

## کاربرد الیاف و منسوجات هوشمند

مهسا معیریان - کارشناس ارشد شیمی نساجی و مدیر بازرگانی شرکت جوهر ایران

### مقدمه

مفهوم مواد هوشمند توسط دکتر روگرز از دانشگاه ویرجینیا در سال ۱۹۸۹ ارائه شد سپس یک دانشمند ژاپنی به نام تاکاگی اطلاعات مربوط به علوم ترکیبی و کارایی مواد و در نهایت مواد هوشمند را تکمیل کرد. بعد از آن مواد هوشمند به عنوان یک مواد جدید در سال ۱۹۸۰ شروع به توسعه و رشد کردند. امروزه مواد هوشمند در فرم الیاف با سرعت قابل ملاحظه ای در حال رشد هستند. توسعه علوم و تکنولوژی پیشرفته مانند فناوری اطلاعات، نانو تکنولوژی، میکرو کپسولاسیون باعث استفاده گسترده از تکنولوژی های پیشرفته در الیاف پیشرفته شده است که نتیجه آن دستیابی به مواد و الیاف هوشمند می باشد. در حال حاضر الیاف و منسوجات هوشمند توسعه چشم گیری داشته اند.

### ۱. الیاف هوشمند

آن ها یا سطح انرژی الکتریکی ایجاد میشود که باعث تولید ترکیبات جدید با طیف های مختلف جذب میشود. تحت شرایط نوری دیگر، این ترکیب به حالت اولیه خود بازگشته و این چرخه بازگشت ادامه پیدا میکند.

#### ۲-۳ الیاف نوری

الیاف نوری نوعی از الیاف کامپوزیت نوری هستند که انرژی نور را در الیاف نگه داشته و آن را در یک طول موج خاص انتقال میدهد. به این نوع الیاف، الیاف هوشمند نیز گفته میشود. این نوع الیاف دارای دو قسمت میباشد: یک هسته و یک واسطه نوری که هسته را احاطه میکند. دو نوع ساختار الیاف وجود دارند که میتوانند انتقال طول موج انجام دهند. (۱) نوع مرحله ایی و (۲) نوع گرادیان. به دلیل اینکه الیاف نوری دارای دو عملکرد دریافت اطلاعات و انتقال اطلاعات هستند، به عنوان مواد حس گر بسیار کاربرد دارند.

#### ۲-۴ الیاف حساس به دما

الیاف حساس به دما به الیافی گفته میشود که خصوصیات آن ها با دما به صورت معکوس تغییر میکند. تحقیقات گسترده شامل الیاف رطوبت دهنده، الیاف نگهدارنده دما و الیاف حساس به دما میباشد. الیاف Ventcool که به آن الیاف دینامیک نیز گفته میشود که توسط شرکت Mitsubishi Rayon Fiber توسعه یافت. این الیاف در حضور رطوبت زیاد به سرعت ازدیاد طول پیدا می کنند و در حالت خشک به سرعت جمع میشوند.

#### ۲-۵ الیاف رسانا

الیاف رسانا به الیافی گفته میشود که مقاومت مخصوص آن ها کمتر از ۱،۰۷ اهم در سانتیمتر تحت شرایط (دما + درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۶۵٪) باشد در این شرایط این الیاف رسانایی بسیار خوبی دارند و میتوانند توسط هدایت اکثریتی حذف گردند و تخلیه الکتریسیته ساکن

الیاف هوشمند به الیافی گفته میشود که از طریق فرآیند های مواد هوشمند دارای توانایی دریافت، پاسخ و یافتن عملکردهایی به محیط خارجی و داخلی هستند. سیستم الیاف هوشمند دارای عملکرد ها و مشخصه های بسیار مهم مانند عملکرد حسگری، عملکرد بازخورد، شناسایی اطلاعات و عملکرد جمع آوری، عملکرد پاسخ، عملکرد خود تشخیصی، توانایی خود اصلاحی و خود تطبیقی میباشد. منظور از عملکرد حسی الیاف هوشمندی هست که محیط خارج و داخل را حس کرده و محرک های خارجی مانند نور، حرارت، تنش، تشعشعات هسته ایی و تغییرات شدت مغناطیسی را تشخیص و شناسایی میکند.

