



نانو تکنولوژی

# تأثیر نوع نانوذرات فلزی بر مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی پارچه‌های هادی

امیر خلیلی<sup>۱\*</sup>، وحید متقی‌طلب<sup>۲</sup>

چکیده:

در این تحقیق پارچه‌های پلی‌استر با نانو ذرات فلزی مس و نیکل توسط روش لایه‌نشانی الکترولس پوشش داده شد. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی پارچه‌های هادی شامل مورفولوژی سطحی، ترکیب، سختی خمش، استحکام کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و نفوذپذیری هوا با هم مقایسه شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) حاکی از تشکیل لایه یکنواخت و آنالیزور EDX نیز نشان‌دهنده تشکیل عمده ذرات فلزی مس و نیکل بر روی سطح الیاف پارچه می‌باشد. نتایج نشان داد که استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی و چروک‌پذیری پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانو ذرات نیکل بیشتر و سختی خمشی و نفوذپذیری هوا، کمتر از پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانو ذرات مس می‌باشد.

مقدمه

حساس‌سازی روی سطح پارچه انجام گیرد. پارچه با آب دوبار تقطیر آب‌کشی و بعد وارد محلول اسیدی کلرید پالادیوم در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  و به مدت ۵ دقیقه شده تا سطح پارچه فعال گردد. پس از مرحله‌ی فعال‌سازی، پارچه‌ی فعال شده دوباره با آب دوبار تقطیر، آب‌کشی شد. سپس پارچه‌ی فعال شده وارد حمام لایه‌نشانی طبق جدول ۱ بسته به نوع نانوذرات فلزی در مدت زمانی متوسط ۱-۲ ساعت قرار می‌گیرد. پس از لایه‌نشانی، پارچه‌ی پوشش داده شده با آب دوبار تقطیر شستشو و در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  در آون خشک شد. مورفولوژی و ضخامت لایه تشکیل شده بر روی پارچه، با میکروسکوپ الکترونی (XL30 philips) بررسی شد. با دستگاه استحکام‌سنج، استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی پارچه لایه‌نشانی شده مطابق با استاندارد ISO 13934-1:1999 ارزیابی گردید. میزان چروک‌پذیری نمونه قبل و بعد از لایه‌نشانی توسط دستگاه سنجش چروک طبق استاندارد BS EN 22313:1992 مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری سختی خمش از استاندارد BS 3356:1990 استفاده شده است. با استفاده از دستگاه نفوذسنج هوا، نفوذپذیری پارچه لایه‌نشانی شده در برابر هوا مطابق با استاندارد BSS,636 ارزیابی گردید.

پوشش سطوح با فلزات و آلیاژهای فلزی بدون استفاده از منبع خارجی مولد جریان الکتریکی یا لایه‌نشانی الکترولس روشی جدید و متداول می‌باشد [۱]. پارچه‌های هادی پوشش داده شده با فلزات مختلف در صنایع الکترونیک به شکل‌های مختلف نوار پارچه‌ای یا لایه‌های فومی استفاده می‌شود [۲]. فرآیند لایه‌نشانی الکترولس نیکل بر روی سطح غیرهادی اهمیت قابل ملاحظه‌ای در بهبود سطوح الیاف نساجی پیدا کرده است [۳]. پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانو ذرات مس بدلیل هدایت الکتریکی بالای مس بطور گسترده در ساخت پارچه‌های هادی استفاده می‌شود [۴]. در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پارچه‌های پلی‌استری لایه‌نشانی شده با نانو ذرات مس و نیکل توسط روش الکترولس شامل سختی خمش، استحکام کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی و نفوذپذیری هوا بررسی شده است. همچنین مورفولوژی و ترکیب سطوح لایه‌نشانی شده نیز توسط میکروسکوپ الکترونی و آنالیزور EDX بررسی گردید.

