

# کاربردهای فناوری پلاسمای سرد در صنعت چاپ و بسته‌بندی

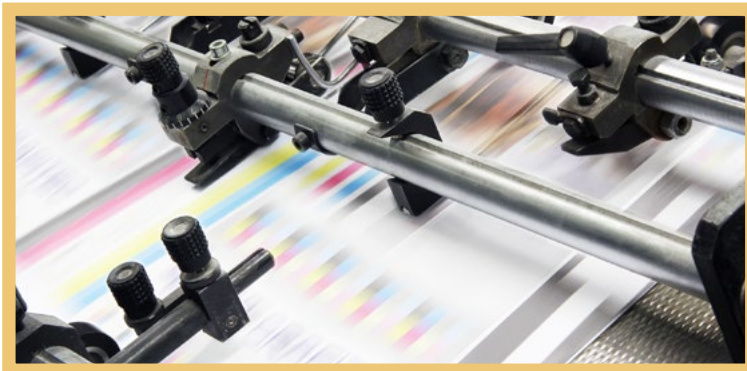
ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

## صنعت چاپ و بسته‌بندی و چالش‌های موجود

گسترده‌گی و لزوم کاربرد پلاستیک‌ها در کاربردهای مختلف از صنایع خودروسازی گرفته تا صنایع بسته‌بندی بر کسی پوشیده نیست. یکی از بزرگترین چالش‌هایی را که در صنعت چاپ و بسته‌بندی در دنیا وجود دارد را می‌توان چسبندگی سطحی آن‌ها دانست. مواد پلیمری به واسطه ساختار شیمیایی ویژه‌ای که دارند ذاتاً دارای انرژی سطحی پایینی هستند که این امر باعث ضعیف شدن چسبندگی سطحی و یا حتی در برخی موارد عدم چسبندگی می‌شود. از این رو همواره در حوزه چاپ و بسته‌بندی استفاده از روش‌هایی که بتواند سطح پلاستیک‌ها را فعال کند، مطرح بوده است.



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، چسبندگی و چاپ‌پذیری آن‌ها می‌باشد. پلاسمای سرد اخیراً به عنوان یکی از روش‌های پردازش و آماده‌سازی سطوح پلیمری مطرح شده است که می‌تواند بدون تأثیرگذاری بر خواص عمومی پلیمر و تخریب آن با عملیاتی سطحی به رفع این معضل بپردازد. این تکنیک 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.

امروزه تمامی شرکت‌ها فعال در صنعت چاپ و بسته‌بندی در سطح دنیا از سیستم‌های کرونا و پلاسمای برای ایجاد چسبندگی مناسب و افزایش قابلیت چاپ استفاده می‌کنند. شرکت‌های فوق به دلیل چالش‌های موجود در زمینه چاپ و برچسب‌زنی بر روی پلیمرهای PP، PE، پلی‌کربنات، PET، PVC و پلی‌استایرن و همچنین رول‌های متالایز از جدیدترین فناوری روز دنیا از جمله فناوری پلاسمای برای افزایش انرژی سطحی و قابلیت چاپ استفاده می‌کنند. از جمله این شرکت‌های معروف، دو شرکت اروپایی Paccor و Kobusch و دو شرکت انگلیسی Paragon و Britton و شرکت هولدینگ اکسوپک (Exopack) می‌باشد. این شرکت‌ها با استفاده از فناوری روز دنیا همواره بین فعالان صنعت چاپ و بسته‌بندی مطرح بوده‌اند.

