

به نام آن که جان را فکرت آموخت

## باز یافت لاستیک

و

## استفاده از مواد بازیافتی

ترجمه:

الهه رمضانی

ویراستار:

نسرین باقری زاده ابیانه

|                      |                                                                                                                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدید آور | بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی / ویراستاران [سادهان ک. دی، آورام آی. ایسایه، کلمنتینا کایت؛ ترجمه الهه رضانی؛ ویراستار نسرين باقری زاده ابیانه. |
| مشخصات نشر           | تهران: تراوش فکر: شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، ۱۳۹۱.                                                                                                |
| مشخصات ظاهری         | ۴۰۸ ص: مصور، جدول.                                                                                                                                         |
| شابک                 | ۲۰۰۰۰ ریال : ۵-۱-۳۹۰۳۹-۶۰۰-۹۷۸                                                                                                                             |
| وضعیت فهرست نویسی    | فیبا                                                                                                                                                       |
| یادداشت              | عنوان اصلی: Rubber recycling, 2005.                                                                                                                        |
| یادداشت              | کتابنامه.                                                                                                                                                  |
| موضوع                | لاستیک -- بازیافت                                                                                                                                          |
| شناسه‌ی افزوده       | دی. سادهان کومار، ویراستار                                                                                                                                 |
| شناسه‌ی افزوده       | (De, Sadhan K. (Sadhan Kumar :                                                                                                                             |
| شناسه‌ی افزوده       | ایسایف، آورام ایی، ۱۹۴۲ - م.، ویراستار                                                                                                                     |
| شناسه‌ی افزوده       | Isayev, Avraam I. :                                                                                                                                        |
| شناسه‌ی افزوده       | کایت، کلمنتینا، ویراستار                                                                                                                                   |
| شناسه‌ی افزوده       | Khait, Klementina :                                                                                                                                        |
| شناسه‌ی افزوده       | رضانی، الهه، ۱۳۶۴ - مترجم                                                                                                                                  |
| شناسه‌ی افزوده       | باقری زاده ابیانه، نسرين، ویراستار                                                                                                                         |
| شناسه‌ی افزوده       | شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک                                                                                                                         |
| رده‌بندی کنگره       | ۱۳۹۱ ب۲ / TS1892                                                                                                                                           |
| رده‌بندی دیویی       | ۶۷۸/۲۹                                                                                                                                                     |
| شماره کتاب‌شناسی ملی | ۳۰۴۹۰۱۳                                                                                                                                                    |

نام کتاب: بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی

ترجمه: الهه رضانی

ویراستار: نسرين باقری زاده ابیانه

طراح جلد و صفحه‌آرا: زهرا رحیمی ریس‌ء

ناشر: انتشارات تراوش فکر- شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

چاپ: نقش سبز گستر

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: زمستان ۱۳۹۱

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان



تراوش فکر



شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

تهران، انتهای بزرگراه همت غرب، بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی

تلفن: ۰۲۱-۴۴۵۸۰۹۱۷

www.rierco.net

Email: entesharat@rierco.net

حق چاپ محفوظ است و استفاده از مطالب کتاب با بیان منبع، مانعی ندارد.

صنعت لاستیک از گسترش روز افزونی برخوردار است. یکی از پر مصرف‌ترین محصولات لاستیکی در دنیا تایر است. با توجه به گستره‌ی صنعت حمل و نقل در دنیا، هر ساله شاهد حجم زیادی از تایرهای مستعمل در گوشه و کنار جاده‌ها، فضاهای برون شهری، جنگل‌ها و ... هستیم. تایر به دلیل وجود ترکیب‌های شیمیایی مختلف و آلاینده‌های محیطی و نیز تجزیه‌پذیر نبودن این محصول، تایرهای سرگردان در اماکن مختلف می‌توانند علاوه بر آلودگی محیط زیست، محلی برای تجمع حشرات و حیوانات موزی نیز باشند. امروزه در کشورهای صنعتی حجم زیادی از این تایرها به عنوان سوخت کوره‌های سیمان و فولاد استفاده شده و باقی نیز برای بازیافت و استفاده‌ی مجدد در صنایع مختلف به کارخانه‌های بازیافت ارسال می‌شوند. بخش عمده‌ی مواد حاصل از بازیافت لاستیک شامل پودر لاستیک، روغن، دوده، سیم و نایلون است.

شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک با هدف اشاعه‌ی فرهنگ بازیافت و حمایت از موضوع نگهداری و پاس‌داشت محیط زیست که جزئی از سرمایه‌ی معنوی هر انسانی تلقی می‌شود، اقدام به چاپ کتاب "بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی" کرده است. امیدواریم این کتاب ارزشمند که توسط سرکار خانم الهه رمضانی ترجمه شده است، به عنوان یک مرجع کاربردی مورد استفاده‌ی سرمایه‌گذاران، کارشناسان و متخصصان صنعت بازیافت لاستیک و نیز دانشجویان قرار گیرد. در پایان از تمامی همکاری‌ها که در نشر این کتاب تلاش کرده‌اند به ویژه سرکار خانم نسرين باقري زاده ايبانه به عنوان ويراستار و سرکار خانم زهرا رحيمي ريسه که زحمت صفحه‌آرایی و طراحی جلد کتاب را برعهده داشتند کمال تشکر را دارم.

