

به نام خدا

مهندسی معکوس فراورده‌های لاستیکی

مترجمان:

علیرضا بنی اسد

محمد امیری

ویراستاران:

دکتر مهدی عباس‌زاده

(استادیار شیمی آلی، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمان)

محمد قاسم نظیفی

نسرین باقری زاده ایبانه

عنوان و نام پدیدآورنده	مهندسی معکوس فرآورده‌های لاستیکی: [تألیف سایکات داس گوپتا... و دیگران]; مترجمان علیرضا بنی‌اسد، محمد امیری؛ ویراستاران مهدی عباس‌زاده....
مشخصات نشر	تهران: فرازاندیش سبز، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۴۲۴ ص.
شابک	۵۰۰۰۰۰ ریال: ۳-۷۶-۵۶۲۷-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Reverse Engineering of Rubber Products Concepts, Tools, and Techniques, [2014].
یادداشت	ویراستاران مهدی عباس‌زاده، محمدقاسم نظیفی، نسرين باقری زاده ایبانه.
موضوع	لاستیک -- تجزیه و آزمایش
موضوع	لاستیک -- آزمایش
موضوع	شیمی لاستیک
موضوع	الاستومرها
شناسای افزوده	داس گوپتا، سایکات
شناسای افزوده	Das Gupta, Saikat
شناسای افزوده	بنی‌اسد، علیرضا، ۱۳۶۲- مترجم
شناسای افزوده	امیری، محمد، ۱۳۶۴- مترجم
شناسای افزوده	عباس‌زاده، مهدی، ویراستار
رده‌بندی کنگره	TS1۸۹۲/م۹ ۱۳۹۳
رده‌بندی دیویی	۵۴۷/۸۴۲۶
شماره‌ی کتاب‌شناسی ملی	۳۷۴۸۷۵۷

نام کتاب: مهندسی معکوس فرآورده‌های لاستیکی
مترجمان: علیرضا بنی‌اسد و محمد امیری
ویراستاران: دکتر مهدی عباس‌زاده، محمدقاسم نظیفی و نسرين باقری زاده ایبانه
طراح جلد و صفحه‌آرا: زهرا رحیمی ریشه
ناشر و چاپ: انتشارات فراز اندیش سبز



نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: زمستان ۱۳۹۳
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۵۰,۰۰۰ تومان

شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
تهران. انتهای بزرگراه همت غرب، بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی
تلفن: ۰۲۱-۴۴۷۸۷۹۱۷

www.rierco.net
Email: entesharat@rierco.net

حق چاپ برای شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک محفوظ است
و استفاده از مطالب کتاب با بیان منبع، مانعی ندارد.

به نام خداوند مانع

واژه‌ی مهندسی معکوس مدتی است که وارد فرهنگ صنعتی کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران شده است. این واژه که ترجمه‌ی Reverse Engineering است، به راه‌کاری برای دستیابی به فناوری‌های نو اطلاق می‌شود. راه‌کاری که به‌خوبی و به‌روشنی در کشورهایی چون ژاپن و کره و به‌تازگی در چین، به‌ویژه در مورد تولید خودرو، جواب قابل قبولی داشته است و ما در فرهنگ عامیانه به آن "کپی‌برداری" می‌گوییم. این راه‌کار هم اکنون در واحدهای تحقیق و توسعه‌ی شرکت‌های تولیدی و حتی خدماتی، و نه تنها در کشورهای در حال رشد، بلکه در کشورهای پیشرفته نیز به‌کار برده می‌شود.

کتابی که هم اکنون به متخصصان صنعت لاستیک ایران عرضه می‌شود، به همت واحد تحقیق و توسعه‌ی گروه صنعتی بارز، و با تلاش آقایان مهندس علیرضا بنی‌اسد و مهندس محمد امیری ترجمه شده است و در آن مفهوم‌ها، ابزارها و تکنیک‌های مهندسی معکوس فراورده‌های لاستیکی شرح داده می‌شود.

کتاب اصلی توسط چهار نفر از استادان مسلم صنعت لاستیک هند، از جمله دکتر Bhowmick نوشته شده است، که ایشان در صنعت لاستیک ایران فردی شناخته شده هستند و در کنفرانس بین‌المللی لاستیک تهران نیز حضور داشته‌اند.

در پایان لازم می‌دانم از مدیریت محترم عامل گروه صنعتی بارز - جناب آقای مهندس عباس عباسی ابیانه - که با حمایت مادی و معنوی خود، زمینه‌ی انتشار این کتاب را فراهم کرده‌اند و جناب آقای مهندس حافظی - مدیرکل تحقیق و توسعه گروه صنعتی بارز - و هم‌چنین از مترجمان و ویراستاران محترم تشکر و قدردانی کنم.

حسن شعبانی

مدیرعامل شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

زمستان ۹۳

یادداشت

گروه صنعتی بارز

با توجه به سابقه‌ی صنعت و چگونگی رشد آن در کشورهای جنوب شرقی آسیا، در می‌یابیم که این کشورها نوآوری‌های اندکی در فناوری داشته‌اند و در گذشته، تقریباً همواره از کشورهای غربی (آمریکا و اروپا) پیروی می‌کرده‌اند. اما امروزه می‌بینیم کشورهایی نظیر ژاپن، کره‌ی جنوبی و چین در زمره‌ی کشورهای با سطح فناوری بالا و دارای فراورده‌های با کیفیت قرار گرفته‌اند. در میان تلاش‌های این کشورها برای رسیدن به این سطح از دانش و فناوری، ردپای یک شگرد ویژه و بسیار مفید به چشم می‌خورد که "مهندسی معکوس" - Reverse Engineering - نام دارد.

مهندسی معکوس را می‌توان روشی آگاهانه برای دستیابی به فناوری حاضر در فراورده‌های موجود دانست. شاید بتوان از مهندسی معکوس به عنوان کپی برداری آگاهانه، از یک فراورده یا بخشی از آن نام برد. در صورتی که کپی برداری راهی مطمئن برای رسیدن به هدف باشد، مانعی برای انجام این کار وجود ندارد؛ چرا که ما به یقین به دنبال اختراع دوباره‌ی چرخ نیستیم. استفاده از روش مهندسی معکوس، در کنار روش‌ها و سیاست‌های دریافت دانش فنی و نیز استفاده از روش‌های مهندسی مستقیم - Forward Engineering - برای دستیابی به فناوری به‌روز فراورده در کوتاه‌ترین زمان ممکن، می‌تواند راه‌گشا باشد.

از این‌رو گروه صنعتی بارز به عنوان یکی از پیشروان صنعت تایر کشور، دستیابی به دانش مورد نیاز برای مهندسی معکوس تایر را مد نظر قرار داده است. در این بین، مهندسی معکوس آمیزه‌ی لاستیکی از اهمیت و پیچیدگی ویژه‌ی برخوردار است. بنابراین، پس از بررسی‌های متعدد کارشناسان و مدیران بخش طراحی آمیزه، کتاب Reverse Engineering of Rubber Products به عنوان یکی از راهنماهای اصلی در این زمینه برگزیده شد. ترجمه‌ی این کتاب، حاصل تلاش دو تن از کارشناسان زبده و متعهد بخش تحقیقات و توسعه‌ی گروه صنعتی بارز است که با حسن نیت، سعی در انتقال مفاهیم کتاب به‌طور کامل و صحیح داشته‌اند. باشد که مورد توجه و استفاده‌ی متخصصان صنعت تایر ایران قرار گیرد.

سعید حافظی

مدیر کل تحقیقات و توسعه گروه صنعتی بارز

زمستان ۹۳

پیش گفتار مترجمان

بی شک شناخت فراورده و درک عامل‌های مؤثر در مشخصه‌های آن، اولین پیش‌نیاز بهبود کیفیت و نوآوری است که لازمه‌ی آن درک صحیح مهندسی از مبانی عملکردی قطعه است.

مهندسی معکوس برای بازیابی و تشخیص اجزای متشکله‌ی یک فراورده، به‌ویژه در صورت دسترسی نداشتن به طراحی اولیه، کاربرد داشته و برای نگهداری، گسترش و توسعه‌ی امکانات موجود و مهندسی مجدد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با این روش بیشترین اطلاعات ممکن درباره‌ی ایده‌های مختلف طراحی، که برای تولید فراورده استفاده می‌شود، به دست می‌آید. بدین وسیله، هم می‌توان فراورده را دوباره تولید کرد، و هم می‌توان از ایده‌های مفید آن برای تولید فراورده‌ی جدید بهره برد. همین امر باعث شده که مهندسی معکوس به یکی از شاخه‌های مهم مهندسی تبدیل شود و همواره نگاه‌ها به سوی تولیدهای وارد شده به بازار از سوی رقیبان جلب شود.

مهندسی معکوس یکی از روش‌های دسترسی به دانش فنی است. لازمه‌ی اجرای این روش، وجود نمونه‌هایی از فراورده است که مبانی کار پژوهش‌ها قرار می‌گیرد.

از مزیت‌ها و دستاوردهای مهندسی معکوس می‌توان به موارد زیر به‌طور خلاصه اشاره کرد:

- ۱- امکان طراحی یک فراورده‌ی به‌هنگام، در سطح استانداردهای جهانی با کشف راه‌های جدید.
 - ۲- بهبود و توسعه‌ی فراورده برای برآورده کردن نیازهای مشتری، مانند عملکرد بهتر، افزودن ویژگی‌های مطلوب و رفع نقایص‌های فراورده.
 - ۳- امکان الگوبرداری رقابتی، برای درک فراورده‌های رقیبان و توسعه‌ی بهتر فراورده‌های خود.
 - ۴- امکان انجام مهندسی مجدد با استفاده از دانش فنی دریافت شده به‌وسیله‌ی مهندسی معکوس.
- مهندسی معکوس یکی از روش‌هایی است که شرکت‌ها با به‌کارگیری آن، فرایند تکوین فراورده را سرعت می‌بخشند. ایجاد یک روش منطقی و با برنامه، برای تعیین میزان کمبود اطلاعات فنی، برای پشتیبانی از تولید یک فراورده، و سپس انجام یک کار تیمی منسجم برای تکمیل این اطلاعات، مجموعه عملیاتی است که در فرایند مهندسی معکوس به‌وقوع می‌پیوندد. با وجود ظرافت و نیاز به دقت بسیار زیاد در مهندسی معکوس، کاهش زمان عملیات امری بسیار مهم است.

تایر به عنوان یک فراورده‌ی راهبردی، دارای ویژگی‌های فنی به نسبت پیچیده‌یی است و با توجه به وجود بازار به شدت رقابتی در این بخش، دستیابی به دانش فنی به روز تایرسازان برتر دنیا، در راستای ارزیابی سطح فناوری سازمان و ارتقای آن اهمیت بسزایی دارد. به عقیده‌ی بیشتر متخصصان این صنعت، آمیزه‌های مورد استفاده در تایر، در عملکرد آن نقش کلیدی دارند، و دستیابی به اجزای نهفته در دل این ترکیب‌های سیاه‌رنگ، بسیار پیچیده است. در این میان اداره‌ی طراحی آمیزه‌ی گروه صنعتی بارز، با در اختیار داشتن کارشناسان با کفایت و استفاده از دستگاه‌ها و ابزارهای لازم، پا در این وادی نهاده و امیدوار است قدم‌های مؤثری در این راستا بردارد. از میان منابع معتبر در زمینه‌ی مهندسی معکوس آمیزه‌های لاستیکی، کتاب حاضر به عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها انتخاب و سعی شده است تا با ترجمه‌ی آن، فرصتی برای استفاده‌ی سایر متخصصان آمیزه‌کاری نیز فراهم شود.

مترجمان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای مهندس علی اکبر مشرفی - جانشین مدیرعامل گروه صنعتی بارز- و جناب آقای مهندس سعید حافظی - مدیر کل تحقیقات و توسعه گروه صنعتی بارز- به خاطر حمایت بی دریغ‌شان از ترجمه‌ی این کتاب تشکر کنند. همچنین از دوستانی که در این زمینه ما را یاری کرده‌اند از جمله خانم دکتر افسانه ملاحسینی، آقایان دکتر مهدی عباس‌زاده، مهندس رسول رحیم‌زاده، مهندس میثم عسکریور، مهندس پرویز جعفری و یحیی رشیدی سپاس‌گزاری می‌شود.

اگرچه مترجمان تلاش خود را برای انتقال مفاهیم کتاب به طور کامل و با حفظ اصالت متن به کار گرفته‌اند، آن را بدون اشتباه ندانسته و از خوانندگان محترم صمیمانه تقاضا می‌شود نظرها و پیشنهادهای خود را به پست الکترونیکی به آدرس REVRUBBER@gmail.com ارسال کنند.

علیرضا بنی اسد - محمد امیری

زمستان ۹۳

یادداشت نویسندگان

مهندسی معکوس به صورت گسترده در صنعت لاستیک استفاده می شود. فراورده های لاستیکی مورد رقابت، به صورت روزمره به منظور ایده گرفتن درباره ویژگی ها یا کسب آگاهی در مورد ساختارشان، تجزیه و تحلیل می شوند. در پس هر تجزیه و تحلیل و تولید مجدد، اصولی نهفته است. هدف از تألیف این کتاب، برجسته کردن این اصول علمی است. فصل اول، اجزای آمیزه کاری و ساختار فرمول را شرح می دهد. اصول شیمیایی و روش های تجزیه یی در فصل دوم مورد بررسی قرار گرفته اند. آزمون های فیزیکی معمول در صنعت لاستیک در فصل سوم ارائه شده اند. فصل چهارم به معرفی مفهوم مهندسی معکوس پرداخته است. در فصل پنجم خلاصه یی از نمونه های مطالعاتی بازسازی فرمولاسیون که فراورده های لاستیکی بزرگ مانند تایرها، بلت ها و غیره؛ و همین طور فراورده های لاستیکی کوچک مانند درزگیرها و شیلنگ ها را شامل می شود، بررسی می شوند. این فراورده ها، متنوع بوده و در هر بخش به منظور آشنایی خوانندگان با روش های مورد استفاده در مؤسسه های مختلف، به گونه یی آگاهانه از بیانی متفاوت استفاده شده است.

ما امیدواریم این کتاب در فهم اصول آزمون های مختلف، برای علاقه مندان صنعت لاستیک و بخش دانشگاهی مفید باشد. پاداش مشقت کار انجام شده روی این کتاب، رضایت نویسندگان از آن و از بین بردن شکاف های موجود است.

دانش ما در این کتاب از آزمایش هایی که توسط خودمان یا همکاران مان طی سال های متمادی صورت گرفته، نشأت می گیرد. ما از کمک همکاران مان در افزایش این دانش و حل مشکلات گوناگون سپاس گزاریم. تعدادی از همکاری که در تهیه ی این کتاب ما را یاری کردند که کمال تشکر و قدردانی را از آنان داریم:

Sugata Chakraborty, Rohit Ameta, Samar Bandyopadhyay, Sanjay Bhattacharyya, S. Mathur, Nilkant Mondal, S. Divakaran, M. Asif, (هند، [HASETRI] کانکورلی، Nibedita Kasyapi, Shib Shankar Banerjee, Moumita Kotal, Vidhi Choudhury, Nabarun Roy, M. Bhattacharya, Dinesh Kumar, Suman Mi-

[IIT] پاتنا و [IIT] کاراجپور هند) tra, Pradip Maji, Ganesh Basak, Anusuya Choudhury (از مؤسسه‌ی لاستیک هند، کلکته، هند) B. Dutta, Atanu Banerjee, Sandip Bhattacharya, Niloptal Dey (فولاد Tata هند) Bharat Singh Mandoloi, A. K. Biswas (از HAL هند) and A.T. Khan, Sanka Babu Narendra and K. Neeraj (IIT Patna).

از Titash Mondal (IIT Patna) برای کمک در مرحله‌ی پایانی کتاب تشکر ویژه می‌شود. ما از Donald Kierstead برای بخش میکروسکوپی و Maryann Smith برای آماده‌سازی گزارش ارائه شده در بخش ۲-۶ (هر دو از آزمایشگاه توسعه‌ی لاستیک Akron) و سرانجام از Raghupati Singhanian مدیر HASETRI که بدون کمک‌های ایشان این کار صورت نمی‌گرفت تشکر می‌کنیم. K. Bhowmick (یکی از نویسندگان) از وزارت منابع انسانی دهلی‌نو، که حامی همکاری بخش صنعتی با مؤسسه بودند و نتیجه‌ی آن، این کتاب است، قدردانی می‌کند.

Saikat Das Gupta

Rabindra Mukhopadhyay

Krishna C. Baranwal

Anil K. Bhowmick

درباره نویسندگان

Saikat Das Gupta مدیر علمی تحقیقات و توسعه‌ی HASETRI. او لیسانس را در رشته‌ی علوم پلیمر و تکنولوژی لاستیک در سال ۱۹۸۷ از کلکته و درجه‌ی کارشناسی ارشد خود را در تکنولوژی لاستیک در سال ۱۹۹۲ از مؤسسه‌ی تکنولوژی هند (IIT) در کاراجپور دریافت کرد. سپس به بخش تحقیقات و توسعه‌ی تایر سازی JK پیوست. او درجه‌ی دکترای خود را همراه با کار ادامه داد و در سال ۲۰۰۱ موفق به اخذ دکترای خود شد.

Rabindra Mukhopadhyay مدیر عامل و مدیر اجرایی مؤسسه‌ی HASETRI، مدیر عامل تایر JK و رئیس هیأت مدیره‌ی مؤسسه‌ی لاستیک هند است. او با چندین مؤسسه و دانشگاه هندی به‌عنوان هیئت علمی مدعو در دانشکده‌ی علوم پلیمر و تکنولوژی لاستیک همکاری می‌کند. زمینه‌ی مورد علاقه‌ی او مهندسی معکوس، فناوری‌های زیست سازگار، و تکنولوژی نانو دارای کاربردهای خاص برای لاستیک و صنایع وابسته بوده که این فناوری‌ها شامل مدل‌های تجاری بسیار خوب برای کیفیت هستند.

Anil K. Bhowmick, پروفیسور برجسته، رئیس اسبق مرکز تحقیقات لاستیک، مدیر مطالعات تکمیلی و رئیس IIT کاراجپور هند است. او در گذشته با دانشگاه اکرون (اوهایو)، مدرسه‌ی پلیمر لندن (انگلستان) و مؤسسه‌ی تکنولوژی توکیو (ژاپن) همکاری داشته است. زمینه‌های اصلی مورد علاقه‌ی او الاستومرهای ترموپلاست و مخلوط‌های پلیمری، نانوکامپوزیت‌ها، اصلاح پلیمر، تکنولوژی لاستیک، عیوب و تخریب لاستیک، چسبندگی و چسب است. او بیش از ۵۰۰ مقاله در مجله‌های علمی، ۳۵ فصل کتاب و ۷ همکاری در ویرایش‌گری کتاب در کارنامه‌ی خود دارد. او ویراستار بخش پلیمر و شناسایی کامپوزیت مجله‌ی Journal of Macromolecular Science است. در سال ۲۰۰۲ جایزه‌ی شیمی الاستومرهای ترموپلاست، و در سال ۲۰۰۱ جایزه‌ی K.M. Philip را از انجمن صنایع لاستیک هند به دلیل همکاری قابل توجه در رشد و توسعه‌ی صنایع لاستیک هند دریافت کرد. در سال ۱۹۹۷ جایزه‌ی جورج استنفورد بخش لاستیک انجمن شیمی آمریکا را برای تحقیقات ابتکاری، هم‌چنین جایزه‌های NOCIL در سال ۱۹۹۱، JSPS در سال ۱۹۹۰، جایزه‌ی کشورهای مشترک‌المنافع سال ۱۹۹۰، جایزه‌ی MRF سال ۱۹۸۹ و جایزه‌ی ITAS در سال ۱۹۸۹ دریافت کرده است. وی ویراستار مجله‌های Journal of Adhesion Science & Technology, Journal of Applied Polymer Science, Polymers and Polymer Composites, Rubber Chemistry and Technology, Polymers for Advanced Technology, Natural Rubber Research است. و دارای ۱۲ ثبت اختراع است که دو تا از آن‌ها در آمریکا و آلمان ثبت شده‌اند. در ۲۰ پروژه‌ی دانشجویان دکترا و در آکادمی ملی مهندسی، آکادمی ملی علوم هند و آکادمی علوم و تکنولوژی همکاری داشته و در حال حاضر مدیر مؤسسه‌ی تکنولوژی هند، Patna است.

فهرست

فصل اول - اجزای آمیزه کاری و ساختار فرمول

۳	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- الاستومرها: ویژگی‌ها، کاربردها و ولکانش
۵	۱-۲-۱- نام‌گذاری الاستومرها (ASTM D-1418)
۷	۲-۲-۱- ویژگی‌های الاستومرها
۷	۱-۲-۲-۱- کائوچوی طبیعی (NR)
۷	۲-۲-۲-۱- کائوچوی استایرن بوتادی‌ان (SBR)
۸	۳-۲-۲-۱- کائوچوی پلی‌بوتادی‌ان (BR)
۹	۴-۲-۲-۱- کائوچوی اتیلن پروپیلن (EPDM/EPM)
۱۰	۵-۲-۲-۱- کائوچوی نیتریل (NBR)
۱۰	۶-۲-۲-۱- کائوچوی نیتریل بوتادی‌ان هیدروژن دار شده (HNBR)
۱۱	۷-۲-۲-۱- کائوچوی کلروپرن (CR)
۱۱	۸-۲-۲-۱- کائوچوی اتیلن وینیل استات (EVA)
۱۲	۹-۲-۲-۱- کائوچوی بیوتیل (IIR)
۱۳	۱۰-۲-۲-۱- کائوچوی پلی‌اورتان (PU)
۱۳	۱۱-۲-۲-۱- کائوچوی سیلیکون (VMQ/MVQ/HTV)
۱۴	۱۲-۲-۲-۱- کائوچوی اکریلیک (ACM)
۱۴	۱۳-۲-۲-۱- کائوچوی فلوئورو کربن (FKM)
۱۶	۳-۱- پُرکننده‌ها
۱۷	۱-۳-۱- وظیفه‌ی پُرکننده
۱۸	۱-۱-۳-۱- نام‌گذاری استاندارد دوده‌های مورد مصرف در صنعت لاستیک (بر اساس استاندارد ASTM)
۱۹	۱-۱-۳-۱- شناسایی دوده
۲۰	۱-۱-۳-۱- مساحت سطح / اندازه‌ی ذره
۲۱	۲-۳-۱- آمیزه‌کاری با دوده
۲۱	۱-۲-۳-۱- اثر افزایش مساحت سطح
۲۳	۲-۲-۳-۱- رویکرد سختی معادل
۲۳	۱-۲-۲-۳-۱- عامل جایگزینی واحد
۲۵	۲-۲-۲-۳-۱- رویکرد سختی گوناگون

- ۳۸-۱-۴-۷- تشکیل شکاف اوزنی
- ۳۹-۱-۴-۸- اکسیداسیون خودکار
- ۴۰-۱-۴-۹- سازوکار حمله اکسیژن
- ۴۰-۱-۴-۱۰- چگونه یک آنتی اکسیدان نقش خود را ایفا می کند؟
- ۴۱-۱-۴-۱۱- چگونه یک آنتی اوزنانت نقش خود را ایفا می کند؟
- ۴۱-۱-۴-۱۲- ضد تخریب ها
- ۴۱-۱-۴-۱۲-۱- طبقه بندی ضد تخریب ها
- ۴۳-۱-۴-۱۲-۲- کاربرد ضد تخریب های مختلف
- ۴۵-۱-۵- مواد شیمیایی پخت
- ۴۶-۱-۵-۱- تغییرهای ایجاد شده در فراورده طی فرایند ولکانش
- ۴۶-۱-۵-۲- ساختار ولکانش شده و ویژگی های مربوطه
- ۴۸-۱-۵-۳- مواد شیمیایی پخت
- ۴۹-۱-۵-۴- ویژگی های ولکانش
- ۴۹-۱-۵-۵- عامل های ایجاد کننده ی پیوندهای عرضی
- ۴۹-۱-۵-۵-۱- پخت گوگردی
- ۵۰-۱-۵-۵-۱-۱- گوگرد محلول و غیر محلول
- ۵۱-۱-۵-۵-۲-۱- اثر ولکانش کائوچو، تنها با استفاده از گوگرد
- ۵۱-۱-۵-۵-۳-۱- ساختار شیمیایی پخت گوگردی دارای شتاب دهنده
- ۵۱-۱-۵-۵-۲- ولکانش از راه عامل گوگرد دهنده
- ۵۲-۱-۵-۵-۳- ولکانش پراکسیدی
- ۵۲-۱-۵-۵-۴- ولکانش با رزین
- ۵۳-۱-۵-۵-۵- ولکانش اکسید فلزی
- ۵۳-۱-۵-۵-۶- پخت تابشی
- ۵۴-۱-۵-۵-۷- سیستم های پخت متداول، نیمه مؤثر و مؤثر
- ۵۵-۱-۵-۶- شتاب دهنده
- ۵۶-۱-۵-۶-۱- دسته بندی شتاب دهنده ها
- ۵۷-۱-۵-۶-۲- ولکانش گوگردی دارای شتاب دهنده برای کائوچوهای با مصرف های عمومی (GPR)
- ۵۷-۱-۵-۶-۳- شتاب دهنده های اولیه
- ۵۸-۱-۵-۶-۴- شتاب دهنده های ثانویه یا تقویت کننده ها
- ۵۸-۱-۵-۷- فعال کننده ها

۵۹	۸-۵-۱- تأخیر اندازها
۵۹	۹-۵-۱- تأثیر سایر اجزای آمیزه کاری روی ولکانش
۵۹	۱-۹-۵-۱- ضد تخریب‌ها
۶۰	۲-۹-۵-۱- پُرکننده‌ها
۶۰	۶-۱- کمک‌فرایندها
۶۲	۷-۱- طراحی فرمول
۷۶	۱-۷-۱- قیمت آمیزه‌ها
۷۷	پریش‌ها

فصل دوم- روش‌های شیمیایی و تجزیه‌ی اصلی مورد استفاده در مهندسی معکوس

۸۵	۱-۲- روش‌های شیمیایی
۸۵	۱-۱-۲- مقدمه
۸۵	۲-۱-۲- آنالیز شیمیایی
۱۰۷	۲-۲- طیف‌سنجی زیر قرمز
۱۰۷	۱-۲-۲- مقدمه
۱۰۸	۲-۲-۲- تخمین مقدار وینیل استات در پلی اتیلن وینیل استات (EVA)
۱۰۹	۳-۲-۲- تعیین ریز ساختار کائوچوی پلی بوتادی‌ان (BR)
۱۱۱	۴-۲-۲- محاسبه‌ی درصد مولی اپوکسیداسیون در کائوچوی طبیعی اپوکسیده شده (ENR)
۱۱۲	۵-۲-۲- تعیین مقدار اتیلن موجود در کوپلیمر اتیلن پروپیلن (EPM) و اتیلن پروپیلن دی‌ان مونومر (EPDM)
۱۱۲	۱-۵-۲-۲- روش آزمون A (برای درصد جرمی بین ۲۵ تا ۶۵ اتیلن در EPM و EPDM)
	۲-۵-۲-۲- روش آزمون B (برای درصد جرمی بین ۶۰ تا ۸۵ درصد اتیلن در EPM و EPDM)
۱۱۳	به استثنای ترپلیمر اتیلن پروپیلن ۱ و ۴ هگزادی‌ان)
	۳-۵-۲-۲- روش آزمون C (از راه طیف زیر قرمز نزدیک و برای تمام EPM ها و EPDM های دارای
۱۱۳	درصد جرمی اتیلن بین ۳۵ تا ۸۵ انجام می‌شود)
	۴-۵-۲-۲- روش آزمون D (برای درصد جرمی بین ۳۵ تا ۸۵ درصد اتیلن در EPM و EPDM)
۱۱۳	به استثنای ترپلیمر اتیلن پروپیلن ۱ و ۴ هگزادی‌ان)
۱۱۴	۶-۲-۲- تعیین مقدار اکریلونیتریل (ACN) کائوچوی اکریلونیتریل بوتادی‌ان (NBR)
۱۱۵	۷-۲-۲- تعیین کمی ریزساختار واحدهای بوتادی‌ان در SBR محلولی
۱۱۸	۸-۲-۲- تعیین مقدار غیراشباع بودن باقی مانده در کائوچوی اکریلونیتریل بوتادی‌ان هیدروژنه شده (HNBR)
	۹-۲-۲- تحلیل نوع کربن‌های روغن فرایند آمیزه‌ی C_A ، C_P و C_N توسط زیر قرمز دارای تبدیل