

# بررسی انواع پلاستیک‌های موجود در زباله و روشهای بازیافت آن

● سید علیرضا میرزاحسینی

کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، مرکز تحقیقات و مطالعات محیط زیست و  
انرژی (CEERS)

a-mirzahosseini@ceers.org



## چکیده

بسته بندی یکار می‌رود. در سال‌های اخیر استفاده از پلاستیک‌های خود تخریب حائز اهمیت شده است، این پلاستیکها یک کوپلی استر آلیفاتیک آروماتیک حاصل از واکنش تراکمی مخلوط ترفتالک اسید، آدیپیک اسید و بوتان دی ال می‌باشند و از سال ۱۹۹۸ وارد بازار شده است. در این تحقیق به بررسی انواع پلاستیک موجود در زباله پرداخته و خصوصیات هر کدام با هم مقایسه شده است. همچنین روش بازیافت و استفاده از پلاستیک‌های خود تخریب به عنوان یک جایگزین مناسب بحث گردیده است.

## کلمات کلیدی:

پلاستیک، ترمو پلاستیک، بازیافت، خود تخریب

پلاستیک یکی از مواد قابل بازیافت در زباله‌های شهری می‌باشد که در چند دهه گذشته مصرف و کاربرد آن ازدیاد یافته است. نسب پلاستیک تولیدی در ایران در سال ۱۳۸۴ برابر با ۱۷۶۲۹۵ تن تخمین زده می‌شود (۴۸۳ تن در روز). پلاستیک‌ها به دستجات گوناگون تقسیم می‌شوند و می‌توانند به شکل فیلم و یا فیبر و یا سایر اشکال باشند. معمولاً به پلاستیک‌ها برای بهبود کارایی و یا از لحاظ اقتصادی ترکیبات آلی و یا پلیمر اضافه می‌شود. پلاستیکها را بر اساس ساختار پلی مری (پلی ونیل کلراید، پلی اتیلن، اکریلیک، سیلیکون، اورتان) خصوصیات حرارتی، تراکم پذیری و تغییرات دمایی بلور تقسیم بندی می‌کنند. پلی اتیلن فتالات یکی از ترکیبات پرکاربرد پلاستیک می‌باشد و در بطری‌ها و ظروف نگهداری مواد بکار می‌رود و سهم زیادی از این ترکیب در صنایع



## مقدمه

بازیافت پلاستیک‌ها نقش مهمی در کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن دارد. نتایج تحقیقات انجام گرفته بر روی چرخه زیست مواد مختلف نشان می‌دهد که مقدار دی اکسید کربن ناشی از بازیافت هر تن پلاستیک در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله‌ها از جمله دفن در محل‌های دفن و یا بازیافت انرژی،  $1/5$  تا  $2$  تن کمتر می‌باشد (۳). این موضوع با توجه به افزایش میزان مصرف لوازم مصرفی در منازل و میزان بازیافت ضایعات از ۱۹ درصد به ۵۰ درصد در سال ۲۰۲۰، حائز اهمیت فراوان می‌باشد. کشورهای اروپایی و آمریکایی طیف وسیعی از محصولات را روانه بازار مصرف می‌کنند که در آنها به نحوی مواد پلاستیکی مصرف می‌شود. در سال‌های اخیر توجه کشورها به

تولید پلاستیک‌های قابل بازیافت جلب شده است. در صنایع اقداماتی جهت مصرف کمتر پلاستیک‌ها و استفاده مجدد از آنها صورت گرفته است که این امر در صناعی نظیر خودروسازی حائز اهمیت است. استراتژی‌هایی، نظیر جایگزین کردن فرآیندهای تولیدی و عدم استفاده از پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت یکی از مهمترین اهداف دولت‌ها می‌باشد. مهمترین فاکتور قابل توجه در مورد پلاستیک‌ها عدم تجزیه آنها در محیط توسط باکتری‌ها است. در کشورهای پیشرفته میدان عمل بازیافت با افزایش میزان مصرف پلاستیک توسط مصرف کننده‌ها افزایش می‌یابد. از یک تن پلاستیک می‌توان بیشتر از ۲۰۰۰۰ بطری پلاستیکی بدست آورد و تخمین زده می‌شود که ۱۰۰ میلیون تن پلاستیک در سال تولید گردد. به طور متوسط اروپاییان ۳۶ کیلوگرم



پلاستیک را در سال تولید می‌کنند، ۴ درصد روغن‌های مصرفی در اروپا برای تولید پلاستیک مصرف می‌گردد و میزان ۶۴ درصد پلاستیک‌های ناشی از فاضلاب‌ها قابل بازیافت هستند و در کل میزان ۴۲ درصد از پلاستیک‌ها از مجموع کل پلاستیک‌ها در صنایع بسته بندی استفاده می‌شود (۸).

### روش‌های شناسایی انواع پلاستیک‌ها

روش معمول و اقتصادی برای بازیافت پلاستیک‌های گرما نرم آن است که خواص فیزیکی مکانیکی این مواد را تحت شرایط مناسب بهبود داده و بصورت مجدد در تولیدات پلاستیک بکار گیرند. چندین روش ساده برای شناسایی مهمترین پلیمرها وجود دارد که در جدول زیر نشان داده شده است:

### دسته بندی پلاستیک‌ها:

به طور کلی دو روش اصلی برای حل مشکل زباله‌های پلاستیکی وجود دارد:  
 - بازیافت  
 - تولید پلاستیک‌های تخریب پذیر  
 بازیافت به فرایندهایی گفته می‌شود که در آنها از زباله‌های پلاستیکی به نحوی استفاده می‌شود.

