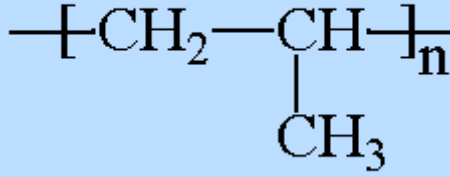


جزوه آموزشی سلفون حرارتی

Thermal Lamination BOPP Film



حمید فلاح

1395

پلیمر چیست؟

بسپار یا پلیمر به انگلیسی polymer : ماده‌ای شامل مولکول‌های بزرگی است که از به هم پیوستن واحدهای کوچک تکرار شونده که تکپار یا مونومر نامیده می‌شود، ساخته شده است.

گونه های پلیمر :

شمار واحدهای تکرار شونده در یک مولکول بزرگ درجه بسپارش یا درجه پلیمریزاسیون نامیده می‌شود. پلیمرهایی که تنها از یک نوع واحد تکرار شونده ساخته شده‌اند، Homopolymer و آنهایی که از چند گونه واحد تکرار شونده تشکیل شده‌اند، Copolymer نامیده می‌شوند. گاهی لفظ Terpolymer نیز برای محصولات حاصل از پلیمریزاسیون سه monomer به کار می‌رود. در عین حال، در مورد محصولاتی که با بیش از سه مونومر پلیمریزاسیون شده‌اند، لفظ Heteropolymer رایج است.

بیشتر مواد اساسی همچون پروتئین، چوب، کتین، لاستیک خام (کائوچو) و رزین‌ها پلیمر هستند. بسیاری از مواد مصنوعی همچون پلاستیک‌ها، الیاف مصنوعی (نایلون، ریون و...) چسب‌ها، شیشه و چینی مواد پلیمری هستند.

دسته بندی پلیمرها :

پلیمرها به دو دسته پلیمرهای طبیعی و پلیمرهای مصنوعی تقسیم می‌شوند. البته پلیمرها را به روش‌های مختلف دیگری نیز دسته بندی نیز می‌کنند. دسته بندی زیر بر اساس ساختار پلیمر انجام شده است.

پلیمرها از نظر اثر پذیری در برابر حرارت به دو دسته گرمانرم‌ها (ترموپلاستیک‌ها) و گرماسختها (ترموست‌ها) تقسیم می‌شوند. گرمانرم‌ها، پلیمرهایی هستند که در اثر گرم کردن ذوب می‌شوند در حالی که گرماسخت‌ها، پلیمرهایی هستند که در اثر گرما ذوب نمی‌شوند بلکه در دماهای بسیار بالا به صورت برگشت ناپذیری تجزیه می‌شوند. پلیمرها دارای خواص ویسکو الاستیک هستند و منشا این پدیده، در گرمانرم‌ها گره خوردگی زنجیره‌ها و در گرماسخت‌ها گره خوردگی زنجیره‌ها و اتصالات شبکه ای آن‌ها در هم است.

افزودنی‌های پلیمر:

افزودنی‌های پلیمر یک نوع از افزودنی‌های شیمیایی بتن می‌باشند، این مواد برای تصحیح خواص فرآورده‌های پلیمری به کار می‌رود. این مواد عبارتند از:

- **نرم کننده‌ها:** نرم‌کننده‌ها (plasticizer) افزودنی‌هایی هستند که انعطاف پذیری ماده‌ای را که به آن افزوده می‌شود را افزایش می‌دهد. این مواد علاوه بر صنعت پلیمر در بتون و سیمان نیز کاربرد دارد. نرم کننده‌های پلاستیک‌ها معمولاً از دسته فتالات‌ها هستند که انعطاف پذیری و دوام پلاستیک را افزایش می‌دهند. عملکرد این مواد به این صورت است که با قرار گرفتن بین مولکول‌های مواد پلیمری فضاهای خالی را افزایش داده و موجب پایین آمدن دمای ذوب کریستالیو در نتیجه نرم تر شدن پلیمر می‌شود.

- **پایدار کننده‌ها**

- **رنگدانه‌ها:** رنگدانه‌ها (Pigment) موادی هستند که برای رنگ کردن و دادن خاصیت رنگی به پلیمر استفاده می‌شود و شامل رنگدانه‌های آلی و معدنی می‌شود.

- **رنگدانه‌های معدنی:**

رنگدانه‌های غیرآلی، نمک‌های فلزی و اکسیدها هستند. این عوامل رنگزا می‌توانند یک لایه از یک جسم پلاستیکی را با رفتار قابل پیش بینی رنگی کنند. اکثر این عوامل رنگزا دارای ذراتی با ابعاد میانگین بین ۰,۲ تا ۱ میکرون هستند. تولید کنندگان، رنگ‌های مرغوب را با زدودن ذرات بالاتر از ۵ میکرون، تولید می‌کنند. رنگدانه‌های غیرآلی به جز چند استثناء، مواد خام ارزان قیمت هستند که به خاطر دوام نسبتاً پایین این رنگ‌ها، این رنگدانه‌ها همیشه بهترین کیفیت را ندارند.

