

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی - پلیمر

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی پلیمر - صنایع پلیمر

بررسی جایگزینی بخشی از دوده با نانورس اصلاح شده بر مقاومت

سایشی نانوکامپوزیت بر پایه لاستیک طبیعی / لاستیک استایرن

بوتادین

استاد راهنما: دکتر میترا توکلی اردکانی

پژوهش و نگارش: محمد رحیم کشاورزی

اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

تقدیم بہ:

آن دو فرشتہ ای کہ از خواستہ ایشان گذشتند، سختی ہارابہ جان خریدند و خود را سپر ہلای مشکلات و ناملایات کردند تا من بہ جایگاہی کہ اکنون در آن ایستادہ ام برسم

ای پدر از تو چہ می گویم باز ہم کم می آورم

خوشیدی شدی و از روشانی است جان گرفتہ و در نامیدی ہانام را

کشیدی و لہیزیم کردی از شوق

اکنون حاصل دستان خستہ است رمز موفقیتم شد

بہ خودم تریک می گویم کہ تو را دارم و دنیا بہ بزرگیش مثل تو را

ندارد....

و تو ای مادر، ای شوق زیبائی نفس کشیدن

ای روح مہربان، بی ام

تو رنگ شادی ہایم شدی و عجز ہارابہ تمام وجود از من دور کردی و

عمری محنتی ہارابہ جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش

پیروزی را بہ من بچشانی

سپاس نامه

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا
بر منتهای همت خود کامران شدم
همتم بدرقه ی راه کن ای طایر قدس
که دراز است ره مقصد و من نوسفرم

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش
رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و
معرفت را روزیمان ساخت.

وزن بودن ، شوق آموختن ، شور زندگی ، درک هستی ، تدبیر کار و بالاخره سپیدی
کمال از اهداف شاخص گردآوری این پروژه است .

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته استاد سرکارخانم **دکتر
میترا توکلی اردکانی** که با کرامتی چون خورشید و با راهنمایی های کار ساز و سازنده و با درایت
و بصیرت کامل و جامع در جهت ایجاد تحول و کارآیی و با حمایت های خود به نحو احسن عامل و
باعث آن گردید، تشکر خالصانه خود را خدمت ایشان عرض می نمایم حقایق زلال ازلی و انوار
سیمگون ابدی ، قرین توفیقشان باد.

چکیده

از آنجائی که پدیده ساییش در بسیاری از کاربردها به ویژه در آمیزه ترد تایر خودروها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بعلت میزان بالای دوده مصرفی جهت کاهش ساییش، وزن آمیزه ترد افزایش می‌یابد. لذا در پژوهش حاضر امکان جایگزینی بخشی از دوده با مقدار کمتری از نانو رس جهت کاهش وزن نهایی ترد تایر بررسی شده است که این امر باعث کاهش میزان ساییش سطحی ترد و همچنین کاهش میزان سوخت مصرفی خودروها می‌گردد.

در این راستا آلیاژ الاستومری بر پایه NR/SBR به نسبت ۷۰ به ۳۰ که آمیزه اصلی در ساخت ترد تایر اتومبیل‌ها است، با سامانه پرکننده هیبریدی کلوزیت 15A و دوده N-330 و دو نوع سازگار کننده ENR50 و MAH-g-EPDM با روش اختلاط مذاب و با سیستم پخت گوگردی معمولی تهیه و پس از آن با استفاده از پرتو الکترونی در دزهای ۲۰۰ - ۱۵۰ - ۱۰۰ آمیزه‌های مورد نظر پرتو دهی شدند. جهت بررسی ساییش نمونه‌ها، آزمون‌های ساییش، کشش، جهندگی و سختی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن مقدار ۴٪ و ۷٪ وزنی کلوزیت 15A مقاومت ساییشی، استحکام و سختی افزایش می‌یابد و نیز اثر سازگار کننده MAH-g-EPDM بر روی بهبود خواص از سازگار کننده ENR50 بیشتر است و با افزایش میزان دز پرتو الکترونی، مقاومت ساییشی و خواص فیزیکی مکانیکی افزایش داشته است و بهترین نمونه از نظر مقاومت ساییشی مربوط به نمونه حاوی ۲۵ phr دوده، ۷٪ وزنی نانو به همراه سازگار کننده EPDM-g-MAH با نسبت وزنی ۱:۱ نسبت به نانو رس با دز ۲۰۰ KGy می‌باشد.

