

بررسی امکان بهبود خواص رنگ پذیری پارچه پنبه ای به کمک عملیات پرتوفرآیند تابش الکترون

محمد میر جلیلی^{۱*}- ابوسعید رشیدی^۲- عباس بحیرت^۳- ابوالفضل داودی^۱

۱. دانشکده مهندسی نساجی - دانشگاه آزاد اسلامی یزد

۲. دانشکده نساجی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳. گروه فیزیک - دانشگاه یزد و مرکز پرتوفرآیند انرژی اتمی یزد

چکیده

عملیات پرتوفرآیند تابش الکترون به عنوان یک فرایند تکمیلی جدید نظر به قابلیت اجرا در محیطی خشک و بدون آب و عدم نیاز به هر گونه مواد شیمیایی به منظور تغییر و اصلاح خصوصیات الیاف و پلیمرهای مصنوعی اخیراً مد نظر قرار گرفته است. جنبه مثبت دیگر این روش در رابطه با منسوجات و صنعت نساجی عدم هر گونه ایجاد مشکلات محیط زیستی و پساب صنعتی است که در روشهای اصلاح شیمیایی با آن روبرو هستیم. در جریان این تحقیق پارچه پنبه ای سفیدگری شده بعنوان یکی از پر مصرف ترین منسوجات نساجی تحت عملیات پرتوفرآیند باشدتهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ Gy قرار گرفته و سپس با رنگینه مستقیم C.I. Direct Red 23 رنگرزی شد، نتایج نشان دهنده افزایش قابل توجهی در درصد جذب رنگ با انجام عملیات پرتوفرآیند است. ضمناً در این تحقیق خواص فیزیکی نمونه های تحت عملیات قرار گرفته نیز به منظور تعیین شدت ایده ال عملیات پرتوفرآیند مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی:

پنبه، رنگ پذیری، پرتو فرآیند، استحکام، ازدیاد طول

مقدمه

بعضی از اتمها مجموعه ناپایداری از ذرات بنیادی هستند. این اتمها خود به خود اشعه ساطع کرده و به اتمهای دیگر با هویت شیمیایی متفاوت تبدیل میشوند. این فرایند اصطلاحاً رادیو اکتیویته نامیده میشود. از مواد رادیو اکتیو طبیعی سه نوع اشعه با نامهای α ، β و γ ساطع می شود. اشعه آلفا مرکب از ذراتی است که هر یک دو پروتون و دو نوترون دارند. این ذرات الفا، با سرعتی حدود ۱۶۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه از اتم رادیو اکتیو خارج میشوند و حامل بار الکتریکی $+2$ (به علت داشتن دو پروتون) و جرمی تقریباً چهار برابر جرم پروتون هستند. اشعه بتا جریانی از الکترون است که با سرعتی نزدیک به 128000 کیلومتر بر ثانیه سیر می کند. اشعه گاما اصولاً صورتی از نور با انرژی زیاد بوده، فاقد بار الکتریکی است [۱]. منظور از ساختن شتابدهنده تهیه باریکه از پرتاپه ها برای آزمایش است به گونه ای که انرژی و شدت باریکه را بتوان کنترل کرد. شتابدهنده های گوناگون می توانند به پرتوها و الکترونها انرژی جنسی کافی داده تا بر دفعه الکترواستاتیکی هسته های هدف فایق آیند. شتابدهندهای الکترون، الکترونها را در محدوده انرژی های کم یا زیاد تولید می کنند، دامنه انرژی کابردی در صنعت بین $10-15$ MeV است. انرژیهای پایین تر به علت پایین بودن بیش از اندازه نفوذ الکترونها در مواد تحت تابش و انرژی های بالای 10 MeV به دلیل امکان پرتوزا کردن پاره ای از مواد کاربرد ندارد.

