تایر سبز؛ راه‌کاری مفید جهت کاهش پیامدهای زیست‌محیطی صنعت تولید تایر

محمد اسدزاده[1]، رضا جواهری[2]

۱ کارشناس مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کاشان، کاشان، mohammad.asadzadeh@gmail.com

۲ دکتری مهندسی مکانیک، معاون بازاریابی و فروش بخش حمل‌ونقل ریلی، شرکت مپنا، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۷

چکیده

از جمله مهم‌ترین صنایع وابسته به صنعت خودروسازی، صنعت ساخت‌وتولید انواع تایر است. امروزه بهبود مستمر در عرصهٔ صنعت تولید لاستیک با آمیزه‌های جدید شیمیایی و طراحی براساس روش‌های روزآمد مهندسی سبب شده است روزبه‌روز تایرهایی بادوام‌تر، با عملکردی بهتر در شرایط متنوع آب‌وهوایی تولید و روانهٔ بازار شود. با توجه به گستردگی این صنعت و آثار زیست محیطی فراوان آن، که به‌طور مستقیم ناشی از حجم مواد مصرفی برای تولید هر حلقه تایر و میزان پسماند ناشی از تایرهای فرسوده در طبیعت می‌شود و به‌طور غیرمستقیم که ناشی از اثر تایر بر مصرف سوخت و میزان آلاینده‌های تولیدشده توسط خودرو می‌باشد، کنترل هر یک از ابعاد مذکور می‌تواند شاخص بسیار مهمی در جلوگیری از آلودگی هرچه بیشتر محیط زیست محسوب شود. در این مقاله، نخست گزیده‌ای از تاریخچهٔ صنعت تولید تایر بیان شده است. سپس مواد اولیهٔ مورد استفاده در صنایع تولید تایر و بخش‌های گوناگون آن معرفی و فناوری‌های جاری در عرصهٔ تولید تایر معرفی و روش‌های تولید تایرهای متداول تشریح شده و موضوع تایرهای سبز، به‌عنوان راه‌کاری جدید به‌منظور کاهش پیامدهای زیست‌محیطی استفادهٔ روزافزون از تایرهای معمولی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌گیری از تایرهای سبز، در کنار ارتقای خواص و ویژگی‌های مهندسی محصول نهایی، سبب کاهش چشمگیر مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت و پسماند حاصل از تایرهای مستعمل خواهد شد.

واژگان کلیدی: تایر، تایر سبز، مواد مرکب، تولید تایر، مقاومت غلتشی، طول عمر

۱. مقدمه

تایر[1] به لاستیکی مستحکم و انعطاف‌پذیر گفته می‌شود که روی طوقه یا رینگی فلزی[2] قرار می‌گیرد و چرخ اداوات و وسائل نقلیه را تشکیل می‌دهد. این قطعهٔ خاص به‌هنگام تماس با جاده، همواره در معرض کشش[3] قرار دارد و به‌هنگام حرکت خودرو بر بستر جاده از مجموعهٔ چرخ محافظت می‌کند [۱]. امروزه از تایر در وسائلی چون خودروهای سبک و سنگین، هواپیما، تراکتور و تجهیزات کشاورزی، ماشین‌آلات حمل‌ونقل صنعتی همچون انواع افرازه یا لیفت‌تراک[4]، یدک‌کش، جک‌پالت[5]، انباشت‌گر یا استکر[6]،

ریچ‌تراک[۷]، اداوات و ماشین‌آلات راه‌سازی، همچنین در اداواتی چون کالسکهٔ کودک، سبد خرید، ویلچر، انواع دوچرخه و موتورسیکلت استفاده می‌شود. بیشتر تایرهای موجود در وسائل نقلیه از نوع بادی‌اند که در آنها هوای فشرده محبوس می‌شود [۲].

تا سالیان اخیر، بیشتر لاستیک‌ها مجهز به تیوبی داخلی بودند که از خروج هوای پرفشارِ داخل لاستیک جلوگیری می‌کرد. امروزه اما، تایرها بدون تیوب[۸] با خاصیت نفوذناپذیری بالا ساخته شده‌اند. در این نوع از تایرها، حفظ فشار داخلی برعهدهٔ رینگ و لاستیک است. آمار تولید این قطعهٔ خاص (بالغ بر یک میلیارد حلقه در سال) خود مبین این حقیقت است که رویکردی دانش‌محور نسبت به طراحی و تولید انواع تایر می‌تواند تا چه حد در صرفه‌جویی در مصرف، پاسداشت منابع و ارزآوری این قطعهٔ کاربردی از یکسو و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی از سویی دیگر اثرگذار باشد. بنابراین لزوم به‌کارگیری مواد مهندسی، با ویژگی‌هایی که قادر به برآوردن خواسته‌های طراحان و ساخت‌وتولید این دسته از قطعات باشد، بیش از پیش خودنمایی می‌کند.

یکی از کارآمدترین موادی که می‌تواند در تولید انواع تایر راهگشا باشد، مواد مرکب است. ترکیب لایه‌هایی از لاستیک با ورقه‌هایی از الیاف‌های موازی می‌تواند کامپوزیتی تولید کند که در هر یک از سه جهت اصلی، رفتار و ویژگی‌هایی متفاوت از خود بروز دهد. همین ویژگی خاص تایر سبب می‌شود تا پنج هدف عمدهٔ زیر تأمین شود [۳]:

۱. اصطکاک لغزشی[۹] بالا در مناطق خشک و مرطوب، در گسترهٔ وسیعی از دما همراه با سطوح جاده‌ای مختلف به‌منظور تأمین شتاب، نیروی ترمزگیری و فرمان‌پذیری مناسب
۲. مقاومت غلتشی[۱۰] پایین
۳. سختی قائم[۱۱] به‌منظور استهلاک نوسانات و تحریکات اعمال‌شده به وسیلهٔ نقلیه و ضربه‌گیری و نرمی سواری
۴. سختی طولی و جانبی[۱۲] بالا به‌منظور کاهش حرکات لغزشی محل تماس تایر با زمین
۵. مقاومت در برابر بریدگی[۱۳]، پنچری و سوراخ‌شدگی[۱۴] و سایش و فرسودگی[۱۵]

در این مقاله سعی شده است تا پس از بررسی تاریخچهٔ صنعت تولید تایر، مواد اولیهٔ مورد استفاده در این صنعت معرفی و بخش‌های گوناگون آن تشریح شود. سپس با بررسی فناوری‌های روز در عرصهٔ تولید تایر و روش‌های ساخت‌وتولید تایرهای متداول، به بررسی گونهٔ خاصی از تایرها با عنوان تایرهای سبز[۱۶] پرداخته و مزایای استفاده از آن به اجمال معرفی شود.

۲. پیشینهٔ تاریخی

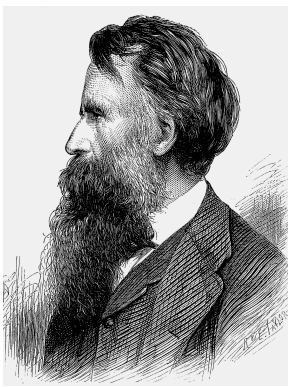
با بررسی و مرور منابع مرتبط با تاریخ علم و فناوری مشاهده می‌شود که نخستین‌بار رابرت ویلیام تامسن[۱۷]، مخترع اسکاتلندی، در سال ۱۸۴۵ م، تایر بادی[۱۸] مجهز به تیوب داخلی را طراحی و تولید و از هوا به‌منظور ضربه‌گیر نیوماتیک در تایرهای لاستیکی استفاده کرد. اما این اختراع که قدری از گسترهٔ دانش فنی زمان او جلوتر بود، چندان مورد توجه قرار نگرفت، تا اینکه ۳۵ سال بعد؛ در سال ۱۸۸۰ م، تایر بادی توسط جان بوید دانلپ[۱۹]، مخترع و صنعتگر شهیر اسکاتلندی، بازآفرینی شد و با استفاده در دوچرخه‌ها، به‌سرعت مورد توجه دوچرخه‌سواران آن روزگار قرار گرفت [۴].

