



اصول و مبانی سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل

مؤلفین:

دکتر اصغر نصر

(عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)

مهندس محمد صادق خلفی

مهندس علیرضا اخوان صفار

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران

بهار ۱۳۸۹

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
نصر، اصغر ۱۳۳۶-
اصول و مبانی سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل / مولفین: اصغر نصر،
محمدصادق خلفی، علیرضا اخوان صفار.
تهران: جهاد دانشگاهی، واحد تهران، ۱۳۸۹.
۲۵۶ص: مصور، جدول، نمودار.
978-600-133-018-6 : شابک
وضعیت فهرست نویسی: فیا
پادداشت: رازنامه.
پادداشت: کتابخانه.
موضوع: تماس غلتشی
موضوع: فرسایش مکانیکی
موضوع: برآه‌آهن - مهندسی
موضوع: برآه‌آهن - قطارها - دینامیک
شناسه افزوده: خلفی، محمدصادق، ۱۳۵۹-
شناسه افزوده: اخوان صفار، علیرضا، ۱۳۶۱-
رده بندی کنگره: TJ ۵ / ۱۸۳ / ۶ الف ۶ ن ۱۳۸۹
رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۰۵
شماره کتابشناسی ملی: ۷۳۹۸۹۹۱:



اصول و مبانی سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل

مؤلفین: دکتر اصغر نصر، مهندس محمد صادق خلفی، مهندس علیرضا اخوان صفار

ویراستار: دکتر نوغانی و دکتر ثقیان

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران

طراح جلد: سعید صحابی

صفحه‌آرایی: قاسمی (رها)

ناظر چاپ: احمد آرش

لینوگرافی: زاویه نور

چاپ و صحافی: نقش نیزار

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۶۲۰۰۰ ریال

نوبت چاپ: اول - بهار ۱۳۸۹

ISBN: 978-600-133-018-6

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۰۱۸-۶

<http://nashr.jahat.ir>

نشانی: تهران - صندوق پستی ۱۸۶-۱۳۱۴۵

Nashr@jahat.ir

تلفن: ۶۶۴۴۱۸۴۹۹- تلفکس: ۶۶۹۵۳۳۶۸

تلفکس: ۶۶۴۹۰۷۴۲

تلفن مراکز پخش: ۳- ۶۶۴۹۰۷۴۰ - ۶۶۴۸۱۰۰۳

«ویزکیم و یعلمهم الکتاب و الحکمة»

مقدمه ناشر

ایران امروز در اشتیاق توسعه و استقلال، گامهای محکم و استواری برمی دارد. همه روزه در گوشه و کنار میهن ما جوانه های خود کفایی علمی و فنی رخ نموده و با عنایت و یاری خداوند متعال و در سایه تلاش و کوشش جامعه علمی و دانشگاهی حرکت به سوی مرزهای دانش شتاب بیشتری به خود می گیرد. خدای را شکر می گوئیم که این فرصت را به ما ارزانی داشته تا گامهایی هر چند کوچک در راه رشد و نشر دستاوردهای علمی و فرهنگی کشور برداریم، باشد تا با یاری خداوند منان و در پرتو همت اندیشمندان، نویسندگان، مترجمان و متخصصان مومن و متعهد بتوانیم در اعتلاء علمی کشور عزیزمان ایران سهمی داشته باشیم.

انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران در راستای وظایف خویش و به منظور نیل به اهداف علمی - فرهنگی نظام جمهوری اسلامی مبادرت به انتشار آثار ارزشمند و مورد نیاز علمی و دانشگاهی می نماید. در این راه از کلیه اساتید، پژوهشگران، صاحبان قلم و اندیشه دعوت به مشارکت و همکاری می گردد.

