

# پوشش دهی برخی الیاف مصنوعی با پلی آنیلین برای بهبود رسانایی الکتریکی

Coating Some Synthetic Fibers by Polyaniline to Improve Conductivity

علی شمس نائری<sup>۱</sup>، محمد حقیقت کیش<sup>۱</sup>، علی اکبر انتظامی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، ۲- دانشگاه تبریز، دانشکده شیمی

دریافت: ۱۳۷۰/۱۰/۲۵، پذیرش: ۱۳۷۱/۸/۲۶

## چکیده

در این کار پژوهشی پلی آنیلین برای پوشش دهی نخهای پلی آمید (نایلون ۶) و پلی پروپیلن بطور نایبوسته و الیاف پلی استر (پلی اتیلن ترفتالات) بطور نایبوسته و پیوسته بکار برده شده و در سازه نتایج اندازه گیری و بررسی خواص الیاف پوشش یافته بحث شده است. پوشش دهی با پلی آنیلین باعث می شود که مقاومت الکتریکی الیاف یاد شده شدت کاهش یابد و خواص مکانیکی آنها چندان تغییری نکند. کاهش مقاومت الکتریکی بستگی به نوع لیف داشته و همبستگی نیست.

واژه های کلیدی: پلیمرهای رسانا، الیاف، پلی آنیلین، پوشش دهی، مقاومت الکتریکی

Key Words: conductive polymers, fibers, polyaniline, coating, electrical resistance

## مقدمه

پلیمرهای رسانا در چند دهه اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است [۱-۳]. از یک طرف مفاهیم جدیدی در ارتباط با رسانایی ترکیبات آلی که ناشناخته مانده بود مطرح شده و از طرف دیگر بکارگیری مواد جدید برای کاربردهای تخصصی مورد آزمایش قرار گرفته است [۴].

کوهن و همکاران [۴] از پلی پیروول (به دوروش الکتروشیمیایی و شیمیایی) استفاده کرده و اثر پایدار کنندگی مواد دوپه کننده مخلطف را مورد بررسی قرار داده اند. معلوم شده است که بسته به نوع مواد دوپه کننده مقاومت الکتریکی پارچه پلی استر از ۵۶ به  $5300 \Omega/cm^2$  کاهش می یابد.

هیبی و همکاران [۵] خواص الکتریکی و سطحی الیاف نایلون، نخ پلی استر و پارچه از الیاف شیشه با روکش پلی پیروول را

بررسی کرده اند. مقاومت الکتریکی نایلون، نخ پلی استر و پارچه از الیاف شیشه بر ترتیب برابر  $10^4$ ،  $10^6$  و  $800 \Omega/cm^2$  بدست آمده است [۵]. چالوچو و همکاران عمل پوشش دهی با روش نخیر پلی پیروول به همراه آب را روی سطح الیاف PPTA (پلی پاراتیلین ترفتالامید) انجام داده و توانسته اند با سرعت حدود  $1/5 - 0/5$  m/min عمل پوشش دهی را روی این الیاف انجام دهند و رسانندگی الکتریکی در حدود  $0/68$  S/cm بدست آورند [۶].

بهادینی و همکاران [۷] پلی پیروول و پلی تیوفن را به روش الکتروشیمیایی روی الیاف طبیعی نظیر پنبه، پشم و ابریشم پوشش داده اند که نتایج آزمایشها در جدول ۱ آمده است.

یکی از کاربردهای این پلیمرها به صورت الیاف (به شکل نایبوسته یا نخ حاصل از الیاف یکسره) است که در صنایع مسارف متفاوتی دارد. مثلاً، نخهای رسانا در کفیوشها و برسهای رسانا در

جدول ۱- مقاومت الکتریکی الیاف پنبه، پشم و ابریشم پوشش داده شده با پلی پیرول و پلی تیوفن در دمای ۳۰ °C [۷].

الیاف	مقاومت الکتریکی $\times 10^{-3} (\Omega/cm)$	
	پلی تیوفن	پلی پیرول
پنبه	۷۰۰۰	۲۰
ابریشم	۳۰،۰۰۰	۵
پشم	۶۵،۰۰۰	۲۵

چاپگرها برای از بین بردن الکتریسیته ساکن و توریهای محافظ پرنو در برخی وسایل پرنو را می توان نام برد. گروهی از متخصصان توجه خود را به تولید الیاف مختلف از پلیمرهای رسانا معطوف کرده اند و گروهی دیگر به پوشش دهی الیاف موجود با پلیمرهای رسانا پرداخته اند [۱].