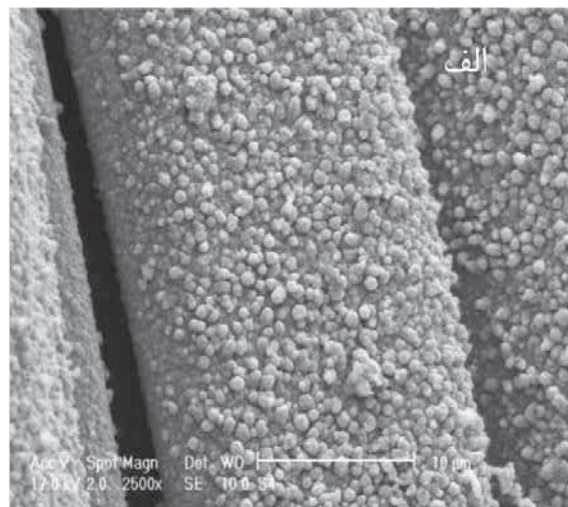
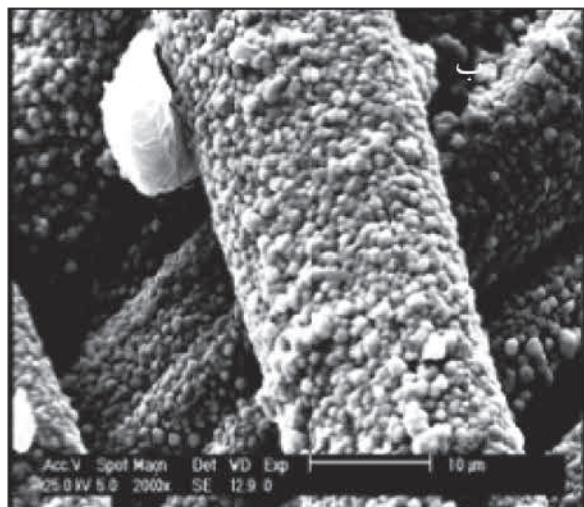
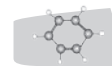
روش تحقیق

نانوذرات فلزی نیکل و مس روی پارچه‌های پلی‌استر ( $47 \times 23$ ) نمره نخ تار den  $137/3$  و نمره نخ پود den  $168/7$  با بافت تافته لایه‌نشانی شدند. فرآیند لایه‌نشانی به صورت چندمرحله‌ای شامل مراحل: شستشو، حساس‌سازی، فعال‌سازی، لایه‌نشانی، عملیات بعدی انجام گرفت. ابتدا پارچه را در حمام حاوی دترجنت و بی‌کربنات سدیم در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و به مدت ۳۰ دقیقه شستشو و سپس پارچه وارد محلول اسیدی کلرید قلع در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  و به مدت ۲۰ دقیقه شده تا عملیات

نتایج و بحث

مورفولوژی و ترکیب سطحی

مورفولوژی سطحی پارچه پلی‌استر لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس و نیکل در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در تصاویر میکروسکوپی مشاهده می‌شود، سطح الیاف پس از لایه‌نشانی به طور کامل و یکنواخت با لایه‌ای از نانوذرات نیکل و مس پوشانده شده است به طوری که ساختار میکروسکوپی الیاف



شکل ۱. تصاویر میکروسکوپ الکترونی الیاف پلی استر لایه نشانی شده با نانو ذرات نیکل (الف) ، نانو ذرات مس (ب) .

پارچه می‌باشد. در جدول ۲ به نحو مشخص تری درصد همهی عناصر لایه تشکیل شده روی سطح پارچه بیان شده است.

#### استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی

نتایج آزمایش استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی، بیانگر افزایش استحکام تا حد پارگی و ازدیاد طول تا حد پارگی بعد از لایه‌نشانی با نانوذرات نیکل و مس می‌باشد. این امر بخوبی بیانگر توزیع بسیار مناسب ذرات بر روی سطح لیف و تشکیل لایه یکنواخت و متراکم در مقیاس نانو بر روی سطح الیاف می‌باشد. مقایسه نتایج در جدول ۳ نشان داد که پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس افزایش استحکام و افزایش ازدیاد طول تا حد پارگی کمتری نسبت به پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل در جهت تار و پود دارند.