پیشگفتار

در یکی دو دهه اخیر بدلیل ایمنی بالاتر، ارزانی بیشتر، ظرفیت بالاتر،... و مصرف انرژی کمتر در سیستم‌های حمل و نقل ریلی توجه فوق العاده‌ای به استفاده از این نوع سیستم‌ها جهت حمل بار و مسافر در راه آهن‌های سراسری کشورهای پیشرفته و در حال توسعه دیده می‌شود. بموازات آن ازدحام و رشد فوق العاده جمعیت در شهرهای بزرگ جهان و بدنبال آن کثرت استفاده از خودروها موجب بروز مشکلات عدیده‌ای در رفت و آمد مردم شده است. از اینرو نیز توجه مسئولین امور حمل و نقل کلان شهرها در اکثر کشورهای مختلف جهان بیشتر به استفاده از سیستم‌های حمل و نقل ریلی معطوف گشته است. در کشور ما نیز مسئولین امور حمل و نقل شهرهای بزرگ نظیر تهران، اصفهان، مشهد، شیراز، تبریز، اهواز،... و کرج از دیرباز برنامه ریزی ساخت و استفاده از سیستم‌های مختلف حمل و نقل ریلی درون و برون شهری را در دستور کار خود قرار داده و در مواردی بهره برداری از اینگونه سیستم‌ها را نیز شاهد بوده ایم.

از نظر دینامیک حرکت وسائط نقلیه ریلی، پدیده‌های مختلفی چون سایش، خستگی، پایداری دینامیکی، راحتی سیر و حرکت، فرمانپذیری چرخها در گذر از قوسها،... و چگونگی نیروهای تماسی و پدیده‌های مربوط به اندرکنش طولی واگنهای وسائط نقلیه ریلی حائز اهمیت فوق العاده‌ای می‌باشند. در این میان پدیده سایش در تماس غلشی چرخ و ریل از جنبه‌های مختلفی نظیر بروز سوانح سنگین خروج از خط و هزینه‌های بالای بهره برداری و تعمیرات ناوگان و خطوط اهمیت ویژه‌ای دارد. امروزه، این موضوع بدلیل روند ارتقاء بار محوری و تمایل روزافزون به ازدیاد سرعت حرکت وسائط نقلیه ریلی توجه مضاعفی را بخود معطوف کرده است. این بدین خاطر است که افزایش نیروهای تماسی و تاثیرشان بر سایش چرخ و ریل ناشی از ازدیاد بار محوری و ارتقای سرعت حرکت وسائط نقلیه ریلی دلایل اصلی بروز خرابی‌های وسیع در صنعت حمل و نقل ریلی شناخته شده است. تهیه و تدوین کتاب اصول و مبانی سایش در تماس غلشی چرخ و ریل از این رو مورد توجه قرار گرفته است.

بی تردید از آغاز فعالیتهای مختلف دانشکده مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت ایران تا کنون و نیز فعالیتهای دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی دیگر کشور، در دهه اخیر خدمات شایسته و بسزایی به صنعت حمل و نقل ریلی کشورمان شده است. با این وجود به وضوح نیاز به برنامه‌ریزی، تحقیق، آموزش و تلاش جدی‌تر و پویاتری در زمینه این صنعت نوپا محسوس است. این مهم جز با تلاش، همت و احساس مسئولیت همه دست‌اندرکاران صنعت و اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها برآورده نخواهد شد. کتاب حاضر پاسخی به این نیاز مبرم در روند شکوفایی آموزش و تحقیق در صنعت حمل و نقل ریلی کشورمان می‌باشد.

