وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ / ۱۱ (۱۳۹۶)، ۱۲۰-۱۱۳

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

مقایسه چاپ‌پذیری انواع مختلف پلی‌اتیلن سبک به روش پلاسما و کرونا

محمد مهدی صالحی برمی[۱]، مریم عطایی‌فرد[۲]، سیامک مرادیان[۳*]

۱ـ استادیار،گروه فرمولاسیون و توسعه کاربرد مواد شیمیایی و پلیمری، پژوهشکده توسعه فناوری‌های شیمیایی، پلیمری و پتروشیمی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران، صندوق پستی: ۵۳۱۱۱-۱۵۹۹۶

۲ـ دانشیار، گروه علوم وفناوری چاپ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴- ۱۶۷۶۵

۳ـ استاد، الف: قطب علمی رنگ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران؛ ب: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پلیمر- رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۱۶ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۶/۶/۲۰

چکیده

چسبندگی به عنوان وجود کشش و جاذبه بین مرکب و زیرآیند تعریف می‌شود. برای داشتن خصوصیات ترشوندگی مناسب و در نتیجه حصول چسبندگی قابل قبول بین سطح پلیمر و مرکب اعمال شده بر روی آن، انرژی سطحی فیلم پلیمری، یکی از مشخصه‌های بحرانی محسوب می‌شود و انرژی سطحی فیلم معمولا باید بالاتر از کشش سطحی مرکب باشد. برخلاف ویژگی‌های فنی مناسب پلی‌اتیلن سبک به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین پلیمرهای مورد استفاده در صنایع بسته‌بندی، پایین بودن انرژی سطحی این پلیمر سبب گردیده تا عملیات چاپ بر روی سطح فیلم‌های بسته‌بندی برپایه این پلیمرها با مشکلاتی روبرو گردد. بنابراین روش‌های متعددی برای آماده‌سازی این پلیمر به کار گرفته شده است. در این تحقیق قابلیت آماده‌سازی دو روش پلاسما و کرونا مورد مقایسه قرار می‌گیرد. از آزمون‌های اندازه‌گیری زاویه تماس، طیف‌سنجی ATR- FT-IR، SEM، AFM و آزمون چسبندگی نواری برای بررسی کیفیت آماده‌سازی استفاده شد. نتایج به دست آمده حکایت از کارایی بهتر روش پلاسما در مقایسه با روش کرونا هم از نظر میزان چسبندگی اولیه و هم دوام این چسبندگی دارد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن سبک، بسته‌بندی، چاپ، آماده‌سازی، کرونا، پلاسما.

Printability Comparison of Several Types of LDPE Treated by Plasma and Corona

M. M. Salehi[1], M. Ataeefard[2], S. Moradian[*3]

[1.] Formulation and Development of Applications of Chemical and Polymeric Compounds Research Group, Chemical, Polymeric and Petrochemical Technology Development Research Division, Research Institute of Petroleum Industry, P.O. Box:15996-53111, Tehran, Iran.

[2.] Department of Printing Science and Technology, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box 16765-654, Tehran, Iran.

[3.] Center of Excellence for Color Science and Technology; Faculty of Polymer and Color Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O.Box 15875- 4413, Tehran, Iran.

Received: 08-08-2016 Accepted: 06-12-2016 Available online: 11-09-2017

Abstract

The adhesion is defined as attraction between the ink and substrate. For good wetting characteristics and consequently achieve acceptable adhesion between the polymer surface and ink, the surface energy of polymeric substrates, is one of the critical parameters and Surface energy of the substrate should be higher than the surface tension of the ink. Despite the sound features of low density polyethylene polymers which make it suited for used in the many industries like packaging, low surface energy of this polymer caused problems with printing on this polymer. Thus, many methods are utilized to improve the printability of this polymer. The objective of this study is in investigating the printability of low density polyethylene after using two methods of treatment; plasma and corona behalf. Contact angle, adhesion tape tests, AFM, SEM was used to determine the quality of provision. Results indicated a better performance of plasma treatment in comparison with corona, both in terms of initial adhesion and durability of this adhesion. J. Color Sci. Tech. 11(2017), 113-120©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Low density polyethylene, Packaging, Printing, Corona, Plasma.