کلمات کلیدی: لاستیک طبیعی (NR)، لاستیک استایرن بوتادین (SBR)، آلیاژ، نانو

کامپوزیت، مقاومت ساییشی، پرتو دهی الکترونی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	دبیاچه.....
۳	فصل اول لاستیک های NR و SBR.....
۴	۱-۱ مقدمه.....
۶	۲-۱ لاستیک طبیعی.....
۱۰	۱-۲-۱ خواص فیزیکی و تکنولوژیکی کائوچوی طبیعی.....
۱۲	۲-۲-۱ آلیاژسازی با کائوچوی طبیعی.....
۱۲	۳-۲-۱ ولکانیزاسیون.....
۱۳	۴-۲-۱ خواص مکانیکی.....
۱۵	۳-۱ الاستومرهای استایرن- بوتادین (SBR).....
۱۶	۱-۳-۱ ساختمان SBR و تأثیر آن روی خواص.....
۱۹	۱-۳-۱ آلیاژ سازی با کائوچوی استایرن- بوتادین.....
۱۹	۲-۳-۱ خواص مکانیکی.....
۲۰	۱-۲-۳-۱ ویژگیهای دینامیکی، مقاومت فرسودگی و مقاومت سایشی.....
۲۲	۴-۱ آلیاژهای لاستیکی.....
۲۵	۵-۱ مقاومت سایشی لاستیک.....
۲۵	۱-۵-۱ مقدمه.....
۲۶	۲-۵-۱ تأثیر لاستیک بر روی مقاومت سایشی.....
۲۸	۳-۵-۱ تأثیر فیلر بر روی مقاومت سایشی.....
۳۱	۴-۵-۱ تأثیر روان کننده بر روی مقاومت سایشی.....
۳۱	۵-۵-۱ تأثیر آنتی اکسیدان بر روی مقاومت سایشی.....
۳۵	۶-۱ پرکننده ها در صنعت لاستیک.....
۳۶	۱-۶-۱ اثر دوده بر خواص فیزیکی و مکانیکی.....
۳۹	۷-۱ آزمون ها و دستگاه های سایش.....
۴۴	فصل دوم نانوکامپوزیتهای پلیمری.....
۴۵	۱-۲ مقدمه.....
۴۵	۲-۲ نانو کامپوزیتهای خاک رس _ پلیمر.....
۴۶	۱-۲-۲ کاربردها.....
۴۷	۳-۲ ساختار و خواص سیلیکات های لایه ای.....
۴۸	۱-۳-۲ اصلاح سیلیکات های لایه ای.....

۵۰	..... ۲-۳-۲ انواع مورفولوژی نانو کامپوزیت های خاک رس
۵۱	..... ۴-۲ خواص نانو رس ها
۵۳	..... ۵-۲ تهیه نانو کامپوزیت ها
۵۳	..... ۱-۵-۲ روش محلولی
۵۳	..... ۲-۵-۲ اختلاط مذاب
۵۵	..... ۳-۵-۲ روش دوغابی
۵۵	..... ۴-۵-۲ پلیمریزاسیون درجا
۵۸	..... ۶-۲ روش های آنالیز نانو کامپوزیت ها
۵۸	..... ۱-۶-۲ پراش پرتو ایکس (XRD)
۶۰	..... ۲-۶-۲ آنالیز TEM
۶۰	..... ۳-۶-۲ آنالیز (SEC)
۶۱	..... ۴-۶-۲ آنالیز وزن سنجی حرارتی (TGA)
۶۱	..... ۵-۶-۲ آنالیز مکانیکی دینامیکی (DMA)
۶۳	..... فصل سوم پرتوهای الکترونی
۶۴	..... ۱-۳ مقدمه
۶۴	..... ۱-۱-۳ مزایای فرآیند پرتو دهی الکترونی
۶۵	..... ۲-۳ فرآیند پرتو دهی الکترونی
۶۷	..... ۳-۳ تاثیر پرتو دهی الکترونی روی پلیمرها
۷۰	..... ۱-۳-۳ استفاده از مونومرهای چند عاملی
۷۰	..... ۲-۳-۳ افزایش درجه حرارت
۷۱	..... ۴-۳ پخت توسط پرتو دهی الکترونی
۷۲	..... ۵-۳ شیمی پخت پرتو الکترونی
۷۲	..... ۱-۵-۳ پلیمریزاسیون رادیکالی
۷۴	..... ۲-۵-۲ پلیمریزاسیون کاتیونی
۷۴	..... ۶-۳ مکانیزم شبکه ای شدن و واکنش های پیوند (گرافت کردن) توسط پرتوهای الکترونی
۷۹	..... ۷-۳ کاربردهای پرتو دهی الکترونی در پلیمرها
۸۰	..... فصل چهارم مروری بر تحقیقات انجام شده
۸۱	..... ۱-۴ مقدمه
۸۲	..... ۲-۴ عوامل موثر بر مقاومت سایشی
۸۲	..... ۱-۲-۴ تاثیر نوع لاستیک
۸۳	..... ۲-۲-۴ تاثیر نوع، میزان و پراکنش پرکننده ها
۹۱	..... ۳-۲-۴ تاثیر دما

