به نام خداوند جان وخرد

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران

علمی

(علمی/ فنی/ اقتصادی/ مدیریتی)
سال بیست‌وچهارم/ شماره‌ی ۹۵ / پاییز ۱۳۹۸

صاحب امتیاز و ناشر:
شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

مدیر مسؤول و سردبیر:
دکتر سعید تقوایی

مدیر اجرایی:
سارا انصاری

ویراستار:
سید عبدالرزاق تفرشی حسینی

صفحه آرایی:
سپیده صوفی‌نیارکی

با همکاری شرکت‌های:

کیان تایر، ایران تایر، ایران یاسا تایر و رابر، لاستیک دنا، لاستیک پارس، گروه صنعتی بارز، مجتمع صنایع لاستیک یزد، آرتاویل تایر، کویر تایر

نشانی نشریه: شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

تهران، اتوبان تهران-کرج، بعد از ایران خودرو، خروجی شهرک علم و فناوری، بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی

کدپستی: ۱۴۹۷۷۱۶۳۶۵
تلفن: ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ تلفکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱

Email: entesharat.rierco@yahoo.com
Website: www.iranrubbermag.ir

مسؤول آگهی‌ها، امور مشترکان:
زهرا رحیمی ریسه

اجرا:
شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

لیتوگرافی، چاپ و صحافی:

چاپ فراز اندیش سبز
نشانی: تهران، چهاردانگه، شهرک گلشهر، خیابان خزایی غربی، پلاک ۱۷
۶۶۴۰۱۲۸۲-۰۲۱

برا اساس مجوز شماره‌ی ۶۱۱۹/ ۳ مورخ ۸۶/۷/۲۵ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران، نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (IRM) طبق مصوبه‌ی کمیسیون نشریات علمی کشور در تاریخ ۸۶/۶/۳۱، دارای درجه‌ی علمی-ترویجی است.

زنده‌یاد فریبرز عوض ملایری
ویراستار و سردبیر نشریه از ابتدای نشر
تولد: ۱۳۳۱/۱۱/۱۶
وفات: ۱۳۹۶/۷/۲۷

هیأت تحریریه:

دکتر غلامرضا بخشنده، استاد شیمی و تکنولوژی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران
دکتر سعید تقوایی، استاد شیمی آلی، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال
دکتر اعظم جلالی، دانشیار مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دکتر مهدی رزاقی کاشانی، دانشیار مهندسی شیمی پلیمر، دانشگاه تربیت مدرس
دکتر اسکندرستوده، دکترای تکنولوژی پلیمر، دانشگاه جامع علمی کاربردی صنایع لاستیک
دکتر علی عباسیان، استادیار پلیمر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات
دکتر علیرضا عظیمی، دکترای تکنولوژی پلیمر، دانشگاه جامع علمی کاربردی صنایع لاستیک
دکتر میرحمید رضا قریشی، استاد مهندسی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

همکاران این شماره:

ناصر امامی — ابراهیم عصمتی
علی عباسیان — امیرسعید صنعتکار
سید مهرداد جلیلیان — ماجد امینی
سید عبدالرزاق تفرشی حسینی — امین ایران‌پوری
مصطفی تنها — فرشته مطیعی
مجید امانعلی‌خانی — ابراهیم قربانی
محمد بابازاده — رحیم رحمانی

IRM در پایگاه ISC نمایه می‌شود.
IRM را می‌توانید در سایت www.iranrubbermag.ir مطالعه نمایید.
IRM آماده‌ی دریافت و چاپ مقاله‌های استادان دانشگاه‌ها، مدیران، کارشناسان و صاحب نظران در زمینه‌های پژوهشی، مدیریتی، کنترل کیفیت، فناوری تایر و لاستیک و بازیافت است.
IRM در قبول، رد، ویرایش و چاپ مطالب رسیده آزاد است. مطالب دریافت شده پس فرستاده نخواهد شد.
انعکاس نظرها و دیدگاه‌های ارائه شده توسط نویسندگان مقاله‌ها و مصاحبه‌شوندگان الزاماً به معنی تأیید و پذیرش آن‌ها از سوی نشریه نیست.

سامانه‌ی پیامکی برای دریافت نظرات: ۴۴۷۸۷۹۱۱-۰۲۱

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران
علمی-ترویجی

فصلنامه / سال بیست‌وچهارم / شماره‌ی ۹۵ / پاییز ۹۸

فهرست

سر مقاله ۳
(سعید تقوایی)

نگاهي به تغییرات پیش‌روي در صنعت تایر در دنیا ۶
(ناصر امامي، امیرحسین بیگلري)

وضعیت ساخت دستگاه‌ها و تجهیزات موردنیاز صنعت تایرسازي (پرس‌های پخت - قالب تایر) ۱۶
(ابراهیم عصمتي)

استفاده از شیوه‌های مکانیزه برای بهره‌برداری مؤثر از سیستم‌هاي مدیریت کیفیت در صنعت تایر ۲۴
(رحیم رحماني)

بررسی وضعیت صنعت تایر در کشور چین ۳۷
(ناصر امامي، سارا انصاري)

مروری بر انواع دوده‌ها به‌منظور ایجاد رسانایی در صنعت لاستیک ۴۹
(علي عباسیان، حمیدرضا صباغي)

ماشین‌سازي در صنعت تایر ۶۰
(امیرسعید صنعتکار)

افزودنی‌های شیمیایی صنعت لاستیک و توانمندی‌های تولید داخل ۶۵
(سید مهرداد جلیلیان)

ویژگی‌هاي کاربردي سیلیکای رسوبی در صنعت لاستیک و توانمندی تولید داخلی آن ۷۵
(ابراهیم قرباني)

مطالعه‌ی اثر انواع کائوچوهای SBR پرشده با سیلیکا بر ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی و پیش‌بینی مقاومت غلتشی به کمک ویژگی‌های رئولوژیکی ۸۴
(ماجد امیني)

بررسی روغن پالم اپوکسید شده به عنوان کمک فرایند و فعال‌کننده‌ی سبز در آمیزه‌های لاستیکی ۹۲
(امین ایران‌پور، حامد بروستان)

اثر پودر لاستیک بازیافتی به دست آمده از تایرهای فرسوده، بر خواص مکانیکی و حرارتی کامپوزیت‌های لاستیکی زمانمند شده بر پایه BR/SBR/WRP ۱۰۱
(فرشته مطیعي، فهیمه سادات مصطفوي نیشابوري، علي اسمعیلي)

استحصال کائوچوی طبیعی از گیاهان جدید (آیا بالاخره در ایران امکان تولید کائوچوی طبیعی و لاتکس وجود خواهد داشت ؟) ۱۱۳
(مجیدامانعلي‌خاني)

سرمقاله

رقص سماع

نوشته‌ی: دکتر سعید تقوایی
taghvaei@hotmail.com

اکنون "صنعت تایر ایران" ششمین دهه‌ی فعالیت خود را دنبال می‌کند و در این رهگذر، فراز و فرودهایی را پیموده و به‌طورمسلم تا رسیدن به سر منزل مقصود، راهی طولانی در پیش دارد. برای این‌که صنعت تایر به مقیاس‌های تولیدی قابل انطباق با استانداردهای جهانی برسد و این‌که آوازه‌ی برندهایش از مرزهای جغرافیایی کشور عبور کند و به مفهوم واقعیِ کلمه، تولید ناب در کلاس جهانی داشته باشد؛ به‌طور قطع نیازمند تفکر ویژه‌ی سیاست‌گذاران عرصه‌ی صنعت و مدیران صنعت تایر کشور در کلاس جهانی‌ست.

اگر امروز شرکت بریجستون ژاپن با فروش بالغبر ۲۴ میلیارد دلار به غول تولید تایر در دنیا تبدیل شده و بالغ بر ۱۸ واحد تولیدی در سرتاسر دنیا دارد، به‌طور قطع این مهم، به‌دست آمده از تلاش شبانه‌روزی مدیران و کارشناسان ژاپن و هم‌چنین سیاست‌گذاری‌های درست در فضای کسب‌وکار در این کشور و صدالبته نگاه برون‌گرا و صادرات محور بوده است.

چند شب پیش مدیرکل صندوق ضمانت صادرات، در برنامه‌ای تلویزیونی در مورد مانع‌های پیش‌رویِ صادرات صحبت کرد و مهم‌ترین مانع پیش‌رویِ صادرات -که بسیار زیرساختی‌ست را نگاه درون‌گرای تولید در کشور برشمرد و عنوان کرد: تولید در کشور از زمانی که شکل گرفته براساس تأمین نیاز داخل بوده و نگاه‌های تولیدیِ صادرات محور و پرکشیده از مرزهای جغرافیایی، کم‌تر به چشم می‌خورند؛ به‌گونه‌ای که شرکت‌هایی که سالانه بالای صدمیلیون دلار در سال دارای صادرات هستند را بسیار ناچیز برشمردند.

بنده در سخنرانی همایش ملی صنعت لاستیک در سال ۱۳۹۵، مهم‌ترین عامل مانع‌های صادرات در صنعت تایر را در چهار شاخص زیر خلاصه کردم:

الف- درون‌گرا بودن صنعت تایر ایران،

ب- توجه کافی نداشتن به آیین‌نامه‌ها و استانداردها و نُرم‌های جهانی (در مفهوم‌هایی مانند: مقیاس تولید، قیمت تمام شده، کیفیت، بهره‌وری نیروی انسانی و ...)،

ج- سیاست‌گذاری‌های مقطعی و جزیره‌ای عوامل ذی‌ربط‌ها در بخش فضای کسب‌وکار در کشور،

د- عدم تکامل زنجیره‌ی ارزش تایر به‌ویژه در بخش پایین‌دستی (مواداولیه، دستگاه‌ها و خدمات فنی و مهندسی‌موردنیاز).

ریشه‌یابی درون‌گرا بودن صنعت، به‌ویژه صنعت تایر و راه‌های برون رفت از آن، امری مهم و البته بسیار تخصصی‌ست که بحث‌ها و تحلیل‌های زیادی نیاز دارد و لازم‌ست جمعی از مسؤولان و متخصصان و متفکران بخش صنعت تایر به واکاوی این امر بپردازند و به‌طورقطع جلسه‌ی هم‌اندیشیِ متفاوتی می‌طلبد که البته همین‌جا اعلام می‌کنم که شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، آمادگی میزبانی این عزیزان را با محوریت موضوع دارد و ان‌شاءالله به‌زودی در قالب جلسه‌های هم‌اندیشی به این موضوعِ مهم می‌پردازد.

در مورد لزوم انطباق با آیین‌نامه‌ها و استانداردها، ویژه‌نامه‌ای باعنوان "ویژه‌نامه‌ی استانداردهای نوین تایر- نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران، شماره‌ی ۹۱" توسط شرکت مهندسی به چاپ رسیده است که در آن نظرهای ارزشمند متخصصان این عرصه به اطلاع علاقه‌مندان صنعت تایر و مسؤولان کشور رسانده شده است.

یکی از چالش‌های حاکمیتی، مبحث سیاست‌گذاری‌های صادرات‌گریز است که گاهی مسیر کسب‌وکار را قفل می‌کند و متأسفانه در بسیاری موارد کاری از دست فعالان این صنعت برنمی‌آید. این موضوع که با یک نامه‌ی دستوری، صادرات تایر در مقطعی ممنوع اعلام می‌شود؛ آب سردی‌ست که تن نحیف تولیدکننده‌ای که سال‌ها آجر به آجر زیرساخت‌های صادراتی خود را چیده، به‌شدت می‌آزارد. به‌طورقطع باید این سختی‌ها را تحمل کرد تا این فضا، نهادینه شود و تولیدکننده‌ی صادرات‌محور، بتواند با پشتوانه ملی در فضای کسب‌وکار بین‌المللی، رقص سماع کند.

اما بحث اصلی من در این نوشتار، زنجیره‌ی ارزش تایر در بخش تأمین است که به‌دلیل اهمیت موضوع، انگیزه‌ای برای تدوین این ویژه‌نامه شد.

متأسفانه صنایع داخلی‌ای که تولیدکننده‌ی مواداولیه برای صنعت تایر هستند، سیر تعالی مناسبی در راستای الزام‌ها و آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مرتبط با صنعت تایر نداشته‌اند. در بخش الاستومرهای مصنوعی که به‌وسیله‌ی شرکت‌های بزرگ پتروشیمیایی داخل کشور تولید و عرضه می‌شوند، کم‌ترین تغییرات فناورانه از بدو تولید تاکنون صورت پذیرفته و صنعت تایر نتوانسته (و شاید نخواسته) که همگرایی مؤثری با آنان انجام دهد. امروزه خودروسازان، پایشان را در یک کفش کرده‌اند که استانداردهای ۸۵ گانه‌ی خودرو (که ۵ مورد آن به تایر برمی‌گردد) باید توسط تایرسازان رعایت شود، اما کمتر تایرسازی را می‌توان یافت که از صنایع پایین‌دستی خود انتظار همگرایی و اعمال الزام‌های فراورده را در مواداولیه‌ی تولیدی آن شرکت داشته باشد.

اگر بپذیریم که بخش مهمی از کاهش مقاومت غلتشی که از الزام‌های E-Mark و برچسب تایر است، بر عهده‌ی مواداولیه‌ای مانند PBR، SBR است؛ چگونه می‌توان با سطح فناوری ۶۰ سال پیش SBR امولسیون (E-SBR) و BCR تولیدشده با کاتالیست کبالتی، به سطح‌های مناسب مقاومت غلتشیِ مورد تقاضای خودروسازان و منطبق با الزام‌های مرحله‌ی دومِ E-Mark دست یافت؟ این موردها قابل تعمیم به سایر مواداولیه‌ی ساخت داخل، مانند انواع دوده‌ها، نخ تایر، اکسیدروی و ... نیز است. بدون هرگونه تعارف باید بپذیریم که صنایع پایین‌دستیِ تولید مواداولیه‌ی صنعت تایر، تکامل لازم را طی نکرده‌اند و این مواد تولیدی، برای تولید تایر در کلاس جهانی مناسب نیست که البته این امر به درون‌گرا بودن این صنایع مربوط است و قدر مسلم صنعت تایر در این مورد بی‌تقصیر نیست. بدین معنی که شرکت پتروشیمی همواره E-SBR خود را با سطح فناوری نسل قدیم تولید کرده و می‌دانسته و می‌داند که مشتری پروپا قرصی به‌نام صنعت تایر دارد که در صف خرید ایستاده و هیچ‌گاه ضرورتی برای تغییر در خود احساس نمی‌کند. تولیدکنندگانِ الاستومرهای مصنوعی به‌خوبی می‌دانند که دیوار بلندی به‌نام

ساخت داخل وجود دارد که دسترسی به واردات این مواد در پیش روی تایرسازان موجود نیست و به‌عبارتی متکی به شعار "همین که هست" هستند. به‌واقع چه زمانی و چگونه از شرکت‌های تولیدکننده‌ی مواداولیه خواسته‌ایم که به الزام‌های نوین و متعالی ما توجه کنند؟ آیا به اندازه‌ای که خودروسازان در این راه عزم جدی دارند و به قولی مو را از ماست تایر می‌کشند؛ ما تایرسازها، چنین نگاهی به سوی تأمین‌کنندگان مواداولیه‌مان داریم؟ راه‌کارهای وارد شدن به چنین چالشی چیست؟ تا چه زمان باید روغن‌های فرایندیِ سرشار از مواد سرطان‌زای آروماتیک چند هسته‌ای (PCA) را از شرکت‌های روغن‌ساز داخلی بخریم و صدایمان در نیاید؟ آیا وقت آن نرسیده است که تحولی در تولید مواداولیه‌ی صنعت تایر، همسو با الزام‌های تایر در کلاس جهانی در کشور پدید آید؟ آیا به درجه‌ای از تکامل نرسیده‌ایم که هم‌افزاییِ توان دانشگاه‌ها و مرکزهای پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان (که این روزها در رقم بالغبر شش‌هزار شرکت رسیده‌اند) با نیازهای شرکت‌های تایرسازی بتوانند در مسیر رفع دشواری‌های موجود برآید؟ به نظر من برای تولید در کلاس جهانی باید صنایع تولیدکننده‌ی مواد اولیه نیز همراه و همگام در کلاس جهانی، تولید کنند و ناگزیر باید پیشتاز آنان باشیم و آنان را به‌دنبال خود بیاوریم.

در بخش دستگاه‌ها و سخت‌افزارهای تولیدی، اقدام‌های مؤثری در سال‌های پس از انقلاب صورت پذیرفته است، ولی به‌طورقطع کافی نیست. البته که برخی سازندگان ماشین‌آلات صنعتی تایر، دل پُر دردی از تعامل نامناسب با تایرسازان دارند؛ و با این وجود مسیر توسعه‌ی خود را به سختی طی می‌کنند. به‌راستی صنایع تولیدکننده‌ی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات و سخت‌افزار تولید، به‌عنوان صنعت پشتیبان صنعت تایر، در گیرودارِ تولید در کلاس جهانیِ تایر، چه نمره‌ای به خود می‌دهند؟ چه دشواری‌هایی بر سر این راهِ ناهموار دارند؟ فرصت‌ها و تهدیداتشان چیست؟ و پرسش‌هایی از این گونه موردها.

در ویژه‌نامه‌ی پیش‌رو، تلاش کرده‌ایم که با انعکاس نقطه‌نظر افرادی که در بخش زنجیره‌ی ارزش تایر، دستی بر آتش دارند؛ به واکاوی موضوع‌های اشاره‌شده بپردازیم. به‌طور یقین فضای چند ده صفحه‌ای این شماره‌ی نشریه‌ی صنعت لاستیک، برای طرح و انعکاس نظرهای تمامی صاحبان فکر در این مورد کافی نیست، اما ما با جان‌ودل، شنوا و منعکس‌کننده‌ی تفکرهای متعالی تمامی عزیزان در مورد موضوع طرح‌شده در فضاها و مکان‌های دیگر هستیم.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم، از شورای دبیران این ویژه‌نامه و تمامی همکارانم در واحد "نشارات شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک" سپاسگزاری کنم IRM

نگاهی به تغییرات پیش روی صنعت تایر در دنیا

Take a look at the changes ahead in the tire industry around the world

چکیده:

این مقاله نگاهی است به تحولات جدید در صنعت تایر دنیا و اقداماتی که صنایع تایرسازی در این زمینه انجام داده‌اند. این تحولات به دو بخش عمده مواد اولیه و مشخصات کیفی محصول تقسیم می‌گردد. در بخش محصول تایر مواردی مانند خودروهای الکتریکی، خودروهای خودران، تایر سبز و تایر غیر بادی و همچنین خواص تایرهای مورد نیاز آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بخش مواد اولیه نیز در خصوص روش‌های نوین اختلاط مواد اولیه تایر، استفاده از مواد بازیافتی، پایدار، تجدیدپذیر در تایر بحث می‌کند و تغییرات استانداردهای SWR و برچسب تایر (Labeling) را مطرح می‌نماید. در قسمت پایانی نیز آنچه که از نظر صنایع تایرسازی دنیا به عنوان لازمه این تحولات می‌باشد، آورده شده است.

واژه‌های کلیدی: تایر سبز، تایر غیربادی (تایر مفهومی)، خودروهای الکتریکی، خودروهای خودران و تایرهای آن‌ها، اختلاط مواد اولیه در فاز مایع، استفاده از مواد تایر در تایر، دستورالعمل‌های استاندارد در رابطه با صدای تایر، چسبندگی تایر به جاده خیس، مقاومت غلطشی، برچسب تایر.

نوع مقاله: مروری

ناصر امامی[1]،*، امیرحسین بیگلری[2]

۱- رئیس کمیته قوانین و استانداردهای انجمن صنفی صنعت تایر، تهران، ایران
۲- کارشناس انجمن صنفی صنعت تایر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**
emaminasser@yahoo.com

مقدمه:

صنایع تایرسازی دنیا بیش از هر زمان دیگری در حال تغییرات سریع هستند. تغییر منابع انرژی از انرژی‌های فسیلی به منابع انرژی الکتریکی، استفاده از منابع و مواد اولیه پایدار و تجدیدپذیر، کاهش مصرف منابع، فرایند جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، خودروهای خودران، خودروهای الکتریکی، تجزیه و تحلیل و جمع آوری اطلاعات از تایر خودرو، مالکیت اشتراکی خودرو،.... از جمله موضوع‌هاي مورد بحث و حائز اهمیت هستند که با توجه به اهمیت آن‌ها تولید تایر سبز، تولید تایرهای غیربادی

(Non-Pneumatic) و تولید تایرهای مناسب برای خودروهای الکتریکی و خودران و موارد فنی (Technical Issues) مرتبط با تایر از قبیل:

- مقاومت غلطشی، مقاومت سایشی، صدای غلطشی، چسبندگی تایر به جاده خیس، کشانش تایر.
- نیاز به گشتاور بالا، توانایی حمل بار زیاد، تردهای نازک تر، فن‌آوری جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها.
- استفاده از مواد اولیه بازیافتی، پایدار و تجدید پذیر در تایر.
- قابلیت حرکت تایر با پنچری و .... .

در دستور کار قرار می‌گیرند.

بررسی اجمالی خودروهای الکتریکی، خودروهای خودران و ویژگی تایرهای مورد نیاز آن‌ها، تایر سبز و تایر غیربادی (Non-Pneumatic)

الف) خودروهای الکتریکی و ویژگی تایرهای مورد نیاز آن‌ها (Electrical Vehicle Technology Impact)

تایرهای مورد نیاز خودروهای الکتریکی باید دارای مشخصه‌های زیر باشد:

۱) طرح رویه تایر با صدای کم ($\leq$65 db).
۲) ظرفیت تحمل بار زیاد (XL^+) و ناهمگون. خودروهای الکتریکی حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن بیشتری در مقایسه با خودروهای معمولی دارند و توزیع وزن نیز به دلیل وجود باطری‌های خودرو نامتقارن‌تر است.
۳) مقاومت غلطشی فوق العاده کم (A^+).
۴) مقاومت سایشی بسیار بالا (به خاطر گشتاور زیاد موتور).
۵) وزن کم (وزن خودرو با توجه به وزن مجموعه باطری که حدود ۶۵۰ کیلوگرم است، به تقریب زیاد است).
۶) چسبندگی فوق العاده به جاده (ممانعت از تصادف خودرو).
۷) توانایی و قابلیت حرکت با پنچری (Run Flat).
۸) کشانش مناسب (Traction) به خاطر گشتاور زیاد موتور خودرو) در خودروهای معمولی حدود ۲۰٪ کل مصرف انرژی به تایر بر می‌گردد. در حالی که در خودروهای EV این مقدار حدود ۳۰٪ است.
۹) مقاومت در مقابل پارگی بیشتر رویه تایر (Tire Tread Tear Resistance)

ب) خودروهای خودران و تایرهای آن‌ها
(Autonomous Vehicle & Tire)

در این خودروها موارد زیر حائز اهمیت است:

۱) اطلاع از شرایط تایر: درجه حرارت، فشار، مقدار کاهش فشار، شرایط سایش
۲) مواجهه جاده و خودرو(Road Tire Interaction):
۳) درجه حرارت و شرایط آب و هوا در زمان حرکت - ۵۰۰ متر جلوتر - ۲۵ کیلومتر جلوتر
۴) چسبندگی تایر به جاده در زمان حرکت - ۵۰۰ متر جلوتر - ۲۵ کیلومتر جلوتر
۵) برجستگی‌ها و دست اندازها و چاله چوله‌ها
۶) قابلیت پنچرروی تایر

ج) تایر سبز (Green Tire):

در حال حاضر مشکلات بسیاری در جهان وجود دارد که بی توجهی به آنان نتایج فاجعه باری را در آینده به همراه خواهد داشت. کمبود منابع جهانی غذا، زمین، آب و نفت همراه با رشد بالای انتشار گازهای آلاینده به خصوص گاز CO_2 از جمله این مشکلات هستند.

۱۸٪ انتشار گاز CO_2 مربوط به حرکت وسایل نقلیه عمومی است و ۲۴٪ انتشار CO_2 در خودرو مربوط به تایر است.

۲۰ تا ۳۰ درصد مصرف سوخت خودرو مربوط به تایر و مقاومت غلطشی آن (R.R.) است. بنابراین، نقش خودرو و اهمیت تایر سبز در کاهش مقدار سوخت خودرو و تأثیرات زیست‌محیطی قابل توجه آن مشخص می‌شود. به نحوی که کاهش مقاومت غلطشی به مقدار ۳۰٪ باعث کاهش مصرف سوخت معادل ۰٫۵ lit/100 Km و کاهش مقدار انتشار گاز CO_2 معادل ۱٫۲ Kg/100 Km می‌شود. در یک نگاه کلی تایر سبز تایری است که مصرف منابع را در خلال فرایند تولید و استفاده به حداقل رسانده و دارای سطح بالای عملکردی و ایمنی بوده و در آن از مواد اولیه زیستي سبز حداکثر استفاده شده است. این مفاهیم تعاریفی است که برای جامه عمل پوشاندن آن‌ها به فرایندها و فن‌آوری‌های پیچیده‌ای نیاز است. یعنی به طور قطع نمی‌توان یک دستورالعمل مشخص، منحصر بفرد و استاندارد برای تولید تایرسبز در شرکت‌های معتبر تولیدکننده تایر در دنیا پیدا کرد.

کشورها، شرکت‌های تولیدکننده تایر، رسانه‌ها، انجمن‌ها و تشکل‌های مرتبط با تایر و افراد آگاه، در مورد مفهوم تایر سبز (Green Tire) بحث و تبادل نظر کرده‌اند. به‌طور مثال شرکت LT (Lehigh Technologies)، که توسط شرکت تایرسازی میشلین خریداری شده‌است، انستیتو تکنولوژی درسدن آلمان، شرکت TATC (مرکز آزمون خودرو چین)، Sumitomo، دانشگاه Loughborough، Michelin، شرکت DIK (انستیتو آلمان برای فناوری لاستیک)، شرکت Lanxess، از تولیدکنندگان بنام مواد اولیه صنعت تایر و ...) تعاریف‌هایي را در این زمینه به صورت مجزا و در بخش‌های متفاوت از Mixing مواد تا تولید فراورده ارائه و برای تولید تایر سبز گام‌های موثری برداشته‌اند؛ ولی دست‌یابی به یک تعریف روشن، مشخص و استانداردی که همگان بر آن اتفاق نظر داشته باشند، هنوز در دست بررسی است. از این میان، فقط کشور چین برای نخستین بار مشخصات استانداردی برای فن‌آوری تولید تایر سبز توسط انجمن صنایع لاستیک چین (China Rubber Industry Association) تحت عنوان مشخصات فناوری تولید تایر سبز (Green Tire Technology Specification) تدوین و در سال ۲۰۱۴ در کشور چین به مرحله اجرا درآمد. در این مجموعه استاندارد، مواد اولیه، فرایند تولید و فراورده تولیدی باید از استانداردهای مشخص شده پیروی کنند.

د) تایرهای غیربادی (Concept Tire- Non-Pneumatic Tires):

تایرهای مفهومی به تدریج در حال شکل گرفتن و حرکت به سمت تولید تجاری در آینده هستند. خلاصه وضعیت تولید این تایرها به شرح جدول زیر است:

ردیف	نام شرکت	طرح تایر	زمان ارائه
1	Goodyear	oxygen concept	Geneva motor show 2018
2	Bridgestone	air free concept	Apr. 2017 for bicycle
3	Toyo	no air concept	Sep. 2017
4	Sumitomo	gyroblade concept	first seen 2017
5	Michelin	visionary concept launch	2017
6	Hankook	I – Flex	Jull 2017

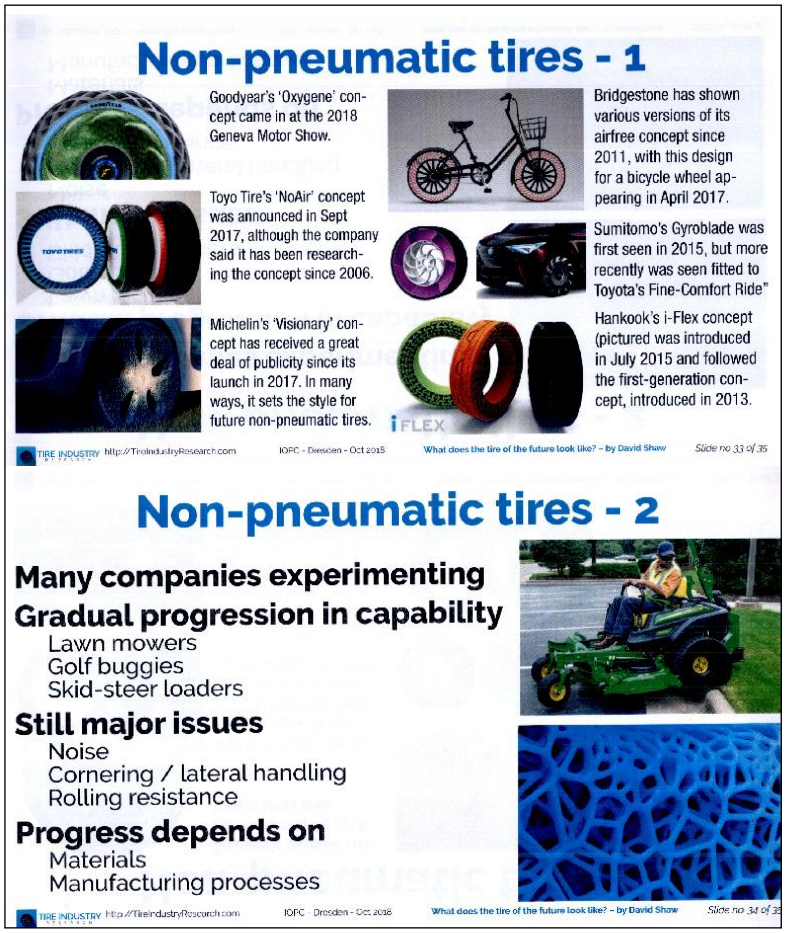
بسیاری از شرکت‌ها در رابطه با تولید تایرهای مفهومی یا غیربادی پیشرفت تدریجی را تجربه کرده‌اند و در مورد تایرهای مورد نیاز ماشین‌های گلف، ماشین‌های چمن‌زنی و بعضی لودرها تولیدات به‌نسبت تجاری نیز داشته‌اند؛ ولی در خصوص این تایرها هنوز نکته‌هاي عمده‌ي مورد بحثي وجود دارد که مي‌توان به مواردي از آن ها به شرح زیر اشاره کرد:

1-Noise

2-Cornering/ lateral Handling

3-Rolling Resistance

پیشرفت در زمینه تولید این نوع تایرها بستگی به نوع مواد اولیه و فرایند تولید دارد.



روش‌های نوین اختلاط مواد اولیه تایر، استفاده از مواد بازیافتی، پایدار، تجدیدپذیر در تایر، تغییرات SWR **و برچسب تایر** (Labeling)

الف) اختلاط مواد اولیه تایر در فاز مایع(Liquid Phase mixing):

در سال ۲۰۱۶ شرکت (HF - Harbourg Fredenburg)، ۱۰۰ سالگی تولید بنبوری را جشن گرفت. از نکته‌هاي حائز اهمیت و قابل طرح در این ۱۰۰ سال مي‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) توسعه و نوآوری مداوم و بی وقفه در خلال این مدت برای ارتقاء اختلاط مواد اولیه تایر مانند:

-2Wings;4Wings etc. New Profiles

-Tangential / Intermeshing

-Chemical Reactor

-Tandem Mixing

ولی باوجود پیشرفت‌های یاد شده در بالا هنوز در اختلاط مواد به توزیع و پخش (Dispersion) ایده‌آل نرسیده‌اند.

۲) فقط در صنایع تایرسازی از این نوع سیستم اختلاط (Conventional Mixing) استفاده مي‌شود.

۳) در نوع اختلاط Conventional، دستگاه‌هاي سنگین، که ابعاد و اندازه کارخانه را بزرگتر می‌کند استفاده مي‌شود. چند مرحله‌اي و طولاني‌بودن زمان اختلاط و همچنین توزیع و پخش ناکافي از مشکلات این سیستم

است.

۴) برای دستیابی به توزیع، پخش و فن‌آوری اختلاط مطلوب، فاز مایع مد نظر قرار گرفته است.

اختلاط در فاز مایع: بررسی امکان اختلاط در کارخانه‌های تولید کننده لاستیک‌های مصنوعی و طبیعی (کارخانه‌های تولید کننده SBR و Latex) از سال ۱۹۸۰ آغاز شده است.

ویژگی‌های اختلاط در فاز مایع توسط تولیدکنندگان لاستیک‌های مصنوعی (Synthetic Rubber) به شرح زیر است:

۱- از دستگاه‌ها و تجهیزات به نسبت ساده و سبک استفاده می‌شود.

۲- نوع فن‌آوری آن‌ها باعث رسیدن به توزیع و پخش ایده‌آل می‌شود.

۳- درک مطلوبی از واکنش بین مواد وجود دارد.

۴- اختلاط در فاز مایع در میلی‌ثانیه اتفاق می‌افتد.

منافع کلیدی و اساسی در اختلاط در فاز مایع به شرح زیر بیان کرد:

۱- استرس کمتر در آمیزه تولید شده

۲- تشکیل باندهای مؤثر بین رابر و فیلر

۳- پخش یکنواخت عالی

۴- اختلاط در میلی ثانیه

۵- در دسترس‌بودن مواد ورودی (Latex) با کیفیت بالا

۶- بهبود مقاومت غلطشی تایر تا حدود ۲۰٪

۷- بهبود مقاوت رویه تایر در مقابل پارگی (Tear Resistance) تا حدود ۳۵٪

موادی مانند شیره لاستیک (Latex Rubber) ، رزین، اسید استئاریک، واکس محافظت کننده، سیلان Silane، روغن فرایند، آنتی اکسیدانت، بعضی از شتابدهنده‌ها، ... می‌توانند به صورت مایع وارد سیستم اختلاط در فاز مایع شوند. توضیح اینکه بعضی مواد شیمیایی در دو حالت مایع و جامد وجود دارند و بعضی از مواد جامد نقطه ذوب آن‌ها زیر ۸۰ درجه سانتی‌گراد است؛ ولی عمده مواد شیمیایی به حالت پودری هستند.

اختلاط لاتکس کائوچوي طبيعي بادوده (NR latex - Carbon Black):

این فرایند ساده بوده و در حال حاضر تجهیزات لازم برای اختلاط در شرکت‌های میشلین و تویو و Cabot و مسنک و EVE وجود دارد. به طور احتمال به سرعت این روش فرایند در میان تولیدکنندگان دیگر تایر رایج و معمول خواهد شد. این فراگیری باعث تغییرات اساسی در فرایند تولید قالب تایر می‌شود و به احتمال قوی قیمت شیره کائوچوی طبیعی (Latex) افزایش خواهد یافت.

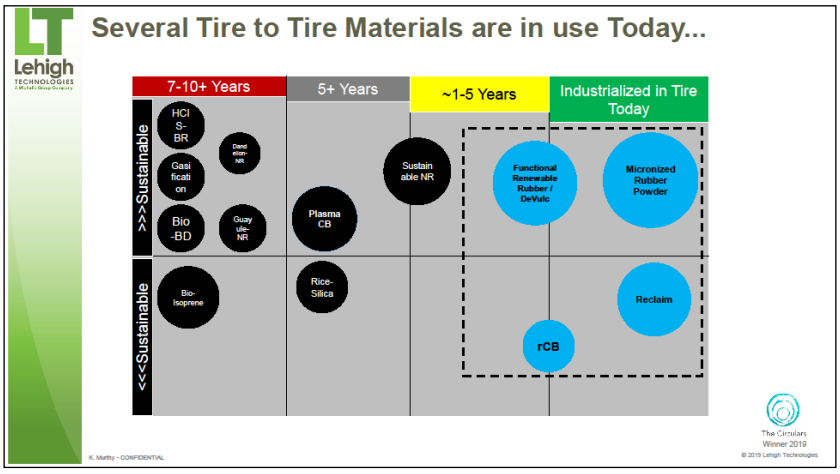
اختلاط SSBR با سیلیکا (Solution SBR - Silica):

این فرایند بسیار سخت‌تر از اختلاط لاتکس کائوچوي طبيعي با دوده بوده و زمان اختلاط آن بیشتر است. SSBR در محلولی که به‌طور عموم Hexane است، بسپارش می‌شود. بازیافت حلال و کاتالیست با حضور سیلیکا مشکل است. پس، باید از Re-Agglomeration ذرات سیلیکا ممانعت شود. برای انجام این فرایند نیاز به درک و فهم مناسبی از فرایند اختلاط به طور کلی و فرایندهای اختلاط سیلیکا و لاستیک مصنوعی به طور خاص است. شرکت‌های میشلین، مسنک و EVE دارای این فناوری اختلاط هستند. میشلین در میان بزرگان این صنعت از مزیت بیشتری برخوردار است و از این فناوری برای تولید رویه تایر TBR استفاده می‌کند. مدل‌های تجاری جدید در کارخانه‌هاي تایرسازی براساس کارخانه‌هاي کوچك در حال شکل گرفتن است که با فراگیر شدن این فرایند نیاز به SSBR افزایش چشم‌گیری خواهد یافت. کوچکتر شدن اندازه کارخانه‌هاي تایرسازی با تولید مستربچ‌هاي SSBR-Silica (Master Batch) و انجام اختلاط مواد اولیه تایر در فاز مایع در کارخانه‌هاي دیگر و همچنین، انجام فرایندهای تولید لایه و رویه در کارخانه‌هاي دیگر این امکان وجود دارد که کارخانه‌هاي تایرسازی در آینده فقط شامل قسمت‌های ساخت و پخت (Building - Curing) باشد.

ب) استفاده از مواد بازیافتی، پایدار و تجدید پذیر در تایر (T 2 T Material Use)،

استفاده از مواد تایر در تایر (Tire To Tire Material Use)

استفاده از مواد تایر در تایر و استفاده از مواد بازیافتی پایدار و تجدیدپذیر به سرعت در حال گسترش است. شرکت LT (Lehigh Technologies) که در زمینه بازیافت مواد اولیه تایر سابقه درخشانی دارد، در سال ۲۰۱۷ توسط شرکت میشلین خریداری شد. این شرکت در زمینه استفاده از مواد تایر برای تایر، استفاده از منابع اولیه پایدار و



تجدیدپذیر تخصص بسیار بالایی دارد و میشلین را برای رسیدن به اهداف خود که تولید تایر با استفاده از ۸۰٪ مواد اولیه بازیافتی و پایدار و تجدیدپذیر تا سال ۲۰۴۸ و جمع‌آوری و بازیافت صد درصد تایرهای تولیدی است، یاری می‌رساند. جدول زیر نشان می‌دهد که پودر لاستیک میکرونیزه MRP (Micronized Rubber Powder)، لاستیک بازیافتی (Reclaim)، دوده بازیافتی (Recovered Carbon)، سیلیکای تولید شده از برنج، لاستیک طبیعی تهیه شده از Dandelion و Guayule و بیوایزوپرن؛ در آینده از مواد بازیافتنی پایدار و تجدید پذیر هستند.

Rolling Resistance coefficient (N/kN)

Tyre type	Current limit	GRB-62-11-Rev.1	Stage 3	Stage 4
C1	10.5	9.0	9.0	8.0
C2	9.0	8.0	8.0	7.0
C3	6.5	6.0	6.0	5.5

Wet Grip index (G)

Tyre type	Current limit	GRB-62-11-Rev.1	Stage 3	Stage 4
C1	1.1	1.4	1.45	1.6
C2	0.95	1.25	1.25	1.35
C3	0.80	1.1	1.1	1.2

Noise (rolling sound emissions dB(A))

Tyre type	Current limit	GRB-62-11-Rev.1	Stage 3	Stage 4
C1	70-74	67-71	69-73	67-71
C2	72	70	71	70
C3	73	69	71	69

ج) پیشنهاد برای تغییرات اساسی در مقادیر و ویژگی‌های مقاومت غلطشی، صدای غلطشی تایر، چسبندگی تایر به جاده خیس برای اخذ E-Mark برای تأیید نوع تایر:

د) تصویب الحاقیه برای استاندارد R117:

این پیشنهاد به دنبال بحث و بررسی و مذاکرات طولانی توسط گروه کاری (Working Group) مربوط به اتحادیه اروپا تحت عنوان:

"Proposal For Amendments To The 02 Series Of Amendments To Regulation R117 Informal Document GRB-66-03"

برای تأیید نوع تایر و اخذ E-Mark مطرح شده که خلاصه این پیشنهاد به شرح زیر است:

زمان اجرا برای مرحله ۳ (Stage 3) از اول نوامبر ۲۰۲۰ (1Nov 2020) برای هر سه پارامتر گفته شده در بالا، برای اخذ تأییدیه نوع تایر E-Mark (Tire Type Approval) تعیین شده است. جدول زیر زمان فروش یا ورود تایر به سرویس را نشان می‌دهد:

Tyre class	Date
C1 and C2	1 November 2022
C3	1 November 2024

زمان اجرا برای مرحله ۴ (Stage 4) از اول نوامبر ۲۰۳۰ (1Nov 2030) برای هر سه پارامتر گفته شده در بالا جهت اخذ تأییدیه نوع تایر E-Mark (Tire Type Approval) تعیین شده است. جدول بعد زمان فروش یا ورود تایر به سرویس را نشان می‌دهد:

Tyre class	Date
C1 and C2	1 November 2032
C3	1 November 2034

نظر گروه کاری (Working Group) این است که ارتقاء هرچه بیشتر سطح عملکرد تایر، سطح ایمنی تایر و حفاظت از محیط زیست را افزایش می‌دهد که از نظر (Cost / Benefit) هزینه / فایده نیز بسیار سودآور و مفید است. محدوده استانداردهای پیشنهاد شده از نظر فنی - تکنیکالی قابل دسترس هستند. همان‌طور که در سال ۲۰۱۶ حدود۵۰٪ تایرها با محدوده پیشنهادی استاندارد مطابقت داشت. محدوده‌های مشخصه استاندارد برای آینده، به صنایع تایر فرصت می‌دهد که بتوانند زیرساخت‌های لازم برای چنین پیشرفت‌ها و توسعه‌هایی را در زمان مناسب فراهم و تغییرات لازم در طراحی را در مورد تایرهای جدید با هزینه‌های قابل قبول انجام دهند.

ه) پیش‌بینی تغییرات برای برچسب تایر (Tire Labeling):

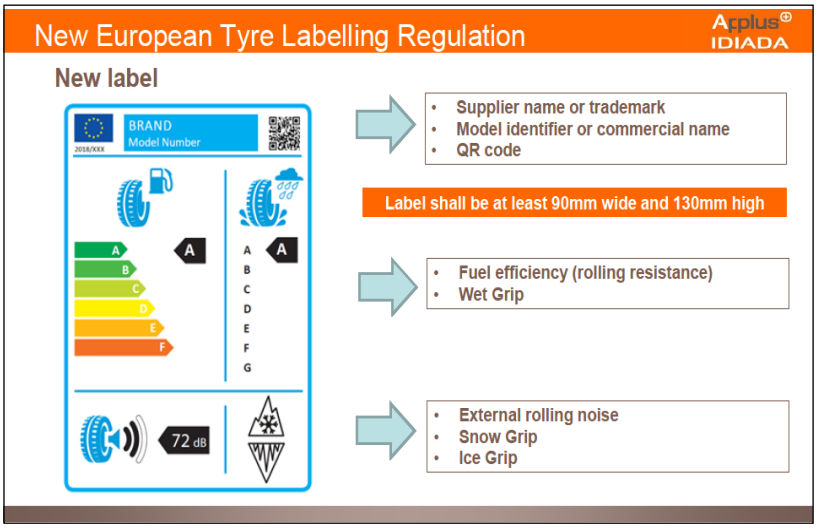
در برچسب پیشنهادی جدید مواردی مانند نام تولید کننده، نام تجاری، QR Code مطرح شده و افزون بر آن، اطلاعات اضافی در مورد وضعیت تایر در زمان رانندگی در برف و یخ نیز مدنظر قرار گرفته است.

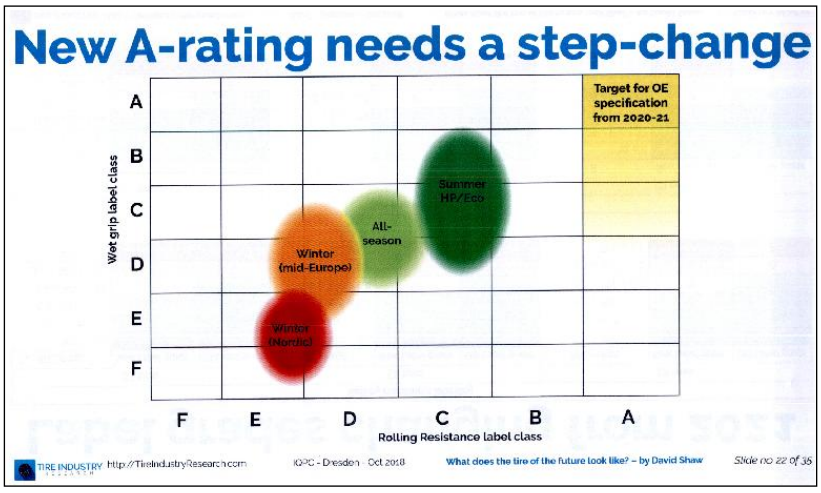
پارامترهای جدیدی که در آینده در مورد برچسب تایر به صورت اجباری مد نظر قرار خواهند گرفت، عبارتند از:

۱) تایرهای روکشی یا Retreaded Tire مشمول این استاندارد خواهد شد؛

۲) اطلاعاتی مربوط به مقدار سایش تایر و برآورد مسافت پیمایشی قید خواهد شد. در شرایط فعلی در حال ارزیابی روش‌های آزمون برای اندازه‌گیری و برآورد مقدار سایش تایر و مسافت پیمایشی هستند.

مدیر ارشد شرکت فیات کرایسلر در مورد مصرف سوخت (مقاومت غلطشی) و پارامترهای دیگر مانندچنگ‌زني در زمین خیس (Wet Grip) و صدای غلطشی می‌گوید که ما از تمام تأمین‌کنندگان خواهیم خواست که تمام تایرهای





با کلاس A از نظر برچسب را به‌عنوان تایر تجهیزی (Original Equipment) برای ما ارسال کنند.

نتیجه گیری

الف) تغییرات انجام شده در صنعت تایر:

۱- تاکید کوتاه مدت و میان مدت برای بهبود مقاومت غلطشی، چسبندگی تایر به جاده خیس، کاهش صدای تایر، بهبود مقاومت سایشی تایر و ....

۲- تاکید میان مدت بر مواد اولیه و فرایند تولید تایر

۳- تاکید به‌نسبت طولانی برای استفاده از مواد بازیافتی، پایدار و تجدید پذیر

۴- تردید در سرعت پیشرفت به دلیل ایجاد موانع تجاری و لجستیک

۵- وجود مقاومت در مصرف‌کنندگان در مقابل قیمت بالاتر برندهای پریمیوم (Premium)

۶- موارد دیگر

ب) بازخوردهای مورد نیاز

۱- حرکت به سمت مدل‌های تجاری داده محور
۲- تشکیل و راه‌اندازی گروه‌های برنامه‌ریز برای آینده
۳- اقدام برای انجام تغییرات مورد نیاز
۴- آماده‌سازی سازمان برای پذیرش تغییرات IRM

مراجع

1. Change in the global tire industry, David Show, Oct 2018
2. Tire in Europe, GRB-66-01-Add.1, September 2017
3. Proposal for amendments to the 02 series of amendments to Regulation 117, September 2017
4. Tire technology EXPO 2019
- New European tire labeling regulation, IDIADA
- Lehigh Technologies,2019
- EV Vehicle technology impact(SMITHERS)
- Liquid Mixing by David Show, March 2019

علمی- فنی

وضعیت ساخت دستگاه‌ها و تجهیزات موردنیاز صنعت تایرسازی (پرس‌های پخت - قالب تایر)

Status of machinery and equipment needed by the tire industry (baking presses - tire mold)

چکیده:

رشد و گسترش صنعت ماشین‌سازی رابطه مستقیم و نزدیکی با رشد صنایع تایرسازی دارد. یکی از ابزارهای بسیار مهم برای تأمین نیاز بازار به تایر خودرو امکان تغییر سریع و کم‌هزینه اندازه و طرح آج تایر تولیدی است. از این‌رو جهت افزایش ساخت قالب در کمترین زمان ممکن، به‌روز شدن تکنولوژی ساخت قالب ضرورت پیدا می‌کند. در این مقاله به بررسی وضعیت ساخت قالب، دستگاه‌ها، و تجهیزات مورد استفاده در صنعت تایر در ایران و جهان پرداخته شده‌است.

واژه‌های کلیدی: پرس‌های پخت، قالب‌تایر، تجهیزات برش، ماشین برش، خط اختلاط.

نوع مقاله: مروری

ابراهیم عصمتی

مدیر عامل شرکت کاراگستر، تهران، ایران

*** عهده دار مکاتبات:**
esmati@karagostar.com

مقدمه

به موازات رشد و توسعه صنایع تایرسازی در ایران، فعالیت‌های ماشین‌سازی نیز در این حوزه با رشد ملایمی آغاز شده و درسال‌های اولیه پس از انقلاب با انگیزه‌های خودکفایی داخلی به‌طور نسبی موردحمایت ارگان‌های دولتی قرارگرفته؛ ولی به دلیل نبود برنامه‌های دقیق توسعه صنعتی و چشم‌اندازهای روشن در این زمینه و همچنین، شرایط نامطلوب اقتصادی و عدم ارتباط مناسب با بنگاه‌های صنعتی خارجی، با فراز و نشیب‌های مختلفی مواجه بوده است.

در ایران فعالیت‌های ماشین‌سازی برای صنایع تایرسازی با کپی کاری از نمونه‌های خارجی که فناوری حاکم بر آن‌ها از پیچیدگی کمتری برخوردار بوده و یا مونتاژ دستگاه‌ها و تجهیزاتی که فناوری آن‌ها از منابع خارجی به دست آمده از حدود ۳۰ سال پیش توسط سازندگان داخلی آغازشده است.

شرکت "ماشین‌سازان" از اوایل دهه ۶۰ تحت لیسانس مک نیل فرانسه به مونتاژ و ساخت پرس‌های پخت مکانیکی مشغول شده

ولی نهایتاً به دلیل عدم تقاضای مناسب و نیاز صنایع تایرسازی داخلی به پرس‌های پخت هیدرولیک، که شرکت نامبرده از فناوری آن بی‌بهره بوده، و مشکلات اقتصادی احتمالی، فعالیت خود را در این زمینه متوقف کرد. به دنبال آن، از اوایل دهه ۷۰ شرکت‌هایی چون "مکانیکال"،"کیان آرا "و "پاناپارس" با کپی کردن ماشین‌های تایرسازی بایاس و تجهیزات بندسازی و برخی ماشین‌های ساده‌تر (مانند رپ زنی و یا قیلیپر زنی) شروع به فعالیت کردند. که آن‌ها نیز به دلیل محدودیت تقاضا و مناسب نبودن شرایط اقتصادی به فعالیت‌های خود در این حوزه پایان بخشیده و یا جبهه کاری خود را تغییر دادند. شرکت "تحقیقات کنترل صنعتی جنوب "نیز از اوایل دهه ۷۰، افزون بر فعالیت‌های خود درزمینه‌ي ساخت تجهیزات کنترلی صنایع مختلف، بخشی از فعالیت خود را برساخت ماشین‌های آزمون تایر (ماشین یونیفورمیتی، درام تست و آزمون مقاومت غلتشی) متمرکز کرده و همچنان به فعالیت خود در سطح محدود ادامه داده است.

از اواخر دهه ۷۰ شرکت "تایر ماشین" نیز با دریافت فناوری از شرکت هربرت، تمرکز خود را بر ساخت درام‌های تایرسازی و پرس‌های پخت تیوب و فلاپ قرارداد که به دلیل نبودن تقاضای مناسب و تدوام نداشتن درخواست از سوی شرکت‌های تایرسازی، نهایتاً فعالیت خود را متوقف نمود. شرکت دیگری به نام "بهنامان صنعت" نیز در حوزه ساخت و تعمیر درام‌های تایرسازی فعالیت می کرد که همچنان به مقدار کم نسبت به ساخت تجهیزات مورد نیاز کارخانه‌هاي داخلي در حال فعالیت است.

سازندگان جهانی دستگاه‌هاي تایرسازي

مطالعات انجام‌شده بر سازندگان دستگاه‌ها و تجهیزات مورداستفاده در صنایع تایرسازی نشان می‌دهد که به دلیل تنوع فرایندها و سلسله عملیات مختلف برای تولید تایر، گستره دستگاه‌ها و تجهیزات تولیدی از توجه زیادی برخوردار بوده و عموماً یک شرکت قادر به تأمین همه دستگاه‌ها نیست؛ زیرا افزون بر حجم سرمایه‌گذاری بالا، برخورداری از دانش فنی برای ساخت و تولید دستگاه‌ها و بهره‌گیری از نیروهای متخصص و کارآمد شرط ضروری است؛ اما بسیاري از سرمایه‌گزاران صنعتي از چنین امکاناتي محروم بوده و محدود بودن بازارهاي هدف نیز در اداره و یا گسترش فعالیت آن‌ها نقش کلیدي داشته است.

غیر از چند شرکت بزرگ که از ادغام شرکت‌های کوچکتر به وجود آمده، با داشتن يك واحد قوي تحقیق و توسعه نوآوري، که دانش فني خود را به‌روز مي‌کند، قادر به ساخت بسیاری از دستگاه‌ها هستند. سایر شرکت‌ها بیشتر فعالیت‌های خود را به یک یا چند ماشین پرمصرف (مانند ماشین‌های تایرسازی، پرس پخت و یا تجهیزات برش) معطوف ساخته و در همان محدوده فعالیت می کنند، که آن‌ها را می‌توان به سازندگان کم محصول و پر محصول طبقه‌بندی کرد:

سازندگان کم محصول: به گروهی از ماشین سازان اطلاق می‌شود که حداکثر سه نوع ماشین را تولید می‌کنند، مانند شرکت‌های زیر:

- HERBERT (پرس پخت و تجهیزات پخت)
- CARTER (تجهیزات خط اختلاط)
- VMI (ماشین تایرسازی، تجهیزات برش)
- BESTORF (اکسترودر وکلندر)،
- KONSTRUKTA (اکسترودر و ماشین برش)
- RODOLFO COMMERIO (کلندر نخی و سیمی)
- DALIAN (میکسر و میل و بچ آف)

سازندگان پرمحصول: به گروهی از ماشین سازان گفته می‌شود که بیشتر (نه همه) تجهیزات تولیدی صنایع تایرسازی را می‌سازند و نیاز شرکت‌های تایرسازی را تأمین می‌کنند؛ مانند شرکت‌های زیر:

- HF (اغلب دستگاه‌ها به جز ماشین‌های برش)
- MESNAC (اغلب دستگاه‌ها به جز خط اختلاط، خط کلندرینگ و خط اکسترودر)،

• MHI (اغلب دستگاه‌ها به جز کلندرینگ و اکسترودینگ)

در جدول زیر لیست ۳۰ سازنده برتر دستگاه‌ها صنعت تایرسازی را که تاحدی برحسب مقدار فروش سالانه مرتب شده‌اند، مشاهده می کنید. در این جدول حوزه فعالیت هر یک از آن‌ها درزمینه ساخت دستگاه‌ها و تجهیزات خطوط تولید مشخص‌شده است.

ساختار شرکت‌های بزرگ و موفق نشان می‌دهد که بعضی چندملیتی بوده و سهامداران آن‌ها شرکت‌ها یا افرادی از کشورهای قدرتمند صنعتی هستند؛ این وضعیت باعث شده قدرت نفوذ آن‌ها در بازارهای مختلف افزایش یابد. از طرف دیگر، قوانین و مقررات دست و پاگیری برای فروش و صادرات محصول خود نداشته و در بسیاری موارد از بسته‌های تشویقی صادراتی برخوردار هستند که در این مورد می‌توان شرکت‌های چینی را مثال زد.

مطلب دیگری که باید به آن توجه کرد سیر تکاملی شرکت‌های بزرگ است که ابتدا فعالیت خود را با تولید یک یا چند ماشین (نه‌چندان پیچیده) شروع کرده و سپس، با تثبیت شرایط اقتصادی خود و جذب دانش فنی از شرکت‌های برتر، دانش و مهارت خود را به‌روز کرده و در میدان عمل با موفقیت روبرو شده‌اند. این شرکت‌ها در مراحل بعدی توانسته‌اند با تشکیل هلدینگ‌ها، قدرت تولیدی و اقتصادی خود را افزایش داده و درصد بیشتری از سهم بازار جهانی را کسب کنند.

شرکت‌های نامبرده، همراه با کسب موفقیت‌های اقتصادی از سرمایه‌گذاری درزمینه تحقیق و توسعه غافل نبوده‌اند و این موضوع یکی از رازهای موفقیت این شرکت‌ها بوده است.

تجربه‌هاي ماشین‌سازی در کشور

کارنامه ماشین‌سازی در کشور، به ویژه در حوزه صنعت تایرسازی، غیر از مواردی که با موفقیت نسبی همراه بوده است درپاره ای موارد چندان درخشان نبوده و پیشینه قابل قبولی ندارد.