گرهنگوری و همکاران [۳] سطح برخی از مواد نساجی را بوسیله پلی آنیلین و پلی پیرول با روش شیمیایی پوشش دادند و از آمونیم پرسولفات به عنوان اکسیدکننده برای پلی آنیلین استفاده کردند. نتایج حاصل از کاربرد پلی آنیلین در جدول ۲ آمده است.

پژوهشگران یاد شده [۳] مقاومت الکتریکی پارچه های پلی استری نکسچر شده و نایلونی به صورت کشافی تار (warp knitting) و کشافی دوگانه (double knitting) مورد استفاده را قبل از پوشش دهی گزارش نکرده اند. در هر حال، این گونه مواد مقاومتری بیشتر از  $10^{14} \Omega/cm^2$  دارند [۸].

همان طور که از جدول ۲ پیداست، مقاومت الکتریکی پارچه های نایلونی و پلی استری از مقادیری بیشتر از  $10^{14} \Omega/cm^2$  به مقادیری کمتر از  $12000 \Omega/cm^2$  کاهش می یابد.

نتایج آزمایشهای انجام شده [۱] نشان می دهد که پلی آنیلین می تواند رسانایی بسیار خوبی داشته باشد. این پلیمر نسبتاً پایدارتر است و مواد اولیه آن به آسانی در دسترس قرار می گیرد. شیبیدانان حدود ۱۰۰ سال پیش پلی آنیلین را در حالت ناخالص، یعنی آنیلین سیاه، به عنوان عایق الکتریکی می شناختند. پلی آنیلین رسانای الکتریکی که در سالهای اخیر کشف شده است، به شکل ترکیب تمکی است، درحالی که آنیلین سیاه یک آمین است.

به نظر مکنه پارمید [۲] و همکاران ساختار شیمیایی پلی آنیلین بصورتی است که در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که از این شکل پیداست، پلی آنیلین شامل بخش کاهیده ۱ و بخش اکسید شده ۲ است. x درجه پلیمر شدن و y میزان اکسیدکنندگی زنجیر پلیمر را نشان می دهد. حالت  $y=0$ ، یعنی حالت کاملاً کاهیده، را لوکوآمرالدین (leucoemeraldine) می نامند. حالت  $y=1$ ، یعنی حالت کاملاً اکسید شده، را پرنی گرانیلین (pernigraniline) و حالت  $y=0/5$  یعنی نیم اکسید شده را امرالدین (emeraldine) می گویند.

جدول ۲- مقاومت الکتریکی پارچه های نایلونی و پلی استری پوشش داده شده با پلی آنیلین [۳].

پارچه	مقاومت الکتریکی $(\Omega/cm^2)$
نایلون ۶ (کشافی تار)	۱۲۰۰۰
نایلون ۶۶ (کشافی دوگانه)	۹۴۰
پارچه تار بودی (پلی استر نکسچر شده)	۱۲۶۰

پلی آنیلین درحالت امرالدین بیشترین رسانندگی را داراست. این ماده در محیط اسیدی و در مجاورت ماده اکسیدکننده مانند آمونیوم پرسولفات ستر می شود.

موضوع این مقاله در ارتباط با پوشش دهی الیاف (به صورت نخهای یکسره) با پلی آنیلین است که در آن تغییرات خواص الیاف مورد بررسی قرار گرفته و کاستیهای روشها مشخص شده است.

### تجربیه

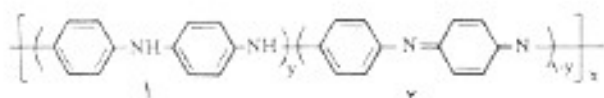
#### مواد

نخ رشته ای پلی استر نمره  $68/200$  (den ۳۰۰، ۶۸ رشته) از مواد تولیدی کارخانه های پلی آکریل اصفهان، نخ رشته ای نایلون نمره  $17den/150$  از شرکت الیاف تهران، نخ پلی پروپیلن  $35den/150$  تولید آزمایشگاهی دانشکده نساجی بکار گرفته شده است. این الیاف معمولاً دارای مواد تکمیلی کاهش دهنده مقاومت الکتریکی اند.