۹۲	..... ۴-۲-۴ اثر هم افزایی نانو با دوده
۹۸	..... ۵-۲-۴ تاثیر دانسیته و نوع اتصالات عرضی
۹۹	..... ۱-۵-۲-۴ تاثیر سیستم پخت گوگردی
۱۰۱	..... ۶-۲-۴ تاثیر پرتو الکترونی
۱۱۰	..... فصل پنج تجربیات
۱۱۱	..... ۱-۵ کار تجربی
۱۱۱	..... ۱-۱-۵ مشخصات مواد مصرفی
۱۱۱	..... ۱-۱-۱-۵ لاستیک
۱۱۱	..... ۲-۱-۱-۵ نانو رس
۱۱۱	..... ۳-۱-۱-۵ مواد افزودنی پخت
۱۱۲	..... ۲-۱-۵ دستگاه ها
۱۱۲	..... ۱-۲-۱-۵ مخلوط کن داخلی
۱۱۳	..... ۲-۲-۱-۵ آسیاب دوغلتنکی
۱۱۵	..... ۳-۲-۱-۵ رئومتر پخت
۱۱۵	..... ۴-۲-۱-۵ آون خلاء
۱۱۶	..... ۵-۲-۱-۵ پرس هیدرولیک
۱۱۶	..... ۶-۲-۱-۵ دستگاه پرتو الکترونی
۱۱۶	..... ۷-۲-۱-۵ دستگاه سایش (Abrasion Test)
۱۱۷	..... ۸-۲-۱-۵ دستگاه سختی سنج
۱۱۸	..... ۹-۲-۱-۵ دستگاه آزمون جهندگی
۱۱۸	..... ۱۰-۲-۱-۵ دستگاه FTIR
۱۱۹	..... ۳-۱-۵ آزمون ها
۱۱۹	..... ۱-۳-۱-۵ آزمون پخت
۱۱۹	..... ۲-۳-۱-۵ آزمون سایش
۱۲۰	..... ۳-۳-۱-۵ آزمون جهندگی
۱۲۱	..... ۴-۳-۱-۵ آزمون سختی
۱۲۲	..... ۵-۳-۱-۵ آزمون FTIR
۱۲۵	..... ۲-۵ نتایج و بحث
۱۲۵	..... ۱-۲-۵ مقدمه
۱۲۵	..... ۲-۲-۵ تاثیر میزان نانورس
۱۲۵	..... ۱-۲-۲-۵ تاثیر میزان نانورس بر روی سختی آمیزه ها
۱۲۷	..... ۲-۲-۲-۵ تاثیر میزان نانو رس بر روی سایش آمیزه ها
۱۲۹	..... ۳-۲-۵ تاثیر نوع سازگارکننده

- ۱۲۹.....تأثير نوع سازگارکننده بر روی سختی آمیزه ها.....۱-۳-۲-۵
- ۱۳۱.....تأثير نوع سازگارکننده بر روی مقاومت سایشی آمیزه ها.....۲-۳-۲-۵
- ۱۳۲.....تأثير پرتو الکترونی۴-۲-۵
- ۱۳۵.....تأثير پرتو الکترونی بر روی سختی آمیزه ها.....۱-۴-۲-۵
- ۱۳۵.....تأثير پرتو الکترونی بر روی درصد جهندگی آمیزه ها.....۲-۴-۲-۵
- ۱۳۶.....تأثير پرتو الکترونی بر روی مقاومت سایشی آمیزه ها.....۳-۴-۲-۵
- ۱۳۸.....نتیجه گیری.....۵-۲-۵
- ۱۳۹.....پیشنهادات.....۶-۲-۵
- ۱۴۰.....مراجع.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱: مشخصات ویژه لاستیک NR.....	۷
جدول ۲-۱: اثر تغییر سطح و ساختمان دوده بر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه.....	۳۷
جدول ۳-۱: نسبت دوده‌ی مورد نیاز برای ایجاد سختی مشخص در انواع الاستومرها.....	۳۸
جدول ۱-۳: فرکانس و طول موج انواع تابش های متفاوت.....	۶۶
جدول ۲-۳: طبقه بندی پلیمرها بر طبق رفتار غالب آن ها نسبت به تابش الکترونی.....	۶۹
جدول ۳-۳: ظرفیت حرارتی و افزایش دما به ازای هر کیلوگری در پلاستیک های معمولی.....	۷۱
جدول ۱-۴: خواص فیزیکی-مکانیکی لاستیک NR پر شده با دوده و نانو رس.....	۹۱
جدول ۲-۴: جدول خواص فیزیکی-مکانیکی آمیزه ها و مقدار پرکننده مصرفی.....	۹۳
جدول ۳-۴: روش های تهیه آمیزه ها بر روی آسیاب دو غلتکی.....	۹۶
جدول ۴-۴: نتایج از مون رثومتري و اندازه گیری خواص فیزیکی-مکانیکی آمیزه های تهیه شده به دو روش اختلاط.....	۹۸
جدول ۵-۴: فرمولاسیون آمیزه ها.....	۱۰۰
جدول ۶-۴: نرخ سایش آمیزه ها.....	۱۰۰
جدول ۷-۴: میزان دانسیته اتصالات عرضی و سختی آمیزه ها.....	۱۰۰
جدول ۸-۴: خواص مکانیکی NR/SBR پخت شده بوسیله پخت گوگردی و پرتو الکترونی.....	۱۰۳
جدول ۹-۴: خواص آلیاژ NR/SBR پخت شده بوسیله پرتو الکترونی.....	۱۰۶
جدول ۱۰-۴: فرمولاسیون آمیزه ها.....	۱۰۸
جدول ۱۱-۴: مقادیر پیک های جذب IR در آمیزه NBR.....	۱۰۹
جدول ۱-۵: قسمت های مختلف مخلوط کن.....	۱۱۳
جدول ۲-۵: مشخصات آسیاب دو غلتکی.....	۱۱۴
جدول ۳-۵: فرمولاسیون آمیزه ها.....	۱۲۴

