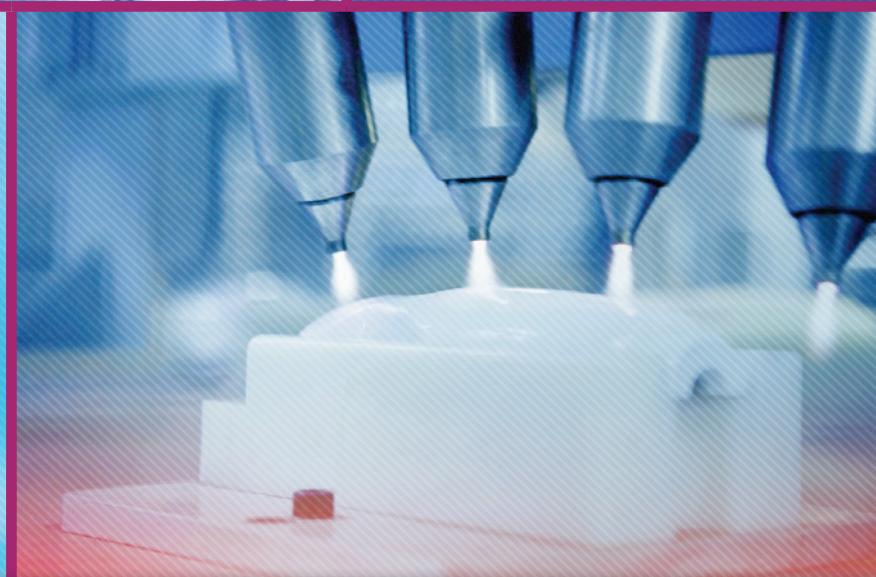
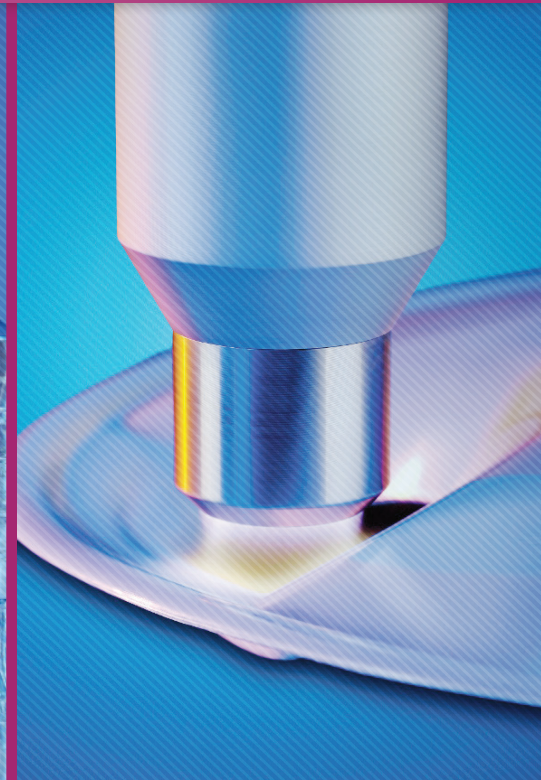


کاربرد فناوری پلاسمای سرد در صنعت پلاستیک

ویرایش نخست



صنعت پلاستیک و چالش‌های موجود

گسترده‌گی و لزوم کاربرد پلاستیک‌ها در زمینه‌های مختلف از صنایع خودروسازی گرفته تا صنایع بسته‌بندی بر کسی پوشیده نیست. یکی از بزرگترین چالش‌هایی که در صنعت پلاستیک در دنیا وجود دارد را می‌توان چسبندگی سطحی آنها دانست. مواد پلیمری به واسطه ساختار شیمیایی ویژه‌ای که دارند ذاتا دارای انرژی سطحی پایینی هستند که این امر باعث ضعیف شدن چسبندگی سطحی و یا حتی در برخی موارد عدم چسبندگی می‌شود. چسبندگی ضعیف بین پلیمر و پلیمر، پلیمر و فلز، پلیمر و سرامیک، پلیمر و جوهر و... از مسائلی است که به هنگام بکارگیری آنها در کاربردهای مختلف مشکل‌ساز بوده و باید در مورد آن چاره‌ای اندیشید.