همچنین لازم است از جناب آقای مهندس عباس عباسی ايبانه مديرعامل محترم گروه صنعتی بارز که با نگاه مثبت به این امر فرهنگی و حمایت مادی و معنوی، زمینه‌ی انتشار این کتاب را فراهم کرده‌اند، تشکر و قدردانی کنم.

دکتر سعید تقوایی

مدیرعامل شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

بهمن ۱۳۹۱

گروه صنعتی بارز در ادامه‌ی سیاست‌های خود در رابطه با مسؤولیت اجتماعی خود و اجرای یکی از راهبردهای کلیدی گروه برای ایجاد زیرساختی در جامعه که منجر به رشد صنعت تایلر شود، حمایت از انتشارات و همایش‌های صنعتی- دانشگاهی را وجهه‌ی همت خود قرار داده است تا از این رهگذر بنیه‌ی دانشی تلاش‌گران این حوزه را بهبود بخشد. طبیعتاً تشویق به نوشتن یا ترجمه‌ی کتاب یا مقاله منجر به رشد علمی جامعه‌ی صنعتی تایلر در کشور شده و سطح گفت‌وگوهای علمی برای رشد و تعالی این صنعت را افزایش خواهد داد. در شرایط حاضر مؤسساته تعداد دانشوران و کتاب‌های چاپ شده به زبان فارسی، متناسب با کمیت تایلر تولیدی و نیازهای علمی آن نیست و همین امر باعث شده است که انتشارات این حوزه، امکان ارزیابی کیفی نیز پیدا نکند. از این رو سیاست فعلی گروه صنعتی بارز اهتمام بر توسعه‌ی کمی تعداد کتاب‌های منتشر شده در حوزه‌های مختلف است، تا به مرور زمان با افزایش تعداد دانشوران، امکان توسعه‌ی کیفی بیش از پیش این صنعت فراهم شود.

از جمله زمینه‌هایی که کتاب‌های ترجمه‌ای یا تالیفی کمتری در آن تهیه و منتشر شده، مقوله‌ی بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی است. امروزه انباشتگی و تجمع لاستیک‌های ضایعاتی و فرسوده به دلیل خطرهای آتش‌سوزی، گسترش حشرات، بخش‌اشعه‌های مضر و ... یکی از مشکلات بزرگ زیست‌محیطی کشورها به حساب می‌آید و برگرداندن مؤثر این ضایعات به چرخه‌ی مصرف و استفاده‌ی بهینه از آن‌ها چالشی بزرگ برای مسؤولان محیط‌زیست و دست‌اندرکاران صنعت لاستیک شده است.

از آنجایی که بازیافت ضایعات لاستیکی علاوه بر حفظ محیط‌زیست و توسعه‌ی هوای پاک، صرفه‌جویی‌های اقتصادی قابل توجهی را نیز در پی دارد، توجه به شیوه‌ها و روش‌های بازیافت و مصرف دوباره‌ی مواد بازیافتی، تأثیری غیرقابل انکار در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی خواهد داشت.

در همین رابطه و متناسب با تغییرات اقلیمی در دنیا، پروژه‌های توسعه‌ی هوای پاک و کاهش تولید دی‌اکسیدکربن یکی از هدف‌های تمام صنایع بزرگ دنیا برای کاهش اثرهای گلخانه‌ای است. در حال حاضر نیز مطابق پروتکل‌های کپنهاگ و توکیو که جمهوری اسلامی ایران نیز عضو آن است، تمامی صنایع تایلر سازی بالای بیست هزارتن، باید از تولید دی‌اکسیدکربن خود بکاهند.

گروه صنعتی بارز نیز در همین راستا، علاوه بر توسعه‌ی درخت‌کاری، استفاده از ماشین‌آلات با مصرف انرژی کمتر، نوآوری در حوزه‌ی طراحی محصول، استفاده از مواد اولیه‌ای که در ارزیابی چرخه‌ی عمر خود  $CO_2$  کمتری تولید می‌کنند، به همراه تأکید بر مصرف مواد بازیافتی در تولیدات خود، خوش‌وقت است که با انتشار کتاب "بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی" گامی در جهت توسعه‌ی آگاهی‌های عمومی در مقوله‌ی صنعت بازیافت و تأثیر آن بر کاهش مواد آلاینده و حفظ محیط زیست برداشته است.