مسواد شیمیایی آمونیوم پرسولفات آزمایشگاهی، سولفوریک اسید ۹۵ درصد، کلریدریک اسید ۳۷ درصد و آنیلین از شرکت مرک تهیه شده و در صورت لزوم از آب مقطر استفاده شده است.

برای تهیه محلول اکسید کننده مقدار لازم (۶،۲، ۱۰ یا ۱۴) آمونیوم پرسولفات در ۱۰۰ ml محلول ۰/۱ یا ۰/۵ مولار کلریدریک اسید حل شده است. انحلال در دمای صفر تا  $10^{\circ}C$  صورت می گیرد.

محلول شوینده شامل اولتراون HD (۳۰ g/L) و تولوئن (۳۰ g/L) است که از آن به عنوان شوینده و پاک کننده با قدرت امولسیون کنندگی استفاده شده است. ماده شوینده فوق کمی آنیونی است.



شکل ۱- ساختار پلی آنیلین [۲].

تبدیل می‌کند.

برای دریافت اطلاعات خروجی از کارت A/D و انجام عملیات محاسباتی از زبان برنامه‌نویسی پاسکال استفاده شده است. با توجه به آدرس آستانه کارت A/D مقدار عدد در سنای دو بوسه متغیرهای به صورت بایت خوانده می‌شود. سپس، عدد دودویی خوانده شده به سنای ده تبدیل می‌گردد که عدد حاصل مقدار ولتاژ و لنای خروجی از دستگاه اندازه‌گیری است. با توجه به مقدار جریان ثابت عبور کرده از مقاومت مجهول، این مقاومت از تقسیم ولتاژ بر شدت جریان محاسبه شده و نتایج آزمایش به همراه زمان اندازه‌گیری در پرونده‌هایی از نوع متن (text) ضبط می‌شود. با دستگاه یادشده مقاومت بین  $100 \text{ k}\Omega$  تا  $100 \text{ M}\Omega$  را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

صحت کار دستگاه با اندازه‌گیری مقاومت استاندارد معین و مشخص شده است. برای اندازه‌گیری مقاومت‌های  $10^7$  تا  $10^{12} \Omega$  از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت لیاف راتسچیلد (Rothschild) استفاده شده است [۹].

#### اندازه‌گیری خواص فیزیکی

برای اندازه‌گیری جرم مخصوص خطی لیاف از دستگاه ویبرومات (Vibromat) و برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی از دستگاه فافگراف (Fatograph) استفاده شده است. مقاطع طولی لیاف با میکروسکوپ کارل زایس مشاهده و از آنها عکس تهیه شده است.

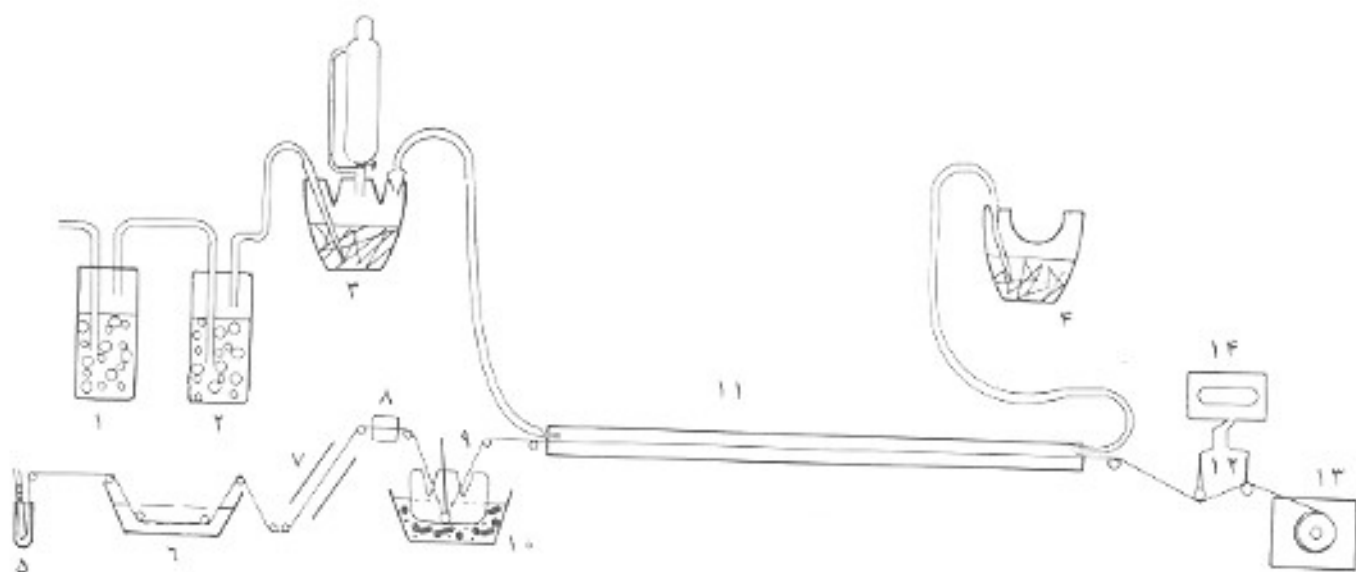
محلول متورم کننده شامل ایتانولن HTB ( $30 \text{ g/l}$ ) و ایتانولن LUN ( $30 \text{ g/l}$ ) است. این متورم کننده ماده‌ای آبیونی است. محلول شوینده و متورم کننده محصولات شرکت سیانگاینگی تهران بوده است.  
برای تهیه محلول پیروگالول،  $30 \text{ g}$  پودر پیروگالول مرک در  $150 \text{ ml}$  آب حل شده است.

