منسوجات فنی

مروری بر روش‌های بازیافت پلی‌استر PET

ترجمه: مهندس شاهین کاظمی*

مقدمه

پلی اتیلن ترفتالات (PET) مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین عضو خانواده پلی استرها است. در ابتدا و آغاز استفاده تجاری، از این پلیمر تنها جهت تولید الیاف مصنوعی در صنعت نساجی استفاده می شد و با توجه به طول عمر استفاده از منسوجات فرآیند بازیافت آن مبحث قابل توجهی محسوب نمی شد، اما در طی ۳۰ سال گذشته و با گسترش استفاده از این پلیمر در صنایع بسته بندی به منظور تولید بطری و یا فیلم (در حال حاضر بیش از ۶۰٪ PET تولید شده در جهان در صنعت نساجی جهت تولید الیاف مصنوعی، ۳۵٪ جهت تولید بطری یکبار مصرف و کمی کمتر از ۵٪ جهت تولید فیلم مورد استفاده قرار می گیرد) و با توجه به ماهیت یکبار مصرف بودن این کالاها مساله بازیافت این پلیمر بسیار حائز اهمیت گشته است. (شکل ۱)

هدف از فرآیند بازیافت ایجاد قابلیت استفاده مجدد از کالاهای پلیمری ساخته شده و یا نیمه ساخته شده می باشد. با استفاده از فرآیند بازیافت می‌توان محصولات و قطعات معیوب را نیز دوباره وارد فرآیند اصلی تولید نمود. (شکل ۲)

بطورکلی تکنولوژی بازیافت را می توان به دو دسته بازیافت فیزیکی و شیمیایی تقسیم بندی نمود. البته باید توجه داشت که تعدادی از محققین فرآیند سوزاندن صنعتی و تبدیل مواد پلیمری به انرژی حرارتی و استفاده از آن‌را نیز نوعی از فرآیند بازیافت تلقی می کنند که با توجه به عدم استفاده تجاری از آن در مورد پلی استرها بخصوص PET در این مقاله به آن پرداخته نشده است.

در فرآیند بازیافت شیمیایی غالباً ساختار پلیمر تخریب شده و به مواد اولیه خود تبدیل می شود ولی در فرآیند بازیافت فیزیکی ساختار اولیه پلیمر تا حد ممکن حفظ می شود و با انجام اصلاحاتی جهت تغییر شکل مجدد آماده می شود.

به عنوان مثال در فرآیند بازیافت شیمیایی نایلون یا پلی آمید ۶ (PA۶) به کاپرولاکتم تبدیل و پلی اتیلن ترفتالات (PET) به مواد اولیه خود یعنی اسید ترفتالیک (TPA) یا دی متیل ترفتالات (DMT) و اتیلن گلایکول (EG) تبدیل می شود. البته استفاده از این فرآیند تنها در مقیاس‌های بسیار بزرگ با ظرفیت بیش از ۵۰۰۰۰ تن در سال مقرون به صرفه است و تا به امروز تنها در شرکتهای بسیار بزرگ تولیدکننده PET نظیر ایستمن ، دوپونت ، کوسا و ... از این روش استفاده شده است.

با توجه به این موضوع تنها چرخش و استفاده مجدد از مواد پلیمری به همان صورت پلیمری در صنایع با ظرفیت متوسط در حد ۱۰۰۰۰ تن در سال مقرون به صرفه است. در این روش مواد و قطعات پلیمری تنها با تغییر شکل و عدم تخریب ساختار پلیمری خود جهت استفاده مجدد در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال می توان فیلم های پرک شده را در فرآیند تولید فیلم و یا پرک های بطری را در فرآیند تولید بطری مجدداً مورد استفاده قرار داد. (شکل ۳)