ماشین‌سازی در ایران با انگیزه‌های مختلف (نمایشی، تمکینی، رانتی، حمایتی، اورژانسی و کارآفرینی) انجام‌شده است که توجه به هریک از موارد یادشده قابل تأمل است:

- در برخی موارد شرکت‌ها برای حسن شهرت، مطرح‌شدن و یا تبلیغات به منظور دریافت امتیازات مقطعی دست به ساخت نمونه‌ای از یک ماشین زدند؛ که این عملیات در همان سطح نمایشی باقی‌مانده و از این حد تجاوز نکرده است.
- گاه بنا به ضرورت و در شرایط تنگنا از سوی مقامات مافوق دستور ساخت دستگاه‌هاي داده‌شده که واحدی تأسیس‌شده و نسبت به ساخت اقدام کرده‌اند هرچند وجه اقتصادی آن چندان موردتوجه نبوده است.
- در پاره‌ای موارد افرادی که به مراکز قدرت نزدیک بوده‌اند با دریافت رانت و تسهیلات ویژه، واحدهایی را برای ماشین‌سازی تأسیس کرده‌اند، که فعالیت بعض از آن‌ها، از آن‌جا که روابطي بوده، با اشکال مواجه شده است.
- برخی ماشین سازان داخلی، بنا به حمایت‌های انجام‌شده از سوی مدیران وقت که خود به محصول موردنظر نیاز داشته‌اند، دست به اقدام زده و واحدی را برای تولید محصول موردنظر تأسیس کرده‌اند که به دلیل عدم تداوم این حمایت‌ها بعد از مدتي با عدم دریافت سفارش مواجه و فعالیت آن‌ها دچار مشکل شده است.
- در مقاطعی مانند شرایط جنگی و مانند آن بنا به نیازهای فوری واحدهایی برای تأمین تجهیزات موردنیاز تأسیس‌شده‌اند که پس از رفع شرایط اضطراري نتوانستند به حیات خود ادامه دهند؛ زیرا تولیدات از این دست به‌طور کلي فاقد توجیه اقتصادي بوده و صرفاً برای برطرف‌کردن نیازهاي آني و ضروري پي‌ریزي مي‌شوند.
- در مواردی نادر، افرادی به نیت کارآفرینی در این راستا سرمایه‌گذاری کرده و متناسب با نیازهای بازار برای تولید دستگاه‌هاي خاصی برنامه‌ریزی کرده‌اند. فعالیت این

شرکت‌های ردیف ۳۰&۸،۹،۲۳،۲۴،۲۵ پرس‌های پخت تزریقی تولید می‌کنند که بیشتر در صنعت قطعه‌سازی کاربرد دارند و پرس‌های نامبرده می‌توانند برای تولید بلادرپخت نیز مورداستفاده قرار گیرند

U=UPSTREAM EXIPMENT ,S=SAMALL MIXER

NO	GLOBAL RUBBER &TIRE MACHINERY MAKERS	MIXING	CALENDRING	EXTRUDING	CUTTING	BUILDING	CURING	INSPECTION& TIRE TESTING
1	HF GROUP	X	X	X		X	X	X
2	VMI HOLLAND BV				X	X		
3	MESNAC CO. LTD.	U			X	X	X	X
4	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES	X			X	X	X	X
5	KOBE STEEL CO.	X					X	X
6	TROESTER GMBH & CO. KG			X				
7	SAFE-RUN					X	X	
8	LWB STEINL GMBH CO.& KG						X	
9	KLOECKNER DESMA ELASTOMERTECHNIC						X	
10	DALIAN R&F MACHINERY CO. LTD.	X	X					
11	COMERIO ERCOLE		X					
12	YIYANG RUBBER AND PLASTIC	X				X	X	
13	LARSEN & TURBO LTD.	S			X	X	X	
14	GUILIN RUBBER MACH FACTORY				X	X	X	
15	DOUBLESTAR MECHANICAL LTD.					X	X	
16	QINGDAO DOUBLESTAR R&P MACH CO. LTD.						X	
17	CONTI MACHINERY					X		
18	SINO-RUBBER MACHINERY CO. LTD.						X	
19	TIANGIN SIAXIANG TECHNOLOGY CO. LTD.		X		X	X	X	
20	KRAUSSMAFFEI BERSTORFF GMBH		X	X				
21	NAKATA ENGINEERING CO. LTD.			X				
22	COMERIO ERCOLE SPA.		X					
23	REP INTERNATIONAL						X	
24	MAPLAN						X	
25	ARBURG GMBH + CO. LTD.						X	
26	BEIJING JINGYIE MECHNICAL CO. LTD.				X	X		
27	GUILIN RUBBER R&D INST.				X	X	X	
28	SCUT BESTRY TECHNOLOGY CO. LTD.	U		X	X			
29	SICHUAN YAXI RUBBER& PLASTICS MACHINERY	X						

شرکت‌ها به‌طور نسبی با موفقیت همراه بوده است.

با توجه به مراتب بالا نتایج حاصل از تجارب ماشین‌سازی در ایران را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱) کسب تجربه‌های فنی اولیه
۲) شناخت محصول موردمطالعه
۳) غیراقتصادی بودن بیشتر فعالیت‌های انجام‌شده
۴) عدم گسترش و توسعه واحدهای فنی موجود و باقی‌ماندن در مقیاس کوچک تولیدی

وضعیت ماشین سازان جهانی صنعت تایر و رابر

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، رشد و گسترش صنعت ماشین‌سازی رابطه مستقیم و نزدیکی با رشد صنایع تایرسازی دارد. طبیعی است که هرچه درخواست‌های بیشتری از سوی مشتریان مطرح شود، شرکت‌های ماشین ساز نیز نسبت به رفع این‌گونه نیازمندی‌ها بی‌تفاوت نخواهند بود؛ آنان برای رفع نیازهای برنامه‌ریزی و اقدام کرده که این امر موجب شکوفایی صنایع ماشین‌سازی می شود. ضعفی که طی دو سال گذشته متوجه صنعت تایرسازی بوده است باعث شده که در مجموع فروش دستگاه‌ها این صنعت در سطح جهانی ۴٫۲ درصد کاهش یابد و در سال ۲۰۱۶ میلادی به ۴٫۶۳۷۴ میلیون دلار کاهش یابد. چنانچه رشد ۵ درصدي صنعت تایرسازي طي سال‌هاي ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ تداوم داشته باشد، انتظار می‌رود که درآمد حاصل از فروش دستگاه‌هاي تایرسازی در سال ۲۰۲۱ میلادی به ۵٫۶۳۴ میلیون دلار برسد. در مجموع در سال ۲۰۱۶ شرکت‌های برتر ماشین‌ساز در حوزه صنایع تایرسازی با درآمد کمتری مواجه بوده‌اند. این ماشین‌سازان که رتبه اول تا دهم جهانی را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۱۶ از فروش کل جهانی، سهمی معادل ۴۴ درصد داشته که نسبت به سال ۲۰۱۵ درآمدشان از فروش دستگاه‌ها به میزان پنج و نیم درصد کاهش‌یافته است. این ده شرکت برتر عبارت‌اند از:

۱) HF Group (آلمان)
۲) VMI (هلند)
۳) MESNAC (چین)
۴) Mitsubishi Heavy Industries (ژاپن)
۵) KOBELCO (ژاپن)
۶) TROESTER (آلمان)
۷) Safe-Run (چین)
۸) LWB (آلمان)
۹) Desma (آلمان)
۱۰) Dalian Rubber & Plastics Machinery (چین)

در آینده ماشین‌سازان در پلاتفرم خود برنامه "Industry 4" راکه به‌انقلاب چهارم صنعتی مشهور است، دنبال می‌کنندکه این برنامه بر تولید هوشمند دستگاه‌ها و تجهیزات استوار است. مطابق این برنامه، نوآوری‌های فناورانه، اتوماسیون تجهیزات و هوشمند سازی فعالیت‌ها، گرایش‌ها اصلی ماشین سازان را در برمی‌گیرد. همچنین، این شرکت‌ها با به‌کارگیري فناوري به‌روز و پیشرفته به تدریج بازار مصرف را تصرف می‌کنند. درسال‌های اخیر، بسیاری از شرکت‌ها برنامه‌های تولیدی خود را بر مبنای هوشمندسازی و ارتقاء اتوماسیون دستگاه‌ها پی‌ریزی کرده‌اند که این موضوع در بسیاری از ماشین‌های تایرسازی یک مرحله‌ای که در چند سال اخیر ساخته‌شده‌اند، قابل‌مشاهده است.

با مطالعه فعالیت‌های سازندگان برتر جهانی در حوزه صنعت تایر و رابر مشخص می‌شود که شرکت‌های مزبور بیشتر با حجم سرمایه‌گذاری بالا و متناسب با بازارهای هدف توانسته‌اند در مقیاس تولیدی مناسب در چند حوزه مشخص فعالیت خود را متمرکز کنند. همچنین، از پرداختن به ساخت و تولید تجهیزاتی که تقاضای کمتری دارند و از نظر میزان تولید مناسب نیستند، پرهیز و تا آنجایی‌که ممکن است تنوع محصولات خود را محدود ساخته‌اند. این شرکت‌ها معمولاً به دلیل حجم تقاضا از سوی شرکت‌های تایرسازی بیشتر درزمینه ساخت ماشین‌های

تایرسازی، پرس‌های پخت و بعضی تجهیزات برش برنامه‌ریزی کرده و این محصولات از محورهای اصلی تولیدهاي آن‌ها است. از طرف دیگر، هریک از این شرکت‌ها در زمینه‌های دیگري نیز دارای تخصص لازم بوده که نسبت به سایر سازندگان در این زمینه متمایز هستند. اینکه چرا توجه شرکت‌هاي بزرگ بر ساخت ماشین‌هاي تایرسازي و پرس‌هاي پخت متمرکز شدند مي‌تواند ناشي از دلایل زیر باشد:

- در کشورهای در حال توسعه (مانند هند، ایران، پاکستان و ...) که صنعت تایر که رو به رشد است فناوری بایاس رو به پایان بوده و فناوری رادیال جایگزین آن می‌شود. برای نوسازی خطوط خود نیاز به تغییر فناوري در بخش‌هاي اختلاط، اکسترودینگ و کلندرینگ نداشته و بیشتر نیاز به تغییر تجهیزات ساخت و پخت و خطوط برش دارند.
- در همه کارخانه‌ها تایرسازی، تعداد ماشین‌های تایرسازی و پرس‌های پخت نسبت به سایر دستگاه‌هاي تولیدی بیشتر است. درنتیجه تقاضا برای ماشین‌های یاد شده نسبت به سایر دستگاه‌هاي افزون‌تر است.
- سرعت تغییر در فناوری ساخت ماشین‌های تایرسازی (جهت دست‌یابی به زمان ساخت کمتر و دقت بیشتر در مونتاژ اجزاء تایر) نسبت به دستگاه‌هاي دیگر بیشتر بوده و شرکت‌های تایرسازی معتبر از ماشین‌هاي قدیمي براي سال‌هاي طولاني استفاده نمي‌کنند. آنان تلاش مي‌کنند تا دستگاه‌هاي پیشین را با دستگاه‌هاي جدیدي که راندمان و کیفیت بهتری دارند، جایگزین کنند.
- با توجه با تولید تایرهای رادیال، که تولید آن‌ها بسیار حساس‌تر و دقیق‌تر از تایرهای بایاس است، پرس‌های مکانیکی نسل پیش چندان جواب‌گوی نیازمندی‌های فناوری‌های نوین نبوده و گرایش به استفاده از پرس‌های هیدرولیک طی سال‌های گذشته و اخیر رو به افزایش بوده است. این فرایند جایگزینی می‌تواند یکی از فاکتورهایی باشد که تقاضا را برای پرس‌های هیدرولیک بالابرده است.

نکته‌ي دیگر که باید به آن توجه کرد این است که شرکت‌های بزرگ ماشین‌سازی طی فرایند ادغام دامنه فعالیت‌های خود را گسترش بخشیده و قدرت اقتصادی و رقابت‌پذیری خود را افزایش داده‌اند.این شرکت‌ها توانسته‌اند با ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه و نوآوری و همچنین، ارتباط با مراکز صنعتی و دانشگاهی نسبت به تولید دانش نوین و به‌سازی دانش موجود خود اقدام و سازمان خود را به فناوری‌های نوین مجهز ساخته و در این زمینه بخشی از درآمد خود را صرف فعالیت‌های پژوهشی کرده‌اند. از سوی دیگر، شرکت‌های بزرگ با سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های دیگر توان مالی و صنعتی خود را افزایش داده و کارخانه‌ي جدید را در مکان‌هایي تاسیس کرده‌اند تا به‌توانند از تسهیلات و نیروی کار ارزان‌تر استفاده کنند. آنان همواره به بهای تمام‌شده محصولات خود توجه کافی داشته‌اند.

وضعیت ماشین‌سازی براي ساخت پرس پخت تایر در ایران:

در حال حاضر، شرکت مهندسی کاراگستر با همکاری شرکت هربرت آلمان تأمین‌کننده اصلی پرس‌های پخت تایر بوده است. در گستره کوچکتر واحدهای فنی برخی از شرکت‌های تایرسازی، مانند کویرتایر، نسبت به تأمین نیازهای خود ساخت، یا بازسازی پرس‌های پخت خود اقدام مي‌کنند.

فناوری در دسترس شرکت مهندسی کاراگستر این فرصت را برای شرکت‌های تایرسازی ایران فراهم کرده که بتوانند در صورت رفع مشکلات مالی خود نسبت به تأمین پرس‌های پخت با فناوری روز اقدام نمایند.

بدیهی است در صورت اجرای پروژه‌های احداث شرکت‌های جدید تایرسازی، فرصت لازم برای توسعه ماشین‌سازی در کشور فراهم شده و نیاز پروژه‌ها به پرس‌های پخت با سهولت بیشتری

از منابع داخلي تأمين خواهد شد.

- در صورت محقق شدن طرح‌های توسعه موجود (در حالت خوش‌بینانه دست‌کم دو طرح با ظرفیت ۵۰ هزار تن) در بهترین حالت تقاضا در مورد پرس‌های پخت می‌تواند حدود ۱۶۵ دستگاه ارزیابی شود که با توجه به تجارب قبلی، ساخت آن‌ها با فناوری روز و مطابق استانداردهای جهانی مقدور بوده و می‌تواند به مدت حداقل ۴ سال فعالیت‌های شرکت سازنده را پوشش دهد. پس از آن برای یک مدت طولانی حداقل ۵ ساله، سفارش عمده‌ای از سوی تایرسازان دریافت نخواهد شد و این موضوع مي‌تواند پروژه‌ي توليد پرس‌هاي پخت تاير را كمتر اقتصادي تلقي كرد؛ چراكه اميدي به تداوم آن وجود ندارد. از طرفي با وجود شرايط اقتصادي حاكم بر كشور و محدوديت‌هاي موجود نمي‌توان به بازارهاي جهاني نيز دل بست زيرا بازاريابي چنين محصولي كه رقباي شناخته شده بسياري در سطح جهاني دارد كار چندان آساني نخواهد بود.

مزایای و معایب ساخت ماشین و قالب در ایران:

مزایا:

- منابع انسانی ارزان
- منابع انرژی ارزان
- مواد اولیه ارزان

معایب:

- محدویت‌های تجاری بین‌المللی
- ناهنجاری‌های سیاسی و اقتصادی
- رانت‌های موجود برای مشتریان صاحب رانت
- مشتریان غیرحرفه‌ای
- محدودیت‌های انتقال فناوری
- پایین بودن سطح فرهنگ صنعتی در کشور

وضعیت قالب‌سازی تایر در جهان:

با عبور از سوابق تاریخی ساخت قالب تایر در جهان، که با فراز و نشیب‌های فناوری جدی مواجه شده، وضعیت کنونی در این رشته صنعتی به اختصار به شرح زیر است:

- بیش تر نیاز قالب‌های تایر در جهان توسط شرکت‌های قالب‌سازی کشور چین انجام می‌پذیرد که در رأس آن شرکت‌های مایل است.
- بخش دیگری از نیاز به قالب توسط شرکت‌های قالب ساز غیرمستقل وابسته به شرکت‌های بزرگ تایرسازی انجام می شوند. (مانند شرکت‌های گودیر، میشلن، کنتینتال و غیره)
- گروه دیگری از تأمین کننده‌های قالب تایر نیز، شرکت‌های قالب ساز مستقلي هستند كه در كشورهاي مختلف پراكنده‌اند.

اختصاص بودجه‌ای بین ۲ تا ۳ درصد فروش برای خرید قالب تایر توسط شرکت‌های تولیدکننده تایر این امکان را فراهم کرده تا بازار فروش شرکت‌های سازندگان قالب تایر جهان پایدار و مستدام باشد. فناوري ساخت قالب تاير بر پايه دو فناوری ریخته گری دقیق و ماشین‌کاری با ماشین‌ها و ابزارهای پیشرفته انجام می‌پذیرد. عمده سازندگان قالب تایر از قدمت بیش از ده سال برخوردار بوده و به دلیل داشتن مهارت‌ها و تجربه‌هاي مورد نياز براي ساخت قالب و همچنين برخوردار بودن از دستگاه‌هاي مدرن، میدان را برای ورود سایر تولیدکنندگان به عرصه ساخت قالب تاير خالي نمي‌كنند.

وضعیت ساخت قالب‌های تایر در ایران:

خوشبختانه با خدمت ۲۵ ساله شرکت مهندسی کاراگستر درزمینه ساخت انواع قالب تایر بیشتر نیاز کشور درسال‌های گذشته در این زمینه برآورده شده است. وجود سازنده داخلی قالب تایر در شرایط متفاوت رونق اقتصادی یا بحران اقتصادی

نقش مهمی را در تولید تایر کشور ایفا می کند.

شرکت‌های تایرسازی برای تولید تایر خود نیاز به تغییر مداوم طرح و اندازه دارند. یکی از ابزارهای بسیار مهم برای تأمین نیاز بازار به تایر خودرو امکان تغییر سریع و کم‌هزینه اندازه و طرح‌های آج تایر است. بنابراین، افزایش ساخت قالب و به‌روز شدن فناوری تولید ضرورت پیدا می کند. به همین دلیل، در سال ۱۳۹۸ با افزودن دستگاه‌ها و تکنولوژی جدید به خط موجود شرکت مهندسی کاراگستر ظرفیت ساخت قالب‌های فولادی دو پارچه و سگمنتال افزایش‌یافته و کمبود موجود در این گروه از قالب‌های تایر در عمل منتفی شده است IRM

مراجع

1. Ashcroft, J.; Guide for the Selection of Personal Protective Equipment for Emergency First Responders, National Institute of Standards and Technology, Washington, USA, 2007.

استفاده از شیوه‌های مکانیزه برای بهره‌برداری مؤثر از سیستم‌های مدیریت کیفیت در صنعت تایر

Use of mechanized practices for effective utilization of quality management system in tire industry

چکیده:

با توجه به الزامات سیستم‌های مدیریت کیفیت؛ جمع‌آوری، پایش و پردازش اطلاعات تولید و یا برخی از خروجی‌های دستگاه‌ها باید انجام شود تا تمام پارامترهای کیفی تحت کنترل قرار گیرند. به دلیل تنوع زیاد اطلاعات، انجام اقدامات اصلاحی به‌موقع برای حفظ پارامترهای فرایندی مؤثر بر کیفیت، در محدوده‌های کنترلی اغلب با تأخیر همراه بوده و از دست رفتن کیفیت اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این مقاله، پس از مرور سیستم‌های مدیریت کیفیت و دلایل از دست رفتن کیفیت و خروج فرایندها از کنترل، نسبت به بررسي هزینه‌های تحمیل‌شده به کارخانه‌ها تایرسازی اقدام خواهد شد. برای غلبه بر این مشکلات، امکان بهره‌برداری از سیستم‌های مکانیزه ردیابی مواد نیم‌ساخته و محصول برای مدیریت بچ و نیز استخراج، دسته‌بندی و پردازش داده‌های دستگاه‌ها تولیدی و همچنین، تهیه گزارش‌هاي برخط و نمایش آن‌ها در شبکه IT کارخانه یا در شبکه نت بررسی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت، هزینه‌های کیفی، مدیریت بچ، پایش برخط.

نوع مقاله: مروری

رحیم رحمانی
کارشناس ارشد صنعت تایر، تهران، ایران

* عهده دار مکاتبات:
rahmani_star@yahoo.com

مقدمه

از اوایل دهه هفتاد شمسی و به موازات بازسازی صنایع کشور، کار استقرار استانداردهای سری ISO۹۰۰۰ در شرکت‌های بزرگ شروع شد. این شرکت‌ها با تلاش زیادی موفق به آموزش، ترویج و پیاده‌سازی این سیستم‌ها در کارخانه‌های خود شده و به موازات آن انتظارات و امیدهای زیادی در بین کارشناسان آن‌ها برای سامان یافتن تولید بر مبنای سیستم‌های مبتنی بر استانداردهای "جادویی" جدید شکل گرفت. موفقیت در کسب گواهی استقرار این سیستم‌ها در هر شرکت موجی از

شادی و رضایت در آن‌ها ایجاد و سیل تبریک و شادباش به مدیریت، کارشناسان و کارگران این شرکت‌ها سرازیر و مدیریت ارشد شرکت‌ها نیز از این "برگ برنده" به عنوان شاهدی بر موفقیت خود در امر تأمین الزامات کیفی موردنظر مشتریان و مصرف‌کنندگان نهایی، به شیوه‌های متفاوت استفاده می کردند. در سال‌های بعد، ثابت شد باوجود اینکه استقرار این سیستم‌ها به هر تقدیر کاری مفید بود؛ اما لزوم به‌کارگیری آن اجتناب‌ناپذیر بوده است. ولی بیشتر مشکلات شرکت‌ها همچنان باقیمانده و لزوم توجه به سایر حوزه‌های مدیریتی برای ارتقای کسب‌وکار آن‌ها برای دستیابی به موفقیت، لازم خواهد بود. در همین ارتباط، اقبال شرکت‌ها به راه‌حل‌های میان‌بر داده شده توسط مشاورانی که سیستم‌های دیگری مثل اصول ارتقاء بهره‌وری، نظام کایزن، ۵S، EFQM و ده‌ها سیستم دیگر ترویج می‌شد، می‌توان درک کرد.

در این مقاله، پس از بیان تاریخچه‌ای از سیر تکامل و شکل‌گیری سیستم‌های کنترل کیفیت، تضمین کیفیت، مدیریت کیفیت در شرکت‌های تایرسازی، ریشه‌ها و عوامل عدم دستیابی به کیفیت مطلوب، تعریف یا شناسایی‌شده و سپس، منشأ ضرر و زیان‌هایی که به شرکت‌های تایرساز، به دلیل از دست رفتن کیفیت تحمیل می‌شود، مرور خواهد شد. برای این بررسی، از هزینه‌های کیفیت به عنوان شاخص کمی برای برآورد ضرر و زیان‌های مالی به خاطر از دست رفتن کیفیت استفاده خواهد شد. از یک‌طرف، توجه به محوریت و اصالت سیستم‌های مدیریت کیفیت و از طرف دیگر، مشکل اساسی بخش بزرگی از کارکنان در رعایت الزام‌هاي این سیستم، مورد بررسي قرار خواهد گرفت. در پایان این مقاله برخی از نظام‌های مکانیزه‌ای که می‌توانند به کنترل و یا حداقل به تشخیص سریع خروج پارامترهای کیفی از محدوده‌های کنترلی کمک کنند، بررسی خواهند شد.

سیر تکامل نظام‌های مدیریت کیفیت

از زمان شروع به تولید صنعتی کالاهای مصرفی، موضوع دوباره‌کاری‌ها و بروز ضایعات به صورت معضلی در پیش روی مدیران واحدهای تولیدی ظاهر شد. با افزایش تولید انبوه کالاها و حق انتخابی که برای مصرف‌کنندگان به وجود آمد. افزون بر ضرر و زیان‌های ناشی از ضایعات در خطوط تولید، از دست رفتن برخی پارامترهای کیفی موردنظر طراح محصول، به صورت عامل تعین کننده‌ای در بازار و در امر رقابت مطرح و کارخانه‌ها را با چالش بزرگی مواجه ساخت. تلاش‌های زیادی برای غلبه بر این معضل‌ها در تمامی کارخانه‌ها انجام شد. با تشکیل واحدهای کنترل کیفیت در ابتدا سعی در جداسازی تولیدهاي معیوب و به دنبال آن اقدام‌هاي پیشگیرانه در دستور کار قرار گرفت. در ادامه این تلاش‌ها، سیر تکاملی طراحی و استقرار سیستم‌هایی مانند بازرسی کالای نهایی و یا نیم ساخته، ممیزی و کنترل مراحل تولید، استفاده از فنون آماری در قالب کنترل کیفیت آماری (SQC)، و همچنین، کنترل فرایند آماری (SPC) طی شد که هر کدام در زمان خود توانستند بخشی از مشکلات را حل کنند.

با توجه به اهمیت زیاد تأمین قطعه‌هاي باکیفیت و مشخصه‌هاي مورد نیاز خودروسازان بزرگ دنیا، آنان سیستم‌هایي را طراحي و مورد پایش دقیق قرار دادند. یکی از مشکلات تأمین‌کنندگان قطعه‌ها در ابتدا رعایت استانداردهای جداگانه برای هر خودروساز بود. سه شرکت بزرگ خودروسازی آمریکا یعنی فورد، کرایسلر و جنرال موتور باهدف کاهش هزینه تأمین قطعات، اقدام به ادغام سیستم‌های مدیریت کیفیت خود کردند که نتیجه کار تدوین و معرفی استاندارد QS۹۰۰۰ بود.

بارونق کار و تولید انبوه خودروسازان داخلی در اواسط دهه ۷۰ شمسی، استفاده از استاندارد جدید QS۹۰۰۰،

اساس کار ارزیابی شرکت‌های تأمین‌کننده قطعه‌ها خودرو و همه شرکت‌های تایرساز داخلی قرار گرفت. استفاده از این استاندارد تا اوایل دهه ۸۰ شمسی ادامه داشت. خودروسازان بزرگ دنیا در این دهه، به تفاهم تاریخی ادغام همه سیستم‌های مدیریت کیفیت در استاندارد جامعی تحت عنوان ISO/TS۱۶۹۴۹ دست یافتند. در فاصله زمانی کوتاهی این سیستم جدید مورد اقبال خودروسازان داخلی قرارگرفته و به‌دنبال آن‌ها، شرکت‌های قطعه‌ساز و البته شرکت‌های تایر ساز داخلی نیز با تلاش زیاد موفق به استقرار آن در کارخانه‌ها خود شدند. باوجود آنکه استاندارد جامع معرفی‌شده ISO/TS۱۶۹۴۹ بسیاری از انتظارات خودروسازان را پوشش می‌داد، مراعات استانداردهای تکمیلی دیگری نیز از طرف آن‌ها مورد پیگیری بود.

تعداد زیادی از خودروسازان بزرگ در سه سال اخیر اقدام به تدوین استاندارد IATF۱۶۹۴۹ یا سیستم مدیریت کیفیت صنعت خودرو کردند که دامنه کاربرد آن نسبت به ISO/TS۱۶۹۴۹ باز هم وسیع‌تر شده است. هدف از تدوین این استاندارد توسعه مدیریت کیفیت و بهبود مستمر آن براساس تأکید بر پیش‌گیری از ایجاد عیب، کاهش نوسانات و اتلاف در زنجیره تأمین از طریق اعمال کنترل‌های بیش‌تر بر آن در نظر گرفته شده است. در این سیستم همچنین، الزام‌هاي جدیدی باهدف توجه بیشتر به کارت‌های امتیازی مشتریان و پرداختن به بازخوردهای آنان تعریف‌شده است. همچنین، تأمین الزامات خاص مشتریان، اطمینان از صلاحیت مالکین فرایندها، کارایی و اثربخشی فرایندها، و مدیریت ریسک‌ها تأکید زیادی شده است.

در جمع‌بندی سیر تکاملی سیستم‌های معرفی‌شده برای شرکت‌های تایرساز کشور، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) معرفی و استقرار این سیستم‌ها مسلماً به شرکت‌های تایرسازی در حوزه‌های متفاوت کاری آنان کمک مؤثری کرده است.

ب) باوجود فراگیر بودن این سیستم‌ها در بیشتر حوزه‌های فعالیت شرکت‌ها، تأکید اصلی آن‌ها بیشتر بر فعالیت‌های در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با تولید قطعات موردنیاز خودروسازان است.

ج) باوجود نقص‌های جزئی گفته شده، معرفی و استقرار سیستم‌های مدیریت کیفیت، به فراگیر کردن مفهوم کیفیت و درگیر کردن واحدهای متفاوت کارخانه‌ها در این امر کمک کرده است.

د) از نگاه مدیران میانی و سرپرستان تولید شرکت‌های تایرسازی، این سیستم‌ها در اغلب موارد تشریفاتی، کم اثر و تحمیلی هستند.

و) از دید مدیران ارشد شرکت‌ها، این سیستم‌ها به حل مشکلات اساسی آن ها کمک زیادی نمی‌کنند. تایرسازها همچنان با مشکلات نقدینگی، ضایعات، برگشتی از بازار و به‌طورکلی با هزینه‌های کیفی به نسبت بالایی مواجه بوده و در رقابت با واردات مشکل‌دارند.

ریشه‌یابی در ایجاد محصولات نامنطبق

در طراحی محصول جدید، پارامترهای مؤثر بر عملکرد مطلوب تایر در سرویس و اجرایي بودن دستورالعمل‌هاي توليدي مورد توجه طراح بوده است. وي با پیش‌بینی حدود مجاز و نوسان ابعاد یا خواص نیم ساخته‌ها و نیز با تعیین مقدار مجاز نوسان تنظیمات موردنیاز دستگاه‌ها، دستورالعمل و طرح خود را عرضه مي کند. در نگاهی بسیار خوش‌بینانه انتظار می‌رود با رعایت دستورالعمل‌های داده‌شده به‌توان تایري با سطح کیفي مورد انتظار طراح یا دهنده دانش فني توليد کرد. در این صورت، به بازرسی، آزمون و کنترل‌های چند لایه رایج در مراحل متفاوت نیازی نبوده، ضایعاتی ایجاد نشده و محصولی هم از بازار برگشت نمي‌شود.

در عمل، این کار در هیچ کارخانه تایرسازی، و به‌طورکلی در تولید هیچ محصول صنعتی، عملی نبوده و نوسان پارامترهای مؤثر بر کیفیت محصول نهایی در هر زیر فرایندی وجود داشته که باید این نوسانات را به عنوان امری طبیعی و اجتناب‌ناپذیر تلقی کرد؛ ولی به منظور مدیریت کاهش این نوسان‌ها باید طرح و برنامه‌ي مدوني داشت. طرح جامعی به منظور پیشگیری یا کاهش دامنه نوسانات نامطلوب، و به‌طورکلی به منظور کنترل مناسب آن‌ها، لازم است تا جنبه‌ها متفاوت و مرتبط با آن‌ها از چند زاویه به شرح زیر بررسي شود:

۱- منابع تأمین کیفیت

لازم است ضعف کیفی محصول ناشی از مشکلات دانش طراحی، از افت کیفیت محصول ناشی از طراحي، ار کاهش کیفیت ناشي از عدم رعایت رواداري‌ها و حدود مجاز تفکیك شوند. مورد اول تحت عنوان "کیفیت طراحي" و مورد دوم "کیفیت‌انطباقي" به‌شرح‌زیرتوضیح‌داده‌مي‌شوند:

الف) در صورت وجود ضعف در "کیفیت طراحی"

- بروز مشکل کیفیت به خاطر عدم رعایت پارامترها و اصول طراحی است که با کنترل فرایندهای تولید، حل نمی‌شود.
- ضعف طراحی موجب بروز ضایعات در خط تولید نمی‌شود.
- بروز مشکلات عملکرد در شرایط سرویس محصول در شرایط سرویس.

ب) در صورت پایین بودن "کیفیت انطباقي" و خروج فرایندهای تولید از حدود کنترلی و یا حدود مجاز دستورالعمل:

- آسیب‌دیدن کیفیت نیم ساخته‌ها و محصول نهایی
- زیادشدن دوباره‌کاری‌ها
- ضایع‌شدن بخشی از محصول تولیدي
- تلف‌شدن سرمایه و زمان براي شناسایی اقلام نامنطبق

۲- علل خروج فرایندهای تولید از حدود مجاز دستورالعمل

در هر کدام از ایستگاه‌های تولید نیم ساخته‌ها یا محصول نهایی، علل بسیار متنوع و زیادی می‌توانند موجب خروج فرایندهای مربوطه از حدود تعیین‌شده کنترلی و متعاقب آن از حدود مجاز اسپک شوند. در زیر برخی از این عوامل نام‌برده می‌شوند:

- وجود نوسان در کارکرد ماشین
- وجود نوسان در خواص یا مشخصات مواد اولیه و یا نیم ساخته ورودی به ایستگاه کاری مربوطه
- وجود نوسان در شرایط نگهداری یا زمان نگهداری نیم ساخته‌ها در انبارک های میانی
- استفاده از اپراتورهای غیرماهر یا با آموزش ناکافی، دارای عادات کاری متفاوت یا سهل‌انگار
- استفاده ناشیانه یا نامناسب از وسایل پایش و اندازه‌گیری (وسایل غیرکالیبره، معیوب)، و عدم صحت و دقت سیستم‌های‌اندازه‌گیری
- نوسان‌هاي نامطلوب در تأسیسات
- توقف‌های پی‌درپی یا طولانی ماشین
- نوسان شرایط محیطی (مانند نور، درجه حرارت، رطوبت..) در نوبت کاری‌ها یا روزهای متوالی کاری

یادآور می شویم که بیشتر نوسانات یا تغییرات ناخواسته در پارامترهای بالا، علاوه بر صدمه به کیفیت، باعث از دست رفتن کمیت تولید هم می‌شوند. از میان پارامترهای بالا، کارکنان مستقیم تولید، کمترین نقش را در ایجاد عیب‌هاي مرتبط داشته که البته منجربه افت کیفیت مي‌شوند. با توجه به موارد بالا لازم است تمام پارامترهای مؤثر بر

کیفیت محصول نهایی در تمامی مراحل تولید شناسایی و تحت کنترل قرار گیرند. اعمال کنترل‌ها با هدف کاهش یا حذف نوسان‌ها، مستلزم صرف هزینه است. پس نتیجه می گیریم که متناسب با دور شدن تدریجی هر کدام از پارامترهای مؤثر بر کیفیت محصول از مرکز استاندارد، به همان نسبت از دست رفتن کیفیت را هم خواهیم داشت. با خروج پارامترها از حدود استاندارد، دیگر طرح موضوع کاهش کیفیت موضوعیت نداشته و باید از ضایعات صحبت کرد. همچنین، در صورت خروج فرایندهای تولیدی از حدود مجاز، دوباره‌کاری، دور شدن شاخص‌های مؤثر بر کیفیت از حدود موردنظر طراح، ایجاد ضایعات، تبعات عملکرد نامطلوب محصول در سرویس، از دست رفتن زمان تولید مفید و البته هزینه‌های ناشی از این نقایص، همه در یک راستا بوده و آسیب‌هاي مالی ناشی از وقوع آن‌ها در بیشتر موارد هم‌زمان به شرکت تحمیل می‌شود. همین طور، هر تلاشی برای دستیابی به کیفیت موردنظر طراح در تولید نیم ساخته‌ها و به‌طورکلی در تولید محصول، لاجرم به کاهش ضایعات هم کمک خواهد کرد. هر اقدامی برای تحت کنترل نگاه‌داشتن فرایندهای تولید، به دلیل اجتناب از دوباره‌کاری‌ها و دور ریز (ضایعات)، به تولید مفید منتهی شده و از این طریق به امر بهبود بهره‌وری تولید کمک خواهد کرد. در نهایت، این ادعا که اگر به دنبال حفظ کیفیت هستیم باید از تولید حداکثری صرف‌نظر کرده و یا دور ریز را بپذیریم، از اساس انحرافی و غلط است.

۳- هزینه‌های کیفیت

از بروز عواملی که موجب خروج پارامترهای مؤثر بر کیفیت از حدود استاندارد می‌شوند، می توان پیشگیری کرد. این کار مستلزم صرف هزینه است اما نیازي با اعمال هزینه‌هاي سنگین نیست؛ ولي باید هزینه‌هاي مرتبط با دوباره‌کاری‌ها، ضایعات تولید، برگشتی از بازار و کاهش تدریجی قیمت فروش ناشی از سوء شهرت محصولات را پذیرفت. تجربه نشان می‌دهد که باید بین دو گروه از هزینه‌ها، هزینه بدست‌آوردن کیفیت و هزینه‌ي ازدست‌دادن کیفیت، تعادلی وجود داشته باشد. می‌توان هزینه‌های کیفیت را به‌سادگی در سرفصل‌های زیر دسته‌بندی کرد:

الف) هزینه‌های پیشگیری از بروز خرابی

ب) هزینه‌های ارزیابی

ج) هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی در داخل سازمان

د) هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی در خارج از سازمان

هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی در داخل یا خارج از سازمان بسیار بالا بوده و باید آن‌ها را کاهش داد. یکی از مهم‌ترین این هزینه‌ها، نتیجه سوء شهرت شرکت و نام تجاری محصولات آن است که خود به‌تنهایی می‌تواند خسارات زیادی را در درازمدت به شرکت‌ها تحمیل کند.

برای کاهش مؤثر هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی‌ها باید هزینه معقولی برای پیشگیری از ایجاد خرابی و هزینه‌های ارزیابی را پذیرفت. این هزینه‌ها مي‌تواند شامل موارد زیر باشند:

الف) هزینه‌های پیشگیری از خرابی

- هزینه حقوق و مزایای کلیه کارکنان واحدهای QA, QC.
- بخشی از حقوق و مزایای کارکنان مرتبط در واحدهای تحقیقات و فنی
- هزینه مواد اولیه یا نیم ساخته و محصول آزمایشی ساخته‌شده برای ریشه‌یابی مشکلات کیفی
- تمام هزینه‌های جاری و استهلاک تجهیزات کنترلی موجود در خطوط تولید (مانند ماشین‌های یونیفرمیتی، بالج..)
- تمام هزینه‌های صرف شده برای آموزش کارکنان درگیر کیفیت و کنترل و بازرسی (شامل حقوق و حق مأموریت

کارکنان تحت آموزش)
- تمام هزینه‌های صرف شده برای انجام پروژه‌های مرتبط به حفظ یا ارتقاء کیفیت
- تمام هزینه‌های صرف شده برای استقرار اقدامات پیشگیرانه لازم برای جلوگیری از بروز ضایعات یا ارتقاء کیفیت
- هزینه‌های آموزش، شامل ترویج و استقرار سیستم‌های مدیریت کیفیت بر اساس استانداردهای ملی یا بین‌المللی و دریافت گواهینامه‌های تطبیق، هزینه‌های برگزاری دوره‌های آموزشی خود کنترلی برای کارکنان تولید

ب) هزینه‌های ارزیابی
- بخش عمده حقوق و مزایای کارکنان مرکز آزمون تایر و آزمایشگاه فیزیک (یا هر آزمایشگاهی که کار پایش ادواری نیم ساخته‌ها را انجام می‌دهد)
- بخشی از هزینه استهلاک وسایل و تجهیزات موجود در مرکز آزمون تایر
- تمام هزینه‌های جاری و استهلاک دستگاه‌ها و تجهیزات آزمایشگاه‌های کنترل ناحیه اختلاط، آزمایشگاه مواد اولیه
- هزینه استهلاک دستگاه‌ها و مواد مصرفی در ارتباط با نمونه‌گیری و آزمون‌های ادواری و یا موردی بر روی نیم‌ساخته‌ها
- حقوق و مزایای کارکنان درگیر در امر کنترل، بازرسی و ممیزی در خطوط تولید
- هزینه ممیزی‌های داخلی و خارجی ادواری انجام‌شده در سازمان

ج) هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی در داخل سازمان
- هزینه ضایعات مواد اولیه، مواد نیم ساخته و محصول نهایی
- مابه‌التفاوت قیمت فروش محصولات درجه ۲ نسبت به محصولات مشابه درجه ۱
- مابه‌التفاوت قیمت تمام‌شده مواد اولیه یا نیم ساخته در مصارف جابجا یا جایگزین
- تمام هزینه‌های تعمیر تایر خام یا پخت شده، یا انجام دوباره‌کاری بر روی مواد اولیه یا نیم ساخته‌ها برای تصحیح مشخصه‌هاي خارج از استاندارد
- هزینه اختصاص مجدد وقت ماشین و کارکنان تولید برای جبران تولید از دست رفته ناشی از دوباره‌کاری‌ها (عدم نفع تولید)

د) هزینه‌های ناشی از ایجاد خرابی در خارج از سازمان
- هزینه محصول برگشتی از بازار (خسارتی)
- هزینه‌های انبارداری و عودت محصول برگشتی به کارخانه
- حق‌العمل یا دستمزد نمایندگی‌های مسئول رسیدگی به شکایات و جبران خسارت مصرف‌کنندگان
- حقوق و مزایای کارکنان واحد ارائه خدمات به مشتریان
- هزینه جریمه پرداختی به شاکیان حادثه‌دیده در دادگاه‌ها
- هزینه‌های مالی ناشی از فروش محصول به صورت مدت‌دار (نسیه فروشی) یا دادن تخفیف‌های ویژه به شبکه توزیع
- هزینه برگزاری گردهمایی‌ها، سمینارها، و نیز هزینه هدایایی که در شبکه فروش و در بین عوامل توزیع، صرف می‌شود
- بخش عمده هزینه تبلیغات و کمپین‌های فروش محصول
- بخشی از هزینه صرف‌شده برای انجام تحقیق بازار درباره عملکرد محصول در شرایط سرویس باهدف ریشه‌یابی عیب‌هاي تولیدی در سرویس
- بخشی از هزینه صرف شده برای انجام تحقیق بازار

درباره نقطه نظرات استنباطی مصرف‌کنندگان نهایی

- بخشی از هزینه پایش و اندازه‌گیری رضایت گروه‌های متفاوت‌مشتریان
- تمام هزینه مربوط به جایگزینی رایگان محصول‌هاي دارای عیب‌هاي ظاهری برای مشتریان (تحت عنوان Adjustment Policy)
- زیان‌های مالی به خاطر قیمت فروش ارزان محصول در بازار، ناشی از سوء شهرت نام تجاری محصول یا شرکت است، که خود برآیند عوامل عملکردی و استنباطی زیادی در نزد مصرف‌کنندگان نهایی است. بدون شک، شهرت کیفیت ضعیف محصول، بیشترین سهم را در این ضرر و زیان خواهد داشت.

در جمع‌بندی این قسمت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- لازم است دست متولیان و مسئولین واحدهای مدیریت کیفیت برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌های پیشگیری از بروز خرابی و ارزیابی باز باشد.

- به دلیل غیرقابل‌مصرف بودن نیم ساخته‌ها یا محصول خراب، لازم است تمهیدات لازم برای پیشگیری از ایجاد خرابی پیش‌بینی شود.

- هزینه‌های ارزیابی کمترین هزینه را به سازمان تحمیل می‌کنند درحالی‌که دارای بیشترین اثربخشی در پیشگیری از ایجاد خرابی خواهند بود.

- لطمات ناشی از خرابی‌های ایجادشده در خارج از سازمان افزون بر زیان‌های فوری مالی، اثراتی با تبعات بسیار مخرب را در درازمدت برای شرکت‌ها ایجاد می‌کند. این اثرات ناشی از خراب شدن اعتبار نام تجاری (برند) محصول‌ها و البته بی‌اعتمادی به شرکت در نگاه مصرف‌کننده است. می‌توان این هزینه‌های ناشی از خراب‌شدن نام تجاری را به‌نوعی عدم نفع و یا ضرر و زیان شرکت تولیدکننده در بازار دانست. تجارب عینی زیادی وجود دارد که شرکت‌های تایرساز داخلی اقدام به تأمین دانش فنی تولید محصول‌هاي معینی از شرکت‌های صاحب‌نام و یا حداقل مقبول خارجی کرده‌اند تا دستگاه‌هاي موردنیاز را با نظر دهنده دانش فنی خود خریداری و البته از مواد اولیه مشابه تأمین‌کننده دانش فنی هم استفاده کنند؛ ولی قیمت فروش محصول‌هاي تولیدی آنان در بازارهای آزاد داخلی و یا در بازارهای منطقه‌ای تفاوت بسیار زیاد و چشمگیری با محصول‌هاي مشابه تأمین‌کننده دانش فنی آنان دارد. بخش بزرگی از این تفاوت به خاطر ضعف کیفیت و به ویژه به خاطر نوسان در شاخص‌های کیفی محصول در شرایط سرویس و ذهنیت شکل‌گرفته مصرف‌کنندگان نهایی ناشی از چنین نقص‌هایي است.

راه‌هایی برای کنترل دستگاهی الزام‌هاي استانداردهای مدیریت کیفیت

با توجه به ریشه‌ها و علت‌هاي بروز عیب‌ها مشاهده‌شده در بخش ۳، ناشی از خارج‌شدن فرایند تولید از حدود مجاز کنترلي و حدود مجاز استاندارد است.از آن‌جا که هزینه‌هاي کلان تحمیل‌شده به شرکت‌ها ناشی از این امر که در بخش ۴ مشاهده شد است، به نظر می‌رسد باید یافتن راه‌های پیشگیری از بروز عیب‌ها با روش‌های کم‌هزینه‌تری را دنبال کرد.

تجربه استقرار سیستم‌های متفاوت مدیریت کیفیت در کارخانه‌های تایرسازی داخلی در دو دهه اخیر نشان می‌دهد، می‌توان از این سیستم‌ها حداقل به‌عنوان جعبه ابزار مفیدی برای پیش بردن بهتر تمامی امور سازمان استفاده کرد. با تغییرات انجام شده در استاندارد جدید یعنی IATF۱۶۹۴۹ و با وجود سخت‌تر شدن استقرار آن، می‌توان از این سیستم در نظم بخشیدن بیشتر فعالیت‌های شرکت بهره‌برداری کرد ولی درعین‌حال نباید انتظار تغییرات زیادی در ارتقاء عملکرد کلی شرکت‌های تایرساز داخلی را داشت. مگر آنکه در کنار

آن اعمال کنترل‌های وسیعی در سایر امورات سازمان نیز به عمل آید. در غیر این صورت همچنان مشکلات پیشین در استقرار عمیق سیستم‌هایی از این دست در کارخانه‌ها وجود داشته و مدیریت ارشد شرکت‌ها هم همچنان این سیستم‌ها را به‌عنوان کمک مؤثری در حل‌وفصل مشکلات روزمره خود تلقی نخواهند کرد.

در بخش دوم، برخی از دلایل عدم توفیق کامل استقرار این سیستم‌ها در واحدهای تولیدی گفته شد. باوجود این مشکلات، به نظر می‌رسد در انجام امور چاره‌ای نبوده و در لزوم استقرار آن‌ها نیز نباید تردید کرد؛ ولی می‌توان به روش‌های دیگری مانند مکانیزه کردن بسیاری از گردش کارها و به‌خصوص اعمال کنترل‌ها، مبادرت و به‌نوعی به خطاناپذیری امور کمک کرد. می‌توان هزینه‌های مربوط به این رویکردها را به عنوان بخشی از هزینه‌های پیشگیری از ایجاد خرابی منظور کرد.

در ادامه برخی از نظام‌های دیگری که وجود آن‌ها می‌تواند کمک مؤثری در پیش بردن هر چه بهتر استقرار سیستم‌های مدیریت کیفیت باشند، مرور مي شود. مهم‌ترین ویژگی آن‌ها در انجام امور به صورت مکانیزه است که از این طریق می‌توان بار بزرگی را از دوش افراد درگیر در امر تولید برداشته، به مقبولیت آن‌ها کمک کرده و زمینه استفاده فراگیر از نظام مدیریت کیفیت را فراهم کرد.

۱- استقرار نظام فرایندی

در حال حاضر در بسیاری از شرکت‌ها از سیستم‌های مکانیزه اطلاعات مدیریت (MIS) برای انجام امور روزمره استفاده می‌شود. در چند دهه اخیر، رایج‌ترین این سیستم‌ها مربوط به ماژول‌های مالی، انبارها و فروش بوده‌اند. شرکت‌های بزرگ با درک این مطلب مهم که با رویکرد فرایندی انجام امور در حوزه‌های متفاوت، نیاز به ارتباط دستگاهی همه واحدها باید فراهم شود، اقدام به استفاده از سیستم‌های جامع‌تری می‌کنند که سرآمد همه آن‌ها نظام برنامه‌ریزی منابع کسب‌وکار سازمان یا ERP, (Enterprise Resources Planning) است. این نظام با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی (Data Base) مشترک به یکپارچگی سیستم‌های حاکم بر سازمان در تمامی حوزه‌ها کمک می‌کند. اساس کار مستندسازی این سیستم، باوجود آنکه بر فرایندهای تجربه‌شده Best (Practice‌های) شرکت‌های بزرگ قرار داده‌شده است؛ ولی می‌توان آن‌ها را به‌نوعی بومی‌سازی (Customize) هم کرد. استقرار کامل این نظام به دلیل مزیت‌های اساسی آن در تسهیل فعالیت‌های گسترده سازمان‌ها و به دلیل نظمی که در بسیاری از امور ایجاد می‌کند، بدون شک موجب تحول اساسی در نتیجه‌هاي کار سازمان‌ها خواهد شد؛ ولی با توجه به گستردگی الزام‌هاي این نظام، فقط درباره رویکرد فرایندی که مورد تأکید بسیاری از سیستم‌های مدیریت کیفیت و منسجم استاندارد IATF۱۶۹۴۹ بحث شده است. در ضمن آنکه می‌توان مستقیم از رویکردهای فرایندی به عنوان روش‌هاي جاري (Routing) موردنیاز در مرحله مستندسازی نظام ERP نیز استفاده کرد.

الف) معرفی

- فرایند مجموعه‌ای از فعالیت‌های متعامل برای دستیابی به اهداف معین است:

- فرایند نام جدیدی برای واحدهای قدیمی نیست؛
- اصولاً انجام کار فرایندی ارتباطی به نمودار سازمانی ندارد؛
- فرایند مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است و نه مجموعه‌ای از افراد؛
- اتخاذ این رویکرد در مقابل نظام کار وظیفه‌ای (Functional) قرار می‌گیرد.
- در انجام امور با رویکرد وظیفه‌ای، هر فرد، و در بهترین

حالت هر واحد، وظیفه خود را بدون توجه به افراد یا واحدهای دیگر انجام می‌دهد،

ولی در نظام فرایندی، افراد یا واحدها، کارها را در تعامل با یکدیگر و باهدف رسیدن به هدفی مشترک انجام خواهند داد.

- کارهای فرایندی ماهیت تیمی دارند ولی در کار وظیفه‌ای هر فرد کار خود را انجام می‌دهد ولی کار اصلی لزوماً به خوبی انجام نمی‌شود.

ب) مراحل طراحی و استقرار نظام فرایندی

- تهیه نقشه فرایندهای شرکت؛ این نقشه در ۳ یا ۴ سطح تعریف می‌شود.
- تهیه شناسنامه فرایندها؛ برای این کار مدلی انتخاب می‌شود که مناسب‌ترین آن مدل معرفی‌شده توسط APQC یعنی مدل لاک‌پشتی (Turtle) است. مطابق این مدل لازم است ورودی‌ها، خروجی‌ها، فعالیت‌هایی که ورودی‌ها را به خروجی تبدیل می‌کنند، سنجه‌های پایشی، (اعم از عملکردی یا اثربخشی)، صاحب فرایند، و بلاخره منابع اصلی موردنیاز برای اجرای فرایند، تعیین شوند.
- طراحی نظامی برای ممیزی ادواری فرایندها؛ کار ممیزی می‌تواند توسط گروههای ممیزی داخلی و یا خارجی انجام شود.
- طراحی نظامی برای پایش سنجه‌ها؛ در این نظام تمامی سنجه‌ها به صورت ادواری اندازه‌گیری و باهدف تعیین شده مقایسه می‌شوند.

۲- ردیابی مواد و محصول (Lot Tracing)

شناسایی مشخصه‌ها و سابقه‌هاي مواد و نیم ساخته‌ها (که در ERP به عنوان مدیریت بچ شناخته می‌شود)، در تمام شیوه‌های کنترل کیفیت و البته در سیستم‌های مدیریت کیفیت مورد پیگیری و تأکید است ولی این امر با توجه به تنوع و تعدد مواد اولیه و نیم ساخته‌ها، همیشه با مشکلات زیادی همراه بوده و همین گستردگی کار موجب ضایعات و اتلاف زیادی می‌شود. در زیر یکی از روش‌های بسیار کارآمدی که می‌تواند ضمن حل این مشکل، موجب ایجاد نظم زیادی در تولیدشده و از این طریق راه‌های بروز خطا یا اشتباه هاي احتمالی و ضایعه‌ها و تلفات ناشی از آن را حذف نماید، معرفی می‌شود:

الف) کلیات و موارد استفاده از طرح

با استقرار این سیستم می‌توان بسیاری از امور روزمره خطوط تولید در حوزه‌های زیر را به صورت برخط (On Line) مدیریت کرد. تمام این امور می‌توانند به کمک سیستم بارکد و در مواردی نیز به کمک سیستم (Radio Frequency Identification) , RFID با دقت و سرعت فوق‌العاده زیادی به صورت مکانیزه انجام شوند:

- مدیریت بچ؛ حتی فراتر از حدود موردنیاز استانداردهای مدیریت‌کیفیت
- امکان رعایت دقیق پیش ورود و پیش خروج نیم ساخته‌ها (FIFO)
- کنترل سوابق کیفی مواد اولیه، مواد نیم ساخته و محصول نهایی (از انبار مواد اولیه تا انبار محصول)
- امکان دسترسی به سوابق کیفی و نیز منابع تأمین کلیه مواد اولیه مصرفی در اجزاء محصول نهایی
- کنترل موجودی مواد اولیه و مواد نیم ساخته
- کنترل سوابق تولید تمامی نیم ساخته‌ها و نیز محصول نهایی در هر کدام از مراحل تولید
- امکان ردیابی محصول در شبکه توزیع، در زمان مصرف و نیز پس از خروج آن از چرخه مصرف

انجام همه امور بالا، موردنظر سیستم‌های مدیریت کیفیت

هم هست. بنابراین، بخش‌هایی از این موارد با دقت نه‌چندان خوب در خطوط تولید تایرسازان به روش‌های دستی انجام می‌شوند. آنچه موردنظر این طرح است انجام این کار به کمک سخت‌افزارهای موردنیاز سیستم بارکد و نیز با استفاده از برنامه نرم‌افزاری ویژه این کار است، ضمن آنکه به شبکه و زیرساخت مناسبی هم نیاز خواهد بود.

ب) نحوه انجام کار

- پیش از انجام هر کاری لازم است منطق برنامه نرم‌افزاری موردنیاز این نظام به تفکیک همه مراکز کاری تهیه شود.
- در انبار مواد اولیه، در هر ایستگاه تولیدی، در هر آزمایشگاهی که بر نیم ساخته‌ها آزمونی انجام می‌شود، به پالت ماده اولیه، به ظرف نیم‌ساخته (پالت، کاست، پن تراک، پین تراک..)، تگ یا برچسبی دارای شماره بارکد اختصاصی و غیرتکراری الصاق و تمام وقایعی که منتهی به تولید نیم ساخته‌شده و یا نتایج آزمون‌هایی که بر آن‌ها انجام‌شده در فایلی کامپیوتری و با نشانی همان شماره بارکد ثبت و ضبط می‌شود.
- در مورد تایر ساخته‌شده، این شماره بارکد بلافاصله پس از ساخت، بر لبه طوقه آن چسبانده‌شده و پس از آن وقایعی که برای تایر روی می‌دهد در فایل اختصاصی همان تایر و در ذیل شماره بارکد آن ثبت و نگهداری خواهد شد. ثبت همین اطلاعات نیز اغلب به‌طور خودکار خواهد بود. به‌عنوان مثال، زمان و شماره ماشین تایرسازی، شماره پرس و زمان پخت، نتیجه بازرسی تایر، تمام نتیجه‌هاي اندازه‌گیری پارامترهای ژئومتری، یونیفرمیتی و بالانس، اندازه‌گیری شده با دستگاه‌های مرتبط... می‌توانند در فایل‌های جداگانه‌ای و در آدرس بارکد تایر که توسط بارکد خوان دستگاه‌های مذکور پیش از قرار گرفتن تایر در ورودی ماشین‌ها قرائت‌شده‌اند، ذخیره، پردازش و گزارش شوند
- برای دستیابی به سوابق تولیدی و کیفی محصول و سابقه‌هاي تولیدی و کیفی نیم‌ساخته‌های مصرفی در آن‌ها (و نیز سابقه‌هاي مراحل پیش، که تا همزن‌ها و حتی مواد اولیه آن‌ها قابل ردیابی‌اند)، کافی است بارکد آن‌ها در یکی از کامپیوترهای موجود در شبکه از طریق بارکد خوان خوانده شود.
- با نصب دوربین‌های RFID در دروازه‌های ورودی انبارک های میانی می‌توان آمار ورود و خروج ظروف حمل نیم‌ساخته‌ها و از این طریق به آمار موجودی آن‌ها در هر زمان دست پیدا کرد؛ این همان کنترل موجودی مواد نیم ساخته است که توسط گروه‌های چند نفره و به صورت دستی در کارخانه‌ها تایرسازی انجام می‌شود و البته از دقت زیادی هم برخوردار نیست.
- پیش از شروع به مصرف هر نیم‌ساخته در هر ایستگاه تولیدی، بارکد آن خوانده می‌شود. با این کار؛

- وضعیت کیفی آن بررسی و در صورتی که مصرف آن مشکلی داشته باشد، سیستم هشداری برای عدم مصرف آن می‌دهد.

- با شروع به مصرف هر کدام از نیم‌ساخته‌ها در هر ایستگاه تولیدی، مقدار ماده مصرفی از موجودی پای کار کسر می‌شود.

- پس از تولید هر نیم ساخته جدید، با درج مشخصات آن در سیستم، تقاضای برچسب (تگ) بارکددار می‌شود. این امر به منزله انجام تولید جدید از نیم‌ساخته مذکور بوده و مقدار جنس تولیدشده به موجودی آن در فایل‌های مرتبط در واحد برنامه‌ریزی تولید اضافه خواهد شد.

- در زمان مصرف، در صورتی که کد مشخصات نیم ساخته‌ای که بارکد آن خوانده شده، با مندرجات استاندارد محصول در حال تولید منافات داشته باشد، سیستم هشدار

خواهد داد تا از نیم ساخته مذکور استفاده نشود. (این اتفاق به صورت پخت گرین تایر اشتباه ولی با اندازه رینگ مشابه در کارخانه‌ها تایرسازی مسبوق به سابقه است).

- امکان جستجوی وقایع از انبار مواد اولیه به سمت انبار محصول (جستجو برای پی بردن به این امر که مثلاً بقیه ماده مشکوک یا معیوب سر از کدام نیم ساخته یا تایر دیگری درآورده است) و بالعکس؛ ردیابی از انبار محصول به سمت انبار مواد اولیه (مثلاً برای پی بردن به این امر که نیم ساخته‌ای که موجب بروز عیب در تایر یا نیم ساخته بعدی شده، در کدام تایر یا نیم ساخته دیگر نیز مصرف‌شده است) وجود دارد.

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود کارخانه‌هاي تایرسازی با بکار گیری این فن به یکی از قوی‌ترین، دقیق‌ترین و سریع‌ترین شیوه‌های کنترل فرایند مجهز می‌شوند بدون آنکه کاردستی زیادی به کارگران تولید تحمیل شود.

