

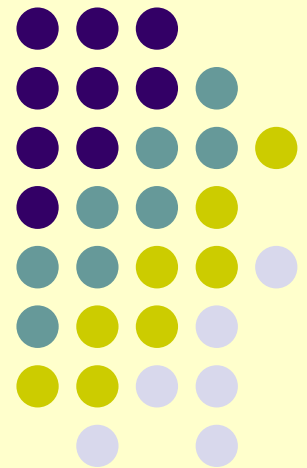
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد

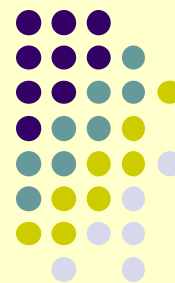


اصول مهندسی پلیمر

جلسه نهم
(پلیمرهای تجاری)

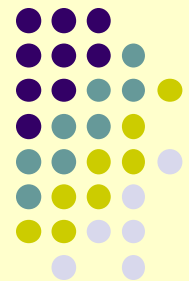
دکتر رضا اسلامی فارسانی





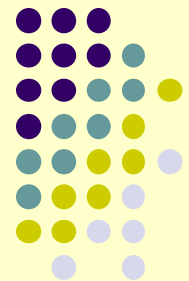
پلیمرهای تجاری





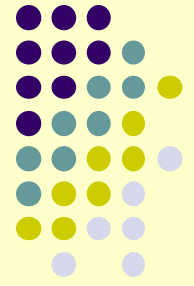
گریدهای مختلف پلیمرهای صنعتی

از لحاظ دسته‌بندی پلیمرها در صنعت پتروشیمی، این ماده به پلیمرهای اساسی و مهندسی دسته‌بندی می‌شود که سهم پلیمرهای اساسی بالغ بر ۹۰ درصد از این مجموع می‌باشد. عمده پلیمرهای پرمصرف در صنعت پتروشیمی، شامل **پلی اتیلن**، **پلی پروپیلن**، **پلی اتیلن ترفتالات**، **پلی وینیل کلراید**، **پلی استایرن** و **اکریلونیتریل** – **بوتادین** – **استایرن (ABS)** هستند.



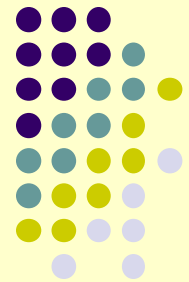
پلی اتیلن با تولید در سه گرید مختلف، **پرمصرف ترین پلیمر جهان** است. در سال های قبل، پلی وینیل کلراید (PVC)، دومین پلیمر پرمصرف جهان بود که با توجه به رشد سریعتر مصرف پلی پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات (پلی استر) نسبت به پلی وینیل کلراید (PVC)، این نسبت در حال حاضر تغییر یافته است، بطوریکه پلی پروپیلن دومین پلیمر پرمصرف جهان پس از پلی اتیلن و پلی اتیلن ترفتالات، سومین پلیمر و بعد از آنها پلی وینیل کلراید و پلی استایرن قرار دارند.

پلی اتیلن



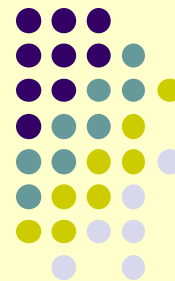
این پلاستیک، امروزه در دنیا بیشترین تولید سالانه را دارد. مصرف ۳/۶۹ میلیون تن در سال و اختصاص ۳۳ درصد از مصرف پلیمرهای اساسی، مویید این نکته است که پرمصرف ترین پلیمر جهان پلی اتیلن می باشد. یکی از دلایل مصرف زیاد این نوع پلیمر، قیمت کم (مخصوصاً به دلیل دانسیته کم هر کیلوگرم آن حجم زیادی دارد) و دیگر خواص فیزیکی منحصر بفرد آن می باشد.