روش‌های بازیافت در سه دسته جای می‌گیرند:

- ۱- بازیافت انرژی
- ۲- بازیافت مکانیکی
- ۳- بازیافت شیمیایی

### بازیافت انرژی:

زباله به عنوان یک سوخت سوزانده می‌شود، باید توجه کرد که بازده انرژی (انرژی حاصل از سوختن واحد وزن سوخت) پلاستیک‌ها نسبت به سوخت‌های فسیلی مرسوم بیشتر است.

جدول شماره ۱: نحوه شناسایی پلاستیک‌ها از طریق آزمایشات فیزیکی (۵ و ۸)

آزمایشات	پلی استایرن	پلی پروپیلن	پلی اتیلن	پی وی سی
آب	نه نشین	شناور	شناور	ته نشین
سوختن	شعله زرد و فود	شعله زرد با مرکز آبی رنگ	شعله زرد و هنگام سوختن ذوب می‌شود	دود زرد
بوی حاصل از سوختن	بوی شیرین	بوی قوی شمع	بوی شمع	اسید هیدروکلراید
کشیدگی	خیر	خیر	بله	خیر



### بازیافت مکانیکی:

یعنی خرد کردن و استفاده یک محصول پلاستیکی در ساخت یک قطعه. البته در این روش باید نکات زیادی را در نظر گرفت مثلاً برای ساخت قطعات حساس تر سازمان‌های مربوطه مقدار مجاز پلاستیک بازیافتی در آن قطعه را تعیین می‌کنند.

### بازیافت شیمیایی:

پلاستیک به وسیله روش‌های شیمیایی به مواد دیگری (اغلب مواد اولیه یا میانی) تبدیل می‌شود. این روش نسبت به دو روش دیگر جدیدتر می‌باشد. اما هنوز از نظر اقتصادی به صرفه نیست. اما بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد. به عنوان مثال می‌توان به تهیه رزین پلی‌استر از بطری‌های نوشابه از جنس پلی‌اتیلن ترفتالات یا (PET) اشاره کرد.

از چندین سال پیش تلاش‌هایی در جهت تولید پلاستیک‌های تخریب پذیر در محیط آغاز شده که هم اکنون در بعضی از کشورها به عنوان یک راه حل جایگزین استفاده می‌گردد. این پلاستیک‌ها قابلیت بازگشت به طبیعت را در طی زمانی مشخص دارند. این پلاستیک‌ها در دو دسته کلی قرار می‌گیرند:

- پلاستیک‌های متداول حاوی مواد تخریب پذیر

- پلاستیک‌های تخریب پذیر ذاتی

### پلاستیک‌های متداول حاوی مواد

#### تخریب پذیر:

آمیزه‌هایی هستند که در آنها یک ماده تخریب پذیر (مانند نشاسته) به یک پلاستیک متداول (مثل پلی‌اتیلن) اضافه می‌شود و تخریب این ماده به افزایش سرعت تخریب پلاستیک کمک می‌کند.



شکل شماره ۱: نحوه شناسایی پلاستیک‌ها از طریق کد و نشانه‌های درج شده بر روی آنها (۶)



شکل شماره ۲: کیفیت فیزیکی زائدات تولیدی در شهر تهران (۷)



این مواد به تازگی وارد بازار شده‌اند و با آن که کمک زیادی به کاهش زباله‌های پلاستیکی کرده‌اند، اما به دلیل این که اولاً در آنها از همان پلاستیک‌های متداول تخریب ناپذیر استفاده شده و ثانیاً استفاده از مقدار زیادی مواد تخریب پذیر در پلاستیک ویژگی‌های آنها را تضعیف می‌کند، موقعیت چندان محکمی ندارند.

### پلاستیک‌های تخریب پذیر ذاتی:

موادی هستند که به دلیل ساختمان شیمیایی خاص آنها به وسیله باکتری‌ها، آب یا آنزیم‌ها در طبیعت تخریب می‌شوند. مهم‌ترین پلاستیک از این نوع پلی لاکتیک اسید می‌باشند که از اسید لاکتیک تهیه می‌شوند. پیش بینی می‌شود این پلاستیک که خواص بسیار خوبی هم دارد، در آینده رقیبی بسیار جدی برای پلاستیک‌های متداول امروزی به خصوص در صنعت بسته بندی خواهند بود. مشکل بزرگ این مواد، گران بودن آنها می‌باشد که در حال حاضر تحقیقات برای توسعه یک روش ارزان برای تولید آنها ادامه دارد. جالب این است که منابع اصلی تولید این پلاستیک‌ها طبیعی

هستند و از محصولات نفتی برای ساخت آنها استفاده نمی‌شود. در سال ۲۰۰۲ میلادی اولین واحد تجاری تولید

پلی لاکتیک اسید در امریکا به وسیله شرکت Cargill راه‌اندازی شده است (۹ و ۵).

