

مقاومت غلتشی و صرفه‌جویی مصرف سوخت

Rolling resistance and fuel savings

چکیده:

مصرف انرژی در خودرو باعث حرکت چرخ‌ها و خودرو می‌شود. در حالی‌که چرخ‌ها حرکت می‌کند، تایر تحت تاثیر نیروی وزن خودرو تغییر شکل پیدا کرده و سطح تماس با جاده را به‌وجود می‌آورد. تمام نیروهای مورد نیاز برای شتاب‌گیری، ترمزگیری و حرکت پیچشی (جانبی) خودرو از طریق این سطح تماس به جاده منتقل می‌شود. تغییر شکل تایر در سطح تماس باعث جذب ناهمواری‌های جاده نیز می‌شود. این تغییر شکل در ناحیه‌ی تماس، از قابلیت‌های تایر است که هم زمین چسبی تایر و هم راحتی سرنشین را فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مقاومت غلتشی

منبع: میشلن

نوع مقاله: ترجمه

فریبرز تاج‌دینی

* عهده دار مکاتبات:

tajdinifariborz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲

مقدمه

ویسکوالاستیسیته: منشأ مقاومت

غلتشی

آمیخته‌های لاستیکی تایر دارای خواص ویسکوالاستیک هستند. بنابراین وقتی که

تغییر شکل پیدا می‌کنند، انرژی را به شکل حرارت تلف می‌کنند. ویسکوالاستیسیته

منشأ پیدایش زمین چسبی یک تایر است ولی اتلاف انرژی به‌صورت حرارتی نیز منشأ پیدایش مقاومت غلتشی است.

صرفه‌جویی و حفاظت محیط زیست

مقاومت غلتشی تایر بر مصرف سوخت خودرو تأثیرگذار است، به همان شکل که

پدیده‌های طبیعی مثل باد، شیب جاده و

اینرسی خودرو تأثیر گذار است و برای حرکت باید بر آن‌ها غلبه کنیم. کاهش

مقاومت غلتشی، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و به حفظ محیط زیست کمک می‌کند.

کاهش مصرف سوخت خودرو به معنی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی

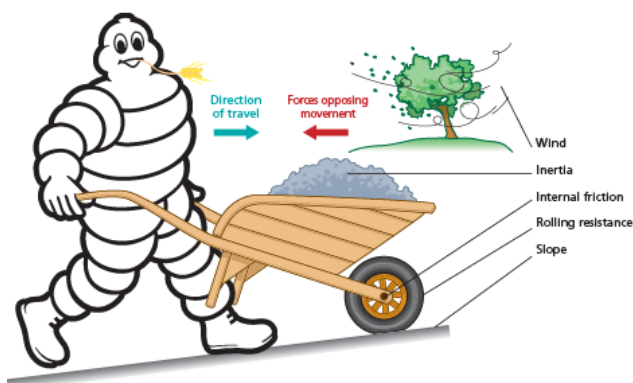
و انتشار کمتر گازها به جو زمین است، ضمن این‌که هزینه‌ی هر کیلومتر کارکرد خودرو را کاهش می‌دهد. مقاومت غلتشی

تایرها نسبت به تایرهای بادی اولیه با نسبت ۱/۳ کاهش یافته است. ضریب

مقاومت غلتشی تایرها در سال ۱۸۹۵ معادل ۲۵ کیلوگرم بر تن بوده است،

مقدمه‌ی در رابطه با مقاومت غلتشی

برای آن که چیزی را جابه‌جا کنیم باید نیرو وارد کنیم و بنابراین انرژی صرف کنیم. در خودروهای مکانیکی مصرف انرژی از طریق مصرف سوخت انجام می‌شود. اجازه دهید مثال ساده‌ی را در نظر بگیریم. برای آن‌که یک گاری دستی را به سمت جلو حرکت دهیم باید نیرو وارد کنیم، به عبارت دیگر باید تلاش کنیم. اگر بار گاری سنگین‌تر باشد یا اگر بخواهیم گاری را در مسیر شیب‌دار به سمت بالا حرکت بدهیم یا اگر بخواهیم گاری را در مقابل جریان هوا حرکت بدهیم یا اگر تویی چرخ روغن‌کاری نشده باشد، باید تلاش بیشتری شود تا گاری را به حرکت درآوریم.



ما با چهار نیرویی که در مقابل حرکت خودرو مقاومت می‌کنند آشنا هستیم:

- نیروهای اینرسی، که به جرم خودرو و تغییرات سرعت خودرو بستگی دارند،
 - نیروهای ثقلی، که به شیب جاده و جرم خودرو بستگی دارند،
 - نیروهای آیرودینامیک، که به جریان هوا، سرعت حرکت و شکل خودرو بستگی دارند،
 - اصطکاک داخلی قطعات در حال دوران.
- نیرویی که جهت جابه‌جایی چرخ دستی باید به‌کار گرفته

در حالی‌که تایر سبز میشلن (Green-X) که در سال ۱۹۹۲ تولید شده، دارای ضریب مقاومت غلتشی معادل ۸ کیلوگرم بر تن است، بدون آن‌که زمین چسبی و مقاومت سایشی آن دچار مشکل شود.

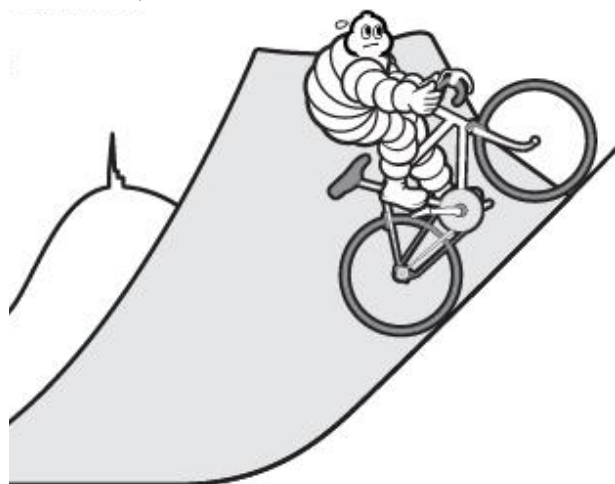
در طول سال‌ها، پیشرفت قابل ملاحظه‌ی در خودروها (به لحاظ موتور و شکل آیرودینامیک) و جاده‌ها (به لحاظ بافت سطح جاده و شکل جاده) صورت گرفته است که این موضوع، طی مسافت‌های بیشتر را با صرف انرژی کمتر امکان‌پذیر کرده است.

درک پدیده‌های مرتبط با مقاومت غلتشی

به منظور کاهش مقاومت غلتشی، ضروری است که مکانیزم‌های مرتبط با این پدیده را درک کنیم، که شامل تغییر شکل (شعاع) تایر در هنگام غلتش، و رفتار آمیزه‌های لاستیکی می‌شود، و این‌که چگونه مستقیماً میزان مصرف سوخت ناشی از تایرهای خودرو را ارزیابی کنیم.

I- مقاومت غلتشی و مقاومت در برابر حرکت

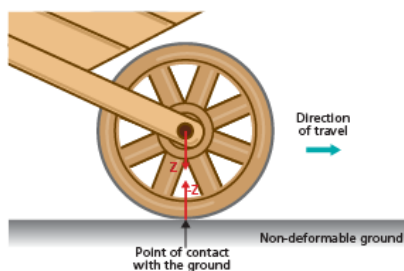
راننده‌ی خودرو به سادگی نمی‌تواند به وجود مقاومت غلتشی بی‌ببرد، بنابراین در این بخش، مفاهیم مرتبط با آن با استفاده از مثال‌های ساده بیان می‌شود هم‌چنین به تمامی نیروهایی که در مقابل حرکت خودرو مقاومت می‌کنند، خواهیم پرداخت.



هم سطح زمین کاملاً تغییر شکل ناپذیر^(۱) هستند.
 ۲- یک گاری دستی با چرخ فلزی (تغییر شکل ناپذیر) روی یک سطح نرم (تغییر شکل پذیر) به جلو رانده می شود.
 ۳- یک گاری دستی با تایر بادی (تغییر شکل پذیر) روی یک سطح سخت (تغییر شکل ناپذیر) به طرف جلو رانده می شود.