خواص پلی اتیلن



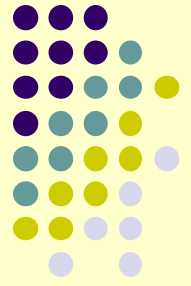
- ۱- پلی اتیلن انعطاف پذیری بی نظیری داشته و نیازی به افزودن نرم کننده ندارد. این امر موجب کاربرد آن در ساخت بطری های فشرده، فیلم ها و ورق ها می گردد.
 - ۲- مقاومت خوبی در مقابل بازها، اسیدها و نمکها (به استثنای مواد اکسیدکننده قوی) نشان می دهد. علت نگهداری پاک کننده ها در ظروف پلی اتیلن در مصارف خانگی همین امر است.
 - ۳- پلی اتیلن مقاومت خوبی در مقابل آب دارد که این امر بیانگر خواص مقاومت الکتریکی خوب آن و استفاده از آن در کابل های الکتریکی است.
- پلی اتیلن بر اساس فشردگی زنجیره مولکولی و دانسیته در سه نوع پلی اتیلن سنگین (**HDPE**) پلی اتیلن سبک (**LDPE**) و پلی اتیلن سبک خطی (**LLDPE**) تولید می شود.

پلی اتیلن سنگین (HDPE)



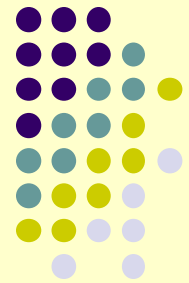
زنجیره مولکولی در این نوع پلیمر، فشرده است که همین عامل، باعث افزایش دانسیته آن می شود. لذا انعطاف پذیری به شدت کاهش می یابد. این نوع پلیمر گرچه مقاومت ضربه ای کمتری نسبت به پلی اتیلن سبک دارد، اما مقاومت آن در برابر مواد شیمیایی همانند مقاومت آن در برابر تنش های شکننده محیطی خوب است. لذا از این نوع پلیمر در انواع محصولات تجارتي مانند ظروف نگهدارنده سوخت، صندلی های مورد استفاده در فضای باز، اسباب بازی ها، لوله ها و مجراها استفاده می شود. نوعی دیگر از پلی اتیلن با دانسیته بالا با نام (UHMWPE) وجود دارد که البته در حجم کمتری متداول است. این نوع پلیمر، سخت تر و سفت تر از سایر انواع پلی اتیلن است.

پلی اتیلن سبک (LDPE)



پلی اتیلن به لحاظ فشردگی کم مولکولی از دانسیته پایین برخوردار است که همین امر، باعث افزایش انعطاف پذیری آن می شود. این خاصیت باعث شده که بیش از پنجاه درصد از تولید این محصول در ساخت فیلم و ورق جهت مصرف در روکش های طلقی شفاف، آسترهای بسته بندی، کاورها و چمدان ها مصرف گردد. همچنین جهت ساخت ظروفی مانند بطری های تحت فشار از این نوع پلیمر استفاده می شود. مصرف دیگر پلی اتیلن سبک، عایق کاری سیم و کابل و روکش کاغذ می باشد.

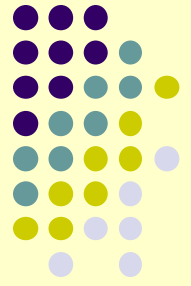
پلی اتیلن سبک خطی (LLDPE)



دانسیتته این نوع پلی اتیلن از پلی اتیلن سبک نیز کمتر می باشد. این نوع پلیمر در مقابل پارگی و سوراخ شدن، مقاومت و استحکام کشش بهتری را نشان می دهد. آمریکای شمالی، آسیا و اروپای غربی به ترتیب بزرگترین تولید کنندگان پلی اتیلن در جهان محسوب می شوند.

