مطالعهٔ انواع عیوب سطح غلتشی چرخ در وسائل نقلیهٔ ریلی با هدف شناسایی به‌موقع آن

حسن سرایلو[۱]، بابک دارابی[۲]

۱ کارشناس دفتر مهندسی و نظارت ناوگان، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، تهران، sarailoo_h@rai.ir

۲ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۵

چکیده

از جمله مهمترین اجزای هر وسیلهٔ نقلیهٔ ریلی، مجموعهٔ چرخ و محور است که وظیفهٔ انتقال تمامی نیروها از بدنه به ریل و هدایت آن را برعهده دارد. تماس چرخ و ریل در سطح غلتشی چرخ صورت می‌گیرد و ایجاد هرگونه عیب در این بخش می‌تواند علاوه بر افزایش ارتعاشات بدنه و کاهش راحتی سرنشینان، افزایش نیروهای وارده به سایر اجزا و کاهش عمر آنها را درپی داشته باشد. عدم شناسایی به‌موقع و صحیح عیب در این ناحیه سبب رشد آن و در نتیجه وقوع حوادث خواهد شد. این در حالی است که با شناسایی صحیح و به‌موقع، می‌توان برای رفع آن اقدام نمود و از بروز حوادث بعدی پیش‌گیری کرد. لازمهٔ تشخیص و رفع عیب، توانایی شناسایی صحیح نوع و علل ایجاد آن است. در این مقاله به مطالعهٔ انواع عیوب ایجادشده در سطح غلتشی و چگونگی شناسایی نوع عیب با توجه به شکل ظاهری آن پرداخته شده است. این اطلاعات از منابع معتبر علمی، تجربی و نیز مشاهدات صورت‌گرفته در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران گردآوری شده است و می‌تواند در شناسایی به‌موقع عیوب و جلوگیری از بروز حوادث بعدی بسیار مفید باشد.

واژگان کلیدی: عیوب سطح چرخ، رشد ترک، تماس غلتشی، وسیلهٔ نقلیهٔ ریلی

۱. مقدمه

از جمله مهمترین اجزای وسائل نقلیهٔ ریلی، چرخ و محور است که وظیفهٔ هدایت وسیلهٔ نقلیه روی ریل و انتقال نیروهای وارده از وسیلهٔ نقلیه به ریل را برعهده دارد. در اکثر وسائل نقلیهٔ ریلی، چرخ و محور بخشی از مجموعهٔ بوژی را تشکیل می‌دهند که سیستم تعلیق را در خود جای داده است (شکل ۱). در شکل ۲ نمایی شماتیک از مجموعهٔ چرخ و محور نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، سطح تماس غلتشی چرخ[۱] حالت مخروطی دارد؛ این سطح مخروطی در قوس‌ها سبب ایجاد خاصیت دیفرانسیلی در مجموعه می‌گردد. با ورود مجموعهٔ چرخ به قوس و با کمک شتاب جانب مرکز، وسیلهٔ نقلیه به‌سمت ریل خارجی متمایل می‌شود و مطابق شکل ۳، نقطهٔ تماس در چرخ داخلی به‌سمت بیرون و در چرخ خارجی به‌سمت داخل قوس انتقال پیدا می‌کند. این انتقال نقطهٔ تماس سبب ایجاد خاصیت دیفرانسلی در چرخ‌ها می‌شود [۱]. بنابراین وقوع عیب در سطح غلتشی چرخ بر عملکرد دینامیکی مجموعه تأثیرگذار است و در شرایط بحرانی می‌تواند هزینه‌های مالی و

جانی زیادی درپی داشته باشد. درنتیجه لازم است با مشاهدهٔ قبل از رشد هرگونه عیب و وقوع حادثه، به تشخیص عیوب و عوامل ایجاد آن پرداخت. به این منظور نیاز است تا درک درستی از انواع این عیوب حاصل گردد.

شکل ۱. مجموعهٔ بوژی مدل Y25 در زیر واگن مولد بخار شرکت رجا

عوامل ایجاد عیوب در سطح غلتشی چرخ را می‌توان به پنج دستهٔ اصلی تقسیم کرد [۱]:

۱. سایش: در این حالت، آسیب ایجادشده از سازوکار سایش چرخ و ریل ناشی می‌شود که سبب ایجاد تغییر در پروفیل سطح تماس در عرض سطح غلتشی چرخ و یا در طول آن و به‌صورت محیطی می‌گردد.

۲. خستگی: در سال‌های اخیر با پیشرفت سیستم‌های ضد لغزش[۲]، نیاز به تراشکاری سطح غلتشی چرخ[۳] کاهش یافته است. همچنین استفاده از بوژی‌های با پایداری بالا در قوس‌ها، سبب کاهش ساییدگی چرخ و افزایش طول دورهٔ تراشکاری آن می‌شود. در نتیجه کاهش عملیات تراشکاری چرخ، شبکهٔ ترک‌های ایجادشده در سطح غلتشی، زمان بیشتری جهت پیشرفت و گسترش در اختیار دارند که این پدیده احتمال وقوع عیوب ناشی از خستگی را در سطح چرخ به‌شدت افزایش می‌دهد.

