

نشر ہسپارنو

اصول کاربردی در فن آوری لاستیک



مترجم:

مهندس ساسان نورانیان



اصول کاربردی
در
فن آوری لاستیک

Applied
Rubber
Technology

نشر اسپار نو

مترجم: مهندس ساسان نورانیان



نشر بسیارنو

تهران، صندوق پستی: ۱۸۹۳۵/۱۴۷ • تلفن و دورنگار: ۵۰۲۶۳۳۶

اصول کاربردی در فن آوری لاستیک • مترجم: ساسان نورانیان

نوبت چاپ و شمارگان: اول، ۱۰۰۰ نسخه • لیتوگرافی: خانه گراور

چاپ: درخشان • قیمت: ۱۰۰۰ تومان

شابک: ۹۶۴-۹۱۷۳۱-۴-۵ ISBN: 964-91731-4-5

نورانیان، ساسان، ۱۳۵۲-

اصول کاربردی در فن آوری لاستیک / نلسون کاستانیو، موریسیو

دی گریف، آلبرتو نارانجو س.؛ ترجمه: ساسان نورانیان

تهران: بسیارنو، ۱۳۸۱.

۱۶۰ ص.؛ مصور، نمودار.

ISBN: 964-91731-4-5 ریال: ۱۰۰۰۰

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

ص.ع. به انگلیسی: N. Castano, M. de Greiff, A. Naranjo C. :
Applied Rubber Technology

کتابخانه ملی ایران

محل نگهداری:

تقدیم به پدر و مادرم



پیشگفتار ناشر

در ادامه سیاست انتشار کتاب های تخصصی در حوزه صنعت پلیمر به منظور افزایش سطح دانش و توانمندی دست اندرکاران این بخش از صنعت، این بار نشر بسپار نو کتاب "اصول کاربردی در فن آوری لاستیک" را منتشر نموده است.

این کتاب با ارائه جدیدترین و کاربردی ترین داده های مربوط به این شاخه از صنعت پلیمر می تواند برای کاربران آن بسیار مفید و مؤثر واقع گردد.

کتابی که پیش رو دارید، ترجمه کتابی است با عنوان اصلی "Applied Rubber Technology" که در سال ۲۰۰۱ توسط انتشارات معتبر Hanser به چاپ رسیده است.

امیدواریم اطلاعات مندرج در این کتاب برای خوانندگان آن ارزشمند و قابل استفاده باشد.

تبسم علیزادمنیر

نشر بسپار نو

پیشگفتار مترجم

دنیای مملو از اطلاعات امروز که با شتابی سرسام آور به سوی افق های پیشرفت و ترقی در حال حرکت است، پیوسته نیازمند معرفی آخرین دستاوردها، اکتشافات و اختراعات به اهل فن و متخصصین می باشد. در بین کلیه صنایع مطرح دنیا که هر یک به نوبه خود سهمی در پیشبرد اهداف بشر امروزی دارند، صنعت لاستیک با تاریخچه دیرینه خود، جایگاهی مهم و کلیدی را کسب کرده است. اهمیت این صنعت بر کسی پوشیده نیست و نگاهی گذرا به انواع محصولات ساخت دست بشر، بر کاربرد روزافزون قطعات لاستیکی در ابعاد و اندازه های متنوع صحنه می گذارد. شاید به جرأت بتوان گفت که امروزه این قطعات در بسیاری از کاربردها جایگزین قطعات فلزی، سرامیکی و یا چوبی شده اند.

در حال حاضر کتاب های مختلفی در ارتباط با صنعت لاستیک به رشته تحریر در آمده اند. با توجه به نیاز متخصصین و دست اندرکاران این صنعت در کشورمان به اطلاعات جامع و کاربردی در زمینه مواد اولیه، فرایندها و استانداردهای رایج در صنعت لاستیک، لزوم انتخاب کتابی مناسب جهت استفاده این عزیزان احساس گردید. کتاب حاضر هم از لحاظ محتوی و هم از لحاظ قطع به معنای واقعی کلمه "کاربردی" بوده و از این حیث می تواند به عنوان کتاب جیبی صنعتگران لاستیک مورد استفاده قرار

گیرد. مطالب در آن به گونه ای ساده همراه با مثال های واقعی ارائه شده اند، تا خواننده به سرعت و سهولت اطلاعات مورد نیاز خود را بازیابی کند. داده های مهم فرایندی و مواد اولیه در جداولی فهرست شده و فرمول های رایج برای کاربردهای مختلف در فصول مربوطه آورده شده اند.

امید است که ترجمه کتاب حاضر گامی در جهت پیشرفت و اعتلای روزافزون صنعت لاستیک کشورمان بوده و مورد استفاده متخصصین قرار گیرد. دریافت پیشنهادات و انتقادات سازنده شما در ارتباط با این کتاب به پر بارتر شدن آن در آینده خواهد انجامید.

ساسان نورانیان

تابستان ۱۳۸۱

۷	پیشگفتار ناشر	۷
۹	پیشگفتار مترجم	۹
۱۳	مقدمه	۱۳
۱۴	طراحی آمیزه	۲
۱۴	اجزای فرمول	۱,۲
۱۶	روند طراحی آمیزه	۲,۲
۱۷	انواع فرمول ها	۳,۲
۲۰	دستگاه های اختلاط و فرایند اختلاط	۴,۲
۲۶	مواد اولیه	۳
۲۶	لاستیک ها	۱,۳
۴۸	پرکننده ها	۲,۳
۵۵	نرم کننده ها، روغن ها و کمک فرایندها	۳,۳
۶۱	عوامل محافظ در برابر پیرشدگی، خستگی و ازن	۴,۳
۶۷	شتاب دهنده های ولکانش	۵,۳
۷۰	مواد آمیزه کاری متفرقه	۶,۳
۷۴	سیستم های ولکانش	۴
۷۶	عوامل ولکانش	۱,۴
۸۰	فعال کننده ها	۲,۴
۸۲	شتاب دهنده ها	۳,۴
۸۴	شرایط ولکانش	۴,۴
۸۷	استانداردهای صنعت لاستیک	۵
۸۷	آزمون های میزان پخت	۱,۵

۲,۵	آزمون سختی	۸۹
۳,۵	تنش کششی	۹۰
۴,۵	آزمون مقاومت پارگی	۹۱
۵,۵	آزمون سایش	۹۲
۶,۵	مانایی فشاری	۹۲
۷,۵	آزمون بازگشت	۹۳
۸,۵	پیرشدگی شتابیده یا مقاومت گرمایی	۹۴
۹,۵	مقاومت در برابر ازن	۹۵
۱۰,۵	تماس با مایعات	۹۶
۱۱,۵	مقاومت خستگی	۹۷

۶ طبقه بندی لاستیک های مورد استفاده در کاربردهای

۹۹ خودرویی

۷ رفع عیب ۱۰۵

۸ مثال ها ۱۱۸

۹ جداول مفید ۱۲۳

۱,۹ چگالی مواد آمیزه های لاستیکی ۱۲۳

۲,۹ فرمول بندی و خواص آمیزه لاستیک های تجاری ... ۱۳۴

۳,۹ علائم و اختصارات ۱۵۱

۱۰ مراجع و منابع مطالعاتی ۱۶۰

۱ مقدمه

صنعت لاستیک یکی از قدیمی ترین صنایع جهان به شمار می آید. سال های متمادی است که محصولات لاستیکی، از انواع تسمه ها و درزبندها گرفته تا شلنگ ها و ضربه گیر موتور، در هر گوشه ای یافت می شود. به منظور طراحی و ساخت چنین محصولاتی، یک کارشناس لاستیک باید مراحل مختلفی را همچون انتخاب مواد و افزودنی ها، انتخاب دستگاه های مناسب آمیزه کاری و سیستم ولکانش طی کرده و از آزمون های مختلف جهت ارزیابی کیفیت نهایی محصول استفاده کند. انتخاب لاستیک پایه حتی برای کسانی که تجربه طولانی در فن آوری لاستیک دارند، وظیفه ای خطیر است. صدها انتخاب مختلف برای آمیزه های لاستیکی و آمیخته ها پیش رو وجود دارد. به علاوه، صدها افزودنی مختلف برای کاربردهای متنوع در دسترس می باشد. از افزودنی ها می توان برای نرم کردن آمیزه های لاستیکی، به منظور سهولت در فرآورش آن ها استفاده کرد. در ضمن افزودنی هایی وجود دارد که از آمیزه و محصول نهایی در برابر پیرشدگی، ازن و خستگی محافظت می کنند. برخی افزودنی های ولکانش نیز فرایند پخت آمیزه را شتاب داده یا کند می نمایند. کتاب حاضر به صورت فشرده به فن آوری لاستیک پرداخته و به عنوان راهنمایی جیبی، مهندسین و شیمیدان ها را در انتخاب مواد و فرایند مناسب برای ساخت آمیزه های مصرفی در کاربردهای مورد نظر خود کمک می کند.

۲ طراحی آمیزه

طراحی آمیزه یکی از مهم ترین جنبه های طراحی یک قطعه لاستیکی است. یک طراح فرمول باید به منظور کارآمد و مؤثر بودن آمیزه کاری لاستیکی، از اطلاعات فنی قابل دسترس در درون و بیرون از محل کار خود نهایت استفاده را ببرد. وی باید از قابلیت تحلیل و خلاقیت بالا برخوردار بوده و منابع کافی در اختیار داشته باشد.

۱,۲ اجزای فرمول

لاستیک ها - مهم ترین جزء آمیزه های لاستیکی به شمار می آیند. این مواد را می توان به صورت خالص، به شکل مستریچ لاستیک - روغن، لاستیک - دوده، لاستیک - روغن - دوده، لاستیک بازیافته و یا لاستیک های گرمانرم مورد استفاده قرار داد. لاستیک ها به گونه ای انتخاب می شوند که محصول نهایی خواص مورد نظر را داشته باشد.

کمک فرایندها - از این مواد به منظور اصلاح آمیزه لاستیکی در حین اختلاط استفاده می شود، تا مراحل مختلف فرایند، مثل عملیات کلندرکاری اکستروژنی یا قالب گیری آسان تر انجام پذیرد.

عوامل ولکانش - به جز لاستیک های گرمانرم، این مواد برای تشکیل اتصالات عرضی در لاستیک به کار می روند.

شتاب دهنده ها - این مواد با افزایش سرعت ولکانش، از زمان ولکانش (زمان پخت) می کاهند. با استفاده از این مواد، در بسیاری از موارد خواص فیزیکی محصولات نیز بهبود می یابد.

فعال کننده های شتاب دهنده - حضور فعال کننده ها در کنار شتاب دهنده ها این امکان را فراهم می سازد تا با افزایش سرعت ولکانش و بهبود خواص محصول نهایی، نهایت استفاده از یک سیستم شتاب دهنده به عمل آید.

عوامل ضد تخریب - مواد ضد اکسایش، ضدازن ها و مواد دیگری برای کاستن از تأثیر فرایندهای مختلف پیرشدگی در محصول نهایی به کار می آیند. این مواد تخریب محصولات لاستیکی را به تعویق می اندازند. تخریب از طریق واکنش هایی انجام می شود که باعث تسریع وادادگی (Failure) لاستیک می گردند، مثل اکسیژن، ازن، نور، گرما، تشعشع و غیره.

پرکننده ها - موادی هستند که برای تقویت یا اصلاح خواص فیزیکی آمیزه، ایجاد برخی ویژگی های فرایندی و یا کاهش قیمت به کار می روند.

نرم کننده ها (Softeners) - این مواد باعث سهولت در اختلاط، افزایش کشسانی یا چسبناکی آمیزه و یا افزایش بخش هیدروکربنی لاستیک می شوند.

سایر مواد - گاه مواد دیگری برای کاربردهای خاص در ساخت آمیزه های لاستیکی به کار می روند، که در حالت عادی به حضور آن ها نیازی نیست. تأخیراندازها، رنگ ها، پف دهنده ها، ساینده ها، عطردهنده ها، عوامل همگن ساز و غیره در این گروه جای دارند.

۲،۲ روند طراحی آمیزه

- اهداف خود را تعیین کنید (خواص، قیمت، غیره).
- لاستیک (ها)، سیستم ولکانش، پرکننده ها و مواد دیگر را انتخاب کنید.
- داده های آزمون آمیزه های موجود را مطالعه نمایید.
- فرمول ها و داده های خواص ارائه شده توسط عرضه - کنندگان مواد را در اطلاعات فنی آن ها بررسی کنید.
- اولین فرمول خود را انتخاب نمایید.
- آمیزه های مختلفی را در آزمایشگاه به منظور دستیابی به اهداف ترسیمی خود تهیه کنید.
- قیمت آمیزه منتخب را تخمین بزنید.
- فرایندپذیری آمیزه را در مقیاس تولید ارزیابی کنید.

- از آمیزه مزبور برای تهیه یک نمونه از محصول نهایی استفاده کنید.
- اطمینان حاصل نمایید که نمونه های آزمایشی محصول با خواص مورد انتظار همخوانی دارند.

۳,۲ انواع فرمول ها

۱,۳,۲ فرمول تئوری

اولین فرمولی که هنگام طراحی یک آمیزه مد نظر قرار می گیرد، فرمول تئوری می باشد. این فرمول بر مبنای ۱۰۰ جزء لاستیک تهیه شده و سایر اجزای آمیزه نیز به صورت نسبی بر اساس ۱۰۰ جزء لاستیک (PHR) بیان می شوند.

۲,۳,۲ فرمول کارخانه ای

فرمول کارخانه ای مبنایی است که بر اساس آن آمیزه ها در کارخانه تهیه شده و بهینه سازی می شوند. این فرمول متناسب با فرمول تئوری بوده و به جای PHR بر حسب کیلوگرم بیان می گردد.

برای محاسبات فرمول کارخانه ای باید موارد زیر را مد نظر داشت:

- حجم محفظه اختلاط
- ظرفیت غلتک
- ضریب پرشدگی (Fill Factor)
- چگالی اجزای مختلف آمیزه

۳,۳,۲ فرمول بیان شده بر حسب درصد وزنی

با استفاده از فرمول کارخانه ای، محاسبه درصد وزنی هریک از اجزای آمیزه نسبتاً آسان می باشد. جدول ۱,۲ مثالی از یک نسخه کارخانه ای را نشان می دهد.

برای یک مخلوط کن درونی پیمانه ای با ظرفیت ۱۶۰ لیتر و ضریب پرشدگی ۰,۷۲، حجم در دسترس (V_a) برابر است با:

$$160 \text{ L} \times (0.72) = 115.2 \text{ L}$$

وزن آمیزه نیز از رابطه زیر به دست می آید:

$$\rho_{\text{compound}} V_a = (1/138 \text{ kg/L})(115.2 \text{ L}) = 131/1 \text{ kg}$$

مقدار هر جزء آمیزه در زیر محاسبه شده است. به عنوان مثال، برای SBR 1502 داریم:

$$\text{SBR 1502 کیلوگرم} = (80 \times 131/1) \div 183 = 57/31$$

برای هر جزء، درصد وزنی به سهولت محاسبه می شود.

به عنوان مثال، برای SBR 1502 داریم:

$$\text{SBR 1502} \% \text{ وزنی} = (57/31 \div 131/1) \times 100 = \% 43/72$$

جدول ۱,۲ فرمول کارخانه ای نمونه

حجم cm^3	چگالی g/cm^3	PHR	جزء
۸۶/۰۲	۰/۹۳	۸۰/۰	SBR 1502
۲۱/۹۸	۰/۹۱	۲۰/۰	BR
۱۲/۷۷	۰/۹۴	۱۲/۰	نرم کننده
۱/۲۸	۱/۱۷	۱/۵	ماده ضد اکسایش
۱/۶۵	۰/۹۱	۱/۵	ضدازن
۳۲/۶۱	۱/۸۴	۶۰/۰	دوده
۲/۱۷	۰/۹۲	۲/۰	اسید استتاریک
۰/۵۴	۵/۶۰	۳/۰	اکسید روی
۰/۹۲	۱/۳۰	۱/۲	سولفونامید
۰/۸۷	۲/۰۷	۱/۸	گوگرد
۱۶۰/۸۱		۱۸۳/۰	جمع کل

$$\rho_{compound} = (\text{حجم آمیزه} / \text{وزن آمیزه}) = ۱۸۳/۰ \div ۱۶۰/۸۱$$

$$= ۱/۱۳۸ \text{ } g/cm^3$$

جدول ۲,۲ درصد وزنی برای فرمول کارخانه ای نمونه

وزن %	نسخه کارخان ه kg	حجم cm^3	چگالی g/cm^3	PHR	جزء
۴۳/۷۲	۵۷/۳۱	۸۶/۰۲	۰/۹۳	۸۰/۰	SBR 1502
۱۰/۹۳	۱۴/۳۳	۲۱/۹۸	۰/۹۱	۲۰/۰	BR
۶/۵۶	۸/۵۹	۱۲/۷۷	۰/۹۴	۱۲/۰	نرم کننده
۰/۸۲	۱/۰۷	۱/۲۸	۱/۱۷	۱/۵	ضد اکسایش
۰/۸۲	۱/۰۷	۱/۶۵	۰/۹۱	۱/۵	ضدازن

ادامه جدول ۲,۲ (درصد وزنی برای فرمول کارخانه ای نمونه)

۳۲/۷۹	۴۲/۹۸	۳۲/۶۱	۱/۸۴	۶۰/۰	دوده
۱/۰۹	۱/۴۳	۲/۱۷	۰/۹۲	۲/۰	اسید استتاریک
۱/۶۴	۲/۱۵	۰/۵۴	۵/۶۰	۳/۰	اکسید روی
۰/۶۶	۰/۸۶	۰/۹۲	۱/۳۰	۱/۲	سولفونامید
۰/۹۸	۱/۲۹	۰/۸۷	۲/۰۷	۱/۸	گوگرد
	۱۳۱/۱	۱۶۰/۸۱		۱۸۳/۰	جمع کل

۴,۲ دستگاه های اختلاط و فرایند اختلاط

۱,۴,۲ دستگاه های اختلاط

معمول ترین دستگاه های آمیزه کاری برای انواع فرمول بندی های لاستیکی عبارتند از غلتک و مخلوط کن های درونی پیمانانه ای مثل مخلوط کن های بنبوری.

غلتک ها (Two Roll Mills)

غلتک یک نوع مخلوط کن بیرونی است، که اجزای اصلی آن را دو استوانه ناهمسوگرد تشکیل می دهد. این استوانه ها آمیزه را به گردش درآورده و آن را می کشند. جدول ۳,۲ مشخصه های رایج غلتک های استاندارد را نشان می دهد.

جدول ۳،۲ مشخصه های رایج برای غلتک های استاندارد

قدرت موتور (اسب بخار)	اندازه پیمانه (kg) (چگالی = ۱/۰)	اندازه غلتک (mm) (قطر × طول)
۷/۵	۱/۰ تا ۰/۵	۱۵۲×۳۳۰
۱۰-۱۵	۲/۰ تا ۱/۰	۲۰۳×۴۰۶
۱۵-۲۰	۴/۰ تا ۲/۰	۲۵۴×۵۰۸
۳۰-۴۰	۸/۵ تا ۴/۵	۳۰۵×۶۱۰
۴۰-۵۰	۱۴ تا ۹	۳۵۵×۷۶۲
۷۰-۷۵	۲۳ تا ۱۴	۴۰۶×۱۰۶۷
۷۵-۱۰۰	۳۲ تا ۲۰	۴۵۷×۱۲۲۰
۱۲۵-۱۵۰	۵۷ تا ۳۴	۵۶۰×۱۵۲۴
۱۵۰-۲۰۰	۹۰ تا ۵۷	۶۱۰×۱۸۲۹
۱۵۰-۲۰۰	۱۱۰ تا ۶۸	۶۶۰×۲۱۳۴
۲۰۰-۲۵۰	۱۳۶ تا ۸۰	۷۱۰×۲۱۳۴

ظرفیت غلتک

ظرفیت غلتک را می توان با معادله زیر به دست آورد:

$$C = \frac{\pi dhl}{(1-B)1000}$$

که در آن d = قطر غلتک بر حسب cm، l = طول بر حسب cm،

h = ضخامت بر حسب cm و B = نسبت لاستیک انباشته روی غلتک

(Bank ratio) می باشد.

مثال

فرض کنید که غلتکی با قطر ۳۶ cm و طول ۷۶ cm داریم. با در نظر گرفتن ضخامت ۰/۵ cm و انباشته ای معادل با ۶۰٪ وزن کل آمیزه ($\rho = 1/13 \text{ g/cm}^3$)، وزن کل از رابطه زیر به دست می آید:

$$W = \rho C = \frac{\rho \pi d h l}{(1 - B) 1000}$$

$$W = \frac{1.13 \times \pi \times 36 \times 76 \times 0.5}{(1 - 0.6) 1000} = 12 \text{ kg}$$

مخلوط کن های درونی پیمانه ای

مخلوط کن های درونی پیمانه ای مثل مخلوط کن بنبوری متشکل از یک حفره درونی با دو محفظه کنار هم می باشند، که در هر محفظه کنگی اختلاط با سرعتی کمی متفاوت با کنگی همسایه خود و در جهت خلاف آن می چرخد. جدول ۴،۲ مشخصه های رایج مخلوط کن های درونی پیمانه ای استاندارد را نشان می دهد.

جدول ۴،۲ مخلوط کن های درونی پیمانه ای استاندارد

ظرفیت (kg) (چگالی = ۱/۰)	ظرفیت (kg) (چگالی = ۱/۰)	ظرفیت (kg) (چگالی = ۱/۰)	ظرفیت (kg) (چگالی = ۱/۰)
قدرت موتور (اسب بخار)	قدرت موتور (اسب بخار)	قدرت موتور (اسب بخار)	قدرت موتور (اسب بخار)
۰/۳۰	۷/۵	۸۰/۰۰	۲۳۵-۹۴۰
۰/۴۱	۷/۵	۹۰/۰۰	۲۲۰-۸۹۵
۱/۰۰	۰-۲۵	۱۰۵/۰۰	۲۸۰-۱۱۱۰
۱/۲۰۰	۸/۵-۲۵	۱۱۲/۰۰	۳۳۵-۱۳۴۰
۱/۵۷	۸/۵-۲۵	۱۲۰/۰۰	۲۰۰-۴۰۰

ادامه جدول ۴,۲ (مخلوط کن های درونی پیمانه ای استاندارد)

۲۵۰-۵۰۰	۱۳۰/۰۰	۱۷	۱/۷۰
۴۵۰-۱۸۱۰	۱۵۸/۰۰	۰-۶۰	۳/۰۰
۲۵۰-۱۶۰۰	۱۶۰/۰۰	۱۵-۳۰	۳/۲۰
۳۰۰-۶۰۰	۱۷۰/۰۰	۳۰	۳/۶۰
۲۵۰-۵۰۰	۱۸۲/۰۰	۱۵-۳۰	۴/۳۲
۵۴۰-۲۱۶۰	۱۸۵/۰۰	۴۴	۷/۲۰
۲۰۰-۴۰۰	۱۸۶/۰۰	۳۵-۱۴۰	۱۰/۰۰
۴۸۰-۱۸۰۰	۱۹۰/۰۰	۵۰-۱۰۰	۱۲/۳۰
۳۰۰-۶۰۰	۲۳۴/۰۰	۵۰-۱۰۰	۱۶/۱۰
۴۰۰-۸۰۰	۲۳۴/۰۰	۸۰-۳۲۰	۲۷/۰۰
۷۲۵-۲۸۹۰	۲۵۵/۰۰	۱۳۰-۳۸۵	۳۰/۰۰
۴۸۰-۲۶۰۰	۲۷۰/۰۰	۷۰-۲۹۰	۴۰/۰۰
۹۰۰-۳۶۰۰	۳۳۰/۰۰	۱۵۰-۳۰۰	۴۸/۰۰
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۳۷۰/۰۰	۸۰-۳۲۰	۵۰/۰۰
۱۵۰۰	۴۲۰/۰۰	۱۸۰-۵۵۶	۶۰/۰۰
۴۸۰-۶۰۰۰	۵۵۰/۰۰	۲۲۰-۶۷۵	۷۰/۰۰
۳۰۰۰	۶۲۰/۰۰	۱۵۰-۳۰۰	۷۰/۵۰
۱۵۴۰-۶۱۵۰	۶۵۰/۰۰	۱۷۵-۷۰۰	۸۰/۰۰

۲,۴,۲ فرایند اختلاط

فرایندهای اختلاط با استفاده از غلتک ها و مخلوط کن های درونی پیمانه ای شامل چندین مرحله زمان بر می باشند. چرخه های رایج اختلاط برای یک غلتک (M) و یک مخلوط کن درونی پیمانه ای

(IM) در جدول ۵,۲ نمایش داده شده است.

