

بررسی نرخ نسبی کاهش فشار هوا با تغییر در آمیزه اینرلاینر، در دمای ثابت و تحت شرایط استاتیک و تاثیر آن بر خواص عملکردی تایر

"Investigation of the Relative Air Pressure Loss Rate as a Function of Innerliner Compound Variation under Constant Temperature and Static Conditions, and Its Impact on Tire Performance Characteristics"

چکیده

در این پژوهش، نرخ نسبی کاهش فشار باد تایر در اینرلاینر، به عنوان یکی از ویژگی‌های بسیار مهم عملکردی تایر که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقاومت غلتشی، فرمان‌پذیری، سلامت ساختار و طول عمر آج دارد، بررسی شده است. این آزمون، تحت شرایط ایستا و در حالتی که تایر بدون چرخش و بدون اعمال بار است، با هدف بررسی نرخ نسبی نگهداری باد در تایرهای آزمایشی — با تغییر درصد بیوتیل مصرفی — بر اساس استاندارد ASTM F1112 انجام شد. نتایج نشان داد که در دمای میانگین ۷/۲۲ درجه سلسیوس و در یک بازه زمانی چهارماهه، نرخ نسبی کاهش فشار باد تایر ۹۳/۱ درصد است. از سوی دیگر، این نرخ کاهش فشار، با توجه به تفاوت در آمیزه اینرلاینر، بر آزمون‌های فرمان‌پذیری و راحتی تا حدودی اثرگذار بوده است. بر پایه نتایج به دست آمده، این اختلاف در حد ۵/۰ نمره، موجب بیش‌فرمانی اندک تایر شده و گشتاور فرمان را در رانندگی با خودروی مجهز به این تایر، به میزان کمی افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: نرخ نسبی کاهش فشار، اینرلاینر، عملکرد تایر

نوع مقاله: پژوهشی

مریم عرب‌پور^۱

۱. مدیر واحد مدیریت قالب و ابزارهای تولیدی - اداره برنامه ریزی و مهندسی صنایع - کارخانه لاستیک بارز

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

Arabpour_m@barez.org

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴

مقدمه

تایر، به عنوان یکی از مهم ترین اجزای خودرو و عامل انتقال عملکرد سایر اجزا به سطح زمین، نقش ویژه ای در عملکرد خودرو دارد (Pacejka, ۲۰۱۲). یکی از مهم ترین پارامترهای تعیین کننده در این انتقال و چگونگی آن، فشار باد تایر است. فشار باد تایر به طور کلی بر مقاومت غلتشی، سایش، فرمان پذیری و دوام اثرگذار است (NHTSA, ۲۰۰۶).

اینرلاینر به صورت لایه ای نازک درون تایرهای رادیال قرار می گیرد و وظیفه اصلی آن نگهداری باد تایر است. افزون بر این، این لایه در بهبود مقاومت در برابر خستگی، افزایش دوام و طول عمر کارکرد تایر نیز نقش دارد (NHTSA, ۲۰۰۶). نیاز به تولید تایرهای سبک تر، با هدف کاهش مقاومت غلتشی و بهبود مصرف سوخت وسایل نقلیه، از جمله دلایل استفاده از آمیزه های بیوتیلی در اینرلاینر است. مطالعات انجام شده بر روی اینرلاینرهای بیوتیلی نشان می دهد که این آمیزه ها از کمترین ضریب نفوذپذیری برخوردارند (Ghosh & SAE J2682, ۲۰۱۸). از سوی دیگر، امروزه در بسیاری از کارخانه های خودروسازی جهان، به ویژه در کشورهای توسعه یافته، انجام آزمون های میدانی و قرار دادن خودرو در شرایط واقعی و خارج از محیط آزمایشگاه، امری ضروری، مفید و اجتناب ناپذیر به شمار می آید (Ahmadian, ۲۰۱۹).