مهم‌ترین عنصر مورد استفاده در تولید انواع تایر، لاستیک[۲۰] است. امروزه اما، در کنار لاستیک طبیعی از لاستیک مصنوعی[۲۱] نیز در ساخت انواع تایر استفاده می‌شود [۵]. اساساً جهت ایجاد خصوصیاتی چون استحکام، ضربه‌پذیری[۲۲] و مقاومت سایشی یا دیرسایی[۲۳] لازم است لاستیک خام با افزودنی‌های شیمیایی متعدد ترکیب و عمل‌آوری شود [۶]. در سال ۱۸۳۹ م، چارلز گودییر[۲۴]، مخترع نام‌آشنای امریکایی، به‌صورت کاملاً تصادفی روش استحکام‌بخشیدن به لاستیک را کشف کرد؛ روشی که بعدها به فرایندی موسوم به ولکانش[۲۵] یا عمل‌آوری[۲۶] شهرت یافت [۶]. او از سال ۱۸۳۰ م، با هدف ارائهٔ روشی مناسب جهت پخت و فراوری لاستیک آزمایشات متعددی انجام داد، اما توفیق چندانی نیافت، تا اینکه در جریان انجام یکی از آزمایشات خود، با اختلاط لاستیک طبیعی و گوگرد و حرارت‌دادن مخلوط متوجه انجام واکنشی شیمیایی شد. وی مشاهده کرد که مخلوط لاستیک و گوگرد به‌جای ذوب‌شدن، به یک تودهٔ سخت تبدیل می‌شود. پس از مشاهدهٔ چنین رخدادی بود که با تداوم آزمایشات موفق به تولید نخستین لایهٔ لاستیکی شد [۱].

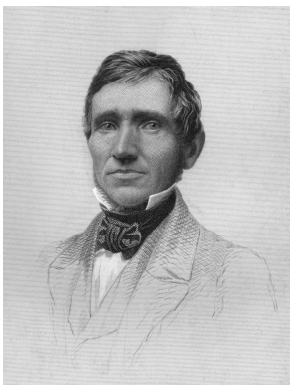
امروزه تولیدکنندگان بزرگ تایر به‌کمک نیروی انسانی متخصص خود، سالیانه بالغ بر یک میلیارد حلقه تایر روانهٔ بازار

مصرف می‌کنند [۱]. در حال حاضر بخش اعظمی از فرایند ساخت تایر در مجموعه‌های تولیدی به‌صورت خودکار انجام می‌شود؛ اما در بخش‌هایی چون مونتاژ و لایه‌گذاری بدنهٔ تایر هنوز از نیروی انسانی ماهر استفاده می‌شود.

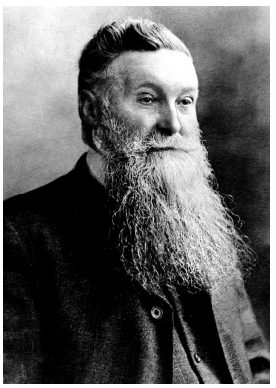
معمولاً در تولید انواع تایر از رشته‌هایی انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود تا محصول نهایی در برابر فشار هوا مقاوم باشد و در حین استفاده، دچار تغییر شکل‌های طولی و جانبی نشود. این رشته‌ها طی سالیان متمادی از مواد متنوعی چون کتان، ریون، نایلون، پلی‌استر، شیشه، آروماتیک پلی‌آمید و فولاد ساخته می‌شدند [۳]. البته در حال حاضر، دو مورد آخر بیشترین کاربرد را دارند. ناگفته نماند انتخاب جنس رشته‌ها به ویژگی‌هایی چون سختی مورد نیاز طراح، مقاومت مناسب در برابر بارهای تکرارشونده مثل خمش‌های دینامیکی، نسبت استحکام به وزن بالا، چسبندگی خوب لاستیک و قیمت پایین محصول نهایی بستگی دارد. این در حالی است که دیوارهٔ جانبی تایر باید نسبت به خراشیدگی[۲۷]، خمش و اثر نیتروژن موجود در هوا و آج لاستیک در برابر سایش[۲۸] مقاوم باشند. این ویژگی‌ها یکی از مهم‌ترین کاربردهای لاستیک است و پیشرفت مداوم در مقاومت سایشی به‌وسیلهٔ فرمولاسیون‌های پیشرفته، از موفقیت‌های چشمگیر صنعت امروز بوده است. البته باید توجه داشت فرمولاسیون لاستیک همچنان یک هنر است تا یک دانش. مثلاً اینکه چرا روش تولید آج لاستیک بر پایهٔ پلی‌بوتادین[۲۹] در برابر مقاومت ساییدگی بر ساخت‌وتولید بر پایهٔ لاستیک‌های سنتزی[۳۰] یا پلی‌ایزوپرن[۳۱] ارجح است، هنوز مشخص نیست [۳].



شکل ۱. رابرت ویلیام تامسن (۱۸۲۲–۱۸۷۳)



شکل ۲. چارلز گودییر (۱۸۰۰–۱۸۶۰)



شکل ۳. جان بوید دانلپ (۱۸۴۰–۱۹۲۱)

۳. فرایند طراحی و تولید انواع تایر

۳–۱. مواد اولیه

همان‌گونه که پیشتر نیز بیان شد، اصلی‌ترین عنصر مورد استفاده در ساخت تایر، لاستیک است. این ماده به دو گونهٔ طبیعی و مصنوعی در دسترس است. لاستیک طبیعی از شیرهٔ درخت کائوچو[۳۲] با نام علمی هیوآ برازیلین‌سیس[۳۳] به‌دست می‌آید [۸]. البته باید توجه داشت که لاستیک طبیعی از بیش از دویست گونهٔ گیاهی به‌دست می‌آید، اما تنها چند مورد از آنها همچون درخت هیوآ برازیلین‌سیس که در برزیل، هند، مالزی و مالایا، آسیای جنوبی و جنوب شرقی و آفریقای غربی و همچنین درخت گوتاپرچا[۳۴]، که در تایلند و تایوان و شمال استرالیا رشد می‌کنند، کاربرد تجاری دارند [۹]. بیش از ۹۹ درصد از لاستیک طبیعی جهان از این منابع تأمین می‌شود. از دیگر منابع طبیعی لاستیک نیز می‌توان به درخت لاستیک پاناما[۳۵] و لاستیک انجیر[۳۶] اشاره کرد [۹]. برای استحصال لاتکس[۳۷]، ابتدا پوست درخت را به‌گونه‌ای برمی‌دارند که شیرهٔ درخت در فنجان‌های کوچکی جمع شود. فنجان‌ها باید مرتباً تخلیه و جمع‌آوری شوند تا از فساد یا آلودگی شیره جلوگیری شود. سپس، شیرهٔ درخت به محل جمع‌آوری منتقل و در آنجا پس از صاف‌شدن با افزودن آمونیاک محافظت می‌شود. لاستیک از طریق فرایندی موسوم به انعقاد جدا می‌شود. این کار با افزودن اسیدها و نمک‌های متنوع انجام می‌شود. در طول انجام این عمل، لاستیک به شکل یک تودهٔ سفید خمیری از مایع جدا می‌شود و پس از آن با استفاده از غلتک به‌شکل ورقه‌ای درمی‌آید و نهایتاً خشک می‌شود. روش جدیدتر این است که با استفاده از تیغه‌هایی دوار یا اعمال برش بین دو غلتکی که با سرعت متفاوت می‌چرخند،

شیرهٔ منعقدشده را به دانه تبدیل می‌کنند. سپس دانه‌ها برای چند ساعت در خشک‌کن‌های مخصوص خشک می‌شوند. این عمل در روش قدیمی که از هوا یا دود چوب برای خشک‌کردن استفاده می‌شد، چند روز طول می‌کشید.