#### سختی خمشی و چروک‌پذیری

مطابق جدول ۴، نتایج آزمایش سختی خمشی پارچه نشان داد که پس از لایه‌نشانی سطح پارچه با نانوذرات فلزی، سختی خمشی پارچه لایه‌نشانی شده بیشتر شده است. همان‌طور که می‌دانیم سختی خمشی با توان دوم ضخامت رابطه‌ی مستقیم دارد [۵]، بنابراین افزایش ضخامت نمونه پس از لایه‌نشانی سبب افزایش سختی خمشی پارچه لایه‌نشانی شده می‌گردد. سختی خمشی نشان‌دهنده‌ی رفتار انعطافی

پارچه نیکلی	پارچه مسی	ترکیب عنصری (wt %)
-	۸۴/۸۶	مس
۹۲/۵۵	۹/۶۲	نیکل
۷/۱۲	۰/۷۲	فسفر
-	۱/۲۴	سدیم
۰/۱۷	۰/۰۴	کلر
۰/۱۶	۰/۳۶	قلع

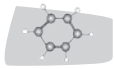
جدول ۲- ترکیب عنصری لایه‌نشانی نانوذرات فلزی بر روی سطح پارچه‌ی پلی‌استر.

پلی‌استری بعد از لایه‌نشانی بطور کامل تغییر کرده است.

شکل ۱. تصاویر میکروسکوپ الکترونی الیاف پلی‌استر لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل (الف) ، نانوذرات مس (ب) . شکل ۱. تصویر لایه‌نشانی انجام شده بر روی الیاف را با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برای پارچه مسی و بزرگنمایی ۲۰۰۰ برای پارچه‌ی نیکلی نشان می‌دهد. با این بزرگنمایی می‌توان تا حدودی نانو بودن ذرات فلزی تشکیل شده را مشخص کرد. آنالیزور EDX، نشان‌دهنده‌ی تشکیل عمده ذرات فلزی مس و نیکل در کنار برخی ذرات کمکی در امر لایه‌نشانی احیایی بر سطح

ترکیب حمام	لایه‌نشانی نانوذرات مس	لایه‌نشانی نانوذرات نیکل
Nickel (II) sulphate hexahydrate (M)	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۳۶
Sodium hypophosphite monohydrate ( M)	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۲۲
Copper(II) sulfate pentahydrate(M)	۰/۰۰۸۷	-
Trisodium citrate (M)	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۶
Boric acid (M)	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۷۲
pH	۱۰	۹/۵
Temperature (°C)	۷۵	۷۰

جدول ۱- ترکیب و شرایط مورد نیاز حمام لایه‌نشانی.



نمونه	استحکام تا حد پارگی (N)		ازدیاد طول تا حد پارگی (mm)	
	پود	تار	پود	تار
پارچه خام	۱۹۸/۲۹	۲۳۴/۸۶	۳/۳۵	۷/۵۹
پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل	(۱۹/۹۸↑)۲۳۷/۹۱	(۲۵/۷۲↑)۲۹۵/۲۷	(۸۸/۳۶↑)۶/۳۱	(۳۱/۲۲↑)۹/۹۶
پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس	(۸/۹۵↑)۲۱۶/۰۴	(۱۵/۹۹↑)۲۷۲/۴۳	(۲۹/۵۰↑)۴/۳۴	(۴/۶۱↑)۷/۹۴

جدول ۳- ارزیابی استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل و مس.

نمونه	تست استحکام	سختی خمشی ( $\mu\text{N.m}$ )	زاویه‌ی بازگشت از چروک (درجه)
پارچه خام		۲۲/۲۵	۴۶°
پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل		(۲۰/۰۴↑)۲۶/۷۱	(۲۶/۰۸↓) ۳۴°
پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس		(۳۶/۲۷↑) ۳۰/۳۲	(۳۴/۷۸↓) ۳۰°

جدول ۴- ارزیابی زبری و چروک‌پذیری پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل و مس.