بطور کلی کد و نشانه‌هایی که بر روی ظروف پلاستیکی می‌توان یافت به شکل زیر است:

۱-PET: پلی اتیلن تریفتالات

۲-HDPE: پلی اتیلن با دانسیته بالا

۳-PVC: پلی وینیل کلراید

۴-LDPE: پلی اتیلن با دانسیته پایین

۵-PP: پلی پروپیلن

۶-PS: پلی استایرن

### بازیافت پلاستیک:

بطور کلی در تهران (سال ۸۴) پلاستیک‌ها حدود ۷ درصد زباله‌های خانگی را تشکیل داده‌اند، که پس از پسماندهای غذایی و کاغذ سهم عمده زباله را تشکیل می‌دهند (۷). مواد پلاستیکی به دو دسته کلی گرما نرم یا ترمو پلاستیک و گرما سخت یا ترموست دسته بندی می‌شوند مواد گرما نرم نسبت به حرارت عکس العمل نشان می‌دهند و می‌توان آنها را به دفعات حرارت داده و ذوب کرد و به اشکال مختلف در آورد. البته در هر مرحله حرارتی و مکانیکی بخشی از خواص پلاستیک تغییر می‌یابد. مواد گرما سخت را پس از قالب گیری نمی‌توان

جدول شماره ۲: پلاستیک‌های استفاده شده در صنایع بسته بندی (۴)

استفاده عمده	بیلیون پوند	پلیمر
لناقه	۵/۷	پلی اتیلن یا تراکم پایین
بطری شیر و آب میوه	۴/۴	پلی اتیلن با تراکم بالا
بطری سس و فیلم	۱/۵	پلی پروپیلن
بطری دارو- فوم	۱/۳	پلی استیرن
بطری نوشیدنی های خاص	۱	پلی اتیلن تری فنالات
بطری روغن و پوشش غذا	۰/۴	پلی ونیل کلراید
	۱۵	جمع

به طور مجدد ذوب کرده و مورد استفاده قرار داد. اصولاً برای بازیابی مواد گرما نرم از روش های مختلف استفاده می شود برای مثال به دلیل آن که اکثر پلاستیک ها از هیدروکربن ها و مشتقات آنها تهیه می شود تبدیل این مواد به هیدروکربنهای اولیه و استفاده از انرژی حاصل از این شیوه ها ، به دلیل مشکلات صنعتی و هزینه زیاد تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است (۵و۱).

برخی از پلاستیکها را در شرایط خاص می توان به مواد اولیه یا مونومر تبدیل کرد. برای مثال می توان به تبدیل نایلون ۶ به مونومر کاپرولاکتام اشاره کرد. روش معمول و اقتصادی برای بازیافت پلاستیک های گرما نرم آن است که خواص فیزیکی مکانیکی این مواد را تحت شرایط مناسب بهبود داده و بصورت مجدد در تولیدات پلاستیک بکار رود. متاسفانه ۸۰ درصد حجم زباله های پلاستیکی شامل بسته های پلاستیکی به شکل ظروف غیر قابل انعطاف مانند بطری نوشابه بطری آب معدنی و شیر می باشد. معمولاً پوشش پلاستیکی که برای بسته بندی استفاده می شود با عنوان فیلم نام برده می شود که ۲۰ درصد دیگر از حجم زباله های پلاستیکی را تشکیل می دهد و می توان با جداسازی این مواد از زباله حجم زباله دفعی را تا پنجاه درصد کاهش داد.

تولیدی مصرف کننده مواد پلاستیکی بر جای گذارده می شود.

بر اساس یک تقسیم بندی می توان بر مصرف ترین پلاستیک ها را به ۴ دسته پی وی سی ، پلی پروپیلن پلی اتیلن و پلی استایرن تقسیم کرد. به طور کلی مقدار ضایعات پلاستیک ها اعم از صنعتی و خانگی رابطه مستقیم با مصرف آنها دارد (۸و۴).

- بازیافت ثانویه: فرایند و ساخت فرآورده های پلاستیکی

- سوزاندن پلاستیک ها که در اصل یک فرایند تکمیلی است و در آن ضایعات پلاستیکی از طریق پیرولیز و عملیات زباله سوزها به شکل محصول دیگر و دی اکسید کربن و حرارت تبدیل می شود. بطور کلی اکثر پلاستیک های مصرفی از جنس ترموپلاستیک بوده و می توان به کمک حرارت آنها را دوباره بازیابی کرد.

### چگونگی بازیافت ضایعات پلاستیک گرما نرم:

جمع آوری و تفکیک ضایعات: شیوه جمع آوری ضایعات صنعتی متفاوت از نوع شهری است و معمولاً ضایعات تولیدی در واحدهای مصرف کننده اولیه پلاستیک و یا در خود واحدهای مربوطه به شیوه نادرست مصرف می شود و یا پس از انباشته شدن به واحدهای دیگر که امکانات بازیافت دارند فروخته می شوند.

شیوه های بازیافت نیز معمولاً بسیار ابتدایی می باشد. اما بطور اصولی پلاستیک ها را می توان به دو روش مکانیزه و دستی تفکیک کرد. از روش های مرسوم استفاده از روش مکانیزه پرتودهی برای تفکیک

### فرایند کلی بازیافت پلاستیک شامل مراحل زیر است:

۱- فرآورده های پلاستیکی باید به صورت هموزن ساخته شود یعنی محصول تنها باید از یک نوع پلاستیک باشد.  
 ۲- پلاستیک ها باید به طریق مناسب از محل جمع آوری و به محل ذخیره سازی انتقال داده شود. پلاستیک های گرما نرم را می توان در دو گروه صنعتی و مصرفی یا خانگی قرار داد. ضایعات صنعتی توسط واحدهای تولیدی مصرف کننده مواد پلاستیکی ، بوجود آید.

پلاستیک های گرما نرم را می توان به ۲ دسته صنعتی و خانگی تقسیم کرد ضایعات صنعتی توسط واحدهای

### چهار فرایند کلی برای یک پروسه بازیافت شامل:

- ۱- جمع آوری
- ۲- جداسازی مواد
- ۳- احیا مواد جهت ساخت یک فرآورده
- ۴- فروش و بازیابی

### روش های بازیافت پلاستیک به ۳ حالت زیر است

- بازیافت اولیه: تولید مشابه محصول و بازیابی محصول از زایدات

پلاستیک‌ها می‌باشد. البته از روش‌هایی نظیر تفکیک بر اساس تفاوت چگالی و دانسیته پلاستیک نیز استفاده می‌شود.

