



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران جنوب  
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “*M.Sc*”  
مهندسی پلیمر-صنایع پلیمر

عنوان :

اصلاح خواص ترمو پلاستیک الاستومر بر پایه ی لاستیک بازیافتی و پلی  
اتیلن با سازگار کننده

استاد راهنما :

نگارش:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	<b>فصل اول: کلیات</b>
۴	
۵	(۱-۱) هدف
۹	(۲-۱) معضلات انباشته شدن تایرهای ضایعاتی
۹	(۳-۱) روش های تولید خرده لاستیک از تایرهای فرسوده
۹	(۱-۳-۱) خرد سازی در دمای معمولی
۱۱	(۲-۳-۱) خردسازی برودتی
۱۱	(۳-۳-۱) سایر فرایندها
۱۱	(۴-۱) ترموپلاستیک الاستومرها (TPE <sub>S</sub> )
۱۲	(۱-۵) سازگار سازی
۱۷	(۱-۵-۱) آلیاژسازی غیر فعال
۲۱	(۲-۵-۱) آلیاژسازی فعال
۲۱	(۳-۵-۱) معرفی چند سازگارکننده
۲۵	(۱-۳-۵-۱) فنولیک رزین ها
۳۰	(۲-۳-۵-۱) سیلان ها
۳۱	<b>فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده</b>
۳۱	(۱-۲) مطالعات اولیه
۳۱	(۱-۱-۲) مقدمه

## فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
۳۱	۲-۱-۱-۱) مواد و روش ها
۳۱	۲-۱-۱-۲) روش های تولید
۳۲	۲-۲) نتایج
۳۲	۲-۲-۱) آلیاژ سازی غیر فعال
۳۳	۲-۲-۲) آلیاژ سازی فعال
۴۹	۲-۲-۳) اثر اندازه ی سایز ذرات لاستیک
۵۰	۲-۲-۴) اثر لاستیک غیر ولکانیزه شده
۵۲	۲-۲-۵) آنالیز ریزساختار ( SEM )
۵۴	۲-۳) نتیجه گیری
۵۶	۲-۲) دیگر مطالعات انجام شده
۵۶	۲-۲-۱) مقدمه
۵۶	۲-۲-۲) بخش تجربی
۵۹	۲-۲-۳) نتایج و بحث
۶۱	۲-۲-۴) نتیجه گیری
۶۲	<b>فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۶۳	نتیجه گیری
۶۴	پیشنهادات
۶۵	مراجع
۶۷	چکیده انگلیسی

## فهرست جدول ها

شماره صفحه	عنوان
۱۶	۱-۱: خواص مکانیکی در آلیاژ HDPE / SRP
۱۲	۲-۱: گرید های مختلف فنولیک رزین
۲۶	۳-۱: خواص سیلان ها
۲۷	۴-۱: عوامل اتصال دهنده ی سیلانی بر پایه ی آمینی
۲۷	۵-۱: عوامل اتصال دهنده ی سیلانی بر پایه ی اپوکس
۲۸	۷-۱: عوامل اتصال دهنده ی سیلانی بر پایه ی وینیل
۲۸	۸-۱: دیگر گریدهای اتصال دهنده ی سیلانی
۲۹	۱-۲: میزان ترکیب استفاده شده در آلیاژ رابر/ پلی اتیلن
۳۲	۲-۲: زمان بندی اختلاط
۳۴	۳-۲: خلاصه شرایط اختلاط برای انواع آلیاژها
۵۷	۴-۲: جزئیات ترکیب تمام نمونه های تهیه شده در مطالعه دوم
۵۸	۵-۲: اثر عامل های فعال روی مقاومت ضربه ی نمونه ی ۳-۱۸۲
۶۱	۶-۲: نتیجه های آزمون استحکام کششی برای آلیاژهای RBPMI & UB