۳- پایش برخط پارامترهای مؤثر بر کیفیت ناشی از عملکرد دستگاهها

باوجود آنکه بخش زیادی از عملیات تولید در کارخانه‌ها تایرسازی به صورت دستی انجام می‌شود، نقش کار صحیح دستگاه‌ها و تجهیزات در تولید محصول‌هاي باکیفیت، اهمیت زیادی دارد. پایش بسیاری از تنظیم‌هاي مورد نیاز که در استانداردهای تولید درج‌شده از واحدهای تولید، QC، فنی و تولید خواسته می‌شود؛ ولی باوجود همه این کنترل‌ها، در هیچ شرایطی نمی‌توان از کار دقیق ماشین اطمینان کامل داشت. گزارش‌گیری از اطلاعات تولیدشده توسط ماشین نیز معضل دیگری است که در بسیاری از موارد مستلزم خواندن، ثبت و پردازش داده‌های ماشین توسط اپراتور خواهد بود که حداقل مشکل این شیوه از کار، Off Line بودن و تمام تبعات ناشی از آن است. در زیر یکی از راه‌های عملی برون‌رفت از این مشکل به‌طورکلی شرح داده می‌شود:

الف) کلیات طرح

شاهد آن هستیم که کامپیوترهای کف کارگاه در بسیاری از کارخانه‌ها، هر کدام به صورت جزیره مستقلی عمل کرده و ارتباط آن‌ها با سیستم مرتبط با مدیریت ارشد سازمان‌ها عملاً وجود ندارد. این نقص حتی در شرکت‌هایی که ماژول تولید سیستم‌های جامعی مثل ERP را هم به کار گرفته‌اند، در حد وسیعی وجود دارد. ماژول تولید ERP به طور عموم برنامه‌ریزی تولید را تحت پوشش دارد. برای رفع این مشکل اساسی، شرکت‌هایی مانند SAP اقدام به تهیه ماژولی تحت عنوان سیستم اجرای تولید یا MES , (Manufacturing Execution System) کرده‌اند که درواقع واسطه‌ای بین خرده سیستم‌های کف کارخانه و خروجی PLC دستگاه‌ها از یکسو و سیستم مدیریت اطلاعات شرکت از سوی دیگر است.

با توجه به مراتب فوق، هدف اصلی از این رویکرد، استخراج و پردازش داده‌های تولیدشده توسط ماشین و تبدیل مکانیزه آن به گزارش‌هاي موردنیاز مدیران در کلیه سطوح و البته برای مدیران ارشد شرکت است.

این نحوه از استخراج داده‌ها از دستگاه‌ها و تجهیزات و گزارش‌گیری از آن در بسیاری از صنایع می‌تواند به کار گرفته شود. پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها در کشور، در استفاده از چنین فنونی که آن را تحت عنوان SCADA , (Supervisory Control & Data Accusation) می‌شناسند، تجارب خوبی دارند. لازم به توضیح است SCADA بیشتر بخش اتوماسیون صنعتی دستگاه‌ها و تجهیزات و مدیریت داده‌های ورودی و خروجی PLCها را مدیریت می‌کند، ولی MES پارامترهای کنترلی ماشین مذکور در فرایندهای مربوطه را پوشش می‌دهد. در عمل SCADA، یکی از مراحل اجرای

پیش از MES در هرم ERP است.

ب) نحوه انجام کار

- نصب کارت‌های شبکه مناسب در تابلوی کنترل ماشین؛ سازندگان ماشین با نصب اینترفیسی مانند اترنت (Ethernet)می‌توانند این امکان را فراهم کنند.
- تمام تگ‌های ورودی و خروجی از PLCها با نظر فنی، QC، تولید و شناسایی می‌شوند. تعداد این تگ‌ها بیش از ۵۰۰۰ است.
- به کمک نرم‌افزارهایی ویژه، که به همین منظور، یعنی برای کنترل و یا پایش پارامترهای کنترلی دستگاه‌ها تهیه و تجاری شده‌اند، این داده‌ها از طریق مینی کامپیوتر هر ماشین و شبکه کارخانه به سرور MES و سپس، به سرور IT کارخانه منتقل می‌شوند.
- در سیستم IT، می‌توان تمام پردازش‌های موردنیاز واحدهای نت، فنی، QC و یا تولید را انجام‌داده و یا اینکه می‌توان از اطلاعات خروجی از این سیستم به عنوان ورودی نرم‌افزارهای دیگری مثل Mini Tab و یا SPSS استفاده کرده و گزارش‌ها آماری و یا گرافیکی ساخته‌شده را در شبکه IT کارخانه قرارداده و نیز از طریق نت در اختیار کاربران و مدیران دیگر در خارج از کارخانه (و البته دفاتر مرکزی شرکت مربوطه) قرار داد.

ج) موارد استفاده از سیستم MES در کارخانه‌هاي تایرسازی

در زیر نمونه‌هایی از کاربردهای این سیستم را می‌توان در حوزه‌های کاری متفاوت مرور کرد:

- امکان استخراج تمامی داده‌های ماشین در هر بازه زمانی و پردازش آن‌ها به اطلاعات موردنیاز واحدهای متفاوت مانند: تغییرات درجه حرارت Zoneهای حرارتی TCUها، RPM روتورها و مارپیچ‌ها، پروفایل مقاطع نیم ساخته‌های اکسترودری یا توزیع ضخامت لایه‌های تولیدی در کلندر یا اینر لاینر تولیدی در گام کلندر، تغییرات سرعت خطوط تولید، زمان و یا درجه حرارت تخلیه بچ در همزن‌ها... و دهها مورد دیگر
- مشاهده پارامترهای کنترلی پیش‌بینی‌شده در فرایند تولید در مقایسه با تنظیم‌هاي انجام‌شده ماشین، با توجه به نیاز کاربر
- امکان ثبت، انتقال و پردازش نتایج آزمایش‌ها انجام‌شده بر نمونه آمیزه‌های تهیه‌شده در آزمایشگاه، بر تایرهای مورد آزمون
- دسترسی به آمار تولید واقعی انجام‌شده در مقایسه با برنامه داده‌شده به ماشین؛ در هر بازه زمانی (انتقال متراژ، وزن، تعداد تولید از کنترلر ماشین)
- استفاده از نتیجه‌ي نمونه‌گیری از پارامترهای کنترلی مؤثر بر کیفیت به عنوان ورودی نظام SPC و رسم کنترل چارت و محاسبه شاخص قابلیت فرایند (Cp) و توان فرایند (Cpk) و یا هر گزارش مشابه ای به صورت برخط. این یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این نظام می‌تواند باشد.
- انتقال عین صفحه HMI ماشین در شبکه برای مدیران و کارشناسان مرتبط
- عیب‌یابی ماشین با توجه به سوابق کاری ثبت‌شده پارامترهای عملیاتی ذخیره‌شده مهمی مانند فشار روغن گیربکس‌ها، آمپر یا ولتاژ موتورها
- امکان مدیریت انرژی تمام حامل‌ها از طریق نصب کنتورهای هوشمند و برنامه‌ریزی برای پایش مصرف بر اساس گزارش‌ها ساخته‌شده
- امکان ثبت دقیق زمان کارکرد دستگاه‌ها و برنامه‌ریزی برای انجام نگهداری برنامه‌ریزی‌شده آن‌ها شامل نگهداری پیش بینانه و پیش‌گیرانه یا بازسازی مطابق نظر سازنده

آن

- امکان تهیه گزارش‌ها دقیق خرابی‌های متوالی، خرابی‌های مشابه، زمان‌های توقف برای نگهداری برنامه‌ریزی‌شده و تعمیرات اضطراری دستگاه‌ها. وجود چنین دستگاهی به استقرار مدیریت جامع نگهداری دستگاه‌ها کمک شایانی خواهد کرد. به همین علت شرکت‌ها می‌توانند از این طریق به بهبود بهره‌وری از بزرگ‌ترین دارایی‌های سخت‌افزاری خود کمک کنند IRM

مرجع

1. Introduction to IATF 16949; IATF 16949: 2016/ Automotive Quality management System

بررسی وضعیت صنعت تایر در کشور چین

Investigating the status of the tire industry in China

چکیده:

در این مقاله، در ابتدا چگونگی شکل‌گیری صنعت تایر و انتقال‌فناوری در کشور چین در ۵ مرحله موردبررسی قرار می‌گیرد. سپس، به وضعیت تولید خودرو در جهان و وضعیت خودرو چین در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ پرداخته می شود. پس از بررسی صنعت تایر در چین به‌اختصار وضعیت قوانین و محدودیت‌های دولت چین برای صنایع تایرسازی، برنامه‌های استراتژیک صنعت تایر چین، مشوق‌های مالی و مسائل و مشکلات صنعت تایر در چین بررسی می شود. درپایان، وضعیت شرکت Aeolus چین در سال مالی ۲۰۱۵ موردبررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: انتقال فناوري، تايرهاي بایاس، تايرهاي رادیال، مصرف انرژي.

نوع مقاله: مروری

ناصر امامی[1و*]، سارا انصاری[2]

۱- رئیس کمیته قوانین و استانداردهای انجمن صنفی صنعت تایر، تهران، ایران

۲- مدیر راهبرد و IT شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، تهران، ایران

*** عهده‌دار مکاتبات:**

emaminasser@yahoo.com

مقدمه

با حمایت اتحاد جماهیر شوروی سابق انتقال فناوری تولید تایرهای بایاس باری-اتوبوسی (TBB) به کشور چین در فاصله زمانی سال های ۱۹۴۵ تا ۱۹۶۵ انجام شد. پس از آن طی ۵ مرحله تا سال ۲۰۱۵ صنعت تایر سازی در کشور چین رشد فزاینده ای داشت. با توجه به رشد اقتصادی سریع چین، توسعه اقتصادی در دنیا، توسعه بزرگراه‌ها و حذف مالیات مصرف ۱۰٪ دولتی بر تایرهای رادیال، توسعه و مصرف رادیال افزایش یافت. در دوره پنجم در سال ۲۰۱۵، در صنعت تایر چین، ساخت ۹۰٪ دستگاه‌ها موردنیاز تایرسازی، تولید ۸۵٪ مواد اولیه، افزایش سریع ظرفیت تولید تایرهای رادیال، صادرات تایر (به آمریکا، اروپا و ...)، انتقال فناوری تولید تایر رادیال به آسیای جنوب شرقی و دیگر مناطق، احداث کارخانه‌ها تایر در دیگر کشورها (تایلند، مالزی، ویتنام و ...)، مورد توجه قرار گرفت. در این

مرحله تولید در پایان سال ۲۰۱۵ به ۵۸۷ میلیون حلقه رسید که ۹۱٪ آن رادیال بود.

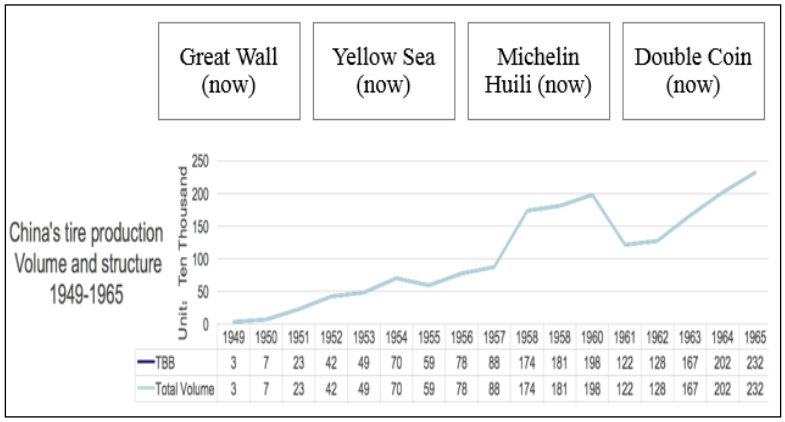
چگونگی شکل‌گیری صنعت تایر و انتقال فناوری در کشور چین

مرحله ۱ (۱۹۴۵ - ۱۹۶۵): شروع تولید تایرهای بایاس

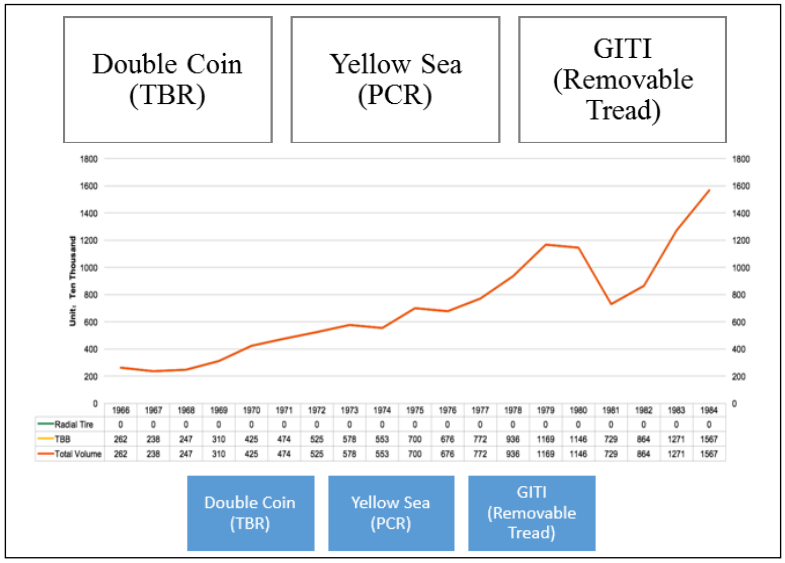
با حمایت اتحاد جماهیر شوروی سابق انتقال فناوری تولید تایرهای بایاس باری-اتوبوسی (TBB) به کشور چین انجام شد و پس از آن ظرفیت تولید تایر به ۲ میلیون حلقه در سال رسید. در این مرحله، چهار شرکت جدید تأسیس یافته در چین در این امر سهیم بودند.

مرحله ۲ (۱۹۶۵ - ۱۹۸۴): توسعه فناوری و تحقیق و توسعه به صورت مستقل تحت برنامه اقتصادی چین

با توجه به مزیت‌های تایرهای رادیال نسبت به بایاس، شرکت‌های اولیه، تحقیق و توسعه در رابطه با تولید تایرهای رادیال باری (TBR) را به صورت مستقل تحت رهنمودهای دولت و انستیتوهای تحقیقاتی آغاز کردند؛ ولی در این مقطع به دلایل اقتصادی و سیاسی نتوانستند توفیقی کسب کنند و تولید تایرها بایاس به ۱۶ میلیون حلقه رسید.



نمودار ۱ میزان تولید تایرهای بایاس در چین در مرحله یک



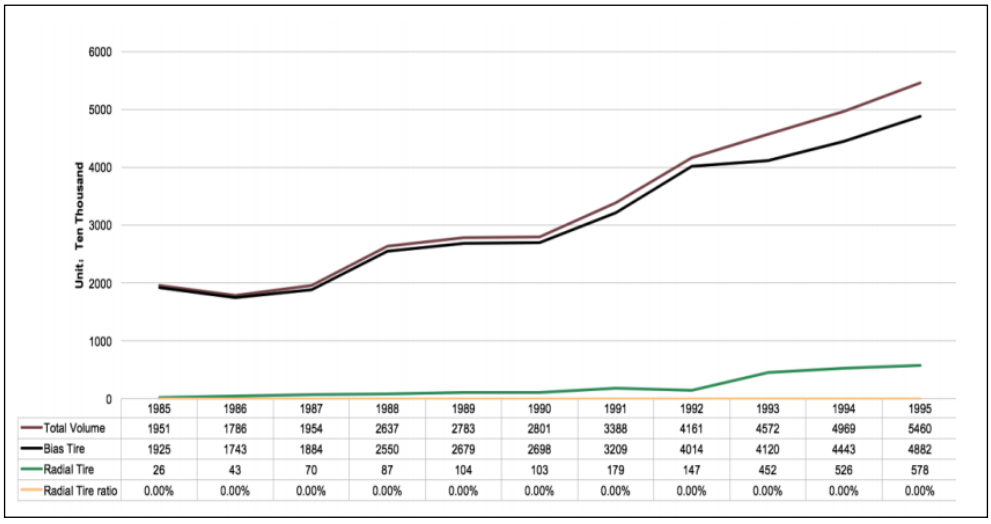
نمودار ۲- میزان تولید تایرهای بایاس در چین در مرحله دو

مرحله ۳ (۱۹۸۵ - ۱۹۹۵): شروع اصلاحات در چین و انتقال فناوری تولید تایرهای رادیال توسط چهار شرکت بزرگ چندملیتی

پس از شروع اصلاحات در چین و باز شدن فضای سیاسی-اقتصادی از اواسط دهه ۸۰ میلادی ۸ شرکت بزرگ دولتی تولیدکننده تایر در چین (GITI, Yellow sea, Shenyang, Double Coin, Hualin Tire, long Ma, Wan Li, Beijin) انتقال فناوری تولید تایرهای رادیال را از چند شرکت بزرگ چندملیتی تایرسازی (پیرلی، فایرستون، دانلوپ) دنیا آغاز و به صورت موفقیت‌آمیز به انجام رساندند.

فناوری تولید تایر TBR پیرلی با استفاده از 3Belt با توجه به شرایط بار اضافی (Overload) و حمل‌ونقل در مسافت‌های کوتاه بیشترین موفقیت را داشت؛ ولی پس از سال ۲۰۰۵ با توجه به توسعه سریع بزرگراهها و آغاز صادرات به آمریکا مزیت تایرهای TBR با 4Belt برای طی مسافت‌های طولانی مدنظر قرار گرفت. تولید در پایان این دوره به حدود ۵۵ میلیون حلقه رسید؛ ولی فقط ۵۷۸ هزار حلقه تایر رادیال تولید شد.

Hualin Tire (GITI)	+ Pirelli (PCR + TBR)	PIRELLI
No.2 Tire Factory(Yellow Sea)	+ Pirelli (TBR) + Uniroyal (PCR)	UNIROYAL PIRELLI
No.3 Tire Factory (Shenyang)	+ Pirelli (STBR)	PIRELLI
Da Zhonghua tire (Double Coin)	+ Fire Stone (TBR + PCR)	Firestone
Chongqing tire factory(GITI)	+ Dunlop (TBR)	DUNLOP
Liaoning tire factory(Lang Ma)	+ Dunlop (TBR+PCR)	DUNLOP
Hua Nan Tire (Wan Li)	+ Fire Stone (TBR + PCR)	Firestone
Beijing Tire Factory	+ Pirelli (PCR)	PIRELLI



	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Total Volume	1951	1786	1954	2637	2783	2801	3388	4161	4572	4969	5460
Bias Tire	1925	1743	1884	2550	2679	2698	3209	4014	4120	4443	4882
Radial Tire	26	43	70	87	104	103	179	147	452	526	578
Radial Tire ratio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

نمودار ۳- میزان تولید تایر در چین در مرحله سه

در این سال‌ها، تعدادی از تولیدکنندگان برجسته دنیا مانند GoodYear، Bridgestone، Michelin و Kumho به صورت انفرادی یا مشترک (Joint-Venture) در چین سرمایه‌گذاری کردند. در همین زمان، انتقال فناوری از طریق انستیتو تحقیق و توسعه صنعت تایر پکن (BRDIRI) به شرکت‌های جدید داخلی آغاز شد.

مرحله ۴ (۱۹۹۵ - ۲۰۰۵): افزایش تولید تایرهای رادیال و انتقال فناوری تولید بین شرکت‌های چینی

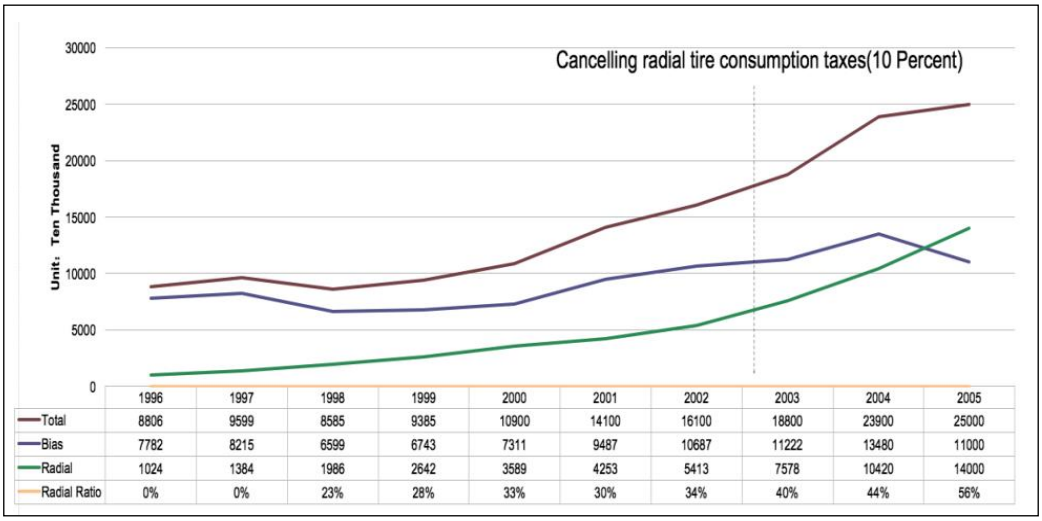
با توجه به رشد اقتصادی سریع چین، توسعه اقتصادی در دنیا، توسعه بزرگراه‌ها و حذف مالیات مصرف ۱۰٪ دولتی بر تایرهای رادیال، توسعه و مصرف رادیال افزایش یافت. کل تولید در پایان سال ۲۰۰۵ به ۲۵۰ میلیون حلقه رسید. درصد تولید رادیال در سال ۲۰۰۵ به ۵۶٪ رسید. در این فاصله، انتقال فناوری بین شرکت‌های داخلی به صورت مستقیم به‌شدت افزایش یافت.

جدول ۱- شرکت‌های سرمایه‌گذار و انتقال‌دهنده فناوری در چین در مرحله ۳

The Technologies Adopted by Foreign Sole Venture or Joint Venture			
No.	**Source of Technologies**	**Tyre Factory**	**Spec. of Radial Tyres**
1	Goodyear Tyres Co., USA	Dalian Goodyear Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars
2	Kumho Tyres Co., USA	Nanjing Kumho Tyres Co. Ltd. Tianjin Kumho Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars Half-steel for cars
3	Tyres Manufacturing Co. Ltd. of Korea	Hantai Tyres Jiaxing Co. Ltd. Hantai Tyres Jiangsu Co. Ltd.	Half-steel Half-steel
4	Michelin Tyres Co.	Michelin Shenyang Tyres Co. Ltd.	All-steel for heavy-duty trucks, half-steel for cars
5	Bridgestone Tyres Co.	Shenyang Santai Tyres Co. Ltd.	All-steel for heavy-duty trucks

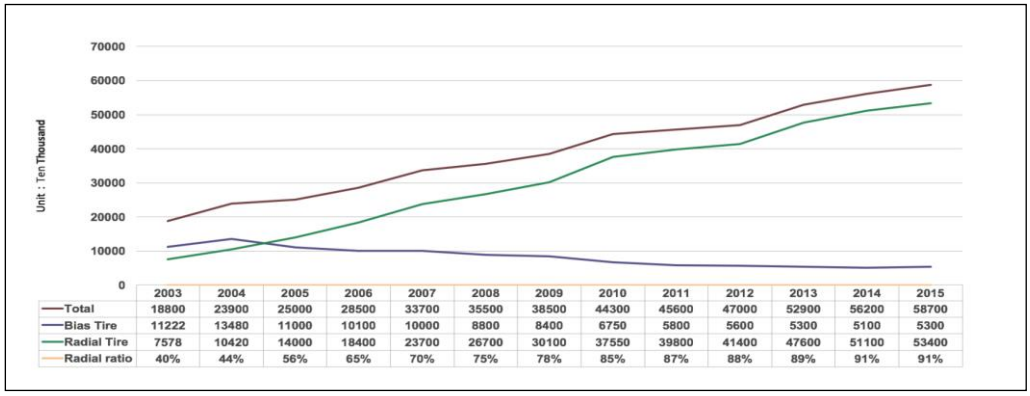
جدول ۲- انتقال فناوری از انستیتو تحقیق و توسعه صنعت تایر پکن

The Tyre Factories Using BRDIRI Technologies			
No.	**Source of Technology**	**Tyre Factories**	**Spec. of Radial Tyres**
1	BRDIRI	Shandong Roncheng Rubber Factory	Half-steel for cars and light trucks, all steel for heavy-duty trucks
2	BRDIRI	Guizhou Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars and light trucks
3	BRDIRI	Yinchuan CIS Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars and light trucks
4	BRDIRI	Sichuan Rubber Factory	Half-steel for cars and light trucks
5	BRDIRI	Shandong Tyres Factory	Half-steel for cars and light trucks
6	BRDIRI	Liaoning Long March Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars and light trucks
7	BRDIRI	Hualin Group Co.	Half-steel for cars
8	BRDIRI	Yunnan Tyres Factory	Half-steel for cars and light trucks
9	BRDIRI	Hebei Tyres Co. Ltd.	Half-steel for cars and light trucks
10	BRDIRI	Xiangjiang Tyres Co. Ltd.	Half-steel for light trucks



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Total	8806	9599	8585	9385	10900	14100	16100	18800	23900	25000
Bias	7782	8215	6599	6743	7311	9487	10687	11222	13480	11000
Radial	1024	1384	1986	2642	3589	4253	5413	7578	10420	14000
Radial Ratio	0%	0%	23%	28%	33%	30%	34%	40%	44%	56%

نمودار ۴- میزان تولید تایر در چین در مرحله چهار



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	18800	23900	25000	28500	33700	35500	38500	44300	45600	47000	52900	56200	58700
Bias Tire	11222	13480	11000	10100	10000	8800	8400	6750	5800	5600	5300	5100	5300
Radial Tire	7578	10420	14000	18400	23700	26700	30100	37550	39800	41400	47600	51100	53400
Radial ratio	40%	44%	56%	65%	70%	75%	78%	85%	87%	88%	89%	91%	91%

نمودار ۵- میزان تولید تایر در چین در مرحله پنج

مرحله ۵ (۲۰۰۶ - ۲۰۱۵): توسعه جامع و فراگیر فناوری تایر در چین

در این مرحله، توسعه فناوری و گسترش انتقال آن، طراحی کارخانه‌ها، ساخت و توسعه واحدهای تولیدی، انجام پروژه‌ها به صورت EPC، ساخت ۹۰٪ کارخانه‌ها موردنیاز تایرسازی در چین، تولید ۸۵٪ مواد اولیه، افزایش سریع ظرفیت تولید تایرهای رادیال، صادرات تایر (به آمریکا، اروپا و ...)، انتقال فناوری تولید تایر رادیال به آسیای جنوب شرقی و دیگر مناطق، احداث کارخانه‌هاي تایر در دیگر کشورها (تایلند، مالزی، ویتنام و ...)، موردنظر قرار گرفت. تولید در پایان سال ۲۰۱۵ به ۵۸۷ میلیون حلقه رسید که ۹۱٪ آن رادیال بود. (۴۱۴ میلیون PCR، ۱۲۰ میلیون TBR، ۵۳ میلیون Bias). همچنین، تولید تایر در پایان سال ۲۰۱۶ به ۵۷۲ میلیون حلقه رسید؛ که ۲٫۶٪ کاهش نسبت به سال پیش را نشان می‌دهد. لازم به یادآوري است در سال ۲۰۱۴ حدود ۶۴۰ کارخانه تولید تایر در دنیا وجود داشت؛ که ۱۸۰ کارخانه تولید تایر آن در داخل چین بود.

وضعیت تولید خودرو در جهان

در جدول شماره ۳ میزان تولید خودرو در ۳ کشور پیشتاز دنیا در سال ۲۰۱۵ مطرح‌شده و در جدول ۴ میزان تولید خودرو در کشور چین در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ موردبررسی قرارگرفته است. تولید خودرو در چین از ۵٫۴ میلیون دستگاه در سال ۲۰۰۶ به ۲۸٫۱ میلیون دستگاه در سال ۲۰۱۶ رسیده است.

میزان مالکیت سرانه خودرو در دنیا بر حسب GDP در سال ۲۰۱۴

در نمودار زیر میزان مالکیت سرانه خودرو در دنیا بر حسب GDP در سال ۲۰۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- میزان تولید خودرو در ۳ کشور پیشتاز در سال ۲۰۱۵

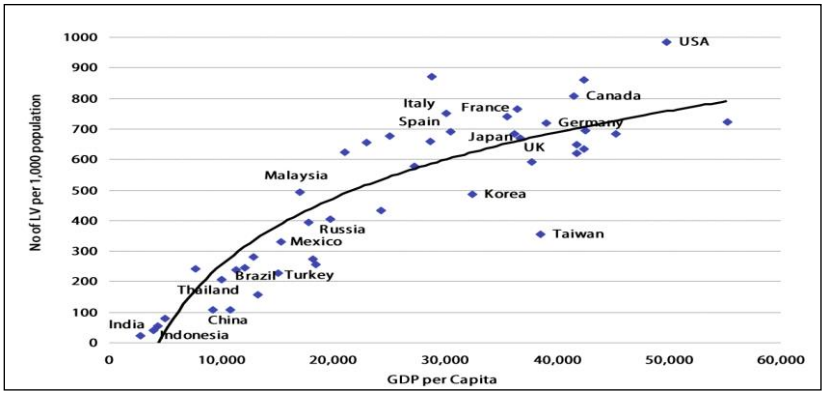
نام کشور	تعداد تولید خودرو	درصد
چین	۲۴،۵۰۳،۳۰۰	٪۲۷
آمریکا	۱۲،۱۰۰،۳۲۶	٪۱۳٫۳
ژاپن	۹،۲۷۸،۲۳۸	٪۱۰٫۲
جمع خودرو تولیدشده در کل دنیا	**۹۰،۷۸۰،۰۰۰**	**٪۱۰۰**

جدول ۴- میزان تولید خودرو در چین در سال

سال	خودرو سواری	خودرو باری- اتوبوسی	جمع
۲۰۱۵	۲۱،۰۷۹،۴۰۰	۳،۴۲۳،۹۰۰	**۲۴،۵۰۳،۳۰۰**
۲۰۱۶	۲۴،۴۲۰،۷۰۰	۳،۶۹۸،۱۰۰	**۲۸،۱۱۸،۸۰۰**

جدول ۵- میزان مالکیت سرانه خودرو در چند کشور در سال ۲۰۱۴

نام کشور	تعداد خودرو (به ازای ۱۰۰۰ نفر)
آمریکا	۹۸۰
کره جنوبی	۴۹۰
چین	۱۱۰
ایران	۱۹۰



نمودار ۶- میزان مالکیت سرانه خودرو در دنیا در سال ۲۰۱۴

شرکت‌های تولیدکننده تایر در چین در سال ۲۰۱۴

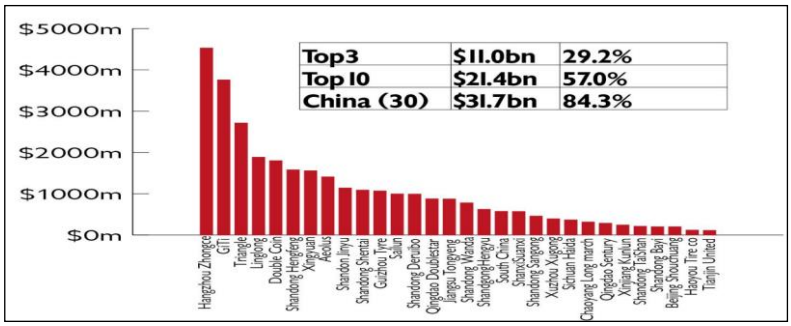
در بررسی‌های سال ۲۰۱۴ مشخص شد، سه شرکت برتر از نظر فروش در چین، شرکت‌های GITI، ZC و Triangle هستند.

تولید تایر در چین در سال ۲۰۱۳ به تفکیک تایرهای سواری و باری

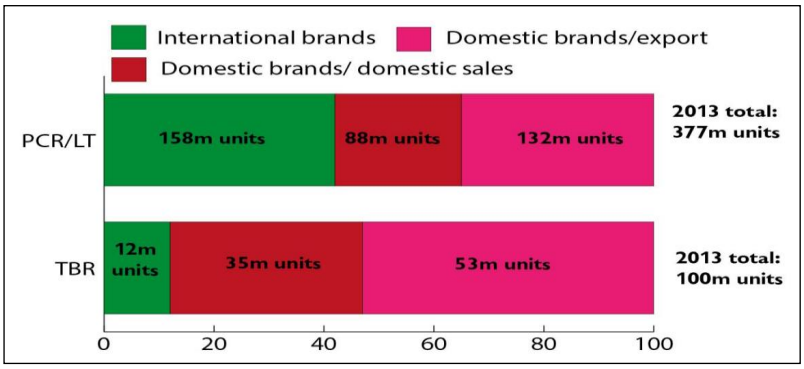
در نمودار زیر، تولید تایر در چین در سال ۲۰۱۳ به تفکیک تایرهای سواری و باری مشخص‌شده است. همان‌طور که در نمودار زیر مشاهده می‌شود، سهم برندهای بین‌المللی در تولید PCR، ۴۲٪ است. درحالی‌که سهم تولید TBR، فقط ۱۲٪ است.

وضعیت تولید دستگاه‌ها صنعت تایر در جهان

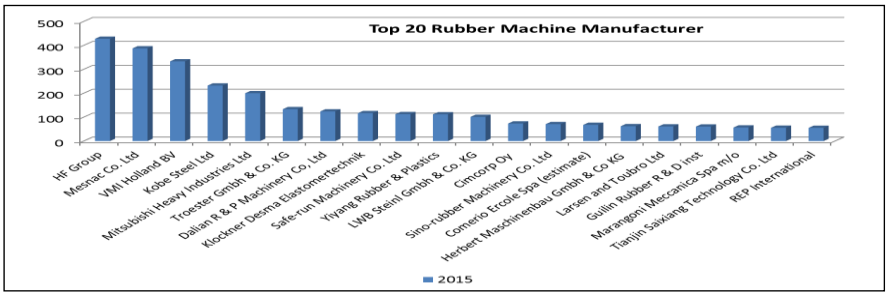
پس از بررسی وضعیت تولید تایر در چین به بررسی وضعیت تولید دستگاه‌ها می‌پردازیم. همان‌طور که در نمودار زیر نشان داده است، شرکت HF آلمان و Mesnac چین در دنیا از لحاظ میزان فروش در رده‌های اول و دوم قرار



نمودار ۷ شرکت‌های تولیدکننده تایر در چین در سال ۲۰۱۴



نمودار ۸- تولید تایر در چین در سال ۲۰۱۳ به تفکیک سواری و باری



نمودار ۹- وضعیت تولید ماشین‌آلات در جهان در سال ۲۰۱۵

دارند.

مقایسه شرکت‌های دولتی و غیردولتی در چین

در این بخش به مقایسه شرکت‌های دولتی و غیردولتی در چین از منظر حمایت بیشتر، استقلال در تولید، شرایط کارگران و غیره می‌پردازیم.

قوانین و محدودیت‌های دولت چین برای صنایع تایرسازی

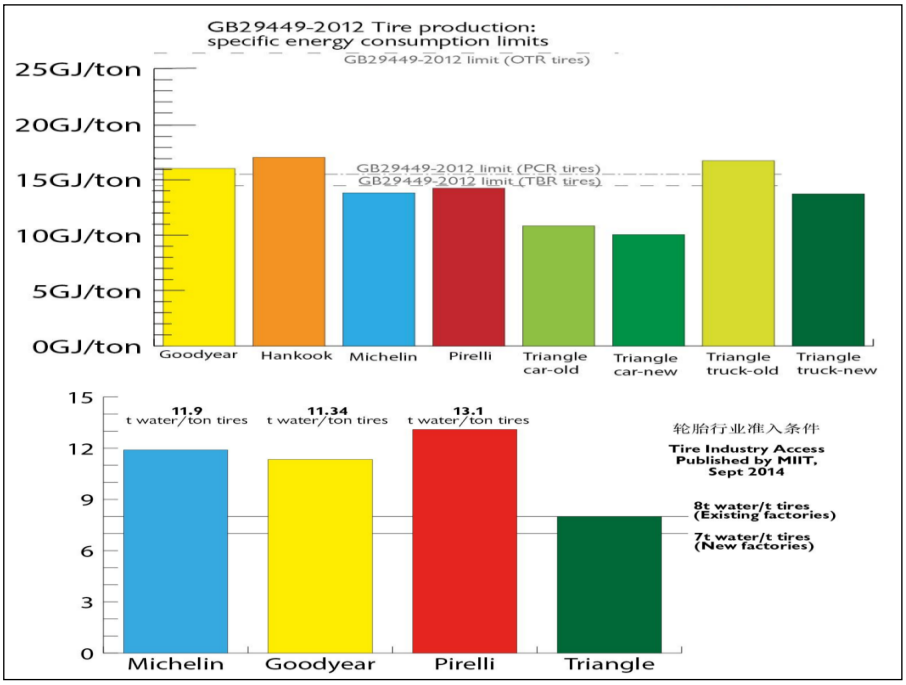
در کشور چین برای صنعت تایر، دولت قوانین و مقررات خاصی وضع کرده است که خلاصه‌ای از آن در زیر بیان می‌شود:

- حداقل ظرفیت تولید ۱٫۲ میلیون حلقه TBR در سال، ۶ میلیون حلقه PCR/LTR در سال و ۳۰ هزار حلقه OTR در سال
- استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن برای تولید و آزمون
- محدودیت مصرف انرژی و آب
- قوانین سخت‌گیرانه برای ایمنی تولید و ...

در نمودار زیر مقایسه مصرف انرژی در صنایع تایر برتر

جدول ۶- مقایسه شرکت‌های دولتی غیردولتی در چین

شرکت‌های دولتی	شرکت‌های غیردولتی
حمایت بیشتر حکومت	حمایت کمتر حکومت
استقلال کمتر در تولید و نوع محصول	استقلال بیشتر در تولید و نوع محصول
شرایط بهتر برای کارگران	شرایط بدتر برای کارگران
زمینه کمتر برای بروز خلاقیت	زمینه بیشتر برای بروز خلاقیت
دسترسی بهتر به سرمایه	دسترسی کمتر به سرمایه
همکاری بسیار قوی با واحد تحقیق و توسعه	وابستگی تحقیق و توسعه به مدیریت
در جریان بودن و درگیر بودن کمتر مدیریت	در جریان بودن و درگیر بودن بیشتر مدیریت
ZC, Aelous	GITI, LingLong, Century



نمودار ۱۰- مقایسه مصرف انرژی در شرکت‌های تایرسازی برتر دنیا و شرکت‌های تایرسازی در چین

دنیا و صنعت تایر چین صورت گرفته است.

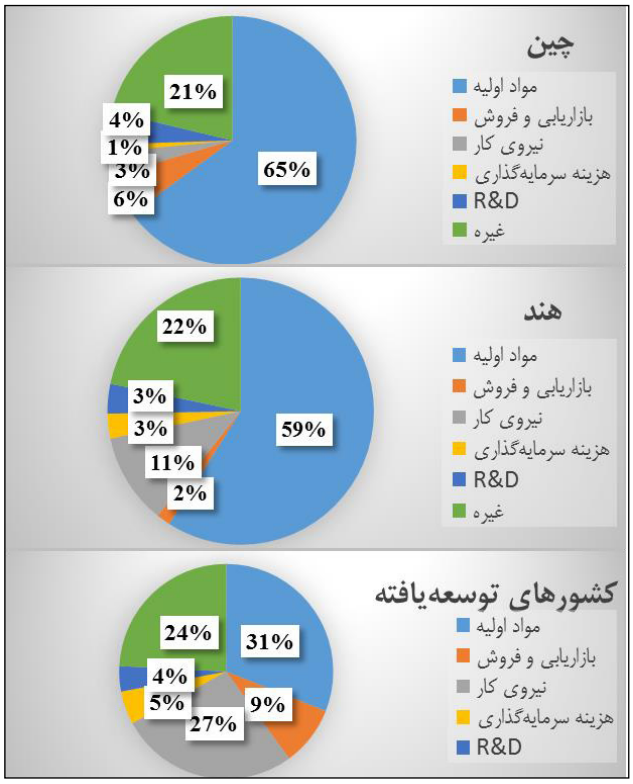
بررسی ترکیب قیمت تمام‌شده در دنیا در سال ۲۰۱۲

در نمودارهای زیر ترکیب قیمت تمام‌شده در چند کشور دنیا در سال ۲۰۱۲ موردبررسی قرارگرفته است.

اطلاعات شرکت Aelous چین در سال مالی ۲۰۱۵

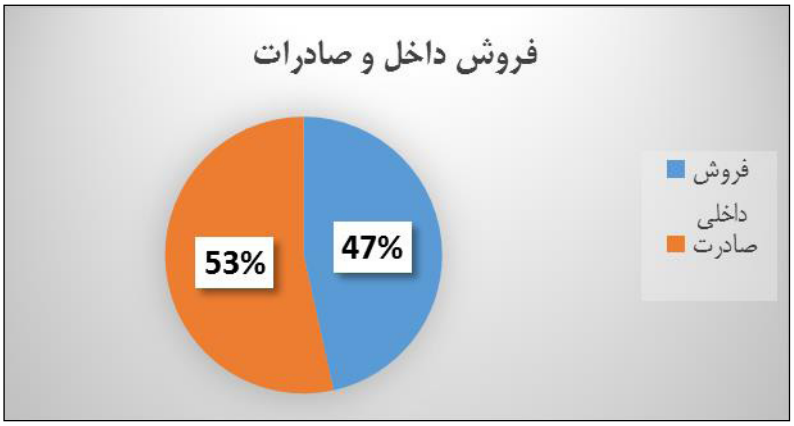
یکی از شرکت‌های مطرح تایرسازی در چین شرکت Aleous است که در زیر به‌اختصار به طرح اطلاعات مالی، درصد میزان فروش و صادرات، ترکیب نفرات این شرکت می‌پردازیم.

در این شرکت میزان مالیات بر درآمد ۱۵٪ است، هزینه کارکنان حدود ۷٪ تا ۸٪ کل فروش است. ارزش برند ۱٫۷۸ میلیارد دلار و تعداد ثبت اختراع (Patent) ۲۷۱ مورد است. میزان فروش داخلی نیز ۴۷ درصد و میزان صادرات ۵۳ درصد است.



جدول ۷- بررسی صورت‌های مالی شرکت Aleous

عوامل	میلیون دلار	درصد نسبت به فروش
کل فروش	۹۲۴	٪۱۰۰
هزینه‌های عملیاتی	۷۴۴	٪۸۰,۵
هزینه‌های فروش	۷۶,۵	٪۸,۲۴
هزینه‌های اداری و مدیریت	۵۱,۵	٪۵,۵
هزینه‌های مالی	۲	٪۰,۲۲
تحقیق و توسعه	۲۹	٪۳,۲
سایر درآمدها	۲۱,۳	٪۲,۶
سود ناخالص قبل از کسر مالیات	۴۲,۳	٪۴,۶
مالیات	۶,۳۶	٪۰,۶۹
سود خالص پس از کسر مالیات	۳۶	٪۳,۹



الف) اهداف شرکت Aeolus تا سال ۲۰۲۰

۱. ارتقا برند و ارزش آن
۲. افزایش سود
۳. تأکید بر تحقیق و توسعه (R&D)
۴. ادامه رشد تولید
۵. تقویت حوزه فناوری اطلاعات (IT)
۶. افزایش درصد فروش تایرهای HP و UHP

جدول ۸- ترکیب نفرات شرکت Aeolus

حوزه فعالیت	تعداد (نفر)	درصد (٪)
تولید	۶۰۳۳	٪۸۲
فنی (عمدتاً R&D)	۷۹۳	٪۱۰,۸
اداری	۳۳۰	٪۴,۴
فروش	۱۶۳	٪۲,۲
مالی	۴۶	٪۰,۶
جمع	**۷۳۶۵**	

ب) وضعیت برچسب تایر (Tire Labeling)

- گریدهای B و C در WG و RR
- سطح ۲ در Noise
- بالاترین سطح (B-B برای تایر HP در چین)

مشوق‌های مالی (Subsidy)

در کنار سایر حمایت‌ها، در دو دهه گذشته دولت چین به منظور افزایش تولید و گسترش صنعت تایر به روش‌هاي مختلف، مشوق‌های مالی گوناگونی به صنعت تایر اختصاص داده است. در آمریکا به‌طور رسمی حدود ۱۰٪ تا ۲۰٪ از هزینه ساخت کارخانه در یک ایالتِ مشخص و یا جابجایی کارخانه به دلیل مسائل زیست‌محیطی داده می‌شود، ولی در چین به منظور کمك و اعطاي تسهیلات به کارخانه‌هاي بخش دولتي از ابزارهایي مانند در اختیار قرار دادن زمین، اعطای مجوز جهت تغییر کاربری زمین قبلی از صنعتی به مسکونی، تقبل هزینه‌های جابجایی، کاهش مالیات و ... استفاده مي‌شود.

دولت چین در شرایط فعلی برای موارد زیر به کارخانه‌ها تایرسازی کمک مالی می‌کند:

- به‌روز آوری دستگاه‌ها
- ارتقای کیفیت تولید
- جابجایی کارخانه به دلیل مسائل زیست‌محیطی
- تولید تایر سبز و ...

برنامه‌های استراتژیک صنعت تایر چین

در زیر به چند نمونه از شعارهای استراتژیک در صنعت تایر چین اشاره می‌شود.

- 'One Belt and One Road': Connecting China and the World & Go Out Policy

اعمال تعرفه‌های ضد دمپینگ (Anti-Dumping) **و ضد تهاجم** (Countervailing) **براي تایرهای وارداتی از چین**

در سال‌های اخیر، سایر کشورها بر تایرهای وارداتی از کشور چین تعرفه‌هایی اعمال کرده‌اند. تعرفه‌های ضد دمپینگ و ضد تهاجم بر تایرهای وارداتی به آمریکا اعمال‌شده است. همچنین، کشورهای روسیه، مصر، برزیل و ترکیه نیز تعرفه‌هایی اعمال کرده‌اند. کشور هند نیز درخواست اعمال تعرفه داشته که اتحادیه اروپا نیز در حال بررسی تأثیرات تایرهای تك‌مصرف قیمت پایین (Low Price Single Use) ساخت چین بر صنعت روکش اروپا و اثرات مخرب زیست‌محیطی آن است.

جدول ۹- اعمال تعرفه‌های Anti-Dumping و Countervailing بر روی تایرهای وارداتی از چین

کشور آمریکا	A.D.D.	C.V.D.
سواری 12 June 2015	٪۱۴,۳۵ الی ٪۸۷,۹۹	٪۲۰,۷۳ الی ٪۱۰۰,۷۷
باری-اتوبوسی 22 February 2017 (در صورت تأیید نهایی)	٪۹ الی ٪۲۲,۵۷	٪۲۰,۹۸ الی ٪۶۳,۳۴
تعدادی از شرکت‌های چینی نظیر ZC، LingLong، Sailun، DoubleStar، Century و O'Green طی سال‌های اخیر اقدام به تأسیس کارخانه در ویتنام، مالزی، تایلند و ... کرده‌اند.		

مسائل و مشکلات صنعت تایر چین در شرایط فعلی

در اینجا به بررسی مسائل و مشکلات صنعت تایر در چین می‌پردازیم:

۱. ظرفیت اضافی تولید (Over Supply)
۲. کمبود نقدینگی (Cash Flow)
۳. محدودیت بانک‌های دولتی برای اعطای تسهیلات
۴. تصمیم دولت چین برای کاهش تولید تایر تا ۴۰٪.
۵. زیان‌ده بودن بسیاری از کارخانه‌ها کوچک و حتی بزرگ
۶. وضع قوانین سخت زیست‌محیطی و کنترل مصرف انرژی
۷. اعمال قوانین برچسب تایر به صورت اختیاری و اجباری شدن آن در سال ۲۰۱۹
۸. مشکلات زیربنایی ازجمله:
۱. تکنولوژي پایین(Low Technology)
۲. مدیریت ضعیف(Poor Management)
۳. برندهاي کم اعتبار(Poor Brand Value)
۹. افزایش تولید ۴٫۵٪ سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۱۴ و کاهش مبلغ فروش به میزان ۲۰٪.

نتیجه‌گیری

در انتها با بررسی وضعیت صنعت تایر در چین در طی سال‌های پیش‌رو شاهد موارد زیر خواهیم بود:

- ورشکستگی و تعطیلی تعداد زیادی از کارخانه‌ها تایرسازی
- ادغام شرکت‌های چینی برای افزایش مقیاس تولید و کاهش هزینه
- کاهش میزان تولیدات تایر در چین
- افزایش کیفیت تولیدات و پیش به تولید تایرهای سبز
- اعمال قوانین برچسب تایر و درنتیجه مشاهده تغییرات اساسی در فرآیند تولید و نوع مواد اولیه مصرفی
- کنترل نقدینگی و جهت‌گیری شرکت‌ها در رابطه با فروش سهام، فروش دارایی‌ها و اخذ تسهیلات از بخش خصوصی
- کنترل مصرف انرژی و وضع قوانین سخت زیست‌محیطی
- اتوماسیون هر چه بیشتر خط تولید
- سرمایه‌گذاری برای خرید شرکت‌های معتبر و استفاده از برند آن‌ها
- افزایش سرمایه‌گذاری در خارج از چین
- افزایش قیمت تایرهای چینی IRM

مراجع

1. TIRE TECHNOLOGY EXP 2015 -Development of the Tire Market in China - Mr. David Shaw
2. TIRE TECHNOLOGY EXP 2015 - Developments in the Tire Market - Paul Settles
3. Tire Tech Transfer in China - Mr. Wang Aichun - 2016
4. RubberTech China 1998 - The Technology Development of Radial Tyre in China - Mr. Chen Zhihong

علمی- فنی

مروری بر انواع دوده‌ها به‌منظور ایجاد رسانایی در صنعت لاستیک

Review of the types of carbon black to provide conductivity in the rubber industry

چکیده:

دوده در کنار نقش اصلی‌اش برای تقویت‌کنندگی در صنعت لاستیک به‌منظور دستیابی به رسانایی الکتریکی یا گرمایی لازم نیز در آمیزه‌های لاستیکی استفاده می‌شود. در این مقاله، به بررسی انواع مختلفی از دوده‌ها و تفاوت آن‌ها در بحث رسانایی پرداخته خواهد شد. همچنین، نحوه اختلاط دوده با آمیزه، تأثیر ساختار و اندازه دوده برای ایجاد رسانایی مطلوب بحث خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تقویت کنندگی، دوده، رسانایی الکتریکی، عایق گرمایی.

نوع مقاله: مروری

علی عباسیان[۱]، حمیدرضا صباغی[۲و*]

۱-عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۲- دانشجوی ارشد مهندسی پلیمر دانشگاه ازاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

* عهده‌دار مکاتبات:
hamidrezasab@yahoo.com

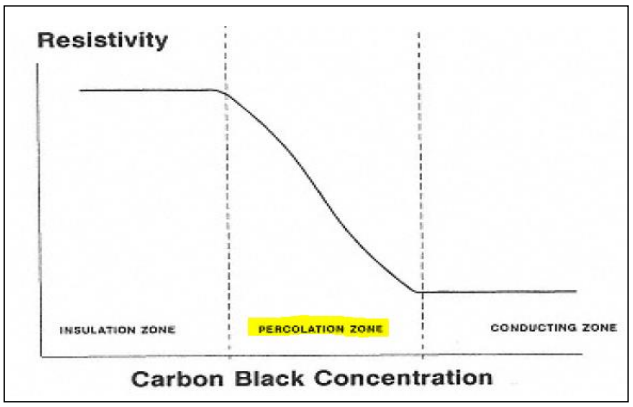
مقدمه

در صنعت لاستیک (به خصوص تایر) دوده کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد. به‌طوری که در ۵۰ سال اخیر ۹۰ درصد از قطعات تولیدی لاستیکی، افزودنی مورداستفاده در آن‌ها دوده است. مهم‌ترین نقش دوده در آمیزه‌های لاستیکی بحث "تقویت‌کنندگی" است. اگرچه این عبارت کلی به نظر می‌رسد اما به‌طورکلی تقویت‌کنندگی، بیانگر ویژگی اساسی دوده در آمیزه است: افزایش استحکام آمیزه و خصوصیات مکانیکی ماده پس از پخت، مانند مدول آمیزه و مقاومت در برابر پارگی، افزایش سختی و ...

اما لاستیک‌ها و به‌طورکلی بسپارها عایق الکتریسیته و گرما هستند، درحالی‌که دوده به‌خاطر ویژگی سطحی ذاتی‌اش (ساختار کربن، شیمی‌سطح و خواص گرمافیزیکی) رسانای الکتریکی و

گرمایی است $10^{-1} - 10^{2}\ (ohm.cm)^{-1}$. به همین دلیل در بسیاری از کاربردها دوده به‌منظور افزایش رسانایی آمیزه‌ها استفاده می‌شود. با اینکه دوده می‌تواند رسانایی خوبی را برای آمیزه فراهم کند اما استفاده از آن‌ها بستگی به شرایط زیر دارد:

- آستانه‌ی‌تراوش یا Percolation Threshold (کمترین غلظت یا آستانه غلظتی از افزودنی است که در آن یک ماده عایق با استفاده از مسیرهای ایجادشده انتقال بار (پل‌ها)، تبدیل به یک ماده رسانا شود) در چه کسرحجمی از دوده در بستر آمیزه رخ خواهد داد؟
- نحوه اختلاط و فرایندکاری دوده و آمیزه لاستیکی به منظور افزایش رسانایی چگونه باید باشد؟
- چه مقدار از دوده را باید به آمیزه افزود تا با حفظ خواص مکانیکی آمیزه مطلوب رسانا شود؟ زیرا باید بتوان تعادل و همگام‌سازی بین ویژگی الکتریکی-گرمایی با ویژگی‌های مکانیکی آمیزه ایجاد کرد، تا به اهداف موردنظر درخصوص رسانایی رسید. دوده‌ها در بستر لاستیک باید از طریق فرایندهای متفاوتی مثل قالب‌گیری تزریقی، فشاری، رانش گری و گرما شکل‌دهی به صورت یکنواخت و پایدار طوری قابلیت رسانایی را ایجاد کنند که هیچ‌گونه تأثیر منفی بر ویژگی مکانیکی نداشته باشند. در ادامه، عامل‌های تأثیرگذار در لاستیک بررسی می‌شود.



شکل ۱- نمونه منحنی مقاومت الکتریکی آمیزه بر حسب غلظت دوده، که با افزایش غلظت دوده به آستانه تراوش خواهیم رسید. پیش از آن ناحیه عایق و پس از آن ناحیه رسانایی مشاهده می‌شود

رسانایی الکتریکی

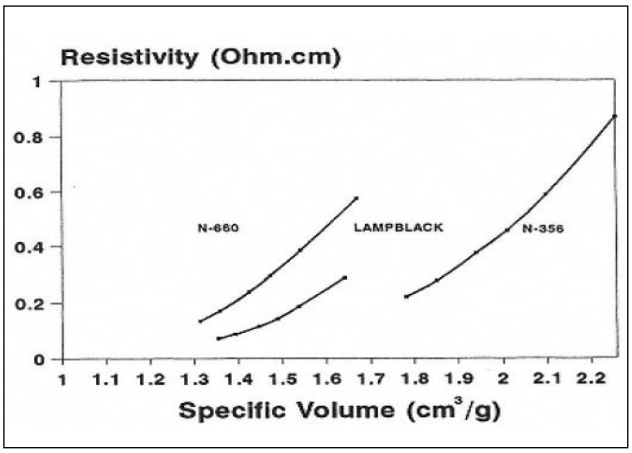
در مقدار کمی از دوده در بستر لاستیک رسانایی الکتریکی آمیزه خیلی تغییری نخواهد داشت اما هرچه که مقدار بیشتری از دوده به آمیزه افزوده می‌شود، زودتر به ناحیه‌ی آستانه تراوش خواهیم رسید. منحنی متداول برای بیان مقاومت الکتریکی آمیزه‌ها برپایه افزایش دوده در شکل ۱ قابل‌مشاهده است.

ذرات دوده از طریق ایجاد مسیرهایی به صورت پل در درون آمیزه لاستیکی رسانایی الکتریکی را افزایش می‌دهند. اندازه ذرات، ساختار و یا تخلخل آن‌ها، نحوه اختلاط و فرایندپذیری هم بسیار بر رسانایی الکتریکی تأثیر خواهد داشت که درباره آن‌ها بحث خواهد شد.

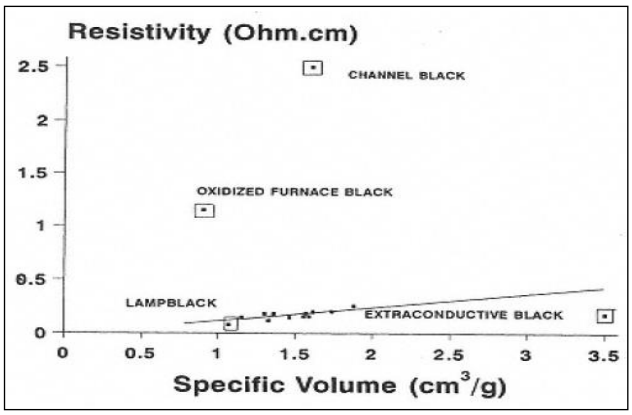
الف) رسانایی الکتریکی ذاتی دوده

رسانایی ذاتی دوده‌ها به‌طورکلی تابعی از طبیعت ساختاری دوده، شیمی‌سطح آن‌ها و گروه‌های شیمیایی کربن‌دار است، برهم‌کنش‌های بین ذره‌ای دوده به خاطر وجود عامل‌های شیمیایی بر سطح آن می‌تواند ویژگی رسانایی آمیزه را اصلاح و مقاومت الکتریکی را کاهش دهد [۱]. شکل ۲ و شکل ۳ مقاومت الکتریکی دوده‌های متفاوت را برحسب حجم ویژه نشان می‌دهد [۲]. مشاهده می‌شود که در یک حجم ویژه خاص، دوده‌ها مقاومت الکتریکی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. هرچه حجم ویژه بیشتر می‌شود، مقدار وزنی دوده کاهش می‌یابد. درنتیجه مقاومت الکتریکی دوده افزایش خواهد یافت. در

شکل ۳ دوده‌های کوره‌ای نوع Channel و اکسیدشده دارای بیش‌ترین مقاومت الکتریکی هستند. این به علت وجود اتم‌های اکسیژن در مجاورت کربن‌ها است. همچنین، دوده‌های نوع چراغ (LampBlack) و ابررسانا و به‌طورکلی هر نوع دوده‌ای که مقاومت الکتریکی آن‌ها بیش از حد معمول کم باشند، الکترورسانا می‌نامند که دارای کمترین مقدار مقاومت الکتریکی و درنتیجه بیش‌ترین رسانایی الکتریکی هستند.