شکل ۴. نحوهٔ جمع‌آوری شیرهٔ درخت کائوچو. این ماده برای تولید لاستیک طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد

به‌منظور آمادسازی لاستیک خام مورد استفاده در ساخت تایر، ابتدا باید شیرهٔ درخت را با مواد شیمیایی ترکیب کرد تا مخلوطی سفت و جامد به‌دست آید. سپس لاستیک خام تحت فشار در دستگاه مخصوصی قرار می‌گیرد تا همگن و خشک شود. پس از آن به‌صورت ورقه‌ای درمی‌آید و در اتاق دود خشک می‌شود.ورقه‌های آماده‌شده به‌صورت عدل‌هایی حجیم درمی‌آیند و به کارخانه‌های تایرسازی منتقل می‌شوند. لاستیک مصنوعی اما از پلیمرهای نفت خام حاصل می‌شود [۱۰].

دوده[۳۸] از دیگر مواد اولیهٔ موجود در تایر است [۱۱]. دوده نوعی پودر نرم حاصل از احتراق ناقص نفت خام یا گاز طبیعی است. چون در ساخت تایر به حجم قابل توجهی دوده نیاز است، در کارخانجات تولید تایر سیلوهای بزرگی به‌منظور انبارش دوده، در نزدیکی خطوط تولید جانمایی می‌شود [۱].

از دیگر عناصر مورد استفاده در ساخت تایر، گوگرد است. با ترکیب مواد شیمیایی خاص با لاستیک خام آمیزه‌هایی حاصل می‌شود که در دسته‌ای از تایرها، با وجود عمر کم، خصوصیاتی چون اصطکاک و چسبندگی بالا ایجاد می‌کنند. چنین تایرهایی اساساً برای خودروهای مسابقه مناسب‌اند. این در حالی است که در دسته‌ای دیگر از تایرها، با وجود عمر زیاد، ویژگی‌هایی چون اصطکاک و چسبندگی کم ایجاد می‌شود. معمولاً از این دسته از تایرها در خودروهای مسافری استفاده می‌شود. برخی دیگر از افزودنی‌های شیمیایی، در عین حال که فرم و شکل ظاهری تایر را حفظ می‌کنند، خاصیت انعطاف‌پذیری آن را نیز افزایش می‌دهند. دسته‌ای دیگر از افزودنی‌ها نیز از لاستیک در برابر تابش فرابنفش نور خورشید محافظت می‌کنند [۱۲].

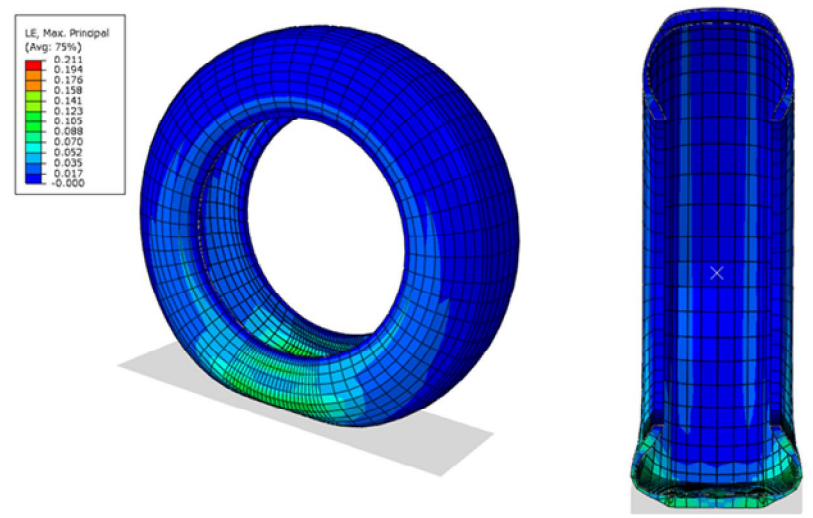
۳-۲. فرایند طراحی

اجزای اصلی تایر یک خودرو مسافری شامل رویه یا آج[۳۹]، بدنه، دیواره‌ها[۴۰] و طوقه‌ها[۴۱] می‌باشد [۳]. در شکل ۵ نمایی از اجزای تشکیل‌دهندهٔ یک تایر نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، رویه یا آج اصطلاحاً به بخشی از تایر گفته می‌شود که شامل الگوهایی برجسته و شیارهایی خاص است و در تماس مستقیم با جاده قرار دارد. مجموعهٔ لایه‌های بدنه نیز تکیه‌گاه آج لاستیک هستند که فرم کلی تایر را حفظ می‌کنند. طوقه‌ها نیز مفتول‌هایی فلزی‌اند که توسط توده‌ای از لاستیک پوشیده شده‌اند و نقش اصلی آنها نگه‌داشتن تایر در رینگ و حفظ هم‌مرکزی آنهاست. امروزه فناوری روز، خصوصاً دانش کامپیوتر، نقش بسزای در طراحی انواع تایر تایر ایفا می‌کنند. بسته‌های نرم‌افزاری پیشرفته با انجام پیچیده‌ترین محاسبات مهندسان را قادر ساخته‌اند تا عملکرد آج و بخش‌های متنوع تایر را به‌راحتی شبیه‌سازی و نتایج سال‌ها آزمایش و فعالیت عملی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن مشاهده کنند [۱۳]. این بسته‌های نرم‌افزاری قابلیت ایجاد مدلی سه‌بعدی از تایر را دارند و آثار ناشی از تنش‌ها و کشش‌های گوناگون را در نمونهٔ طراحی‌شده

محاسبه می‌کنند. شبیه‌سازی کامپیوتری هزینهٔ اولیهٔ طراحی را به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد؛ زیرا از این طریق موانع پیش روی طرح اولیهٔ تایر پیش از اینکه نمونه‌ای واقعی از آن ساخته و آزمایش شود، قابل مشاهده و تحلیل است. همچنین به‌منظور تست آج و بدنهٔ تایر، کامپیوترها قادر به شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل آثار ناشی از ترکیبات مختلف اجزای تایر هستند. بر این اساس، در اجزای گوناگون تایر خودروهای امروزی، ممکن است بیش از بیست نوع لاستیک استفاده شود [۱۲].

به‌عنوان مثال در قسمت آج ممکن است لاستیکی استفاده شود که دارای کشش خوب در مناطق آب‌وهوایی سرد باشد. همچنین از لاستیکی که دارای صلبیت بهتری است در دیواره‌های تایر استفاده شود [۱۴]. پس از اینکه مهندسان از لحاظ نظری نتایج حاصل از داده‌های کامپیوتری طرح را تأئید نمودند، کارشناسان ساخت و تولید همراه با طراحان، نمونه‌های اولیه را می‌سازند. چنانچه نمونه‌ها مورد تأئید باشد، کارخانجات تایرسازی تولید انبوه محصول جدید را آغاز خواهند نمود.

شکل ۵. بخش‌های گوناگون تایر یک خودروی سواری

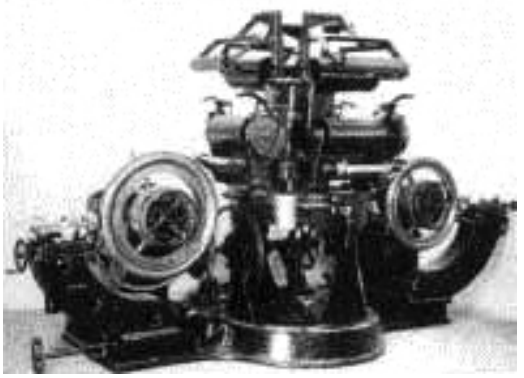


شکل ۶. نمونه‌ای از تحلیل تغیرشکل و دفرمگی تایر با استفاد از بسته‌های نرم‌افزاری

تاریخچهٔ ابداع و روند روبه رشد صنعت تولید تایر مصداق بارز این حقیقت است که اختراعات و اکتشافات در حوزه‌ای خاص از صنعت می‌تواند سبب ایجاد تحولاتی چشم‌گیر و شگرف در دیگر صنایع شود. به‌عنوان مثال، جهش سریع صنعت خودروسازی در اوائل قرن بیستم موجب انقلابی عظیم در صنعت تولید تایر در ایالات متحدهٔ امریکا شد [۱۴]. تا پیش از