- **رنگدانه‌های آلی:** رنگدانه‌های آلی، گستره وسیعی از لحاظ پیچیدگی ساختاری دارند. که

ساختار این مواد می‌تواند به سادگی کربن سیاه و یا به پیچیدگی ساختار چهارتایی رنگدانه‌های فتالوسیانین باشد. استفاده از رنگدانه‌های آلی در آلیاژها و آمیخته‌های پلیمری به سرعت در حال افزایش است که این افزایش نتیجه‌ای از دیدگاه کاهش مصرف فلزات سنگین است. به طور نمونه، دوام رنگدانه‌های آلی ۱۰ - ۲۰ بار بیشتر از رنگ‌های غیرآلی مورد مقایسه است و این به خاطر این است که رنگ‌های آلی ذرات کوچکتری نسبت به رنگ‌های غیرآلی دارند.

- **پر کننده‌ها**

- **عوامل ضد سکون**

- **عوامل ضد اکسایش**



پلی پروپیلن و کاربرد آن در طراحی صنعتی

در بحث شناسایی و کاربرد پلیمرها در طراحی صنعتی، پلاستیک پلی پروپیلن (Polypropylene) که به اختصار PP نامیده می شود، به عنوان یکی از قابل توجه ترین مواد محسوب می شود که علاوه بر کاربرد وسیع در طراحی محصول، در زمینه تولید بسته بندی نیز مورد استفاده واقع گردیده است.

پلی پروپیلن از خانواده پلاستیک های ترموپلاست یا گرمانرم است بدین مفهوم که با دریافت گرما، نرم تر می شود؛ بنابراین در زمان تزریق درون قالب، لازم است که بدنه قالب توسط المنت های حرارتی گرم گردد تا مذاب، جریان یابد و سپس با عبور سیال خنک کننده در بدنه قالب، بدنه تزریق شده، سخت گردد و در نهایت از قالب جدا گردد. این پلاستیک، به صورت معمول، توانایی تحمل حرارت تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد را دارا می باشد و دمای ذوب آن بالای ۱۶۰ درجه سلسیوس است.

از جمله شاخصه هایی که به شناسایی این پلیمر در بین سایر نمونه ها کمک می نماید، عدم خراش پذیری سطح آن با ناخن و نیز مقاومت آن در برابر خرد شدن است، هر چند در اثر وارد شدن نیروی بیش از حد تحمل خمش، سفیدک می زند.

از ویژگی های کلی پلاستیک پلی پروپیلن، می توان موارد ذیل را برشمرد:

- مقاومت بالا در برابر اسیدها، بازها و چربی ها؛
- قیمت مناسب؛
- سهولت قالب سازی برای تولید به شیوه تزریق و سیالیت قابل قبول در قالب؛
- قابلیت مخلوط شدن با پرکننده هایی همچون خاک اره و ایجاد کامپوزیت؛
- غیر سمی بودن نسبی و مناسب بودن برای ساخت اسباب بازی و لوازم مربوط به کودکان؛
- در دسترس بودن و غیر استراتژیک بودن محصول؛
- تولید ماده اولیه توسط کارخانجات داخلی؛
- رنگ پذیری عالی توسط مستر بیج های مختلف؛
- قابلیت جوش حرارتی؛
- قابلیت بازیافت؛
- قابلیت تلفیق با هسته و بوش های فلزی در زمان تزریق.

پلی پروپیلن معمولا به یکی از صورت های زیر در طراحی صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد:

الف- ساختاری و غیر شفاف (به صورت مات یا براق)؛

ب- ساختاری و نیمه شفاف (معمولا به رنگ خاکستری و غیر براق)؛

ج- فیلم BOPP؛

د- فیلم OPP یا CPP

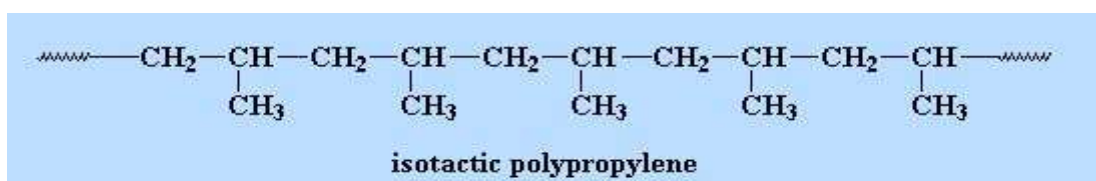
پلی پروپیلن، علاوه بر حالت گرانول و ورق، به صورت فیلم نیز قابل استفاده است. فیلم، به طور کلی، عبارت است از لایه ای بسیار نازک از سیال و یا جامد، مثلاً فیلم روغن بین ساچمه های بلبرینگ، و یا فیلم استات سلولز جهت ثبت و بازپخش تصاویر سینمایی؛ و منظور از فیلم پلی پروپیلن، لایه نازکی از آن است که حالت جامد داشته باشد. فیلم پلی پروپیلن به دو صورت کلی BOPP و OPP یا CPP تولید می شود.

