علوم و فناوری نساجی و پوشاک
دوره جدید، شماره ۳، شماره پیاپی ۱۹
صفحه ۳۶-۳۱، ۱۳۹۶
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

طراحی نمایشگر لیف نوری در بافندگی حلقوی پودی

Design of Optical Fiber Display in Weft Knitting

حسن حقیرزواره[۱]، علی‌اکبر مرآتی*[۱]، زهرا خرم طوسی[۱]، خسرو معدنی‌پور[۲]

تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵:
۱- پژوهشکده مواد و فناوری‌های پیشرفته در نساجی، دانشکده مهندسی نساجی
۲- پژوهشکده اپتیک، لیزر و فتونیک، دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک

چکیده

در این پژوهش، با استفاده از فناوری لیف نوری و مهندسی بافت در بافندگی حلقوی پودی، منسوجی تولید شد که قابلیت به نمایش درآوردن تصویری روی سطح آن وجود دارد. اتصال منبع نوری به لیف‌های μm ۷۵۰ پلی‌متیل متاکریلات موجود در بافت و ایجاد خراش روی آن در نقاط شبکه‌ای بافت حلقوی پودی، موجب به‌وجودآمدن نقاط نورانی روی پارچه می‌شود که چینش با قاعده این نقاط روشن، می‌تواند شکل تصویر را روی سطح بافت کامل کند. پارامترهایی نظیر گیج ماشین بافندگی، طرح بافت و طول حلقه بررسی و بهینه‌سازی شد. برای دستیابی به وضوح زیاد نمایشگر، کیفیت مطلوب و روشنایی مناسب تصویر نهایی، عواملی همچون ثبات ابعادی بافت، تثبیت لیف در بافت، نسبت رعنایی و شدت نور مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد، با نمره نخ ۲۴/۲ متریک، طرح بافت دورو سیلندر هاف‌میلانو، گیج‌های ۷ سوزن بر اینچ با طول حلقه ۸/۶ mm سوزن بر اینچ با طول حلقه ۷ mm پارامترهای بهینه برای ایجاد درخشندگی، وضوح زیاد، نسبت رعنایی یک و یکنواختی نقاط نورانی به‌دست می‌آید.

کلمات کلیدی
منسوج هوشمند،
لیف نوری،
نمایشگر انعطاف‌پذیر،
نمایشگر پارچه‌ای،
بافت حلقوی پودی

مقدمه

از نیازهای اصلی بشـــر، ارتباط دیداری است که گاهی از مهم‌ترین راه‌های تبادل اطلاعات به‌شـــمار می‌رود. این وظیفه را نمایشـــگرها به عهده دارند. در دنیای گسترده فناوری، به‌ویژه فناوری‌های در حال توسعه، نمایشگرهای انعطاف‌پذیریی وجود دارند که قرار است، نمایش دنیای دیجیتـــال را از نمایشـــگرهای تخت و ثابـــت فعلی، به سطحی غیرتخت منتقل کنند. نمایشگر انعطاف‌پذیر به مفهومی اطلاق می‌شود که طی آنیک نمایشگر دیجیتال افزون بر انجام وظیفه اصلـــی آن که ارائه تصاویر ثابت و متحرک است، از نظر فیزیک ساختاری بتواند به شکلی غیر از تخت دربیاید. نساجی مدرن، نگرش‌های جدیدی را در زمینـــه ادغام فناوری‌های الکترونیکی و مکانیکی با منسوجات فراهم آورده است. منسوجات و به‌ویژه پوشاک مصرفی بشر، به دلیل ویژگی‌های خاص آن نظیر همیشه همراه‌بودن و سازگاری خوب با بدن انسان، فرصت خوبی را برای تلفیق سایر فناوری‌ها با پوشاک فراهم می‌کند.

نمایشـــگرهای لیف نوری از ارزان‌ترین نمایشگرهای انعطاف‌پذیر اســـت که با کم‌ترین هزینه می‌تواند تولید شـــود. دو مشـــخصه اصلی و جالب این گونه نمایشگر،

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: merati@aut.ac.ir

ضخامت بسیار نازک و فوق سبک‌بودن آن است. اولین حضور لیف نوری در منسوجات در دهه ۷۰ تا ۸۰ اتفاق افتاد. دنیل و همکاران پارچه تافته‌ای متشکل از لیف نوری و سایر الیاف نساجی تولید کردند، به‌طوری که نور وارد شده به لیف، از میان روزنه‌های ایجاد شده در روی سطح به محیط بیرون گسیل می‌شد [۱]. این ویژگی‌ها در صنعت مد به‌کار گرفته شد، چون الیافی که قابلیت تولید فوتون‌های نوری را دارند یا پراکنده سازند، اثرهای فانتزی جالبی ایجاد می‌کنند. البته می‌توانند برخی خواص نوری را تغییر دهند و حضور آن‌ها را تشخیص دهند [۲]. بسیاری از پارچه‌های لیف نوری پلیمری در صنعت مد و طراحی به‌کار می‌روند. به‌عنوان، مثال پارچه لومینکس در کاربردهای زینتی و عملیاتی نظیر لباس، بالش، چتر، پیراهن و کیف استفاده شده است [۱].