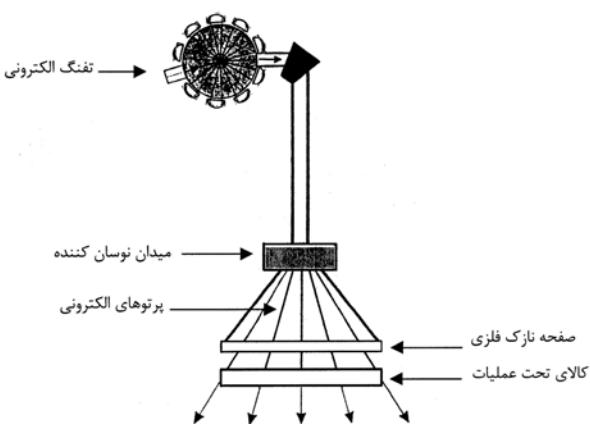
اصولاً چندین روش متفاوت برای تولید پرتوهای الکترونی با انرژی بالا و شتاب دهنده هایی با طراحی های گوناگون وجود دارند. الکترون ها با انرژی پایین تر در خلاء و در یک میدان الکتریکی قوی شتاب گرفته و روی هدف مورد نظر فرد می آیند با این تفاوت که در یک شتاب دهنده صنعتی میدان الکتریکی خیلی قویتر است، پارامترهای اصلی یک شتابدهنده الکترون، ولتاژ و سرعت نوار نقاله (که تعیین کننده انرژی الکتروها و میزان نفوذ آنها در مواد است) و شدت جریان (که تعیین کننده تعداد الکترونهای تولید شده در ثانیه است) هستند. قدرت خروجی اشعه برابر با حاصل ضرب ولتاژ در جریان است که تعیین کننده بیشترین توان تولید شده ای که میتواند در یک فرآیند ایجاد گردد، است [۲]. کاربرد عمده عملیات پرتو فرایند شامل پردازش فرورده های پلیمری جهت اصلاح ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آنها

میباشد. این کاربردها عبارتند از حفظ جوهرهای چاپ بدون ماده حلال دربوششهای روی کاغذ، پلاستیک و چوب و فراورده‌های فلزی، پیوندهای عرضی فیلمهای پلاستیکی، عایق و روکشهای کابل، اجزای تایر هواییما و موشکها و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی لاستیکهای تقویت شده با الیاف کوتاه، شتابگرهای الکترون برای استریزه ابزارهای پزشکی یکبار مصرف مانند باند، ظروف، دستکش و غیره کمتر مورد استفاده قرار میگیرند. آنها همچنین به منظور ضدعفونی گوشت مرغ بی استخوان و ضد عفونی کردن غلات استفاده میشوند. در حوزه محیطی میتوان از شتابگر برای ضد عفونی بیمارستان و زیاله‌های شهری و لجن فاضلاب، برای تجزیه مواد سمی در آب و خاک و برای فشرده کردن گازهای اسیدی، اکسیدهای سولفور و نیتروژن حاصل از دود استفاده کرد [۳،۴،۵].

در منسوجات و مواد پلیمری کلیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تأثیر پذیر از عواملی همچون نوع زنجیرهای مولکولی، گروههای عاملی موجود در آنها، نوع و تعداد پیوندهای جانبی بین زنجیره های مولکولی، شیوه استقرار زنجیره های مولکولی، میزان آرایش یافتنگی و درصد کریستالی نمونه ها می باشند. لذا عملیات پرتوفرآیند بدليل دارا بودن ذرات الکترون شتاب گرفته و پرانرژی قادر است از طریق تعییر ساختار پلیمری الیاف و مواد پلیمری خصوصیات آنها را تعییر داده، منجر به اصلاح بعضی از خصوصیات کاربردی منسوجات گردد. عملیات پرتوفرآیند تأثیر خود را از طریق ایجاد رادیکالهای فعال در طول زنجیره های مولکولی پلیمر و یا مواد افزوده شده به آن و همچنین ایجاد اتصالات متقطع و تأثیر بر کریستالهای موجود در ساختار پلیمری الیاف ایفا می کند. قابل ذکر است عملیات پرتوفرآیند همانند عملیات اصلاح مواد پلیمری با پلاسمای سرد [۶،۷] به دلیل اجرای عملیات اصلاحی در محیط خشک که نیازی به استفاده از مواد شیمیایی و آب ندارد از نظر عدم ایجاد مشکلات محیط زیستی دارای اهمیت فراوان بوده و میتواند در دراز مدت از نظر اقتصادی نیز با صرفه باشد. در راستای این تحقیق به منظور بررسی قابلیت بهبود خواص رنگ پذیری الیاف پنهان ای عملیات پرتوفرآیند با تابش‌های الکترون در شدت‌های مختلف بر روی آنها به مرحله اجرا گذاشته شد و بدین ترتیب تغییرات خواص رنگ پذیری نمونه ها، ارزیابی گردیدند. ضمناً خواص فیزیکی آنها نیز به منظور قضاؤت پیرامون شدت تأثیر عملیات پرتوفرآیند اندازه گیری شدند.