جدول ۵,۲ چرخه های اختلاط برای غلتک (M) و مخلوط کن های درونی (IM)

IM	M	
۱۱۰ تا ۱۲۵	70 ± 5	دما (درجه سانتیگراد)
۱۱	۲۴	سرعت اختلاط غلتک کند (rpm)
۱ تا ۱/۲	۱ تا ۱/۴	نسبت سرعت غلتک ها (غلتک تند به کند)

زمان (min.)		
IM	M	
-	۰	فاصله بین غلتک ها را به میزان $1/4$ mm تنظیم کرده و دما را به 70 ± 5 درجه سانتیگراد برسانید.
۰		دهانه تخلیه مواد را بسته و موتور را به کار اندازید. کوبه (Ram) را بالا برده، بعد از هر بار عملیات پایین آورید.
	۲/۰	لاستیک را اضافه کرده و آن را روی غلتک جلویی بکشید. آمیزه را از هر سو سه بار برش دهید.
۰/۵		لاستیک را اضافه کنید.
	۲/۵	فاصله بین غلتک ها را به $1/65$ mm برسانید. استتاریک را افزوده و آمیزه را از هر سو یک بار برش دهید.
۰/۵		شتاب دهنده ها را بیفزایید.
	۲/۰	گوگرد، شتاب دهنده و اکسید روی را اضافه کنید. آمیزه را از هر سو دو بار برش دهید.
۱/۰		اسید استتاریک را بیفزایید.
	۷/۵	تمام دوده را به آمیزه اضافه کنید. فاصله بین غلتک ها را تا $1/9$ mm افزایش داده و به تدریج تمام دوده را اضافه کنید. آمیزه را از هر دو سو چند بار برش دهید.

ادامه جدول ۵,۲ (چرخه های اختلاط برای آسیاب های غلتکی (M) و مخلوط کن های درونی (IM))

۱/۵		اکسید روی و نصف دوده را بیفزایید.
	۲/۰	فاصله بین غلتک ها را به ۰/۸۰ mm رسانده و آمیزه را حدوداً هشت بار از آسیاب عبور دهید.
۱/۵		بقیه دوده را اضافه کنید.
	۱/۰	دهانه غلتک را تا ۶ mm باز کرده و توده لاستیکی را پنج بار از آن عبور دهید. توده را بعد از هر بار عبور بر روی خود بخوابانید.
۱/۰		گوگرد را اضافه کنید.
۱/۰		آمیزه را از مخلوط کن خارج سازید.
۲/۰		فاصله بین غلتک ها را به ۱/۰ mm رسانده و دما را در 70 ± 5 درجه سانتیگراد ثابت نگاه دارید. پیمانته را از انتهای خود هشت بار از میان غلتک ها عبور دهید.
۱/۰		دهانه غلتک را تا ۶ mm باز کرده و توده لاستیکی را پنج بار از آن عبور دهید. توده را بعد از هر بار عبور بر روی خود بخوابانید.
۱۰/۰	۱۷/۰	زمان کل

۳ مواد اولیه

فرمول بندی های معمول برای لاستیک ها حاوی اجزای عدیده ای چون لاستیک ها، پرکننده ها، نرم کننده ها، روغن ها (Softeners)، کمک فرایندها، شتاب دهنده ها و عوامل محافظت در برابر آسیب های ناشی از تماس با ازن و خستگی می باشند. طیف وسیعی از هر کدام از این مواد در دسترس است، که نهایتاً به دامنه وسیعی از محصولات و خواص می انجامد.

۱,۳ لاستیک ها

۱,۱,۳ تعاریف لاستیک های خام مطابق با ISO 1629 و ASTM D 1418

لاستیک های پایه یا خام، در هر دو شکل خشک و شیرابه (Latex) بر مبنای ترکیب شیمیایی زنجیر پلیمرشان طبقه بندی می شوند. طبقه بندی مذکور بر اساس استاندارد بین المللی 1629 به قرار زیر است:

- | | |
|---|---|
| M | لاستیک های حاوی زنجیرهای اشباع از نوع پلی متیلنی |
| N | لاستیک های حاوی نیتروژن (و نه اکسیژن یا فسفر) در زنجیر پلیمری |
| O | لاستیک های حاوی اکسیژن در زنجیر پلیمری |
| Q | لاستیک های حاوی سیلیسیم و اکسیژن در زنجیر پلیمری |

R	لاستیک هایی با زنجیر کربنی غیراشباع
T	لاستیک های حاوی گوگرد در زنجیر اصلی پلیمری
U	لاستیک های حاوی کربن، اکسیژن و نیتروژن در زنجیر پلیمری
Z	لاستیک های حاوی فسفر و نیتروژن در زنجیر پلیمری

هر گروه شامل انواع مختلفی از لاستیک هاست که با قرار دادن حروف الفبای دیگر در کنار حروف فوق شناسایی می شوند؛ به عنوان مثال: FZ، AU، EOT، NBR، VMQ، ECO، ACM.

۱،۲،۳ طبقه بندی لاستیک ها

لاستیک ها را می توان بسته به موارد زیر در گروه های مختلفی جای داد:

- اشباع بودن یا نبودن شیمیایی زنجیر پلیمری
- مقاومت در برابر روغن
- مقاومت در برابر شعله
- قطبی بودن
- کارکرد

۱،۲،۳ اشباع بودن زنجیر پلیمری

لاستیک ها را می توان بسته به میزان اشباع بودن شیمیایی زنجیر پلیمری به سه گروه تقسیم کرد (جدول ۱،۳).

جدول ۱,۳ طبقه بندی لاستیک ها بر مبنای میزان اشباع بودن شیمیایی زنجیر پلیمری

لاستیک ها			
با زنجیر اصلی شدیداً غیراشباع		با زنجیر اصلی کمی غیراشباع	با زنجیر اصلی اشباع
مقاومت ضعیف در برابر ازن	مقاومت متوسط در برابر ازن	مقاومت خوب / بسیار خوب در برابر ازن	مقاومت عالی در برابر ازن
BR, IR, NBR, NR, SBR	CR	IIIR, HNBR	ACM, AEM, CSM, EPDM, EPM, FPM, FFKM, VMQ, FMQ, ECO, AU*/EU*

* مستعد آبکافت (Hydrolysis) (تخریب در تماس با آب یا رطوبت زیاد)

۲,۲,۱,۳ مقاومت در برابر روغن

لاستیک های مقاوم در برابر روغن های معدنی حاوی گروه های قطبی در زنجیر پلیمری خود می باشند. این گروه ها مقاومت لازم را در برابر تورم ایجاد می کنند.

لاستیک های غیرمقاوم در برابر روغن حاوی زنجیرهای هیدروکربنی بوده و گروه های قطبی ندارند.

رایج ترین انواع لاستیک ها بر اساس میزان مقاومتشان در برابر روغن و ازن در جدول ۲,۳ دسته بندی شده اند.

جدول ۲,۳ طبقه بندی لاستیک ها بر اساس میزان مقاومتشان در برابر روغن و ازن

لاستیک ها			
غیرمقاوم در برابر روغن / ازن			
عالی	ضعیف	خوب / بسیار خوب	عالی
ACM, AEM, CSM, FPM, FFKM, VMQ, FMQ, ECO, AU*/EU*	BR, IR, NR, SBR	IIR	EPM, EPDM
مقاوم در برابر روغن / ازن			
ضعیف	متوسط	خوب / بسیار خوب	
NBR	CR	HNBR	

* مستعد آبکافت (Hydrolysis) (تخریب در تماس با آب یا رطوبت زیاد)

۳,۱,۳ انواع لاستیک های خام

۱,۳,۱,۳ لاستیک طبیعی (NR)

نام شیمیایی لاستیک طبیعی "پلی ایزوپرن" است، که هموپلیمری از ایزوپرن می باشد. پیکربندی زنجیر این پلیمر از نوع سیس - ۴,۱ بوده و حاوی مقادیر اندکی از مواد غیرلاستیکی، عمدتاً اسیدهای چرب، پروتئین ها و سایر مواد رزینی می باشد، که به صورت شتاب دهنده و فعال کننده خفیف برای ولکانش لاستیک عمل می کنند.

مواد خام ضروری برای تولید NR از نوعی گونه درختی با نام "*Hevea Brasiliensis*" استخراج می شوند. این لاستیک در انواع و

گونه های مختلفی چون ورق های دودخورده، ورق های خشک شده در مجاورت هوا و کرپ (Pale crepes) در دسترس است.

لاستیک طبیعی دارای گونه های شیرابه ای (Latex) با عناوین SMR L و SMR WF، مواد ورقی شکل SMR 5 و انواع متنوع دیگری چون SMR 10، SMR 20 و SMR 50، انواع شیرابه ها با گرانروی پایدار مثل CV و LV و انواع لاستیک های کاربرد عمومی با گرانروی پایدار مثل SMR GP، که آمیخته ای از ۶۰ قسمت شیرابه فراورش شده در کارخانه و ۴۰ قسمت ماده انعقادی استخراج شده از درخت است، می باشد.

۲،۳،۱،۳ لاستیک پلی ایزوپرن مصنوعی (IR)

IR لاستیک سیس - ۴،۱ - پلی ایزوپرن که به صورت مصنوعی سنتز می شود. در نتیجه، این لاستیک حاوی مواد غیرلاستیکی موجود در NR نمی باشد.

دو گونه اصلی از پلی ایزوپرن مصنوعی در دسترس است، که تفاوت آن ها در نوع سیستم کاتالیزور پلیمریزاسیون می باشد. به دو گونه مزبور اصطلاحاً "High cis" و "Low cis" اطلاق می شود. انواع "High cis" شامل حدوداً ۹۷-۹۶٪ سیس - ۴،۱ - پلی ایزوپرن می باشند.

۳،۳،۱،۳ لاستیک استایرن - بوتادین (SBR)

انواع لاستیک های استایرن - بوتادین معمولاً بر اساس موارد مندرج در جدول ۳،۳ طبقه بندی می شوند. هر چقدر میزان سیس - ۴،۱ جزء بوتادین بیشتر باشد، دمای انتقال شیشه ای (T_g) آن کم تر خواهد بود. دمای انتقال شیشه ای گونه های SBR حاوی سیس - ۴،۱ - بوتادین خالص حدود 100°C - است. گونه های تجاری با حدود ۹۸٪ سیس - ۴،۱ - دمای انتقال شیشه ای حدود 90°C - دارند.

جدول ۳،۳ سیستم شماره گذاری لاستیک ها و شیرابه های استایرن - بوتادین

SBR امولسیون	
- لاستیک های بدون رنگدانه گرم	۱۰۰۰-۱۰۹۹
- لاستیک های بدون رنگدانه سرد	۱۵۰۰-۱۵۹۹
- مستریج دوده سرد، حاوی کمتر از ۱۴ phr روغن	۱۶۰۰-۱۶۹۹
- مستریج روغن سرد	۱۷۰۰-۱۷۹۹
- مستریج روغن - دوده سرد	۱۸۰۰-۱۸۹۹
- مستریج روغن - دوده سرد	۱۹۰۰-۱۹۹۹
- محتوی بیش از ۱۴ phr روغن	۲۰۰۰-۲۰۹۹
- مستریج رزین استایرن - بوتادین	۲۱۰۰-۲۱۹۹
- شیرابه (Latex) گرم	
- شیرابه سرد	
پلیمرها و کوپلیمرهای حلالی، BR و SBR	
- پلیمر خشک	۱۲۰۰-۱۲۴۹
- پلیمر حاوی روغن (Oil-extended)	۱۲۵۰-۱۲۹۹
- مستریج دوده	۱۳۰۰-۱۳۴۹

ادامه جدول ۳,۳ (سیستم شماره گذاری لاستیک ها و شیرابه های استایرن - بوتادین)

مستریج دوده - روغن	-	۱۳۵۰-۱۳۹۹
شیرابه (Latex)	-	۱۴۰۰-۱۴۴۹
متفرقه	-	۱۴۵۰-۱۴۹۹

۳,۱,۳,۴ لاستیک اکریلونیتریل - بوتادین (NBR)

انواع لاستیک های اکریلونیتریل - بوتادین (NBR)، یا اختصاراً لاستیک های نیتریل، کوپلیمرهایی از بوتادین و اکریلونیتریل بوده و بسته به میزان اکریلونیتریل (ACN) موجود در ساختارشان، به پنج گونه مختلف به قرار زیر تقسیم می شوند:

- نیتریل بسیار کم: معمولاً ۲۰-۱۸٪ ACN
- نیتریل کم: معمولاً ۲۹-۲۶٪ ACN
- نیتریل متوسط: معمولاً ۳۵-۳۳٪ ACN
- نیتریل زیاد: معمولاً ۴۰-۳۸٪ ACN
- نیتریل بسیار زیاد: معمولاً ۴۸-۴۵٪ ACN

دمای انتقال شیشه ای پلی اکریلونیتریل ($90^{\circ}\text{C} +$) و پلی بوتادین ($90^{\circ}\text{C} -$) تفاوت فاحشی دارند؛ بنابراین، با افزایش میزان اکریلونیتریل در پلیمر، دمای انتقال شیشه ای و دمای شکنندگی NBR افزایش می یابد.

نسبت اکریلونیتریل مهمترین متغیر در تولید لاستیک های اکریلونیتریل - بوتادین می باشد.

جدول ۴,۳ خواص متعددی از لاستیک را که شدیداً به نسبت اکریلونیتریل بستگی دارد، خلاصه وار فهرست کرده و به صورت کیفی جهت تغییرات خواص مزبور را نشان می دهد.

جدول ۴,۳ توصیفی کیفی از اثر نسبت اکریلونیتریل / بوتادین بر خواص لاستیک های اکریلونیتریل - بوتادین (NBR)

لاستیک نیتریل با اکریلونیتریل کم	لاستیک نیتریل با اکریلونیتریل زیاد
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____	_____ →
_____ ←	_____
_____ ←	_____
_____ ←	_____
_____ ←	_____

۵,۳,۱,۳ لاستیک های اتیلن - پروپیلن (EPDM و EPM)

دو نوع لاستیک اتیلن - پروپیلن در دسترس می باشد:

- EPM: کوپلیمرهای کاملاً اشباع اتیلن و پروپیلن
- EPDM: تریپلیمر اتیلن، پروپیلن و درصد کمی از یک

دی ان (Diene) غیر مزدوج که باعث ایجاد زنجیرهای جانبی غیر اشباع می شود.

سه دی ان پایه به عنوان مونومر سوم در تولید EPDM به کار می روند:

- ۴،۱ - هگزادی ان (1,4 HD)
- دی سیکلوپنتادی ان (DCPD)
- ۵ - اتیلیدن نوربورنن (ENB)

برای ولکانش لاستیک های EPM که کاملاً اشباع هستند، به پراکسیدهای آلی یا تشعشع نیاز است. EPDM را می توان با استفاده از انواع پراکسیدها، تشعشع یا گوگرد ولکانیده کرد.

۴،۱،۳ خواص و کاربردهای انواع لاستیک ها

در این قسمت به طور خلاصه خواص و کاربردهای چند نوع لاستیک آورده شده است. جداول صفحات بعد به ارائه هایی چون دمای انتقال شیشه ای، استحکام کششی، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر ازن، مقاومت پارگی و مقاومت در برابر روغن پرداخته و تناسب انواع مختلف لاستیک ها را برای کاربردهای گوناگون بیان می دارند.

جدول ۵,۳ (الف) مقایسه خواص انواع لاستیک ها

مقاومت سایشی	مقاومت رشد ترک	استحکام کششی	$T_R^{(2)}$ (°C)	$T_g^{(1)}$ (°C)	نام لاستیک	علامت اختصاری
M	M	M	-۱۰ تا -۲۰	-۲۲ تا -۴۰	لاستیک پلی اکریلات	ACM
H	H	H	-۲۲	-۳۵	لاستیک پلی استر یورتان	AU
M	M H	M	-۳۸	-۶۶	لاستیک بوتیل برمه	BIIR
V H	L M	M	-۷۲	-۱۱۲	لاستیک سیس - ۴،۱ - پلی بوتادین	BR
M	M H	M	-۳۸	-۶۶	لاستیک بوتیل کلره	CIIR
M	M	M H	-۱۲	-۲۵	پلی اتیلن کلره	CM
M	M	M	-۱۰	-۲۶	پلی ایپی کلروهیدرین	CO
M H	H	H	-۲۵	-۴۵	پلی کلروپرن	CR
M	M H	M H	-۱۰	-۲۵	پلی اتیلن سولفونه	CSM
M	M	M	-۲۰	-۴۰	لاستیک اتیلن - اکریلات	EAM
M	M	M	-۲۵	-۴۵	ایپی کلروهیدرین اتیلن اکسید	ECO

مقاومت سایشی	مقاومت رشد ترک	استحکام کششی	$T_R^{(2)}$ (°C)	$T_g^{(1)}$ (°C)	نام پلیمر	فلامن اختصاری
M	M	M	-۳۵	-۵۵	ترپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با گوگرد	EPDM , S
L	L	L M	-۳۵	-۵۵	کوپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با پراکسید	EP(D) M, P
H	H	H	-۳۵	-۵۵	لاستیک پلی اتر یورتان	EU
M	M	M H	-۱۸	-۳۰	کوپلیمر اتیلن - وینیل استات	EVM
M	M	M H	-۱۰ تا -۳۵	-۱۸ تا -۵۰	لاستیک فلوئوردار	FKM
L	L	L	-۴۵	-۷۰	لاستیک فلوئوروسیلیکون	FVQM
H	M	M H	-۱۸	-۳۰	لاستیک نتریل هیدروژنه	H- NBR
M	M H	M	-۳۸	-۶۶	لاستیک بوتیل	IIR
L	L	L	-۸۵	-۱۲۰	دی متیل پلی سیلوکسان حاوی وینیل	MVQ

مقاومت سایشی	مقاومت رشد ترک	استحکام کششی	$T_R^{(2)}$ (°C)	$T_g^{(1)}$ (°C)	نام لاستیک	علامت اختصاری
H	M	M H	-۲۸	-۴۵	لاستیک نیتریل	NBR L ACN
H	M	M H	-۲۰	-۳۴	با مقدار ACN	M ACN
H	M	M H	-۱۰	-۲۰	مختلف	H ACN
M H	V H	V H	-۴۵	-۷۲	لاستیک طبیعی (و پلی ایزوپرن مصنوعی)	NR (IR)
L	L	L	-۳۰	-۵۰	پلی اتیلن گلیکول	OT
L	L	M	-۴۲	-۶۶	پلی فلئورو فسفازن	PNF
M	M	M		+۲۵	پلی نوربورن	PNR
H	H	H	-۲۸	-۵۰	لاستیک استایرن - بوتادین	SBR
V H	M	H	-۱۸	-۳۰	لاستیک نیتریل حاوی گروه های کربوکسی	X-NBR

(1) دمای انتقال شیشه ای

(2) اعداد تقریبی برای دماهای کم

L = کم ؛ M = متوسط ؛ H = زیاد ؛ VH = خیلی زیاد

جدول ۵,۳ (ب) مقایسه خواص لاستیک ها

مقاومت گرمایی بعد از ۵ ساعت	مانایی فشاری در 120°C (%)	مانایی فشاری در دمای اتاق (%)	مانایی فشاری در 20°C (%)	مقاومت در برابر ازن	نام لاستیک	علامت اختصاری
۲۴۰	۱۰	۵	۲۵	H	لاستیک پلی اکریلات	ACM
۱۷۰	۷۰	۷	۲۵	H	لاستیک پلی استر یورتان	AU
۲۰۰	۶۰	۱۰	۱۲	M	لاستیک بوتیل برمه	BIIR
۱۷۰				L	لاستیک سیس - ۴،۱ - پلی بوتادین	BR
۲۰۰	۶۰	۱۰	۱۲	M	لاستیک بوتیل کلره	CIIR
۱۸۰				H	پلی اتیلن کلره	CM
۲۴۰	۲۰			H	پلی اپی کلروهیدرین	CO
۱۸۰	۳۰	۱۰	۵۰	M	پلی کلروپرن	CR
۲۰۰				H	پلی اتیلن سولفونه	CSM
۲۴۰				H	لاستیک اتیلن - اکریلات	EAM
۲۲۰	۲۰			H	پی کلروهیدرین اتیلن اکسید	ECO

مقاومت گرمایی بعد از ۵ ساعت	مانایی فشاری در ۱۲۰°C (%)	مانایی فشاری در دمای اتاق (%)	مانایی فشاری در ۲۰°C (%)	مقاومت در برابر ازن	نام لاستیک	علامت اختصاری
۲۰۰	۵۰	۸	۲۰	H	ترپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با گوگرد	EPDM, S
۲۲۰	۱۰	۴۰	۲۰	H	کوپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با پراکسید	EP(D)M, P
۱۷۰	۷۰	۷	۲۵	H	لاستیک پلی اتر یورتان	EU
۲۰۰	۴	۴۰	۹۵	H	کوپلیمر اتیلن - وینیل استات	EVM
۳۰۰	۲۰	۱۸	۵۰	VH	لاستیک فلونوردار	FKM
۳۰۰	۳۰			VH	لاستیک فلونوروسیلیکون	FVQM
۲۳۰	۳۰			H	لاستیک نیتریل هیدروژنه	H-NBR
۲۰۰	۶۰	۱۰	۱۲	M	لاستیک بیوتیل	IIR
۳۰۰	۳	۲	۱۰	VH	دی متیل پلی سیلوکسان حاوی وینیل	MVQ

مقاومت گرمایی بعد از ۵ ساعت	مانایی فشاری در ۱۲۰°C (%)	مانایی فشاری در دمای اتاق (%)	مانایی فشاری در ۲۰°C (%)	مقاومت در برابر وزن	نام لاستیک	علامت اختصاری
۱۷۰	۴۵	۸	۴۰	L	لاستیک نیتریل	NBR
۱۸۰	۵۰	۸	۳۵	L	با مقدار ACN	L ACN
۱۹۰	۵۵	۸	۳۵	L	مختلف	M ACN H ACN
۱۵۰	۷۰	۸	۱۵	L	لاستیک طبیعی (و پلی ایزوپرن مصنوعی)	NR (IR)
۱۷۰				H	پلی اتیلن گلیکول	OT
	۳۰			H	پلی فلئورو فسفازن	PNF
				M	پلی نوربورن	PNR
۱۹۵				L	لاستیک استایرن - بوتادین	SBR
۱۷۰	۶۰			L	لاستیک نیتریل حاوی گروه های کربوکسی	X-NBR

جدول ۵,۳ (ج) مقایسه خواص لاستیک ها

تورم بعد از ۷۰h در دمای اتاق %	تورم بعد از ۷۰h در روغن ASTM %	دمای کاری (°C)	مقاومت گرمایی بعد از ۱۰۰۰h (°C)	مقاومت گرمایی بعد از ۷۰h (°C)	نام لاستیک	علامت اختصاری
۶۵	۲۵ ۱۰۰°C	۱۷۰	۱۵۰	۱۸۰	لاستیک پلی اکریلات	ACM
	۴۰ ۱۰۰°C	۷۵	۷۰	۱۰۰	لاستیک پلی استر یورتان	AU
	۱۴۰ ۷۰°C	۱۵۰	۱۳۰	۱۶۰	لاستیک بوتیل برمه	BIIR
	۱۴۰ ۷۰°C	۹۰	۷۵	۱۰۰	لاستیک سیس - ۴،۱ - پلی بوتادین	BR
	۱۴۰ ۷۰°C	۱۵۰	۱۳۰	۱۶۰	لاستیک بوتیل کلره	CIIR
۷۵	۸۰ ۱۵۰°C	۱۵۰	۱۴۰	۱۶۰	پلی اتیلن کلره	CM
۱۰	۵ ۱۵۰°C	۱۵۰	۱۴۰	۱۷۰	پلی اپی کلروهیدرین	CO
	۸۰ ۱۰۰°C	۱۲۵	۱۰۰	۱۳۰	پلی کلروپرن	CR
	۸۰ ۱۵۰°C	۱۵۰	۱۳۰	۱۴۰	پلی اتیلن سولفونه	CSM
	۵۰ ۱۵۰°C	۱۷۵			لاستیک اتیلن - اکریلات	EAM