در این گونه روش‌ها به کمک غوطه ورسازی مواد پلاستیکی خرد شده در یک مایع با چگالی مشخص، پلاستیک‌های مختلف با چگالی بیشتر و کمتر از مایع از هم دیگر تفکیک می‌گردند. این روش‌ها معمولاً پر هزینه بوده و از روش دستی می‌توان برای کاهش هزینه‌ها بهره جست اما دقت کار پایین بوده و نیاز به آموزش کارکنان است (اوآ و ۸).

## مراحل بازیافت:

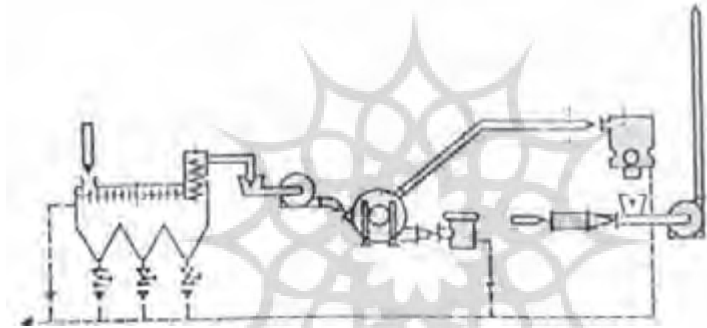
### آسیاب کردن ضایعات:

برای پیشرفت روند بازیافت لازم است که پلاستیک‌ها به اندازه کافی کوچک شود برای

همین آنها را آسیاب می‌کنند. متأسفانه در کشور ما پس از این مرحله مواد با مواد پلاستیکی نو مخلوط و مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که باید توجه داشت که این پلاستیک انتخاب می‌شود و امکاناتی نیز برای تعمیر و تعویض تیغه‌ها در نظر گرفته می‌شود. در مورد این آسیاب‌ها باید به عایق بندی و ایزوله سازی محفظه‌ها توجه گردد زیرا دستگاه صدای بیشتر از حد استاندارد تولید می‌نماید.

### شستشوی ضایعات:

معمولاً پیش از آسیاب کردن ضایعات از آنها رفع آلودگی می‌شود و مواد زائد جامد دیگر نظیر فلز و شیشه از پلاستیک‌ها جدا می‌شود. در مرحله بعد از آسیاب نیز مواد خرد شده شستشو می‌گردد که این عمل با توجه به چگالی ضایعات پلاستیکی به ۲ شکل صورت می‌گیرد.

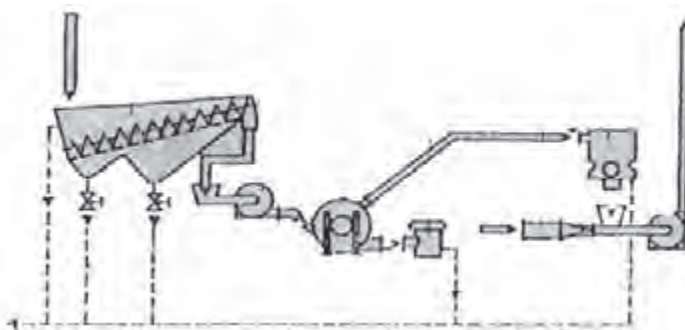


شکل شماره ۳: سیستم شستشو و خشک کن برای پلاستیک‌های سبکتر از آب



### -پلاستیک‌های سبک

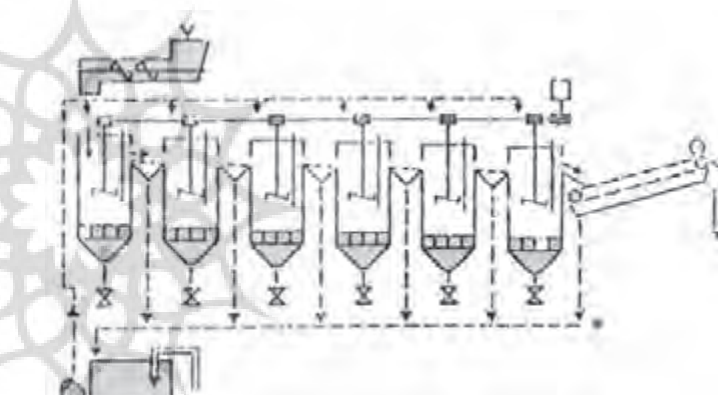
همانطور که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است پلاستیک‌های سبکتر از آب نظیر پلی اتیلن از سیستم خارج می‌گردند. در این روش پلاستیک‌های خرد شده داخل مخزن شستشو که حاوی آب گرم است ریخته شده و با چرخش مارپیچ علاوه بر اختلاط مواد با آب گرم به سمت جلو نیز رانده می‌شوند. در مرحله بعد یک مارپیچ ثانویه وجود دارد که مواد را از آب جدا کرده و به سمت فن هدایت می‌کند. فن مواد را به دستگاه سانتریفوژ هدایت می‌کند در سانتریفوژ آب همراه مواد پلاستیکی جدا شده و از طریق یک مکانیزم جداکننده از سیستم خارج می‌گردد. مواد پلاستیکی که آب آنها گرفته شده است به واحد خشک کن انتقال می‌یابند و در یک سری از واحدهای گرم کن مواد پلاستیکی قرار می‌گیرند.



