

## امکان سنجی بازیافت بطریهای پلاستیکی (PET) دور ریز در بخش گردشگری

شهرزاد خرم نژادیان<sup>۱\*</sup>، امید محمد علیخان<sup>۲</sup>

۱- گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، تهران، ایران

۲- شرکت گردشگری رز آبی پارسین

ایمیل نویسنده مسئول: khoramnezhadian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

چکیده

یکی از پرسودترین صنایع عصر حاضر صنعت گردشگری میباشد که در بسیاری از مناطق جهان صنعت اول آن منطقه میباشد و تعداد زیادی از طریق آن امرار معاش مینمایند. گردشگری آلودگی زیست محیطی خاص خود را به همراه دارد. بطریهای آب یکی از پر حجمترین پسماندهای این بخش میباشد. در بسیاری از محیطهای طبیعی با پسماندهای پلاستیکی و بطریهای آب و نوشیدنی روبرو هستیم. در این پژوهش پلی اتیلن ترفتالات بازیافت شده از بطریهای بخش گردشگری و همچنین مسائل زیست محیطی مرتبط با آن بررسی شده است. پلاستیکیهای بازیافتی نسبت به مواد نو دارای خواص ضعیفتری میباشد که میتواند کاربرد آنها را محدود نماید. پلی اتیلن ترفتالات بدلیل داشتن خواص مهندسی بالا گزینه مناسبی جهت کاربردهای مختلف می باشد. این ماده به علت داشتن مزایای فراوان کاربردهای ویژه ای دارد. از طرف دیگر این ماده پس از بازیافت علیرغم داشتن شرایط ایده آل، برای کاربردهای مهندسی مشکلاتی از جمله شکنندگی در دماهای پایین، مقاومت ضربه ای ناچدار ضعیف بویژه در دماهای پایین، پایداری ابعادی پایین نسبت به پلی کربنات و غیره دارد. در این پژوهش از طریق آلیاژسازی با پلی کربنات مشکلات خواص این ماده بویژه در دماهای پایین برطرف گردیده است. در این پژوهش از طریق آلیاژسازی ماتریس پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات خواص این ماده بهبود داده شده است. با استفاده از این روش میتوان بطریهایی را که در طبیعت و بخشهای مختلف دور انداخته شده اند را بازیابی نمود و به چرخه تولید برگرداند.

کلمات کلیدی

"پلی اتیلن ترفتالات"، "بازیافتی"، "آلیاژسازی"، "مسائل زیست محیطی".

۱- مقدمه

اگرچه گردشگری تأثیرات مثبت بسیاری بر بهبود معیشت ساکنین مناطق دارد، اما تأثیرات منفی آن نیز به حدی می باشد که اگر توجه کافی به آن نداشته باشیم میتوانیم صدمات جبران ناپذیر بسیاری را برای منطقه گردشگری و حتی ساکنین آن به همراه داشته باشد. یکی از این موارد بررسی ظرفیت های محدود منابع زیست محیطی منطقه می باشد که عدم توجه کافی و مدیریت صحیح آن میتواند خطرات جدی را برای منطقه به همراه داشته باشد. با توجه به اینکه سالیانه بر تعداد افراد گردشگر در یک منطقه با اهداف مختلفی از جمله کوچ، دامنه نوردی، توریسم، طبیعت درمانی و .. افزوده میشود، مدیریت صحیح در این مناطق بیش از پیش ضرورت پیدا میکند. یک گردشگری اصولی و دقیق شاخصه هایی نظیر تنوع زیستی، شرایط آب و هوایی، نحوه توزیع منابع آبی، نحوه مدیریت صحیح پسماندهای ایجاد شده در طی فرایند گردشگری و ... را مورد بررسی و مدیریت صحیح خود قرار میدهد (چرامین و همکاران، ۱۳۹۵). اثرات منفی ناشی از فعالیت گردشگری را میتوان به صورت برآورد اثرات منفی

در عصر حاضر صنعت گردشگری به یکی از سودآورترین بخشهای اقتصادی تبدیل شده است. این صنعت در ارتباط مستقیم با شرایط اقتصادی، سیاسی و اجتماعی قرار دارد. گردشگری سبب رشد اقتصادی مناطق، نوسازی و بهسازی آنها میگردد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱). گردشگری علاوه بر اینکه بر محیط اجتماعی و اقتصادی اثر دارد بر محیط زیست نیز دارای تأثیراتی میباشد. گردشگری نوعی سفر می باشد که طی آن شخص با هدف تفریح از محل سکونت خود به طور موقت خارج شده و به محل دیگری می رود. گردشگری با اهداف ویژه ای صورت میگیرد، از جمله این اهداف میتوان به مواردی از قبیل وجود آب و هوای مناسب، تفاوت های فرهنگی و ... اشاره کرد که در یک منطقه سالانه افراد زیادی به عنوان گردشگر به خود جلب میکند. امروزه گردشگری نقش مهمی در توسعه جوامع و همچنین بهبود هر چه بیشتر و بهتر شرایط اقتصادی، اجتماعی و ... در منطقه توریستی دارد (هژیر و رشیدی، ۱۳۹۵).

