بررسی مزایای استفاده از باد نیتروژن در تایر خودرو

The Advantages of Nitrogen Inflation for on-Road Tires

چکیده:

مزایای استفاده از باد نیتروژن در خودروهای سواری، وانتی و باری، کاهش اکسیداسیون لایه‌های تایر و کاهش نرخ از دست دادن فشار باد تایر است. در این مقاله با استناد به پژوهش‌های آزمایشگاهی و آزمون‌های عملی که در این زمینه انجام شده، تأثیرگذاری استفاده از باد نیتروژن بر دو عامل مذکور اثبات شده است. در ادامه دو نکته کاربردی مهم (شامل خلوص موردنیاز نیتروژن در تایر و الگوی بهینه استفاده از آن) اشاره شده است که می‌تواند در برخی موارد هزینه‌ی بالاتر استفاده از باد نیتروژن نسبت به هوای فشرده را توجیه کند و مشکل عدم دسترسی به آن در تمام موقعیت‌ها را به‌عنوان یک پارامتر منفی حذف کند.

واژه‌های کلیدی: فشار باد تایر، نیتروژن، هوای فشرده، اکسیداسیون تایر، سرعت از دست دادن فشار باد.

نوع مقاله: پژوهشی

زهرامنصوری
کارشناس اداره‌ی مهندسی صنایع، شرکت تولیدی لاستیک دنا

*** عهده دار مکاتبات:**
mansouri.dena@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۷

مقدمه:

استفاده از گاز نیتروژن برای باد تایر، در سال‌های اخیر رواج چشمگیری داشته است. هیچ یک از تولیدکنندگان خودرو و سازندگان تایر استفاده از باد نیتروژن را توصیه و تبلیغ نمی‌کنند. استفاده از آن، عموماً در صنعت سرویس و خدمات تایر تبلیغ و ترویج می‌شود، به همین دلیل همواره بیش از آن‌که از نظر علمی موردبحث و بررسی قرار گیرد، بُعد تجاری و منافع مالی آن موردتوجه ذینفعان بوده است و معمولاً اطلاعات اغراق‌آمیز و نادرستی در مورد مزایای استفاده از آن به مصرف‌کنندگان ارائه می‌شود.

در این مقاله تلاش شده است که با بهره‌گیری از منابع معتبر علمی، با تکیه بر نظرات کارشناسانی که سال‌ها وقت خود را صرف تحقیق و پژوهش در این زمینه کرده‌اند، تصویری واقعی و منصفانه از مزایای استفاده از باد نیتروژن در تایر ارائه شود.

مزایای استفاده از باد نیتروژن

نیتروژن، گازی‌ست که ۷۸٪ از حجم هوا را به خود اختصاص می‌دهد. ۲۱٪ حجم هوا را اکسیژن و ۱٪ باقیمانده را سایر گازها تشکیل می‌دهد. نیتروژن در خالص‌ترین شکل خود، یک ماده‌ی بدون بو، غیرقابل اشتعال، خشک و یک گاز ساکن است که می‌تواند بدون اثرات سوء محیطی برای باد تایر مورداستفاده قرار گیرد.

ادعاهای مختلفی در مورد مزایای استفاده از باد نیتروژن در تایر به‌جای هوای فشرده مطرح می‌شود. از جمله: کاهش سرعت از دست دادن فشار باد تایر، کاهش اکسیداسیون لایه‌ها، کاهش حرارت تولیدشده در حین حرکت، کاهش فرسایش، کاهش مقاومت غلتشی، کاهش مصرف سوخت، کاهش نوسانات فشار باد تایر در اثر تغییرات دمایی آن و ...

اما آن‌چه که در مورد تایر خودروهای سواری، وانتی و باری به اثبات رسیده، این است که از میان ادعاهای مطرح شده، تنها دو مورد زیر به‌صورت مستقیم بر عملکرد تایر تأثیرگذار است [۲]:

۱- کاهش اکسیداسیون لایه‌های تایر

۲- کاهش نرخ از دست دادن فشار باد تایر

استفاده از باد نیتروژن می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم برخی از عوامل مطرح شده را تحت تأثیر قرار دهد. به‌عنوان مثال، کاهش مصرف سوخت یکی از مزایای غیرمستقیم استفاده از باد نیتروژن است، که در نتیجه‌ی کاهش نرخ از دست دادن فشار باد تایر حاصل می‌شود.

تأثیرگذاری باد نیتروژن بر برخی از این عوامل نیز برای تایرهای معمولی مزیت محسوب نمی‌شود، به‌عنوان نمونه، یکی از نتایج استفاده از باد نیتروژن، کاهش نوسان‌های فشار باد تایر در اثر تغییرات دمایی آن است (به علت حذف بخار آب موجود در هوا)، اما این مورد، تنها برای خودروهای مسابقه‌یی مزیت محسوب می‌شود و برای خودروهای معمولی اهمیت چندانی ندارد [۱].

بر همین اساس، در این مقاله تأثیر استفاده از باد نیتروژن بر کاهش اکسیداسیون لایه‌ها و کاهش نرخ از دست دادن فشار باد تایر و نکات کاربردی مربوط به هر یک موردبررسی قرار گرفته است.

تأثیر استفاده از باد نیتروژن در کاهش اکسیداسیون لایه‌های تایر

مهم‌ترین مزیت استفاده از باد نیتروژن به‌جای هوای فشرده، کاهش اکسیداسیون لایه‌های داخلی و در نتیجه افزایش عمر مفید تایر است. اختلاف فشار باد تایر با فشار هوای خارجی باعث می‌شود که هوای داخل تایر تمایل به حرکت به سمت لایه‌های بیرونی داشته باشد و به این ترتیب اکسیداسیون لایه‌های تایر آغاز می‌شود.