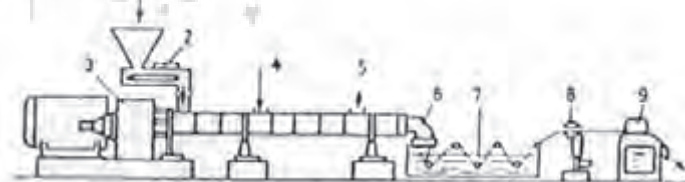
شکل شماره ۴: سیستم شستشو و خشک کن برای پلاستیک‌های سنگینتر از آب

### -پلاستیک‌های سنگین

برای پلاستیک‌های سنگین‌تر از آب نظیر پی وی سی از سیستم زیر استفاده می‌شود. در سیستم قبل عمل شستشو و انتقال مواد توسط یک پیچ حلزونی شیب دار که بر روی صفحه ای مشبک قرار گرفته است صورت می‌گیرد در این روش صفحه مشبک از ته نشین شدن پلاستیک جلوگیری کرده و آلودگی‌های شسته شده را نیز از شبکه‌های خود عبور می‌دهد و در انتهای مخزن جمع آوری می‌کند و بقیه سیستم مانند سیستم پلاستیک سبک است. در صورتی که آلودگی دارای حجم زیادی باشد باید از روش‌های فلوتاسیون نیز استفاده گردد (۸ و ۴۱ و ۸).



شکل شماره ۵: سیستم شستشوی پشت سر هم



شکل شماره ۶: طرح شماتیک واحد اختلاط ایلف و پلاستیک

برای شستشو نیز می‌توان از مخازن شستشوی مجهز به هم زن که بصورت سری قرار گرفته‌اند استفاده نمود.



### بهبود خواص ضایعات پلاستیکی برای استفاده مجدد:

پلاستیک‌های خشک را در یک اکسترودر ذوب می‌کنند و به صورت رشته‌های مذاب در آورده و با عبور دادن از حمام آب و یا مجاورت با هوا سرد، به رشته‌های جامد تبدیل می‌کنند و سپس در یک دستگاه برنده یا کاتر، دانه‌های پلاستیکی هم شکل و هم اندازه مواد اولیه را بدست می‌آورند. البته باید توجه داشت که پلاستیک حاصله کیفیت پایین‌تر از پلاستیک نو دارد که به علت وجود ضایعات بصورت فوق تولید شده است و طی روند بازیافت مقداری از خواص خود را از دست داده‌اند. معمولاً پلاستیک آسیاب شده با مقدار مشخصی پلاستیک نو مخلوط شده و سپس به دانه‌های پلاستیکی تبدیل می‌شود تا بدین نحو خصوصیات از دست رفته خود را بدست آورند (۸ و ۴ و ۱).

### روش‌های معمول اصلاح خواص عبارتند از:

#### الف: افزودن پلاستیک نو به پلاستیک بازیافت شده (آلیاژ سازی)

این شیوه معمولی‌ترین روش اصلاح خواص ضایعات پلاستیکی نظیر پلی اتیلن است که در آن ۲ یا چند پلاستیک را همراه پلاستیک بازیافتی در دمای بالاتر از ذوب با هم مخلوط می‌کنند و همگن می‌سازند و در طی ۳ مرحله این روند صورت می‌گیرد:

- ۱- اجزایی که از نظر ساختمان شیمیایی همانند هستند پس از اختلاط یک ترکیب کاملاً یکسان حاصل می‌کنند. این حالت در بازیافت انواع پلی اتیلن و پلی پروپیلن صادق است و تقریباً تنها روش اقتصادی نسبت به ۲ حالت زیر می‌باشد
- ۲- اجزای مخلوط از نظر شیمیایی مشابه هم نیستند و از اختلاط آنها یک ترکیب همگن بدست نمی‌آید. این حالت تنها در بازیافت ضایعات پلی استایرن مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آن ذرات ریز لاستیک در بستر پلی استایرن پراکنده شده و پلاستیک جدیدی بنام پلی استایرن ضد ضربه تهیه می‌شود.
- ۳- در فرایند صورت گرفته، اجزای مخلوط بر اثر واکنش شیمیایی میان یکی از اجزاء و زنجیره جزء دیگر شکل گرفته‌اند، که این روش تنها کاربرد آزمایشگاهی دارد.

در حالت اول جزء دوم که همان پلاستیک نو است برای بهبود کیفیت به جزء اول یا ضایعات اضافه می‌شود و باید توجه گردد که همواره از نظر خواص جزء دوم پله بالاتر از جزء اول باشد برای مثال برای اصلاح خواص پلی اتیلن سبک ضایعاتی از پلی اتیلن سنگین نو بجای پلی اتیلن سبک نو استفاده می‌شود که از نظر خواص جایگاهی بالاتر از پلی اتیلن سبک نو دارد و برای بهبود خواص پلی اتیلن سنگین ضایعاتی نیز از پلی پروپیلن استفاده می‌شود. شیوه همگن سازی آنها نیز توسط یک اکسترو در ۲ محوره انجام می‌شود زیرا در غیر اینصورت مخلوط غیر یکنواخت دو فاز می‌گردد. می‌شود که خواص پایینی خواهد داشت (۸ و ۴ و ۱).