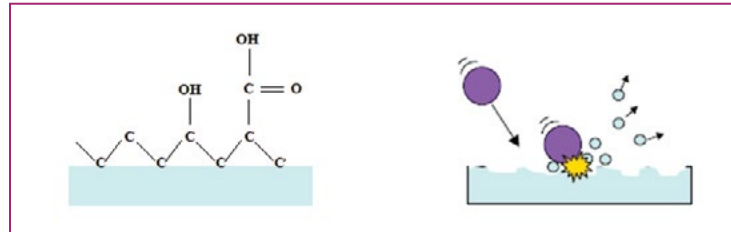
## پلازما چیست؟



پلازما گازی یونیزه مملو از ذرات باردار و خنثی است که در مجموع شبه‌خنثی است. پلازما 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. پلازما در محدوده 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 به‌روز این نوآوری در صنایع بسته‌بندی و پردازش سطوح پلیمری است که در ادامه بیشتر به آن خواهیم پرداخت.

## مکانیسم عملکرد و ویژگی‌های پلاسمای سرد در چاپ بر روی 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  $\text{OH}$ - و  $\text{COO}$ - سبب افزایش چسبندگی سطوح پلیمری به رنگ‌ها، پوشش‌ها و سطوح دیگر می‌شود.



▲ شماتیک 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 محیط زیستی
- 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 سطوح
- ثبات زمان اثر فعال‌سازی
- سهولت تعمیر و نگهداری تجهیزات

## ■ شماتیک بهبود خاصیت جذب آب توسط پلاسمای سرد

همانطور که در شکل زیر قابل مشاهده است الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات فعال در پلازما با بمباران سطح مواد پلیمری و پلاستیکی، آلودگی‌های موجود بر روی سطح را از بین می‌برند. سپس گونه‌های فعال ایجاد شده مانند هیدروکسیل و کربوکسیل موجب افزایش انرژی سطحی سطوح می‌شود. این افزایش انرژی سطحی موجب آبدوستی سطوح و چاپ پذیر شدن آن‌ها می‌شود.



► بمباران سطح در حضور پلازما و تمیز شدن سطح آن

improved  
wettability



◀ تفاوت انرژی سطحی برای سطح فعال شده با پلازما در مقایسه با سطح بدون پردازش



### ■ شماییک بهبود خاصیت چاپ پذیری توسط پلاسمای سرد

به دلیل افزایش انرژی سطحی پلیمرها و فلزات در حین فرایند چاپ باند مناسبی بین جوهر و سطح پلیمر ایجاد می‌شود که منجر به وضوح مناسب در فرایند چاپ می‌شود. شایان ذکر است چاپ بدون پیش پردازش بالا از ثبات مناسبی برخوردار نبوده و به مرور زمان پاک خواهد شد.



► تصویر سمت راست نشان دهنده چاپ بر روی پلاستیک بدون پردازش پلاسما و شکل سمت چپ نشان دهنده چاپ بر روی پلاستیک بعد از پردازش پلاسما

### مثال‌هایی از کاربردهای صنعتی شده پلاسمای سرد در صنایع چاپ و بسته‌بندی

همانطور که گفته شد فرایند چاپ بر روی پلیمرهای PP، PE، پلی کربنات، PET، PVC و پلی استایرن و هم چنین فلزات و و رول‌های متالایز با چالش‌هایی مواجه بوده است که در گذشته از شعله به عنوان فعال کننده استفاده می‌شد. با پیشرفت فناوری استفاده از دستگاه جرقه زن و کرونا بر پایه تخلیه الکتریکی مطرح شد و توانست مشکلات شعله را به خوبی برطرف نماید. اما امروزه با گسترش فناوری و پیشرفت‌های فراوان فناوری پلاسما به دلیل یکنواختی بالا و سرعت بالا در اختیار شرکت‌های معتبر در حوزه چاپ قرار گیرد. شرکت تجاری HP به عنوان یکی از بزرگترین شرکت‌های فعال در زمینه ساخت تجهیزات کامپیوتری و پرینتر در دستگاه‌های چاپ صنعتی خود از فناوری پیشرفته پلاسما ساخت شرکت Vetaphone بهره می‌برد. بر اساس نوع پلیمری که بر روی آن فرایند چاپ انجام می‌شود و سرعت چاپ تعداد دستگاه پلاسما مورد استفاده متفاوت است.



◀ دستگاه پلاسما شرکت Vetaphone در حال چاپ برچسب کمپانی HP.