لیف نوری به‌عنوان هدایت‌کننده موج الکترومغناطیسی، برای انتشار و جابه‌جایی نور بین دو سر آن استفاده می‌شود. ساختار آن شامل هسته شفافی است که با روکشی با ضریب شکست کمتر پوشانیده شده است. نور به علت قانون بازتاب داخلی کلی در داخل هسته باقی‌مانده و می‌تواند در طول مسیر طولانی بدون کمترین افت انرژی و بازده جابه‌جا شود. از این‌رو، در صنعت مخابرات به‌طور گسترده استفاده می‌شود. به دلیل ابعاد ظریف لیف نوری و انعطاف‌پذیری نسبتاً خوبی که دارد، به‌راحتی می‌توان از آن در فرایند تولید منسوجات استفاده کرد [۱]. امروزه این الیاف به همراه سایر الیاف متداول در نساجی برای تولید نمایشگر پارچه‌ای به‌کار می‌رود. هر چند الیاف سیلیکونی ارزان و در دسترس هستند، اما استفاده از آن‌ها در منسوجات فوتونی بازده خوبی ندارد، زیرا نوردهی آن‌ها در منسوج کم است و شکستگی‌های عرضی لیف نوری که بعضاً به‌وجود می‌آید، قابل رویت نیستند [۳]. لیف نوری از جنس پلی‌متیل متاکریلات، سختی و نازکی لازم را برای بافندگی سنتی فراهم می‌کند.

در نمایشگرها از لیف نوری، این الیاف افزون بر دو سر انتهایی و ابتدایی خود، می‌توانند در نقاط دلخواه از طول خود نیز نورانی شوند. برای رسیدن به این هدف لازم است، لیف نوری پیش از بافندگی یا پارچه بافته شده پس از بافندگی، در عملیات تکمیل قرار گیرد. تکمیل این پارچه‌ها به روش‌های گوناگونی انجام می‌شود. از روش‌های اصلی و پرکاربرد تکمیل، ایجاد روزنه یا شکاف در لیف نوری است تا بدین ترتیب نور بتواند از لیف خارج شود. ایجاد روزنه روی روکش با فرایند مکانیکی، شیمیایی یا گرمایی (پلاسما و لیزر) انجام می‌شود [۱]. روش‌های شیمیایی و مکانیکی که برای زبرکردن استفاده می‌شوند، می‌توانند در ساختار لیف عیب ایجاد کنند که گریزناپذیر است. این موضوع شکنندگی آن‌ها را افزایش می‌دهد [۳]. بریدن لیف در سطح پارچه روشی مکانیکی است که پس از بافت پارچه نمونه، لیف نوری در مکان‌هایی که قرار است، نور گسیل کند، از سطح پارچه بریده شده تا نور از آن خارج شود. مزیت این روش دست‌یابی به ظرافت تصویر بسیار زیاد است، اما تولید نمونه آن بسیار مشکل است و ابتکاری ویژه‌ای نیاز دارد [۴].

روزنه‌های ایجاد شده روی سطح لیف نوری، نور را از سطح خارج می‌کنند، ولی نوری که از محیط خارج به روزنه‌ها وارد می‌شود، هیچ گونه اثری روی فعالیت نمایشگر ندارد. اما در سال ۲۰۱۳ پژوهشگران پارچه انعطاف‌پذیر مخلوطی از لیف نوری و الیاف قابل بافت در نساجی، تولید کردند که می‌تواند حین درخشندگی، نوری را از سطح خود و از طریق روزنه‌ها دریافت کند و به واسطه همان نور، رنگ نوری را تغییر دهد که منتشر می‌کرد [۵].

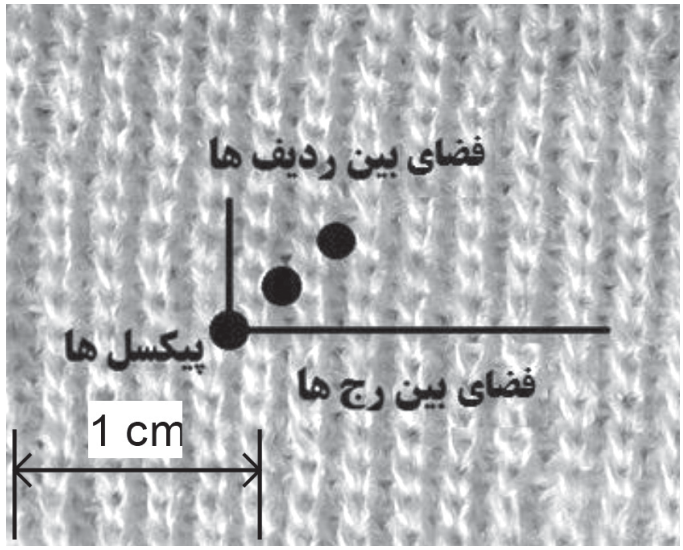
لیف نوری بدون نیاز به عملیات تکمیل نیز می‌تواند در اثر خمیدگی آن نور را ساطع کند. این خمیدگی می‌تواند با قرارگرفتن بین سایر نخ‌های پارچه به‌دست آید. اشکال اصلی این روش حساسیت زیاد شدت نور خروجی به شعاع انحنای لیف است. تضمین اینکه لیف در هر جای پارچه شعاع انحنای ثابت داشته باشد، بسیار دشوار است. اگر شعاع انحنا یکنواخت نباشد، فقط بخشی از منسوج می‌درخشد. با فرض اینکه لیف نوری کاملاً به صورت یکنواخت قرار گرفته، پارچه تحت نیروهای بارگذاری تغییرشکل موقت یا دائم دارند و درخشندگی لیف نوری تغییر می‌کند. پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، استفاده از طرح بافت ساتین، امکان تولید نمایشگری با نوردهی یکنواخت را در منسوجات بدون تکمیل فراهم می‌کند [۱].