آزمایشات

در جریان این تحقیق پارچه پنهان ای سفیدگری شده با مشخصات فنی نمره نخ تار و پود $Ne_{20/1} \text{ cm}$ ، تراکم تار $24/1 \text{ cm}$ ، تراکم پود $TT200 \text{ cm}^2$ ، وزن متر مربع 136 g/m^2 با بافت تافته L1/1 با استفاده از دستگاه پرتوفرآیند اشعه الکترونی از نوع رودوترون ساخت شرکت IBA بلژیک تحت عملیات تابش الکترون قرار گرفت. این دستگاه دارای چهار خروجی عمودی و افقی و انرژی های ۵ و ۱۰ میلیون الکترون ولت میباشد (شکل ۱). عملیات پرتوفرآیند بر روی نمونه پارچه های پنهان ای انتخاب شده به ابعاد $90 \text{ cm} \times 300 \text{ cm}$ در حالی که بر روی نوار تفاله متحرک در اتاق عملیات از ناحیه تابش عبور می کردد در شدت تابش‌های 35 kGy ، 30 ، 25 ، 20 ، 15 ، 10 ، 5 به مرحله اجرا درآمد. در جریان این عملیات میدان الکتریکی با انرژی 10 میلیون الکترون ولت الکترونها را با انرژی زیاد از صفحه نازک فلزی محیط خلاء، خارج کرده و به محصول تحت عملیات پرتو دهی تابش می داد.



شکل ۱. طرح دستگاه شتابدهنده الکترون و نمایش مسیر حرکت الکترونها پر انرژی و محل استقرار نمونه

نمونه های تحت عملیات قرار گرفته و نمونه اولیه به منظور بررسی تأثیر علیات پرتوفرآیند بر قابلیت جذب رنگ در حمامی محتوی ۲% رنگ مستقیم C.I. Direct Red 23 ۲۰ g/l کلرید سدیم و نسبت حجم حمام به وزن کالای ۱:۴۰ تحت عملیات رنگرزی قرار گرفتند. رنگرزی در دمای ۴۵°C شروع شده پس از رسیدن دما با شیب ۲°C/min به ۱۰۰°C عملیات رنگرزی در این دما برای مدت ۴۵ دقیقه ادامه پیدا کرد. در پایان میزان جذب پسابهای رنگرزی برای هر یک از نمونه ها در λ_{Max} = ۵۳۳nm توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر Varian UV-VIS مدل Cary 100 اندازه گیری شده و درصد رمک کشی به کمک رابطه (۱) محاسبه شد [۷].

