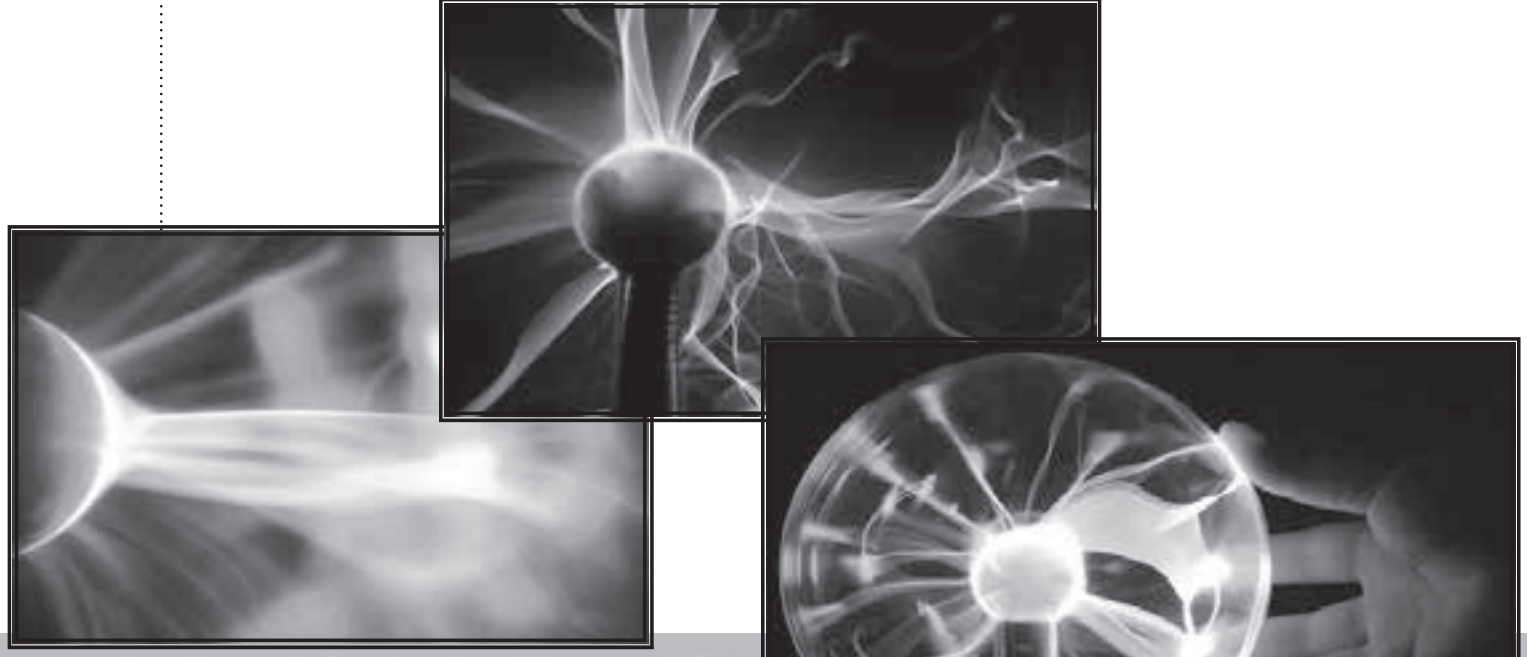


فناوری پلاسما، یک فرایند تکمیل در مقیاس نانو در صنعت نساجی

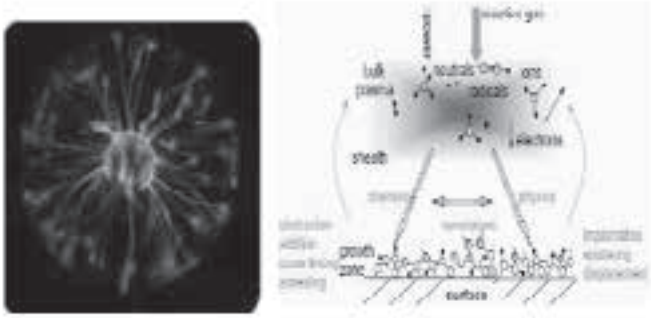
نانو تکنولوژی

چکیده

منسوجات نساجی خواص منحصر به فردی (ازجمله انعطاف پذیری، وزن مخصوص کم، استحکام و نسبت سطح به حجم بالا، زیردست مناسب و...) دارند که آنها را از سایر مواد متمایز می سازد. به همین دلیل می توان ویژگی هایی خاص از جمله آب گریز بودن، روغن گریز بودن و یا ضد میکروبی بودن را به آنها بخشید. برای اعمال این تکمیل ها از طریق روش های مرطوب قدیمی به مواد شیمیایی، آب و انرژی زیادی نیاز است. در روش پلاسما که یک عملیات خشک است، برای کاهش مصرف هر سه منبع ذکر شده یک محلول تهیه می شود. در این پژوهش چگونگی انتشار یکپارچه پلاسما بر روی مواد نساجی و کاربردهای آن بررسی شده است.

مقدمه

پلاسما یک صورت یونیزه شده از گازهاست که با استفاده از یک سطح کنترل شده از برق AC یا DC و یک گاز نیمه یونیزه شده ساخته می شود. این گازها ذرات اتمی باردار با دانسیته کافی هستند که به صورت تصادفی حرکت کرده و معمولاً از لحاظ الکتریکی خنثی می باشند. پلاسما شامل یون های مثبت، الکترون ها، اتم ها و مولکولهای گاز طبیعی، نور UV و مولکولها