#### ب: افزودن مواد پرکننده:

پرکننده‌ها موادی هستند که اغلب ماهیت معدنی دارند و معمولاً از کربنات کلسیم و تالک و کائولن میکا سیلیس تشکیل یافته‌اند. معمولاً در پلاستیک‌ها بین ۱۰ تا ۸۰ درصد از مواد پرکننده استفاده می‌شود. البته از این مواد در پلاستیک‌های بلوری نظیر پلی اتیلن بخاطر سختی فرآیند کمتر استفاده می‌شود و از پرکننده‌ها معمولاً در بازیافت بهداشتی تأیید شده نیستند را به عنوان لایه میانی در تولید محصولات نظیر صفحات لاستیکی استفاده مورد استفاده

ضایعات نظیر پی وی سی استفاده می‌شود.

پی وی سی قابلیت جذب مقادیر زیادی از مواد فوق و نرم کننده یا پلاستی سائز را دارد به طوری که با تغییر میزان نرم کننده می‌توان محدوده گسترده‌ای از مواد متنوع با خواص متنوع از محصولات بسیار سخت و شکننده مثل لوله پلیکا تا کالاهای نرم و منعطف مانند مشمع را از پی وی سی تولید کرد. معمولاً به علت تنوع پلاستیک‌ها و فرمولاسیون آنها امکان تفکیک محصولات کم است بزرگترین مشکل در حین اختلاط معمولاً مشکلاتی نظیر عدم پخش مواد نرم کننده به صورت یکنواخت و در نتیجه آن روان شدن بخشی از مواد با ویسکوزیته پایین تر نسبت به مواد با ویسکوزیته بالاتر می‌باشد. در این حالت باید از مواد پر کننده در حین اختلاط استفاده گردد. یعنی مواد پر کننده هنگام روان شدن جزء نرم تر با آنها مخلوط شده و گرانیروی آنها را تعدیل می‌کند و گرانیروی کل فرایند را متعادل می‌سازد. باید توجه داشت در پاره‌ای از موارد به علت حساسیت گرمایی گروه‌هایی از پلاستیک‌ها نظیر پی وی سی از مواد پایدار کننده گرمایی نظیر ترکیبات سرب کادمیم و روی هنگام بازیافت استفاده می‌شود (۴ و ۸).

### ج: افزودن مواد تقویت کننده به ضایعات پلاستیک:

با افزودن مواد تقویت کننده نظیر الیاف شیشه می‌توان خواص مکانیکی ضایعات پلاستیکی شامل استحکام کششی و مقاومت ضربه‌ای را افزایش داد. در برخی از موارد خواص ترکیب بدست آمده از پلاستیک نو نیز به مراتب بیشتر است. در این روش طول الیاف تقویت کننده معمولاً بین ۳ تا ۱۲ میلی متر است و بیشتر برای تقویت پلاستیک‌ها و یا ترکیبات آزمایشگاهی همچون پلی آمیدها یا نایلون‌ها و گاهی اوقات پلی پروپیلن بکار می‌رود. البته ترکیب الیاف با پلاستیک بسیار دشوار

است و تنها با امکانات ویژه در شرایط خاص امکان پذیر است. پلاستیک همراه با این الیاف را نمی‌توان در هر فرآیندی بکار برد و پلاستیک فوق به راحتی قابل شکل دهی نمی‌باشد. نمای کلی واحد اختلاط پلاستیک و الیاف به شکل زیر است:

۱- مواد افزودنی ۲- خوراک دهنده ۳- آمیزه ساز

۴- ورودی الیاف ۵- واحد هوادهی ۶- دای ۷- حمام آب ۸- غلطک انتقال ۹- کاتر

### کاربرد ضایعات پلاستیکی

با وجود دقت در فرایند هایی که در طول بازیافت پلاستیک صورت می‌گیرد. کاربرد بهداشتی این مواد به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود به غیر از این، محدودیت امکان استفاده از ضایعات در کلیه کاربردهای دیگری که کیفیت ظاهری محصول در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد وجود دارد.

همچنین کیفیت پلاستیک بازیافتی از پلاستیک نو کمتر است ولی این امر تا حدی نیست که امکان استفاده مجدد را از آنها سلب نماید در مورد این مسئله ضایعات پی وی سی استثناء می‌باشند.

پی وی سی بازیافت شده به دلیل استفاده از مواد پر کننده در طی فرآیند بازیافت از خواص فیزیکی و مکانیکی پایین برخوردار است و استفاده از آن بامحدودیت‌هایی همراه است. برای همین در صنایع محدود نظیر تولید کفپوش‌های پلاستیکی و روکش اولیه کابل می‌توان از آن استفاده کرد.

در تولید کفپوش‌های پلاستیکی از مقادیر متناهی پرکننده که شامل کربنات کلسیم و یا آزیست می‌باشد، استفاده می‌گردد و از این رو کاربرد پی وی سی بازیافتی در این صنایع ایجاد محدودیت نمی‌کند. در تولید کابل‌های برق نیز به منظور کاهش هزینه‌ها ترجیح داده می‌شود که روکش کردن کابل‌ها در یک فرایند چند مرحله‌ای انجام گیرد. یعنی در ابتدا آمیزه‌ای ارزان قیمت به عنوان آستر اولیه استفاده می‌شود و سپس آمیزه اصلی به عنوان روکش نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آستر می‌تواند پلاستیک بازیافتی باشد.

از بهترین کاربردهای این مواد پلاستیکی بازیافتی استفاده آنها در محصولات چند لایه به عنوان لایه میانی است در این روش می‌توان ضایعات بازیافت شده که از نظر خواص کیفیت مواد نو را ندارند و یا از نظر



می تواند در روند باز یافت مشکل آفرین باشد.