در تمام فرآیندهای بازیافت کنترل میزان آلاینده ها و مواد خارجی همراه

با پلیمر بسیار حائز اهمیت است، بهمین دلیل در تمام این فرایندها نیازمند استفاده از سیستم های خاص فیلتراسیون می باشیم.
البته باید توجه داشت که آلاینده های همراه پلیمر را نیز می توان به دو گروه آلاینده ها و ناخالصی های شیمیایی و ناخالصیهای فیزیکی تقسیم بندی نمود که با توجه به ماهیت فرآیند و نوع محصول نهایی برطرف سازی یک و یا هر دوی آنها بسیار مهم می باشد.
با توجه به تمایل تولیدکنندگان به استفاده از قطعات پلیمری ضایعاتی در سیستم تولید همان محصول که جهت استفاده از مواد نو طراحی شده است (به‌عنوان مثال استفاده از پرک های بطری و یا خرده های پیش شکل در فرآیند تزریق و قالب‌گیری تولید پیش شکل) استفاده از تجهیزات خاص فیلتراسیون در این دستگاهها بیش از گذشته رایج گشته است.
در مقایسه با سیستم های فیلتراسیون رایج، فیلترهای مورد استفاده در صنایع بازیافت مواد پلیمری باید از قابلیتهای ذیل برخوردار باشند:
• کارکرد با اندازه‌ی مختلف مواد ورودی (پرکهای با اندازه های مختلف)
• کارکرد با مواد ورودی با میزان قابل توجهی ناخالصی و مواد آلاینده که بطور کاملاً نامنظم در ماده قرار دارند.
• فرآیند کاملاً ثابت و یکنواخت
• کوتاهترین زمان ماندگاری جریان مواد در پشت فیلتر
• فیلتراسیون بسیار دقیق در محدوده ۵۰-۲۰ میکرون
با توجه به این موضوع تنها فیلترهای اتوماتیک و دوار که با فشار ثابت کار می‌کنند و می توانند تمام قابلیتهای فوق را داشته باشند در صنایع بازیافت پلیمری مورد استفاده قرار گرفته اند.

اصول عملکردی

تعداد عیوب پلیمری در حین فرآیند تولید یک قطعه یا محصول از یک ماده پلیمری و حتی در حین استفاده از آن قطعه دائماً در حال افزایش است. در مورد پلی استر (PET) تعدادی از این عیوب را می توان به صورت ذیل دسته بندی نمود:
• عامل: تبدیل گروههای انتهایی فعال به گروههای مرده (غیرفعال). به عنوان مثال تشکیل گروهای انتهایی وینیل استری از طریق واکنش دی‌هیدراسیون (آبگیری) یا دی کربوکسیلاسیون اسید ترفتالیک و یا واکنش گروه‌های انتهایی هیدروکسیل (OH) یا کربوکسیل (COOH) با مواد تخریب کننده تک‌عاملی
o نتیجه: کاهش در میزان فعالیت شیمیایی (واکنش پذیری) و پهن شدن توزیع وزن مولکولی
• عامل: افزایش میزان گروه انتهایی کربوکسیل (COOH) در اثر واکنش تخریب حرارتی و یا اکسیداسیونی
o نتیجه: کاهش در میزان فعالیت شیمیایی (واکنش پذیری) و افزایش خاصیت خود کاتالیزوری اسیدی در واکنشهای تخریب حرارتی در حضور رطوبت
• عامل: افزایش تعداد بزرگ مولکولهای چندعاملی
o نتیجه: افزایش رشد شاخه ها و زنجیرهای جانبی در مولکول و در نتیجه افزایش تجمع و ایجاد ژل
• عامل: افزایش تعداد، اندازه و تنوع مواد خارجی آلی و غیرآلی مشابه پلیمر
o نتیجه: با اعمال هرگونه تنش حرارتی جدید این مواد آلی خارجی همانند یک تخریب گر عمل نموده و منجر به آزادسازی مواد حمایت کننده تخریب بیشتری می شوند که در نتیجه آن پلیمر تغییر رنگ می دهد.
• عامل: با توجه به طول عمر محدود پلیمر در مجاورت هوا، رطوبت و تابش اشعه نور ماورا بنفش در حین فرآیند بعدی تعدادی گروه هیدروپراکسید بر سطح پلیمر ایجاد می شود که می توانند همانند رادیکال آزاد اکسیژن عمل نمایند.
o نتیجه: در حین فرآیند ذوب و یا حتی قبل از آن امکان انجام واکنش تخریب هیدروپراکسیدی افزایش می یابد.
در حین رخ دادن واکنشهای فوق تعدادی از پارامترهای قابل اندازه گیری پلیمر دچار تغییر می شود که عبارتند از:
- افزایش گروههای انتهای کربوکسیل (COOH)
- افزایش عدد رنگی b
- مات شدن پلیمر (در مورد PET شفاف)
- افزایش میزان الیگومرها
- افزایش پارامتر شاخص فیلتر
- افزایش میزان مواد و محصولات جانبی نظیر استالدهید و فرمالدهید
- کاهش عدد رنگی L
- کاهش میزان ویسکوزیته ذاتی (IV) و یا ویسکوزیته دینامیکی
- کاهش دمای بلورینگی و افزایش دمای ایجاد بلورینگی
- کاهش در مقاومت مکانیکی
- پهن شدن منحنی توزیع وزن مولکولی