و اتم های برانگیخته گاز می باشد که می تواند انرژی داخلی بسیار زیادی را حمل کند. درخشش پلاسما بدلیل ساتع شدن نور از ذرات خنثی برانگیخته شده و از دست دادن انرژی می باشد. همه گونه های پلاسما می توانند با هر سطح در تماس تعامل داشته باشند. با انتخاب مخلوط گاز، برق و فشار و... می توان با دقت تأثیرات پلاسما بر سطح را مشخص کرد. می توانیم با افزایش یا کاهش انرژی (به عنوان مثال سرمایش یا گرمایش) هر کدام از حالت های ماده (جامد، مایع و یا گاز) داشته باشیم. اگر همچنان به افزایش انرژی ادامه دهیم، مولکولهای گاز یونیزه شده و دارای بار مثبت می شوند. هرگاه مولکولها به اندازه کافی یونیزه شوند، بر خواص الکتریکی کلی گاز تأثیر گذاشته و گاز حاصل پلاسما نام دارد. بنابراین پلاسما معمولاً به عنوان حالت چهارم ماده شناخته می شود. (شکل ۱)



شکل۱- (الف) پلاسمای چگالیده شده (ب) پلاسماها ترکیبی از گونه های واکنشی هستند.

کاربردهای فناوری پلاسما:

پلاسما کاربردهای بسیار متنوعی اعم از ساخت مدارهای یکپارچه داردکه در صنعت به واسطه واکنش فیلم های پلیمر با تخریب پسماندهای سمی استفاده می شود. فرایندهای پلاسما را می توان با توجه به دمای الکترون در برابر چگالی آن، به دو دسته اصلی (با