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱: استخراج شیرابه هایی درخت هوا.....
۱۶	شکل ۲-۱: شماتیک ترکیب شیمیایی SBR.....
۴۰	شکل ۳-۱: دستگاه ساینده دوپونت
۴۱	شکل ۴-۱: دستگاه ساینده NBS.....
۴۱	شکل ۵-۱: شماتیک دستگاه ساینده پیکو.....
۴۲	شکل ۶-۱: شماتیک دستگاه ساینده تابر.....
۴۳	شکل ۷-۱: شماتیک دستگاه ساینده DIN
۴۳	شکل ۸-۱: شماتیک دستگاه ساینده تابر
۴۷	شکل ۱-۲: ساختار سیلیکات های لایه ای.....
۴۹	شکل ۲-۲: نمایی از روش "اتصال به" برای اصلاح سطحی ذرات
۵۱	شکل ۳-۲: انواع مورفولوژی در نانو کامپوزیتهای خاک رس
۵۴	شکل ۴-۲: نمای شماتیکی از روش اختلاط مذاب
۵۵	شکل ۵-۲: دوغاب سیلیکات در نایلون ۶.....
۵۶	شکل ۶-۲: شمای کلی روش پلیمریزاسیون درجا.....
۵۶	شکل ۷-۲: مونت موریلونیت اصلاح شده به وسیله آمینواسیدها، در حضور $\epsilon\epsilon$ - کاپرولاکتام متورم می شود.....
	شکل ۸-۲: در مرحله اول اصلاح سطح سیلیکات انجام میشود. پس از آن واکنش تبادل یون انجام میشود و در نهایت پروپیلن توسط کاتالیست متالوسن پلیمریزه میشود.....
۵۷	
۵۸	شکل ۹-۲: مکانیسم گیرانداختن $TiCl_4$ در بین لایه های سیلیکات.....
۵۹	شکل ۱۰-۲: طیف XRD خاک رس اصلاح شده و مورفولوژی های مختلف نانوکامپوزیت.....
۶۰	شکل ۱۱-۲: تصویر TEM یک نمونه نانوکامپوزیت با مورفولوژی پراکنشی لایه ای
۶۶	شکل ۱-۳: شمایی از شتاب دهنده های معمولی
	شکل ۲-۳: جذب طیف IR نمونه تابیده شده اتیلن وینیل استات، $(T_{O/50})$ و ترکیب تابیده شده اتیلن وینیل استات $(T_{O/50})/TMPMA$ و ترکیب تابیده نشده اتیلن وینیل استات $(TM_{5/20})/TMPMA$ و ترکیب تابیده شده $(TM_{5/20})/TMPMA$
۷۵	اتیلن وینیل استات $(TM_{5/20})$

