

# بررسی اثر جهت مونتاژ نوار نایلونی صفر درجه بر مؤلفه‌های یکنواختی تایر

محمد وظیفه‌شناس درمیان<sup>1</sup>، حمیدرضا گنجی<sup>2</sup>، حمیدرضا صادق<sup>3</sup>

<sup>1</sup> کارشناس تکنولوژی شرکت کویر تایر، <sup>2</sup> مدیر ساخت تایر شرکت کویر تایر، <sup>3</sup> تکنسین تکنولوژی شرکت کویر تایر  
m.vazifeshenas@gmail.com

## چکیده:

در سال‌های اخیر تحولات در صنعت خودروسازی منجر به تولید خودروهایی با سرعت‌بالا گردیده است که این امر تقویت ساختار و ارتقای کیفیت عملکرد تایر را به دنبال داشته است. یکی از چالش‌های فرا روی مهندسين صنايع تيرسازي تقويت ناحيه شانه تير به منظور تحمل سرعت‌های بالا و غلبه بر حرارت تولیدشده در ناحیه شانه تایر بوده است. مهندسين توانستند با افزودن يك‌لايه نايلون اين مشكل را حل كنند و با گذر زمان با ورود نوار نايلون كارايي اين لايه افزايش يافت. هدف از اين پژوهش بررسي اثر جهت مونتاژ نوار نايلونی بر مؤلفه‌های یکنواختی تایر است. روش تحقیق بدین ترتیب است که آزمایشی بر اساس تفاوت مونتاژ نوار نایلون از چپ به راست و از راست به چپ در یک طرح و سایز یکسان با شرایط و ماشین‌آلات مونتاژ و پخت یکسان طراحی و اجرا شد. سپس مؤلفه‌های یکنواختی تایرها اندازه‌گیری گردید. بانک اطلاعات به‌دست‌آمده در نرم‌افزار اکسل تشکیل و تحلیل آزمایش با استفاده از نرم‌افزار مینی تب انجام شد. تحلیل نتایج حاکی از تفاوت وجود معناداری بین مؤلفه‌های یکنواختی از راست به چپ با از چپ به راست است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد به نظر می‌رسد قابلیت فرآیند مونتاژ از چپ به راست برای این تایر و ماشین بهتر است.

**واژگان کلیدی:** نوار نایلون، تکنیک طراحی آزمایش‌ها، نوسان نیروی شعاعی، نوسان نیروی عرضی، مخروط وارگی، فرمان کشی

**محور مقاله:** ماشین‌آلات و تجهیزات برای تولید تایرهای با عملکرد بهبودیافته

## مقدمه:

دهه 1960 دهه تغییر در صنعت تایر بود. تایرهای بدون نیوب جایگزین تایرهای قدیمی شدند و تایرهای رادیال جایگزین تایرهای بایاس شدند. زمان تغییر در خودروسازان برای تولید خودروهای سریع‌تر و قدرتمندتر قرارسید. تایرهای رادیال در سرعت‌های بالا دچار مشکل می‌شدند و ناحیه شولدر دمای آن بالا می‌رفت. مهندسين تير اين مشكل را با كشيده يك‌لايه نايلون درروي بلت<sup>1</sup> حل كردند. یکی از قسمت‌های اصلی تایر پیش از مونتاژ مجموعه بلت‌ها و رویه<sup>2</sup> است. این مجموعه شامل حداقل دو بلت و یک لایه نایلون به‌صورت یک‌تکه<sup>3</sup> یا نوار<sup>4</sup> و یک رویه است. تایر در زمان سرویس تحرکات لبه‌های بلت در تایر تنش‌هایی را به لاستیک وارد می‌کند و در این محل حرارت ایجاد می‌کند. یک هدف از وجود نوار در این مجموعه، کاهش تحرکات لبه بلت‌ها در هنگام سرویس است [1]. با ارتقا تکنولوژی لایه نایلون به نوار نایلون ارتقا پیدا کرد و در نهایت برای همه تایرها در رده‌های H و V استفاده شد و برای اولین بار تجهیزات موردنیاز نیز در فرانسه، انگلستان و ایالات‌متحده آمریکا و همچنین آلمان و ژاپن تولید شد [2].