### ۲. طبقه بندی الیاف هوشمند

#### ۲-۱ الیاف شیب مموری

الیاف هوشمندی که در ابتدا ظاهر شدند، الیاف شیب مموری بودند. الیاف شیب مموری به الیافی گفته میشود که تحت شرایط بیرونی مانند فشار و دما، دوباره به حالت اولیه خود بازمی گردد. الیاف شیب مموری شامل آلیاژ حافظه دار، هیدروژل حافظه دار و پلیمرهای حافظه دار میباشد. به دلیل خصوصیات هم چون کشش بازیافتی بالا، دانسیته پایین، فرآیند آسان و قیمت پایین، پلیمرهای شیب مموری نسبت به آلیاژهای شیب مموری دارای مزیت بیشتری هستند.

#### ۲-۲ الیاف فوتوکرومیک

در بیشتر موارد، مواد فوتوستنز که رنگ آنها تغییر میکند، مواد ارگانیکی هستند که دارای ایزومرهای هستند که تحت نور تغییرات آرایش فضایی دارند. بنابراین تغییرات بازگشت رنگی و رنگ پدیدگی را به نمایش میگذارند. مکانیسم رنگ پدیدگی نیز به این صورت است که برخی از ترکیبات تحت اشعه ماورابنفش یا نور مرئی، تغییراتی در ساختار مولکولی



برای حذف الکتریسیته ساکن، جذب امواج الکترومغناطیس و تشخیص و انتقال سیگنال های الکتریکی به کار برده میشود. الیاف رسانا میتوانند به سه دسته کلی شامل الیاف با رسانایی الکترونی، الیاف با رسانایی یونی و الیاف القایی تقسیم بندی شوند.

#### ۶-۲ الیاف زلی حساس به pH

این نوع الیاف به الیافی گفته میشود که حجم یا شکل آن ها با تغییرات pH تغییر میکنند. این تغییرات در سطح مولکولی، ماکرومولکولی و بین مولکولی اتفاق می افتد.

#### ۷-۲ الیاف هوشمند مربوط به حوزه سلامت

با افزایش سطح آگاهی مردم در حوزه سلامت، توسعه الیاف هوشمند در این زمینه و ارتقا سطح سلامت در حال افزایش است. الیافی مانند الیاف آنتی باکتریال، دئودورانت ها و الیاف مقاوم به ضربه از این دسته الیاف میباشند. در این میان الیاف با خواص آنتی باکتریال بیشترین کاربرد را دارد. الیاف با خواص آنتی باکتریال به الیافی هوشمندی گفته میشود که توانایی کشتن و جلوگیری از رشد باکتری ها را با استفاده از عامل های آنتی باکتریال دارد. این دسته الیاف میتوانند از تکثیر و رشد برخی از میکروارگانیسم ها بر روی سطح پوست جلوگیری کنند. در حال حاضر روش های آمادگی این الیاف شامل تکمیل و روش اصلاح الیاف میباشد. مواد با خاصیت آنتی باکتریال به سه دسته شامل: (۱) مواد آنتی باکتریال ارگانیک (۲) مواد آنتی باکتریال غیر ارگانیک (۳) مواد آنتی باکتریال کامپوزیتی. به طرز مثال یک شرکت آمریکایی به نام Nylstar الیاف هوشمند پلی آمیدی را تولید کرده که خاصیت آنتی باکتریال طولانی مدت دارند و از طرفی به دلیل اینکه مواد آنتی باکتریال در داخل الیاف تعبیه شده است ایمن تر است.

#### ۳- منسوجات هوشمند

منسوجات هوشمند به منسوجاتی گفته میشود که طی عملیات ریسندگی و بافندگی از الیاف هوشمند به عنوان مواد خام استفاده میشود یا از طریق ترکیب مواد هوشمند با منسوجات تولید میشوند.