در کتاب اصول و مبانی سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل، مولفان سعی نموده اند با توجه به اهمیت موضوع و گسترش روز افزون صنعت حمل و نقل ریلی در کشورمان، اطلاعات مفید و اساسی پدیده‌های مربوط به سایش چرخ و ریل را بصورت کلاسیک و مدون ارائه نمایند. دانشجویان و محققان پس از مطالعه این کتاب علاوه بر آشنایی با پدیده سایش در تماس غلتشی، عوامل موثر در آن و چگونگی تاثیر آنها را فرا خواهند گرفت. کتاب حاضر می‌تواند بعنوان یکی از مراجع مهم و مفید آموزشی و پژوهشی در زمینه سایش در تماس غلتشی چرخ و ریل مورد استفاده دانشگاهیان، محققان و کارشناسان صنعت ریلی کشورمان، علاقه‌مندان به تحقیق و تحصیل در صنعت حمل و نقل ریلی و بخصوص دانشجویان عزیز دانشکده مهندسی راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران قرار گیرد.

مولفان صمیمانه از نواقص احتمالی در این کار پوزش طلبیده و از هرگونه پیشنهاد و اظهار نظر سازنده و اصلاحی که توسط مطالعه کنندگان و محققان گرامی جهت رفع اشکالات موجود مطرح شود پیشاپیش قدردانی و استقبال می‌نمایند.

با تشکر

مؤلفین

ساختار کتاب

این کتاب دارای ۶ فصل است. در فصل اول آن تحت عنوان مقدمه، به تاریخچه حمل و نقل ریلی در ایران و جهان، اهمیت سیستم حمل و نقل ریلی و موضوع سایش چرخ‌های وسائط نقلیه ریلی و دیدگاههای متفاوت در ارتباط با آن پرداخته می‌شود. همچنین در این فصل به تحقیقات صورت گرفته در دو دهه اخیر در رابطه با سایش چرخ‌های وسائط نقلیه ریلی اشاره می‌گردد. آشنایی با انواع مختلف سایش و مکانیزمهای ایجاد آن از اهداف فصل دوم است. در این فصل انواع متداول سایش معرفی و شرایط، عوامل موثر و مکانیزمهای ایجاد آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم به بررسی عوامل و پارامترهای موثر در پدیده سایش پرداخته می‌شود. اگر چه عوامل بسیار زیادی در چگونگی و میزان سایش موثرند اما بعضی از این عوامل بدلیل تاثیر بیشتر اهمیت بیشتری دارند که در فصل سوم به بررسی آنها پرداخته شده است. لزوم توجه به عوامل اصلی تاثیرگذار بر سایش چرخهای وسائط نقلیه ریلی از یک طرف و گسترده‌گی عوامل موثر و پیچیدگیهای مربوط به نحوه تاثیر آنها از طرف دیگر سبب شده است که فصل سوم از حجم بالاتری نسبت به دیگر فصول برخوردار باشد.

فصل چهارم به بیان تئوریه‌ها و روابط حاکم بر پدیده سایش در چرخها اختصاص دارد. در این فصل همچنین به بررسی نیروهای تماسی و انواع تئوریه‌های حاکم بر تماس چرخ و ریل و نیز روابط حاکم بر برخی از انواع سایش پرداخته می‌شود. در فصل پنجم نرم افزارهای مشهور در زمینه محاسبه میزان سایش در چرخهای وسائط نقلیه ریلی معرفی و خصوصیات فنی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل سعی شده است تا اطلاعات اولیه و کلی در مورد مجموعه‌ای از نرم افزارهای متداول که در زمینه دینامیک وسائط نقلیه ریلی و مباحث سایش و اندرکنش چرخ و ریل مورد استفاده قرار می‌گیرند معرفی گردد. آخرین فصل از کتاب نیز به معرفی دستگاههای مرسوم جهت اندازه گیری سایش چرخهای وسائط نقلیه ریلی می‌پردازد. در کنار دستگاههای متعدد مورد بحث در این فصل، دستگاه پروفیل نگار بعنوان یکی از ابزارهای معروف در تعیین میزان سایش چرخ و ریل با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفته است.