دارد (از جمله ممانعت از عبور بخار آب)، علاوه بر محافظت بسیار خوب از مواد غذایی، هیچ اثر منفی هم بر آنها ندارد. فروش این ماده نیز با روش ها و دستگاههای متداول به راحتی انجام پذیر است (۹ و ۱۰).

### پیشنهادات

مهمترین گام در باز یافت پلاستیک و شیوه های صحیح آن، جمع آوری و دسته بندی انواع پلاستیک است. روش های گوناگونی برای جداسازی و جمع آوری پلاستیک وجود دارد که با توجه به وسعت منطقه و امکانات در دسترس می توان مناسبترین آنها را انتخاب کرد. برخی از این روش ها عبارتند از:

- جمع آوری خانه به خانه و جمع آوری پلاستیک به همراه مواد دیگر نظیر فلزات
- جمع آوری خانه به خانه و جمع آوری پلاستیک ها که شامل همه انواع پلاستیک می باشد.
- جمع آوری خانه به خانه و جمع آوری یک نوع خاص از پلاستیک
- جمع آوری در مناطق مرکزی شامل فروشگاههای بزرگ و مکانهای عمومی
- جمع آوری توسط افراد خیابانی و پرداخت دستمزد به آنها
- جمع آوری مرتب در کارخانجات و هتل ها و فروشگاه ها
- خرید زباله های پلاستیکی از افراد و جمع آوری و جستجو توسط افراد

در هنگام خرید وسایل پلاستیکی بهتر است هرگز پلاستیک های رنگی انتخاب نشوند و تا آن جایی که ممکن است از مصرف ظروف یک بار مصرف اجتناب شود. استفاده از پلاستیک های خود تخریب حائز اهمیت است و با توجه به مصرف روز افزون پلاستیک در کشور بهتر است مصرف این نوع پلاستیک در صنایعی بسته بندی گسترش یابد.

### منابع:

- ۱- حق پرست، محمد رضا، مسائل زیست محیطی باز یافت زباله پلاستیک، پایان نامه کارشناسی ارشد واحد علوم و تحقیقات، سال ۷۷، صفحات ۵۷ الی ۱۲۰
- ۲- عمرانی، قاسمعلی، مطالعه و بررسی مشکلات باز یافت PET در شهر قم، مجله علوم بهداشت محیط زیست، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۱۵ الی ۱۹
- ۳- سایت سازمان باز یافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد،
- 4- f.lund, Herbert, Recycling hand book, (1993) the mcgraw-hill Puplicer, p.30-123
- 5- www.www-plasticsinfo.com/plastics-recycling.html
- 6- www.exeter.gov.uk
- 7- http://www.bazyaft.com/persian/recycle\_1.html
- 8- www.poymers.com
- 9- www2.basf.de/basf2/html/plastics/
- 10- www.plasticsresource.com/s\_plasticsresource/index.asp.

برای این منظور یک خط جدا گانه تشکیل یافته که به کمک سایش و شستشو، آلودگی های ناشی از برچسپ ها و آلومینیوم و سایر مواد ناخواسته را رفع می کند. بخش شناور به همراه آب وارد یک قسمت خرد کننده می شوند و با استفاده از نیروی سانتریفوژ کاغذ برچسپ ها از HDPE جدا می شوند. پس از خشک کردن مواد باز یافت شده به صورت چیپس داخل کیسه ریخته شده البته آلومینیوم در مقادیر جزئی همراه پوشش فیلم پلاستیک می تواند نمایان شود که این امر نیز به کمک جداسازی الکترواستاتیکی قابل کنترل می باشد.

یکی از مهمترین منابع تولید ضایعات پلاستیکی کارخانجات تولیدی می باشند که در فاضلاب خود قسمت زیادی مواد پلیمری دارند صنایع تولید و بسته بندی یکی از این موارد می باشند. مواد پلاستیکی موجود در این صنایع می تواند جمع آوری و دوباره مورد استفاده قرار گیرد. در زباله های تجاری نیز سهم زیادی از پلی اتیلن یافت می شود که در محل های کاری و صنایع زینتی به چشم می خورد (۴ و ۸).

### نتیجه گیری

بسیاری از پلاستیکها را می توان با گرمادهی شکل داد. اما قالب گیری از چنین گرمای نرمهایی، انرژی قابل توجهی مصرف می کند. به تازگی پژوهشگران بخش علوم مواد موسسه فناوری ماساچوست در کمبریج، پلاستیک جدیدی ساخته اند که به جای گرمادهی، به کمک اعمال فشار، قالب گیری می شود. این فشارنرمها از اختلافات نانو فازي بسپارهایی مانند پلی استایرن و پلی (n بوتیل آکریلات) یا پلی استایرن و پلی (۲ اتیل هگزیل آکریلات) حاصل شده اند. هرگاه فشاری معادل ۳۴/۵ مگاپاسکال، یعنی چند صد برابر فشار جو، بر این بسپارها اعمال شود، نرم می شوند و می توان آنها به شکل دلخواه در آورد. استفاده از پلاستیک های خود تخریب حائز اهمیت است این پلاستیکها یک کوپلی استر آلیفاتیک-آروماتیک حاصل از واکنش تراکمی مخلوط ترفتالک اسید، آدیپیک اسید و بوتان دی ال و محصولات شرکت BASF می باشند و از سال ۱۹۹۸ وارد بازار شده اند این شرکت، بزرگ ترین شرکت شیمیایی در جهان و تولید کننده محصولات بسیار متنوعی از جمله مواد کشاورزی، مواد پوششی، انواع پلاستیک ها، الیاف مصنوعی، محصولات بیوتکنولوژی و انواع مواد اولیه و واسطه شیمیایی می باشد. Ecoflex در خاک یا در محیط کمپوست حداکثر تا ۸۰ روز کاملاً تخریب می شود و به طبیعت برمی گردد. این ماده که ابتدا برای تولید فیلم های بسته بندی تولید گردیده است، امروزه کاربردهای فراوانی دارد. علاوه بر این در ساخت ظروف یک بار مصرف و انواع بسته بندی مواد غذایی هم استفاده می شود Ecoflex با ویژگی های مناسبی که