در صنعت روش‌های مختلفی برای رفع این معضل پیشنهاد می‌شود. استفاده از ترکیبات و پرایمرهای شیمیایی، استفاده از شعله و اشعه فرابنفش از جمله روش‌های مرسوم برای آماده‌سازی و یا به عبارت دیگر فعال کردن سطح پلیمرها و بهبود خاصیت ترشوندگی و چسبندگی آنها می‌باشد. پلاسمای سرد اخیراً به عنوان یکی از روش‌های پردازش و آماده‌سازی سطوح پلیمری مطرح شده است که بدون تأثیرگذاری بر خواص عمومی پلیمر و تخریب آن با عملیاتی سطحی به رفع این معضل پردازد. این روش به دلیل سازگاری با خط تولید از لحاظ سرعت، ایجاد کیفیت مناسب، مطلوب و دارای ثبات زمانی و با داشتن سطح بالایی از ایمنی محیط زیستی به عنوان یکی از رقیبان اصلی روش‌های سنتی و مرسوم به شمار می‌رود.

هم اکنون شرکت‌های بسیاری در دنیا برای پردازش سطوح پلیمری خود در کاربردهای مختلف، از فناوری پلاسمای بهره می‌گیرند. شرکت Peguform GmbH آلمان و HELLA استرالیا سازنده لوازم خودرو، شرکت Huchinson یکی از تولیدکنندگان پیشرو در تولید محصولات الاستومر برای کارخانه‌های اتومبیل‌سازی مختلف در جهان شامل SUZUKI، MAZDA، HYUNDAI، FORD و...، شرکت BOBST از تأمین‌کنندگان پیشرو در تجهیزات و خدمات کارتن‌پیچی، شرکت Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH از تولیدکنندگان لوازم خانگی برخی از شرکت‌هایی هستند که به طرق مختلف از فناوری پلاسمای سرد در روند تولید محصول خود و اصلاح خواص سطوح پلیمری و پلاستیکی استفاده نموده‌اند.

پلاسمای چیست؟

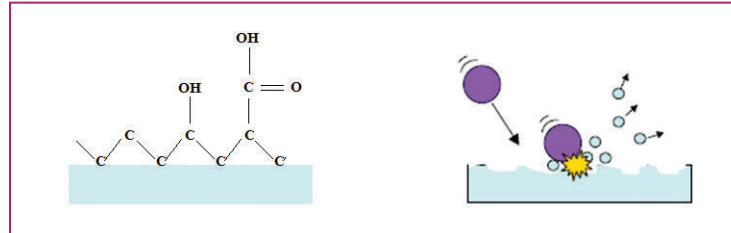


پلاسمای گازی یونیزه مملو از ذرات باردار و خنثی است که در مجموع شبه خنثی است. پلاسمای پس از سه حالت جامد، مایع و گاز به عنوان حالت چهارم ماده محسوب می‌شود. آتش، خورشید و رعد و برق، نمونه‌هایی از پلاسمای موجود در طبیعت هستند. پلاسمای محدود و وسیعی از دما و فشار تولید می‌شود. پلاسمای سرد اتمسفری از جمله فناوری‌های نوظهور و نویدبخش است که به علت کار در فشار اتمسفری و دمای محیط در کاربردهای بسیاری مورد استقبال قرار گرفته است. یکی از عرصه‌های به روز این نوآوری در صنایع بسته‌بندی و پردازش سطوح پلیمری است که در ادامه بیشتر به آن خواهیم پرداخت.