قوپی ها ، ظروف و بطری های یکبار مصرف و ... اشاره نمود که تجمع این پسماندها منجر به بروز آلودگی های نظیر افزایش جانوران موذی و ... خواهد شد . مواد زاید جامد و یا مایعی که در محل های کمپ های گردشگری ایجاد میشوند ، عمدتاً از سیستم دفع مناسبی برخوردار نیستند ، به همین دلیل چون مناطق گردشگری با حجم بالایی از این مواد مواجه هستند ، منجر به بروز آلودگی هایی از جمله مواد بیماری زا و ... میشوند . استفاده از وسایل نقلیه موتوری ، تغییر کاربری اراضی به منظور احداث ساختمانهایی نظیر هتل ها و ... از جمله مواردی است که منجر به بروز پدیده فرسایش خاک شده و خاک منطقه خاصیت اصلی خود را از دست خواهد داد ( هاشمی و همکاران ، ۱۳۸۲ ) . استفاده زیاد از مواد پلیمری بدلیل داشتن خواص مناسب در کاربردهای مختلف منجر به ایجاد مسائل زیست محیطی شده است ، با توجه به زیست تخریب نبودن آنها و همچنین مصرف فوق-العاده زیاد آنها در صنایع مختلف بویژه صنایع بسته بندی و تولید بطری ها و ظروف یکبار مصرف این مواد مشکلات زیست محیطی فراوانی را بوجود آورده اند . بازیافت بهترین راه برای کاهش این مواد در محیط زیست میباشد . بازیافت پلی اتیلن ترفتالات با ترفتالات استفاده از روشهای فیزیکی ، شیمیایی و مکانیکی میباشد . پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بدلیل داشتن خواص شیمیایی ، مقاومت حرارتی مناسب مورد توجه صنایع پلاستیک میباشد . ماده بازیافتی نسبت به ماده اصلی از خواص فیزیکی و مکانیکی پایینی برخوردار است . وزن مولکولی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بدلیل جذب رطوبت ، آلودگی های زیستی ، اکسیداسیون ، دمای بالا ، تخریب هیدرولیتیک و تخریب حرارتی افت پیدا می کند . آلیاژسازی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات تمامی مشکلات خواص ماتریس پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بهبود می یابد و همین امر ارزش استفاده از آن را برای صنایع مختلف بالا میبرد . پلی کربنات بدلیل داشتن خواصی از قبیل استحکام ضربه ای بالا سبب بهبود خواص پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی می باشد . این آلیاژ از مقاومت ضربه ای بالایی در دماهای پایین برخوردار می باشد . بنابراین از این آلیاژ در قسمت های داخلی خودروها می توان استفاده نمود . در این عصر گردشگری یکی از بزرگترین صنایع جهان است . بسیاری از مردم در سراسر جهان در بخش های گردشگری و بخش های فرعی شامل اقامت ، حمل و نقل ( محلی و بین المللی ) ، اپراتورهای تور ، صنایع دستی و خرید هستند . گردشگری از نظر اقتصادی مهم است زیرا در برخی

بسیاری که بر محیط زیست فیزیکی ، کیفیت زندگی و محیط اکولوژیکی و ... دارد ، بررسی نمود ( نصرآبادی و رفیعی ، ۱۳۹۴ ) . یکی از مواردی که میتوان از آن به عنوان یک نقطه قوت در صنعت گردشگری یاد کرد ، خاصیت تکراری نشدن عوامل و جاذبه های طبیعی برای گردشگران است که موجب میشود یک گردشگر در طول عمر خود به واسطه وجود جاذبه های گردشگری خاص ، نظیر مشاهده تنوع زیستی ، شرایط آب و هوایی خاص ، وجود منطقه خاص و ... چندین بار تمایل به رفتن به یک منطقه گردشگری را داشته باشد . اما این امر نیازمند حفاظت هرچه بیشتر از عوامل یا جاذبه های گردشگری در آن منطقه می باشد تا بتوان هم از آن به جهت افزایش جذب گردشگران استفاده نموده و هم آن موهبت الهی را برای نسل های آتی برجای گذاشت ، که این امر مستلزم برقراری تعادل بین فعالیت های توریستی و پدیده های زیست محیطی می باشد ( رضوانی ، ۱۳۸۲ ) . یکی از اصلی ترین اثرات منفی که گردشگری در نواحی کوچک همچون روستاها دارد ، افزایش میزان تقاضا برای رسیدن به منابع کمیابی نظیر منابع آب در یک منطقه است که با بحران کم آبی دست و پنجه نرم میکند ، زیرا با ورود افراد گردشگر به یک منطقه میزان تقاضا برای دریافت میزان آب بیشتر شده و منجر به برهم خوردن تعادل در یک منطقه و بروز رفتارهای نامناسب ( چه از طرف ساکنین و چه از طرف گردشگران ) میشود ( عوامی و نیکنامی ، ۱۳۹۴ ) . گردشگری آلودگی های بسیاری را با خود به همراه دارد ، از جمله این آلودگی ها ، آلودگی هوای ناشی از مصرف انرژی سوخت فسیلی و افزایش میزان کربن دی اکسید در بخش حمل و نقل در مکانهایی از جمله جاده ها ، بنادر ، فرودگاهها و ... دارد ، اما عمدتاً به دلیل آنکه منجر به اشتغالزایی و کاهش فقر در جوامع محلی فقیر میشود ، کمتر به نحوه انتشار آن و همچنین بروز تغییرات آب و هوایی ناشی از آن توجه میشود که اگر به آن توجهی نشود در سطوح ملی و حتی بین المللی تهدیدات بسیاری را به همراه خواهد داشت ( حکمتی فرید و همکاران ، ۱۳۹۶ ) . مساله مهم دیگری که صنعت گردشگری تاثیر بسزایی در افزایش آلودگی ناشی از آن دارد فاضلاب ناشی از کمپ های گردشگری و همچنین پسماندهای تولید شده در آنها می باشد . این موارد اگر به آن توجهی کافی نشود آلودگی های بسیاری را با خود به همراه خواهد داشت . هر چه تعداد توریست ها افزایش یابد به طبع میزان زباله ها و فاضلابهای ناشی از آن نیز افزایش می یابد . از جمله پسماندهای ناشی از گردشگری میتوان به شیشه ها ،