- شکل ۳-۳: واکنش های طرح ۱ ۷۶
- شکل ۳-۴: میزان گرفت کردن در برابر دز تابش و سطح TAC ۷۷
- شکل ۳-۵: تفاوت جذب در 1737 CM^{-1} با دز تابش ۷۷
- شکل ۳-۶: واکنش های طرح ۲ ۷۸
- شکل ۳-۷: واکنش های طرح ۳ ۷۸
- شکل ۳-۱: مقایسه نرخ سایش لاستیک های NR, SBR, BR و آلیاژ آنها ۸۳
- شکل ۳-۲: برهم کنش نانورس با ماتریس لاستیکی ۸۴
- شکل ۳-۳: شماتیک مکانیزم های مختلف شکست در نانو کامپوزیتهای الاستومر - سیلیکات لایه ای ۸۵
- (A) ناحیه شکست / نفوذ زنجیره به لایه های سیلیکاتی (B) ناحیه شکست / سطح مشترک زنجیره به لایه های سیلیکاتی ۸۵
- شکل ۳-۴: مقدار سایش آمیزه با افزایش مقدار سیلیکا ۸۷
- شکل ۳-۵: مقدار مدول ۱۰۰٪ آمیزه با افزایش مقدار سیلیکا ۸۸
- شکل ۳-۶: $\text{TAN}\Delta$ در 70°C ، مربوط به آمیزه NR حاوی دوده با افزایش میزان سیلیکا ۸۸
- شکل ۳-۷: مقایسه نرخ سایش با افزایش مقدار کربنات کلسیم، سیلیکا و خاکستر پوسته برنج ۸۹
- شکل ۳-۸: مقایسه نرخ سایش با افزایش مقدار کربنات کلسیم، سیلیکا و خاکستر پوسته برنج ۸۹
- شکل ۳-۹: نرخ فرسایش آمیزه های لاستیکی در درجه حرارت های مختلف ۹۲
- شکل ۳-۱۰: تغییرات مقاومت سایشی آمیزه ها ۹۳
- شکل ۳-۱۱: الگوهای XRD مربوط به آمیزه SBR حاوی نانو و فاقد دوده ۹۴
- شکل ۳-۱۲: تصاویر TEM مربوط به آمیزه SBR (A) حاوی ۵ PHR نانو و دوده (۱- ذرات اکسید روی ۲- لایه های ورقه ای کلی ۳- لایه های کلی ۳) (B) حاوی ۱۰ PHR نانو و دوده با بزرگ نمایی ۱۰K (۱- تجمع دوده و کلی ۲- ساختار ورقه های کلی و پراکنش دوده ۳- تجمع دوده) (C) حاوی ۱۰ PHR نانو و دوده با بزرگ نمایی ۲۵K (۱- پراکنش دوده و برهم کنش خوب آن با کلی ورقه ای ۲- ساختار بین لایه های) ۹۴
- شکل ۳-۱۳: ضریب اتلاف در مقابل درجه حرارت، مربوط به آمیزه SBR حاوی نانو، دوده و فاقد نانو (۲۰ PHR دوده) ۹۵
- شکل ۳-۱۴: الگوهای XRD (الف) نمونه CLOISITE15A (ب) آمیزه های پر شده با 3PHR CLOISITE15A ۹۷
- شکل ۳-۱۵: تغییرات اتلاف سایشی و مدول آمیزه های رویه تاپر بدون خاک رس اصلاح شده و پر شده با آن تهیه شده به روش اول و روش دوم ۹۸

- شکل ۴-۱۶: شماتیک ایجاد اتصالات عرضی NR/SBR ولکانیزه شده بوسیله پرتو الکترونی.....۱۰۴
- شکل ۴-۱۸: تاثیر مقدار دز پرتو الکترونی بر روی میزان انواع اتصالات عرضی.....۱۰۴
- شکل ۴-۱۷: شماتیک انتخاب میکانیسم ایجاد شبکه اتصالات عرضی در آمیزه NR/SBR بوسیله پرتو الکترونی.....۱۰۴
- شکل ۴-۱۹: مقدار طول پیوندها و انرژی آنها۱۰۴
- شکل ۴-۲۰: طیف IR برای آمیزه‌های SBR.....۱۰۸
- شکل ۴-۲۰: طیف IR برای آمیزه NBR.....۱۰۹
- شکل ۵-۱: مخلوط کن داخلی مدل 350E.....۱۱۲
- شکل ۵-۲: آسیاب دو غلتکی مدل PM300.....۱۱۴
- شکل ۵-۳: دستگاه رئومتر پخت HIVA900.....۱۱۵
- شکل ۵-۴: نمای آون مدل VT-6060 P.....۱۱۵
- شکل ۵-۵: نمای پرس مدل P200P.....۱۱۶
- شکل ۵-۶: نمای دستگاه سایش مدل DIN5356.....۱۱۷
- شکل ۵-۷: نمای دستگاه سختی سنج مدل LD0551.....۱۱۷
- شکل ۵-۸: نمای دستگاه آزمون جهندگی مدل HIWA300.....۱۱۸
- شکل ۵-۹: نمای دستگاه FTIR مدل EQUINOX 55.....۱۱۸
- شکل ۵-۱۰: سختی آمیزه های تهیه شده.....۱۲۶
- شکل ۵-۱۱: مقایسه مقادیر تنش در کرنش ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ در آمیزه‌های تهیه شده.....۱۲۷
- شکل ۵-۱۲: درصد سایش آمیزه های تهیه شده.....۱۲۸
- شکل ۵-۱۳: مقایسه سختی در آمیزه های تهیه شده.....۱۳۰
- شکل ۵-۱۴: مقایسه مقادیر تنش در کرنش ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ در آمیزه های تهیه شده.....۱۳۰
- شکل ۵-۱۵: میزان سایش آمیزه‌های حاوی و فاقد سازگارکننده با دوده و نانو رس.....۱۳۲
- شکل ۵-۱۶: طیف IR مربوط به آمیزه حاوی ۲۵ PHR دوده و ۷٪ وزنی نانورس پخت شده با (A) پخت گوگردی (B) پخت گوگردی و تحت تابش پرتوهای الکترونی (۲۰۰ KGY).....۱۳۴
- شکل ۵-۱۷: مقایسه مقادیر سختی در آمیزه های پخت شده با پخت گوگردی و تحت تابش پرتوهای الکترونی.....۱۳۵