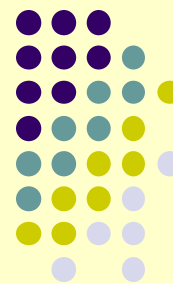
پلی اتیلن سبک خطی به دلیل ویژگی های منحصر بفردش چند سالی است که مورد توجه قرار گرفته و روند رو به رشدی را در تولید طی می کند. بطوریکه در سال ۲۰۱۳ مصرف این پلیمر، رقمی معادل ۲/۲۴ میلیون، یعنی ۲۹ درصد از انواع پلی اتیلن است.

پلی پروپیلن (PP)



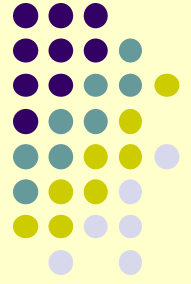
این نوع پلیمر با اختصاص ۲۱ درصد از مصرف جهانی پلیمرهای اساسی، رتبه دوم پرمصرف ترین پلیمر را به خود اختصاص داده است. قابلیت افزایش پرکننده، تقویت کننده و دیگر اصلاح کننده ها، پلی پروپیلن را مبدل به یک پلیمر پرمصرف و پرترفدار کرده است. بطوری که با بهبود خاصیت های قابل توجه در مواردی جایگزین پلیمرهای مهندسی نیز شده است. در سال ۲۰۰۳ ظرفیت تولید جهانی این نوع پلیمر به حدود ۳/۴۰ میلیون تن رسید.

موارد مصرف پلی پروپیلن (PP)

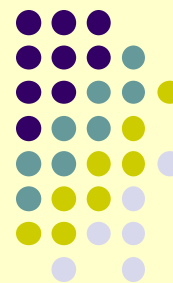


موارد استفاده این پلیمر، صنعت اتومبیل، تزئینات داخلی، پروانه ها، کف پوش اتومبیل، جعبه باطری و ... می باشد. همچنین در ساخت کابینت، رادیو و تلویزیون، اجزای ماشین ظرفشویی و لوله کشی بکار می رود. از پلی پروپیلن در ساخت فیلم جهت استفاده در صنایع بسته بندی مواد غذایی و نیز ساخت تک رشته ها و الیاف جهت استفاده در ساخت پستی، فرش و گونی استفاده می شود، زیلوها، پوشش های چمن مصنوعی، طناب ضدپوسیدگی و تورهای ماهیگیری و قلم موها از دیگر موارد استفاده پلی پروپیلن می باشند. مصرف جهانی پلی پروپیلن در سال ۲۰۱۳ بالغ بر حدود ۸/۶۰ میلیون تن بوده است.

پلی وینیل کلراید (PVC)



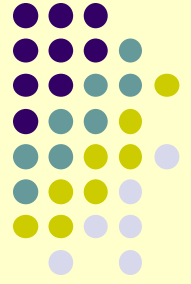
این پلیمر از لحاظ تولید، سرعت رشد خوبی را از خود نشان می دهد. از دلایل مهم این امر، تنوع زیاد این نوع پلیمر است. PVC می تواند به عنوان یک پلاستیک قوی و سفت بکار رود یا با انواع نرم کننده ها آمیزه کاری شده و پلاستیک انعطاف پذیر تولید کند. در تولید کیسه های خون که بوفور مورد استفاده قرار گرفته و جنبه حیاتی دارد، از همین پلیمر استفاده می شود. چرا که این پلیمر در عین انعطاف پذیر بودن، مقاومت بالایی از خود نشان می دهد.



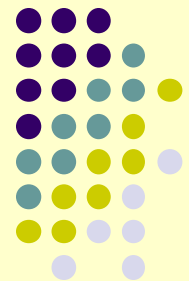
پلی وینیل کلراید (PVC)

از مزایای این پلیمر، مقاومت خوب آن در مقابل چربی ها، روغن ها، اسیدها و بازها می باشد. همچنین خواص نارسایی الکتریکی خوبی دارد و در برابر شعله مقاوم است. به علاوه PVC در مقابل آب، مقاومت خوبی دارد. بالاخره از مهمترین مزیت های این پلیمر نسبت به سایر پلاستیک ها، کیفیت بی نظیر آن است که سبب می شود به راحتی با انواع نرم کننده ها آمیخته شده و محصولات پلاستیکی از سخت ترین شکل تا انعطاف پذیرترین شکل را تولید کند. چنین تنوعی را هیچ پلاستیک دیگری نشان نمی دهد.