#### نتیجه‌گیری

لایه‌نشانی نانوذرات فلزی نیکل و مس بر روی پارچه پلی‌استری با روش الکترولس انجام شد. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی و مورفولوژی سطحی پارچه‌های لایه‌نشانی شده با روشهای استاندارد بررسی شد. استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی و چروک‌پذیری پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل بیشتر و سختی خمشی و نفوذپذیری هوا کمتر از پارچه‌های لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس می‌باشد.

#### مراجع

- [1] Djokic, S.S., Fundamental Aspects of Electrometallurgy: Chapter 10, Metal Deposition without an External Current., New York, Kluwer Academic, Pages (249-270), 2002.
- [2] Gan, X., Wu, Y., L.Liu, Shen, B., Hu, W., Electroless plating of Cu-Ni-P alloy on PET fabric and effect of plating parameters on the properties of conductive fabrics, J. Alloys Compd, Volume 455, Pages(308- 313), 2008.
- [3] Jiang, S.Q., Guo, R.H., Effect of polyester fabric through Electroless Ni-P plating, J.Fibers and Polymers, volume 9., Pages(755-760), 2008.
- [4] Lu, Y., Electroless copper plating on 3-mercaptopropyltriethoxysilane modified PET fabric challenged by ultrasonic washing, J.App.Surf.Sci, Volume 255, Pages(8430-8434), 2009.
- [5] Afzali, A., Motaghtalab, V., Motlagh, M.S., Haghi, A.K., The electroless plating of Cu-Ni-P alloy onto cotton fabrics, J.Chem. Eng(27), Pages(1145-1149), 2010.

و یکی از عوامل مهم در ارزیابی زبردست پارچه است. به همین دلیل گفته می‌شود که پس از لایه‌نشانی با نانوذرات فلزی، پارچه زبردتر شده است. اگر به مقدار درصد افزایش سختی پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس (۳۶/۲۷٪) توجه شود متوجه می‌شویم که این مقدار نسبت به درصد افزایش سختی پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل (۲۰/۰۴٪) بطور قابل ملاحظه‌ای بالاست. در نتیجه می‌شود نتیجه گرفت که پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس زبری بالایی از پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل است. زاویه‌ی بازگشت از چروک پارچه طبق جدول ۴ پس از لایه‌نشانی با نانوذرات نیکل کاهش یافته است. وجود ذرات فلزی بین الیاف پس از لایه‌نشانی، اصطکاک بین نخ‌ها و الیاف را افزایش می‌دهد. وقتی پارچه لایه‌نشانی شده تحت نیرویی قرار گرفته و چروکیدگی در آن ایجاد می‌شود و بعد نیرو حذف می‌گردد، بدلیل افزایش اصطکاک لایه‌لای الیاف دیگر آنها نمی‌توانند چندان به موضع قبلی خود برگردند پس چروک‌پذیری پارچه بعد از لایه‌نشانی با نانوذرات فلزی نیکل افزایش می‌یابد. این امر در مورد پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات فلزی مس نیز صادق است. درصد کاهش زاویه بازگشت از چروک برای پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس (۳۴/۷۸٪) در مقایسه با مقدار درصد متعلق به پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل (۲۶/۰۸٪) خیلی بالاتر است. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که چروک‌پذیری پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات مس خیلی بالاتر از پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل است.

#### نفوذپذیری هوا

نتایج بدست آمده از دستگاه نفوذپذیری هوا در جدول ۵ نشان می‌دهد که هنگام لایه‌نشانی با نانوذرات فلزی، نفوذپذیری هوای پارچه کاهش می‌یابد ولی این کاهش چندان محسوس نیست. نفوذپذیری هوا در پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل بیشتر از پارچه لایه‌نشانی شده با نانوذرات نیکل می‌باشد. بطور حتم میزان ضخامت لایه تشکیل شده نانوذرات فلزی بر روی سطح پارچه تأثیر بسزایی در نتایج بدست آمده دارد.