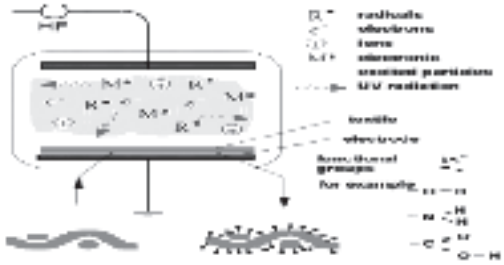
چگالی کم و با چگالی زیاد) تقسیم کرد. در چگالی پایین، جریان مستقیم و فرکانس رادیویی تخلیه های تابناک و دماهای الکترون و ذرات سنگین با هم برابر نیستند. پلاسماهای با چگالی کم حاوی الکترون های داغ با یونهای سرد و خنثی می باشند. الکترون های پر انرژی با ذرات بی بار جدا و یونیزه شده برخورد می کنند و یون ها و رادیکال های آزاد واکنش پذیر ایجاد می کنند. این گونه های واکنش پذیر قادرند در بسیاری از فرایندهای با دمای پایین، با مواد خام و سوبستراها واکنش دهند.

تولیدکنندگان بخش نساجی و کاربران نهایی در جستجوی راه هایی برای تقویت ویژگی های سطحی الیاف طبیعی و بشرساخته، علی الخصوص بهبود چسبندگی، رطوبت پذیری، قابلیت چاپ و رنگپذیری و نیز کاهش آبرفتگی مواد می باشند. روش های بهبود خواص رنگپذیری الیاف پلی پروپیلن که شامل فرایند کوپلیمریزاسیون با پلیمرهایی است که قابلیت رنگ شدن را دارند مورد ارزیابی قرار گرفت. از سیستم لاتکس سنتی و آغازگرها با نقطه ذوب پایین به منظور پوشش سطح پارچه برای اتصال رنگ، عایق حرارتی و عملکرد حرارتی استفاده می شود. در این پژوهش به منظور ارتقاء ثبات رنگی، از پلی پروپیلن بی بافت بدلیل مقاومت شیمیایی عالی، نقطه ذوب بالا، هزینه کم و سازگاری آن با بسیاری از روش های ساخت استفاده شده است. تا به امروز رنگپذیری اندک پلی پروپیلن، کاربردهای آن را به تولید نخ و پارچه های گره دار، پارچه های مبلی و پارچه های صنعتی محدود کرده است.

الیاف دارای گروه های دو قطبی را بسیار راحت تر از الیاف غیر قطبی میتوان رنگرزی کرد. زیرا گروه های قطبی با مولکول های رنگ پیوند شیمیایی برقرار می کنند. از آنجا که زنجیره های مولکولی پلی پروپیلن غیر قطبی هستند و سطحشان آبگریز است، مولکول های رنگ با الیاف پیوند شیمیایی برقرار نمی کنند. بلوری بودن لیف پلی پروپیلن نیز قابلیت جذب رنگ را محدود می سازد. گروه های عاملی ممکن است با استفاده از تکمیل گاز پلاسما، بدون تأثیر بر خواص اصلی الیاف خواص سطح الیاف را بهبود بخشند. با ایجاد یک لایه قطبی به سطح الیاف، رطوبت پذیری الیاف در رنگرزی توسط گروه های آب دوست افزایش می یابد.

برای تولید فنی پلاسما از یک فرستنده الکترومغناطیس با فرکانس بالا استفاده می شود که در درجه اول انرژی خود را به الکترون ها می دهد؛ چراکه الکترون ها به مقدار قابل توجهی غیر فعال تر از یون ها می باشند. الکترون ها با گرفتن انرژی گرم می شوند و در نتیجه متوسط انرژی جنبشی آنها افزایش می یابد. برخورد الکترون ها با یون ها موجب انتقال انرژی الکترون ها به یون ها می شود که با توجه به تفاوت جرمی زیاد آنها، این انرژی اندک است.