$$\%E = \frac{A - (B + C)}{A} \quad (1)$$

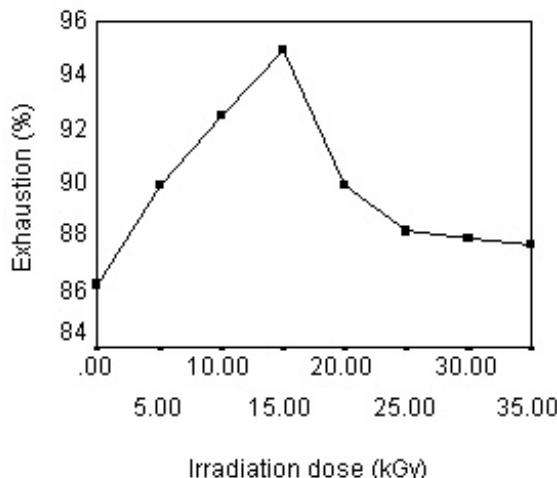
که در آن E % درصد رمک کشی، A غلظت کل رنگینه مصرفی (g/l)، B غلظت رنگینه موجود در پساب رنگرزی (g/l) و C غلظت رنگینه موجود در پساب شستشو (g/l) میباشد.

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان جذب رنگ نمونه کالای پنبه ای اولیه و نمونه های تحت عملیات قرار گرفته در جدول (۱) و شکل (۲) ارائه شده است.

در جریان این تحقیق به منظور بررسی شدت تأثیر عملیات پرتوفرایند اشعه الکترونی بر خواص کاربردی پارچه پنبه ای و به منظور مشخص نمودن دامنه ایده ال عملیات پرتوفرایند، خواص فیزیکی نمونه های تحت عملیات قرار گرفته و نمونه اولیه همچون استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی و میزان کار تا حد پارگی مورد سنجش قرار گرفتند. به این منظور پس از تهیه نمونه هایی با ابعاد $5\text{cm} \times 25\text{cm}$ در راستای تار و پود خواص فوق توسط دستگاه استحکام سنج Instron اندازه گیری شدند. نتایج بدست آمده در جدول (۲) و شکل (۳) آرائه شده اند.

جدول ۱. تغییرات فاکتورهای رنگرزی نمونه اولیه و نمونه های تحت عملیات قرار گرفته در شدت‌های مختلف

شدت عملیات <i>kGy</i>	میزان جذب پساب	میزان رنگ جذب شده <i>g/l</i>	میزان رنگ باقیمانده در پساب <i>g/l</i>	رمه کشی %
۰	۰/۸۳۳	۰/۳۴۵	۰/۰۵۵	۸۷/۲۵
۵	۰/۶۲۳	۰/۳۶	۰/۰۴۱	۹۰
۱۰	۰/۴۰۹	۰/۳۷	۰/۰۳	۹۲/۵
۱۵	۰/۲۶۹	۰/۳۸	۰/۰۱۷	۹۵
۲۰	۰/۳۶۴	۰/۳۶	۰/۰۴۳	۹۰
۲۵	۰/۷۱۴	۰/۳۵۳	۰/۰۴۷	۸۸/۲۵
۳۰	۰/۷۳۲	۰/۳۵۲	۰/۰۴۸	۸۸
۳۵	۰/۷۴۷	۰/۳۵۱	۰/۰۴۹	۸۷/۷۵



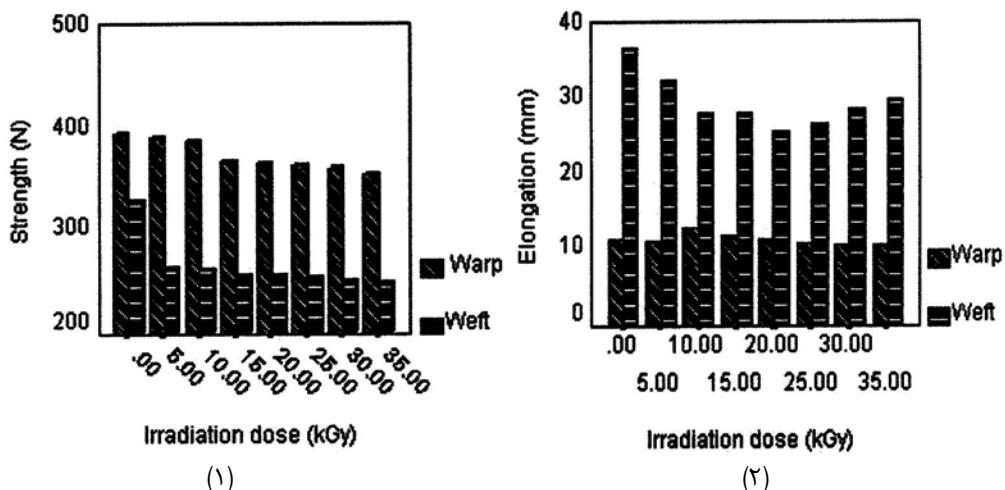
شکا، ۲. تغییرات در صد رمق، کشی، نسبت به شدت عملیات پر توف ایند