این؛ یعنی در اواخر قرن نوزدهم، صنعت تولید لاستیک در خدمت صنایع کوچکی چون تولید کفش، لاستیک دوچرخه و تایر انواع کالسکه و درشکه بود. درست از زمان زبانه‌کشیدن شعله‌های آتش جنگ جهانی اول بود که لاستیک و تایر انواع خودرو تقریباً برای عموم مردم شناخته شد. در سال ۱۹۰۱ م، ۷۰۰۰ دستگاه خودرو به بازار عرضه شد، تعداد ۲۸۰۰۰ حلقه تایر نیز به‌عنوان جزء اصلی این خودروها به فروش رسید. همچنین ۶۸۰۰۰ حلقه تایر به‌عنوان زاپاس روانهٔ بازار مصرف شد. به همین روال تا سال ۱۹۱۸ م، ۵۰ درصد از لاستیک‌های موجود در بازار فروخته شد. پس از آن با فروش ۱۰۰۰۰۰۰ خودرو جدید، ۴۰۰۰۰۰۰ حلقه تایر ساخته شد و رفته‌رفته تولید افزایش یافت تا اینکه صنعت تایرسازی رکورد تولید ۲۴/۵ میلیون حلقه تایر را نیز در آن زمان تجربه کرد [۱]. این رشد چشم‌گیر تولیدات با ظهور بزرگان صنعت تایرسازی، که امروز با نام‌های گودییر[۴۲]، گودریچ[۴۳] و فایرستون[۴۴] شناخته می‌شوند، همراه شد که مرکز اصلی فعالیت آنها در شهر آکرن[۴۵]، واقع در ایالت اهایـو[۴۶] قرار گرفته است. درست است که امروزه میزان اشتغال در صنعت تولید تایر افزایش یافته است، اما این فناوری بود که سبب رشد تولید شد.

در اوائل سال ۱۹۵۰ م، میشلن تایر رادیالی معرفی نمود که توسط گری و اسلوپر در سال ۱۹۱۳ م ثبت اختراع شده بود [۳]. در این تایر رادیال دسته‌ای از سیم‌ها به شکل خاصی چیدمان شده بودند که تقریباً به‌صورت موازی با محیط تایر قرار گرفته و یک کمربند پیرامون آن را تشکیل می‌داد. این ساختار خاص سبب می‌شد تا کشش خطی تایر در راستای محیطی آن به بیشینهٔ مقدار ممکن برسد و لذا مقاومت بیشتری در اعوجاج و پیچش‌های جانبی تایر به‌هنگام دور زدن پدید می‌آمد.



شکل ۷. دستگاه ساخت تایر؛ سال ۱۹۰۹ م

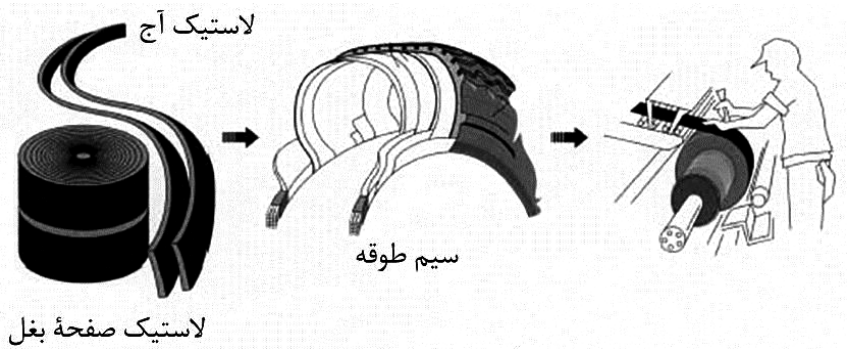
به‌عنوان مثال، یکی از اساسی‌ترین نوآوری‌ها، مکانیزه‌نمودن فرایند ساخت بدنهٔ تایر بود. تا قبل از سال ۱۹۱۰ م، اکثر فرایندهای ساخت تایر، همچون کشش لاستیک، چسب‌زنی لایه‌ها، دوخت لایه‌ها و نصب مفتول‌های طوقه روی بدنه به‌صورت دستی انجام می‌شد، تا اینکه در سال ۱۹۰۹ م یکی از کارخانه‌های گروه گودییر دستگاهی موسوم به دستگاه ساخت تایر[۴۷] ساخت که با چیدمان اجزای گوناگون تایر، لایه‌ها، طوقه‌ها و لاستیک آج، امکان مونتاژ این اجزاء را برای اپراتور فراهم و کشش مورد نیاز جهت ثابت‌کردن آنها با استفاده از الکتروموتورهای تعبیه‌شده در دستگاه را ممکن می‌نمود [۳]. لذا در این حالت اپراتور با سهولت و دقت بیشتری فرایند چسب‌کاری و دوخت لایه‌ها را انجام می‌داد. با وجود دستگاه مونتاژ تایر، اهمیت مهارت و چابکی اپراتور در این فرایند هنوز پابرجا بود، لذا این دستگاه عملیات را برای اپراتور آسان‌تر نمود و نرخ تولید را به‌صورت چشمگیری افزایش داد، به‌طوری‌که اپراتور می‌توانست تولید خود را از شش تا هشت حلقه در روز به بیست تا چهل حلقه، بسته به نوع آن، برساند.

۳-۳. فرایند تولید

تایر خودروهای مسافری، از قرارگیری لایه‌های متعدد لاستیک با آمیزه‌های مختلف بر روی هم در دستگاه فرم‌دهی تایر[۴۸]، که به‌صورت استوانه‌ای فلزی می‌باشد، ساخته می‌شود. بدین‌صورت که ابتدا اجزای گوناگون تایر را، که لاستیک‌هایی نواری با خصوصیاتی متفاوت‌اند، به دستگاه فرم‌دهی انتقال می‌دهند. در این مرحله، اپراتور لاستیک‌های نواری را به‌ترتیب به‌دور استوانهٔ دستگاه می‌پیچد و در موقعیت خود برش می‌دهد. در واقع اولین مرحله در فرایند ساخت تایر، تولید خمیر لاستیک است که از اختلاط مواد لاستیکی، دوده، گوگرد و دیگر مواد شیمیایی تشکیل می‌شود. پس از آن لاستیک به‌صورت ورقه‌ای فرم و به‌شکل نواری برش داده می‌شود. نوارهای لاستیکی به دستگاه ساخت تایر انتقال داده شده و در آنجا توسط اپراتور به‌صورت لایه‌لایه روی دستگاه مونتاژ قرار می‌گیرد و فرم اولیهٔ تایر را به‌وجود می‌آورد. محصول این ایستگاه کاری را تایر تـر[۴۹] می‌نامند. وقتی اپراتور فرایند مونتاژ تایر تـر را به پایان رساند، استوانهٔ فلزی دستگاه، تایر را رها کرده و اجازه می‌دهد تا اپراتور تایر را از دستگاه بیرون بکشد. سپس تایر تر برای پخت و

فرم‌دهی نهایی به بخش قالب نهایی انتقال می‌یابد. گام نخست در فرایند ساخت تایر اختلاط مواد خام و تهیهٔ مخلوط لاستیک[۵۰] است. تجهیزات انتقال مواد، حجم وسیعی از لاستیک طبیعی و مصنوعی، دوده، گوگرد و دیگر افزودنی‌های شیمیایی و روغن‌ها را از انبار به داخل دستگاه اختلاط انتقال می‌دهند.

