



بهینه‌سازی ساختار و فرمولاسیون تایر بایاس موتوری برای بهبود عملکرد

در سرعت‌های بالا و افزایش عمر مفید

احسان سروی (کارشناس تحقیقات) / معین وفايي (کارشناس تحقیقات)

محمد ایهچی (کارشناس تحقیقات) / محسن غفاریان (کارشناس تحقیقات)

Eh3an9740@gmail.com



منابع

- [۱] Gent, A. N., & Walter, J. D. (2006). The Pneumatic Tire. National Highway Traffic Safety Administration.
- [۲] Ghosh, P., & Katbab, A. A. (2007). Bias versus Radial Tires: A Comparative Study on Structural Integrity and Rolling Resistance. Journal of Elastomers and Plastics, 39(4), 321-335.
- [۳] Ramier, J., et al. (2018). Influence of Silica and Coupling Agent on the Viscoelastic Properties and Fracture Behavior of Natural Rubber Compounds. Polymer Testing, 67, 335-343.
- [۴] ASTM D3182 - Standard Practice for Rubber—Materials, Equipment, and Procedures for Mixing Standard Compounds and Preparing Standard Vulcanized Sheets.
- [۵] ISO 28580:2018 - Passenger car, truck and bus tyres — Methods of measuring rolling resistance.

عملکرد تایر بر روی داینامومتر

تایرهای ساخته شده با ساختار ۴ PR-36 در ترکیب با فرمولاسیون C، بهترین عملکرد را در آزمون استقامت سرعت بالا نشان دادند. میلنگن دمای داخلی این تایرها ۱۵٪ کمتر از تایرهای ششاهد (ساختار 4PR-40 با فرمولاسیون A) بود. همچنین، این تایرها در آزمون پایداری فرمان، انحراف مسیر کمتری را ثبت کردند که ناشی از استحکام ساختاری بالاتر در زاویه ۳۶ درجه است.

نتایج آزمون داینامومتر تایرها

نمونه تایر	میلنگن دمای داخلی (°C)	مقاومت سایشی (شاخص)	پایداری فرمان (شاخص)
فرمول 4PR-40 + A	۱۲۰	۱۰۰	۴
فرمول 4PR-36 + A	۱۱۵	۱۰۵	۷
فرمول 4PR-36 + B	۱۰۸	۱۱۵	۸
فرمول 4PR-36 + C	۱۰۲	۱۱۰	۹

بحث

نتایج به وضوح نشان می‌دهد که تعامل بین ساختار و فرمولاسیون کلید دستیابی به عملکرد برتر است.

ساختار 4PR-46 به دلیل تراکم بیشتر نخ‌ها و استحکام بالاتر، پایداریترین پلتفرم را برای عملکرد سرعت بالا فراهم می‌کند.

فرمولاسیون C با محوریت سیلیکا، با کاهش قابل توجه اتلاف انرژی ($\tan \delta$)، مشکل اصلی تایرهای بایاس، یعنی حرارت‌زایی، را به میزان زیادی مرتفع می‌سازد. اگرچه مقاومت سایشی آن کمی از فرمولاسیون B کمتر است، اما کاهش دما باعث افزایش کلی عمر تایر می‌شود.

ترکیب این دو عامل (ساختار 4PR-36 و فرمولاسیون C) منجر به ایجاد یک تایر بایاس موتوری می‌شود که نه تنها بر معایب ذاتی این نوع تایرها غلبه می‌کند، بلکه مزایای آن‌ها را نیز تقویت می‌نماید.

نتیجه گیری

در این پژوهش، امکان‌سنجی بهبود همزمان پایداری و کاهش حرارت‌زایی تایرهای بایاس موتوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجربی نشان داد که:

- استفاده از زاویه لایه‌ی ۳۶ درجه به جای ۴۰ درجه، پایداری فرمان را به میزان قابل توجهی بهبود می‌بخشد.
- جسایگزینی بخشی از کربن بلسک با سیلیکا و استفاده از عامل کوبلینگ مناسب، منجر به کاهش ۱۵ درصدی دمای کارکرد تایر می‌شود.
- ترکیب بهینه‌ی به دست آمده (ساختار 4PR-36 با فرمولاسیون C) می‌تواند عصر مفید و عملکرد این دسته از تایرها را در شرایط سخت کاری افزایش دهد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، اثر این بهینه‌سازی‌ها بر روی رفتار تایر در شرایط مختلف جاده‌ای (خشک، مرطوب) نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه و فرمولاسیون:

الاستومره: لاستیک طبیعی (SMR20)، لاستیک بوتادین (BR 1220)

سیستم واکتوراسیون: گوگرد، شتاب‌دهنده‌های (CBS، TBBS)

مواد پرکننده: کربن بلسک N330، سیلیکا زئولیت (Zeosil 1165MP).

سایر مواد: اکسید روی، استاریک اسید، آنتی‌اکسیدان PPD6، روغن فرایند.

مواد	فرمولاسیون A (شاهد)	فرمولاسیون B (سیلیکا-کربن)	فرمولاسیون C (سیلیکا-محور)
NR	70	70	70
BR	30	30	30
کربن N330	50	25	10
سیلیکا	0	20	35
کوبلینگ عامل (Si69)	0	2.4	4.2
سایر مواد	12	12	12

مقادیر بر حسب phr یا قسمت در صد جزء لاستیک بین شده است

روش ساخت و تولید

کامپاندهای لاستیکی در یک internal mixer آزمایشگاهی و بر اساس روش اختلاط استاندارد ASTM D3182 تهیه شدند. نمونه‌های لاستیکی در پرس هیدرولیک و در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد واکتیزه گردیدند. تایرها در سه ساختار مختلف (4PR با زوایای ۳۶ و ۴۰ درجه) و با استفاده از هر سه فرمولاسیون، بر روی یک ماشین تایرسازی آزمایشگاهی تولید شدند.