هدف از این مقاله، بررسی تأثیر میزان نگهداری باد تایر در حالتی است که تایر غیرچرخان و بدون بار است؛ با این ملاحظه که درصد بیوتیل به کاررفته در آمیزه اینرلاینر متفاوت باشد. همچنین، اثر اختلاف فشار باد تایر بر عملکرد خودرو بررسی شده است. بدین منظور، دو تایر متفاوت انتخاب و مورد آزمون ارزیابی قرار گرفتند

بخش تجربی

همه تایرهای نمونه باید از یک منبع و دارای کد و تاریخچه دمایی یکسانی باشد. تایرهای تستی در منطقه بید باید تمیز و عاری از

هر گونه جسم اضافی و رینگ بایستی عاری از هر گونه تیزی یا لبه جهت آسیب رساندن به تایر در طول اندازه گیری باشند. جنس پیشنهادی رینگ استیل و اگر جنس دیگری استفاده شد بایستی از عدم نفوذ هوا اطمینان حاصل کرد.

جهت اندازه گیری فشار یک تجهیز مانند آداپتور و یا شیر جهت اندازه گیری فشار به طور مداوم متصل شود و دقت اندازه گیری فشارسنج حداقل 2 Kpa (0.25 psi) در نظر گرفته شد. دستگاه اندازه گیری فشار الکترونیک و دستگاه آنالیز داده ها باید به صورت مداوم - پیوسته قابلیت مانیتورینگ را دارا باشد. یک دستگاه اندازه گیری فشار باید به آداپتور (یک شیر) به طور مداوم جهت اندازه گیری فشار باد متصل گردد. دستگاه اندازه گیری فشار باید در طول انجام آزمون، دارای دقت باشد. دقت یاد شده باید دست کم به مدت ۱۸۰ روز در طول اجرای آزمون حفظ و همچنین، در تمام مدت انجام آزمون، کلیه شرایط آزمون و سامانه داده پردازی کنترل شد.

پس از بررسی همه اجزای متصل، تایر به مدت ۴۸ ساعت در اتاقک دمایی قرار گرفت و سپس فشار باد آن اندازه گیری شد. دمای اتاقک در محدوده $(1) \pm 0.6^\circ \text{C}$ ، کنترل شد و حداکثر تغییرات دمایی در طول انجام آزمون $(5) \pm 3^\circ \text{C}$ ، در نظر گرفته شد. در طول انجام آزمون، دما، فشار باد و فشار بارومتریک به مدت دو هفته متوالی، به صورت روزانه ثبت شد. پس از آن، فشار بارومتریک در مدت زمان باقی مانده آزمون، حداقل هفته ای یکبار ثبت گردید. پایش پیوسته دمای محیط نیز با هدف اطمینان از ثبات و تعادل دمایی انجام شد.

در نهایت، با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱، فشار باد تصحیح شده، P_1 ، در دمای آزمون و فشار بارومتریک یک اتمسفر (101.3 kPa ، 14 psi)، با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد. مدت زمان مناسب برای انجام آزمون ۱۸۰ روز در نظر گرفته شد؛ با این حال، کوتاه تر یا طولانی تر بودن این مدت زمان به دقت داده های حاصل بستگی دارد.

بر اساس استاندارد (SAE) (J2885)، محاسبه فشار نرمال شده از معادله شماره (۱):

$$P = (P_1 + B_1) \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - B_2 \quad \text{معادله (۱)}$$

در جایگاه

P: فشار باد نرمال شده (kPa)

P1: فشار باد اندازه‌گیری شده (kPa)

B1: فشار بارومتریک اندازه‌گیری شده (kPa)

B2: فشار بارومتریک مرجع (1atm=101.3kPa)

T1: دمای اندازه‌گیری شده (K)

T2: دمای محیط انجام آزمون (K)

مدل مورد نیاز جهت نگهداری باد به شکل معادله (۲) است:

$$P = P_0 e^{Bt} \quad \text{معادله (۲)}$$

در جایی که:

P: فشار باد نرمال شده (kPa)

P0: فشار اولیه نرمال شده (kPa)

B: نرخ کاهش فشار به ازای یک روز در دمای انجام تست

(kPa)

t: زمان، روز

در نهایت مدل موردنظر به شکل معادله (۳) مطرح می‌گردد.

$$\ln P = \alpha + \beta t \quad \text{معادله (۳)}$$

در جایگاه $\alpha = \ln P_0$ در نهایت به صورت تابع دما $\frac{dP}{dt} = \beta t$

در می‌آید. کاهش فشار باد به صورت مدل سازی برای هر دو

تایر در دمای ۰/۲۲/۸ اندازه‌گیری شد. این نرخ کاهش به شکل

۳۰۰۰ * β به ازای هر ماه (۳۰ روز) بیان می‌شود.

تایرهای مورد آزمون در جدول (۱)، کامپاند مورد استفاده در اینر لاینر تایرهای مورد ارزیابی در جدول (۲) و نیز جدول (۳) مربوط به نتایج نهایی شرایط آزمایشگاه است. جدول (۴) و (۵) و نیز نمودارهای ۱ و ۲ مربوط به نتایج حاصل از آزمون است.

جدول ۱- تایرهای آزمایشی مورد آزمون

تایر	سایز	گل تایر
آزمایشی	۵۰R۱۶/۲۰۵	P۶۲۴
مرجع	۵۰R۱۶/۲۰۵	P۶۲۴

جدول ۲- کامپاند مورد استفاده در اینر لاینر تایرهای مورد ارزیابی

همه مقادیر در pphr	مرجع	آزمایشی
NR	۵۰	۰
IIR	۵۰	۱۰۰
دوده	۵۰	۵۰
روغن	۲۰	۲۰
عوامل پخت	۲	۲

جدول ۳- شرایط انجام آزمون

مقدار اسمی: ۲۱	دمای آزمون 0
میانگین: ۲۲/۷	
محدوده ۲۰/۲ تا ۲۶/۲	
مدت زمان انجام آزمون (روز)	۸۷ روز

قسمتی از نتایج مربوط به آزمون در جدول ۴ آورده شده است

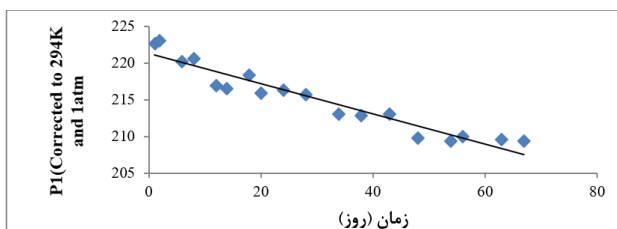
جدول ۴- نتایج اولیه مربوط به دو تایر

ردیف	دفعات مشاهده	T ^۱ (C)	T ^۱ (K)	P ^۱ (PSI)	P ^۲ (PSI)	B ^۱ (Kpa)	P ^۱	lnP ^۱	P ^۲	lnP ^۲	رطوبت (%)
۱	۱	۲۶/۲	۲۹۹/۳۵	۳۶	۳۶	۸۱/۷	۲۲۲/۵۹	۵/۴۰۳۵	۲۲۲/۵۹	۵/۴۰۳۵	۱۸/۷
۲	۲	۲۶/۰	۲۹۹/۱۵	۳۶	۳۶	۸۱/۹۲	۲۲۳/۰۲	۵/۴۰۷۳	۲۲۳/۰	۵/۴۰۷۳	۱۸/۵
۳	۶	۲۵/۷	۲۹۸/۸۵	۳۵/۵	۳۶	۸۲/۰۵	۲۲۰/۰۹	۵/۳۹۴۰	۲۲۳/۴۷	۵/۴۰۹۳	۱۶
۴	۸	۲۵/۳	۲۹۸/۴۵	۳۵/۵	۳۶	۸۲/۱۲	۲۲۰/۵۹	۵/۳۹۶۳	۲۲۳/۹۸	۵/۴۱۱۵	۱۵/۵
۵	۱۲	۲۵/۲	۲۹۸/۳۵	۳۵	۳۵/۵	۸۱/۸۰	۲۱۶/۹۸	۵/۳۷۹۸	۲۲۰/۵۲	۵/۳۹۵۹	۱۲/۸
۶	۱۴	۲۵/۱	۲۹۸/۲۵	۳۵	۳۵/۵	۸۱/۸۳	۲۱۶/۵۹	۵/۳۷۸۰	۲۲۰/۵۲	۵/۳۹۵۹	۱۳/۵
.....											