۳. تغییر شکل: نیروهای تماسی زیاد، نیروهای خزشی[۴] و یا ناهمگونی و ناخالصی در مادهٔ تشکیل‌دهندهٔ چرخ می‌تواند سبب بروز این نوع از عیوب چرخ گردد که شامل تغییر فرم محیطی و یا محلی در چرخ است.

۴. گرمایی: حرارت ایجادشده در ترمزگیری از لغزش چرخ روی ریل و یا تماس کفش ترمز با سطح چرخ ناشی می‌شود و در ترمزهای دیسکی و مغناطیسی احتمال وقوع آن بسیار کمتر است. این حرارت می‌تواند سبب ایجاد عیوب سطحی شود و شدت رشد سایر عیوب را افزایش دهد.

۵. زیرساختی[۵]: تعامل اصلی در سیستم‌های ریلی، تماس چرخ و ریل است. لذا طیف وسیعی از عیوب چرخ، ناشی از مشکلات زیرساخت و به‌خصوص ریل است.

البته ممکن است چند عامل به‌صورت همزمان سبب ایجاد یک عیب در چرخ شوند. در ادامه به بررسی انواع عیوب ایجادشده در سطح غلتشی چرخ و علل ایجاد و نحوهٔ شناسایی هر یک پرداخته می‌شود. در این مقاله به مطالعه انواع عیوب ایجادشده در سطح غلتشی چرخ و چگونگی شناسایی نوع عیوب با توجه به شکل ظاهری آن پرداخته شده است. این اطلاعات از منابع معتبر علمی، تجربی و نیز مشاهدات صورت‌گرفته در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران گردآوری شده است و می‌تواند در شناسایی به‌موقع عیوب و جلوگیری از بروز حوادث بعدی مفید باشد.

۲. انواع عیوب سطح چرخ

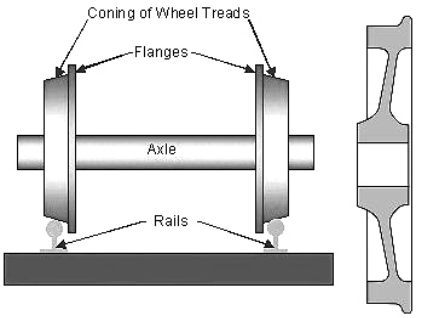
۲-۱. سایش گودالی[۶]

در این نوع عیب، سایش در مرکز سطح چرخ متمرکز شده است. اثر این تمرکز سایش، بیشتر در بوژی‌های با پایداری بالا و مسیرهای با قوس کم یا مستقیم رخ می‌دهد. تعامل بین کفش ترمز و سطح چرخ نیز با توجه به جنس آنها می‌تواند روند رشد این عیب را افزایش دهد. نمونه‌ای از این عیب در شکل نمایش داده شده است. با توجه به کاهش قطر در ناحیهٔ میانی سطح غلتشی چرخ، این عیب می‌تواند سبب افزایش ارتفاع و ضخامت فلنج گردد. این عیب همچنین بر مخروطیت معادل[۷] چرخ نیز اثرگذار است و می‌تواند روی عملکرد دینامیکی و پایداری وسیله نقلیه تأثیر منفی داشته باشد [۳]. در صورت رشد گستردهٔ این عیب و افزایش عمق آن، در قسمت بیرونی چرخ فلنج کاذب[۸] ایجاد می‌گردد (شکل ۴) که نه‌تنها برای دینامیک حرکت بسیار زیان‌آور است، که در سوزن‌ها و تقاطع‌ها می‌تواند به تاج ریل صدمه جدی وارد کند [۴].

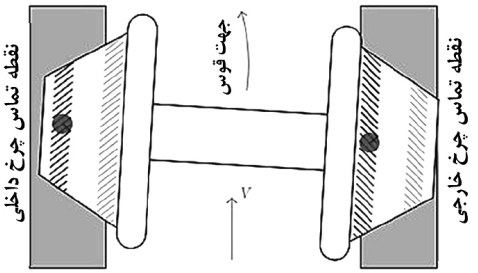
۲-۲. سایش فلنج[۹]

سایش سطح فلنج عموماً ناشی از وجود قوس در مسیر، مشکلات زیرساخت، عملکرد بوژی و نحوهٔ روانکاری چرخ است

[۵]. اگر میزان سایش فلنج میان دو سمت بوژی تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، نشان‌دهندهٔ عدم متقارن پروفیل مسیر یا مشکل در روغنکاری فلنج چرخ است. سایش نامتقارن قطری در بوژی می‌تواند نشان‌دهندهٔ عدم تنظیم صحیح وسیلهٔ نقلیهٔ نیز باشد. ناهمواری در بالای فلنج نظیر لبه‌های تیز و برآمدگی در نوک فلنج (شکل) نیز در این دسته از عیوب قرار می‌گیرند. این ناهمواری‌ها نباید از حد مجاز تعیین‌شده در دستورالعمل‌های تعمیراتی مربوط به آن وسیلهٔ نقلیه تجاوز نمایند.