به امید آینده‌ای پاک‌تر و پایدارتر

عباس عباسی ابیانه

مدیرعامل گروه صنعتی بارز

فصل اول - روش های مختلف بهبود کیفیت خرده لاستیک های بازیافتی

|    |                                                                                                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳  | ۱-۱- چکیده .....                                                                                                    |
| ۳  | ۲-۱- مقدمه .....                                                                                                    |
| ۷  | ۳-۱- تایر .....                                                                                                     |
| ۸  | ۴-۱- منابع مختلف برای دسترسی به اطلاعات لازم در زمینه ی تجهیزات و روش های مختلف بازیافت و خردسازی تایرهای فرسوده .. |
| ۹  | ۱-۴-۱- نشریه ها .....                                                                                               |
| ۹  | ۲-۴-۱- اختراعات .....                                                                                               |
| ۱۰ | ۳-۴-۱- اطلاعات موجود در صنایع دیگر .....                                                                            |
| ۱۱ | ۴-۴-۱- مشاورین، کارگزاران و تولیدکنندگان تجهیزات فرایند بازیافت .....                                               |
| ۱۱ | ۵-۱- نسبت کاهش اندازه ی لاستیک های فرسوده .....                                                                     |
| ۱۳ | ۶-۱- کاربرد مواد لاستیکی .....                                                                                      |
| ۱۴ | ۱-۶-۱- کاربردهای متفاوت مواد لاستیکی .....                                                                          |
| ۱۹ | ۲-۶-۱- کاربرد مواد لاستیکی در مهندسی عمران شهری .....                                                               |
| ۲۱ | ۳-۶-۱- کاربرد مواد لاستیکی برای زیباسازی محیط، پارک ها، مراکز تفریحی و در حوزه ی کشاورزی .....                      |
| ۲۲ | ۷-۱- کنترل و تضمین کیفیت .....                                                                                      |
| ۲۷ | ۸-۱- تقاضا برای خرده لاستیک های با اندازه های مختلف .....                                                           |
| ۲۸ | ۹-۱- تجهیزات کمکی .....                                                                                             |
| ۲۸ | ۱-۹-۱- دستگاه پرس تایر .....                                                                                        |
| ۳۰ | ۲-۹-۱- بسته بندی مواد لاستیکی .....                                                                                 |
| ۳۰ | ۳-۹-۱- حمل و نقل مواد لاستیکی .....                                                                                 |
| ۳۲ | ۴-۹-۱- آهن ربا .....                                                                                                |
| ۳۴ | ۵-۹-۱- جداکننده ی مغناطیسی .....                                                                                    |
| ۳۴ | ۶-۹-۱- جابه جایی مواد به روش پنوماتیک یا با استفاده از نقاله های سنتی و لزوم کنترل آلودگی هوا .....                 |
| ۳۶ | ۷-۹-۱- سرنده و چگالی سنج .....                                                                                      |
| ۳۷ | ۸-۹-۱- طوقه کش .....                                                                                                |
| ۳۸ | ۹-۹-۱- سیستم های ایمنی، آتش نشانی و کنترل کننده ی آلودگی آب در واحدهای بازیافت کننده .....                          |
| ۳۹ | ۱۰-۹-۱- تمیز کردن تایرهای ضایعاتی کثیف .....                                                                        |
| ۳۹ | ۱۰-۱- اولین مرحله ی بازیافت تایرهای فرسوده .....                                                                    |
| ۳۹ | ۱-۱۰-۱- بازنگری .....                                                                                               |
| ۴۴ | ۲-۱۰-۱- چالش های فرایند بازیافت لاستیک های فرسوده .....                                                             |
| ۴۵ | ۳-۱۰-۱- مرحله ی اول خردسازی لاستیک فرسوده .....                                                                     |
| ۴۶ | ۴-۱۰-۱- آسیاب دندانهای .....                                                                                        |
| ۴۶ | ۵-۱۰-۱- آسیاب چکشی .....                                                                                            |
| ۴۷ | ۶-۱۰-۱- قیچی های دوار .....                                                                                         |
| ۴۹ | ۱۱-۱- مرحله ی دوم خردسازی لاستیک های فرسوده .....                                                                   |
| ۴۹ | ۱-۱۱-۱- گریندر یا آسیاب دو غلتکه .....                                                                              |
| ۵۰ | ۲-۱۱-۱- گرانول ساز .....                                                                                            |
| ۵۳ | ۳-۱۱-۱- خردسازی برودتی لاستیک فرسوده .....                                                                          |
| ۵۴ | ۴-۱۱-۱- استفاده از دستگاه اکسترودر برای خردسازی لاستیک فرسوده .....                                                 |
| ۵۴ | ۵-۱۱-۱- استفاده از آسیاب های پر فشار برای خردسازی مواد پلاستیکی .....                                               |