سیستم‌های کنترل کامپیوتری، با گزینه‌های متنوعی که براساس نوع لاستیک برای آنها تعریف شده، میزان مصرف هر یک از مواد و افزودنی‌های مورد استفاده در تهیهٔ مخلوط لاستیک را اندازه‌گیری و به‌صورت خودکار کنترل می‌کنند. یک دستگاه اختلاط[۵۱] غول‌پیکر عمودی، درست مشابه دستگاه‌های اختلاط بتن، توده‌هایی از لاستیک را، که بعضاً تا ۱۱۰۰ پوند هم وزن دارند، به‌همراه مواد شیمیایی و دیگر افزودنی‌ها ترکیب و این آمیزه را به‌خوبی ورز می‌دهد. سپس با افزودن مواد شیمیایی برای نرم‌کردن لاستیک مجدداً به لاستیک حرارت داده و آسیاب می‌شود [۱]. در گام سوم، لاستیک به محفظهٔ دستگاه اختلاط دیگری انتقال و با افزودن دیگر مواد شیمیایی به فرم نهایی خود تبدیل می‌شود. در هر یک از مراحل سه‌گانهٔ اختلاط باید تودهٔ لاستیک دائماً در معرض حرارت و مالش قرار گیرد تا مواد شیمیایی به‌طور یکسان در تمام تودهٔ لاستیک توزیع و مخلوطی همگن و نرم ایجاد شود. ترکیبات شیمیایی هر لاستیک، بسته به فرمولاسیون و نوع کاربرد آن در اجزای مختلف تایر از جمله آج، بدنه، طوقه و دیواره‌ها، متفاوت است.



شکل ۸ دستگاه ساخت تایر

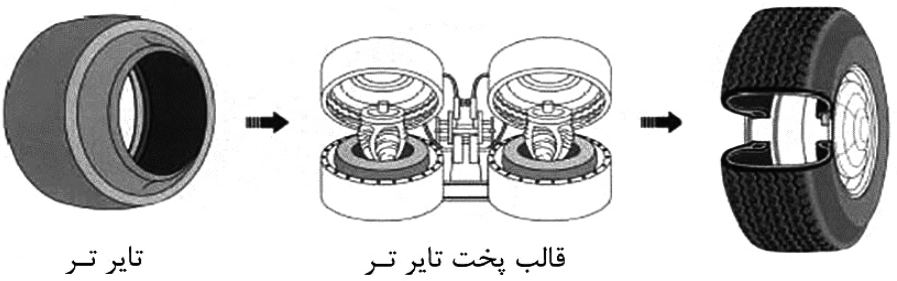
۳-۳-۱. بدنه، طوقه و آج

پس از آماده‌سازی یک دسته لاستیک[۵۲]، آن را به دستگاه نورد[۵۳] انتقال می‌دهند تا به‌شکل ورقه‌های ضخیم لاستیکی درآید. در واقع، در مراحل بعد، از این ورقه‌ها جهت ساخت قسمت‌های مختلف تایر استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، بدنهٔ اصلی تایر شامل نوارهای لاستیکی می‌باشد؛ الیاف‌هایی نخی که با لایه‌ای از لاستیک پوشیده شده است. هر یک از لایه‌های نخی پوشیده‌شده از لاستیک که برای فرم‌دادن بدنهٔ تایر استفاده می‌شوند را یک لایه[۵۴] می‌نامند. به‌عنوان مثال در تایر یک خودرو سواری بیش از چهار لایه در بدنهٔ تایر استفاده می‌شود. برای ساخت طوقه‌های تایر، ابتدا با استفاده از دستگاه مفتول‌پیچ[۵۵] دسته‌ای از سیم‌های فلزی به‌صورت مفتول‌های حلقوی فرم داده می‌شوند و پس از مونتاژ آن روی بدنهٔ تایر، آن را با توده‌ای از لاستیک می‌پوشانند. لاستیک مورد استفاده در قسمت آج و دیواره‌های تایر، پس از آماده‌سازی دستهٔ لاستیک در دستگاه اختلاط به داخل قیف دستگاه اکسترودر[۵۶] منتقل می‌شود. در این دستگاه لاستیک بار دیگر گرم و ورز داده می‌شود. سپس دستگاه با اعمال نیرو، مخلوط لاستیکی را روانهٔ روزنه‌های انتهایی دستگاه نموده و به‌شکل لایه‌های لاستیکی درمی‌آورد. سپس لاستیک دیواره‌ها با لایه‌ای از پلاستیک پوشانده و روی هم پرس می‌شود. لاستیک آج نیز به‌شکل قطعات نواری درآمده و در محفظه‌های فلزی بزرگی بارگذاری می‌شود [۱۲].

۳-۳-۲. دستگاه ساخت تایر

پس از ساخت تایر تـر در دستگاه مونتاژ، تایر نیمه‌آماده درون قالب پخت قرار می‌گیرد تا فرم نهایی را به‌خود بگیرد. قالب مورد نظر مشابه گیره‌ای با دو فک است که داخل آن یک بالن ارتجاعی حجیم قرار دارد. تایر روی بالن قرار می‌گیرد و قالب بسته می‌شود. سپس بخار آب پرفشار به داخل بالن پمپ می‌شود

و موجب انبساط بالن و پرس تایر روی دیواره‌های قالب می‌شود. در این مرحله تایر فرم نهایی خود را می‌گیرد [۱۱].



شکل ۹. نمایی شماتیک از قالب پخت تایر تـر

پس از آن تایر برای انجام تست، ابتدا خنک و از هوا پر می‌شود. طوقه‌ها، که مفتول‌هایی حلقوی‌شکل هستند، توسط اپراتور دستگاه مونتاژ روی بدنهٔ تایر نصب می‌شوند. در مرکز دستگاه مونتاژ تایر یک روتور استوانه‌ای تاشو قرار دارد که اجزای گوناگون تایر را روی استوانه نگاه می‌دارد. اپراتور مونتاژ تایر تـر را با قراردادن اجزای مختلف تایر، که به‌صورت نوارهایی لاستیکی‌اند، می‌سازد. وی با جانمایی لایه‌های روی هم و چسباندن آنها، طوقه‌ها را روی لایه‌ها قرار داده و با تاکردن لبه‌های بدنه، مفتول طوقه را با لاستیک می‌پوشاند و در جای خود ثابت می‌کند. سپس با استفاده از یک ابزار مخصوص لبه‌های تایر را فرم می‌دهد. در پایان، لایه‌های اکسترودشدهٔ مخصوص دیواره‌ها و لایهٔ آج را با استفاده از چسب مخصوصی در جای خود تثبیت می‌نماید. پس از تکمیل این فرایند، فرم اولیهٔ تایر ایجاد می‌شود. در این مرحله، محصول آماده‌شده از دستگاه خارج شده و به قسمت قالب پخت انتقال می‌یابد.

۳-۳-۳. فرایند پخت تایر

همان‌گونه که در بخش قبل نیز بیان شد، تایر تـر را به‌منظور فرم‌دهی و پخت نهایی، داخل یک قالب بزرگ دوتکه‌ای قرار می‌دهند. قالب پخت مشابه یک گیرهٔ فلزی نسبتاً بزرگ است که درون آن یک بالن ارتجاعی قرار دارد. تایر تـر را روی بالن قرار داده و سپس با بسته‌شدن قالب، بالن از بخار آب پرشده و منبسط می‌شود. انبساط بالن سبب فشرده‌شدن لاستیک به دیواره‌های قالب می‌شود و طرح آج که روی دیواره‌های قالب تعبیه‌شده با لاستیک پر و شکل آج روی تایر نقش می‌بندد. در این فرایند دمای بخار آب موجود در بالن به ۲۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. زمان مورد نیاز برای پخت هر تایر در قالب، به نوع تایر و خصوصیات مخلوط لاستیکی آن بستگی دارد [۱۲]. پس از اتمام فرایند پخت، تایر از قالب خارج می‌شود تا سرد و آمادهٔ تست گردد. تایرهای تولیدشده در این مرحله از نظر ظاهری کاملاً بررسی می‌شوند تا از عدم وجود حباب، ترک و سوراخ در سطوح آج، دیواره‌ها و سطوح داخلی آن تأیید شوند. سپس تایر بادشده را روی چرخ آزمایش نصب می‌کنند و می‌چرخانند. حسگرهای موجود در چرخ آزمایش بالانس‌بودن تایر را اندازه‌گیری می‌کنند. همچنین حرکت تایر روی خط راست نیز در این مرحله تست می‌شود. بلافاصله پس از انجام بازرسی‌های ظاهری و انجام تست‌های مکانیکی و دینامیکی، تایرها به انبار انتقال می‌یابند تا روانهٔ به بازار مصرف شوند.