شکل ۲. مجموعهٔ چرخ و محور روی ریل به‌همراه سطح مقطع چرخ [۱]



شکل ۳. عملکرد سطح مخروطی چرخ در قوس‌ها [۱]

شکل ٤. سایش گودالی در سطح چرخ مربوط به سالن مسافری با سیستم ترمز کفشکی که سبب ایجاد فلنج کاذب در سمت خارجی چرخ شده است

شکل ۵. سایش شدید سطح داخلی فلنج وایجاد برآمدگی روی آن

۲-۳. عیب خروج از شکل[۱۰]

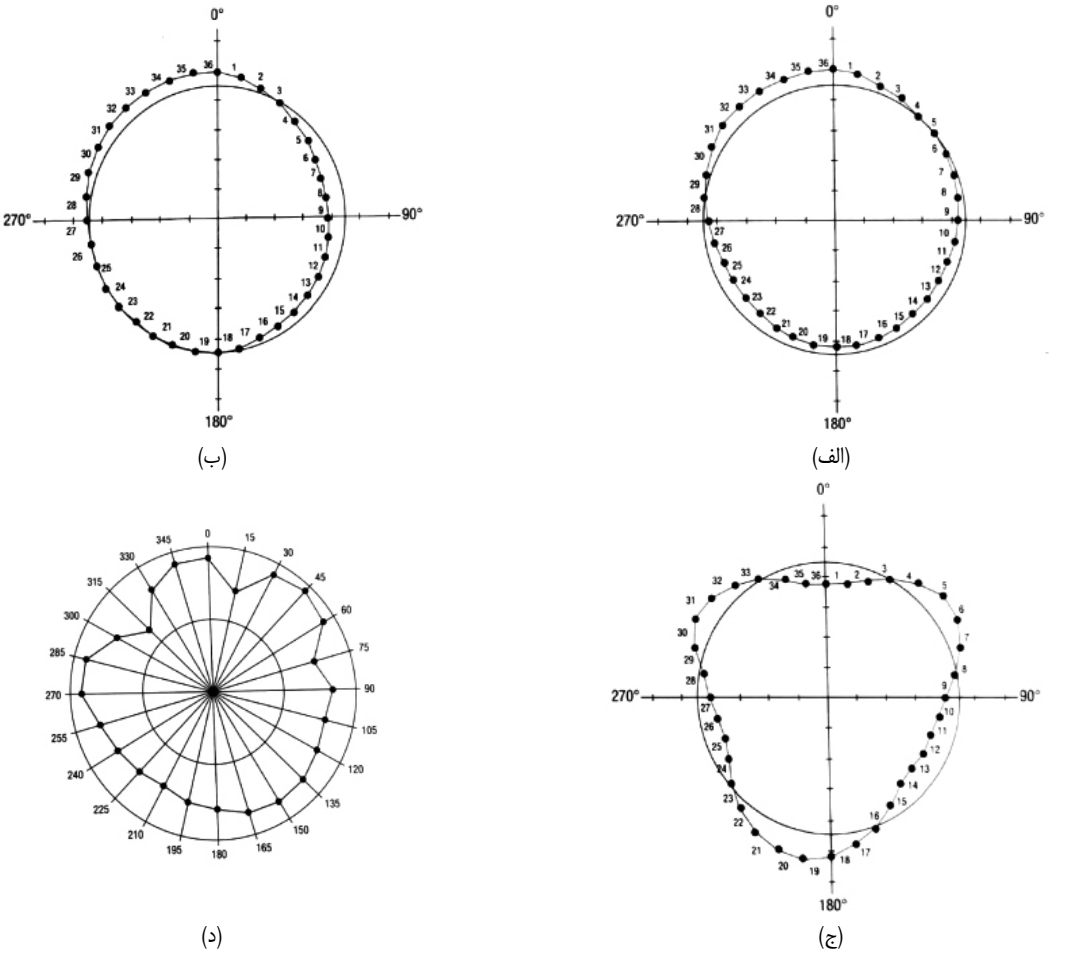
در حالت کلی این عیب به دو دستهٔ خروج از شکل پریودیک و تصادفی[۱۱] تقسیم می‌شود. خروج از شکل پریودیک به حالتی گفته می‌شود که در آن الگوی تغییر شکل قابل تعیین باشد. به‌عنوان مثال و مطابق شکل ۶، خروج از شکل پریودیک مرتبه دوم به شکل بیضی و مرتبهٔ سوم به شکل مثلث است. این نوع عیب می‌تواند به‌علت بروز مشکل در فرایند ماشینکاری سطح غلتشی چرخ ایجاد شود [۶]. در مواردی که فرم خروج از شکل غیرقابل تعیین باشد، به آن خروج از شکل تصادفی گفته می‌شود. این نوع عیب عموماً به‌علت ایجاد میکروساختارها در تاج چرخ، که در مرحلهٔ عملیات حرارتی ایجاد شده است، بروز می‌کند. میزان خروج از شکل در راستای شعاعی در این نوع عیب می‌تواند تا ۰/۵ الی ۱ میلی‌متر نیز باشد. بعد از یک یا دو بار تراشکاری سطح چرخ می‌توان این عیب را برطرف نمود و از گسترش آن جلوگیری کرد.

