



طراحی و ساخت شبیه‌ساز بازوی مصنوعی برای ارزیابی مقاومت خمشی پارچه در راحتی حرکتی

ارکان عمری / مهدی صدرجهانی^۱

چکیده

در این پژوهش یک بازوی مصنوعی با قابلیت نصب بر روی دستگاه تست کشش یونیورسال طراحی و ساخته شد که با اندازه‌گیری ممان خمشی پارچه در حین خم شدن امکان ارزیابی راحتی حرکتی در پارچه‌های مختلف را فراهم می‌کند. در این مطالعه از پارچه جین با جرم واحد سطح و ضخامت معین استفاده شد. پارچه در جهت‌های تار و پودی در ابعاد معین برش داده شد و پس از دوخت با دو درجه آزادی متفاوت ۵ و ۱۰ میلی‌متری بر روی بازوی مصنوعی قرار گرفت.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد با کاهش درجه آزادی میزان نیروی کششی و ممان خمشی بیشتری روی پارچه هنگام خم شدن پارچه ایجاد می‌شود. مقایسه نیروی کششی پارچه در سیکل‌های مختلف بارگذاری، نشان از کاهش نیروی کششی در سیکل اول نسبت به سیکل‌های بعدی دارد که بیانگر مقاومت اولیه پارچه در برابر تغییر شکل‌های چندجهتی هست.

۱- مقدمه

پارچه به عنوان یکی از اجزای اصلی لباس، نقش مهمی در راحتی و عملکرد حرکتی فرد ایفا می‌کند. خصوصیات خمشی پارچه، از جمله مقاومت خمشی و آویزش، تأثیر مستقیمی بر راحتی حرکتی لباس، به‌ویژه در نواحی حساسی مانند زانو و آرنج دارند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که پارامترهای خمشی پارچه به طور مستقیم بر راحتی حرکتی مفاصل مانند زانو و آرنج تأثیر می‌گذارند. لباس‌هایی با مقاومت خمشی کمتر و آویزش بهتر، دامنه حرکتی بیشتری را برای

کاربر فراهم می‌کند.

حالت ایده‌آل، پارچه و لباس باید به راحتی همراه با حرکات بدن تغییر شکل لازم را داشته باشد و با شکل و حرکت بدن مطابقت پیدا کند تا راحتی دینامیکی در هنگام حرکت فراهم شود. اما پس از حذف نیروهای تغییر شکل دهنده، پارچه باید توانایی بازیابی شکل اصلی خود را داشته باشد که بر طول عمر مصرفی لباس نیز اثرگذار خواهد بود. در مطالعات پیشین، محققان تلاش‌هایی برای ارزیابی مقاومت خمشی پارچه داشته‌اند که عمدتاً میزان





جدول ۱. مشخصات پارچه مورد استفاده

جرم واحد سطح (gr/m^2)	ضخامت (μm)	کشسانی تار (%)	کشسانی پودی (%)
۳۸۵	۷۵۰	۱۴.۴	۳۵

زانوافتادگی پارچه پس از چندین سیکل تغییر شکل خمشی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

با این حال، این روش‌ها نتوانسته‌اند تمامی پارامترهای لازم را به طور جامع ارزیابی کنند و با چالش‌هایی مواجه بودند که از آن جمله می‌توان به عدم ارزیابی پارامترهای مهم پارچه در حالت دینامیکی از قبیل اندازه‌گیری نیروی کششی پارچه هنگام خم شدن، ممان و سختی خمشی پارچه، استحکام دوخت در محل خمش و مقاومت پارگی پارچه در محل خمش اشاره کرد.

با توجه به محدودیت‌های موجود، ضروری است که با ارائه روش‌های جدید بتوان گامی مثبت در این راستا برداشت.