در سال ۲۰۱۳، پژوهشگران پارچه‌های ژاکاردی متشکل از لیف نوری و سایر الیاف نساجی تولید کردند که خروج نور در آن، به واسطه خم‌شدن الیاف بود. آن‌ها مقدار خم‌شدن لیف‌ها را طبق محاسبات نظری خود به‌دست آوردند. تمرکز اصلی آن‌ها به‌دست آوردن رابطه شعاع خمش لیف نوری و شدت نور تابیده شده از پارچه بوده است. ذکر این نکته ضروری است که پرتوهای نور فقط از کمان خارجی لیف خمیده خارج شده و نورهای برخورد کرده به کمان داخلی، درون لیف باقی می‌ماند [۲].

نقش و تصویری که یک نمایشگر لیف نوری نشان می‌دهد، از لحاظ تحرک به دو دسته ایستا و پویا دسته‌بندی می‌شود. الگوی پویا نسبت به الگوی ایستا پیچیده‌تر است، چون خود از چند فاز ایستا تشکیل شده و به‌وسیله کنترل‌کننده نورپردازی می‌شود. برای ساخت الگوی پویا با استفاده از لیف نوری، باید برای هر فاز تغییر، یک طراحی انجام شده و تعدادی لیف نوری به‌طور جداگانه به آن اختصاص داده شود. آنگاه به‌کمک خاموش و روشن‌کردن منبع نوری طبق برنامه مشخص زمانی، می‌توان از آن تصویر پویا حاصل کرد. این روش فقط برای تحرک انتقالی روی لباس کار می‌کند و تغییر موقعیت مکانی طرح روی لباس مدنظر نیست[۴]. اگر برای هر یک از تغییر حالت‌ها الیافی جداگانه بافته شود، الیاف یکدیگر را هم‌پوشانی می‌کنند.

در سال ۲۰۰۱، مشبک‌کردن لیف نوری برای خروج نور در پارچه تاری-پودی و تولید پارچه درخشان انجام گرفت و تصاویر ثابت و متحرک به‌طور مستقیم روی لباس به نمایش درآمد [۶]. در سال ۲۰۰۲، بخش تحقیق و توسعه تله‌کام فرانسه یک نمونه اولیه نمایشگر انعطاف‌پذیر با استفاده از لیف نوری طراحی کرد که قابلیت نمایش تصویر ایستا و پویا نظیر آرم یا متن را داشت. در این طراحی، پیکسل‌ها می‌توانستند به‌طور جداگانه برای ایجاد یک تصویر ساده، خاموش و روشن شوند [۱].

اگر چه لیف نوری به‌راحتی می‌تواند در کنار سایر نخ‌ها بافته شود، اما بافندگی لیف نوری ممکن است به دلیل سختی خمشی زیاد لیف نوری مشکل باشد که درنتیجه بسته به تعداد یا تراکم الیاف، منسوج نهایی نیز سختی خمشی زیادی دارد. همچنین، خواص نوری این الیاف در اثر نیروهای مکانیکی تغییر می‌کند و نباید منسوجات بافته شده از



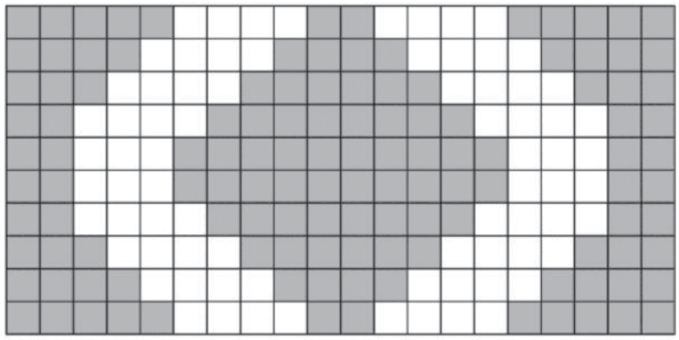
شکل ۱- بافت ریب ۱×۱، پیکسل‌های عمودی بین ردیف‌ها و پیکسل‌های افقی بین رج‌ها.

آن‌ها هنگام کاربرد تحت نیروهای مکانیکی قرار گیرند. نتایج آزمون‌های ساییدگی نشان می‌دهد، پس از رخ‌دادن اولین تغییرشکل در نمونه، شدت روشنایی لیف نوری تغییر می‌کند و مقدار آن افزایش می‌یابد. زیرا اندازه روزنه‌ها ممکن است، در اثر بارگذاری بیشتر شود. بنابراین احتمال اینکه پارچه پس از هر بار استفاده پرنورتر شود، وجود دارد و در نهایت کیفیت خود را از دست می‌دهد [۷]. در آزمون خمشی، شدت روشنایی نور در محل خمش پس از اولین دوره خمش بیشتر شده و مقدار نور خروجی شدیدتر می‌شود. بنابراین، پارچه‌های از لیف نوری نمی‌توانند در بخش‌های از پوشاک که در معرض خمش و سایش هستند (مثل آرنج و زانو) استفاده شوند.