محصولات پلیمری (BASF, Bayer, PolyOne, ...) دنبال مواد سنتزی جدید که نیاز به هزینه های فوق العاده زیاد دارند، نیستند. از اینرو برای تولید مواد با خواص جدید و کارائی بالا صنعت آلیاژسازی خیلی توسعه پیدا کرده است با توجه به اینکه برای تولید یک ماده جدید در پتروشیمی نیاز به میلیاردها دلار سرمایه گذاری است که ماده جدیدی با خواص گوناگون بدست آید. از آنجائی که تولید یک ماده پلیمری در صنعت پتروشیمی در عین حال که نیاز به سرمایه گذاری کلان دارد از طرف دیگر تولید و سنتز ماده جدید نیاز به زمان طولانی و همچنین انرژی خیلی زیادی دارد. لازم به ذکر است که تامین خوراک اولیه برای تولید هر ماده پلیمری جدید کار خیلی دشوار و هزینه بری است. با توجه به وجود خوراک اولیه برای تولید ماده مورد نظر می توان اقدام نمود که اکثر مناطق و یا کشورها از قابلیت مورد نظر مستثنی می باشند. در صورتیکه تهیه و تولید آلیاژهای پلیمری به سرمایه گذاری بالائی نیاز ندارد از طرف دیگر با توجه به وجود مواد اولیه پلیمری با سرمایه گذاری اندک در مدت زمان کوتاهی می توان آلیاژهای با خواص و عملکرد بالا تولید نمود که شرکت های بزرگ تولید کننده از طریق آلیاژسازی بازار خوبی پیدا کردند. البته اکثر این شرکت ها مواد اولیه شان را از کشورهای آسیائی تهیه نموده و توسط روش آلیاژسازی و بالا بردن ارزش افزوده آنها قیمت کاربری را با توجه به قطعات پیشرفته آلیاژهای پلیمری بالا برده اند (Mbarek & Jaziri, ۲۰۰۶). نکته ای که از اهمیت بسزائی برخوردار است اینست که کشورهای اروپائی بدلیل مسائل زیست محیطی تولید مواد اولیه پلیمری را به مرور زمان تعطیل می کنند و اقدام به فروش لیسانس همین پتروشیمی ها را به کشورهای در حال توسعه نموده اند ولی از طرف دیگر همین کشورها مواد اولیه تامین شده را دوباره از کشورهای در حال توسعه خریداری کرده و با توجه به صنعت آلیاژسازی منحصر به فردشان تبدیل به محصولات و قطعات مختلف برای صنایع گوناگون مثل صنعت خودروسازی، هواپیماسازی، نظامی، هوافضا و غیره می کنند. همچنین بدلیل بالا بودن قیمت آلیاژهای پلیمری از لحاظ اقتصادی این مواد از ارزش بالائی برخوردار هستند. در این میان تولید پلی اتیلن ترفتالات از پارازایلن و ترفتالیک اسید اصلاً ارزش اقتصادی ندارد. یعنی بدلیل بالا بودن قیمت خوراک اولیه برای تولید این ماده مهندسی و همچنین استفاده از این ماده در مصارف عمومی ارزش این ماده پلیمری را تقلیل داده است. با توجه به تولید بیشتر این ماده در کشورهای مختلف از بازار خوبی برخوردار نمی

کشورها تنها منبع درآمد است زیرا آن کشور منابع فراوانی ندارد. [Lino Briguglio, ۲۰۱۰] بنابراین بخش گردشگری نقش مهمی در توسعه کشور دارد. گردشگری می تواند رفاه جامعه را بهبود بخشد. گردشگری باعث ایجاد اشتغال و کمک به حل بیکاری می شود. توریسم با درآمد بالا باعث سرمایه گذاری در این بخش شده است [Tremblay Pascal, ۲۰۰۶؛ همکاران، ۲۰۱۲]. گردشگری سود اقتصادی دارد اما بر فرهنگ و محیط زیست تأثیر دارد. گردشگری بر محیط زیست تأثیر می گذارد زیرا گردشگری در محیطی شکننده رخ می دهد [اسکات و همکاران، ۱۹۹۴]. ساخت و ساز نتیجه توسعه گردشگری است. توسعه گردشگری نیاز به جاده، هتل، رستوران، فرودگاه، ایستگاه قطار و غیره دارد. ساخت و سازها بر طبیعت تأثیر منفی می گذارند دفع فاضلاب در رودخانه ها و دریاچه ها، کاهش آب های زیرزمینی ناشی از فعالیت های گردشگری. گردشگران مقدار زیادی زباله جامد تولید می کنند که جنبه منفی بر محیط زیست دارد. زباله های جامد مانند مواد پلاستیکی برای مدت طولانی در محیط باقی می ماندند. تخریب اکوسیستم و آلودگی محیط زیست نتیجه گردشگری در طبیعت است [Ikiara et al, ۲۰۰۲]. افزایش تقاضای محلی، کاهش آب های زیرزمینی رخ داد. تنوع زیستی متاثر از گردشگری گردشگری اثرات اجتماعی نیز دارد. برای حل مشکلات اجتماعی و زیست محیطی در بخش گردشگری گردشگری پایدار توصیه می شود. پسماندهای ناشی از مواد پلاستیکی یکی از مهمترین معضلات جوامع بشری میباشند. بطریهای پلاستیکی برای نگهداری مایعات استفاده میشوند. بیشترین مقدار مواد پلاستیکی در گردشگاهها متعلق به این بطریها است یافتن راهی برای استفاده مجدد از این بطریها سبب حفظ محیط زیست و کاهش حجم پسماند میگردد. مهمترین مزیت بازیافت بطری بر محیط زیست، استفاده مجدد از مواد قابل بازیافت برای کاهش حجم پسماند در محل دفن است. اینکار به کاهش گازهای گلخانه ای که عامل اصلی گرمایش جهانی هستند کمک میکند. با کاهش تولید پسماند آلودگی کمتری در محیط خواهیم داشت. با بازیافت محصول فشار کمتری بر منابع وارد میشود. میزان آلودگی ناشی از استخراج مواد کمتر خواهد شد. ردپای کربن نیز به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. آلیاژسازی پلیمرها برای توسعه مواد با خواص و کارائی بالا و همچنین روشی مناسب جهت ارزش افزوده بالا میباشد. که در حال حاضر شرکت های بزرگ تولیدکنندگان

کامبود خواص از جمله شکنندگی در دماهای پایین، مقاومت ضربه‌ای ناچدار ضعیف بویژه در دماهای پایین، پایداری ابعادی پایین نسبت به پلی کربنات و غیره دارد، که از طریق آلیاژسازی با پلی کربنات (PC) مشکلات خواص این ماده بویژه در دماهای پایین برطرف شده و نیز کاربرد این ماده در موارد گوناگون فراهم می‌گردد. به همین دلیل در این پروژه اقدام به اصلاح خواص این ماده از طریق آلیاژسازی با پلیمری که بتواند شرایط مذکور را برای ماتریس پلی-اتیلن ترفتالات بازیافتی تامین نماید، می‌شود.