انواع پلی وینیل کلراید (PVC)



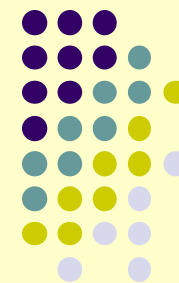
PVC در دو دسته عمده شامل انواع سخت و انعطاف پذیر تولید می شود. اگر PVC با نرم کننده آمیخته نشود و یا با مقدار کمی از آن آمیخته گردد، یک پلاستیک قوی و سخت بدست می آید. حوزه مصرفی نوع سخت این پلیمر، لوله و اتصالات ساختمانی و نیز استفاده در پوشش های خارجی و پاتل های ساختمانی است. PVC سخت در مواردی از قبیل مجاری فاضلاب، ناودان ها، لاستیک های درزگیر در و پنجره قطعات اتومبیل و کارت های اعتباری به مصرف می رسد.



مصارف پلی وینیل کلراید (PVC)

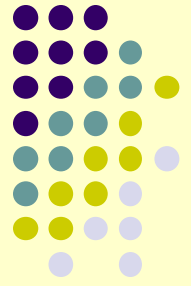
مصارف PVC انعطاف پذیر، متنوع است. از تولید انواع کاغذ دیواری و رومبلی تا تولید ورق و فیلم از جمله موارد استفاده این پلیمر می باشد. سایر کاربردهای آن در خط کشی استخرهای شنا، شیلنگ های باغچه ای، پرده های حمام، رومیزی ها و ... است. در حال حاضر، مصرف جهانی این پلیمر ۸/۳۸ میلیون تن است که رقمی معادل ۱۶ درصد از مصرف پلیمرهای اساسی را به خود اختصاص داده است. بررسی ظرفیت های تولید و میزان مصرف جهانی PVC بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ به طور متوسط رشد سالانه ۵/۴ درصد را نشان می دهد.

پلی اتیلن ترفتالات (PET)



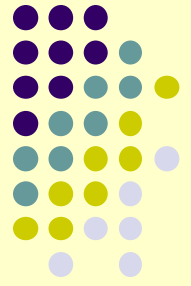
بدون تردید همه ما برای یکبار هم که شده نوشابه ها و نوشیدنی های گاز کربنیک دار را در ظرف پلاستیکی مخصوص دیده ایم، این پلاستیک ها که تحول عظیمی را در نگهداری مواد غذایی (مایعات) ایجاد کرده اند، گونه ای از پلیمرها تحت عنوان پلی اتیلن ترفتالات (PET) می باشند. این پلیمر از گستره مواد پلی استر است که در حال حاضر معادل ۱۸ درصد از کل مصرف جهانی پلیمرهای اساسی را به خود اختصاص داده است. این پلیمر سالهاست در تولید لیاف برای مصارف نساجی مورد استفاده قرار می گیرد. با این همه در سال های اخیر، مصرف آن به عنوان یک پلاستیک رو به رشد بوده است.

پلی اتیلن ترفتالات (PET)



استحکام بالای این پلیمر باعث شده که فشار بیش از ۱۰۰ psi را تحمل کرده و نیز در مقابل عبور دی اکسید کربن از خود مقاومت خوبی نشان دهد به همین دلیل است که PET برای نگهداری انواع نوشیدنی های گازکربنیک دار مورد استفاده قرار می گیرند. PET در صنایع بسته بندی مخصوصاً در بسته بندی مواد غذایی (که می تواند جوشانده شود)، نیز کاربرد خوبی دارد. از دیگر موارد استفاده این پلیمر، ساخت فیلم PET است که در فیلم های عکاسی و نوارهای ضبط مغناطیسی از آن استفاده فراوان می شود. PET در دو گرید الیاف و بطری تولید می شود.