***Corresponding author: moradian@aut.ac.ir**

Archive of SID
www.SID.ir

۱ـ مقدمه

به طورکلی، چسبندگی به عنوان وجود کشش و جاذبه بین روکش و زیرآیند تعریف و با اندازه‌گیری انرژی و کار لازم برای جداکردن روکش از زیرآیند، زمانی که سطح روکش شده تحت تاثیر نیرو قرار گیرد، تعیین می‌گردد. مهم‌ترین عوامل موثر بر ایجاد چسبندگی یک روکش بر روی زیرآیند عبارتند از: قابلیت ترشوندگی سطح، عدم وجود آلاینده‌های سطحی، وجود گروه‌های عاملی مشخص بر روی سطح و در نهایت زبری سطح [۱]. انواع مختلف پلی‌اتیلن کاربردهای متفاوتی دارند که به طورکلی عبارتند از: تهیه لوله، کیسه‌های نازک، روکش سیم، قطعات مختلف اتومبیل، لوازم منزل، آزمایشگاهی و ورزشی، بطری و ظروف، اسباب بازی و انواع بسته‌بندی‌ها برای بسیاری از این کاربردها ضرورت اعمال روکش‌های سطح و جوهرهای چاپ موجب می‌گردد. به دلیل چسبندگی کم پلی‌اتیلن آماده‌سازی‌هایی[1] برای بهبود چاپ‌پذیری آن صورت گیرد [۲]. مهم‌ترین علت پایین بودن استحکام چسبندگی به انواع پلی‌الفین‌ها[2] مانند پلی‌اتیلن[3]، پایین بودن انرژی سطحی[4] آنها می‌باشد. پایین بودن انرژی سطحی منجر به کاهش ترشوندگی و کم شدن استحکام پیوند می‌گردد و همین امر باعث ایجاد محدودیت در به کارگیری آنها در کاربردهای مربوط به چسبندگی گردیده است [۳].

باتوجه به مطالب فوق و برای رسیدن به چسبندگی مناسب، روش‌های مختلفی برای آماده‌سازی سطوح مورد استفاده قرار گرفته است که با توجه به کاربرد خاص، امکان‌پذیری فرآیند و شکل ظاهری قطعه یا فیلم، یکی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با انجام آماده‌سازی بر روی سطح و ایجاد گروه‌های عاملی امکان برقراری پیوند بین گروههای عاملی موجود در ترکیب چسبنده (مرکب و یا روکش) و سطح آماده‌سازی شده به وجود آمده و موجب بالا رفتن استحکام پیوند چسبندگی می‌گردد [۴]. بررسی روش‌های آماده‌سازی به دو صورت امکان‌پذیر می‌باشد:

۱ـ شیمیایی (شستشو با حلال و استفاده از محلول اسید کرومیک و غیره)

۲ـ فیزیکی (کرونا[5]، پلاسما[6]، شعله[7] و غیره)

برای کسب چسبندگی مناسب نیازمند انجام عملیات‌هایی بر روی سطح پلیمر هستیم که عبارتند از:

۱ـ لایه نازک مرزی[8] (WBL) شامل ملکول‌های با وزن ملکولی کم باید از روی سطح برداشته شود، و یا باید به صورت شیمیایی اصلاح گردد تا به سطحی با پیوستگی بهتر و اتصال قوی‌تر برسیم.

۲ـ انرژی سطحی پلیمر باید افزایش یابد تا به میزانی بالاتر از کشش سطحی[9] مرکب یا پوشش مورد استفاده برسد و اگر WBL از روی سطح برداشته نشود انرژی سطح آن باید افزایش یابد (بهبود ترشوندگی).

۳ـ توپولوژی[10] سطح پلیمر باید بهبود یابد تا به نفوذ یا درگیری پوشش کمک کند.

روش‌های بهبود چسبندگی که بسیار عالی عمل می‌کنند آنهایی هستند که هر سه عمل را انجام می‌دهند [۵]. براساس استاندارد DIN 3364 یا ASTM D257884 کمترین انرژی سطحی مورد نیاز برای تامین چسبندگی مطلوب انواع جوهرهای چاپ بر روی پلی‌اتیلن عبارتست از: برای جوهرهای پایه حلالی ۳۸ دین بر سانتی‌متر، برای جوهرهایی با حلال‌های مخلوط ۴۲ دین بر سانتی‌متر، برای جوهرهای پایه آبی ۴۶ دین بر سانتی‌متر [۶].

آماده‌سازی به روش کرونا متداول‌ترین روش در صنعت چاپ و بسته‌بندی به شمار می‌رود. تخلیه کرونا زمانی اتفاق می‌افتد که جریان الکتریکی از درون هوا عبور می‌کند و اساس آن بر پایه بمباران سطح پلیمر توسط الکترون‌ها است. در طول این فرآیند الکترون‌ها با مولکول‌های هوا برخورد می‌کنند که منجر به تولید نور و اجزای دیگری می‌گردد. این اجزاء در هنگام برخورد با سطح پلیمر، باعث شکست پیوندهای کربن- کربن و کربن- هیدروژن می‌گردند. با واکنش اجزای جدید با مواد حاصل از تجزیه هوا، گروه‌های عاملی روی سطح تشکیل شده که باعث افزایش انرژی سطحی پلیمر خواهد گردید [۹-۷]. به موازات استفاده از روش کرونا جهت آماده‌سازی سطوح پلی‌اتیلن، روش دیگری تحت عنوان روش پلاسما در حال رشد و گسترش صنعتی می‌باشد. واژه پلاسما به گاز یونیزه شده‌ای اطلاق می‌گردد که همه یا بخش قابل توجهی از آن یک یا چند الکترون خود را از دست بدهند و به یون‌های مثبت تبدیل شوند. عموما پلاسما را می‌توان مخلوطی از سه جز فرض نمود: الکترون‌های آزاد، یون‌های مثبت و اتم‌های خنثی (یا ملکول‌ها). پلاسما فراوان‌ترین حالت ماده در جهان است [۱۲-۱۰]. این روش منجر به شکست زنجیر، شبکه‌ای شدن و ایجاد گروه‌های فعال تا عمق حدود ۵۰۰-۵۰۰ A° می‌گردد. رادیکال‌های پلیمر ایجاد شده در طول فرآیند آماده‌سازی به روش پلاسما دارای طول عمر زیادی هستند و می‌توانند با اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا بعد از آماده‌سازی واکنش دهند. بنابراین حتی در مورد گازهای خنثی (هلیم، آرگن، نئون و غیره) نیز امکان تشکیل گروه‌های قطبی شامل اکسیژن و

1-Treatment
2- Polyolefin
3- Polyethylene
4- Surface energy
5- Corona
6- Plasma
7- Flame
8- Weak boundary layer

9- Surface tension
10- Topology

Archive of SID
www.SID.ir

نیتروژن در اثر آماده‌سازی به روش پلاسما وجود دارد [۱۵-۱۳]. نویسندگان در کارهای گذشته خود به بررسی روش آماده‌سازی پلاسما و کارایی این روش به منظور آماده‌سازی سطح پلی‌اتلین سبک[1] با انواع گازها و درشرایط گوناگون پرداخته‌اند [۱۷، ۱۶]. در این برررسی هدف مقایسه این روش با روش کرونا به عنوان روش متداول در صنعت چاپ برای آماده‌سازی زمینه‌های پلیمری می‌باشد.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

در این تحقیق از LDPE0200 پتروشیمی بندر امام به عنوان پلیمر پایه استفاده شده است که توسط دستگاه تولید فیلم دمشی[2] پتروشیمی بصورت فیلمی با ضخامت ۱۰۰ میکرون و عرض ۲۰ cm درآمده است. از آنجا که این نوع در صنعت به دلیل عدم وجود مواد افزودنی لازم مثل لیزکننده[3] و آنتی بلاک‌ها[4] به صورت تنها استفاده نمی‌گردد، بنابراین این نوع همواره همراه انواع دیگری که شامل این موادافزودنی استفاده می‌گردد تا برای استفاده‌های صنعتی مطلوب باشد. دراین پروژه از LLDPE 209KJ پتروشیمی تبریز و LLDPE218W تولیدی شرکت Sabic عربستان که در میزان مواد افزودنی موجود در آنها با یکدیگر متفاوت هستند و این امر اثر خود را روی کیفیت روش‌های آماده‌سازی پیش از پلاسما نشان داده بود، به عنوان همراه با پلیمر اصلی در مقیاس ۳۰ به ۷۰ استفاده شده است. ازمخلوط آنها نیز فیلم‌هایی با ضخامت ۱۰۰ میکرون و عرض ۲۰ cm در شرایط مشابه تهیه شد، تا از این طریق اثر آماده‌سازی به روش پلاسما و کرونا روی نمونه‌های صنعتی مورد بررسی قرار گیرد.

برای بررسی اثر چسبندگی آزمون نوار چسب[5] بر روی تمام نمونه‌ها مرکب نیتروسلولز آبی رنگ مخصوص سطوح پلیمری سری محیا PMAHYA INK 2000 تهیه شده از شرکت مرکب ایران با ضخامت تر ۴μm به کار رفت.

۲ـ۲ـ آماده‌سازی

برای انجام آماده سازی به روش پلاسما از راکتور پلاسما با نام تجاری K1050X Polaron استفاده شده است. مشخصات راکتور پلاسما شامل: میزان خلاء mbar $۱۰^{-۱} \times ۶$، نرخ جریان گاز ml/min ۱۵، قدرت تخلیه W ۱۰۰-۰ و فرکانس RF ۱۳،۵۶ است و از گازهای Ar، O_2، N_2 و CO_2 برای آماده‌سازی استفاده شده است.

برای آماده‌سازی به روش کرونا از دستگاه کرونای ساخت گروه تولیدی و صنعتی فخرآذر (جریانAC سینوسی بالاتر از kV۲۰ و فرکانس ۲۰ تا kHz۴۰) دردو سطح تغییرات فرکانس،کمترین و بیشترین استفاده شده است.

۲ـ۳ـ آزمون‌ها

آزمون زاویه تماس توسط دستگاه Krüss پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی استفاده شده است. در این تحقیق از زاویه تماس آب برای بررسی میزان آب دوستی و میزان تغییرات ترشوندگی هر کدام از نمونه‌ها پس از انجام آماده‌سازی استفاده شده است. این آزمون براساس استاندارد ASTM D 5946-01 صورت گرفته است.

برای تشخیص میزان کشش سطحی از مایعات: آب، گلیسرین، فرم آمید، دی یدومتان و بنزیل الکل استفاده شده است. انرژی سطحی نمونه‌ها با روش‌های Van -Oss , Zisman , Owens , Wu اندازه‌گیری شده است.

میزان چسبندگی از طریق آزمون نوار چسب و براساس استاندارد ASTM D 3359-97 انجام گرفته است. برای این منظور پس از اعمال جوهر و خشک‌شدن آن از روش B آزمون برای بررسی چسبندگی نمونه‌های آماده‌سازی شده استفاده شد.

برای تهیه تصاویر SEM از میکروسکوپ الکترونی روبشی ساخت شرکت Philips، هلند مدل XL30 تهیه استفاده شده است. برای بررسی توپولوژی سطح از تصاویر میکروسکوپ الکترونی اتمی (DME 2401, DualScopeTM, AFM) ساخت کشور دانمارک استفاده شده است.

۳ـ نتایج و بحث

۳ـ۱ـ نتایج آزمون‌های چسبندگی (زاویه تماس، کشش سطحی، چسبندگی)

نتایج حاصل از آزمون زاویه تماس نمونه‌های آماده‌سازی شده به روش پلاسما در شکل ۱ نشان داده شده است که روند کلی آن به صورت زیر است:

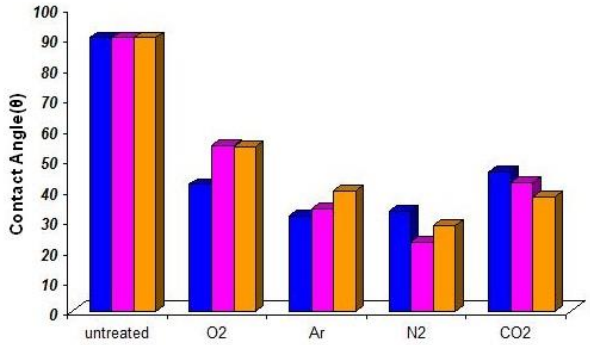
دی اکسید کربن> اکسیژن> نیتروژن≤ آرگن

میزان تغییرات زاویه تماس برای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسید کربن به ترتیب ۲۹،۸، ۱۶،۶، ۹ و ۴،۴ می‌باشد. به این ترتیب می‌توان گفت دامنه تغییراتی که توسط گاز آرگن ایجاد می‌گردد، بیشتر از بقیه گازها است. علت مؤثر بودن نهایی آماده‌سازی وکم بودن اولیه زاویه تماس در پلاسمای آرگن را می‌توان به واکنش‌های بعد از زمان آماده‌سازی نمونه‌های پلاسما شده نسبت داد [۱۶].

1- Low Density Polyethylene
2- Blown Film
3- Slip-agent
4- Anti-block
5- Tape-test

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱: زاویه تماس انواع مختلف پلی‌اتیلن سبک آمادسازی شده با پلاسمای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن.

سطح پلیمر آماده‌سازی شده یک سطح دینامیک است و نه استاتیک، بنابراین مهاجرت سطحی مواد افزودنی و نیز مواد با وزن ملکولی کم می‌تواند سطح را تا رسیدن به یک تعادل جدید دستخوش تغییر کند و باعث کاهش انرژی سطحی گردد. تغییر در شیمی سطح می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد:

۱ـ اثر متقابل گروه‌های شیمیایی روی سطح آماده‌سازی شده

۲ـ اکسایش و تخریب اضافه در حضور هوا

۳ـ مهاجرت مولکول‌های کوچک به سطح و پوشانده شدن گروه‌های فعال توسط تولید پلیمرهایی با وزن ملکولی کم و مهاجرت مواد افزودنی.

میزان این تغییرات می‌تواند به فاکتورهایی مثل زمان، سطح آماده‌سازی، نوع زمینه، میزان مواد افزودنی و نگهداری مربوط باشد. مطالعات نشان می‌دهد تا ۷٪ آماده‌سازی در طول ۹ روز و ۳۲ تا ۳۸ درصد آن در طول ۳۷ روز از دست می‌رود [۱۶، ۱۷].

نتایج زاویه تماس نمونه‌ها در زمان‌های مختلف (آزمون پیرشدگی) در شکل ۲ نشان داده شده است. در زمان و قدرت برابر نتایج اثر پیرشدگی نشان‌دهنده میزان تغییرات کمتر برای دی‌اکسید کربن است و روند آن برای گازهای دیگر به صورت زیر است:

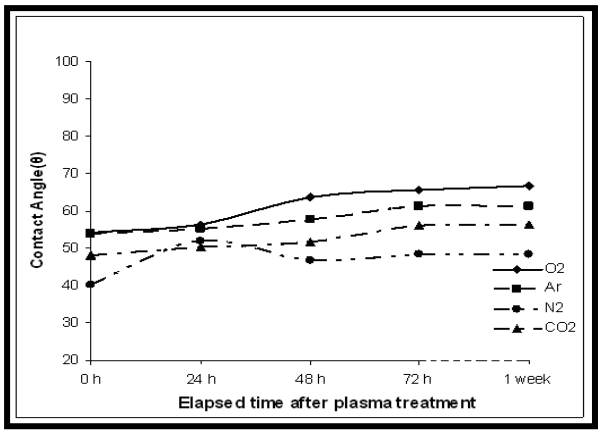
اکسیژن> نیتروژن > آرگن> دی اکسید کربن

با توجه به این نکته که در زمان شروع و ساعت صفر روند میزان زاویه تماس برای گازهای مختلف به ترتیب زیر است:

اکسیژن> آرگن > دی اکسید کربن> نیتروژن

روند میزان زاویه تماس نهایی بعد از یک هفته برای گازهای مختلف به صورت زیردر می آید [۱۶]:

اکسیژن> آرگن > دی اکسید کربن> نیتروژن



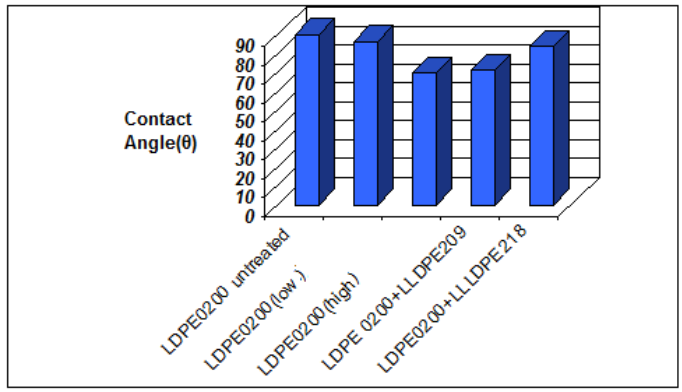
شکل۲: زاویه تماس گریدهای مختلف پلی‌اتیلن سبک آماده‌سازی شده با پلاسمای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن در زمان‌های مختلف بعد از آماده‌سازی [۱۶].

نتایج حاصل از کرونا در دو حالت کمترین و بیشترین فرکانس در شکل ۳ نشان داده شده است. در بیشترین فرکانس با وجود آنکه زاویه تماس مطلوب برای چسبندگی حاصل شده است ولی میزان آن بسیار کمتر از نتایج پلاسما حتی پس از گذشت زمان و پیرشدگی است. با توجه به این نکته که پس از گذشت زمان کوتاهی آماده‌سازی صورت گرفته از دست می رود (نمودار پیرشدگی شکل ۴)، می‌توان گفت آماده‌سازی به روش کرونا در مقابل روش پلاسما نمی تواند روشی کارآمد باشد زیرا اعمال مرکب در آن باید بلافاصله پس از انجام آماده‌سازی صورت گیرد تا کیفیت آماده‌سازی افت پیدا نکند. آزمون چسبندگی نیز این مطلب را تائید می‌کند [۹].

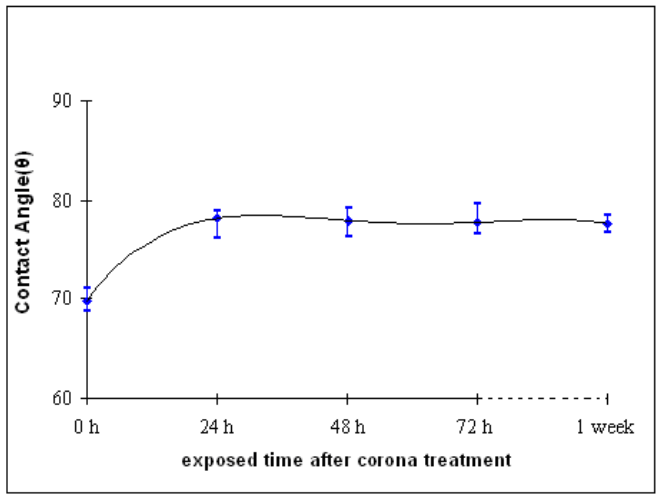
همان‌طور که انتظار می‌رفت با مهاجرت مواد افزودنی و استفاده از نمونه‌های صنعتی زاویه تماس به دست آمده پس از آماده‌سازی افزایش پیدا کرده و این افزایش برای LLDPE۲۱۸ بیشتر از LLDPE۲۰۹ است که علت آن به دلیل بیشتر بودن میزان مواد افزودنی در LLDPE۲۱۸ است. با وجود اینکه تغییرات زاویه تماس در نمودارهای پیرشدگی و نمونه‌های همراه مواد افزودنی کمتر از روش پلاسما است ولی چون با افزایش زاویه تماس میزان آن به حدی می‌رسد که دیگر امکان چسبندگی مطلوب وجود ندارد. به همین دلیل به نظر می‌رسد اولین عیب بزرگ روش کرونا ناکارآمد بودن آن در نمونه‌های صنعتی و در هنگام مهاجرت مواد افزودنی است به همین دلیل آماده‌سازی به روش کرونا باید بلافاصله پس از تولید صورت گیرد در صورتی که در روش پلاسما آماده‌سازی در هر زمان پس از تولید نیز می‌تواند انجام شود [۴، ۹].

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳: زاویه تماس نمونه‌های آماده‌سازی شده به روش کرونا برای انواع مختلف پلی‌اتیلن سبک و فرکانس‌های مختلف.



شکل ۴: تغییرات زاویه تماس پلی‌اتیلن سبک در زمان‌های مختلف بعد از آماده‌سازی به روش کرونا.

بررسی روند پیرشدگی در نمونه‌ها دومین عیب بزرگ روش کرونا را نیز معلوم می‌کند، زیرا با گذشت زمان ۲۴ ساعت میزان زاویه تماس نمونه به بالاتر از میزان مطلوب برای چسبندگی می‌رسد و سپس تقریباً ثابت می‌گردد. بنابراین اعمال پوشش یا چاپ در آماده‌سازی به روش کرونا باید بلافاصله بعد از آماده‌سازی صورت گیرد در صورتی که در روش پلاسما حتی پس از گذشت یک هفته و ثابت شدن میزان زاویه تماس این میزان بالاتر از نمونه کرونا و درحد مطلوب برای چسبندگی پوشش و جوهر است. این در حالی است نمونه‌ای که برای پیرشدگی در روش پلاسما انتخاب شد دارای زمان و قدرت کمی است و می‌توان از زمان‌ها و قدرت‌های بیشتر نیز استفاده کرد [۹، ۱۶، ۱۷].

بسیاری از پلی‌اتیلن‌ها دارای مواد افزودنی مختلفی با اهداف خاص هستند. برخی از این مواد افزودنی می‌توانند روی عملکرد کرونا اثر بگذارند و بعد از مهاجرت به عنوان مانعی برای آماده‌سازی عمل کنند و یا بعد از آماده‌سازی با مهاجرت به سطح باعث افت و از دست رفتن آماده‌سازی گردند. بزرگ‌ترین مشکل روش کرونا پایداری کم آماده‌سازی آن است که مهم‌ترین آن همان مهاجرت ملکول‌های کوچک به سطح پلیمر برای رسیدن به تعادل ترمودینامیکی است که منجر به کاهش کشش سطحی می‌گردد. مواد افزودنی نیز شامل همین مواد با جرم ملکولی کم هستند که وقتی به سطح مهاجرت می‌کنند به علت عدم هماهنگی با توده پلیمر لایه‌ای با کشش سطحی کمتر تشکیل می‌دهند [۴، ۹، ۱۶، ۱۷].

آزمون چسبندگی ASTM D 3359-97 برای بررسی میزان چسبندگی صورت گرفته است. برای نمونه‌های آماده‌سازی شده به روش پلاسما در تمام شرایط حتی پس از گذشت زمان یک هفته از آماده‌سازی نتایج چسبندگی ۱۰۰٪ را نشان می‌دهند. نمونه‌های

www.SID.ir

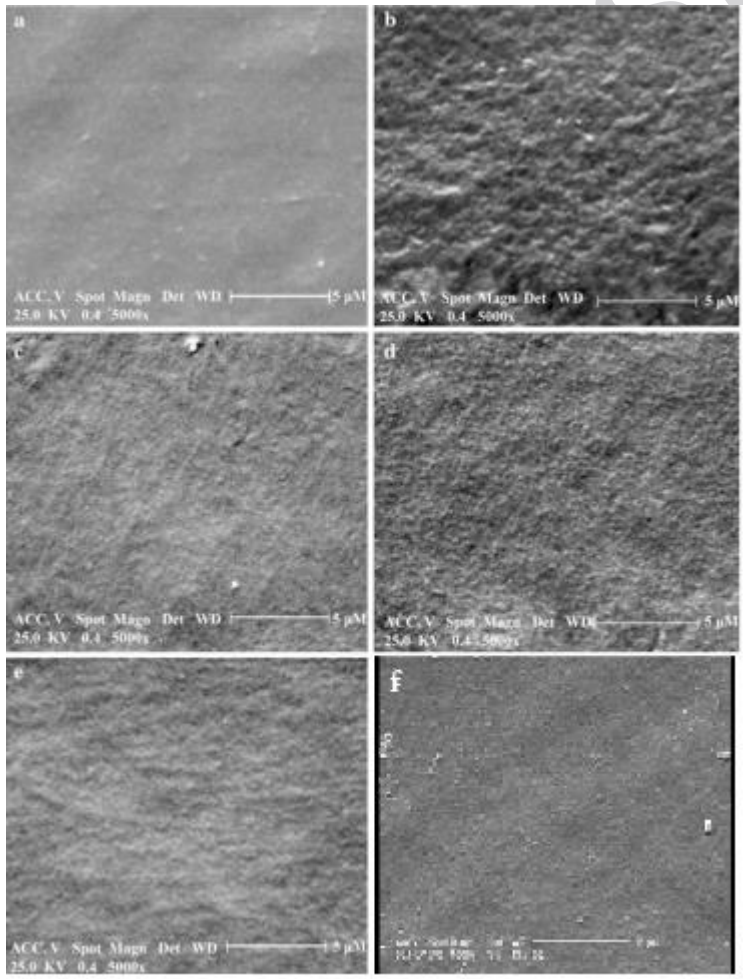
آماده‌سازی شده به روش کرونا تنها در بیشترین فرکانس و بلافاصله پس از انجام آماده‌سازی چسبندگی ۱۰۰٪ را دارا هستند و در بقیه شرایط و پس از گذشت زمان از آماده‌سازی نمونه‌ها چسبندگی کامل حاصل نمی‌گردد. نتایج حاصل از آزمون کشش سطحی نمونه‌های آماده‌سازی شده به روش پلاسما و کرونا نیز (جدول ۱) این مطالب را تایید می‌کند که میزان کشش سطحی مطلوب برای اعمال مرکب تنها در نمونه‌های آماده‌سازی شده به روش پلاسما قابل دستیابی می‌باشد[۱۸].

۳ـ۲ـ نتایج آزمون‌های ساختاری SEM و AFM

با مشاهده نتایج AFM و SEM (شکل ۵ و۶) می‌توان گفت زبری ایجاد شده در کرونا بسیار کمتر از انواع پلاسما است که می‌تواند دلیلی دیگر برکیفیت بهتر آماده‌سازی به روش پلاسما است و نیز در مورد نمونه آماده‌سازی شده به روش کرونا تغییرات شدید فازی در تصاویر فازی AFM مشاهده می‌گردد که با توجه به کاهش بلورینگی نمی‌تواند ناشی از تفاوت بین فازهای بلوری و بی‌شکل نمونه باشد و نشان‌دهنده تخریب است [۱۹].

جدول ۱: انرژی سطحی پلی‌اتیلن سبک آماده‌سازی شده به روش کرونا و پلاسما.

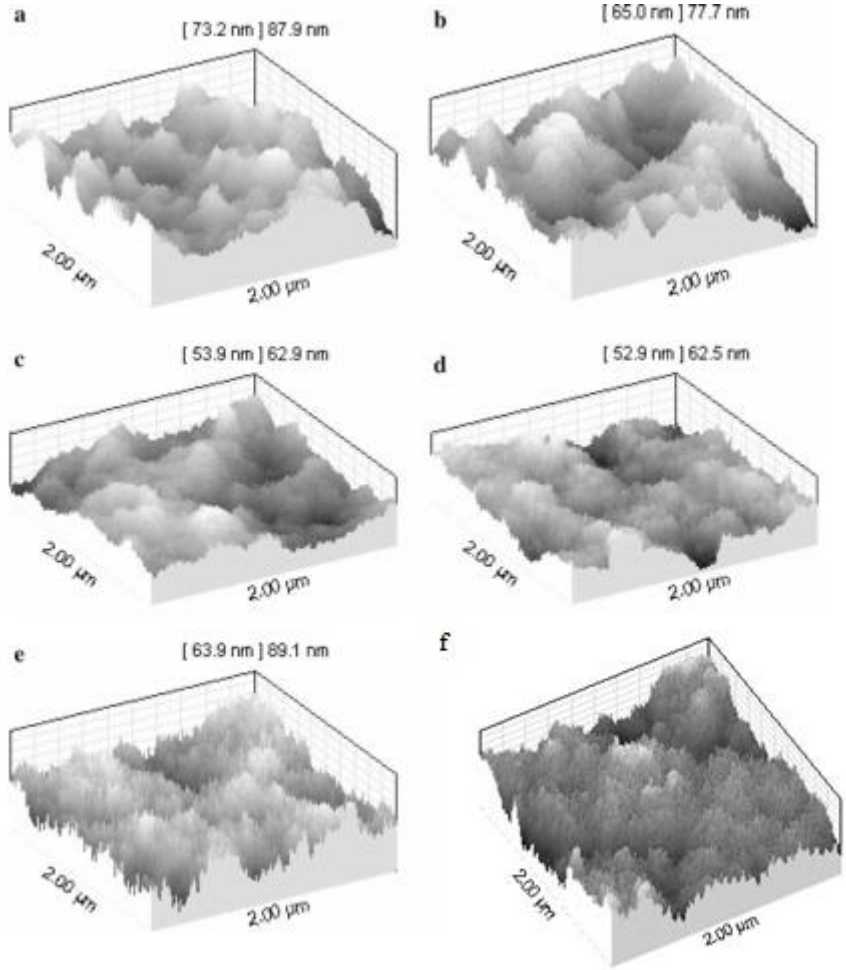
نوع / آماده‌سازی	LDPE0200	پلاسما				کرونا
		آرگن	اکسیژن	نیتروژن	دی‌اکسید کربن	
انرژی سطحی ($m.J.m^{-2}$)	۲۸,۴	۴۹,۷	۴۸,۷	۵۰,۶	۴۶,۷	۳۸



a: LDPE0200 b: O_2 c: Ar d: N_2 e: CO_2 f: Corona

شکل۵: تصاویر SEM پلی‌اتیلن سبک آماده‌سازی شده با پلاسمای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن و کرونا در بیشترین فرکانس.

www.SID.ir



a: LDPE0200 b: O_2 c: Ar d: N_2 e: CO_2 f: Corona

شکل ۶: :تصاویر AFM پلی‌اتیلن سبک آماده‌سازی شده با پلاسمای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن وکرونا در بیشترین فرکانس.