اکثر پژوهش‌های انجام شده در زمینه نمایشگر لیف نوری که قصد تشابه‌سازی با نمایشگرهای تخت پیشرفته را داشته‌اند، از بافندگی تاری-پودی بهره گرفته‌اند. از دلایل اصلی آن می‌توان به‌راحتی تولید، دوام بهتر پارچه و ثبات ابعادی بافت در این روش اشاره کرد که ویژگی‌های مطلوب برای تولید یک نمایشگر انعطاف‌پذیر است. در این پژوهش، از بافت حلقوی برای تولید نمایشگر لیف نوری استفاده شده و اثر پارامترهایی نظیر گیج ماشین بافندگی، طرح بافت و طول حلقه برای دستیابی به وضوح زیاد نمایشگر، کیفیت مطلوب و روشنایی مناسب تصویر نهایی، ثبات ابعادی مناسب بافت، تثبیت لیف در بافت و نسبت رعنایی بررسی و بهینه‌سازی شده است.

تجربی

لیف نوری به دو شکل روکش‌دار و بدون روکش عرضه شده و در دو حوزه تزئیناتی و مخابراتی استفاده می‌شود. تکمیل نمونه‌هایی که مجهز به لیف‌های روکش‌دار هستند، مشکل است. در این پژوهش، از لیف نوری بدون روکش ۷۵۰µm موجود در بازار ایران ساخت کارخانه Mitsubishi ژاپن استفاده شد. این الیاف به روش بافندگی حلقوی



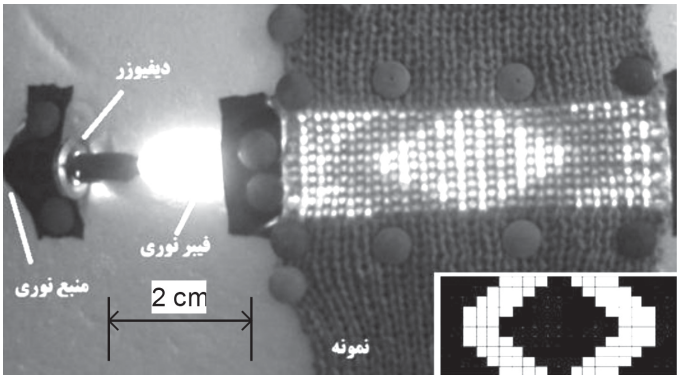
شکل ۲- نمونه‌ای از طرح تکمیل بافت.

پودی با ماشین تخت‌باف دستی با گیج‌های ۱۲-۵ سوزن بر اینچ بافته شدند. در بافت پارچه نمایشگر، بافندگی حلقوی پودی در مقایسه با روش تاری-پودی مزایایی فراوانی دارد. در نمایشگرهای الکترونیکی، به دلیل اینکه احتمال ترکیب هر پیکسل با پیکسل‌های مجاور وجود دارد، برای هر پیکسل محدوده‌ای درنظر می‌گیرند تا از سایر پیکسل‌ها متمایز شود. بنابراین، بافت حلقوی پودی از این منظر قابلیت بالقوه‌ای در توسعه نمایشگرهای با کیفیت دارد. زیرا این پارچه‌ها دارای ردیف‌هایی است که می‌تواند به‌عنوان جداکننده محدوده پیکسل‌ها مدنظر قرار گیرد (شکل ۱). سهولت بافندگی، عدم نیاز به تهیه چله بافندگی، سهولت تغییر عرض بافت و تنش بافندگی کمتر از سایر مزایای روش بافندگی حلقوی پودی است. در این روش به لیف نوری در فرایند بافت ضربه وارد نمی‌شود و بدین ترتیب از ایجاد خراش و شکستگی در لیف جلوگیری می‌شود. با توجه به مزایای برشمرده فوق و توجه به اینکه پژوهش‌های پیشین در زمینه بافت نمایشگر بیشتر با روش بافندگی تاری-پودی انجام شده است، در این پژوهش، طراحی و بافت نمایشگر لیف نوری به روش بافندگی حلقوی پودی بررسی شد. در نمونه‌های تولید شده در این پژوهش، نمره نخ و ضخامت لیف نوری ثابت بود و طول حلقه، ساختار بافت و گیج ماشین بهینه به‌دست آمد.

در فرایند بافندگی، به دلیل سختی خمشی زیاد لیف نوری استفاده شده در این پژوهش (۷۵۰µm) نسبت به نخ معمولی و متداول، امکان بافتن آن به شکل حلقه‌های بافت وجود ندارد و خراش و شکستگی در الیاف به‌وجود می‌آید. بنابراین استفاده از لیف نوری به‌عنوان پود آزاد در بافت ریب گزینه مناسبی برای تولید نمایشگر به روش حلقوی پودی دورو درنظر گرفته شد.

نمونه‌هایی که بدین ترتیب بافته می‌شوند، براساس طرح پیش‌بینی شده تکمیل می‌شوند و سپس عملیات نورپردازی انجام می‌شود. در این پژوهش برای نورپردازی نمونه‌ها به منظور به‌دست‌آوردن درخشندگی مناسب از لامپ‌های پر نور (surface-mount device light-emitting diode) SMD با قطر ۷ mm استفاده شده که ۵۵ رشته فیبر نوری ۷۵۰µm را تغذیه می‌کند و کیفیت نور زیادی دارد و در نور روز تصویر مشخصی نمایش می‌دهد. تغذیه این لامپ‌ها با آداپتور ۱۲ V و ۲۰۰mA تأمین شد.