ویژگی‌های پلاسمای سرد در پردازش سطوح پلیمری

انواع مختلفی از پلازما در پردازش سطح پلیمرها استفاده می‌شود. از این پلازماها می‌توان به پلاسمای کرونا، جت پلاسمای اتمسفری و پلاسمای سد دی الکتریک اشاره کرد. پلازما با کنده کاری سطحی و ایجاد زبری‌های نانومتری بر روی سطح و همچنین ایجاد عامل‌ها و گروه‌های فعال شیمیایی مانند OH^- و COO^- سبب افزایش چسبندگی سطوح پلیمری به پوشش‌ها و سطوح دیگر می‌شود.



▲ شماتیکی از کنده کاری و ایجاد عامل‌های فعال شیمیایی بر سطح طی پردازش پلاسمایی



- پردازش و فعال کردن سطح بدون برجا گذاشتن آثار تخریبی حرارتی، شیمیایی، مکانیکی و تغییر خصوصیات عمومی ماده
- امکان پردازش یکنواخت سطح
- چربی‌گیری و تمیزکاری سطح بدون نیاز به حلال و ترکیبات شیمیایی
- امکان پردازش سطح بدون تولید بخارات و ترکیبات سمی
- امکان پردازش سطح بدون تولید آلودگی‌های زیست محیطی
- ارزان بودن فرایند و کاهش هزینه تمام شده
- امکان پردازش قطعات با اشکال هندسی پیچیده
- سریع بودن فرایند و سازگاری با خطوط تولید
- فعال‌سازی قابل اطمینان و مطلوب سطح
- ثبات زمانی اثر فعال‌سازی
- سهولت تعمیر و نگهداری

▶ استفاده از پلاسمای سرد در پردازش نوارهای لاستیکی توسط شرکت 3DT



▶ استفاده از پلاسمای سرد برای پردازش سطح EPDM توسط شرکت 3DT



◀ استفاده از پلاسمای سرد در ایجاد قابلیت چاپ پذیری بطری‌های پلاستیکی توسط شرکت 3DT



کاربرد پلاسمای سرد در افزایش رنگ‌پذیری و چاپ‌پذیری



▲ سیستم جت پلاسمای سرد در پردازش سطوح پلی پروپیلن میکسر شرکت BSH.

خصوصیات پلاسمای سرد در افزایش رنگ‌پذیری و چاپ سطوح باعث ورود این علم به صنایع مختلف چاپ و بسته‌بندی شده است.

شرکت Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH در اسلونی به علت گران بودن پلاستیک ABS از پلیمر پلی پروپیلن (PP) در ساخت محصولات خود استفاده کرده است. تنها مشکل استفاده از این پلیمر چاپ ناپذیری آن است. این شرکت برای برطرف کردن مشکل رنگ‌پذیری این محصولات از پلاسمای سرد بهره گرفته است. این شرکت قبلاً از شعله و پلاسمای کم‌فشار برای پردازش سطوح استفاده می‌نمود اما روش شعله به دلیل ایجاد تغییر در ظاهر سطح مطلوب نبوده است. همچنین پردازش توسط پلاسمای فشار کم نیز به دلیل استفاده از خلاء روشی پر زحمت بوده و به سختی بر روی خط قابل بهره‌برداری است. این شرکت اذعان می‌دارد که تنها استفاده از پلاسمای سرد بهترین نتایج چسبندگی را ارائه می‌دهد بلکه هیچ اثری بر روی پلی پروپیلن سفید براق باقی نمی‌گذارد.

از پلاسمای سرد برای بهبود رنگ‌پذیری اجزای پلی استری و پلاستیکی در خودرو نیز استفاده می‌شود. به عنوان نمونه بهبود رنگ‌پذیری و ماندگاری رنگ روی سپر، پنل جلو و عقب خودرو و پنل در که در کیفیت و زیبایی خودرو تأثیر بسزایی دارند، می‌تواند با بهره‌گیری از فناوری پلاسمای سرد به میزان قابل ملاحظه‌ای بهبود یابند. در این راستا شرکت Peguform یکی از تولیدکنندگان پیشرو قطعات پلاستیکی جهان برای صنعت خودرو، پنل ابزار اتومبیل Audi Q5 sports را با پلاسمای پردازش می‌کند. این پنل از سه لایه با ساختار فایبر گلاس، یک لایه فوم PUR و یک لایه با اصطلاح از جنس PVC تشکیل شده است. تا قبل از بکارگیری پلاسمای سرد این شرکت برای افزایش خواص چسبندگی فایبر گلاس و فوم PUR از شعله استفاده می‌کرد. هم‌اکنون این شرکت ادعا می‌کند که با استفاده از پلاسمای سرد جای شعله، اصلاح کنترل‌شده و دقیق سطوح با هندسه پیچیده،