نوع اول که با عنوان BOPP یا biaxially oriented polypropylene نامیده می شود، به مفهوم آن است که در زمان تولید، علاوه بر اکستروژن شدن لایه به صورت آبشاری، از طرفین نیز کشیده شده است که نسبت به نوع دوم یعنی OPP یا CPP از ثبات ابعادی و حرارتی بیشتری در زمان چاپ و بسته بندی برخوردار است. کاربرد عمده فیلم های پلی پروپیلن در تولید بسته بندی های انعطاف پذیر (Flexible packaging) مانند بسته بندی چیپس، اسنک، بیسکویت، بستنی، ماکارونی و مانند آن می باشد که به صورت های مختلف لمینیت شده، تک لایه، متالایز شده و غیره قابل استفاده اند.

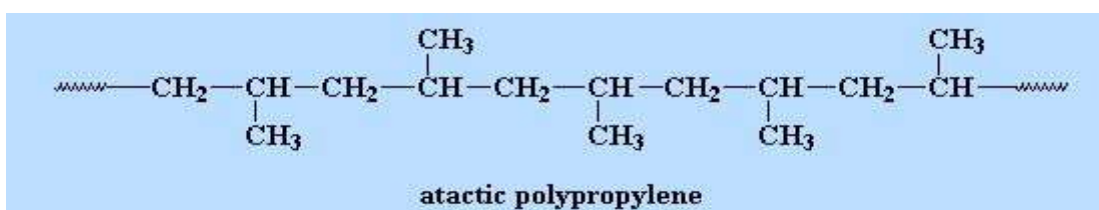
پلی پروپیلن یکی از پلیمرهای چندمنظوره می باشد و به دو شکل مورد استفاده قرار میگیرد؛ هم بصورت پلاستیک و هم بصورت الیاف. بصورت پلاستیک برای ساخت چیزهایی مثل ظرف نگهداری غذا و قابل شستشو در ماشین ظرفشویی به این دلیل که زیر ۱۶۰ درجه سانتیگراد یا ۳۲۰ درجه فارنهایت ذوب نمیشود ولی پلی اتیلن که جزء پلاستیکهای پرکاربرد میباشد حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد بسیار داغ و نرم میشود و این بدین معناست که ظروف پلی اتیلن در ماشین ظرفشویی تاب برمی دارد.

بصورت الیاف پلی پروپیلن برای پوشش کف مثل کنار استخرها یا زمینهای گلف کوچک استفاده میشود. این پلیمر در پوششهای زمینی در محیط بیرون خیلی خوب عمل میکند بدلیل اینکه PP بسادگی رنگی میشود و ضمناً آب مثل نایلون را به خود جذب نمیکند.

اکثر پلی پروپیلن هایی که استفاده میکنیم Isotactic هستند. بدین معنی که (CH₃) Methyl group در یک سمت زنجیره پلیمر وجود دارد مثل تصویر زیر :



اما بعضی اوقات آنها Atactic هستند بدین معنی که Methyl group در آنها بصورت Random در زنجیره پلیمر در هر دو طرف میباشند مثل تصویر زیر :



با این حال با استفاده از کاتالیزورهای **Metallocene** باور بر این است که ما می توانیم پلیمرهایی تولید کنیم که شامل بلوکهای هم **Isotactic** و هم **Atactic** در یک زنجیره پلیمری باشد که این پلیمر ارتجاعی است و یک الاستومر خیلی خوب است بدلیل اینکه بلوکهای **Isotactic** به بلوکهای **Atactic** متصل شده اند توده های کریستالی **Isotactic** توسط رشته های ارتجاعی **Atactic** بهم گره خورده اند. لازم به توضیح است که بلوکهای **Isotactic** بشکل کریستال در کنار همدیگر قرار میگیرند. در واقع **atactic PP** بدون کمک بلوکهای **Isotactic** خاصیت ارتجاعی و کشسانی دارد ولی خیلی محکم نیست اما بلوکهای سخت **isotactic** در کنار بلوکهای **atactic** آنها را نگه می دارند و به ماده استحکام بیشتری می بخشد.

انواع Polypropylene :

مولکولهای پروپیلن که بهم متصل می شوند تا یک زنجیره پلیمری بلند ایجاد کنند پلی پروپیلن نامیده میشوند.



چند نوع PP وجود دارد :

Terpolymer – Copolymer – Homopolymer و رزینهای اصلاح شده (refined resins)

Homopolymer ها فقط شامل مولکولهای PP است. افزودن یک monomer یا ترکیب کردن ۲ یا بیشتر از ۲ مونومر با همدیگر (معمولا ۴-۵٪ ethylene) منتج به تشکیل copolymer میشود.