انواع پلی اتیلن ترفتالات گرید بطری

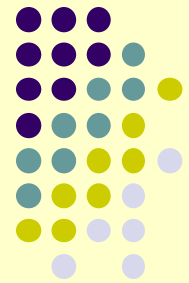


همانطور که قبلاً ذکر شد از این نوع پلیمر به سبب ویژگی های خاص خود در نگهداری انواع نوشیدنی ها از جمله نوشیدنی های گازکربنیک دار استفاده می شود. مصرف این گرید در جهان در سال ۲۰۱۳، ۱۹ میلیون تن در سال است که رقمی معادل ۵ درصد از مصرف جهانی انواع پلیمرها می باشد.

گرید الیاف

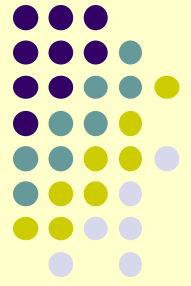
این نوع پلیمر در تولید انواع پارچه و پوشاک بکار می رود و همان پلی استر است که بهترین تشابه را با پنبه طبیعی دارد. در سال ۲۰۱۳ مصرف جهانی گرید الیاف، ۳۵ میلیون تن در سال است که رقمی حدود ۱۳ درصد از مصرف پلیمرهای اساسی و حدود ۵۵ درصد از مصرف الیاف مصنوعی را به خود اختصاص می دهد.

پلی استایرن (PS)



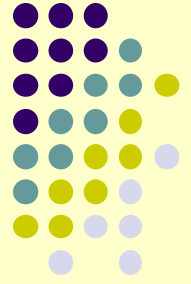
اولین بار در سال ۱۹۴۰ پلی استایرن توسط شرکت آلمانی صنایع فاربن (Industries I.G.Farben) تولید و به عنوان عایق در صنایع الکتریکی مصرف شد. در زمان جنگ جهانی دوم که راه ورود لاستیک طبیعی به آمریکا بسته شد، این پلیمر برای تولید لاستیک مصنوعی در آمریکا بکار گرفته شد. پس از جنگ که مجدداً ورود لاستیک طبیعی به آمریکا آغاز شد. مصرف پلی استایرن به مراتب کمتر از تولید آن بود. از این رو بازاریابی وسیعی برای مصرف پلی استایرن برای مصارف روزمره آغاز گشت، در نتیجه، امروزه پلی استایرن یکی از معروف ترین پلیمرهایی است که در اغلب صنایع مورد نیاز بوده و مصرف می شود.

پلی استایرن (PS)



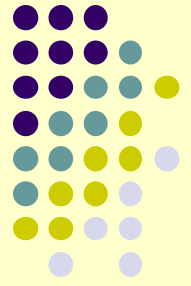
از جمله مواردی که باعث توسعه کاربرد این پلیمر شدند، شفافیت، شکل پذیری و قیمت اندک آن است که خود باعث ایجاد جایگاهی مخصوص در بین انواع پلیمر شد. ظرفیت تولید جهانی پلی استایرن با رشد متوسط سالانه ۷۵/۵ درصد از ۷/۸ میلیون تن در سال ۱۹۹۰ به ۱۸ میلیون تن در سال ۲۰۰۳ (بیش از دو برابر) رسیده است. این پلیمر برخلاف سایر پلیمرها، ویژگی بلوری نداشته و شفاف است. پلی استایرن در برابر جذب آب، مقاومت خوبی داشته و عایق حرارتی و الکتریکی بسیار خوبی است. این پلیمر حدود ۹ درصد از مصرف پلیمرهای اساسی را در بر می گیرد. PS در ۳ گرید HIPS (مقاوم در برابر ضربه)، GPPS (معمولی) و EPS (انبساطی) تولید می شود.