فهرست مطالب

۳	مقدمه ناشر.....
۵	پیشگفتار.....
۷	ساختار کتاب.....
۹	تقدیر و تشکر.....
۲۹	فصل اول: مقدمه.....
۳۱	۱-۱- تاریخچه صنعت حمل و نقل ریلی.....
۳۲	۱-۲- اهمیت و مزایای حمل و نقل ریلی.....
۳۴	۱-۳- اهمیت بررسی پدیده سایش در چرخهای وسائط نقلیه ریلی.....
۳۵	۱-۴- تاریخچه تحقیقات در زمینه سایش چرخهای وسائط نقلیه ریلی.....
۳۸	۱-۵- دیدگاههای متفاوت در سایش چرخهای وسائط نقلیه ریلی.....
۳۹	۱-۵-۱- مشخصات تریبولوژیکی.....
۳۹	۱-۵-۱-۱- تاریخچه تریبولوژی.....
۴۰	۱-۵-۱-۲- تریبولوژی و سایش.....
۴۰	۱-۵-۲- پارامترهای هندسی خط.....
۴۰	۱-۵-۳- پارامترهای تماس چرخ و ریل.....
۴۱	۱-۶- سایش در مترو.....
۴۲	خودآزمایی.....
۴۳	مراجع.....
۴۵	فصل دوم: انواع سایش و مکانیزمهای آن.....
۴۷	۲-۱- مقدمه.....
۴۷	۲-۲- فرایندها و مکانیزمهای سایش.....
۴۸	۲-۳- سایش چسبان.....
۵۱	۲-۳-۱- عوامل موثر بر سایش چسبان.....
۵۲	۲-۳-۲- مکانیزمهای گوناگون سایش چسبان.....

- ۵۴ ۲-۳-۳- سایش چسبان در چرخ و ریل
- ۵۴ ۲-۴- سایش خراشان
- ۵۶ ۲-۴-۱- سایش خراشان دوجسمی و سه جسمی
- ۵۷ ۲-۴-۲- عوامل موثر بر سایش خراشان
- ۵۸ ۲-۴-۳- مکانیزمهای سایش خراشان
- ۵۹ ۲-۴-۳-۱- شیار ریز
- ۵۹ ۲-۴-۳-۲- برش ریز
- ۶۰ ۲-۴-۳-۳- ترک ریز
- ۶۰ ۲-۴-۳-۴- خستگی ریز
- ۶۰ ۲-۵- سایش ورقه ای
- ۶۱ ۲-۵-۱- مکانیزم ایجاد سایش ورقه ای
- ۶۴ ۲-۵-۲- اثر خواص مکانیکی ماده بر سایش ورقه ای
- ۶۴ ۲-۵-۳- سایش ورقه ای در چرخهای وسائط نقلیه ریلی
- ۶۵ ۲-۶- سایش تراپوشیمی
- ۶۵ ۲-۶-۱- مکانیزم سایش تراپوشیمی
- ۶۶ ۲-۶-۲- عوامل موثر بر سایش تراپوشیمی
- ۶۷ ۲-۶-۳- سایش تراپوشیمی در ریلهای راه آهن
- ۶۸ ۲-۷- سایش خستگی سطحی
- ۷۰ ۲-۷-۱- سایش خستگی سطحی در سطوح چرخ و ریل
- ۷۱ ۲-۷-۲- روشهای کنترل سایش خستگی سطحی
- ۷۱ ۲-۸- سایش نوسانی
- ۷۲ ۲-۸-۱- مکانیزمهای سایش نوسانی
- ۷۴ ۲-۸-۲- عوامل موثر بر سایش نوسانی
- ۷۶ ۲-۸-۲-۱- دامنه جابجایی
- ۷۷ ۲-۸-۲-۲- نیروی عمودی
- ۷۷ ۲-۸-۲-۳- فرکانس بارگذاری
- ۷۸ ۲-۸-۲-۴- فشار هوا
- ۷۸ ۲-۸-۲-۵- رطوبت
- ۷۹ ۲-۸-۳- روشهای اندازه گیری سایش نوسانی