علامت اختصاری	نام لاستیک	مقاومت گرمایی بعد از ۷۰h (°C)	مقاومت گرمایی بعد از ۱۰۰h (°C)	دمای کاری (°C)	تورم بعد از ۷۰h در روشن ASTM %	تورم بعد از ۷۰h در دمای اتاق %
ECO	ایپ کلروهیدرین اتیلن اکسید	۱۵۰	۱۴۰	۱۳۵	۱۰ ۱۵۰°C	۳۰
EPDM, S	ترپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با گوگرد	۱۷۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۴۰ ۷۰°C	
EP(D)M , P	کوپلیمر اتیلن - پروپیلن، شبکه ای شده با پراکسید	۱۸۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۴۰ ۷۰°C	
EU	لاستیک پلی اتر یورتان	۱۰۰	۷۰	۷۵	۴۰ ۱۰۰°C	
EVM	کوپلیمر اتیلن - وینیل استات	۱۶۰	۱۴۰	۱۶۰	۸۰ ۱۵۰°C	
FKM	لاستیک فلوئوردار	۲۸۰	۲۲۰	۲۵۰	۲ ۱۵۰°C	۵
FVQM	لاستیک فلوئوروسیلیکون	۲۲۰	۲۰۰	۲۱۵	۲ ۱۵۰°C	۲۰
H-NBR	لاستیک نیتریل هیدروژنه	۱۸۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۵ ۱۵۰°C	۶۵
IIR	لاستیک بوتیل	۱۶۰	۱۳۰	۱۵۰	۱۴۰ ۷۰°C	

علامت اختصاری	نام لاستیک	مقاومت گرمایی بعد از ۷۰h (°C)	مقاومت گرمایی بعد از ۱۰۰۰h (°C)	دمای کاری (°C)	تورم بعد از ۷۰h در روغن ASTM %	تورم بعد از ۷۰h در دمای اتاق %
MVQ	دی متیل پلی سیلوکسان حاوی وینیل	۲۷۵	۱۸۰	۲۲۵	۵۰ ۱۵۰°C	
NBR	لاستیک نیتریل با مقدار ACN مختلف	۱۴۰	۱۱۰	۱۲۵	۲۵ ۱۰ ۵ ۱۰۰°C	۴۵ ۳۵ ۲۵
NR (IR)	لاستیک طبیعی (و پلی ایزوپرن مصنوعی)	۱۲۰	۹۰	۱۰۰	۱۴۰ ۷۰°C	
OT	پلی اتیلن گلیکول	۱۲۰	۶۰	۱۰۰	۱۰ ۷۰°C	
PNF	پلی فلونورو فسفازن			۱۷۵	۱۰ ۱۵۰°C	۱۵
PNR	پلی نوربورن			۱۰۰	۱۴۰ ۷۰°C	
SBR	لاستیک استایرن - بوتادین	۱۳۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۴۰ ۷۰°C	
X-NBR	لاستیک نیتریل حاوی گروه های کربوکسی	۱۴۰	۱۱۰	۱۲۰	۵ ۱۰۰°C	۲۰

جدول ۶,۳ مقایسه خواص محصولات و لکانیده NR و لاستیک های مصنوعی

نوع لاستیک														شماره	
AU	PVMO	EAM	EPDM	(X)IR	FKM	CSM	ECO	CR	ACM	NBR	BR	SBR	IR		NR
۱	۶	۵	۵	۴	۵	۵	۴	۳	۶	۵	۶	۵	۲	۱	استحکام کششی، صمغ
۱	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۴	۲	۲	۱	استحکام کششی، با پرکننده های تقویتی
۲	۴	۳	۳	۲	۳	۳	۳	۲	۴	۲	۳	۲	۱	۱	افزایش طول نهایی
۱	۵	۲	۳	۴	۴	۳	۳	۳	۴	۲	۱	۳	۴	۴	مقاومت سایشی با پرکننده های تقویتی
۱	۵	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۲	۳	۳	۵	۳	۲	۲	مقاومت پارگی
۳	۳	۳	۳	۶	۵	۴	۳	۳	۴	۳	۱	۳	۲	۲	بازگشت
۴	۱	۴	۲	۲	۵	۵	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۲	۲	انعطاف پذیری در دمای کم
۵	۱	۲	۲	۳	۱	۳	۲	۳	۲	۳	۴	۴	۵	۵	مقاومت گرمایی
۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۲	۳	۴	۴	مقاومت اکسایشی
۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۴	۴	مقاومت در برابر UV
۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۴	مقاومت جوی و ازن
۱	۱	۴	۴	۶	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۶	۵	۶	۶	مقاومت در برابر روغن
۱	۶	۵	۵	۶	۱	۲	۱	۳	۳	۲	۶	۶	۶	۶	مقاومت در برابر سوخت
۶	۵	۳	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۵	۴	۳	۳	۳	۳	مقاومت در برابر اسید
۶	۵	۳	۱	۲	۴	۲	۲	۲	۵	۴	۳	۳	۳	۳	مقاومت در برابر قلیا
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۳	۲	۲	۶	۶	۶	۶	۶	مقاومت در برابر شعله
۴	۱	۳	۲	۲	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۲	۲	۱	۱	مقاومت الکتریکی
۱	۶	۲	۴	۱	۳	۳	۱	۳	۳	۲	۴	۴	۵	۵	عبوردهی گاز
۵	۳	۶	۴	۵	۶	۶	۵	۵	۵	۳	۳	۳	۳	۳	مانایی فشاری -۴۰°C
۳	۲	۵	۳	۴	۴	۵	۲	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۲	$+۲۰^{\circ}\text{C}$
۵	۱	۱	۲	۲	۳	۶	۲	۴	۵	۳	۵	۵	۶	۶	$+۱۰۰^{\circ}\text{C}$

۱ = عالی؛ ۶ = ناکافی

جدول ۲,۳ کاربردهای عمده انواع مختلف لاستیک ها

نوع لاستیک									کاربرد
CSM	ECO	CR	ACM	NBR	BR	SBR	IR	NR	
									تایر خودروی سواری
					+	+			آج (Tread)
		x			+	+		+	منجید (Carcass)
									تایر باری
					+	x	+	+	آج
							+	+	منجید
									تسمه
		+		x		+			تسمه های نقاله
		+				+		+	تسمه های V شکل
	x	+		+	+	+	+	+	اجزای سیستم تعلیق
									شلنگ
	+	+		+					شلنگ سوخت
		x		+					شلنگ دستگاه شیردوشی
		+		+					شلنگ گرمایش و سرمایش
	+	+	x	+					شلنگ مقاوم در برابر روغن و گریس
+		+				+			شلنگ مقاوم شیمیایی
		+	+		+	+			سایر انواع شلنگ ها
									درزبند
		+				+			انواع پروفیل
			+	+					درزبند محور
x	+		+	x					درزبندهای مقاوم گرمایی
x	+	x	+	+					درزبندهای مقاوم در برابر روغن
						+			سایر انواع درزبندها
+		+		+		+	+	+	محصولات غذایی و دارویی

نوع لاستیک									کاربرد
CM	SBS	TM	AU	Q	EAM	EPDM	(X)HR	FKM	
								+	شلنگ سوخت
						×			شلنگ دستگاه شیردوشی
						+	×		شلنگ گرمایش و سرمایش
							×		شلنگ مقاوم در برابر روغن و گریس
×					×	+	+		شلنگ مقاوم شیمیایی
						+	+		سایر انواع شلنگ ها
دorzبند									
	×			+		+	+		انواع پروفیل
				+				+	دorzبند محور
+				+	+			+	دorzبندهای مقاوم گرمایی
×		+	+	×	×			+	دorzبندهای مقاوم در برابر روغن
									سایر انواع دorzبندها
	+		+	+	+	+	+		محصولات غذایی و دارویی
				+		+	+		غذاهای چرب
	+								پستانک
									سایر محصولات
									محصولات لاستیکی بهداشتی
			+	×	+	+	+		منسوجات پوشش داده شده با لاستیک
									دستکش ها
+				+	×	+	+		کابل ها
	+		+						کفش و کفی آن
									محصولات شیرابه ای (Latex)

+ = کاربرد اصلی ؛ × = کاربرد موردی

۲,۳ پرکننده ها

تاکنون سیستمی برای طبقه بندی پرکننده ها ارائه نشده است که مورد قبول عام باشد. این مواد به دو دسته دوده و پرکننده هایی با رنگ روشن تقسیم بندی می شوند. ملاک دسته بندی معمولاً میزان فعالیت پرکننده ها و اثرات متقابل آن ها در تولید می باشد.

بر این اساس، پرکننده ها را به انواع غیرفعال، نیمه فعال و فعال تقسیم می کنند؛ هرچند تفاوت بین این گروه ها از تعریف چندان دقیقی برخوردار نیست. تعریف فوق اشاره به تأثیر پرکننده بر گرانبوی و خواص مکانیکی آمیزه دارد.

به طور کلی، طبقه بندی یک پرکننده بر مبنای سطح BET تنها یک بیان نظری به شمار می آید. اثر پرکننده در یک کاربرد ویژه در عمل توسط آزمودن فرمول های مناسب آمیزه تعیین می گردد.

برخی منابع طبقه بندی زیر را برای انواع پرکننده ها پیشنهاد می نمایند:

- غیرفعال (خشی) $BET < 10 \text{ m}^2 / g$
- نیمه فعال $10 < BET < 60 \text{ m}^2 / g$
- فعال $BET > 60 \text{ m}^2 / g$
- بسیار فعال $BET > 100 \text{ m}^2 / g$

دوده ۱،۲،۳

جدول ۸،۳ علائم اختصاری پایه برای انواع دوده

علامت اختصاری	دوده
C	کانالی (Channel)
F	کوره ای (Furnace)
T	گرمایی (Thermal)

در کنار این حروف، حروف دیگری نیز به نام اختصاری دوده اضافه می شود، که بیانگر خاصیتی ویژه در آن می باشد. این موارد در جدول ۹،۳ آورده شده است.

در نام گذاری انواع جدیدتر دوده ها با سیستم کدبندی حرفی مشکلاتی وجود دارد. به همین منظور سیستم های طبقه بندی دیگری نیز ارائه شده اند. از بین این سیستم ها، تنها سیستم طبقه بندی مبتنی بر استاندارد ASTM D 1765 کاربرد عمومی تری یافته است.

در استاندارد ASTM D 1765 از یک کد چهارحرفی برای شناسایی انواع دوده ها استفاده می شود. این کد از یک حرف و سه رقم تشکیل می شود. حرف N بیانگر آن است که سرعت ولکانش آمیزه حاوی این نوع دوده "عادی" می باشد. این رفتار بیشتر در دوده های کوره ای مشاهده می شود. حرف S نیز اشاره به کندتر بودن سرعت ولکانش نسبت به حالت عادی دارد.

جدول ۹,۳ علانم اختصاری انواع دوده برحسب خاصیت آن ها

نام کامل	نوع	دوده
Hard processing channel	HPC	کانالی
Medium processing channel	MPC	
Easy processing channel	EPC	
Easy processing channel - Anthracene	EPC-A	کانالی آنتراسن
Fast extrusion furnace	FEF	کوره ای
High abrasion furnace	HAF	
Intermediate super abrasion furnace	ISAF	
Super abrasion furnace	SAF	
General-purpose furnace	GPF	
Semi-reinforcing furnace	SRF	
High-modulus furnace	HMF	
Fine furnace	FF	
Medium thermal	MT	گرمایی
Fine thermal	FT	
Acetylene	Ac	استیلن
Lamp	La	لامپی

توجه: انواع جدیدتر برخی از دوده ها نیاز به معرفی بیشتر دارد، که از آن جمله می توان به HAF-LS (High abrasion furnace - Low structure) و ISAF-LS اشاره کرد. LS = کم ساخت یافته

جدول ۱۰,۳ طبقه بندی انواع دوده بر مبنای استاندارد ASTM D 1765 (خواص متداول)

نام گذاری طبق استاندارد	نام گذاری قبلی	اندازه تقریبی ذرات	CTABD 3765 (مترمربع بر گرم)	جذب نیتروژن (مترمربع بر گرم)
N110	SAF (Super abrasion furnace)	۲۲	۱۲۶	۱۴۳
N121	----	----	۱۲۱	۱۳۲
S212	HPC (Hard processing channel)	----	۱۱۹	۱۱۷
N220	ISAF (Intermediate super abrasion furnace)	۲۸	۱۱۱	۱۱۹
N231	ISAF-LM (Intermediate super abrasion)	۲۸	۱۰۸	۱۱۷
N234	----	۲۸	۱۱۹	۱۲۶
N242	ISAF-HS (Intermediate super abrasion furnace - HS)	۲۸	۱۱۱	۱۲۵
N293	CF (Conductive furnace)	----	۱۱۴	۱۳۰
N299	----	----	۱۰۴	۱۰۸
S315	HAF-LS-SC (High abrasion furnace - low structure - slow curing)	۳۲	۹۵	۸۸
N326	HAF-LS	۳۲	۸۳	۸۴
N330	HAF	۳۲	۸۳	۸۳
N332	----	۳۲	----	----
N339	----	----	۹۵	۹۶
N347	HAF-HS	۳۲	۸۸	۹۰
N351	----	----	۷۴	۷۳
N358	SPF (Super processing furnace)	۳۲	۸۸	۸۷
N375	----	----	۹۸	۱۰۰
N472	XCF (Extra conductive furnace)	----	۱۴۵	۲۷۰
N539	FEF-LS (Fast extrusion furnace - low structure)	۴۷	۴۱	۴۱

ادامه جدول ۱۰,۳ (طبقه بندی انواع دوده بر مبنای استاندارد ASTM D 1765 (خواص متداول))

نام گذاری طبق استاندارد	نام گذاری قبلی	اندازه تقریبی ذرات	CTABD 3765 (مترمویع بر گرم)	جذب نیتروژن (مترمویع بر گرم)
N550	FEF (Fast extrusion furnace)	۴۷	۴۲	۴۲
N630	-----	-----	۳۸	۳۸
N642	-----	-----	۳۷	۳۷
N650	-----	-----	۳۸	۳۸
N660	GPF (General purpose furnace)	۷۰	۳۵	۳۵
N683	APF (All purpose furnace)	۷۰	۳۹	۳۷
N754	-----	-----	۲۹	-----
N762	SRF-LM-NS (Semi-reinforcing furnace - low structure - non-staining)	۸۳	۲۹	۲۸
N765	-----	-----	۳۳	۳۱
N774	SRF-HM-NS (Semi-reinforcing furnace - high structure - non-staining)	۸۳	۲۹	۲۹
N787	-----	-----	۳۲	۳۰
N907	MT-NS (Medium thermal - non-staining)	۳۰۰	-----	۱۱
N908	-----	-----	-----	-----
N990	MT (Medium thermal)	۳۰۰	۹	۹
N991	-----	-----	۸	۷

خلاصه ای از تأثیرات ساختار و اندازه ذرات دوده بر خواص فرایندی و ولکانش لاستیک در جدول ۱۱,۳ فهرست شده است.

جدول ۱۱,۳ تأثیرات مساحت سطح و ساختار بر خواص کلونیدی و عملکرد دوده در لاستیک

با افزایش ساخت یافتگی دوده یا جذب DBP	با افزایش مساحت سطح دوده	(۱) خواص کلونیدی
اثری ندارد	کاهش می یابد	اندازه ذرات
افزایش می یابد	کاهش می یابد	اندازه انبوهه ها (Aggregates)
اثری ندارد	افزایش می یابد	عدد یدی (Iodine number)
کاهش می یابد	محسوس نیست	افزایش طول
افزایش می یابد	افزایش می یابد	سختی
محسوس نیست	کاهش می یابد	جهندگی ضربه ای
افزایش می یابد	افزایش می یابد	مقاومت سایشی
		(۲) خواص لاستیک
		الف) فرایند
کاهش می یابد	کاهش می یابد	ظرفیت افزودن دوده
افزایش می یابد	افزایش می یابد	زمان درهم آمیختگی
افزایش می یابد	افزایش می یابد	گرانروی مونی
افزایش می یابد	محسوس نیست	پایداری ابعادی (خام)
کاهش می یابد	محسوس نیست	درهم رفتگی بعد از اکستروژن (تورم دای)
		ب) ولکانش
محسوس نیست	افزایش می یابد	استحکام کششی
افزایش می یابد	محسوس نیست	مدول

۲,۲,۳ انواع پرکننده های غیردوده ای برای لاستیک

پرکننده های غیردوده ای را می توان به انواع زیر طبقه بندی کرد:

محصولات طبیعی و جانبی آسیاب شده

- کربنات کلسیم
- سولفات کلسیم آب دار
- کربنات منیزیم
- سیلیکات های کلسیم و منیزیم (تالک، دولومیت و ولاستونیت)
- سولفات باریم
- خاک رس نرم
- خاک رس سخت

محصولات رسوب داده شده

- سیلیس آب دار
- سیلیکات آلومینیم آب دار
- هیدروکسید آلومینیم آب دار
- سیلیکات کلسیم آب دار
- کربنات کلسیم
- کربنات منیزیم
- کربنات روی
- سولفات باریم

محصولات دودخورده

- سیلیس بدون آب
- اکسید کلسیم
- اکسید روی
- اکسید منیزیم
- اکسید آلومینیم بدون آب

محصولات اصلاح شده سطحی

- کربنات کلسیم، تالک، خاک رس و سیلیس آمایش شده سطحی یا پوشش داده شده (آبگریز)
- خاک رس کلسینه
- خاک رس آمایش شده برای بهبود پخت با آمین ها، بازها، شتاب دهنده ها
- خاک رس سیلانه (عوامل جفت کننده)

تفاوت در ترکیب شیمیایی، ساختار و روش تولید پرکننده های سفید رنگ بیشتر می باشد.

۳,۳ نرم کننده ها، روغن ها و کمک فرایندها

این مواد دارای ترکیب شیمیایی مختلفی بوده و می توان آن ها را بسته به طبیعتشان طبقه بندی کرد.

گروه های اصلی طبقه بندی مذکور و خواص حاصل از افزودن نرم کننده های مختلف در زیر آورده شده است:

نرم کننده های روغنی معدنی

- روغن های معدنی: پارافینیک، تا حدی نفتنیک، نفتنیک، تا حدی آروماتیک، آروماتیک، بسیار آروماتیک و شدیداً آروماتیک
- پارافین ها و سرزین (Ceresin)
- رزین های کومارون و ایندن
- باقیمانده تقطیر نفت خام

اسیدهای چرب، مشتقات اسیدهای چرب، کمک فرایندها

- اسیدهای چرب
- صابون های فلزی
- استرهای اسیدهای چرب و الکل های چرب
- پنتاریتريتول تتراستئارات
- نرم کننده های امولسیوني
- اترهای الکل چرب پلی اتیلن گلیکول

رزین ها، روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی

- چربی پشم خام (Landin)
- امولسیون های چربی

- روغن های گیاهی (روغن خرما، روغن سویا)
- رزین ها (قطران کاج)

نرم کننده های مصنوعی

- نرم کننده های اتری
- دی بنزیل اتر
- پلی اترها و پلی اتر - تیواترها
- تیواتر - استرها

نرم کننده های استری

- استرهای اسید فتالیک
- استرهای اسید آدیپیک و اسید سباسیک
- تری ملیتات ها
- استرهای اسید فسفریک

جدول ۱۲,۳ مثال هایی از خواص حاصل از نرم کننده های فیزیکی

کد	خواص	کد	خواص
۱	بهبود روان کنندگی	۸	قطعه پخت شده سخت تر
۲	چسبناکی بهتر	۹	بازجهش بیشتر
۳	بهبود شکل پذیری	۱۰	مقاومت پارگی بهتر
۴	مدول پایین	۱۱	پسماند کمتر
۵	افزایش استحکام کششی	۱۲	پسماند بیشتر
۶	بهبود افزایش طول	۱۳	بهبود عمر خمشی (Flex)
۷	قطعه پخت شده نرم تر	۱۴	بهبود فرایند پذیری

کد	خواص	کد	خواص
۱۵	بهبود پراکنش	۱۷	تأخیراندازی شعله
۱۶	روان کنندگی قالب		

اسیدهای چرب	
۱	پنبه دانه
۱	ریسینولئیک
۱	لوریک
روغن های گیاهی	
۱۳، ۱۲، ۶، ۱	روغن های ژل شده (سولفوناته)
۴	سویای جامد
۱۶، ۱۳، ۵، ۴، ۳	روغن Tall
۱۳	سویا پلی استر
محصولات نفت خام	
۱	غیراشباع
۱۱، ۹، ۷، ۶، ۴، ۳	روغن های معدنی
۳	قیر معدنی غیراشباع
۱۱، ۱۰، ۷	برخی انواع قیرهای معدنی
محصولات قطران زغال سنگ	
۱	قیر زغال سنگ
۳	قطران کومار نرم
۶، ۵	قطران زغال سنگ نرم
۱۱، ۵	رزین های کومار
محصولات درخت کاج و صنوبر	
۱۳، ۱۲، ۵، ۴، ۲	ترباتین صمغی خام
۶، ۵، ۲	روغن روزین (Rosin)
۱۲، ۸، ۲	روزین

۷، ۶، ۵، ۴، ۳	قطران کاج (Pine tar)
۱۳، ۶	دی پنتن
۱۳	برخی انواع روزین ها
۱۵، ۱۴، ۲	استر روزین
استرها	
۳	دی کاپریل فتالات
۹	بوتیل کومینات
۹، ۷، ۳	دی بوتیل فتالات
۱۰	بوتیل لاکتات
۱۰	گلیسرول کلروبنزنوئات
۱۳	کلرو دی بوتیل کربنات
۲	متیل ریسینوئات
۱۳، ۷، ۳	بوتیل اولئات
۱۴، ۱۳، ۷، ۳	دی بوتیل سباسات
۱۳، ۷، ۳	دی اکتیل فتالات
۷، ۳، ۱	متیل اولئات
۱۷، ۷، ۲	تری کرزیل فسفات
رزین ها	
۱۵، ۷، ۵، ۲	کومارون ایندن
۳، ۲	فنل - فرم آلدهید
۸	شلاک
مواد متفرقه	
۶	آمین ها
۷	چربی پشم
۱۲، ۸	قیرها
۹	دی فنیل اکسید
۱۰	بنزوئیک اسید

بنزیل پلی سولفید	۱۰
واکس ها	۱۱
اسیدهای چرب	۱۱

جدول ۱۳,۳ (الف) خواص عمومی روغن های معدنی

پخت پراکسیدی	ایجاد تغییر رنگ	خواص در دمای کم	نقطه آبلین	رابطه دما - گرانروی	پایداری آنتراکس	چگالی	
خوب	خوب	خوب	زیاد	کم	خوب	کم	۱) پارافینیک ۲) تا حدی نفتیک ۳) نفتیک ۴) تا حدی آروماتیک ۵) آروماتیک ۶) بسیار آروماتیک
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
بد	بد	بد	کم	زیاد	بد	زیاد	

جدول ۱۳،۳ (ب) سازگاری روغن های معدنی با انواع مختلف لاستیک ها

IIR	EPDM	CSM	CR	NBR	BR	SBR	NR	
+	+	-	-	-	+	+	+	پارافینیک
+	+	-	-	-	+	+	+	تا حدی نفتیک
O	+	O	O	O	+	+	+	نفتیک
-	+	+	+	O	+	+	+	تا حدی آروماتیک
-	O	+	+	+	+	+	+	آروماتیک
-	O	+	+	+	+	+	+	بسیار آروماتیک

+ = سازگاری خوب، O = سازگاری مشروط، - = ناسازگار

۴.۳ عوامل محافظ در برابر پیرشدگی، خستگی و ازن

پایداری قطعه ولکانیده در برابر تأثیرات منفرد یا ترکیبی عوامل مخرب در وهله نخست بر اساس نوع لاستیک تعیین می شود.

فرایندهای تخریب را می توان در هر نوع آمیزه لاستیکی با افزودن مواد شیمیایی خاصی که عموماً تحت عنوان عوامل محافظ در برابر پیرشدگی یا مواد ضد اکسایش شناخته می شوند، به تأخیر انداخت. مواد ضد اکسایش معمولاً به میزان ۱-۳ phr و در برخی موارد ۵ phr و حتی بیشتر به آمیزه لاستیکی افزوده شده و لاستیک را در برابر پیرشدگی محافظت می نمایند. میزان محافظت به ترکیب ماده ضد اکسایش مصرفی بستگی دارد.

محصولات تجاری مختلف معمولاً بر اساس تمایل به ایجاد تغییر رنگ و ضمناً بسته به نوع رفتارشان به هنگام خستگی و حمله ازن دسته بندی می شوند. در مقابل مواد ضد اکسایش خالص، عوامل محافظت در برابر ازن را اصطلاحاً ضدازن ها می نامند.