به لحاظ ساختاری، بدنه‌ی تایرها به گونه‌یی طراحی می‌شود که برای حفاظت در برابر نفوذ اکسیژن، یک پوشش (آستری یا اینر لاینر) داشته باشد. از طرفی برخی از مواد شیمیایی موسوم به آنتی‌اکسیدانت که به‌عنوان مواد اولیه‌ی تایر مورداستفاده قرار می‌گیرد، ویژگی خنثی کردن مولکول‌های اکسیژن مهاجم را دارند. آستری تایر در ابتدای عمر تایر از نفوذ اکسیژن جلوگیری می‌کند، اما پس از مدتی از بین می‌رود و به این ترتیب اکسیداسیون لایه‌های تایر یکی پس از دیگری آغاز می‌شود. این در حالی‌ست که آج تایر[1] هنوز به انتهای عمر مفید خود نرسیده و کاملاً ساییده نشده است [۱۰].

در زمینه‌ی اثبات تأثیر استفاده از باد نیتروژن بر افزایش عمر تایر به دلیل کاهش اکسیداسیون لایه‌ها، چندین تحقیق آزمایشگاهی و عملی انجام شده است. در انجام پژوهش‌های عملی باید کلیه‌ی عوامل تأثیرگذار و شرایط محیطی برای تایرهای مورد آزمایش یکسان باشد و همین موضوع انجام

1. Tread

این‌گونه پژوهش‌ها را مشکل کرده است. به همین دلیل تعداد پژوهش‌های انجام شده در شرایط واقعی بسیار کم‌تر از تعداد پژوهش‌های انجام شده در شرایط آزمایشگاهی‌ست.

الف- پژوهش‌های آزمایشگاهی

از میان پژوهش‌های آزمایشگاهی انجام شده، دو آزمایش قدیمی‌تر توسط افرادی با نام‌های Sperberg و Tokita در سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۸۵ انجام شده که در واقع پایه و نقطه‌ی شروعی برای انجام پژوهش‌های استفاده از باد نیتروژن به شمار می‌آید:

Sperberg در شرکت Probe Forensic & Testing Laboratory در سال ۱۹۶۷ پس از انجام آزمایش‌های خود اعلام کرد که تخریب تایر زمانی آغاز می‌شود که تراکم اکسیژن در آن، ۱٪ وزن تایر باشد و بر این اساس نتیجه‌گیری کرد که باد نیتروژن می‌تواند عمر تایر را افزایش دهد [۴].

پس از آن Tokita در سال ۱۹۸۵ با استفاده از یک مدل، ارتباط میان میزان نفوذ اکسیژن در لایه‌های تایر با کاهش عمر آن را نشان داد. او در مطالعات خود تایرها را با ترکیبی از ۵۰٪ نیتروژن و ۵۰٪ اکسیژن باد کرد تا به این ترتیب اکسیداسیون سریع‌تر اتفاق بیفتد. Tokita به این نتیجه رسید که در تست درام، بین مقدار اکسیژنی که توسط تایر جذب می‌شود و استحکام لایه‌های آن با مدت‌زمانی که سپری می‌شود تا تایر به عیب برسد، ارتباطی وجود دارد. Tokita دریافت که زمانی که میزان اکسیژن در لایه‌های تایر به ۱۶cc در هر گرم هیدروکربن کائوچو برسد، مقاومت تایر در برابر پارگی کم شده و به میزان بحرانی می‌رسد. این میزان به لحاظ وزنی ۲٪ از وزن پلیمر کائوچو است و از آن‌جایی که کائوچو حدود ۵۰٪ از وزن تایر را تشکیل می‌دهد، مقدار بحرانی اکسیژن ۱٪ وزن تایر خواهد بود و این نتیجه با نتیجه‌گیری Sperberg کاملاً تطابق داشت [۴].

پس از آن در سال ۲۰۰۳، NHTSA در ایالات‌متحده، ۱۵۰ تایر اسقاطی از محصولات بریجستون، فایرستون، گودیر و میشلن را آنالیز کرد. نتیجه‌ی آزمون‌ها نشان داد که دلیل معیوب شدن تایرها، اکسیداسیون ترکیب‌های لاستیکی موجود در ساختار تایرها بوده است. بنابراین نتیجه‌گیری کرد که کاهش میزان اکسیداسیون می‌تواند در افزایش عمر تایرها مؤثر باشد [۱].

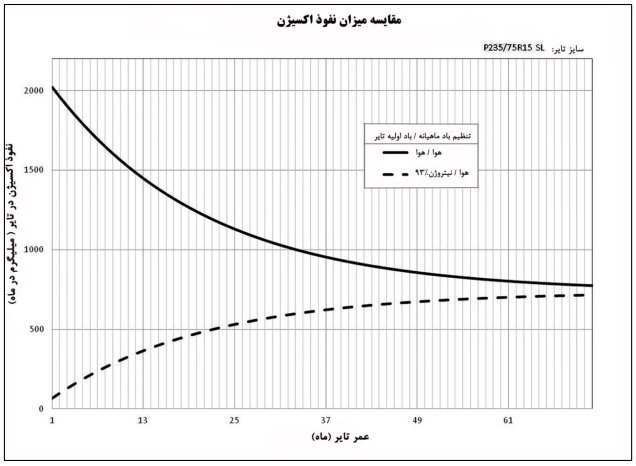
در پژوهش دیگری، توسط انجمن ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌های امریکا، NHTSA[1]، دو گروه تایر تحت شرایط دمایی ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد آزمایش شد. گروه اول تایرهایی که با ترکیب ۵۰٪ نیتروژن و ۵۰٪ هوا باد شده بود و گروه دوم تایرهایی که با نیتروژن با خلوص ۹۵٪ باد شده بود. این آزمون‌ها از استاندارد FMVSS No.139[2] تبعیت می‌کرد. در انتهای آزمایش برخی از تایرهایی که با مخلوط ۵۰٪ نیتروژن باد شده بود در تست درام به عیب رسید، اما تمام تایرهایی که با نیتروژن ۹۵٪ باد شده بود، استاندارد تست درام را طی کردند [۳].