برای رسیدن به یک توازن میان دمای الکترون ها و یون ها، باید تعدادی برخورد میان آنها صورت گیرد. تعداد برخورد هایی که یک ذره دارد به فشار وابسته است. در فشار بالا، تعداد برخوردها زیاد است و متوسط انرژی الکترون ها و یون ها به سرعت با هم برابر می شود. اما در فشار کم، انتقال حرارت بین انواع ذرات مؤثر نیست و یک سیستم از الکترون های گرم و یون های سرد ساخته می شود. (شکل۲)



شکل۲- قاعده کلی عملیات پلاسما

ش‌کل ۲ نشان می دهد که علاوه بر تعادل حرارتی، برخورد نیز نقش مهمی را در نگهداری حاملان بار ایفا می کند. مخلوط الکترون ها و یون ها تمایل دارند تا با ترکیب دو ذره، اتم های خنثی را تشکیل دهند. این فرایند نوآرایی نام دارد. این نو آرایی منجر به تولید یک اتم خنثی از ۲ حامل بار آزاد (الکترون و یون) می شود. در نتیجه پلاسما مقداری از رسانایی خود را از دست می دهد. نوآرایی فرایندیست که گاز یونیزه شده را به گاز طبیعی تبدیل می کند. برای سوختن پلاسمای مشتعل به تعادل بین تخریب و تولید ذرات باردار نیاز است. این منبع شامل برخوردهای فوق الذکر ما بین الکترون ها، اتم ها و یون ها می باشد. اگر یک الکترون گرم با یک اتم برخورد کند، می تواند یک الکترون را از آن جدا کند و عمل یونیزاسیون رخ دهد. در حالیکه در اصل یک حامل بار آزاد وجود داشت، پس از برخورد سه بار آزاد وجود دارد. اگر بین نوآرایی و یونیزاسیون تعادل وجو داشته باشد، پلاسما به صورت آزاد می سوزد. با این حال، یونیزاسیون یک اتم فرایندی نیست که تنها بوسیله برخورد یک الکترون ایجاد شود. الکترون برای یونیزه کردن اتم می باید حداقل انرژی لازم که به آن انرژی یونیزاسیون می گویند را در طول تماس به اتم انتقال دهد.اگر انرژی انتقال بر پایه ضربه کمتر از انرژی یونیزاسیون باشد، این اتم برانگیخته می شود. حالت های برانگیخته معمولاً پایدار نیستند و چنین اتم هایی با ساتع کردن نور، انرژی خود را از دست می دهند و به حالت اولیه و پایه خود بازمی گردند، که این امر علت ظاهر نورانی پلاسما ها می باشد.

کاربردهای پلاسما در منسوجات:

پژوهش در زمینه کاربردهای پلاسما در تکمیل های نساجی بسیار گسترده است. چند نمونه از کاربردهای پلاسما در زیر خلاصه شده است:

۱- بهبود خواص مکانیکی: نرمی پنبه و دیگر پلیمرهای بر پایه سلولزو کاهش نمدی شدن پشم توسط تکمیل با پلاسمای اکسیژن صورت می گیرد. ایجاد مقاومت بالا در پشم، پنبه و پارچه های ابریشم با غوطه ور ساختن منسوج در DMSO و متعاقباً پلاسمای N۲ صورت می گیرد.

۲- خواص الکتریکی:تکمیل آنتی استاتیک ریون با کلرومتیل دی متیل سیلان در پلاسما ایجاد می گردد.

۳- خواص تر شدن: بهبود خاصیت تر شدن سطح پلیمرهای مصنوعی از جمبه پلی آمید،پلی اتیلن، پلی پروپیلن و PTFE با عمل در O_2، هوا و پلاسمای NH_3 . همچنین تکمیل هیدروفیل به عنوان یک تکمیل ضد لک و آنتی استاتیک نیز بکار گرفته می شود. تکیمل آبگریز پارچه های پنبه ای و پنبه/ پلی اتیلن توسط پلاسمای سیلوکسان یا فلوروکربن ایجاد می شود. تکمیل دافع روغن برای پارچه پنبه/ پلی استر، با استفاده از ترکیبی از پرفلورواکریلات ایجاد می شود.