حالت اول- چرخ فلزی تغییر شکل ناپذیر روی سطح سخت

از دیدگاه تئوری راندن یک چرخ کاملاً تغییر شکل ناپذیر روی یک سطح کاملاً تغییر شکل ناپذیر بسیار ساده است. در این حالت هیچ گونه اتلاف انرژی به خاطر تغییر شکل و دفرمه شدن صورت نمی گیرد، و بنابراین، مقاومت غلتشی وجود ندارد. اگر به نیروهای عمودی روی محور چرخ و محل تماس چرخ با زمین نگاه کنیم مشاهده می شود که نیروی ناشی از وزن گاری (Z) روی چرخ به صورت کامل با نیروی عکس العمل سطح ($-Z$) خنثی می شود.



حالت دوم- چرخ تغییر شکل ناپذیر روی سطح نرم

راندن گاری دستی روی سطح نرم خیلی خسته کننده است. خاک نرم موجود در سطح زمین، تحت نیروی وزن گاری فشرده شده، تغییر شکل پیدا کرده و موجب می شود که در قسمت جلوی چرخ یک برجستگی از خاک ایجاد شود. اگر به مسیر حرکت نگاه کنیم می بینیم که شیاری ناشی از جا

شود به وضعیت جاده و چرخ بستگی دارد. همگی ما می دانیم که راندن چرخ دستی در جاده ای که دارای سطح سخت است آسان تر از راندن آن در یک جاده ای است که دارای سطح نرم است. به طور مشابه، راندن یک چرخ دستی که دارای چرخ فلزی یا تایر بادی با فشار کافی باشد، آسان تر از راندن چرخ دستی با تایر کم باد است.

اینجا، جایی است که پنجمین نیروی مقاوم در برابر حرکت ظاهر می شود: مقاومت غلتشی.

- مقاومت غلتشی از کجا ناشی می شود؟

مقاومت غلتشی به طور عمده ناشی از ویژگی های ویسکوالاستیک آمیزه های لاستیکی است که در ساخت تایرها مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد وقتی که تغییر شکل پیدا می کند، انرژی را به صورت حرارتی تلف می کنند. تایر در هنگام غلتیدن، به خاطر باری که روی آن قرار دارد در ناحیه ای تماس با زمین دچار تغییر شکل شده و به صورت تخت در می آید. این تغییر شکل که به صورت پیوسته تکرار می شود، موجب اتلاف انرژی است که به عنوان مقاومت غلتشی شناخته می شود.

مقاومت غلتشی به عنوان انرژی مصرف شده در یک تایر به ازای واحد مسافت طی شده تعریف می شود.

برای غلبه بر مقاومت غلتشی باید انرژی صرف کرد. در خودروهای مکانیکی، انرژی از طریق سوخت تأمین می شود. بنابراین، مقاومت غلتشی اثر مستقیم روی مصرف سوخت دارد.

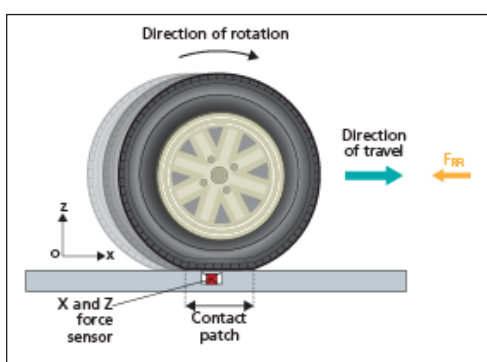
تفسیر مکانیکی مقاومت غلتشی

اجازه دهید سه حالت مختلف را با هم مقایسه کنیم:

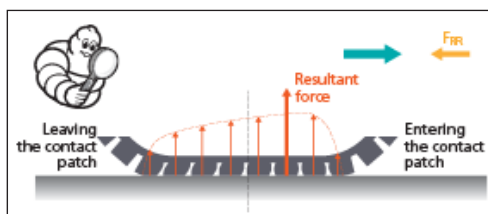
۱- یک گاری دستی که چرخ آن فلزی است و روی یک زمین سخت به طرف جلو رانده می شود، هم چرخ و

1. Non deformable

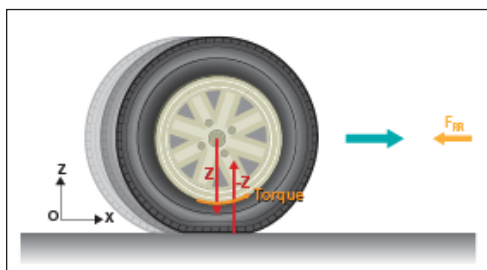
که نیرویی در برابر حرکت رو به جلو چرخ مقاومت می‌کند. این نیرو تفسیر مکانیکی اتلاف انرژی ناشی از تغییر شکل تایر در ناحیه‌ی تماس است. این نیرو به‌عنوان "نیروی مقاومت غلتشی (F_{RR})" نامیده می‌شود. توجه: نیروی مقاومت غلتشی ناشی از تغییر شکل تایر در حالت سوم بین ۱۰ تا صد برابر کوچکتر از نیروی ناشی از تغییر شکل خاک نرم و در حالت دوم است.



تایر با سرعت یکنواخت روی سطحی شامل سنسور نیرو حرکت می‌کند

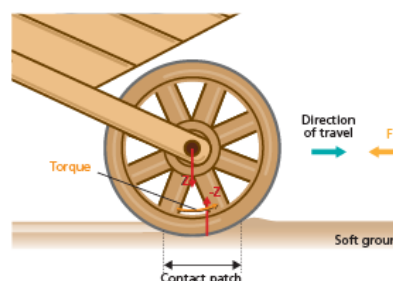


هنگامی که تایر روی سنسور حرکت می‌کند، اندازه‌گیری نیروهای عمودی نشان می‌دهد که نیروی ناشی از عکس‌العمل سطح روی ترد تایر، در ناحیه‌ی جلویی سطح تماس نسبت به ناحیه‌ی عقبی سطح تماس بزرگتر است.



چون نیروی عکس‌العمل سطح مقداری جابه‌جا شده است یک گشتاور نیرو به‌وجود آمده که با دوران چرخ مخالفت می‌کند و این معادل نیروی F_{RR} است که "نیروی مقاومت غلتشی" نامیده می‌شود.

پای چرخ روی زمین مانده است. در اینجا سطح زمین به‌خاطر جذب انرژی تغییر شکل پیدا کرده است. اگر به نیروهای وارده بر محور چرخ و نقطه‌ی تماس چرخ با زمین نگاه کنیم، مشاهده می‌شود که نیروی عکس‌العمل سطح ($-z$) نسبت به نیروی وزن گاری (z) کمی جلوتر واقع شده است. گشتاور نیروی به‌دست آمده از این جابه‌جایی، در مقابل غلتش چرخ مخالفت می‌کند. مثل این است که نیرویی در مقابل حرکت رو به جلو چرخ مقاومت می‌کند. این نیرو (F) تفسیر مکانیکی اتلاف انرژی به‌خاطر تغییر شکل سطح جاده است.



حالت سوم- تایر بادی روی زمین سخت

برخلاف چرخ تغییر شکل‌ناپذیر، تایر بادی انعطاف‌پذیر است و به‌خاطر زمین‌چسبی بهتر و راحتی سرنشین، زمین را کاملاً ربر می‌گیرد. در حالی‌که یک چرخ فلزی روی یک زمین سخت فقط یک نقطه‌ی تماس دارد، تایر بادی دارای یک سطح تماس روی زمین است. بنابراین، نیروی عکس‌العمل سطح از طریق آن سطح تماس به تایر وارد می‌شود. هنگامی‌که نیروهای عکس‌العمل سطح روی یک تایر در حال غلتش اندازه‌گیری می‌شود، مشاهده می‌شود که به‌طور کلی اندازه‌ی نیروها در نیمه‌ی جلویی سطح تماس، بزرگتر از اندازه‌ی نیروها در نیمه‌ی عقبی سطح تماس است. بنابراین، برآیند نیروها ($-z$) به‌صورت منطقی به سمت جلو سطح تماس شیفت پیدا می‌کند. چنانچه در حالت دوم ملاحظه شد این جابه‌جایی نقطه اثر نیروها، منجر به ایجاد گشتاور نیرویی می‌شود که با دوران چرخ مخالفت می‌کند. این موضوع معادل آن است

تعریف مقاومت غلتشی

مقاومت غلتشی به صورت انرژی مصرفی توسط یک تایر به ازای واحد مسافت طی شده تعریف می‌شود.

بنابراین، با توجه به تعریف فوق، واحد مقاومت غلتشی، نیوتن‌متر تقسیم بر متر است که معادل یکای نیرو بوده و با نیوتن (N) بیان می‌شود.

میزان نیروی مقاومت غلتشی که به یک خودرو در حال حرکت اثر می‌کند به تایرها و وزن خودرو (بار، Z) بستگی دارد.

ضریب مقاومت غلتشی

مقاومت غلتشی یک تایر توسط یک ضریب مقاومت غلتشی مشخص شده و به صورت C_{RR} نشان داده می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$C_{RR} = \frac{F_{RR}}{Z}$$

با این تعریف، ضریب مقاومت غلتشی، کمیتی بدون یکا است. در فرمول فوق F_{RR} و بار Z، مطابق استانداردهای بین‌المللی با یکای نیوتن بیان می‌شود. این کمیت را می‌توان به صورت درصد یا در هزار نیز بیان کرد.

برای مثال:

$$C_{RR} = \frac{F_{RR}}{Z} = \frac{120 \text{ N}}{10000 \text{ N}} = 0.012$$

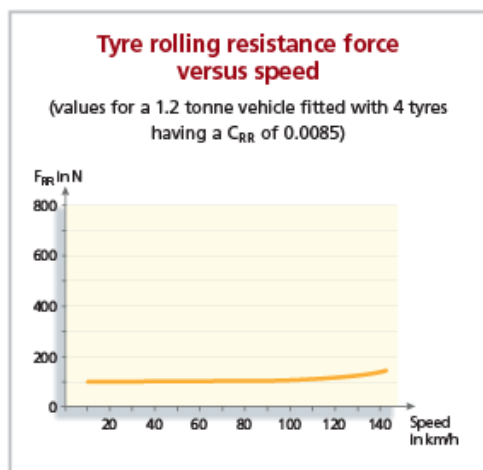
که معادل با ۱٫۲٪ یا ۱۲٪ است.

اما غالباً نیروی F_{RR} با واحد یا یکای قدیمی به صورت "کیلوگرم نیرو" بیان می‌شود، و بار نیز با واحد "تن نیرو" بیان می‌شود. در این حالت ضریب مقاومت غلتشی با یکای kg/t (کیلوگرم بر تن) بیان می‌شود. بنابراین، ضریب مقاومت

غلتشی به مقدار ۰٫۰۱۲ معادل با ۱۲ kg/t یا ۱۲ در هزار است.

مقدار ۱۲ kg/t، به این معنی است که اگر باری به اندازه‌ی یک تن روی تایر باشد، باید مقدار ۱۲ کیلوگرم نیرو (تقریباً ۱۲۰ نیوتن) به کار گرفته شود تا از کاهش سرعت خودرو به خاطر مقاومت غلتشی تایر جلوگیری شود. به بیان دیگر، وقتی خودرویی با تایرهایی که ضریب مقاومت غلتشی آن‌ها ۱۲ kg/t است در حرکت است، همان مقدار انرژی بیشتر مصرف می‌کند که در هنگام عبور از یک جاده با شیب ۱٫۲٪ مصرف می‌کند.

ضریب مقاومت غلتشی یک تایر تا سرعت‌های ۱۰۰ الی ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت، نسبتاً ثابت بوده و در سرعت‌های بالاتر با افزایش سرعت، افزایش می‌یابد. کمیت‌هایی که توسط سازندگان تایر ارائه می‌شود معمولاً مطابق استانداردهای اندازه‌گیری ISO در سرعت با ۸۰ km/h و روی برام‌های آزمون اندازه‌گیری می‌شود.



R

olling resistance and fuel savings

Translated by: F. Tajdini

*Corresponding author Email: tajdinifariborz@yahoo.com

Recieved: January 2017, Accepted: May 2017

Abstract: Energy makes the wheels go round, thus driving the vehicle forward. As the wheel goes round, the tyre is deformed to make contact with the road. All the forces required for acceleration, braking and cornering are transmitted through this contact patch. As it is deformed, the tyre also absorbs road surface asperities. It is the tyre's ability to be deformed which ensures grip and comfort.

Keywords: Rolling resistance.