آلاینده زدایی

موفقیت هر فرایند بازیافت به میزان زیادی به عملیات آلاینده زدایی بستگی دارد. راندمان عملیات آلاینده زدایی نیز به محل اجرای آن در بین فرایندهای مختلف، میزان آن و نحوه اجرای آن وابسته است. بطورکلی می توان گفت که هرچقدر عملیات آلاینده زدایی زودتر انجام شود و هرچقدر که میزان آن بیشتر باشد فرایند بازیافت از راندمان عملکردی بیشتری برخوردار خواهد شد.
با توجه به دمای ذوب بسیار بالای PET (در مقایسه با سایر پلیمرهای مشابه)، در حین فرایند ذوب این پلیمر تقریباً تمام آلاینده های همراه با آن نظیر پلی وینیل کلراید (PVC)، کاغذ، پلی وینیل استات (PVAc)، چسب، مواد رنگزا، باقیمانده های پروتئینی و ... تخریب شده، تغییر رنگ می‌دهند و مواد فعالی از خود آزاد می کنند. به همین دلیل در حین فرآیند ذوب کردن PET میزان آسیب‌های زنجیر پلیمری با افزایش میزان این آلاینده ها افزایش قابل ملاحظه ای می یابد. بطورکلی توزیع اندازه ذرات آلاینده فیزیکی نامحلول همراه با پلیمر بسیار وسیع است. ذرات بزرگ آلاینده با اندازه بزرگتر از ۶۰ میکرون که با چشم نیز قابل مشاهده هستند و می توان آنها را به راحتی نیز فیلتر نمود به دلیل کم بودن نسبت سطح به حجم از سرعت تخریب نسبتاً پایین‌تری نسبت به سایر مواد برخوردار هستند. با توجه به این مساله می توان متوجه شد که تاثیر ذرات آلاینده بسیار ریز بر روی آسیب‌های زنجیر پلیمری (در صورت زیاد بودن این ذرات) بسیار بیشتر از ذرات آلاینده بزرگ است. اما امروزه با توجه به اینکه هنوز شعار "هر چیزی که توسط چشم دیده شود، قلب بدان وابسته می‌شود" از مقبولیت عام تری برخوردار است در بسیاری از فرآیندهای بازیافت جداسازی آلاینده هایی که توسط چشم دیده می شود از اهمیت بیشتری نسبت به سایر آلاینده های ریز برخوردار است.

بازیافت شیمیایی

گلایکولیز

در فرآیند گلایکولیز یا گلایکولیز جزئی با اضافه نمودن اتیلن گلایکول یا سایر انواع گلایکولها پلیمر پلی استر به الیگومر تبدیل می شود. در بین مراحل مختلف عملیات گلایکولیز از فیلترهای مختلفی استفاده می شود که این فیلترها ناخالصی‌های فیزیکی را از پلیمر جدا می کنند. آخرین فیلتر از سلسله فیلترهای مورد استفاده در این سیستم نقش تعیین کننده ای بر روی خلوص کیفی محصول دارد.