شرکت F.A. Daniels یک شرکت آمریکایی در حوزه تجهیزات پرینت می‌باشد که با تجربه ۲۳ ساله در صنعت چاپ دنیا مطرح می‌باشد. این شرکت نیز مطابق تصویر زیر از دستگاه پلاسما درون فرآیند چاپ استفاده می‌کند و می‌تواند در عرض‌های مختلف اقدام به فرآیند فعال‌سازی و چاپ نماید.



▲ دستگاه پلاسمای سرد مورد استفاده در خط برچسب‌زنی شرکت FA.

شرکت TRESU یکی از بزرگترین شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات چاپ و بسته‌بندی می‌باشد. این شرکت دانمارکی با بهره‌گیری از تجربه ۳۰ ساله خود در ساخت پرینترهای صنعتی به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین شرکت‌های سازنده مطرح است. این شرکت در بیشتر پرینترهای صنعتی خود از پلاسما استفاده می‌کند که در شکل زیر نحوه قرارگیری دستگاه پلاسمای سرد در داخل پرینتر قابل مشاهده است.



▲ استفاده از پلاسما سرد در کمپانی معتبر TRESU به عنوان یکی از بزرگترین کمپانی‌های فعال در صنعت چاپ



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



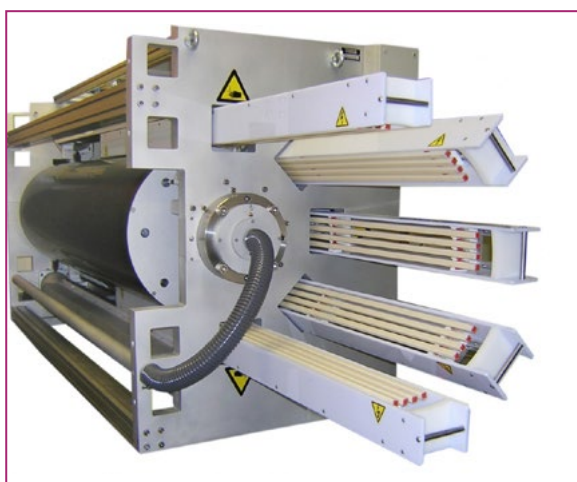
▲ استفاده از پلاسمای سرد در ایجاد قابلیت چاپ‌پذیری بطری‌های پلاستیکی توسط شرکت 3DT



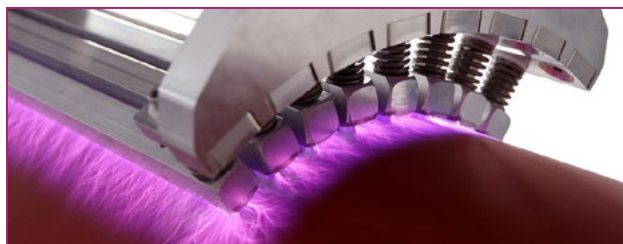
▲ افزایش چاپ‌پذیری درب پلاستیکی بطری و مسواک توسط شرکت Enercon

## شرکت‌های معتبر در زمینه افزایش رنگ‌پذیری و چاپ‌پذیری پلیمرها

مهم‌ترین کاربرد پلاسمای سرد در صنعت چاپ و بسته‌بندی، فعال‌سازی سطح پلاستیک، پلیمرها و فیلم‌های متالایز برای چاپ بهتر و با کیفیت می‌باشد. در این زمینه شرکت‌های معتبر بزرگی در سطح دنیا وجود دارد که نشان دهنده جایگاه این فناوری در دنیا است. از جمله این شرکت‌ها، شرکت Vetaphone می‌باشد که با سابقه ای ۶۰ ساله در کشور دانمارک در صنعت چاپ اقدام به ساخت سامانه‌های صنعتی پلاسمای برای پردازش سطوح پلاستیکی و پلیمری با سرعت ۱۰۰۰ متر بر دقیقه نموده است. در این دستگاه با اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی پلاسمای ایجاد شده و ضمن تمیز کردن سطوح پلیمری اقدام به فعال‌سازی آن‌ها می‌نماید. این کمپانی سیستم‌های پلاسمای را در ابعاد مختلف و برای سرعت‌های مختلف ارائه می‌دهد. این شرکت در بیش از ۴۰ کشور دنیا نمایندگی داشته و به عنوان رهبر فناوری کرونا و پلاسمای در صنعت چاپ مطرح می‌باشد.