## ۲- روش انجام تحقیق

- مواد و روش‌ها

مواد اولیه لازم برای آلیاژسازی Recycle-PET/PC به قرار ذیل است:

PC، گرید ۲۰۴۶۵ BK HP Ultramid A۳K، محصول شرکت BASF

Ethylene Acrylate Terpolymer، بعنوان سازگار کننده با نام تجاری Dupont™ Fusabond® A MG۴۲۳D محصول شرکت DuPont می‌باشد.

بطریهای پلی اتیلن ترفتالات جمع‌آوری شده از سایتهای گردشگری، خرد شده و بصورت پولک در می‌آیند. پولک‌های پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات قبل از تغذیه به داخل اکسترودر بطور کامل بایستی مخلوط گردند سپس مخلوط مورد نظر به داخل دستگاه اکسترودر وارد می‌شود. البته لازم به ذکر است که بدلیل داشتن خاصیت قطبی شدید هر کدام از مواد اولیه، آنها قبل از فرآورش بایستی در داخل اُون بطور کامل در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت خشک شوند و سپس با توجه به ترکیب درصد مورد نظر انتخابی توسط ترازوی دیجیتالی توزین شوند و بعد از توزین دقیق، آنها بطور مکانیکی بایستی بطور کامل مخلوط شوند. پس از اطمینان کامل از اختلاط آنها، به داخل اکسترودر تغذیه شوند. بهترین پروفایل دمایی برای اختلاط مذاب پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات ۲۹۵-۳۰۵°C است. شرایط فرآورش برای آلیاژسازی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات به ترتیب زیر می‌باشد:

پروفایل دمایی ۲۹۵-۳۰۵°C

دور ماریج ۱۰۰-۱۵۰ rpm

گشتاور ۷۰-۵۰%

زمان اقامت ۱ دقیقه

سرعت تغذیه ۱ کیلوگرم در ساعت توسط اکسترودر دو ماریجچه برابندر.

باشد. بنابراین انتظار می‌رود که پلیمرهای با مصارف عمومی جایگزین این پلیمر مهندسی گردد و بدلیل خواص و عملکرد بالای آن استفاده از این ماده پلیمری در صنایع پیشرفته مهیا شود. همچنین بدلیل تولید زیاد این ماده و استفاده از آن در مصارف عمومی بویژه بطری‌ها مسائل زیستی جبران‌ناپذیری در بردارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بازیافت پلی اتیلن ترفتالات و بکارگیری آن در صنعت آلیاژسازی بهترین گزینه برای تولید موادی با ارزش افزوده بالا جهت کاربردهای مختلف در صنایع گوناگون می‌باشد (Weihong Guo et al, ۲۰۰۷). خیراً پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بدلیل داشتن خواص شیمیائی، مقاومت حرارتی و سدی مناسب توجه اکثر صنایع پلاستیکی را به خود اختصاص داده است. وزن مولکولی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بدلیل جذب رطوبت بالا، آلودگی‌های زیستی، اکسیداسیون، دمای بالا، تخریب هیدرولیتیک و تخریب حرارتی افت پیدا می‌کند. بطور کلی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی مقاومت شیمیایی و ویسکوزیته مذاب خیلی کمتری نسبت به پلی اتیلن ترفتالات دست‌نخورده از خود نشان می‌دهد که دلیل عمده آن موارد ذکر شده در بالا و همچنین فرآورش مجدد آن می‌تواند، باشد. عواملی که باعث افت خواص فیزیکی و مکانیکی، رئولوژیکی و شیمیایی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی می‌گردند باعث بریتل شدن پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی می‌گردند. از طرف دیگر عوامل ذکر شده در بالا منجر به افت رفتار الاستیسیته مذاب پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی می‌شوند (Fraisie et al, ۲۰۰۵). از اینرو پلی کربنات بدلیل داشتن استحکام ضربه‌ای بالا و چقرمگی عالی گزینه خیلی مناسب برای بهبود کامبود خواص پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی می‌باشد (Swoboda et al, ۲۰۰۷). بنابراین از طریق آلیاژسازی پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی کربنات تمامی مشکلات خواص ماتریس پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی بهبود می‌یابد و همین امر ارزش استفاده از آن را برای صنایع مختلف دو چندان می‌کند.

در این کار پژوهشی آلیاژسازی Recycle-PET/PC و همچنین مسائل زیست محیطی آن بررسی شده است. با توجه به این که پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی (Recycle-PET) بدلیل داشتن خواص مهندسی بالا گزینه مناسبی جهت کاربردهای گوناگون مهندسی می‌باشد. از اینرو این ماده علیرغم داشتن مزایای خیلی فراوان جهت کاربردهای ویژه با توجه به قابلیت و عملکرد بالای آن در موارد مختلف، در اکثر موارد، برای کاربردهای مهندسی برخی

## ۳- نتایج

تا دمای انتقال شیشه‌ای در طی آلیاژسازی نشان می‌دهند که این امر گویای این است که این دو تا ماده با هم بطور کامل سازگار و امتزاج‌پذیر نیستند. بنابراین برای ترکیب درصدهای بالای پلی‌کربنات استفاده از سازگار کننده جهت سازگارسازی آنها لازم و ضروری است. از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی‌کربنات در فاز آمورف ممکن است که بطور کامل امتزاج‌پذیر باشند در صورتیکه در آلیاژهای غنی از پلی-کربنات حتی در فاز آمورف نیز جداسازی فازی اتفاق می‌افتد که این امر در آلیاژسازی مذاب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. از اینرو حضور پلی‌کربنات از کریستالیزه شدن پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی جلوگیری می‌کند.