۲-٤. خستگی ناشی از تماس غلتشی[۱۲]

خستگی ناشی از تماس غلتشی به خستگی حاصل از اعمال نیروهای تکرارشوندهٔ خزشی و نیروهای تماسی چرخ و ریل گفته می‌شود. این نیروها در نهایت با ایجاد رچتینگ[۱۳] سبب وقوع تغییر شکل پلاستیک ماده به‌صورت محلی می‌گردند که سبب شروع رشد ترک به موازات این تغییر شکل پلاستیک خواهد شد. با رشد این ترک‌ها، پدیده شِلینگ[۱۴] یا پوسته‌پوسته شدن رخ می‌دهد که در نهایت منجر به جداشدن قسمتی از سطح غلتشی چرخ خواهد شد. با توجه به ناحیهٔ اعمال نیروهای عرضی و طولی در سطح غلتشی چرخ که در شکل ۷ نمایش داده شده است، این دسته از عیوب برحسب ناحیه‌ای که در آن رخ می‌دهد، به سه نوع اصلی تقسیم‌بندی می‌گردد [۷]. نیروهای تکرارشونده خزشی ناشی از قوس، میتواند منجر به ایجاد RCF در ناحیهٔ اول گردد که به آن RCF1 گفته می‌شود. نسبت اندازهٔ نیروهای خزشی در راستای طولی و عرضی، تعیین‌کنندهٔ زاویهٔ ترک‌های ایجادشده در این ناحیه است که عموماً در محدودهٔ ۳۰ الی ۴۵

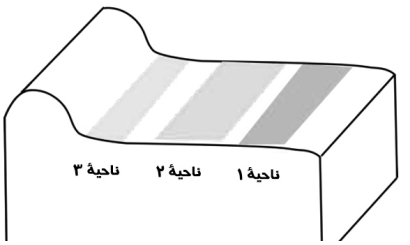
درجه با راستای محور است. مراحل رشد این عیب در شکل ۸ نمایش داده شده است [۸]. رشد ترک در ناحیهٔ دوم (RCF2) نیز براساس سازوکار نیروهای وارده در RCF1 رخ می‌دهد، با این تفاوت که در این حالت، تماس ریل و چرخ در سطح بالاتر و نزدیک فلنج و عموماً برای چرخ خارجی (چرخی که در زمان عبور از قوس روی ریل بیرونی باشد) اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی احتمال وقوع ترک در ناحیهٔ دوم بسیار کمتر از ناحیهٔ اول است.

همچنین با شکل‌گیری پروفیل چرخ به‌مرور زمان و در نتیجه سایش چرخ و ریل، هندسهٔ تماس تغییر می‌کند و فشار وارد بر این ترک‌ها کاهش می‌یابد. این ترک‌ها معمولاً زاویهٔ ۳۰ الی ۶۰ درجه‌ای با راستای محور دارند. نمونه‌ای از این ترک‌ها که در مراحل اولیه شکل‌گیری هستند، برای یک تیپ از سالن‌های مسافری مسیر تهران - مشهد سیر می‌نماید در شکل ۹ نمایش داده شده است.

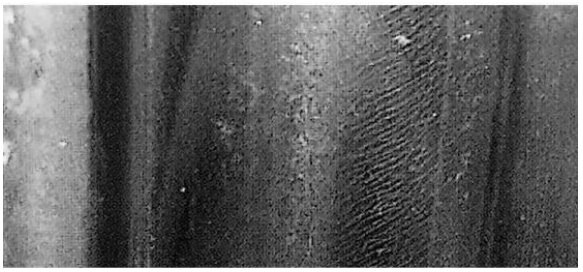


شکل ٦. انواع عیب خروج از شکل [٦]

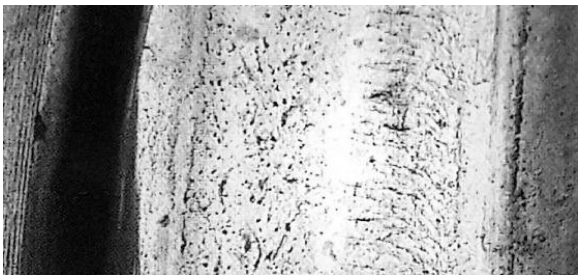
الف) پریودیک درجه اول به شکل خروج از مرکز، ب) پریودیک درجه دوم به شکل بیضوی، ج) پریودیک درجه سوم به شکل مثلثی، د) تصادفی