۷۹	۲-۸-۴- راههای جلوگیری از سایش نوسانی
۷۹	۲-۸-۴-۱- تصحیح طراحی
۸۰	۲-۸-۴-۲- زیرکردن سطوح
۸۰	۲-۸-۴-۳- استفاده از روانکارها
۸۰	۲-۹- انواع مودهای سایش چرخ
۸۲	۲-۱۰- انواع رژیم‌های سایشی چرخهای وسائط نقلیه ریلی
۸۴	۲-۱۱- منحنی‌های سایش
۸۷	خودآزمایی
۸۸	مراجع
۸۹	فصل سوم: پارامترهای مؤثر بر سایش در چرخ‌های وسائط نقلیه ریلی
۹۱	۳-۱- مقدمه
۹۱	۳-۲- پروفیل چرخ‌های وسائط نقلیه ریلی
۹۳	۳-۳- معرفی مشخصه‌ها و اصطلاحات رایج پروفیل چرخ
۹۴	۳-۴- دسته بندی چرخها بر اساس شکل مقطع آنها
۹۶	۳-۵- دسته بندی چرخها بر اساس شکل سطح غلتشی آنها
۹۷	۳-۵-۱- پروفیل P8BR
۹۸	۳-۵-۲- پروفیل S1002
۹۸	۳-۵-۳- پروفیل IR1002
۱۰۰	۳-۶- معرفی پروفیل‌های رایج ریل
۱۰۲	۳-۷- نواحی تماس چرخ و ریل
۱۰۴	۳-۷-۱- تماس در ناحیه A
۱۰۵	۳-۷-۲- تماس در ناحیه B
۱۰۶	۳-۷-۲-۱- تماس تک نقطه ای
۱۰۷	۳-۷-۲-۲- تماس دو نقطه ای
۱۰۹	۳-۷-۲-۳- تماس هم‌دیس
۱۱۰	۳-۷-۳- تماس در ناحیه C
۱۱۱	۳-۸- سازگاری هندسی تماس چرخ و ریل
۱۱۲	۳-۹- اهمیت سازگاری پروفیل چرخ و ریل

- ۳-۱۰- اصطکاک و چسبندگی ۱۱۴
- ۳-۱۰-۱- پدیده اصطکاک ۱۱۴
- ۳-۱۰-۱-۱- عوامل موثر بر ضریب اصطکاک ۱۱۵
- ۳-۱۰-۱-۲- اصطکاک لغزان ۱۱۵
- ۳-۱۰-۱-۳- نظریه‌های معروف در رابطه با اصطکاک لغزان ۱۱۶
- ۳-۱۰-۱-۴- اصطکاک غلتان ۱۱۷
- ۳-۱۰-۱-۵- هیستریزس اصطکاکی ۱۱۷
- ۳-۱۰-۱-۶- تغییر شکل پلاستیک ۱۱۸
- ۳-۱۰-۱-۷- ریز لغزش ۱۱۹
- ۳-۱-۳-۱-۸- تصحیح کننده اصطکاک ۱۲۰
- ۳-۱۰-۱-۹- تئوریهای اصطکاکی ۱۲۱
- ۳-۱۰-۲- چسبندگی در تماس غلتشی ۱۲۳
- ۳-۱۰-۲-۱- عوامل موثر بر ضریب چسبندگی ۱۲۵
- ۳-۱۰-۲-۲- تأثیر شرایط آب و هوایی ۱۲۶
- ۳-۱۰-۲-۳- تأثیر آب ۱۲۶
- ۳-۱۰-۲-۴- تأثیر روغن ۱۲۷
- ۳-۱۰-۲-۵- تأثیر پودرهای غیر فلزی ۱۲۹
- ۳-۱۰-۲-۶- تأثیر پودرهای فلزی ۱۲۹
- ۳-۱۰-۲-۷- تأثیر آلومینیوم و مس ۱۳۰
- ۳-۱۰-۲-۸- تأثیر سرعت حرکت وسیله نقلیه ۱۳۰
- ۳-۱۰-۲-۹- تأثیر خزش ۱۳۲
- ۳-۱۰-۲-۱۰- تأثیر شن ۱۳۳
- ۳-۱۰-۲-۱۱- تأثیر بار محوری ۱۳۵
- ۳-۱۰-۲-۱۲- فرمولهای پیشنهادی در رابطه با ضریب چسبندگی ۱۳۶
- ۳-۱۰-۲-۱۳- چسبندگی و آلودگی صوتی ۱۳۷
- ۳-۱۰-۲-۱۴- چسبندگی استاتیکی و دینامیکی ۱۳۸
- ۳-۱۱- تغییرات شیب مخروطی معادل ۱۳۸
- ۳-۱۲- اختلاف قطر دو چرخ بر روی یک محور ۱۳۹
- ۳-۱۳- پروفیل خط ۱۴۰

