اطلاع‌رسانی

استفـاده از پلاسما در تکمیل‌های نساجی

مقدمه

از زمان معرفی فناوری پلاسما در دهه ۱۹۶۰ کاربردهای مختلفی نیز برای این فناوری در صنایع مختلف ارایه شده است نظیر اچینگ و تکمیل‌های سطحی در فلزات و پلیمرها. بیشتر از بیست سال است که موسسات تحقیقات نساجی، فناوری پلاسما را برای اصلاح سطحی به‌کار می‌گیرند. فناوری پلاسما یک جایگزین خشک و دوستدار محیط زیست برای تکمیل‌های تر است که بدون هیچ‌گونه آلایندگی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی نیز می‌شود. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش نگرانی‌های زیست محیطی در بسیاری از فرایندهای تکمیلی‌تر، توجه بیشتری به فناوری پلاسما شده است.

پلاسما چیست؟

پلاسما گاز نسبتاً یونیزه شده‌ای است که در آن الکترون‌ها از ملکول‌ها رها شده تا الکترون‌های آزاد و یون‌ها تشکیل شوند پلاسما از طریق انرژی حاصل از میدان‌های الکتریکی ایجاد می‌شود. مردم معمولاً تصور می‌کنند سه حالت اصلی از ماده وجود دارد: جامد، مایع و گاز اما در واقعیت چیزی بیشتر از این سه حالت است. پلاسما به عنوان چهارمین حالت ماده در نظر گرفته می‌شود. حالت پلاسما متداول‌ترین حالت ماده در میان تمامی مواد شناخته شده در جهان هستی می‌باشد. اساساً ستاره‌ها از جمله خورشید در واقع توپ‌های عظیم پلاسمایی هستند. برای استفاده از پلاسما در تکمیل‌های نساجی روش‌های مختلفی وجود دارد: تخلیه الکتریکی، تخلیه کرونا و تخلیه مانع دی الکتریک.

برای تکمیل‌های نساجی استفاده از سیستم‌های مبتنی بر پلاسمای اتمسفری ترجیح دارد. این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های پلاسمای در خلا اقتصادی‌تر بوده و به‌طور مداوم نیز قابل اجراست. تخلیه کرونا یک روش تخلیه الکتریکی با اعمال ولتاژ بین دوالکترود در یک محیط غیررسانا مثل هوا می‌باشد. تخلیه مانع دی‌الکتریک در فشار اتمسفر و با اعمال ولتاژ بالا بین دو الکترود پوشیده شده با یک لایه دی الکتریک (عایق) انجام می شود. پلاسما با ایجاد یون‌ها و رادیکال‌های آزاد در دماهای پایین باعث آغاز واکنش‌های شیمیایی بر روی سطح مواد اولیه می‌شود بدون آن که باعث از بین رفتن زیرلایه شود.

فناوری پلاسما در صنعت نساجی

در کتاب‌های جامع و مقالات تحقیقاتی فراوانی به مبحث تکمیل‌های پلاسما در صنایع نساجی پرداخته شده است. در فرایندهای تر متداول، مواد شیمیایی به اعماق الیاف نفوذ پیدا می‌کند ولی پلاسما تنها بر روی سطح عمل کرده و به ترتیب بر روی لایه های سطحی تاثیر می‌گذارد و اثری بر ساختار داخلی الیاف نساجی ندارد. بنابراین تکمیل پلاسما تغییر محسوسی در خواص فیزیکی–مکانیکی زیرلایه ایجاد نخواهد کرد.

تاثیر تکمیل پلاسما بر سطح منسوجات

تکمیل پلاسما باعث اصلاح ویژگی‌های سطحی منسوجات می‌شود. سطح منسوجات در خلا و در حضور گازهای نجیب نظیر هلیوم و آرگون تمیز و ناخالص‌ها از روی آن برداشته شده و برای انجام مراحل بعدی تکمیل آماده‌سازی می‌شود.

گروه‌های عامل در حضور گازهای واکنش‌پذیر غیرقابل پلیمریزه شدن، به سطح پارچه متصل می‌شوند. برای مثال پلاسمای اکسیژن می‌تواند باعث اتصال گروه‌های هیدروکسی به سطح منسوجات شود. در حضور گازهای واکنش‌پذیر قابل پلیمریزه شدن نیز پوشش‌های عامل با ته‌نشینی ماده اولیه پلیمری بر روی سطح قرار می‌گیرند. با استفاده از فناوری پلاسما می‌توان عملکرد منسوجات را به شیوه‌های مختلفی تغییر داد. پلاسما می‌تواند باعث تبدیل سطوح آبگریز به سطوح آبدوست و برعکس شود که این به شرایط فرایند و نوع پلاسما بستگی دارد.

دفع آب و خاک

پنبه یک لیف آبدوست است. پس از عمل با پلاسمای اکسیژن سطح ویژه آن افزایش می‌یابد و آبگریز می‌شود. حضور هگزامتیل دیسیلوکسان (HMDSO) یا هگزافلورو اتان باعث تشکیل یک لایه پلیمری بر روی سطح پنبه شده و باعث نرم شدن زیردست آن می‌شود. افزایش چشمگیر زاویه تماس با آب باعث ایجاد خاصیت آبگریزی می‌گردد. دفع قطرات آب و در نتیجه از بین رفتن ذرات گرد و خاک با آن که اثر لوتوس خوانده می‌شود نیز فلسفه وجود سطوح خودتمیز شونده است. نتیجه آن دفع آب و خاک از روی سطح می‌باشد. استفاده از پلاسما برای ته‌نشین شدن یک لایه پلیمری سیلیکون می‌تواند جایگزین مناسبی برای تکمیل‌های شیمیایی تر با فلوروکربن‌ها باشد. این موضوع از اهمیت زیادی برخوردار است چون مدت زمانی است که انواع مشخصی از پرفلوروکربن‌ها (PFC) به‌ویژه آن‌هایی که دارای زنجیره بلند هستند نظیر پرفلوراکتانوییک اسید (PFOA) در لیست سیاه سازمان‌های صلح سبز و ZDHC قرار گرفته‌اند و استفاده عمدی از آن ممنوع شده است.

ترشوندگی

انجام تکمیل سطحی پلاسما بر روی انواع مختلفی از الیاف نظیر پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و پشم باعث بهبود ترشوندگی در آن‌ها شده است. ترشوندگی به معنای توانایی نگهداری این الیاف در حفظ و نگهداری رطوبت در سطح است. در مورد الیاف مصنوعی نظیر پلی‌اتیلن ترفتالات (پلی‌استر) یا پلی‌پروپیلن نیز آبدوستی سطح به دلیل جذب اکسیژن بر روی سطح تا حد زیادی افزایش پیدا می‌کند.

مقاومت در برابر جمع‌شدگی و نمدی‌شدن در پشم

تکمیل‌های رایج ضدنمدی شدن اثرات منفی بر زیردست پارچه و همچنین محیط زیست بر جای می‌گذارد. پلاسمای اکسیژن باعث ایجاد خاصیت ضدنمدی در پشم می‌شود ضمن این که مشکلات فوق را هم ندارد. سطح پشم طبیعی به شدت آبگریز است. در نتیجه الیاف پشم در محیط‌های آبی تمایل به جمع شدن دارند و عملیات

مکانیکی نیز باعث می شود آن ها به سمت انتهای ریشه خود حرکت کنند که این باعث جمع‌شدگی و نمدی‌شدن می‌شود. البته با تکمیل پلاسما لایه آبگریز اکسیده شده و تا حدی از بین می‌رود و پس از آن خاصیت ضدجمع‌شدگی و نمدی‌شدن در پشم ایجاد می‌شود. از قدیم پشم را با محلول آبی کلرین عمل می کردند. اثر ضدجمع‌شدگی پلاسما در مقایسه با روش سنتی کمتر است اما در کنار تکمیل رزینی قابل قبول می‌شود. از آن‌جایی که پلاسما فاقد کلرین است هیچ‌گونه ترکیبات هالوژنی نیز آزاد نمی کند.

بهبود رنگ‌پذیری

فناوری پلاسما همچنین می‌تواند باعث افزایش تمایل منسوجات به رنگزاها شود. در نتیجه خود به خود باعث برطرف شدن بعضی از نگرانی‌های مربوط به فرایندهای تر می‌شود. در زیر به بعضی از کاربردهای متعدد این فناوری در زمینه رنگرزی منسوجات اشاره شده است:

– پلی‌پروپیلن جزو الیافی است که به دلیل عدم وجود گروه‌های عامل رنگرزی آن دشوار است. زمانی‌که فرایند تخلیه مانع دی‌الکتریک پلاسما و پیوند بعدی با پلیمر اکریلیک اسید بر روی آن انجام می‌شود، خواص رنگرزی آن با رنگزاهای متداول اسیدی تا حد زیادی افزایش پیدا می کند.

– ترکیب پنبه/ پلی‌استر معمولاً طی یک فرایند طولانی و خسته‌کننده رنگرزی می‌شود. این ترکیب را می‌توان پس از عمل با کیتوسان و تخلیه کرونا در یک حمام رنگرزی و با استفاده از رنگزاهای راکتیو یا مستقیم مورد رنگرزی قرار داد و شدت رنگ نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

– الیاف سلولزی به‌ویژه پنبه معمولاً دارای رمق‌کشی پایین و تثبیت نامطلوبی هستند. تلاش‌های زیادی برای بهبود رنگ‌پذیری آن توسط کاتیونی کردن انجام شده که این کار اغلب با ایجاد نقاط کاتیونی توسط گروه‌های آمینو صورت می‌گیرد. بعضی از محققان از تکمیل پلاسما برای اتصال گروه‌های آمینو به سطح الیاف استفاده کرده‌اند تا به این وسیله خواص رنگرزی پنبه با رنگزاهای راکتیو را بهبود ببخشند. عمل با پلاسمای گاز آرگون و بعد غوطه‌ورسازی در محلول‌های آمین باعث بهبود قابل‌ملاحظه عمق رنگی می‌شود. تکمیل پلاسما با استفاده از مشتقات اپیکلروهیدرین تری‌متیل آمونیوم نیز نتیجه مشابهی دارد.

– پشم را می‌توان در صورت انجام عملیات اولیه تخلیه کرونا با مصرف انرژی کمتری (در دمای پایین تر) و در مدت زمان کوتاه‌تری رنگرزی کرد ضمن این که رمق‌کشی آن نیز بهتر می شود.

ازآن‌جایی که تکمیل‌های پلاسما تنها مربوط به سطح الیاف می‌شود، پیش‌بینی می‌شود ویژگی‌های مربوط به ثبات پارچه نظیر ثبات سایشی و ثبات رنگی در مقایسه با روش‌های رنگرزی متداول تا حدی تضعیف شود. البته در بیشتر موارد ثبات‌های قابل قبولی گزارش شده است.

آهارگیری

جداسازی مواد آهار تهیه شده از پلی‌وینیل الکل در فرایندهای نساجی از اهمیت زیادی برخوردار است. پلیمر پلی‌وینیل الکل قابل تجزیه به ذرات کوچک‌تری است که قابلیت حل شدن بیشتری در آب دارند. از فناوری پلاسما می‌توان برای جداکردن مواد آهار پلی‌وینیل الکل از الیاف پنبه استفاده کرد.

محافظت از الیاف آرامید

الیاف آرامید نظیر نومکس یا کولار الیافی با کارایی بالا بوده که به دلیل استحکام کششی زیاد و خاصیت کندکنندگی شعله در منسوجات فنی مورداستفاده قرار می گیرند. البته این الیاف مستعد هیدرولیز هستند. با تکمیل پلاسما و ته‌نشین شدن یک لایه محافظ بر روی سطح الیاف می‌توان بر این ضعف غلبه کرد. برای این کار می‌توان از پلاسمای هگزافلورواتان/ هیدروژن استفاده کرد.

تکمیل‌های کارکردی

با استفاده از پلاسمای گازهای مختلف می‌توان کارکردهای مختلفی را در منسوجات ایجاد کرد. در این رابطه مقالات زیادی به چاپ رسیده است. برای مثال با استفاده از فناوری پلاسما می‌توان خصوصیات مختلفی را بر روی الیاف طبیعی نظیر پنبه ایجاد کرد نظیر کندکنندگی شعله، محافظت در برابر اشعه فرابنفش و مقاومت در برابر باکتری.

مصارف‌صنعتی

کاربردهای صنعتی پلاسما در بخش نساجی تا به امروز همچنان با محدودیت‌هایی مواجه است. بیشتر تلاش‌های صورت گرفته در این زمینه در مرحله تحقیق و توسعه می‌باشد. در زیر نام بعضی از شرکت‌هایی که این فناوری را به‌کار گرفته‌اند و زمینه فعالیت آن‌ها آورده شده است:

– آوندیل در آمریکا برای ایجاد خاصیت ضد آب و خاک در الیاف پنبه و ترکیب پنبه/ پلی‌استر

– فریدنبرگ در آلمان برای پوشش‌دهی به منظور ایجاد کارکردهای مختلف

– اکشن لاندری در هند برای ایجاد ظاهر رنگ پریده در شلوار جین

– کولو آنگورا کاتج اینداستری در هند برای عمل بر روی الیاف آنقوره

– سویدوول در آلمان برای ایجاد خاصیت ضدنمدی در پشم

– تکستیل وردلانگ گرابر در اتریش برای تولید منسوجات فنی

– اشمیتز–ورک در آلمان برای تولید سایه‌بان با استفاده از تکمیل پلاسمای اتمسفری

نتیجه‌گیری

چیزی که مانع از به کارگیری گسترده فناوری پلاسما می‌شود جنبه‌های تجاری آن است. استفاده از این فناوری نیاز به سرمایه‌گذاری بر روی ماشین‌آلات و فناوری‌های جدیدی دارد که همچنان دانش کافی درباره آن در صنعت نساجی موجود نیست.

سایر نگرانی‌های موجود عبارتند از خطرات بالقوه مربوط به یکنواختی تکمیل و دوام اثرات آن پس از شستشوهای مکرر. مورد آخر با ایجاد اتصالات عرضی بین پلیمرها قابل رفع شدن است. هم زمان با موفقیت‌های بیشتر و بیشتری که نصب آزمایشی فناوری پلاسما در این صنعت به همراه می‌آورد، مزایای زیست محیطی این فرایند خشک و کوتاه، عدم آلایندگی و صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی نیز به استفاده از آن در بخش‌های مختلف صنایع نساجی در آینده کمک خواهد کرد.

مرجع:

Dr Christian Schumacher, "Plasma applications for textile finishing", WTIN, January 2019