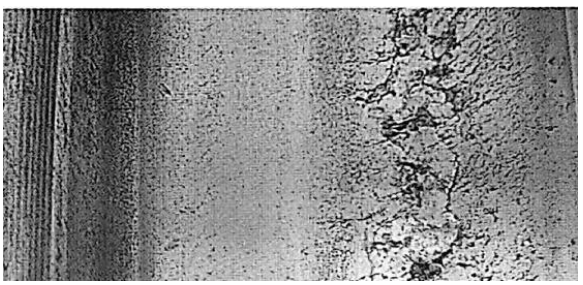
شکل ۷. نواحی ایجاد عیب خستگی ناشی از تماس غلتشی [۷]



(الف)



(ب)

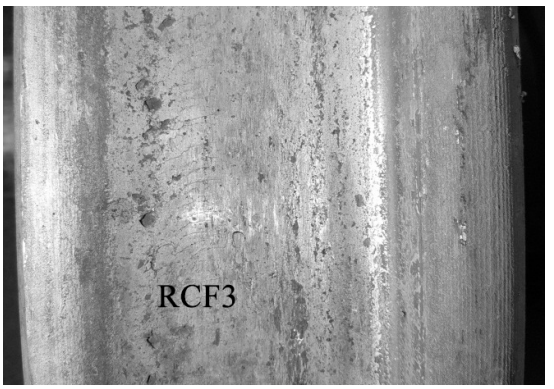


(ج)

شکل ۸. مراحل رشد عیب RCF در ناحیهٔ اول الف) ایجاد ترک ب) رشد ترک و آغاز شلینگ ج) افزایش عمق ترک‌ها [۸]

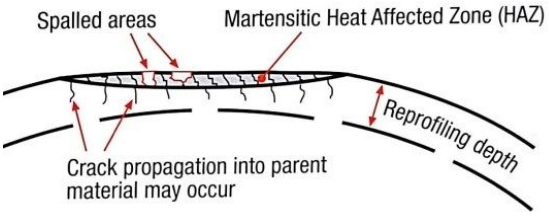
شکل ۹. مراحل اولیه شکل گیری باند ترک در ناحیه دوم در مجاورت فلنج برای یک نوع واگن مسافری که در مسیر تهران - مشهد سیر می کند

علت دیگر وقوع این نیروهای خزشی که منجر به ایجاد RCF3 می‌گردد، قطر متغییر در سطح چرخ در اثر تراشکاری نادرست است. به‌ویژه هنگامی که از این چرخ‌ها در بوژی دارای ترکشن موتور استفاده گردد و کوپلینگ مکانیکی بین موتور الکتریکی و محور برقرار باشد. این پدیده سبب ایجاد نیروهای خزشی طولی در مسیر مستقیم خواهد شد. در این حالت، ترک‌ها با نزدیک‌شدن به سطح خارجی چرخ، زاویهٔ بیشتری را نسبت به محور چرخ خواهند داشت که نمونه ای از این ترک‌ها برای چرخ یک واگن مسافری در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است [۹].



شکل ۱۰. باند ترک RCF3 که منجر به جدایش قسمت‌های کوچکی از سطح غلتشی چرخ در ناحیهٔ سوم شده است

شکل ۱۱. خستگی خوشه‌ای ناشی از تماس غلتشی چرخ یک سالن مسافری با سیستم ترمز کفشکی



شکل ۱۲. نمایی از سطح مقطع چرخ در ناحیهٔ بریدگی می‌گردد [۱۰]

۲-۵. خستگی خوشه‌ای ناشی از تماس غلتشی[۱۵]

این عیب نوع خاصی از خستگی ناشی از تماس غلتشی است که در یک ناحیه متمرکز شده است و عموماً در میانهٔ سطح غلتشی چرخ رخ می‌دهد. با وجود موضعی‌بودن این عیب، سازوکار رشد آن همانند رشد ترک‌های خستگی ایجادشده به‌صورت محیطی است. پس از شروع این نوع ترک‌های موضعی، سرعت رشد آنها بسیار قابل توجه بوده و سبب شلینگ موضعی در سطح چرخ خواهد شد. در ابتدا ترک‌های ایجادشده با محور چرخ به‌صورت زاویه‌دار رشد کرده و با افزایش عمق ترک‌ها، در راستای شعاعی گسترش می‌یابند. از عوامل مهم در رشد خستگی خوشه‌ای، تنش‌های حرارتی وارده به سطح چرخ است که نمونه‌ای از آن برای یک سالن مسافری شرکت رجا در شکل ۱۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، پس از وقوع شلینگ موضعی، تنش‌های حرارتی ایجادشده ناشی از ترمز کفشکی سبب جداییش قسمت قابل توجهی از سطح چرخ شده است.