قرار داد. معمولاً پس از جمع آوری پلاستیک ها که در شهر تهران توسط دورگردها صورت می گیرد، پلاستیک های جمع آوری شده بر اساس مبنای رنگ و جنس جداسازی می شود. پلاستیک ها معمولاً به ۲ نوع بادی و تزریقی تقسیم و از نظر نوع رنگ بندی به انواع بی رنگ سفید قرمز آبی مشکی تقسیم می شود.

پلاستیک های بادی مانند پلی اتیلن با تراکم بالا (H.D.P.E) و پلی ونیل کلراید از نظر ساختمان دارای مولکولهایی می باشد که فشردگی آنها بسیار زیاد بوده و به همین جهت خشک و شکننده می باشند.

### بازیافت پلی استیرن

بطور کلی موادی که برای بازیافت انتخاب می شوند دارای خصوصیات زیر هستند:

- باید به آسانی از سایر مواد جدا شوند
- سطح آلودگی پایینی داشته باشند.
- آلودگی موجود براحتی قابل حذف شدن باشد و به آسانی در یک مسیر غیر آلوده مصرف شوند.

برای بازیافت پلی استیرن روند زیر را می توان در نظر گرفت:

مواد بوسیله نقاله به یک دستگاه کاتر هدایت و در آنجا به قطعات ریز تبدیل می شوند سپس این قطعات کوچک به یک سپراتور جهت جدا سازی موادی نظیر شیشه فلز و سنگ از پلاستیک هدایت می شوند. سپس پلاستیک ها به ماشین شستشو منتقل و بعد از این مرحله وارد دستگاه خشک کن می شوند و در آنجا به قطعاتی در حدود یک سانتی متر تبدیل می شوند، در مرحله بعد پلاستیک ها به حوضچه شناوری منتقل شده و پلاستیک های سبک مانند پلی اتیلن از پلاستیک سنگین جدا می شوند. پلاستیک های ته نشین شده به سیکلون ها انتقال داده می شوند که در آنجا پلی استیرن از مواد سنگین تر نظیر پی وی سی و قطعات باقیمانده فلز و شیشه جدا می شود، پس از آن جا پلی استیرن به خشک کن حرارتی منتقل و

در حالی که پلاستیک های تزریقی مانند پلی اتیلن با تراکم پایین (L.D.P.E) و پلی اتیلن تری فنالات (P.E.T) نرم تر و دارای قابلیت انعطاف پذیری بیشتر می باشد.

هدف اصلی از جداسازی این دو نوع مواد از یکدیگر آن است که اگر این مواد با هم ترکیب شوند مواد حاصل، از کیفیت چندان مناسبی برخوردار نبوده و مانند دانه های شن و ماسه از دستگاه خارج می شوند. از نظر رنگ بندی نیز هر چقدر از طرف مواد بی رنگ و یا روشن به طرف رنگهای تیره تر می رویم از ارزش پلاستیک کاسته می شود. در مرحله بعدی پلاستیک های جداسازی شده را در یک آسیاب بزرگ قرار داده و آنها را از نظر اندازه به ذرات ریز آسیاب می کنند و این ذرات پس از آسیاب به کارخانجات بازیافت پلاستیک انتقال می یابد. در قسمت بازیافت پلاستیک های خرده شده نیز در یک ظرف شستشو قرار گرفته و پس از شستشو بر روی یک بستر خشک کن قرار می گیرند معمولاً در این قسمت یک منبع حرارت با گرمای ملایم پلاستیک ها را خشک می کند و در قسمت بعد در دستگاه اکسترودر قرار می گیرند حرارتی که این سیستم تولید می کند بطور متوسط ۱۵۰ الی ۲۵۰ سانتی گراد می باشد و پلاستیک ها خرد بصورت خمیر از دهانه اکسترودر خارج می شود.

در سیلوهای خاص انبار می شوند معمولاً آب مصرفی توسط پمپ دوباره جمع آوری می شود و مجدداً در پروسه مصرف قرار می گیرند. معمولاً از مواد بازیافتی در ساخت قطعاتی نظیر کاست ویدیو و دیسک فشرده و جا لیوانی و غیره استفاده می گردد. در ساخت تلویزیون و لوازم صوتی نیز می توان از این مواد استفاده کرد (۴ و ۸).

### بازیافت بطری های پلی اتیلن با تراکم بالا (HDPE)

این پلیمر از آنجا که برای فرایند مجدد براحتی آماده می شود و نوع رنگ و خصوصیت سختی آن باعث می شود به راحتی از ضایعات جدا گردد، حائز اهمیت است. آلودگی هر کیلوگرم HDPE در مقایسه با محصولات نرم تر بسیار ناچیز بوده و هر گونه آلودگی را به راحتی می توان با آب از بین برد و آب فرایند حاصل را نیز با یک تصفیه ساده می توان مورد استفاده قرار داد. معمولاً در خط بازیافت اغلب مواد ناخواسته را حذف می کنند اما مواد متصل به HDPE نظیر پلی اتیلن تری فنالات