ترکیب کردن (polymerizing) ۳ مونومر معمولا پروپیلن ، اتیلن و بوتیلن منتج به تشکیل terpolymer میشود.

انواع فیلمهای PP :

دو نوع فیلم PP وجود دارد ؛ جهتدار (oriented) و ریخته گری (cast).

فیلمهای جهتدار نیز دو نوع هستند ; (mono oriented PP)OPP و (biaxially oriented PP) BOPP که اولی هنگام تولید فقط در جهت ماشین کشیده میشود و دومی هم در جهت ماشین و هم در جهت عمود بر آن تولید میشود.

قابل ذکر است که خواص فیزیکی, ضد بخار آب, سفتی و استحکام, ثبات ابعادی و نوری بوسیله کشیدن (stretching) بهبود پیدا میکند.

CPP چیست ؟

CPP یا cast polypropylene (پلی پروپیلن ریخته گری)

فیلم های ارینت نشده (unoriented) هم به صورت ورق به روش نورد سرد (فیلم ریخته گری شده) تولید می شوند و هم از روش های متنوع لوله ای تهیه می گردند. در هر مورد سرد کردن مذاب موجب می شود تا خواص بصری عالی ایجاد شود. اینگونه فیلم ها را از رزین های هوموپلیمر و کوپلیمر شده تهیه می کنند. در صنعت بسته بندی فیلم CPP به دلیل اینکه از شفافیت و وضوح بالاتر و همچنین مقاومت بالاتری نسبت به دیگر فیلم های پلیمری برخوردار است، به عنوان یک فیلم بسیار به صرفه و کارآمد در میان فعالان بسته بندی مطرح است. از دیگر خواص CPP می توان به قدرت بسیار بالای بازدارندگی و صفات عایقی آن اشاره کرد که در کنار وضوح و شفافیت بالا، از آن فیلمی ایده آل پدید آورده است. در بازار می توان CPP را با سطح اندود شده یا جلا داده شده، به صورت انعطاف پذیر یا خشک، با سطح مات یا شفاف، به صورت ساده یا رنگی و یا ترکیبی از این خواص، پیدا کرد. این فیلم به عنوان لایه مقاوم در برابر گرما به صورت تک لایه بر روی فیلم های BOPP و پلی استر عرضه می شود که در این حالت در صنایع بسته بندی مواد غذایی کاربرد دارد. همچنین به صورت فیلم های تک لایه و چند لایه جهت مصارف صنعتی دیگر قابل عرضه است.

ضخامت این فیلم ۱۸ تا ۱۰۰ میکرون است که دارای مشخصات ذیل می باشد: صاف، عایق حرارت، قابل متالایز کردن، صیقلی، آینه ای، سطح برجسته، رنگ براق و مات، خشک، انعطاف پذیر، شفاف و انواع مات.

• ویژگی های کاربردی

۱. شفافیت و وضوح بالا
۲. عایق کردن و seal کردن بسیار خوب
۳. چسبندگی خوب مرکب و چسب روی سطح treatment شده
۴. مقاوم به روغن و گریس
۵. مقاومت بالا در برابر پارگی و سوراخ شدن
۶. ضد بخار

• موارد استفاده

۱. بسته بندی غذا
۲. لمینت
۳. ضد بخار بسته بندی آبنبات و شربنی
۴. جهت بسته بندی پوشاک
۵. بسته بندی مواد هموژنیزه
۶. بسته بندی های مقاوم
۷. متالایز بدون هوا
۸. کاربرد در فریز کردن مواد در دماهای بسیار پایین
۹. بسته بندی مواد غذایی منجمد
۱۰. پوشش تزئین دسته گل و بسیاری موارد دیگر

PET چیست؟

PET (Polyethylene Terephthalate) پلی اتیلن ترفتالات

امروزه PET عمدتاً از ترکیب اتیلن گلیکول با اسید ترفتالیک با کمک گرما و کاتالیزور بدست می آید که پلیمری خطی و مقاوم در برابر حلال ها است. خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه، PET مانند استحکام مکانیکی بالا استحکام اتصالات، شفافیت، وزن سبک، بی خطر بودن آن از نظر سمیت و نفوذ ناپذیری در برابر CO₂ سبب شده است که به طور گسترده ای در ساخت فیلمهای عکاسی، بطری های نوشیدنی، و الیاف به کار رود. همچنین در تهیه الیاف پیوسته BCF و نخ صنعتی و Staple، POY منسوجات و پوشاک کاربرد دارد. به علت اثر نداشتن PET در مزه و پایداری در برابر گرما به عنوان بسته بندی مواد غذایی و کیسه های پخت و پز نیز استفاده می شود.