۲-۶. بریدگی چرخ[۱۶]

بریدگی چرخ شایع‌ترین نوع از عیوب سطح چرخ است. علت اصلی وقوع این عیب، قفل‌کردن چرخ و محور در هنگام حرکت وسیلهٔ نقلیهٔ ریلی است. این امر سبب افزایش چشمگیر خزش در محدودهٔ تماس ثابت چرخ و ریل خواهد شد. دلیل اصلی وقوع بریدگی چرخ، حرارت ایجادشده به‌علت سایش چرخ روی ریل است که بار حرارتی زیادی را به ناحیه‌ای کوچکی از سطح چرخ وارد می‌نماید. این حرارت می‌تواند دمایی برابر با ۸۰۰ الی ۸۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد ایجاد کند. حرارت بالا باعث ایجاد فاز آستنیت[۱۷] در محل تماس می‌شود که پس از پایان لغزش چرخ و سردشدن، به فاز مارتنسیت[۱۸] تبدیل خواهد شد. مارتنسیت به‌نوعی ترد و شکننده از فولاد گفته می‌شود که ظاهری نقره‌ای رنگ دارد. مطابق شکل ۱۲، با توجه به تفاوت سختی این ناحیه با نواحی مجاور، رشد ترک در این قسمت از سطح چرخ آغاز شده و در نهایت منجر به ایجاد حفره‌هایی در سطح غلتشی چرخ می‌گردد [۱۰]. نمونه ای از بریدگی سطح چرخ برای یک سالن مسافری دارای سیستم ترمز دیسکی در شکل ۱۲ آورده شده است که بر اثر قفل‌شدن محور و افزایش شدید درجه حرارت در محل تماس چرخ و ریل ایجاد گردیده است.

۲-۷. بیش‌بار گرمایی[۱۹]

در وسایل نقلیهٔ دارای کفش ترمز، هنگام ترمزگیری انرژی گرمایی زیادی به سطح غلتشی چرخ وارد می‌گردد. همچنین با اعمال نیروی ترمزی به این سطح، ممکن است چرخ بیش از حد

مجاز در طراحی گرم شده و به اصطلاح بیش‌گرم شود. همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است، از نظر ظاهری چرخ بیش‌گرم شده دچار تغییر رنگ شده و لایهٔ رنگ آن در برخی نواحی از سطح چرخ جدا می‌گردد. از نظر ساختاری اما این بیش‌گرم شدن می‌تواند سبب از بین رفتن تنش‌های پسماند فشاری در سطح چرخ شده و روند ایجاد ترک‌های عرضی را تسریع بخشد.

۲-۸. ترک گرمایی عرضی[۲۰]

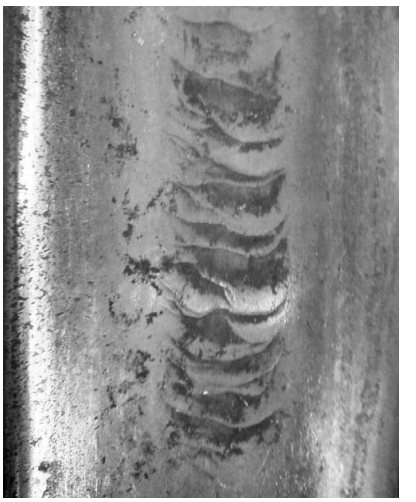
با وقوع پدیدهٔ بیش‌گرم شدن چرخ در وسائل نقلیهٔ ریلی با سیستم ترمز کفشکی، احتمال ایجاد ترک گرمایی عرضی افزایش می‌یابد. ایجاد این‌گونه ترک‌ها برای ایمنی سیر بسیار خطرناک است؛ زیرا با رشد ترک در راستای عرضی و رسیدن آن به جان چرخ، منجر به شکست چرخ و بروز حادثه خواهد شد (شکل). بروز این‌گونه ترک‌ها می‌تواند نشان‌دهندهٔ میزان خنثی یا معکوس‌شدن تنش‌های پسماند موجود در سطح چرخ باشد. طبق تحلیل‌های عددی صورت‌گرفته، دمای سطح چرخ حین ترمزگیری بسته به سرعت وسیلهٔ نقلیه و نیز فشار اعمالی از سوی سیستم ترمز، به حدود ۱۶۰ الی ۷۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد خواهد رسید [۱۱]. با افزایش هرچه بیشتر دمای ترمزگیری، تعداد سیکل‌های لازم جهت ایجاد این ترک‌ها به‌صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد. علاوه بر حداکثر دمای چرخ در فرایند بیش‌گرم شدن، سرعت تغییرات دما نیز در وقوع این نوع آسیب نقش اساسی را ایفا می‌کند [۱۲].