#### دستگاهها و روشها

##### اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی

برای اندازه‌گیری بوسه مقاومت الکتریکی، دستگاهی با استفاده از ریزپردازنده (microprocessor) ساخته شد.

دستگاه اندازه‌گیری از دو قسمت اصلی سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل شده است. قسمت سخت‌افزار شامل یک منبع جریان ثابت ( $0/5 \text{ mA}$ ) است که جریان تولیدی بوسیله تقسیم مقاومتی به یک جریان بسیار کوچک تبدیل می‌شود. این جریان ضعیف و ثابت از مقاومت مورد اندازه‌گیری عبور کرده و در دو سر مقاومت اختلاف پتانسیلی تولید می‌کند. با اندازه‌گیری ولتاژ، مقدار مقاومت را می‌توان از تقسیم ولتاژ بر شدت جریان محاسبه کرد. قسمت سخت‌افزار شامل دو جزء است. خروجی جزء اول، یعنی مدار اندازه‌گیری، ولتاژ اختلاف پتانسیل است که به جزء دوم، یعنی یک کارت واسط (کارت A/D)، وارد می‌شود. این جزء اختلاف پتانسیل خروجی از جزء اول را به رقم



شکل ۲- طرح احتمالی سیستم پوشش‌دهی به روش نخبیر پیوسته که در آن: (۱) گاز شوی اول، (۲) گاز شوی دوم، (۳) بالن سه دهانه، (۴) بالن دو دهانه، (۵) بوین، (۶) حمام شستوی اول، (۷) حمام شستوی دوم، (۸) گرم کن، (۹) بالن سه دهانه (۱۰) ظرف بیخ (۱۱) نوله شیشه‌ای دو جداره، (۱۲) الکترودها، (۱۳) بوین و (۱۴) دستگاه اندازه‌گیری و کامپیوتر است [۲].

جدول ۳- تغییرات مقاومت الکتریکی نخ یکسره نایلون، پلی‌استر و پلی‌پروپیلن در اثر پوشش دهی به روش ناپوسته با پلی‌آنیلین.

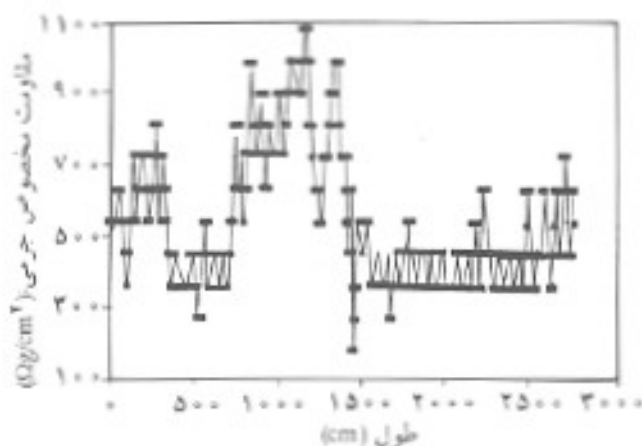
نوع نخ	مقاومت الکتریکی مخصوص جرمی قبل از پوشش دهی ( $\Omega g/cm^2$ )	مقاومت الکتریکی مخصوص جرمی بعد از پوشش دهی ( $\Omega g/cm^2$ )
یکسره نایلون	$5/17 \cdot 10^9$	21/77
یکسره پلی‌استر	$5/42 \cdot 10^9$	260/07
یکسره پلی‌پروپیلن	$> 10^{12}$	4381

آنیلین در محیط بکار گرفته شده است.