بنابراین در این مقاله اقدام به بازیافت پلی‌اتیلن ترفتالات و استفاده آن در صنعت آلیاژسازی که یکی از پرمصرف-ترین پلاستیک‌ها که بیشتر در بطری‌های نوشابه و آب معدنی استفاده می‌گردد، می‌شود. پلی‌اتیلن ترفتالات بدلیل داشتن خواص خیلی بالا بویژه خواص شیمیایی و جریان-پذیری مناسب آن می‌باشد که در قالبگیری تزریقی می‌توان قطعاتی با ابعاد مختلف و حتی ظریف مثل فیلم‌ها و الیاف را از این مواد تهیه نمود که از مزایای عمده این ماده مهندسی محسوب می‌شود. با توجه به داشتن خواص منحصر به فرد آنها این ماده جزو پلیمرهای مهندسی محسوب می‌شود ولی تولیدکنندگان بعلت داشتن قیمت پایین آن از این ماده در صنایع پایین دست جهت تولید مواد یکبار مصرف استفاده می‌کنند. بالا بودن خواص آن از یک طرف و استفاده از آنها در مصارف مختلف مانند تولید محصولات یکبار مصرف کاملاً ضد و نقیض است چرا که همین امر باعث می‌گردد که مشکلات زیست محیطی بدلیل زیست تخریب‌پذیر نبودن آنها ایجاد گردد. بنابراین حتی در صورت بازیافت، این ماده از خواص بالایی برخوردار می‌باشند. از آنجائی که در طی بازیافت پلاستیک‌ها خواص اصلی آنها افت پیدا می‌کند و دیگر آن خواص مربوط به ماده خالص انتظار نمی‌رود. با این اوصاف باز هم پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی از خواص خیلی مناسبی جهت استفاده در مصارف مختلف بویژه در صنعت آلیاژسازی جهت تولید قطعات گوناگون در صنایع خودروسازی و غیره دارا می‌باشد. پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی بدلیل داشتن خواص مهندسی بالا گزینه مناسبی جهت کاربردهای گوناگون مهندسی می‌باشد. این ماده به علت داشتن مزایای خیلی فراوان (خواص مکانیکی عالی در دماهای بالا، مقاومت خستگی مناسب، مقاومت شیمیایی

## تهیه و بررسی آلیاژ R-PET/PC

جهت بررسی و مقایسه خواص سیستم‌های برپایه R-PET/PC، فرمولاسیون‌های زیر تهیه شدند. موضوع اصلی در این مقاله ارزیابی ترکیب درصد اجزاء با توجه به نسبت ویسکوزیته آنها می‌باشد که این امر بر روی کلیه خواص این آلیاژها تاثیر بسزائی دارد. بنابراین برای رسیدن به مورفولوژی هموزن، ترکیب درصدهایی که در ذیل آورده شده‌اند، تهیه شدند.

## جدول ۱- فرمولاسیون‌های مختلف برای تهیه آلیاژ R-PET/PC

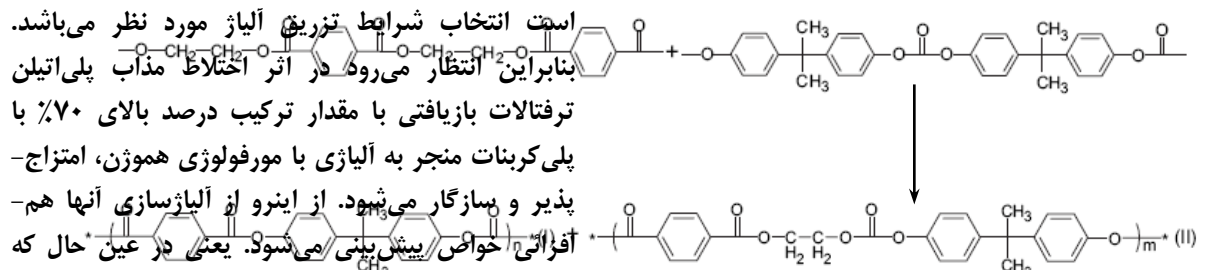
ردیف	فرمولاسیون	R-PET	PC
۱	R-PET/PC	۱۰۰	۰
۲	R-PET/PC	۸۰	۲۰
۳	R-PET/PC	۶۰	۴۰
۴	R-PET/PC	۵۰	۵۰

بر اساس این فرمولاسیون می‌توان آلیاژ بر پایه R-PET/PC با ترکیب درصدهای مختلفی از R-PET و PC را مورد بررسی قرار داد. با تغییر مقدار ترکیب درصد وزنی R-PET و به موازات آن تغییر درصد وزنی PC (افزایش مقدار ترکیب درصد PC)، خواص گوناگون آلیاژهای بدست آمده بررسی شد.