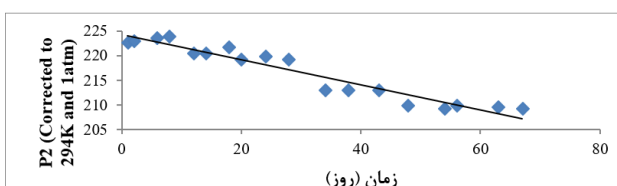
بحث و نتیجه گیری:

نتایج آزمون نشان داد که در ابتدای دوره اندازه گیری، روندی از کاهش فشار باد در تایر مشاهده می شود؛ به گونه ای که این روند تا حدود ۲۸ روز پس از آغاز آزمون ادامه داشته است. در این بازه زمانی، میزان کاهش فشار در هر نوبت اندازه گیری در حدود حدود psi5/0 نسبت به نمونه مرجع گزارش شد. این پدیده را می توان تا حدی به فرآیندهای اولیه نفوذ گاز از لایه اینرلاینر و همچنین رسیدن سامانه به شرایط تعادل پایدار نسبت داد.

از سوی دیگر، بررسی نتایج آزمون های عملکردی نشان داد که نرخ نسبی کاهش فشار ۹۳/۱ درصد، که ناشی از تفاوت در آمیزه اینرلاینر است، تأثیر محدودی بر شاخص های فرمان پذیری و راحتی رانندگی دارد. بر اساس ارزیابی های انجام شده، اختلاف مشاهده شده در نتایج آزمون در حدود ۵/۰ نمره بوده است که نشان دهنده تأثیر اندک اما قابل اندازه گیری بر رفتار دینامیکی خودرو است. این تغییر به صورت افزایش جزئی در تمایل به بیش فرمانی تایر و همچنین افزایش اندک گشتاور فرمان در هنگام رانندگی با خودروی مجهز به تایری با نرخ نسبی کاهش فشار ۱/۹۳ درصد بروز کرده است.



شکل ۱- تغییر کلی کاهش فشار با زمان (تایر آزمایشی)



شکل ۳- تغییر کلی کاهش فشار با زمان (تایر مرجع)

جدول ۵) نرخ نسبی کاهش فشار

اولیه: ۲۴۸/۰۸	P نرمال شده (Kpa)
نهایی: ۲۳۰/۸۵	
بهترین حالت: ۲۳۷/۳۸	
۱/۹۳	نرخ نسبی کاهش فشار، ماه % (در ۱۲۰ روز)

همچنین تأثیر نرخ نسبی ۱/۹۳ % را میتوان بر آزمون فرمانگیری در جدول (۶) مشاهده کرد.

جدول ۶) بررسی تأثیر نرخ نسبی ۱/۹۳ % بر آزمون فرمانگیری

مرجع	نمونه	
۶/۵	۶/۵	مارپیچی ^۲
۶/۵	۷	آزمون تغییر خط ^۳
۶/۵ ⁺	۷	آزمون دایره ای ^۴

منابع:

1. Ahmadian, M. (2019). "A Review of Vehicle Tire and Road Interaction of Autonomous and Connected Vehicles." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 233(2), 267–283.
2. Ghosh, P., et al. (2018). "Advances in Butyl Rubber Technology for Tire Innerliner Applications." Polymer Engineering & Science, 58(5), 678–689.
3. Pacejka, H. B. (2012). *Tire and Vehicle Dynamics* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
4. SAE Standard J2885: Tire Pressure Retention Test.
5. "SAE J2682: Laboratory Measurement of the Rollover Resistance of Steerable Tires." SAE International.
6. "The Pneumatic Tire." (2006). National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).

Investigating the relative rate of air pressure loss with changes in innerliner compound, at constant temperature and under static conditions, and its effect on tire performance properties

Maryam Arabpour¹

1- Manager of Mold and Production Tools Management Unit - Industrial Planning and Engineering Department - Barez Rubber Factory

***Corresponding author Email: Arabpour_m@barez.org**

Abstract

This study investigates the relative rate of air pressure loss in the tire's inner liner, a critical performance characteristic that significantly impacts rolling resistance, handling, structural integrity, and tread life. The test was conducted under static conditions (with the tire non-rotating and unloaded) in accordance with ASTM F1112 standard. The objective was to evaluate the relative air retention rate of the test tires, which involved varying the percentage of butyl used. At an average temperature of 22.7°C over a 4-month period, the relative tire air pressure loss rate was 1.93%. Furthermore, this relative rate of 1.93%, due to differences in the inner liner compound, had a slight influence on the handling and comfort tests. According to the results, with a difference of 0.5 points, it caused a slight increase in the tire's oversteer tendency. Consequently, the steering torque in a vehicle equipped with this tire increases slightly.

Keywords: Relative rate of pressure loss, innerliner, tire performance.