### نتایج و بحث

آزمایشهای اولیه برای یافتن راه کار نشان می‌دهد که تکرارپذیری عمل پوشش دهی در روش پیوسته بیشتر از روش ناپوسته است. به نظر می‌رسد که در روش پیوسته عوامل موثر بر عمل پوشش دهی (زمان و یکواخت بودن محیط دربرگیرنده برای رشته‌های متفاوت و ثابت ماندن غلظت مواد روی تمام رشته‌ها) آسانتر کنترل می‌شود. همچنین، در روش پیوسته حذف هوا موثرتر صورت می‌گیرد. الیاف در پوشش دهی ناپوسته روی هم قرار می‌گیرند و امکان بهم چسبیدن آنها به یکدیگر بیشتر می‌شود.

نتایج اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی نخهای یکسره نایلون، پلی‌استر و پلی‌پروپیلن قبل و بعد از پوشش دهی به روش ناپوسته در جدول ۳ آمده است. در این مقاله مقاومت مخصوص به صورت مقاومت مخصوص جرمی بیان شده است. بیان مقاومت به صورت مقاومت مخصوص جرمی برای الیاف مناسبتر و متداولتر است. مقاومت مخصوص جرمی ( $R_g$ ) برحسب  $\Omega g/cm^2$  به معنای مقاومت بر حسب اهم بین دو انتهای نمونه‌ای به طول ۱cm و جرم ۱g است.



شکل ۳- تغییرات مقاومت الکتریکی در طول نخ یکسره پلی‌استر پوشش داده شده با پلی‌آنیلین به روش پیوسته.

پوشش دهی به روش تبخیر ناپوسته

ابتدا الیاف با شوینده و آب در حال جریان شستشو می‌شود. نمونه الیاف به مدت ۲ دقیقه در داخل حمام اکسید کننده (مقادیر مشخصی آمونیوم پرسولفات در محلول پیک مولار کلریدریک اسید) فرار می‌گیرد. سپس، نمونه به دسیکاتور منتقل می‌شود و مونومر آنیلین بوسیله گاز نیتروژن عاری از آب و اکسیژن با فشار ۳ bar و به مدت ۱۰ دقیقه از درون دسیکاتور عبور داده می‌شود تا با سطح الیاف تماس حاصل کند و در نتیجه عمل پلیمر شدن روی سطح الیاف صورت گیرد. پس از ده دقیقه نمونه از ظرف دسیکاتور خارج و در هوای اتاق خشک می‌شود.

پوشش دهی به روش تبخیر پیوسته

مراحل پوشش دهی به روش پیوسته در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به این شکل نخ پس از باز شدن از روی بسته به حمام شستشوی اول حاوی شوینده (۶) و حمام شستشوی دوم حاوی آب روان (۷) وارد می‌شود. پس از خشک شدن بوسیله گرمکن (۸)، وارد بالن سه دهانه (۹) حاوی محلول اکسید کننده و لوله شیشه‌ای (۱۱) می‌شود که در آن گاز نیتروژن حاوی آنیلین در جریان است و پس از عبور از روی الکترودها (۱۲) (برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی) روی بوسین (۱۳) پیچیده می‌شود.

گاز نیتروژن ابتدا وارد گلاز شوی اول (۱) حاوی محلول پروگانول (برای حذف اکسیژن) می‌شود. سپس، وارد گلاز شوی دوم (۲) حاوی سولفوریک اسید غلیظ (برای حذف رطوبت) می‌گردد. در مرحله بعد گاز نیتروژن وارد بالن سه دهانه (۳) حاوی آنیلین می‌شود. گاز نیتروژن درون محلول آنیلین حباب ایجاد می‌کند و موجب تبخیر آن می‌شود و آنیلین به همراه گاز نیتروژن از دهانه سوم بالن خارج می‌گردد. دهانه دوم برای اضافه کردن آنیلین به بالن سه دهانه است. سپس، گاز نیتروژن حاوی آنیلین وارد لوله شیشه‌ای (۱۱) می‌شود. در نتیجه، مونومر در داخل لوله شیشه‌ای روی سطح الیاف آغشته به اکسید کننده می‌نشیند و پلیمر شدن روی الیاف انجام می‌گیرد. گاز مصرف شده از انتهای دیگر لوله شیشه‌ای خارج شده و وارد بالن دو دهانه (۴) حاوی سولفوریک اسید غلیظ می‌شود که برای جلوگیری از پخش شدن گاز

جدول ۴ - خواص مکانیکی نخهای یکسره نایلون، پلی‌استر و پلی‌پروپیلن قبل و بعد از پوشش‌دهی نایبوسته.