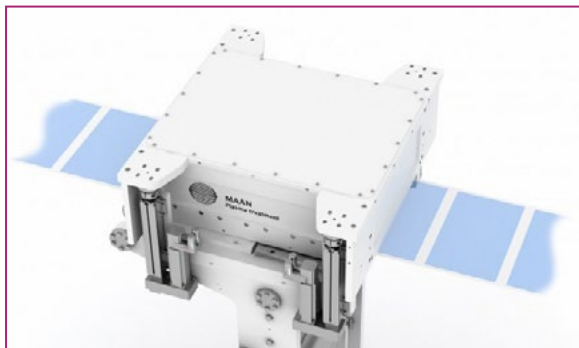
► پلاسمای ایجاد شده برای ایجاد افزایش قابلیت چاپ بر روی رول‌های پلاستیکی و پلیمری توسط شرکت Vetaphone



شرکت آلمانی Kalwar نیز یکی دیگر از بزرگترین شرکت‌های سازنده سامانه پلاسمای سرد برای افزایش قابلیت چاپ می‌باشد. این کمپانی محصولات را عرضه بازار کرده است که می‌تواند پلیمرها و پلاستیک‌های با ضخامت بالا را نیز فعال و آماده چاپ نماید.







شرکت MAAN در کشور هلند نیز از دیگر سازندگان تجهیزات پلاسما برای فعال کردن فیلم‌های پلیمری و فلزی می‌باشد. این شرکت به صورت رسمی از سال ۱۹۹۶ فعالیت خود را شروع کرده و سامانه‌های پلاسما رولی و مشعل پلاسما را روانه بازار کرده است. اولین محصول این شرکت دستگاه پردازش فیلم‌های پلیمری می‌باشد که در تصویر مقابل آمده است.

دیگر دستگاه این شرکت سامانه مشعل پلاسما یا Plasma Torch می‌باشد که برای پردازش سطوح باریک و کوچک استفاده می‌شود.



▲ دستگاه پلاسما تورچ ساخت شرکت MAAN



دستگاه دیگر این شرکت سیستم تحت خلا می‌باشد که برای چاپ پذیری تجهیزات داروسازی و قطعات کوچک استفاده می‌گردد.

شرکت enercon یک شرکت آمریکایی می‌باشد که تجربه ۳۰ ساله‌ای در زمینه فعال‌سازی سطوح برای فرآیندهای چاپ و برچسب‌زنی دارد. این شرکت در کشور های انگلستان و هند نیز نمایندگی داشته و تمرکز خود را بر ساخت سیستم‌های کرونا و پلاسما برای پردازش اجسام سه‌بعدی گذاشته است. در ادامه نمونه‌هایی از دستگاه‌های ساخته شده نمایش داده شده است.



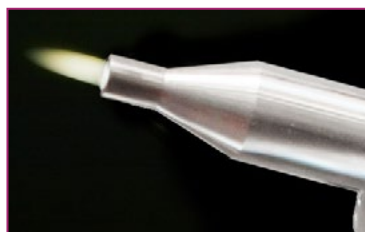
▶ دستگاه Blown Arc Plasma ساخت شرکت enercon در حالت روشن



◀ دستگاه Blown Arc Plasma ساخت شرکت enercon



▶ دستگاه Blown ion Plasma ساخت شرکت enercon برای پردازش نواحی باریک و کوچک



◀ دستگاه Blown ion Plasma ساخت شرکت enercon در حالت روشن برای پردازش نواحی باریک و کوچک