شکل ۲- رابطه بین مقاومت الکتریکی دوده‌ها با حجم ویژه [۲]

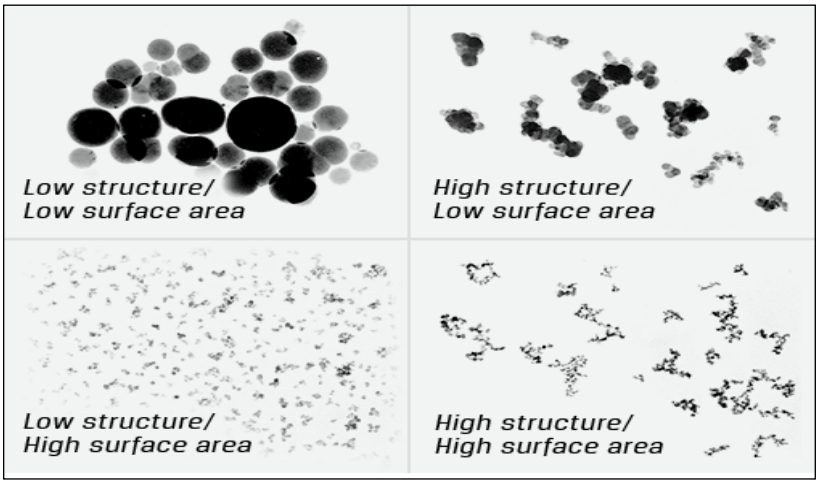


شکل ۳- رابطه بین مقاومت الکتریکی دوده‌ها با حجم ویژه [۲]

اندازه دوده (Particle size) و ساختار (Structure) آن کاملاً در بحث رسانایی‌الکتریکی (همچنین رسانایی‌گرمایی) تأثیرگذار است. در جدول ۱ و شکل ۴ تفاوت دوده ساختار بالا و ساختار پایین و اثر آن بر رسانایی‌الکتریکی آمیزه (در شکل ۵) نشان داده‌شده‌است:

هرچه اندازه ذرات دوده ریزتر (یا مساحت‌سطح بیشتر) و ساختارش دارای تخلخل کمتری باشد، مقاومت الکتریکی آمیزه افزایش خواهد یافت. زیرا با کاهش تخلخل، فضایِ خالیِ بین و درون ذرات کمتر شده و درنتیجه تماس آن‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد. پس، هرچه تماس بین ذرات بیشتر باشد، مقاومت تماسی‌الکتریکی در داخل ذرات ایجاد می‌شود. درنتیجه، افزایش مقاومت الکتریکی آمیزه را خواهد داشت. دوده‌های با تخلخل زیاد (ساختار بالا شکل ۶) در دسته‌ی دوده‌هایی با رسانایی ذاتی زیاد هستند که قادرند آستانه رسانایی غلظت دوده را کاهش دهند.

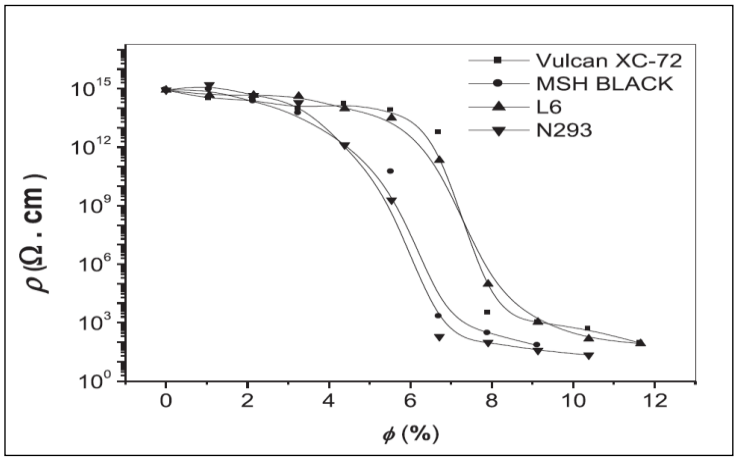
البته باید خاطرنشان کرد که آن نوع دوده ساختار بالایی که از مساحت‌سطح کمتری برخوردار است، رسانایی الکتریکی بیشتری به آمیزه القا خواهد کرد [۳، ۴ و ۹]. زیرا اگر مساحت‌سطح ذرات زیاد باشد، بدان معناست که ذرات به‌اندازه کافی ریز بوده و توانسته‌اند در داخل آمیزه مقاومت‌تماسی‌الکتریکی ایجاد کنند که باعث افزایش مقاومت الکتریکی خواهد شد. همان‌طور که در شکل ۶ قابل‌مشاهده است، شرکت Timcal با تولید دوده‌ای با نام ENASCo 250 G تأثیر ساختار، مساحت‌سطح و نحوه فرایندپذیری (که پیش‌تر در بحث اختلاط به آن اشاره شده است) این افزودنی را از طریق ضریب شاخص مذاب بر رسانایی‌الکتریکی پلاستیک‌ها سنجیده است [۴]. (به این نکته باید توجه داشت که تأثیر مساحت‌سطح روی بحث رسانایی در پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها یکسان است). [۴ و ۹]



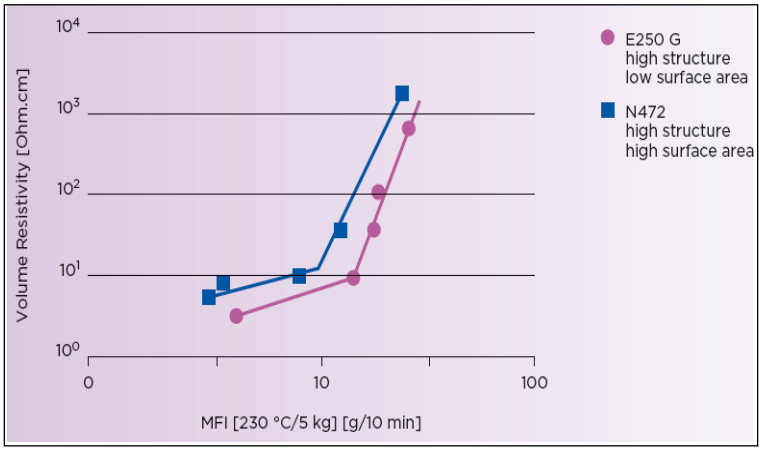
شکل ۴= در این شکل تفاوت دوده ساختار بالا و دوده ساختار پایین قابل‌مشاهده است، اهمیت دوده ساختار بالا جهت کاربردهای رسانایی بسیار حائز اهمیت است. برای کاربرد رسانایی‌الکتریکی زیاد کاملاً مشهود است که دوده‌های ساختار بالا و مساحت‌سطح کم بهترین انتخاب است، اما در رسانایی‌گرمایی دوده ساختار بالا نیاز است اما تأثیر مساحت‌سطح (یا به عبارتی اندازه ذرات) روی بحث رسانایی گرمایی هنوز مشخص نیست [۷]. منبع عکس: Cabot Corporation

جدول ۱= خواص ذاتی، ساختاری و سطحی دوده‌های مختلف [۹]

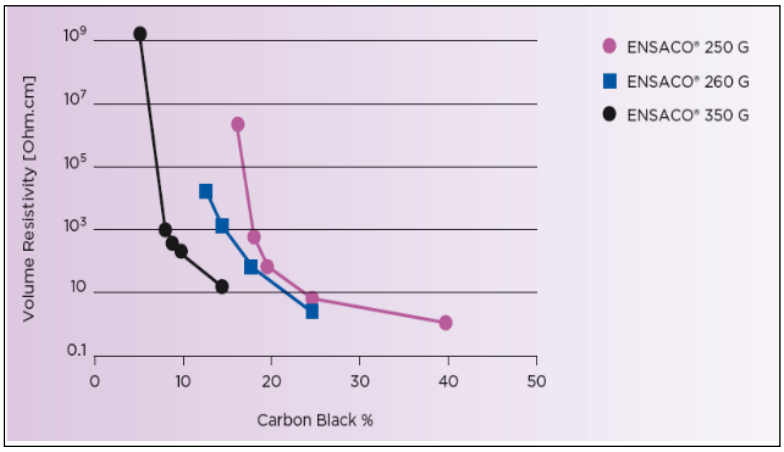
CB	Suppliers	DBP (ml/100 g)	BET specific area (m^2/g)	Average diameter (nm)
Vulcan XC-72	Cabot Corporation (USA)	178	254	30
MSH BLACK	Electric Chemical Co., Ltd. (Japan)	220	80	35
L6	Degussa Co. (Germany)	123	250	18
N293	Fushun Chemical General Factory (China)	100 ± 5	1,050	33



شکل ۵- مقاومت ویژه الکتریکی آمیزه LDPE برحسب دوده‌های جدول ۱، همان‌طور که قابل‌مشاهده است دوده نوع MSH به خاطر کم بودن مساحت‌سطح آن آستانه‌تراوش زودتری داشته است [۹]



شکل ۶- در سطح ساختاری مشابه (هر دو دوده high structure)، دوده با مساحت‌سطح کمتر رسانایی بیش‌تری از خود نشان می‌دهد [۴]. (به خاطر نداشتن مقاومت تماسی الکتریکی بین ذرات، مقاومت الکتریکی کمتری را دارا می‌باشد)



شکل ۷- هرچه دوده از نوع ساختار بالا باشد، آستانه تراوش زودتر در بستر لاستیک رخ خواهد داد [۴]

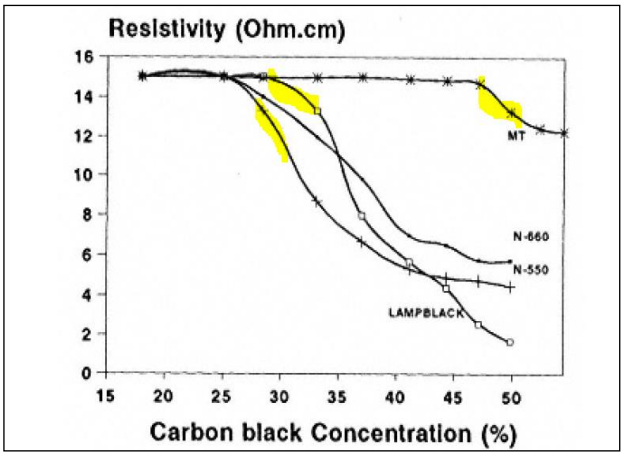
ب) رسانایی القا شده دوده به آمیزه‌هایلاستیکی (بحث فرایندکاری)

رسانایی الکتریکی ایجادشده در آمیزه‌های برپایه‌ی کربن متأثر از عوامل پیچیده‌ای مانند مقدار افزودن دوده، خواص ساختاری و سطحی دوده، وزن‌مولکولی و گرانروی و سازگاری شیمیایی آمیزه لاستیکی، و نحوه اختلاط و فرایندکاری است.

بررسی‌شده اگر در هنگام اختلاط، دوده در بستر لاستیک به خوبی پراکنده (Dispersion) شود، به‌علت آنکه آمیزه قوام بیشتری پیدا می‌کند، ذرات در داخل آمیزه مقاومت‌تماسی‌الکتریکی بسیار زیادی ایجاد می‌کنند و درنتیجه، رسانایی الکتریکی کاهش خواهد یافت (به‌مانند همان چیزی که در شکل ۶ ضریب شاخص مذاب MFI در پلاستیک‌ها بیانگر آن بود). این مهم در شکل ۴ مشهود است، زیرا هرچه دوده ساختار بالا بوده و از مساحت‌سطح کمی برخوردار باشد، بهتر قادر است در داخل بستر آمیزه شبکه رسانش

قوی‌تری ایجاد کند. به همین علت در مرحله فرایندکاری لاستیک‌ها (در کاربردهای رسانایی الکتریکی) اختلاط از نوع توزیع ذرات (Distributive) ضروری است، به‌همین‌خاطر در فرایندپذیری دوده با لاستیک بیشتر از قالب‌گیری فشاری استفاده می‌شود زیرا در قالب‌گیری تزریقی به خاطر وجود نیروهای برشی اختلاط بهتر انجام‌شده است (ذرات ریزتر شده، مساحت‌سطح بالاتر رفته و اختلاط از نوع پراکنش خواهد شد) و مقاومت‌تماسی‌الکتریکی بین ذرات تشکیل می‌شود و آمیزه مقاومت الکتریکی مناسبی از خود نشان خواهد داد [۵].

بنابراین، با ثابت در نظر گرفتن آمیزه در شکل ۷ و شکل ۸، تأثیر نوع دوده بر مقاومت‌الکتریکی آمیزه SBR بررسی‌شده است [۲ و ۴]. آنچه که واضح است رفتار نزولی تمامی دوده‌ها در بستر لاستیک است، اما آنچه که حائز اهمیت است این است که آمیزه‌کار تشخیص دهد که دوده مورداستفاده در چه آستانه‌ای از غلظتش، مقاومت الکتریکی آمیزه را کاهش می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، دوده نوع چراغ (LampBlack) رسانایی الکتریکی بسیار بالایی را برای SBR فراهم کرده‌است، همچنین، دوده نوع ENASCo شرکت Timcal هم در شکل ۷، تأثیر و اهمیت نوع دوده (دوده ساختار بالا) را بر بحث آستانه‌تراوش غلظت نشان می‌دهد [۴].



شکل ۸- مقاومت بر حسب درصد غلظت دوده‌های مختلف برای آمیزه SBR و تأثیر آن‌ها در کاهش آستانه‌تراوش [۲]

پیش از خارج شدن از بحث رسانایی‌الکتریکی و بحث کردن در مورد افزودنی‌های رسانای گرما، جالب است که بدانید دوده‌های نوع ENASCo از آن دسته از افزودنی‌های رسانای الکتریکی هستند که قادر به افزایش رسانایی‌گرمایی آمیزه هم هستند. پس، قدرت رسانایی آمیزه NBR برپایه‌ی ENASCo با نوع دیگری از دوده مثل N472 در شرایط برابر در جدول ۳ (مقدار ۲۵ phr از افزودنی) و جدول ۴ (مقدار ۳۰ phr از افزودنی) آورده شده‌است [۴]:

جدول ۳- همان‌طور که در سطر مقاومت‌ویژه مشاهده می‌شود (Resistivity) مقاومت الکتریکی آمیزه ENASCo بیش از ۴ برابر از آمیزه N472 کمتر است! [۴]

	A	B
	Compound ENASCO® 250	Compound N-472
Bayprene 610 (CR)	100	100
Buna CB 10	2	2
MgO Powder	4	4
N-472		30
ENSACO® 250	30	
Vulkanox DDA	1.5	1.5
Vulkanox 4020	0.5	0.5
Ingralen 450	15	15
ZnO Powder	5	5
Rhenogran ETU-80	0.2	0.2
Stearic acid	0.5	0.5
	A	B
	Compound ENASCO® 250	Compound N-472
t90% (min)	11.46	11.37
Mooney ML (1+4) at 100° C	45.7	47.2
Vulcanizate data unaged at RT		
Shore A Hardness	70.9	72.2
Stress-strain		
Elongation at break (%)	339	311
Tensile Strength (MPa)	13.8	14.8
Modulus 100% (MPa)	3.9	4.6
Modulus 300% (MPa)	8.6	10.3
Modulus 500% (MPa)	12.6	14.4
Resistivity (Ohm.cm)	**79**	**360**
Tear Strength (N/mm)	32.4	31.8

دول ۴- همان‌طور که در سطر مقاومت‌ویژه مشاهده می‌شود، (Resistivity) مقاومت الکتریکی آمیزه ENASCo ۸ برابر از آمیزه N472 کمتر است! [۴]

	A	B
	Compound ENSACO® 250	Compound N-472
NBR NT 3945	100	100
ENSACO® 250	25	
N-472		25
N-550	40	40
ZnO	4	4
Stearic acid	0.5	0.5
DOP	30	30
Sulphur	0.4	0.4
Methyl Thuads	2	2
Amax	2	2
	A	B
	Compound ENSACO® 250	Compound N-472
Dispersion Rating DIK	86.8	85.8
t90% (min)	20.7	21.8
Mooney ML(1+4) at 100°C	62	64
Vulcanizate data unaged at RT		
Shore A hardness	62	64
Stress-strain		
Elongation at break (%)	676	540
Tensile Strength (MPa)	23.4	22.4
Modulus 50% (MPa)	1.2	1.4
Modulus 100% (MPa)	2.4	2.7
Modulus 300% (MPa)	9.2	11.5
Modulus 500% (MPa)	16.1	20.6
Compression Set 24h at 70°C (%)	18	19
Resistivity (Ohm.cm)	**100**	**800**

رسانایی گرمایی

سازوکار رسانایی گرمایی در اغلب مواقع با رسانایی الکتریکی در تشابه است. اما به صورت کلی، انتقال بارهای الکتریکی از طریق "الکترون-آزاد" در فلزات رخ می‌دهد و انتقال‌گرما به شیوه رسانشی (Conduction) در جامدات از طریق Phononها انجام می‌شود.

رسانایی گرمایی دوده‌ها هم وابسته به ساختار و اندازه آن‌ها است، دوده‌های ساختار بالا دارای رسانایی گرمایی بیش‌تری نسبت به دوده‌های ساختار پایین هستند؛ همچنین، در بیش‌تر مواقع دوده‌های با اندازه بزرگ موجب افزایش رسانایی‌گرمایی می‌شوند [۵]. البته همچنان تأثیر اندازه ذرات و مساحت‌سطح بر رسانایی‌گرمایی آمیزه به‌طور دقیق مشخص نیست و از قاعده کلی پیروی نمی‌کند [۸]. همان‌طور که در بخش رسانایی الکتریکی بحث شد، دوده‌های متخلخل دارای رسانایی الکتریکی زیادی هستند اما این نوع دوده‌ها به‌شکل عایق گرمایی رفتار کرده و رسانایی گرمایی را کاهش خواهند داد. در اینجا هم نحوه فرایندکاری و پراکنش دوده کاملاً بر رسانایی گرمایی نهایی ماده تأثیرگذار است:

- اگر مقدار افزودن دوده یا نحوه پراکنش آن در بستر لاستیک به‌گونه‌ای باشد که به نقطه "بیشینه تنگ‌چینی ذرات" یا φ_m نزدیک شویم (اندازه ذرات ریز باشد)، رسانایی گرمایی کاهش خواهد یافت [۵].

- اگر ذرات دوده دارای حفره و تخلخل باشند، رسانایی گرمایی آمیزه کاهش خواهد یافت [۶].

در بحث رسانایی گرمایی آمیزه‌های لاستیکی، به‌طورکلی دوده باعث افزایش رسانایی گرمایی آمیزه می‌شود (به‌غیر از برخی دوده‌های خاص مانند N660 و N134 آن هم در مقدار کم از غلظت)، اما مشخص نیست با افزایش رسانایی گرمایی، رسانایی الکتریکی و خواص مکانیکی آمیزه به چه سمت خواهد رفت؟

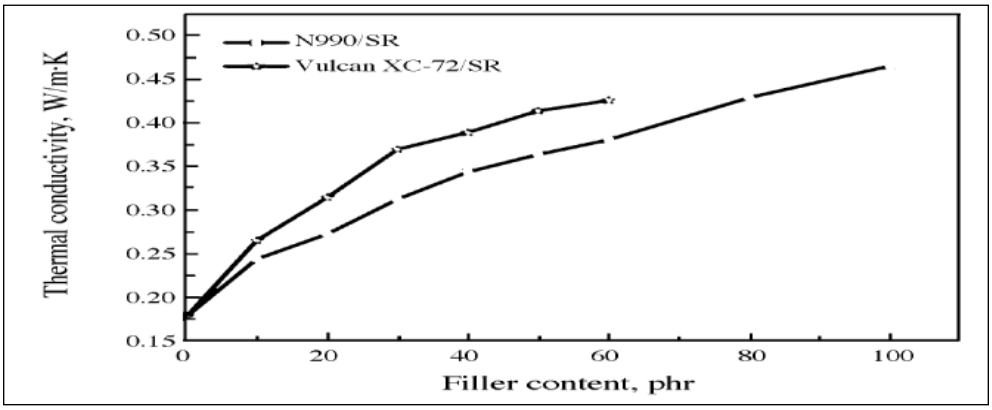
یک نمونه لاستیک SR را با دو نوع دوده متفاوت در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱؛ خواص گرمایی، الکتریکی و سختی آن موردبررسی قرار داده‌شده است [۷]. مطابق جدول ۵ که در آن خصوصیات ساختاری دو دوده با یکدیگر مقایسه شده‌است، واضح است که دوده‌های N990 و Vulcan XC-72 برای کاربردهایی که رسانایی گرمایی و الکتریکی بالا در لاستیک لازم است، بسیار مناسب هستند. از آن‌جا که دوده نوع Vulcan XC-72 نسبت به دوده نوع N990 از ساختار

بالاتری برخوردار است، انتظار می‌رود که از رسانایی الکتریکی و گرمایی بهتری برخوردار باشد و شکل‌های ۹ و ۱۱ که به‌طور کامل مشاهده می‌شود. همچنین، همان‌طور که در جدول ۶ خواص مکانیکی آن‌ها در بستر آمیزه پخت‌شده مشاهده می‌شود، این دو نوع دوده با حفظ خواص مکانیکی مطلوب توانسته‌اند، رسانایی الکتریکی-گرمایی را بهبود بخشند.

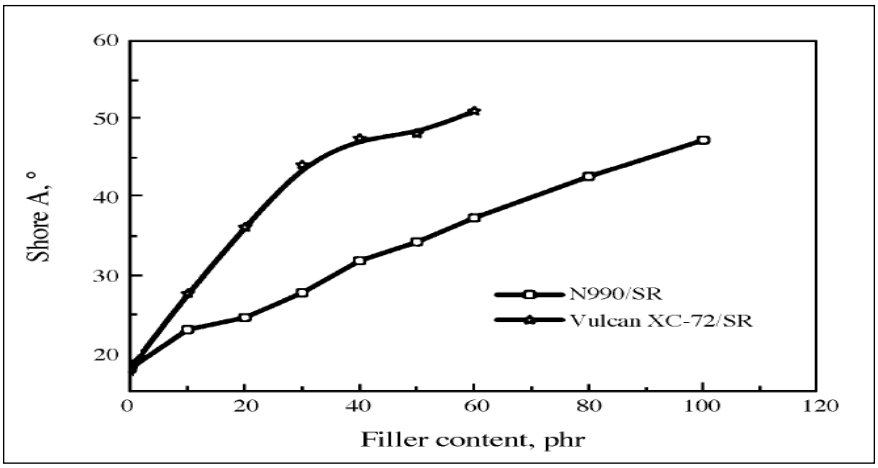
این مسئله بسیار حائز اهمیت است، به‌خصوص برای دوده نوع Vulcan XC-72، چرا که به‌اندازه 40phr از این دوده رسانایی گرمایی معادل 65phr از دوده N990 را برای آمیزه فراهم می‌کند. درحالی‌که مقدار تقویت‌کنندگی آن هم به‌شدت از N990 بهتر است که این موضوع در جدول ۶ و شکل ۱۰ مشهود است [۷].

جدول ۵- مقایسه خصوصیات ساختاری دو دوده [۷].

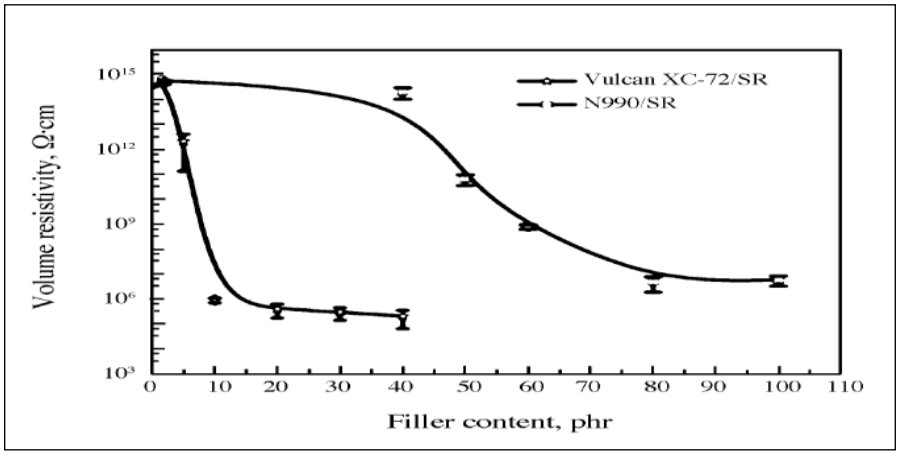
Type of carbon black	Particle size (nm)	Specific surface area (m^2/g)	DBP (ml/100 g)
N990	280	7~12	32~47
Vulcan XC-72	30	254	174



شکل ۹- افزایش میزان دو نوع دوده در لاستیک SR که باعث افزایش قابل‌توجه رسانایی گرمایی شده است [۷]



شکل ۱۰- سختی لاستیک سیلیکون بر برحسب میزان پرکننده [۷]



شکل ۱۱- مقاومت ویژه آمیزه سیلیکون بر برحسب میزان پرکننده [۷]

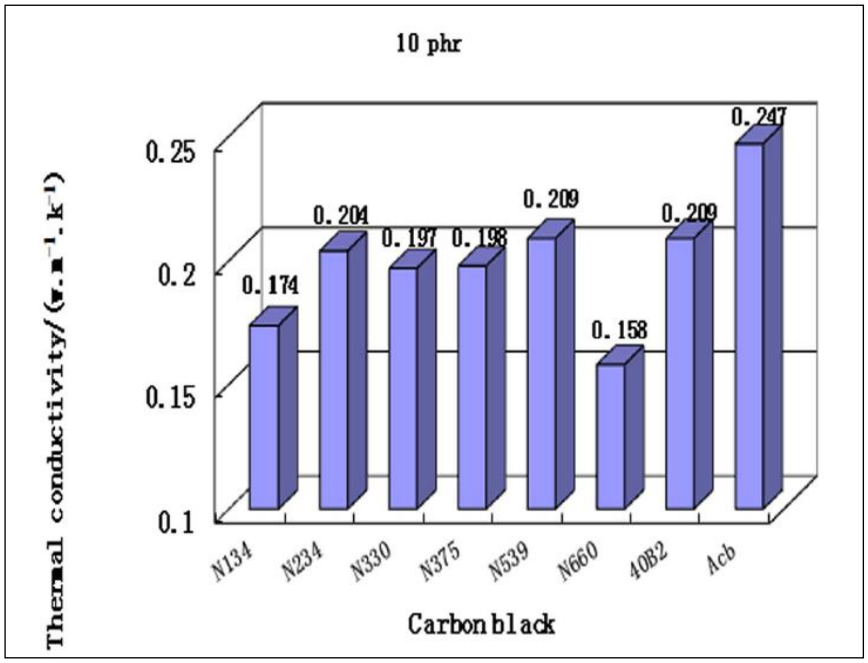
جدول ۶- خواص مکانیکی SR شامل (استحکام‌کششی، پارگی در درصد کشش) برپایه افزایش دو نوع دوده [۷]

Sample	Filler loading [phr]	Tensile strength [MPa]	Elongation at break [%]
Silicone rubber	0	0.2±0.05	56.8±6.5
N990/SR	10	0.42±0.04	89.7±8.3
	20	0.61±0.07	93.5±7.9
	30	0.82±0.08	124.5±10.6
	40	0.99±0.03	126.7±12.9
	50	1.49±0.14	130.2±7.6
	60	1.85±0.16	138.5±11.5
	80	2.39±0.18	150.3±14.2
	100	3.1±0.20	146.1±12.1
Vulcan XC-72/SR	10	1.44±0.11	222.8±14.7
	20	3.6±0.17	257.3±24.5
	30	5.37±0.65	323.6±23.1
	40	6.23±0.40	352.6±17.9
	50	5.85±0.32	336.5±25.6
	60	3.55±0.12	262.3±18.6

نمونه‌ی دیگری برای بررسی رسانایی گرمایی، آمیزه‌ی لاستیک طبیعی پرشده با استفاده از دوده‌های متنوع در جدول ۷ است [۸]. همان‌طور که مشخص است، حتی ممکن است در مقادیر کمی از دوده، رسانایی گرمایی کائوچو کاهش یابد! مانند دو نوع دوده‌ی N660 و N134 که به خاطر ویژگی سطحی و ذاتی‌شان استثناء هستند و برای کاربرد افزایش رسانایی گرمایی مناسب نیستند. همچنین، برخی دوده‌ها هم مانند N330 و N375 تأثیر خاصی نداشته و خنثی هستند. دیگر دوده‌ها تاحدی توانسته‌اند، رسانایی گرمایی کائوچو را بهبود ببخشند. همچنین، برای کاربردهایی از کائوچو که رسانایی گرمایی بسیار زیاد در آن‌ها لازم است طبق جدول ۷ بهترین انتخاب دوده نوع Acetylene است، زیرا در Phr ۴۰ از این نوع دوده رسانایی گرمایی تا اندازه ۲۰۰ درصد افزایش یافته است.

جدول ۷- بررسی افزایش درصد رسانایی گرمایی لاستیک طبیعی برحسب مقدار دوده‌های مختلف

phr / Δλ/% / Composite	10	20	40	50	70	80
N134	-12.1	10.1	38.4	51	88.9	90.4
N234	3	13.1	40.4	60.6	86.4	100
N330	-0.5	16.2	42.9	60.6	84.3	118.2
N375	0	12.1	41.9	52.5	72.7	99
N539	5.6	17.7	51	58.6	77.8	108.6
N660	-20.2	-7.6	16.2	25.3	43.4	49.5
40B2	5.6	7.6	41.9	74.2	109.1	130.8
Acetylene black	24.7	47.5	104	-	-	-



شکل ۱۲- برابر با رسانایی گرمایی لاستیک طبیعی بدون افزودن دوده است و مقدار آن برابر با است. مقدار رسانایی گرمایی لاستیک طبیعی در هر مقدار مشخص از دوده است [۸]

نتیجه‌گیری

اندازه ذرات، ساختار و یا تخلخل آن‌ها، نحوه اختلاط و فرایندپذیری هم بسیار بر رسانایی الکتریکی دوده تأثیر خواهد داشت. اگر ذرات دوده دارای حفره و تخلخل باشند، رسانایی گرمایی آمیزه کاهش خواهد یافت. بنابراین، دوده در کنار نقش اصلی‌اش برای تقویت‌کنندگی در صنعت لاستیک به‌منظور دستیابی به رسانایی الکتریکی یا گرمایی لازم نیز در آمیزه‌های لاستیکی استفاده می‌شود IRM

مراجع

1. Studebaker, M. L., Rubber, Chem., Technol., 30, 1401 (1957)
2. Probst, N. and Donnet, J.-B., Proc. Conf. Conducteurs Granulaires, Paris, Oct. 10, 1990
3. Nelson, J. R., presented at 16th Carbon Conf., ACS, San Diego,1983.
4. Carbon additives for polymer compounds, ENASCO conductive carbon black, Timcal, 2014
5. Mixing and Compounding of polymers, Ica Zloczower and Zahey Tadmor, Hanser 1994, page 562
6. Donner, J.-B., Voet, A., Carbon Black -- Physics,Chemistry and Elastomer Reinforcement, Dekker, New York (1976), p.117
7. Thermal Conductivity and Mechanical Properties of Carbon Black Filled Silicone Rubber, Jibin Wang, Qiuying Li, Chifei Wu, and Haiyan Xu. 2013
8. Contribution of Carbon Black to Thermal Conductivity of Natural Rubber, SONG Jun-pinga and MA Lian-xiangb Qingdao, University of Science and Technology, China, 2013
9. Effects of carbon black content and size on conductive properties of filled low-density polyethylene composites, Wiley, 2017

ماشین‌سازی در صنعت تایر

Machinery in the tire industry

چکیده:

در اغلب کشورهای توسعه‌یافته، شرکت‌های کوچک صنعتی با رسالت هدایت نقدینگی به سمت تولید و ایجاد اشتغال، نقش کلیدی در توسعه اقتصادی و صنعتی شدن کشور ایفا می‌کنند. طی سال‌های گذشته به همت کارشناسان صنعت تایر شرکت‌های ماشین‌سازی درزمینهٔ بومی‌سازی تجهیزات صنعت تایر فعالیت‌های سازنده‌ای را در ایران به انجام رسانده‌اند که از مهم‌ترین دستاوردهای آن‌ها تولید بیش از نیمی از دستگاه‌ها خط تولید تایر است. در این مقاله، مروری بر نتایج حاصل از عملکرد این شرکت‌ها خواهیم داشت.

واژه‌های کلیدی: ماشین‌سازي، تایر بایاس، دستگاه‌ها، تایرسازي.

نوع مقاله: مروری

امیرسعید صنعتکار
مدیرعامل شرکت نوین فناوران ندا، تهران، ایران

* **عهده دار مکاتبات:**
amirsanatkar@yahoo.com

مقدمه:

صنعت، تلفیقی از سرمایه و فناوری است. به نظر آنچه که در سال‌هاي متمادی ما را از قطار پیشرفت و توسعه‌جهانی پیاده ساخته، نوع نگاه‌مان به توسعه و تضاد ویژگی‌های فرهنگی‌مان برای تسهیل و ترویج تفکر صنعتگر است. جامعه‌ای که به تعبیری «جامعه کوتاه مدت» است، دارای این ضعف است. بدین معنی که در پرداختن به موضوعاتی که اثرات آن در بلندمدت آشکار می‌شود و تلاش‌های پیوسته بین نسلی را می‌طلبد، همواره فدای نگاه‌های روزمره و موضوعات کوچک و اضطرارها می‌شود و ایجاد هر صنعت و فرهنگ آن نیز از همین نوع موضوع‌هاي بلندمدت است. در اغلب کشورهای توسعه‌یافته بنگاه‌های کوچک به کمک توسعه‌صنعتی می‌آیند. بنگاه‌های کوچک و زودبازده رسالت مهمی در هدایت نقدینگی به سمت تولید

و ایجاد اشتغال دارند. یکی از کلیدی‌ترین دلایل عدم توسعه سرمایه‌داری و صنعتی شدن در ایران عدم توجه کافی به تقویت بنگاه‌های کوچک است تا بتواند جامعه را از دوقطبی شدن فقیر و غنی نجات دهد. این گروه از جامعه داراي مهارت‌های آموزشی و حرفه‌ای هستند و نقش کلیدی در ایجاد اشتغال دارند. این طبقه با پر کردن فاصله میان طبقات فقیر و غنی تنش‌های بین این دوطبقه و درنهایت جامعه را کم می‌کنند. درسال‌های گذشته در صنعت تایر هم بنگاه‌های کوچکی باهدف کمک به صنعت تایر و استفاده از ظرفیت کارشناسان این صنعت شکل گرفتند که متأسفانه اغلب این شرکت‌ها فعالیت‌هایی کوتاه مدت داشتند. در این مقاله مروری، بر نتایج حاصل از عملکرد این شرکت‌ها داریم.

اهم فعالیت‌های انجام‌شده در حوزه ماشین‌سازی صنعت تایر

از اواسط دهه هفتاد به همت و با دوراندیشی برخی از بزرگان صنعت تایر فعالیت‌های جدی برای ساخت ماشین‌های خط تولید تایر در کشور آغاز شد. شرکت‌های کیان‌آرا، ماشین‌سازان، تایرماشین، پاناپارس، مکانیکال، کاراگستر، رادسو، مشاع صنعت، دنا میلاد، تحقیقات جنوب، میثاق افزار و.... از جمله این شرکت‌ها بودند که از مهم‌ترین دست آوردهای آن‌ها ساخت دستگاه‌هاي بندسازی، تایرسازی و رنگزنی گرین تایر، میکسرهای آزمایشگاهی، پرس‌های پخت تیوب، پرس‌های پخت تایر و قالب‌های پخت بود، که بیشتر برای خط تولید تایرهای بایاس مناسب و بکار گرفته شدند.

طرح‌های توسعه و طرح‌های افزایش ظرفیت، فرصت‌هایی برای شرکت‌های ماشین‌سازی نو پا بود تا شکل بهتری بگیرند؛ اما به دلیل محدودیت و ظرفیت‌های پایین، تنوع زیاد دستگاه‌هاي و پیچیدگی‌های فنی آن‌ها، فقط شرکت‌هایی که محصولات تکرارپذیر و یا دارای دانش فنی ساخت با کمک یک شرکت خارجی بودند، ادامه حیات دادند.

تا اواخر دهه هفتاد بیش‌ترین امید به شرکت‌های ماشین‌سازی در حوزه تایر به شرکت ماشین‌سازان و کاراگستر بود که تعداد قابل‌توجهی پرس و قالب برای شرکت‌های مختلف در ایران ساختند و از امکانات قابل‌توجهی برخوردار بودند. با پایان دوران سازندگی و تغییر مدیریت‌ها در صنعت و کند شدن روند پروژه‌ها اغلب این شرکت‌ها فعالیت‌های خود را متوقف کردند.

در اوایل دهه هشتاد، شرکت ماشین‌سازان فعالیت‌های خود را تغییر داد و شرکت‌های نداپرداز و هنرگستر که درزمینه‌های دیگر صنعتی فعال بودند، فعالیت خود را در این حوزه به شکل جدی‌تری دنبال کردند.

شرکت نداپرداز بیشتر در حوزه ماشین‌های میانی مانند کاتر لایه نخی، اسلیتر، تایر ماشین‌های باری و وانتی بایاس، رنگ زنی گرین تایر، و شرکت هنرگستر در ساخت ماشین‌های تایرسازی دو مرحله‌ای اقدامات قابل‌توجهی داشتند. در اواخر دهه هشتاد، هم‌زمان با اتمام طرح توسعه ایران تایر در تولید تایرهای سواری و شروع پروژه بارز کردستان و با مساعدت مدیریت وقت شرکت ایران تایر، شرایط ساخت ماشین‌های کاتر لایه با اسپلایس اتوماتیک، رنگزنی اتوماتیک، بید اپکس، مینی اسلیتر، ماکسی اسلیتر و ماشین استیلاستیک با بهره‌گیری از اطلاعات ماشین‌های موجود در شرکت ایران تایر که به‌روز و از برندهای معتبر بودند، فراهم شد. پس از ساخت موفقیت‌آمیز این ماشین‌ها نمونه‌های مشابه در کارخانه‌ها دیگر ساخته و به تناسب، سفارش‌هاي جدید ارتقاء پیدا کردند. از طرفی، با حضور نمونه ماشین‌های تایرسازی با سطح اتوماسیون بیشتر و تقاضای کارخانه‌ها، ماشین‌های دو مرحله‌ای تولید داخل هم ارتقا کمی و کیفی مطلوبی از لحاظ سطح اتوماسیون پیدا کردند.

درسال‌های اخیر، بیشترین تلاش در جهت افزایش

کیفیت ماشین‌ها، باهدف پیوستگی عملکرد و توقف حداقل در سرویس، ظرفیت تولید بیش‌تر، محدودتر شدن دامنه تلرانس‌ها و افزایش دقت در تولید؛ بوده است.

وضعیت فنی ماشین‌های ساخت ایران و آینده پیش رو

۱) ماشین تایرسازی [۱]

ساخت ماشین‌های دو مرحله‌ای در کشور کمک قابل‌توجهی به افزایش ظرفیت کارخانه‌هاي داخلی با صرف سرمایه‌گذاری کمتر داشته است. ازآنجاکه تا چند سال گذشته اغلب تایرهای سواری تولیدی در حوزه سری سرعت پایین‌تر قرار داشت و تنوع سایز زیادی در کشور نبود، ماشین‌های تایرسازی ساخت داخل نیازهای کیفی و کمی تولیدکنندگان را برآورده می‌کرد؛ اما درسال‌های اخیر، با حضور خودروسازان جدید و تنوع بیشتر خودروها و افزایش سطح استانداردهای موردنیاز خودروسازان، از جمله شاخص‌های بالانسی تایر، افزایش سطح اتوماسیون ماشین‌های تایرسازی، امری ضروری بود، که اقدامات قابل‌توجهی در این راستا انجام شد. مهم‌ترین نیاز در این حوزه، با توجه به کیفیت مطلوب‌تر محصول ماشین‌های تایرسازی تک مرحله‌ای نسبت به ماشین‌های دو مرحله‌ای، طراحی و ساخت ماشین تایرسازی یک مرحله‌ای در کشور است، که با توجه به حساسیت و سرمایه موردنیاز برای ساخت این ماشین، کمک‌های بالادستی در کنار ایجاد فرصت و اعتماد تایرسازان ضروری است.

۲) ماشین رنگ زنی [۲]

ماشین رنگ‌زنی اتوماتیک ساخت داخل به‌تقریب تمامی قابلیت‌های یک ماشین استاندارد در سطح بین‌المللی را دارا است. با توجه به قرارگیری این ماشین بین سالن ساخت تایر و سالن پخت، و از طرفی مکانیزه شدن سیستم‌های انتقال گرین تایر به صورت اتوماتیک، در برخی از کارخانه‌هاي مهم دنیا در سیستم‌های جدید از ربات‌های رنگ زن بجای دستگاه رنگ زنی استفاده می‌شود. مهم‌ترین تغییرات موردنیاز ماشین رنگ زنی موجود در کشور، ایجاد قابلیت برای هماهنگی با خطوط انتقال اتوماتیک گرین تایر است.

۳) ماشین برش لایه [۳]

ماشین برش لایه نخی با اسپلایس اتوماتیک از نمونه خارجی الگوبرداری شده و مهم‌ترین تغییرات موردنیاز آن در جهت پیوستگی بیشتر سرویس با افزایش دقت و افزایش طول عمر تیغه است.

۴) ماشین اسلیتر [۴]

ماشین‌های ساخته‌شده در شرکت‌های مختلف عملکرد مناسبی دارند و در ماشین‌های روز دنیا نیز اساس کار این ماشین‌ها تغییرات زیادی نداشته است. در ماشین اسلیتر بیش‌ترین تغییرات در سیستم برش موسوم به برش شناور است. این سیستم کمک شایانی به جلوگیری از برش نخ در حین برش نوار می‌کند. تحقق این امر وابستگی قابل‌توجهی به کیفیت کلندر لایه دارد.

۵) ماشین بید اپکس [۵]

ماشین بید اپکس ساخت داخل نمونه‌اي از شرکت VMI است، که از لحاظ کیفی وضعیت مناسبی دارد. مهم‌ترین تغییرات موردنیاز آن در آینده افزودن سیستم گذاشت و برداشت اتوماتیک است که در صورت مطلوب بودن کیفیت بید، ظرفیت ماشین را به مقدار ۲۰٪ افزایش می‌دهد.

۶) سیستم‌های جمع‌آوری ترد و سایدوال [۶]

درسال‌های گذشته با افزایش دقت موردنیاز برای بالانس تایرها، سیستم‌های پری‌کات در ماشین‌های تایرسازی بکار

1. Tire Building Machine 2. Painting Machine 3. Cutting Machine 4. Slitter Machine 5. Bead Apex Machine
6. Tread Winding System

گرفته‌شده است، که برای تأمین مواد آن ضروري‌است تا نسبت به نصب سیستم جمع‌آوري ترد و سایدوال اقدام شود. خوشبختانه در طی سال‌های گذشته سیستم مذکور روي اغلب خطوط اکسترودر نصب و راه‌اندازی شده است. در حال حاضر، دانش کنترل خط کولینگ، پروفایل‌های ترد و سایدوال بومی شده است.

توسعه ماشین‌سازی در گرو توسعه صنعت تایر

در گردش یک اقتصاد و در شناسایی حلقه‌های متفاوت زنجیره ارزش یک فرایند تولیدی، تولید و تجارت همواره مکمل یکدیگرند. تفاوت آشکار ظرفیت بیشتر تجارت در مقایسه با تولید، پیامی است که در فرهنگ اقتصادی در کشور در ۵۰ سال گذشته نهادینه شده است. به این شکل که سرمایه‌گذاری از منظر سرمایه‌گذار، حقی برای او نسبت به دولت و جامعه به وجود می‌آورد؛ زیرا سرمایه‌گذار با تبدیل ثروت خود به تجهیزات و دستگاه‌ها که از پایین‌ترین قدرت نقدشوندگی در مقایسه با سایر دارایی‌ها برخوردار است، ریسک قابل توجه‌ای را پذیرا می‌شود. از سوی دیگر، در جامعه اشتغال به وجود می‌آورد و در قالب مالیات و عوارض متعدد هزینه‌های دولت را تأمین می‌کند؛ پس طبیعی است که چنین فعالیتی باید بیشتر موردتوجه و حمایت دولت قرار گیرد.

مشکل از آنجایی آغاز می‌شود که دولت با عملکرد غلط خود محیط کسب‌وکار را برای سرمایه‌گذاری و سودآوری تولید، نامناسب می‌کند. در چنین شرایطی تجارت به دلیل ظرفیت نقدشوندگی بالاتر، موردتوجه بیشتر قراردارد.

برای توسعه بخش ماشین‌سازی صنعت تایر همچون سایر صنایع دو بخش تأثیرگذار داریم؛

۱- سرمایه

۲- نیروی انسانی

متأسفانه در شرایط فعلی کارشناسان توانمند تمایل بیشتری به مهاجرت دارند و سرمایه‌گذاران هم سرمایه‌های خود را در محلی خارج از صنعت بکار می‌گیرند. ناامیدی از اصلاح امور و عدم وجود تصویری شفاف از آینده به این مشکلات دامن میزند. امید به آینده نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ هر دو مورد دارد. وظیفه اخلاقی همه ماست که چراغ امید را به‌خصوص در دل جوانان روشن نگاه داریم. در بخش سرمایه‌گذاری ما نیاز به ایجاد تصویر مثبت و قدرت پیش‌بینی از آینده داریم؛ این کار نیاز به سیاست‌گذاری واحد و هوشمندانه دارد. ایجاد یک انجمن صنفی مستقل برای ماشین‌سازان در این حوزه باهدف نقش‌آفرینی بیش‌تر و تعیین کننده‌تر در حوزه تصمیم‌سازی، به‌خصوص سیاست‌های بالادستی مرتبط با این بخش در صنعت تایر، کمک قابل‌توجهی به رشد شرکت‌های نو پا و علاقه‌مند به سرمایه‌گذاری در این حوزه ایجاد می‌کند. تلاش‌ها و ارتباطات جداگانه به قدر کافی راهگشا نیست. همکاری شرکت تحقیقات و اعتماد به این مجموعه در مسیر هم‌گرایي، با هدف تقویت حرکت‌های نوآورانه، اصلاحات فنی و تحقیقات موردنیاز، به‌جاي انجام آن‌ها به صورت جزیره‌ای و با هزینه بیشتر در هر شرکت، در رشد کیفی سازندگان دستگاه‌ها در این حوزه کمک شایانی می‌کند. درون‌زایی با مفهوم استفاده از تمامی ظرفیت‌های ارزش آفرین و توانمندی‌های موجود در صنعت تایر مهم‌ترین اقدام است. توجه داشته باشید درون‌زایی به معنای بریدن از الگوهای مفید جهانی نیست و می‌تواند شامل تعاملات دو سویه با سایر کشورها و بهره‌مندی از تجربیات دیگران باشد.

برخی از مهم‌ترین نتایج هم‌گرایی شرکت‌ها در این راستا، افزایش اعتمادبه‌نفس کارشناسان جوان و حضور گسترده و فراگیر همه کارشناسان در صحنه است. به‌طور مثال،

مساعدت در الگوبرداری دستگاه‌ها در شرکت ایران تایر در یک مقطع، سایر شرکت‌ها را نیز بهره‌مند کرد.

نتیجه‌گیری

در سیاست‌گذاری‌ها با رویکرد ملی نقش مدیران بسیار تعیین‌کننده و گره‌گشایی خواهد بود. از این رو، دستیابی به تحولات مثبت، توسعه و فراگیری یک اندیشه سالم، مستلزم تحول و همسویی درنگرش مدیران این حوزه است. برای توسعه این بخش از صنعت تایر، هم استراتژی واحد نیاز است و هم مجری توانمند. عدم به‌کارگیری ظرفیت‌ها و نداشتن استراتژی مشخص از جمله چالش‌های جدی است که در صورت مرتفع نشدن آن‌ها بیش از پیش صنعت تایر در این بخش از رقابت با سایر کشورهای آسیایی و منطقه‌ای باز می‌ماند. به امید روزهای روشن‌تر برای صنعت تایر ایران‌زمین IRM

مراجع

1. www.karagostar.com
2. www.nfneg.com
3. www.honargostarazar.com
4. www.nedapardaz.com

علمی- فنی

افزودنی‌های شیمیایی صنعت لاستیک و توانمندی‌های تولید داخل

Rubber industry chemical additives and manufacturing capabilities

چکیده:

امروزه مصنوعات لاستیکی از جایگاه ویژه‌ای در زندگی بشر برخوردار هستند. افزودنی‌های شیمیایی از اجزاء مهم فرمولاسیون آمیخته‌های لاستیکی به‌حساب می‌آیند که موجب بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و افزایش کارایی محصول می‌شوند. در این پژوهش، با مطالعه و بررسی خصوصیات تعدادی از افزودنی‌های شیمیایی مهم صنایع لاستیک، توانمندی‌ها و ضرورت تولید داخلی آن‌ها معرفی‌شده است.

واژه‌های کلیدی: صنایع لاستیک، افزودنی‌های شیمیایی، پرکننده‌ها، عوامل پخت، نرم‌کننده‌ها، آنتی‌اکسیدانت‌ها.

نوع مقاله: مروری

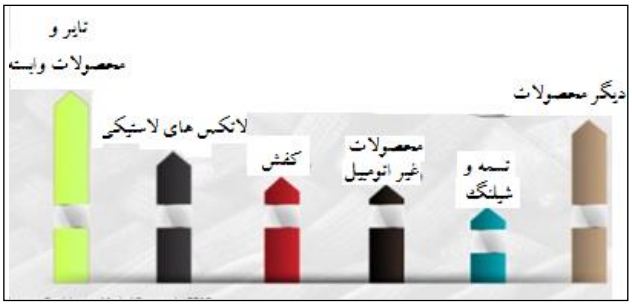
سید مهرداد جلیلیان
استادیار پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ایران
*** عهده‌دار مکاتبات:**
m.djalilian@ippi.ac.ir

مقدمه

الاستومرها یا لاستیک‌ها خانواده بزرگی از بسپارهای بی‌شکل هستند که به‌دلیل خواص ارتجاعی بالا و مدول پایین در تولید انواع تایر، کفش، تسمه و نوار نقاله، روکش کابل و سیم و همچنین، در صنایع مختلف شیمیایی و پتروشیمیایی کاربردهای فراوانی دارند. در شکل ۱ مقایسه مصرف هرکدام از این مصنوعات نشان داده‌شده است. تایر و لاتکس‌های لاستیکی نسبت به سایر محصولات دارای سهم مصرف بالاتری هستند

اهمیت روزافزون لاستیک‌ها باعث رشد تولید و مصرف آن‌ها در جهان شده است. در جدول ۱ میزان رشد مصرف دو لاستیک سنتزی (SBR) و طبیعی (NR) را در ۱۸ سال اخیر نشان می‌دهد. مجموع مصرف لاستیک سنتزی و طبیعی در سال‌های اولیه رشدی در

حدود ۵ درصد و در سال‌های اخیر، این رشد به ۳ درصد کاهش‌یافته که می‌تواند به‌دلیل به‌کارگیری دیگر الاستومرها در کاربردهای تخصصی‌تر باشد.

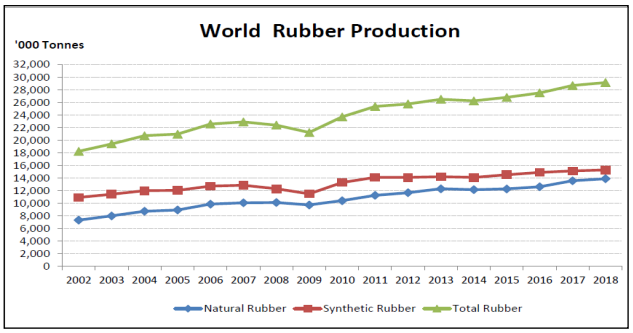


شکل ۱- مقایسه مصنوعات لاستیکی

جدول ۱- مصرف لاستیک طبیعی و سنتزی از سال ۲۰۰۱

Year	Rubber Consumption ('000 tonnes)		
	Natural Rubber	Synthetic Rubber	Total Rubber
2001	7,039	10,253	17,292
2002	7,515	10,679	18,194
2003	7,797	11,177	18,973
2004	8,562	11,693	20,255
2005	9,049	11,731	20,780
2006	9,513	12,434	21,947
2007	10,138	12,576	22,714
2008	10,187	12,173	22,360
2009	9,289	11,228	20,517
2010	10,759	13,225	23,983
2011	11,034	13,856	24,889
2012	11,046	13,964	25,009
2013	11,430	14,148	25,578
2014	12,181	14,159	26,340
2015	12,134	14,663	26,796
2016	12,670	14,876	27,547
2017	13,203	15,234	28,437
2018	13,813	15,342	29,156

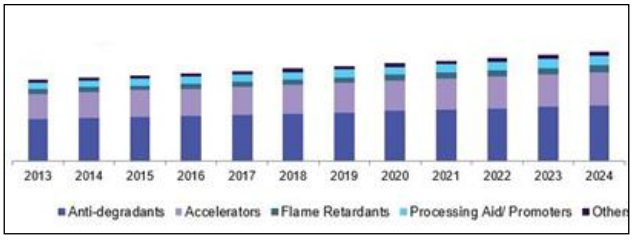
از طرف دیگر، به‌دنبال کاربردهای متنوع مصنوعات لاستیکی، تولید نیز در همین راستا افزایش‌یافته است. در شکل ۲ روند رشد تولید لاستیک از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ نشان داده‌شده است. مقدار تولید لاستیک طبیعی در سال ۲۰۱۸ برابر با ۱۴ میلیون تن و لاستیک سنتزی ۱۵ میلیون تن بوده است که نسبت به سال ۲۰۱۷ رشدی برابر ۴٫۶ درصد داشته است. قاره آسیا قطب اصلی تولید لاستیک طبیعی است و سه کشور اندونزی، مالزی و تایلند در حدود ۷۰ درصد سهم تولید لاستیک طبیعی را در جهان دارا هستند



شکل ۲- روند رشد تولید لاستیک در سال‌های اخیر

افزودنی‌های شیمیایی (Chemicaladditives)

با افزایش تولید و مصرف لاستیک‌ها، نیاز به به‌کارگیری افزودنی‌های شیمیایی در فرمولاسیون تولید فراورده‌های لاستیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مواد به‌منظور افزایش خواص فیزیکی، مکانیکی و بهبود کارایی و کیفیت لاستیک در حین فرایند تولید بکار گرفته می‌شوند. آنتی‌اکسیدانت‌ها، شتاب‌دهنده‌ها، روغن‌ها، پرکننده‌ها و عوامل پخت از افزودنی‌های شیمیایی هستند که در اکثریت ترکیبات لاستیکی بکار گرفته می‌شوند. در شکل ۳ سهم بازار هرکدام از این مواد نشان داده‌شده است.



شکل ۳- سهم بازار افزودنی‌های شیمیایی در سال‌های اخیر

از متداول‌ترین افزودنی‌های شیمیایی آنتی‌اکسیدانت‌ها،

شتاب‌دهنده‌ها و عوامل شبکه‌ای کننده هستند. در سال ۲۰۱۸ سهم بازار آنتی‌اکسیدانت‌ها برابر با ۴۱٫۶ درصد، شتاب‌دهنده‌ها ۳۶٫۸ درصد و سولفور برابر با ۷٫۹ درصد است. پیش‌بینی می‌شود که درآمد طرح‌های تحقیقاتی در خصوص افزودنی‌های شیمیایی با رشدی برابر با ۵٫۶ از ۴۵۷۰ در سال ۲۰۱۷ به ۶۳۵۰ میلیون دلار در سال ۲۰۲۳ خواهد رسید.

در ادامه، با توجه به اهمیت و کاربرد فراوان افزودنی‌های شیمیایی صنعت لاستیک به‌طور اختصار به معرفی تعدادی از آن‌ها خواهیم پرداخت.

پرکننده‌ها (Fillers)

یکی از اجزاء اساسی در فرمولاسیون تایر و قطعات لاستیک‌های مهندسی پرکننده‌ها هستند. پرکننده‌ها با قرارگیری در بین زنجیره‌های پلیمری لاستیک باعث تقویت و استحکام قطعه می‌شوند. همچنین، به‌کارگیری این مواد به‌دلیل قیمت پایین آن‌ها موجب کاهش هزینه تمام‌شده آمیخته می‌شود. در این خصوص، پارامترهایی مانند اندازه و شکل ذرات، سطح ویژه، میزان جذب روغن و ساختار پرکننده را بایستی در انتخاب صحیح آن مدنظر قرارداد تا تعادلی بین خواص تقویت‌شده قطعه تولیدی مانند استحکام کششی، مقاومت سایشی و قیمت نهایی آن ایجاد شود.

دوده (Carbon black) از پرکننده‌های مهمی است که در بهبود استحکام قطعه تأثیر زیادی دارد و در بعضی از موارد تا ۳۰٪ در فرمولاسیون ترکیبات بکار می‌رود. دوده فرم کلوئیدی کربن است که با وجود پارامترهای مذکور خواص آن به شیمی سطح و حالت تراکم اولیه ذرات کربن بستگی دارد. دوده از پرکننده‌هایی است که باعث سیاهی رنگ ترکیب‌شده و ناخالصی‌هایی مانند رطوبت، خاکستر، گوگرد که در فرایند تولید آن ایجاد می‌شود، بر ویژگی‌های دوده مؤثر است.

طیف وسیعی از پرکننده‌های سفید یا رنگی در فرمولاسیون لاستیک بکار می‌رود. همان‌گونه که گفته شد، اندازه ذرات پرکننده‌ها بر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیخته تأثیر مستقیمی دارد. ذرات کوچک‌تر سبب افزایش خواص فیزیکی و مکانیکی می‌شوند ولی در مقابل هزینه به‌کارگیری آن‌ها بالا است. از طرف دیگر، ذرات پراکنده هرچه غیر کروی‌تر باشد، مانند تالک و کائولن، مدول بهتری را ایجاد می‌کند. درصد به‌کارگیری یکسان پرکننده‌هایی با ذرات ریز و توزیع اندازه ذرات پهن نسبت به ذراتی با توزیع باریک‌تر پرکنندگی بهتر و گرانروی پایین‌تری را باعث می‌شود. پرکننده‌ها به دو دسته معدنی و سنتزی طبقه‌بندی می‌شوند. کربنات کلسیم، باریت، سیلیکا، کائولین، تالک و آلومینا از پرکننده‌های معدنی و کربنات سیلیکا رسوبی، اکسیدهای فلزی، سیلیکا رسوبی و سیلیکات‌های بی‌شکل از نوع سنتزی هستند.