جدول ۱۴،۳ علانم اختصاری برخی عوامل محافظ در برابر پیرشدگی (مواد ضد اکسایش) که بر اساس ترکیب شیمیایی آن ها طبقه بندی شده اند

مشتقات <i>p</i> -فنیل دی آمین (تغییر رنگ شدید)	
N-ایزوپروپیل-N'-فنیل-p-فنیل دی آمین	IPPD
N-(۳،۱-دی متیل بوتیل)-N'-فنیل-p-فنیل دی آمین	6PPD
N,N'-بیس (۴،۱-دی متیل پنتیل)-p-فنیل دی آمین	77PD
N,N'-بیس (۱-اتیل-۳-متیل پنتیل)-p-فنیل دی آمین	DOPD
N,N'-دی فنیل-p-فنیل دی آمین	DPPD
N,N'-دی تولیل-p-فنیل دی آمین	DTPD
N,N'-دی-بتا-نفتیل-p-فنیل دی آمین	DNPD
مشتقات دی هیدروکینولین (تغییر رنگ شدید)	
۶-اتوکسی-۴،۲،۲-تری متیل-۲،۱-دی هیدروکینولین	ETMQ
۴،۲،۲-تری متیل-۲،۱-دی هیدروکینولین، پلیمر شده	TQM
مشتقات نفتیل آمین (تغییر رنگ شدید)	
فنیل-آلفا-نفتیل آمین	PAN
فنیل-بتا-نفتیل آمین	PBN
مشتقات دی فنیل آمین (تغییر رنگ شدید)	
دی فنیل آمین اکتیله	ODPA
دی فنیل آمین استایرنه	SDPA
محصول تراکمی استن / دی فنیل آمین	ADPA

مشتقات بنزیمیدازول (بدون ایجاد تغییر رنگ)	
۲-مرکاپتو بنزیمیدازول	MBI
روی-۲-مرکاپتو بنزیمیدازول	ZMBI
متیل-۲-مرکاپتو بنزیمیدازول	MMBI
روی-۲-متیل مرکاپتو بنزیمیدازول	ZMMBI
مشتقات بیس فنل (بدون ایجاد تغییر رنگ)	
۲،۲-متیلن-بیس (۴-متیل-۶-ترسیو بوتیل فنل)	BPH
۲،۲-متیلن-بیس (۴-متیل-۶-سیکلو هگزیل فنل)	CPH
۲،۲-ایزوبوتیلیدن-بیس (۴-متیل-۶-ترسیو بوتیل فنل)	IBPH
مشتقات مونوفنل (بدون ایجاد تغییر رنگ)	
۲،۶-دی ترسیو بوتیل-p-کرزول	BHT
فنل آلکیل	APH
فنل استایرنه و آلکیل	SAPH
فنل استایرنه	SPH
مواد دیگر (بدون ایجاد تغییر رنگ)	
تریس-نونیل فنیل فسفیت	TNPP
پلی کربو دی ایمید	PCD
مشتق بنزوفوران	BD
انول اتر	EE

جدول ۱۵،۳ الف) طیف فعالیت عوامل محافظ در برابر پیرشدگی (۱)

عامل محافظ	DNPD	DTPD	77PD	DOPD	IPPD	6PPD
اکسایش خود به خود (۲)	۱	۲	۳-۴	۳-۴	۲	۲
گرما (۳)	۱-۲	۲-۳	۳-۴	۳-۴	۲-۳	۲-۳

ادامه جدول ۱۵،۳ (الف) (طیف فعالیت عوامل محافظ در برابر پیرشدگی)

عامل محافظ	DNPD	DTPD	77PD	DOPD	IPPD	6PPD
تشکیل ترک در اثر خستگی	۶	۲	۲	۲	۱	۱-۲
تشکیل ترک در اثر ازن (استاتیک)	۶	۳	۱	۱	۱-۲	۲
سموم فلزی	۱	۲	-	-	۲	۲
ایجاد ترکچه	۳	-	-	-	-	-
تغییر رنگ	۲	۵	۵	۵	۵-۶	۵-۶
لکه زایی (۴)	۱-۲	۴	-	-	۵	-
مجاز جهت تماس با مواد غذایی (۵)	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
حالت	جامد	جامد	مایع	مایع	جامد	جامد

(۱) در ستون اول تا ششم، ۱ به معنی بهترین و ۶ به معنی بدترین است؛ در ستون هفتم تا هشتم، صفر به معنی عدم رنگ بری و ۶ به معنی بیشترین رنگ بری است؛ - بدان معنی است که آزمون صورت نگرفته یا اهمیت ندارد.

(۲) برای NR یا IR

(۳) برای CR صادق نیست.

(۴) لاستیک بر لاستیک

(۵) توصیه XXI برای محصولات از جنس NR و SR (نشریه شماره ۲۲ بهداشت عمومی آلمان، سال

۱۹۷۹، صفحه ۲۸۳).

جدول ۱۵,۳ (ب) طیف فعالیت عوامل محافظ در برابر پیرشدگی (۱)

عامل محافظ	ETQM	PAN	PBN	ODPA	TQM	SPH
اکسایش خود به خود (۲)	۲-۳	۲	۲	۲-۳	۲	۳-۴
گرما (۳)	۳	۲-۳	۲-۳	۲ (۶)	۱-۲ (۷)	۳-۴
تشکیل ترک در اثر خستگی	۲	۲-۳	۲-۳	۳-۴	۴-۵	۴
تشکیل ترک در اثر ازن (استاتیک)	۳-۴	۶	۶	۶	۵	۶
سموم فلزی	-	۲-۳	۳-۴	۳	۳-۴	-
ایجاد ترکچه	-	-	-	۶	۶	۲
تغییر رنگ	۵	۵	۵	۱-۲	۲	۰
لکه زایی (۴)	۴	۴	۴	۱-۲	۱-۲	۰
مجاز جهت تماس با مواد غذایی (۵)	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بلی
حالت	مایع	جامد	جامد	جامد	جامد	مایع

(۵)-(۱) مشابه با توضیحات جدول ۱۵,۳ (الف)

(۶) در CR: ۱

(۷) در ترکیب با MBI: ۱

جدول ۱۵,۳ (ج) طیف فعالیت عوامل محافظ در برابر پیرشدگی (۱)

عامل محافظ	BD	BHT	BPH	MBI	MMBI	EE
اکسایش خود به خود (۲)	۳	۳-۴	۲-۳	۴ (۱۰)	۴ (۱۰)	۶
گرما (۳)	۳	۴-۵	۳	۳ (۱۱)	۳ (۱۱)	۶
تشکیل ترک در اثر خستگی	۳-۴	۶	۶	۶	۶	۶
تشکیل ترک در اثر ازن (استاتیک)	۶ (۸)	۶	۶	۶	۶	۲ (۱۳)
سموم فلزی	۶	۴-۵	۳ (۹)	۶ (۱۲)	۶ (۱۲)	۶
ایجاد ترکچه	۲	۱	۱	۶	۶	۶
تغییر رنگ	۰-۱	۰	۱	۰	۰	۰
لکه زایی (۴)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجاز جهت تماس با مواد غذایی (۵)	خیر	بلی	بلی	خیر	خیر	خیر
حالت	جامد	جامد	جامد	جامد	جامد	مایع

(۵)-(۱) مشابه با توضیحات جدول ۱۵,۳ (الف)

(۸) محافظ خوبی در CR است؛ (۹) در ترکیب با MBI؛ (۱۰) در مخلوط با شتاب دهنده های دی تیو کربامات؛ (۱۱) در ترکیب با IPPD یا TMQ بسته به مخلوط؛ در بخار آب حتی در غیاب سایر عوامل محافظ؛ ۲-۱؛ (۱۲) در ترکیب با BPH؛ (۱۳) نیاز به افزودن واکس دارد (به جز در CR).

۵,۳ شتاب دهنده های ولکانش

به علت فراوانی شتاب دهنده های تجاری، آن ها را می توان به بهترین شکل، بر اساس ساختار شیمیایی دسته بندی کرد. با این حال، برخی محصولات ویژه وجود دارد که دسته بندی آن ها دشوار است. مهم ترین شتاب دهنده های آلی ولکانش در جدول ۱۶,۳ آورده شده اند.

جدول ۱۶,۳ شتاب دهنده های آلی ولکانش

شتاب دهنده های مرکاپتو	
۲-مرکاپتو بنزوتیازول	MBT
روی-۲-مرکاپتو بنزوتیازول	ZMBT
دی بنزوتیازیل دی سولفید	MBTS
شتاب دهنده های سولفنامید	
N-سیکلو هگزیل-۲-بنزوتیازیل سولفنامید	CBS
N-ترسیو بوتیل-۲-بنزوتیازیل سولفنامید	TBBS
N,N'-دی سیکلو هگزیل-۲-بنزوتیازیل سولفنامید	DCBS
شتاب دهنده های تیورام	
تترا متیل تیورام دی سولفید	TMTD
تترا متیل تیورام مونو سولفید	TMTM
تترا اتیل تیورام دی سولفید	TETD
دی متیل دی فنیل تیورام دی سولفید	MPTD
دی پنتا متیلن تیورام تترا سولفید	DPTT
شتاب دهنده های دی تیوکربامات	
روی دی متیل دی تیوکربامات	ZDMC
روی دی اتیل دی تیوکربامات	ZDEC

روی دی بوتیل دی تیوکرمامات	ZDBC
روی پنتا متیلن دی تیوکرمامات	Z5MC
روی اتیل فیل دی تیوکرمامات	ZEPC
روی دی بنزیل دی تیوکرمامات	ZBEC
پیپریدین پنتا متیلن دی تیوکرمامات	PPC
سدیم دی متیل دی تیوکرمامات	NaDMC
سدیم دی بوتیل دی تیوکرمامات	NaDBC
سلنیم دی متیل دی تیوکرمامات	SeDMC
تلوریم دی متیل دی تیوکرمامات	TeDMC
سرب دی متیل دی تیوکرمامات	PbDMC
کادمیم دی متیل دی تیوکرمامات	CdDMC
کادمیم پنتا متیلن دی تیوکرمامات	Cd5MC
مس دی متیل دی تیوکرمامات	CuDMC
مس دی بوتیل دی تیوکرمامات	CuDBC
بیسموت دی متیل دی تیوکرمامات	BiDMC
شتاب دهنده دی تیوکرمامیل سولفنامید	
N-اکسی دی اتیلن دی تیوکرمامیل-N ⁻ اکسی دی اتیلن سولفنامید	OTOS
شتاب دهنده های زانتاتی	
روی ایزوپروپیل زانتات	ZIX
روی بوتیل زانتات	ZBX
سدیم ایزوپروپیل زانتات	NaIX
شتاب دهنده های گوانیدین	
دی فیل گوانیدین	DPG
دی-0-تولیل گوانیدین	DOTG
0-تولیل بی گوانیدین	OTBG

شتاب دهنده های آمینی	
بوتیرالدهید آنیلین	BAA
تری کروتونیلیدن تترامین	TCT
هگزا متیلن تترامین	HEXA
پلی اتیلن پلی آمین ها	PEP
سیکلو هگزیل اتیل آمین	CEA
دی بوتیل آمین	DBA
شتاب دهنده های تیواوره	
N,N' -اتیلن تیواوره (=۲-مرکاپتو ایمیداکسولین)	ETU
N,N' -دی فنیل تیواوره (=تیوکرانیلید)	DPTU
N,N' -دی اتیل تیواوره	DETU
شتاب دهنده های دی تیوفسفات	
روی دی بوتیل دی تیوفسفات	ZDBP
مس دی ایزوپروپیل دی تیوفسفات	CuIDP
گوگرد دهنده ها	
۲-بنزوتیازول-N-مورفولیل دی سولفید	MBSS
دی مورفولین دی سولفید	DTDM
تأخیر انداز های ولکانش	
سیکلو هگزیل تیوفتالیمید	CTP
فتالیک انیدرید	PTA
بنزوئیک اسید	BES
سالیسیلیک اسید	SCS
N-نیتروزو دی فنیل آمین	NDPA

۶,۳ مواد آمیزه کاری دیگر

افزودنی های مهم دیگری نیز در آمیزه کاری به کار می آیند، که از آن جمله می توان به عوامل پف دهنده (Blowing Agents)، تأخیراندازهای ولکانش، زنجیرشکن ها (Peptizing Agents)، فکتیس ها (Factice Agents) و غیره اشاره کرد.

از پف دهنده های آلی و غیرآلی برای تولید اسفنج (سلول باز و بسته) یا لاستیک اسفنجی ریزسلولی استفاده می شود. بی کربنات سدیم یک پف دهنده غیرآلی رایج است که برای تولید لاستیک اسفنجی مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱۷,۳ برخی از پف دهنده های آلی را همراه با کاربردها و کارآیشان نشان می دهد.

جدول ۱۷,۳ پف دهنده های آلی

آزودنی کروماید	دی نیتروژو پنتا متیلن تترامین	بزن-۳,۱-دی سولفویدرازاید	بزن سولفویدرازاید	
عدم توصیه	ممکن	خوب	بسیار خوب	فرایند دمش لاستیک اسفنجی
عدم توصیه	ممکن	بسیار خوب	بسیار خوب	کفی دم پایی
ممکن / خوب	ممکن	خوب	بسیار خوب	لاستیک اسفنجی سلول بسته (۱)

آزو دی کربونامید	دی نیتروزو بنتا متیلن تترامین	بزن - ۳،۱-دی سولفوهیدرازید	بزن سولفوهیدرازید	
بسیار خوب	بسیار خوب	خوب	ممکن	لاستیک اسفنجی سلول بسته (۲)
بسیار خوب	بسیار خوب	خوب	بسیار خوب	فرایند انبساط لاستیک ریز سلولی نرم (۳)
خوب	بسیار خوب	خوب	بسیار خوب	کفی کفش متخلخل
خوب	بسیار خوب	بسیار خوب	ممکن	کفی ریز سلولی سخت (۴)
ممکن	خوب	خوب	بسیار خوب	ابونیت سلولی
بسیار ریز	بسیار ریز تا حد نامرئی	قابل رؤیت	بسیار ریز تا حد نامرئی	نوع منافذ

(۱) گرما دهی در هوای آزاد

(۲) ولکانیده در حمام نمک یا در سیستم UHF

(۳) چگالی تقریباً ۰/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب

(۴) چرم مانند

در زیر ترکیباتی که به صورت عوامل تأخیرانداز ولکانش عمل می کنند، در کنار نام تجاری آن ها آورده شده است:

• N- نیتروزو دی فنیل آمین (NDPA)

- سیکلو هگزیل تیوفتالیمید (CTP)
(Rhein Chemie) Rhenagran CTP
(Flexsys) Santogard PVI
 - مواد آلی با فراریت کم مثل بنزوئیک اسید (BES)،
فتالیک انیدرید (PTA) (Akrochem)، Vulkalent B،
(Bayer)، سالیسیلیک اسید (SCS)
- انواع زنجیر شکن ها (Peptizing Agents) همراه با نام تجاریشان در زیر فهرست شده اند:
- مشتقات پنتاکلرو تیوفنل (ZPCTP، PCTP)
(Bayer) Renacit 4, 5, 7, 9
(DuPont) Endor
 - نمک های روی اسیدهای چرب (انواع ویژه)
(Rhein Chemie) Aktiplast F
(DOG) Dispergun 24
(Schill & Seilacher) Struktol A86
 - سایر زنجیر شکن ها
(Schill & Seilacher) Struktol A82
(Bayer) Renacit 8
(Rhein Chemie) Aktiplast 6N

فکتیس ها روغن های غیراشباعی هستند که با گوگرد یا مواد مشابه دیگر مخلوط می شوند. بر حسب نیاز می توان از هفت نوع مختلف فکتیس در فن آوری لاستیک به شرح زیر استفاده کرد:

- فکتیس گوگرد سفید
- فکتیس گوگرد زرد
- فکتیس گوگرد قهوه ای
- فکتیس کلرید گوگرد سفید، پایدار شده
- فکتیس کلرید گوگرد سفید، پایدار نشده
- فکتیس ویژه برای لاستیک مصنوعی
- فکتیس ویژه عاری از گوگرد و کلر

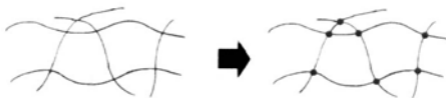
از عوامل شیمیایی مهم دیگر نیز می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- چسب ها (Bonding Agents)
- رنگ دهنده ها و رنگدانه ها
- تأخیراندازهای شعله (Flame Retardants)
- عوامل ضد میکروب
- چسبناک کننده ها (Tackifying Agents)

۴ سیستم های ولکانش

ولکانش به فرایند آمایش لاستیک با یک ماده شیمیایی، جهت کاستن از نرمینگی (Plasticity)، چسبناکی و حساسیت آن ها به گرما و سرما اطلاق می شود. در نتیجه این فرایند، لاستیک خواص مفیدی چون کشسانی، استحکام و پایداری به دست می آورد.

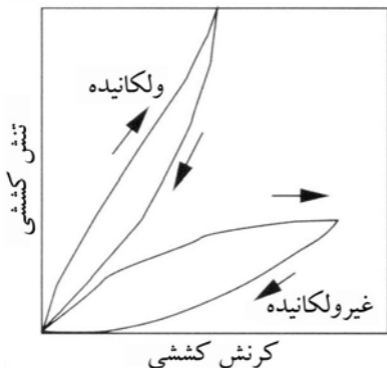
هنگام ولکانش، زنجیرهای طویل مولکول های درهم گره خورده لاستیک، با ایجاد اتصالات عرضی شیمیایی (Cross-linking) در نقاط مختلف زنجیرها، یک شبکه سه بعدی کشسان را می سازند (شکل ۱,۴). در این شکل، زنجیرهای پلیمری به صورت خطوط و نقاط اتصال عرضی به صورت نقاط پررنگ نشان داده شده اند.



شکل ۱,۴ فرایند شبکه ای شدن (Cross-linking)

نقاط اتصال توسط عوامل ولکانش ایجاد می شوند. این مواد شیمیایی با مراکز فعال در زنجیرهای پلیمری واکنش داده و بین زنجیرها اتصال برقرار می کنند. بعد از اتمام ولکانش، خواصی چون رفتار مکانیکی لاستیک به طور قابل ملاحظه ای بهبود می یابد. این مطلب در شکل ۲,۴ به وضوح به تصویر کشیده شده است.

به منظور افزایش سرعت فرایند ولکانش، غالباً مقدار اندکی از یک شتاب دهنده با عامل ولکانش در آمیخته می شود. وظیفه اصلی شتاب دهنده ها کنترل آغاز، سرعت و میزان واکنش بین گوگرد و لاستیک می باشد.



شکل ۲,۴ مفهوم مکانیکی ولکانش لاستیک

از سایر افزودنی های مفید نیز می توان به فعال کننده ها و تأخیراندازها (Retarders) اشاره کرد. فعال کننده ها موادی هستند که به یک سیستم ولکانش شتابیده افزوده می شوند، تا باعث بهبود شتاب دهندگی و حصول بیشترین میزان اتصالات عرضی در سیستم شوند. تأخیراندازها موادی شیمیایی هستند که از طریق افزایش زمان

آغاز پخت، یا به عبارت دیگر زمان بین شروع چرخه گرما دهی به آمیزه و آغاز ولکانش، باعث کاهش تمایل آمیزه لاستیکی به ولکانش زود هنگام می شوند. یک تأخیر انداز تأثیری بر سرعت ولکانش ندارد.

۱,۴ عوامل ولکانش

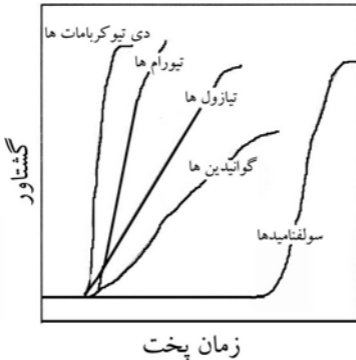
۱,۱,۴ گوگرد و گوگرد دهنده ها

در سال ۱۸۳۹ میلادی، گودیر (Goodyear) کشف کرد که زنجیرهای لاستیک قابلیت اتصال به یکدیگر را دارند. از آن پس، تا سال ۱۹۰۶ میلادی، لاستیک به شیوه گودیر ولکانیده می شد. در آن سال تغییری اساسی حادث گردید و آن چیزی نبود جز جایگزینی سرب سفید با اکسید روی. اولین شتاب دهنده (آنیلین) نیز در سال ۱۹۰۶ کشف شد.

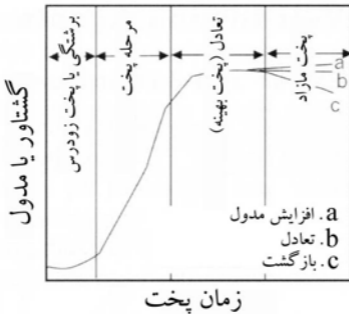
عملکرد ولکانشی برخی از شتاب دهنده ها در شکل ۳,۴ نشان داده شده است.

یکی از مزایای ولکانش با گوگرد، مرحله ای بودن آن است (شکل ۴,۴). ولکانش گوگردی با تشکیل پل های گوگردی یا اصطلاحاً اتصالات عرضی بین مولکول های لاستیک انجام می گیرد. این نوع ولکانش در شکل ۵,۴ به تصویر کشیده شده است.

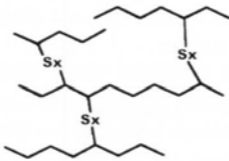
در این شکل، بهبود ویژگی های لاستیک در اثر ولکانش نیز فهرست شده اند.



شکل ۳,۴ عملکرد ولکانشی شتاب دهنده های رایج



شکل ۴,۴ مراحل مختلف ولکانش با گوگرد



لاستیک + گوگرد

حساسیت به دما (کاهش)

جریان سرد و نرمینگی (کاهش)

حلالیت در حلال ها (کاهش)

کشسانی (افزایش)

استحکام (افزایش)

چسبناکی (افزایش)

شکل ۵,۴ ولکانش با گوگرد

ولکانش گوگردی غیرشتابیده فرایندی کند و ناکارآمد است. بنابراین، حدود یک قرن تحقیقات برای شناسایی و توسعه موادی اختصاص یافته است که ولکانش را تسریع کرده و کارایی آن را افزایش دهند. گوگرد دهنده ها در زمره چنین موادی هستند که جهت بهبود کارایی ولکانش گوگردی توسعه یافته اند. از این مواد برای تولید محصولات ولکانیده ای استفاده می شود که در اتصالات عرضیشان اتم های گوگرد کمتری دارند.

۲,۱,۴ اتصالات عرضی غیرگوگردی

ولکانش پراکسیدی - همانگونه که در شکل ۶,۴ نشان داده شده است، حین ولکانش پراکسیدی بین زنجیرهای الاستومر اتصالات عرضی کربن-کربن تشکیل می شود. پراکسید در شرایط ولکانش تجزیه شده و بر روی زنجیرهای پلیمری رادیکال های آزاد ایجاد می نماید. در نتیجه، تشکیل اتصالات عرضی مستقیم بین زنجیرها تسهیل می گردد.



شکل ۶,۴ ولکانش پراکسیدی

از پراکسیدها برای شبکه ای کردن بسیاری از انواع لاستیک های اشباع و غیراشباع استفاده می شود، حال آنکه ولکانش گوگردی تنها برای لاستیک های غیراشباع مقصور است. برای این منظور طیف وسیعی از پراکسیدهای آلی موجود می باشد، که از آن جمله می توان به بنزوئیل پراکسید و دی کیومیل پراکسید اشاره کرد.

ولکانش با رزین ها - از رزین های اپوکسی برای ولکانش لاستیک نیتریل، از کینون دی اکسیم ها و رزین های فنولیک برای ولکانش لاستیک بوتیل و از دی تیول ها یا دی آمین ها برای ولکانش فلئوروکربن ها استفاده می شود. رزین فنولیک، مهم ترین رزین برای پخت لاستیک بوتیل به شمار می رود. وجود مقدار اندکی زنجیرهای غیراشباع در لاستیک بوتیل، فعال سازی واکنش پخت رزینی را با استفاده از مواد هالوژن دار ایجاب می کند.

ولکانش اکسید فلزی - لاستیک پلی کلروپرن و پلی اتیلن کلروسولفون از جمله لاستیک هایی هستند که با اکسیدهای فلزی ولکانیده می شوند. در این نوع ولکانش، معمولاً از ترکیب اکسید روی با اکسید منیزیم برای کنترل سرعت ولکانش و جذب کلرید تشکیل شده حین واکنش استفاده می شود.

ولکانش یورتانی - عوامل ولکانش در سیستم های مذکور مشتقاتی از p-بنزو کینون مونو کسیم (p-نیتروزوفنل) و دی- یا پلی ایزوسیانات می باشند. در این نوع ولکانش، استفاده از شتاب دهنده ها چنان که در ولکانش گوگردی لازم است، ضرورتی ندارد، ولی کارآیی فرایند در حضور دی ایزوسیانات آزاد یا ZMDC بهبود می یابد. ZMDC واکنش بین نیتروزوفنل و پلیمر را سرعت می بخشد. مزیت عمده سیستم های یورتانی، پایداری بسیار زیاد اتصالات عرضی حاصل از آن ها می باشد، به گونه ای که حتی در صورت پخت بیش از حد (Over-cure) لاستیک، افت مدول بسیار کم خواهد بود. زمان برشتهگی کم، سرعت پخت و مدول زیاد آن ها گاهی به بروز برخی مشکلات می انجامد؛ با این حال، مدول و عمر خستگی لاستیک ولکانیده بسیار خوب است.