تکمیل نمونه‌های بافته شده به روش مکانیکی و ایجاد خراش با استفاده از تیغ برنده به روش دستی انجام شد. ایجاد خراش در سطح لیف باعث افزایش زاویه حد شده و نور از خراش بیرون آمده و در سطح پارچه نمایان



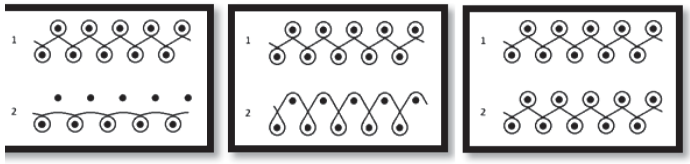
شکل ۳- نمونه تکمیل شده با طرح لوزی.

می‌شود. به منظور جلوگیری از تغییرات احتمالی ردیف، برهم‌خوردن نظم بافت و عدم اختلال در زمان خراش‌زنی، نمونه روی سطح صاف تثبیت شد. بخش انتهایی لیف‌های نوری نیز به داخل دیفیوزر و سپس منبع نوری متصل شد. برای انجام عملیات تکمیل به طرح تکمیل نیاز است. شکل ۲ نمونه‌ای از طرح تکمیل بافت را نشان می‌دهد. این طرح یک طرح لوزی با تعداد پیکسل‌های ۱۰×۲۰ است. همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود. هر تکرار این طرح به ۱۰ لیف و ۲۰ سوزن نیاز دارد. در این طرح مربع‌های سیاه شده محل‌هایی است که باید نور از داخل لیف نوری به سطح پارچه بتابد. شکل ۳ نمونه تکمیل شده با طرح تکمیل لوزی را نشان می‌دهد. تولید نمونه‌ها با نخ آکریلیک نمره ۲۴/۲ متریک روی دستگاه‌های تخت‌باف دستی با گیج‌های ۵، ۷، ۱۰ و ۱۲ سوزن بر اینچ انجام شد. به دلیل اینکه طول حلقه مناسب قابل پیش‌بینی نیست، تنظیمات در این رابطه براساس عدد تنظیم بادامک حلقه روی ماشین انجام شد.

نمره نخ، گیج ماشین و طول حلقه از عوامل بسیار مهم در تعیین ظرافت بافت نمایشگر یا تعداد رج در واحد طول cpc و تعداد ردیف در واحد طول wpc پارچه هستند. در نمایشگرها، شکل پیکسل‌ها به صورت مربع است تا فضای بین آن‌ها خالی نماند. بنابراین ضروری است، نسبت رج به ردیف پارچه ۱ باشد تا تصویر در نمایشگر درست نمایش داده شود. نسبت طول به عرض را نسبت رعنایی نمایشگر می‌نامند که از معادله (۱) به‌دست می‌آید:

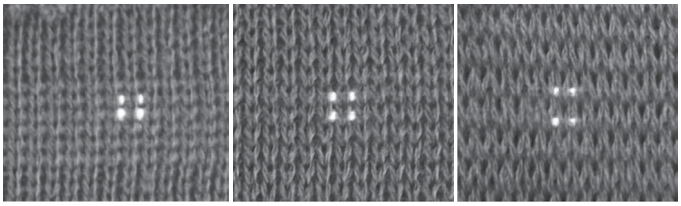
$$AR = cpc/wpc \qquad (1)$$

شاید طول حلقه در این معادله مشخص نباشد، اما یکی از عواملی است که در نسبت رعنایی اثر می‌گذارد. پیرس معادله (۲) را معرفی کرده که چهار عامل قطر نخ، طول حلقه، cpc و wpc را به هم مرتبط می‌سازد و ادعا کرده که این نسبت می‌تواند برای اغلب پارچه‌های



(ج) (ب) (الف)

شکل ۴- طرح بافت: (الف) ریب ۱×۱، (ب) هاف‌گاردین و (ج) هاف‌میلانو.



شکل ۵- نمونه‌های بافته شده با لیف نوری با ماشین گیج ۱۰ با نسبت رعنایی: (الف) ۱< نسبت رعنایی، (ب) برابر ۱- نسبت رعنایی و (ج) ۱> نسبت رعنایی.

حلقوی به‌کار رود [۸]:

$$l = 2\ cpc + wpc - 5.94d \qquad (2)$$

با توجه به معادله‌های (۱) و (۲)، رابطه نسبت رعنایی به شکل معادله (۳) درمی‌آید:

$$AR = cpc/(l-2\ cpc + 5.94d) \qquad (3)$$

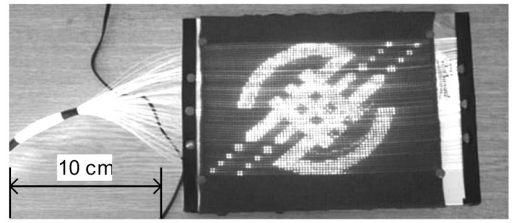
با فرض اینکه نخ مصرفی تغییر نمی‌کند، روی ماشینی با گیج ثابت، هر چه عدد بادامک حلقه و درپی آن طول حلقه افزایش یابد، نسبت رعنایی از یک کمتر می‌شود و فواصل بین پیکسل‌ها در جهت طولی افزایش می‌یابد. هر چه این مقدار کاهش یابد، نسبت رعنایی از یک فراتر رفته و فواصل بین پیکسل‌ها در جهت عرضی افزایش می‌یابد. معادله (۳) برای زمانی که از لیف نوری استفاده می‌شود، معتبر است، چون اصطکاک بین لیف نوری و نخ، موجب می‌شود تا مقدار wpc غیرواقعی باشد. بنابراین، رسیدن به تنظیمات مدنظر برای نسبت رعنایی بهینه در پارچه‌های شامل لیف نوری از راه آزمون و خطا به‌دست می‌آید. همچنین، برای به‌دست آوردن پیکسل‌هایی با اندازه یکنواخت باید در مرحله تکمیل در ایجاد خراش روی لیف نوری دقت کافی شود. نایکنواختی در خراش‌های ایجاد شده باعث ایجاد نایکنواختی در تصویر نهایی نمایشگر می‌شود.

نتایج و بحث

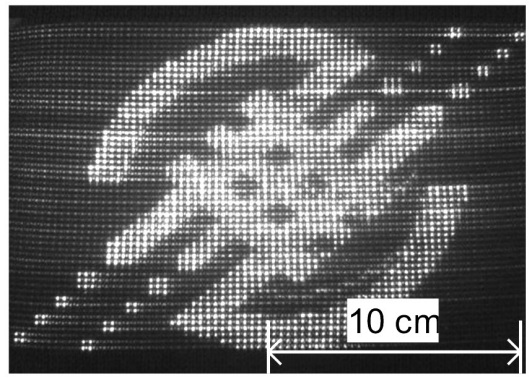
ساختار بافتی برای تولید نمایشگر مناسب است که دوام بستر را تأمین کند و اصطکاک لازم را برای سفت نگه‌داشتن لیف نوری فراهم آورد.

(ب) (الف)

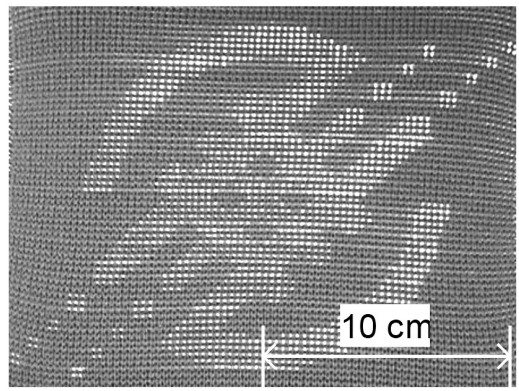
شکل ۶- (الف) طرح انتخاب شده برای نورپردازی روی نمایشگر، (ب) طرح منتخب پس از شبکه‌بندی پیکسل‌ها.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۷- (الف) نمایشگر تحت نورپردازی، (ب) نمایشگر آلفا و (ج) نمایشگر بتا.

برای انتخاب ساختار بافت مناسب برای تولید نمایشگر، سه نوع طرح بافت ریب، هاف‌گاردین و هاف‌میلانو روی ماشین دو رو بافته شد و مزایا و معایب هریک برای تولید نمایشگر بررسی شد (شکل ۴). طرح بافت ریب ۱×۱ به دلیل اینکه ردیف‌های منظمی دارد، دارای مزایایی نظیر تکمیل آسان‌تر، کیفیت تصویر بهتر، ماندگاری لیف در داخل بافت و نیز امکان مانور بافت برای تغییر اندازه پیکسل‌هاست. اما کشسان‌بودن بافت باعث جمع‌شدگی نمونه و پوشیده‌شدن پیکسل‌ها به‌وسیله نخ‌های زمینه بافت شده و در تصویر خروجی اختلال ایجاد می‌شود. حلقه‌های نیم‌بافت و نبافت بافت‌های هاف‌گاردین و هاف‌میلانو می‌توانند این مشکل را برطرف کرده و ثبات ابعادی پارچه را بیشتر کند. این طرح‌های بافت مرتب‌بودن و یکنواخت‌بودن ردیف‌ها را برآورده کرده و اصطکاک لازم برای ماندگاری لیف نوری را در داخل بافت ایجاد می‌کند. اما، زمانی که از حلقه نیم‌بافت استفاده شود، عرض بافت افزایش می‌یابد و در نتیجه ردیف‌ها از هم فاصله می‌گیرد و فاصله بین پیکسل‌ها افزایش می‌یابد. این موضوع مغایر با هدف رسیدن به تراکم پیکسلی زیاد است. همچنین، وجود حلقه نیم‌بافت به وجود نخ آزاد در بافت منجر می‌شود، سفتی بافت را کاهش داده و به لیف اجازه حرکت در بافت می‌دهد. در نقطه مقابل وجود حلقه نبافت موجب نزدیک‌ترشدن ردیف‌ها به یکدیگر شده و کشسان‌بودن را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد، در نتیجه ثبات ابعادی نمونه بسیار زیاد می‌شود. با مقایسه دو نمونه بافت هاف‌گاردین و هاف‌میلانو، نمونه هاف‌میلانو برای تولید نمایشگر بسیار مناسب‌تر است.