در شکل یک قسمت‌های مختلف تایر ملاحظه می‌شود. وجود این بخش‌ها در تایر و مونتاژ هر قسمت شرایطی را پیش می‌آورد که ساخت یک تایر کاملاً یکنواخت را غیرممکن کرده است، زیرا در هر مرحله از ساخت، نوسان‌هایی وجود دارد. تنها کنترل

دقیق تمامی فرآیندهای تولید مواد و اجزای سازنده تایر می‌تواند نقص‌های اجتناب-ناپذیری را که بر یکنواختی تایر تأثیر می‌گذارد، به کمترین میزان برساند [4].

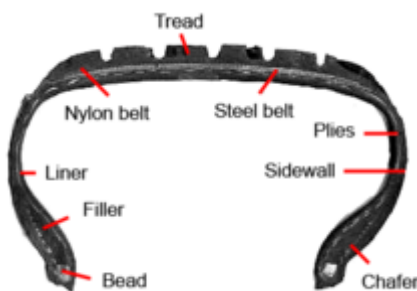
دستگاه اندازه‌گیری یکنواختی تایر، نوسانات نیروی شعاعی و جانبی و نوسانات ابعادی شعاعی و جانبی را اندازه‌گیری می‌کند. گشتاور و نیروی زاویه‌ای در این دستگاه بررسی نمی‌شود. تایرهای غیریکنواخت به سه دسته تقسیم می‌شوند: نایکنواختی ابعادی، نوسانات

<sup>1</sup> Belt

<sup>2</sup> Tread

<sup>3</sup> Cap Ply

<sup>4</sup> Joint less Band (JLB)



شکل 1 بخش‌های مختلف تایر رادیال [3]

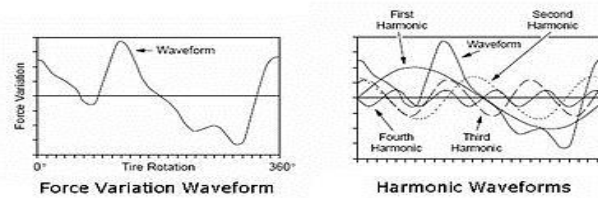
نیروی و در آخر نا بالانس می‌شود. نوسانات نیروی عمودی بین تایر و جاده زمانی ایجاد می‌شود که تایر کاملاً در جهت شعاعی یکنواخت و دایره‌ای نباشد که خودرو یک پیک دوره‌ای تنشی را احساس خواهد کرد که به این غیریکنواختی نوسانات نیروی شعاعی گفته می‌شود. نوسانات نیروی جانبی شامل تمایل تایر به کشش به سمت جانبی آن است. این نوسانات به دلیل مونتاژ بلت به صورت کج یا دارای نوسان عرضی ایجاد می‌شود. مخروط‌وارگی عبارت است از اینکه غلطش تایر مانند غلطش یک مخروط باشد تا غلطش یک استوانه. یکی از دلایل اصلی این موضوع مربوط به خارج از مرکز مونتاژ شدن ترد یا بلت‌ها است (شکل 2) [5، 6 و 7].



نوسانات نیرو شامل یک موج پیچیده است که از ترکیب هارمونیک چند موج ایجاد شده است. این هارمونیک‌ها در قالب سری فوریه توضیح داده می‌شود و یک موج را شکل می‌دهند. هارمونیک اول مقدار نوسانات نیروی را مشخص می‌کند که در هر گردش تایر یک دوره تناوب دارد. هارمونیک دوم نوسان نیروی است که در یک چرخش تایر دو تناوب دارد و به همین ترتیب باقی نوسانات نیروی هارمونیک‌های بعدی را شکل می‌دهند.

شکل 2: جهت نیروهای نوسانی وارد بر تایر [3]

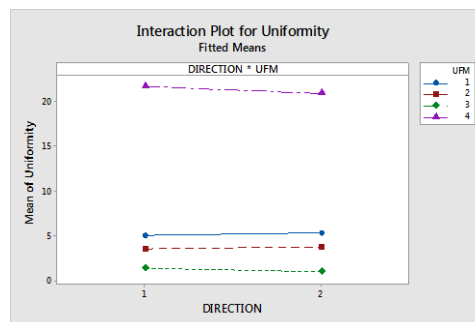
اغلب اوقات این هارمونیک‌ها علت‌هایی را نشان می‌دهند و می‌توانند در تشخیص مشکلات تولید استفاده شوند (شکل 3) [3].



شکل 3: هارمونیک‌های موج (سمت راست) و شکل موج نوسانات نیرو (سمت راست)

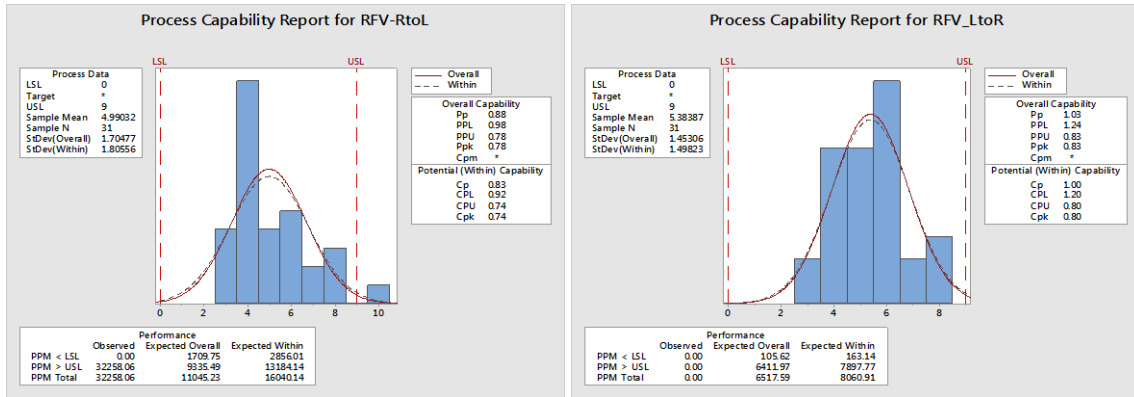
## بخش تجربی: [www.eximcoiran.ir](http://www.eximcoiran.ir) روش آزمایش

در این مقاله از تکنیک طراحی آزمایش‌ها (DOE<sup>5</sup>) استفاده شده است تکنیک طراحی آزمایش‌ها یکی از تکنیک‌های بهبود کیفیت است که در دهه‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۸۰ به عنوان یک مزیت رقابتی در کشورهای غربی و ژاپن مطرح شد. برای بررسی جهت پیچیدن نوار نایلون دو حالت راست به چپ و چپ به راست وجود دارد که به ترتیب حالت‌های 1 و 2 نام‌گذاری شدند. در این آزمایش مولفه‌های یکنواختی تایر اعم از نوسانات شعاعی نیرو، نوسانات جانبی نیرو و مخروط‌وارگی و فرمان‌کشی به ترتیب حالت‌های 1 تا 4 نام‌گذاری شدند. تایرهای تولیدی در زمان مشخص و توسط اپراتور و نیم ساخته‌های یکسان تولید و در شرایط یکسان در شرکت کویر تایر پخت گردید و اندازه‌گیری یکنواختی با دستگاه کوکوسای شرکت کویر تایر انجام شد. بانک اطلاعات در نرم‌افزار اکسل 2013 شکل گرفت و تحلیل تکنیک طراحی آزمایش‌ها و قابلیت فرآیند در نرم‌افزار مینی تب ویرایش 17 انجام شد که نتایج تحلیل تکنیک طراحی آزمایش‌ها در نمودار 1 ملاحظه می‌شود.

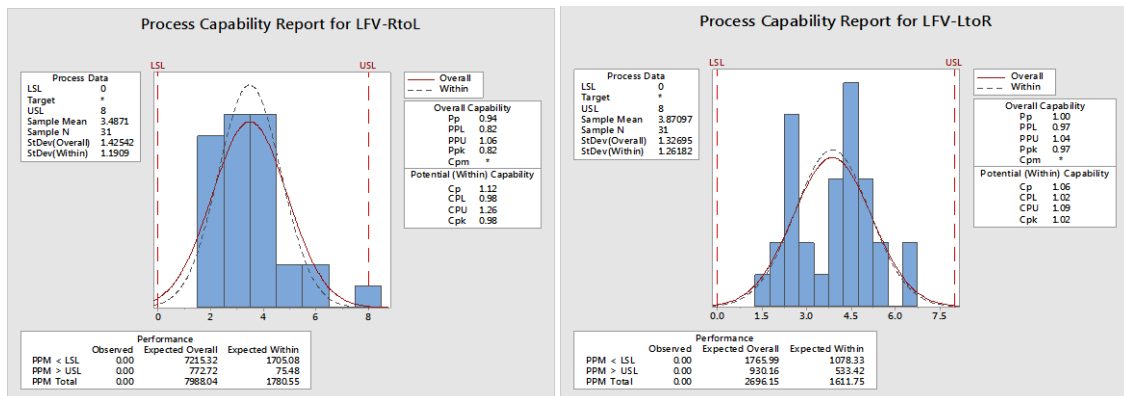


نمودار 1: تحلیل تکنیک طراحی آزمایش‌ها برای دو حالت از راست به چپ (1) و چپ به راست (2)، نوسان نیروی شعاعی (1)، نوسان نیروی جانبی (2)، مخروط‌وارگی (3) و فرمان‌کشی (4)

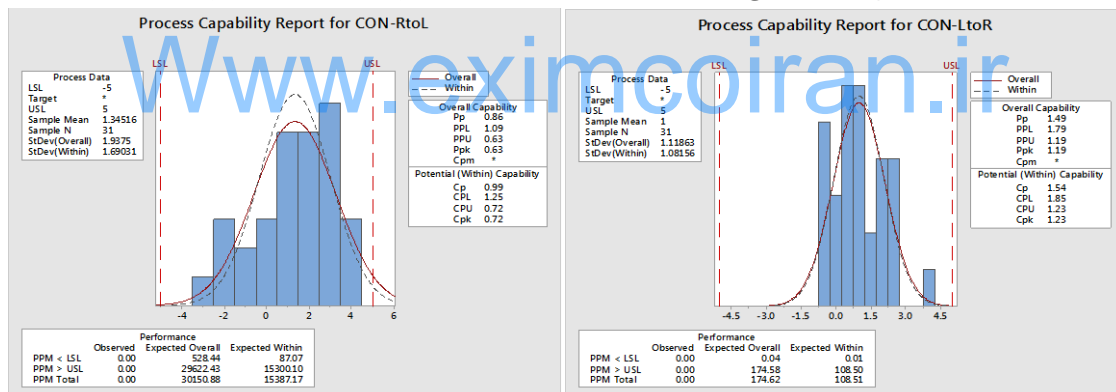
نتایج حاصل از بررسی قابلیت دو فرایند از چپ به راست و از راست به چپ بر مولفه های یونیفرمیتی در نمودار 2 تا 5 ملاحظه می شود.



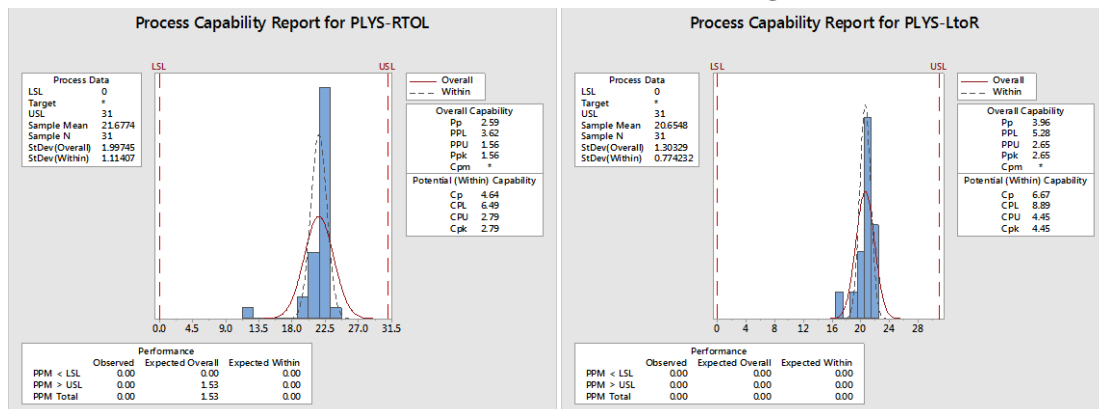
نمودار 2 نوسان نیروی شعاعی از راست به چپ (سمت راست) و از چپ به راست (سمت چپ)



نمودار 3: نوسان نیروی عرضی از راست به چپ (سمت راست) و از چپ به راست (سمت چپ)



نمودار 4: مخروط وارگی از راست به چپ (سمت راست) و از چپ به راست (سمت چپ)