## فهرست شکل ها

شماره صفحه	عنوان
۶	۱-۲: دای های C شکل دمبلی استاندارد برای تست مقاومت کششی-ASTM (D412-06a)
۱۰	۲-۲: دای های T شکل استاندارد برای تست مقاومت پارگی -ASTM-D-624 (91)
۱۰	۳-۲: مقایسه خواص مکانیکی بین EVA و EXACT0210
۱۵	۴-۲: مقاومت کششی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۱۸	۵-۲: ازدیاد طول در نقطه شکست آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۱۹	۶-۲: مدول یانگ آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۲۰	۷-۲: مقاومت پارگی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۲۱	۸-۲: سختی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۲۲	۹-۲: ارتباط تنش- ازدیاد طول آلیاژ PE/رابر سازگار شده با EXACT0210
۲۲	۱۰-۲: اثر پودر تالک بر خواص مکانیکی آلیاژ EXACT 10% + 75% Rubber+15% PE
۲۳	۱۱-۲: ساختار مولکولی عوامل فعال (SP-1045:A HRJ-10518:B)
۲۳	۱۲-۲: مکانیزم واکنش احتمالی آلیاژسازی فعال (From Nakason et al.2002)
۲۴	۱۳-۲: مقاومت کششی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با عوامل فعال (PE 15w%)
۲۵	۱۴-۲: ازدیاد طول در نقطه شکست آلیاژ PE/رابر سازگار شده با عوامل فعال (PE 15%)
۲۵	۱۵-۲: مدول یانگ آلیاژ PE/رابر سازگار شده با عوامل فعال
۳۳	۱۶-۲: مقاومت پارگی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با عوامل فعال (PE 15w%)
۳۳	۱۷-۲: سختی آلیاژ PE/رابر سازگار شده با عوامل فعال (PE 15w%)
۳۴	۱۸-۲: مقایسه EXACT0210 و HRJ-10518 (PE w15%)
۳۶	۱۹-۲: سطح پارگی آلیاژ سازگار شده با EXACT و HRJ-10518 (EXACT-0210:A HRJ-10518:B)
۳۶	۲۰-۲: شکل ۲۰-۲: خواص مکانیکی لاستیک PE/EPDM سازگار شده با انواع

## فهرست شکل ها

شماره صفحه

عنوان

- سازگار کننده (PE 15%)
- ۳۷ ۲-۲۱: اثر اندازه ذرات لاستیک بر خواص مکانیکی آلیاژ 15% Rubber+75% (PE +10%)
- ۳۷ ۲-۲۲: اثر اندازه ذرات لاستیک بر خواص مکانیکی آلیاژ 15% Rubber+80% (PE+5% HRJ-10518)
- ۳۸ ۲-۲۳: اثر لاستیک غیر ولکانیزه شده بر مقاومت پارگی آلیاژ پلی اتیلن/لاستیک
- ۳۸ ۲-۲۴: تصاویر SEM آلیاژ پلی اتیلن/لاستیک سازگار شده با ( EXACT0210 و HRJ-10518 و SP-1045 )
- ۴۰ ۲-۲۵: اتصال فازی آلیاژ پلی اتیلن/لاستیک سازگار شده با ( EXACT0210 HRJ-10518 SP-1045 )
- ۴۱ ۲-۲۶: نیروی ضربه عنوان تابعی از جابجایی برای آلیاژهای مطالعه دوم
- ۴۱ ۲-۲۷: استحکام ضربه ی (IS) به عنوان تابعی از محتوای فاز لاستیکی
- ۶۰ ۲-۲۸: بهبود در استحکام ضربه ی آلیاژهای غیر فعال به عنوان تابعی از محتوای فاز لاستیکی
- ۶۲ ۲-۲۹: میانگین استحکام کششی نهایی ( TS ) به عنوان تابعی از محتوای فاز لاستیکی
- ۶۳ ۲-۳۰: بهبود استحکام کششی و ضربه ی آلیاژهای RBPMI در آلیاژهای غیر فعال به عنوان تابعی از محتوای فاز لاستیکی





## چکیده:

آلیاژ سازی فعال و غیر فعال ترکیب لاستیک ضایعاتی آسیاب شده به همراه ۵٪ و ۱۵٪ پلی اتیلن خطی با دانستیه پایین توسط سازگار کننده های فعال و غیر فعال انجام شده است. خواص مکانیکی آلیاژهای فعال با خواص مکانیکی آلیاژهای غیر فعال مقایسه شده است. و همچنین خواص مکانیکی آلیاژهای فعال و غیر فعال نیز با هم مقایسه شده اند. اغلب خواص مکانیکی چه در آلیاژهای فعال و چه غیر فعال در مقدار ۱۵٪ پلی اتیلن در مقایسه با ۵٪ پلی اتیلن بهتر می باشد. آمیزه ی حاوی سازگار کننده غیر فعال، مقاومت پارگی بالا و آمیزه ی حاوی سازگار کننده ی فعال، ماکزیمم میزان تنش در نقطه ی شکست بالاتری را نشان می دهد.