به‌تازگی Daws که از فعال‌ترین دانشمندانی‌ست که در زمینه‌ی باد نیتروژن تحقیق می‌کند، در مورد میزان نفوذ اکسیژن در تایرهای سواری و باری تحقیق کرده است. او تایرهایی را که برخی با گاز نیتروژن و برخی با هوای فشرده باد شده بود، به مدت ۶ سال در دمای ۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری کرد و در نهایت به این نتیجه رسید که مجموع اکسیژنی که در این مدت در لایه‌های تایر نفوذ کرده است، در تایرهای دارای باد نیتروژن، نصف تایرهایی‌ست که با هوای فشرده باد شده بود [۲].

نمودار (۱) از نتیجه‌های این پژوهش است که میزان نفوذ اکسیژن در طول عمر تایر را در تایرهای سواری سایز P235/75R15 نشان می‌دهد [۴].

1. National Highway Transportation Safety Administration

2. Federal Motor Vehicle Safety Standards



نمودار ۱- مقایسه میزان نفوذ اکسیژن در تایر برای باد نیتروژن و هوا در دمای ثابت

ب- پژوهش‌های عملی

Sperberg در سال ۱۹۸۵ تحقیقی عملی در زمینه‌ی تأثیر اکسیداسیون بر کاهش عمر تایر انجام داد. در این تحقیق ۱۷۵ تایر کامیونی که در ایالات‌متحده با هوا باد شده بود آزمایش شد. در دوره‌ی انجام پژوهش، تمامی تایرها به‌دقت پایش می‌شد و فرسایش آن‌ها به‌طور مرتب اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. در این آزمون تایرها بین ۱۲۵ تا ۲۲۵ هزار مایل مسافت را طی کردند. ۱۲۵ تایر به عیب نرسید و ۵۰ تایر از ناحیه‌ی دیواره عیب فیزیکی پیدا کرد.

با نمونه‌گیری از تایرها میزان اکسیژنی که در لایه‌ها نفوذ کرده بود اندازه‌گیری و مشخص شد که هنگامی‌که تایر این مقدار عمر می‌کند که فرسوده شود، اکسیژن به‌آرامی به درون لایه‌های نخی تایر نفوذ می‌کند تا در نهایت به ناحیه‌ی زیر آج[1] و سپس به آج برسد. زمان زیادی طول می‌کشد تا میزان محسوسی اکسیژن به آج برسد، زیرا بیشتر اکسیژن در زمان انتقال، توسط آستر داخلی تایر و سپس توسط آمیزه‌ی لاستیکی[2] اطراف نخ[3] جذب می‌شود.

نتیجه‌ی دیگری که از بررسی تایرهای معیوب به‌دست آمد این بود که چون حین حرکت، در تایرهای بزرگ‌تر گرمای بیشتری تولید می‌شود، اکسیداسیون آن‌ها نیز سریع اتفاق می‌افتد. در بسیاری موارد، بدنه‌ی تایر کاملاً اکسید شده و عمر تایر به پایان رسیده بود، اما آج آن هنوز کاملاً ساییده نشده بود.

از طرف دیگر در مورد تایرهای با ضخامت بدنه‌ی کم‌تر، به دلیل کم‌تر بودن حرارت تولیدشده در حین حرکت، سرعت اکسیداسیون نیز کاهش‌یافته و در نتیجه عمر مفید آن‌ها بیشتر شده بود [۱۰].

Sperberg تحقیق دیگری نیز در مورد تأثیر باد نیتروژن بر کاهش اکسیداسیون و در نتیجه افزایش عمر تایر انجام داد. در این آزمایش، ۵۴ تایر باری آزمایش شد. ۳۳ تایر با نیتروژن و ۲۱ تایر با هوای فشرده باد شد. این تایرها در کنار هم در یک خودرو نصب شد و تا زمانی که به عیب یا به شاخص فرسایش آج (TWI)[4] برسد، مورداستفاده قرار گرفت.

در نهایت تایرهایی که با نیتروژن باد شده بود، قبل از رسیدن به عیب یا فرسوده‌شدن آج، به‌طور متوسط ۲۶٪ مسافت بیشتری نسبت به تایرهایی که با هوا باد شده بود طی کردند و این نتیجه بسیار مهم و ارزنده بود.

بررسی تایرهایی که به عیب رسیده بودند نیز نتیجه‌های مهم زیر را نشان داد:

۳۰٪ از تایرهایی که با نیتروژن باد شده بود، به عیب رسیده بودند، اما این نسبت در مورد تایرهایی که با هوا باد شده بود، ۵۷٪ بود.

علاوه بر این، تایرهای معیوبی که با نیتروژن باد شده بود قبل از رسیدن به عیب، ۴۸٪ مسافت بیشتری نسبت به تایرهایی که با هوا باد شده بودند طی کردند و این میزان بهبود عمر تایر، به علت دیرتر آسیب دیدن بدنه‌ی تایرها بود و هیچ ارتباطی با فرسایش آج آن‌ها نداشت [۱۰].

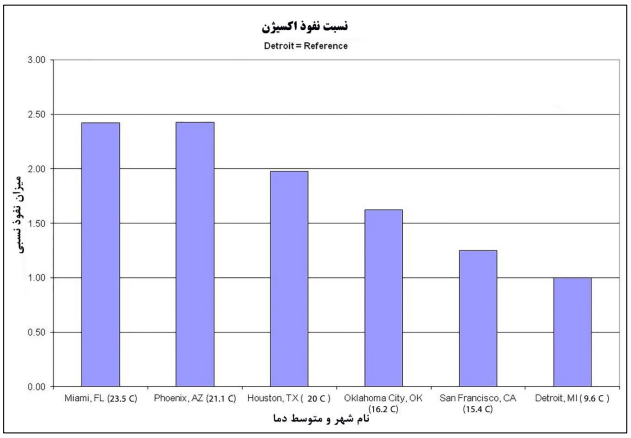
تأثیرگذاری دمای محیط بر استفاده از باد نیتروژن

میزان اکسیداسیون تایر با درجه حرارت محیط ارتباط مستقیم

1. Under Tread 2. Compound 3. Cord 4. Tread Wear Indicator

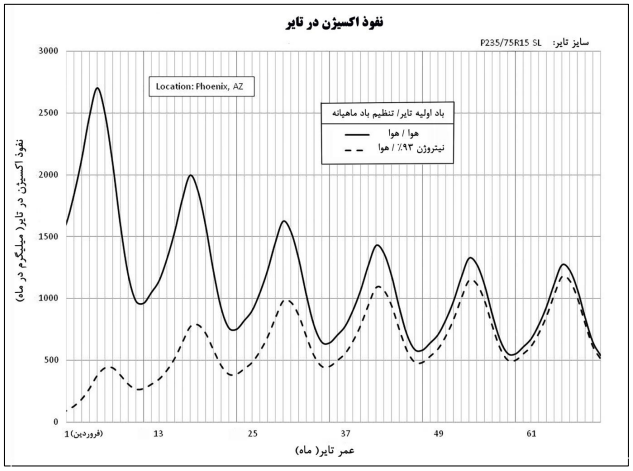
دارد. پژوهش‌های انجام شده اثبات نموده که سرعت نفوذ اکسیژن در لایه‌های تایر در فصول گرم سال بیشتر از فصول سرد و در مناطق گرمسیر بیشتر از مناطق سردسیر است. به‌عنوان نمونه، طبق معادله‌ی به‌دست آمده، سرعت اکسیداسیون در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تقریباً ۷٫۴ برابر سرعت اکسیداسیون در دمای ۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد است [۴].

نمودار (۲) رابطه‌ی بین این دو پارامتر را که نتیجه‌ی یکی از پژوهش‌های انجام شده در ایالات‌متحده است، نشان می‌دهد. در این نمودار، شهر دیترویت با دمای متوسط ۹٫۶ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌عنوان نقطه‌ی مرجع شناخته شده و مقدار اکسیژنی که در مناطق مختلف در تایر نفوذ کرده است، نسبت به آن نشان داده شده است (متوسط دمای هر شهر طی ۳۰ سال گذشته به‌عنوان دمای هوای آن لحاظ شده است) [۴]، نمودار (۳) نیز تغییرات میزان نفوذ اکسیژن در تایر را در طی ۶ سال برای باد نیتروژن و هوا نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در هر سال، سرعت نفوذ اکسیژن در تیرماه بیشترین افزایش را داشته و در دی‌ماه به کم‌ترین مقدار خود (در همان سال) می‌رسد.



نمودار ۲- مقایسه‌ی نسبت نفوذ اکسیژن در تایر در دماهای متفاوت

یکسان شدن تقریبی میزان نفوذ اکسیژن در تایر پس از گذشت ۶ سال، برای باد نیتروژن و هوا، نکته‌ی دیگری‌ست که در نمودار (۳) مشخص شده است [۴].



نمودار ۳- مقایسه‌ی میزان نفوذ اکسیژن در تایر در ماه‌های مختلف سال برای باد نیتروژن و هوا

با توجه به تأثیر دمای هوا بر سرعت اکسیداسیون لایه‌های تایر و تخریب آن‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر چه دمای هوای محیط افزایش یابد، استفاده از باد نیتروژن مزیت بیشتری خواهد داشت.

تأثیر استفاده از باد نیتروژن در کاهش سرعت از دست دادن فشار باد تایر

یکی از مهم‌ترین عوامل نگهداری تایر، مناسب بودن فشار باد است که معمولاً مورد بی‌توجهی قرارمی گیرد. طبق پژوهش‌های NHTSA، در سال ۲۰۰۱، در حدود ۳۹٪ از خودروهای سواری امریکا حداقل یک تایر با فشار باد نامناسب داشتند، به‌طوری‌که میزان کم‌باد یا پرباد بودن تایرها در محدوده‌ی حادثه‌آفرینی قرار داشته است. این عدد برای خودروهای ون به ۷۴٪ می‌رسیده است [۶].

طبق پژوهش‌های این سازمان، فشار باد نامناسب ۱۰٪ از عمر مفید تایر را کاهش می‌دهد. ۷٪ کاهش عمر به دلیل فرسایش نامنظم آج و ۳٪ به علت آسیب‌های زودهنگام تایر است [۸].

از دیگر نتیجه‌های نامناسب بودن فشار باد (کم‌باد بودن)، افزایش مصرف سوخت است. طبق اعلام DOE[1] در امریکا از ۴۹۲ میلیارد لیتر سوخت که خودروهای سواری و باری سبک در سال ۲۰۰۵ مصرف کرده‌اند، ۴،۵۴ میلیارد لیتر در نتیجه‌ی رانندگی با تایرهای کم‌باد به هدر رفته است [۱۱].

یکی دیگر از نتیجه‌های سوء نامناسب بودن فشار باد، بروز حوادث رانندگی‌ست. پژوهش‌های جامع NHTSA مشخص کرده است که وقتی تایر به‌شدت کم‌باد باشد، احتمال اینکه دلیل وقوع تصادف عیب تایر باشد، ۳ برابر زمانی‌ست که فشار باد مناسب است. همچنین اثبات شده است که احتمال بروز حادثه با میزان کم‌باد بودن رابطه‌ی مستقیم دارد [۷].

سرعت از دست دادن فشار باد تایر (IPLR)[2] در هر زمان از عمر تایر با سطح خلوص باد نیتروژن در آن زمان رابطه‌ی خطی منفی دارد. هرچه خلوص نیتروژن در تایر افزایش یابد IPLR کاهش می‌یابد. دلیل این موضوع، نفوذپذیری کمتر نیتروژن (نسبت به اکسیژن) در لایه‌های تایر است [۲].

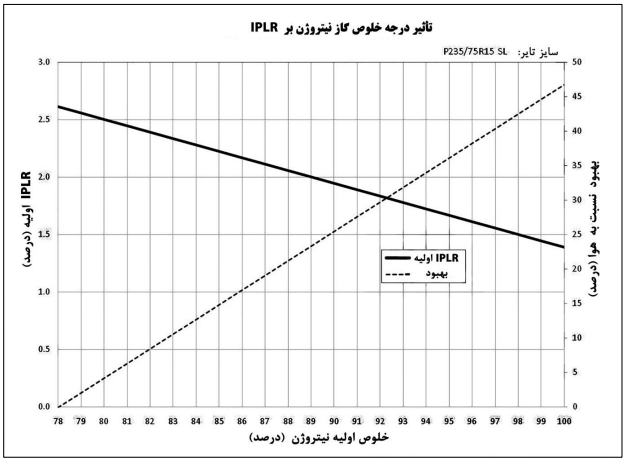
کاهش سرعت از دست دادن فشار باد نیتروژن نسبت به هوای فشرده، در پژوهش‌های تحت کنترل آزمایشگاهی به اثبات رسیده است.

پژوهش‌های زیر نمونه‌هایی از این موارد است:

در سال ۲۰۰۷، سازمان NHTSA تأثیر باد نیتروژن بر عملکرد تایر را بررسی کرد و نتیجه گرفت که سرعت از دست دادن فشار باد (IPLR) با افزایش درجه‌ی خلوص نیتروژن کاهش می‌یابد. نمودار (۴) این ارتباط را نشان می‌دهد [۳].

پس از آن Daws اثبات کرد که با استفاده از باد نیتروژن، نرخ از دست دادن فشار باد حدود ۳۰٪ نسبت به هوای فشرده کاهش می‌یابد. این بهبود به‌مرور زمان کاهش می‌یابد و پس از گذشت ۶ سال، دیگر محسوس نیست [۴].

انجام پژوهش‌های عملی در این زمینه با مشکلات خاصی از قبیل متغیر بودن پارامترهای محیطی، شرایط نگهداری و استفاده از تایر و ... روبه‌رو است. هرچند به‌صورت محدود پژوهش‌هایی در این زمینه انجام شده است، اما سنجش اعتبار آن‌ها نشان می‌دهد که هیچ یک نمی‌تواند مورد استناد قرار بگیرد.



نمودار ۴- تأثیر درجه‌ی خلوص گاز نیتروژن بر سرعت ازدست دادن فشار باد تایر

خلوص موردنیاز باد نیتروژن در تایر

خلوص اولیه‌ی نیتروژن در تایر به دو عامل بستگی دارد:

۱- خلوص نیتروژن در منبع تولیدی

۲- تعداد مراحل باد زدن تایر

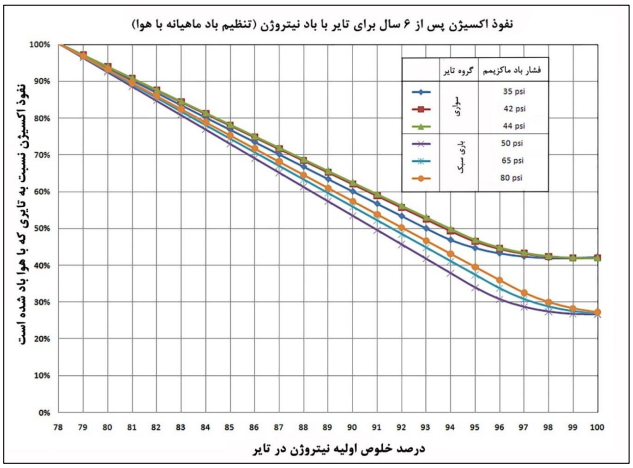
برای رسیدن به باد نیتروژن با خلوص بالاتر، علاوه بر بالا بودن خلوص نیتروژن در منبع تولید آن، باید تعداد مراحل باد زدن تایر نیز افزایش یابد.

تعداد مراحل باد زدن به فشار باد ماکزیمم (که روی دیواره‌ی تایر حک شده است) بستگی دارد. اگر فشار باد ماکزیمم زیاد باشد، می‌توان با تعداد مراحل کمتری به باد نیتروژن با خلوص بالا دست‌یافت. اما اگر فشار باد ماکزیمم پایین باشد، در این صورت در هر مرحله باد زدن نمی‌توان حجم زیادی نیتروژن وارد تایر کرد و در نتیجه برای اینکه هوای داخل تایر کاملاً تخلیه شود، باید تعداد مراحل باد زدن افزایش یابد.

1. Department of Energy
2. Inflation Pressure Loss Rate

همین دو عامل است که هزینه‌ی استفاده از باد نیتروژن را تعیین می‌کند. بنابراین استفاده از باد نیتروژن با خلوص بالا مستلزم صرف هزینه‌ی بیشتر است و این پرسش مطرح می‌شود که خلوص بهینه‌ی باد نیتروژن چه قدر باید باشد تا هم‌زمان با بهره‌گیری از منافع آن، هزینه‌ی استفاده از آن نیز کم شود.

برای یافتن پاسخ این پرسش، Daws آزمایش‌هایی را روی چند تایر سواری در سایز P235/75R15 و چند تایر باری سبک در سایز LT245/75R16 که فشار باد ماکزیمم آن‌ها متفاوت است، انجام داد. در این آزمایش‌ها درجه‌ی خلوص نیتروژن در تایرها از ۷۸٪ تا ۱۰۰٪ متفاوت بود و پس از یک دوره‌ی ۶ ساله، میزان نفوذ اکسیژن در لایه‌های تایر اندازه‌گیری شد. نمودار (۵) نتیجه‌های این پژوهش را نشان می‌دهد.



نمودار ۵- مقایسه‌ی میزان نفوذ اکسیژن در درجات متفاوت خلوص نیتروژن برای چند نوع تایر

همان‌طور که در نمودار مشخص است، هرچه خلوص اولیه‌ی نیتروژن از ۷۸٪ افزایش پیدا می‌کند، نفوذ اکسیژن در تایر کم می‌شود تا جایی که خلوص آن برای تایرهای سواری به حدود ۹۳٪ و برای تایرهای باری سبک به حدود ۹۶٪ برسد. اگر خلوص نیتروژن از این مقادیر بیشتر شود، هیچ کاهش محسوسی در میزان نفوذ اکسیژن در تایر رخ نمی‌دهد [۳].

چنان‌که اشاره شد، مقدار نفوذ اکسیژن در تایر بر دو عامل میزان اکسیداسیون لایه‌های تایر و سرعت از دست دادن فشار باد تایر تأثیرگذار است.

Ellwood Buere و Baldwin از شرکت Ford Motor نیز در سال ۲۰۰۴ همین نتیجه‌ها را اثبات کردند. آن‌ها آزمون‌های خود را روی تایرهای شرکت گودیر برای سایز LT245/75R16 انجام دادند. گروه اول تایرها با مخلوط ۵۰٪ اکسیژن و ۵۰٪ نیتروژن باد شدند، گروه دوم تایرها با نیتروژن با خلوص ۹۶٪ و گروه سوم با نیتروژن ۹۹،۹٪. تایرها به مدت ۳ تا ۱۲ هفته تحت آزمایش قرار گرفتند و نتیجه‌های زیر به‌دست آمد:

هنگامی‌که تایر با نیتروژن باد می‌شود میزان اکسیداسیون و تغییر خواص لاستیک به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، اما بین نیتروژن با خلوص ۹۶٪ و ۹۹،۹٪ تغییر محسوسی در خواص مشاهده نمی‌شود [۱].

پس از آن در سال ۲۰۰۶، Herzlich و Karmarker در مورد تأثیر باد نیتروژن بر خواص تایر پژوهش‌هایی انجام دادند و اعلام کردند که افزایش خلوص نیتروژن به بیشتر از ۹۵٪ تأثیر خاصی بر تغییر خواص تایر و افزایش عمر آن نخواهد داشت [۲].

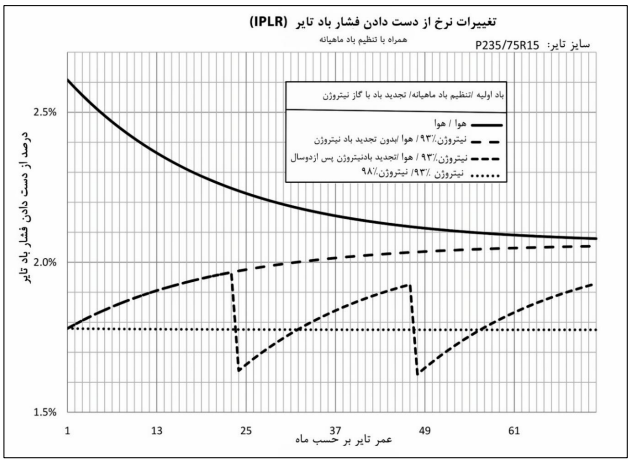
الگوی بهینه‌ی استفاده از باد نیتروژن

فرض کنید تایری با هوا باد شده باشد. نفوذپذیری مولکول اکسیژن (O_2) در تایر، سه برابر مولکول نیتروژن (N_2) است. در عوض فشار جزئی گاز نیتروژن در هوا، سه برابر اکسیژن است. این دو مسأله یکدیگر را خنثی می‌کنند و درنتیجه پس از باد شدن اولیه‌ی تایر با هوا، تعداد مولکول‌های نیتروژن و اکسیژن که در لایه‌های تایر نفوذ می‌کند، تقریباً مساوی خواهد بود. ۷۸٪ از حجم هوا را نیتروژن و ۲۱٪ آن را اکسیژن

تشکیل می‌دهد، بنابراین تعداد مول‌های نیتروژن بیشتر از اکسیژن است و چون تعداد مولکول‌هایی که در لایه‌های تایر نفوذ می‌کنند مساوی ست، در نتیجه به‌تدریج درصد نیتروژن در هوای داخل تایر افزایش می‌یابد [۲].

بنابراین در تایری که با هوا باد می‌شود در طی زمان، خلوص نیتروژن افزایش می‌یابد و با توجه به این‌که درجه‌ی خلوص نیتروژن با سرعت از دست دادن فشار باد (IPLR) رابطه‌ی مستقیم دارد، در نتیجه IPLR خودبه‌خود کاهش خواهد یافت.

نمودار (۶) تغییرات سرعت از دست دادن فشار باد را در دوره‌ی ۶ ساله و در شرایط مختلف برای یک تایر سایز P235/75 R15 نشان می‌دهد. در سایر سایزها نیز الگوی مشابهی برای نوسان‌های فشار باد (IPLR) وجود دارد.



نمودار ۶- الگوی نرخ از دست دادن فشار باد در مدت عمر مفید تایر برای حالت‌های مختلف

همان‌طور که در نمودار مشخص شده است، برای تایری که با هوا باد می‌شود نرخ از دست دادن فشار باد ۲،۶٪ است. با گذشت زمان، در صد نیتروژن موجود در هوا به‌تدریج افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت از دست دادن فشار باد کم می‌شود تا در پایان دوره‌ی ۶ ساله به حدود ۲،۱٪ برسد.

اگر تایر با نیتروژن ۹۳٪ باد شود و تنظیم باد ماهانه‌ی آن با هوا انجام شود، به‌تدریج IPLR افزایش می‌یابد تا پس از ۶ سال از ۱،۸٪ به حدود ۲،۱٪ برسد.

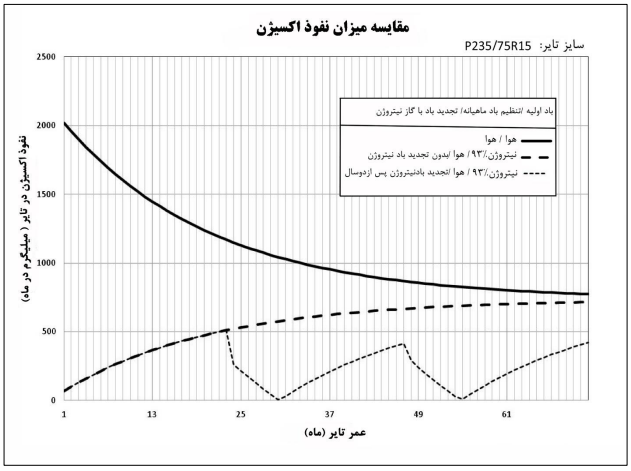
در حالتی که تایر با نیتروژن با خلوص ۹۳٪ باد شود و در هرماه میزان کاهش فشار باد آن با نیتروژن جبران شود، میزان IPLR در مرز ۱،۸٪ ثابت می‌ماند.

حالت چهارم، تایری است که با نیتروژن باد شده و تنظیم باد ماهانه‌ی آن با هوا انجام شود، اما هر دو سال یکبار، هوای داخل تایر کاملاً تخلیه شده و دوباره با نیتروژن با خلوص بالا باد شود. در مورد این تایر، IPLR پس از هر دو سال به نحو چشمگیری کاهش داشته و به حدود ۱،۶٪ می‌رسد.

همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد، مقدار متوسط IPLR برای تایری که در ابتدا با نیتروژن باد شده و هرماه کاهش فشار باد آن نیز با نیتروژن جبران شود، تقریباً مساوی تایری‌ست که در ابتدا با نیتروژن باد شده و تنظیم فشار باد آن با هوا انجام شود، اما پس از گذشت دو سال، باد آن با نیتروژن تجدید شود [۲].

نکته‌ی شایان توجه این است که عدم کاهش IPLR زمانی یک مزیت محسوب می‌شود که راننده اطمینان حاصل کند فشار باد تایر از طریق دیگری (والو، سروالو و...) نشتی ندارد. از طرفی حتی در صورت استفاده از باد نیتروژن، باز هم باید تنظیم باد تایر به‌صورت ماهانه انجام شود و چشم‌پوشی از آن، نتیجه‌های سوء کم‌بادی تایر (از قبیل فرسایش سریع آج، کاهش عمر مفید، افزایش مصرف سوخت، خطر ترکیدگی تایر و...) را در پی خواهد داشت [۵].

در مورد میزان نفوذ اکسیژن در تایر نیز الگویی مشابه الگوی سرعت از دست دادن فشار باد تایر وجود دارد. نمودار (۷) این موضوع را نشان می‌دهد [۲].



نمودار ۷- الگوی نفوذ اکسیژن در مدت عمر مفید تایر برای حالت‌های مختلف

این موضوع به لحاظ کاربردی اهمیت زیادی دارد. در صورت استفاده از گاز نیتروژن و تنظیم ماهانه‌ی باد با هوا و تجدید آن هر دوسال یکبار، از یک طرف هزینه‌های استفاده از این گاز کاهش پیدا می‌کند و از سوی دیگر نیازی نیست راننده در هر بار تنظیم باد به خدمات باد نیتروژن دسترسی داشته باشد، به این ترتیب کمبود مراکز ارائه‌دهنده‌ی این سرویس به‌عنوان یک محدودیت محسوب نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

۱. اگر میزان مسافت طی شده در سال برای تایر کم باشد و در نتیجه فرسایش آج آن به‌کندی انجام شود، استفاده از باد نیتروژن ضرورت بیشتری خواهد داشت، زیرا تایر این‌قدر عمر می‌کند که در صورت باد زدن با هوا، لایه‌های داخلی آن اکسید شود. برعکس در مورد تایر خودروهایی که تردد آن‌ها زیاد است، پیش از اکسیداسیون لایه‌ها، آج تایر فرسوده خواهد شد. بنابراین استفاده از باد نیتروژن هیچ مزیتی نخواهد داشت و باعث افزایش عمر مفید تایر نخواهد شد.

به‌عنوان مثال برای تاکسی‌ها، استفاده از باد نیتروژن مزیتی نخواهد داشت. برعکس، تایرهای زاپاس به علت این‌که عمر استفاده از آن‌ها بیشتر است و معمولاً در دماهای بالاتری نسبت به محیط اطراف قرار دارند، باید با نیتروژن باد شود.