در این سیستم نمی توان از فیلترهای شمعی و یا فیلترهای صفحه ای متداول استفاده نمود، زیرا در صورت استفاده از این فیلترها ناخالصی‌های آلاینده برای مدت زمان زیادی در پشت فیلتر در بین جریان پلیمر باقی می مانند و با تخریب، ذرات مخربی را در محلول گلایکولی آزاد می کنند. به‌همین دلیل در این فرآیند تنها می توان از فیلترهای اتوماتیک که به صورت خودکار و مداوم سطح تمیز فیلتر را در مقابل جریان پلیمر قرار می دهند و توده مواد آلاینده ای را که در پشت فیلتر جمع شده است را بطور مداوم و به سرعت از جریان مذاب خارج می سازند استفاده نمود. یکی از مهمترین مسائل در هنگام استفاده از فیلترهای اتوماتیک در صنایع بازیافت عدم یکنواختی در میزان ناخالصیها و آلاینده ها است که فیلتر باید به خوبی سرعت چرخش خود را با آن تطبیق دهد.

به عنوان مثالی از این روش می توان به فرآیند گلایکولیز جزئی در حالت بسته (غیر مداوم) جهت تبدیل پرکهای بطری به چیپس پلی استر مناسب جهت کاربردهای نساجی اشاره نمود.

بدین منظور پس از ذوب نمودن پرکهای بطری در اکسترودرهای تک مارپیچه و یا دو مارپیچه و اضافه نمودن مقادیر بسیار کمی اتیلن گلایکول به سیستم، ویسکوزیته ذاتی (IV) مذاب پلیمر تا حد ۰/۳ dl/g افت می کند. در این‌حالت محلول مذاب به سرعت از فیلتر دستگاه عبور می نماید تا ناخالصی‌های آن گرفته شود. ظرفیت این سیستم بسته با توجه به اندازه مخازن تا حد ۳۰ تن در روز نیز می تواند ارتقا یابد.

با توجه به نوع و ماهیت مواد مورد استفاده در این سیستم ابتدا از یک فیلتر با اندازه حفرات ۶۰ میکرون و سپس از فیلتر ظریفتری با اندازه حفرات ۶ میکرون جهت تصفیه جریان مذاب استفاده می شود.

جهت ساده سازی این فرآیند می توان قسمتهای مختلف دستگاه را تا حدی با هم ادغام نمود و از یک فیلتر پک سه لایه با اندازه حفرات ۲۰۰، ۶۰ و ۶ میکرون استفاده نمود.

با توجه به حساسیت بسیار زیاد این سیستم، دمای فرآیند تا حد امکان پایین نگهداشته می شود. همچنین در این‌حالت دیگر نیازی به استفاده از هیدروپراکسیدها نیز نمی باشد، درحالیکه در سایر فرآیندها پرک بطری در آخرین مرحله توسط این ماده تحت عملیات قرار می گیرد.

جریان مذاب پلی استر نیمه گلایکولیزه شده که از فیلتر عبور نموده است پس از این مرحله بطور مداوم به راکتور استری شدن تغذیه می شود (البته باید توجه داشت که میزان مواد اولیه ورودی به سیستم بسیار مهم است).

فرآیندی که تا این قسمت توضیح داده شد را می توان تبدیل ضایعات پلی‌استری از طریق فرآیند گلایکولیز به بیس-بتا هیدروکسی ترفتالات نامید که محصول پس از بلوری شدن می تواند مشابه اسید ترفتالیک خالص (PTA) و یا دی متیل ترفتالات (DMT) در فرآیند پلیمری شدن پلی اتیلن ترفتالات مورد استفاده قرار بگیرد.

یکی از نکات بسیار مهم در مورد این فرآیند که معمولاً در دمایی بیشتر از ۲۲۰ درجه سانتیگراد انجام می شود ضایعات و رسوباتی است که حتی تا اندازه ۳ میکرون باید فیلتر شوند و در اسرع وقت از سیستم خارج شوند.

هیدرولیز

فرایند هیدرولیز پلی اتیلن ترفتالات و تبدیل آن به اسید ترفتالیک (TPA) و اتیلن گلایکول (EG) در فشار بالا و در شرایط فوق بحرانی انجام می شود. در این فرآیند پرکهای بطری مستقیماً تحت عملیات هیدرولیز قرار می گیرند و تنها زمانی که اسید ترفتالیک بلوری شده و به اسید استیک تبدیل می شود می توان ضایعات و رسوبات فیزیکی را جدا نمود.

البته باید توجه داشت که تا به امروز این فرآیند نتوانسته است از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس صنعتی تبدیل شود.