۳-۴. کنترل کیفیت

نخستین ایستگاه کنترل کیفیت در زنجیرهٔ ساخت تایر، کنترل در محل تأمین مواد اولیه است. امروزه بیشتر سازندگان و تولیدکنندگان تایر به‌دنبال آن دسته از تأمین‌کنندگان مواد اولیه‌ای هستند که کنترل و نظارت دقیق‌تری بر محصولات خود داشته باشند و قبل از ارسال هر محموله به کارخانه‌های تایرسازی کنترل کافی روی آنها انجام دهند. سازندگان تایر اغلب قراردادهای خود را با تأمین‌کنندگانی منعقد می‌کنند که دارای گواهینامه‌های معتبر بین‌المللی برای محصولات خود باشند و مواد اولیه را از منظر خصوصیات شیمیایی و مکانیکی تضمین نمایند. با این‌حال، کارخانه‌های تایرسازی جهت حصول اطمینان از کیفیت مواد اولیه مجدداً توسط کارشناسان خود با استفاده از نمونه‌برداری تصادفی بخشی از محموله‌ها را به‌محض ورود به شرکت مورد آزمایش قرار می‌دهند. کارخانه‌های تایرسازی در حین فرایند ساخت مواردی را کنترل می‌کنند. به‌عنوان مثال در فرایند اختلاط مخلوط لاستیک در دستگاه

مخلوط‌کن از مخلوط نمونه‌برداری و آزمایش می‌کنند. تست‌هایی که در این مرحله انجام می‌شود، شامل تست مقاومت کششی[۵۷] و چگالی است. همچنین هر یک از اپراتورها که فرایند مونتاژ تایر را برعهده دارند، مسئول کنترل قطعات لاستیکی قبل از مونتاژ و حصول اطمینان از عدم وجود نقص در آنها می‌باشند. سیستم جامعی جهت ردیابی قطعات و محصولات به‌صورت خودکار شمارهٔ کد هر تایر را در حین فرایند ساخت ثبت می‌کند و این امکان را به مدیران کارخانه می‌دهد که هر یک از دسته‌های تولیدی و حتی قطعات استفاده‌شده در آنها را به‌راحتی شناسایی و ردیابی کنند. وقتی تایر جدیدی طراحی و ساخته می‌شود، چند نمونه از آن در انتهای خط تولید برداشته و انواع تست‌های مخرب[۵۸] روی آنها انجام می‌هند. به‌عنوان مثال برخی از آنها را تکه‌تکه کرده تا از عدم وجود منافذ بین لایه‌های مختلف بدنهٔ تایر اطمینان حاصل کنند. دسته‌ای دیگر از تایرها را روی صفحه‌های فلزی میخ‌دار با اعمال نیروی مشخص آزمایش می‌کنند تا مقاومت تایر در برابر پنچری را مشخص نمایند. برخی دیگر از تایرها را روی استوانه‌های فلزی تحت نیروهای مختلف می‌غلتانند تا خصوصیات دینامیکی تایر را بررسی و میزان دوام آن را مشخص کنند. همچنین از روش‌های گوناگون در تست‌های غیرمخرب[۵۹] استفاده می‌شود تا کیفیت تایرهای تولیدشده کنترل گردد. عکسبرداری با استفاده از اشعهٔ ایکس یکی از روش‌های سریع و مطمئن جهت بررسی اجزای داخلی بدنهٔ تایر است. در این تست ابتدا یک حلقهٔ تایر به‌صورت تصادفی از دستهٔ تولیدشدهٔ روز انتخاب می‌شود و در اتاق پرتو افشانی عکسبرداری می‌شود. تکنسین کنترل کیفیت با استفاده از تصاویر از قسمت‌های مختلف تایر، نقص‌ها و ایرادهای موجود در لایه‌های درونی تایر را به‌سهولت شناسایی می‌نماید. در صورت بروز هرگونه ایراد در تایر، مهندسان ایرادها را ریشه‌یابی می‌کنند و اقدامات اصلاحی متناسب را به‌منظور رفع و جلوگیری از تکرار آن تعریف و اجرا می‌نمایند [۱۱]. همچنین بازخوردهای مشتریان و نمایندگی‌های فروش نیز مورد بررسی قرار گرفته و نواقص را رفع نموده و محصول نهایی را بهبود می‌بخشند.

۴. تایرهای سبز

امروزه با توجه به اهمیت مسئلهٔ آلودگی محیط زیست و عوامل ناشی از آن که شامل بروز انواع بیماری‌ها، بالارفتن دمای اتمسفر، ذوب یخ‌های قطبی و بالاآمدن سطح آب دریاها و جز این‌ها می‌باشد، هرگونه تلاش در راستای کاهش آلودگی و آثار زیانبار آن در کانون توجهات قرار می‌گیرد. در این میان صنعت به‌عنوان شاخص‌ترین عامل بشری در زمینهٔ افزایش آلودگی محیط زیست به‌شدت مورد توجه پژوهشگران بوده و طی سالیان اخیر، اقدامات چشمگیری در زمینهٔ کنترل آلودگی‌های ناشی از اقدامات صنعتی انجام شده است. صنعت خودروسازی به‌عنوان یکی از شاهراه‌های فرایندهای صنعتی اهمیت بالایی دارد که علت آن حجم خودروهای در حال ساخت در کشورهای تولیدکننده و خودروهای در حال تردد می‌باشد؛ زیرا هرگونه کاهشی درخصوص میزان آلودگی تولیدشده توسط خودروها، موجب کاهش حجم عظیمی در گازهای آلاینده و دیگر عوامل ایجاد آلودگی در محیط زیست خواهد بود. در این میان، صنعت تولید تایر با توجه به ضریب مصرف بالای قطعه برای تمامی خودروها (به‌جهت حجم مواد مصرفی برای تولید) و تولید بیش از یک میلیارد حلقه تایر در جهان به یکی از صنایع مادر مبدل شده است. همچنین به جهت تأثیر این قطعه در مصرف سوخت به لحاظ اثر مستقیم در تولید گازهای آلاینده ناشی از سوخت و آلودگی محیط زیست و میزان پسماندهای تایرهای فرسوده و زمان مورد نیاز برای بازگشت به محیط زیست به‌شدت قابل توجه می‌باشد. در این بخش به معرفی نسل خاصی از تایر پرداخته خواهد شد که در تولید آن نگرش زیست‌محیطی غالب بوده است. این نسل از تایر را که تایرهای سبز می‌نامند، به لحاظ تأثیر در کاهش مصرف سوخت خودرو و افزایش طول عمر آن، عامل مؤثری در کاهش میزان تولید آلودگی می‌باشد.

٤-١. مزایای استفاده از تایرهای سبز

استفاده از تایرهای معمولی سبب اتلاف درصدی بالایی از سوخت مصرفی در خودروها می‌شوند. این در حالی است که با توجه به اتمام منابع نفت و گاز در آینده‌ای نه‌چندان دور، چشم‌انداز صنعت خودرو استفاده از فناوری‌های جدید برای تولید خودروهای کم‌مصرف می‌باشد. لذا در این راستا کنترل هرچه بیشتر عوامل مصرف‌کنندهٔ سوخت، اجرایی‌شدن پروژهٔ خودروهای نسل آینده و استفادهٔ بهینه از منابع فسیلی موجود را عملی خواهد ساخت. همچنین افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان بر لزوم زیست محیطی بودن آنها و نیز افزایش فشارهای وارده به‌دلیل

افزایش قیمت بالای بنزین و صدور قوانین دقیق برای قابل قبول بودن بازدهی مصرف سوخت باعث شده است که تولیدکنندگان تایر متوجه بازار پرسود تایرهای سبز شوند.