شکل ۵-۱۸: مقایسه درصد جهندگی در آمیزه های پخت شده با پخت گوگردی و تحت تابش پرتوهای الکترونی
۱۳۶.....

شکل ۵-۱۹: مقایسه مقاومت سایشی در آمیزه های پخت شده با پخت گوگردی و تحت تابش الکترونی..... ۱۳۷

دیباچه

در طول سال‌ها افزایش در بکارگیری لاستیک‌ها و مواد شبه لاستیک در محدوده وسیعی از قطعات تحت سایش مانند: تایرهای اتومبیل، حلقه‌های پیستون، پد انعطاف‌پذیر یاطاقان‌های تحت فشار، یاطاقان‌های خطی نرم و بخش‌ها و دستگاه‌های روغنی وجود داشته است، حتی افزایش کمی در مقاومت فرسایشی این اجزا باعث صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در انرژی، مواد، نرم‌کننده‌ها و هزینه‌ها می‌شود. تحقیق‌های زیادی بر روی تکنولوژی فرسایش رابر و استفاده آن در صنایع مختلف انجام شده است. فرسایش سایشی رابر یک فرآیند پیچیده‌ی ساخته شده از تعدادی مکانیسم‌های شناخته شده می‌باشد.

بطور کلی، اصطلاحاً محصولی دارای مقاومت سایشی مطلوب می‌باشد که در برابر فرسایش ناشی از خراش دادن، مالش و انواع دیگر سایش‌های مکانیکی مقاومت کرده و در نتیجه بتواند شکل نهایی خود را حفظ نماید. موادی مانند لاستیک‌ها که بسیار منعطف می‌باشند براحتی در تماس با قطعات متحرک یا سطوح ساینده دچار پارگی و ساییدگی سطحی گردیده و به تدریج مواد از روی سطح آن‌ها کنده شده و در نهایت می‌تواند طول عمر و عملکردشان را با مشکل روبرو سازد. از آنجا که لاستیک‌ها یکی از پرمصرفترین دسته از پلیمرها هستند لذا بحث سایش در کاربردهایی همانند صنایع خودروسازی، تسمه‌نقاله، رول چاپ و تخت کفش بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

از طرفی، از دیرباز تقویت لاستیک‌ها بوسیله پرکننده‌ها امری لازم و رایج بوده و از مهمترین این پرکننده‌ها در صنعت لاستیک، دوده می‌باشد که باعث افزایش مقاومت سایشی آمیزه نیز می‌گردد. به طور کلی، جهت ارتقاء خواص یا اصطلاحاً تقویت لاستیک‌ها، نیاز به استفاده از مقدار زیادی دوده (حدود ۳۰-۴۰ phr) در آمیزه لاستیکی می‌باشد که این امر باعث افزایش وزن آن و نهایتاً منجر به افزایش میزان سایش می‌گردد. امروزه با گذشت بیش از دو دهه و انجام تحقیقات گسترده توسط محققین مختلف، نانوکامپوزیت‌های بر پایه لاستیک از روند رو به رشد قابل توجهی برخوردار بوده‌اند. از این جهت که استفاده از پرکننده‌هایی هم چون نانو رس در آمیزه‌های لاستیکی بواسطه خواص منحصر بفرد خود یعنی ساختار لایه‌ای و نانومتری صفحات و در نتیجه نسبت منظر بالا، باعث می‌شود استفاده از آنها بمیزان کم باعث ارتقاء چشمگیر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه‌ها گردد.