پلی استایرن گرید معمولی (GPPS)



این پلیمر به دلیل خواصی مانند مقاومت در برابر جذب رطوبت، نداشتن بو و مزه، عایق الکتریسیته بودن و نیز خاصیت قالب پذیری خوب با استقبال فراوانی رو به رو شده است. به همین جهت این پلیمر در ساخت وسایلی که این ویژگی ها در آنها مهم باشد، استفاده می شود. کاربردهایی همچون لوازم بهداشتی، ورزشی، صنایع اتومبیل سازی، لوازم خانگی، صنایع الکتریکی، کامپیوتر، پنکه، ریش تراش و ... از جمله موارد استفاده از این پلیمر می باشند.

پلی استایرن گرید مقاوم (HIPS)



پایین بودن ضربه پذیری گرید معمولی باعث شد که پلی استایرن اصلاح شده یا مقاوم،

بشدت رشد کرده و در رده پلیمرهای پرمصرف قرار گیرد. از خصوصیات برجسته گرید مقاوم، خواص

مکانیکی بخصوص ضربه پذیری خوب همراه با قیمت ارزان است که این خصوصیات باعث استفاده از

پلی استایرن با گرید مقاوم در ساخت انواع وسائل و تجهیزات شده است. اصلاح پلی استایرن، موجب

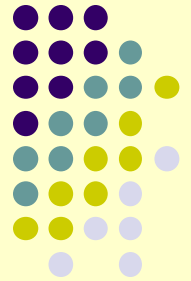
افزایش چقرمگی و استحکام ضربه ای می گردد. البته این اصلاح بر شفافیت پلی استایرن اثر منفی

دارد. پلاستیک های PS اصلاح شده با لاستیک معمولاً در ساخت تلویزیون و لوازم خانگی، قسمت

داخل یخچال (سینی ها، طبقات و پوشش های داخلی) و ظروف نگهدارنده استفاده می شوند. مصرف

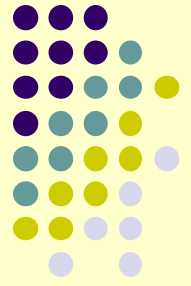
کنونی این گرید همراه با گرید معمولی حدود ۸/۱۵ میلیون تن است.

پلی استایرن گرید انبساطی (EPS)



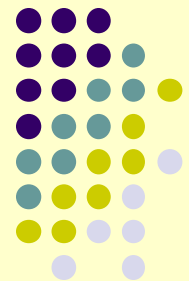
پلی استایرن که در بلوک های پلاستوفرم به عنوان عایق برودتی در سردخانه ها و یخچال های صنعتی، خانه های پیش ساخته، انواع فوم های بسته بندی لوازم برقی و الکترونیکی و انواع یخدان و ... بکار می رود، از نوع انبساطی می باشد. مصرف کنونی گرید انبساطی در جهان، حدود ۱۱/۵ میلیون تن است .

اکریلو نیتریل – بوتادین – استایرن (ABS)



علت اصلی کاربرد این نوع پلیمر خواص تقریباً بی نظیر ترکیبی آن است. یعنی هم سفت است و هم چقرمه. اکریلونیتریل در این نوع پلیمر باعث افزایش استحکام و مقاومت شیمیایی می شود، بوتادین خاصیت چقرمگی و استحکام ضربه ای را افزایش می دهد و استایرن برای افزایش سفتی و جلا مورد استفاده قرار می گیرد. مقاومت این پلاستیک در برابر مواد شیمیایی، حلال ها و رطوبت خوب است. از طرف دیگر، توانایی آن برای آمیخته شدن به منظور سفتی و انعطاف پذیری زیاد می باشد.