نکته‌ای که در این آلیاژسازی خیلی مهم به نظر می‌رسد امتزاج‌پذیری و سازگارپذیری پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی‌کربنات است مقالات زیادی راجع به امتزاج‌پذیری و سازگاری آنها به چاپ رسیده است در بعضی از مقالات سازگاری کامل آنها را در ترکیب درصدهای خاصی مطرح کرده‌اند ولی بعضی دیگر از شبه امتزاج‌پذیری و سازگارپذیری آنها را مورد بررسی قرار داده‌اند. در مقالاتی دیگر اشاره شده است که بدلیل هموزنیته کامل پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی‌کربنات، آنها یک دمای انتقال شیشه‌ای از خود نشان می‌دهند که این هموزنیته و امتزاج‌پذیری کامل آنها را مورد تایید قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی‌کربنات زمانی می‌تواند بطور کامل هموزن باشند که ترکیب درصد پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی بالای ۷۰-۹۰٪ باشد در غیر اینصورت کمتر از ۷۰٪ پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی آنها دو

که این واکنش در اختلاط مذاب در داخل دستگاه اکسترودر دو مارپیچه برابندر می‌تواند اتفاق بیفتد. از اینرو متغیرهای فرآیندی نقش اساسی در پیشرفت واکنش استریفیکاسیون دارند. بنابراین تعیین متغیرهای فرآیندی در این آلیاژسازی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. دور مارپیچ، پروفایل دمایی، گشتاور اعمالی، سرعت تغذیه، نوع اکسترودر و زمان اقامت در داخل اکسترودر جهت رسیدن به اختلاط خوب و آلیاژسازی بهینه نقش بسزائی ایفا می‌کنند. انتخاب مناسب برای هر کدام از پارامترهای فرآیندی در این اختلاط خیلی حائز اهمیت است. برای انجام اختلاط بهینه در داخل اکسترودر شرایط انجام واکنش باید در نظر گرفته شود براساس شرایط انجام آزمایش پروفایل دمایی در طول مارپیچ انتخاب می‌گردد. همچنین اگر در این واکنش‌ها جهت انجام واکنش بهینه بایستی از کاتالیست استفاده شود که توسط فیدرهای جانبی می‌توان کاتالیست لازم را با دقت ممکن به سیستم اضافه نمود. از طرف دیگر فشار لازم برای انجام واکنش استریفیکاسیون نیز از طریق گشتاور اعمالی تامین می‌گردد. پس انجام واکنش استریفیکاسیون بهینه در داخل دستگاه اکسترودر به پارامترهای فرآیندی بستگی دارد که انتخاب مناسب هر کدام از آنها منجر به انجام واکنش بیشتر گروه‌های عاملی این دو ماده می‌گردد. در این صورت انتظار می‌رود اختلاط و آلیاژسازی آنها بهتر صورت گیرد و این هم در نوع خودش منجر به افزایش خواص فیزیکی و مکانیکی و رئولوژیکی، حرارتی و شیمیایی آنها می‌گردد. البته بعد از فرآورش مذاب آنها از داخل حمام آب عبور کرده و سپس به کاتر می‌رسند که توسط کاتر هم به گرانول تبدیل می‌گردند. گرانول‌های بدست آمده جهت قالبگیری تزریقی و تولید قطعات مختلف برای مقاصد مورد نظر بایستی بطور کامل خشک شوند سپس توسط دستگاه تزریق جهت قالبگیری تزریقی به قطعات مختلف جهت استفاده در صنایع گوناگون بکار گرفته می‌شوند. نکته‌ای که در این بخش حائز اهمیت است انتخاب شرایط تزریق آلیاژ مورد نظر می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود در اثر اختلاط مذاب پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با مقدار ترکیب درصد بالای ۷۰٪ با پلی‌کربنات منجر به آلیاژی با مورفولوژی هموزن، امتزاج-پذیر و سازگار می‌شود. از اینرو از آلیاژسازی آنها هم-افزائی خواص پیش‌بینی می‌شود. یعنی در عین حال که نقاط ضعف ماتریس پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی بهبود پیدا می‌کند از طرف دیگر برخی خواص دیگر هم به خواص اصلی آن اضافه می‌گردد که اصطلاحاً به هم‌افزائی خواص

بالا، مقاومت سایشی زیاد، مقاومت حرارتی بالا، ویسکوزیته کمتر درحالت مذاب (خواص جریان‌پذیری مناسب)، مقاومت تغییر ابعادی بالا و همچنین ماده‌ای مناسب برای قالبگیری تزریقی جهت تولید محصولات پیچیده) جهت کاربردهای ویژه با توجه به قابلیت و عملکرد بالای آن در موارد مختلف، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از طرف دیگر علیرغم داشتن شرایط ایده-آل مذکور در اکثر موارد، برای کاربردهای مهندسی برخی کمبود خواص از جمله شکنندگی زیاد در دماهای پایین، مقاومت ضربه‌ای ناچهار ضعیف بویژه در دماهای پایین، جذب رطوبت (منجر به افت پایداری ابعادی و استحکام مکانیکی)، پایداری ابعادی ضعیف و غیره دارد، که از طریق آلیاژسازی با برخی پلیمرها مشکلات خواص این ماده بویژه در دماهای پایین برطرف شده و نیز کاربرد این ماده در موارد گوناگون فراهم می‌گردد. به همین دلیل در این پروژه اقدام به اصلاح خواص این ماده از طریق آلیاژسازی با پلیمری که بتواند شرایط مذکور را برای ماتریس پلی-اتیلن ترفتالات بازیافتی تامین نماید، می‌شود. با توجه به داشتن شرایط و عملکرد بالای پلی‌کربنات (خواص فرآیندپذیری خوب، چقرمگی زیاد، مقاومت ضربه‌ای بالا در دماهای پایین، سختی بالا، شفافیت خوب، پایداری ابعادی عالی، سهولت رنگ‌پذیری، مقاومت نسبتاً خوبی در برابر شرایط جوی، سیقلی بودن عالی سطح، سطح مطلوب و چاپ‌پذیر) در جهت تامین نقاط ضعف پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی در موارد مذکور استفاده از این ماده برای بهبود و اصلاح خواص ماتریس پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی انتخاب مناسبی است. از آنجائی که این دو نوع پلیمر بعلت داشتن خصوصیات قطبی متفاوت (پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با گروه‌های استری به شدت قطبی و پلی‌کربنات هم با پیوندهای استری) با همدیگر سازگار هستند. در طی آلیاژسازی مذاب واکنش استریفیکاسیون تبادلی صورت می‌گیرد.