#### ۱-۳ منسوجات شپ موری

منسوجات شپ موری همانطور که گفته شد یک نوع موادی هستند که خاصیت شپ موری یا حافظه ایی در طی فرایند بافندگی یا تکمیل وارد منسوجات میشود. تحت عوامل خارجی مانند دما، نیروی مکانیکی، نور، pH، و غیره، منسوجات با خاصیت های مختلف خوبی مانند شپ موری، خاصیت بازگشت از تغییر شکل بالا، مقاوم در برابر ضربه و تطبیق پذیری به وجود میآیند. شرکت ایتالیایی Corpo Nove منسوجی طراحی کرد به نام Lazy Shirt. زمانی که دمای بیرون بالا باشد، آستین پیراهن به صورت خودکار از مچ دست به سمت بازو در عرض چند ثانیه رول میشود. زمانی که دما افت کند، آستین ها به حالت اولیه خود بازگشته و میتوانند به صورت خودکار اتو زده شوند. منسوجات شپ موری میتوانند در صنعت مد، البسه محافظ و

اکسسوری ها ( لوازم جانبی ) با کاربرد های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۲-۳ منسوجات با خاصیت تغییر رنگ

منسوجات با خاصیت تغییر رنگ به منسوجاتی گفته میشود که تحت عوامل بیرونی مانند نور، دما، فشار و غیره رنگ آن ها تغییر میکند. به دلیل داشتن این خاصیت، این منسوجات میتوانند در صنایع مختلف به کار روند. به طور مثال در صنعت مد و طراحی دکوراسیون میتوان از این منسوجات با خاصیت تغییر رنگ استفاده شود. همچنین در صنایع نظامی برای کاربردهای استتار یا به عنوان ضد استتار، چک ها، گواهینامه ها و علامت های تجاری میتوانند مورد استفاده قرار گیرد. منسوجات با خاصیت تغییر رنگ از سه روش میتوانند تولید شوند: (۱) افزودن الیاف با خاصیت تغییر رنگ به منسوج (۲) رنگرزی منسوج با رنگزاهای قابل تغییر رنگ (۳) چاپ با مواد دارای خاصیت تغییر رنگ. در این میان تحقیق و بررسی بر روی الیاف با خاصیت تغییر رنگ نسبت به دو روش قبلی جدیدتر هست با این تفاوت که مزیت این روش نسبت به دو روش قبلی بیشتر است به طوری که منسوج دارای زیردست بهتر، ثبات شستشویی بالاتر میباشد.

#### ۳-۳ منسوجات هوشمند با خاصیت کنترل دما

منسوجات هوشمند با خاصیت کنترل دما اصولاً به ۳ دسته شامل منسوجات عایق حرارتی، منسوجات خنک و منسوجات با خاصیت خودکار کنترل دما طبقه بندی میشوند. موادی عایقی که در این نوع منسوجات برای مصارف خانگی و بیرون به کار میرود، الیاف ذخیره ساز انرژی حرارتی خورشیدی و الیاف مادون قرمز میباشند. الیاف ذخیره ساز انرژی حرارتی خورشیدی به منظور دستیابی به عایق های حرارتی کاربرد دارند. مکانیزم بدین صورت است که الیاف، نور مرئی و مادون قرمز از نور خورشید را جذب میکنند و سپس گرما را به صورت تشعشعی به بدن انسان منتقل میکنند و در نهایت باعث ذخیره حرارت میشوند. در مقایسه با الیاف ذخیره ساز انرژی حرارتی خورشیدی، الیاف مادون قرمز عملکرد بهتری دارند. علت عملکرد بهتر آن ها این است که حرارتی که از بدن انسان خارج میشود را جذب کرده و طول موج های خاصی از مادون قرمز را به بدن انسان باز میگردانند تا به کاهش اتلاف گرما از طریق ارتقا گردش خون کمک کنند.