|    |                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ۵۵ | ۱۲-۱- سومین مرحله‌ی خُردسازی لاستیک فرسوده                                              |
| ۵۶ | ۱۲-۱-۱- خُردسازی رطوبتی لاستیک‌های فرسوده                                               |
| ۵۶ | ۱۳-۱- اصلی‌ترین فرایندهای تولید خُرده‌لاستیک                                            |
| ۵۶ | ۱۳-۱-۱- بازیگری                                                                         |
| ۵۹ | ۱۳-۲- خُردسازی لاستیک فرسوده در دمای عادی                                               |
| ۶۰ | ۱۳-۳- خُردسازی پرودتی لاستیک فرسوده                                                     |
| ۶۳ | ۱۳-۴- پودر سازی با استفاده از دستگاه اکسترودر                                           |
| ۶۴ | ۱۳-۵- خُردسازی تایرهای فرسوده در دمای عادی                                              |
| ۶۵ | ۱۳-۶- خُردسازی لاستیک‌های فرسوده با استفاده از روش‌های رطوبتی                           |
| ۶۷ | ۱۳-۷- روش‌های دیگر خُردسازی مواد لاستیکی                                                |
| ۶۸ | ۱۴-۱- رویکرد کلی                                                                        |
| ۶۸ | ۱۴-۱-۱- طراحی کلی خط تولید خُرده‌لاستیک و بررسی فرایند بازیافت و خُردسازی لاستیک فرسوده |
| ۷۰ | ۱۴-۲- میزان مصرف انرژی                                                                  |
| ۷۰ | ۱۴-۳- الزام‌های ایمنی و محیط زیستی                                                      |
| ۷۰ | ۱۴-۴- تعمیرات و نگهداری تجهیزات                                                         |
| ۷۱ | ۱۴-۵- خُردسازی سنتی لاستیک فرسوده                                                       |
| ۷۲ | ۱۵-۱- عرضه و تقاضای خُرده‌لاستیک در بازار                                               |
| ۷۳ | ۱۶-۱- رویکرد اقتصادی فرایند بازیافت لاستیک‌های فرسوده                                   |
| ۷۶ | ۱۷-۱- بررسی‌های دیگر در مورد فرایند بازیافت و خُردسازی تایرهای فرسوده                   |
| ۷۶ | ۱۷-۱-۱- سلسله مراتب مصرف انرژی برای تولید مواد لاستیکی                                  |
| ۷۷ | ۱۷-۲- سازماندهی                                                                         |
| ۷۸ | ۱۸-۱- خلاصه                                                                             |
| ۷۹ | منابع                                                                                   |

## فصل دوم- کنترل و تضمین کیفیت مواد لاستیکی

|    |                                                                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------|
| ۸۱ | ۲-۱- چکیده                                                                |
| ۸۱ | ۲-۲- مقدمه                                                                |
| ۸۲ | ۲-۲-۱- میانگین، استاندارد و تعیین اندازه‌گیری‌ها                          |
| ۸۲ | ۲-۲-۲- موانع موجود فرایند بازیافت لاستیک‌های مستعمل در تولید مواد لاستیکی |
| ۸۴ | ۲-۲-۳- اندازه‌گیری مواد لاستیکی                                           |
| ۸۵ | ۲-۲-۴- آزمایش‌های لازم برای تضمین کیفیت خُرده‌لاستیک‌ها و مواد لاستیکی    |
| ۸۵ | ۲-۲-۵- جداسازی ناخالصی‌های مواد لاستیکی                                   |
| ۸۶ | ۲-۳- التزام‌های فرایندهای بازیافت تایرهای فرسوده                          |
| ۸۸ | ۲-۴- راهبردهای مدیریتی                                                    |
| ۸۸ | ۲-۵- تولید ناب                                                            |
| ۹۰ | ۲-۶- کنترل و تضمین کیفیت (بهبود مستمر)                                    |
| ۹۳ | ۲-۷- تجزیه و تحلیل نتیجه‌ها                                               |
| ۹۵ | ۲-۸- روش‌های کلی برای درک و موفقیت در فرایند بازیافت لاستیک‌های فرسوده    |
| ۹۵ | ۲-۸-۱- روش‌های مختلف توصیف خواص شیمیایی محصولات                           |

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۹۷  | ۲-۸-۲- روش‌های مختلف کنترل و تضمین کیفیت مواد..... |
| ۹۹  | ۲-۹-۱- اجرای فرایند بازیافت تایرهای فرسوده.....    |
| ۹۹  | ۲-۹-۱- پیشنهاد یک روش برای رسیدن به موفقیت.....    |
| ۱۰۰ | ۲-۱۰-۱- خلاصه و نتیجه‌گیری.....                    |
| ۱۰۱ | منابع.....                                         |