## مقدمه

به طور کلی، تعداد زیادی آلیاژهای پلاستیک-لاستیک ممکن هستند. این مطلب ناشی از این است که تعداد زیادی از پلاستیک ها و لاستیک های تجاری موجود می توانند با دامنه وسیعی از نسبت ها با هم آلیاژ شوند. ترکیب های مورد نظر نسبت های بیشتری از لاستیک نسبت به پلاستیک را دارا می باشند و در سال های اخیر از نظر تکنولوژیکی جهت استفاده به عنوان ترموپلاستیک الاستومرها (TPE) مورد توجه قرار گرفته اند. آنها می توانند خیلی از خواص لاستیک ها را داشته باشند، اما در عین حال مانند ترموپلاستیک ها فرایند شوند و احتیاج به پخت قطعه نهایی در هنگام ساخت ندارند و لذا این یک مزیت اقتصادی قابل توجه را جهت ساخت قطعات پیشنهاد می کند. اگرچه تعداد زیادی ترکیب های آلیاژی الاستومری وجود دارند ولی تعداد نسبتاً کمی از آنها از لحاظ تکنولوژیکی مهم بوده اند و این مطلب اکثراً از آنجا ناشی می شود که بیشتر پلیمرها حداقل از نظر ترمودینامیکی با یکدیگر ناسازگارند. توسعه آلیاژهای پلیمری با مشکلات زیادی روبرو بوده است و یکی از مهمترین این مشکلات عدم اختلاط پذیری مناسب اغلب پلیمرها با یکدیگر است. بعبارت دیگر هنگامی که پلیمرها با یکدیگر مخلوط می شوند، اجزای مخلوط تمایل به جدایی از یکدیگر دارند و هر یک، فاز جداگانه ای را تشکیل می دهند. اگر چه این خصوصیات اختلاط ناپذیری همواره با نیروهای جاذبه فیزیکی ضعیف بین فازها اغلب سبب ایجاد سیستمهای آلیاژی اختلاط ناپذیری می شوند که در صورت عدم اصلاح، خواص مکانیکی خوبی ندارند، ولی می توان با کنترل صحیح مورفولوژی فازها طی فرآیند، یا استفاده از عوامل سازگارکننده، آلیاژهایی با خواص قابل قبول بدست آورد. اگر پلیمرهای یک آلیاژ از لحاظ ترمودینامیکی سازگار باشند، آلیاژ آنها می تواند به صورت تک فازی وجود داشته باشد و اختلاط در حد مولکولی اتفاق می افتد. در چنین مواردی خواص آلیاژ حاصل متوسطی از خواص دو فاز خالص است. برای مثال آلیاژ کردن یک لاستیک با یک پلاستیک که از لحاظ ترمودینامیکی سازگاری دارد یک ترکیب با  $T_g$  بین  $T_g$  لاستیک و پلاستیک می دهد و اساساً این  $T_g$  متوسط، نزدیک دمای اتاق است. از طرف دیگر، اگر لاستیک و پلاستیک از لحاظ ترمودینامیکی سازگار نباشند، آموغ آلیاژ دو فازی می شود و به هر حال دارای دو  $T_g$  نیز خواهد بود. با گسترش روز افزون استفاده از مواد پلیمری، مسأله بازیافت آنها امروزه اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. ضایعات پلاستیکی به راحتی مجدداً جمع آوری شده و پس از گذشت مراحل ساده ای ذوب شده و دوباره محصولات دیگری از آنها ساخته می شود اما در مورد مواد الاستومری بازیافت به دلایل ایجاد شبکه اتصالات عرضی در مرحله شکل دهی قطعات لاستیکی بسیار مشکل تر است. ضمناً قطعات لاستیکی به ویژه تایرها مصرف بسیار زیادی دارند و ضایعات آنها (ضایعات تولید و تایرهای مستعمل) باعث آلودگی محیط زیست می شوند. بنابراین مدتی پس از کشف فرآیند ولکانیزاسیون اولین گامها در جهت بازیافت لاستیک برداشته شد.

# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱ هدف

در به کارگیری و تحقیقات بر روی لاستیک بازیافتی در این پروژه دو هدف اصلی دنبال می شود: بهره اقتصادی و حل مشکلات زیست محیطی. لاستیک بازیافتی جایگزین پلاستیکهای ارزان قیمت، فرشهای اتومبیل، محصولات لاستیکی سخت، زیره و پاشنه کفش و سایر محصولات شده است. متأسفانه به دلیل سود کم لاستیک بازیافتی، پژوهش در صنعت بازیافت به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته است. در حال حاضر، دلایل اقتصادی کافی برای بهبود خواص لاستیک بازیافتی که آنها را با پلیمرهای سنتزی قابل رقابت سازد وجود ندارد. پس تنها عامل محرک، مسائل زیست محیطی می باشد که تولید، بکارگیری و تحقیقات در این زمینه را باعث می شود چرا که در غیر اینصورت با تولید سالانه ۸ میلیون حلقه لاستیک در ایران و مقدار قابل توجه دیگری در جهان، مشکل عظیمی بر مشکلات زیست محیطی ایران و جهان اضافه خواهد شد.

اگرچه افزودن لاستیک بازیافتی (Reclaimed Rubber) به پلی اتیلن خطی (LDPE) سبب کاهش در خواص مکانیکی چون مدول و استحکام کششی می شود اما استفاده از عوامل سازگار ساز و شروع کننده رادیکالی به روش سازگار سازی غیر فعال و سازگار سازی غیر فعال توسط سازگارکننده های مختلف سبب افزایش هر چند اندک در مدول و استحکام کششی می شود.