منسوجات خنک منسوجات فرابنفش، منسوجات محافظ گرما، منسوجات خنک و منسوجات یا خاصیت انتقال گرما میباشند. در میان آن ها منسوجات فرابنفش و منسوجات محافظ گرما با یک پودر سرامیک مخلوط شده تا خاصیت انعکاس اشعه فرابنفش و حس خنکی به فرد را داشته باشد. در منسوجات خنک معمولاً اکسیدات فلزی به منسوجات پلی استر افزوده میشود تا امکان رنگ پایداری البسه توسط اشعه فرابنفش و نور کاهش یابد و اطمینان حاصل گردد که داخل منسوجات و البسه خنک است.

افرادی که در آب و هوای بسیار سرد کار میکنند (مانند پلیس های



میباشد. اگر پوشنده کالا تصادفی کند، این سنسورها موقعیت فرد و برخی از اطلاعات فیزیولوژیکی را برای زمان نجات ارسال میکنند. منسوجات حساس به احساسات توسط دو گروه از محققان دانشگاه مونترال و لندن مورد بررسی قرار گرفت. این البسه ضد باد مجهز به اسپیکرهای بلند، سنسورها و آنالیزور سیگنال بدن می‌باشند که میتوانند سیگنال‌های بدن انسان را رصد کنند تا تغییرات در رفتار فرد را شناسایی کنند. زمانی که فرد از لحاظ احساسی آفت میکند، این نوع البسه شروع به بخش موسیقی آرام میکنند تا آرامش را در فرد ایجاد کنند. همچنین این نوع البسه به افراد در خود مانده کمک میکند تا از خلوت خود بیرون بیایند. افراد سالمند هم میتوانند با کمک این منسوجات با خانواده خود گفتگو کنند. در حال حاضر البسه حساس به احساسات در مرحله تحقیق و تست میباشد.

#### ۴) کاربرد الیاف و منسوجات هوشمند

در حال حاضر کاربرد الیاف و منسوجات هوشمند در حال افزایش میباشد. بیشترین کاربرد این البسه هوشمند در سلامت پزشکی، نظامی، سرگرمی و ورزش میباشد. مخصوصاً در زمینه پزشکی، سرگرمی و ورزش افراد در جوامع توسعه یافته توجه بیشتری به این نوع منسوجات به دلیل حفظ سلامت و فیزیکی بدن خود دارند. به همین دلیل توسعه، تولید و تحقیق بر روی الیاف و منسوجات هوشمند بیشتر در جوامع پیشرفته مانند آمریکا، اروپا و ژاپن انجام میشود و کشورهای دیگر هنوز فاصله زیادی با آن‌ها دارند دلیل آن هم توسعه‌های اولیه و تغییر و پیشرفت در آمریکا و اروپا بود. تکنولوژی در پوشش یک امر مهم در تولید الیاف هوشمند بوده است و این تکنولوژی‌ها به توسعه صنعت نساجی و کالاهای پوششی در کاربرد های مختلف کمک شایانی میکند.

افراد میتوانند با استفاده از منسوجات هوشمند سلامت خود را چک کنند و از کیفیت زندگی خود اطمینان حاصل کنند. دولت چین پیش بینی کرده است که در سال ۲۰۴۰ تعداد جمعیت بالای ۶۰ سال به ۴۰۰ میلیون نفر میرسد و به بیشترین مقدار خود در سال ۲۰۵۰ میرسد. بنابراین استفاده از منسوجات هوشمند مفید واقع میشود. در این سال‌ها دولت چین بر روی تکنولوژی پوششی و تکنولوژی الکترونیکی تحقیقات خود را گسترش داده است و منسوجات و الیاف هوشمند را در زمینه پزشکی، محافظتی، ورزش و تفریح ارائه کرده است. با توجه به پیش بینی‌های دانشگاه کمبریج، بازار برای محصولات پوششی که از الیاف هوشمند استفاده میکنند به رقم ۷۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ رسیده است و این بازار به سمت کم وزن شدن کالا، فشن و مد، شخصی سازی، به صرفه بودن و قابلیت‌های ارتباط سوق پیدا میکند. در آینده الیاف هوشمند به سه سمت تمایل پیدا میکنند: بهینه سازی در عملکرد، دوست دار محیط زیست و صنعتی شدن. با توجه به تمامی این جنبه‌ها الیاف و منسوجات هوشمند هنوز کامل در صنعت رواج پیدا نکرده و در حال توسعه و گسترش می‌باشد.