جرم مخصوص خطی dTex		ازدیاد طول تا پارگی (%)		استحکام cN/dTex		نوع یاف	
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار		
۴/۹۸	۰/۱۳۳	۳۷/۰۶	۴/۸۸	۴/۰۵	۰/۰۶۴	خام	نخ یکسره پلی‌استر
۵/۴۴	۰/۰۸۶	۴۰/۷	۴/۵۶	۲/۷۵	۰/۱۲۴	عمل‌آوری شده	عمل‌آوری شده
۴/۷۴	۰/۰۹۱	۳۵/۷۵	۴/۴۴	۳/۶	۰/۱۱۲	خام	نخ یکسره نایلون
۵/۰۹	۰/۱۹۷	۲۴/۱	۲/۷۶	۲/۹	۰/۱۲۰	عمل‌آوری شده	عمل‌آوری شده
۳/۹۸	۰/۱۴۲	۳۹۵/۲	۳۳/۵	۱/۳۲	۰/۰۸	خام	نخ یکسره پلی‌پروپیلن
۴/۰۴	۰/۱۴۴	۲۶۰/۴	۳۷/۲۴	۱/۲۳	۰/۱۷	عمل‌آوری شده	عمل‌آوری شده

نگرفته است.

شکل مقطع طولی یاف پلی‌استر پوشش داده شده به روش پیوسته و پوشش داده نشده در شکل ۴ آمده است. با مقایسه شکل‌های الف و ب (یاف خام و عمل‌آوری شده) به نظر می‌رسد که لکه‌های سیاه رنگ (در عکس‌های رنگی به صورت سبز دیده می‌شوند) مربوط به

بنابراین، بین مقاومت مخصوص (P) بر حسب  $\Omega\text{cm}$  و جرم مخصوص (d) بر حسب  $\text{g/cm}^3$  معادله ۱ برقرار است:

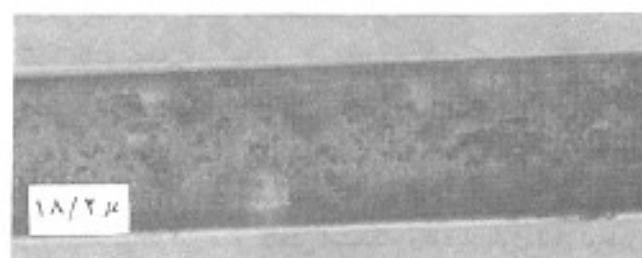
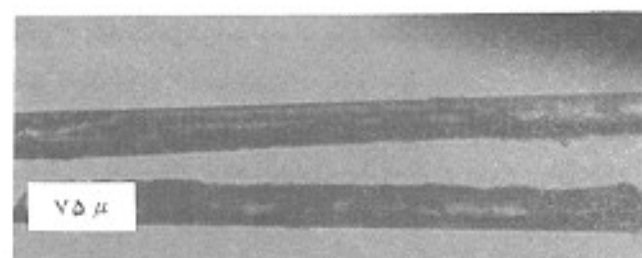
$$R_s = Pd \quad (1)$$

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که پوشش‌دهی روی سطح نایلون نسبت به پلی‌استر و پلی‌پروپیلن بهتر صورت می‌گیرد. همچنین، پوشش‌دهی روی سطح پلی‌استر نسبت به پلی‌پروپیلن بهتر است. در هر حال، مقاومت الکتریکی یاف بیش از  $10^{10}$  بار کاهش پیدا کرده است. معمولاً، برای کاهش الکتریسیته ساکن در یاف از مواد تکمیلی مختلفی استفاده می‌شود که همگی با کاهش مقاومت الکتریکی رسانایی الکتریسیته ساکن را بهتر می‌کنند. در هر حال، حداکثر کاهش مقاومت الکتریکی بوسیله این مواد از  $10^2$  تجاوز نمی‌کند [۸]. اما، کارایی پلیمرهای رسانا بسیار زیاد و به کاهش چند هزار برابر مقدار یادشده در مقاومت الکتریکی منجر می‌شود.