شرکت Ferrarini & Benelli در کشور ایتالیا توانسته است سیستم‌های پلازما صنعتی زیادی را روانه بازار کند که از جمله آن‌ها سیستم پردازش سه‌بعدی می‌باشد. این سیستم قابلیت نصب بر روی ربات را داشته و می‌تواند پردازش یکنواختی بر روی سطوح انجام دهد. این شرکت علاوه بر سیستم‌های پلازما سه‌بعدی سابقه‌ای ۵۰ ساله در ساخت سیستم‌های پلازما برای پردازش فیلم‌های پلیمری و متالایز در ابعاد مختلف دارد.

دستگاه PLASMA 3D  
تreatment ساخت شرکت  
Ferrarini & Benelli



## برخی از تجربیات موفق بکارگیری پلازما سرد در افزایش چسبندگی سطوح پلیمری



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

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 چاپ‌ناپذیری 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 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 نه تنها استفاده از پلاسمای سرد بهترین نتایج چسبندگی را ارائه می‌دهد بلکه هیچ اثری بر روی پلی پروپیلن سفید براق باقی نمی‌گذارد.



پردازش اجسام سه‌بعدی توسط پلاسمای سرد

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.



افزایش قابلیت چاپ‌پذیری درب  
پلاستیکی بطری و ظروف پلاستیکی







▲ چاپ با جت پلاسمای سرد بر روی سطح پلیمری

شرکت Tampoprint AG یکی از پیشروان بازار در ساخت وساز ماشین آلات 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 ساعتی از ۱۸۰۰ قطعه همکاری کرده است. این شرکت به قابلیت پلاسمای سرد در پردازش جعبه پلی پروپیلنی (PP) و تر شدن سطح حداقل تا  $72 \text{ mJ/m}^2$  اذعان کرده است. این شرکت کیفیت بالایی چاپ، حذف کامل ذرات گرد و غبار بر روی سطح و پردازش جعبه ها بدون آسیب به آنها و محتویات درونی آن را از ویژگی های این فناوری در بهبود فرآیند کاری و رضایتمندی مشتری دانسته است.

## کاربرد پلاسمای سرد در افزایش چسبندگی سطوح پلیمری



▲ استفاده از پلاسمای سرد (الف) در افزایش چسبندگی چسب بر کارتن در شرکت BOBST (ب) استفاده از پلاسما در چسباندن روکش ها و جعبه های دارای روکش و پلاستیکی



شرکت BOBST از تأمین کنندگان پیشرو در تجهیزات و خدمات جعبه سازی، از پلاسمای سرد در فرآیند بستن جعبه های دارای روکش لمینت و جعبه های پلاستیکی استفاده کرده است. کشش سطحی کم اینگونه جعبه ها و بسته بندی ها سبب پیوند کم و کیفیت پایین چسبندگی می شود 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 ملاحظه ای خواهد داشت و پیوندی مستحکم و همگن شکل می گیرد.

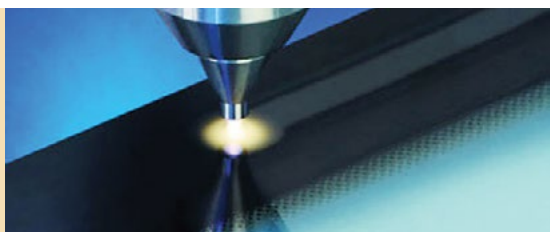
افزایش چسبندگی بین پلیمر و سطوح دیگر و کمک به آب بندی و درز بندی آنها از دیگر کاربردهای پلاسمای سرد است. به کار بردن پلاسمای سرد در فشار اتمسفری و اثر بخشی قابل توجه آن در عامل دار کردن و تمیز کردن سطوح باعث کاهش هزینه، افزایش کیفیت و کاهش استفاده از مواد شیمیایی می شود.