روش های آزمون

- خواص فیزیکی-مکانیکی: آزمون‌های استحکام کششی و ازدیاد طول (ASTM D412)، سختی (ASTM D2240)
- خواص دینامیکی: آزمون انعطاف‌پذیری (DMA) برای اندازه‌گیری اتلاف انرژی ($\tan \delta$)
- آزمون تایر: آزمون‌های داینامومتر برای ارزیابی پایداری، حرارت‌زایی (دمای داخلی تایر) و سایش (ISO 28580)

نتایج و بحث

خواص فیزیکی-مکانیکی کامپاندها

نتایج آزمون کشش نشان داد که فرمولاسیون C (سیلیکا-محور) با وجود کاهش جزئی در استحکام کششی ۱۸ MPa در مقابل ۲۰ MPa برای فرمولاسیون A، ازدیاد طول تا پارگی بالاتری را ثبت کرد که نشان‌دهنده چقرمگی بهتر است. فرمولاسیون B (سیلیکا-کربن) تعادل خوبی بین استحکام و ازدیاد طول ایجاد کرد.

آنالیز دینامیکی (DMA)

مقادیر $\tan \delta$ که شاخصی از اتلاف انرژی و حرارت‌زایی است، در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد (مربوط به شرایط کارکرد تایر) اندازه‌گیری شد. فرمولاسیون C کمترین مقدار ($\tan \delta = 0.08$) و فرمولاسیون A بیشترین مقدار ($\tan \delta = 0.14$) را نشان داد. این نتیجه موید آن است که فرمولاسیون‌های حاوی سیلیکا، اتلاف انرژی کمتری داشته و در نتیجه حرارت‌زایی داخلی تایر کاهش می‌یابد.

شکل ۲: نمودار $\tan \delta$ بر حسب دما برای سه فرمولاسیون..

چکیده

با وجود گسترش استفاده از تایرهای رادیال، تایرهای بایاس به دلیل استحکام ساختاری بالا، قیمت مقرون به صرفه و قابلیت تحمل بار بیشتر، هنوز در بخش‌هایی از بازار موتورسیکلت‌های سنگین و مسابقات جایگاه خود را حفظ کرده‌اند. این پژوهش به بهینه‌سازی همزمان دو عامل ساختار (تعداد و زاویه لایه‌های نخ) و فرمولاسیون آج تایر برای بهبود پایداری در سرعت‌های بالا و افزایش مقاومت در برابر سایش پرداخته است. سه ساختار مختلف لایه‌بندی (4PR با زوایای ۳۶ و ۴۰ درجه) و دو فرمولاسیون آج مبتنی بر لاستیک طبیعی (NR) و بوتادین (BR) با درصد‌های مختلف سیلیکا و کربن بلسک طراحی و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمون‌های دینامیکی روی داینامومتر نشان داد که ساختار 4PR با زاویه ۳۶ درجه در ترکیب با فرمولاسیون حاوی 20phr سیلیکا، بهترین تعادل را بین پایداری فرمان، کاهش حرارت‌زایی و مقاومت سایشی ارائه می‌دهد. این نمونه در آزمون استقامت سرعت بالا، ۱۵٪ عملکرد بهتری نسبت به نمونه استاندارد از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: تایر بایاس، پایداری در سرعت بالا، فرمولاسیون آج، لاستیک طبیعی، سیلیکا.

محرور مقاله: مواد اولیه و آمیزه سازی

مقدمه:

تایر به عنوان تنها نقطه تماس وسیله نقلیه با جاده، نقش حیاتی در ایمنی، عملکرد و بهرهوری ایفا می‌کند. تایرهای بایاس از لایه‌هایی از نخ (معمولاً نایلون یا ریسون) تشکیل شده‌اند که به صورت مقاطع و با زوایای مشخصی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. این ساختار موجب ایجاد استحکام جانبی بالا و قابلیت تحمل بار بیشتر می‌شود. با این حال، این تایرها در مقایسه با رادیال‌ها، از انعطاف‌پذیری کمتر و حرارت‌زایی بالاتری برخوردارند که می‌تواند منجر به کاهش عمر مفید و پایداری در سرعت‌های بسیار بالا شود.

با توجه به کاربرد خاص تایرهای بایاس در موتورسیکلت‌های سنگین و مسابقات، بهینه‌سازی آن‌ها برای کاهش معایب ذاتی و افزایش مزایا، یک چالش فنی مهم است. دو حوزه کلیدی برای این بهینه‌سازی، معماری ساختاری تایر (تعداد و زاویه لایه‌ها) و ترکیب شیمیایی آج است. استفاده از مواد پرکننده جدید مانند سیلیکا در کنار کربن بلسک می‌تواند به بهبود خواص viscoelastic و کاهش تلفات اتلافی (Hysteresis) کمک شایانی کند. این پژوهش به بررسی اثر متقابل این دو پارامتر بر عملکرد نهایی تایر می‌پردازد.

اهداف پژوهش

- بررسی تاثیر زاویه لایه‌های نخ (36 درجه در مقابل 40 درجه) بر روی پایداری و حرارت‌زایی تایر.
- طراحی و ارزیابی فرمولاسیون‌های مختلف آج با نسبت‌های متفاوت سیلیکا و کربن بلک.
- ارزیابی عملکرد دینامیکی تایرهای ساخته شده در شرایط آزمایشگاهی شیمی‌سازی شده.
- ارائه یک ترکیب بهینه از ساختار و فرمولاسیون برای دستیابی به بالاترین عملکرد.