متانولیز

متانولیز از جمله فرآیندهایی است که پس از طی نمودن مراحل آزمایشی توانسته است به صورت صنعتی نیز مورد استفاده قرار بگیرد. در این فرایند پرک بطری تحت فشار و در حضور متانول و کاتالیزور به دی متیل ترفتالات تبدیل می شود، به‌همین دلیل در این فرآیند نیز فیلتراسیون بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به توضیحات فوق به راحتی می توان متوجه شد که فرآیندهای بازیافت پلی استر نیز همانند فرایندهای تولید آن از تنوع بسیار زیادی برخوردار است.

امروزه از پلی استر بازیافتی می توان در تمام فرآیندها به غیر از فرآیندهایی که به مواد با خلوص بالا نیاز است نظیر تولید فیلم ویدئو، نخهای کاملاً کشیده شده (FDY) که در سرعت بالا تولید می شوند و یا الیاف بسیار ظریف استفاده نمود.

در حال حاضر تعدادی از شرکتهای معتبر ماشین سازی اروپا نظیر بوهلر، ارما، او اچ ال ماشین آلات بازیافت پلی استر را عرضه می کنند. بر طبق ادعای شرکتهای مذکور این ماشین آلات می توانند محصولاتی منطبق با استانداردهای FDA را تولید نمایند، به‌همین دلیل می توان از محصول این دستگاهها جهت بسته بندی مواد غذایی نیز استفاده نمود.

تولید چیپس آمورف از ضایعات بطری

فرایند: در این فرایند ابتدا بطری به صورت پرک (شکل ۵) در می آید و پس از طی مراحل شستشو و خشک کردن ذوب شده و جریان مذاب پلیمر فیلتر می‌شود و در انتها دوباره به صورت چیپس در می آید.

محصول: چیپس پلی استر آمورف با ویسکوزیته ذاتی ۰/۷۰ – ۰/۵۰ dl/g که میزان آن رابطه مستقیمی با فرآیند خشک کردن دارد.

ویژگی‌ها: محصول این فرآیند حاوی استالدهید و الیگومر است. ویسکوزیته آن نسبتاً کم می باشد. چیپس تولیدی آمورف است و قبل از استفاده باید تحت فرآیندهای بلورینگی و خشک کردن قرار بگیرد.

کاربردها: از محصول این فرآیند می توان در صنایع نساجی جهت تولید الیاف مصنوعی و منسوجات بی بافت و در صنایع بسته بندی جهت تولید فیلم اتاکتیک و یا ظروف بسته بندی استفاده نمود.

تولید چیپس بلوری از ضایعات بطری

فرآیند: این فرآیند نیز از لحاظ کلی مشابه فرآیند قبل است منتهی در انتهای

آن چیپس‌های تولید شده مستقیماً (بطور مداوم و یا غیر مداوم) تحت فرآیند ایجاد بلورینگی قرار می گیرند و پس از آن نیز با عبور از یک راکتور لوله ای و یا حتی راکتورهای بسته تحت عملیات پلیمری شدن در حالت جامد (SSP) قرار می گیرند.

محصول: چیپس پلی استر کاملاً بلوری و با ویسکوزیته ذاتی ۰/۸۰ dl/g (IV) که میزان آن رابطه مستقیمی با فرایند SSP دارد.

ویژگیها: میزان استالدهید همراه چیپس پلی استر تولید شده در این روش کمتر از ppm ۱ است.

تبدیل مستقیم پرک بطری به کالای نهایی

به منظور صرفه جویی در هزینه های تولید تحقیقات بسیار زیادی بر روی فرآیند تبدیل مستقیم پرک بطری شسته شده و تمیز به کالای نهایی و یا فیلم اتاکتیک پلی استر صورت پذیرفته است. در این تکنولوژی جهت تنظیم میزان ویسکوزیته ذاتی (IV) در حد مورد نیاز شاید لازم باشد که از فرآیند پلیمری شدن در فاز مذاب و یا پلیمری شدن تراکمی در فاز جامد (SSP) نیز استفاده شود.

وجه اشتراک در تمام فرآیندهای فوق لزوم استفاده از یک سیستم فیلتراسیون مداوم و اتوماتیک است که بتواند در حد ۶ میکرون ناخالصی ها را از جریان مذاب خارج سازد.