روغن‌ها (Process oil)

روغن‌ها به‌منظور کاهش گرانروی و بهبود فرایند تولید مورد مصرف قرار می‌گیرند. این روغن‌ها، از فرایند تقطیر نفت خام و پس از جداسازی ترکیبات سبک‌تر در سه دسته آروماتیک، نفتنیک و پارافینیک به‌دست می‌آیند. به‌کارگیری روغن‌های فرایندی باعث کاهش مدول و مقاومت کششی و سایشی محصول نهایی می‌شود. همچنین، در فرمولاسیون‌هایی که دوده بکار می‌رود، به‌دلیل نقش متفاوت روغن‌ها مصرف صحیح آن‌ها سبب تعادل خواص نهایی می‌شود. از طرف دیگر، به‌دلیل قیمت پایین‌تر روغن‌ها نسبت به دوده و بسپارها کاهش قیمت قطعه را موجب می‌شوند.

نرم‌کننده‌ها(Plasticizers)

نرم‌کننده‌های استری سنتزی به‌طور وسیع در صنایع لاستیک به‌منظور بهبود خواص فیزیکی و انعطاف‌پذیری

لاستیک‌ها بکار می‌روند. به‌دلیل وجود پیوند کربن و اکسیژن در ساختار شیمیایی و قطبیت بالا، به‌کارگیری این استرها در الاستومرهای قطبی توصیه‌شده است. با افزایش طول زنجیره کربنی در ساختمان این استرها، از قطبیت آن‌ها کاهش می‌یابد و امکان استفاده از این ترکیبات در الاستومرهایی با قطبیت کمتر بیشتر می‌شود. از آن‌جایی‌که روش سنتز این ترکیبات از واکنش استریفیکاسیون اسید و الکل‌های آلی است. بنابراین، تغییر بنیان هرکدام از این واکنشگرها، طیف وسیعی از استرها حاصل می‌شود. استرهایی بر پایه فتالات‌ها، آدیبات‌ها، سباسات‌ها، فسفات‌ها، گلیکول‌ها و روغن‌های اپوکسیدی به‌وفور در صنعت لاستیک مورد مصرف قرار می‌گیرند. در جدول ۲ تعدادی از این نرم‌کننده‌ها نشان داده‌شده است.

سامانه‌های پخت (Curing systems)

پخت و یا ولکانیزاسیون (Vulcanization) یک فرایند شیمیایی

جدول ۲- نرم‌کننده‌های صنایع لاستیک

Adipates	
DBEA	dibutoxyethyl adipate
DBEEA	dibutoxyethoxyethyl adipate
DNODA	di(normal C8C10) adipate
DOA	dioctyl (2-ethylhexyl) adipate
7006	alkyl alkylether diester adipate
DIDA	diisodecyl adipate
DINA	diisononyl adipate
97A	C9C7 adipate
Epoxies	
ESO	epoxidized soyabean oil
G-60	epoxidized soyabean oil
G-62	epoxidized soyabean oil
7170	epoxidized soyabean oil
IOES	isooctyl epoxy stearate
OET	octyl (2-ethylhexyl) epoxy tallate
6.8	epoxidized soyabean oil
10.4	epoxidized linseed oil
EpGdO	epoxidized glycerol dioleate
Glycol Diesters	
TeEGEH	tetraethylene glycol di-2-ethylhexoate
TrEGCC	triethylene glycol caprate caprylate
TrEGEH	triethylene glycol di-2-ethylhexoate
PGd2EH	polyethylene glycol di-2-ethylhexoate
Phosphates	
EHdPF	2-ethyl hexyl diphenyl phosphate
IDdPF	isodecyl diphenyl phosphate
TrAF	triaryl phosphate
Phthalates	
BBP	butylbenzyl phthalate
C7C11P	dinormal 7,9,11 carbon phthalate
DBP	dibutyl phthalate
DIDP	diisodecyl phthalate
DOP	dioctyl (2-ethylhexyl) phthalate
DUP	diundecyl phthalate
DINP	diisononyl phthalate
DIOP	diisooctyl phthalate
DN711P	dinormal 7,9,11 phthalate
DOTP	dioctyl terephthalate
DTDP	ditridecyl phthalate

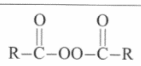
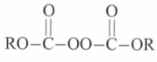
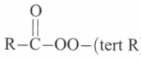
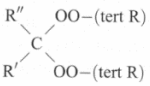
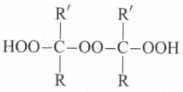
Polymerics	
25P	polymeric sebacate, 200,000 cps viscosity
300P	polymeric, 3,300 cps viscosity
315P	polymerics, 7.5K cps viscosity
325P	polymerics, 5.3K cps viscosity
330P	polymeric, 5.8K cps viscosity
7035P	polymeric glutarate, 11K cps viscosity
7046P	polymeric glutarate, 12K cps viscosity
7092P	polymeric glutarate, 24K cps viscosity
P-670	adipate polymeric, low viscosity
P-675	adipate polymeric, low viscosity
P-7068	phthalate polymeric, low viscosity
Sebacates	
83SS	dibutoxyethoxyethyl substitute sebacate
DBES	dibutoxy ethyl sebacate
DBS	dibutyl sebacate
DOS	dioctyl (2-ethylhexyl) sebacate
Trimellitates	
TIDTM	tri-isodecyl trimellitate
TNODTM	tri-n-octyl n-decyl trimellitate
TOTM	trioctyl (2-ethyhexyl) trimellitate
uTM	unidentified trimellitate
LTM	linear (mixed normal alcohol) trimellitate
TINTM	tri-isononyl trimellitate
TIOTM	tri-isooctyl trimellitate

است که برای کاهش اثرات حرارت، سرما، حلال‌ها و ایجاد خواص مکانیکی مطلوب بر لاستیک خام انجام می‌شود. انجام این فرایند سبب تشکیل پیوند عرضی در بین زنجیره‌های پلیمری و ایجاد شبکه سه‌بعدی در ساختار لاستیک می‌شود. ترکیباتی مانند گوگرد، پراکسایدها و رزین‌های آلی به‌همراه حرارت در فرایند مشبک کردن بکار می‌رود. پارامترهایی مانند دما و زمان پخت، ساختار الاستومر، درصد پیوندهای غیراشباع، نوع سامانه پخت و فرمولاسیون پخت بر خواص نهایی قطعه مؤثر هستند. فعال‌کننده‌ها (Activators) موادی معدنی یا آلی هستند که به‌منظور افزایش و بهبود سرعت پخت در فرمولاسیون بکار می‌روند. ترکیباتی مانند روی اکسید و اسیدهای چرب مانند اسید استئاریک از فعال‌کننده‌های رایج در سامانه پخت گوگردی هستند. البته قابل‌ذکر است در غیاب شتاب‌دهنده‌ها، فعال‌کننده‌ها نمی‌توانند تأثیر زیادی در افزایش چگالی اتصالات عرضی داشته باشند. به‌کارگیری شتاب‌دهنده‌ها (Accelerators) در فرمولاسیون ترکیب سبب افزایش سرعت پخت بهبود مدول و تأخیر در پدیده نیم‌سوز می‌شود. این ترکیبات بر پایه مشتقات تیازول (Thiazoles) مانند مرکاپتو بنزو تیازول (MBT) و سولفونامیدها که حاصل واکنش تیازول و آمین است، هستند. پرواکسایدها از ترکیبات آلی هستند که در اثر حرارت با تشکیل رادیکال آزاد و واکنش با پیوندهای غیراشباع الاستومر می‌توانند اتصالات عرضی را تشکیل و سبب شبکه‌ای شدن ترکیب می‌شوند. هفت خانواده اصلی پروکسایدها عبارت‌اند از:

دی‌آسیل‌پروکساید، پروکسی دی‌کربنات، پروکسی‌استر، پروکسی‌کتال، دی‌آلکیل پروکساید، هیدروپروکساید و کتون پروکساید که ساختار و نیم‌عمر آن‌ها در جدول ۳ نشان داده‌شده است. البته کتون‌پروکسایدها و پروکسی‌کربنات‌ها به‌دلیل شرایط نگهداری و ضرورت به‌کارگیری سامانه‌های اکسایش و کاهش بندرت در پخت الاستومرها بکار می‌روند.

انتخاب پروکسید مناسب برای شبکه‌ای کردن ترکیب به پارامترهایی مانند حداقل زمان پخت، نیم‌عمر پروکساید، حداقل دمای انبارداری، دمای تخریب و انرژی لازم برای ایجاد رادیکال آزاد بستگی دارد.

جدول ۳- طبقه‌بندی پروکسایدها

Organic peroxide class	Structure	10 h half-life
Diacyl peroxides		21–75 °C
Peroxydicarbonates		49–51 °C
t-Alkyl peroxyesters		38–107 °C
Peroxyketals		92–112 °C
Dialkyl peroxides	(tert R′)–OO–(tert R″)	115–131 °C
tert-Alkyl hydroperoxides	(tert R)–OOH	Not applicable
Ketone peroxides		Not applicable

رزین‌ها (Resins)

یکی از مواد اولیه پرکاربرد در فرمولاسیون الاستومرها رزین‌ها هستند. به‌کارگیری رزین‌ها می‌تواند اهدافی مانند بهبود چسبندگی، پخت و استحکام را در برداشته باشد. در جدول ۴ تعدادی از رزین‌های پرمصرف یاد شده است.

جدول ۴- رزین‌ها و عملکرد آن‌ها

Curing resins	Reinforcing resins	Tackifying resins
a. Phenol-formaldehyde resol type	a. Phenol-formaldehyde novolak type b. High styrene resins c. Methylene donors d. Resorcinol e. Resorcinol-formaldehyde f. Poly-butadiene resins g. Styrene-acrylonitrile h. Poly-vinyl-chloride resins	a. Phenol-formaldehyde novolak type b. Hydrocarbon c. Rosin derivatives d. Phenol-acetylene condensation e. Terpene derivatives f. Cumarone Indene g. Tall oil derivatives

رزین‌های فنلی به دو صورت رزول و نووالاک بسته به ساختار و خصوصیات خود می‌توانند هر سه اثر پخت،

تقویت‌کنندگی و چسبندگی را در فرمولاسیون الاستومر داشته باشند. رزین‌های استایرن- بوتادی ان با درصد استایرن بالای ۵۰ درصد با توجه به کارایی خود دارای توجیه اقتصادی مطلوبی هستند.

بازدارنده‌ها (Retarders)

بازدارنده‌ها موادی هستند که به‌منظور کنترل برشتگی آمیخته در الاستومرهایی که با استفاده از سولفور پخت می‌شوند، مورداستفاده قرار می‌گیرند. سالیسیلیک اسید، بنزوئیک اسید، انیدرید فتالیک، از بازدارنده‌هایی هستند که در سامانه پخت تیازول‌ها بکار می‌روند. البته این مواد در سامانه‌های پخت سولفونامیدها مؤثر نیستند و فقط نقش یک فعال‌کننده را ایفاء می‌کنند.

آنتی‌اکسیدانت‌ها (Antioxidants)

الاستومرهای غیراشباع مانند لاستیک طبیعی (NR) و سنتزی (SBR) لاستیک‌های بوتادی ان (BR) و نئوپرن (CR) تحت تأثیر نور، حرارت، اکسیژن، اوزون (Ozone)، فلزات سنگین مانند مس و منگنز، خستگی دینامیکی و دیگر عوامل محیطی و فرایندی تخریب می‌شوند. اثرات تخریب این ترکیبات در اثر هریک از عوامل بالا می‌تواند متفاوت باشد. شکست زنجیره پلیمری و کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی، ازدیاد طول، سختی می‌تواند در اثر پدیده اکسیداسیون باشد که عواملی مانند حرارت، فلزات سنگین و نور این مسئله را تسریع می‌کنند. اوزون با ایجاد رادیکال‌های آزاد باعث ایجاد ترک‌های سطحی و در بعضی موارد سبب شبکه‌ای شدن آمیخته می‌شود. به‌منظور پیشگیری از هرکدام از این پدیده‌ها به‌کارگیری آنتی‌اکسیدانت‌ها و آنتی‌ازونانت‌ها در فرمولاسیون ترکیبات ضروری است. آنتی‌اکسیدانت‌ها از فرایند اکسایش با اکسیژن و آنتی ازونانت‌ها از زوال آمیخته در اثر حمله اوزون جلوگیری می‌کنند.

پارامترهای زیر در انتخاب انواع مختلف آنتی‌اکسیدانت‌ها و آنتی ازونانت‌ها مهم است:

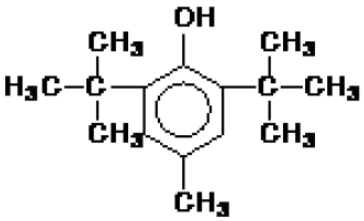
- نوع الاستومر
- کاربرد نهایی
- مدت‌زمان سرویس‌دهی
- رنگ آمیخته
- سامانه پخت
- عوامل محیطی
- قیمت

همچنین، ویژگی مانند لکه‌زایی، فراریت، حلالیت، مهاجرت، پایداری شیمیایی، فرم فیزیکی و درصد به‌کارگیری از پارامترهای دیگر انتخاب این مواد هستند.

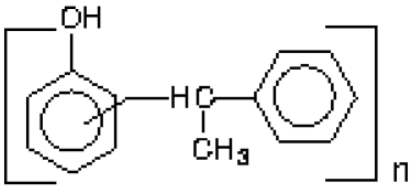
الویت اول در انتخاب این مواد برای به‌کارگیری درآمیخته غیرلکه‌زا (Non-staining) و لکه‌زایی (Staining) بودن آن‌ها است. آنتی‌اکسیدانت‌های غیرلکه‌زا به شش دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند:

- فنل‌های با ممانعت فضایی
- به یس فنل‌های با ممانعت فضایی
- هیدروکینون‌ها
- ترکیبات آلی سولفوردار
- فسفیت‌ها
- ترکیبات نیتروکسی و آمین‌های ممانعت شده

مشتقات فنل و بیس‌فنل‌ها با گروه‌های حجیم به خصوص در ناحیه ارتو حلقه آروماتیک، آنتی‌اکسیدانت‌هایی را با دامنه محافظت‌کنندگی متوسط و قیمت مناسب را ایجاد می‌کنند. این آنتی‌اکسیدانت‌ها نسبت سایر آنتی‌اکسیدانت‌ها دارای فراریت بیشتری هستند. BHT و SPH از آنتی‌اکسیدانت‌های متداول فنلی و 22M46، TMBC از به یس فنل‌ها است.

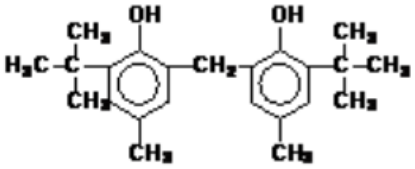


Butylated hydroxytoluene

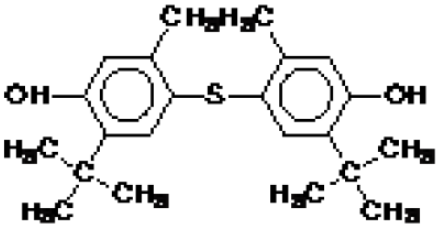


n=1-3

Styrenated Phenol

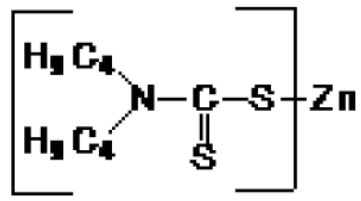


2.2'-methylenebis (6-t-butyl-4methyl phenol)

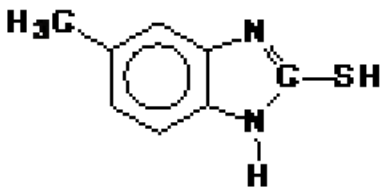


4,4'-thiobis-6-(t-butyl metacresol

هیدروکینون‌های استخلاف شده بیش‌تر در چسب‌ها و آمیخته‌های پخت نشده بکار می‌روند و سبب افزایش چسبندگی می‌شوند. ترکیبات آلی سولفوردار مانند دی بوتیل‌دی تیوکرباماتها نیز بیشتر در چسب‌های بر پایه لاستیک‌ها و لاستیک‌های بوتیل کاربرد دارد. مرکاپتو بنزیمیدازول‌ها و نمک‌های آن‌ها نیز آنتی‌اکسیدانت‌های متداول هستند که اثر هم‌افزایی (Synergism) دارند.

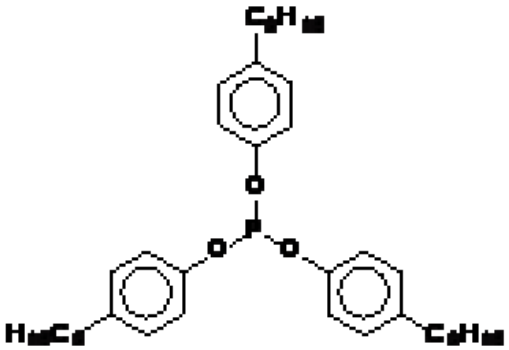


Zinc dibutyl dithiocarbamate



1,2-Mercapto-4(5)-methylbenzimidazole

فسفیت‌ها از واکنش‌تری کلرو فسفرها و فنل‌ها به‌دست می‌آیند. این آنتی‌اکسیدانت‌ها در فرایند تولید و نگهداری لاستیک‌های سنتزی مورداستفاده قرار می‌گیرند و در لاستیک‌های پخت شده بکار نمی‌روند.



Trinonyl phosphate

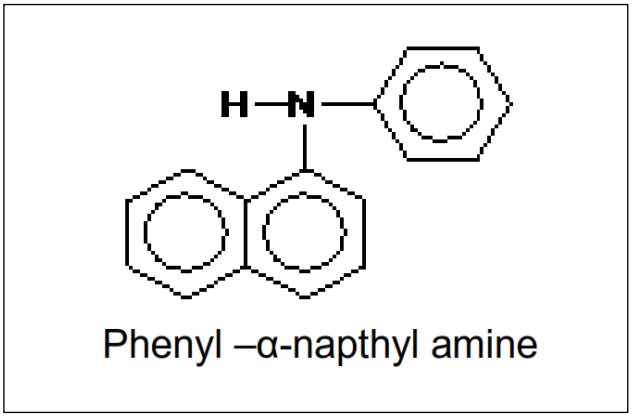
آمین‌های و نیتروکسی‌های ممانعت شده از آنتی‌اکسیدانت‌های

بسیار گرانی هستند که اثربخشی خوبی دارند. این ترکیبات بیشتر در آمیخته‌هایی مانند پلی‌پروپیلن و اتیلن - پروپیلن و لاستیک‌های غیراشباع که حساسیت بالایی در برابر نور دارند، بکار می‌روند.

آنتی‌اکسیدانت‌های لکه‌زا در آمیخته‌هایی که در آن‌ها مسئله تغییر رنگ دارای اهمیت کمتر و یا در فرمولاسیون آن‌ها دوده بکار رفته است، مورد مصرف قرار می‌گیرند. البته این دسته از آنتی‌اکسیدانت‌ها می‌توانند در بعضی موارد نقش آنتی ازونانتی را نیز دارا باشند. چهار گروه اصلی این آنتی‌اکسیدانت‌ها عبارت‌اند از:

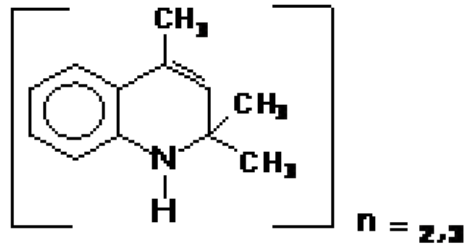
- فنیل نفتیل آمین‌ها (PANA,PBNA)
- دی هیدرو کینولین‌ها
- مشتقات دی فنیل آمین
- مشتقات پارافنیلن دی آمین (PPDs)

فنیل نفتیل آمین‌ها از قدیمی‌ترین آنتی‌اکسیدانت‌هایی هستند که تا سال ۱۹۹۰ به‌وفور مورداستفاده قرار می‌گرفتند و دارای خواص حرارتی و اکسیداسیونی مطلوبی هستند. به‌دلیل سمیت بالای این ترکیبات در حال حاضر مصرف آن‌ها محدودشده است.



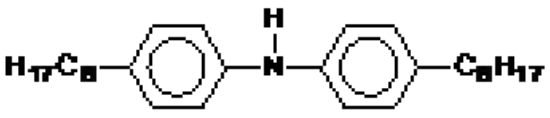
Phenyl –α-napthyl amine

دی هیدرو کینولین‌های پلیمریزه شده مانند ۱ و ۲ دی هیدرو ۲ و ۲ و ۴ تری متیل‌کینولین (TMQ) از متداول‌ترین آنتی‌اکسیدانت‌های صنعت لاستیک هستند که در اکثریت فرمولاسیون‌ها بکار می‌رود. درجه بسپارش و به‌تبع آن جرم مولکولی از پارامترهای مهم این آنتی‌اکسیدانت است که باعث تغییر در نقطه نرمی آن می‌شود.



Polymerized 2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydroquinoline

مشتقات دی فنیل آمین دارای خواص ضعیف‌تری نسبت به هیدروکینولین‌ها هستند و بسته به درجه حرارت آزمون پیری (Aging) مشتقات مختلف آن بکار می‌رود. این ترکیبات در الاستومرهای نئوپرن و نیتریل مؤثرتر هستند.

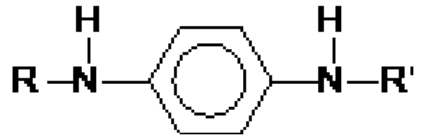


Octylated Diphenyl amine

مشتقات پارا فنیل دی آمین‌ها از آنتی‌اکسیدانت‌هایی هستند که بسیار در فرایند لاستیک‌های سنتزی و شرایط نگهداری آن‌ها بکار گرفته می‌شوند. این مشتقات به‌عنوان آنتی ازونانت‌ها نیز کاربرد دارند. تایر و قطعات لاستیکی می‌توانند در مجاورت

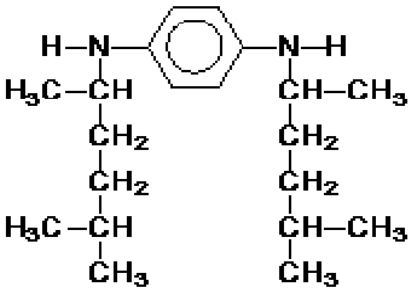
شرایط محیطی اوزونی (Ozone) ایستا و یا دینامیکی قرار گیرند که بسته به نوع کارایی، آنتی ازونانت‌ها متنوعی بکار می‌رود. واکس‌های پارافینی و میکرو کریستالین از آنتی اوزونات‌هایی هستند که در شرایط ایستایی استفاده می‌شوند.

پارا فنیل دی آمین‌ها دارای ساختار شیمیایی ذیل هستند که بسته به گروه‌های استخلاف آریلی و یا آلکیلی مشتقات متنوعی ایجاد می‌شود.



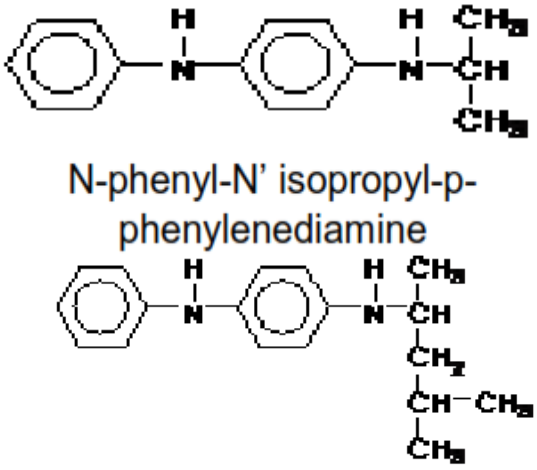
Para phenylenediamines (PPDs)
(General Structure)

دی آلکیل پارا فنیل دی آمین با زنجیرهای شاخه‌دار ۷ اتم کربن (77PPD) مایعی با خواص آنتی ازونانتی بسیار عالی است که در شرایط ایستایی بکار می‌رود. به‌کارگیری اینانتی ازونانت با آریل پارا فنیل دی آمین خواص مطلوب‌تری را در شرایط دینامیکی حاصل می‌کند.



N,N'-Bis (1,4-dimethylpentyl)-p-phenylenediamine

در صورت جایگزینی یک استخلاف آریلی بر روی پارا فنیل دی آمین مانند 6IPPD و IPPD خواص آنتی ازونانتی و آنتی‌اکسیدانتی به‌شدت بهبود پیدا می‌کند.



N-phenyl-N' isopropyl-p-phenylenediamine

N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine

دی‌آریل پارا فنیل دی‌آمین‌ها دارای خواص ضعیف‌تر و قیمتی پایین‌تر از آلکیل- آریل پارا فنیل مین هستند که به‌دلیل جرم مولکولی زیاد دارای حلالیت‌های پایین‌تری هستند.

توانمندی‌های داخلی تولید افزودنی‌های شیمیایی

براساس آخرین آمارهای گزارش‌شده در کشور بدون در نظر گرفتن شرکت‌های تولیدکننده قطعات لاستیکی در کشور، صنایع تایرسازی در حدود ۲۵۰ هزار تن انواع تایر را در کشور تولید می‌کنند که نیاز سالیانه کشور در حدود ۴۰۰ هزار تن است. افزودنی‌های شیمیایی بسته به نوع تایر و شرایط عملکردی موردنظر در حدود ۲۰-۱۵ درصد فرمولاسیون آمیخته را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر، واحدهای تحقیق و توسعه تولیدکننده‌های تایر و صنایع وابسته و شرکت‌های دانش‌بنیان فعالیت‌های خوبی در خصوص تولید انواع افزودنی‌های شیمیایی مورد مصرف انجام داده‌اند. پرکننده‌های معدنی، سیلیکات‌های سنتزی، اکسیدهای فلزی، نخ تایر، سیم، دوده و روغن‌ها ازجمله این تولیدات هستند.

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که موردبحث قرار گرفت، شتاب‌دهنده‌ها، رزین‌ها، عوامل پخت، آنتی‌اکسیدانت‌ها و آنتی اوزونانت‌ها نقش مهمی را در آمیخته دارا هستند و در صنعت لاستیک به‌وفور مصرف می‌شوند. از طرف دیگر، ارزش‌افزوده و دانش فنی بالای این مواد سبب شده که تولیدکنندگان آن‌ها در جهان محدود باشد و اطلاعات تخصصی به‌صورت پتنت گزارش شود. متأسفانه تاکنون هیچ فعالیت جدی و مؤثری در خصوص تولید افزودنی‌های شیمیایی در کشور انجام نگردیده است و از مجموع این‌همه مواد، فقط فرم‌های مختلف آنتی‌اکسیدانت‌ها ی فنلی غیرلکه‌زا در مقیاس صنعتی تولید می‌شود. این آنتی‌اکسیدانت‌ها بر پایه استخلاف‌های آروماتیکی فنل‌ها هستند که در صنعت تایر، قطعات لاستیکی و لاتکس‌های پلیمری بکار می‌رود. با توجه به خانواده بزرگ و تنوع زیاد افزودنی‌های شیمیایی که تعدادی از آن‌ها موردبحث قرار گرفت، نیاز به انجام طرح‌های مطالعاتی، اقتصادی و فنی در کشور برای تولید این مواد بیش از بیش احساس می‌گردد که لازمه آن مشارکت تمامی دست‌اندرکاران این حوزه است IRM

مراجع

1. JohnS.Dick,.Rubber Technology compounding and testing for performance,. 2nd Edition,Hanser Publication,.2009
2. Datta R.N,.Rubber Technologist Handbook,.P:167,.2005
3. Rubber Additives Market Trends,,Tranceparency market research, https://www.transparencymarketresearch.com/rubber-additives-market.html,.2019
4. https://www.gminsights.com/industry-analysis/rubber-processing-chemicals-market

علمی- فنی

ویژگی‌های کاربردی سیلیکای رسوبی در صنعت لاستیک و توانمندی تولید داخلی آن

Features and applications of sedimentary silica in the rubber industry and its domestic production capability

چکیده:

در این مقاله، به انواع مختلف سیلیکا به ویژه سیلیکای رسوبی، استفاده و کاربردهای آن در صنعت لاستیک و تایر ازجمله بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات لاستیکی و کاهش مقاومت غلتشی تایر اشاره می‌شود. همچنین، مشخصات کیفی سیلیکای رسوبی مانند اندازه و مساحت سطح ویژه ذرات، ساختار و عوامل فعال سطحی و تأثیر این مشخصات بر عملکرد محصول، آمیزه‌کاری و اختلاط آمیزه‌های حاوی سیلیکا، روش تولید سیلیکای رسوبی و مواد اولیه آن و وضعیت تولید داخلی این ماده اولیه موردبررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: سیلیکای رسوبی، اندازه و مساحت سطح ویژه ذرات، ساختار، عوامل فعال سطحی، رطوبت ظاهری و نهان.

نوع مقاله: پژوهشی

ابراهیم قربانی
مدیر تکنولوژی شرکت لاستیک نیکرو گسترش،
مدیر عامل شرکت بهسازان لاستیک فخر ایرانیان،
تهران، ایران

*** عهده‌دار مکاتبات:**
eb_ghorbani@yahoo.com

مقدمه

امروزه سیلیکای رسوبی در صنعت لاستیک به دلیل نقش ویژه آن در تقویت‌کنندگی آمیزه‌ها و محصولات لاستیکی و همچنین کاهش مقاومت غلتشی تایر کاربرد وسیعی یافته است. سیلیکای رسوبی که انواع مختلفی دارد، علاوه بر لاستیک در محصولات مختلفی ازجمله رنگ و پوشش، مواد آرایشی و بهداشتی، خوراک دام، بتن و غیره مصرف می‌شود. به دلیل گستردگی موضوع ویژگی‌ها و کاربردهای سیلیکا، در این مقاله به موضوعات مطروحه به صورت کلی اشاره می‌شود. زیرا در مورد هریک از عناوین و سرفصل‌های مطروحه به دلیل اهمیت و پیچیدگی آن‌ها می‌توان بحث‌های مفصلی را مطرح نمود که هدف این مقاله کوتاه نیست.

سیلیکا و انواع آن

سیلیکای رسوبی (Precipitated Silica) یکی از انواع سیلیسیم اکسید (SiO_2) یا سیلیس است که به صورت سنتزی و به روش رسوبی (ترسیبی) تولید می‌شود. در طبیعت سیلیسیم‌اکسید به صورت خالص یا به صورت ترکیب در کانی‌های سیلیکاته حدود ۶۰ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. سیلیسیم‌اکسید یا سیلیس در طبیعت عمدتاً به صورت بلوری (کریستالی) وجود دارد. کوارتز نمونه‌ای از سیلیس کریستالی است که در طبیعت فراوان یافت می‌شود. تولید سیلیس با روش‌های متفاوت، انواع متفاوتی دارد. دو نوع سیلیکای رسوبی و فیوم (Fumed) به ویژه رسوبی بیش‌ترین کاربرد را در لاستیک دارد. سیلیکای رسوبی به صورت بی‌شکل (آمورف) است.

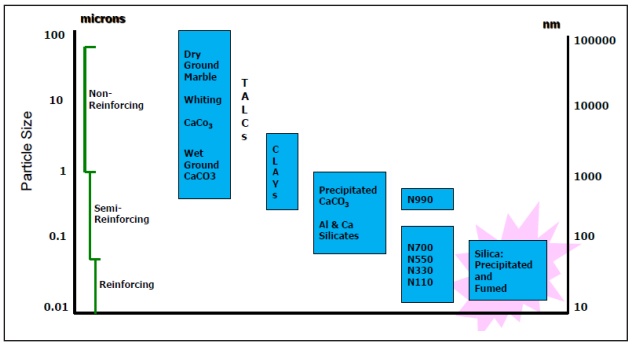
در جدول ۱ تقسیم‌بندی انواع سیلیکا از نظر گستره اندازه ذرات که مهم‌ترین نقش را تقویت‌کنندگی لاستیک دارد. همچنین، کاربرد عمومی در لاستیک نشان داده‌شده است.

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، انواع سیلیس طبیعی در لاستیک فقط نقش پرکننده غیرتقویتی (Extender) می‌توانند داشته باشند. سیلیکای فیوم (Fumed) یا پیروژنیک (Pyrogenic) که اندازه ذرات بسیار ریزی دارد، خاصیت تقویت‌کنندگی بالایی دارد ولی به دلیل قیمت بالای آن فقط برای کاربردهای ویژه و یا در لاستیک‌های سیلیکونی مورد مصرف قرار می‌گیرد.

جدول ۱- تقسیم بندی انواع سیلیکا

نوع سیلیکا	اندازه ذرات (میکرومتر)	عملکرد در لاستیک
طبیعی (کریستالی)		
کوارتز	۱۰-۱	پرکننده غیر تقویتی
دیاتومیت	۵-۱	کمک فرایند – غیر تقویتی
نئوبرگ	۵-۱	پرکننده غیر تقویتی
مصنوعی (آمورف)		
فیوم (Fumed)	۰,۰۲-۰,۰۰۵	پرکننده تقویتی
رسوبی	۰,۰۳-۰,۰۱	پرکننده تقویتی
رسوبی	۰,۰۴	پرکننده نیمه تقویتی
رسوبی	۰,۰۸	کمک فرایند – سفیدکنندگی
میکرو سیلیس (محصول جانبی تولید فروسیلیس)	۰,۱	غیر تقویتی

در شکل ۱ طبقه‌بندی کلی پرکننده‌ها ازجمله سیلیکا از نظر اندازه ذرات مشاهده می‌شود:



شکل ۱- طبقه‌بندی کلی پرکننده‌ها ازجمله سیلیکا از نظر اندازه ذرات

همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود، بیش‌تر سیلیکای رسوبی و دودها خاصیت تقویت‌کنندگی دارند و بقیه پرکننده‌ها نقش نیم‌تقویت‌کنندگی و یا صرفاً پرکنندگی به منظور کاهش قیمت محصول دارند. استفاده از بعضی انواع سیلیکا به عنوان پرکننده ازجمله بعضی مواد معدنی یا سنتزی مانند کائولن، کربنات کلسیم، تالک و غیره علاوه بر ارزان کردن آمیزه، در بهبود و یا تنظیم خصوصیات فرایندی ازجمله کاهش چقرمگی (Nerve) پلیمر نیز نقش ایفا می‌کند که از این دیدگاه به عنوان کمک فرایند عمل می‌کند.

کاربرد سیلیکا در لاستیک

۱- همان‌طور که اشاره شد، علت استفاده از سیلیکا در آمیزه‌های لاستیکی افزون‌بر خاصیت تقویت‌کنندگی، نقش کمک فرایندی هم است. وقتی به خاصیت تقویت‌کنندگی سیلیکا اشاره می‌شود، منظور بیشتر بهبود مقاومت سایشی (Abrasion Resistance)، بهبود مقاومت پارگی (Tear Resistance) و افزایش مقاومت کششی آمیزه (Tensile Strength) است. در تایرهایی که در جاده‌های خاکی و سنگلاخی تردد می‌کنند مانند تایر بعضی خودروهای SUV، برخی تایرهای باری و همچنین، تایرهای راه‌سازی (OTR) استفاده از سیلیکا موجب افزایش مقاومت پارگی در ناحیه رویه و دیواره می‌شود.

۲- در سال‌های اخیر، به ویژه در تایرهایی که اصطلاحاً تایر سبز نامیده می‌شوند، به منظور کاهش مقاومت غلتشی با حفظ مقاومت سایشی و بهبود چنگزنی در سطوح خیس، از سیلیکا به ویژه در آمیزه رویه تایر به مقدار قابل توجهی به همراه عامل جفت کننده یا اتصال دهنده (Coupling Agent) استفاده می‌شود تا به عنوان واسط بین سیلیکا و پلیمر پیوندهای شیمیایی ایجاد کند. تایر سبز (Green Tire) برای نخستین بار توسط شرکت میشلن در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. شرکت مذکور در رویه تایرهای جدید سواری علاوه بر سیلیکا به همراه دوده، از عامل اتصال دهنده سیلانی و همچنین، کائوچوی SSBR استفاده کرد.

در تایر، تأمین بهینه سه ویژگی مهم مقاومت غلتشی پایین (Rolling resistance)، فرسایش کم رویه (Wear) و چنگزنی بالا به ویژه در سطوح خیس (Wet grip) که به‌عنوان مثلث جادویی مشهور است تا پیش از استفاده از سیلیکا به صورت مطلوب وجود نداشت. برای کاهش مقاومت غلتشی تایر نیاز به آمیزه رویه تایر با ویژگی اتلاف کم (Low hysteresis) در فرکانس‌های پایین (مرتبط با چرخیدن تایر) است. درصورتی‌که در مورد چنگزنی تایر که در تماس با سطح جاده و زبری‌های آن است و با تغییر شکل‌های کم و با فرکانس زیاد (مرتبط با تغییر شکل‌های کوچک ناشی از برخورد تایر با زبری سطح جاده) سروکار دارد، نیاز به آمیزه‌ای است که انرژی بالایی را جذب کند (High hysteresis). همچنین، فرسایش کم رویه تایر و طول عمر آن اهمیت زیادی دارد. استفاده از سیلیکا در رویه تایر خصوصیات بالا را بهینه می‌کند. استفاده از سیلیکا در تایرهای زمستانی نیز به دلیل بهبود چنگزنی در سطوح خیس و یخ رایج شده است. آمیزه رویه حاوی سیلیکا در دماهای پایین دارای خصوصیت

الاستیک و انعطاف‌پذیری بالاتر و دارای چنگزنی و ترمزگیری بهتر در شرایط زمستانی است.

به دلیل وجود گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا (Si-OH) و خاصیت جذب آب ناشی از وجود این گروه‌ها که از پیوند سیلیکا و بسپار تا حدی جلوگیری می‌کند. همچنین، تمایل سیلیکا به خوشه‌ای شدن را ایجاد می‌کند. استفاده بیشتر از یک حد معین از سیلیکا در آمیزه (حدود ۱۰ تا ۱۵ پارت) بدون استفاده از مواد شیمیایی ویژه، افزون‌بر بر ایجاد مشکلات اختلاط و پراکندگی نامناسب سیلیکا در آمیزه، تأثیر موردنظر به ویژه کاهش مقاومت غلتشی ایجاد نمی‌شود. فقط درصورت ایجاد پیوندهای شیمیایی بین سیلیکا و بسپار با استفاده از عامل واسطه به عنوان ماده اتصال دهنده می‌توان به ویژگی‌ها موردنظر دست یافت. بعضی انواع سیلیکا دارای پوشش سطحی برای جلوگیری از کلوخه و خوشه‌ای شدن در هنگام اختلاط هستند. به این نوع سیلیکا، سیلیکای با قابلیت پراکنش بالا (Highly Dispersible) می‌گویند.

۳- استفاده از سیلیکا در قطعات مختلف لاستیکی به ویژه قطعات صنعتی نیز رایج است. با استفاده از سیلیکا به همراه دوده خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قطعه لاستیکی بهبود می‌یابد. خصوصیات زمان مندی در اثر حرارت (Aging) نیز بهبود پیدا می‌کند که در بعضی قطعات صنعتی اهمیت ویژه دارد. در قطعات لاستیکی رنگی و یا سفید به دلیل عدم امکان استفاده از دوده، بهترین پرکننده تقویت‌کننده سیلیکای رسوبی است.

۴- در زیره و پاشنه کفش در انواع رنگی و مشکی آن با توجه به اهمیت مقاومت سایشی و پارگی، کاربرد سیلیکا بسیار گسترده است. در این محصولات معمولاً از سیلیکای رسوبی با اندازه ذرات پایین (مساحت سطح ویژه بالا) استفاده می‌شود.

۵- از دیگر کاربردهای سلیکا مصرف آن به همراه مواد شیمیایی متیلن دهنده مانند HMMM یا هگزامتیلن تترامین و مواد رزورسینول دهنده است که تشکیل یک سیستم اتصال دهنده خشک (Dry Bonding) می‌دهند. همچنین، در افزایش چسبندگی (Adhesion) آمیزه به نخ لایه تایر و یا سیم بدنه و به لت تایر مؤثر است.

مشخصات سیلیکا

۱- اندازه ذرات

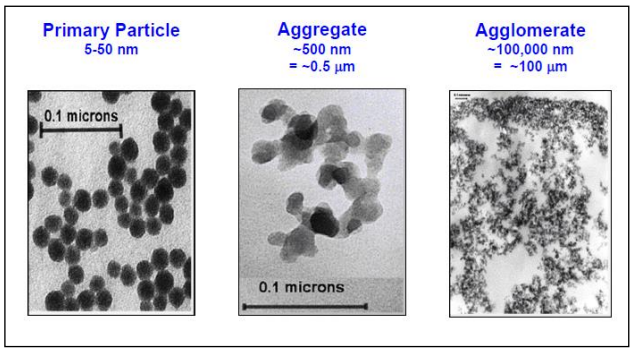
مانند دوده یکی از ویژگی‌ها با اهمیت سیلیکا که در خاصیت تقویت‌کنندگی آن مؤثر می‌باشد، اندازه ذرات اولیه (Primary Particle) آن است. اندازه ذرات سیلیکای رسوبی معمولاً در مقیاس نانومتر است. ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر را نانوذرات می‌نامند. از این‌رو سیلیکای رسوبی نیز در خانواده نانو یا به عبارت دیگر نانوسیلیکا قرار می‌گیرد. خاصیت تقویت‌کنندگی در اندازه ذرات کمتر از ۵۰ نانومتر ایجاد می‌شود. از اندازه ۵۰ نانومتر بالاتر، سیلیکا در دسته نیمه‌تقویت‌کننده و یا پرکننده غیر تقویت‌کننده و کمک فرایند قرار می‌گیرد.

برای بررسی اندازه‌گیری اندازه ذرات از مشخصه مساحت سطح ویژه ذرات (Specific Surface Area) استفاده می‌شود. هرچه اندازه ذرات کوچک‌تر باشد، مساحت سطح ویژه بزرگ‌تر است و برعکس. اندازه مساحت سطح ذرات به نوع به هم پیوستن ذرات که ساختار نام دارد نیز، بستگی دارد. برای اندازه‌گیری مساحت سطح ذرات روش‌های مختلفی بکار می‌رود که روش BET با استفاده از گاز نیتروژن مناسب‌ترین روش است که با استفاده از دستگاه پیشرفته مربوطه انجام می‌شود. با استفاده از گاز نیتروژن، خلل و فرج نامنظم بین ذرات و همچنین، شکل‌های نامنظم ذرات سیلیکا تأثیری در اندازه‌گیری مساحت سطح نخواهد داشت. در روش CTAB (ستیل‌تری‌متیل آمونیم برمید) برای

اندازه‌گیری اندازه ذرات به روش شیمیایی، به دلیل بزرگ بودن مولکول این ماده در مقایسه با نیتروژن در روش BET تمام سطوح در تماس قرار نمی‌گیرند. بنابراین، دقت اندازه‌گیری از روش اول کمتر است.

۲- ساختار سیلیکا (Structure):

ذرات اولیه سیلیکا (Primary Particle) در مراحل تولید به هم متصل شده و مجموعه به هم پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که به آن aggregate گفته می‌شود. از به هم پیوستن aggregateها مجموعه‌های بزرگتری به نام agglomerate ایجاد می‌شود. نحوه به هم پیوستن ذرات اولیه و همچنین، مجموعه‌های بعدی که ذکر شد، ساختار سیلیکا را تشکیل می‌دهد که بر ویژگی‌ها فرایندی و مشخصات کیفی سیلیکا نقش مؤثری دارد. نوع فضاهای خالی ایجادشده به دلیل ساختار سیلیکا و اندازه‌های تقریبی مجموعه‌های به هم پیوسته در سیلیکا در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

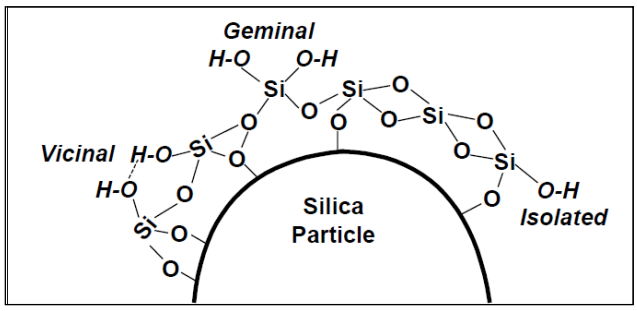


شکل ۲- ساختار سیلیکا

در تجمع نوع aggregate پیوند بین ذرات از نوع شیمیایی بیشتر پیوند هیدروژنی یا فیزیکی - شیمیایی است که در مقایسه با تجمع نوع agglomerate که بیشتر پیوند اجزای آن از نوع واندروالسی است، قوی‌تر و پایدارتر است. برخلاف دوده که ساختار آن در هنگام اختلاط و اعمال تنش‌های برشی تغییر نمی‌کند، ساختار سیلیکا به ویژه agglomerate ناپایدار بوده و در مراحل اختلاط به هم می‌ریزد. بنابراین، اهمیت ساختار در سیلیکا در ایجاد خصوصیات فرایندی و مشخصات کیفی محصول در مقایسه با دوده به دلیل ناپایداری آن کمتر است. در دوده نوع پیوستن ذرات به صورت زنجیروار (Chain like) و شاخه‌ای (Branched) است و از پایداری بالاتری نسبت به تجمع‌های ذرات سیلیکا که بیشتر خوشه‌ای (Cluster) برخوردار است. در مواردی که سیلیکا به عنوان ماده حامل (Career) برای مواد دیگر ازجمله خوراک دام و یا بعضی مواد روغنی شکل (به منظور حمل و توزین مناسب‌تر) بکار می‌رود، ساختار سیلیکا اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند زیرا در میزان جذب مواد به ویژه مواد روغنی و مایع و همچنین، نحوه جریان یافتن (Free Flow) مواد موردنظر تأثیر قابل توجهی دارد.

۳- عوامل فعال سطحی

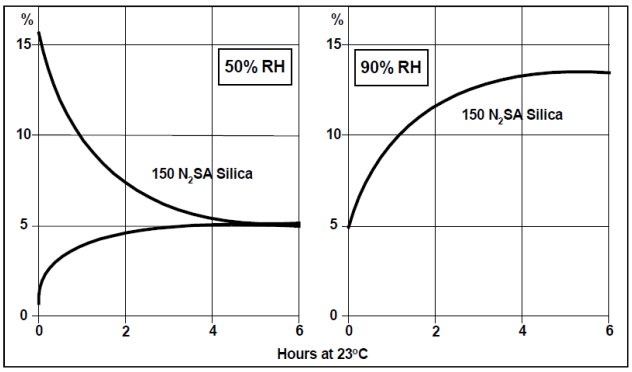
مانند دوده، در مورد سیلیکا نیز عوامل فعال سطحی در خصوصیات سیلیکا و به ویژه اتصال به پلیمر مؤثر است. مهم‌ترین عوامل سطحی در سیلیکا وجود گروه‌های سیلانول (Si-OH) است که ناشی از وجود اکسیژن و تمایل به جذب هیدروژن و درنتیجه آب و رطوبت است. در شکل ۳ گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا مشاهده می‌شود:



شکل ۳- گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا

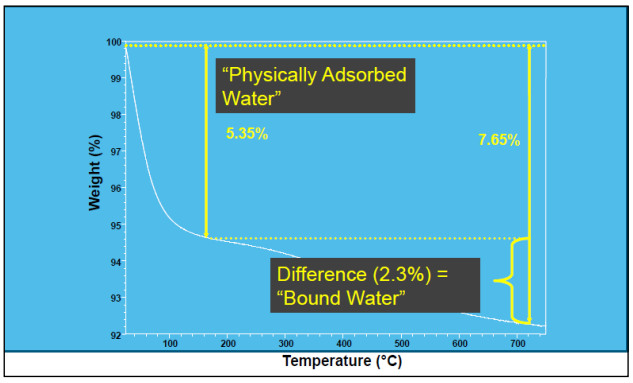
در شکل بالا، انواع سه گانه گروه‌های سیلانول مشاهده می‌شود. به دلیل وجود گروه‌های سیلانول که آبدوست (Hydrophilic) هستند، ابری از مولکول‌های آب اطراف مولکول‌های سیلیسیم‌اکسید تشکیل می‌شود و به حالت اشباع می‌رسد.

در ارتباط با موضوع جذب آب، در شکل ۴ در دو وضعیت رطوبت نسبی محیط، مقدار تعادلی رطوبت جذب‌شده توسط سیلیکا نشان داده‌شده است.



شکل ۴- وضعیت رطوبت نسبی محیط، مقدار تعادلی رطوبت جذب‌شده با استفاده از سیلیکا

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در رطوبت نسبی ۵۰ درصد، میزان جذب رطوبت در حالت تعادل حدود ۵ درصد و در رطوبت نسبی ۹۰ درصد، حدود ۱۳ درصد است. به دلیل اتصال مولکول‌های آب به سیلیکا (SiO_2) به صورت جذب سطحی که به حالت تعادل می‌رسند و همچنین، وجود آب نهان در آن، به سیلیکای موردبحث، سیلیکای رسوبی هیدراته نیز گفته می‌شود. رطوبتی که به آن اشاره شد، درواقع رطوبت ظاهری است که در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و ۲ ساعت خارج می‌شود. افزون‌بر، وجود این آب (رطوبت)، مولکول‌های آبی در شبکه سیلیکا وجود دارند که با پیوندهای قوی‌تر حبس شده‌اند و فقط در دماهای بالا از سیلیکا خارج می‌شوند. به این نوع آب، آب نهان متصل شده (Bound Water) می‌گویند. آب نهان در سیلیکا در دمای بالاتر از ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد شروع به خارج شدن می‌کند. به‌طورکلی با حرارت دادن سیلیکا تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد گروه‌های سیلانول و آب نهان سیلیکا به صورت کامل خارج می‌شود. سیلیکا چنانچه در معرض دما تا حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد و رطوبت ظاهری آن خارج شود، پس از رفع حرارت و رسیدن به دمای محیط دوباره از نظر میزان جذب رطوبت با محیط به تعادل خواهد رسید. در صورت اعمال حرارت بالاتر به ویژه تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، سیلیکا مجدداً رطوبت و آب را جذب نمی‌کند. در شکل ۵ با انجام آزمون TGA (Thermal Gravimetry Analysis) در دماهای بالا در مورد یک نمونه سیلیکای رسوبی، می‌توان کاهش وزن به دلیل از دست دادن آب و گروه‌های سیلانول را بررسی نمود. به‌طور معمول، درصد خلوص سیلیکا را بر مبنای نمونه‌ای که تا ۱۰۰۰ درجه حرارت دیده، تعیین می‌کنند.



شکل ۵- آزمون TGA (Thermal Gravimetry Analysis) در دماهای بالا در مورد یک نمونه سیلیکای رسوبی

برخی دیگر از ویژگی‌ها سیلیکا

- PH در سیلیکا به دلیل تأثیر در واکنش پخت اهمیت

دارد. برای اندازه‌گیری PH از محلول ۵ درصد سیلیکا در آب استفاده می‌شود.

- هدایت الکتریکی سیلیکا بیشتر نشان‌دهنده وجود نمک حاصل از اسید مصرفی در واکنش خنثی‌سازی سیلیکات است که از حدی (معمولاً ۱۳۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر) بالاتر نباید باشد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از محلول ۴ درصد سیلیکا در آب استفاده می‌شود.

- رطوبت سیلیکا که در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت اندازه‌گیری می‌شود. از نظر تأثیر در فرایند تولید که می‌تواند موجب تغییر در گرانروی آمیزه شود. همچنین، احتمال وجود حباب در محصول ناشی از تبخیر آب اهمیت دارد.

آمیزه کاری و اختلاط سیلیکا در آمیزه لاستیکی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، سطح سیلیکا از عوامل فعال سیلانول (Si-OH) که قطبی هستند، پوشیده شده که موجب جذب رطوبت و تاحدی از پیوند سیلیکا و پلیمر جلوگیری می‌کند. گروه‌های فعال مذکور با برخی مواد شیمیایی آمیزه لاستیکی به ویژه فعال‌کننده‌های پخت مانند روی‌اکسید واکنش کرده و تا حدی میزان اتصالات جانبی در پخت محصول را کاهش می‌دهند و درنتیجه سرعت پخت کاهش‌یافته و موجب افت خصوصیات فیزیکی می‌شوند. برای جلوگیری از این تأثیر نامطلوب معمولاً از دی اتیلن گلیکول یا پلی‌اتیلن گلیکول در آمیزه استفاده می‌شود.

به دلیل وجود گروه‌های سیلانول در سطح ذرات سیلیکا، تمایل به کلوخه و خوشه‌ای شدن سیلیکا وجود دارد که این امر در اختلاط آمیزه حاوی سیلیکا مشکلاتی را به صورت پراکندگی نامناسب در آمیزه ایجاد می‌کند. حتی پس از شکستن تجمع‌های نوع agglomerate در هنگام اختلاط، تمایل به هم پیوستن مجدد آن‌ها وجود دارد. این اشکال به ویژه در حالت استفاده از مقادیر زیاد (بالاتر از ۱۰ تا ۱۵ پارت) سیلیکا به وجود می‌آید. برای جلوگیری یا کاهش مشکل پراکنش سیلیکا به ویژه در استفاده از مقادیر زیاد آن معمولاً از سیلیکای با قابلیت پراکنش بالا (Highly dispersible silica) استفاده می‌شود. در این نوع سیلیکا پوشش سطح ذرات با استفاده از برخی مواد سیلانی انجام می‌شود. در ارتباط با پراکنش سیلیکا (Dispersion) افزون‌بر ویژگی ذکرشده، نوع میکسر اختلاط و روش اختلاط نیز مؤثر است. در صورت استفاده از مقادیر بالای سیلیکا، معمولاً توصیه می‌شود از میکسر نوع اینترمش (Intermesh) که فاصله روتورهای آن در مقایسه با نوع مماسی (Tangential) کمتر و سطح تماس بالا و بازده کنترل حرارت بالاتری را دارا هستند، استفاده شود. همچنین، درصورت استفاده از مواد اتصال دهنده (Coupling agent) در آمیزه به همراه سیلیکا و با توجه به ضرورت اعمال شرایط خاص حرارتی در هنگام اختلاط به منظور انجام واکنش سیلانیزه کردن (ایجاد پیوند بین سیلیکا و سیلان)، از میکسر نوع اینترمش به دلیل سیستم کنترل حرارت مؤثرتر آن استفاده می‌شود.

با توجه به حساسیت شرایط واکنش سیلانیزه کردن سیلیکا در هنگام اختلاط و یا نداشتن میکسر مناسب برای این کار، نوع اصلاح‌شده سیلیکا با سیلان نیز وجود دارد که قابل تهیه است. قیمت این نوع سیلیکا گران‌تر از انواع دیگر است. اتصال سیلیکا با بسپار از طریق ماده اتصال دهنده، در هنگام پخت تایر انجام می‌شود. با توجه به خورندگی سایشی سیلیکا، در میکسرهای مورداستفاده برای اختلاط آمیزه‌های حاوی سیلیکا به ویژه مقادیر بالای آن و همچنین، در تجهیزات اکستروژن آمیزه‌های دارای سیلیکا به ویژه رویه تایر سواری از آلیاژهای ویژه و مناسب به منظور کاهش میزان سایش سطح تماس استفاده می‌شود.

مواد اولیه و روش تولید سیلیکا

برای تولید سیلیکای رسوبی روش‌های متفاوتی وجود دارد. معمولاً از سدیم‌سیلیکات که ترکیبی از SiO_2 و Na_2O با نسبت‌های مختلف می‌تواند باشد (Ratio) به‌عنوان ماده اولیه اصلی استفاده می‌شود.. انتخاب نسبت مناسب دو ماده بالا در سدیم‌سیلیکات اهمیت ویژه‌ای دارد. سدیم‌سیلیکات ماده‌ای بازی است و در راکتور مخصوص با اسید قوی مانند سولفوریک‌اسید یا کلریدریک‌اسید در شرایط ویژه از نظر دما، غلظت، دبی و غیره و در حضور مواد افزودنی ویژه خنثی‌سازی شده و درنتیجه سیلیکا به صورت محلول تعلیقه به دست آمده و رسوب می‌کند. این محلول به روش‌های مختلف ازجمله سانتریفیوژ یا فیلترپرس آبگیری و شستشو می‌شود تا نمک‌های حاصل از واکنش خارج شود. سپس، برای رسیدن به رطوبت موردنظر (بین ۴ تا ۶ درصد) خشک می‌شود. روش‌های خشک کردن می‌تواند متفاوت باشد. ازجمله استفاده از خشک‌کن پاششی (Spray drier)، خشک‌کن دوار، خشک‌کن نواری و غیره. سیلیکای رسوبی به صورت پودر و یا گرانول تولید می‌شود. در شرکت‌های تایرسازی و در تولید قطعات لاستیکی که از میکسرهای بسته (Internal Mixer) استفاده می‌شود، به‌طور معمول نوع گرانول ترجیح داده می‌شود زیرا استفاده از آن گرد و غبار بسیار کمتری ایجاد می‌کند.

تولید سیلیکا در داخل کشور

خوشبختانه در چند سال اخیر امکان تولید سیلیکای رسوبی در کشور فراهم‌شده است. کاربرد سیلیکا در کشور افزون‌بر، بر استفاده در برخی قطعات لاستیکی به ویژه غیرسیاه، در بعضی آمیزه‌های لاستیکی تایر به ویژه آمیزه‌های لایه و به لت استفاده می‌شود. به دلیل مشکلات ناشی از اختلاط سیلیکا در مقادیر بالا که به‌طور معمول در رویه تایر سواری و در مواردی در به لت تایر سنگین است، کم بودن تجهیزات اختلاط مناسب به ویژه میکسرهای اینترمش در شرکت‌های داخلی، عدم اعمال استانداردهای مرتبط با مقاومت غلتشی تایر در مورد تولیدکنندگان داخلی و سطح فعلی فناوری موجود برای تولید تایر، هنوز میزان استفاده از سیلیکا در کشور در مقایسه با کشورهای پیشرفته فاصله زیادی دارد. به‌تازگی، استانداردهای مرتبط با صدا، مقاومت غلتشی و چنگزنی در سطح خیس (ترمزگیری) در موسسه استاندارد با همکاری شرکت‌های تایرسازی داخلی تدوین‌شده است ولی به نظر می‌رسد اجرای آن نیاز به تغییر شرایط فعلی ازجمله تغییر فناوری در برخی از شرکت‌های داخلی و آمادگی بیشتر این شرکت‌ها و همچنین، تاحدی رفع شرایط تحریم دارد.