امروزه یکی از بزرگترین شرکت های تولید تریلرهای یخچالی در اروپا با نام cargobull از جت های پلاسمایی برای رنگ آمیزی و آب بندی کردن یخچال ها استفاده می کند.

## فناوری پلاسمای سرد و تجهیزات تجاری و صنعتی شده آن در ایران

استفاده از فناوری پلاسما سرد با نام های مختلفی از جمله جرقه زن و کرونا از سالیان قبل در بین صنعتگران ایرانی مرسوم بوده است. ارتباط مناسب بین دانشگاه های فعال در حوزه پلاسما و شرکت های فعال در این زمینه باعث شده است تا تجهیزاتی که با نام های مذکور در بین صنعت رایج می باشد، دستخوش بهبود، ارتقا و توسعه در قابلیت ها و مشخصات و تولید محصولات جدید ارزنده و قابل رقابت با نمونه های خارجی شده است. به جرات می توان گفت فناوری پلاسما در صنعت چاپ و بسته بندی به خوبی در کشور بومی سازی شده است و می توان با قیمت های مناسب نیاز صنعتگران کشور را به این فناوری در داخل کشور تامین نمود. با توجه به پتانسیل های فراوان در کشور و لزوم صادرات و بسته بندی مناسب برای ایجاد فضای رقابتی با محصولات خارجی بکارگیری فناوری های نوین در صنعت چاپ و بسته بندی انکارناپذیر می باشد.

هم اکنون در ایران شرکت های پلاسمایی توانایی توسعه فناوری پلاسمای سرد برای کاربردهای مختلف پردازش سطح را دارند. امکان

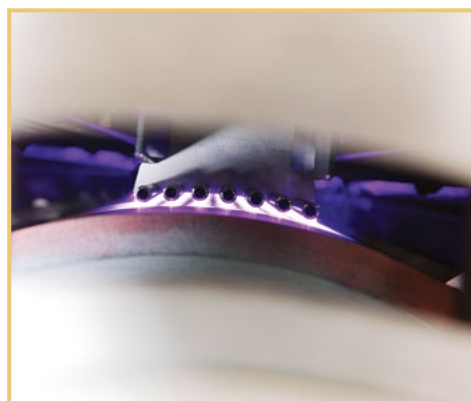


ساخت و طراحی دستگاه‌های مختلف تولید پلاسمای سرد شامل جت‌های پلاسمایی و پلاسماهای سرد مسطح، در کشور میسر است و متخصصان ایرانی تلاش برای اثبات کارایی در کاربردهای صنعتی گوناگون دارند. شرکت‌های دانش‌بنیان وابسته به مراکز علمی و تحقیقاتی در کشور در حوزه پلاسمای با رصد مناسب فناوری پلاسمای در دنیا اقدام به بومی‌سازی و تجاری‌سازی بیشتر سامانه‌های پلاسمای نموده‌اند. بطوریکه می‌توان به خوبی ادعا نمود در صنعت چاپ و بسته‌بندی به طور کامل می‌توان نیاز شرکت‌های داخلی را با قیمت پایین و کیفیت بالا توسط شرکت‌های دانش‌بنیان پلاسمای تامین نمود.

SATIA

### شرکت دانش پویان ساتیا

طراحی و ساخت ۳ سامانه‌ی پلاسمایی در شرکت دانش پویان ساتیا در حوزه چاپ و بسته‌بندی از جمله این فعالیت‌ها می‌باشد. اولین محصول این شرکت سامانه Corona Print می‌باشد که قابلیت چربی‌زدایی و فعال‌سازی فیلم‌های پلیمری، پلاستیکی و متالایز را با سرعت ۱۰۰ متر بر دقیقه دارد. این شرکت توانایی ساخت سامانه پلاسمای برای پردازش پلیمرها و متالایز با ضخامت بالا و سرعت ۱۰۰۰ متر بر دقیقه و به طول‌های مختلف دارد. نمایی از دستگاه‌های زیر قابل مشاهده است.



سامانه دوم این شرکت دستگاه Plasma Torch می باشد که برای پردازش اجسام سه بعدی قابل استفاده می باشد.