## فصل سوم- خواص پودر لاستیک نو و بازیافتی

|     |                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۰۲ | ۳-۱-۱- مقدمه.....                                                                             |
| ۱۰۲ | ۳-۲-۱- روش‌های مختلف خردسازی لاستیک‌های فرسوده.....                                           |
| ۱۰۲ | ۳-۲-۱-۱- برش و خردسازی تایر.....                                                              |
| ۱۰۲ | ۳-۲-۱-۲- برش تایرهای فرسوده.....                                                              |
| ۱۰۳ | ۳-۲-۱-۳- آسیاب کردن لاستیک‌های فرسوده.....                                                    |
| ۱۰۳ | ۳-۲-۱-۴- استفاده از دستگاه اختلاط برای خردسازی تایرهای فرسوده.....                            |
| ۱۰۴ | ۳-۲-۱-۵- خردکننده‌ی صفحه‌ای.....                                                              |
| ۱۰۴ | ۳-۲-۱-۶- خردسازی توسط دستگاه برش.....                                                         |
| ۱۰۴ | ۳-۲-۲- خردسازی مواد لاستیکی با وارد کردن فشار روی آن‌ها.....                                  |
| ۱۰۵ | ۳-۲-۲-۱- خردسازی لاستیک فرسوده در دمای عالی.....                                              |
| ۱۰۵ | ۳-۲-۲-۲- خردسازی برودتی لاستیک‌های فرسوده.....                                                |
| ۱۰۸ | ۳-۲-۳- خردسازی مواد لاستیکی با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی.....                       |
| ۱۰۸ | ۳-۲-۳- کاربرد پودر لاستیک نو.....                                                             |
| ۱۰۸ | ۳-۱-۳- محصولات لاستیکی.....                                                                   |
| ۱۰۸ | ۳-۱-۳-۱- محصولات لاستیکی حاوی خردده‌های نو.....                                               |
| ۱۰۹ | ۳-۱-۳-۲- محصولات حاصل از گرانول‌های لاستیکی نو و یک آمیزه‌ی لاستیکی.....                      |
| ۱۱۰ | ۳-۱-۳-۳- استفاده از پودر لاستیک نو در آمیزه‌های تایر.....                                     |
| ۱۱۱ | ۳-۱-۳-۴- ویژگی‌های فرایند استفاده از پودر لاستیک در تایر.....                                 |
| ۱۱۲ | ۳-۱-۳-۵- خواص مکانیکی آمیزه حاوی پودر لاستیک.....                                             |
| ۱۱۴ | ۳-۱-۳-۶- مخلوط پودر لاستیک با مواد ترموپلاستیک.....                                           |
| ۱۱۵ | ۳-۱-۴- آزمایش سطحی پودر لاستیک.....                                                           |
| ۱۱۵ | ۳-۱-۴-۱- فعال‌سازی شیمیایی.....                                                               |
| ۱۱۵ | ۳-۱-۴-۲- افزودن پلیمر و یا تغییر در سیستم پخت به‌منظور انجام آزمایش سطحی روی پودر لاستیک..... |
| ۱۱۷ | ۳-۱-۴-۳- آزمایش سطحی پودر لاستیک با استفاده از روش پیوند زنی.....                             |
| ۱۱۸ | ۳-۱-۴-۴- متورم سازی پودر لاستیک.....                                                          |
| ۱۱۸ | ۳-۱-۴-۵- هالوزن دار شدن پودر لاستیک.....                                                      |
| ۱۱۸ | ۳-۲-۲- فعال‌سازی فیزیکی پودر لاستیک.....                                                      |
| ۱۱۹ | ۳-۲-۳- آزمایش میکروبی پودر لاستیک.....                                                        |
| ۱۱۹ | ۳-۲-۴- دولکانش سطحی پودر لاستیک.....                                                          |
| ۱۲۰ | ۳-۵- کاربرد پودر لاستیک بازیافتی در محصولات لاستیکی.....                                      |
| ۱۲۲ | ۳-۶- خلاصه.....                                                                               |
| ۱۲۲ | منابع.....                                                                                    |

|     |                                                                                           |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۱۲ | ۷-۴-۳- سازگارسازی دوپلیمر از طریق روش واکنش پذیر (واکنشی).....                            |
| ۲۱۷ | ۷-۴-۴- خواص سطح خُرده لاستیک ها و تأثیر آن روی آمیزه های حاوی پلاستیک و خُرده لاستیک..... |
| ۲۲۱ | ۷-۵-۵- محصولات و توسعه فرایند.....                                                        |
| ۲۲۱ | ۷-۵-۱- آمیزه لاستیک - ترموپلاستیک.....                                                    |
| ۲۲۱ | ۷-۵-۱-۱- کشپارهای ترموپلاستیک.....                                                        |
| ۲۳۳ | ۷-۵-۲- استفاده از پلیمرهای بازیافتی برای تولید محصولات مختلف و برای سقف سازی.....         |
| ۲۳۹ | ۷-۵-۳- مطالعات رنولوژیکی.....                                                             |
| ۲۴۰ | ۷-۵-۴- فرایندها.....                                                                      |
| ۲۴۴ | ۷-۵-۲- مخلوط لاستیک - ترموست ها.....                                                      |
| ۲۴۶ | ۷-۵-۳- کاربردهای مختلف مواد بازیافتی.....                                                 |
| ۲۴۶ | ۷-۶- نتیجه ها و پیشنهادها.....                                                            |
| ۲۴۸ | منابع.....                                                                                |