شکل ۱- واکنش استریفیکاسیون تبادلی بین پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی و پلی‌کربنات مهم‌ترین پارامتر ممکن در این آلیاژسازی پیشرفت واکنش استریفیکاسیون می‌باشد

کاربردهای گوناگون مهندسی می-باشد. این ماده به علت داشتن مزایای خیلی فراوان جهت کاربردهای ویژه با توجه به قابلیت و عملکرد بالای آن در موارد مختلف، از اهمیت فوق-العاده-ای برخوردار است. از طرف دیگر علیرغم داشتن شرایط ایده-آل مذکور در اکثر موارد، برای کاربردهای مهندسی برخی کمبود خواص از جمله شکنندگی در دماهای پایین، مقاومت ضربه‌ای ناچهار داشتن بویژه در دماهای پایین، پایداری ابعادی پایین نسبت به پلی-کربنات و غیره دارد، که از طریق آلیاژسازی با پلی-کربنات (PC) مشکلات خواص این ماده بویژه در دماهای پایین برطرف شده و نیز کاربرد این ماده در موارد گوناگون فراهم می-گردد. به همین دلیل در این پروژه اقدام به اصلاح خواص این ماده از طریق آلیاژسازی با پلیمری که بتواند شرایط مذکور را برای ماتریس پلی-اتیلن ترفتالات بازیافتی تامین نماید، می-شود

موسوم است. هم‌افزایی خواص توسط آلیاژسازی مذاب پلی‌اتیلن ترفتالات بازیافتی با پلی‌کربنات به ترتیب در ذیل آمده است که عبارتند از:

- ۱- مقاومت شیمیائی بالا
- ۲- جریان پذیری مناسب
- ۳- استحکام ضربه‌ای خیلی بالا
- ۴- چقرمگی زیاد
- ۵- پایداری ابعادی بالا
- ۶- مقاومت حرارتی مناسب
- ۷- رنگ‌پذیری خوب
- ۸- استحکام ضربه‌ای خیلی بالا بویژه در دماهای پایین
- ۹- اتلاف انرژی بالا
- ۱۰- اتلاف صوتی بالا.

#### ۴- نتیجه‌گیری

پلی-اتیلن ترفتالات بازیافتی (Recycle-PET) بدلیل داشتن خواص مهندسی بالا گزینه مناسبی جهت

#### منابع

- هاشمیپور، سیده فهیمه، لحمیان، رضا، و براری، معصومه. (۱۳۹۱). بررسی اثرات اقتصادی و زیست محیطی گردشگری شهری از دیدگاه شهروندان (مطالعه موردی: شهر بابلسر). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳(۱)، ۴۹-.
- شمسی، هزیر و رشیدی، محسن، ۱۳۹۵، برنامه ریزی توریسم شهری با تاکید بر توسعه پایدار با استفاده از مدل SWOT مطالعه موردی: شهر سردشت، دومین کنفرانس بین المللی تحقیقات در عمران، معماری و شهرسازی و محیط زیست پایدار.
- چرامین، مسعود، ملک حسینی، سیدحسن، چرامین، آیناز، و زعیمی، حمیده. (۱۳۹۵). نقش اکوتوریسم گردشگری در حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار. همایش ملی توسعه پایدار .
- رضوانی، علی اصغر. (۱۳۸۲). نقش اکوتوریسم در حفاظت محیط زیست. محیط شناسی، ۲۹(۳۱)، ۱۱۵-۱۲۲ .
- اعوامی، علی اکبر و نیکنامی، مهرداد، ۱۳۹۴، عوامل تاثیرگذار بر محیط زیست روستایی با رویکرد گردشگری پایدار، اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پاک، همدان،
- حکمتی فرید، صمد. رضا زاده، علی. فتاحی، فهیمه، بررسی اثرات گردشگری بر آلودگی محیط زیست در ایران، اولین همایش بین المللی برنامه ریزی اقتصادی، توسعه پایدار و متوازن منطقه ای، رویکردها و کاربردها (۱۳ و ۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶).
- هاشمی، سیدرضا و علیدادی، حسین و کردمصطفی پور، فردوس و پورزمانی، حمیدرضا، ۱۳۸۲، اثرات زیست محیطی گردشگری، معضلات و راهکارها، ششمین همایش ملی بهداشت محیط، ساری
- نصرآبادی، الهام و رفیعی، فاطمه، ۱۳۹۴، بررسی اثرات زیست محیطی گردشگری و مدیریت اثرات منفی آن، اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پاک، همدان.
- Souad Mbarek, Mohamed Jaziri, Recycling Poly(ethylene terephthalate) Wastes: Properties of Poly(ethylene terephthalate)/Polycarbonate Blends and the Effect of a Transesterification Catalyst, POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE (۲۰۰۶), ۱۳۷۸-۸۶.
- Weihong Guo, Hongsheng Zhang, Guorong Yin, Xianwen Tang, Binyao Li and Chifei Wu, Properties and morphology of recycled poly(ethylene terephthalate)/bisphenol a

- polycarbonate/poly(styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b- styrene) blends by low-temperature solid-state extrusion, Polym. Adv. Technol. (۲۰۰۷), ۸, ۵۴۹-۵۵۵.
- Fraïsse F., Verney V., Commereuc S., Obadal M., Recycling of poly(ethylene terephthalate)/polycarbonate blends, Polymer Degradation and Stability (۲۰۰۵), ۹۰, ۲۵۰-۲۵۵.
  - Swoboda B., Buonomo S., Leroy E., Lopez Cuesta J.M., Reaction to fire of recycled poly(ethylene terephthalate)/polycarbonate blends, Polymer Degradation and Stability (۲۰۰۷), ۹۲, ۲۲۴۷-۲۲۵۶.
  - Lino Briguglio (۲۰۱۰). "Defining and assessing the risk of being harmed by climate change" International Journal of Climate Change: Strategies and Management Vol. ۲ (۱): ۲۳-۳۴.
  - Tremblay, P( ۲۰۰۶). Desert Tourism Scoping Study, Desert Knowledge CRC, Australia, Charles Darwin University. Report ۱۲,۰: ۵۲.
  - 
  - Scott, J.J. and Kirkpatrick, J.B. (۱۹۹۴) Effects of human trampling on the sub-Antarctic vegetation of Macquarie Island. Polar Record ۳۰, ۲۰۷-۲۲۰.