سامانه سوم این شرکت دستگاه Plasma Clean می باشد که در فشار خلا کار کرده و می تواند پلاسمای یکنواختی در حجم های بزرگ ایجاد کند. این سامانه برای قطعات پلاستیکی و پلیمری کوچک در تعدادهای بالا بسیار مفید بوده و می تواند به صورت کاملاً یکنواخت فعال سازی و افزایش قابلیت رنگ و چاپ را ایجاد نماید. این دستگاه برای پردازش قطعات شرکت های داروسازی قابل استفاده می باشد.







## شرکت کاوش یاران فن پویا

شرکت کاوش یاران فن پویا یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه پلاسماست که با ارائه دستگاه‌های مولد پلاسمای سرد، پلاسمای سوپر آرک و جت پلاسمای سرد اتمسفری، به ارائه خدمات به مشتریان خود در تمیزکاری سطح، افزایش رنگ‌پذیری، چاپ‌پذیری و چسبندگی سطوح پلیمری و فلزی در کاربردهای مختلف صنعتی می‌پردازد.

جت پلاسمای سرد اتمسفری (ACPJ-16 AR) Atmospheric cold plasma jet سیستمی منحصر به فرد و موثر در تولید پلاسمای سرد برای پردازش سطوح مختلف پلیمری و فلزی است که برای اولین بار در داخل کشور توسط متخصصان شرکت کاوش یاران طراحی و ساخته شده است. این جت که قابلیت کار در دو مد با پهنای پلاسمای متفاوت را دارد می‌تواند برای پردازش سطوح پیچیده سه‌بعدی به کار گرفته شود.



▲ تصاویری از دستگاه جت پلاسمای سرد اتمسفری (ACPJ-16 AR) ساخت شرکت کاوش یاران فن پویا



پردازش موثر و با سرعت بالای سطوح مختلف پلیمری مانند سطوح پلی اتیلنی، پلی پروپیلنی، پی وی سی، سیلیکونی، سطح شیشه، سطوح فلزی مانند آلومینیوم، استیل، برنج و... به منظور افزایش رنگ پذیری، چاپ پذیری و چسبندگی پوشش ها که در صنایع مختلف چون بسته بندی، چاپ، لوازم خانگی، سیم و کابل، خودرو و... اهمیت ویژه ای دارد، توسط این جت قابل دست یافتن است. افزایش انرژی سطحی پایین تر از ۳۲ میلی نیوتن بر متر به ۷۲ میلی نیوتن بر متر مربع با پردازشی کوتاه و سریع توسط این جت، کار در فشار اتمسفری، استفاده از هوا به عنوان گاز کاری، قابلیت نصب بر خطوط تولید پیوسته، هزینه رایج پایین، عدم ایجاد آثار تخریبی حرارتی از نقاط قوت این جت در کاربردهای مختلف می باشد.



▲ بهبود رنگ پذیری آلومینیوم تحت پردازش پلاسمای جت پلاسمای سرد اتمسفری، سمت راست) پردازش نشده، سمت چپ) پردازش شده. کندگی رنگ تحت آزمون Cross Cut از سطح پردازش نشده مشهود است در صورتیکه رنگ بر روی سطح پردازش شده با پلاسمای چسبندگی بالایی را نشان می دهد.



▲ افزایش انرژی سطحی یک سطح پلیمری تحت پردازش پلاسمای جت پلاسمای سرد اتمسفری؛ سمت راست) پردازش نشده، سمت چپ) پردازش شده با پلاسمای.

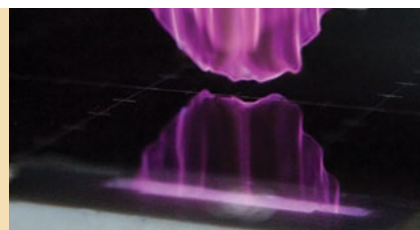


▲ بهبود چاپ پذیری سیم های پی وی سی تحت پردازش پلاسمای، سمت راست) پردازش نشده، سمت چپ) پردازش شده. پاک شدن عبارت چاپ شده Kavosh Yaran از روی سیم در بخش پردازش نشده مشهود است حال آنکه چاپ انجام شده بر بخش پردازش شده با پلاسمای کاملاً مستحکم است.