۲. با توجه به تأثیرگذاری دمای هوا و میزان رطوبت محیط بر سرعت اکسیداسیون، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در مناطق گرمسیر به‌ویژه با رطوبت بالا، مزیت استفاده از باد نیتروژن در تایر بیشتر از مناطق سردسیر خواهد بود (درصورتی‌که طبق مورد (۱)، مدت‌زمان استفاده از تایر نیز زیاد باشد).

۳. در خودروهای باری، تایر تحت‌فشار بار قرار دارد. در این نوع تایرها، کهنه شدن و فرسودگی تایر در اثر کارکرد (که به آن خستگی مکانیکی گفته می‌شود) بیشتر از تخریب اکسایشی تایر است. به‌علاوه به علت کارکرد زیاد، فرسایش آج نیز سریع‌تر خواهد بود. به همین دلیل، استفاده از باد نیتروژن در این گروه از تایرها مزیتی در بر نخواهد داشت.

۴. به‌منظور بهره‌گیری از مزایای باد نیتروژن، خلوص موردنیاز آن برای تایرهای سواری ۹۳٪ و برای تایرهای باری سبک حدود ۹۶٪ است. اگر خلوص نیتروژن از این مقادیر بیشتر شود، هیچ کاهش محسوسی در میزان نفوذ اکسیژن در لایه‌های تایر و در نتیجه کاهش اکسیداسیون لایه‌ها یا کاهش نرخ از دست دادن فشار باد رخ نمی‌دهد. بنابراین هرگز لازم نیست برای استفاده از باد نیتروژن با درجه‌ی خلوص بالاتر از مقادیر گفته‌شده، هزینه‌ی بیشتری پرداخت کرد.

۵. اگر تایری با نیتروژن باد شود، تنظیم باد ماهانه آن می‌تواند با هوا انجام شود و به این ترتیب عدم دسترسی به باد نیتروژن در تمام مکان‌ها، یک عامل محدودکننده برای استفاده از آن محسوب نمی‌شود. البته

در این صورت باید هر دو سال یکبار، باد تایر تخلیه شده و با نیتروژن تجدید شود. در واقع اگر تایری که در ابتدا با نیتروژن باد شده است، به مدت دو سال با هوا تنظیم باد شود و پس از دو سال باد تایر، تخلیه شده و با نیتروژن تجدید شود، مقدار متوسط کاهش از دست دادن فشار باد و میزان نفوذ اکسیژن در لایه‌های آن تقریباً مساوی حالتی‌ست که تایر با نیتروژن باد شده و تنظیم باد ماهانه‌ی آن نیز با نیتروژن انجام شود.

۶. تمامی سازندگان تایر و انجمن‌های صاحب‌نظر، به‌اتفاق اعلام کرده‌اند که بدون در نظر گرفتن این موضوع که تایر با نیتروژن باد شده است یا با هوا، باید تنظیم باد تایر، حداقل یکبار در هرماه انجام شود *IRM*

مراجع

1. Baldwin, J. M., Bauer, D. R., & Ellwood, K. R. (2004). Effects of Nitrogen Inflation on Tire Aging and Performance. Meeting of the Rubber Division. MI: American Chemical Society Grand Rapids.
2. Daws, J. W. (2010). Nitrogen Inflation for Passenger Car and Light Truck Tires. Meeting Of Tire Society. Akron,OH.
3. Daws, J. W. (2010). Practical Aspects of Nitrogen Tire Inflation. International Tire Exhibition and Conference. Cleveland,OH.
4. Daws, J. W. (2012). Nitrogen Tire Inflation: When Does the Tire Really Need it? International Tire Exhibition and Conference. Clevend,OH.
5. Good Year Company. Tire Inflation. In Radial Truck Tire And Retread Service Manual (pp. 37-42).
6. NHTSA. (2005). 12 & 15 Passenger Vans Tire Pressure Study. Washington: US Department of Transportation,HS 809 846.
7. NHTSA. (2012). Tire-Related Factors in the Pre-Crash Phase. Washington: US Department of Transportation,HS 811 617.
8. Road Safety Solutions. (2009). The Role of Tire Pressure in Vehicle Safety, Injury and Environment. ACN 062 341 262.
9. Rubber Association of Canada. (2014). Inflating Your Tire With Nitrogen. Retrieved from Be Tire Smart.Ca: http://www.betiresmart.ca
10. Sperberg, L. R. (1996). Million Mile Truck Tires – Available Today. El Paso,Texas: Probe Forensic and Testing Laboratory.
11. United States Government Accountability Office. (2007). Underinflated Tires in the United States. Washington: GAO-07-246-R.

اگر پایه‌ی ارتباط کارکنان در سازمان‌های کسب‌وکار «کار، هدف جمعی، کارکردها و پیشرفت جمع» نباشد، ارادت جای مهارت را می‌گیرد و افراد به واسطه‌ی چاکری منصوب می‌شوند، نه براساس توانایی و تخصص.

محمود سریع‌القلم - استاد دانشگاه

The Advantages of Nitrogen Inflation for on-Road Tires

Z. Mansouri*

Expert of Industrial Engineering Department In Dena Tire and Rubber Mfg.Co

*Corresponding author Email: mansouri.dena@gmail.com

Recieved: May 2017, Accepted: July 2017

Abstract: The advantages of nitrogen inflation in passenger cars, light trucks, truck and buses as follows reduction of tire oxidation and inflation pressure loss rate.

In this paper, based on laboratory research and practical tests, the effect of nitrogen on this factors has been proven.

In the following, two important applicable points include the purity of nitrogen required in tire and optimal pattern of consumption are listed.

In some cases, these points can justify higher cost of using nitrogen rather than compressed air and eliminate the lack of access to it in all positions, as a negative factor.

Keywords: Tire inflation pressure, Nitrogen, Compressed air, Tire oxidation, Inflation pressure loss rate.