تایرهای سبز که نخستین‌بار در سال ۱۹۹۰ م معرفی شدند، سهم ۳۰ درصدی بازار مصرف را به خود اختصاص داده‌اند و با رشد بازار خودروهای الکتریکی در آینده تقاضا برای این نوع تایرها روبه افزایش خواهد گذاشت؛ این امر به‌دلیل مقاومت غلتشی کمتر، وزن کمتر و عملکرد بهتر آنهاست. گفتنی است استفاده از تایرهای سبز به‌دلیل افزایش بازدهی مصرف سوخت می‌تواند سبب ارتقای زیست سازگاری این محصول می‌شود. از مزایای عملکردی تایرهای سبز می‌توان به قابلیت ترمز کردن بهتر در سطوح خیس و یخزده و کاهش طول خط ترمز تا ۱۵ درصد اشاره کرد. همچنین مقاومت غلتشی این تایرها در مقایسه با تایرهای استاندارد معمولی تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد که این اثر سبب کاهش مصرف سوخت خودرو تا ۵ درصد می‌شود. بدیهی است استفادهٔ گسترده از این نوع تایرها می‌تواند سبب صرفه‌جویی سالانه میلیون‌ها بشکه نفت و کاهش قابل توجه نشر گازهای گلخانه‌ای شود. از جمله معروف‌ترین مدل‌های تایر سبز می‌توان به برندهای کانتی اکو کانتک ۶۰۵، گودیئر اولترا گریپ[۶۱] و میشلن انرژی سیور[۶۲] اشاره کرد.

نکتهٔ دیگر در تایرهای سبز به لحاظ افزایش مقاومت به سایش است. با توجه به حجم عظیم تایرهای تولیدی در سرتاسر جهان، این نکته نباید فراموش شود که تنها گازهای آلایندهٔ ناشی از مصرف سوخت عامل ایجاد آلودگی نیستند، بلکه ذرات ناشی از فرسایش میلیون‌ها تایر روی جاده‌ها نیز یکی دیگر از عوامل آلایندهٔ محیط زیست محسوب می‌شوند. این حجم بالا از مواد فرسوده که شامل ترکیبات شیمیایی متنوع می‌باشند، روی سطح زمین باقی می‌مانند و با وزش باد به اطراف پراکنده می‌شوند و به مناطق زراعی، مسکونی و منابع آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌کند. لذا افزایش مقاومت در برابر سایش به لحاظ میزان عمر کارکردی تایر و کاهش حجم آلاینده‌های ناشی از فرسایش تایر در سطح زمین، بسیار مؤثر جلوه می‌کند.

٤-۲. کاربرد صنعت نانو در تولید انواع تایر سبز

نوآوری‌های عرصهٔ نانو با تولید و تأمین نانومواد و افزودنی‌های جدید به لاستیک‌ها جهت دستیابی هرچه بیشتر به مثلث سه‌گانه کیفیت شامل ایمنی، طول عمر و آلودگی صوتی است. مثلث جادویی در صنعت تایرسازی به‌معنای ارتقای عملکرد تایر با سه شاخص اصلی شامل موارد کاهش مقاومت غلتش برای افزایش بازدهی مصرف سوخت، افزایش مقاومت سایشی برای افزایش طول عمر تایر و کاهش میزان لغزش در رطوبت جهت افزایش ضریب ایمنی است. چالش اصلی موجود در این زمینه این است که بهبود بازدهٔ مصرف سوخت با کاهش اصطکاک غلتشی عموماً منجر به کاهش ایمنی خودرو خواهد شد.

فناوری نانو به‌طور کاربردی در لاستیک‌های مصنوعی و در ساخت مواد شیمیایی ویژه به‌وسیلهٔ شرکت لنسز[۶۳] با ساخت نانوذرات لاستیک با نام تجاری نانوپرن[۶۴] آغاز شد. نانوپرن در حقیقت متشکل از ذراتی در اندازهٔ نانو است که این امر منجر به توزیع بهتر و اتصال محکم‌تر بین اجزاء می‌گردد. انواع مختلف نانوپرن می‌توانند برای رفع نیازهای مختلف لاستیک خودرو با توجه به ایراد غالب در منطقه مورد استفاده به‌کار روند. مثلاً در بدنهٔ تایر مقاومت در مقابل پارگی اهمیت دارد، این در حالی است که در ناحیهٔ آج مقاومت به غلتش، مقاومت به لغزش و ترمز گرفتن نیاز به نوآوری دارد و لایهٔ داخلی نیز نیازمند مقاومت در برابر عبور مولکول‌های هوا و در نتیجه جلوگیری از کم بادشدن تایرها می‌باشد.

از جمله موادی که کاربردهای تجاری گسترده‌ای در صنعت لاستیک پیدا کرده است و اکنون شرکت‌های بزرگ لاستیک‌سازی به‌طور گسترده‌ای از آن در محصولات خود استفاده می‌کنند، ذرات نانومتری خاک رس است که با افزودن آن به لاستیک خواص آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود پیدا می‌کند. برخی از این خواص عبارت‌اند از:

۱. افزایش مقاومت لاستیک در برابر سایش
۲. افزایش استحکام مکانیکی
۳. افزایش مقاومت گرمایی
۴. کاهش قابلیت اشتعال
۵. بهبود اعوجاج گرمایی
۶. پایداری ابعادی در برابر گرما

استفاده از مواد نانو توسط شرکت پیرلی[۶۵] توسعه یافته است. استفاده از این نانوساختارها سبب افزایش استحکام و کاهش نرخ پوسیدگی لاستیک می‌شود. استفاده از نانوسیلیکات لایه‌ای منجر به کاهش مقدار دوده مصرفی در آمیزهٔ لاستیک می‌شود و

چگالی آمیزه را کاهش می‌دهد که به این طریق می‌توان فراورده‌هایی با وزن کمتر تولید نمود. با کاهش وزن تایرها، مصرف سوخت در وسیله نقلیه کاهش می‌یابد و موجب کاهش آلودگی محیط و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌گردد. سایر ویژگی‌ها و خواص نهایی آمیزه هم بهبود می‌یابد و موجب افزایش طول عمر تایر می‌شود. نانوالماس با درصدهای ترکیب مختلف به انواع لاستیک‌ها اضافه می‌شود. از این لاستیک در صنعت خودرو و لوله‌های انتقال آب استفاده می‌شود. با افزودن ساختارهای نانوالماس به لاستیک‌ها خواص زیر تغییر می‌کند:

۱. افزایش ۴ تا ۵ برابری انعطاف‌پذیری لاستیک

۲. افزایش ۲ الی ۲/۵ برابری درجهٔ استحکام

۳. سه برابر شدن قدرت بریده‌شدن آنها

۴. افزایش خاصیت ضد پارگی در دمای بالا و پایین

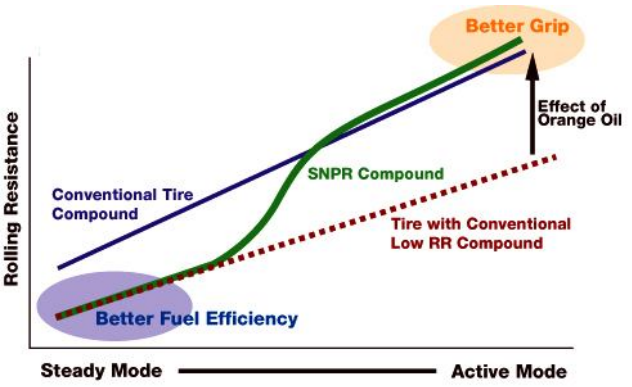
نانوکربنات کلسیم نیز سختی لاستیک و حد گسیختگی پلیمرهای لاستیک را افزایش داده و حداکثر توانی که لاستیک می‌تواند تحمل کند تا پاره شود را بهبود می‌بخشد. همچنین، مقاومت تایر را در برابر سایش افزایش می‌دهد.