### فصل هشتم - استفاده دوباره از مواد بازیافتی در آمیزه های مختلف

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۲۵۲ | ۸-۱- چکیده.....                                                 |
| ۲۵۲ | ۸-۲- مقدمه.....                                                 |
| ۲۵۳ | ۸-۳- انهدام تایرهای فرسوده.....                                 |
| ۲۵۳ | ۸-۴- روش های مختلف انهدام لاستیک های فرسوده.....                |
| ۲۵۴ | ۸-۴-۱- روش کردن مجدد تایرهای مستعمل و خُرده سازی آن ها.....     |
| ۲۵۵ | ۸-۴-۲- بازیافت لاستیک و ریکلیم سازی.....                        |
| ۲۵۶ | ۸-۴-۳- پیرولیز (تقطیر حرارتی).....                              |
| ۲۵۶ | ۸-۴-۴- سوخت های حاصل از تایرهای مستعمل.....                     |
| ۲۵۷ | ۸-۴-۵- استفاده از تایرهای ضایعاتی به عنوان صخره های مصنوعی..... |
| ۲۵۷ | ۸-۴-۶- آسفالت لاستیکی.....                                      |
| ۲۵۹ | ۸-۴-۷- تن لاستیکی.....                                          |
| ۲۶۳ | ۸-۵- آمایش لاستیک.....                                          |
| ۲۶۸ | ۸-۶- کاربردهای گوناگون.....                                     |
| ۲۶۹ | ۸-۷- خلاصه.....                                                 |
| ۲۶۹ | منابع.....                                                      |

### فصل نهم - دولگانش لاستیک فرسوده به وسیله امواج ماوراءصوت

|     |                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۷۲ | ۹-۱- چکیده.....                                                                            |
| ۲۷۲ | ۹-۲- مقدمه.....                                                                            |
| ۲۷۴ | ۹-۳- توسعه تکنولوژی استفاده از امواج ماورای صوت به منظور بازیافت لاستیک های مستعمل.....    |
| ۲۷۴ | ۹-۳-۱- توضیحات مقدماتی.....                                                                |
| ۲۷۴ | ۹-۳-۲- تجهیزات لازم برای اجرای فرایند بازیافت تایرهای مستعمل از طریق امواج ماورای صوت..... |
| ۲۷۶ | ۹-۳-۳- کاربردهای مختلف تکنولوژی ماورای صوت.....                                            |
| ۲۷۷ | ۹-۴- عامل های مختلف فرایند دولگانش لاستیک های مستعمل از طریق امواج ماورای صوت.....         |
| ۲۷۷ | ۹-۴-۱- عامل های فرایند.....                                                                |



|     |                                                                                      |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۷۸ | ۴-۴-۲- فشار دای و میزان مصرف انرژی در حین فرایند.....                                |
| ۲۷۸ | ۴-۴-۱- تأیر رابر.....                                                                |
| ۲۸۰ | ۴-۲-۲- انواع مختلف لاستیک و تأثیر آن در فرایند دولکانش از طریق اصواج ماورای صوت..... |
| ۲۸۳ | ۵-۹- شرایط پخت در این فرایند.....                                                    |
| ۲۸۳ | ۵-۱- تأیر رابر.....                                                                  |
| ۲۸۴ | ۵-۲- انواع مختلف لاستیک.....                                                         |
| ۲۸۶ | ۶-۹- چگالی اتصال‌های عرضی و میزان ژل.....                                            |
| ۲۸۶ | ۶-۱- تأیر رابر.....                                                                  |
| ۲۸۷ | ۶-۲- انواع مختلف لاستیک.....                                                         |
| ۲۹۰ | ۷-۹- خواص رئولوژیکی.....                                                             |
| ۲۹۰ | ۷-۱- مشاهده‌های تجربی.....                                                           |
| ۲۹۳ | ۷-۲- توصیف خواص تئوریک.....                                                          |
| ۲۹۴ | ۸-۹- تأثیرات مولکولی روی ولکانش لاستیک.....                                          |
| ۲۹۴ | ۸-۱- لاستیک پخت شده توسط سیستم پخت گوگردی.....                                       |
| ۲۹۶ | ۸-۲- پخت لاستیک توسط سیستم پخت پیراکسیدی.....                                        |
| ۲۹۶ | ۸-۳- جنبش مولکولی و نفوذ آن.....                                                     |
| ۲۹۸ | ۹-۹- خواص مکانیکی لاستیک‌های مجدداً ولکانش شده.....                                  |
| ۲۹۸ | ۹-۱- تأیر رابر.....                                                                  |
| ۲۹۹ | ۹-۲- انواع مختلف لاستیک.....                                                         |
| ۳۰۶ | ۹-۳- مخلوط لاستیک نو با لاستیک دولکانش شده.....                                      |
| ۳۰۶ | ۱۰-۹- مکانیزم دولکانش لاستیک‌های مستعمل.....                                         |
| ۳۰۶ | ۱۰-۱- حفرة سازی.....                                                                 |
| ۳۰۷ | ۱۰-۲- شکست اتصالات عرضی و زنجیره‌های اصلی.....                                       |
| ۳۰۸ | ۱۱-۹- طرح فرایند دولکانش ماورای صوتی لاستیک.....                                     |
| ۳۰۸ | ۱۱-۱- حفرة سازی براساس مدل کشسانی (الاستیکی).....                                    |
| ۳۱۱ | ۱۱-۲- حفرة سازی براساس مدل ویسکوالاستیک.....                                         |
| ۳۱۴ | ۱۱-۳- میزان مصرف انرژی در آمایش ماورای صوت.....                                      |
| ۳۱۶ | ۱۱-۴- واپسپارش رادیکالی و تخریب حرارتی.....                                          |
| ۳۱۸ | ۹-۱۲- نتیجه‌ها.....                                                                  |
| ۳۱۹ | منابع.....                                                                           |