▲ افزایش قابلیت چاپ‌پذیری درب پلاستیکی بطری و ظروف پلاستیکی

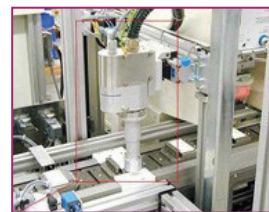
از پلاسمای سرد همچنین در ایجاد خاصیت رنگ‌پذیری در قوطی‌های پلاستیکی برای رنگ آمیزی هر چه بهتر درب‌ها جهت جلب نظر مشتری استفاده می‌شود. از مزایای این روش می‌توان به کاهش هزینه، افزایش کیفیت رنگ و کمک به محیط زیست در راستای استفاده کمتر از مواد شیمیایی در تولید و کاهش مصرف آب اشاره کرد.



▲ پردازش پنل Peguform توسط پلاسمای GmbH

اطمینان بالاتر فرایند تولید، عدم لزوم به ماسک‌گذاری سطح، امکان پردازش بدون ریسک قطعه‌های بلند، کوتاه شدن مراحل کار و کاهش هزینه‌های عملیاتی امکان‌پذیر شده است.

شرکت Tampoprint AG یکی از پیشروان بازار در ساخت و ساز ماشین‌آلات چاپ و حکاکی لیزر، در توسعه و ساخت یک دستگاه تمام اتوماتیک چاپ از فناوری پلاسمای سرد اتمسفری برای چاپ بر جعبه نعنای با نرخ تولید ۱۸۰۰ قطعه در ساعت همکاری کرده است. این شرکت به قابلیت پلاسمای سرد در پردازش جعبه پلی پروپیلن (PP) و تر شدن سطح حداقل تا 72 mJ/m^2 اذعان کرده است. این شرکت کیفیت بالای چاپ، حذف کامل ذرات گرد و غبار بر روی سطح و پردازش جعبه‌ها بدون آسیب به آنها و محتویات درونی آنها را از ویژگی‌های این فناوری در بهبود فرایند کاری و رضایتمندی مشتری دانسته است.



▲ چاپ با جت پلاسمای سرد بر روی سطح پلیمری





▲ الف) استفاده از پلاسمای سرد در افزایش چسبندگی چسب بر کارتن در شرکت BOBST ب) استفاده از پلاسمای سرد در چسباندن روکش‌ها و جعبه‌های دارای روکش و پلاستیکی

◀ کاربرد پلاسمای سرد در افزایش چسبندگی سطوح پلیمری

شرکت BOBST از تأمین‌کنندگان پیشرو در تجهیزات و خدمات جعبه‌سازی، از پلاسمای سرد در فرآیند بستن جعبه‌های دارای روکش لمینت و جعبه‌های پلاستیکی استفاده کرده است. کشش سطحی کم اینگونه جعبه‌ها و بسته‌بندی‌ها سبب پیوند کم و کیفیت پایین چسبندگی می‌شود و تنها در نقاطی که در آن قطرات چسب وجود داشته باشد چسبندگی وجود خواهد داشت. با این حال، پس از پردازش توسط پلاسمای سرد اتمسفری کشش سطحی افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت و پیوندی مستحکم و همگن شکل می‌گیرد.