راهنما و رانندگی در زمستان) به البسه ایی نیاز دارند که آن‌ها را گرم کند و به طور هم‌زمان سیگنال‌های ایمن هم بروز دهد. در این مورد البسه هوشمند ایی که عملکرد گردش حرارتی و انتشار نور داشته باشند گزینه مناسبی میباشند.

#### ۳-۴ منسوجات مقاوم در برابر آب

به این نوع منسوجات، منسوجات تنفس پذیر نیز گفته میشود. این نوع منسوجات دارای عملکرد های ضد آب نفوذ پذیری در مقابل آب، ضد باد و خاصیت نگهداری گرما میباشند.

این نوع البسه میتواند نیاز فرد را در شرایط آب و هوایی بسیار سرد مانند برف، باران و باد حفظ کند. عملکرد این نوع البسه ضد آب که دارای دانسیته بالا بدین صورت است که مولکول‌های گاز از غلظت بالا به غلظت پایین از طریق حفره های میان نخ‌ها نفوذ میکنند.

البسه با ساختار خلل و فرج میکرو برای دستیابی به خصوصیات ضد آب و نفوذ پذیری در مقابل آب از تفاوت بین قطر قطرات آب و قطر مولکول‌های بخار آب استفاده میکنند. البسه با ساختار فاقد خلل و فرج از خاصیت هیدروفیل بودن مولکولی برای افزایش تنش در سطح غشا ضد آب برای دستیابی به خاصیت ضدآبی استفاده میکنند.

#### ۳-۵ منسوجات خود تمیز شونده

تمایل برای رشد در تولید منسوجات خود تمیز شونده که میتوانند آلودگی‌های ارگانیک و غیر ارگانیک را از طریق دو روش فتوکاتالیستی و غلطیدن قطرات آب از بین ببرند در حال افزایش است. غلطیدن قطرات آب به سطح لوتوس شکل مانند یا گل کلم مانند که با سطح انرژی کم جفت شده اند نسبت داده میشود که باعث تشکیل آلودگی‌ها بر روی سطح منسوجات شده و این کار باعث غلطیدن قطرات آب و جذب گرد و خاک، آلودگی‌های ارگانیک و غیر ارگانیک میباشند. (شکل ۱)

شکل ۱. a مکانیزم غلطیدن قطرات آب برای جذب آلودگی‌ها (b) مکانیزم تجزیه آلودگی توسط نور (C) مکانیزم خارج کردن گرد و خاک از سطح از طریق عملیات شستشو.

#### ۳-۶ منسوجات مجهز به اطلاعات الکترونیکی

شرکت Sensatex آمریکا پارچه ایی را طراحی کردند که مجهز به سیستم جی پی اس بر روی یقه میباشد. آزمایشگاه The European Hewlett Packard یک منسوج هوشمند مجهز به شبکه ناحیه ایی هر فرد، سیستم موقعیت یاب جهانی، قطب نمای الکترونیکی و یک مانیتور پرسرعت که توسط یک سیستم کنترل از راه دور که بر روی آستین قرار میگیرد، کنترل میشود. کودکان و افراد که دارای بیماری‌های مزمن هستند، از این نوع البسه استفاده میکنند تا در صورت گم شدن بتوان آن‌ها را ردیابی کرد. دانشگاه لپ‌لند و موسسات دیگر یک لباس اسکی طراحی کردند که دارای چندین سنسور شامل شتاب دهنده، قطب نما و سیستم موقعیت یاب جهانی