۴ـ نتیجه گیری

یکی از روش‌های متداول در صنعت چاپ برای بهبود چسبندگی و آماده‌سازی زمینه‌ای پلیمری برای چاپ استفاده از روش کرونا است درحالی که امروزه از روش متداول‌تر پلاسما نیز استفاده می‌شود. در این بررسی به مقایسه این دو روش پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهند که آماده‌سازی به روش پلاسما صرف‌نظر از نوع گاز مورد استفاده، حتی در زمان ها و قدرت‌های تخلیه کم نیز بسیار مؤثر بوده و باعث بهبود چسبندگی به میزان زیادی می‌گردد. میزان تغییرات زاویه تماس برای گازهای آرگن، اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسید کربن به ترتیب ۲۹,۸، ۱۶,۶، ۹ و ۴,۴ می‌باشد. به این ترتیب می‌توان گفت دامنه تغییراتی که توسط گاز آرگن ایجاد می‌گردد بیشتر از بقیه گازها است. در آماده‌سازی به روش کرونا در بیشترین جریان با وجود آنکه زاویه تماس مطلوب برای چسبندگی حاصل شده است ولی میزان آن بسیار کمتر از نتایج پلاسما حتی پس از گذشت زمان و پیرشدگی است. با توجه به این نکته که پس از گذشت زمان کوتاهی آماده‌سازی صورت گرفته از دست می‌رود، می‌توان گفت آماده‌سازی به روش کرونا در مقابل روش پلاسما نمی تواند روشی کارآمد باشد زیرا اعمال مرکب در آن باید بلافاصله پس از انجام آماده‌سازی صورت گیرد تا کیفیت آماده‌سازی افت پیدا نکند. آزمون چسبندگی نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

۵ـ مراجع

1. C. M. Chan, Polymer Surface Modification and Characterization, Hansel, New York. 1994, 154-186.
2. A. L. Brody, K.S. Marsh, The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, John Wiley & Sons. Inc., New York. 1997, 224-230.
3. A. J. Kinloch, Adhesion and Adhesive Science and Technology, Chapman and Hall, London. 1990, 25-45.
4. C. Vasile, Hand book of polyolefins, CRC Press, New York. 2000, 59-84.
5. E. W. Garnish, G. G.Haskines, Aspects of Adhesion, University of London Press, London. 1980, 14-20.
6. Standard test methods for Wetting Tension of Polyethylene and Polypropylene film, Annual Book of ASTM Standard, ASTM Standard, 08.02, D2578 – 04, 2005.
7. D. A. Markgraf, Corona Treatment: An Overview, Senior Vice President Enercon Industries Corporation, Mar. 8, 2007.
8. D. Zhang, Q. Sun, L. Wadsworth, Corona Treatment of Polyolefin Films—A Review, Textiles and Nonwovens, Development Center, the University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37996, 1999.
9. J. W. Maxwell, The Effect of Time and Contact on Corona Treated Surfaces, Enercon Industries Corporation, Dec. 5, 2010.
10. R. D'agostino, P. Favia, F. F. Racassi, Plasma Processing of Polymers, Springer Netherlands. 1997, 219-225.
11. A. Bittencourt, Fundamentals of Plasma Physics, Springer Science & Business Media, New York. 2004, 156-167.
12. J. G. A. Terlingen, Introduction of functional groups at polymer surfaces by Glow discharge techniques, https://books.google.com/books?id=F_xBGwAACAAJ1993, 1993, Chapter 2.
13. V. Bucher, Trends and Innovations in Surface Modification Using Plasma Technology, Plasma Electronic GmbH, D-Neuenburg. 2006, 11-65.

۱۴. ع. موذن، م.ر. کلایی، م. خراسانی، اثر نانوسیلیکا در افزایش چسبندگی چسب های فشار حساس اکریلیکی بر روی سطح پلی پروپیلن آمایش شده با روش پلاسما در نقطه بهینه، *نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ*، ۱۰(۱۳۹۵)، ۷۹-۸۷.

15. K. L. Mittal, Polymer surface modification: relevance to adhesion, CRC Press, 2007, 48-56.
16. M. Ataeefard, S. Moradian, M. Mirabedini, M. Ebrahimi, Surface properties of low density polyethylene upon low-temperature plasma treatment with various gases. *Plasma Chem. Plasma P.* 28(2008), 377–390.
17. M. Ataeefard, S. Moradian, M. Mirabedini, Investigating the effect of power/time in the wettability of Ar and O_2 gas plasma, *Prog. Org. Coat.* 64(2009), 482-488.
18. M. Karami, M. Khatibzadeh, R. Ghaffarian, Anbaran, A. Abbasi, Resistance properties of printed polyolefin films using water-based inks. *Prog. Color Colorants Coat.* 8(2015), 207-217.

۱۹. س. قدرتی، س. م. محسنی، س. گرجی کندی، رابطه چسبندگی پوشش و بعد فرکتالی سطح، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، ۲(۱۳۹۴)، ۱۷-۳.

Archive of SID

www.SID.ir