نکته‌ای که درباره پودگذاری لیف نوری در این سه طرح بافت وجود دارد، آن است که به جز نمونه بافت هاف‌میلانو در سایر بافت‌ها می‌توان به ازای هر بار حرکت بادامک‌ها یک لیف قرار داد، ولی اگر برای نمونه بافت هاف‌میلانو این اتفاق بیفتد، دو پود در کنار هم قرار می‌گیرد. قرارگرفتن یک لیف به ازای دو رج موجب می‌شود که عامل پوشانندگی یک طرف بافت بسیار زیاد باشد و لیف نوری کاملاً به‌وسیله نخ زمینه پوشانده شد و ظاهر پارچه کاملاً معمولی به‌نظر آید. اما، در نمونه هاف‌گاردین‌لیف‌های نوری از هر دو طرف به صورت یک در میان پوشیده خواهند بود که قابلیت ایجاد دو طرح متفاوت در پشت و روی پارچه نمایشگر را فراهم می‌کند.

نتایج اولیه نشان داد، ماشین گیج ۵ که درشت‌ترین گیج به‌شمار می‌آید، نمونه‌هایی با ثبات ابعادی کمی را تولید می‌کند و این نمونه‌ها قابلیت نگه‌داری لیف نوری را ندارند. تغییر موقعیت لیف داخل بافت پس از تکمیل موجب برهم‌خوردن نظم تصویر می‌شود. همچنین، نمونه‌های گیج ۵ تراکم پیکسلی کمی دارد و نمایشگرخوبی تولید نمی‌کند. از طرف دیگر به دلیل ضخیم‌بودن لیف نوری، ماشین گیج ۱۲ قابلیت تولید نمونه با لیف نوری ۷۵۰μm را ندارد و لیف نوری حین بافت با سوزن‌ها برخورد می‌کند. بنابراین، از ماشین با گیج‌های ۷ و ۱۰ برای تولید نمونه استفاده شد. برای به‌دست‌آوردن نسبت رعنایی ۱، طول حلقه به‌وسیله عدد بادامک دستگاه بافندگی تغییر داده شده و نسبت رعنایی نمونه بافته شده اندازه‌گیری می‌شود. نتایج اولیه تجربیات نشان داد، برای به‌دست آوردن نسبت رعنایی ۱ در بافت هاف‌میلانو به‌وسیله ماشین با گیج ۷، باید طول حلقه ۸/۶ mm باشد (نمایشگر آلفا). این عدد برای همین طرح بافت با ماشین گیج ۱۰ باید ۷ mm باشد (نمایشگر بتا).

جدول ۱- نسبت رعنایی اندازه‌گیری شده مربوط به نمایشگرهای آلفا و بتا.

نمونه	نمایشگر آلفا			نمایشگر بتا		
	طول	عرض	نسبت‌رعنایی	طول	عرض	نسبت‌رعنایی
۱	۸۹	۹۸	۰,۹۱	۱۰۴	۹۳	۱,۱۲
۲	۱۰۲	۹۲	۱,۱۰	۹۲	۸۷	۱,۰۵
۳	۱۰۸	۹۶	۱,۱۲	۹۵	۸۸	۱,۰۸
۴	۱۰۷	۹۷	۱,۰۵	۹۴	۸۸	۱,۰۷
۵	۹۴	۹۶	۰,۹۸	۹۴	۹۶	۰,۹۸
۶	-	-	۱,۰۳	-	-	۱,۰۶

شـــکل ۵ نمونه‌هایی از این بافت‌ها را با نســـبت رعنایی متفاوت نشان می‌دهد. به‌منظور ارائه حداکثر قابلیت منســـوج نمایشگر تولید شده، یک لوگو (لوگو مربوط به پژوهشـــکده مواد و فناوری‌های پیشرفته در نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر است) که دارای خطوط صاف مورب و منحنی بود، انتخاب و تولید شد (شکل ۶).

نمایشگر مدنظر تک‌رنگ است و به‌صورت سیاه-سفید تولید می‌شود. پس از بافت نمایشگر، از این طرح لوگو برای تکمیل نمایشگر استفاده می‌شود. بدین منظور، باید پس از یکسان‌سازی رنگ بخش‌های مختلف لوگو و کاهش وضوح آن به اندازه مناسب، شبکه‌بندی پیکسل‌ها روی طرح انجام شود، سپس ایجاد خراش روی لیف‌های نوری براساس طرح شبکه‌بندی شده انجام شود.

این طرح شبکه‌بندی شده به کاربر تکمیل آدرس‌دهی می‌کند که در چه نقاطی باید خراش ایجاد شـــود تا نور از لیف نوری به سطح پارچه منتقل شود. پس از تکمیل نمونه‌ها، انتهای لیف‌های نوری به منبع نور متصل شده و پس از روشـــن‌کردن منبع نور، طرح لوگو روی منسوج نمایشگر به نمایش درمی‌آید (شکل ۷).