## فصل دهم- دولکانش لاستیک فرسوده با استفاده از روش‌های شیمیایی و مکانیکی و حرارتی

|     |                                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۳۴ | ۱-۱۰- مقدمه.....                                                                |
| ۳۳۵ | ۲-۱۱- تعریف فرایند دولکانش لاستیک.....                                          |
| ۳۳۵ | ۳-۱۰- روش‌های جدید دولکانش لاستیک‌های مستعمل.....                               |
| ۳۲۶ | ۱-۳-۱- استفاده از حرارت به منظور تولید ریکلیم از لاستیک مستعمل.....             |
| ۳۲۶ | ۲-۳-۱- استفاده از دستگاه تولید کننده ی گرما به منظور دولکانش لاستیک مستعمل..... |
| ۳۲۷ | ۳-۳-۱- استفاده از روش دایچستر به منظور دولکانش لاستیک‌های مستعمل.....           |
| ۳۳۸ | ۴-۱۰- روش‌های مختلف دولکانش لاستیک مستعمل.....                                  |

بازیافت کلمه‌ای است که بی‌اختیار معنی رعایت محیط زیست از آن برداشت می‌شود. در حقیقت بازیافت راهی برای مدیریت مواد زائد و دور ریز جامدات در محیط است. در اواخر قرن بیستم صنعت بازیافت در ۸ کشور پیشرفته‌ی صنعتی به‌عنوان سودآورترین صنعت، برنده‌ی جایزه‌ی طلایی شد و از آن زمان زباله را طلای کثیف نام نهادند. لاستیک‌های مستعمل نیز از جمله این پسماندهای با ارزش هستند.

کانوچوی مورد استفاده در فرمولاسیون تایر در گروه پلیمری ترموستها قرار دارد که پس از پخت به‌راحتی قابل بازیافت نیست و به‌لحاظ ترکیب شیمیایی آمیزه‌های آن‌ها برای مدت بسیار طولانی در محیط زیست باقی‌می‌ماند و زباله‌هایی را به محیط زیست وارد می‌کند. درواقع مواد لاستیکی به‌راحتی در محیط تجزیه نمی‌شوند. در منابع مختلف مدت زمان پایداری محصولات لاستیکی در محیط بین ۳۰۰ تا ۵۵۰ سال گفته شده است. انهدام و از بین بردن تایرهایی که عمر مجاز استفاده از آن‌ها پایان یافته امروزه یکی از مشکلات جدی زیست محیطی کشورها بشمار می‌آید. سالانه میلیون‌ها تایر فرسوده در کشورهای جهان تولید می‌شوند که لازم است برای استفاده‌ی مجدد از آن‌ها، صرفه‌جویی در منابع و انرژی، و حفظ محیط زیست از آلودگی‌های ناشی از پراکنده شدن یا دفن تایرها، به شیوه‌های مختلف آن‌ها را بازیافت کرد.

در حال حاضر با توجه به حجم لاستیک‌های مستعمل موجود در محیط، جمع‌آوری و از بین بردن آن‌ها از چالش‌های پیش روی دولت‌ها است. در کشور ما نیز مدها میلیون تایر فرسوده به‌صورت دفن شده یا پراکنده وجود دارد و متأسفانه درصد بسیار ناچیزی از این تایرها وارد چرخه‌ی بازیافت می‌شود.

قابلیت محصولات لاستیکی فرسوده در آلوده‌سازی منابع زیرزمینی، تبدیل شدن تایرهای مستعمل به محیطی برای زندگی جانورانی همچون موش و حشره‌ها ناقل بیماری‌های خطرناک و مرگ‌آور، خطر آتش‌افروزی تایرهای انباشت شده و در نهایت امکان استفاده‌ی مجدد از محصولات لاستیکی به‌عنوان یک سرمایه‌ی ملی و بازیابی مواد با انرژی آن‌ها، از جمله مهم‌ترین عوامل ضرورت بازیافت محصولات لاستیکی محسوب می‌شوند. از این رو کشورهای صنعتی جهان در تلاش‌اند تا با استفاده از فناوری‌های گوناگون نسبت به بازیافت تایرهای فرسوده و استفاده از این مواد بازیافتی در حوزه‌های مختلف اقدام کرده و تا حد ممکن از دفن یا پراکنده شدن لاستیک‌های مستعمل در محیط زیست جلوگیری کنند.