بازیافت مستقیم و تولید الیاف

یکی از فرآیندهای بازیافت بسیار رایج و یا شاید رایج ترین آنها، تبدیل مستقیم پرک بطری به الیاف در فرآیند ذوب ریسی است که در ایران نیز همانند سایر کشورها بیش از روش‌های دیگر مورد توجه قرار گرفته است.

جهت تولید الیاف فیلامنتی نیمه آرایش یافته (POY) ویسکوزیته مواد اولیه باید در محدوده ۰/۶۴ dl/g – ۰/۶۲ قرار داشته باشد. در صورتیکه از پرک بطری به عنوان ماده اولیه استفاده شود میزان ویسکوزیته ذاتی را می توان با فرآیند خشک کردن کنترل نمود. جهت ایجاد حالت ظاهری مطلوب در این فرآیند باید از مستربچ های حاوی دی اکسید تیتانیوم TiO_2 نیز استفاده نمود. در این فرآیند نیز جهت تولید اقتصادی و جلوگیری از صدمه دیدن اسپینرت‌ها باید از یک سیستم فیلتراسیون مناسب استفاده نمود.

جهت تولید الیاف استیپل حساسیت ویسکوزیته نسبتاً کمتر از فرآیند تولید الیاف فیلامنتی است. در این فرآیند نیز جهت افزایش زمان عمر مفید پک ریسندگی باید از یک سیستم فیلتراسیون مناسب استفاده نمود. جهت تولید منسوجات بی بافت به روش ذوب ریزی نظیر سیستم های اسپان باند و یا ملت بلون نیز می توان از پرک بطری به عنوان ماده اولیه استفاده نمود. در این فرآیندها نیز ویسکوزیته پلیمر باید در حد ۰/۶۴ dl/g قرار داشته باشد.

همانگونه که مشخص است در تمام سیستمهای ذوب ریسی استفاده از سیستم فیلتراسیون مناسب جهت تولید محصول یکنواخت و اقتصادی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

بازیافت مستقیم و تولید طناب و یا تسمه

استفاده از مواد اولیه بازیافتی و یا پرک جهت تولید تسمه و یا نخهای منوفیلامنتی نیز در چند سال اخیر بسیار رایج و متداول گشته است. در هر دوی این فرآیندها ویسکوزیته ذاتی مواد اولیه باید به کمک فرآیند پلیمری شدن تراکمی در فاز مذاب و یا جامد (SSP) تا حد ۱/۵۰ dl/g – ۱/۰۰ افزایش یابد. جهت افزایش استحکام این مواد همانند فرآیند تولید نخ‌های صنعتی از مکانیزم کشش چندمرحله ای استفاده می شود. بهمین دلیل پلیمر مورد استفاده در این فرآیند باید از طول زنجیر مولکولی مناسبی برخوردار باشد. با توجه به این موضوع در این سیستمها می توان فیلترهای با حفرات بزرگتر تا حد ۷۰ میکرون را نیز مورد استفاده قرار داد.

بازیافت مستقیم و تولید قطعات پلاستیکی

در صورتیکه بخواهیم از پرکهای بطری جهت تولید قطعات پلاستیکی به شکل تزریق استفاده نماییم می توان از فیلترهای با حفرات بزرگتر تا حد ۱۰۰ – ۶۰ میکرون استفاده نمود. در بسیاری از موارد جهت این کاربردها الیاف شیشه نیز به پلیمر اضافه می شود تا قطعات کامپوزیتی تولید شود که در این موارد غالباً استفاده از فیلتر بی معنی است.

جمع بندی

با توجه به تنوع فرآیندهای بازیافت، نحوه اجرای عملیات آلاینده زدایی نیز در این فرآیندها متفاوت است، ولی می توان یک قانون کلی جهت اجرای عملیات فیلتراسیون وضع نمود:

ناخالصی‌ها هر چقدر زودتر و کاملتر از جریان مواد خارج شوند کیفیت محصول نهایی بهتر خواهد شد. یکی دیگر از مسائل بسیار مهم در این حوزه مربوط به این قضیه می باشد که باید حتی الامکان سعی نمود ناخالصی‌های همراه پلی‌اتیلن ترفتالات را قبل از ذوب کردن آن جدا نمود، زیرا با توجه به دمای ذوب بسیار بالای این پلیمر در حین اجرای فرآیند ذوب کردن بسیاری از این مواد تخریب می شوند و موادی تولید می کنند که موجب آسیب رساندن به زنجیر پلیمری پلی اتیلن ترفتالات می شود. شواهد این مساله را می توان در افت خواص مکانیکی و تغییر رنگ پلیمر دید.