نمودار 5 از راست به چپ (سمت راست) و از چپ به راست (سمت چپ)

## بحث و نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج تحلیل نمودار 1 می‌توان نتیجه گرفت جهت مونتاژ نوار نایلون بر مؤلفه‌های یونیفرمیتی تأثیر دارد و خطوط نمودار دارای شیب کمی هستند که میانگین نوسان نیروی شعاعی و نوسان نیروی جانبی در حالت راست به چپ کمتر و فرمان کشی و مخروطوارگی بیشتر است. برای بررسی بیشتر به نمودارهای قابلیت رجوع می‌شود. در نمودار 2 در خصوص نوسان نیروی شعاعی علی‌رغم اینکه میانگین از راست به چپ برابر  $4/9$  و چپ به راست برابر  $5/3$  است و اختلاف معناداری دارند اما چپ به راست دارای  $Cpk$  بزرگ‌تر و انحراف معیار کمتری است و نمودار آن نیز به نرمال نزدیک تر است. در نمودار 3 در خصوص نوسان نیروی عرضی علی‌رغم اینکه میانگین از راست به چپ برابر  $3/4$  و چپ به راست برابر  $3/8$  است و اختلاف معناداری دارند اما چپ به راست دارای  $Cpk$  بزرگتری است و نمودار آن نیز به نرمال نزدیک تر است. در نمودار 4 در خصوص مخروطوارگی میانگین از راست به چپ برابر  $1/3$  و چپ به راست برابر 1 است و اختلاف معناداری دارند همچنین چپ به راست دارای  $Cpk$  بزرگتر و انحراف معیار کمتری است و نمودار آن نیز به نرمال نزدیک تر است. در نمودار 5 در خصوص فرمان کشی میانگین از راست به چپ برابر  $21/6$  و چپ به راست برابر  $20/6$  است و اختلاف معناداری دارند.  $Cpk$  در هر دو حالت بیشتر از  $1/33$  است و در چپ به راست بزرگتر و دارای انحراف معیار کمتری است و نمودار آن نیز به نرمال نزدیک تر است. برای تعداد خارج از کران بالا و پایین در تعداد میلیون تیر تولیدی نیز در مجموع حالت از چپ به راست وضعیت بهتری دارد.

اما توضیح آنکه، علت این تأثیر را می‌توان در دو عامل بررسی نمود. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه مونتاژ به صورت یک نوار صورت می‌گیرد و ابتدای نوار از انتهای نوار محکم‌تر و با توجه به وجود تفاوت در انبساط بلادر در پایین پرس و بالای پرس، زمانی که ابتدای نوار در سمت بالای پرس قرار گیرد بسط بیشتری نسبت به زمانی که انتهای آن در بالای پرس قرار می‌گیرد دارد. همچنین با توجه به پیچش نوار روی بلت‌ها نخ دارای زاویه اندکی می‌شود که این زاویه و ارتباط تنگاتنگ آن با سیم‌های زاویه‌دار اندرکنش‌های نیروی زاویه‌داری را ایجاد می‌کند و همچنین مکانیسم پیچش نخ زاویه سیم‌های بلت بالایی را بنا به جهت پیچش می‌تواند کم‌وزیاد کند.

## مراجع:

- [1] D. Osborne. "The Role of Cap Plies in Steel Belted Radial Tires", personal site 2003
- [2] R. A. Ridha, M. Thvase. "Advances in Tyre Mechanics" Rapra Review Reports, Expert overviews covering the science and technology of rubber and plastics, Volume 7, Number 5, 1994
- [3] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [4] خودکار، فاطمه. روشنایی، حسین. (1397) «بررسی عامل‌های مؤثر بر یکنواختی تیر» نشریه صنعت لاستیک ایران، علمی-ترویجی. سال 22 شماره 89 بهار
- [5] J. Suffeleers. "Tyre non-uniformities and their effect on chassis vibrations" PHD Thesis. Technische Universiteit Eindhoven, Department Mechanical Engineering, Dynamics and Control Group, Eindhoven, October, 2010
- [6] G. Bhadauria, A. Bangar. "Analysis of "Variation in Non-Uniformity with Run out Temperature of Tyre Using Taguchi Parametric Optimization Technique". International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) Vol. 3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp.2104-2108
- [7] A. G. Gent, J. D. Walter. "The Pneumatic Tire" U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2006