در حال حاضر، میزان مصرف سیلیکا در صنعت لاستیک و تایر کشور حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ تن در سال برآورد شده که بخش کوچکی از آن توسط تولیدکنندگان داخلی تأمین می‌شود. تولید داخلی از نظر کمی و کیفی رو به گسترش است ولی نیازمند ارتقای دانش فنی و توسعه تجهیزات به منظور تولید انواع سیلیکای مورد نیاز کشور است. بازار جهانی انواع سیلیکای رسوبی برای کاربردهای مختلف حدود ۲٫۳ میلیارد دلار است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۳ به ۲٫۳ میلیارد دلار افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

تولید سیلیکا به دلیل مشخصات کیفی ویژه آن از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه مواد اولیه اصلی این محصول در داخل کشور تولید می‌شود، درصورتی‌که حساسیت‌های مربوط به مشخصات کیفی سیلیکا و یکنواختی محصول مدنظر تولیدکنندگان داخلی قرار گیرد، با همکاری و راهنمایی شرکت‌های تایرسازی در ارتقای کیفی محصولات داخلی و دیدگاه مثبت این شرکت‌ها

درخصوص جایگزین کردن منابع داخلی می‌توان امیدوار بود که شرایط برای رشد کمی و کیفی در تولید این محصول که افزون بر لاستیک کاربردهای گوناگونی دارد، فراهم شود IRM

مراجع

۱- کتاب Compounding Precipitated Silica in Elastomers نوشته Norman Hewitt سال ۲۰۰۷
۲- کتاب Silica Reinforced Tyre Rubbers نوشته Annemieke ten Brinke سال ۲۰۰۲
۳- کتاب تکنولوژی جامع لاستیک (هافمن): انتشارات شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
۴- کتاب سیلان پیوند در مرز مشترک: انتشارات شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
۴- جزوات و بروشورهای شرکت‌های بزرگ تولیدکننده سیلیکای رسوبی مانند PPG، Solvay، Evonik و ...

مطالعه‌ی اثر انواع کائوچوهای SBR پرشده با سیلیکا بر ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و پیش‌بینی مقاومت غلتشی به کمک ویژگی‌های رئولوژیکی

Study of the effect of different types of SBR-filled silica rubber on physical-mechanical properties and prediction of rolling resistance by rheological properties

چکیده:

در این پژوهش، ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و رئولوژیکی آمیزه‌های به‌دست آمده از کائوچوهای SBR1502، SBR1712، SBR1763 و SBR72612 پرشده با ۵۵ پارت سیلیکا موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. همچنین، با توجه به این‌که رفتار رئولوژیکی آمیزه‌های لاستیکی می‌تواند بیانگر بسیاری از ویژگی‌های عملکردی تایر باشد و دانش شناخت ویژگی‌های رئولوژیکی موادلاستیکی به ما این توانایی را می‌دهد که پیش‌بینی مناسبی از مقاومت غلتشی داشته باشیم، در این پژوهش ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌ها با دستگاه RPA3000 موردسنجش قرار گرفت. بدین منظور، چهار نمونه با کدهای E1SBR/Silica[1]، E2SBR/Silica[2]، E3SBR/Silica[3] و SSBR/Silica[4] تهیه شد. نتیجه‌های بررسی و مقایسه‌ی توزیع وزن موکولی نشان داد که SSBR دارای باریک‌ترین توزیع وزن موکولی و بیشترین وزن مولکولی است. همچنین، بررسی ویژگی‌های مکانیکی نشان از آن بود که نمونه‌ی E1SBR/Silica دارای بیشترین مقدار ازدیاد طول و کمترین مدول یانگ است که به ترتیب و با تغییر توزیع وزن موکولی و وزن موکولی، مدول یانگ بیشتر شده و درصد ازدیاد طول کمتر می‌شود. همچنین، بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی نشان داد که نمونه‌ی SSBR/Silica کمترین مقدار عامل اتلاف را دارد که انتظار می‌رود تایر ساخته‌شده با این نمونه دارای کمترین مقاومت غلتشی نیز باشد. با بررسی مقدار ویژگی‌های رئولوژیکی در بررسی جاروب کرنش در نمونه‌ها می‌توان یافت که هرچه مدول ذخیره بیشتر باشد، مقدار نیرو در یک درصد کشش ثابت، بیشتر خواهد بود که با نتیجه‌های ویژگی‌های مکانیکی به‌طور کامل مطابقت دارد.

واژه‌های کلیدی: استایرن بوتادین رابر، سیلیکا، ویژگی‌های رئولوژیکی، مقاومت غلتشی، ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی.

نوع مقاله: پژوهشی

ماجد امینی

کارشناس اداره مهندسی فرایند لاستیک بارز کردستان، تهران،ایران

* عهده‌دار مکاتبات:

majed_amini_90@yahoo.com

مقدمه

رفتار مکانیکی مواد الاستومری پرشده، وابسته به زمان یا ویژگی‌های ویسکوالاستیک است [۱]. این رفتار پیچیده‌ی موادلاستیکی نیاز به درک بیشتری دارد و برای دست‌یابی به یک مدل‌سازمانی مناسب برای طراحی بهتر اجزای لاستیک، نیاز به دانش قوی است. این کار متمرکز بر مطالعه‌ی اثر نوع پرکننده، نوع بسپار و برهم‌کنش این دو بر ویژگی‌های مکانیکی، رئولوژیکی و ویژگی‌های موادلاستیکی است. برای

1. Emulsion SBR (1502)
2. Emulsion SBR (1712)
3. Emulsion SBR (1763)
4. Solution SBR (72612)

رقابت بیشتر در بازار تایر لازم است که عملکرد تایر، بهبود داده شود که این بهبود عملکرد در سه پارامترِ مقاومت غلتشی، مقدار نویز و چنگزنی در محیط خیس، تحت عنوان برچسب انرژی تعریف می‌شود [۱ و ۲]. در این میان، رفتار رئولوژیکی آمیزه‌های لاستیکی می‌تواند بیانگر بسیاری از ویژگی‌های عملکردی تایر باشد. انتخاب مناسب مواد، نحوه‌ی آمیزه‌کاری، نحوه‌ی شکل‌دهی و فرایندهای اصلاحی انجام‌شده بر آمیزه‌ها به توانایی علمی و تجربه‌ی بالایی نیازمند است [۳]. دست‌یابی به ویژگی‌های بهینه‌ی سه‌گانه‌ی مقاومت غلتشی کم، کشانش یا چنگزنی مناسب و فرسایش کم را می‌توان جزء اصلی‌ترین و کلیدی‌ترین بخش بهینه‌سازی ویژگی‌های آمیزه‌ی تایر به‌شمار آورد. از آن‌جا که این سه ویژگی‌ها همواره به‌نوعی رفتار می‌کنند که بهبود در یکی منجر به افت سایر ویژگی‌ها می‌شود، بنابراین بهینه‌سازی هم‌زمان این سه پارامتر چالش‌برانگیزترین بخش طراحی آمیزه‌ی تایر برای رسیدن به سایر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی را تشکیل می‌دهد. کائوچوی SBR به روش‌های امولسیونی و محلولی تولید می‌شود [۴]. ساختار این دو نوع SBR، متفاوت از یکدیگر است به‌نحوی‌که در SBR محلولی توزیع جرم مولکولی باریک‌تر، تعداد شاخه‌ها کمتر و طول شاخه‌ها کوتاه‌تر است، درنتیجه، انتظار می‌رود که ویژگی‌های مناسب‌تری را در آمیزه ایجاد کند و در صنعت تایرسازی دنیا موردتوجه قرارگرفته است [۲، ۴ ، ۷]. در پژوهشی، قریشی و همکارانش [۸] به بررسی اثر ساختار مولکولی SBR و نوع پرکننده بر رفتار ابرگرانروکشسان آمیزه‌های SBR/BR رویه‌ی تایرسواری به کمک روش ترکیبی عددی-تجربی پرداختند. نشان داده شد که کائوچوی SBR محلولی نسبت به نوع امولسیونی ۵۰ درصد عملکرد بهتری دارد و نیز افزودن سیلیکا موجب کاهش ۲۵ تا ۳۵ درصد اتلاف انرژی می‌شود. همچنین، مطالعه‌ها نشان داده که چگالی پیوندهای عرضی در SBR محلولی به‌تقریب دو برابر SBR امولسیونی است [۸]. با توجه به این‌که نوع کائوچوی مصرفی به‌عنوان اصلی‌ترین جزء آمیزه، اثر ویژه‌ای بر عملکرد گرانروکشسانی و اتلاف انرژی آن دارد. بنابراین، در پژوهش حاضر، نقش دو نوع کائوچو بر ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و رئولوژیکی یک آمیزه بررسی شد. هدف از این پژوهش، بررسی استفاده از استایرن بوتادین رابرهای متفاوت و رایج در صنعت تایر کشور برای دست‌یابی به ویژگی‌های مکانیکی و رئولوژیکی بهینه است. برای این منظور، از آزمون‌های ویژگی‌های مکانیکی وRPA [1] استفاده شده است.

بخش تجربی

۱- مواد

انواع گوناگون استایرن بوتادین رابر مورداستفاده در این پژوهش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ مشخصات استایرن بوتادین رابر

روش تولید SBR	نوع SBR	باند استایرن	درصد مواد فرار
محلولی	۷۲۶۱۲	۲۵٪	۰.۷۵
امولسیونی	۱۷۶۳	۲۲.۵-۲۴.۵٪	۰.۵
امولسیونی	۱۷۱۲	۲۲.۵-۲۴.۵٪	۰.۷۵
امولسیونی	۱۵۰۲	۲۲.۵-۲۴.۵٪	۰.۷۵

در این پژوهش، سایر مواد شیمیایی مورداستفاده از گرید صنعتی و موجود در بازار است.

۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

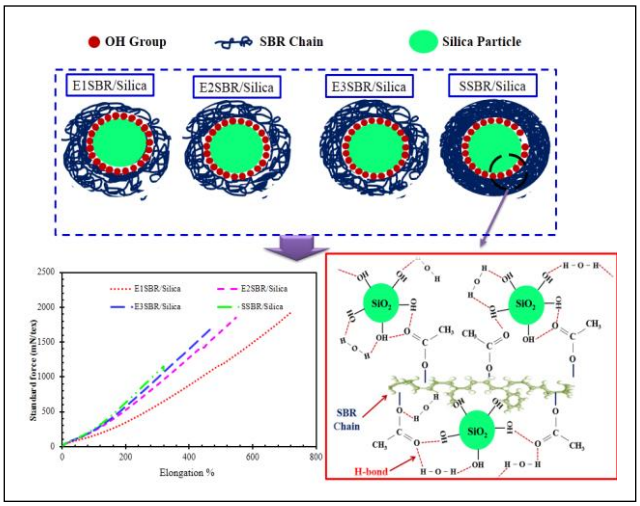
در جدول ۲ فرمولاسیون نمونه‌ها آمده است. منبع تأمین‌کننده‌ی تمامی مواد از گرید صنعتی موجود در بازار است. برای ساخت نمونه‌ها از بنبوری یکونیم لیتری

1. Rubber Process Analyzer

آزمایشگاهی استفاده شد؛ بدین ترتیب که نخست استایرن بوتادین رابر و مواد شیمیایی به میکسر افزوده و به مدت ۲ دقیقه میکس انجام شد. سپس، سیلیکا و در نمونه‌ی اول، روغن افزوده و به مدت سه دقیقه تا رسیدن به دمای ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد عمل میکس شدن ادامه پیدا کرد. سپس، آمیزه‌ی مستر تخلیه و پس از ۲۴ ساعت برای آماده‌سازی نهایی، آمیزه‌ی مستر با مواد شیمیایی نهایی که تشکیل‌شده از سیستم پخت است، به مدت ۲ دقیقه و تا رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد میکس شدند. سپس، آمیزه‌ی نهایی تخلیه و به‌مدت سه دقیقه عمل رول‌کاری برای اختلاط بهتر بر نمونه‌ها انجام شد. لازم به ذکر است که تمامی نمونه‌ها در شرایط به‌طورکامل یکسان ساخته شدند. همچنین، طرحواره‌ای از خلاصه‌ی پژوهش و نتیجه‌ی مهم آن در شکل (۱) آمده است.

جدول ۲- فرمولاسیون نمونه‌ها (مقدارها برحسب phr است)

مواد	SSBR/Silica	E3SBR/Silica	E2SBR/Silica	E1SBR/Silica
استایرن بوتادین رابر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
سیلیکا	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
اسید استئاریک	۲	۲	۲	۲
عامل سیلان	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
واکس	۱	۱	۱	۱
اکسید روی	۱	۱	۱	۱
6PPD	۲	۲	۲	۲
روغن آروماتیک	-	-	-	۳۷.۵
TBBS	۲.۱۲	۲.۱۲	۲.۱۲	۲.۱۲
MBTS	۱.۵۹	۱.۵۹	۱.۵۹	۱.۵۹
گوگرد OT	۰.۹	۰.۹	۰.۹	۰.۹



شکل ۱- طرحواره کلی پژوهش

۳- آزمون بررسی ویژگی‌های مکانیکی

برای انجام آزمون بررسی ویژگی‌های مکانیکی از دستگاه کشش نوع Zwick/Roell Z050 ساخت کشور آلمان استفاده شد. در این پژوهش، نمونه‌های دمبلی از آمیزه پخت شده (در دمای ۱۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه) با استاندارد ASTM D412 موردبررسی قرار گرفت تا اثر نوع SBR بر ویژگی‌های مکانیکی مشخص شود. لازم به ذکر است که ضخامت نمونه‌ها ۲ میلی‌متر بود.

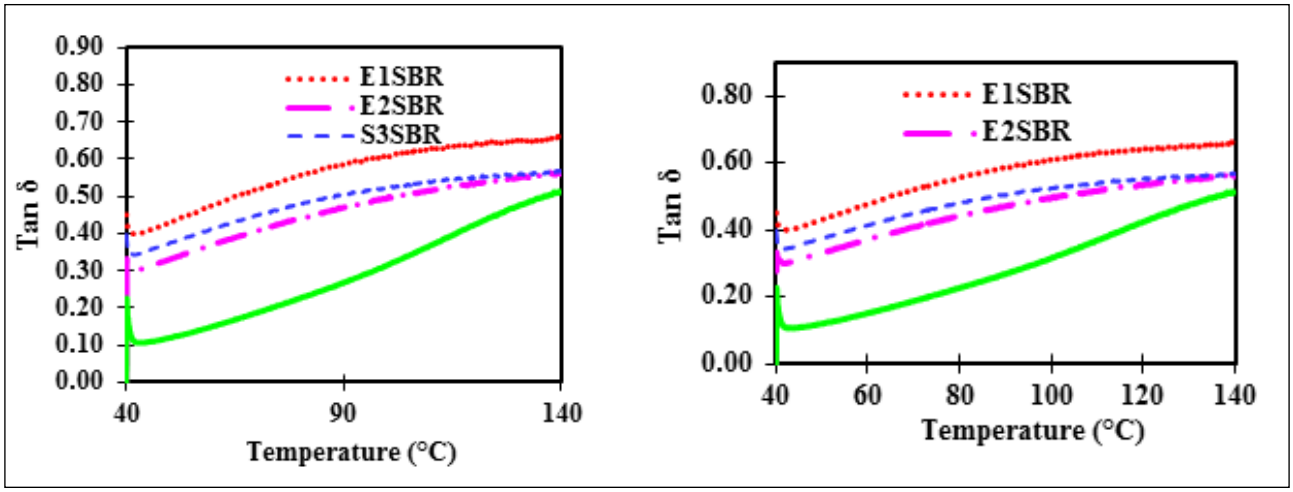
۴- آزمون بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی

برای تعیین ویژگی‌های رئولوژیکی و اندازه‌گیری مقدار اتلاف به‌منظور پیش‌بینی مقاومت غلتشی تایر ساخته‌شده با آمیزه‌ها، از دستگاه RPA مدل ۳۰۰۰ ساخت شرکت MonTech استفاده شد. RPA قادر به اندازه‌گیری و کنترل دما به‌دقت ۰٫۱ درجه سانتی‌گراد است و می‌توان آن را با شبیه‌سازی‌های فشار و فرکانس در گستره‌های وسیعی از دامنه‌ی کرنش و دما به‌کار برد. در این پژوهش، دو نوع آزمون گوناگون، جاروب کرنش و جاروب دمایی، هم برای آمیزه و هم کائوچو انجام شد. آزمون جاروب کرنش، در فرکانس ۱٫۶۷ هرتز و دو دمای ۶۰ و ۱۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد انجام شد. مدول ذخیره (G')، مدول اتلاف (G") و گرانروی (η*) ثبت شد. آنالیز جاروب دمایی برای کائوچو از گستره‌ی ۴۰ تا ۱۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در شرایط فرکانسی ۱٫۶۷ هرتز و دامنه ۷٪ انجام شد. همچنین، برای بررسی ویژگی‌های پختی نمونه‌ها در دمای ۱۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و زمان ۲۰ دقیقه نیز از این دستگاه استفاده شد.

نتیجه‌ها و بحث

۱- بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی کائوچوها

در شکل ۲، مقدار tanδ در مقابل دما را برای کائوچوهای SBR1502، SBR1712، SBR7263 و SBR72612 آمده است. همان‌طور که مشخص است، مقدار اتلاف برای کائوچوهای امولسیونی بیشتر از محلولی است. هرچه توزیع وزن موکولی پهن‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی وجود زنجیره‌هایی با طول متفاوت است. به این معنی که در ساختار هم زنجیره با طول کم و هم زنجیره با طول بلندتر وجود دارد. در این صورت زنجیره‌های کوچکتر می‌تواند عامل سرخوردگی برای زنجیره‌های بزرگتر باشد و به‌طور اصطلاح به‌عنوان یک



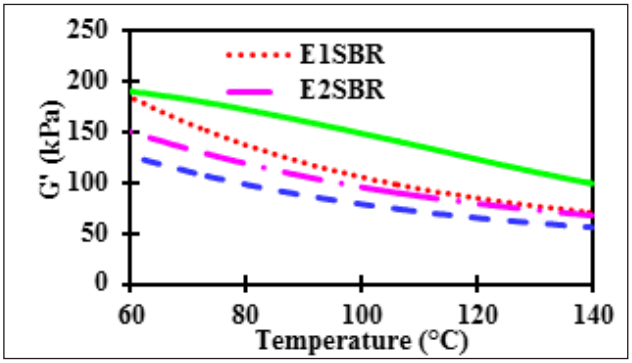
شکل ۲- نتیجه‌های مقایسه توزیع وزن موکولی کائوچوها

روانکار عمل کند، همین امر، موجب افزایش‌ترم اتلاف خواهد شد پس می‌توان گفت هرچه tanδ بیشتر باشد، توزیع وزن مولکولی پهن‌تر است [۹ تا ۱۱]. بنابراین، ترتیب افزایش توزیع وزن مولکولی کائوچوها بدین‌صورت است:

SBR1502 > SBR7263 > SBR1712 > SBR72612

همچنین، شکل ۳ مدول برشی ذخیره (G') در مقابل دما را نشان می‌دهد. مدول برشی ذخیره می‌تواند نشانگر وزن مولکولی کائوچو باشد. بدین‌صورت که هرچه طول زنجیره‌ها بلندتر و وزن موکولی بیشتر باشد، ترم ذخیره بیشتر می‌شود [۹ تا ۱۲]. افزایش وزن مولکولی برای انواع گوناگون کائوچوهای SBR استفاده‌شده در این پژوهش به‌صورت زیر است.

SBR72612 > SBR1502 > SBR1712 > SBR7263



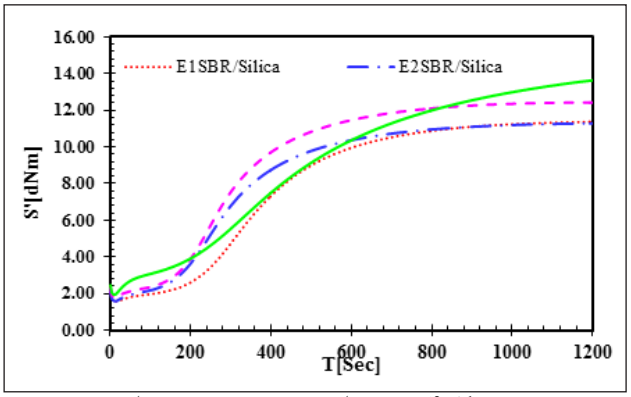
شکل ۳- نتیجه‌های مقایسه وزن موکولی کائوچوها

۲- ویژگی‌های پخت

نمودار مربوط به پخت نمونه‌ها در دمای 160 °C در شکل ۴ آورده شده است. مقادیر بیشینه (T_{max}) و کمینه‌ی (T_{min}) گشتاور پخت، اختلاف بین آن‌ها ($\Delta T = T_{max} - T_{min}$)، مقدار ۹۰٪ پخت (t90)، مونی گرانروی و سرعت پخت در جدول ۱ آورده شده است. با دقت درنتیجه‌های پخت می‌توان یافت که گشتاور بیشینه در نمونه SSBR/Silica بیشتر از سایر نمونه‌ها است. با توجه به اینکه میزان گشتاور بیشینه از چگالی اتصالات عرضی و میزان پخش فیلر در بستر آمیزه تأثیر می‌گیرد، می‌توان نتیجه گرفت که در نمونه SBR محلولی، پخش بهتری از سیلیکا در آمیزه بسپاری را شاهد هستیم که این پخش بهتر می‌تواند باعث افزایش استحکام پیوندی فیلر-بسپار نیز شود [۱۳ تا ۱۵]. از طرفی افزایش ΔT نیز به چگالی اتصالات عرضی برمی‌گردد و هرچه این میزان بیشتر باشد، انتظار می‌رود برهم‌کنش فیلر-بسپار به‌خوبی انجام شود. نتیجه‌های پخت همخوانی مناسبی با نتیجه‌های ویژگی‌های مکانیکی دارد چراکه نمونه محلولی دارای بیشترین سختی و بیشترین مدول یانگ است. این بدین معنی است که فیلر پراکندگی بسیار مناسبی در بستر بسپار دارد. همچنین، برهم‌کنش باندهای دوگانه SSBR با سیلیکا به‌مراتب بیشتر از ESBR است [۱۶ و ۱۷].

جدول ۳- نتیجه‌های به‌دست آمده از رئومتر پخت نمونه‌ها

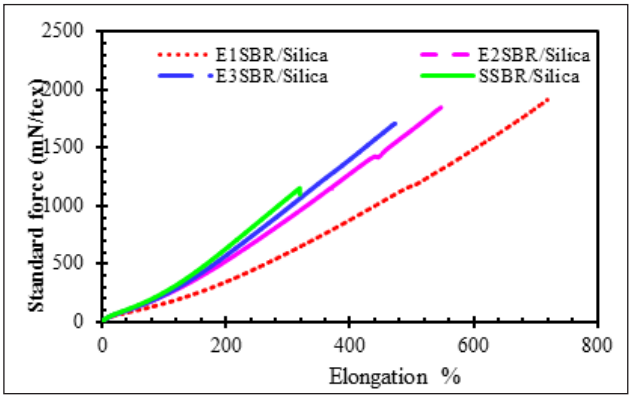
ردیف	کد نمونه	T_{min}	T_{max}	$\Delta T = T_{max} - T_{min}$	t_{90}	Cure rate
۱	E1SBR/Silica	۱٫۵۹	۱۱٫۳۷	۹٫۷۸	۶۷۰	۰٫۰۱۷
۲	E2SBR/Silica	۱٫۵۸	۱٫۲۸	۹٫۷۰	۵۸۸	۰٫۰۱۷
۳	E3SBR/Silica	۱٫۷۹	۱۲٫۴۳	۱۰٫۶۴	۵۸۲	۰٫۰۲۰
۴	SSBR/Silica	۱٫۹۴	۱۳٫۶۳	۱۱٫۶۹	۸۸۴	۰٫۰۱۲



شکل ۴- نتیجه‌های بررسی پخت نمونه‌ها

۳- بررسی ویژگی‌های مکانیکی

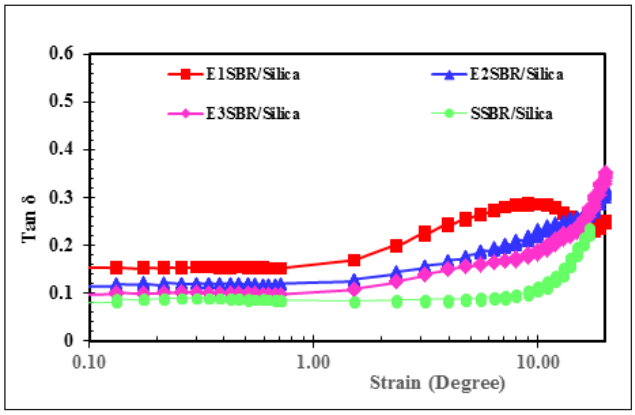
با انجام آزمون‌های ویژگی‌های مکانیکی که برای هر نمونه سه مرتبه تکرار شدند. نمونه‌ها رفتار تنش -کرنش مطابق با شکل ۵ را از خود نشان دادند. آزمون کشش نشان می‌دهد که مقادیر درصد ازدیاد طول و استحکام کششی به ترتیب برای نمونه‌های SSBR/Silica، E3SBR/Silica، E2SBR/Silica و E1SBR/Silica افزایش پیدا می‌کند. با دقت درنتیجه‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که در نمونه‌های حاوی SBR امولسیونی مقاومت شکست و میزان کشش افزایش می‌یابد. دلیل افزایش در میزان کشش در این آمیزه‌ها می‌تواند به حرکت راحت‌تر زنجیره‌ها برگردد به‌نحوی‌که وجود زنجیره‌های کوتاه‌تر باعث سرخوردگی زنجیره‌ها شده و افزون‌بر افزایش عامل اتلاف، میزان تحرک‌پذیری و کش آمدن نمونه را هم افزایش می‌دهد [۱،۸ و ۱۹]. اما در نمونه حاوی SBR محلولی به‌دلیل پیوند مناسب فیلر و بسپار، تحرک زنجیره‌ها کمتر شده و ازدیاد طول به مقدار قابل‌توجهی نسبت به نمونه‌های امولسیونی کاهش می‌یابد اما مدول یانگ بیشتر شده است. شکل‌گیری پیوندهای هیدروژنی میان گروه‌های سیلیکا با سطح SBR، می‌تواند سبب افزایش مدول یانگ شود. همچنین، نتیجه‌های پژوهش‌های پیشین به‌وضوح نشان داده شده است که SBR محلولی سبب بهبود ویژگی‌های آمیزه به نسبت امولسیونی می‌شود. از طرفی استحکام کششی بهتر در نمونه‌های امولسیونی می‌تواند به فاصله کمتر بین ذرات سیلیکا به‌دلیل وجود زنجیره‌های کوتاه‌تر برگردد.



شکل ۵- نتیجه‌های آزمون ویژگی‌های مکانیکی

۴- پیش‌بینی مقاومت غلتشی به کمک RPA

به‌منظور پیش‌بینی مقاومت غلتشی آمیزه‌ها، آزمون بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی با استفاده از دستگاه RPA انجام شد. شرایط آزمون بدین‌صورت بود که ابتدا نمونه‌ها در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد پخت شدند. در مرحله پس دما به ۶۰ درجه کاهش پیدا کرد و در فرکانس ۱٫۶۷ هرتز، آزمون جاروب کرنش از ۰٫۱ تا ۲۰ درجه انجام شد که نتیجه‌ها در شکل ۶ آمده است. با دقت در نمودارها می‌توان یافت که از کرنش بالای ۳ درجه با افزایش کرنش، عامل اتلاف برای همه نمونه‌ها زیاد می‌شود که دلیل آن تخریب شبکه پرکننده به همراه افزایش لغزش مولکولی است [۲۰ و ۲۱]. همچنین، در نمونه E1SBR/Silica با افزایش بیشتر کرنش در بالای ۱۵ درجه عامل اتلاف کاهش می‌یابد که احتمالاً به‌دلیل کاهش اتلاف انرژی ناشی از شکست و اصلاح شبکه پرکننده باشد زیرا اصلاحات شبکه پرکننده بسیار دیرتر (در کرنش‌های بالاتر) از تخریب شبکه پرکننده رخ می‌دهد. Tanδ برای آمیزه‌ی حاوی SBR امولسیونی کمتر از سایر نمونه‌ها است. که طبق نتیجه‌های پژوهش، هرچه عامل اتلاف کمتر باشد، میزان مقاومت غلتشی بهبود می‌یابد و مصرف سوخت کمتر است. دلیل پدیده نکرشده به تعامل و برهمکنش مناسب فیلر-بسپار برمی‌گردد [۱ و ۲۱].



شکل ۶- نتیجه‌های بررسی عامل اتلاف و پیش‌بینی مقاومت غلتشی

نتیجه‌گیری

نوع کائوچوی مصرفی در آمیزه‌های لاستیکی و ساختار آن اثر زیادی روی ویژگی‌های نهایی آمیزه دارد به‌نحوی‌که حتی بدون تغییر نوع کائوچو و تنها با تغییر ساختار و وزن موکولی، این اثرات به‌خوبی نمایان خواهد شد، به همین منظور در این پژوهش، نوع SBR روی ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و رئولوژیکی آمیزه لاستیکی بررسی شد. نتیجه‌های آزمون‌های انجام‌شده به‌شرح زیر است:

- مقدار اتلاف برای کائوچوهای امولسیونی بیشتر از محلولی است.
- ترتیب افزایش توزیع وزن موکولی به شکل زیر است:

SBR1502 > SBR7263 > SBR1712 > SBR72612

- در این پژوهش، افزایش وزن مولکولی برای انواع گوناگون کائوچوهای SBR استفاده‌شده به‌صورت زیر است:

SBR72612 > SBR1502 > SBR1712 > SBR7263

- در نمونه SBR محلولی، پخش بهتری از سیلیکا در آمیزه بسپاری را شاهد هستیم که این پخش بهتر می‌تواند باعث افزایش استحکام پیوندی فیلر-بسپار نیز شود.
- نمونه E1SBR/Silica دارای بیشترین میزان ازدیاد طول و کمترین مدول یانگ است که به ترتیب و با تغییر توزیع وزن موکولی و وزن موکولی، مدول یانگ بیشتر شده و درصد ازدیاد طول کمتر می‌شود.
- نمونه SSBR/Silica کمترین میزان عامل اتلاف را دارد که انتظار می‌رود تایر ساخته‌شده با این نمونه دارای کمترین مقاومت غلتشی نیز باشد IRM

مراجع

1. Honorato L, Dias ML, Azuma C, Nunes RCR. Rheological properties and curing features of natural rubber compositions filled with fluoromica ME 100. Polímeros 2016;26:249–53. doi:10.1590/0104-1428.2352.
2. Choi SS. Improvement of properties of silica-filled natural rubber compounds using polychloroprene. J Appl Polym Sci 2002;83:2609–16. doi:10.1002/app.10201.
3. Sadhu S, Bhowmick AK. Preparation and Properties of Styrene-Butadiene Rubber Based Nanocomposites: The Influence of the Structural and Processing Parameters. J Appl Polym Sci 2004;92:698–709. doi:10.1002/app.13673.
4. Tian M, Qu C, Feng Y, Zhang L. Structure and properties of fibrillar silicate / SBR. Structure 2003;8:4917–24. doi:10.1023/B:JMSC.0000004414.27574.93.
5. Li Y, Han B, Liu L, Zhang F, Zhang L, Wen S, et al. Surface modification of silica by two-step method and properties of solution styrene butadiene rubber (SSBR) nanocomposites filled with modified silica. Compos Sci Technol 2013;88:69–75. doi:10.1016/j.compscitech.2013.08.029.
6. Liu X, Zhao S, Zhang X, Li X, Bai Y. Preparation, structure, and properties of solution-polymerized styrene-butadiene rubber with functionalized end-groups and its silica-filled composites. Polymer (Guildf) 2014;55:1964–76. doi:10.1016/j.polymer.2014.02.067.
7. Choi SS, Park BH, Song H. Influence of filler type and content on properties of styrene-butadiene rubber (SBR) compound reinforced with carbon black or silica. Polym Adv Technol 2004;15:122–7. doi:10.1002/pat.421.

۸- میرحمیدرضا ق, فرود عس. اثر ساختار مولکولی SBR و نوع پرکننده بر ضریب نفوذ گرمایی آمیزه‌های SBR/BR استفاده شده در رویه تایرهای سواری n.d.

9. Mahata D, Prabhavale O, Samantarai S, Maity H, Nag A, Nando GB. Functionalization of styrene–butadiene rubber with meta-pentadecenyl phenol for better processing: A multifunctional additive and renewable resource. J Appl Polym Sci 2017;134. doi:10.1002/app.45150.
10. Ponnamma D, Thomas S, Scales DL. Non-Linear Viscoelasticity of Rubber Composites and Nanocomposites. n.d.
11. Indian Academy of Sciences. Polymer Molecular Weight 2004:43–56.
12. Dinsmore RP. Rubber Chemistry. Ind Eng Chem 2005;43:795–803. doi:10.1021/ie50496a014.
13. Hosseini SM, Razzaghi-Kashani M. On the role of nano-silica in the kinetics of peroxide vulcanization of ethylene propylene diene rubber. Polymer (Guildf) 2017;133:8–19. doi:10.1016/j.polymer.2017.10.061.
14. Hosseini SM, Razzaghi-Kashani M. Catalytic and networking effects of carbon black on the kinetics and conversion of sulfur vulcanization in styrene butadiene rubber. Soft Matter 2018;14:9194–208. doi:10.1039/C8SM01953C.
15. Hosseini SM, Razzaghi-Kashani M. Vulcanization kinetics of nano-silica filled styrene butadiene rubber. Polymer (Guildf) 2014;55:6426–34. doi:10.1016/j.polymer.2014.09.073.
16. Luo Y, Qu L, Su H, Chan TW, Wu S. Effect of chemical structure of elastomer on filler dispersion and interactions in silica/solution-polymerized styrene butadiene rubber composites through molecular dynamics simulation. RSC Adv 2016;6:14643–50. doi:10.1039/c5ra24965a.
17. Kadum Abd-Ali N, Al-Fattal DS. AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF THE TYPE OF CARBON BLACK IN THE DESIGN OF TRUCK TIRE SIDEWALL RECIPE Effect of Fiber Orientation Angles on Mechanical Behavior of Car Bumper Composite 2017.
18. Zhang L, Wang Y, Wang Y, Sui Y, Yu D. Morphology and Mechanical Properties of Clay / Styrene-. Polymer (Guildf) 2000:1873–8.
19. Yang Z, Peng H, Wang W, Liu T. Crystallization behavior of poly(ε-caprolactone)/layered double hydroxide nanocomposites. J Appl Polym Sci 2010;116:2658–67. doi:10.1002/app.
20. Kieff FS. Emulsion Styrene-Butadiene Rubber from U. S. International Trade Commission 2016;1337.
21. Wang Z, Li S, Wei D, Zhao J. Mechanical properties, Payne effect, and Mullins effect of thermoplastic vulcanizates based on high-impact polystyrene and styrene-butadiene rubber compatibilized by styrene-butadiene-styrene block copolymer. J Thermoplast Compos Mater 2015;28:1154–72. doi:10.1177/0892705713503672.

علمی- فنی

بررسی روغن پالم اپوکسید شده به عنوان کمک فرایند و فعال‌کننده‌ی سبز در آمیزه‌های لاستیکی

Investigation of Epoxidized Palm Oils as Green Processing Aids and Activators in Rubber Composites

چکیده:

روغن پالم اپوکسید شده (EPO) کمک فرایندی سازگار با محیط‌زیست، زیست تخریب‌پذیر و به‌نسبت مقرون به‌صرفه است. در این مطالعه، جایگزینی EPO با روغن آروماتیک (AO)، روغن استخراج شده‌ی آروماتیک تقطیر شده‌ی اصلاح شده (TDAE) و روغن پالم اصلاح‌نشده (PO) در کائوچوی استایرن بوتادی‌ان (SBR) بررسی‌شده است. مشخصات پخت، خواص مکانیکی، مقاومت سایشی و خواص گرمازایی آمیزه حاوی EPO با نمونه‌های استاندارد حاوی روغن‌های آروماتیک مقایسه شد. آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO، بهبود خواص مکانیکی شامل مدول، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی از خود نشان دادند. این اتفاق به بهبود پراکنش پرکننده‌ها در بستر کائوچو و برهم‌کنش بین پرکننده و کائوچو برمی‌گردد. افزون‌بر این، استفاده از EPO در مقادیر کم باعث مقاومت سایشی، جهندگی و گرمازایی قابل‌توجهی می‌شود. EPO در آمیزه‌های لاستیکی به‌عنوان یک ماده اولیه تجدیدپذیر است که می‌تواند جایگزین روغن‌های نفتی در کاربردهای مختلف شود. این پژوهش، مسیر جدیدی را برای آمیزه‌های لاستیکی با عملکرد عالی در مصارف مهندسی گوناگون باز می‌کند.

واژه‌های کلیدی: روغن پالم اپوکسید شده، کائوچوی استایرن بوتادی‌ان، روغن‌های فرایندی.

نوع مقاله: پژوهشی

امین ایران‌پوری[1و*]، حامد بروستان[2]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر- دانشگاه تهران، شرکت ایران یاسا، تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی- دانشگاه صنعتی شاهرود، شرکت ایران یاسا، تهران، ایران

*** عهده‌دار مکاتبات:**

iranpoory@gmail.com

مقدمه

روغن‌های نفتی که از مشتقات صنعت پتروشیمی به‌دست می‌آیند، به عنوان نرم‌کننده برای کائوچوهای طبیعی و مصنوعی در صنعت تایر استفاده می‌شوند [۲ تا ۱]. از بین این روغن‌های نفتی، روغن‌های آروماتیک، نفتینیک و پارافینیک غالباً به عنوان کمک فرایند، همراه با سیستم‌های پخت پراکسیدی به‌کار می‌روند [۴]. با این حال این موضوع قابل توجه است که روغن‌های نفتی رو به اتمام هستند و اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان می‌گذارند. از این رو، تقاضای رو به رشدی برای

یافتن روغن‌های جایگزینی که تجدیدپذیر، ایمن، ماندگار[1] و سازگار با محیط‌زیست باشند، به وجود آمده است [۵].

روغن‌های گیاهی به دلیل پایداری، قیمت ارزان و سازگاری با محیط‌زیست، یک منبع طبیعی قابل توجه برای سنتز بسپارهای پایه‌زیستی[2] هستند [۷ تا ۶] . کاربرد این روغن‌ها به عنوان نرم‌کننده، به علت قابلیت آن‌ها در جایگزینی با مشتقات پتروشیمی در صنعت پلاستیک و لاستیک موردتوجه محققان قرارگرفته است. Dasgupta و همکاران گزارش کرده‌اند که روغن پالم (PO) در بستر لاستیکی به عنوان یک کمک فرایند دوستدار محیط‌زیست، با بهبود خواص پراکنش و برهم‌کنش بین کائوچو و پرکننده، فرایندپذیری بهتری را از خود نشان می‌دهد [۸]. Kuriakose و Varghese دریافتند که در مقدار ثابت (phr 1) روغن گیاهی، آمیزه دارای خواص مکانیکی بهتری نسبت به روغن پارافینیک است. روغن سبوس برنج عاری از اسیدهای چرب باعث افزایش خواص فیزیکی آمیزه کائوچوی طبیعی پرشده با دوده و آمیخته‌های پلی‌کلروپرن می‌شود [۹].

در سال‌های اخیر، از روغن‌های گیاهی اصلاح شده برای اصلاح بسپارهای گرماسخت و سنتز بسپارهای جدید به منظور افزایش بازده تولید کف‌پوش مشمع کف اتاق[3] استفاده‌شده است [۱۱ تا ۱۰]. به‌طورکلی، در نظر گرفته می‌شود که روغن پالم اپوکسید شده (EPO) به‌طور شیمیایی اصلاح و از طریق اپوکسی‌دار شدن و آکریل‌دار شدن واکنش اپوکسید با مالئیک انیدرید، تری‌گلیسیرید را به یک گروه واکنش‌پذیر تبدیل می‌کند [۱۶ تا ۱۳]. اپوکسی‌دار شدن روغن پالم با واردکردن آن در یک فرایند اکسایش انجام می‌شود. فرایند اپوکسی‌دار شدن، یک واکنش شیمیایی به منظور تبدیل پیوند دوگانه کربن-کربن به گروه عاملی اپوکسی در روغن گیاهی بوده که یک اتر حلقوی با سه‌اتم است. امروزه این فرایند بسیار مهم است، زیرا اپوکسیدهای به دست آمده از روغن گیاهی می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه در دمای زیاد برای الکل یا گیلکول‌ها مورداستفاده قرار گیرند. EPO نه‌تنها پایداری روغن را افزایش می‌دهد، بلکه باعث ایجاد واکنش‌پذیری مناسبی برای تشکیل پیوندهای شیمیایی با بسپارهای دیگر نیز می‌شود. Rosli و همکاران، پخت یک سیستم EPO-دی‌اپوکسید سیکلوآلیفاتیک با یک حلقه‌ی اکسیران[4] به عنوان عامل پخت را برای تولید چندسازه‌های بسپاری با استفاده از تابش UV مطالعه کردند [۱۷]. همچنین، Jayewardhana و همکاران از روغن سویا اپوکسید شده در رزین اپوکسی به عنوان عامل چقرمگی به منظور افزایش استحکام ضربه استفاده کردند [۱۸]. بنابراین، پژوهشگران می‌توانند سیستم شبکه اپوکسی را به عنوان کمک فرایند ترکیب کنند. با وجود این‌که تقویت بسپارهای پلاستیکی با بهره‌گیری از اثرات EPO موردتوجه قرارگرفته است، پژوهش‌های کمی، استفاده از همین اثر را در بستر لاستیکی بررسی کرده است. در این پژوهش، لازم است به منظور بررسی مناسب بودن EPO به عنوان یک ماده‌ی کمک فرایند و فعال‌کننده، برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی آن با کائوچوی استایرن بوتادی‌ان بررسی شود.

در این مقاله، SBR به عنوان بستر لاستیکی انتخاب و به‌طور موفقی آمیزه‌های لاستیکی چندمنظوره‌ای بر پایه SBR/EPO تهیه شدند. EPO یک افزودنی کشسان نویدبخش است، زیرا مدول، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی را افزایش میدهد. همچنین، بهبود پراکنش پرکننده‌ها در بستر لاستیکی، اثر هم‌افزایی چشم‌گیری بر بهبود مقاومت سایشی، گرمازایی و خواص جهندگی دارد. بر اساس این نتایج می‌توان تأیید کرد که روغن‌های ترکیبی بر پایه‌ی روغن پالم می‌تواند به عنوان افزودنی‌های چندمنظوره

1. Sustainable
2. Bio-based
3. Linoleum floor cloth
4. Oxirane

در آمیزه‌های لاستیکی استفاده شود.

بخش تجربی

۱- مواد و آمیزه‌سازی

مواد و فرمول‌های مختلف آمیزه‌ی روغن/SBR در جدول ۱ خلاصه‌شده است. آمیزه‌ها با مخلوطکن داخلی با روغن پالم اپوکسید شده (EPO) تولیدشده تا با آمیزه‌های حاوی روغن‌های مختلف مانند روغن آروماتیک (AO)، روغن استخراج شده‌ی آروماتیک تقطیر شده‌ی اصلاح شده (TDAE) و روغن پالم اصلاح‌نشده (PO) مقایسه شوند. در ابتدا SBR (۱۰۰ phr) با ۵۰ phr دوده و ۳ phr از روغن‌های مختلف در مخلوطکن بنبوری با سرعت ۶۰ rpm مخلوط و سپس، عوامل پخت و مواد افزودنی به منظور شروع فرایند پخت به آن افزوده شود. آمیزه‌ها در یک قالب آلومینیومی قرار گرفتند و تحت فشار (۰٫۴۵ MPa) و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت t_{90} (زمان بهینه‌ی پخت به‌دست آمده از رئومتر) پخت شد [۱۹].

۲- روش تخریب گرمایی

نمونه‌های دمبلی شکل با ضخامت ۰٫۵ mm از آمیزه‌های لاستیک حاوی روغن‌های مختلف تهیه شد. تمامی نمونه‌ها (EPO/SBR،AO/SBR، PO/SBR، TDAE/SBR) در یک گرم خانه با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶۸ ساعت قرار گرفتند تا واکنش تخریب گرمایی انجام شود.

۳- تعیین مشخصات

بررسی مشخصات پخت با استفاده از رئومتر MDR (DRM-100(LP-171) در مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. همچنین، سختی با استفاده از سختی‌سنج دستی بر اساس TECLOCK اندازه‌گیری شد. آزمون کشش با سرعت ۵۰۰ mm/min توسط دستگاه Instron (Instron Co., UK) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های دمبلی شکل به طول ۱۰۰ mm و عرض ۵ mm بودند. برای هر نمونه حداقل ۴ آزمون انجام‌شده است. آزمون‌های دینامیکی با استفاده از یک دستگاه آنالیز دینامیکی- مکانیکی (model DMA 50N01Db; Metravib, France) در حالت کشش انجام گرفت. وابستگی دمایی (روبش دمایی[1]) برای مدول ذخیره و ضریب اتلاف (که با $\tan\delta$ نشان داده می‌شود و برابر با نسبت مدول اتلاف به مدول ذخیره است) از ۵۰- تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و با آهنگ گرمایش ۳

جدول ۱- فرمول‌بندی آمیزه‌های روغن/SBR مختلف

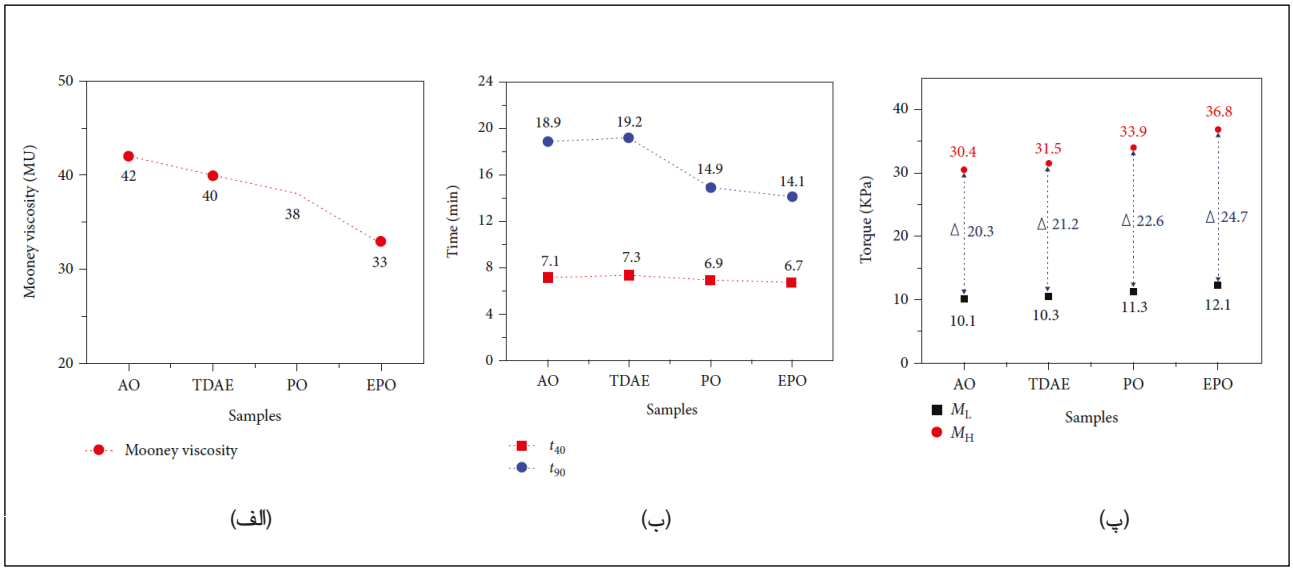
مواد	شرکت تأمین‌کننده	EPO	PO	TDAE	AO
SBR	Kumho Petrochemical Co. Ltd., Korea	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
دوده N330	OCI Co. Ltd., Korea	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
اسید	Sigma-Aldrich	۱	۱	۱	۱
AO	Kumho Petrochemical Co. Ltd., Korea	–	–	–	۳
TDAE	Kumho Petrochemical Co. Ltd., Korea	–	–	۳	–
PO	Kumho Petrochemical Co. Ltd., Korea	–	۳	–	–
EPO	Kumho Petrochemical Co. Ltd., Korea	۳		–	–
گوگرد	Sigma-Aldrich	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵
اکسیدروی	Sigma-Aldrich	۲	۲	۲	۲
TBBS	Shandong Shanxian Co. Ltd., China	۱	۱	۱	۱

1. Temperature sweep

درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و بسامد ۱۰ هرتز اندازه‌گیری شد. خواص خستگی آمیزه‌ها با استفاده از دی‌متیا ((Ueshima, D430-06(ASTM)) به‌دست آمد. مقاومت سایشی و جهندگی آمیزه‌های لاستیکی به ترتیب با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت سایشی DIN (GT-KB02, ASTM D3389-19) و دستگاه آزمون جهندگی (RB 3000) انجام شد.

نتایج و بحث

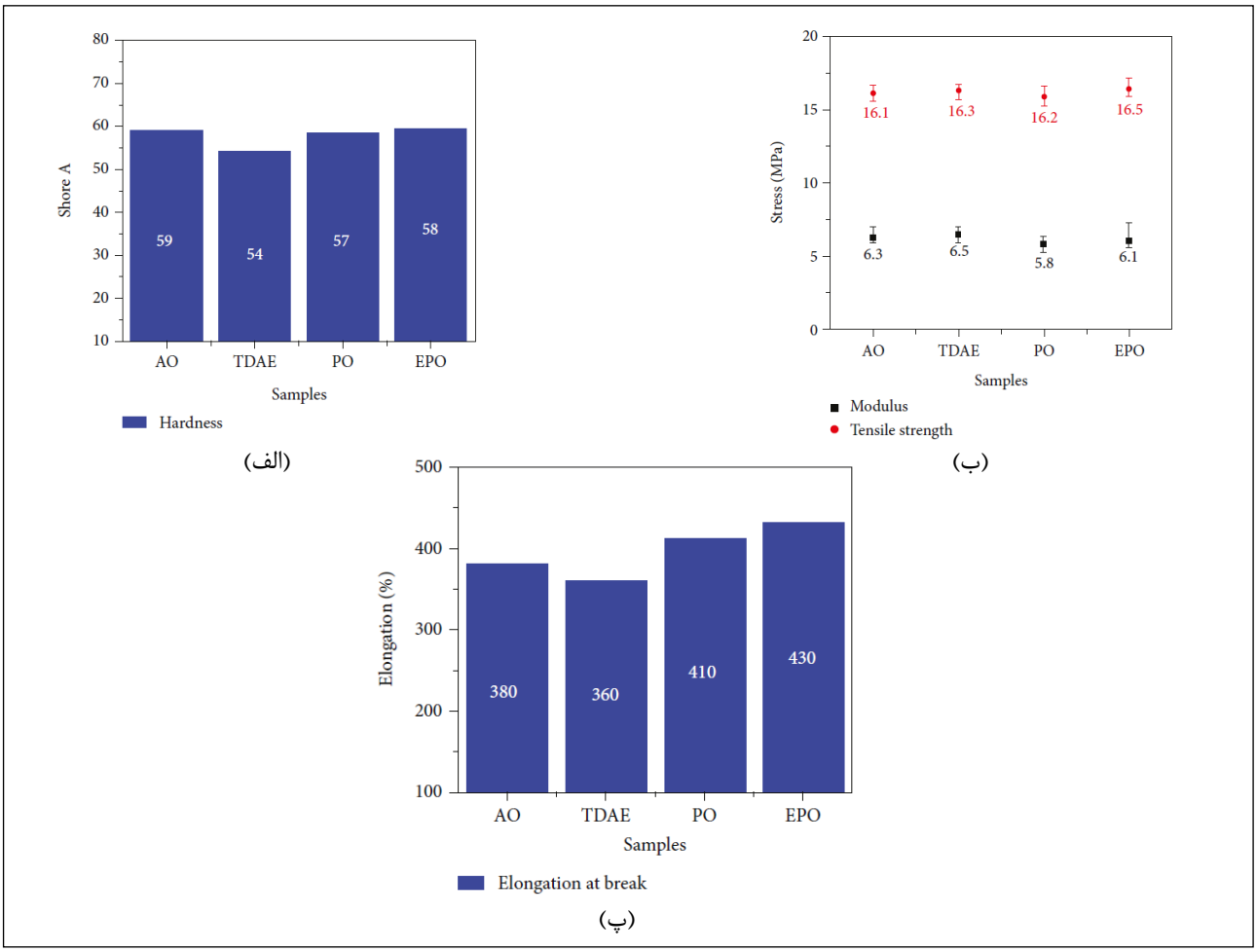
فرایندپذیری آمیزه‌ها با روغن‌های متفاوتی مانند TDAE، AO و PO مهم است و با کمک ارزیابی مشخصات پخت مانند زمان پخت، گرانروی مونی و حداکثر و حداقل گشتاور پخت به‌دست آمد. به‌طورکلی، گرانروی مونی به عنوان شاخص فرایندپذیری آمیزه‌های لاستیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۱-الف نشان داده‌شده است، EPO، گرانروی مونی و گرانروی برشی ظاهری آمیزه‌های لاستیکی را کاهش می‌دهد و باعث بهبود فرایند تولید می‌شود. مشخصات پخت بر اساس t_{40} (زمان برشتگی) و t_{90} (زمان پخت) برای لاستیک‌ها با روغن‌های مختلف در شکل ۱-ب نشان داده‌شده است. زمان برشتگی و زمان پخت برای لاستیک حاوی PO و EPO کوتاه‌تر از سایر آمیزه‌های لاستیکی است. زیرا گروه اپوکسی می‌تواند عامل پخت فعال تشکیل دهد [۲۰] که در شکل ۱-ب نشان داده‌شده است. مقایسه‌ای از گشتاور آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های متفاوت در شکل ۱-پ به نمایش در آمده است. مقدار $M_H - ML$(اختلاف گشتاور که معیاری از چگالی اتصالات عرضی است) در آمیزه‌های لاستیکی EPO (۲۴/۷ مگاپاسکال)، نسبت به دیگر آمیزه‌های لاستیکی، افزایش‌یافته است [۲۴-۲۱]. EPO به دلیل خاصیت قطبی و برقراری اتصالات عرضی قوی‌تر با کائوچو از طریق گروه‌های اپوکسید EPO در حین پخت، سازگاری بیشتری با SBR دارد و پراکنش پرکننده‌ها را در بستر لاستیکی بهبود می‌بخشد. این مسئله علت بهبود خواص مکانیکی آمیزه‌ی لاستیکی نشان داده‌شده در شکل ۲ است.



شکل ۱- خواص پخت آمیزه‌های لاستیکی. (الف) خواص پخت آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (ب) گرانروی مونی آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (پ) گشتاور آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف

خواص مکانیکی آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO با سایر روغن‌ها در شکل ۲ بررسی‌شده است. در شکل ۲-الف سختی نمونه‌های مختلف تفاوت چندانی ندارد. مدول و استحکام کششی آمیزه‌های لاستیکی حاوی روغن‌های متفاوت در شکل ۲-ب نشان داده‌شده است. استحکام کششی (T/S) آمیزه EPO به ترتیب ۳ و ۲ درصد نسبت به آمیزه‌های AO و PO افزایش داشته است. این پدیده به دلیل بهبود پراکنش و اتصالات بین سطحی قوی پرکننده‌ها در داخل بستر لاستیکی با گروه اپوکسی EPO است. افزون‌بر این، مطابق شکل ۲-پ افزایش طول در نقطه‌ی پارگی آمیزه‌ی لاستیکی حاوی EPO (۴۳۰ درصد) نسبت به آمیزه‌ی AO (۳۳۰ درصد) افزایش‌یافته است. تقویت‌کنندگی بیشتر به محدودیت حرکت زنجیرهای کائوچو و افزایش چسبندگی بین سطحی پرکننده‌ها و کائوچو از طریق بهبود پراکنش پرکننده‌های درون بستر لاستیکی با EPO مربوط می‌شود. استحکام کششی آمیزه‌ی لاستیکی حاوی EPO (۳ phr) بسیار بیشتر از سایر آمیزه‌ها است. این موضوع نشان می‌دهد که بار مکانیکی اعمال‌شده به دلیل برهم‌کنش بین‌سطحی و پراکنش یکنواخت به پرکننده‌ها منتقل می‌شود [۱۷].

در طیف FTIR روغن‌های پالم اپوکسید شده (EPO)، چهار

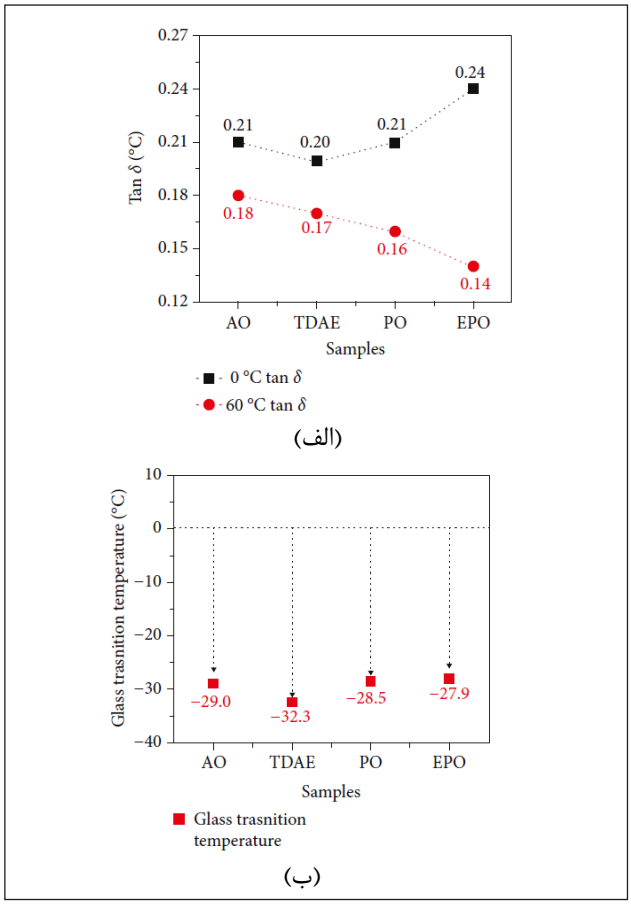


شکل ۲- خواص مکانیکی آمیزه‌های لاستیکی. (الف) سختی آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (ب) مدول کشسان و استحکام کششی آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (پ) ازدیاد طول آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف.