در این پژوهش، به مطالعه الاستومرهای NR، SBR و آلیاژهای الاستومری و سپس نانوکامپوزیت‌های پلیمری پرداخته شده است و همچنین فرآیند پرتودهی الکترونی و تاثیر این فرآیند بر پلیمرها بررسی گردیده است.

از آنجائی که پدیده سایش در بسیاری از کاربردها بویژه در آمیزه ترد تایر خودروها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارست لذا در پژوهش حاضر امکان جایگزینی بخشی از دوده با مقدار کمتری از نانو رس جهت کاهش وزن نهایی ترد تایر بررسی خواهد شد که این امر می‌تواند باعث کاهش میزان سایش سطحی ترد و همچنین کاهش وزن تایر و در نتیجه کاهش میزان سوخت مصرفی خودروها گردد.

فصل اول

لاستیک های NR و SBR

۱-۱ مقدمه

به الاستومر، کائوچو^۱ نیز گفته می شود. کلمه کائوچو به معنی درخت گریبان است و از ریشه کائو به معنی اشک و چو به معنی درخت آمده است که توسط سرخ پوستان آمریکای جنوبی در قرن ۱۵ نامگذاری شده است. از نظر قدمت تاریخی برای صنایع لاستیک منشاء دقیقی وجود ندارد، اما به نظر می رسد برای اولین بار اسپانیایی ها و پرتغالی ها مطلع شدند که سرخ پوستان آمریکای جنوبی و ساکنین آسیای جنوب شرقی از درختانی به نام هوا^۲ شیرابه هایی استخراج کرده که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است و از آن استفاده های گوناگونی مانند اندود کردن البسه، پاپوش و کوزه های گلی برای جلوگیری از نفوذ آب و همچنین برای ساخت توپ جهت بازی استفاده می کردند، این شیرابه که بعدها نام لاتکس^۳ را نیز بخود گرفت جزو اولین مواد لاستیکی به حساب می آید. رابر^۴ نیز به معنی پاک کننده (پاک کن) یک کلمه انگلیسی است که در قرن ۱۸ مورد استفاده قرار گرفت، انگلیسی ها به این دلیل این نام را بر آن نهادند چون نوشته های خود را با آن پاک می کردند. در زبان فارسی نیز الاستومرها را با نام لاستیک می شناسند که این نامگذاری در قرن ۲۰ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت [۱].



شکل ۱-۱ استخراج شیرابه هایی درخت هوا [1]

لاستیک ها به شکل خام خواص مطلوبی ندارند و اگر تحت فشار به آنها شکل بدهیم بعد از برداشتن فشار شکل خود را از دست داده و به حالت قبلی خود باز می گردند، اما با کشف

^۱. Caoutchouc

^۲. Hevea

^۳. Latex

^۴. Rubber

ولکانیزاسیون^۱ در سال ۱۸۳۹ توسط گودیر^۲ آمریکایی این مشکل برطرف شد، در طی فرآیند ولکانیزاسیون لاستیک با گوگرد حرارت داده می‌شود در این حالت لاستیک اکسیده می‌شود و سولفور آن کاهیده شده و به سولفید تبدیل می‌شود که این سبب ایجاد پیوندهای عرضی و پخت لاستیک می‌شود. البته این عمل در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد انجام می‌شود. نتیجه این کشف تولید مواد لاستیکی مثل لاستیک‌های توپر برای چرخ ارابه، پوتین، توپ و ... بود [۱].

تکامل در صنعت لاستیک

در سال ۱۸۸۸ خواص مکانیکی لاستیک‌های تهیه شده توسط گودیر با استفاده از کربن سیاه به عنوان یک ماده پرکننده و افزودنی بسیار بهبود بخشیده شده و در نتیجه لاستیک‌های بادی (تیوپ) تهیه شد. بعد از آن لاستیک‌های سنتزی تهیه و به بازار عرضه شد مانند ایزوپرن، بوتادین و بعدها لاستیک‌های سنتزی مثل کاپلیمرهای استایرن و بوتادین تهیه شد که در سال ۱۹۴۵ مصرف آنها بسیار فراگیر شد. به دلیل اقتصادی‌تر بودن لاستیک‌های سنتزی نسبت به لاستیک‌های طبیعی مصرف آنها روز به روز در حال افزایش است [۲].