در این پروژه هدف اصلی، تعیین مقاومت خمشی پارچه به صورت دینامیکی در هنگام خم شدن پارچه است که می‌تواند به عنوان معیاری در ارزیابی راحتی حرکتی پوشاک مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مصرفی

در این پروژه، از نمونه پارچه جین با مشخصات نشان داده شده در جدول ۱ استفاده شد. پارچه از نخ تار ۱۰۰ درصد پنبه‌ای ریسیده شده و نخ پود غلاف/ مغزی (پنبه/ لایکرا) تشکیل شده است. نمونه پارچه‌ها در دو راستای تار و پودی در ابعاد معین برش داده شده و جهت ارزیابی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- روش انجام آزمون شبیه‌ساز بازوی مصنوعی

بازوی مصنوعی استفاده شده در این مطالعه از دو قطعه چوب پولیش خورده استوانه‌ای شکل با طول ۱۵ CM و قطر ۵ CM تشکیل شده است که از سه مفصل غلتکی

برای حرکت بازو در محل اتصال به فک‌های دستگاه و محل اتصال دو استوانه استفاده شد تا کمترین مقاومت اصطکاکی در برابر خم و راست شدن بازو به وجود آید (شکل ۱، الف).

برای آماده‌سازی پارچه‌ها جهت قرارگیری بر روی بازوی مصنوعی، دو نمونه از پارچه جین در راستای تار و پود به اندازه طول بازو و با درجه آزادی ۵ میلی‌متر و ۱۰ میلی‌متر برش داده شد و پس از دوخت بر روی بازو قرار گرفت.

لازم به ذکر است که درجه آزادی پارچه به صورت اختلاف عرض پارچه دوخت خورده و قطر بازوی مصنوعی تعریف شده است و نشان دهنده میزان تنگی و گشادی لباس نسبت به بدن است.

پارامترهای دوخت شامل نوع نخ و تراکم دوخت برای تمامی نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شده است.

برای انجام آزمون در ابتدا نمونه پارچه دوخته شده با درجه آزادی‌های مختلف مطابق شکل ۱ (ب) روی بازوی مصنوعی قرار گرفت و بازو بر روی محل قرارگیری فک‌های دستگاه نصب شد.

پارچه‌ها در دو سمت انتهایی بازو با بست‌های فلزی محکم، ثابت می‌شوند تا از حرکت و سرخوردگی پارچه هنگام خم شدن جلوگیری شود.

برای انجام آزمون، سرعت حرکت فک متحرک ۲۰۰ MM و دامنه جابجایی فک در طول آزمایش ۱۴۰ MIN تنظیم شد که در طی ۵ سیکل متوالی به صورت رفت و برگشتی اعمال گردید.

نمودار نیرو-جابجایی بدست آمده از آزمون برای ۵

سیکل متوالی در شکل ۱ (ج) نشان داده شده است. برای ارزیابی نمونه‌ها، نمودارهای نیرو-جابجایی به دست آمده از طریق روابط مکانیکی معین (شکل ۱، ج) تبدیل به نمودارهای نیروی کششی پارچه در هنگام خم شدن (PFABRIC) و ممان خمشی پارچه (M) گردید تا امکان مقایسه مقاومت خمشی پارچه‌ها هنگام خم شدن فراهم گردد.

در این روابط L : طول بازو، θ : زاویه انحراف بازو نسبت به راستای عمود، R : شعاع اتصال در محل خمیدگی بازو و F نیروی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه است که وابسته به مقدار θ است.

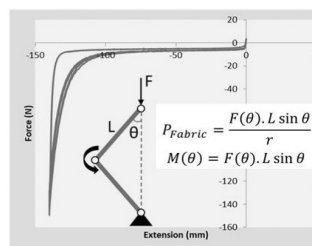
۳- نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از آزمون شبیه‌ساز بازوی مصنوعی در شکل ۲ نشان داده شده است. برای استخراج مقادیر و PFABRIC و $M(\theta)$ از روابط بیان شده در شکل ۱ (ج) استفاده شده است.

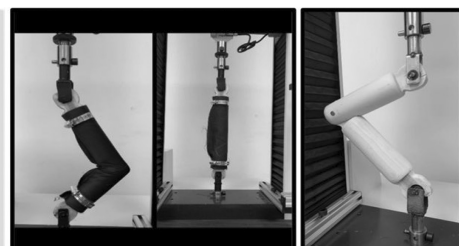
شکل ۲ (الف) نمودارهای نیرو-جابجایی به دست آمده از دستگاه (FORCE DATA) را نشان می‌دهد که در ۵ سیکل متوالی اندازه‌گیری شده است (شکل ۲، ب). و نیروی کششی پارچه هنگام خم شدن از آنجائی که نیروی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه در حالت فشاری و نیروی به وجود آمده در پارچه در حالت کششی است، جهت قرارگیری نمودارهای سیکلی برای نیروی ثبت شده توسط دستگاه رو به پایین (جهت منفی) و نمودارهای سیکلی برای نیروی کششی پارچه رو به بالا (جهت مثبت) قرار گرفته است.

از طرف دیگر، نتایج بیانگر این مطلب است که شدت نیروی کششی ایجاد شده در پارچه به هنگام خم شدن به مراتب بیشتر از نیروی ثبت شده توسط دستگاه می‌باشد.

لازم به ذکر است که بیشترین نیروی کششی در پارچه در موقعیت بیشترین خمیدگی در بازو یعنی در مقدار جابجایی عمودی ۱۴۰ میلی‌متری مشاهده شده است (نقاط پیک نیرو در شکل ۲، ب). در شکل ۲ (ج) ممان



(ج)



(ب)

(الف)

شکل ۱. الف) بازوی مصنوعی طراحی شده در این مطالعه ب) نحوه قراردادن نمونه پارچه بر روی بازوی مصنوعی و انجام آزمون ج) نمودار نیرو-جابجایی بدست آمده از آزمون



بیشتر (10MM) در تمامی سیکل‌های خمشی کمترین مقدار است، در صورتی که در راستای پودی از سیکل دوم به بعد مقدار MBM در درجه آزادی 5MM کمتر از درجه آزادی 10MM به دست آمده است. این یافته طبق مشاهدات صورت گرفته، در ارتباط با پدیده سرش پارچه در محل بست‌های فلزی هنگام خم شدن پارچه است.

به دلیل عدم وجود فضای کافی برای تغییر شکل‌های چند جهتی در پارچه به‌ویژه در موقعیت پشتی بازو در درجه‌های آزادی پایین، کشش زیادی به پارچه در هنگام خم شدن اعمال می‌شود که با افزایش تعداد سیکل‌های خمشی منجر به سر خوردن پارچه بر روی بازو و در نتیجه افت نیروی کششی اعمالی بر روی پارچه و ممان خمشی پارچه خواهد شد.

از سوی دیگر، مطابق جدول ۱ میزان کشسانی تار پارچه کمتر از کشسانی پودی هست، بنابراین به نظر می‌رسد هر مقدار میزان کشسانی پارچه در راستای عمود بر جهت خمش بیشتر باشد، به دلیل امکان ایجاد تغییر شکل راحت‌تر در پارچه در محل خمیدگی بازو که به صورت تاخوردگی در پشت بازو خود را نشان می‌دهد، بخشی از انرژی اعمالی صرف این تغییر شکل‌ها خواهد شد و پدیده سرش در محل تکیه‌گاه‌ها، کمتر به وقوع خواهد پیوست.

۴- نتیجه‌گیری

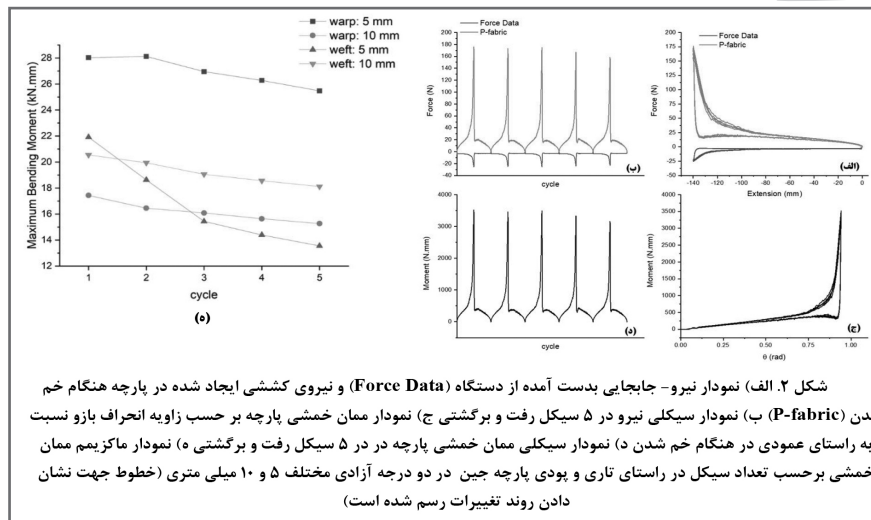
روش ارائه شده در این پژوهش با استفاده از بازوی مصنوعی می‌تواند کمک شایانی به مطالعه مقاومت خمشی پارچه و راحتی حرکتی پوشاک داشته باشد.