نتیجه گیری

با توجه به مقایسه نتایج بدست آمده از محاسبه میزان رمق کشی میتوان عنوان کرد افزایش شدت عملیات پرتوفرآیند تا میزان 15kGy منجر به افزایش بسیار شدید درصد رمق کشی کالای پنبه ای شده و شدتهای بالاتر تا دامنه 35kGy میزان جذب را کاهش میدهدن، اگر چه این میزان هنوز نسبت به نمونه تحت عملیات واقع نشده خیلی بیشتر است،(شکل ۲). قابل ذکر است تأثیر عملیات پرتوفرآیند بر میزان جذب رنگ را احتمالاً میتوان مشابه تأثیر عملیات تکمیلی مرسریزاسیون پارچه های پنبه ای ذکر کرده بطوریکه میزان جذب و شفافیت نمونه های رنگ شده بعد از عملیات پرتوفرآیند بسیار شبیه به پارچه های مرسریزه شده بود. که بنظر می رسد مقداری از مواد پروتئینی و واکس باقیمانده در پارچه تحت عملیات پرتوفرآیند شکسته شده و در جریان شستشو از کالا خارج می گردد، لذا قابلیت نفوذ مولکولهای رنگ در کالا افزایش می یابد. از طرفی دیگر میتوان عنوان داشت که در جریان عملیات پرتوفرآیند تحت تأثیر برخورد الکترونها پر انرژی به کالا انرژی جنسی زنجیره ها افزایش یافته پیوند هیدروژنی بین گروههای عاملی در زنجیره های مجاور شکسته می گردد و ضمن چرخشی زنجیره های مولکولی گروههای هیدروکسیل به سطح لیف تمایل شده، لذا تمایل جذب رنگ در کالای تحت عملیات واقع شده بدلیل افزایش قابلیت تشکیل پیوند هیدروژنی بین مولکولهای رنگ و لیف افزایش می یابد. دلیل دیگر افزایش جذب رنگ با توجه به تعییرات خواص فیزیکی ایجاد شده در نمونه ها احتمالاً افزایش درصد نواحی آمورف تحت عملیات پرتوفرآیند در نمونه ها میباشد. تعییرات استحکام نمونه ها نشان دهنده تعییرات اندک استحکام تا شدت 10kGy و افت ناگهانی در شدت 15kGy و سپس تعییرات اندک و به عبارتی ثابت ماندن تعییرات استحکام است، که دلیل آن را میتوان شکست زنجیره های مولکولی سلولز در شدت 10KGy به بالا عنوان کرد. تعییرات رفتار ازدیاد طول و کار تا حد پارگی نمونه ها در شدتهای مختلف عملیات پرتوفرآیند به نسبت شکست زنجیره های مولکولی و یا ایجاد اتصالات متقاطع بین زنجیره های مجاور بستگی دارد، ضمن آنکه تنش موجود در ساختار پارچه نیز در نتایج خواص فیزیکی در راستای تار و پود بی تأثیر نبوده است. به طور کلی عملیات پرتوفرآیند با شدت 15kGy را میتوان نوعی عملیات اصلاحی برای بهبود خواص رنگ پذیری کالای پنبه ای عنوان کرد که در آن تعییرات خواص فیزیکی نامحسوس میباشد. قابلیت استفاده از عملیات پرتوفرآیند برای بهبود خواص کاربردی سایر الیاف مصنوعی نیز میتواند مورد مطالعه قرار گیرد.