جهت انجام عملیات فیلتراسیون باید از سیستم‌هایی استفاده نمود که میزان باقی ماندن توده مواد ناخالصی پشت فیلتر در حداقل ممکن باشد و هیچگونه توقفی در عملیات جهت تمیز کردن فیلتر ایجاد نشود. بدین منظور تنها استفاده از فیلتر با قابلیت تغییر سطح فیلتراسیون یا اصطلاحاً فیلترهای دوار ممکن می باشد.

در حال حاضر نزدیک به ۵۷٪ از PET بازیافتی در صنایع نساجی جهت تولید الیاف مصنوعی مورد استفاده قرار می گیرد، نزدیک به ۱۵٪ جهت تولید تسمه‌های بسته بندی، ۱۶٪ جهت تولید بطری و ظروف بسته بندی مواد غذایی و مابقی در سایر کاربردها نظیر تولید فیلم و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۶)

پی نوشت:
*دانشجوی دکتری مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

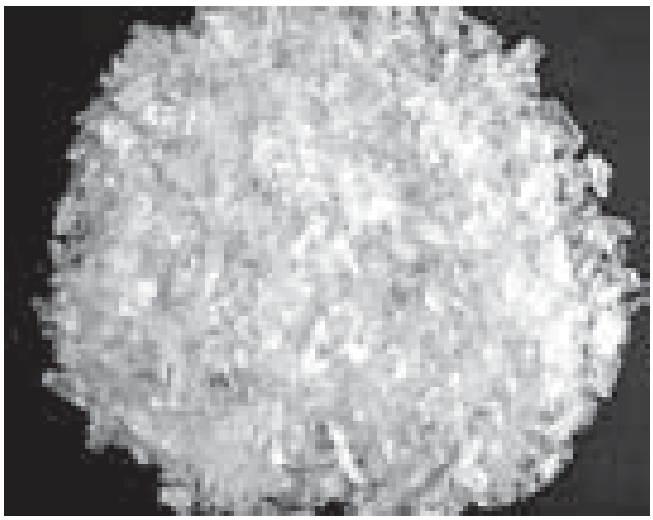
ماخذ:

Thiele, U.K., Gneuss, D., "Recycling concept for polyester", Chemical Fibers international, Vol. 51, June 2001, pp. 224-226.

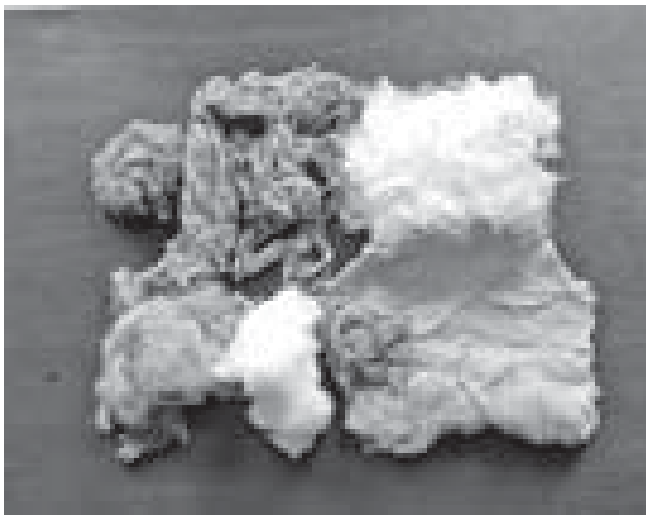
شکل ۱- علامت بازیافت PET

شکل ۲- محل جمع آوری بطری

شکل ۳- استفاده از پرک بطری شسته شده در تولید مجدد بطری



شکل ۴- ضایعات الیاف و منسوجات



شکل ۵- پرک بطری شسته و تمیز شده

شکل ۶- سهم صنایع مختلف از PET بازیافتی