مهم‌ترین فناوری‌هایی که تا کنون به‌شکل صنعتی و انبوه برای بازیافت لاستیک‌های مستعمل مورد استفاده قرار گرفته به شکل زیر قابل تفکیک است:

۱- روکش کردن تایرها و استفاده‌ی دوباره از تایرهای مستعمل

۲- بازیافت لاستیک‌های مستعمل

۳- سوزاندن و استفاده از انرژی حرارتی آن‌ها

۴- استفاده از تایرهای فرسوده در مهندسی عمران شهری، پیست‌های اتومبیل‌رانی، استفاده از این مواد در

سدهای کوچک خاکی و به عنوان موج شکن در اسکله‌ها، در خاکریز حاشیه‌ی بزرگ راه‌ها، به عنوان ضربه‌گیر، استفاده از پودر لاستیک برای تولید آسفالت یا بتون آسفالتی.

۵- پیرولیز و تخریب حرارتی لاستیک در اتمسفر بدون حضور اکسیژن (در خلاء) و تولید دوده و روغن سوختی. برای بازیافت تایر از روش‌های مختلفی از جمله استفاده از امواج ماورای صوت یا اولتراسونیک، دیولکانش، استفاده از مایکروویو، روش بیولوژیکی و روش‌های دیگر استفاده می‌کنند.

کتاب حاضر با عنوان Rubber Recycling، (بازیافت لاستیک و استفاده از مواد بازیافتی) در سال ۲۰۰۵ توسط گروه Taylor & Francis به چاپ رسیده که شامل دوازده فصل مختلف است.

یازده فصل کتاب روش‌های مختلف بازیافت تایرهای مستعمل و کاربرد مواد بازیافتی در حوزه‌های گوناگون را مطرح می‌کند و فصل آخر نیز رویکردی کلی در مورد عرضه و تقاضای لاستیک‌های مستعمل و مواد بازیافتی در بازار دارد. گردآورندگان در پایان هر فصل منابع مورد استفاده را نام برده‌اند که دسترسی به آن‌ها برای خوانندگان امکان پذیر است. این کتاب حاوی اطلاعات ارزشمندی در مورد بازیافت تایرهای مستعمل است. هر کدام از روش‌های مطرح شده به صورت عملی در آزمایشگاه‌ها و همچنین شرکت‌های معتبر اجرا شده و نتیجه‌ی آن به صورت آمار و ارقام دقیق ارائه شده است. جدول‌ها و نمودارهای کتاب به خواننده کمک می‌کند تا اطلاعات دقیقی در زمینه‌ی بازیافت لاستیک‌های مستعمل و استفاده از مواد بازیافتی در آمیزه‌های جدید به دست آورند. اطلاعات این کتاب منبع بسیار خوبی برای واحدهای بازیافت لاستیک نیز هست همچنین به تولیدکنندگان تایر و محصولات لاستیکی کمک می‌کند تا از این مواد بازیافتی در آمیزه‌های جدید به عنوان جایی‌گزینی برای مواد نو استفاده کنند. بازیافت تایرهای مستعمل از سویی به کاهش آلودگی محیط زیست کمک کرده و از سوی دیگر با استفاده از این مواد بازیافتی هزینه‌ی تولید محصولات جدید کاهش می‌یابد. در ۲۰ سال گذشته در کشورهای پیشرفته، صنعت بازیافت رشد چشم‌گیری داشته به گونه‌ای که نرخ بازیافت در آن‌ها حدود ۶۰ درصد افزایش یافته است. در کشورهای در حال توسعه، این صنعت هنوز به طور کامل جایگاه و اهمیت خود را پیدا نکرده است. خطرهای زیست محیطی انباشت لاستیک‌های مستعمل و هزینه‌های مرتبط به آن و همچنین شرایط اقتصادی فعلی جهان لزوم بازیافت این مواد را آشکار می‌کند. با توجه به پتانسیل موجود در کشور، توجه ویژه به توسعه‌ی صنایع بازیافت لاستیک‌های فرسوده به دلیل‌های زیست محیطی و توسعه‌ی اقتصاد ملی و نیز ایجاد اشتغال در حوزه‌های مختلف کاملاً ضروری است.

امید است ترجمه‌ی این کتاب کمکی در جهت توسعه‌ی این صنعت و حل یکی از معضلات مهم در محیط باشد. بی‌شک وقت آن رسیده است که در کشور ما نیز به جای پرداختن به برنامه‌ی استراتژیک، به تفکر و ایده‌های استراتژیک اهمیت دهند. به راستی که ژاپنی‌ها با برگرفتن از رسم کهن "زن"<sup>(۱)</sup> به ما درس خوبی می‌دهند: بهره‌ی بزرگ ما از آموزش، تنها یاد گرفتن چیزی تازه نیست، بلکه آن است که کار خوب را خوب‌تر انجام دهیم.