دیدگاه‌های متفاوت در سایش چرخ و ریل و تأثیر پارامترهای مختلف بر آن

حسام سلیمانی[۱*]، مجید معاونیان[۲]

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

خلاصه

در سیستم حمل‌ونقل ریلی، از اصطکاک برای انتقال قدرت استفاده می‌شود. این امر از طریق تماس متقابل چرخ و ریل به وجود می‌آید. تماس غلتشی بین چرخ و ریل سبب سایش پروفیل ریل و چرخ می‌گردد اندرکنش چرخ و ریل در سیستم حمل‌ونقل ریلی در طی سال‌های متمادی موردتوجه قرارگرفته است و این بدین خاطر است که اندرکنش نامناسب چرخ و ریل باعث به وجود آمدن پدیده‌های نامناسبی چون افزایش نیرو در سطح تماس، تأثیر منفی در عملکرد دینامیکی قطار، کاهش راحتی سیر، افزایش صدای حاصل از غلتش، امکان خروج از خط، ایجاد تغییر شکل‌های دائمی، بازرسی زودرس پروفیل چرخ شده و به‌تبع آن کاهش عمر، تعویض دائمی ریل، ایجاد و گسترش ترک‌های خستگی در سطح تماس غلتشی را می‌توان انتظار داشت. شناسایی و کمینه نمودن پدیده‌های یادشده مستلزم شناخت کافی از سایش پروفیل چرخ و ریل می‌باشد. در این مقاله دیدگاه‌های متفاوت در سایش چرخ و ریل اشاره می‌شود. در ادامه به معرفی و تأثیر پارامترهای گوناگون بر سایش چرخ و ریل قطار می‌پردازیم.

کلمات کلیدی: سیستم حمل‌ونقل ریلی، سایش، پروفیل، اندرکنش چرخ و ریل، تأثیر پارامترهای گوناگون

۱. مقدمه

با بررسی هزینه‌های تعمیر و نگهداری در خطوط ریلی در سرتاسر دنیا درمی‌یابیم که سالانه هزینه‌های بسیاری صرف خرید، تعویض و نصب چرخ و ریل در صنعت حمل‌ونقل ریلی می‌شود. از مزایای عمده حمل‌ونقل ریلی می‌توان به مصرف انرژی کمتر، حمل‌ونقل انبوه، ایمنی بالاتر و حفظ محیط‌زیست اشاره کرد. تماس چرخ و ریل از بنیادی‌ترین مسائل درزمینه‌ی راه‌آهن می‌باشد و همواره موضوع اندرکنش چرخ و ریل در سیستم حمل‌ونقل ریلی در طی سال‌های متمادی موردتوجه قرارگرفته است[۱].

در بین پارامترهای مؤثر در سایش پروفیل چرخ و ریل، شکل پروفیل چرخ و ریل، نوع تماس بین آن‌ها و سازگاری هندسی پروفیل چرخ با خصوصیات هندسی خط، از تأثیر بیشتری نسبت به دیگر عوامل برخوردار است.. پروفیل مناسب چرخ و ریل باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

* Hesamsoleimani@gmail.com

الف) مقاومت سایشی بالا

ب) مقاومت زیاد در برابر خستگی تماس غلطشی

ج) مقاومت در برابر کنگره‌ای شدن

دو مود مهم سایشی چرخ عبارت‌اند از:

الف) سایش طوقه چرخ و سر ریل که عموماً در خطوط مستقیم مشاهده می‌شود.

ب) سایش فلنچ چرخ و سطح جانبی داخل ریل که عموماً در قوس‌ها مشاهده می‌شود.

برای کاهش سایش جانبی فلنچ در قوس‌ها، دو عامل ضریب اصطکاک و بارمحوری مؤثر هستند که برای کاهش ضریب اصطکاک از روانکارها و برای کاهش نیروی عمودی ناشی، از شیب عرضی خط کمک گرفته می‌شود. ضریب اصطکاک به عوامل متعددی نظیر پدیده خزش در ناحیه تماس چرخ و ریل، شرایط سطحی پروفیل چرخ و ریل، سرعت چرخ و وسیله نقلیه ریلی، دینامیک وسیله نقلیه ریلی و خصیصه‌های سیستم کشش وابسته است. شرایط سطحی خط مانند قرارگیری آلاینده‌هایی نظیر روغن و آب می‌تواند در کاهش ضریب اصطکاک مؤثر بوده و موجب افت ضریب چسبندگی شود. برای این منظور از ذرات شن و ماسه برای غلبه بر این نقص استفاده می‌شود[۲].

اهمیت مسئله سایش از دیدگاه ایمنی و مسائل اقتصادی، سایش را به یکی از موضوعات موردتوجه در صنایع ریلی تبدیل کرده است. مطالعات سایش چرخ و ریل در صنعت ریلی کشورهای پیشرفته به حدود نیم‌قرن پیش برمی‌گردد. چراکه در اواخر دهه ۶۰ رشد فزاینده سایش چرخ و ریل در این کشورها پدید آمده بود. همچنین معضل سایش از حدود سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۶ به‌صورت یک امر جدی موردتوجه محققین راه‌آهن قرار گرفت [۳]. در این تحقیقات، افزایش سرعت حرکت و بارمحوری وسایل نقلیه ریلی به‌عنوان مهم‌ترین علت بروز سایش در چرخ‌های وسایل نقلیه ریلی معرفی شد. اصطکاک و سایش بین سطوح هنگامی‌که دو سطح تحت بارگذاری نسبت به هم حرکت لغزشی یا غلتشی داشته باشند پدیده‌ای غیرقابل‌اجتناب می‌باشد. اصطکاک عامل مؤثری در اتلاف انرژی و سایش عامل مؤثری در اتلاف ماده هستند، ازاین‌رو با کاهش و یا کنترل سایش می‌توان صرفه‌جویی عمده‌ای در ماده و انرژی را انتظار داشت. به‌منظور کنترل و کاهش اصطکاک و نرخ سایش بین دو سطح، معمولاً روش‌های پیشگیرانه و کنترل سایش نظیر استفاده از مواد مختلف در تولید چرخ و ادوات روسازی خطوط، روش‌های مؤثر روانکاری، تنظیم سرعت و بارمحوری در راه‌آهن‌های مختلف به کار گرفته‌شده می‌شود [۴]. باید توجه داشت که بهره‌برداری از ناوگان ریلی در شرایط غیر ایده آل سبب ساییده شدن پروفیل چرخ و ریل و درنتیجه کاهش کارایی و ایمنی می‌شود. مطالعاتی که به کمک اندازه‌گیری میدانی با استفاده از تجهیزات کنار خط صورت گرفته است، نشان می‌دهد که سایش میان چرخ و ریل به‌ویژه در ناحیه فلنچ به میزان بسیار زیادی به شرایط بوژی (محور) و عملکرد آن بستگی دارد [۵].

۲. معرفی پارامترهای مؤثر در سایش پروفیل چرخ و ریل:

پارامترهای مؤثر در سایش پروفیل چرخ و ریل عبارت‌اند از:

- سرعت حرکت
- بارمحوری
- میزان تردد روی خط
- پارامترهای هندسی بوژی
- پروفیل چرخ و ریل و نوع تماس آن‌ها

- جنس چرخ و ریل
- عوامل خط (شیب، دور و عرض خط)
- شرایط اجزاء خط (نوع و کیفیت تراورس‌ها، اتصال‌ها)

مطالعات تئوری و مدیریت عملی در شرایط تماسی چرخ و ریل طی ۲۰ سال گذشته باعث افزایش عمر چرخ و ریل و ارتقاء وفق پذیری آن‌ها با بارهای محوری بیشتری شده است. ترکیب چرخ‌های سازگار با سایش و پروفیل‌های ریل با استحکام بالا و فولادهای صیقلی و بهبود روغن‌کاری، شکل زوال از سایش را به خستگی تماسی غلتشی تغییر داده است.

اثرات مختلفی چون سختی دو جسم تماسی، ضریب اصطکاک، تغییرات در میزان خرش جانبی و طولی و ... بر حجم سایشی تأثیرگذار است. به علت عدم امکان پیش‌بینی دقیق کنش‌ها و عکس‌العمل‌های ایجادشده بین ریل و چرخ (میزان چسبندگی بین سطوح ریل و چرخ، چگونگی قرارگیری ریل و چرخ در کنار هم، آلودگی‌های سطح ریل، دمای محیط رطوبت سختی سطوح، ضربه ناشی از اتصالات ریل‌ها، کیفیت زیرسازی و سایر عوامل طبیعی و فیزیکی) تعیین سطح هر یک از عوامل بر نیروی وارده بین ریل و چرخ و میزان سایش به‌سادگی امکان‌پذیر نیست[۶] .

به‌طورکلی سایش پروفیل چرخ و ریل را می‌توان از دو دیدگاه مکانیکی (مثل پروفیل چرخ و ریل، خصوصیات هندسی خط) و یا تریبولوژیکی (مثل اثرات روانکاری و جنس) موردمطالعه قرارداد. در جدول۱ تأثیر عوامل مختلف مکانیکی روی عمر چرخ و ریل موردبررسی قرارگرفته است. مهم‌ترین پارامترهای مربوط به عمر چرخ و ریل شامل سایش طوقه و فلنج چرخ و پدیده خستگی تماسی غلتشی می‌باشد.

جدول۱- تأثیر پارامترهای مختلف روی عمر چرخ [۷]

پارامترهای واگن و ریل	پارامترهای مربوط به عمر چرخ					
	سایش فلنج	سایش سطح غلتش چرخ	تغییر شکل پلاستیک	خستگی تماس غلتشی	صافی سطح	سایش نامتقارن سطح چرخ
بارمحوری چرخ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
سرعت واگن	✓	-	✓	✓	✓	-
دینامیک حرکت واگن	✓	✓	✓	✓	-	✓
کیفیت خط	-		✓	-	-	✓
قوس‌های مسیر	✓	-	-	-	-	✓

حرکت چرخشی چرخ و محور	✓	✓	✓	✓	–	✓
حرکت جانبی چرخ و محور	✓	✓	✓	✓	–	✓
چیدمان و نصب چرخ و محور	✓	✓	✓	–	–	–
تأثیر روانکاری فلنج چرخ	✓	–	–	✓	–	–
اثر محافظت در برابر لغزش	–	–	–	✓	✓	✓
روش تراش پروفیل چرخ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
شکل پروفیل چرخ	✓	✓	✓	✓	–	✓
شکل پروفیل ریل	✓	✓	✓	✓	–	✓
میزان چسبندگی ریل	✓	✓	✓	✓	✓	✓

۲-۱ نقش پروفیل چرخ و ریل بر سایش

عموماً چرخ‌های مخروطی استاندارد که در خطوط با بارمحوری بالا بکار رفته‌اند در مقابل سایش مقاومت چندانی از خود نشان نداده‌اند. این پروفیل‌ها در آغاز بهره‌برداری دچار میزان بیشتری سایش می‌شوند و کم‌کم با تخریب سطح تماس و ایجاد تغییر شکل تحت بارمحوری بالا این میزان کاهش می‌یابد. پروفیل چرخ دارای شکل هندسی خاصی است که جهت حفظ ایمنی حرکت، پایداری حرکتی و بهبود راندمان دینامیکی یک وسیله نقلیه ریلی طراحی‌شده است. با توجه به آنکه خصوصیات خطوط ریلی، نظیر پروفیل ریل، عرض استاندارد خط و دیگر خصوصیات هندسی خط و همچنین خصوصیات وسایل نقلیه ریلی در راه‌آهن‌های کشورها متفاوت است، امکان استفاده از یک‌شکل پروفیل منحصربه‌فرد چرخ در راه‌آهن‌های مختلف وجود ندارد. ناسازگاری هندسی پروفیل چرخ با خصوصیات هندسی یک خط ریلی می‌تواند پیامدهای منفی نظیر سایش شدید چرخ و ریل، کاهش ایمنی سیر، ناپایداری دینامیکی وسیله نقلیه ریلی و کاهش راحتی سفر را به همراه داشته باشد. اگرچه موارد مهمی نظیر ایمنی و راحتی سیر نیز توسط پروفیل چرخ و ریل کنترل می‌شود، اما سازگاری هندسی پروفیل چرخ و ریل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[۲].

اولین عوامل بسیار مهم در افزایش سایش پروفیل چرخ و ریل، قوس‌های خطوط ریلی در طول یک مسیر است که تأثیر مستقیمی بر سایش دارد. میزان شعاع قوس‌ها و همچنین تعداد آن‌ها در طول یک مسیر از پارامترهای تعیین‌کننده میزان سایش چرخ‌ها می‌باشد.

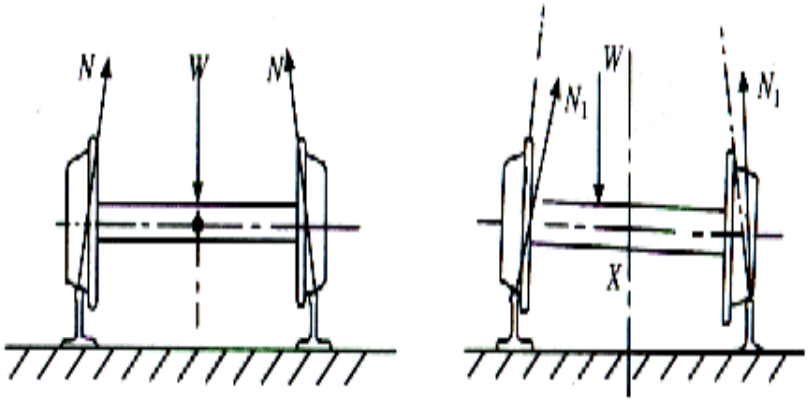
از عوامل دیگر وابسته به خط که بر میزان سایش چرخ تأثیرگذار است، شیب سر ریل می‌باشد. در راه‌آهن‌های اروپای غربی این شیب در محدوده ۱/۴۰ تا ۱/۳۰ و در راه‌آهن‌های کشورهای دیگر نظیر انگلستان و برخی از خطوط آمریکای شمالی و هندوستان شیب زیر ریل ۱/۲۰ می‌باشد.

سومین عامل وابسته به خط که میزان سایش چرخ را تغییر می‌دهد اضافه عرض خط است. عرض خط به‌عنوان یک عامل مؤثر موردمطالعه قرارگرفته است. اضافه عرض خطوط در قوس‌ها نیز به‌صورت جداولی استاندارد تهیه‌شده که رعایت آن‌ها جهت کاهش سایش سطح جانبی داخلی ریل بالایی و سطح تاج ریل پایینی توصیه‌شده است[۵].

۳. اثر پارامترهای مختلف بر سایش چرخ و ریل

۳-۱ تأثیر چرخ و محور

هندسه تماس چرخ و ریل نقش اساسی در دینامیک جانبی وسیله نقلیه ریلی ایفا می‌کند. با جابجا شدن چرخ و محور در جهت جانبی نسبت به خط مرکزی ریل، مشخصه‌های هندسی نظیر اختلاف شعاع غلتش و یا زاویه تماس تغیر می‌کند. مشخصه‌های قیود هندسی فوق و جابجایی جانبی موردنیاز چرخ و محور به‌شدت به شکل هندسی مقطع عرضی چرخ و ریل (پروفیل چرخ و ریل) و برخی خصوصیات هندسی خط وابسته است[۸]. شکل۱ نیروهای جانبی ناشی از انحراف چرخ و محور و تماس فلنچ را نمایش می‌دهد.

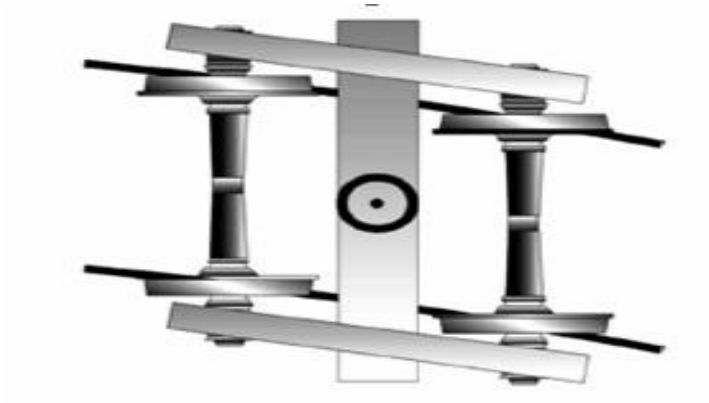


شکل۱- نیروهای جانبی ناشی از انحراف چرخ و محور و تماس فلنچ [۷]

۳-۲ تأثیر روانکاری

برای کاهش نیروی پیچش روی سطح ریل بالایی معمولاً از روش روغن‌کاری استفاده می‌کنند[۶]. روانکاری فلنچ چرخ و ریل فنّاوری جدیدی نیست. روانکاری کناره ریل سال‌های زیادی است که مورداستفاده قرار می‌گیرد. اساساً تماس غلتشی با لغزشی بسیار کم همراه بوده و چرخ و ریل تحمل این فشار بالا را در مقایسه بازمانی که مقدار لغزش افزایش می‌یابد، دارد. مثال بارز افزایش لغزش در مقایسه با غلتش را می‌توان در قوس مشاهده کرد. در این حال چرخ‌ها در طول ریل به سمت خارج قوس حرکت کرده و باعث سایش شدید و تولید گرمای زیاد می‌گردد. برای کاهش مقدار سایش و انتقال

گرمای یادشده در طول قوس، از روانکارها استفاده می‌شود. ضریب اصطکاک در اثر استفاده از روان‌کارهای مدرن تا مقدار قابل‌توجه ۶٪ کاهش‌یافته است. مسئله‌ای که در روان‌کاری چرخ و ریل حائز اهمیت است منطقه روانکاری است که نباید مقدار چسبندگی بین چرخ و ریل را کاهش دهد (کاهش مقدار چسبندگی* توان کششی لوکوموتیو را کاهش می‌دهد) در ضمن روانکاری مصرف سوخت را کمتر کرده و فاصله زمان تعمیرات را افزایش خواهد داد. از روش‌های روانکاری می‌توان به روش دستی، استفاده از گریس پمپ‌های ثابت کنار خط و استفاده از روانکار نصب‌شده در قسمت بوژی قطارها نام برد[۶]. شکل ۲ تماس فلنچ چرخ قطار با ریل را در قوس نشان می‌دهد.



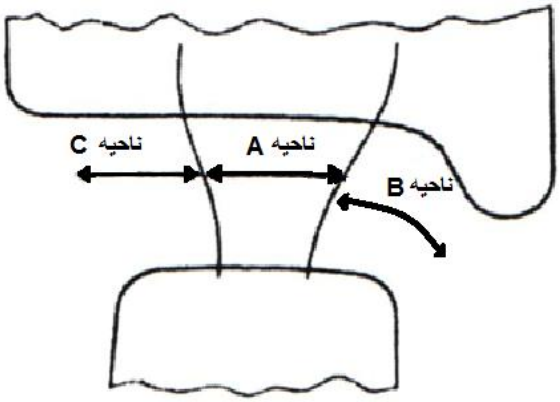
شکل۲- تماس فلنچ چرخ با ریل در قوس[۷]

۳-۳ تأثیر ضریب اصطکاک

ضریب اصطکاک به عواملی از قبیل ترکیب ریزساختار مواد، بار وارده، کیفیت سطوح و شرایط اندازه‌گیری بستگی دارد. دما نیز به‌طور عمده‌ای بر اصطکاک مؤثر است. با افزایش دما خواص مکانیکی روانکار تغییر کرده، سرعت اکسیداسیون افزایش‌یافته و حتی امکان استحاله فازی وجود دارد که تمام آن موارد بر میزان اصطکاک مؤثرند[۹].

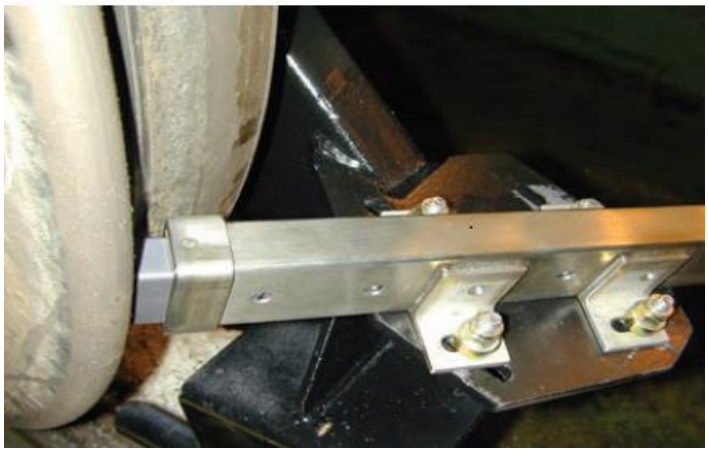
مسئله‌ای که در کاربرد روانکارها باید موردتوجه باشد این موضوع است که فقط منطقه **B** (محل تماس فلنچ چرخ و لبه داخلی ریل) باید روانکاری شود و منطقه **A** (ناحیه مرکزی ریل و مرکز طوقه پروفیل) به‌هیچ‌وجه نباید روانکاری شود چون روانکاری منطقه **A** باعث کم شدن چسبندگی بین ریل و چرخ و سرخوردن چرخ و درنهایت کاهش توان کششی لوکوموتیو می‌گردد. نواحی تماس در شکل۳ نشان داده‌شده‌اند.

* Adhesion



شکل۳- نواحی تماس چرخ و ریل [۵]

برای جلوگیری از نفوذ روانکار به منطقه غلتشی می‌توان از روان‌کارهای جامد استفاده کرد که گران‌روی بالایی دارند و برای روانکاری فلنچ چرخ استفاده می‌شوند که نمونه‌ای از آن در شکل۴ نمایش داده‌شده است.



شکل۴- روانکار جامد فلنچ چرخ [۱۰]

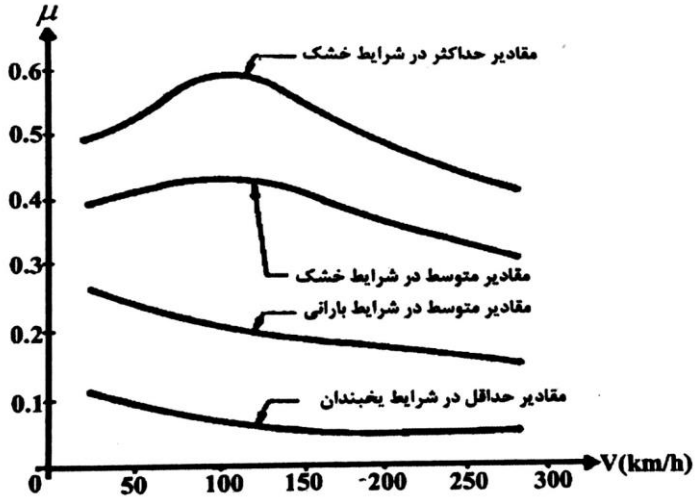
۳-۴ تأثیر چسبندگی

ضریب چسبندگی به عوامل متعددی نظیر پدیده خزش در ناحیه تماس چرخ و ریل، شرایط سطحی پروفیل چرخ و ریل، سرعت چرخ و وسیله نقلیه ریلی، دینامیک وسیله نقلیه ریلی، و خصیصه‌های سیستم کشش وابسته است[۱۱].

ماکزیمم نیروی کشش که توسط مکانیزم چرخ و ریل قابل‌اعمال می‌باشد به دو پارامتر ضریب اصطکاک در سطح تماس و بارمحوری بستگی دارد. چسبندگی یا ضریب چسبندگی به‌صورت نرخ ماکزیمم نیروی کششی ممکن در ناحیه طوقه چرخ به بار عمودی چرخ واردشده در ناحیه تماس درست در آستانه لغزش تعریف می‌شود[۱۲].

درزمانی که چرخ به‌منظور حرکت چرخشی تحت تأثیر گشتاور دورانی* قرار گیرد، پدیده در جا زدن† رخ می‌دهد. هدف محققین در صنعت ریلی آن است که ماکزیمم مقدار ضریب چسبندگی، در سرعت در جا زدن بالاتری حاصل گردد. این معمولاً از طریق استفاده و اضافه کردن مواد مخصوص در سطح تماس بین چرخ و ریل جهت بالا بردن ضریب اصطکاک عملی شده است[۱۱]. میزان ضریب چسبندگی در آزمون‌های آزمایشگاهی به حدود ۶۰٪ می‌رسد. در عمل برای شرایط کاملاً مساعد و زمانی که از ریل‌های تمیز و خشک استفاده گردد، ضریب چسبندگی تا حدود ۵۰ ٪ قابل‌دستیابی می‌باشد. اما مقدار ضریب چسبندگی تحت تأثیر عوامل محیطی و در شرایط کاری معمولاً حتی از ۱۵٪ نیز کمتر است[۷] .

مشکل عمده در مورد پدیده چسبندگی در سطح چرخ و ریل، آن است که پدیده‌های تماسی به‌شدت به عوامل محیطی همچون آب، زنگ، ذرات آلاینده فلزی، روغن و ... وابسته بوده و لذا نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها بسیار گسترده و مبنای دقیق برای ارزیابی تئوری‌های ارائه‌شده در رابطه با اصطکاک (چسبندگی) غلتشی نمی‌باشد. از بین همه آلاینده‌های سطح تماس چرخ و ریل که در چسبندگی چرخ و ریل تأثیرگذارند، می‌توان به آب، روغن و گیاهان روغنی اشاره داشت. در شکل (۵) ارتباط بین ضریب چسبندگی و سرعت و شرایط آب و هوایی را می‌بینیم.



شکل۵- ضریب چسبندگی برحسب سرعت و شرایط آب و هوایی برای چرخ و ریل [۷]

۳-۵ تأثیر عوامل محیطی

۳-۵-۱ ساینده

تغییر ساینده‌ها منجر به تغییر نرخ سایش می‌شود.خصوصیات مؤثر ساینده عبارت‌اند از [۵]:

- زاویه بحرانی: یک ساینده کروی، سایش کمتری را باعث می‌شود.
- سختی ساینده: با افزایش سختی ساینده، وضعیت سایش بسیار بدتر می‌شود.
- استحکام ساینده: ساینده مستحکم‌تر، سایش بیشتری را باعث می‌گردد.

* Traction effort
† Slip

۳-۵-۲ دما

انتظار می‌رود که با افزایش دما، سایش زیاد شود. بااین‌وجود، حداقل برای مس و آلومینیوم، این اثر بسیار ناچیز است. این امر به این دلیل است که نواحی کوچکی از تماس حین ساخت، گرم می‌شوند. برای درجه حرارت بالا، جریان تنش کاهش می‌یابد و گرمای کمتری درنتیجه سایندگی به وجود آید[۵].

۳-۵-۳ سرعت تماس

با افزایش سرعت وسیله نقلیه ریلی، نرخ سایش ایجادشده در چرخ و ریل نیز افزایش می‌یابد.

۳-۵-۴ بار

سایش متناسب با بار می‌باشد، به شرطی که میزان بار باعث شکست و از بین رفتن ساینده نگردد. در این مورد، درصورتی‌که ساینده کروی باشد، نرخ سایش کاهش می‌یابد و درصورتی‌که دارای گوشه‌های تیز باشد، نرخ سایش افزایش می‌یابد[۵].

۳-۵-۵ رطوبت

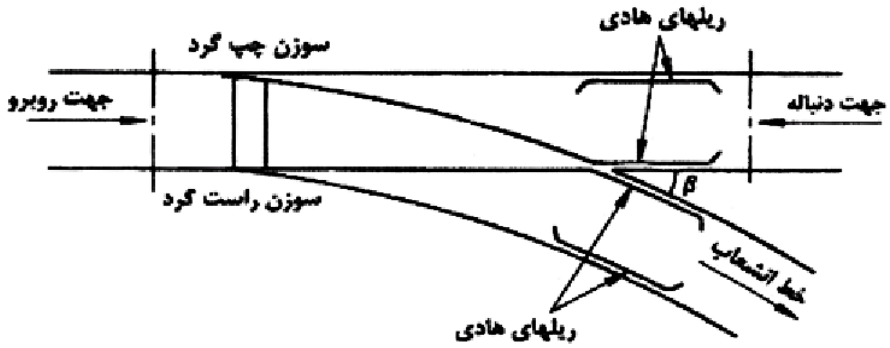
اثر رطوبت بر روی سایش کاملاً آشکار نمی‌باشد و نتایج معمولاً تأثیر رطوبت ناشی از توانایی آن در اثرگذاری بر روی لایه سطحی می‌باشد[۵].

۳-۵-۶ اثرات خورندگی

سایش ساینده اغلب در شرایط خورندگی افزایش می‌یابد. خورندگی و سایش اغلب به‌طور همزمان رخ می‌دهند. ساینده لایه‌های محافظ سطحی را برمی‌دارد و لایه‌های جدید سطحی که سریع‌تر دچار خوردگی می‌شوند را تولید می‌کند[۵].

۴. دلایل و شکل‌های سایش در خطوط ریلی ایران

- فرورفتگی موضعی که بیشتر ناشی از حرکت در جای چرخ‌ها تحت اثر بارگیری زیاد می‌باشد.
- سایش قائم که در اثر مرور زمان و ترافیک خط به وجود می‌آید و در این حالت ۳۰ تا ۴۰ سال طول می‌کشد تا تخریب کامل حاصل شود.
- سایش جانبی در اثر عبور واگن از قوس‌ها که در ریل بیرونی اتفاق می‌افتد، باعث ایجاد تغییر شکل مقطع ساییده شده در اثر عبور واگن‌های ۶ محوره می‌گردد. با عبور واگن‌های ۶ محوره، تغییر شکل مقطع به‌صورت گرد شدن پروفیل ریل درآمده و خطر خروج از ریل واگن‌ها به‌شدت افزایش‌یافته است.
- سایش سوزن‌ها در مواردی به‌قدری شدید است که به پروفیل ریل کناری نیز سرایت کرده و باعث تخریب ریل کنار می‌شود. نقطه‌ی حساس که ازنظر سایش خیلی مهم است قلب سوزن می‌باشد. سایش بیش‌ازحد مجاز در این نقطه می‌تواند به‌راحتی باعث خروج واگن از خط شود. برای جلوگیری از چنین حادثه‌ای از ریل هادی استفاده می‌شود. این‌گونه ریل‌ها نقش نگهداری چرخ در مسیر و جلوگیری از خروج واگن از ریل را بر عهده‌دارند. در شکل (۳-۳۰) شماتیک سوزن و ریل‌های هادی نشان داده‌شده است.



شکل ۵- سوزن و ریل‌های هادی[۱۳]

۵. نتیجه‌گیری

از روش‌هایی که باید برای کاهش سایش اعمال شوند، برنامه‌ریزی برای تراش، تعویض و خرید به‌موقع چرخ‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. اما ازآنجایی‌که نمی‌توان صرفاً از شبیه‌سازی برای بررسی وضعیت سایش چرخ بهره برد، برای دستیابی به میزان و نرخ سایش، در صنعت ریلی همواره بازدیدهای دوره‌ای برای چرخ‌ها وجود دارد و چرخ برای رسیدن به حد تراش موردبررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور باید عوامل مؤثر بر سایش چرخ و ریل را شناسایی کرده و با کنترل منظم وضعیت سایش چرخ‌ها و تهیه بانک اطلاعاتی هدفمند و یا تحلیل دقیق داده‌ها، رفتار سایش چرخ را پیش‌بینی کرده و تصمیم‌گیری‌های مقتضی به عمل آورد.

از بحرانی‌ترین و مهم‌ترین مشکلات صنعت راه‌آهن می‌توان به سایش در خطوط ریلی اشاره کرد. در مواردی سایش پروفیل چرخ و ریل به‌قدری شدید است که به پروفیل ریل کناری نیز سرایت می‌کند و باعث تخریب خطوط ریلی مجاور می‌گردد. این پدیده می‌تواند پیامدهای منفی قابل‌توجهی نظیر ناپایداری دینامیکی وسیله نقلیه ریلی، امکان خروج از خط، ایجاد تغییر شکل‌های دائمی، بازسازی زودرس پروفیل چرخ و کاهش عمر آن، کاهش ایمنی، کاهش دوره زمانی تعمیرات خط و وسیله نقلیه و درنتیجه کاهش بهره‌وری و افزایش هزینه‌ها را به همراه داشته باشد. در این تحقیق، دیدگاه‌های متفاوت در سایش چرخ و ریل شرح داده شد. ازاین‌رو، عوامل مؤثر در سایش چرخ و ریل معرفی گردیده و اثر پارامترهای گوناگون بر روی این پدیده به‌طور کامل موردبررسی قرار گرفت.

۶. مراجع

۱. سلیمانی، ح، مسعودی نژاد، ر، معاونیان، م،"*خرابی‌های متداول در چرخ و ریل و روش‌های گوناگون اندازه‌گیری پروفیل آن‌ها*"، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه تهران، فروردین ۱۳۹۵.

۲. سلیمانی، ح،"*بررسی و مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری سایش پروفیل چرخ و ریل و پیشنهاد روش بومی مناسب برای کاربرد در سیستم حمل‌ونقل ریلی*"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۴.

3.Zakeri J.A., Ghorbani V., 2011, *Investigation on Dynamic Behavior of Railway Track in Transition Zone*, Journal of Mechanical Science and Technology, vol. 25, no. 2, pp. 287-292.

4.Kumar S., 2007, *The investigation of derailment*, Indian Railways Institute of Civil Engineering, Pune.

۵. سلیمانی، ح، مسعودی نژاد، ر، معاونیان، م،"*مکانیزم‌های سایش و عوامل مؤثر بر آن‌ها در تماس چرخ و ریل*"، اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مکانیک، مکاترونیک و بیومکانیک، دانشگاه امیرکبیر، خرداد ۱۳۹۵.

۶. داداشی، ح، مسعود، ر،"*سایش ریل و روش‌های کنترل آن*"، هفتمین همایش حمل‌ونقل ریلی، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳.

۷. نصر، ا، خلفی، م، اخوان صفار، ع،"*اصول و مبانی سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل*"، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۹.

8.Diana G., Bruni S., Braghin F., 2001, *Wheel-Rail contact: Wear effects on vehicle dynamic behaviour*, Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica.

9.Jin X., Zhang J., *complementary principle of elastic bodies of arbitrary geometry in rolling contact*, Computers & Structures, Vol. 79, No. 29, pp. 2635-2644, 2001.

۱۰. خزاف مقدم، م"*بررسی و تحلیل پدیده سایش چرخ قطار و عوامل مؤثر در آن(مطالعه‌ی موردی واگن‌های خط ۱ قطار شهری مشهد)* "، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، دانشگاه گلستان، آذر ۱۳۹۳.

11.Ahlström J., Karlsson B., *Microstructural evaluation and interpretation of the mechanically and thermally affected zone under railway wheel flats*, Wear, Vol. 232, No. 1, pp. 1-14, 1999.

۱۲. جاهدمطلق، ح، نصر، ا، اشراقی، م، "پارامترهای مؤثر بر سایش چرخ و ریل"، هفتمین همایش حمل‌ونقل ریلی، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳.

13. *http://www.webengineers.ir/civil*, Accessed 26 August 2015, 5:11 PM.