۲-۹. فرورفتگی[۲۱]

آثار فرورفتگی‌های بسیار کوچک روی چرخ می‌تواند بر اثر عوامل متعددی از جمله وجود شی خارجی روی کلگی ریل یا تنظیم نبودن موقعیت ریل‌ها ایجاد شود. در اغلب موارد، خسارات وارده به‌صورت ظاهری بوده و با رسیدن به حد تعیین شده در دستورالعمل تعمیر و نگه‌داری وسیلهٔ نقلیه، به تراشکاری مجدد سطح چرخ نیاز دارد. همچنین دانه‌های شن موجود در سیستم شن‌پاش لوکوموتیو نیز می‌تواند این آثار را در سطح چرخ ایجاد نماید که در این صورت ابعاد حفره‌های ایجادشده باید با اندازهٔ دانه‌بندی شن‌های استفاده‌شده متناسب باشد. چند نمونه از این‌گونه عیوب در شکل ۱۵آورده شده است. با توجه به اجسام مختلفی که ممکن است فرورفتگی در سطح چرخ به‌جای بگذارند، نمی‌توان فرم کلی برای این نوع عیب معرفی نمود. با این‌وجود این عیب باید روی سایر چرخ‌هایی که در یک سمت وسیلهٔ نقلیه قرار دارند، مشترک باشد.

۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله عیوب رایج در سطح غلتشی چرخ در وسائل نقلیهٔ ریلی مطالعه و بررسی شد. با تشخیص به‌موقع این عیوب و انجام اقدامات پیشگیرانهٔ مناسب می‌توان از رشد آنها و ایجاد سوانح احتمالی جلوگیری کرد. از رایج‌ترین عیوب در سطح چرخ در راه‌آهن می‌توان به سایش گودالی ناشی از سیستم ترمز کفشکی و سایش فلنج اشاره کرد. شناسایی این دو مورد بسیار آسان است و جهت جلوگیری از رشد آن، تراشکاری سطح چرخ مورد نیاز است. بریدگی چرخ نیز در مواردی که ترمزگیری سبب قفل‌شدن محور گردد و چرخ روی سطح ریل کشیده شود رخ خواهد داد که این مورد نیز در مجموعهٔ راه‌آهن کشور بسیار رایج است. جهت رفع این نوع عیب نیز با توجه به عمق بریده شده چرخ و نیز عمق نفوذ تنش‌های حرارتی و در صورت امکان تراشکاری سطح چرخ، می‌توان عیب را تا حد مناسب از بین برد. اما از مهمترین و خطرناک‌تری نوع عیوب، می‌توان به خستگی خوشه‌ای و ترک عرضی گرمایی اشاره کرد. در مورد عیب خستگی خوشه‌ای، با توجه به اینکه حجم زیادی از عیب در سطح زیرین چرخ رشد کرده است، شناسایی آن بسیار دشوار است و در صورت گسترش، سبب جدایش ناگهانی حجم قابل توجهی از سطح غلتشی چرخ می‌گردد. اما شناسایی ترک عرضی گرمایی ساده است و با بررسی دقیق سطح چرخ قابل مشاهده خواهد بود. در صورت عدم شناسایی به‌موقع این عیب و رسیدن ترک عرضی به جان چرخ، چرخ به‌طور ناگهانی می‌شکند و سبب خروج از ریل وسیلهٔ نقلیه می‌شود. لذا در بررسی هرگونه عیب در چرخ، جمع‌آوری صحیح و دقیق اطلاعات نقش مهمی در تشخیص درست نوع عیب و اقدامات بعدی دارد. توصیه می‌شود در بازرسی از عیوب، اطلاعات مهم شامل نوع وسیلهٔ نقلیه، مسیر، تاریخ، موقعیت مکانی چرخ مورد بررسی، مسافت طی‌شده از آخرین تراشکاری، توضیح کامل از عیب رؤیت‌شده و نوع احتمالی عیب، وضعیت چرخ متناظر در سوی دیگر محور و نیز وضعیت کلی سایر چرخ‌ها در بوژی تحت بررسی ثبت گردد.



شکل ۱۳. بریدگی سطح چرخ در محور دارای ترمز دیسکی که بر اثر قفل‌شدن محور و ایجاد حرارت بالا در سطح چرخ ایجاد شده است

شکل ١٤. چرخ بیش‌گرم شده دچار جداشدن لایهٔ رنگ از سطح آن

شکل ۱۵. ترک عرضی حرارتی که در عرض سطح چرخ و در امتداد محور ایجاد شده و در جان چرخ به صورت کامل رشد کرده است

(الف)

(ب)

شکل ١٦. فرورفتگی ایجادشده روی سطح چرخ لوکوموتیو GT26 راه‌آهن کشور، الف) فرورفتگی طولی، ب) فرورفتگی‌های ناشی از سیستم شن پاش

۷. مآخذ

[1] Wickens, A. H. "2 A History of Railway Vehicle Dynamics." *Handbook of railway vehicle dynamics* (2006): 5.