٤-۳. فناوری‌های برتر در تولید تایرهای سبز

شرکت گودییر برای طراحی و ساخت تایرهای کاهش‌دهندهٔ مصرف سوخت خودرو گام‌های بلندی برداشته است. به گفتهٔ مهندسان این شرکت خودروهای برخوردار از تایرهای جدید می‌توانند در هر سال تا ۴۰۰۰ کیلومتر در مصرف سوخت صرفه‌جویی کنند. در مدل‌های سال ۲۰۱۰ شرکت فورد و شورلت از این نوع تایرها استفاده شده است. شرکت یوکوهاما نیز تایر جدیدی ساخته است که مادهٔ اصلی سازندهٔ آن را روغن استخراج‌شده از پوست پرتقال تشکیل می‌دهد و جزء پسماندهای تولید آب پرتقال به‌حساب می‌آید. به گفتهٔ مهندسان این شرکت، بیش از ۸۰ درصد ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ این تایر را مواد غیرنفتی و طبیعی تشکیل می‌دهد؛ لذا این تایر را می‌توان از جمله سبزترین تایرهای دنیا نامید. بازار هدف این تایرها، خودروهای هیبریدی و شهری کم مصرف و پرکاربرد است.

۵. جمع‌بندی

آلودگی محیط زیست از جمله مشکلات کنونی امروزه است و با توجه به آثار مستقیم و غیرمستقیم زیانباری که بر زندگی روزمره دارد، انسان را مجاب کرده است که در تمامی فرایندهای صنعتی نقش فراموش‌شدهٔ محیط زیست را نیز لحاظ کند. در این بین آلودگی‌های ناشی از صنعت خودرو (فرایند تولید و محصول تولیدی) که یکی از کلیدی‌ترین دستاوردهای بشری می‌باشد، قابل توجه است. قطعهٔ تایر، به‌عنوان یکی از قطعات با ضریب مصرف بالا در خودرو و با توجه به حجم تولید و مصرف سالانهٔ آن، می‌تواند در شاخص آلودگی (در مرحلهٔ تولید و مصرف) نقش به‌سزایی ایفا کند. لذا صنایع برتر با استفاده از فناوری‌های نوین می‌توانند در کنترل آلودگی‌های حاصله تأثیرگذار باشند. در اقدامات انجام‌گرفته توسط صنعت نانو و کنترل پارامترهایی چون وزن، مقاومت به سایش، مقاومت غلتشی، گذر مولکول‌های هوا از لایه‌ها و مقاومت به پارگی سعی در تولید محصولی با نام تایر سبز شده است؛ محصولی که سبکتر است، طول عمر بیشتری دارد و مصرف سوخت خودرو را نیز کاهش می‌دهد. در این مقاله سعی شد پس از بررسی تاریخچهٔ صنعت تولید تایر، مواد اولیهٔ مورد استفاده در این صنعت و بخش‌های گوناگون آن، گونهٔ خاصی از تایرها با عنوان تایرهای سبز معرفی و مزایای استفاده از آن به اجمال معرفی گردد.



شکل ۱۰. نمودار تأثیر روغن پرتقال بر مقاومت غلتشی تایر

٦. مآخذ

[1] N. Schlager, *How Products Are Made: An Illustrated Guide to Product Manufacturing*, Vol. 1, Gale, 1993.

[2] H. Pacejka, *Tire and Vehicle Dynamics*, Butterworth-Heinemann, 3rd edition, 2012.

[3] A. Mortensen, *Concise encyclopedia of composite materials*, Elsevier, 2006.

[4] J. A. Amato, *Surfaces: A History*, University of California, 2013.

[5] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, Wiley, 4th edition, 2010.

[6] A. Whelan, *Polymer Technology Dictionary*, Springer, 1993.

[7] K. Hillstrom, *Encyclopedia of American Industries Volume 1: Manufacturing Industries*, Gale Group, 1st edition, 1994.

[8] D. Walker, *Green Plants (Science Essentials Biology)*, MMS Gold, 2009.

[9] Marshall Cavendish Corporation, *Growing Up with Science*, Cavendish Square Publishing, 3rd edition, 2006, p. 1499.

[10] C. Hepburn, *Rubber Compounding Ingredients: Need, Theory and Innovation, Part II*, Smithers Rapra Technology, 1997.

[11] A. Ciesielski, *An Introduction to Rubber Technology*, William Andrew, 1st edition, 2000.

[12] D. Knowles, *Automotive Suspension and Steering Systems*, Delmar Cengage Learning, 3rd edition, 2002.

[13] R. Newton, *Wheel and Tire Performance Handbook*, Motorbooks, 1st edition, 2007, p. 68.

[14] G. Kozmetsky, P. Yue, *the Economic Transformation of United States, 1950 - 2000: Focusing on the Technological Revolution, the Service Sector Expansion, and the Cultural, Ideological, and Demographic Changes*, Purdue University Press, 2005.

[۱۵] ا. کوچکی، ع. عباسی، ح. افشاری، ح. شکی، ع. هراتی‌فر، ا. میردامادیان، *فناوری نانو در صنعت خودرو و کاربردهای آن*، چاپ دوم، تهران، دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ص. ۳۶-۳۵.

[۱۶] ر. محمدپور، *نوآوری‌های فناور ی نانو در لاستیک های خودرو*، *ماهنامه فناوری نانو*، ش. ۱۷۶، خرداد ۱۳۹۱، ص. ۲۹.

پی‌نوشت

1. tire (American English) or tyre (British English)
2. rim
3. traction or tractive force
4. forklift truck, also called a lift truck, a fork truck, or a forklift
5. pallet jack, also known as a pallet truck, pallet pump, pump truck, or jigger
6. stacker
7. reach trucks
8. tubeless
9. sliding friction
10. rolling resistance
11. vertical stiffness
12. longitudinal and lateral stiffnesses
13. cutting
14. puncturing
15. abrasion
16. green tires
17. robert William Thomson (1822 – 1873)
18. pneumatic tire
19. John Boyd Dunlop (1840 – 1921)
20. natural rubber
21. synthetic rubber
22. resiliency
23. wear-resistance
24. Charles Goodyear (1800 – 1860)

۲۵. ولکانش نوعی فرایند شیمیایی است که در آن لاستیک طبیعی یا پلیمرهای مشابه، با افزودن گوگرد یا مواد بهبوددهنده و شتاب‌دهنده، به موادی پایدار تبدیل می‌شوند. این افزودنی‌ها، پلیمر را به‌شکل اتصال

عرضی با زنجیری مواد پلیمری درمی‌آورند. مواد ولکانیده چسبناکی کمتر و خواص مکانیکی قابل توجه‌تری دارند. پرمصرف‌ترین و معمول‌ترین عامل ولکانش، گوگرد است که با اکثر لاستیک‌های سیرنشده وارد واکنش شده و تولید فراوردهٔ ولکانیده می‌کند. دو عنصر سلنیم و تلوریم نیز قادرند محصولات ولکانیده تولید کنند.

26. curing
27. scraping
28. abrasive wear
29. polybutadiene
30. synthetic rubber
31. polyisoprene
32. rubber tree
33. Hevea brasiliensis
34. Gutta-Percha
35. Castilla elastica, the Panama Rubber Tree
36. Ficus elastica, also called the rubber fig, rubber bush, rubber tree, rubber plant, or Indian rubber bush
37. latex
38. carbon black
39. tread
40. sidewalls
41. beads
42. Goodyear, http://www.goodyear.eu (accessed March 10, 2015)
43. Goodrich
44. Firestone Tire and Rubber Company, http://www.firestone.com (accessed March 9, 2015)
45. Akron
46. Ohio
47. tire-building machine
48. tire forming machine
49. green tire
50. rubber compound
51. mixer
52. batch of rubber
53. rolling mills
54. ply
55. wire wrapping machine
56. extruder
57. tensile strength
58. destructive test
59. nondestructive test
60. ContiEcoContact™ 5
61. Goodyear Ultra Grip Ice
62. Michelin Energy Saver
63. LANXESS
64. Nanoprene
65. Pirelli