در کاربردی دیگر افزایش انرژی سطح یک پیش‌نیاز برای فرآیند رنگ کردن و آب‌بندی در صنعت خودروسازی است. شرکت Hutchinson یکی از تولیدکنندگان پیشرو محصولات الاستومر در جهان، از اواخر دهه ۹۰ پروفیل‌های EPDM خود را برای صنعت خودرو با پلاسمای فعال می‌کند. استفاده از اسپری و قلم مو برای فعال کردن سطح پیش از فرآیند درزبندی اتصالات دارای مشکلات بسیاری مانند بالا بودن آلودگی سطح، پایین بودن سطح چسبندگی و... می‌باشد. هم‌اکنون این دو روش با پردازش سطح توسط فناوری پلاسمای فشار اتمسفری جایگزین شده است و استفاده از پلاسمای نسبت به دو روش پیشین سطح رضایتمندی بالایی را ایجاد کرده است. در شرکت Hutchinson سیستم‌های پلاسمایی برای پردازش و فعال‌سازی سطوح EPDM، شبانه‌روزی در ۳ یا ۴ شیفت با سرعت ۲۵-۲۰ متر بر دقیقه به طور مداوم مشغول به کار هستند. در این عملیات سالانه حدود ۲۰ میلیون متر از واشرها با پلاسمای فعال می‌شوند. از مزایای این روش می‌توان به کاهش احتمال نقص قطعات، افزایش میزان تولید، کاهش آلودگی، قابلیت پردازش هندسه‌های متنوع و کاهش آلودگی‌های محیط زیست اشاره کرد. در کارخانه‌های اتومبیل‌سازی بزرگ نظیر فورد از جت پلاسمای سرد به منظور افزایش چسبندگی و مهر و موم کردن اتاق و چراغ‌ها استفاده شده است.



◀ پردازش پروفیل‌های EPDM توسط پلاسمای سرد

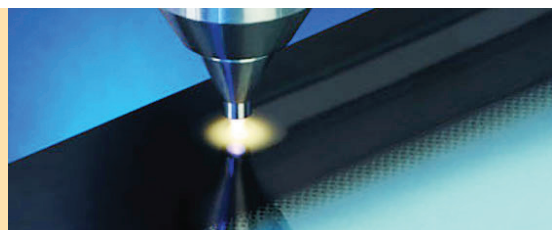
افزایش چسبندگی بین پلیمر و سطوح دیگر و کمک به آب‌بندی و درزبندی آنها از دیگر کاربردهای پلاسمای سرد است. به کار بردن پلاسمای سرد در فشار اتمسفری و اثر بخشی قابل توجه آن در عامل دار کردن و تمیز کردن سطوح باعث کاهش هزینه، افزایش کیفیت و کاهش استفاده از مواد شیمیایی می‌شود.

امروزه یکی از بزرگترین شرکت‌های تولید تریلرهای یخچالی در اروپا با نام cargobull از جت‌های پلاسمایی برای رنگ آمیزی و آب‌بندی کردن یخچال‌ها استفاده می‌کند.

نفوذنابذیری پمپ‌های حرارتی و کندانسورهای خشک کن در برابر رطوبت در طولانی مدت در بسیاری از تجهیزات و صنایع از اهمیت بسزایی برخوردار است. شرکت MIELE که در حوزه تولید لوازم خانگی فعالیت می‌کند، در راستای به حداقل رساندن تلفات ناشی از نشت رطوبت از فناوری پلاسمای سرد استفاده کرده است. این شرکت با افزایش انرژی سطح از زیر 30 mJ/m^2 به بیش از 72 mJ/m^2 بهترین شرایط را برای دوام و چسبندگی پایدار و طولانی‌مدت و درزگیری PUR به PP فراهم می‌کند.