تعریف لاستیک و طبقه بندی آن

لاستیک ماده پلیمری است که دارای خاصیت قابلیت انعطاف‌پذیری تحت کشش می‌باشد. و پس از قطع نیرو آن‌ها خود به خود به شکل طبیعی خود باز می‌گردند (نظم تصادفی). لاستیک‌ها شامل لاستیک طبیعی، یک ماده طبیعی به دست آمده از شیره برخی از گیاهان گرمسیری، و لاستیک مصنوعی، مشتق شده از محصولات پتروشیمی است. از جمله مهم‌ترین لاستیک‌های سنتزی، استایرن بوتادین، پلی بوتادی ان و پلی ایزوپرن (برای مصارف کلی) و همچنین به عنوان لاستیک اتیلن پروپیلن (که اغلب به عنوان "برای مصارف ویژه" نامیده می‌شود) هستند.

لاستیک‌های مصنوعی، موادی با ساختار شیمیایی مشخص هستند، در حالی که اهمیت در لاستیک طبیعی با انواع و درجه‌های مختلف در یک مجموعه گسترده‌ای واقع شده است.

برای ساخت یک محصول لاستیکی ابتدا پایه الاستومری آن بر حسب خواص محصول نهایی از یکی از طبقات سه گانه الاستومرها یعنی عمومی، صنعتی و یا مهندسی و در یکی از حالت‌های فیزیکی مایع، پودر و یا جامد بر حسب نوع محصول و ماشین آلات فرآیند انتخاب می‌شود و پس از آمیزه کاری و شکل‌دهی، توسط یکی از تکنیک‌های رایج پخت می‌گردد.

^۱. Vulcanization

^۲. Goodyear

انتخاب الاستومر مناسب برای تولید محصول معمولاً بر چند اساس انجام می‌شود:

۱. کاربرد محصول
۲. فرآیند اختلاط
۳. فرآیند شکل‌دهی
۴. قیمت

۱-۲ لاستیک طبیعی

لاستیک طبیعی (معرف پلیمر ۴-۱ سیس پلی ایزوپرن، با فرمول تجربی $(C_5H_8)_n$) که از شیره (لاتکس) چندین گیاه (به عنوان مثال *Hevea Brasiliensis* و *Parthenia argentatum*) که توسط انعقاد با مواد شیمیایی، خشک کردن، انعقاد الکتریکی، و دیگر مراحل، نمونه اولیه از الاستومر به دست می‌آید. لاتکس استخراج شده به شکل لاتکس از درخت هوا یک سیستم پلی دیسپرس کلوئیدی از ذرات لاستیک در فاز آبی است. با لاتکس هوا، محتوای لاستیک خشک حدوداً بین ۲۸-۴۰٪ است، اگرچه ممکن است پس از یک دوره طولانی از عدم بهره برداری تا ۴۵-۵۰٪ بالا برود (برای مقاصد آماری، ارقام مربوط به لاستیک طبیعی ممکن است شامل محتوای لاستیک خشک از لاتکس باشد).

لاستیک تولید شده از لاتکس، علاوه بر هیدروکربن، شامل مقادیر نسبتاً کمی از پروتئین، کربوهیدرات، مواد رزین مانند، نمک‌های معدنی و اسیدهای چرب است. پلیمر لاستیک طبیعی نزدیک به ۱۰۰٪، ۴-۱ سیس پلی ایزوپرن با وزن ملکولی در محدوده ۱ تا $10^6 \times 5/2$ است. با توجه به نظم ساختاری بالای آن، لاستیک طبیعی، تمایل به تبلور خود به خود در دماهای پایین و یا هنگامی که کشیده می‌شود دارد. تبلور در دمای پایین باعث سفت شدن می‌شود، اما به راحتی با گرم کردن برگشت‌پذیر است. فشار ناشی از تبلور لاستیک طبیعی برای محصولی با تحمل قابلیت ارتجاعی، انعطاف‌پذیری، استحکام کششی، برشی و همچنین حرارتی و سایش کمی تولید می‌کند. با این حال، یک اشکال لاستیک طبیعی متوسط، مقاومت‌های زیست محیطی به عواملی مانند اکسیداسیون و ازون است، پس همچنین مقاومت کمی در برابر مواد شیمیایی، از جمله بنزین، نفت سفید، مایعات هیدرولیک، پاک‌کننده‌ها، روان‌کننده‌های مصنوعی و حلال دارد. بیشترین استفاده از لاستیک طبیعی در تایر است. بیش از ۷۰ درصد مصرف ساخت در این زمینه است. استفاده بزرگ بعدی از آن به عنوان لاتکس در وسایل غواصی، چسب، نخ لاستیک و فوم است. این کاربردها برای حدود ۱۰ درصد دیگر گزارش شده است. کاربردهای باقی مانده دیگر در انواع مختلف از قبیل کمر بند، انتقال یا لوله‌های آب، واشر، کفش و دستگاه‌های ضد لرزش مانند پایه‌های موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲، ۳].