



دانشگاه شاهرود

مهندسی الاستومر

(رشته مهندسی پلیمر)

www.ketab.ir

دکتر سمیه محمدیان

سرشناسه	:	محمدیان، سمیه، ۱۳۶۰ -
عنوان و نام پدید آور	:	مهندسی الاستومر (رشته مهندسی پلیمر) / سمیه محمدیان گراز.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	:	چهارده، ۲۳۹ ص.
فروست	:	دانشگاه پیام نور؛ ۲۳۹۱. گروه مهندسی پلیمر؛ ۱/ ۱
شابک	:	978 - 964 - 14 - 0438 - 5
وضعیت فهرست نویسی	:	فیفا
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۲۳۷.
یادداشت	:	واژه نامه.
موضوع	:	الاستومرها - آموزش برنامه ای
موضوع	:	Elastomers -- Programmed instruction
موضوع	:	الاستومرها - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	:	Elastomers -- Study and teaching (Higher)
موضوع	:	الاستومرها - پرسش ها و پاسخ ها (عالی)
موضوع	:	Elastomers -- Questions and answers (Higher)
شناسه افزوده	:	دانشگاه پیام نور
شناسه افزوده	:	Payam Noor University
رده بندی گره	:	TS۱۹۲۵/م۳ ۹۱۳۹۶
رده بندی دیویی	:	۶۷۸/۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۰۰۰۰۰۰



دانشگاه پیام نور

مهندسى الاستومر

مؤلف: کترسیه محمديان

ویراستار علمی: سید حمید بنانی

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولیدی و ختوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و نشر دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول اسفند ۱۳۹۷

شایک: ۵-۴۳۸-۱۴-۹۶۴-۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0438 - 5

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید.

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست،

توزیع گسترده، تهیه CD و... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و

پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و

هم‌مندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می‌گیرند.

قیمت: ۱۵۰۰۰ ریال

آدرس: فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام‌نور: تهران، خیابان شهید رجایی،

نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآوران. تلفن: ۵۵۵۰۲۱۰۴ - ۵۵۰۰۹۸۳۸

سایت فروش اینترنتی: <http://digibook.pnu.ac.ir>

فهرست مطالب

پیشگفتار	سیزده
فصل اول. آشنایی با لاستیک	۱
هدف کلی	۱
هدف‌های یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۱ معرفی الاستومرها	۳
۱-۲ رفتار الاستومرها از نظر ترمودینامیکی	۵
۱-۳ الاستیسیته در لاستیک‌ها	۶
۱-۳-۱ نیرو و تغییر شکل	۶
۱-۳-۲ معادله ترمودینامیکی برای الاستومرها	۸
۱-۴ دسته‌بندی الاستومرها	۱۱
۱-۴-۱ دسته‌بندی بر حسب ساختار شیمیایی	۱۱
۱-۴-۲ دسته‌بندی بر حسب نحوه تولید	۱۳
۱-۴-۳ دسته‌بندی بر حسب بازار مصرف	۱۳
۱-۴-۴ دسته‌بندی بر حسب مقاومت	۱۴
۱-۵ از لاستیک خام تا محصول	۱۴
خلاصه فصل اول	۱۶
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول	۱۷
خودآزمایی تشریحی فصل اول	۱۹
فصل دوم. انواع الاستومرها	۲۱
هدف کلی	۲۱

۲۱	هدف‌های یادگیری
۲۱	مقدمه
۲۳	۱-۲ لاستیک طبیعی
۲۳	۱-۱-۲ منبع و ساختار لاستیک طبیعی
۲۴	۲-۱-۲ روش تهیه لاستیک طبیعی از گیاه
۲۴	۲-۱-۲-۲ شیرابه‌گیری از لاتکس کائوچوی طبیعی
۲۶	۲-۲-۱-۲ فرایند انعقاد
۲۶	۳-۱-۲ انواع ورقه‌های دودی و کرب کائوچوی خشک
۲۷	۱-۳-۱-۲ ورقه‌های دودی
۲۸	۲-۳-۱-۲ کرب‌های کمرنگ
۲۸	۴-۱-۲ تقویم‌بندی لاستیک طبیعی بر مبنای SMR
۳۱	۵-۱-۲ انواع لاتکس لاستیک طبیعی
۳۲	۶-۲ کلیاتی از خواص لاستیک طبیعی
۳۳	۷-۱-۲ کاربدهای لاستیک طبیعی
۳۴	۲-۲ لاستیک صلب مصنوعی (لاستیک پلی ایزوپرن)
۳۵	۳-۲ لاستیک بوتادین
۳۵	۱-۳-۲ ساخت و طبقه‌بندی
۳۷	۲-۳-۲ خواص کلی لاستیک بوتادین
۳۹	۳-۳-۲ کاربرد بوتادین رابر
۴۱	۴-۲ لاستیک استایرن بوتادین
۴۱	۱-۴-۲ مقدمه ای درباره SBR
۴۳	۲-۴-۲ تولید SBR
۴۵	۳-۴-۲ خواص کلی SBR
۴۶	۴-۴-۲ کاربردهای SBR
۴۷	۵-۲ لاستیک بیوتیل
۴۷	۱-۵-۲ ساختار
۴۹	۲-۵-۲ خواص کلی لاستیک بیوتیل
۵۰	۳-۵-۲ کاربردهای لاستیک بیوتیل
۵۰	۶-۲ لاستیک اتیلن پروپیلن رابر
۵۰	۱-۶-۲ ساختار اتیلن پروپیلن رابر
۵۱	۲-۶-۲ خواص کلی و کاربرد اتیلن پروپیلن رابر
۵۲	۷-۲ لاستیک اتیلن پروپیلن دی‌ان مونومر
۵۲	۱-۷-۲ ساختار اتیلن پروپیلن دی‌ان مونومر
۵۳	۲-۷-۲ خواص و کاربرد اتیلن پروپیلن دی‌ان مونومر
۵۴	۸-۲ لاستیک اکریلونیتریل بوتادین
۵۴	۱-۸-۲ ساختار اکریلونیتریل بوتادین رابر

۵۶	۲-۸-۲ انواع لاستیک اکریلونیتریل بوتادین
۵۶	۲-۸-۳ خواص و کاربرد لاستیک اکریلونیتریل بوتادین
۵۷	۲-۹-۲ لاستیک پلی کلروپرن
۵۷	۲-۹-۱ ساختار پلی کلروپرن
۵۹	۲-۹-۲ انواع پلی کلروپرن
۶۱	۲-۹-۳ خواص و کاربرد پلی کلروپرن
۶۱	۲-۱۰-۲ لاستیک سیلیکون
۶۱	۲-۱۰-۱ ساختار سیلیکون رابر
۶۳	۲-۱۰-۲ انواع لاستیک‌های سیلیکون
۶۴	۲-۱۰-۳ خواص و کاربردهای سیلیکون رابر
۶۵	۲-۱۱-۲ لاستیک فله‌نوروکربن (فلونورو الاستومرها)
۶۸	۲-۱۲-۲ پلی اتیلن اصلاح شده
۶۸	۲-۱۲-۱ پلی اتیلن پخته شده
۷۰	۲-۱۲-۲ پلی ایلن کلسولفونه شده
۷۱	۲-۱۳-۲ لاستیک پلی اتریت
۷۳	۲-۱۴-۲ لاستیک پلی سولفاید
۷۴	۲-۱۵-۲ لاستیک پلی یورتانی
۷۵	۲-۱۶-۲ ترموپلاستیک الاستومرها
۷۵	۲-۱۶-۱ معرفی ترموپلاستیک الاستومرها
۷۷	۲-۱۶-۲ ساختار فازی ترموپلاستیک الاستومرها
۷۸	۲-۱۶-۳ خواص ترموپلاستیک الاستومرها
۷۹	۲-۱۶-۴ کاربرد ترموپلاستیک الاستومرها
۸۰	خلاصه فصل دوم
۸۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۸۲	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۸۵	فصل سوم. فرمولاسیون آمیزه لاستیکی
۸۵	هدف کلی
۸۵	هدف‌های یادگیری
۸۵	مقدمه
۸۶	۳-۱ الاستومر
۸۶	۳-۲ سیستم پخت
۸۷	۳-۲-۱ سیستم پخت گوگردی
۹۱	۳-۲-۱-۱ گوگرد
۹۲	۳-۲-۱-۲ شتاب‌دهنده‌ها
۹۴	۳-۲-۱-۳ فعال‌کننده‌ها
۹۵	۳-۲-۱-۴ تاخیراندازها

۹۵	۲-۲-۳ سیستم پخت غیرگوردی
۹۵	۱-۲-۲-۳ پراکسیدها
۹۷	۲-۲-۳ اکسیدهای فلزی
۹۷	۳-۲-۲-۳ مواد دو عاملی
۹۸	۳-۳ پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها
۹۸	۱-۳-۳ تقویت‌کنندگی
۹۸	۲-۳-۳ تعیین فعالیت پرکننده
۹۹	۳-۳-۳ دسته‌بندی انواع پرکننده‌ها
۹۹	۱-۳-۳-۳ دوده
۱۰۴	۲-۳-۳-۳ پرکننده‌های غیرسیاه
۱۰۵	۴-۳ نرم‌کننده و کمک فرایندها
۱۰۶	۱-۳-۳ کمک‌کننده‌ها (روان‌ساز داخلی)
۱۰۷	۴-۳ کمک فرایندها
۱۰۷	۵-۳ پایدارکننده‌ها ر ضدتخریب‌ها
۱۰۸	۱-۵-۳ محافظت‌کننده‌ها، شیمیایی
۱۰۹	۲-۵-۳ محافظت‌کننده‌های فیزیکی
۱۰۹	۶-۳ نانوذرات
۱۱۱	۱-۶-۳ نانوذرات اکسید رس
۱۱۲	۲-۶-۳ نانوکربنات کلسیم
۱۱۲	۳-۶-۳ نانو رس
۱۱۴	۴-۶-۳ آلوتروپ‌های کربن
۱۱۵	۷-۳ سایر مواد
۱۱۵	۸-۳ آلیاژسازی
۱۱۶	۹-۳ مثالی از فرمولاسیون آمیزه لاستیکی
۱۱۷	خلاصه فصل سوم
۱۱۸	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۲۰	خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۱۲۳	فصل چهارم. فرایندهای آمیزه‌کاری و اختلاط
۱۲۳	هدف کلی
۱۲۳	هدف‌های یادگیری
۱۲۳	مقدمه
۱۲۵	۱-۴ اهمیت اختلاط و معرفی آن
۱۲۸	۲-۴ دستگاه‌های اختلاط
۱۲۹	۱-۲-۴ غلتک
۱۳۱	۲-۲-۴ مخلوط‌کن داخلی

۱۳۱	 ۴-۲-۱ اجزاء و انواع مخلوطکن داخلی
۱۳۴	 ۴-۲-۲ پارامترهای مؤثر بر اختلاط در مخلوطکن داخلی
۱۳۶	 ۴-۲-۳ انواع روش‌های اختلاط در مخلوطکن داخلی
۱۳۸	 ۴-۲-۴ منحنی انرژی مصرفی
۱۴۰	 ۴-۲-۴ اختلاط پیوسته
۱۴۰	 خلاصه فصل چهارم
۱۴۱	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۴۲	 خودآزمایی تشریحی فصل چهارم
۱۴۵	 فصل پنجم. روش‌های شکل‌دهی آمیزه لاستیکی
۱۴۵	 هدف کلی
۱۴۵	 هدف‌های یادگیری
۱۴۵	 مقدمه
۱۴۶	 ۵-۱ اکستروژن
۱۴۶	 ۵-۱-۱ اجزای اکستروژن
۱۴۸	 ۵-۱-۲ اکسترودرهای خرد، اک گرم، سرد
۱۵۰	 ۵-۱-۳ پارامترهای مهم در عملیات اکستروژن
۱۵۰	 ۵-۱-۴ روش‌های پخت
۱۵۱	 ۵-۲ قالب‌گیری
۱۵۱	 ۵-۲-۱ قالب‌گیری فشاری
۱۵۱	 ۵-۲-۲ قالب‌گیری انتقالی
۱۵۲	 ۵-۲-۳ قالب‌گیری تزریقی
۱۵۴	 ۵-۳ غلتک‌رانی
۱۵۸	 خلاصه فصل پنجم
۱۵۹	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۶۰	 خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۱۶۱	 فصل ششم. آزمون‌های صنعت لاستیک
۱۶۱	 هدف کلی
۱۶۱	 هدف‌های یادگیری
۱۶۱	 مقدمه
۱۶۲	 ۶-۱ آزمون‌های آمیزه خام
۱۶۲	 ۶-۱-۱ چگالی
۱۶۳	 ۶-۱-۲ توزیع دوده
۱۶۴	 ۶-۱-۳ ویسکوزیته مونی
۱۶۶	 ۶-۲ رثومترها

۱۶۷	۱-۲-۶ رنومتر دیسک نوسانی
۱۶۸	۲-۲-۶ رنومتر دای متحرک
۱۷۰	۳-۲-۶ دستگاه تحلیل گر فرایند لاستیک ها
۱۷۲	۳-۶ آزمون های پس از پخت
۱۷۳	۱-۳-۶ کشش
۱۷۵	۲-۳-۶ سختی
۱۷۶	۳-۳-۶ مانایی فشاری
۱۷۷	۴-۳-۶ طول عمر خمشی
۱۷۷	۵-۳-۶ سایش
۱۷۹	۶-۳-۶ جهندگی
۱۷۹	۷-۳-۶ خستگی
۱۸۱	۸-۳-۶ خارش و استهلاک تنش
۱۸۱	۹-۳-۶ تخریب ازونی
۱۸۲	۱۰-۳-۶ زمان پخت
۱۸۳	۴-۶ آزمون های کیفیت محصول نهایی
۱۸۵	خود آزمایی چهارگزینه ای اول و دوم
۱۸۶	خود آزمایی تشریحی فصل ششم
۱۸۹	فصل هفتم. محصولات مهم لاستیکی
۱۸۹	هدف کلی
۱۸۹	هدف های یادگیری
۱۸۹	مقدمه
۱۸۹	۱-۷ تایر
۱۹۰	۱-۱-۷ اجزای تایر
۱۹۱	۱-۱-۷ رویه تایر
۱۹۲	۲-۱-۷ منجید تایر
۱۹۲	۳-۱-۷ طوقه تایر
۱۹۳	۲-۱-۷ قالب گیری و پخت تایر
۱۹۴	۳-۱-۷ دسته بندی تایرها
۱۹۵	۲-۷ تسمه
۱۹۷	۳-۷ درزبندها
۱۹۸	۱-۳-۷ گسکت
۱۹۹	۲-۳-۷ اورینگ
۲۰۰	۳-۳-۷ پکینگ
۲۰۱	۴-۷ کاربرد در صنعت خورروسازی
۲۰۱	۵-۷ قطعات لاستیکی فلزدار

۲۰۱	۶-۷ سایر کاربردهای متداول
۲۰۲	خلاصه فصل هفتم
۲۰۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۲۰۳	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم
۲۰۵	فصل هشتم. بازیافت لاستیک‌ها
۲۰۵	هدف کلی
۲۰۵	هدف‌های یادگیری
۲۰۵	مقدمه
۲۰۶	۸-۱ مسائل زیست محیطی
۲۰۸	۸-۲ کاربردهای لاستیک‌های بازیافتی
۲۰۸	۸-۳ روش‌های برخورد با ابعاد لاستیکی
۲۰۹	۸-۳-۱ استفاده مجدد از پیرهای فرسوده
۲۱۲	۸-۳-۲ دفن ضایعات لاستیکی
۲۱۲	۸-۳-۳ استفاده از لاستیک‌های ضایعات به عنوان یک منبع سوختی
۲۱۳	۸-۳-۴ بازیافت ضایعات مواد لاستیکی
۲۱۴	۸-۳-۴-۱ پودر کردن لاستیک و کاملاً آلوده ذرات
۲۱۷	۸-۳-۴-۲ پیرولیز ضایعات لاستیک
۲۱۷	۸-۳-۴-۳ واوکانش لاستیک
۲۲۵	خلاصه فصل هشتم
۲۲۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۲۷	خودآزمایی تشریحی فصل هشتم
۲۲۹	پاسخ‌نامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای
۲۳۱	علائم اختصاری
۲۳۳	فهرست واژگان
۲۳۷	مراجع

پیشگفتا

مهندسی پلیمر علمی است، که در سده گذشته پا به عرصه صنعت و پژوهش گذاشته و در مدت کوتاهی توسعه است، استقبال و شکوفایی چشمگیری به دست آورد. این دانش حوزه‌های مختلفی را دربرمی‌گیرد. مانند صنایع پتروشیمی و پلیمری‌زاسیون، صنایع پلاستیک، کامپوزیت‌ها، چسب، رنگ و زین و پوشش، فوم، الیاف، نساجی و غیره. یکی از مهم‌ترین دسته‌های مهم مواد پلیمری لاستیک‌ها یا الاستومرها می‌باشند که از پرکاربردترین پلیمرها در صنایع گوناگون شامل، خودروسازی، لوازم برقی و خانگی، صنایع الکتریکی، چسب، پزشکی و بهداشتی، ورزشی، راه و ساختمان، وافضا و غیره هستند.

آشنایی با مقوله مهندسی الاستومر برای یک مهندس پلیمر امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. کتاب حاضر، آنچه که یک کارشناس مهندسی پلیمر از لاستیک‌ها باید بداند را دربردارد که حاصل گردآوری مطالب سودمند از مراجع مرتبط موجود و بخشی نیز تألیف و حاصل تجربیات نویسند می‌باشد.

به‌منظور آشنایی هرچه بیشتر خواننده، مطالب در قالب چندین بخش گنجانده شده که حاوی سرفصل‌های ذیل است:

فصل اول. آشنایی با لاستیک (کلیاتی درباره پلیمرها، معرفی الاستومرها)

فصل دوم. انواع الاستومرها (لاستیک طبیعی، پلی‌ایزوپرن، پلی‌بوتادین، استایرن بوتادین رابر، بیوتیل رابر، اتیلن پروپیلن رابر، اتیلن پروپیلن دی‌ان‌مونومر، اکریلو نیتریل بوتادین رابر، پلی‌کلروپرن، سیلیکون رابر، لاستیک فلوئورو کرین، پلی‌اتیلن اصلاح‌شده، لاستیک پلی‌اکریلات، لاستیک پلی‌سولفاید، لاستیک یورتانی، ترموپلاستیک الاستومرها)

فصل سوم. فرمولاسیون آمیزه لاستیکی (الاستومر، سیستم پخت و مفهوم پخت، پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها، نرم‌کننده و کمک فرایندها، پایدارکننده‌ها و ضدتخریب‌ها، نانوذرات، سایر مواد، آلیاژسازی)

فصل چهارم. فرایندهای آمیزه‌کاری و اختلاط (اهمیت اختلاط و معرفی آن، دستگاه‌های اختلاط، اختلاط پیوسته)

فصل پنجم. روش‌های شکل‌دهی آمیزه لاستیکی (اکستروژن، قالب‌گیری، کلندرینگ)

فصل ششم. آزمون‌های صنعت لاستیک (آزمون‌های آمیزه خام، رنومترها، آزمون‌های پس از پخت، آزمون‌های کیفیت محصول نهایی)

فصل هفتم. محصولات مهم لاستیکی (تایر، تسمه، درزبندها، کاربرد در صنعت خورروسازی، طعانت لاستیکی فلزدار، سایر کاربردهای متداول)

فصل هشتم. بازیافت لاستیک‌ها (مسائل زیست‌محیطی، کاربردهای لاستیک‌های بازیافتی، روش‌های بازیافت و فولکانش لاستیک)

با وجود این مطالب کتاب مهندسی الاستومر می‌تواند، مورد استفاده دانشجویان مهندسی پلیمر و رشته‌های مرتبط اسنادان، پژوهشگران، علاقمندان و فعالان صنعت لاستیک قرار گیرد. ضمن سپاس از انتشار تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی دانشگاه پیام نور که امکان تهیه این کتاب را فراهم نمودند، امید است، نشر آن گامی مفید در اعتلای این دانش و کمکی هرچند اندک به معرفی و رشد این صنعت در کشور عزیزمان باشد.

سمیه محمدیان