لایه EVA (چسب سلفون):

اتیلن وینیل استات (EVA) کوپلیمر اتیلن و وینیل استات است. این ماده پلیمری است که از نظر نرمی و انعطاف پذیری همانند مواد الاستومر بوده ولی از نظر قابلیت فرآوری مشابه با مواد ترموپلاستیک است. افزایش طول آن در حداکثر تنش ۷۵۰٪ و نقطه ذوب آن ۹۶°C می باشد و سه برابر منعطف تر از پلی اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) است. EVA در بسیاری از کاربردهای الکتریکی قابل رقابت با مواد لاستیکی و وینیلی می باشد. علاوه بر این به دلیل ویژگی های خود همچون وزن کم، نداشتن بوی زیاد، شکل پذیری در قالب، شفافیت و قیمت پایین تر در مقایسه با لاستیک طبیعی کاربردهای گسترده ای پیدا کرده است.

ویژگی ها:

- ممانعت عالی در برابر نفوذ گازها
- چقرمگی در دمای پایین
- مقاومت در برابر شکنندگی
- مقاومت در برابر اشعه فرابنفش
- خواص چسبندگی مذاب بسیار خوب
- شفافیت زیاد
- بدون بو یا دارای بوی کم

کاربردها:

- چسب
- انواع کفش خصوصا کفشهای فوتبال
- کلاه ایمنی
- وسایل ورزشی
- تجهیزات ماهیگیری
- کاربردهای پزشکی

EVA که مخفف Ethylene Vinyl Acetate است یک پلیمر الاستومتر است که از نظر نرمی و خاصیت کشسانی شبیه لاستیک است و دارای خاصیت چسبندگی در حرارت بالاست و نسبت به اشتعال نیز مقاوم است .

جرقه گیری یا Corona Treatment :

یکی از اصطلاحات معروف در بازار ایران در مورد سلفون اصطلاح "جرقه گیری" میباشد که نام علمی آن Corona Treatment یا عملیات کرونا میباشد. مشکل نوشتن و چاپ روی ورقه های پلاستیک مشکلی شایع و معروف است. متاسفانه جوهر یا مواد دیگر که برای تولید محصولات ثانویه روی فیلمهای پلاستیکی استفاده میشود تا زمانی که عملیات کرونا یا همان جرقه گیری روی فیلم پلاستیکی انجام نگیرد نمی تواند به سطح آن بچسبد و دلیل آن اینست که سطح خیلی از پلاستیکها مانند پلی اتیلن و پلی پروپیلن از نظر شیمیایی خنثی و غیر متخلخل و دارای کشش سطحی بسیار پایین میباشد و با Corona Treatment سطح انرژی سطح ماده را بالا میبرند تا این مشکل برطرف شود.

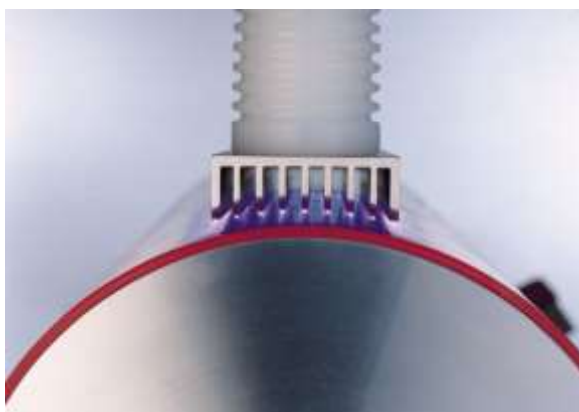
Corona Treatment در سال ۱۹۵۱ توسط مهندس دانمارکی Verner Eisby اختراع شد. عملیات کرونا تخلیه الکتریکی با فرکانس بالا جهت افزایش خاصیت چسبندگی سطح پلاستیک است. اینکه یک مایع بتواند یک سطح را به خوبی خیس کند یا ضعیف , اصولاً بستگی به طبیعت و ذات شیمیایی هم مایع و هم سطح زیر آن دارد. Wetting یا خاصیت خیس شوندهگی به نوعی نسبت بین انرژیهای سطح مایع و بستر آن است.

عموما قانون کلی بدین صورت است که یک ماده زمانی خیس میشود که سطح انرژی آن (dyn/cm) بیشتر از سطح انرژی مایع باشد و اگر نباشد مشکلی در چسبندگی مایع به سطح بوجود می آید.

$$(1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N})$$

پلاستیک دارای زنجیره مولکولی یکنواختی می باشد که بصورت پیوسته بهم متصل هستند و این باعث چسبندگی و خاصیت خیس شوندهگی کم ((Low adhesion & wettability) می شود.

Corona Plasma توسط یک دستگاه با ولتاژ بالا که به نوک الکترودهای نوک تیز که بصورت ردیفی در کنار هم قرار دارند ایجاد می شود و به سطح پلاستیک اعمال می گردد.