سیستم پلاسمای سوپر آرک یک پلاسمای غیرحرارتی با چگالی پلاسمای نسبتاً زیاد و با دمای الکترون بالا است که گونه‌های فعال زیادی در فشار اتمسفری ایجاد می‌کند. این دستگاه نیز می‌تواند با تمیزکاری سطح و برداشتن آلودگی‌های سطحی، فعال‌سازی شیمیایی و آماده‌سازی فیزیکی سطح سبب افزایش انرژی سطوح پلیمری و افزایش رنگ‌پذیری، چاپ‌پذیری آنها گردد.



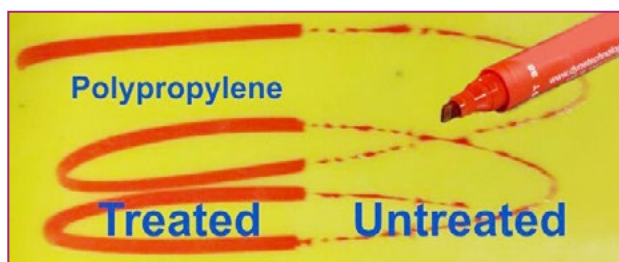
▲ تصاویر دستگاه Super Arc Plasma مدل PlasmatechTM-15A ساخت شرکت کاوش یاران فن پویا و پلاسماهای ایجاد شده توسط دستگاه Super Arc Plasma



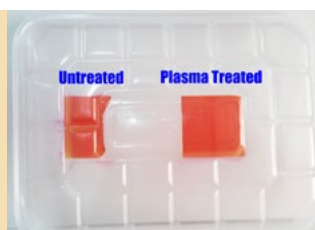
شرکت کاوش یاران فن پویا، پلاسمای سوپر آرک را در دو مدل Plasmatech™-15B و Plasmatech™-15A برای کاربردهای چاپ و رنگ پذیری سطوح پلیمری به مشتریان خود ارائه می‌کند. از ویژگی‌های این دستگاه می‌توان به کار در فشار اتمسفری، استفاده از هوا به عنوان گاز کاری، پردازش سطوح سه‌بعدی نارسانا (شیشه، پلیمر)، قابلیت نصب بر خطوط تولید پیوسته، هزینه اولیه و رایج پایین، عدم ایجاد آثار تخریبی حرارتی اشاره کرد. تصاویر زیر برخی از کاربردهای این دستگاه برای سطوح پلیمری مختلف را نشان می‌دهد.



▲ افزایش میزان چسبندگی رنگ روی درب‌های پلی پروپیلن



▲ افزایش میزان انرژی کشش سطحی روی ورق‌های پلیمری پلی پروپیلن



▲ افزایش میزان چاپ پذیری روی ظروف پلی استایرن



## آینده‌نگاری پلاسمای سرد در صنعت چاپ و بسته‌بندی

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 ۱-۱۲ 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.<sup>۲</sup> به این ترتیب توسعه و ترویج این فناوری در بازار آینده ایران ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به مصارف مختلف پلاستیک‌ها در حوزه‌های مختلف صنعتی و غیرصنعتی و گسترش رو به رشد آن در زندگی مدرن امروزی پیش‌بینی تقاضای جهانی مواد پلاستیکی به طور میانگین تا سال ۲۰۲۰ به مرز ۷۱ میلیون تن می‌رسد.<sup>۱</sup> با توجه به عدم چسبندگی و نپذیرفتن 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

### ◀ از مجموعه گزارش‌های فناوری پلاسمای سرد منتشر شده است



1. <http://ppna.ir>

2. <http://www.enerconind.com/index.aspx>