پیک مشخصه مربوط به کشش C-O-C، C=C، CH_2- و CH_3- در دیده می‌شود. در آمیزه‌ی لاستیکی بدون روغن، پرکننده‌های دوده به صورت انبوهه‌های کروی شکل در اندازه‌های مختلف (از خوشه‌های چند میکرونی تا کوچکتر از یک میکرون) مشاهده شد. اما در آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO انبوهه‌های بزرگی مشاهده نشد و دوده به صورت خوشه‌های یک میکرونی و حتی کوچکتر به خوبی در سراسر بستر لاستیکی توزیع‌شده بود.

از آن‌جایی‌که، بسیاری از لاستیک‌های مهندسی تحت بارگذاری دینامیکی قرار می‌گیرند، خواص دینامیکی مکانیکی (DMA) آن‌ها مهم است. خواص DMA مانند tan δ (نسبت مدول اتلاف به ذخیره) برای آمیزه‌های لاستیکی SBR حاوی روغن‌های مختلف در شکل ۳-الف نشان داده‌شده است [۲۵]. از نتایج DMA آمیزه‌های لاستیکی برای پیش‌بینی خواص چنگ‌زنی خیس و مقاومت غلتشی آن‌ها استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳-الف مشاهده می‌شود، با افزودن EPO مقدار tan δ در دمای ۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۱۴ درصد بیشتر از AO است که نشان‌دهنده عملکرد چنگ‌زنی تایر است. همچنین، در شکل ۳-الف، tan δ SBR حاوی EPO، در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کمتر از SBR حاوی AO است که به بهبود مقاومت غلتشی تایر ناشی از استفاده‌ی EPO مربوط می‌شود. افزون‌بر این، افزودن EPO به بستر لاستیکی باعث افزایش T_g از ۲۹- درجه سانتی‌گراد برای SBR حاوی AO به ۲۷٫۹- درجه سانتی‌گراد می‌شود که با T_g حدود ۲۸٫۵- برای آمیزه‌ی PO/SBR قابل‌مقایسه است. این مسئله، چسبندگی بین سطحی را بهبود می‌بخشد و حرکت زنجیرهای SBR را محدود می‌سازد (شکل ۳-ب) [۲۶]. همچنین، این نتایج با خواص مکانیکی آمیزه‌های نشان داده‌شده در شکل ۲ مطابقت دارد.

خواص سایش آمیزه‌های لاستیکی حاوی روغن‌های مختلف در شکل ۴-الف آورده شده است. برای آمیزه‌های SBR حاوی EPO خاصیت سایش، با بهبود پراکنش پرکننده‌ها در بستر لاستیکی افزایش‌یافته است. افزون‌بر این، سایش آمیزه‌های حاوی EPO بسیار کمتر از آمیزه‌های حاوی AO است که نشان‌دهنده کاهش مؤثر گرمازایی و ظرفیت اتلاف سامانه‌های لاستیکی است. در شکل ۴-ب، آمیزه‌ی SBR حاوی EPO دارای کمترین گرمازایی (۴۱٫۱ درجه سانتی‌گراد) و آمیزه SBR حاوی TDAE دارای بیشترین گرمازایی (۴۳٫۴ درجه سانتی‌گراد) هستند. درحالی‌که، خواص جهندگی آن‌ها روند معکوسی را از خود نشان می‌دهد. همچنین، نتایج گرمازایی، نتایج سایش آمیزه‌های لاستیکی را تأیید می‌کند. به‌طور جالبی آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO در برابر تخریب گرمایی



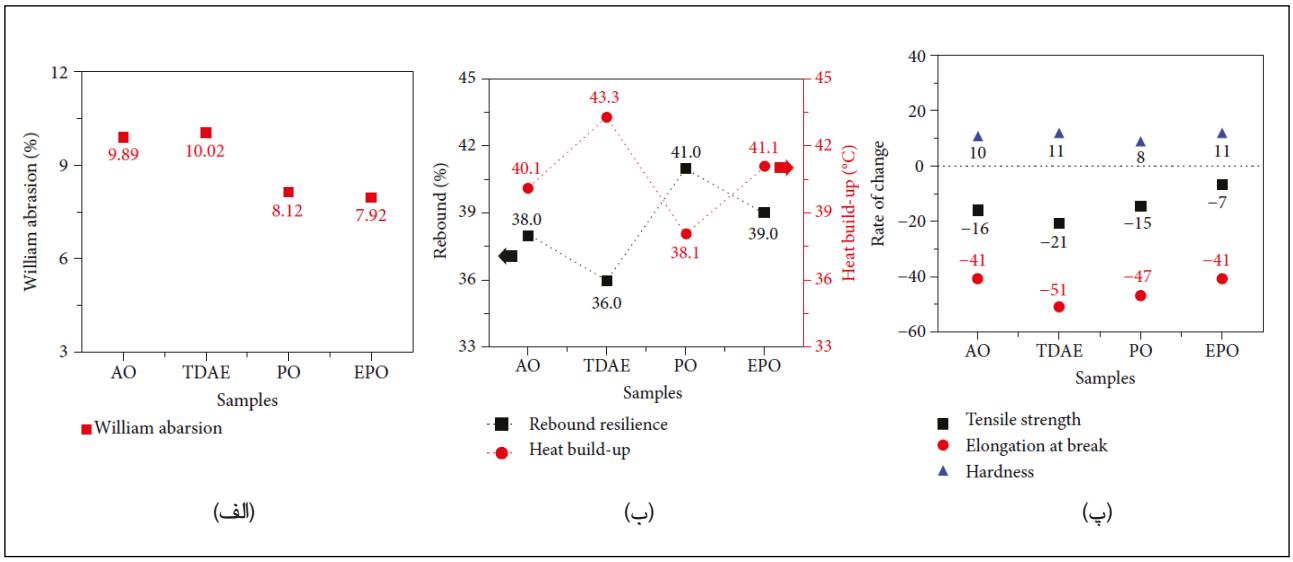
شکل ۳- خواص دینامیکی آمیزه‌های لاستیکی. (الف) tan δ آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (ب) دمای گذار شیشه‌ای (Tg) آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف.

مقاوم‌تر است. تخریب گرمایی بسپارهای حاوی گروه‌های پلی بوتادی‌ان مانند کائوچوی بوتادی‌ان (BR) [۲۷]، کائوچوی نیتریل (NBR) [۲۸]، اکریلونیتریل بوتادی‌ان استایرن (ABS) [۲۷ و ۲۹] و کائوچوی استایرن بوتادی‌ان (SBR) [۲۹و۳۰]، توسط چندین گروه موردمطالعه قرارگرفته است. پیشنهادشده است که تخریب گرمایی بیشتر با واکنش‌پذیری ایزومرهای سیس ۱،۲ بوتادی‌ان و ترانس ۱،۴ بوتادی‌ان کنترل می‌شود. پس از تخریب گرمایی، از آن‌جایی که زنجیرها توانایی حرکت به صورت زنجیرهای کائوچوی مستقل را از دست می‌دهند. حرکت مولکولی، برهم‌کنش ممان‌های دوقطبی را کاهش می‌دهد و در نتیجه قطبش متقابل[1] به آهستگی رخ می‌دهد [۲۹]. در آمیزه‌های SBR حاوی EPO برهم‌کنش بین زنجیر کائوچو و گروه عاملی اپوکسی EPO در حین عملیات حرارتی شدیدتر می‌شود. در نتیجه سختی، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO کمتر از سایر آمیزه‌های لاستیکی کاهش می‌یابد.

آمیزه‌های SBR حاوی EPO حتی در مقادیر کم، بهبود قابل‌توجهی در خواص مکانیکی مانند استحکام کششی و ازدیاد طول داشته است که ناشی از بهبود پیوندهای بین سطحی و پراکنش همگن پرکننده در بستر لاستیکی است. علاوه‌بر این، ترکیب EPO در بستر SBR به‌طور قابل‌توجهی سایش، گرمازایی و جهندگی را بهبود می‌دهد. بنابراین، می‌توان تأیید کرد که این روش پتانسیل زیادی را برای مهندسی بسپارها در مقیاس تجاری دارد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، روش جدیدی برای تهیه‌ی آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO با یک گروه اپوکسی ارائه شد. نانوچندسازه‌های لاستیکی که با EPO تهیه شدند، به دلیل افزایش برهم‌کنش بین‌سطحی، بهبود خواص مکانیکی، سایش، گرمازایی و خواص دینامیکی را نشان دادند. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که EPO در مقادیر



شکل ۴- خواص سایش، جهندگی، گرمازایی و پیرشدگی آمیزه‌های لاستیکی. (الف) سایش آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (ب) جهندگی و گرمازایی آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف. (پ) سختی، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی آمیزه‌های لاستیکی با روغن‌های مختلف بعد از گذشت ۱۶۸ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد.

1. Cross-polarization

کم برای تولید آمیزه‌های لاستیکی از TDAE، AO و PO مؤثرتر عمل می‌کند. افزون‌بر این، آمیزه‌های لاستیکی حاوی EPO دارای بیشترین مقاومت در برابر تخریب گرمایی در بین آمیزه‌های موردبررسی بود. این پژوهش، مسیر جدیدی را برای آمیزه‌های لاستیکی با عملکرد عالی در مصارف مهندسی گوناگون باز می‌کند*IRM*

مراجع

1. M. J. Wang, H. Y. Gong, and G. Z. Xue, Handbook of Rubber Industry, Chemical Industry Press, 2nd edition, 1989.
2. R. Faez and M.-A. de Paoli, "Elastic polyaniline with EPDM and dodecylbenzenesulfonic acid as plasticizers," Journal of Applied Polymer Science, vol. 82, no. 7, pp. 1768–1775, 2001.
3. G. Wypych, Handbook of Plasticizers, Chem Tec Publishing, Canada, 2004.
4. J. W. ten Brinke, S. C. Debnath, L. A. E. M. Reuvekamp, and J. W. M. Noordermeer, "Mechanistic aspects of the role of coupling agents in silica-rubber composites," Composites Science and Technology, vol. 63, no. 8, pp. 1165–1174, 2003.
5. S. Dasgupta, S. L. Agrawal, S. Bandyopadhyay et al., "Characterization of eco-friendly processing aids for rubber compound," Polymer Testing, vol. 26, no. 4, pp. 489–500, 2007.
6. L. G. Parks, J. S. Ostby, C. R. Lambright et al., "The plasticizer diethylhexyl phthalate induces malformations by decreasing fetal testosterone synthesis during sexual differentiation in the male rat," Toxicological Sciences, vol. 58, no. 2, pp. 339–349, 2000.
7. M. Rahman and C. S. Brazel, "Review: an assessment of traditional plasticizers and research trends for development of novel plasticizers," Progress in Polymer Science, vol. 29, no. 12, pp. 1223–1248, 2004.
8. S. Dasgupta, S. L. Agrawal, S. Bandyopadhyay, R. Mukhopadhyay, R. K. Malkani, and S. C. Ameta, "Improved polymer–filler interaction with an ecofriendly processing aid. Part 1," Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology, vol. 25, no. 3, pp. 141–164, 2009.
9. A. P. Kuriakose and M. Varghese, "Use of rice bran oil and epoxidized rice bran oil in carbon black-filled natural rubber polychloroprene blends," Journal of Applied Polymer Science, vol. 90, no. 14, pp. 4084–4092, 2003.
10. J. Xu, Z. Liu, S. Z. Erhan, and C. J. Carriere, "A potential biodegradable rubber—viscoelastic properties of a soybean oil-based composite," Journal of the American Oil Chemists' Society, vol. 79, no. 6, pp. 593–596, 2002.
11. H. Miyagawa, R. J. Jurek, A. K. Mohanty, M. Misra, and L. T. Drzal, "Biobased epoxy/clay nanocomposites as a new matrix for CFRP," Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol. 37, no. 1, pp. 54–62, 2006.
12. I. Hilker, D. Bothe, J. Prüss, and H. J. Warnecke, "Chemo-enzymatic epoxidation of unsaturated plant oils," Chemical Engineering Science, vol. 56, no. 2, pp. 427–432, 2001.
13. B. Lin, L. Yang, H. Dai, and A. Yi, "Kinetic studies on oxirane cleavage of epoxidized soybean oil by methanol and characterization of polyols," Journal of the American Oil Chemists' Society, vol. 85, no. 2, pp. 113–117, 2008.
14. W. He, Z. Fang, D. Ji et al., "Epoxidation of soybean oil by continuous micro-flow system with continuous separation," Organic Process Research & Development, vol. 17, no. 9, pp. 1137–1141, 2013.
15. M. Jacob, S. Thomas, and K. T. Varughese, "Mechanical properties of sisal/oil palm hybrid fiber reinforced natural

rubber composites," Composites Science and Technology, vol. 64, no. 7-8, pp. 955–965, 2004.

16. M. Rüsch gen. Klaas and S. Warwel, "Complete and partial epoxidation of plant oils by lipase-catalyzed perhydrolysis," Industrial Crops and Products, vol. 9, no. 2, pp. 125–132, 1999.
17. W. D. W. Rosli, R. N. Kumar, S. M. Zah, and M. M. Hilmi, "UV radiation curing of epoxidized palm oil-cycloaliphatic diepoxide system induced by cationic photoinitiators for surface coatings," European Polymer Journal, vol. 39, no. 3, pp. 593–600, 2003.
18. W. G. D. Jayewardhana, G. M. Perera, D. G. Edirisinghe, and L. Karunanayake, "Study on natural oils as alternative processing aids and activators in carbon black filled natural rubber," Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka, vol. 37, no. 3, pp. 187–193, 2009.
19. S. H. Song, "The effect of palm oil-based hybrid oils as green multifunctional oils on the properties of elastomer composites," Polymers, vol. 10, no. 9, pp. 1045–1054, 2018.
20. G. Chandrasekara, M. K. Mahanama, D. G. Edirisinghe, and L. Karunanayake, "Epoxidized vegetable oils as processing aids and activators in carbon-black filled natural rubber compounds," Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka, vol. 39, no. 3, pp. 243–250, 2011.
21. S. H. Song, "Synergistic effect of clay platelets and carbon nanotubes in styrene–butadiene rubber nanocomposites," Macromolecular Chemistry and Physics, vol. 217, no. 23, pp. 2617–2625, 2017.
22. O.-S. Kwon, D. Lee, S. P. Lee, Y. G. Kang, N. C. Kim, and S. H. Song, "Enhancing the mechanical and thermal properties of boron nitride nanoplatelets/elastomer nanocomposites by latex mixing," RSC Advances, vol. 6, no. 65, pp. 59970–59975, 2016.
23. S. H. Song, J. M. Kim, K. H. Park et al., "High performance graphene embedded rubber composites," RSC Advances, vol. 5, no. 99, pp. 81707–81712, 2015.
24. S. H. Song, H. K. Jeong, and Y. G. Kang, "Preparation and characterization of exfoliated graphite and Its styrene butadiene rubber nanocomposites," Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol. 16, no. 6, pp. 1059–1065, 2010.
25. K. P. Menard and N. R. Menard, "Dynamic mechanical analysis in the analysis of polymers and rubbers," Encyclopedia of Polymer Science and Technology, no. 42, pp. 1–33, 2015.
26. S. H. Song, K. H. Park, B. H. Kim et al., "Enhanced thermal conductivity of epoxy–graphene composites by using non-oxidized graphene flakes with non-covalent functionalization," Advanced Materials, vol. 25, no. 5, pp. 732–737, 2013.
27. M. Piton and A. Rivaton, "Photo-oxidation of ABS at long wavelengths ($\lambda > 300$ nm)," Polymer Degradation and Stability, vol. 55, no. 2, pp. 147–157, 1997.
28. F. Delor, J. Lacoste, J. Lemaire, N. Barrois-Oudin, and C. Cardinet, "Photo- and thermal ageing of polychloroprene: effect of carbon black and crosslinking," Polymer Degradation and Stability, vol. 53, no. 3, pp. 361–369, 1996.
29. J. A. Bousquet and J. P. Fouassier, "Photo-oxidation of a random styrene-butadiene copolymer: role of hydroperoxides and behaviour of butenyl segments," European Polymer Journal, vol. 23, no. 5, pp. 367–376, 1987.
30. C. Adam, J. Lacoste, and J. Lemaire, "Photo-oxidation of elastomeric materials: part II–photo-oxidation of styrene-butadiene copolymer," Polymer Degradation and Stability, vol. 26, no. 3, pp. 269–284, 1989.
31. T. M. Arantes, K. V. Leao, M. I. B. Tavares, A. G. Ferreira, E. Longo, and E. R. Camargo, "NMR study of styrene-butadiene rubber (SBR) and TiO2 nanocomposites," Polymer Testing, vol. 28, no. 5, pp. 490–494, 2009.

اثر پودر لاستیک بازیافتی به دست آمده از تایرهای فرسوده، بر خواص مکانیکی و حرارتی کامپوزیت‌های لاستیکی زمانمند شده بر پایه BR/SBR/WRP

The effect of recycled rubber powder obtained from reclaimed tires on the mechanical and thermal properties of aging rubber composite materials based on BR / SBR / WRP

چکیده:

ازآنجایی‌که استفاده مجدد از تایرهای ضایعاتی به عنوان جایگزین بخشی از ماتریس پلیمری موردتوجه است، در این مقاله پودر لاستیک ضایعاتی (WRP) تا ۲۰ phr جایگزین مخلوط الاستومری BR/SBR شده و با اعمال زمانمندی از ۲۴۰ تا ۹۶۰ ساعت در اتاقک زمانمندی تحت شرایطی محیطی (دمای ۲۳ ۳ ± ۰ c) نقش پودر لاستیک بازیافتی در تغییر خواص رئولوژیکی و فیزیکو مکانیکی آمیزه بررسی شد. بررسی مورفولوژی و ساختارشناسی کامپوزیت‌ها و همچنین رفتار حرارتی آن‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و دستگاه آنالیز حرارتی (TG/DTG) انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که وجود پودر لاستیک بازیافتی تا ۲۰ phr به عنوان جایگزین ماتریس پلیمری اولیه موجب بهبود در سرعت پخت، مقاومت در برابر رشد ترک، مقاومت پارگی و سختی آمیزه می‌شود. عملکرد کامپوزیت‌های BR/SBR/WRP در مقایسه با نمونه‌های BR/SBR حاکی از تغییر اندکی در خواص مکانیکی است؛ حال آن‌که مدولوس و سختی کامپوزیت‌ها با افزایش کمی همراه است. استفاده از پودرلاستیک بازیافتی علاوه براینکه دارای صرفه اقتصادی است به پاکسازی محیطزیست، کاهش مصرف مواد شیمیایی، جلوگیری از آلودگی آب و خاک، کاهش دفن زباله و غیره نیز کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پودر لاستیک بازیافتی، زمانمندی، خواص فیزیکو مکانیکی، خواص رئولوژیکی، BR/SBR.

نوع مقاله: پژوهشی

فرشته مطیعی[1،*]، فهیمه سادات مصطفوی نیشابوری[2]، علی اسمعیلی[2]

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲- دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* عهده‌دار مکاتبات:

f_motiee@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

تایرهایی که در طبیعت رها می‌شود، خطر جدی برای محیطزیست و سلامت انسان‌ها به شمار می‌آید زیرا به دلیل شکل فیزیکی و دوار بودن جای مناسبی برای زیست جانوران جونده است و شیارهای آن برای انواع پشه‌ها که ناقل بسیاری از بیماری‌ها ازجمله تب زرد است مکان مناسبی فراهم می‌کند. استفاده از تایرهای فرسوده در صنعت لاستیک راهحل مناسبی برای کاهش ضایعات و ایمنی محیطزیست است [۱]. عده‌ای از محققین درزمینه استفاده از ضایعات لاستیکی، اقدام به تولید

کامپوزیت‌هایی از لاستیک بازیافتی/پلی پروپیلن (RR/PP)، و کائوچوی طبیعی/پلی پروپیلن (NR/PP) در درصدهای وزنی مختلف کردند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پودر لاستیک ضایعاتی در ترکیب NR/PP استحکام کششی آمیزه کاهش‌یافته و ترکیب ترموپلاستیک PP با لاستیک بازیافتی، استحکام کششی و خواص بهتری نسبت به آلیاژ PP با NR نشان می‌دهد [۲].

از مطالعات مرتبط در این زمینه می‌توان به نقش سیستم پخت بر روی خواص مکانیکی و مقاومت زمانمندی حرارتی NR با پودر لاستیک بازیافتی در سال ۲۰۰۵ اشاره کرد که حاکی از آن است که اکثر خواص مکانیکی (به استثنای مقاومت کششی) آمیزه پخت شده با روش CV در مقایسه با آمیزه‌های پخت شده با روش EV بهبودیافته است [۳]. در سال ۲۰۱۳ عده‌ای از محققین به بررسی تأثیر سیستم‌های مؤثر و نیمه مؤثر پخت (EV و SemiEV) بر روی خواص آمیزه‌های لاستیکی بر پایه NR/R-EPDM پرداختند، نتایج نشان داد که Tg آمیزه‌های لاستیکی ولکانیزه شده به دلیل محدود بودن حرکت مولکول‌ها در اثر دانسیته اتصالات عرضی، افزایش پیدا می‌کند [۴]. عده‌ای از پژوهشگران به مطالعه تأثیر نسبت درصد الاستومرها در آلیاژ NR/R-EPDM بر روی خواص مکانیکی و خواص ساختاری آن‌ها پرداختند، نتایج حاکی از کاهش رشد ترک با افزایش میزان R-EPDM به آمیزه بود. همچنین ماکزیمم گشتاور، مینیمم گشتاور، TS_2، TC90 آمیزه با افزایش نسبت درصد R-EPDM افزایش یافت [۵]. دباپریا و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به مطالعه اثر تقویت‌کننده پودر لاستیک بازیافتی بر روی ترکیبات NR/PBR پرداختند و اعلام داشتند که با افزایش پودر لاستیک بازیافتی گشتاور و ویسکوزیته NR/PBR به دلیل افزایش اتصالات عرضی فعال کاهش‌یافته است [۶]. در سال ۲۰۱۵ محققان به بررسی ساخت کامپوزیت لاستیکی مغناطیسی با استفاده از باریم فریت و پودر لاستیک بازیافتی به کمک ماکروویو پرداختند، نتایج حاکی از سازگاری خوب بین باریم فریت و ماتریس لاستیکی و به دنبال آن تهیه کامپوزیت مغناطیسی با هزینه پایین و خواص مغناطیسی بسیار خوب شد [۷]. عده‌ای از محققان در سال ۲۰۱۶ به بررسی خواص لاستیک طبیعی/لاستیک بازیافتی کلروپرن (RCR) و تأثیر ترکیب درصد آن در مخلوط بر روی زمان پخت، خواص کششی و مورفولوژی آمیزه‌ها پرداختند [۸]. عده‌ای از پژوهشگران به بررسی نقش پودر لاستیک طبیعی در محدوده ۰-۵۰ phr به آمیزه‌های لاستیکی پرداختند. نتایج حاکی از افزایش استحکام کششی و کاهش ازدیاد طول هست [۹].

تاکنون مطالعات زیادی درزمینه استفاده از پودر لاستیک در صنعت تایر و بررسی خواص آمیزه‌ها انجام‌شده است ولی در خصوص نقش WRP بر روی رفتار پخت و ویژگی‌های مکانیکی و مقاومت حرارتی کامپوزیت‌های لاستیکی زمانمند شده بر پایه BR/SBR/WRP مطالعات بسیار محدودی صورت گرفته است. به منظور انجام پژوهش موردنظر ابتدا پودر لاستیک ضایعاتی با مقدار موردنیاز از TMTD و بخشی از روغن آروماتیک درون غلتک مخلوط شده و پس از اینکه به پودری بسیار نرم و چسبنده تبدیل شد با سایر اجزای آمیزه ادغام شد و درنهایت خواص رئولوژیکی و ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها قبل و بعد از زمانمندی آمیزه‌ها در اتاقک زمانمندی تحت شرایط محیطی (دمای ۲۳ ±۳ °C) موردبررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا بتوان محصولی جدید با قیمت کمتر و خواص قابل‌قبول تولید کرد.

بخش‌تجربی

۱- مواد

مواد استفاده‌شده در این مطالعه در جدول ۱ خلاصه‌شده است:

جدول ۱- مواد مورداستفاده

ردیف	کشور	شرکت	ماده
۱	ایران	پتروشیمی اراک	**SBR**
۲	ایران	پتروشیمی اراک	**BR**
۳	ایران	ایران کربن	**N-330**
۴	ایران	شیمیایی وحدت	**Aromatic oil**
۵	ایران	شکوهیه	**ZnO**
۶	مالزی	Acid Chem	**Stearic Acid**
۷	چین	Nanjing	**HB**
۸	هند	Nocil	**IPPD**
۹	ایران	ایران شیمی	**Wax**
۱۰	ایران	تسداک	**Sulfur**
۱۱	ایران	لنکشس بلژیک	**TMTD**
۱۲	چین	کیلون کمیکال	**CBS**

۲- دستگاه‌ها

دستگاه‌های مورداستفاده در این مطالعه عبارت‌اند از: میل دو غلتکی نیمه‌صنعتی از شرکت WSMCO,LTD کشور تایوان، رئومتر از شرکت HIWA کشور ایران، پرس هیدرولیک از شرکت آزمایشگاهی ایران، تست کشش از شرکت Testometric انگلستان، تست سایش از شرکت Bairss کشور آلمان، تست خستگی از شرکت HIWA ایران. دستگاه SEM از شرکت KYKY مدل EM-3200 ساخت کشور چین، دستگاه آنالیز حرارتی Sinco-STA 1500 از کشور کره.

۳- آماده سازی پودر لاستیک ضایعاتی

ابتدا ۲۰ گرم پودر لاستیک ضایعاتی با مقدار مشخصی از TMTD و حدود ۸ ml روغن آروماتیک به‌طور کامل و یکنواخت مخلوط شده تا زمانی که یک مخلوط همگن و یکنواخت از آن مشاهده شود، سپس مخلوط به دست آمده به وسیله میل دو غلتکی نیمه‌صنعتی با نسبت سرعت ۱:۲ در محدوده دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه به پودری بسیار نرم و چسبنده تبدیل می‌شود.

۴- آمیزه‌سازی

برای مخلوط سازی اجزای آمیزه از میل دو غلتکی نیمه‌صنعتی با نسبت سرعت ۱:۲ و در دمای اتاق در اندازه‌های ۶ × ۱۸ اینچ (که عدد سمت راست نشان‌دهنده قطر و عدد سمت چپ نشان‌دهنده پهنای هریک از غلتک‌ها می‌باشد) مدل 6-SYM ساخت کشور تایوان در محدوده دمایی ۵۰-۸۰ °C استفاده شد. به علت آنکه عموماً پایه آمیزه‌های لاستیکی، پلیمر سیرنشده است که با دوده تقویت‌شده و به وسیله سیستم گوگردی ولکانیزه می‌شود، اجزای آمیزه یکباره در حین ساخت ترکیب نمی‌شوند و ابتدا الاستومر خام توسط میل دو غلتکی تبدیل به محصول یکنواخت با ویسکوزیته کمتر می‌شود. سپس سایر اجزای آمیزه ازجمله پودر لاستیک آماده‌شده و در انتها عوامل پخت با آن افزوده‌شده و مخلوط می‌گردد. استفاده از غلتک باعث خوب پخش شدن و متناسب مواد در سراسر آمیزه می‌شود. عمل

اختلاط به مدت ۲۰ دقیقه صورت می‌گیرد [۱۰].

جدول ۲ فرمولاسیون ۶ آمیزه لاستیکی را که در این پژوهش ساخته‌شده است نشان می‌دهد. نمونه‌ی شاهد آمیزه‌ای بدون پودر لاستیک است و به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود. ابتدا به مقایسه رفتار پخت و خواص مکانیکی آمیزه شاهد (فاقد پودر لاستیک ضایعاتی) بر پایه BR/SBR با آمیزه هیبریدی BR/SBR/WRP حاوی ۲۰ phr پودر لاستیک ضایعاتی پرداخته می‌شود. سپس ویژگی‌های مکانیکی آمیزه حاوی ۲۰ phr پودر لاستیک بدون اعمال زمانمندی با نمونه‌های حاوی پودر لاستیک زمانمند شده در زمان‌های مختلف به مدت ۲۴۰، ۴۸۰، ۷۲۰ و ۹۶۰ ساعت، در اتاقک زمانمندی تحت شرایط محیطی (دمای ۲۳ ±۳ °C) مقایسه شده و تأثیر مدت زمان نگهداری نمونه‌های هیبریدی پخت نشده حاوی پودر لاستیک بر روی خواص رئولوژیکی، مکانیکی و حرارتی آن‌ها در شرایط محیطی موردبررسی قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

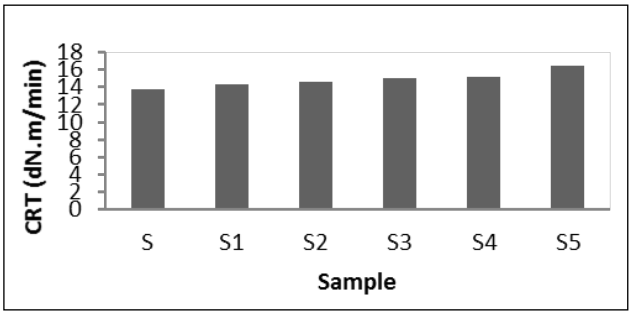
۱- بررسی خواص رئولوژیکی BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

به منظور بررسی اثر پودر لاستیک ضایعاتی به عنوان بخشی از ماتریس پلیمری بر روی رفتار پخت آمیزه‌های لاستیکی بر پایه BR/SBR/WRP نتایج به دست آمده از خواص رئولوژیکی، موردبررسی و تفسیر قرار گرفت. همان‌طور که میدانیم هر چه فرآیند پخت انرژی فعال‌سازی کمتری داشته باشد راحت‌تر و سریع‌تر پخت انجام می‌شود.

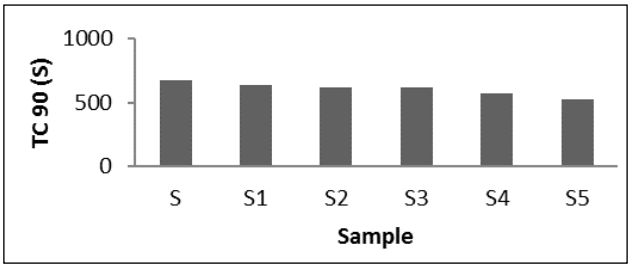
جدول ۲- فرمول‌بندی آمیزه‌های لاستیکی و مشخصه‌های ترکیبات BR/SBR

	فرمول	S	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
۱	SBR	۶۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
۲	BR	۳۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
۳	Waste rubber powder(WRP)	-	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
۳	N-330	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸
۴	Aromatic Oil	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۵	ZnO	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۶	Stearic Acid	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۷	HB	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۸	IPPD	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۹	Wax	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۰	Sulfur	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
۱۱	TMTD	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۱۲	CBS	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹

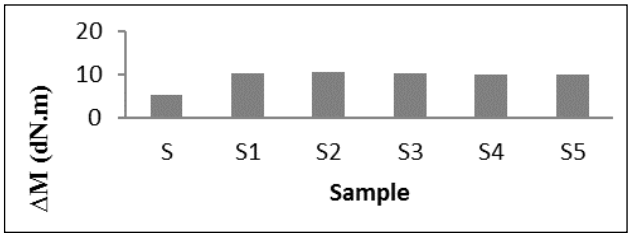
S: نمونه شاهد فاقد پودر لاستیک، S_1: نمونه حاوی پودر لاستیک (۲۰ phr) بدون اعمال زمانمندی، S_2: نمونه حاوی پودر لاستیک ۲۴۰ ساعت زمانمند شده، S_3: نمونه حاوی پودر لاستیک ۴۸۰ ساعت زمانمند شده، S_4: نمونه حاوی پودر لاستیک ۷۲۰ ساعت زمانمند شده، S_5: نمونه حاوی پودر لاستیک ۹۶۰ ساعت زمانمند شده.



نمودار ۱- تغییرات سرعت پخت نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده



نمودار ۲- تغییرات زمان پخت بهینه نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده



نمودار ۳- تغییرات اختلاف گشتاور نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

در ابتدا، به بررسی روند تغییرات زمان پخت بهینه در آمیزه S و S_1 می‌پردازیم (نمودار ۱ و ۲). با توجه به اینکه در نمونه S_1 بخشی از پودر لاستیک (20phr) به جای پلیمر اولیه جایگزین شده و پودر لاستیک، حاوی شتاب‌دهنده و فعال‌کننده پخت می‌باشد، از طرفی به دلیل کاهش ماتریس پلیمری اولیه تعداد پیوند دوگانه سیرنشده برای تشکیل پیوند کربن-گوگرد کاهش‌یافته بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که واکنش تشکیل اتصالات عرضی در نمونه حاوی پودر لاستیک زمانی که لاستیک تا ۱۶۰ °C حرارت داده‌شده، تسریع گردد و زمان پخت کاهش‌یافته و به دنبال آن سرعت پخت آمیزه افزایش یابد [۱۱].

کامپوزیت‌های لاستیکی ولکانیزه شده BR/SBR/WRP با توجه به اینکه پودر لاستیک یک ماده تخریب‌شده است از ویژگی‌های زمانمندی خاصی برخوردار است. همان‌طور که نمودار ۱ و ۲ نشان می‌دهد در نمونه‌های زمانمند شده حاوی پودر لاستیک (آمیزه s_2, s_3, s_4, s_5) در مقایسه با نمونه s_1 سرعت پخت افزایش و زمان پخت کاهش‌یافته است که این می‌تواند ناشی از تخریب زنجیره‌های پلیمری به دلیل حضور پیوند دوگانه در پلیمر باشد که آمیزه‌های زمانمند شده را مستعد به تخریب در اثر اکسایش (به علت حضور اکسیژن و اوزون) در مدت زمان نگه‌داری می‌کند. این امر سبب کاهش جایگاه فعال جهت تشکیل اتصال عرضی کربن-گوگرد شده و به دنبال آن منجر به افزایش سرعت پخت و کاهش زمان پخت می‌شود [۱۱ تا ۱۲].

ملاحظه می‌شود که ΔM یا تفاوت مینیمم و ماکزیمم گشتاور که به‌طور غیرمستقیم نشان‌دهنده دانسیته اتصالات عرضی است (نمودار ۳)، با افزودن پودر لاستیک ضایعاتی به آمیزه شاهد (نمونه S) ΔM افزایش‌یافته است که این می‌تواند به دلیل حضور اتصالات عرضی موجود در پودر لاستیک ضایعاتی باشد، زیرا نباید فراموش کرد که پودر لاستیک قبلاً پخت شده است و حاوی درصدی از اتصالات عرضی است [۱۱].

۲- خواص فیزیکو مکانیکی BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

نتایج خواص فیزیکو مکانیکی از قبیل میزان سختی، میزان

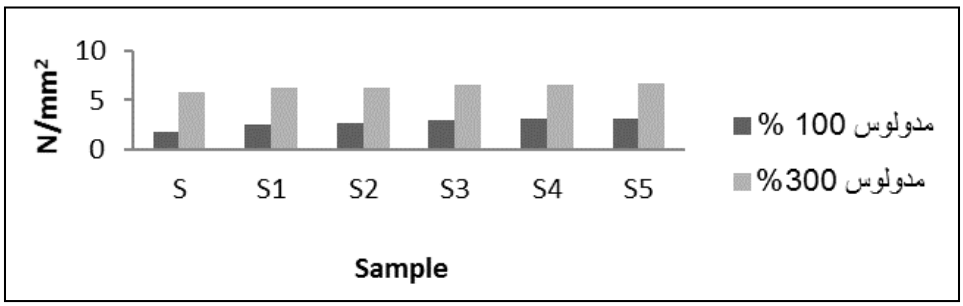
سایش و استحکام کششی به شرح زیر می‌باشد.

۲- ارزیابی خواص کششی آمیزه‌ها

نمودار ۴ حاکی از آن است که میزان ضریب ازدیاد طول (مدولوس) در ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ در آمیزه حاوی پودر لاستیک (S_1) نسبت به آمیزه شاهد (S) افزایش‌یافته است، که این می‌تواند ناشی از افزایش ΔM (تغییرات گشتاور) و به‌طور غیرمستقیم دانسیته اتصالات عرضی نمونه مربوطه در مقایسه با نمونه شاهد باشد. زیرا با افزایش گشتاور، تحرک پذیری زنجیره‌ها محدودشده و به عبارتی کاهش‌یافته و نیرو و فشار بیشتری برای ازدیاد طول تا ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ لازم است. از طرفی می‌توان این افزایش را به میزان دوده موجود در پودر لاستیک که به عنوان یک عامل تقویت‌کننده عمل می‌کند نسبت داد [۱۳] افزایش این ویژگی با اعمال زمانمندی تا ۹۶۰ ساعت احتمالاً می‌تواند به واسطه شکسته شدن برخی پیوندها با گذر زمان و ایجاد پایانه‌های رادیکالی فعال در شبکه پلیمری و به دنبال آن ایجاد اتصالات عرضی مجدد و افزایش نسبی مدولوس در آمیزه‌های زمانمند شده باشد [۱۳].

نتایج به دست آمده برای قدرت کششی نمونه‌ها نشان‌دهنده آن است که این خاصیت در آمیزه حاوی پودر لاستیک (S_1) نسبت به آمیزه شاهد (S) افزایش داشته است که این امر همان‌طور که قبلاً هم به آن اشاره شد احتمالاً می‌تواند ناشی از حضور دوده موجود در پودر لاستیک باشد. دوده موجود در پودر لاستیک بازیافتی می‌تواند با ایجاد اتصالات عرضی همزمان بین سطح زنجیره ذرات پودر لاستیک و زنجیره ماتریس پلیمری که آن‌ها را احاطه کرده به عنوان یک عامل واسطه در افزایش چسبندگی آن‌ها عمل کند و باعث افزایش قدرت کششی آمیزه حاوی پودر لاستیک شود. ولی با اعمال زمانمندی دیده می‌شود (نمودار ۵) که قدرت کششی کامپوزیت‌های لاستیکی زمانمند شده در مقایسه با نمونه S_1 کاهش ناچیزی از خود نشان می‌دهد. این یافته می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که اعمال زمانمندی باعث تخریب و بریدگی زنجیره‌های پلیمری و به دنبال آن تبدیل زنجیره‌های طویل به زنجیره‌های کوتاه‌تر و درنتیجه کاهش در هم رفتن و گوریدگی زنجیرها و کاهش قدرت کششی می‌شود [۱۱]. (جدول ۳).

ازدیاد طول تا حد پارگی در نمونه حاوی پودر لاستیک در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داشته است (نمودار ۶) که می‌تواند ناشی از حضور دوده و اتصالات عرضی موجود در پودر لاستیک ضایعاتی و به دنبال آن سخت‌تر شدن آمیزه باشد. روند کاهشی این خاصیت با اعمال زمانمندی و نگهداری نمونه‌ها تا حداکثر ۹۶۰ ساعت به علت شکست اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پلیمری و تخریب مولکول‌های زنجیره با گذر زمان و گیر افتادن آن‌ها در شبکه و به دنبال آن کاهش قابلیت کششی آمیزه‌ها می‌باشد.



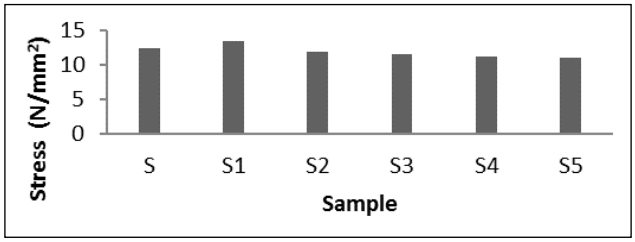
نمودار ۴- تغییرات رفتار مدولوس ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

۳- میزان سختی و سایش

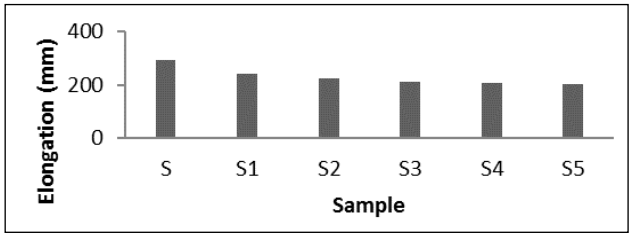
سختی در مورد محصولات لاستیکی عبارت است از مقاومت نسبی سطح لاستیک در مقابل نفوذ یک سوزن با ابعاد مشخص تحت یکبار مشخص. اعداد مربوط به مقادیر مختلف سختی نمایش‌دهنده عمق نفوذ سوزن و یا واحدهای اختیاری مناسب مشتق شده از عمق نفوذ سوزن می‌باشد.

جدول ۳- تفسیر نتایج خواص فیزیکو مکانیکی در نمونه BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

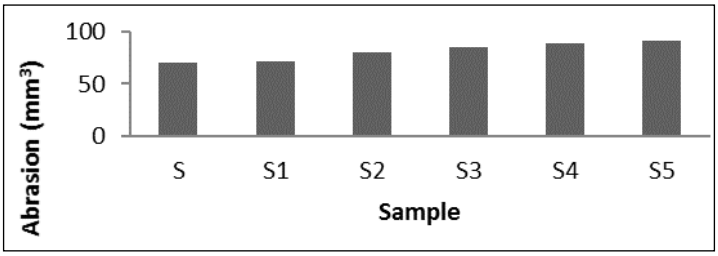
نمونه	میزان سایش Abrasion (mm^3)	دانسیته density (gr/cm3)	میزان سختی (ShoreA)	استحکام کششی			
				استحکام کششی (N/mm2)	ازدیاد طول تا پارگی (mm)	مدولوس ٪۱۰۰	مدولوس ٪۳۰۰
S	۷۰	۱,۱۰	۵۲	۱۲,۵۰	۲۹۱,۸۱	۱,۷۱	۵,۸
S_1	۷۲	۱,۱۴	۶۱	۱۳,۵۴	۲۴۱,۲۱	۲,۵۶	۶,۲
S_2	۸۰	۱,۱۵	۶۲	۱۱,۸۴	۲۲۲,۴۳	۲,۵۹	۶,۲
S_3	۸۵	۱,۱۵	۶۰	۱۱,۶۵	۲۱۰,۸۲	۲,۹۷	۶,۵
S_4	۸۹	۱,۱۶	۶۳	۱۱,۲۴	۲۰۸,۹۸	۳,۱۱	۶,۶
S_5	۹۱	۱,۱۶	۶۲	۱۱,۰۱	۲۰۰,۷۴	۳,۱۵	۶,۷



نمودار ۵- تغییرات استحکام کششی نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده



نمودار ۶- تغییرات رفتار ازدیاد طول تا حد پارگی نمونه‌های BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

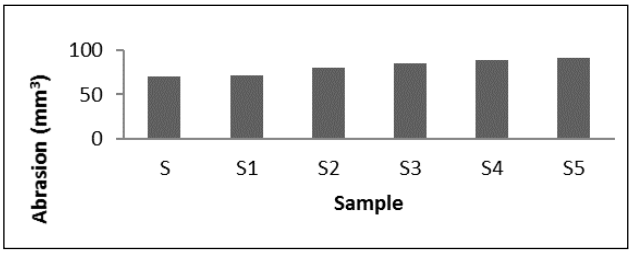


نمودار ۷- تغییرات میزان سختی در نمونه BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

با توجه به نمودار (۷) میزان سختی برای آمیزه حاوی پودر لاستیک (S_1) در مقایسه با آمیزه شاهد (S) با افزایش پودر لاستیک افزایش‌یافته است، که این امر می‌تواند ناشی از حضور دوده موجود در پودر لاستیک ضایعاتی و افزایش برهمکنش پرکننده-لاستیک و پرکننده- پرکننده و درنهایت تشکیل ماتریس سه‌بعدی باشد. مهم‌ترین اثر برهمکنش پرکننده- لاستیک مربوط به احتباس یا رابرایز شدن لاستیک و به دنبال آن محدود شدن و کاهش تحرک زنجیره پلیمری و افزایش سختی باشد [۱۳]. همچنین دیده می‌شود سختی آمیزه‌های زمانمند شده افزایش ناچیزی از خود نشان می‌دهد که این می‌تواند به دلیل ولکانش زدایی در زنجیره‌ها و ایجاد پایانه رادیکالی فعال در شبکه پلیمری به واسطه تخریب زنجیره پلیمری و به دنبال آن افزایش تعداد اتصالات عرضی در شبکه باشد [۱۴].

سایش درواقع از بین رفتن تدریجی سطح یک لاستیک در تماس با یک سطح دیگر می‌باشد و کلیه آزمون‌های اندازه‌گیری میزان سایش مبتنی بر حرکت نسبی بین لاستیک و یک سطح زبر تحت یک نیروی ثابت و مشخص است.

نمودار ۸ حاکی از آن است که میزان سایش آمیزه حاوی پودر لاستیک (S_1) نسبت به آمیزه شاهد (S) افزایش‌یافته است. که این می‌تواند به دلیل حضور پودر لاستیک و افزایش سختی آمیزه‌ها به دلیل حضور دوده باشد. میزان سایش با گذر زمان برای کامپوزیت‌های زمانمندی شده افزایش تدریجی را نشان می‌دهد که افزایش نسبی سختی در آمیزه‌های لاستیکی زمانمند شده حاوی پودر لاستیک خود تأکیدی بر این روند است [۱۶].



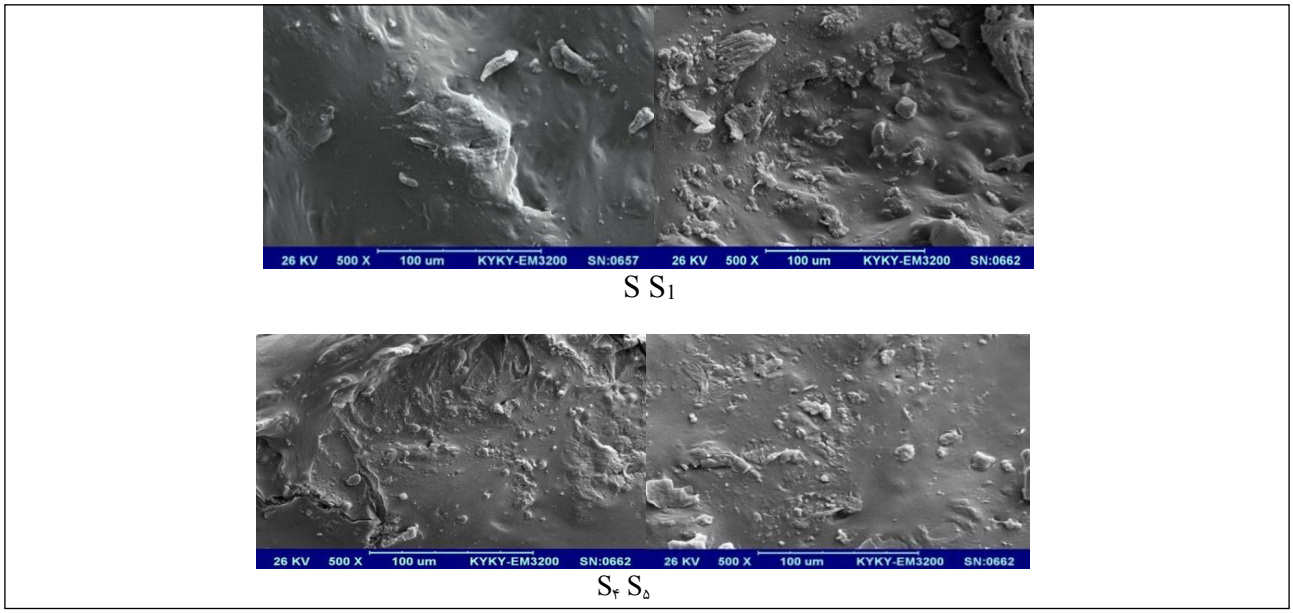
نمودار ۸- تغییرات میزان سایش در نمونه BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

۴- تصویر SEM به دست آمده از آمیزه‌ها

مطالعه مورفولوژی یا ریخت‌شناسی کامپوزیت‌های لاستیکی یکی از فاکتورهای مهم در بررسی میزان سازگاری اجزای آمیزه می‌باشد. البته ساختار فازی یک آمیزه به چندین فاکتور ازجمله نسبت اختلاط، ویسکوزیته هر ترکیب و پروسه آمیزه‌کاری بستگی دارد. تصاویر SEM از سطح شکسته‌ی نمونه BR/SBR بدون افزودن پودر لاستیک ضایعاتی و نمونه هیبریدی حاوی پودر لاستیک BR/SBR/WRP و همچنین دو آمیزه زمانمند شده به مدت ۷۲۰ و ۹۶۰ ساعت، به منظور بررسی ساختار، ریخت‌شناسی و همگن بودن آمیزه‌ها موردبررسی قرار گرفت. میکروگراف آمیزه لاستیکی ولکانیزه شده خالص و فاقد پودر لاستیک (S) ساختار همگن و یکنواختی را نسبت به آمیزه ولکانیزه BR/SBR/WRP از خود نشان می‌دهد، ولی نمونه حاوی پودر لاستیک (S_1) تا حدودی ساختاری ناهمگن از خود نشان می‌دهد که این می‌تواند ناشی از حضور پودر لاستیک باشد. از طرفی نمونه‌های زمانمند شده به ویژه نمونه‌ای که به مدت ۹۶۰ ساعت در شرایط محیطی نگهداری شده (S_5) دارای تعدادی خلل و فرج است که ناشی از خروج مواد آلی فرار به دلیل گذشت زمان می‌باشد و در بخش‌هایی از سطح تعدادی ترک دیده می‌شود که به دلیل ولکانش‌زدایی در زنجیره‌ها با گذر زمان، تخریب زنجیره پلیمری و نشان‌دهنده آسیب‌پذیر بودن بیشتر آن در برابر فشار مکانیکی است [۱۱].

۵- آنالیز حرارتی

بسپارها اغلب هنگام کاربرد در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند. بنابراین، خواص حرارتی و پایداری حرارتی آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. پایداری حرارتی پلیمرها یعنی دمای شروع تخریب پلیمر که طی یک برنامه‌ریزی حرارتی مشخص اندازه‌گیری می‌شود و در حقیقت مقدار و سرعت



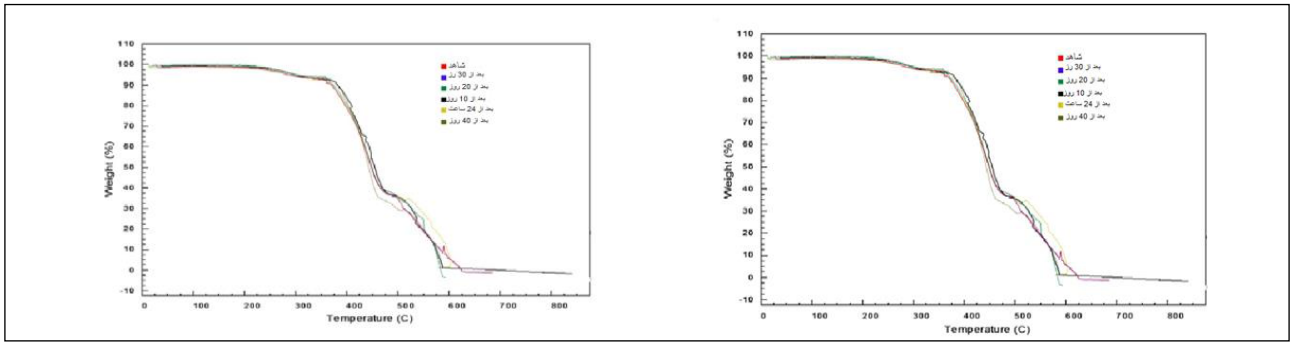
شکل ۱- تصاویر سطح شکسته‌ی کششی میکروگراف‌های آمیزه‌های لاستیکی بر پایه S ،BR/SBR: نمونه شاهد فاقد پودر لاستیک، S_1: نمونه حاوی پودر لاستیک بدون اعمال زمانمندی، S_4: نمونه حاوی پودر لاستیک ۷۲۰ ساعت زمانمند شده، S_5: نمونه حاوی پودر لاستیک ۹۶۰ ساعت زمانمند شده

تغییرات به وجود آمده در جرم کامپوزیت‌های پلیمری را به صورت تابعی از دما یا زمان در یک اتمسفر کنترل‌شده اندازه‌گیری می‌کند.

ساده‌ترین فایده این مقادیر اندازه‌گیری شده استفاده از آن‌ها در تعیین میزان پایداری اکسایشی و گرمایی آمیزه‌ها با توجه به اجزای سازنده‌شان و مدت زمان نگهداری‌شان است. نتایج به دست آمده از نمودار TG آمیزه‌های موردنظر به‌وضوح نشان می‌دهد که کلیه نمونه‌ها در دو مرحله تخریب‌شده‌اند و حاکی از آن است که درصد کاهش وزن بخش اول منحنی گرما وزن سنجی که مربوط به حذف مواد فرار مثل آب و یا استئاریک اسید می‌باشد در نمونه شاهد (S) حدود ۶،۲ بوده و بیشتر از نمونه حاوی پودر لاستیک بدون اعمال زمانمندی S_1 است از طرفی دمای شروع تخریب ماتریس پلیمر در نمونه شاهد در دمای بالاتری آغازشده (۳۶۰ °C) است که این امر می‌تواند به ترتیب به دلیل حذف مواد فرار موجود در پودر لاستیک هیبرید شده با ماتریس پلیمر پایه در طول مدت نگهداری و همچنین ولکانش‌زدایی در زنجیره‌های پلیمری موجود در پودر لاستیک با گذر زمان، تخریب زنجیره پلیمری و نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر و سریع‌تر آن در برابر حرارت باشد، زیرا نباید فراموش کرد که پودر لاستیک ضایعاتی از لاستیک‌های فرسوده و زمانمند شده به دست آمده است. در خصوص سایر کامپوزیت‌های هیبریدی زمانمند شده (S_2, S_3, S_4, S_5) نیز همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود به دلیل نتایج ناشی از زمان‌مندی که پیش‌تر به آن اشاره شد، نمونه S_1 که مدت ۲۴ ساعت زمانمند شده در مقایسه با سایر نمونه‌های زمان‌مند شده پایداری حرارتی بهتری از خود نشان می‌دهد (نمودار ۹).

جدول ۴- تغییرات رفتار حرارتی در نمونه BR/SBR/WRP بدون اعمال زمان‌مندی و زمان‌مندشده

آمیزه	دمای شروع تخریب پلیمر	دمای پایان تخریب پلیمر	درصد کاهش وزن ناشی از تخریب مواد فرار	درصد کاهش وزن ناشی از تخریب ماتریس پلیمر
S	۳۶۰	۵۳۰	۶/۲	۶۶
S_1	۳۴۵	۵۳۰	۵/۷	۶۲
S_2	۳۲۵	۵۲۵	۵/۷	۵۸
S_3	۳۲۵	۵۰۵	۵/۵	۵۷
S_4	۳۲۵	۴۹۰	۵/۷	۵۸
S_5	۳۲۵	۴۹۰	۵/۶	۵۷



نمودار ۹- نمودار تغییرات رفتار حرارتی درآمیزه های هیبریدی BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

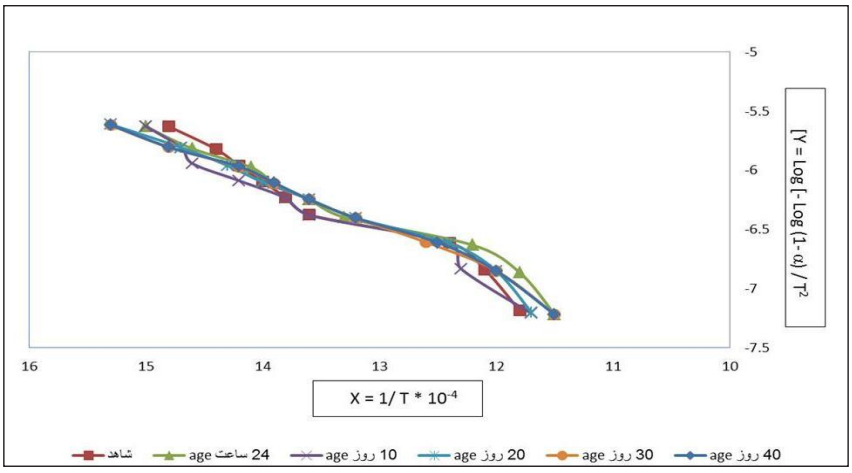
پرواضح است که هرچه تعداد اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پلیمری بیشتر باشد، مقدار انرژی گرمایی که باید به کار رود تا بر انرژی افعال سازی شکستن زنجیره‌ها غلبه کرده و باعث تخریب آمیزه‌ها شود بیشتر خواهد بود. انرژی فعال‌سازی آمیزه‌ها به وسیله روش Coats-Redfern's تعیین شد.

$$\log\frac{-\log(1-\alpha)}{T^2} = \log[(\frac{AR}{\beta E}) \times (\frac{1-2RT}{E})] - \frac{E}{2.303RT} \quad (1)$$

بطوری‌که α جرم مولی کاهش‌یافته در زمان t، T دمای مطلق، R ثابت عمومی گازها، β سرعت حرارت دهی و E انرژی فعال‌سازی است. جدول ۵ انرژی فعال‌سازی ۱۰٪ تخریب (شروع تخریب) و ۷۰٪ تخریب (پایان تخریب) را نشان می‌دهد.

جدول ۵- تغییرات انرژی فعال‌سازی آمیزه‌های هیبریدی BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده برای مقادیر مختلف اتلاف وزنی

آمیزه	E_S(kj/mol) $T_{10\%}$	E_F(kj/mol) $T_{70\%}$
S	۱۱۸,۳	۱۳۷,۷
S_1	۱۱۵,۹	۱۳۶,۴
S_2	۱۱۵,۹	۱۳۶,۰
S_3	۱۱۵,۰	۱۳۶,۱
S_4	۱۱۴,۹	۱۳۵,۹
S_5	۱۱۵,۳	۱۳۶,۰



نمودار ۱۰- نمودار Coats-Redferns آمیزه‌های هیبریدی BR/SBR/WRP بدون اعمال زمانمندی و زمانمند شده

انرژی فعال‌سازی برای شروع تخریب (E_S) برای نمونه S_1 در مقایسه با نمونه S کوچکتر است که این می‌تواند به دلیل جایگزینی پودر لاستیک ضایعاتی با ماتریس پلیمری پایه باشد که فاقد جایگاه فعال (بند دوگانه) جهت تشکیل اتصالات عرضی در مقایسه با پلیمر اولیه است. ولی در آمیزه‌های هیبریدی زمانمند شده تا ۹۶۰ ساعت (۴۰ روز) انرژی فعال‌سازی شروع و پایان تخریب تغییر چشمگیری نداشته و تقریباً بدون تغییر باقی‌مانده است که حاکی از آن بوده که پودر لاستیک ضایعاتی به دلیل اینکه قبلاً برای مدت زمان نامشخص در معرض عوامل متعدد محیطی قرار داشته ویژگی ضد فرسودگی دارد [۵].