سیستم های دیگر - برخی از لاستیک ها را می توان با ترکیبات دو عاملی غیر گوگردی که اتصالات عرضی پل گونه ای را نتیجه می دهند، ولکانیده کرد. ولکانش نئوپرن با اکسیدهای فلزی یا لاستیک بیوتیل با دی نیتروزوبنزن نمونه ای از این نوع ولکانش به شمار می آیند.

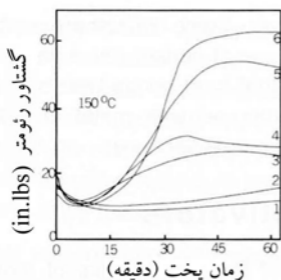
۲,۴ فعال کننده ها

دستیابی به کارآیی بیشینه بسیاری از شتاب دهنده ها، استفاده از فعال کننده های آلی و غیر آلی را ایجاب می کند. اکسید روی مهم ترین فعال کننده غیر آلی می باشد؛ با این حال استفاده از برخی

اکسیدهای فلزی دیگر، خصوصاً اکسید منیزیم و اکسید سرب، نیز رایج است. از مهم ترین فعال کننده های آلی می توان به اسیدهای چرب، آمین های ضعیف، پلی الکل ها و آمینوالکل ها اشاره کرد.

در اغلب آمیزه های لاستیکی امروزی، از ترکیب اکسید روی و اسید استتاریک به عنوان سیستم فعال کننده استفاده می شود.

در این سیستم، اکسید روی تنها فعال کننده ای است که واکنش ولکانش را شتاب داده و محصولی با پخت مناسب نتیجه می دهد. اسید چرب به عنوان نرم کننده و یا روان کننده عمل کرده، گرانیروی آمیزه را کاهش می دهد؛ در ضمن روی موجود در محیط واکنش را نیز در خود حل می کند. این امر، کارآیی تشکیل اتصالات عرضی توسط شتاب دهنده آلی را افزایش می دهد (شکل ۷،۴).



- (1) گوگرد
- (2) گوگرد + اسید استتاریک + اکسید روی
- (3) گوگرد + CBS
- (4) گوگرد + CBS + اسید استتاریک
- (5) گوگرد + CBS + اکسید روی
- (6) گوگرد + CBS + اکسید روی + اسید استتاریک

شکل ۷،۴ فعال کننده های رایج در یک آمیزه لاستیکی ساده

۳,۴ شتاب دهنده ها

سیستم های شتاب دهنده، بسته به توانایی این مواد در کنترل خواص فرایندی و عملکردی آمیزه های لاستیکی، با در نظر گرفتن موارد زیر انتخاب می گردند:

- تأخیر زمانی آغاز ولکانش
- سرعت ولکانش بعد از آغاز آن
- میزان ولکانش
- نوع اتصالات عرضی تشکیل شده
- عوامل دیگر مثل پایداری آمیزه خام هنگام انبارداری، تمایل به سفیدک زدن (Bloom Tendency) و غیره

در زیر شتاب دهنده های تجاری رایج از لحاظ طبقه بندی بنیادین شیمیایی مورد بحث قرار گرفته اند. این مواد به طور کلی به دو دسته شتاب دهنده های اولیه و ثانویه تقسیم می شوند (جدول ۲,۴).

سیستم های ولکانش کارآمد (*Efficient Vulcanization*) یا *E.V.* - محصولات ولکانیده با اتصالات عرضی عمدتاً مونو- و دی سولفیدی، خواص خود را به هنگام پیرشدن به طور عالی حفظ می کنند. واژه "کارآمد" اشاره به استفاده کارآمد و مؤثر از گوگرد دارد. سیستم های *E.V.* از طریق جایگزینی کامل گوگرد با یک گوگرد دهنده یا استفاده از نسبت های بسیار زیاد شتاب دهنده به گوگرد حاصل می شوند.

سیستم های نیمه کارآمد (Semi-E.V.) - محصولات ولکانیده ای که در آن ها جزئی از گوگرد توسط گوگرد دهنده جایگزین شده و یا نسبت گوگرد به شتاب دهنده در حد متوسطی تنظیم گردیده است، کاربرد وسیعی دارند، زیرا خواصی چون پیرشدگی، بازگشت (Reversion) و مقاومت خستگی در آن ها از تعادل خوبی برخوردار می باشند.

جدول ۱,۴ مقایسه انواع شتاب دهنده ها

نوع شتاب دهنده	سرعت پخت	اتصالات عرضی	مثال
هیچ	بسیار کند	بسیار بلند	
آلدheid آمین	کند	بسیار بلند	
گوآیدین ها	متوسط	متوسط / بلند	DOTG, DPG
تيازول ها	نسبتاً سریع	متوسط	MBTS, MBT
سولفنامیدها	سریع / تأخیر در فعالیت	کوتاه / متوسط	TBBS, CBS, DIBS, MBS
دی تیوفسفات ها	سریع	کوتاه / متوسط	ZBDP
تیورام ها	بسیار سریع	کوتاه	TMTD, TETD, TMTM
دی تیوکرآمات ها	بسیار سریع	کوتاه	ZBDC, ZMDC

جدول ۲,۴ طبقه بندی برخی انواع شتاب دهنده ها

MBT	تيازول ها	اولیه
MBTS		
CBS	سولفنامیدها	
TBBS		
MBS		
DIBS		
DPG	گوآیدین ها	
DOTG		

ادامه جدول ۲,۴ (طبقه بندی برخی انواع شتاب دهنده ها)

TETD	تیورام ها	ثانویه
TMTM		
TMTD		
ZBDC	دی تیوکربامات ها	
ZMDC		
ZBDP	دی تیوفسفات ها	

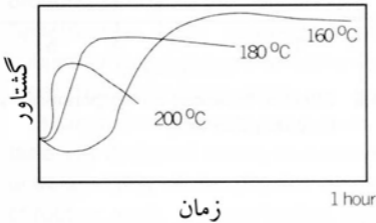
جدول ۳,۴ خواص فیزیکی آمیزه های لاستیکی پخت شده با سیستم های شتاب دهنده مختلف

کارآمد	نیمه کارآمد	معمولی	خاصیت
پایین ترین	→	بهترین	کششی
بدترین	→	بهترین	خستگی
بهترین	←	بدترین	بازگشت (Reversion)
بهترین	←	بدترین	پیرشدگی

سیستم های معمولی (Conventional) نه تنها هنگام پخت اضافی خواص فیزیکی مطلوب خود را از دست می دهند، بلکه نسبت به سیستم های نیمه کارآمد، پیرشدگی بیشتری از خود نشان می دهند.

۴,۴ شرایط ولکانش

به دلیل پیچیدگی واکنش های شیمیایی صورت گرفته، زمان ولکانش عموماً با افزودن یک دقیقه به زمان پخت به ازای هر یک میلیمتر ضخامت محاسبه می شود (شکل ۸,۴).

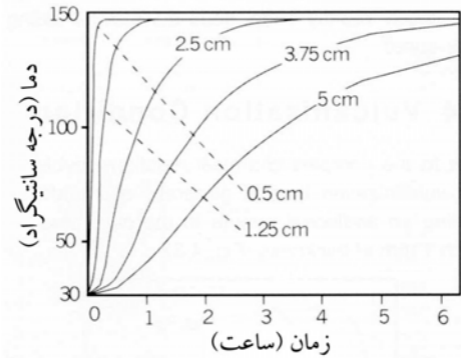


شکل ۸,۴ اثر دمای پخت بر گشاوری و بازگشت

۱,۴,۴ اثر دما

خواص بهینه محصول زمانی حاصل می شود که عملیات پخت در پایین ترین دمای ممکن صورت گیرد. با این حال در اکثر موارد، به منظور افزایش بازدهی از دماهای بالا استفاده می شود. متأسفانه مدول با افزایش دمای پخت کاهش می یابد (شکل ۹,۴).

بر اساس یک اصل مفید، زمان پخت باید به ازای هر 10°C افزایش در دمای پخت، با ضریب دو کاهش یابد.



جدول ۹,۴ تأثیر ضخامت بر افزایش دما

۵ استانداردهای صنعت لاستیک

آزمون های رایج برای لاستیک خام و محصولات لاستیکی را می توان در سه گروه مجزا به شرح زیر طبقه بندی کرد:

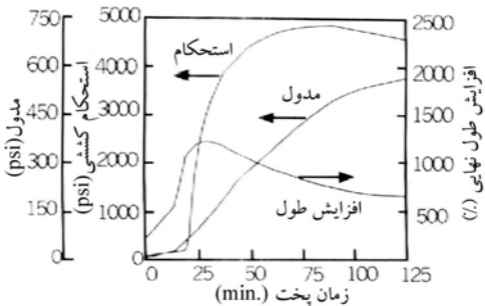
- **آزمون های کنترلی:** این آزمون ها جهت تعیین خواص مواد اولیه، افزودنی های فرایند و محصولات نهایی و اطمینان از یکنواختی آن ها به کار می آیند.
- **آزمون های تعیین مشخصات:** با انجام این آزمون ها بر روی محصولات لاستیکی، از تطابق آن ها با مشخصات درخواستی مشتری اطمینان حاصل می شود.
- **آزمون های تحقیق و توسعه:** این آزمون ها اصولاً به منظور فهم بهتر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی لاستیک، مثل ولکانش، پیرشدگی و کارکرد انجام می پذیرند.

۱,۵ آزمون های میزان پخت (State of Cure)

۱,۱,۵ روش های کششی

به طور سنتی، پخت بهینه با اندازه گیری استحکام کششی، مدول و افزایش طول نهایی برآورد می شود. روش های استاندارد انجام این آزمون ها در ASTM D 412 آورده شده است.

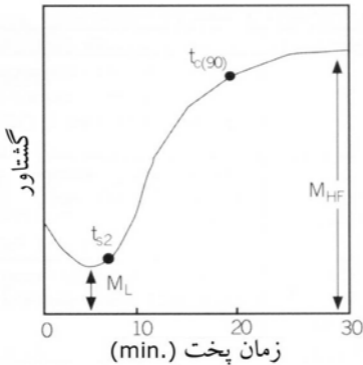
در یک سری از آزمون های پخت، زمان پختی را که به حداکثر استحکام کششی بینجامد، اغلب به عنوان زمان پخت بهینه می شناسند. شکل ۱،۵ تأثیر میزان پخت را بر استحکام کششی، مدول و افزایش طول یک آمیزه نشان می دهد.



شکل ۱،۵ تأثیر میزان پخت بر خواص مختلف یک آمیزه

۲،۱،۵ پخت سنج ها

پخت سنج ها ابزاری هستند که تغییرات مدول را حین پخت ثبت می کنند. در شکل ۲،۵ یک منحنی پخت نمونه به تصویر کشیده شده است. پرکاربردترین پخت سنج مورد استفاده، رئومتر با صفحه چرخان (Moving die rheometer) (ASTM D 5289) می باشد. این دستگاه اطلاعاتی را چون حداقل گشتاور (M_L)، حداکثر گشتاور (M_{HF})، زمان برشتگی (t_{s2}) و زمان پخت ۹۰٪ ($t_{c(90)}$) ارائه می دهد.



شکل ۲,۵ نمونه ای از یک منحنی پخت رئومتر

در ابزار سنجشی مثل ویسکومتر مونی (Mooney Viscometer) (ASTM D 1646) که دارای یک دیسک تخت است، سرعت برش در محور مرکزی نزدیک به صفر و در محیط دیسک بیشینه می باشد.

۲,۵ آزمون سختی

مقادیر سختی اندازه گیری شده غالباً به دلیل محدودیت های دستگاه و خطای کاربر مورد اعتماد نمی باشند. میزان فرورفتگی سوزن دستگاه در سطح نمونه به ندرت با قابلیت کارکرد مناسب محصول لاستیکی رابطه دارد.

به طور کلی، داده های حاصل از اندازه گیری سختی برای طراحی دقیق نمی باشند. استانداردهای مختلف اندازه گیری سختی در جدول ۱,۵ فهرست شده اند.

جدول ۱,۵ استانداردهای اندازه گیری سختی

عنوان	استاندارد
پلاستیک ها و ابونیت ها - تعیین سختی به وسیله یک دورومتر (سختی Shore)	ISO 868 ASTM D2240 BS 2719 DIN 53505
لاستیک های ولکانیده - تعیین سختی (سختی بین ۳۰ و ۸۵ IRHD)	ISO 48 ASTM D1415 BS 903, Part A26 DIN 53519
لاستیک های ولکانیده با سختی زیاد (۸۵ تا ۱۰۰ IRHD) - تعیین سختی	ISO 1400 ASTM D1415 BS 903, Part A26 DIN 53519
لاستیک های ولکانیده با سختی کم (۱۰ تا ۳۵ IRHD) - تعیین سختی	ISO 1818 ASTM D1415 BS 903, Part A26 DIN 53519

۳,۵ تنش کششی

تنش کششی خاصیتی مفید برای تعیین مقاومت یک لاستیک در برابر گرما، مایعات، گازها، مواد شیمیایی، ازن، عوامل جوی و غیره می باشد. بنابراین، خواص کششی قبل و بعد از یک آزمون مقاومت سنجیده می شود. باید توجه داشت که حفظ خواص کششی بسیار مهم تر از مقادیر مطلق آن، قبل و بعد از آزمون است.

البته باید خاطر نشان ساخت که خواص کششی کاربرد محدودی برای مهندس طراح دارند. استفاده از این خواص در محاسبات مربوط به طراحی مقدور نبوده و در عمل رابطه ضعیفی بین آن ها و کارکرد لاستیک وجود دارد. آزمون های استاندارد تعیین خواص کششی در زیر آورده شده اند:

- ISO 37
- ASTM D 412
- BS 903، بخش A2
- DIN 53504
- NF T46-002

۴,۵ آزمون مقاومت پارگی

این آزمون استاندارد تنها برای مقایسه بین آزمایشگاهی مفید بوده و جهت ارزیابی کارکرد، جز در مواردی که با آزمون های دیگر همراه باشد، یا درج در داده برگ ها کاربردی ندارد. روش های استاندارد آزمون پارگی در زیر فهرست شده اند:

- ISO 34
- ASTM D 624
- BS 903، بخش A3
- ISO 816
- DIN 53507
- DIN 53515

۵,۵ آزمون سایش

نتایج به دست آمده از آزمون های سایش از تکرارپذیری ضعیفی برخوردار بوده و تطبیق شرایط آزمایشگاهی با شرایط واقعی کارکرد قطعه دشوار می باشد. به علاوه، برقراری ارتباط بین داده های این آزمون با شرایط کارکرد از دقت و تضمین کمی برخوردار است. به همین جهت، آزمون های سایش برای تعیین مشخصه های کارکردی توصیه نمی شوند. آزمون های سایش استاندارد عبارتند از:

- ISO 5470
- DIN 53516
- ISO 4649
- ASTM D 3389
- ASTM D 394
- ASTM D 1630
- ASTM D 2228
- BS 903، بخش A9

۶,۵ مانایی فشاری (Compression Set)

مانایی فشاری معیاری از میزان بازگشت یک قطعه لاستیکی به حالت اولیه خود می باشد. داده های حاصل از اندازه گیری مانایی فشاری، لزوماً ارتباطی با کارآیی قطعه در عمل ندارند، زیرا در این آزمون،

عوامل بهبود یا تضعیف کارآیی قطعه لحاظ نمی شوند. معمولاً برای کارآیی مناسب قطعه، توازن مناسبی بین کلیه خواص آن ضروری می باشد. در زیر آزمون های استاندارد مانایی فشاری دسته بندی شده اند:

- ISO 815
- ASTM D 395، مانایی فشاری در دمای محیط و
- BS 903، بخش A6، مانایی فشاری در دماهای زیاد
- DIN 5317
- ISO 1653
- ASTM D 1229، مانایی فشاری در دماهای کم
- DIN 53517

۷,۵ آزمون جهندگی (Rebound Resilience)

جهندگی خوب برای درزبندهای دینامیکی و نیز اجزایی با سطح مقطع بزرگ حیاتی است، زیرا این اجزا باعث کاهش گرماندوزی (Heat Buildup) می شوند. در برخی از کاربردها، مثل میراگری (Damping) ارتعاشات، ممکن است آمیزه هایی با جهندگی کم مطلوب باشند، زیرا این امکان وجود دارد که اثر میراگری آن ها بیشینه دامنه نوسان را حین کارکرد محدود نماید.

از سوی دیگر، چنانچه فرکانس و دامنه نوسان باعث گرماندوزی بیش از حد در یک آمیزه با جهندگی کم شود، استفاده از یک آمیزه با جهندگی بالا ضرورت می یابد. آزمون های جهندگی استاندارد در زیر ارائه شده اند:

- ISO 4662
- ASTM D 1054
- BS 903، بخش A8
- DIN 53512

۸,۵ پیرشدگی شتابیده یا مقاومت گرمایی

آزمون های پیرشدگی گرمایی برای مقاصد زیر به کار می آیند:

- اندازه گیری تغییرات در لاستیک ولکانیده در دماهای کارکرد زیاد
- به عنوان یک آزمون شتابیده جهت تخمین پیرشدگی طبیعی در دمای محیط
- در داده برگ ها به عنوان یک آزمون کنترل کیفیت
- به عنوان یک آزمون پیرشدگی شتابیده در دماهای زیاد جهت پیش بینی عمر بلندمدت قطعه در دماهای کم

بیان این نکته حائز اهمیت است که ارتباط و همبستگی خاصی بین پیرشدگی شتابیده و پیرشدگی طبیعی که معمولاً در نتیجه تماس با نور، رطوبت، ازن و سایر عوامل روی می دهد، وجود ندارد. فهرستی از آزمون های استاندارد پیرشدگی شتابیده در زیر آورده شده است:

- ASTM D 454
- ASTM D 572
- ASTM D 573
- ASTM D 865
- BS 903، بخش A9
- DIN 53508
- ISO 188
- NF T46-004
- NF T46-005
- NF T46-006

۹,۵ مقاومت در برابر ازن

آزمون های ازن درونگاهی برای طراحی آمیزه و مقایسه بین مقاومت آمیزه های مختلف در برابر ازن مفید می باشند. با این حال، ارتباط و همبستگی کمی بین نتایج آزمون های آزمایشگاهی و کارکرد قطعه نهایی وجود دارد. بنابراین، آزمون های مذکور معمولاً فقط برای

مقایسه و رتبه بندی لاستیک ها و آمیزه های مختلف به کار می آیند. در زیر آزمون های استاندارد رایج برای تعیین مقاومت لاستیک ها در برابر ازن آورده شده است:

- ASTM D 1149
- ASTM D 1171
- ASTM D 3395 (دینامیک)
- ASTM D 470 (بررسی کابل ها)
- BS 903، بخش های A43 و A44
- DIN 53509
- DIN 53509، بخش ۱
- DIN 53509، بخش ۲
- ISO 1431، بخش های ۱ و ۲
- NF T46-019
- NF T46-038
- NF T46-039

۱۰,۵ تماس با مایعات

آزمون ساده تورم اطلاعات ارزشمندی را درباره مناسب بودن یک آمیزه لاستیکی جهت تماس با یک سیال معلوم، در اختیار می گذارد. برای برخی محصولات، کاهش حجم یا ابعاد محصول به دلیل از دست دادن افزودنی ها، بسیار جدی تر از تورم می باشد.

بنابراین، میزان تورم معیار خوبی برای مقاومت لاستیک در برابر مایعات به شمار می آید. آزمون های استاندارد تورم در زیر آورده شده اند:

- ASTM D 1460
- ASTM D 3137
- ASTM D 471
- BS 903، بخش های A16 و A18
- DIN 53521
- DIN 53538، بخش های ۱ تا ۵
- ISO 1817
- NF T46-013

۱۱,۵ مقاومت خستگی

نتایج آزمون های استاندارد مقاومت خستگی لاستیک معمولاً با کارکرد آن ارتباط و همبستگی ندارند. با این حال، انجام این آزمون به طور همزمان بر روی نمونه مجهول و یک آمیزه مرجع با کارکرد معلوم و مقایسه نتایج آن ها، مفید است. آزمون های استاندارد مقاومت خستگی در جدول زیر آورده شده اند:

جدول ۲,۵ آزمون های مقاومت خستگی استاندارد

آزمون Flexometer	رشد بریدگی	ترک زایی خمشی
ISO 4666/1/2/3	ISO 133	ISO 132
ASTM D 623	ASTM D 813	ASTM D 430
A49 بخش BS 903	ASTM D 1052	A10 بخش BS 903
A50 بخش BS 903	A11 بخش BS 903	NF T46-015
	NF T46-016	

۵ طبقه بندی لاستیک های مورد استفاده در کاربردهای خودرویی

سیستم های طبقه بندی مبتنی بر دو استاندارد ASTM D 2000 و SAE J200 مشترکاً توسط کمیته D11 برای لاستیک ها و مواد شبه لاستیکی در سازمان ASTM و جامعه مهندسين خودرو (SAE) تدوين شده است. اين دو استاندارد به قدر كافي مهم و پرترفدار هستند كه لزوم توضيح نحوه استفاده از آن ها در اين فصل حس شود. خلاصه ای که در زیر آورده شده است، جهت تفسیر مشخصه های رایج لاستیک مفید بوده و در آن به مثال ذکر شده در استاندارد D 2000 اشاره می شود.

مجموعه اعداد و حروف زیر مثالی از این سیستم طبقه بندی می باشد:

2AH 510 A14EO34

بخش نخست نام گذاری فوق اصطلاحاً شروط پایه نامیده می شود، که متشکل از عبارت 2AH 510 می باشد. شروط پایه به قرار زیر تفسیر می گردند:

2 = عدد گونه (Grade). این عدد سطوح کارکردی (Performance) را برای شروط پسوندی (Suffix) تعریف می کند.

A = نوع ماده. این کد شروط دمای پیرشدگی را تعریف می کند.
مواد نوع A در 70°C پیر می شوند.

H = طبقه ماده. این کد شروط تورم با روغن را تعیین می کند. مواد
متعلق به طبقه H دارای حداکثر تورم ۳۰٪ در روغن شماره ۳
ASTM می باشند.

5 = سختی مورد نظر: 50 ± 5 Shore A

10 = حداقل استحکام کششی: ۱۰۰۰ psi. اگر کد با حرف M
(مخفف Metric) آغاز شود، استحکام کششی بر حسب MPa
بیان می گردد.

اعداد و حروف متعاقب شروط پایه اصطلاحاً شروط پسوندی نامیده
می شوند. این مجموعه تنها زمانی به کد پایه اضافه می شود که
شروط ویژه ای برای کاربرد نهایی الاستومر مد نظر باشد. در مثال
ذکر شده، شروط پسوندی A14EO34 را می توان به شکل زیر تفسیر
کرد:

A = مقاومت حرارتی ویژه: حداکثر تغییرات استحکام کششی مجاز
برابر با $\pm 15\%$ و حداکثر تغییرات کش آمدگی مجاز $\pm 40\%$ می باشد.
بدون پسوند A14، مواد پایه مجاز به $\pm 30\%$ تغییر در استحکام کششی
و $\pm 50\%$ تغییر در افزایش طول بعد از پیرشدگی گرمایی می باشند.

1 = روش آزمون مقاومت گرمایی: ASTM D573 برای ۷۰ ساعت.

4 = دمای آزمون مقاومت گرمایی: ۱۰۰ °C

EO = مقاومت در برابر سیال (روغن ها و روان کننده ها). همانند مورد مربوط به مقاومت گرمایی، این پسوند تغییرات خواص کمتری را بعد از غوطه وری در روغن شماره ۳ ASTM نسبت به ماده پایه متعلق به طبقه C مجاز می شمارد.

3 = روش آزمون مقاومت در برابر سیال: ASTM D 471 در روغن شماره ۳ به مدت ۷۰ ساعت.

4 = دمای آزمون مقاومت در برابر سیال: ۱۰۰ °C

در جدول ۱,۶، برای اولین عدد پسوند تنها چهار عدد آورده شده است، ولی باید خاطر نشان ساخت که در سیستم کامل ASTM D 2000/SAE J 200 تا نه عدد برای نخستین عدد پسوند ذکر شده است.