[2] Handa, Kazuyuki, Yoshisato Kimura, and Yoshinao Mishima. "Surface cracks initiation on carbon steel railway wheels under concurrent load of continuous rolling contact and cyclic frictional heat." *Wear* 268, no. 1 (2010): 50-58.

[3] UIC 519: Method for determining the equivalent conicity, 1st ed., December 2004.

[4] Sawley, K. J., *Wheel/rail profile maintenance*, Transportation Technology Center Inc., Pubelo, Colorado.

[5] Jin, Ying, Makoto Ishida, and Akira Namura. "Experimental simulation and prediction of wear of wheel flange and rail gauge corner." *Wear* 271, no. 1 (2011): 259-267.

[6] Lewis, Roger, and Ulf Olofsson, eds. *Wheel-rail interface handbook*. Elsevier, 2009.

[7] Ekberg, Anders, Bengt Åkesson, and Elena Kabo. "Wheel/rail rolling contact fatigue–probe, predict, prevent." *Wear* 314, no. 1 (2014): 2-12.

[8] Deuce, R. "Wheel tread damage–an elementary guide." *Bombardier Transportation* (2007).

[9] Magel, Eric E. *Rolling contact fatigue: a comprehensive review*. No. DOT/FRA/ORD-11/24. 2011.

[10] *ESR0330: Wheel Defect Manual*, Technical Specialist Rolling Stock Performance Standards, Ver. 1.2, May 2013.

[11] Milošević, M., D. Stamenković, A. Milojević, and M. Tomić. "Modeling thermal effects in braking systems of railway vehicles." *Thermal Science* 16, no. 2 (2012): 515-526.

[12] Vernersson, Tore, Sara Caprioli, Elena Kabo, Håkan Hansson, and Anders Ekberg. "Wheel tread damage: a numerical study of railway wheel tread plasticity under thermomechanical loading." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit* 224, no. 5 (2010): 435-443.

پی‌نوشت

1. wheel tread
2. wheel slide protection systems
3. wheel reprofiling
4. creep forces
5. infrastructure
6. hollow wear
7. equivalent conicity
8. false flange
9. flange wear
10. out-of-round
11. periodic & stochastic
12. rolling contact fatigue
13. ratcheting
14. shelling
15. RCF Cluster
16. wheelflats
17. austenite
18. martensite
19. thermal overloading
20. lateral thermal crack
21. indentation

انجمن مهندسان مکانیک ایران

تقویم آموزشی سال ۱۳۹۵

دوره های آموزشی تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع

ردیف	عنوان دوره	زمان برگزاری	شهریه (ریال)	مدت (ساعت)
۱	تاسیسات مکانیکی (مقدماتی)	تماس جهت پیش ثبت نام	۵/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۲	تاسیسات مکانیکی(پیشرفته)	تماس جهت پیش ثبت نام	۵/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۳	طراحی سیستم های تهویه مطبوع (مقدماتی)	تماس جهت پیش ثبت نام	۵/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۴	طراحی سیستم های تهویه مطبوع (پیشرفته)	تماس جهت پیش ثبت نام	۶/۰۰۰/۰۰۰	۳۶
۵	چیلرهای جذبی و اهمیت آنها در سیکل CCHP در تولید توام	تماس جهت پیش ثبت نام	۵/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۶	طراحی HVAC مقدماتی	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۰۰۰/۰۰۰	۲۴
۷	طراحی HVAC پیشرفته	تماس جهت پیش ثبت نام	۵/۰۰۰/۰۰۰	۳۶
۸	نقشه کشی تاسیسات Autodesk Mep HVAC	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۵۰۰/۰۰۰	۳۶
۹	طراحی و انتخاب آسانسور و پله برقی در ساختمان	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۱۰	تاسیسات بیمارستانی	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۱۱	اصول طراحی چیلرها و دستگاه های خنک کن	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۰۰۰/۰۰۰	۲۴
۱۲	طراحی استخر، سونا و جکوزی	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۵۰۰/۰۰۰	۲۴
۱۳	Revit Mep مکانیکال	تماس جهت پیش ثبت نام	۴/۸۰۰/۰۰۰	۲۴

پیش از ثبت نام، آیین نامه ثبت نام دوره ها را در Telegram.me/eduismeمطالعه فرمایید. شروع کلاس بر اساس ضرورتها ممکن است حداکثر تا یک ماه به تاخیر بیافتد.
اعضا حقیقی انجمن شامل ۱۵٪ تخفیف و دانشجویان شامل ۱۰٪ تخفیف می باشند. در صورت پرداخت هزینه دوره ۲ هفته قبل از برگزاری، از۵٪تخفیف بهره مند شوید.
جهت پیش ثبت نام، نام خانوادگی و نام دوره و شماره موبایل را به Education@isme.ir ایمیل فرمایید یا با شماره تلفنهای ۸۸۹۰۰۹۶۵ – ۸۸۸۹۲۸۱۴ *داخلی ۲* تماس بگیرید .