نتایج مربوط به فرمول Coats-Redferns برای آمیزه شاهد و آمیزه‌های حاوی پودر لاستیک با اعمال زمان برای مقایسه بهتر، در نمودار ۱۰ قابل‌مشاهده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر پودر لاستیک ضایعاتی (۲۰ phr) بر خواص رئولوژیکی، مکانیکی و حرارتی آمیزه‌های هیبریدی زمانمند شده BR/SBR/WRP تا ۹۶۰ ساعت در شرایطی محیطی بررسی شد.

ارزیابی ویژگی‌های پخت آمیزه‌های بر پایه BR/SBR/WRP نشان داد با افزایش ۲۰ phr پودر لاستیک بازیافتی به آمیزه شاهد سرعت پخت به دلیل کاهش ماتریس پلیمری اولیه و کاهش تعداد جایگاه فعال برای تشکیل اتصالات عرضی، افزایش یافت [۱۵].

بهبود خواص مکانیکی آمیزه حاوی پودر لاستیک بازیافتی می‌تواند به دلیل برهم‌کنش بهتر پودر لاستیک با ماتریس پلیمری BR/SBR باشد. خلل و فرج و ترک‌های مشاهده‌شده در تصاویر SEM مربوط به نمونه پرشده با WRP و زمانمند شده حاکی از تأثیر مدت زمان نگهداری و دمای محیط بر روی آمیزه و خروج مواد فرار از سطح آمیزه است. همچنین عملکرد کامپوزیت‌های زمانمند شده BR/SBR/WRP در مقایسه با نمونه‌های BR/SBR نشان‌دهنده افت ناچیزی در خواص مکانیکی است بطوری‌که مقاومت کششی و ازدیاد طول تا حد پارگی با افزایش زمان در آمیزه‌های زمانمند شده کاهش پیدا می‌کند. در حالی‌که مدولوس و سختی کامپوزیت‌ها به میزان کمی افزایش داشته است. میزان سایش آمیزه‌های زمانمندی شده افزایش تدریجی نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از تغییر شکل شبکه پلیمری درگذر زمان به دلیل افزایش میزان دوده با افزایش پودر لاستیک به آمیزه شاهد و درنتیجه

تشکیل اتصال عرضی جدید و تغییرات شیمیایی در زنجیره پلیمری باشد. در رابطه با میزان سایش آمیزه‌ها از نمودار ۸ رابطه زیر را می‌توان پیش‌بینی [۱۷ تا ۱۸].

$$S < S1 < S2 < S3 < S4 < S5$$

در بررسی رفتار حرارتی نمونه‌ها، کاهش وزن اولیه نمونه‌ها بعد از اعمال زمانمندی در مقایسه با نمونه شاهد روند نزولی از خود نشان می‌دهد که این خود تأکیدی بر خروج مواد فرار گازی در اثر زمان از درون نمونه‌ها و صحت نتایج به دست آمده از تصاویر SEM می‌باشد.

می‌توان پیش‌بینی کرد به دلیل اینکه پودر لاستیک ویژگی ضد فرسودگی دارد، رفتار حرارتی و درنتیجه انرژی فعال‌سازی در کامپوزیت‌های حاوی پودر لاستیک بازیافتی بعد از زمانمندی تغییر چشم‌گیری نداشته است [۱۱].

درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که اعمال زمانمندی در آمیزه هیبریدی BR/SBR/WRP تغییرات چشمگیر و خاصی در کیفیت آن از نظر رفتار پخت و ویژگی‌های مکانیکی و حرارتی ندارد که این امر برای تولیدکنندگان صنعت لاستیک هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بنا به مسائل زیست‌محیطی و بهره‌وری اقتصادی ناشی از کاهش مصرف کائوچوی طبیعی و مصنوعی، استفاده از ضایعات لاستیکی می‌تواند نقطه‌ی عطفی در صنایع لاستیک سازی و بازیافت تایرهای فرسوده از محیطزیست به شمار رود. مدیریت تایرهای فرسوده درواقع مدیریت عملیات برنامه‌ریزی، کنترل و هدایت نحوه‌ی استفاده‌ی درست از تایرهای فرسوده و بازیافت آن‌ها را به منظور حفاظت از محیطزیست و توسعه اقتصاد ملی به عهده دارد IRM

مراجع

1. Bozorgi. M, Experimental Study on the Effect of Process and Materials on Mechanical Properties of the WGRT Injection Molded Parts, University of Dezful, 2011.
2. Ismail, H., Surydiansyah, Science direct Polymer testing, 21, (2001),389 395.
3. Rattanasom, N., Poonsuk, A., Makmoon, T, Polymer Testing, 24 (2005), 728732.
4. H. NabilH., IsmailEmail author,A. R. Azura, Iranian Polymer Journal, 23, (2014), 3745.
5. H. NabilH., IsmailEmail author,A. R. Azura, Polymer Testing, 32, (2013), 385393.
6. Debapriya De, Prabir Kr.Panda, Madhusudan Roy, SatyabanBhunia, Materials & Design, 46, (2013), 145147.
7. Liu, Junliang; Liu, Ping; Zhang, Xingkai; Lu, Ping; Zhang, Xu;, Chemical Engineering Journal, 295 (2016), 7379.
8. S.Z.Salleh, M.Z.Ahmad, H.Ismail, Procedia Chemistry, 19, (2016), 346350
9. Hanafi Ismail, Razif Nordin, A.M Noor, Polymer Testing, 21, (2002), 565569.
10. Saeed Taghvaei-Ganjali, Fereshteh Motiee, Rubber Chemistry and Technology, 81, (2008), 297317.
11. Debapriya De, Prabir Kr.Panda, Madhusudan Roy, SatyabanBhunia, Materials & Design, 46, (2013), 146150.
12. De D, Maiti S, Adhikari B, Applied polymer, 75, (2000), 14931502.
13. Vojislav Jovanović, Suzana Samaržija-Jovanović, Jaroslava Budinski-Simendić, Gordana Marković, Milena Marinović-Cincovićd, Composites Part B Engineering, 45, (2013), 333340.
14. Shuhairiah Daud, Hanafi Ismail, Azhar Abu Bakar, Polymer Testing, 32, (2013), 631639.
15. S.S.Hamza, Polymer Testing, 17, (1998),131137.

استحصال کائوچوی طبیعی از گیاهان جدید

آیا بالاخره در ایران امکان تولید کائوچوی طبیعی و لاتکس وجود خواهد داشت ؟

Natural rubber from new plants

Will there finally be a possibility of producing natural rubber and latex in Iran?

چکیده:

تقریباً تمامی لاتکس و کائوچوی طبیعی دنیا در حال حاضر از درخت هوآ به دست می‌آید. متأسفانه این درخت بومی مناطق استوایی بوده و با وجود فعالیت‌های مختلفی که از اوایل این قرن در کشورمان شد نهایتاً امکان کشت پیدا نکرد. حال ، با تکمیل فعالیت‌های مختلف ، امید می‌رود که به زودی انحصار تولید لاتکس و کائوچوی طبیعی به درخت هوآ و درنتیجه محدودیت تولید آن‌ها در کشورهای استوایی شکسته شود. مطمئناً در کشورمان نیز از نتایج این فعالیت‌ها امکان استفاده وجود دارد. به خصوص این‌که گیاهان جدید در زمین‌های بایر و نیمه بایر و نیز اقلیم‌های سخت نیز قابل کشت و استحصال می‌باشند. امیدواریم روزي ، در کشورمان نیز شاهد تولید کائوچو به این روش باشیم.

واژه‌های کلیدی: کائوچوي طبیعي، درخت هوآ، لاتکس، قاصدك روسي.

نوع مقاله: پژوهشی

مجید امانعلی‌خانی
مشاور مواد اولیه و آمیزه‌های قطعات لاستیکی و تایر، تهران،ایران

***عهده‌دار مکاتبات:**
m.amani@hotmail.com

مقدمه

از زمان‌های دور استفاده از لاتکس درخت کائوچو یا هوآ (Hevea brasiliensis) در امریکای جنوبی رایج بود ،ازجمله برای ساخت توپ و لباس‌های ضد آب. تا اینکه در سال ۶-۱۸۷۵ ، یک انگلیسی به نام هنری ویکهام ، حدود ۷۰ هزار دانه‌ی این درخت را از برزیل به باغ‌های سلطنتی لندن انتقال داد. با آنکه بسیاری از آن‌ها در طول راه خراب شدند اما با نهال ۲۴۰۰ دانه‌ای که جوانه زد ، انگلستان توانست در مستعمره‌های خود در سیلان (سریلانکای فعلی)، مالایا (مالزی فعلی) و اندونزی ، کشت هوآ را راه بیندازد و بدین ترتیب سلطه‌ی برزیل بر تولید کائوچوی طبیعی پایان یافت.

هرچند که بعدها ، خود این امر ، باعث تکقطبی شدن تولید کائوچوی طبیعی در مناطق استوایی و به خصوص آسیای جنوب شرقی شد. امروزه سهم چین ، هند ، مالزی ، اندونزی ، تایلند ، فیلیپین و ویتنام در تولید کائوچوی طبیعی به ۹۲٪ می‌رسد. مصرف سالانه‌ی کائوچوی طبیعی در حال حاضر به بیش از ۱۳ میلیون تن رسیده است. و اما نیازمندی‌های درخت هوآ :

۱- بارندگی منظم سالانه و بیش از ۲۵۰۰ میلی‌متر ، بدون فصل خشک و حداقل ۱۰۰ روز بارندگی.

۲- دمای بین ۲۰ تا ۳۴ درجه‌ی سانتی گراد و میانگین ماهانه‌ی ۲۵ تا ۲۸.

۳- رطوبت جوی حدود ۸۰٪.

۴- حدود ۲۰۰۰ ساعت آفتاب در طول سال.

۵- بدون بادهای شدید.

کائوچوی طبیعی ، با ماده‌ی اصلی سیس ۱ ، ۴ - پلی ایزوپرن ، به سبب خواص ویژه ، یکی از مهم‌ترین پلیمرهای صنعت لاستیک هست. ازجمله جهندگی ، کشسانی ، مقاومت سایشی ، تجمع حرارت و مقاومت ضربه‌ای. مجموع این خواص به‌گونه‌ای است که هنوز هیچ جایگزین مصنوعی برای آن وجود ندارد ، حتی پلیمر مصنوعی سیس ۱، ۴ - پلی ایزوپرن (IR). این کائوچو در شمار پرمصرف‌ترین گونه‌هاي پلمیر در صنعت لاستیك هست که با آن بیش از ۵۰ هزار قطعه‌ی گوناگون لاستیکی تولید می‌شود.

گرچه حدود ۲۰۰۰ گونه‌ی گیاهی کائوچوی طبیعی تولید می‌کنند اما از این بین ، فعلاً فقط درخت هوآ ارزش اقتصادی دارد. سایر گونه‌ها هر کدام حداقل یک مشکل داند. مثلاً کشت تعدادی از آن‌ها هنوز به صورت تجاری امکان‌پذیر نیست و یا این‌که در تعدادی ، میزان لاتکس چندان قابل‌توجه نیست ، یا فرمولاسیون آن‌ها با سیس پلی ایزوپرن فرق دارد یا این‌که میزان این پلیمر در لاتکس کم است.

اکنون از این گیاهان جایگزین بالقوه می‌توان اسم برد :

1. The rubber fig (Ficus elastica),
2. Panama rubber tree (Castilla elastica)
3. Various spurges (Euphorbia spp.)
4. lettuce (Lactuca species)
5. The related Scorzonera tau-saghyz
6. Various Taraxacum species, including common dandelion (Taraxacum officinale) and Russian dandelion (Taraxacum kok-saghyz)
7. Guayule (Parthenium argentatum)

انحصار تولید کائوچوی طبیعی به مناطق استوایی جنوب شرقی آسیا ، غرب افریقا و مناطقی از قاره‌ی امریکا ، بیماری درختان مناطق استوایی به خصوص زنگزدگی برگ ، افزایش روزافزون مصرف ، سرمایه‌ای شدن کائوچوی طبیعی در تجارت جهانی و به طبع آن احتمال ذخیره‌ی آن ، شرایط نامساعد جوی در مناطق استوایی در سالیان اخیر و (ازجمله در سال ۲۰۱۱ در تایلند) و دلایل مشابه از دغدغه‌هاي همیشگي صنعت لاستیک بوده است. در سالیان اخیر ، چندین گروه پژوهشي در کشورهاي غربي ، عمدتاً با همکاري تایر سازان رده اول دنیا ، با الهام گرفتن از سوابق تاریخی و با استفاده از دو گیاه گوایول (Guayule (Parthenium argentatum Gray)) و قاصدک روسی (Russian Dendelion , Taraxacum kok-saghyz (TK)) و با تمرکز بر روی دست‌کاری‌های ژنی و نیز به زراعی گیاه ، قصد شکستن سد تک منبعی بودن کائوچوی طبیعی را داشته‌اند.

گوایول

گوایول گیاهی بوته‌ای و همیشه سبز ، چندساله و بومی

مناطق بایر یا نیمه بایر مکزیک و جنوب ایالات‌متحده بوده که از سال دوم به بلوغ رسیده و در هر سال دو بار قابل استحصال هست. امروزه با اصلاح نژاد ، امکان کشت در سایر اقلیم‌ها (به خصوص مناطق مناسب کشت پنبه) را نیز پیداکرده است ، مثلاً جنوب اروپا. از این گیاه قبلاً در امریکا ، کائوچوی طبیعی و لاتکس استخراج‌شده است ، ازجمله تولید ۱۴۰۰ تن کائوچو در دهه‌ی ۱۹۲۰ میلادی به دلیل بیماری زنگزدگی برگ درختان کائوچو در برزیل و نیز تولید لاتکس از این گیاه در ایالت‌های کالیفرنیا و آریزونا در جنگ جهانی دوم به دلیل قطع صادرات مالزی. همچنین تولیدات آزمایشی لاتکس و کائوچو در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۲ به علت بحران نفت خام (گران شدن کائوچوهای مصنوعی و به‌تبع آن کائوچوی طبیعی). بر روی این گیاه ، شرکت‌هایی نظیر بریجستون ، کوپر ، وای یو لی (تلفظ Yulex) ، دانشگاه ایالتی آریزونا و دانشگاه کورنل همچنان در حال کار هستند. زنجیره‌های کائوچو در این گیاه بسیار شبیه درخت هوآ بوده و وزن مولکولی یکسان با هوآ دارند. پروتئین‌ها در لاتکس گوایول بسیار کمتر از لاتکس هوآ بوده و لذا حساسیت (آلرژی) بسیار کمتری به وجود می‌آورند. کشت ، داشت و برداشت گوایول برخلاف درخت هوآ - که کاملاً وابسته به نیروی انسانی است - به‌طور کاملاً مکانیزه قابل انجام هست.

اما یکی از مشکلات کار با گوایول ، تجمع لاتکس در سلول‌هاست (برخلاف لاتکس درخت هوآ که با تیغ زدن جاری می‌شود) لذا برای استحصال لاتکس گوایول نیاز به فشردن سلول‌ها ، سانتریفیوژ و یا استخراج با حلال هست.

در سالیان اخیر ، در کشورهایی همچون مراکش ، یونان ، آرژانتین ، افریقای جنوبی و استرالیا به صورت آزمایشی یا تجاری بر روی گوایول کارشده است اما بی‌شک قطب تجاری‌سازی این فعالیت‌ها فعلاً ایالت آریزونای امریکاست. دو شرکت معتبر بریجستون و کوپر ، با کائوچوی این گیاه تایرهایی‌ساخته‌اند.

در شرکت آمریکایی وای یو لی ، ابتدا بذر گوایول را از نقاط مختلف دنیا جمع‌آوری نمودند. سپس ظرف مدت دو سال ، از آن‌ها در گلخانه‌های جنوب کالیفرنیا ، حدود ۱۲۰۰ رقم مختلف به دست آوردند. بعداً ، بهترین رقم‌ها را برای کشت در فضای باز به زمین‌های آریزونا انتقال دادند و اکنون بهترین رقم‌ها از ۴۰۰ کیلوگرم تا حدود دو و نیم تن گوایل در هر هکتار تولید می‌کنند. (در مجموع ، با مجموع اقداماتی که در سالیان اخیر شده استحصال لاستیک از گوایول نسبت به دهه‌ی ۱۹۵۰ به بیش از ۲۵۰ درصد رسیده است).

قاصدک روسی

قاصدک روسی درواقع گیاهی خودرو با رشد سریع بوده و شیرابه‌ای مشابه لاتکس درخت هوآ دارد. هرچند که در رقم‌های بومی ، مقدار شیرابه کم بوده و ترکیب آن نیز متغیر است.

در اوایل دهه‌ی۱۹۲۰ استالین دستور داد تا بر روی جایگزینی کائوچوی طبیعی کار شود تا وابستگی اتحاد جماهیر شوروی به مستعمرات انگلستان برطرف شود. تا این‌که در سال ۱۹۳۱ ، متخصصان این کشور به گیاه قاصدک در قزاقستان و ازبکستان دست یافتند. مجموع این فعالیت‌ها با اتمام جنگ جهانی دوم بدون نتیجه‌ی تجاری قابل‌توجهی به تاریخ سپرده شد.

از طرف دیگر ، در جنگ جهانی دوم ، آلمان نازی سعی کرد از این گیاه در مقیاس تجاری برای تولید کائوچوی طبیعی استفاده کند که توفیقی به دست نیاورد.

آمریکایی‌ها هم در این زمان بیکار ننشستند. آن‌ها هم در ۲۸ ایالت فعالیت‌های گسترده‌ای انجام دادند اما باز هم نتیجه‌ی مناسب تجاری به دست نیامد.

از حدود ۱۳ سال پيش ، بخش بوم‌شناسي كاربردي و زيست‌شناسي مولكولي موسسه‌ي فرانهوفر در آخن آلمان (IME) توانست با مهار یک آنزیم اصلی - که انعقاد شیرابه در کنترل دارد - و نیز استفاده از روش‌های مدرن ، ارقام اصلاح‌شده‌ای از گیاه تولید کند و بعدازآن ، با همراهي شركت كنتيننتال آلمان ، رسماً پروژه مشتركي را آغاز كرده‌اند كه در طي آن قرار است امكان استحصال كائوچوي طبيعي از اين گياه در حد انبوه فراهم شود. درواقع ، محققان دو طرف در تلاش‌اند تا ميزان كائوچوي حاصل از قاصدك را تا حدي افزايش دهند كه بتوان با آن تاير ساخت. اگر چنين شود براي اروپايی كه هميشه در حسرت توليد كائوچوي طبيعي بوده قدم بزرگي برداشته خواهد شد.

پیش‌بینی‌شده که ظرف چند سال آینده ، زیست‌شناسان مولكولي فرانهوفر به اتفاق محققان كنتيننتال ، در يك مجموعه‌ي آزمايشي در شهر مونستر آلمان بر روي استحصال كائوچوي طبيعي در مقياس تن كار كنند و به موازات آن ، در چندين هكتار ، گونه‌ي خاصي از قاصدك را ـ كه غني از شيرابه‌ي قابل‌تبديل به كائوچوست ـ كشت نمايند.

علاوه بر مقدار كائوچوي حاصل از اين روش ، كيفيت آن نيز مدنظر محققان اين پروژه هست به نحوی که از این حیث بتواند با كائوچوي طبيعي با منشأ درختي هماوردي كند.

گياه قاصدك ، برخلاف درخت كائوچو ، هزينه‌ي تمام‌شده‌ي كمتري خواهد داشت ضمن اين كه مي‌توان آن را در مناطق غير استوايی نيز كاشت. حتي گفته‌شده ، در زمين‌های که قبل از این لم‌یزرع بوده‌اند نیز کشت قاصدك دور از انتظار نيست

پروفسور راينر فيشر ، رئيس موسسه‌ي فرانهوفر ، مي‌گويد : " به كمك پيشرفته‌ترين روش‌های کشت و نیز فناوری‌های بهینه‌سازي ، ما موفق به توليد آزمايشگاهي كائوچوي باكيفيت از گياه قاصدك شده‌ايم. اكنون ، زمان انتقال اين تجربيات به مقياس صنعتي فرا رسيده است. ما يك همكار متخصص نيز در شركت كنتيننتال پيدا كرده‌ايم و قصد داريم با همراهي وي ، كائوچوي حاصل از اين روش را براي توليد تاير اصلاح كنيم".

از طرف ديگر ، نيكلاي ستزلر ، مدير شاخه‌ي تاير شركت كنتيننتال ، توضيح مي‌دهد :" ما در اين پروژه‌ي بسيار اميدوار كننده‌ي توليدي و نيز توسعه‌ي مواد ، سرمايه‌گذاري مي‌كنيم چرا كه اعتقاد داريم از اين راه ، توليدمان را به‌مرورزمان ، بهبود خواهيم داد. علت آن است كه كائوچويی كه از ريشه‌ي گياه قاصدك به دست مي‌آيد خيلي كمتر از كائوچوي با منشأ درختي تحت تأثير محيط قرار مي‌گيرد.

همچنين ، قاصدك به علت نيازهاي كم و نيز استقامت بالا ، كشت بی‌درد سري دارد به طوری که در مناطق نه‌چندان حاصل خيز نيز امكان كشت آن وجود دارد. با ميسر شدن كشت اين گياه در نزديكي كارخانه‌هاي توليد تاير ، هزينه‌هاي حمل‌ونقل كائوچو بسيار كم خواهد شد."

همچنين پروفسور ديرك پروفر ، سرپرست اين گروه تحقيقاتي در موسسه‌ي فرانهوفر ، مي‌گويد :" در طي چند سال گذشته ، ما تخصص فراواني دركشت گياه قاصدك به دست آورده‌ايم و اكنون با كمك نشانگرهاي DNA ، مي‌توانيم بگوييم هر ويژگي مولكولي آن ، وابسته به كدام ژن است لذا كشت پر محصول‌ترين گونه‌ي گياه قاصدكي كه درعين‌حال ، باكيفيت‌ترين نوع كائوچو را نيز توليد كند برايمان قابل انجام است."

دانشمندان موسسه‌ي فرانهوفر ، ثابت كرده‌اند كيفيت كائوچوي طبيعي حاصل از گياه قاصدك ، همسان كائوچوي با منشأ درختی است. همچنين اين محققان ، اطلاعات كاملي از گونه‌هاي مختلف اين گياه ، ميزان توليد شيرابه در هر كدام از اين گونه‌ها و نيز سازوكار توليد شيرابه در گياه

را جمع‌آوري نموده‌اند. با استفاده از همين اطلاعات بوده که رقم راحت‌تر و با ميزان توليد و کيفيت بالاتر شيرابه انتخاب‌شده است.

پروفسور پروفر مي‌افزايد : "در کار ما ، بزرگ‌ترين دغدغه اين بوده که اين گياه خودرو ، به يك گياه کاشتني مفيد تبديل شود و به موازات آن رقم‌های مناسب آن کشت شود. در اثناي کار معلوم شد که فقط تعداد انگشت‌شماري از گونه‌ها ، ميزان محسوسي شيرابه دارند که اکنون با روش‌های خاص تکثير ، قصد داريم اين ميزان را بالاتر هم ببريم."

در مقياس توليدي ، فقط قاصدك رقم روسي مناسب است چرا که ميزان کافي شيرابه را توليد مي‌کند. همچنين گياه قاصدك ، در مقايسه با درخت کائوچو ، سه مزيت عمده دارد : ۱- دوره‌ي رشد و نموي يکساله دارد نه چندساله. ۲- در مقابل آفات مقاوم‌تر است. ۳- در مناطق غير استوايی نيز قابل کاشت هست.

در کنار کار آلمانی‌ها ، دانشگاه ايالتی اوهايو در امريکا نيز بر روی اين گياه در حال کار است ، البته از راه روش‌های قديمی اصلاح نژاد. به جز کنتيننتال ، شرکت نکسين کره نيز از کائوچوی اين گياه تايرهايی ساخته است*IRM*

مراجع

1. Guayule genomics, breeding and agronomydr. EN (Robert) van Loo , Wageningen University and reaserch.
2. Dennis T. Ray , Terry A. Coffelt , David A. DierigBreeding ; guayule for commercial production , Article in Industrial Crops and Products 22(1):15-25 • July2005
3. https://u.osu.edu/penra/natural-rubber-history/
4. Jump up to:a b c Heinz-Hermann Greve "Rubber, 2. Natural" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2000, Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a23_225
5. Heim, Susanne (2002). Autarkie und Ostexpansion: Pflanzenzucht und Agrarforschung im Nationalsozialismus. Wallstein Verlag. ISBN 978-3-89244-496-1.
6. "Making Rubber from Dandelion Juice". Science Daily. 28 October 2013. Retrieved 22 November 2013.
7. Emory Dean Keoke, Kay Marie Porterfield. 2009. Encyclopedia of American Indian Contributions to the World: 15,000 Years of Inventions and Innovations. Infobase Publishing
8. Tully, John (2011). The Devil's Milk: A Social History of Rubber. NYU Press. ISBN 9781583672600.
9. Jump up to:a b "Charles Marie de la Condamine". bouncing-balls.com.
10. Koyama, Tanetoshi; Steinbüchel, Alexander, eds. (June 2011). "Biosynthesis of Natural Rubber and Other Natural Polyisoprenoids". Polyisoprenoids. Biopolymers. 2. Wiley-Blackwell. pp. 73–81. ISBN 978-3-527-30221-5.
11. Paterson-Jones, J.C.; Gilliland, M.G.; Van Staden, J. (June 1990). "The Biosynthesis of Natural Rubber". Journal of Plant Physiology. 136(3): 257–263. doi:10.1016/S0176-1617(11)80047-7. ISSN 0176-1617.
12. Schulze Gronover, Christian; Wahler, Daniela; Prufer, Dirk (5 July 2011). "4. Natural Rubber Biosynthesis and Physic-Chemical Studies on Plant Derived Latex". In Magdy, Elnashar (ed.). Biotechnology of Biopolymers. ISBN 978-953-307-179-4.
13. Xie, W.; McMahan, C.M.; Distefano, A.J. DeGraw, M.D.; et al. (2008). "Initiation of rubber synthesis: In vitro comparisons of benzophenone-modified diphosphate analogues in three rubber producing species". Phytochemistry. 69 (14): 2539–2545.

doi:10.1016/j.phytochem.2008.07.011. PMID 18799172.

14. Casey, P.J.; Seabra, M.C. (1996). "Protein Prenyltransferases". Journal of Biological Chemistry. 271 (10): 5289–5292. doi:10.1074/jbc.271.10.5289. PMID 8621375.
15. Kang, H.; Kang, M.Y.; Han, K.H. (2000). "Identification of Natural Rubber and Characterization of Biosynthetic Activity". Plant Physiol. 123 (3): 1133–1142. doi:10.1104/pp.123.3.1133. PMC 59076. PMID 10889262.
16. "Overview of the Causes of Natural Rubber Price Volatility". En.wlxrubber.com. 1 February 2010. Archived from the original on 26 May 2013. Retrieved 21 March 2013.
17. "Statistical Summary of World Rubber Situation" (PDF). International Rubber Study Group. December 2018. Archived (PDF)from the original on 5 February 2019. Retrieved 5 February 2019.
18. Dr. Aye Aye Khin. "The Impact of the Changes of the World Crude Oil Prices on the Natural Rubber Industry in Malaysia". World Applied Sciences Journal.
19. Listiyorini, Eko (16 December 2010). "Rubber Exports From Indonesia May Grow 6%–8% Next Year". bloomberg.com. Archived from the original on 4 November 2012. Retrieved 21 March 2013.
20. Keoke, Emory (2003). Encyclopedia of American Indian contributions to the world 15,000 years of inventions and innovations. Checkmark Books. p. 156.
21. This section has been copied almost verbatim from the public domainUN Food and Agriculture Organization (FAO), ecoport.com article: Cecil, John; Mitchell, Peter; Diemer, Per; Griffee, Peter (2013). "Processing of Natural Rubber, Manufacture of Latex-Grade Crepe Rubber". ecoport.org. FAO, Agricultural and Food Engineering Technologies Service. Retrieved 19 March 2013.
22. Basic Rubber Testing. ASTM International. pp. 6–. GGKEY:8BT2U3TQN7G.
23. Transportation of Natural Rubber - Industry Source
24. Horath, Larry (2017). Fundamentals of Materials Science for Technologists: Properties, Testing, and Laboratory Exercises, Second Edition. Waveland Press. ISBN 978-1-4786-3518-5.
25. "Rubber Faqs". Archived from the original on 13 September 2016.
26. Jump up to:a b "Premarket Notification [510(k)] Submissions for Testing for Skin Sensitization To Chemicals In Natural Rubber Products" (PDF). FDA. Retrieved 22 September 2013.
27. "New Type of Latex Glove Cleared".
28. American Latex Allergy Association. "Allergy Fact Sheet".
29. https://www.bridgestone.com/technology_innovation/natural_rubber/guayule/
30. http://coopertire.com/news/guayule-faq
31. https://www.moderntiredealer.com/news/724796/cooper-completes-research-proving-guayule-plant-is-viable-source-of-rubber-for-tires
32. https://www.rubbernews.com/article/20180220/NEWS/180229991/bridgestone-backs-guayule-as-natural-rubber-source
33. https://www.kgk-rubberpoint.de/en/14737/bridgestone-reveals-first-passenger-tires-made-from-guayule/
34. https://www.continentaltire.com/news/continental-constructing-tires-dandelions
35. https://www.yankodesign.com/2019/10/23/the-dandelion-is-an-all-terrain-tire-concept-that-has-72-legs-instead-of-an-air-filled-tube/

HEC

شرکت مهندسی هیوا

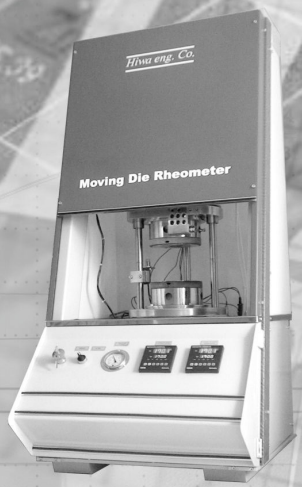
HIGH QUALITY

HIWA ENG CO.

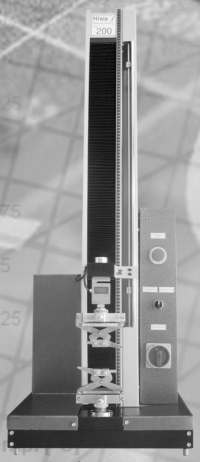
Material testing machine

HIGH PERFORMANCE

کشش و فشار یونیورسال

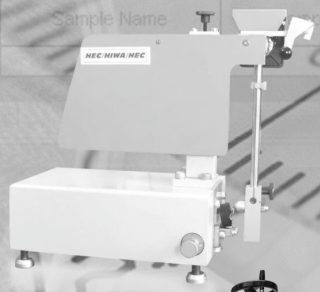


رئومتر با قالب نوسانی MDR



کشش و فشار

رئومترODR و مونی ویسکومتر



آزمون جهندگی

پایه سختی سنج

آزمون ضربه

آزمون سایش

آزمون خستگی

شرکت مهندسی هیوا برترین تولید کننده تجهیزات و ماشین آلات آزمایشگاهی صنایع گوناگون

اولین تولید کننده دستگاه های رئومتر ODR و MDR و مونی ویسکومتر در ایران

صادرات به کشورهای آسیایی و اروپایی و ارائه محصولات به بیش از دویست مرکز صنعتی دولتی و خصوصی

هیوا متعهد به خدمات پس از فروش، ارائه کیفیت بالا و جلب رضایت مشتری می باشد.

به روز رسانی دستگاه های آزمایشگاهی و صنعتی قدیمی با کمک سخت افزار و نرم افزار تحت ویندوز و PLC

شرکت مهندسی هیوا آماده ارائه مشاوره و خدمات مهندسی و تامین تجهیزات در زمینه های اتوماسیون صنعتی

و تاسیسات هوشمند ، مدلسازی و طراحی و تحلیل سیستمهای مختلف در صنایع گوناگون توسط نرم افزار های روز دنیا می باشد

تلفن وفکس : 021-77387193

همراه :09121783974

website : www.hiwaco.com ,Email : info@hiwaco.com

IRANIAN-RUBBER INDUSTRIES ENGINEERING AND RESEARCH COMPANY
RIERCO

مرکز تحقیقات صنایع لاستیک ایران
(شرکت دانش بنیان)

دوره‌های کوتاه‌مدت تخصصی در زمینه‌های:

- تربیت کارشناس/ تکنیسین آزمون تایر
- تربیت کارشناس بازاریابی
- تربیت آمیزه‌کار تیوب، فلاپ و بلادر
- تربیت‌کارشناس/تکنیسین‌تایرخسارتی
- تربیت کارشناس بازرگانی خارجی
- تربیت کارشناس/ تکنیسین ساخت تایر
- تربیت کارشناس/ تکنیسین ساخت ترد و لایه
- تربیت ارزیاب قانون ریچ
- تربیت کارشناس/ تکنیسین نگهداری و تعمیرات در صنعت تایر
- تربیت کارشناس/ تکنیسین HSE برای صنایع لاستیک
- تربیت کارشناس/ تکنیسین فرایند تولید قطعات لاستیکی
- تربیت کارشناس / تکنیسین مواد اولیه برای صنایع لاستیک

طرح‌های تخفیفی برای دانشجویان، ادارات دولتی و همچنین ثبت نام‌های تعدادی، بر اساس جدول پیوست اعمال خواهد شد.

اعطای گواهی پایان دوره از سازمان ملی استاندارد و مرکز تحقیقات صنایع لاستیک ایران

سازمان ملی استاندارد ایران | سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور | جمهوری اسلامی ایران وزارت علوم، تحقیقات و فناوری | ISO/IEC 17025

مکان برگزاری: اتوبان تهران-کرج، بعد از مترو ایران‌خودرو، خروجی شهرک علم و فناوری، بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده هواشناسی، مرکز تحقیقات صنایع لاستیک ایران

تلفن تماس: ۰۲۱۴۴۷۸۷۲۰۶
تلفن تماس: ۰۹۱۲۴۴۳۶۶۱۰
دورنگار: ۰۲۱۴۴۷۸۷۹۱۳

rierco_net
@rierco_net
www.rierco.net

راهنمای تدوین، ترجمه و ارسال مقاله

از استادان محترم دانشگاه‌ها، مدیران، کارشناسان و پژوهش‌گران گرامی صنعت تایر و قطعات لاستیکی کشور و نیز از دانشجویان عزیز رشته‌ی پلیمر و رشته‌های مرتبط با بخش‌های نشریه، دعوت می‌شود برای ارسال مقاله‌های پژوهشی، تألیفی و ترجمه شده‌ی خود، در زمینه‌های فنّاوری طراحی و تولید تایر، فنّاوری تولید قطعات لاستیکی، آمیزه‌کاری، مواد اولیه و فرایندهای تولید محصولات لاستیکی، دانش روز مدیریت، مدیریت استراتژیک و شاخه‌های مدیریت (تولید/ عملیات/ منابع انسانی)، نظام‌های کیفی و کنترل کیفیت، بازاریابی و خدمات پس از فروش، از طریق آدرس اینترنتی www.iranrubbermag.ir ثبت نام کرده و با دریافت نام کاربری و رمز عبور مربوطه، اقدام به بارگذاری مقاله مطابق با بندهای این راهنما نمایند. برای مقاله‌های ترجمه شده، ارسال فایل اصل مقاله ضروری‌ست. از کارشناسان و دانشجویان محترمی که قصد دارند از طریق ترجمه‌ی مقاله با این نشریه همکاری داشته باشند تقاضا می‌شود قبل از ترجمه، فایل متن اصلی یا چکیده‌ی آن را برای تأیید از طریق آدرس الکترونیکی entesharat.rierco@yahoo.com به دبیرخانه نشریه ارسال کنند.

مقاله‌های پژوهشی و تألیفی نباید همزمان به نشریه‌ی دیگری برای چاپ فرستاده شود یا قبلاً به چاپ رسیده باشد.

۱ متن مقاله

۱-۱ متن مقاله باید در قالب Word 2007، با فاصله‌ی سطرهای یک در میان (با قلم میترا، نازنین، لوتوس) با قلم ۱۲ تایپ شده باشد. تیترهای فرعی درون مقاله با قلم ۱۳ بولد تایپ شود.

۱-۲ مقاله باید حداکثر در ۱۵ صفحه‌ی A4 تنظیم شده باشد.

۱-۳ حاشیه‌ی متن مقاله از هر طرف باید ۲٫۵ سانتی‌متر باشد.

۱-۴ توصیه می‌شود در نوشتن متن مقاله از شیوه‌ی نگارش جدید خط فارسی استفاده شود به‌طوری که تمام حروف جدا نوشته شود (ی، ها، می، آن‌ها، آن‌که، و...).

۱-۵ صفحه‌ی نخست مقاله باید شامل عنوان فارسی و انگلیسی (قلم فارسی ترافیک و لاتین تایمز ۱۸ بولد)، نام کامل مؤلف یا مؤلفان یا مترجم، نام مسؤول مکاتبات، سطح تحصیلی، واحد سازمانی و نشانی و تلفن محل کار ایشان (قلم میترا ۱۰ بولد) باشد. نشانی الکترونیکی مسؤول مکاتبات نیز باید درج شده باشد.

۱-۶ مقاله باید دارای چکیده (شامل هدف پژوهش یا تألیف، روش انجام و نتیجه‌های به دست آمده) به زبان فارسی (با قلم خرمشهر ۱۲) و زبان انگلیسی (با قلم Times New Roman فونت ۱۳) باشد.

۱-۷ مقاله باید دارای واژه‌های کلیدی (حداکثر ۵ واژه) به زبان فارسی (با قلم خرمشهر ۱۳ بولد) و زبان انگلیسی (با قلم Times New Roman فونت ۱۳) باشد.

۱-۸ متن مقاله به ترتیب باید شامل بخش مقدمه، بخش تجربی (مواد، دستگاه‌ها، روش‌ها و استانداردها)، بخش نتیجه‌ها و بحث، بخش نتیجه‌گیری، و مراجع باشد.

۱-۹ تمام نمادها و علامت‌های اختصاری که برای نشان دادن متغیرها، ثابت‌ها، مقادیر و خواص، استانداردها و نیز معرفی نام سازمان‌ها و مراکز پژوهشی در مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید در نخستین کاربرد توضیح داده شده و معادل انگلیسی کامل آن‌ها در پاورقی (با قلم RL Times فونت ۸) بیاید.

۱-۱۰ شماره‌ی مراجع مورد استفاده به ترتیب در متن مربوطه، داخل کروشه درج شود.

۲ جدول‌ها

۲-۱ جدول‌ها باید به ترتیب شماره‌گذاری، در متن مشخص شود. متن جدول‌ها با قلم نازنین ۱۰ تایپ شود و در صفحه‌های جداگانه در پایان مقاله آورده شوند.

۲-۲ تمام مقدارهای جدول‌ها باید دارای واحد یکسان باشد، و مقدارهایی که نیاز به توضیح داشته باشد باید پس از علامت‌گذاری روی آن‌ها، به شکل پانویس در زیر جدول شرح داده شوند.

۲-۳ تمام جدول‌ها باید دارای عنوان یا شرح باشند (قلم میترا ۱۱ بولد). اعلام نام مرجع برای جدول‌هایی که کار نویسنده نباشد ضروری‌ست.

۲-۴ تمام جدول‌ها باید در word اجرا و ارسال شود (اسکن نشود).

۳ شکل‌ها و عکس‌ها

۳-۱ شکل‌ها به ترتیب شماره‌گذاری باید در متن مشخص و مورد اشاره قرار گیرند. شکل‌ها و عکس‌ها در صفحه‌های جداگانه در پایان مقاله آورده شود.

۳-۲ عنوان و شرح تمام شکل‌ها و عکس‌ها باید در زیر آن‌ها درج شود (با قلم میترا ۱۱ بولد).

۳-۳ عکس‌ها باید وضوح کامل داشته باشند (در صورت امکان عکس‌ها در فرمت jpg و با 300 resolution باشد).

۴ نوع مقاله: نویسندگان باید نوع مقاله از نظر پژوهشی، تألیفی، مروری، یا ترجمه بودن را در بالای نام نویسندگان مقاله درج کنند.

فرم اشتراک نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (*IRM*)

(علمی ترویجی، فنی، اقتصادی و خبری)

خواهشمند است به نکات زیر توجه فرمایید:

۱- بهای هر شماره ۴۰۰,۰۰۰ ریال است.
۲- بهای اشتراک سالانه با تخفیف ۱,۳۰۰,۰۰۰ ریال است.
۳- بهای اشتراک دو ساله با تخفیف ۲,۵۰۰,۰۰۰ ریال است.
۴- از فرستادن وجه نقد جهت اشتراک حتی الامکان خودداری کنید.
۵- نشانی و کدپستی خود را به‌صورت کامل و خوانا بنویسید.
۶- نام و شماره‌ی تماس خود را روی فیش بانکی بنویسید.

Email:entesharat.rierco@yahoo.com

Website:www.iranrubbermag.ir

در صورت تمایل به اشتراک نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران، فرم زیر را تکمیل و به همراه اصل فیش بانکی واریز حق اشتراک، به نشانی زیر ارسال، یا به شماره‌ی ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ فاکس نمایید.

شماره حساب: بانک ملت، شعبه‌ی شهرک راه‌آهن، حساب جاری جام، شماره‌ی ۵۹۰۰۵۷۰۰۴۹ به نام "شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک - واحد انتشارات" (شماره‌ی شبا IR050120000000005900570049)

نشانی: تهران، اتوبان تهران-کرج، بعد از ایران خودرو، خروجی شهرک علم و فناوری، انتهای بلوار پژوهش، جنب پژوهشکده‌ی هواشناسی، انتهای کوچه، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
تلفن: ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ فاکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ کدپستی: ۱۴۹۷۷۱۶۳۶۵

فرم اشتراک
نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (IRM)

نوع اشتراک:

اشتراک جدید ☐ تمدید اشتراک ☐

نام و نام خانوادگی مشترک

سمت | ایمیل

نام شرکت | نوع فعالیت

نشانی

تلفن | تلفن همراه

تلفن | صندوق پستی | کدپستی

به پیوست فیش بانکی به شماره ..... و به مبلغ ..... ریال بابت حق اشتراک یک ساله/دوساله‌ی نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران از شماره‌ی ..... ارسال می‌شود.

تاریخ امضاء

فرم نظرسنجی از خوانندگان

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران (*IRM*)

(نشریه‌ی سال بیست‌وچهارم، شماره‌ی ۹۵، پاییز ۹۸)

نشریه‌ی صنعت لاستیک ایران با هدف آگاهی از میزان رضایت‌مندی شما خوانندگان گرامی نسبت به مطالب و صفحه‌های متفاوت نشریه، فرم نظرخواهی حاضر را تهیه کرده است. ضمن تشکر از همراهی شما عزیزان خواهشمندیم در هنگام پاسخ دادن، دقت و صراحت لازم را مبذول فرمایید.

ردیف	عوامل مورد ارزشیابی	عالی ۵	بسیارخوب ۴	خوب ۳	متوسط ۲	ضعیف ۱	بسیارضعیف ۰
۱	مقاله‌های بخش علمی- فنی						
۲	مقاله‌های بخش مدیریت						
۳	سایر نظرها:						

* کدام یک از بخش‌های نشریه را بیش از سایر بخش‌ها مطالعه می‌کنید؟ لطفاً با درصد بیان کنید.

* آیا کمبودی در مطالب نشریه احساس می‌کنید؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، مطالب موردنظر را بیان کنید.

* موضوع پیشنهادی شما برای ارائه‌ی سرمقاله چیست؟

* عمده‌ترین تغییرهایی که به‌نظر شما باید در محتوای نشریه ایجاد شود، چیست؟

* به‌منظور افزایش و بهبود کیفی مطالب، در چه زمینه‌هایی می‌توانید در ارائه‌ی مطالب همکاری کنید؟

* نام و نام خانوادگی و شماره‌ی تماس در صورت تمایل:

لطفاً پس از تکمیل، فرم مربوطه را برای واحد انتشارات فاکس کنید.

تلفن: ۹۰۵ و ۴۴۷۸۷۹۱۷-۰۲۱ فاکس: ۴۴۷۸۷۹۰۵-۰۲۱ www.iranrubbermag.ir Email:entesharat.rierco@yahoo.com

سامانه‌ی پیامکی : ۴۴۷۸۷۹۱۱-۰۲۱

Natural rubber from new plants

Will there finally be a possibility of producing natural rubber and latex in Iran?

M. Aman_Alikhani

Consultant of raw materials and blends of rubber and tire components

∗**Corresponding author Email:** m.amani@hotmail.com

Abstract: Almost all of the world's natural latex and rubber are now derived from the Hua tree. Unfortunately, this tree is native to the tropics and despite various activities that took place in our country since the beginning of this century but it could not be cultivated.

Now, with the completion of various activities, it is hoped that the monopoly of latex and natural rubber production on the Hua tree will soon be broken and thus restricted in the tropics. Of course, in our country, the results of these activities are also available. In particular, new plants can also be grown and harvested in the desert and semi-arid lands as well as in harsh climates. Hopefully one day, in our country, we will also see rubber production in this way.

Keywords: Natural rubber, Hua tree, latex, Russian dandelion.

The effect of recycled rubber powder obtained from reclaimed tires on the mechanical and thermal properties of aging rubber composite materials based on BR / SBR / WRP

F. Motiee[2,*], , F. Mostafavi-Neishaboori[1], A. Esmaeeli[1]

1. Islamic Azad University Tehran-North Branch (IAU-TNB),Tehran, Iran.
2. Assistant Prof., Islamic Azad University North Tehran Branch, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: f_motiee@iau-tnb.ac.ir

Abstract: Since reusing of reclaimed tire is considered as part of a polymer matrix alternative, in this paper the WRP up to20 phr replaced with the BR / SBR elastomer compound and aged from240 to 960 hours under environmental conditions (23 ± 3 °c) in aging chamber. The effect of the WRP was investigated on their rheological and physico-mechanical properties. Composite morphology and structural analysis, as well as their thermal behavior, were followed by scanning electron microscopy (SEM) and thermal analysis (TG / DTG). The results show that the presence of waste rubber powder up to20 phr as a substitute for the primary polymer matrix improves curing rate, steress crack resistance, tensile strength and hardness of the compound. The performance of BR / SBR / WRP composites compared to the BR / SBR samples shows a slight change in the mechanical properties, while modulus and composite hardness are associated with a slight increase. The use of waste rubber powder, as well as its cost-effectiveness, helps to protect the environment, reduce chemical consumption, prevent water and soil pollution, and reduce landfill, etc.

Keywords: Waste rubber powder, Physico-mechanical properties, Thermal properties, BR/SBR

Investigation of Epoxidized Palm Oils as Green Processing Aids and Activators in Rubber Composites

H. Boroustan[2], A. Iran-Poori[1]

1. B.Sc. Student of Chemical Engineering- Shahroud University of Technology, Iran Yasa Tire Rubber
2. Company, Tehran, Iran Master of Polymer Engineering - University of Tehran, Iran Yasa Tire Rubber Company, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** iranpoory@gmail.com

Abstract: Epoxidized palm oil (EPO) is an environmentally friendly, biodegradable, and cost-effective process aid. In this study, the replacement of EPO with aromatic oil (AO), modified distilled aromatic oil (TDAE) and unmodified palm oil (PO) in styrene butadiene rubber (SBR) was investigated. The volcanized properties, mechanical properties, abrasion resistance and thermogenic properties of the EPO blend were compared with standard samples containing aromatic oils. The rubber composites with EPO showed enhanced mechanical properties including modulus, tensile strength, and elongation at break. This is ascribed to the improved dispersion of fillers in the rubber matrix and interaction between the filler and the polymer. Furthermore, EPO in the rubber matrix showed remarkable abrasion resistance, rebound resilience, and heat buildup at low loadings. EPO in a rubber composite presents feasibility as a renewable raw material that can serve as an alternative to petrochemical oils in various applications. This study opens a new avenue for high-performance elastomer composites for various engineering applications.

Keywords: Epoxidized palm oil, Styrene butadiene rubber, Processing aids oil.

Study of the effect of different types of SBR-filled silica rubber on physical-mechanical properties and prediction of rolling resistance by rheological properties

M. Amini

Expert of Barez Kordestan Rubber Process Engineering Department, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: majed_amini_90@yahoo.com

Abstract: In this research, the physical-mechanical and rheological properties of the composites obtained from SBR1502, SBR1712, SBR1763 and SBR72612 filled with 55 silica Particles were investigated and compared. Also, given that the rheological behavior of rubber compounds can reflect many of the tire's functional properties, and knowledge of the rheological properties of the rubber materials enables us to predict the rolling resistance properly. In this study, the rheological properties of the samples were measured by RPA 3000. For this purpose, four samples were prepared with E1SBR / Silica, E2SBR / Silica, E3SBR / Silica and SSBR / Silica codes. The results of molecular weight distribution analysis showed that SSBR has the thinnest molecular weight distribution and the highest molecular weight. Also, examination of the mechanical properties showed that the E1SBR / Silica sample had the highest amount of elongation and the lowest Young's modulus, which increased the modulus of Young's modulus and molecular weight, respectively, and decreased the elongation percentage. Also, rheological properties analysis showed that SSBR / Silica sample had the lowest dissipation factor which is expected to have the lowest rolling resistance of the tire made with this sample. By examining the amount of rheological properties of the strain broom in the specimens, it can be found that the greater the storage modulus, the greater the amount of force at a constant percentage of elongation, which is fully consistent with the mechanical properties results.

Keywords: Styrene butadiene rubber, silica, rheological properties, rolling resistance, mechanical and physical properties.

Characteristics and applications of sedimentary silica in the rubber industry and its domestic production capability

E. Ghorbani

Managing Director of Behsazan Fakhr Iranian Rubber Company, Tehran, Iran

⁎**Corresponding author Email:** eb_ghorbani@yahoo.com

Abstract: This article discusses various types of silica, especially precipitated silica, its uses and applications in the rubber and tire industry, including improving the physical and mechanical properties of rubber products and reducing tire rolling resistance. Also, the qualitative characteristics of depositional silica such as particle size and surface area, particle surface area, structure and active agents and their effects on product performance, blending and mixing of silica-containing compounds, depositional silica production method and its raw materials and the internal production status of this raw material are examined.

Keywords: Precipitated silica, particle size, specific surface area, structure, surface activity,

Chemical Additives in the Rubber Industry and Domestic Production Capabilities

M. Jalilian

Assistant Prof., of Polymer and Petrochemical Institute of Iran, Tehran, Iran

⁎**Corresponding author Email:** m.djalilian@ippi.ac.ir

Abstract: Nowadays, rubber products have a special place in human life. Chemical additives are an important compound of the formulation of the rubber compound that improve physical, mechanical properties and increase product performance. In this study, we study the characteristics of a number of important chemical additives in the rubber industry, their potentials and the necessity of domestic production.

Keywords: Rubber industries,Chemical additives, Fillers, Curing agents, Antioxidants

Machinery in the tire industry

A.S. Sanatkar

Managing Director of Nivin Fanavaran Neda Co., Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** amirsanatkar@yahoo.com

Abstract: In most developed countries, small industrial companies play a key role in the economic development and industrialization of the country in order to guide liquidity towards production and employment. In the recent years, the tire manufacturing companies have carried out constructive activities in Iran in the field of tire manufacturing equipment with the efforts of tire industry experts. Their most important are the production of more than half of the tire production machinery. In this article, we will review the results of these companies' performance.

Keywords: Machining, tire bias, machining, tire making.

Review of the types of carbon black to provide conductivity in the rubber industry

H. Sabaghi[2,*], A. Abasian[1]

1. Faculty Member of Islamic Azad University Research Sciences Branch, Tehran, Iran
2. Student of Polymer Engineering, Islamic Azad University, Science Research Branch, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** hamidrezasab@gmail.com

Abstract: Carbon black is also used in rubber compound in addition to its primary role as reinforcement in the rubber industry to achieve the required electrical or thermal conductivity. In this article, we will discuss different types of carbon black and their differences in conductivity. Also, it will be reviewed how to mix the carbon black with the rubber compound ,effect of the structure and size of the carbon black to create the desired conductivity

Keywords: Reinforcement, carbon black, electrical conductivity, heat insulation.

Investigation of tire industry in China

N. Emami[1,*], S. Ansari[2]

1. Chairman of the Rules and Standards Committee of the Tire Industry Guild, Tehran, Iran
2. Director of Strategy and IT Engineering and Research Institute of Rubber Industry, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** emaminasser@yahoo.com

Abstract: In this article, we first discuss how the tire and technology transfer industry in China is formed in five stages. Then, the world car production status and China auto status in 2015 and 2016 are discussed. After reviewing China's tire industry, the Chinese government's rules and restrictions on the tire industry are reviewed, China's tire industry strategic plans, financial incentives, and tire problems in China. Finally, China's Aelous Company will also be reviewed in FY 2015.

Keywords: Technology Transfer, Bias Tire, Radial Tire, Energy Consumption.

Use of mechanized practices for effective utilization of quality management system in tire industry

R. Rahmani

Master of Tire Industry, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** rahmani_star@yahoo.com

Abstract: Regarding the requirements of quality management systems, the collection, monitoring and processing of production information or some outputs of machinery must be done to control all quality parameters. Due to the diversity of information, timely corrective actions to maintain process parameters affecting quality are often delayed in control areas and loss of quality will be inevitable. In this article, after reviewing the quality management systems and the reasons for the loss of quality and the processes out of control, we will discuss the estimated costs incurred by tire factories for this event. To overcome these problems, it was possible to utilize automated tracking systems for batch production. Also, extraction, categorization and processing of manufacturing machine data and reporting online and their display on the factory IT network or on the net will also be investigated.

Keywords: Quality, Quality Expenses, Batch Management, On Line Monitor.

Status of machinery and equipment needed by the tire industry (baking presses - tire mold)

E. Esmati

Managing Director of karagostar Corporation,Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** esmati@karagostar.com

Abstract: The growth of the machinery industry is directly related to the growth of the tire industry. One of the most important tools to meet the market need for a car tire, is possible to change the size and design of the production tire quickly and inexpensively. Therefore, in order to increase mold making in the shortest possible time, updating mold manufacturing technology is essential. This paper deals with the manufacturing status of molds, devices, and equipment used in the tire industry in Iran and around the world.

Keywords: Baking presses, die casting, cutting equipment, injection baking, cutting machine, mixing line.

Take a look at the changes ahead in the tire industry around the world

N. Emami[1,*], A.H. Biglari[2]

1. Chairman of the Rules and Standards Committee of the Tire Industry Guild, Tehran, Iran
2. Expert of Tire Industry Association, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** emaminasser@yahoo.com

Abstract: This articles describes recent developments in the world tire industry and the actions taken by the tire industry. These developments are divided into two major parts. In the tire product part, we have investigated the issues of electric cars, cars, green tires and non-air tires as well as their tire properties. Another part, it is raw material that discusses new methods of mixing tire raw materials, the use of recycled, sustainable, renewable tire materials, and discusses changes to SWR standards and tire labeling. Finally, what is needed by the world for the tire manufacturing industry is the need for their developments, this article is discussed.

Keywords: Green Tire, Non-pneumatic tire(Concept Tire), EV Vehicle, Autonomous Vehicle

In The Name of God

IRM

Iranian Rubber Magazine

(Scientific)

(Scientific / Technical / Economical / Managerial)

Volume 24, No. 95, Autumn 2019

Copyright and Publisher:
Rubber Industries Engineering and Research Co. (RIERCO)

Manager in Chief / Editor in Chief:

Dr. S. Taghvaei

Administration Manager:

S. Ansari

Editor:

A.R. Tafreshi_Hosseini

Designer:

S. Soufi_Niaraki

Responsible of Advertising & Subscribers:

Z. Rahimi–Riseh

With Cooperation of:

Kian Tire Co., Iran Tire Co.,
Iran Yasa Tire and Rubber Co.,
Dena Tire Co., Pars Tire Co., Barez Tire Co.,
Yazd Tire Co., Goldstone Tire Co.,
Kavir Tire Co.

Address:
Tehran–Karaj Fwy, after Iran Khodro, Output of Science and Technology Town, Pajouhesh Blvd, Close to Meteorological Research Center, Tehran, Iran, B.O.Box:15875-5981

Tel: 0098(21)44787917

Fax: 0098(21)44787905

Email: entesharat.rierco@yahoo.com

Website: www.iranrubbermag.ir

Editorial Board:

- Dr. G.R. Bakhshandeh, *Prof., Polymer & Petrochemical Research, Tehran, Iran.*
- Dr. S. Taghvaei–Ganjali, *Prof., Faculty of Chemistry, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran.*
- Dr. A. Jalali, *Associate Prof., Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran.*
- Dr. M. Razaghi–Kashani, *Associate Prof., Tarbiyat Modaress University, Tehran, Iran.*
- Dr. E. Setoudeh, *Ph.D. Polymer, Rubber Industries University of Applied Science & Technology, Tehran. Iran.*
- Dr. A. Abbasian, *Assistant Prof., Science and Research Department, Islamic Azad University, Tehran. Iran.*
- Dr. A.R. Azimi, *Ph.D. Polymer, Rubber Industries University of Applied Science & Technology, Tehran. Iran.*
- Dr. M.H.R. Ghoreishy, *Prof., Polymer & Petrochemical Research, Tehran, Iran.*

Partners in this issue:

N. Emami	E. Esmati
A. Abbasian	A.S. Sanatkar
M. Jalilian	M. Amini
A.R. Tafreshi_Hosseini	R. Rahmani
M. Tanha	A. Iran_Pouri
M. Aman–Alikhani	F. Motie
M. Babazadeh	E. Ghorbani

This journal is abstracted / indexed in:

ISC.gov.ir
iranrubbermag.ir