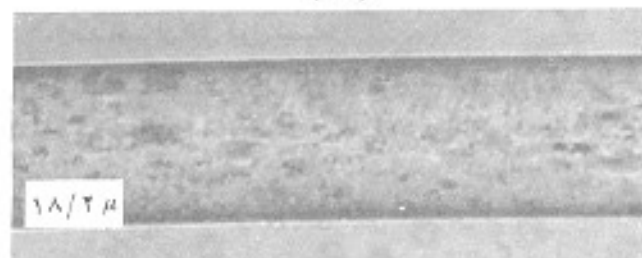
در روش پیوسته، نخ یکسره پلی‌استر با سرعت  $7 \text{ m/min}$  و پوشش داده شده و مقاومت الکتریکی مخصوص جرمی آن از  $5/42 \times 10^{15} \Omega\text{g/cm}^2$  به مقدار  $492 \Omega\text{g/cm}^2$  کاهش می‌یابد.

نتایج مقاومت الکتریکی بدست آمده در روش نایبوسته و پیوسته در این پژوهش با نتایج گریگوری [۳] مطابقت دارد، اما ملاحظه می‌شود که پلی‌نیوفن و پلی‌پیرول، که پژوهشگران دیگر [۴-۷] بکار برده‌اند، موثرتر است.

مقاومت الکتریکی نخ رشته‌ای پلی‌استر پوشش داده شده با پلی‌آنیلین در حال حرکت بوسیله دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با استفاده از ریزپردازنده اندازه‌گیری شد. این نخها به روش پیوسته پوشش داده شدند و فوراً پس از پوشش‌دهی (خروج از محافظه آنیلین) مقاومت آنها با کامپیوتر معین و به صورت شکل ۳ ترسیم شد. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که عمل پوشش‌دهی روی سطح رشته بوسیله پلی‌آنیلین بطور یکواخت صورت



(الف)



(ب)

شکل ۴ - مقطع طولی یاف پلی‌استر: (الف) پوشش داده شده با پلی‌آنیلین و (ب) پوشش داده نشده.

دلایل مختلفی برای ناپایداری رسانایی پلیمرهای رسانا ارائه شده است. بر اساس این نظریه‌ها نوع ماده دهنده و تغییر ساختار پلی آنیلین در زمان کاهش رسانایی موثرند [۴، ۱۰].

### نتیجه گیری

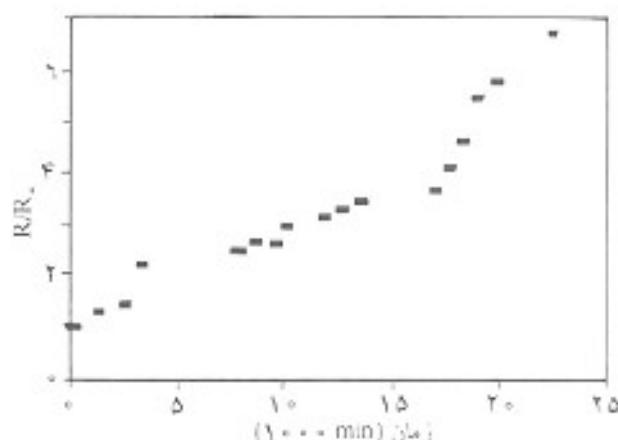
امکان استفاده از پلی آنیلین برای پوشش‌دهی الیاف پلی پروپیلن، نایلون و پلی استر بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با عمل پوشش‌دهی می‌توان مقاومت الکتریکی الیاف پاد شده را به مقدار زیاد بدون تخریب موثر مکانیکی، کاهش داد. عمل پوشش‌دهی می‌تواند به صورت نایبسته یا پیوسته انجام گیرد. مسائل متفاوتی مانند دما و غلظت اکسید کننده در این عملیات موثرند که بررسی آنها نیاز به آزمایشهای بیشتری دارد. پایدار کردن مقاومت الکتریکی و بررسی امکان نفوذ پلیمرهای رسانا به درون الیاف موضوع پژوهشهای بعدی است.

### قدردانی

از آقایان مهندس مظاهری برای تامین شوبنده‌ها، مهندس ذوالفقاری جهت ساخت دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی و مهندس کاشانی به دلیل همکاری در اندازه‌گیری خواص مکانیکی الیاف و تهیه عکس میکروسکوپی قدردانی می‌شود.