نسبت رعنایی پیکســـل‌های مجاور برای پنج پیکسل‌های همسایه در نمایشـــگرهای آلفا و بتای نشان داده شده در شکل‌های ۷-ب و ج اندازه‌گیری و در جدول ۱ گزارش شـــده است. همان‌طور که از لحاظ بصری مربعی‌بودن پیکسل‌ها تأیید شد، اندازه‌گیری‌های انجام شده نیز این موضوع را تأیید کرد و نزدیک‌بودن اعداد نسبت رعنایی به ۱، گواه نسبت رعنایی مناسب نمایشگرهاست.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از فناوری لیف نوری، منسوج نمایشگری توسعه داده شـــد که می‌تواند تصاویر را با کیفیت قابل قبولی به نمایش درآورد. بهره‌گیری از بافندگی حلقوی پودی، عدم استفاده از مواد شیمیایی و نیز عدم اســـتفاده از ابزارهای مکانیکی پیشرفته در تولید و تکمیل، از جمله مزایای این نمایشـــگر انعطاف‌پذیر به‌شمار می‌آید. این نمایشگر قابلیت کاربرد در طراحی پوشـــاک و منسوجات خانگی را دارد. در این پژوهش، لیف نوری بدون روکش پلی‌متیل متاکریلات به ضخامت ۷۵۰ µm با طرح بافت حلقوی پودی هاف‌میلانو به نمایشـــگر تبدیل شـــد. قرارگرفتن لیف به صـــورت پود آزاد در بافت، عملیات اتصـــال به منبع نوری را سهولت می‌بخشد و کنترل مقدار نور کل صفحه بهتر انجام می‌شود. پس از بهینه‌سازی شرایط تولید برای به‌دست‌آوردن بهترین نمایشگر، دو نمونه آلفا و بتا با طرح تکمیل نسبتاً پیچیده لوگوی پژوهشکده مواد و فناوری‌های پیشرفته در نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر تولید شد. نمونه آلفا- گیج ماشـــین ۷ سوزن بر اینچ، طرح بافت هاف‌میلانو، نمره نخ ۲۴/۲ متریک، طول حلقه ۸/۶ mm ، نمونه بتا- گیج ماشین ۱۰ سوزن بر اینچ، طرح بافت هاف‌میلانو، نمره نخ ۲۴/۲ متریک، طول حلقه ۷ mm و نمونه‌های تولید شده از وضوح، درخشندگی و ثبات ابعادی خوبی برخوردار بوده و نسبت رعنایی آن‌ها نزدیک به ۱ بود. در ادامه این کار پژوهشی ضروری است تا اثر تغییر شدت نور تغذیه شده، تغییرشکل خمشی و کششی بر شدت نوری نمونه تولید شده بررسی شود.

مراجع

1. Cochrane C., Meunier L., Kelly F.M., and Koncar V., Flexible display for smart clothing: Part I-Overview, *Indian J. Fiber Text. Res.*, 36, 422-428, 2011.
2. Wang J., Huang B., and Yang B., Effect of weave structure on the side-emitting properties of polymer optical fiber jacquard fabrics, *Text. Res. J.*, 83, 11, 1170-1180, 2013.
3. Gauvream B.,Guo N., Schicker K., Stoeffler K., Boismenu F., Ajji A.,Wingfield R., Dubois C., and Skorobogatiy M., Color-changing and color-tunable photonic bandgap fiber textiles, *J. Optics Express*, 16, 20, 15677-15693, 2008.
4. Wang J., Yang B., Huang B., and Jin Z., Design and development of polymeric optical fiber jacquard fabric with dynamic pattern display, *Text. Res. J.*, 82, 10, 967-974, 2012.
5. Choi M.C., Kim Y., and Ha C.S., Polymers for flexible displays: From material selection to device application, *J. Prog. Polym. Sci.*, 33, 581-630, 2008.
6. Tao X., *Wearable Electronics and Photonics-section 8: Communication Apparel and Optical Fiber Display*, 2nd ed., Woodhead, 2008.
7. Parkova I., Valishenskis A., Ziemele I., and Vilumsone A., Integration of optical fibers into textile products, *J. Adv. Mater. Res.*, 122, 162-165, 2011.
8. Pqvco-Cuden A., Hladnik A., and Sluga F., Loop length of plain single weft knitted structure with elastane, *J. Eng. Fibers and Fabrics*, 8, 110-120, 2013.

Journal of
Apparel and Textile Science
and Technology

Renewed Period of Publication,
No. 3, Autumn 2017,
Issue No. 19, 31-36
ISSN: 2151-7162

Design of Optical Fiber Display in Weft Knitting

Hassan HaghirZavareh[1], Ali Akbar Merati[1,*], Zahra Khorram Toussi[1] and Khosro MadaniPour[2]

1. Department of Textile Engineering, Advanced Textile Materials and Technology Research Institute,
2. Department of Energy Engineering and Physics, Optics, Laser and Photonics Institute;
Amirkabir University ofTechnology, P. O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran

Abstract

In this research, a knitted fabric is designed and produced using optical fiber technology which is capable of showing a shape or image on its surface. With connecting the 750 micron polymethyl methacrylate optical fiber in the knitted fabric to the light source where the sheath of optical fibers is cut lightly, the bright spots are created on the surface of the knitted fabric. The defined arrangement of the bright spots could form an image on the surface of the fabric. The effective parameters such as the gauge of knitting machine, knit pattern and loop length are evaluated and optimized. To obtain a high resolution display, and a bright image, factors such as stability knit pattern, stability of the optical fiber in the knit, aspect ratio and the light intensity were considered. The results showed that with a yarn of 24/2 metric count, knit pattern of half-milano, gauge of 7 needles per inch with loop length of 8.6 mm and also 10 needles per inch with loop length of 7 mm are the optimal parameters for obtaining bright spots with a high level of brightness, resolution, aspect ratio of 1 and uniformity.

Keywords

intelligence textile,
optical fiber,
flexible display,
textile display,
weft knitting

(*) Address Correspondence to A. Merati, Email: merati@aut.ac.ir