۴- رنگرزی و چاپ: بهبود خاصیت موئینگی پشم و پنبه توسط عمل منسوج در پلاسمای اکسیژن انجام می شود. بهبود رنگرزی پلی استر توسط پلاسمای SICl۴ و برای پلی آمید توسط پلاسمای آرگون صورت می گیرد.

۵- سایر خواص: سفیدگری پشم، توسط پلاسمای اکسیژن صورت می گیرد. محافظ UV پنبه/پلی استر رنگرزی شده با عمل HMDSO در پلاسما ایجاد می شود. خاصیت کندکنندگی آتش بر روی پلی اکریلونیتریل، ریون و پنبه توسط مونومرهای حاوی فسفر ایجاد می شود.

۶-پوشش فلزی پلیمرهای آلی: پلیمرهای آلی با پوشش فلزی برای کاربردهای مختلفی استفاده می شوند. در این نوع پلیمرها ضروری است که فلز کاملاً به بستر پلیمر چسبیده باشد؛ که این عمل می تواند با پیش آماده سازی پلیمر با پلاسما روی آن ایجاد شود.

۷- کامپوزیت ها لمینات ها: چسبندگی خوب میان لایه های لمینات به خواص سطحی الیاف در لایه ها و واکنش هایی که در حد واصل آن رخ می دهد بستگی دارد. شرط لازم برای چسبندگی خول لایه ها، باقی ماندن انرژی سطح الیاف است که می تواند با تکمیل پلاسما اصلاح شود.

۸-کاربردهای پلاسما در بیولوژی و پزشکی: بافت های درمانی به وسیله

سلول‌ها در کشت سلولی، تخمیر یا ایمپلنت و بافت های غیر درمانی نیز با سلول‌هایی برای لوله های جراحی، غشاءها، بی حرکت سازی آنزیم ها و ضدعفونی کردن رشد بسزایی داشته اند.

۹- برنامه های کربردی در فناوری غشائی و محیطی: جداسازی گازها بمنظور بدست آوردن اکسیژن غنی شده انجام می گیرد. برای بدست آوردن الکل غنی شده، غشاءهایی برای نفوذ محلول ایجاد شده است. فیلتراسیون بالای غشاءها به منظور بهبود خاصیت انتخابی می باشد. غشاءها انواع مختلفی از جمله غشاء جاذب، غشاء باردار و غشاء دوقطبی دارند.

تعامل انواع پلاسمای فعال با سطح:

به منظور درک اینکه چگونه پردازش پلاسما منجر به طیف وسیعی از ویژگی های دشوار می شود، نویسنده ابتدا به راه هایی که یک پلاسما می تواند با یک سطح واکنش دهد اشاره دارد. همانطور که اشاره شد، در پلاسما ذرات بارداری از جمله الکترون ها و یون ها وجود دارند. بعد از آن، مولکول ها و اتم ها همانند فوتون ها (بدلیل تولید نور UV)، با حالت پایدار و به صورت رادیکال در منطقه فعال پلاسما وجود دارند. همه این ذرات با روش خود با سطح واکنش داده و منجر به ایجاد فرایندهای بیشماری در سطح می شوند. به استثنای فوتون ها، عمق بستری که تحت تأثیر قرار دارد حدود ۱۰ نانومتر یا کمتر می باشد. این بدین معنی استکه پلاسما تنها بر خارجی ترین لایه نازک سطح تأثیر می گذارد و یک روش اصلاح سطح اساسی می باشد. این یک جنبه مثبت است که خواص اصلی تحت تأثیر قرار نمی گیرند. اما جنبه منفی آن آلودگی سطحی است که می تواند برای فرایند پلاسما مضر باشد.

تأثیر اولیه پلاسما بر سطح ماده:

واکنش گونه های فعال پلاسما با سطح ماده می تواند چیزی به سطح ماده اضافه و یا از آن حذف کند. در مورد دوم، تکمیل پلاسما می تواند منجر به تمیزی،خوردگی و یا ضد عفونی شدن سطح شود. از این رو، برای نمونه به امکان از بین رفتن آهار، ضد عفونی شدن و یا ایجاد یک تکمیل ضد آب رفتگی بر روی پشم اشاره می شود. در مورد اضافه کردن چیزی به سطح، به طور معمول از فعال سازی، ساخت و تکمیل پوشش سطحی صحبت می شود. از آنجا که این فرایندها در کاربرد نساجی رایج ترند، بیشتر مورد بحث قرار گرفته اند. فعال سازی منجر به افزایش موقتی انرژی سطحی می شود. این نوع عملیات تمایل دارند سطح انرژی ماده را به دیگر سطوح افزایش داده که برای مواد مصنوعی با انرژی سطحی کم، از جمله پلی پروپیلن و پلی اتیلن مورد نیاز است. این فرایند بر پایه القای اکسیژن است و منجر به تشکیل گروه های شیمیایی از جمله OH−، O= و COOH می شود. گروه های تشکیل شده توسط انرژی حرارتی تمایل دارند تا با مرور زمان آرایش جدیدی به خود گیرند. در نتیجه این عملیات دائمی نیست و از حالت خطی خارج می شود. تا جایی که امکان دارد برای مرحله بعدی آماده می شود. معمولاً این فرایند با یک کورونا در هوای آزاد رخ می دهد. فرایند ساخت به پیوند دائمی گروه های عاملی با سطح اشاره دارد.یک مثال معمول از این روش اتصال نیتروژن با گروه هایی مانند آمین ها، آمیدها و... می باشد. بدین ترتیب یک لایه پرایمر ایجاد می شود. این فرایند می تواند با استفاده از یک DBD یا جت پلاسما، و با استفاده از نیتروژن به عنوان گاز فرایند، انجام شود. تکمیل پوششی پلاسما به رسوب یک لایه بسیار نازک چند نانومتری بر سطح ماده و پوشش سطح اشاره دارد و با استفاده از تجهیزات پلاسما (کورونا، DBD و جت پلاسما) در ترکیب با یک واحد پیش ماده مایع بدست می آید. پیش ماده می تواند با توجه به عملکرد مورد نظر (نظیر روغن گریزی، ضدآتش کردن و ایجاد خواص آنتی باکتریال) انتخاب شود. مزیت اصلی این روش این است که با اضافه کردن مقدار محدودی از ماده به منسوج می توان این قابلیت را بدست آورد. به عنوان مثال به منظور ایجاد خاصیت آنتی باکتریال تنها ۰/۲ ۲-m g ماده مورد نیاز می باشد. در این روش خواص معمول منسوج از جمله زیردست، لطافت، انعطاف پذیری و... تحت تأثیر قرار نمی گیرند و گاهی از آنها به عنوان تکمیل نامرئی نام می برند.

نتیجه گیری:

در مقایسه با فرایند تکمیل سنتی، پلاسماها مزیت مهم کاهش آب، انرژی و مواد شیمیایی مصرفی را دارا هستند. یکپارچه سازی فرایندهای پلاسما در مراحل مختلف فرایند تولید (بر فتیله، نخ و یا بر پارچه)، برای طیف وسیعی از مواد و کاربردهای مختلف، مورد بررسی قرار گرفته شده است. با این حال، کاربردهای صنعتی هنوز بسیار محدود است؛ چرا که موانع مهمی در سطوح مختلف وجود دارد. عوامل کلیدی ساختار سه بعدی و سطح مخصوص بالای الیاف می باشد. این دو خاصیت ذاتی منسوج در عملیات پلاسما با هم در رقابت هستند. هنوز محدودیت هایی برای رسیدن به حداکثر بازه ممکن وجود دارد. به رغم آن، در دنیای نساجی، پلاسما در حال حاضر برای کاربردهای مورد نیاز کامل است و در آینده کاربردهایی وسیع تری پیدا می کند.