جدول ۲. تعییرات خواص فیزیکی نمونه های تحت عملیات قرار گرفته در شدتهای مختلف

شدت عملیات kGy	استحکام (تار) N	استحکام (تار) N	ازدیاد طول (تار) mm	ازدیاد طول (پود) mm	کارتاخد پارگی $cN.cm$ (پود)	کارتاخد پارگی $cN.cm$ (تار)	کارتاخد حد پارگی $cN.cm$ (پود)
۰	۳۹۲/۹۹۳	۳۲۶/۶۸۱	۱۱/۳۶۰	۳۶/۶۷۵	۳۲۲/۱۵۰	۳۹۸/۷۳۸	۷۱۰/۳۶۵
۵	۳۹۰/۳۱۷	۲۶۴/۹۴۶	۱۱/۱۷۱	۲۲/۲۵۰	۴۱/۲۰۵	۴۹۸/۷۳۸	۴۸۸/۰۱۳
۱۰	۳۸۶/۹۲۵	۲۶۲/۰۰۹	۱۲/۹۸۰	۲۷/۹۰۰	۴۷۶/۸۶۰	۳۵۰/۷۸۳	۴۸۸/۰۱۳
۱۵	۳۶۵/۹۲۹	۲۵۷/۸۳۶	۱۱/۸۶۰	۲۷/۸۳۳	۴۶۳/۶۲۰	۳۲۳/۷۳۵	۴۷۶/۸۶۰
۲۰	۳۶۲/۷۸۶	۲۵۶/۲۸۷	۱۱/۴۲۰	۲۵/۴۰۰	۴۵۰/۷۲۰	۲۸۳/۴۶۰	۴۶۳/۶۲۰
۲۵	۳۶۰/۶۹۸	۲۵۵/۲۸۴	۱۰/۸۲۰	۲۶/۵۶۰	۳۶۲/۲۲۰	۲۶۹/۳۴۵	۴۵۰/۷۲۰
۳۰	۳۵۹/۱۹۰	۲۵۰/۹۸۲	۱۰/۵۵۱	۲۸/۳۵۰	۳۱۴/۵۸۰	۲۶۵/۸۸۰	۳۶۲/۲۲۰
۳۵	۳۵۳/۶۶۰	۲۵۰/۳۷۸	۱۰/۵۰۰	۲۹/۷۰۰			



شکل ۳. تغییرات استحکام (۱) و ازدیاد طول تا حد پارگی (۲) نسبت به شدت عملیات پرتوفرآیند در جهت تار و پود

مراجع

- 1- Charles E. Mortimer, Chemistry, A Conceptual Approach, Third Edition, 1975.
- 2- سست هنری، آبرایت جان، ترجمه بخشایی خسرو، آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای، جلد دوم، چاپ اول، ۱۳۶۹.
- 3- A.S. Bashar A. Mubarak, A. Khan, K.M. Idriss Ali, Modification of Cotton, Rayon and Silk with Arethane Acrylate Under Ultraviolet Radiation, Journal APP. Polymer Sci. Vol. 63, No.13, 1997.
- 4- Marshall R. Cleland , Economic of Radiation Processing, pp. 115 1995.
- 5- M. Papini, Study of the Radiative Properties of Natural and Synthetic Fibers in the 0.25-2.5 μm Region, Applied Spectroscopy, Vol. 43, No. 8, pp. 1475-1481 1989.
- 6- رشیدی ا.، میرجلیلی م.، قرآن نویس م.، بررسی تأثیر عملیات پلاسمای سرد نیتروژن برخواص فیزیکی نخ پشمی، مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران، کنفرانس ثبوتی، صفحه ۳۱۹، ۱۳۸۱.
- 7- A. Rashidi, M. Mirjalili, M Ghoranneviss, Application of Low Temperature Plasma to Modification of polypropylene, Joint conference of the 12th International Toki Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, PI-29, Ceratopia Japan, pp. 83, 11-14 December 2001,