۱۴۱	۳-۱۴- فرمان پذیری بوژی.....
۱۴۲	۳-۱۵- روانکاری.....
۱۴۵	۳-۱۶- جنس مواد.....
۱۴۷	۳-۱۷- رابطه سایش و خستگی تماس غلشی در چرخ و ریل.....
۱۴۸	۳-۱۸- روش های کاهش سایش.....
۱۵۰	۳-۱۹- نتیجه گیری.....
۱۵۲	خود آزمایی.....
۱۵۳	مراجع.....
۱۵۷	فصل چهارم: روابط حاکم بر سایش چرخ های وسائط نقلیه ریلی.....
۱۵۹	۴-۱- مقدمه.....
۱۶۰	۴-۲- نیروهای ناشی از اندرکنش چرخ و ریل.....
۱۶۰	۴-۲-۱- نیروهای طولی، جانبی و قائم.....
۱۶۳	۴-۲-۲- نیروهای خزشی.....
۱۶۶	۴-۳- دسته بندی کلی تئوریهای تماس چرخ و ریل بر اساس نوع روابط.....
۱۶۷	۴-۴- تئوریهای شبه استاتیکی تماس چرخ و ریل.....
۱۶۷	۴-۴-۱- تئوری هرتر.....
۱۷۳	۴-۴-۲- تئوری کارتر.....
۱۷۶	۴-۴-۳- تئوری خطی کالکر.....
۱۷۹	۴-۴-۴- تئوری تجربی کالکر.....
۱۸۰	۴-۴-۵- تئوری جانسون-ورمولن.....
۱۸۵	۴-۴-۶- تئوری غیر خطی.....
۱۸۵	۴-۴-۷- تئوری شن.....
۱۸۶	۴-۴-۸- تئوری پلاج.....
۱۸۷	۴-۵- کدهای کامپیوتری بر اساس تئوریهای موجود.....
۱۸۷	۴-۵-۱- برنامه کامپیوتری بر مبنای تئوری عددی دقیق.....
۱۸۹	۴-۵-۲- برنامه های کامپیوتری بر مبنای تئوری ساده شده کالکر.....
۱۹۰	۴-۵-۳- برنامه کامپیوتری بر پایه تئوریهای انطباق منحنی.....
۱۹۱	۴-۵-۴- الگوریتم پلاج.....

