نشان می‌دهد که این پارچه بهترین قابلیت نگهداری گرما را دارد. علاوه بر این، در میان پارچه‌های ATN_1-ATN_4 ، پارچه‌های PET عمل شده با TN_1 ، آهسته ترین کاهش در دمای پارچه‌های ATN_1-ATN_4 نشان داد. تاثیر مشابه در پارچه PET اولیه مشاهده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ژل AI می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای خواص نگهداری حرارت و نگهداری گرما پارچه‌های PET را بهبود بخشد. با این حال، مقدار بسیار زیاد ژل AI به دلیل آنکه ژل AI خاصیت نگهداری ذاتی گرما را دارد، می‌تواند به صورت

جدول ۵. نفوذپذیری هوا پارچه‌های PET عمل نشده و عمل شده

Compd.	Air permeability (cub.m/sq.m/min)	Compd.	Air permeability (cub.m/sq.m/min)
PET	27.7	-	-
AN_1	24.3	ATN_1	24.2
AN_2	23.7	ATN_2	24.4
AN_3	23.2	ATN_3	23.4
AN_4	24.1	ATN_4	22.8