جدول ۱,۶ اعداد پسوند طبق سیستم ASTM D 2000/SAE J200

طبقه لاستیک بر اساس تورم		نوع بر اساس دما (°C)	
نامشروط	A	۷۰	A
حداکثر ٪۱۴۰	B	۱۰۰	B
حداکثر ٪۱۲۰	O	۱۲۵	O
حداکثر ٪۱۰۰	0	۱۵۰	0

ادامه جدول ۱,۶ (اعداد پسوند طبق سیستم ASTM D2000/SAE J200)

طبقه لاستیک بر اساس تورم		نوع بر اساس دما (°C)	
حداکثر ۸۰٪	E	۱۷۵	E
حداکثر ۶۰٪	F	۲۰۰	F
حداکثر ۴۰٪	G	۲۲۵	G
حداکثر ۳۰٪	H	۲۵۰	H
حداکثر ۲۰٪	J	۲۷۵	J
حداکثر ۱۰٪	K		

مفهوم عدد پسوندی		لاستیک های رایج	نوع
مقاومت گرمایی	A	NR, IR, SBR, IIR, EPDM, BR	AA
مانایی فشاری	B	T	AK
مقاومت جوی یا ازن	C	EPDM, High Temp. SBR, IIR	BA
فشار - تغییر شکل	D	CR	BC
مقاومت سیالی (سیالات آبی)	EA	CR	BE
مقاومت سیالی (سوخت ها)	EF	NBR	BF
مقاومت سیالی (روغن ها و روان کننده ها)	EO	NBR, AU, EU	BG
مقاومت در دمای کم	F	NBR, T	BK
مقاومت پارگی	G	EPDM	CA
مقاومت خمشی (Flex)	H	CSM	CE
مقاومت سایشی	J	NBR, ECO	CH
چسبندگی	K	EPDM	DA
مقاومت در برابر شعله وری	M	ACM (Low Temp.)	DF
مقاومت ضربه ای	N	ACM	DH
مقاومت در برابر لکه پذیری	P	MQ (High Strength)	FC
جهندگی	R	MQ	FE

مفهوم عدد پسوندی		پلیمر مصرفی رایج	نوع
هر گونه شرط ویژه طبق توافق مشترک بین تولید کننده و مصرف کننده	Z	FVMQ	FK
		MO	GE
		FKM	HK

اولین عدد پسوندی				حرف
4	3	2	1	پسوند
-	D 865, 168h	D 865, 70h	D 573, 70h	A ، گرما
D 395, 70h	D 395, 22h	D 395, 70h	D 395, 22h	C/S ، B
B چندلایه -	B چندلایه D 1171, B	B قالبگیری D 1171 (1)	B قالبگیری D 1171, A	C ، ازن
-	-	D 575, B	D 575, A	C/D ، D
D 471, #1, 168h	D 471, #3, 70h	D 471, #2, 70h	D 471, #1, 70h	EO ، روغن
-	D 471, C, 70h	D 471, B, 70h	D 471, A, 70h	EF ، سوخت
-	-	D 471, 70h, آب - گلیکول	D 471, آب	EA ، سیال آبی
D 1329, 10%	D 2137, 22h	D 1053	D 2137, 3 mm	F ، دمای کم
-	-	D 624, Die C	D 624, Die B	G ، پارگی
-	D 430, C	D 430, B	D 430, A	H ، ناشدگی
-	-	-	همانگونه که ذکر شده	J ، سایش

اولین عدد پسوندی				حرف پسوند
4	3	2	1	
-	-	D 429, B	D 429, A	، K چسبندگی
-	-	-	همانگونه که ذکر شده	، M شعله
-	-	-	همانگونه که ذکر شده	، N ضربه
-	-	D 925, B	D 925, A	، P لکه پذیری
-	-	-	D 945	، R جهندگی

(1) = در پسوند C2 شش هفته آزمون جوی صورت گرفته ؛ در C1 و C3 از کابینت ازن استفاده شود.

توجه: هر جا که ضرورت داشته، روش آزمون A، B و یا C بعد از عدد روش اصلی ذکر شده است.
عدد پسوندی دوم دمای آزمون را نشان می دهد.

به منظور طراحی یک نسخه خاص باید به یک ویرایش روزآمد
ASTM D 2000 و یا SAE J200 مراجعه کرد، تا از انواع پسوندها و
شروط تعیین شده برای هر نوع و طبقه از مواد آگاهی حاصل نمود.

۶ رفع عیب

درهم رفتگی (Shrinkage)

درهم رفتگی به دلیل ضریب انبساط گرمایی نسبتاً زیاد آمیزه حادث می شود. یک قطعه لاستیکی پخت شده زمانی که با قالب هم دما (در دمای پخت) باشد، ابعاد یکسانی با محفظه آن دارد؛ با این حال، به محض خنک شدن، لاستیک بیش از قالب منقبض شده و قطعه نهایی به طور قابل ملاحظه ای کوچکتر از محفظه قالب می گردد.

پخت در دماهای کم تر یا افزایش مقدار آمیزه در قالب تا حدی باعث کاهش این پدیده می شود. به علاوه، درهم رفتگی را می توان با جایگزینی خاک رس به جای تمام یا بخشی از دوده در آمیزه لاستیکی کاهش داد.

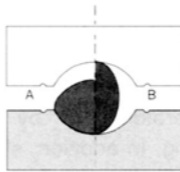
رد هوا (Air Marking)

این نقیصه به واسطه حبس شدن هوا بین سطح محفظه قالب و توده لاستیکی بروز می کند. با اعمال فشار قالب گیری، هوا تا چنان حجم کوچکی فشرده می شود که دیگر حفره (Void) قابل رؤیتی را به وجود نمی آورد، بلکه با رهایش فشار بر روی سطح منبسط می گردد. در یک قطعه کاملاً پخت شده، انبساط مذکور لاستیک را

تا جایی تغییر شکل می دهد که هوا بتواند از قالب خارج شود. بعد از خروج هوا، قطعه به شکل اولیه خود بازمی گردد.

گاهی رد هوا به دلیل حبس شدن مقدار زیادی از هوا حادث شده و طولانی تر کردن زمان پخت، آن را برطرف نمی کند. محصولات ولکانیده نرم برای این نوع نقیصه بسیار مستعدتر می باشند.

برطرف کردن نقیصه رد هوا مستلزم ایجاد تغییرات در طرح قالب است، تا تهویه هوا با سهولت بیشتری صورت گیرد. از جمله این تغییرات می توان به تغییر در محل خط جدایی قالب یا ایجاد سوراخ های تهویه بر روی سطح محفظه حفره قالب اشاره کرد. روش دیگر برای حل این مشکل، تغییر در نحوه آماده سازی و میزان افزودن توده لاستیکی به قالب می باشد. این مورد در شکل ۱,۷ نشان داده شده است.



شکل ۱,۷ روش افزودن آمیزه لاستیکی به قالب جهت کاستن از رد هوا

A = غلط، B = صحیح

حبس شدن هوا را می توان با ضربه زنی پیاپی پرس قالب (اعمال و رهايش متناوب فشار در آغاز مرحله پخت) نیز کاهش داد. این امر به هوا اجازه می دهد تا با نرم شدن و جریان یافتن آمیزه در اثر گرما از قالب خارج شود.

اسفنجی شدن و تخلخل

تخلخل و اسفنجی شدن یک محصول ولکانیده نتیجه مستقیم پخت ناکافی می باشد. حین فرایند، هوای محبوس یا حل شده در آمیزه در اثر اعمال فشار قالب از انبساط گرمایی بازداشته می شود، ولی به محض بازشدن پرس قالب، در آمیزه ای که پخت کافی نداشته است، انبساط یافته و تولید حفره های درونی می کند. محصولات جانبی گازی شکل که در حین واکنش ولکانش به وجود می آیند، اجزای فرار آمیزه و رطوبت نیز باعث بروز پدیده اسفنجی شدن می شوند. در بسیاری از موارد، تضمین پخت کافی آمیزه، فشار مناسب قالب و افزودن مقدار کافی از آمیزه به محفظه آن، از اسفنجی شدن و تخلخل در مرکز یک قطعه قالب گیری شده جلوگیری می کند.

حبس هوا در زیر سطح

این نقیصه در محصولات ولکانیده نرم، که آمیزه پخت نشده آن ها بسیار پلاستیک می باشد، رایج است. به طور کلی، استفاده از گونه

گرانروتر لاستیک و به حداقل رساندن میزان خرد کردن مکانیکی آمیزه حین اختلاط و آماده سازی آن، از شدت این نقیصه می‌کاهد. ضربه زنی پیاپی پرس قالب نیز می‌تواند حبس هوا را به حداقل برساند.

ترک جریانی (Flow Cracks)

تا شدگی‌ها، لایه‌ای شدن‌ها، ترک‌ها و خطوط قابل رؤیت در یک قطعه قالب گیری شده گواهی بر جوش خوردن ضعیف نواحی مختلف می‌باشند. نقائص فوق بیشتر در آمیزه‌هایی یافت می‌شوند که بسیار سفت بوده و یا چقرمی (Nerve) زیادی دارند. سفتی را می‌توان با انتخاب گونه‌ای از لاستیک با گرانروی کمتر یا شکستن زنجیرهای لاستیک پایه کاهش داد. آمیزه‌های بسیار سفت عموماً به فشار قالب گیری زیادی نیاز دارند و جوش خوردگی ضعیف زمانی حادث می‌شود که پرس قالب قادر به تأمین نیروی فشاری کافی جهت جریان یافتن مناسب آمیزه در قالب نباشد. دوده کوره‌ای زیاد ساخت یافته در مقایسه با دوده گرمایی نرم بر مبنای وزن معادل، در کاهش چقرمی آمیزه بسیار مؤثرتر می‌باشد. استفاده از مقادیر اندکی دوده زیاد ساخت یافته در مقایسه با مقادیر زیاد دوده MT نرم، چقرمی آمیزه را کمتر می‌کند. با این حال، افزایش میزان پرکننده کاهش چقرمی آمیزه را به همراه دارد. افزایش میزان نرم کننده موجود در آمیزه لاستیکی نیز به کاهش بسیار جزئی چقرمی آمیزه می‌انجامد، زیرا نرم کننده گرانروی را کاهش می‌دهد.

باید خاطر نشان ساخت که گرانیروی زیاد، چقرمی آمیزه را تحت الشعاع قرار می دهد.

سیستم های پخت ایمن، امکان پخت زود هنگام آمیزه را به حداقل می رسانند. این نوع پخت باعث ایجاد نوعی چقرمی در آمیزه می شود. توصیه می گردد که در صورت امکان دمای قالب گیری زیادی برای آمیزه انتخاب شود، تا زمان چرخه قالب گیری کوتاه نگاه داشته شده و استفاده از سیستم های پخت ایمن میسر گردد.

از دلایل دیگر جوش خوردگی ضعیف می توان ناکافی بودن مقدار آمیزه برای پر کردن محفظه قالب، استفاده بیش از اندازه از روان کننده قالب و وجود آلودگی، گرد و خاک، سفیدک زدن یا وجود روان کننده اضافی بر روی آمیزه را نام برد. گرم کردن آمیزه قبل از لایه گذاری یا اکستروژن باعث غلبه بر این معضل می شود.

پشت تراشیدگی (Backgrinding)

پشت تراشیدگی در نتیجه انبساط محصول ولکانیده هنگام باز شدن قالب و به صورت گسیختگی در خط جدایی قالب بروز می یابد. این پدیده زمانی رخ می دهد که انبساط آمیزه در ناحیه ای کوچک متمرکز شده و میزان افزایش طول، از افزایش طول نهایی محصول ولکانیده فراتر رود.

چنانچه هنگام اعمال فشار نهایی، آمیزه تنها به میزانی در محفظه قالب وجود داشته باشد که محفظه کاملاً پر گردد، می توان بر نقیصه فوق فائق آمد. البته غالباً پیش گرمایش آمیزه تا دمایی نزدیک به دمای قالب، قبل از اعمال فشار قالب گیری نهایی، روشی عملی تر است. چنانچه آمیزه را بتوان با تأخیر توسط ضربه پرس قالب از محفظه آن به بیرون راند، از خود قالب نیز می توان جهت پیش گرمایش آمیزه استفاده کرد.

پارگی هنگام خارج ساختن از قالب

پارگی زمانی اتفاق می افتد که بریدگی های عمیقی در قطعه وجود داشته یا نیاز به کندن آن از یک مغزی باشد. در طراحی اولیه قالب می توان با تعیین محل مناسب سطوح انطباق، استفاده از گوشه های گرد و مقاطع ضخیم در نواحی بحرانی از بروز این پدیده جلوگیری کرد. کثیف بودن یا روان کاری ضعیف قالب باعث چسبندگی قطعه به آن می شود. راه علاج این مشکل، تمیزکاری متناوب قالب و استفاده مناسب از رهاگرهای قالب می باشد. مقاومت پارگی لاستیک ها با افزایش دما کاهش می یابد؛ بنابراین، پخت در دماهای پایین تر نیز از پارگی جلوگیری می نماید. پخت بیش از حد باعث کاهش مقاومت پارگی می شود و باید تا حد ممکن از آن اجتناب کرد. اگر یک محصول ولکانیده در شرایط پخت بهینه خود دچار

پارگی شود، غالباً می توان آن را قبل از پخت کامل از قالب خارج ساخته و عملیات پخت را مثلاً در یک کوره هوا تکمیل کرد.

سفیدک زدن (Bloom)

پدیده سفیدک زدن اشاره به ظهور یک یا چند جزء آمیزه بر روی سطح لاستیک پخت شده یا خام دارد. این پدیده نتیجه مستقیم مهاجرت یک جزء به سطح لاستیک به دلیل وجود آن در آمیزه، فراتر از حد انحلال و یا ناسازگاری اجزاء می باشد. یک آمیزه کار باتجربه باید از زیاد بودن مقدار یک جزء و یا فزونی آن از حد انحلال خود در آمیزه آگاه بوده و به سازگاری اجزاء اشراف داشته باشد.

پلیسه (Flash)

پلیسه عموماً در نتیجه استفاده بیش از اندازه آمیزه در محفظه قالب بروز می کند. با این حال، پلیسه حتی هنگام پر نبودن قالب نیز مشاهده می شود. دلایل این امر مواردی چون شکل نامناسب آمیزه برای قالب و طراحی نامناسب یا آسیب دیدگی قالب می باشد. پلیسه بسیار ضخیم اغلب در نتیجه کم بودن فشار گیره های قالب، کوچک بودن شیار پلیسه یا پخت زود هنگام آمیزه تشکیل می گردد.

مشکلات اختلاط

مشکلات اختلاط اجزای آمیزه اغلب ریشه اصلی بسیاری از اشکالات در کارکرد یک محصول لاستیکی می باشد. در زیر برخی مشکلات اختلاط و دلایل احتمالی آن ها فهرست شده اند:

پراکنش ضعیف

الف) روند اختلاط

- زمان اختلاط ناکافی
- دمای تخلیه بسیار کم یا بسیار زیاد
- افزودن همزمان مواد اسیدی و بازی (مثل اسید استتاریک و تأخیرانداز (Retarder) همراه با اکسید روی و منیزیم
- خرد شدن ناکافی لاستیک(ها)
- ترتیب نامناسب افزودن اجزای آمیزه
- افزودن دیر هنگام پرکننده در چرخه اختلاط
- افزودن همزمان دوده ریزساختار و رزین ها یا روغن های گرانو
- ناکافی بودن زمان پراکنش اکسیدهای فلزی
- بزرگی یا کوچکی بیش از اندازه پیمانہ (Batch)

ب) نیروی انسانی

- عدم اجرای روند تعیین شده اختلاط
- عدم جلوگیری از چسبیدن خوشه های مواد خشک و روغنی به کوبه (Ram) و قیف دستگاه اختلاط
- تنظیم غلط سرعت روتور دستگاه
- خارج ساختن زود هنگام آمیزه از غلتک

ج) دستگاه

- کنترل ناکارآمد دمای مخلوط کن
- فشار ناکافی کوبه (Ram)
- فرسایش بیش از حد قطعات اصلی در محفظه اختلاط
- کنترل ناکارآمد دمای غلتک
- کارکرد نامناسب مخلوط کن فوقانی در غلتک

د) مواد

- لاستیک جزئی ژل شده
 - EPDM یا لاستیک بوتیل سرد
 - لاستیک طبیعی منجمد
 - لاستیک طبیعی با پیش جویدگی (Pre-mastication)
- ناکافی

- رطوبت زیاد پرکننده
- استفاده از اجزای نامناسب در آمیزه

ه) طراحی آمیزه

- استفاده از لاستیک هایی با گرانشی مونی بسیار متفاوت
- ناسازگاری نرم کننده ها با لاستیک (ها)
- تعدد اجزای آمیزه به شکل دانه های سخت
- استفاده زیاد از پرکننده هایی با ذرات کوچک
- استفاده از رزین هایی با نقطه ذوب بسیار زیاد
- ناکافی بودن مقدار نرم کننده های مایع
- افزودن بیش از حد پرکننده ها و نرم کننده ها به آمیزه

پخت زودهنگام یا برشتگی (Scorchiness)

- سرمایش ناکافی مخلوط کن
- سرعت زیاد سیستم پخت
- دمای تخلیه زیاد
- افزودن شتاب دهنده در زمانی نامناسب به مخلوط کن
- پراکنش ضعیف شتاب دهنده (ها) یا عوامل ولکانش
- تجمع رزین بر روی روتورها
- عدم استفاده از تأخیراندازها
- توزین ناصحیح اجزای آمیزه
- سرعت زیاد روتورها

- زیاد بودن دمای افزودن اجزاء آمیزه
- استفاده بیش از حد از پرکننده هایی با ذرات کوچک
- ناکافی بودن مقدار نرم کننده های مایع
- انباشتن آمیزه زمانی که هنوز داغ و مرطوب است

آلودگی

- آلودگی فیزیکی لاستیک ها و مواد شیمیایی مورد استفاده در آمیزه های لاستیکی با گردو خاک، سنگ ریزه و سایر مواد
- آلودگی شیمیایی لاستیک بوتیل و EPDM با سایر لاستیک ها همچون لاستیک طبیعی و نیتریل
- استفاده از ظرف یکسان برای برداشتن اجزای مختلف آمیزه
- استفاده از اجزای غلط در آمیزه
- تراوش روغن از درزبند معیوب روغن در مخلوط کن
- چسبیدن آمیزه باقیمانده به روتور، دریچه تخلیه، قیف و کوبه (Ram)
- چسبیدن آمیزه باقیمانده به دیگچه و هدایتگرهای دستگاه آسیاب و محافظ بهم زن
- تجمع باقیمانده مواد در حلقه های محافظت از گردو خاک

- عدم تمیز کاری مناسب محیط اطراف مخلوط کن و غلتک

فرایند پذیری ضعیف

- عدم تنظیم صحیح دمای غلتک
- کنترل ناکارآمد دمای غلتک، نسبت اصطکاک و سرعت
- کم بودن گرانشی مونی آمیزه
- استفاده بیش از حد از چسبناک کننده ها (Tackifiers)
- افزودن بیش از اندازه پرکننده های چسبناک (مثل خاک رس) به آمیزه
- افزودن زیاد از حد نرم کننده های گرانشی
- عدم استفاده از کمک فرایندهای مناسب در فرمول بندی آمیزه
- افزودن ناکافی یا اضافی اجزاء
- انتخاب غلط گرانشی لاستیک
- پراکنش ضعیف
- مستعد بودن آمیزه به پخت زودهنگام
- رها کردن طولانی مدت آمیزه بر روی غلتک

تغییرات از یک پیمانانه به پیمانانه دیگر

- تغییرات در دمای افزودن مواد

- تغییرات در شدت جریان یا دمای آب خنک کننده
- تغییرات در فشار کوبه
- خطا در توزین اجزای آمیزه
- تفاوت بین بشکه های حاوی اجزای آمیزه
- استفاده از اجزای جایگزین در آمیزه
- تغییرات در دمای تخلیه
- اختلاف در طرز استفاده از غلتک توسط کاربرهای مختلف
- تغییرات در زمان آمیختگی (Blend Time)
- تفاوت در میزان پراکنش اجزاء

۸ چند مثال

مثال ۱

ویژگی های مشخصه M2BG710B14EO34 را توصیف کنید.

با توجه به آنچه در فصل ۶ گفته شد و با استناد به استاندارد ASTM D 2000 می توان موارد زیر را دریافت:

عدد یا حرف	مفهوم	مرجع (جدول در ASTM (D2000
M	سیستم طبقه بندی مبتنی بر واحدهای SI می باشد	
2	عدد گونه که بیانگر انحراف از شروط پایه است	
B	نوع (مقاومت در برابر پیرشدگی گرمایی)	1
G	طبقه (مقاومت در برابر تورم در روغن شماره ۳ (ASTM	2
7	سختی دورومتر (70 ± 5)	6
10	استحکام کششی (MPa)، حداقل	6
B	مانایی فشاری	3
1	آزمون D395، 22h، روش B	4
4	دمای آزمون (100°C)	5
EO	مقاومت در برابر سیال (روغن ها و روان کننده ها)	3
3	آزمون D471، روغن شماره ۳ ASTM، 70h	4
4	دمای آزمون (100°C)	5

مثال ۲

با توجه به مشخصه مثال قبل، یک فرمول تقریبی برای اورینگ (O-ring) لاستیکی با ضخامت ۲/۵ mm و تهیه شده به روش قالب گیری تزریقی بنویسید.

برای مقاومت در برابر روغن (EO34)، بخش ۳، ۱، ۲، ۲، ۲ لاستیک هایی را توصیه می کند که در زنجیر پلیمری خود گروه های قطبی مقاوم در برابر روغن داشته باشند (مثل NBR). در عین حال، جداول ۳، ۷ و ۳، ۸ نیز NBR را توصیه می کنند. با توجه به موارد ذکر شده در بخش ۳، ۳، ۱، روغن های معدنی به عنوان نرم کننده NBR مناسب نیستند. یک نرم کننده خوب برای NBR باید از خانواده فتالات ها باشد (مثل DOP).

به منظور بهبود خواص مکانیکی، باید به آمیزه NBR دوده نیز افزود. دوده نوع N-660 برای این منظور مناسب است، زیرا تعادل خوبی بین خواص فشاری و کششی آمیزه برقرار می کند. مشخصه آمیزه اطلاعاتی را در مورد مقاومت قطعه در برابر ازن در اختیار نمی گذارد. به آمیزه باید فعال کننده (مثل اسید استتاریک) و اکسید روی نیز افزود. از آنجا که در فرایند قالب گیری تزریقی لاستیک، دما زیاد است، استفاده از یک سیستم ولکانش کارآمد برای نواحی ضخیم ضروری است (بخش ۴، ۱، ۴). با توجه به آنچه گفته شد، فرمول زیر پیشنهاد می گردد:

جزء	phr
NBR	۱۰۰
DOP	۱۰
دوده N-660	۷۰
اکسید روی	۵
اسید استتاریک	۱
DTM	۱/۲
TBBS	۱/۲
TMTD	۰/۵

توجه: مقادیر phr را در فرمول فوق باید تا آنجا تغییر داد که خواص مکانیکی مورد نظر و شروط لازم برای شرایط ولکانش آمیزه تأمین گردد.

مثال ۳

یک غلتک با قطر ۴۰ cm و طول ۱۰۶ cm در نظر بگیرید. ظرفیت غلتک و وزن آمیزه را محاسبه کنید.

در ابتدا باید چگالی آمیزه و فرمول کارخانه ای (بخش ۳,۲) را محاسبه کرد. چگالی اجزای مختلف آمیزه در فصل ۹ آورده شده است. با در دست داشتن چگالی و نسبت تک تک اجزاء می توان حجم را محاسبه نمود:

جزء	phr	چگالی g / cm^3	حجم cm^3
NBR	۱۰۰	۰/۹۸	۱۰۲/۰۴
DOP	۱۰	۰/۹۹	۱۰/۱۰
N-660	۷۰	۱/۸۰	۳۸/۸۹

حجم cm^3	چگالی g/cm^3	phr	جزء
۰/۹۰	۵/۵۷	۵	اکسید روی
۱/۱۸	۰/۸۵	۱	اسید استتاریک
۰/۸۹	۱/۳۵	۱/۲	DTM
۰/۹۴	۱/۲۸	۱/۲	TBBS
۰/۳۵	۱/۴۲	۰/۵	TMTD
۱۵۵/۲۹		۱۸۸/۹۰	جمع کل

چگالی آمیزه (ρ) = وزن آمیزه تقسیم بر حجم آمیزه

$$\rho = \frac{188.90}{155.29} = 1.22 g/cm^3$$

ظرفیت آسیاب با استفاده از رابطه زیر (بخش ۱,۴,۲) محاسبه می شود.

$$C = \frac{\pi DLH}{(1-B)}$$

فرض کنید $H = ۰/۵$ cm و $B = ۰/۵۰$ وزن کل:

$$C = \frac{\pi \times 40 \times 106 \times 0.5}{(1-0.5)}$$

$$C = 13.320 cm^3$$

وزن آمیزه برابر خواهد بود با:

$$W = \rho C$$

$$W = 1.22 \text{ g/cm}^3 \times 13.320 \text{ cm}^3$$

$$W = 16.251 \text{ kg}$$

در زیر مقدار هر جزء محاسبه شده است:

$$\text{kg}(NBR) = \frac{100 \times 16.251}{188.90} = 8.603 \text{ kg}$$

$$\text{kg}(N-660) = \frac{70 \times 16.251}{188.90} = 6.02 \text{ kg}$$

فرمول کارخانه ای حاصل به شرح زیر می باشد:

kg	جزء
۸/۶۰۳	NBR
۰/۸۶۰	DOP
۶/۰۲۲	N-660
۰/۴۳۰	اکسید روی
۰/۰۸۶	اسید استئاریک
۰/۱۰۳	DTM
۰/۱۰۳	TBBS
۰/۰۴۳	TMTD
۱۶/۲۵۰	جمع کل

۹ جداول مفید

۱,۹ چگالی مواد آمیزه های لاستیکی

چگالی (g/cm^3)	ماده
۰,۷۹	Acetaldehyde (استالدهید)
۱/۰۵	Acetic acid (اسید استیک-گلاسیال)
۰,۷۹	Acetone (استن)
۱/۱۰	ADPA
۲/۷	Aluminum (آلومینیم)
۲/۴۲	Aluminum hydroxide (هیدروکسید آلومینیم)
۰,۹۱	Ammonia (آمونیاک)
۱/۵۸	Ammonium bicarbonate (بی کربنات آمونیم)
۱/۵۴	Ammonium chloride (کلرید آمونیم)
۱/۰۲	Aniline (آنیلین)
۱/۲۴	Anthracene (آنتراسن)
۵/۶۷	Antimony oxide (اکسید آنتیموان)
۰,۹۹	APPD
۰,۹۵-۱/۵	Asphalt (آسفالت)
۰,۹۷	Balata (بالاتا)
۴/۲	Barium Sulfate (سولفات باریم)
۴/۴۵	Barytes, ground (باریت آسیاب شده)
۶/۲۷	Basic lead carbonate (کربنات سرب بازی)
۲/۵	Bentonite (بنتونیت)
۱/۰۵	Benzaldehyde (بنزالدهید)
۰,۸۸	Benzene (بنزن)

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۲۶	Benzoic acid (اسید بنزوئیک)
۱/۰۴	Benzyl alcohol (بنزیل الکل)
۰/۹۳	BIIR
۱/۴	Bitumen (قیر طبیعی)
۴/۲۰	Blanc Fixe
۱/۴۴	Boric acid (اسید بوریک)
۸/۴-۸/۷	Brass (برنج)
۵/۱۵	Brown Iron oxide (اکسید آهن قهوه ای)
۰/۶۵ (-۶ °C)	Butadiene (بوتادین)
۰/۸	Butyl alcohol (بوتیل الکل)
۲/۷۰	Calcium carbonate (کربنات کلسیم)
۲/۲۸	Calcium hydroxide (هیدروکسید کلسیم)
۳/۴	Calcium oxide (اکسید کلسیم)
۱/۸۰	Carbon black (دوده)
۱/۲۶	Carbon disulfide (دی سولفید کربن)
۱/۶۳	Carbon tetrachloride (تتراکلرید کربن)
۰/۹۹	Carnauba wax
۱/۲۶	Casein (کازین)
۱/۲۸	CBTS
۱/۳۹	Cddec
۰/۹۳	Ceresin (سرزین)
۰/۹۲	Ceresin wax (واکس سرزین)
۲/۲-۲/۶	Chalk (گچ)
۱/۶۴	Chlorinated rubber (لاستیک کلره)
۱/۱۰	Chlorobenzene (کلروبنزن)

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۵	Chloroform (کلروفرم)
۰/۹۲	CIIR
۱/۱۸	Coal tar (قطران زغال سنگ)
۱/۲	Coal tar pitch (قیر زغال سنگ)
۸/۹۳	Copper (مس)
۰/۴-۱/۲	Cork, ground (چوب پنبه آسیاب شده)
۴/۰	Corundum (کوروبندوم)
۱/۴۵	Cotton (پنبه)
۱/۲۵	Cotton flock, dark (گلوله پنبه تیره)
۱/۰۷-۱/۱۵	Coumarone-Indene (رزین های کومارون - ایندن)
۱/۱۵	Coumarone resin (رزین کومارون)
۱/۱۸	CPPD
۱/۲۳	CR
۱/۰۳	Cresol (p) (کرسول (p))
۱/۱۷	CSM
۱/۷۵	Cudmc
۰/۷۸	Cyclohexane (سیکلو هگزان)
۰/۹۴	Cyclohexanol (سیکلو هگزانل)
۰/۹۴	Cyclohexanone (سیکلو هگزانون)
۰/۸۵	Cyclohexyl ethyl amine (سیکلو هگزیل اتیل آمین)
۰/۸۷	DBPH
۱/۰۳	DBTU
۱/۰۰۱	DCP-R
۱/۰۰۳	DCP-T
۰/۸۸	Decalin (دکالین)

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۱۱	DETU
۲/۱۵	Diatomaceous Earth (خاک دیاتومه)
۱/۰۲	Dibenzyl ether (دی بنزیل اتر)
۰/۷۵	Dibutyl amine (دی بوتیل آمین)
۱/۰۲	Dibutyl phthalate (دی بوتیل فتالات)
۰/۹۴	Dibutyl sebacate (دی بوتیل سباسات)
۰/۷۱	Diethyl amine (دی اتیل آمین)
۱/۳۳	Dimethyl sulfate (دی متیل سولفات)
۰/۹۹	Diocetyl phthalate (دی اکتیل فتالات)
۰/۹۲	Diocetyl adipate (دی اکتیل آدیپات)
۱/۰۴	Dioxane (دی اکسان)
۰/۹۹	Diphenyl (دی فنیل)
۲/۶۲	Dixie clay
۲/۳۴	Dolomite (دولومیت)
۱/۲۰	DOTG
۱/۲۰	DPG
۱/۲۸	DPPD
۱/۳۵	DTDM
۲/۸	Duraluminum (دور آلومینیم)
۱/۰۴	Dibutyl phthalate (دی بوتیل فتالات)
۱/۱۲-۱/۱۵	Ebonite dust (گرد ابونیت)
۳/۷-۴/۰	Emery (سنگ سنباده)
۰/۸۶	EPDM
۱/۲۷-۱/۳۶	Epichlorohydrin (لامستیک اپی کلروهیدرین)
۰/۸۶	EPM

چگالی (g/cm^3)	ماده
۰/۷۲	Ether (اتر)
۰/۹	Ethyl acetate (اتیل استات)
۰/۷۸	Ethyl alcohol (اتیل الکل)
۱/۰۸	Factice, extended (فکتیس، افزوده)
۱/۰۴	Factice, standard (فکتیس، استاندارد)
۱/۷۲-۱/۸۶	Fluoroelastomers (لاستیک های فلوئوره)
۱/۴۰	Fluorosilicone (فلوئوروسیلیکون)
۱/۰۹	Formaldehyde (فرم آلدهید، محلول آبی ۳۰٪)
۲/۱۵	Fuller's earth
۱/۲۷	Gelatin (ژلاتین)
۱/۱۰	Gilsonite (گیلسونیت)
۲/۵	Glass fiber (الیاف شیشه)
۱/۲-۱/۴	Glue (چسب)
۱/۲۷	Glue Bone (چسب استخوان)
۱/۲۷	Glycerine (گلیسرین)
۱/۱۱	Glycol (گلیکول)
۲/۳۵	Graphite (گرافیت)
۲/۲۵	Graphite, flake (پولک گرافیت)
۰/۹۶	Guayule (گوايول)
۰/۹۸	Gutta percha (گوتا پرچا)
۲/۳۲	Gypsum (سنگ گچ)
۱/۱۷-۱/۲۰	Hard rubber dust (گرد لاستیک سخت)
۱/۰۲	Hexamethylene tetramine (هگزامتیلن تترامین)
۱/۰۴	HSR
۱/۰۱	Hydrazine (هیدرازین)

چگالی (g/cm^3)	مادہ
۱/۲۰	Hydroxyl amine (ہیدروکسیل آمین)
۰/۹۲	IIR
۱/۱۰	IPPD
۰/۹۱	IR
۷/۵-۷/۹	Iron (آهن)
۴/۱-۵/۱	Iron oxide (اکسید آهن)
۵/۱۴	Iron oxide (red oxide) (اکسید آهن قرمز)
۴/۱	Iron oxide, yellow (اکسید آهن زرد)
۰/۶۸	Isoprene (ایزوپرن)
۰/۸	Isopropyl alcohol (ایزوپروپیل الکحل)
۲/۶	Kaolin (کائولین (خاک چینی))
۰/۸۲	Kerosene (نفت سفید)
۲/۱-۲/۲	Kieselguhr
۱/۰۳-۱/۰۴	Koresin (کورسین)
۰/۹۷	Lanolin (لانولین)
۰/۹۰	Lauric acid (اسید لوریک)
۱۱/۳۷	Lead (سرب)
۱۱/۳۴	Lead powder (پودر سرب)
۱/۳۴	Lead oleate (اولئات سرب)
۶/۲۰	Lead sulfate (سولفات سرب)
۱/۳۰	Lignin (لیگنین)
۲/۲۰	Lime, hydrated (آهک آب دار)
۰/۹۴	Linseed oil (روغن بزرک)
۹/۵۳	Litharge (لیتارژ)
۴/۱۵	Lithopone (لیتوپون (۳۰٪ ZnS))

چگالی (g/cm^3)	مادہ
۳/۲	Magnesia (اکسید منیزیم)
۱/۷۴	Magnesium (منیزیم)
۲/۲۲	Magnesium carbonate (کربنات منیزیم)
۲/۴	Magnesium hydroxide (ہیدروکسید منیزیم)
۳/۲	Magnesium oxide (اکسید منیزیم)
۱/۴۴	MBM
۱/۰۸	MBPC
۱/۵۱	MBS
۱/۵۲	MBT
۱/۵۱	MBTS
۱۳/۵۵	Mercury (جیوہ)
۰/۷۹	Methyl alcohol (متیل الکل)
۰/۸۳	Methyl ethyl ketone (متیل اتیل کتون)
۱/۳۴	Methylene chloride (متیلن کلرید)
۳/۰	Mica (میکا)
۲/۹۵	Mica, powdered (پودر میکا)
۰/۸۴-۰/۹۴	Mineral oil (روغن معدنی)
۱/۰۴	Mineral rubber (لاستیک معدنی)
۴/۸	Molybdenum sulfide (سولفید مولیبدن)
۰/۸۹	Montan wax (واکس مونتان)
۱/۸۰	MT
۱/۳۳	MTI
۱/۱۶	Naphthalene (نفتالین)
۰/۹۳	Natural rubber (لاستیک طبیعی)
۱/۲۶	NBC

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۰۰	NBR (ACN زیاد)
۰/۹۸	NBR (ACN کم)
۱/۶-۱/۷	Nibren wax (واکس نیبرن)
۱/۵۰	Nitric acid (اسید نیتریک)
۱/۲۱	Nitrobenzene (نیتروبنزن)
۱/۱۴	Nylon 66 (نایلون ۶۶)
۰/۹۹	ODP
۱/۰۲	ODPA
۰/۹۶	Oil, castor (روغن کرچک)
۰/۹۲	Oil, cottonseed (روغن دانه پنبه)
۰/۸۴	Oil, mineral (روغن معدنی)
۰/۸۸	Oil, palm (روغن نخل)
۰/۹۵-۱/۰	Oil, tall (روغن تال)
۰/۹	Oleic acid (اسید اولئیک)
۰/۸۹	Oleic acid (red oil) (اسید اولئیک (روغن قرمز))
۰/۹	Ozokerite (اوزوکریت)
۰/۸۶	Paraffin oil (روغن پارافین)
۰/۸۸-۰/۹۲	Paraffin wax (واکس پارافین)
۱/۶۲	Perchloroethylene (پرکلرواتیلن)
۱/۱۴	Perlon (پرلون (نایلون a))
۰/۶۸-۰/۷۵	Petrol (gasoline) (بنزین)
۰/۸۴	Petrolatum (پترولاتوم)
۰/۶	Petroleum Ether (اتر نفت)
۱/۰۵ (در دمای $45^{\circ}C$)	Phenol (فنل)
۱/۱۱	Pine Pitch (قیر کاج)

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۰۸	Pine tar (قطران کاج)
۲۱/۴	Platinum (پلاتین)
۱/۰۴-۱/۱۸	Polyurethane (پلی یورتان)
۱/۰۵-۱/۱۵	Polyacrylic rubber (لاستیک اکریلیک)
۱/۳۸	Polyester fiber (الیاف پلی استر)
۰/۹۴-۰/۹۷	Polyethylene, HDPE (پلی اتیلن چگالی زیاد)
۰/۹۲	Polyethylene, LDPE (پلی اتیلن چگالی کم)
۰/۹۶	Polynorborene (پلی نوربورنن)
۰/۹۰	Polypropylene (پلی پروپیلن)
۱/۰۵	Polystyrene (پلی استایرن)
۱/۲۵-۱/۳۴	Polysulfide (پلی سولفید)
۱/۳۸	Polyvinyl chloride (پلی وینیل کلرید)
۲/۶۹	Potassium dichromate (دی کرومات پتاسیم)
۲/۳۵	Pumice (پودر سنگ پا)
۱/۳۰	PVI
۲/۶۵	Quartz (کوارتز)
۰/۹۲	Rapeseed oil (روغن دانه انگور)
۱/۵۰-۱/۵۲	Rayon (ریون)
۸/۶۲	Red lead (سرب قرمز)
۱/۲۷	Resorcinol (رزورسینول)
۱/۰۸	Rosin (colophony) (روزین)
۱/۰۴۴	Salicylic acid (اسید سالیسیلیک)
۰/۹۴	SBR
۰/۹۴	SBR 1500

چگالی (g/cm^3)	ماده
۰/۹۳	SBR 1707
۰/۹۵	SBR 1711
۱/۳۲	SDEC
۱/۵۸	SDMC
۱/۱۰	Shellac
۲/۰	Silica (سیلیس)
۳/۱۷	Silicone carbide (کریڈ سیلیکون)
۰/۹۸	Silicone rubber (لاستیک سیلیکون)
۰/۹۲	SKT
۲/۸	Slate Powder (پودر سنگ)
۰/۹۷	SN-1
۲/۷۲	Soapstone
۱/۴۵	Sodium acetate (استات سدیم)
۲/۲۰	Sodium bicarbonate (بی کرینات سدیم)
۲/۲۰	Sodium carbonate (soda) (کرینات سدیم)
۲/۱۶	Sodium chloride (کلرید سدیم (نمک طعام))
۲/۱۳	Sodium hydroxide (هیدروکسید سدیم)
۱/۴۳	Sodium isobutyl (ایزوبوتیل سدیم)
۱/۴۶	Sodium sulfate (Glauber's salt) (سولفات سدیم)
۱/۰۸	SPH
۱/۰۸	Sprude tar
۱/۵	Starch (نشاسته)
۰/۸۵	Stearic acid (اسید استئاریک)
حدود ۷/۹	Steel (فولاد)
۲/۰۷	Sulfur (گوگرد)

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۶۸	Sulfur chloride (کلرید گوگرد)
۲/۰	Sulfur, insoluble (گوگرد نامحلول)
۲/۰۷	Sulfur, rhombic (گوگرد لوزی شکل)
۱/۸۳	Sulfuric acid (اسید سولفوریک)
۱/۰۳	SWP
۲/۸۵	Talc (تالک)
۱/۲۸	TBBS
۱/۰۶	TBTD
۱/۴۴	TDEC
۰/۸۷	Terpentine oil (روغن تربانتین)
۱/۲۷	TETO
۰/۸۹	Tetrahydrofuran (تتراهیدروفوران) (THF)
۱/۳۰	Thiocarbonilide (تیوکربونیلید)
۳/۸۸	Titanium dioxide (دی اکسید تیتان)
۱/۰۶	TMQ
۱/۳۷	TMTM
۱/۴۲	TMTD
۱/۱۳	Tricresyl phosphate (تری کرزیل فسفات)
۱/۱۲	Triethanolamine (تری اتانل آمین)
۲/۳۵	Ultramarine blue (آبی اولترامارین)
۱/۳۴	Urea (اوره)
۲/۷۰	Whiting, ground limestone (گل سفید، پودر سنگ آهک)
۲/۶۲	Whiting, precipitated (گل سفید، رسوبی)
۱/۲۵	Wood flour (پودر چوب)
۱/۲۱	ZDBC

چگالی (g/cm^3)	ماده
۱/۴۸	ZDEC
۱/۷۱	ZDMC
۳/۳۰	Zinc carbonate (PPTD) (کربنات روی)
۱/۱۰	Zinc laurate (لورات روی)
۵/۵۷	Zinc oxide (اکسید روی)
۱/۰۵	Zinc stearate (استئارات روی)
۳/۹۲	Zinc sulfide (سولفید روی)
۱/۶۹	ZMT1

۲,۹ فرمول بندی و خواص آمیزه های لاستیکی تجاری

۱,۲,۹ تایرهای بادی

فرمول آج (Tread) تایر سواری

جزء	phr
Plioflex 1502 (SBR)	۵۰
TSR 20 (لاستیک طبیعی)	۵۰
دوده (N-299) GPT	۴۵
روغن آروماتیک	۹
Vanwax H	۱
Antozite 67P	۲
Vanox 2	۱
اسید استئاریک	۳
اکسید روی	۳
گوگرد	۱/۶

جزء	phr
Amax	۰/۸
Vanax DPG	۰/۴
جمع کل	۱۶۶/۸

رئومتر در ۱۵۰ °C (۳۰۰ °F)	
Ts1، دقیقه	۴/۸
Tc90، دقیقه	۱۵/۸
(in.lb.) MH, Nm	(۳۳/۷) ۳/۸
(in.lb.) ML, Nm	(۶/۰) ۰/۷

خواص فیزیکی - پخت به مدت ۱۸ دقیقه در ۱۵۰ °C (۳۰۰ °F)	
تنش در ۳۰۰٪ کشش، (psi) MPa	(۱۱۷۰) ۸/۱
استحکام کششی، (psi) MPa	(۲۸۲۰) ۱۹/۵
افزایش طول در نقطه شکست، %	۵۴۰
بازگشت، % (۲۲ °C)	۶۱
بازگشت، % (۱۰۰ °C)	۷۲

فرمول های آستر درونی تایر

فرمول	باری	سواری
IIR X-2 برمینه	۱۰۰	۷۰
SMR 50 (لاستیک طبیعی)	---	۳۰
دوده GPF (N-660)	۶۰	۶۰
خاک رس McNamee	۴۰	۴۰
اسید استتاریک	۱	۱
روغن نفتیک	۱۰	۱۵
Piccopale 100	۱۵	۵

سواری	باری	فرمول
۵	۵	اکسید روی
۰/۵	۰/۵	گوگرد
۱	۱	Morfax
۲۲۷/۵	۲۳۲/۵	جمع کل

رئومتر	۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)	۱۷۰ °C (۳۳۸ °F)
Ts1، دقیقه	۲/۴	۲/۵
Tc90، دقیقه	۸/۰	۷/۵

خواص فیزیکی		
تنش در ۳۰۰٪ کشش، (psi) MPa	۴/۲ (۶۱۰)	۵/۸ (۸۴۰)
استحکام کششی، (psi) MPa	۹/۰ (۱۳۰۰)	۹/۲ (۱۳۳۰)
افزایش طول در نقطه شکست، %	۵۷۰	۴۶۰
سختی، Shore A	۵۰	۵۲

۲,۲,۹ محصولات اکسترود شده

محصولات اکستروژنی لاستیک طبیعی

AA 725	AA 515	ASTM D2000
۱۰۰	۱۰۰	SMR-5
۰/۵	۰/۵	اسید استئاریک
۵	۵	اکسید روی
۲	۲	Agerite Stalite S
۲	۲	Vanfree AP-2
۵	۵	Vanplast R
-	۸	روغن سبک Circo

AA 725	AA 515	ASTM D2000
۱۵	۳۰	Neophax A
۸۰	۳۰	دوده (N-550) FEF
-	۴۰	خاک رس McNamee
۲/۷۵	۲/۷۵	گوگرد
۱	۱	Amax
۰/۲	۰/۲	Methyl Tuads
۲۱۳/۴۵	۲۲۶/۴۵	جمع کل

خواص فیزیکی - پخت به مدت ۵ دقیقه در ۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)		
(۲۳۴۰) ۱۶/۱	(۷۹۰) ۵/۴	تنش در ۳۰۰٪ کشش، (psi) MPa
(۲۷۲۰) ۱۸/۷	(۲۱۱۰) ۱۴/۵	استحکام کششی، (psi) MPa
۳۸۰	۵۳۰	افزایش طول، %
۶۷	۵۰	سختی، Shore A
(۱۹۰) ۳۳/۴	(۳۲۰) ۵۶/۳	استحکام پارگی (Die A)، (pli) kn/m

رئومتری در ۱۲۱ °C (۲۵۰ °F)		
۹	۱۰	برشنگی، ۱۵ دقیقه
۲۸	۱۵	نرمینگی (Plasticity)، ML

مانایی فشاری بعد از ۲۲ ساعت در ۷۰ °C (۱۵۸ °F)		
۲۲	۳۸	مانایی، %

محصولات اکستروژنی EPDM - برگرفته از ویرایش سیزدهم

کتاب "The Vanderbilt Rubber Handbook"

BA 815	BA 615	ASTM D2000
۱۰۰	۱۰۰	Nordel 2760

BA 815	BA 615	ASTM D2000
۱	۱	اسید استتاریک
۳	۳	اکسید روی
۱۵	-	پلی اتیلن A-C 617
۶۵	۱۴۰	روغن نفتتیک
۵۰	۱۲۰	دوده (N-650) GPF
۱۴۰	۴۰	دوده (N-774) SRF
۱/۵	۱/۵	گوگرد
۱	۱	Altax
۱/۵	۱/۵	Methyl Tuads
۰/۵	۱	Methyl Zimate
۳۷۸/۵	۴۰۹/۰	جمع کل

خواص فیزیکی - پخت به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)		
(۱۸۱۰) ۱۲/۴	(۱۷۹۰) ۱۲/۳	استحکام کششی، (psi) MPa
۲۱۰	۴۰۰	افزایش طول، %
۸۱	۶۴	سختی، Shore A

خواص فیزیکی - آمایش گرمایی به مدت ۷۰ ساعت در ۱۰۰ °C (۲۱۲ °F)		
+۷	+۸	استحکام کششی، % تغییر
-۱۶	-۱۵	افزایش طول، % تغییر
+۳	+۴	سختی، میزان تغییر

رئومتري		
۱۷	۲۰	برشتگی، 5t، در ۱۲۵ °C (۲۵۷ °F)
۶۳	۲۶	نرمینگی، ML، در ۱۰۰ °C (۲۱۲ °F)

مانایی فشاری بعد از ۲۲ ساعت در ۷۰ °C (۱۵۸ °F)

مانایی، %	۲۰	۲۴
-----------	----	----

۳,۲,۹ فرمول های تسمه ۷ شکل

Compression Component	Tensile Gum	Cement	
-	-	۱۰۰	نوپرن GRT
-	۱۰۰	-	نوپرن GK
۱۰۰	-	-	نوپرن GW
-	-	۵۰	دوده (N-329) HAF
۴۵	۵۰	-	دوده (N-550) FEF
-	۲۰	۱۰	سیلیس Hi-Sil 233
۴	۱۲	۱۵	روغن فرایندی سبک
۶	۶	-	دی اکتیل فتالات (DOP)
۱۷	-	-	گلوله پنبه
۲	۲/۵	۱	اسید استتاریک
۴	۴	۳	اکسید منیزیم
۲	۲	۳	Agerite HP-S
۲	۲	-	Agerite Stalite S
۲	-	-	Vanwax H
۵	۶	۶	اکسید روی
-	-	۰/۱۵	Vanal PML
۱۸۹/۰	۲۰۲/۵	۱۸۸/۱۵	جمع کل
۱/۳۷	۱/۳۸	۱/۴۰	چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب

جهت عرضی غلنک	جهت طولی غلنک			خواص - پخت به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)
۷۸	۷۸	۸۰	۷۵	سختی، Shore A
-	-	۴/۵ (۵۰۰)	۳/۵ (۵۰۰)	مدول ۱/۱۰۰، (psi) MPa
۱۱/۷ (۱۷۰۰)	۱۴/۵ (۲۱۰۰)	۱۸/۶ (۲۸۰۰)	۱۷/۲ (۲۵۰۰)	استحکام کششی، (psi) MPa
-	-	۲۸۰	۳۱۰	افزایش طول، %

۴,۲,۹ شلنگ

شلنگ سوخت خودرو

جزء	phr
Chemigum N687B	۱۰۰
دوده (N-660) GPF	۷۰
رس Dixie	۶۵
Vantalc 6H	۲۰
Carbowax 3350	۱
اکسید روی	۵
اکسید منیزیم	۴
Vanox 2	۲
دی اکتیل سبسات	۷/۵
نرم کننده TP-95	۷/۵
دی بوتیل فتالات	۳

جزء	phr
اسید استئاریک	۰/۵
گوگرد Spider Brand	۰/۶۲
Unads	۱/۴
جمع کل	۲۸۷/۵۲
چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب	۱/۳۸

خواص فیزیکی - پخت به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)	
مدول ۰.۵۰، MPa (psi)	۳/۲ (۴۶۵)
مدول ۱.۰۰، MPa (psi)	۵/۰ (۷۲۰)
استحکام کششی، MPa (psi)	۱۱/۴ (۱۶۴۵)
افزایش طول، %	۳۲۰
سختی، Shore A	۸۰

رنومتری در ۱۰۰ °C (۲۱۲ °F)	
رنمیگی (Plasticity)، ML	۱۰۰

رنومتر در ۱۶۰ °C (۳۲۰ °F)	
حداقل گشتاور، ML، dN.m (in-lb)	۱۴/۰ (۱۲/۷)
حداکثر گشتاور، MH، dN.m (in-lb)	۵۷/۱ (۵۰/۵)
زمان برشگی، ts1، دقیقه	۴/۶
زمان پخت، tc90، دقیقه	۹/۴

شلنگ هیدرولیکی NBR

جزء	phr
Chemigum N715B	۱۰۰
دوده (N-550) FEF	۶۰
دوده (N-762) SRF	۴۵

جزء	phr
Vanox 2	۲
اکسید روی	۳
دی ایزودسیل فتالات	۱۰
اسید استتاریک	۰/۵
پلی اتیلن A-C 617	۲
گوگرد Spider Brand	۱/۹
Amax	۰/۸
جمع کل	۲۲۵/۲
چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب	۱/۲۶

خواص فیزیکی - پخت به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۶۲ °C (۳۲۵ °F)	
مدول ۱/۱۰۰، (psi) MPa	۷/۹ (۱۱۴۵)
استحکام کششی، (psi) MPa	۱۸/۵ (۲۶۸۵)
افزایش طول، %	۳۰۵
سختی، Shore A	۸۴

خواص در دمای ۱۰۰ °C (۲۱۲ °F)	
مدول ۱/۱۰۰، (psi) MPa	۴/۳ (۶۲۵)
استحکام کششی، (psi) MPa	۹/۱ (۱۳۲۰)
افزایش طول، %	۲۲۰

رئومتری در ۱۲۱ °C (۲۵۰ °F)	
برشتگی، 10d دقیقه	۱۹
نرمینگی، MS	۵۰

رئومتر در ۱۶۲ °C (۳۲۵ °F)	
(۲۰/۵) ۲۳/۰	حداقل گشتاور، (in-lb) dN.m ،ML
(۱۱۷/۰) ۱۲۸/۲	حداکثر گشتاور، (in-lb) dN.m ،MH
۲/۷	زمان برشگی، ts2، دقیقه
۹/۵	زمان پخت، tc90، دقیقه

۵,۲,۹ آمیزه های رایج غلتک

غلتک چاپ- برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب

“The Vanderbilt Rubber Handbook”

phr	جزء
۱۵۰	Chemigum N634
۱	اسید استناریک
۵	اکسید روی
۱	Agerite Resin D
۴۰	فکنیس قهوه ای شماره ۳۲
۱۵	دی اکتیل فتالات
۱۰	Thermax N-990
۲	گوگرد
۱	Unads
۲۲۵	جمع کل

غلتک پرس کاغذ- برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب

“The Vanderbilt Rubber Handbook”

phr	جزء
۱۰۰	لاستیک (SBR یا NR)

جزء	phr
اسید استتاریک	۲
اکسید روی	۱۰۰
اکسید منیزیم	۱۰
Agerite Resin D	۲
Thermax N-990	۳۰
گوگرد	۳۰ تا ۶
جمع کل	۲۵۰-۲۷۴

غلتک لاستیک سخت - برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب

“The Vanderbilt Rubber Handbook”

جزء	phr
لاستیک (SBR یا NR)	۱۰۰
اسید استتاریک	۱
اکسید روی	۵۰
اکسید منیزیم	۱۰
Thermax N-990	۲۰
گوگرد	۵۰
جمع کل	۲۳۱

غلتک آسیاب فولادی CR - برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب

“The Vanderbilt Rubber Handbook”

جزء	phr
نئوپرن W	۱۰۰
اسید استتاریک	۱
اکسید روی	۵

جزء	phr
اکسید منیزیم	۴
Agerite Stalite S	۱
روغن فرایندی سبک	۱۰
Hi-Sil 233	۵۰
Vanax NP	۰/۵
Altax	۰/۵
جمع کل	۱۷۲/۰

غلتک پارچه - برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب
 "The Vanderbilt Rubber Handbook"

جزء	phr
Chemigum N615B	۱۰۰
اسید استئاریک	۱
اکسید روی	۵
Agerite Resin D	۲
Durex 12687	۱۵
Hi-Sil 233	۴۵
دی اکسید تیتان	۵
گوگرد	۱/۵
Altax	۱
جمع کل	۱۷۵/۵

۶,۲,۹ آمیزه های کفش

کفش - برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب "The Vanderbilt Rubber Handbook"

phr		جزء
Rubber Cement	Insole Sponge	
-	۱۰۰	SMR-20
۱۰۰	-	RSS #2
-	۵	اسید استتاریک
۵	۴	اکسید روی
-	۱	Agerite Stalite S
۰/۴	-	Agerite Superlite Solid
۲۵	۱۹۰	گل سفید (Whiting)
-	۳۵	روغن فرایندی سبک
-	۳	روغن نخل
۵	-	رزین Picco 6100
-	۱۰	بی کربنات سدیم
۰/۳	-	Vantard PVI
۲/۱	۲/۵	گوگرد
۱	۱/۷۵	Altax
۰/۲	۱/۱۳	Vanax DPG
۱۳۹/۰	۳۵۳/۳۸	جمع کل
۱/۱۱	-	چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب

رئومتر در ۱۵۳°C (۳۱۰°F)		
۷/۵	۵/۵	سرعت پخت، دقیقه
۱۲/۶	۷/۰	زمان پخت، ۹۰tc، دقیقه

زیره کلندرکاری شده- برگرفته از ویرایش سیزدهم کتاب

“The Vanderbilt Rubber Handbook”

phr	جزء
۸۰	SMR-10

جزء	phr
SBR 1009	۲۰
اسید استناریک	۰/۷۵
اکسید روی	۵
Agerite Stalite S	۰/۷۵
رس Dixie	۱۰۰
گل سفید (Whiting)	۴۵
روغن فرایندی سبک	۱۲
رزین نفتی	۵
Vanwax H	۰/۵
گوگرد	۲/۵
Altax	۱/۵
Vanax DPG	۰/۷۵
جمع کل	۲۷۳/۷۵
چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب	۱/۴۶

خواص - پخت به مدت ۴ دقیقه در ۱۵۴ °C (۳۱۰ °F)	
مدول ۳۰۰، (psi) MPa	۵/۲ (۷۶۰)
استحکام کششی، (psi) MPa	۱۰/۳ (۱۵۰۰)
افزایش طول، %	۴۵۰

مقاومت سایشی	
NBS، % استاندارد	۳۲

رثومتر در ۱۵۴ °C (۳۱۰ °F)	
سرعت پخت، دقیقه	۲/۰
زمان پخت، tc90، دقیقه	۳/۹

زیره قالب گیری شده فشاری - برگرفته از ویرایش سیزدهم

کتاب "The Vanderbilt Rubber Handbook"

جزء	phr
SMR-10	۷۰
Plioflex 1778	۳۰
اسید استتاریک	۱/۵
اکسید روی	۴
Agerite Superlite	۰/۷۵
Hi-Sil 233	۲۵
پلی اتیلن گلیکول (PEG 4000)	۰/۸
رس Dixie	۴۵
روغن فرایندی سبک	۵
رزین نفتی	۲
پلی اتیلن A-C 617	۲
گوگرد	۲
Altax	۲/۹
Vanax DPG	۰/۶
Thiate H	۰/۵
جمع کل	۱۹۲/۰۵
چگالی، گرم بر سانتیمتر مکعب	۱/۱۱

خواص - پخت به مدت ۷ دقیقه در ۱۵۴ °C (۳۱۰ °F)	
مدول ۳۰۰٪، MPa (psi)	۲/۴ (۳۵۰)
استحکام کششی، MPa (psi)	۲۰/۰ (۲۹۰۰)
افزایش طول، %	۷۵۰

مقاومت سایشی	
۶۰	NBS، % استاندارد

رئومتر در ۱۵۴ °C (۳۱۰ °F)	
۴/۰	سرعت پخت، دقیقه
۶/۳	زمان پخت، ۹۰tc، دقیقه

۷،۲،۹ درزبندهای لاستیکی

Nitrile phr	جزء
۱۰۰	Paracril BLT
۱	اسید استناریک
۵	اکسید روی
۲	Agerite Resin D
۱	Agerite White
۴۵	دوده (N-550) FEF
۳۰	Thermax (N-990)
۵	Paraplex G-50
۵	دی اکتیل سباسات (DOS)
۱/۵	Methyl Tuads
۱/۵	Ethyl Tuads
۳	Vanax NS
۰/۲	گوگرد Spider Brand
۲۰۰/۲	جمع کل

خواص فیزیکی	
(۴۸۰) ۳/۳	مدول ۱۰۰ /، (psi) MPa
(۲۲۶۰) ۱۵/۶	استحکام کششی، (psi) MPa

۴۱۰	افزایش طول، %
۷۳	سختی، Shore A

EPDM phr	جزء
۱۰۰	Vistalon 22504
-	Natsyn 2200
-	Plioflex 1502
۵	اکسید روی
۱	اسید استتاریک
۴۵	دوده (N-550) FEF
-	دوده (N-110) SAF
-	Thermax (N-990)
۲	Agerite Resin D
-	Agerite White
۰/۲۵	گوگرد Spider Brand
۹	Varox DCP-40C
-	Altax
-	Methyl Tuads
-	Ethyl Tuads
-	Vanx NS
۱۶۲/۲۵	جمع کل

خواص فیزیکی	
(۳۵۰) ۲/۴	مدول (psi) MPa، /۱۰۰
(۲۱۰۰) ۱۴/۴	استحکام کششی، (psi) MPa
۳۸۰	کش آمدگی، %
۶۸	سختی، Shore A

۳,۹ علائم و اختصارات

نام کامل	علامت اختصاری
لاستیک اکریلات- بوتادین / لاستیک آلکیلن سولفید	ABR ***
پلاستیک اکریلونیتریل- بوتادین- استایرن	ABS
لاستیک پلی اکریلیک	ACM
لاستیک با زنجیرهای اشباع بر پایه کوپلیمر اکریلات	ACM **
محصول واکنشی دی فنیل آمین- استن	ADPA
کوپلیمر اتیلن- اتیل اکریلات	(AEM) **
ترپلیمر تترافلوروواتیلن، تری فلوروونیتروزومتان و اسید نیتروزو پرفلوئوروبوتیریک (لاستیک نیتروزو)	AFMU ***
لاستیک بر پایه ترپلیمر تترافلوروواتیلن، تری فلوروونیتروزو متان و اسید نیتروزو پرفلوئوروبوتیریک	AFMU
کوپلیمر اکریلات و اکریلونیتریل	ANM ***
N- آلکیل - N' - فنیلن دی آمین	APPD
American Society for Testing and Materials	ASTM
لاستیک پلی یورتان پلی استری	AU **
رزین فنل فرم آلدهید برمومتیل آلکیل	BAPFR
۴,۱- بوتان دی ال	BDO
لاستیک ایزوبوتیلن- ایزوپرن برمه	BIIR **
لاستیک برموبوتیل	BIIR
بیسموت دی متیل دی تیوکربامات	BMDC
لاستیک بوتادین	BR *
لاستیک پلی بوتادین	BR
N- سیکلو هگزیل - ۲- بنزوتیازول دی سولفنامید	CBTS
کادمیم دی اتیل دی تیوکربامات	Cddec

لاستیک با زنجیرهای اشباع بر پایه کولیمهای تری فلورو اتیلن	CFM **
لاستیک ایزوبوتیلن- ایزوپرن کلره	CIIR **
لاستیک کلرو بوتیل	CIIR
پلی اتیلن کلره	CM
لاستیک بر پایه اپی کلروهیدرین	CO **
لاستیک اپی کلروهیدرین (هموپلیمر)	CO
N-سیکلو هگزیل -N'-فنیل -p-فنیل دی آمین	CPPD
لاستیک کلروپرن	CR *
پلی کلروپرن (نئوپرن)	CR
دوده ASTM N-326 (Channel Replacement Furnace)	CRF
پلی اتیلن کلروسولفونه	CSM
ستیل تری متیل آمونیم بر مید	CTAB
مس دی متیل دی تیوکر بامات	Cudmc
دی (بوتوکسی اتوکسی اتیل) آدیپات	DBEEA
۰،۲-دی متیل -۰،۲-دی (t-بوتیل پراکسی) هگزان	DBPH
۳،۱-دی بوتیل تیواوره	DBTU
دی کیومیل پراکسید	DCP
دی سیکلوپنتادین	DCPD
دی اتیلن گلیکول	DEG
۳،۱-دی اتیل تیواوره / دی اتیل تیواوره	DETU
دی ایزودسیل فتالات	DIDP
N-(۳،۱-دی متیل بوتیل)-N'-فنیل -۰-فنیل دی آمین	DMBPPD
دی اکتیل آدیپات	DOA
دی اکتیل فتالات	DOP
دی-۰-تولیل گوانیدین	DOTG
دی بوتیل فتالات	DBP
دی فنیل گوانیدین	DPG

دی فنیل-p- فنیل دی آمین	DPPD
دی پنتامیلن تیورام هگزاسولفید	DPTH
دی پنتامیلن تتراسولفید	DPTM
دی پنتامیلن تیورام تتراسولفید	DPTT
دی فنیل تیواوره	DPTU
مقدار لاستیک خشک (Dry Rubber Content)	DRC
۴، ۴'- دی تیو دی مورفولین / دی تیو دی مورفولین	DTDM
کوپلیمر اتیلن-اکریلیک اسید	EAA
کوپلیمر اکسید اتیلن و اپی کلروهیدرین	ECO **
اپی کلروهیدرین	ECO
دی سدیم اتیلن دی آمین تتراستات دی هیدرات	EDTA
کوپلیمر اتیلن-اتیل اکریلات	EEA
اتیلیدن نوربورنن	ENB
کد پیشنهادی برای NBR هیدروژنه (Sec HNBR)	(ENM) **
NR اپوکسیده	ENR **
لاستیک طبیعی اپوکسیده	ENR
دوده سری ASTM S-300 (Easy Processing Channel)	EPC
لاستیک اتیلن- پروپیلن	EPDM
ترپلیمر اتیلن- پروپیلن- مونومر دین	EPDM *
کوپلیمر اتیلن- پروپیلن	EPM *
لاستیک کوپلیمر اتیلن- پروپیلن	EPM
ترپلیمر اپی کلروهیدرین- اتیلن اکسید	(ETER) **
اتیلن تیواوره	ETU
لاستیک پلی یورتان پلی اتری	EU ***
کوپلیمر اتیلن- وینیل استات (کد قبلی: EVA)	(EVM) **
کوپلیمر اتیلن- وینیل تری متوکسی سیلان	EVTMS
اسید چرب (Fatty Acid)	FA

کوپلیمر پرفلوئوروپروپیلن با وینیلیدن فلوئورید	FKM **
لاستیک فلوئوره	FKM
آستر غشاء منعطف (Flexible Membrane Liner)	FML
لاستیک حاوی گروه های جایگزین فلوئورو و فلوئوروآلکیل یا فلوئوروآلکوکسی بر روی زنجیر پلیمری	FPM **
لاستیک فلوئوروسیلیکون	FVMQ
لاستیک پلی فسفازن	FZ
Glue Acid	GA
Glue-Alum	G-AL
p-کینون دی اکسیم	GMF
دوده سری ASTM N-600 (General Purpose Furnace)	GPF
کوپلیمر اکسید پروپیلن و آلیل گلیسیدیل اتر	(GPO) **
لاستیک گواپول (Guayule Rubber)	GR
نامی ابتدایی برای لاستیک استایرن- بوتادین	GR-S
دوده سری ASTM N-300 (High Abrasion Furnace)	HAF
۴،۱- هگزا دی ان	HD
پلی اتیلن چگالی زیاد	HDPE
هیدروکسی اتیل اتر رزورسینول	HER
پلی استایرن ضدضربه (High Impact)	HIPS
مدول زیاد (High Modulus)	HM
هگزامتیلن تترامین	HMT
هگزامتیلن تترامین	HMT (hexa)
لاستیک نیتریل هیدروژنه	HNBR
هیدروکسیل آمین سولفات خنثی، پایدارکننده گر انروی برای NR	HNS
روغن فرایندی سنگین	HP
هیدروکینون اتوکسی اتر	HQEE
رزین با استایرن زیاد	HSR

لاستیک پلی بوتادین با مقدار وینیل زیاد	HVBR
لاستیک ایزوبوتیلن- ایزوپرن، لاستیک بوتیل	IIR *
لاستیک بوتیل	IIR
N- ایزوپروپیل -N'- فنیل -p- فنیلن دی آمین	IPPD
لاستیک ایزوپرن، پلی ایزوپرن مصنوعی	IR *
پلی ایزوپرن مصنوعی	IR
دوده سری ASTM N-200 (Intermediate Superabrasion Furnace)	ISAF
تیورام با آمونیاک کم / اکسید روی	LA-TZ
محیط پخت مایع (Liquid Curing Media) (حمام نمک مذاب)	LCM
دوز کشنده با ۰.۵٪ خطر مرگ	LD50
پلی اتیلن چگالی کم خطی	LLDPE
متا- فنیلن- بیس مالیمید	MBM
متیلن بیس (o- کلرو آنیلین)	MBOCA
۴- مورفولینیل-۲- بنزوتیازول دی سولفید	MBS
مورفولینوتیو بنزوتیازول	MBS
مرکاپتوبنزوتیازول	MBT
بنزوتیازیل دی سولفید	MBTS
متیلن دی آنیلین	MDA
مورفولینو دی تیو بنزوتیازول	MDB
متیلن دی-۴- فنیل ایزوسیانات	MDI
لاستیک متیل فلونوروسیلیکون	(MFQ) **
رزین متیل فنل فرم آلدهید	MPFR
N- متیل-۲- پنتیل- N'- فنیل -p- فنیلن دی آمین	MPPPD
لاستیک فرایندپذیر در حالت مذاب (Melt Processible Rubber)	MPR
لاستیک دی متیل سیلیکون	MQ **
لاستیک سیلیکون	MQ
دوده گرمایی، سری ASTM N-900	MT

۲- مرکاپتوتولوایمیدازول	MTI
نیکل دی-n- بوتیل دی تیوکرمامات	NBC
لاستیک اکریلونیتریل- بوتادین، لاستیک نیتریل	NBR *
لاستیک نیتریل	NBR
National Bureau of Standards	NBS
لاستیک اکریلونیتریل- کلروپرن	NCR ***
لاستیک اکریلونیتریل- ایزوپرن	NIR ***
لاستیک ایزوپرن طبیعی	NR *
لاستیک طبیعی	NR
N-اکسی دی اتیلن بنزوتیازول-۲- سولفنامید	OBTS
دی اکتیل دی فنیل آمین	ODPA
دی فنیل آمین اکتیله	OE
حاوی روغن (Oil Extended)	OT **
لاستیک وینیل پیریدین- بوتادین	PBR ***
پلی اتیلن گلیکول	PEG
لاستیک متیل- فنیل سیلیکون	PMQ
p- فنیل دی آمین	PPD
پیریدین پنتامتیلن دی تیوکرمامات	PPDC
لاستیک وینیل پیریدین- استایرن- بوتادین	PSBR ***
پلی وینیل کلرید	PVC
بازدارنده پیش ولکانش (Prevulcanization Inhibitor)	PVI
لاستیک متیل- فنیل- وینیل سیلیکون	PVMQ
اسید روزین	RA
Resource Conservation and Recovery Act	RCRA
هیدروکربن لاستیکی	Rhc
ورق شیاردار دودی (Ribbed Smoked Sheet)، نوعی NR	RSS
ولکانش در دمای اتاق (Room Temperature Vulcanization)	RTV

اسید نمک (Salt Acid)	SA
دوده سری ASTM N-100 (Super Abrasive Furnace)	SAF
Salt Alum	S-AL
لاستیک استایرن-کلروپرن	SCR ***
لاستیک استایرن- بوتادین	SBR
کوپلیمر قطعه ای استایرن- بوتادین- استایرن	SBS
سلنیم دی اتیل دی تیوکر بامات	SDEC
سلنیم دی متیل دی تیوکر بامات	SDMC
EPDM آمایش یافته با پلی سیلوکسان	(SEP) ***
لاستیک استایرن- ایزوپرن- بوتادین	SIR ***
لاستیک استاندارد اندونزیایی (Standard Indonesian Rubber)، نوعی TSR	SIR
کوپلیمر قطعه ای استایرن- ایزوپرن- استایرن	SIS
لاستیک استاندارد مالزیایی (Standard Malaysian Rubber)، نوعی TSR	SMR
دوده ASTM N-358 (Super Process Furnace)	SPF
فنل استایرنه	SPH
کد عمومی برای کلیه لاستیک های مصنوعی	(SR)
دوده سری ASTM N-700 (Semi-reinforcing Furnace)	SRF
پلی تیوگلیکول اتر (رجوع کنید به ASR)	(ST) ***
لاستیک پلی سولفید	T
تری آلیل سیانورات	TAC
تری آلیل ایزوسیانورات	TAIC
آمونیاک- فرم آلدهید- اتیل کلرید (Trimene Base)	TB
t-N- بوتیل بنزوتیازول سولفنامید	TBBS
تترا بوتیل تیورام دی سولفید	TBTD
Technically Classified (Natural) Rubber	TCR

تلور دی اتیل دی تیوکرمامات	TDEC
تولونن دی ایزوسیانات	TDI
تترا اتیل تیورام دی سولفید	TETD
تترافلونورو اتیلن	(TFE) ***
لاستیک های پلی سولفید	(TM) **
تترامتیل تیورام دی سولفید / تترا اتیل تیورام دی سولفید	TMETD
پلی تری متیل دی هیدروکینولین	TMQ
تترامتیل تیورام دی سولفید	TMTD
تترامتیل تیورام مونوسولفید	TMTM
ترانس - پلی اکتنامر	(TOR) ***
ترانس - پلی پنتنامر	(TPA) ***
لاستیک گرمانرم (Thermoplastic Elastomer)	TPE
لاستیک طبیعی گرمانرم	TPNR
پلی الفین های گرمانرم	(TPO) **
پلی یورتان های گرمانرم	(TPU) **
Toxic Substances Control Act	TSCA
Technically Specified (Natural) Rubber	TSR
پلی اتیلن با چگالی بسیار کم	VLDPE
لاستیک متیل وینیل سیلیکون	VMQ **
پلی اتیلن شبکه ای شونده	X-LPE
لاستیک بوتادین - اکریلونیتریل کربوکسیله	XNBR
لاستیک نیتریل کربوکسیله	XNBR
لاستیک بوتادین - استایرن کربوکسیله	XSBR
روی دی بوتیل دی تیوکرمامات	ZBDC
روی دی -n- بوتیل دی تیوکرمامات	ZDBC
روی دی اتیل دی تیوکرمامات	ZDEC
روی دی متیل دی تیوکرمامات	ZDMC

نمک روی مرکاپتوبنزوتیازول	ZMBT
روی دی متیل دی تیوکرمامات	ZMDC
نمک روی ۲- مرکاپتوتولوایمیدازول	ZMTI

۱۰ مراجع و منابع مطالعاتی

در زیر برخی مراجع و منابع که در تدوین کتاب از آن ها استفاده شده است، فهرست شده اند:

1. Werner Hofmann, "Rubber Technology Handbook", Hanser Publishers (1989), Munich
2. D. C. Blackley, "Synthetic Rubbers: Their Chemistry and Technology", Applied Science Publishers (1983), England
3. I. Franta, "Rubbers: Manufacture, Properties, and Applications", Elsevier (1989), Prague
4. Morton Maurice, "Rubber Technology", Van Nostrand Reinhold Company (1987), New York
5. R. F. Ohm, "The Vanderbilt Rubber Handbook", Thirteenth Edition, R. T. Vanderbilt Company, Inc. - Industrial, Mineral and Chemicals - Norwalk (1990)
6. P. S. Johnson, "Rubber Processing", Hanser Publishers (2001), Munich



Applied Rubber Technology

Translated by:
Sassan Nouranian

New Baspar Publications

شابک: 964-91731-4-5

ISBN: 964-91731-4-5