۱۹۵	۴-۶- معادلات حاکم بر سایش چسبان
۱۹۷	۴-۷- معادلات حاکم بر سایش خراشان
۱۹۷	۴-۸- معادلات حاکم بر سایش ورقه‌ای
۱۹۹	۴-۹- معادلات حاکم بر سایش تراپوشیمی
۱۹۹	۴-۱۰- روابط حاکم بر سایش خستگی سطحی
۲۰۰	خود آزمایی
۲۰۱	مراجع
۲۰۳	فصل پنجم: نرم افزارهای متداول برای بررسی سایش چرخ و ریل
۲۰۵	۵-۱- مقدمه
۲۰۶	۵-۲- نرم افزار نیوکارز
۲۰۸	۵-۳- نرم افزار مدینا
۲۱۱	۵-۴- نرم افزار ومپایر
۲۱۲	۵-۵- نرم افزار آدامز - ریل
۲۱۳	۵-۶- نرم افزار جنسیس
۲۱۶	۵-۷- نرم افزار یو.ام
۲۱۷	خود آزمایی
۲۱۸	مراجع
۲۱۹	فصل ششم: روش‌های تجربی-آزمایشگاهی اندازه‌گیری سایش در چرخ‌های وسائط نقلیه ریلی
۲۲۱	۶-۱- مقدمه
۲۲۱	۶-۲- دستگاه‌های پروفیل نگار
۲۲۲	۶-۳- پروفیل نگار چرخ
۲۲۴	۶-۴- پروفیل نگار چرخ وسائط نقلیه سبک
۲۲۵	۶-۵- پروفیل نگار دو سر چرخ
۲۲۵	۶-۶- پروفیل نگار ریل
۲۲۷	۶-۷- خصوصیات فنی دستگاه پروفیل نگار چرخ و ریل
۲۲۷	۶-۸- نرم افزار پروفیل نگار
۲۲۹	۶-۹- نحوه استفاده از دستگاه پروفیل نگار چرخ
۲۳۱	۶-۱۰- نحوه استفاده از دستگاه پروفیل نگار ریل

۲۳۲.....	۶-۱۱- محاسبات هندسی چرخ و ریل بوسیله پروفیل نگار.....
۲۳۲.....	۶-۱۱-۱- محاسبه پارامترهای سایش پروفیل.....
۲۳۳.....	۶-۱۱-۲- محاسبه پارامتر شعاع فلانج چرخ.....
۲۳۳.....	۶-۱۱-۳- محاسبه پارامترهای سایشی ریل.....
۲۳۴.....	۶-۱۱-۴- محاسبه شعاع تاج ریل.....
۲۳۵.....	۶-۱۱-۵- محاسبه پهنای سطح بالای فارچ ریل.....
۲۳۵.....	۶-۱۱-۶- محاسبه طول پروفیل.....
۲۳۶.....	۶-۱۱-۷- زاویه.....
۲۳۶.....	۶-۱۱-۸- انحنا.....
۲۳۷.....	۶-۱۱-۹- پسماندها.....
۲۳۷.....	۶-۱۱-۱۰- پسماند عمودی.....
۲۳۸.....	۶-۱۱-۱۱- مساحت.....
۲۳۸.....	۶-۱۱-۱۲- محاسبه پهنای فلانج.....
۲۳۹.....	۶-۱۱-۱۳- سایش پشت فلانج چرخ.....
۲۳۹.....	۶-۱۱-۱۴- قطر چرخ در قسمت فلانج.....
۲۳۹.....	۶-۱۱-۱۵- تفاضل سایش دو پروفیل چرخ.....
۲۴۰.....	۶-۱۱-۱۶- گردشگی سطح تماس غلتشی چرخ.....
۲۴۰.....	۶-۱۲- قابلیت‌های انطباق اتوماتیک نسبت به پروفیل مرجع.....
۲۴۰.....	۶-۱۲-۱- انطباق چرخ.....
۲۴۱.....	۶-۱۲-۲- انطباق در مخروطی پروفیل.....
۲۴۱.....	۶-۱۲-۳- انطباق پروفیل در پشت فلانج.....
۲۴۲.....	۶-۱۳- دستگاه پین روی دیسک.....
۲۴۵.....	۶-۱۴- دستگاه دو غلطک.....
۲۴۵.....	۶-۱۵- تعیین نقشه سایشی با استفاده از دستگاههای اندازه گیری سایش.....
۲۴۹.....	خود آزمایی.....
۲۵۰.....	مراجع.....
۲۵۱.....	پیوست: معادل انگلیسی اسامی، لغات و اصطلاحات.....