▲ درزبندی لوازم خانگی در شرکت MIELE توسط پلاسمای سرد

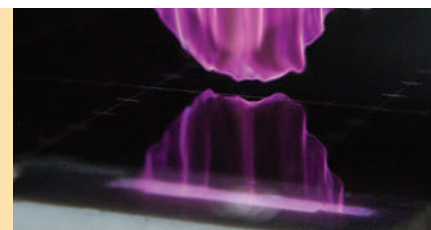


تجهیزات تجاری و صنعتی پلاسمای سرد در ایران

هم اکنون در ایران شرکت‌های پلاسمایی توانایی توسعه فناوری پلاسمای سرد برای کاربردهای مختلف پردازش سطح را دارند. امکان ساخت و طراحی دستگاه‌های مختلف تولید پلاسمای سرد شامل جت‌های پلاسمایی و پلاسماهای سرد مسطح، در کشور میسر است و متخصصان ایرانی برای اثبات کارایی این فناوری در کاربردهای صنعتی گوناگون تلاش می‌کنند. ارائه دستگاه مولد پلاسمای سرد نظیر Super Arc Plasma در جشنواره فناوری نانو سال ۱۳۹۴ گامی در مسیر رشد و توسعه در این زمینه بوده است. این دستگاه هم اکنون در دو مدل برای اهداف تحقیقاتی و صنعتی طراحی و ساخته شده است و مسیر تکمیل و توسعه خود را برای کاربردهای مختلف از جمله در صنعت چاپ و بسته‌بندی و پلاستیک می‌پیماید.



▲ تصویر دستگاه Super Arc Plasma مدل Plasmatech™-15A ساخت شرکت کاوش یاران فن پویا و پلاسماهای ایجاد شده توسط دستگاه Super Arc Plasma



کاربردهای صنعتی توسعه یافته در ایران

با توجه به آنکه در کنار ساخت تجهیزات توسعه کاربرد آن برای مقاصد و کاربردهای مختلف نیز اهمیت دارد، متخصصان ایرانی در راستای نمایش و ارائه قابلیت‌ها و کارایی این فناوری در عرصه کاربردهای متفاوت در صنایع مختلف تلاش دارند. نتایج به دست آمده از توسعه این فناوری سبز و ارزشمند در ایران قابل توجه است.

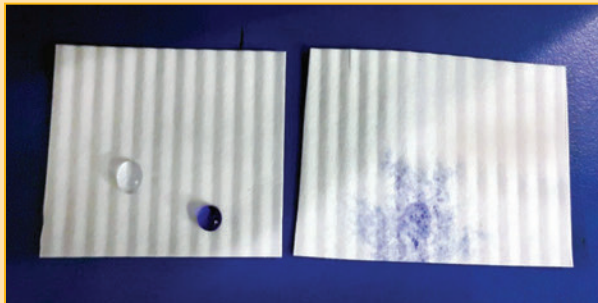
در این باره در حوزه صنعت پلاستیک می‌توان به موفقیت بکارگیری پلاسمای سرد در افزایش چسبندگی پوشش رنگ به بدنه بطری‌های پلاستیکی و درب بطری‌ها، افزایش چسبندگی رنگ به ورق‌های پلی پروپیلن، افزایش آب‌دوستی فیلترهای سنتزی و ABS اشاره کرد. توسعه این کاربردها که تصاویری از آنها در این گزارش نیز آمده است چسبندگی قابل ملاحظه چاپ و رنگ بر روی محصولات پلاستیکی را نشان می‌دهد که می‌تواند این فناوری را به عنوان روشی سبز و کارآمد رقابت باروش‌های رایج در کشور برای چاپ بر روی محصولات پلاستیکی مطرح نماید.



▲ چسبندگی بسیار متفاوت پوشش رنگ بر روی قوطی‌های پلاستیکی بدون اعمال پلاسما (سمت چپ) و پردازش شده با پلاسمای سرد (سمت راست)



▶ چسبندگی پوشش رنگ بر روی درب بطری در دو حالت بدون پردازش (سمت چپ) و پردازش شده با پلاسمای سرد (سمت راست)



▲ افزایش آب‌دوستی فیلترهای سنتزی آب‌گریز تحت پردازش پلاسما، (سمت چپ) فیلتر بدون پردازش، (سمت راست) فیلتر پردازش شده با پلاسمای سرد. قطره آب بر روی فیلتر پردازش شده با پلاسما پس از چند ثانیه جذب نشان می‌دهد اگرچه برای فیلتر اولیه و بدون پردازش حتی پس از ساعت‌ها قطره بدون هیچگونه جذبی باقی می‌ماند.