## Feasibility of recycling PET plastic bottles in the tourism sector

Shahrzad Khoramnejadian<sup>۱\*</sup> ; Omid Mohammadalikhani<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran

<sup>۲</sup> Parsian Blue Rose Tourism Company

### Abstract

One of the most profitable industries today is the tourism industry which is the first industry in many regions of the world and many earn a living through it. Tourism brings its own environmental pollution. Water bottles are one of the bulkiest wastes in this sector. In many natural environments, we encounter plastic waste and water bottles. In this research, the recycled polyethylene terephthalate from the bottles of the tourist sector and also the environmental issues related to it have been investigated. Recycled plastics have weaker properties than new materials, which can limit their use. Polyethylene terephthalate is a suitable choice for various applications due to its high engineering properties. This material has special uses due to its many advantages. On the other hand, despite having the ideal condition, for some engineering application has a problem such as fragility in low temperature, poor notch stress especially at low temperature and lower dimensional stability than polycarbonate. In this research, this problem, especially at the low temperatures, has been resolved by alloying with polycarbonate. In this research, the properties of the matrix have been improved by alloying the recycled polyethylene terephthalate matrix with polycarbonate. By using this method, the bottles that have been thrown away in nature could be recovered and returned to the production cycle.

### Introduction

Nowadays, the tourism industry has become one of the most profitable economic sectors. This industry is directly related to economic, political and social conditions. Tourism causes economic growth, renovation and improvement of them (Hashmi et al., ۲۰۱۳). Although tourism has many positive effects on improving the livelihood of the residents of the regions, its negative effects are also so great that if we do not pay enough attention to it, it can bring many irreparable damages to the tourism region and even its residents. One of these cases is examining the limited capacities of the region's environmental resources, which lack of attention and proper management can bring serious risks to the region. Waste from plastic materials is one of the most important problems of human societies. Plastic bottles used to hold liquids. The highest amount of plastic material in the tourists belongs to these bottles. Finding a way to reuse these bottles will protect the environment and reduce waste volume. Considering that the number of tourists in a region increases every year with various purposes such as trekking, mountain climbing, tourism, nature therapy, etc., proper management in these regions becomes more necessary. A principled and accurate tourism examines and properly manages indicators such as biodiversity, weather conditions, how to distribute water resources, how to properly manage the waste created during the tourism process, etc. (Cheramin et al., ۲۰۱۵). The negative effects of tourism can be assessed in the form of many negative effects on the physical environment, quality of life and ecological environment, etc. (Nasrabadi Varfiei, ۲۰۱۴). It is very difficult to supply the initial feed to produce any new polymer. Due to the existence of the initial feed for the production of the material, it can be taken to act that most areas or countries are excluded from the desired capability. If the preparation and production of polymer alloys does not require high investment, on the other hand, due to the presence of polymer raw materials with low investment in a short period of time, alloys with high properties and performance can be produced. Polyethylene recycling and its application in the alloy industry is the best option for the production of high value added materials for different applications in different industries. Polymers' alloy is a good way to develop materials with high properties and efficiency as well as a good way to added value added. The most important advantage of bottle recycling on the environment is the reuse of recyclable materials to reduce the volume of waste in the landfill. This helps reduce greenhouse gases that are the main cause of global warming. By reducing waste production, we will have less contamination in the environment. By recycling the product, less pressure is put on resources. The amount of contamination caused by the extraction of materials will be less. Carbon foot print also decrease

significantly. In this article, the recycling of polyethylene terephthalates and its use in the alloy industry is one of the most widely used plastic that is mostly used in soda and mineral water bottles. Polytechnic terephthalates are due to their very high properties, especially chemical properties and proper flow, which can be produced in injectable molding with different dimensions and even subtle such as films and fibers from these materials. Most of this material is engineering. Due to their unique properties, this material is one of the engineering polymers, but producers use this material in the lower hand industries to produce disposable materials because of its low price.

### **Methodology**

The polyethylene terephthalate bottles are crushed and turned into flakes. Recycled polyethylene terephthalate flakes should be completely mixed with polycarbonate before feeding into the extruder. To perform optimal mixing inside the exterior, the reaction requirements must be considered based on the conditions of the temperature profile test during the spiral. Based on this formulation, R-PET/PC-based alloy can be investigated by combining different percentages of R-PET and PC. By changing the amount of R-PET weight percentage and in parallel changing the weight percentage of PC (increasing the amount of PC percentage), various properties of the obtained alloys were investigated.

### **Conclusion**

As a result of mixing the recycled polyethylene terephthalate melt with a percentage composition above ۷۰٪ with polycarbonate, it leads to an alloy with a homogeneous, miscible and compatible morphology. Therefore, from their alloying, synergistic properties are expected. Their alloying becomes synergic. That is, while the weaknesses of the recycled polyethylene matrix improved, on the other hand, some other properties are added to its main properties. The properties of this substance, especially at low temperatures, are eliminated by alloying with polycarbonate (PC). For this reason, the project will modify the properties of this material by alloying with a polymer that can provide the aforementioned conditions for the recyclable polyethylene matrix.

### **Keywords**

Recycling, polyethylene terephthalate; alloying; environmental issues