با افزایش تعداد سیکل بارگذاری میزان ممان خمشی کاهش یافت و کاهش درجه آزادی منجر به افزایش مقاومت خمشی پارچه هنگام خم شدن شد.

میزان کشسانی پارچه در جهت عمود بر راستای خمش می‌تواند به عنوان یک پارامتر اثرگذار در پدیده سرش پارچه روی بدن و میزان تغییر شکل‌های چندجهتی پارچه در هنگام خم شدن در نظر گرفته شود.

پی‌نوشت:

۱- گروه مهندسی نساجی، دانشکده مهندسی شیمی و مواد پیشرفته، دانشگاه صنعتی ارومیه



در این نمودار مشخص است در هر دو راستای تار و پودی و برای هر دو درجه آزادی مورد آزمایش، با افزایش تعداد سیکل رفت و برگشتی مقدار MBM کاهش یافته است.

این پدیده بیانگر مقاومت بیشتر پارچه در برابر تغییر شکل‌های خمشی در سیکل اول است که ناشی از مقاومت اصطکاکی اولیه اجزای تشکیل دهنده پارچه در برابر جابجایی‌ها است.

با ادامه تغییر شکل‌ها در سیکل‌های بعدی، به دلیل کاهش انرژی مورد نیاز برای ایجاد تغییر شکل‌های چندجهتی در پارچه مقدار MBM روند کاهشی پیدا کرده است.

از طرف دیگر، در سیکل اول تغییر شکل خمشی در هر دو راستای تار و پودی، با کاهش درجه آزادی از 10MM به 5MM اما کمترین ممان خمشی افزایش پیدا کرده است که نشان از مقاومت خمشی بالای پارچه در هنگام خم شدن در درجه‌های آزادی پایین‌تر دارد.

همانطور که مشخص است اگر فضای زیادی برای تغییر شکل‌های ایجاد شده در پارچه به هنگام خم شدن بازو فراهم شود، نیروی کششی کمتری در پارچه به هنگام خم شدن ایجاد خواهد شد. در نتیجه پارچه راحت‌تر می‌تواند همراه با حرکات بدن به‌ویژه در بخش زانو و آرنج مطابقت پیدا کند و به هنگام حرکت فشار زیادی به بدن در این نواحی وارد نخواهد شد. این یافته به خوبی نشان می‌دهد که انتخاب درجه آزادی مناسب به هنگام دوخت لباس می‌تواند راحتی حرکتی مصرف کننده را به همراه داشته باشد.

در راستای تار مقدار MBM در درجه آزادی

خمشی ایجاد شده به هنگام خم شدن پارچه (M) در اثر حرکت رفت و برگشتی بازوی مصنوعی نشان داده شده است که در 5 سیکل متوالی مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل 2، د).

در این مطالعه، ماکزیمم ممان خمشی به‌وجود آمده در پارچه MBM. در موقعیتی که بازوی مصنوعی بیشترین خمیدگی خود را دارد (دامنه جابجایی برابر با 140 میلی متر) به عنوان معیاری برای ارزیابی نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

برای استخراج این پارامتر از نقاط پیک نمودارهای سیکلی ممان خمشی پارچه استفاده شد. نتایج سنجش مقاومت خمشی پارچه‌های نصب شده بر روی بازوی مصنوعی با درجه‌های آزادی مختلف در دو راستای تار و پودی را نشان می‌دهد. همان‌طور که