در طی این فرآیند الکترونها به سمت سطح پلاستیک فرستاده می شوند که باعث می شوند سطح پلاستیک خاصیت ربایش و چسبندگی پیدا کند. این فرآیند هیچ تاثیری در شکل یا مقاومت پلاستیک ندارد و فقط زنجیره مولکولی سطح را تغییر میدهد که ضخامت آن تنها ۰,۰۰۰۰۱ میکرون است.

ضمنا کارایی Corona Treatment روی مواد مختلف متفاوت است. مواد مختلف ویژگیهای سطحی مختلفی دارند. با گذشت زمان سطح انرژی (dyne level) ماده کاهش پیدا می کند و قبل از استفاده میبایست مجدداً عملیات کرونا روی آن صورت گیرد. ضمناً موادی که در آنها از افزودنیهای لغزشی (slip additives) استفاده شده سطح انرژی آنها زودتر پایین می آیند و همچنین فیلمهایی که ضخیم تر و قدیمی تر هستند نیز به دلیل اینکه slip agents ممکن است به سطح فیلم آمده باشد عملیات کرونا روی آن مشکل میگردد. همچنین شرایط نگهداری و دما می تواند در مدت زمان خاصیت کرونا تاثیر بگذارد.

ثابت شده که فیلمهای با مواد لغزشی بالا (بالای 1200ppm) ۲۴ ساعت پس از کرونا نسبت به چاپ کاملاً مقاوم می شود.

موادی که موقع extrusion عملیات کرونا روی آن انجام نشده بعداً ایجاد خاصیت کرونا در آنها مشکل است بنابراین پیشنهاد می شود که بلافاصله بعد از extrusion عملیات کرونا روی آن انجام پذیرد و سپس درست قبل از استفاده مایع مربوطه روی سطح مجدداً فرآیند کرونا اعمال گردد.

* slip additive یا slip agent :

Slip additive موادی است که برای کاهش ضریب اصطکاک سطح پلیمرها استفاده می شود و کاربردهای دیگر آن را بهبود می بخشد. پروسه تولید پلاستیکها بخاطر ضریب اصطکاک بالای آنها دچار اختلال میشود. این تمایل به چسبیدن به سطوح فلزی و سطوح فیلمهای دیگر عاملی محدود کننده برای تولید پروسه های با سرعت بالا مثل بسته بندی و غیره میباشد. Slip additive برای کاهش ضریب اصطکاک سطحی پلیمرها به آنها اضافه میشود و کاربردهای نهایی آن را نیز بهبود می بخشد.

در مورد BOPP مورد استفاده در Laminating تستهایی طبق استاندارد ASTM وجود دارد که مهمترین آنها عبارت است از :

-ASTM D882 : Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting.

-ASTM D1204 : Standard test method for linear dimensional changes of nonrigid thermoplastic sheeting or film at elevated temperature.

-ASTM D2457 : Standard test method for specular gloss of plastic films and solid plastics.

-ASTM D2578 : Standard test method for wetting tension of polyethylene and polypropylene films.

* **ASTM D882** : این استاندارد تعیین خواص کششی (tensile properties) پلاستیکها به شکل فیلم با ضخامت کمتر از ۱ میلیمتر را پوشش می دهد. (این استاندارد تقریباً شبیه ISO 527-3 است)

Tensile strength (مساحت سطح مقطع) / (حداکثر بار قابل تحمل) = (مقاومت کششی)

حداکثر بار قابل تحمل (Max load) می تواند در yield point یا Breaking point اتفاق بیفتد.

Tensile Elongation x 100% (طول اولیه نمونه) / (حداکثر تغییر طول لحظه کسختگی) = (درصد تغییر طول کششی)

* **ASTM D1204** : این استاندارد جهت اندازه گیری تغییرات خطی فیلمهای ترموپلاستیک (مثلاً سلفون) در دماهای بالا استفاده می شود. وسیله گرما دهی در این روش هوای گرم می باشد و بدین صورت است که نمونه های تست را درون فر مخصوص آزمایش در دما و مدت زمان مناسب آن ماده گذاشته و بعد از اتمام زمان آزمایش درصد تغییر شکل را از فرمول زیر بدست می آوریم :

$$\text{Linear change, \%} = [(D_f - D_o)/D_o] \times 100 \quad (1)$$

where:

D_f = final length (or width) of specimen, mm (or in.) after test, and

D_o = original length (or width) of specimen, mm (or in.).

مقادیر منفی بدست آمده از فرمول بالا نشان دهنده shrinkage و مقادیر مثبت نشان دهنده

expansion است.

ASTM D2457*: این استاندارد جهت تست میزان شفافیت فیلمهای پلاستیکی هم مات و هم براق

استفاده می شود. تستها در این استاندارد شامل ۴ روش یا ۴ زاویه می باشد:

-60 deg. Recommended for intermediate-gloss films.