اکریلو نیتریل – بوتادین – استایرن (ABS)



از این نوع پلیمر در ساخت لوله و اتصالات، قطعات اتومبیل، ساخت لوازم خانگی از قبیل جاروبرقی، آستر در یخچال و جعبه رادیو و تلویزیون، داشبورد اتومبیل، فرمان اتومبیل، تلفن، سینی ها، مبلمان، قایق ها و .. استفاده می شود. ABS این ویژگی را نیز دارد که با PVC ترکیب شده و ایازی با مقاومت ضربه ای بیشتر را بوجود آورد.



انواع محصولات پلیمری تولید داخل کشور و کاربرد آنها در صنایع پایین دستی

کاربرد	نام محصول
لوله های تحت فشار و مقاوم، وسایل خانگی (بدنه یخچال، ماشین لباسشویی و ...)، ظروف یک بار مصرف، انواع بطری، بدنه باطری، سرنگ طبی، موکت، فرش، گونی پلاستیکی، لوازم ورزشی، قطعات اتومبیل، حصیر، روکش سیم و کابل	پلی پروپیلن PP
وسایل منزل، اسباب بازی، نوار چسب، کیسه های پلاستیکی، کاغذ زوروق، فیلم، قطعات اتومبیل، لوازم ورزشی و آزمایشگاهی، لوله، ظروف خانگی	پلی اتیلن سبک خطی و سبک LLDPE و LDPE
جعبه های حمل و نقل، مخازن کالا، ظروف بسته بندی، مواد شیمیایی و مواد غذایی، لوازم بهداشتی، انواع کیسه های پلاستیکی مانند ساک های دستی و کیسه های فریزر، لوله های فاضلاب و سایر لوله ها، انواع فیلم و بطری	پلی اتیلن سنگین HDPE
تایر خودرو، تسمه و نوارهای نقاله، مصنوعات اسفنجی، ادوات لاستیکی	لاستیک پلی بوتادین PBR
تایر خودرو، قطعات لاستیکی، کفش، واشر، چسب، درزگیر	استایرن بوتادین SBR
تولید لوله اتصالات، روکش کابل، شیلنگ، شمع، کفش، کف پوش	پلی وینیل کلراید PVC



عایق برودتی در سردخانه‌ها و یخچال‌های صنعتی و خانه‌های پیش‌ساخته، انواع فوم‌های بسته‌بندی و انواع یخدان و ترموس	پلی استایرن انبساطی EPS
ظروف یکبار مصرف، وسایل الکترونیکی، بدنه ساعت، تلویزیون و رادیو، لوازم ورزشی، اسباب بازی، عایق برودتی در بدنه یخچال، فریزر و وسایل خانگی	پلی استایرن معمولی GPPS
لوازم ورزشی، اسباب بازی، عایق برودتی در بدنه یخچال، فریزر و وسایل خانگی	پلی استایرن مقاوم HIPS
صنعت اتومبیل سازی، سینک آشپزخانه و وان، لوازم برقی و الکتریکی (شامل بدنه آبمیوه‌گیری، جاروبرقی، یخچال و فریزر، تلویزیون و کامپیوتر)	اکریلو نیتریل-بوتادین-استایرن ABS
الیاف و فیلم پلی استر، ترکیب با کتان برای تولید نساجی، ترکیب با پشم برای تولید پشم مرغوب	الیاف پلی اتیلن ترفتالات (PET Fibers)
بطری انواع نوشابه، فیلم بسته بندی، نوار ضبط صوت	پلی اتیلن ترفتالات PET
محصولات قالب‌گیری، صنایع الکترونیک و روشنایی، لوله و اتصالات، ورق	پلی کربنات PC
رنگ‌های صنعتی، پوشش لوله، افزودنی به بتون، قطعات ویژه پلاستیکی (محصولات قالب‌گیری)، کفپوش	رزین اپوکسی