### مراجع

- 1 Kuzmany H., Mehring M. and Roth S.; *Electronic Properties of Polymers and Related Compounds*; Proceeding of an International Winter School, Kirchberg, Tirol, Berlin, 3 March, 1985.
- 2 Mc Diarmid G. and Epstein A. J.; *Science and Application of Conducting Polymers*; Salaneck W. R. et al. (Eds.), 6th European Physical Society Industrial Workshop, Lofthus, Norway, 115-27, 28-31 May, 1990.
- 3 Gregory R. V., Kimbrell W. C. and Kuhn H. H.; *Conductive Textile Composites*; 3rd International SAMPE Electronics Conference, U.S.A., 570-77, 20-22 June, 1989.
- 4 Kuhn H. H. et al.; *Properties of Polypyrrole Treated Textiles for Advanced Applications*; Proceeding of Antec 91, U.S.A., 760-64, 1991.
- 5 Heisey C. L. and Wightman J. P.; *Text. Res. J.*; **63**, 5, 247-56, 1993.



شکل ۵- تغییرات مقاومت الکتریکی الیاف نایلون پوشش داده شده با پلی آنیلین با گذشت زمان ( $R/R_0$  نسبت مقاومت الکتریکی الیاف در هر زمان به مقاومت الکتریکی آنها در اولین اندازه‌گیری).

پلی آنیلین تشکیل شده روی سطح الیاف است، که رسانایی الکتریکی را بوجود می‌آورد. ممکن است غیر یکنواختی مقاومت الکتریکی که در شکل ۲ مشاهده می‌شود مربوط به یکنواخت نبودن پوشش پلی آنیلین باشد که در شکل ۴ الف نشان داده شده است.

نتایج اندازه‌گیری تغییرات جرم مخصوص خطی، ازدیاد طول تا پارگی و استحکام الیاف نایلون، پلی استر و پلی پروپیلن خام و پوشش داده شده به روش نایبسته در جدول ۴ آمده است. ارائه سه نوع الیاف در این جدول به منظور مقایسه آنها با یکدیگر نیست، زیرا الیاف فوق هر یک دارای پیشینه و ساختار فیزیکی متفاوتند.

با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده می‌شود که استحکام الیاف نایلون در اثر پوشش‌دهی کاهش می‌یابد. گریگوری و همکاران [۳] عمل پوشش‌دهی را روی پارچه نایلونی انجام داده‌اند، لیکن خواص مکانیکی پارچه را پس از پوشش‌دهی اندازه‌گیری نکرده‌اند. پلی استر و پلی پروپیلن در اثر این عمل کاهش استحکام و ازدیاد طول قابل توجهی نداشته‌اند. کاهش ازدیاد طول تا پارگی پروپیلن از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد اطمینان قابل قبول نیست.

در اثر پوشش‌دهی جرم مخصوص خطی الیاف نایلون، پلی استر و پلی پروپیلن برتریب به میزان  $9/2$ ،  $7/3$  و  $1/5$  درصد افزایش می‌یابد.

با اینکه پوشش‌دهی با پلی آنیلین حداقل در یک محدوده کوچک بطور موثر به روش نایبسته و پیوسته انجام گرفته است، اما اندازه‌گیری‌های متعدد پس از زمان روکش‌دهی نشان می‌دهد که با گذشت زمان مقاومت الکتریکی الیاف پوشش داده شده افزایش می‌یابد. تغییرات مقاومت الکتریکی الیاف نایلون پوشش داده شده با پلی آنیلین با گذشت زمان در شکل ۵ آمده است.

پوشش‌دهی برخی الیاف مصنوعی با پلی‌آبلیجین --

*Textile Fibers*; 3rd ed., Textile Institute, London,  
481-563, 1993.

9 Rothschild; *Static Voltmeter R 4021 Operation Manual*;  
8002 Zurich, Schweiz.

10 Truong V. T.; *Synthetic Metals*; **52**, 33-44, 1992.

6 Chaochou XU, Peng Wang and Xiantong Bi; *J. Appl. Polym. Sci.*; **58**, 2155-59, 1995.

7 Bhadani S. N., Sengupta S. K. and Gupta M. K.; *Indian J. Fibre Text. Res.*; **18**, 46-7, March 1993.

8 Morton W. E. and Hearle J. W. S.; *Physical Properties of*