-20 deg. Recommended for high-gloss films.

-45 deg. Recommended for intermediate and low-gloss films.

-75 deg. Recommended for plastic siding and soffit.

در سلفونهای وارداتی شرکت ما از روش ۴۵ درجه جهت تست استفاده می شود.

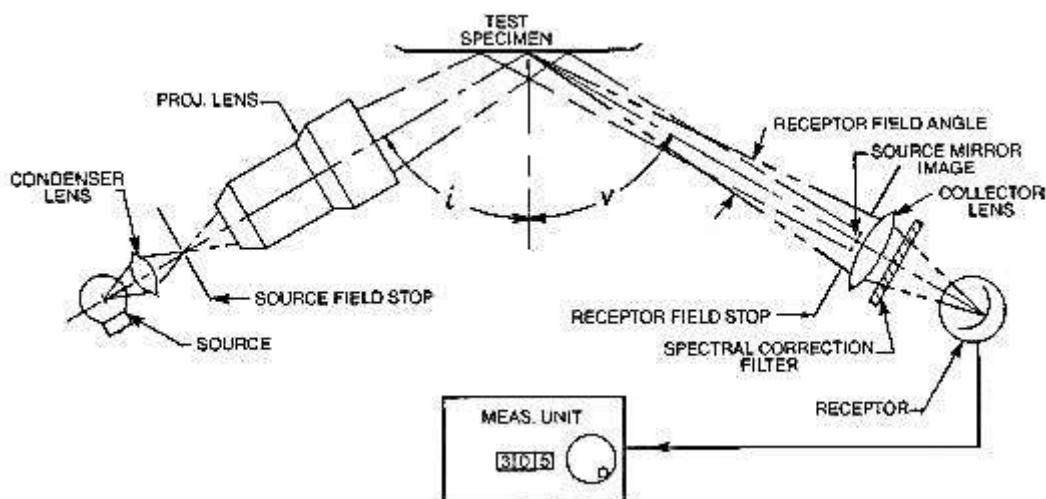
روش آزمایش بدین صورت است که اشعه نوری را با یکی از زوایای مناسب جهت تست به سطح فیلم تست می تابانیم و انعکاس آن را دستگاه گیرنده مخصوص اندازه گیری می کند. ضمناً میزان براقیت و شفافیت به درصد بیان می شود. در زاویه ۴۵ درجه برای آینه کامل 1000% و برای سطح کاملاً مات سفید 5.4% می باشد.

$$R_s \text{ (percent)} = 50 \left[\left[\frac{\cos i - \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\cos i + \sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right]^2 + \left[\frac{n^2 \cos i - \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{n^2 \cos i + \sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right]^2 \right]$$

where:

i = the specular (incidence) angle, and

n = the index of refraction of the surface.



***ASTM D2578**: این استاندارد جهت اندازه گیری wetting tension (میزان آب پذیری یا خیس شوندگی) سطح فیلم پلی پروپیلن یا پلی اتیلن در تماس با قطرات مایع مخصوص تست و در مجاورت با هوا می باشد (این استاندارد معادل ISO-8296 است).

نحوه اندازه گیری wetting tension :

جهت اندازه گیری این خاصیت از formamide و ethyl cellosolve استفاده میشود.

Wetting tension پلی پروپیلن و پلی اتیلن بوسیله surface tension یا کشش سطحی مایعات ذکر شده بدست می آید.

فرمول ریاضی wetting tension بدین صورت است :

$$\gamma_{GL} \cos \theta = \gamma_{GS} - \gamma_{SL}$$

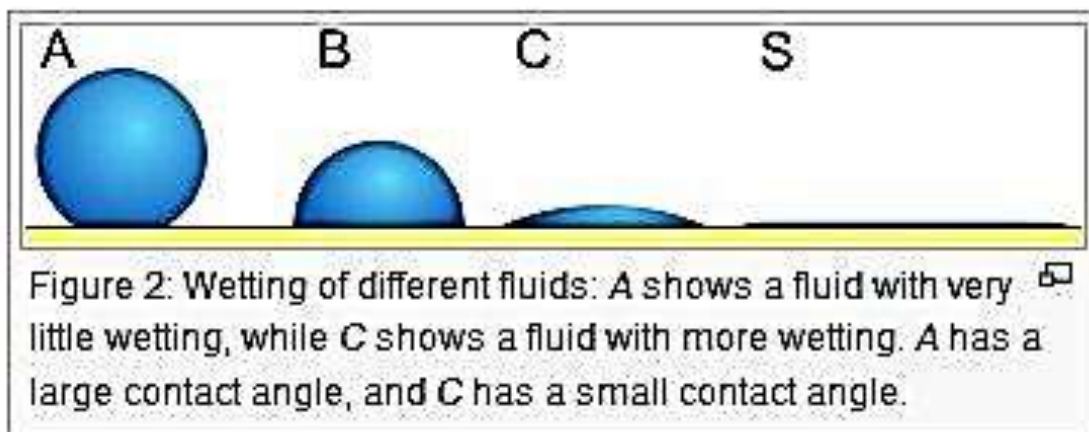
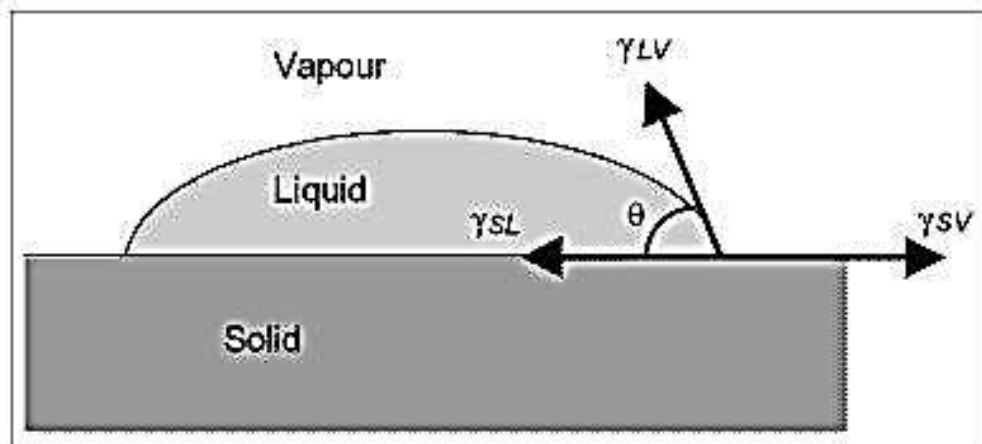
θ = زاویه تماس لبه قطره مایع با سطح جامد

γ_{GL} = انرژی سطحی بین گاز و مایع

γ_{GS} = انرژی سطحی بین گاز و مایع

γ_{SL} = انرژی سطحی بین مایع و جامد

** سمت راست معادله بالا به عنوان wetting tension سطح جامد تعریف می شود.



اگر زاویه تماس مایع با سطح $\theta=0^\circ$ باشد یعنی $\cos \theta = 1$ نشان دهنده اینست که مایع سطح جامد را خیس کرده و در این حالت خاص wetting tension سطح جامد با کشش سطحی مایع (surface tension) برابر است.

توانایی فیلمهای پلی اتیلن و پلی پروپیلن در حفظ کردن جوهر، چسبها، پوششها و غیره بطور عمده بستگی به ویژگی سطح آنها دارد و با تکنیکهای عمل آوری سطح (مثل corona treatment) میتواند بهبود یابد.

نحوه انجام آزمایش جهت اندازه گیری wetting tension به شرح ذیل است :

مایعی که جهت تعیین wetting tension از آن استفاده می شود fomamide و ethyl cellosolve است. با قلموی مخصوص آزمایش از جنس کتان یکی از مایعات آزمایش را روی سطح فیلم تست به مساحت تقریبی 6.5 سانتی متر مربع پخش می کنیم و زمان مورد نیاز جهت تبدیل مایع تست به قطرات ریز را اندازه گیری می کنیم اگر بیشتر از ۲ ثانیه طول کشید با مایع مخلوط با کشش سطحی بالاتر و اگر کمتر از

۲ ثانیه طول کشید با مخلوط با کشش سطحی پایینتر (طبق جدول همین استاندارد) مجدداً تست را تکرار می کنیم و این عمل را انقدر تکرار می کنیم تا دقیقاً ۲ ثانیه بدست آید و طبق جدول استاندارد کشش سطحی را برای این درصد از مخلوط می خوانیم.

کشش سطحی بدست آمده در این زمان همان wetting tension پلی اتیلن یا پلی پروپیلن فیلم تست بر اساس dyn/cm می باشد.

TABLE 1 Concentration of Ethyl Cellosolve—Formamide Mixtures Used In Measuring Wetting Tension of Polyethylene and Polypropylene Films

Formamide, Volume %	Ethyl Cellosolve, ^A %	Wetting Tension, ^B dynes/cm
0	100.0	30
2.5	97.5	31
10.5	89.5	32
19.0	81.0	33
26.5	73.5	34
35.0	65.0	35
42.5	57.5	36
48.5	51.5	37
54.0	46.0	38
59.0	41.0	39
63.5	36.5	40
67.5	32.5	41
71.5	28.5	42
74.7	25.3	43
78.0	22.0	44
80.3	19.7	45
83.0	17.0	46
87.0	13.0	48
90.7	9.3	50
93.7	6.3	52
96.5	3.5	54
99.0	1.0	56

^A Cellosolve is the registered trademark of Union Carbide Corp. for ethylene glycol monoethyl ether.

^B Measured under conditions of $23 \pm 2^\circ\text{C}$ and $50 \pm 5\%$ relative humidity.