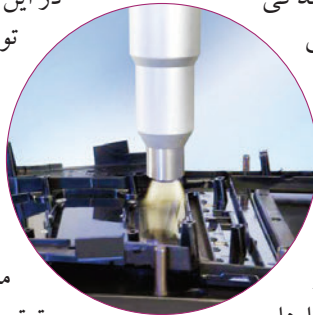
▲ آب‌دوستی و رنگ‌پذیری فیلم پلی پروپیلن در دو حالت بدون پردازش (سمت چپ) و پردازش شده با پلاسمای سرد (سمت راست). قطرات جوهر قرار داده شده بر بالای فیلم پلی پروپیلن پردازش نشده بدون تر کردن سطح و رنگی نمودن آن به پایین غلطیده‌اند در حالی که قطرات جوهر بر روی بخش پردازش شده در مسیر خود کاملاً سطح را تر و رنگی کرده‌اند.

بدون شک بکارگیری این فناوری در صنایع مختلف می‌تواند صنعتگران را در ارائه محصولی با کیفیت بالاتر و با هزینه تمام شده کمتر یاری رساند. از طرف دیگر بهره‌گیری از تخصص‌های موجود در کشور در این زمینه باورسازی و بومی‌سازی این دانش فنی در کشور را به دنبال خواهد داشت. پر واضح است نیل به این مقصود تنها با همکاری و همراهی نزدیک صنعت و مراکز و شرکت‌های دارای این فناوری میسر خواهد بود که امید است در آینده‌ای نزدیک بدان دست یافته شود.



آینده‌نگاری پلاسمای سرد در صنعت پلاستیک

با توجه به مصارف مختلف پلاستیک‌ها در حوزه‌های مختلف صنعتی و غیرصنعتی و گسترش رو به رشد آن در زندگی مدرن امروزی، پیش‌بینی افزایش تقاضای جهانی مواد پلاستیکی به طور میانگین تا سال ۲۰۲۰ به مرز ۷۱ میلیون تن می‌رسد. با توجه به عدم چسبندگی چاپ و رنگ بر پلاستیک‌ها و پلیمرها که معضلات عمده در بسیاری از کاربردها است، ارائه راه حلی مقرون به صرفه و کارآمد می‌تواند کمک شایانی در این راستا باشد. عدم استفاده از پرایمرهای شیمیایی و کاهش هزینه رایج این دستگاه‌ها در کنار ویژگی‌های دیگر این روش که در این گزارش به آنها



اشاره شد، از نقاط قوت این فناوری در مقایسه با روش‌های مرسوم در این حوزه است. در بررسی‌های اقتصادی گزارش شده توسط شرکت‌های خارجی هزینه رایج متوسط برای استفاده از پلاسمای سرد در صنایع پلاستیک ۱۲-۱ دلار برای پردازش یک سطح پروپیلنی تخمین زده شده است در حالی که این هزینه برای روش‌های مرسوم استفاده از پرایمرهای شیمیایی و شعله به ترتیب ۲۹ و ۲۰ دلار برای سطوحی با مساحت و جنس مشابه برآورد شده است. به این ترتیب توسعه و ترویج این فناوری در بازار آینده ایران ضروری به نظر می‌رسد.

از مجموعه گزارش‌های فناوری پلاسمای سرد منتشر شده است



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

صندوق پستی:
۱۴۵۶۵-۳۴۴

پست الکترونیک:
report@nano.ir, plasma@nano.ir

پایگاه اینترنتی:
www.nano.ir

نمابر:
۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

تلفن:
۰۲۱-۶۳۱۰۰

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهریژن