بسمه تعالی

آشنایی با واگن های باری راه آهن

«پدید آورندگان»
مهندس غلامرضا آقاجانی،مهندس محسن طلیعه نوری،
مهندس سید محمد مکی و مهندس محمود نصیری

«با همکاری»
مهندس غلامرضا دانشی

گروه آموزش ناوگان

مرکز آموزش عالی علمی –کاربردی راه آهن جمهوری اسلامی ایران

بهمن ماه–۱۳۸۷

سرشناسه :آقاجانی، غلامرضا، ۱۳۴۹
عنوان ونام پدید آور :آشنایی با واگن های باری راه آهن/ تألیف:غلامرضا آقاجانی، محسن طلیعه نوری، محمد مکی؛ ویراستار ناصر مجیدی فرد؛ [برای] گروه آموزش ناوگان مرکز آموزش عالی علمی– کاربردی راه آهن جمهوری اسلامی ایران.
مشخصات نشر : تهران :طاهر ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری : ۲۶۴ص.:مصور، جدول
شابک :۵۰۰۰۰ ریال:978-964-507-134-7
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : راه آهن –واگن های باری – نگهداری وتعمیر.
شناسنامه افزوده : طلیعه نوری، محسن، ۱۳۴۶ .
شناسنامه افزوده : مکی، محمد، ۱۳۴۹ .
شناسنامه افزوده : مرکز آموزش عالی علمی–کاربردی راه آهن جمهوری اسلامی ایران–گروه آموزش ناوگان
رده بندی کنگره : ۱۳۸۷ ۵آ۷آ/ ۴۰۷ TF
رده بندی دیویی : ۶۲۵/۲۴۰۲۸۸
شماره کتاب شناسی ملی : ۱۵۵۱۵۰۷

مرکز آموزش عالی علمی –کاربردی راه آهن:میدان راه آهن ،خیابان دشت آزادگان ، درب غربی راه آهن، حوزه شش،ساختمان مرکز آموزش

- **سایت مرکز آموزش :** http://www.raitc.rai.ir
- **پست الکترونیکی :** Rwamaouzesh @ rai.ir

عنوان: آشنایی با واگن های باری راه آهن
تألیف: مهندس غلامرضا آقاجانی، مهندس محسن طلیعه نوری، مهندس سید محمد مکی.مهندس محمود نصیری
ویرایش ادبی : ناصر مجیدی فرد
صفحه آرایی: الهه ابراهیمی شادمان
ناشر: موسسه فرهنگی هنری طاهر
شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه
نوبت چاپ: اول–۱۳۸۷
قیمت: ۴۰۰۰ تومان

«کلیه حقوق این اثر برای مرکز آموزش عالی علمی–کاربردی راه آهن محفوظ می باشد.»

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

پیشگفتار ۷

سخنی با خواننده ۹

فصل اول: واگن های راه آهن

۱– واگن های راه آهن ۱۳

۱–۱ مقدمه ۱۳

۱–۲ قسمت های تشکیل دهنده ی واگن ۱۳

۱–۲–۱ شاسی و بدنه ی واگن ۱۴

۱–۲–۲ سامانه ی حرکتی واگن ۱۴

۱–۲–۳ سامانه ی توقف (ترمز) واگن ۱۶

۱–۳ تجهیزات اتصال دو واگن ۱۷

۱–۴ تجهیزات جذب کننده ی ضربه ۱۸

۱–۵ واگن های مسافری(سالن ها) ۱۹

۱–۶ واگن های باری ۲۰

۱–۶–۱ واگن های مسطح ۲۱

۱–۶–۲ واگن های فله بر ۲۴

۱–۶–۳ واگن های لبه دار (گاندولا) ۲۶

۱–۶–۴ واگن مسقف ۳۱

۱–۶–۵ واگن مخزن ۳۳

۱–۶–۶ واگن یخچال ۳۶

۱–۶–۷ واگن های حمل حیوانات ۳۸

۱–۶–۸ واگن حمل خودرو ۴۱

۱–۶–۹ واگن های حمل کالاهای سنگین(اشنابل) ۴۴

۱–۶–۱۰ کابوس ها ۴۷

۱–۷ ناوگان باری راه آهن ایران ۴۹

فصل دوم: سامانه ی حرکتی واگن های باری

۲- سامانه ی حرکتی واگن های باری ۶۱
۲-۱ مقدمه ۶۱
۲-۲ بوژی ۶۱
۲-۳ طبقه بندی بوژی ها ۶۲
۲-۳-۱ طبقه بندی بوژی ها بر اساس تعداد محور ۶۳
۲-۳-۲ طبقه بندی بوژی بر اساس نوع فریم ۶۶
۲-۳-۳ طبقه بندی بوژی ها بر اساس کیفیت حرکت ۶۷
۲-۳-۴ طبقه بندی بوژی ها بر اساس بار محوری ۶۷
۲-۳-۵ طبقه بندی بوژی ها برمبنای مفصل دار بودن ۶۸
۲-۴ ساختار بوژی های باری ۶۹
۲-۵ بوژی های با فریم یک پارچه ۷۰
۲-۵-۱ فریم ۷۲
۲-۵-۲ سیستم تعلیق ۸۱
۲-۵-۳ سیستم محدود کننده ی حرکت دورانی حول محور طولی خط ۹۳
۲-۵-۴ سیستم اهرم بندی ترمز بوژی ۹۷
۲-۵-۵مجموعه ی چرخ و محور(Wheelset) ۱۰۷
۲-۵-۶ سیستم میرا کننده ی نوسانات ۱۱۹
۲-۵-۷ معرفی معروف ترین بوژی های با فریم یک پارچه ۱۲۰
۲-۶ بوژ ی های با فریم سه تکه ۱۲۸
۲-۶-۱ فریم ۱۲۹
۲-۶-۲ سیستم تعلیق ثانویه ۱۳۷
۲-۶-۳ سیستم محدود کننده ی حرکت دورانی حول محور طولی ۱۴۰
۲-۶-۴ سیستم اهرم بندی ترمز ۱۴۱
۲-۶-۵ مجموعه ی چرخ و محور ۱۵۱
۲-۶-۶ سیستم میرا کننده ی نوسانات ۱۵۶
۲-۶-۷ تیر ا تکایی سنسور تشخیص میزان بار ۱۵۸

فصل سوم: سیستم های اتصال واگن ها

۳- سیستم های اتصال واگن ها ۱۶۱
۳-۱ مقدمه ۱۶۱
۳-۲ مفاهیم ۱۶۲
۳-۲-۱ نیرو ۱۶۳
۳-۲-۲ اصطکاک ۱۶۵
۳-۲-۳ انرژی ۱۶۵
۳-۲-۴ انرژی جنبشی ۱۶۶
۳-۲-۵ گشتاور ۱۶۶
۳-۲-۶ ضربه ۱۶۷
۳-۲-۷ تنش ۱۶۸
۳-۳ کوپلینگ ۱۶۹
۳-۳-۱ سیستم اتصال غیر اتوماتیک ۱۷۰
۳-۳-۲ سیستم اتصال اتوماتیک ۱۷۷
۳-۴ ضربه گیر ۱۹۱
۳-۴-۱ ضربه گیر با فنر حلزونی ۱۹۲
۳-۴-۲ ضربه گیر رینگ فدر ۱۹۵
۳-۵ تامپون ۲۰۰
۳-۶ تشریح فنر اصطکاکی ۲۰۳
۳-۶-۱ مشخصه ها ۲۰۳
۳-۶-۲ الگوی تنش در حلقه ها ۲۰۵
۳-۶-۳ میرایی فنر اصطکاکی ۲۰۵
۳-۶-۴ روانکاری ۲۰۵
۳-۶-۵ اندازه های ساخت ۲۰۶
۳-۶-۶ محدوده ی کاربرد ۲۰۶

فصل چهارم: ترمز گیری در واگن های باری

۴– ترمز گیری در واگن های باری ۲۱۱
۴–۱ مقدمه ۲۱۱
۴–۲ اصول ترمزگیری ۲۱۱
۴–۲–۱ محاسبه ی نیروی کفش ترمز ۲۱۳
۴–۲–۲ زمان ترمز گیری و آزاد سازی ۲۱۳
۴–۲–۳ مبانی دینامیکی ترمزگیری ۲۱۵
۴ –۲–۴ ضریب اصطکاک و پدیده ی سرخوردن ۲۱۷
۴–۳ ترمز آلات ناقله ی ریلی ۲۱۹
۴–۴ تجهیزات مورد استفاده در سیستم ترمز هوایی غیر مستقیم ۲۲۶
۴–۴–۱ تجهیزات اصلی ترمز هوایی در لکوموتیو ۲۲۷
۴–۴–۲ تجهیزات اصلی ترمز هوایی در واگن ۲۳۴
۴–۵ عملکرد سیستم ترمز در هر واگن از یک قطار باری ۲۳۷
۴–۵–۱ حالت هواگیری ۲۳۷
۴–۵–۲ حالت ترمز گیری ۲۳۹
۴–۵–۳ حالت آزاد سازی ۲۴۰
۴–۵–۴ حالت اضطراری ۲۴۰
۴–۶ سیستم های ترمز مورد استفاده در ناوگان باری ایران ۲۴۰
۴–۶–۱ سوپاپ سه قلوهای کنور با علامت اختصاریKE ۲۴۱
۴–۶–۲ سوپاپ سه قلوی روسی مدل 483M ۲۵۰

مراجع ۲۵۹

معرفی کتاب های منتشر شده در مرکز آموزش راه آهن ۲۶۱

بسمه تعالی

پیشگفتار:

مرکز آموزش راه آهن به عنوان پشتیبان و مجری اصلی تربیت نیروی انسانی متخصص برای واحد های مختلف در راه آهن، همواره وظیفه ی خود می داند تا با بهره گیری از منابع مستند و استانداردها اطلاعات پراکنده و تجربیات کارکنان تلاشگر را به صورت مراجع با ارزش و قابل استناد در اختیار کارکنان، پژوهشگران و دانشجویان قرار دهد.

در همین راستا ، از سال ۱۳۷۹ تا کنون بیش از ۴۰ جلد کتاب در زمینه های گوناگون تخصصی ریلی توسط این مرکز منتشر شده است.

علیرغم وجود جزوات درسی متفاوت در خصوص معرفی واگن های باری در ایران، از آنجا که هماهنگی لازم بین مطالب جزوات مختلف وجود نداشت، تصمیم بر آن گرفته شد تا با استفاده از کارشناسان مجرب در این زمینه، مرجعی قابل اعتماد و مستند در اختیار همکاران قرار گیرد .

در این خصوص با همکاری اداره ی کل واگن های باری و این مرکز، کار تهیه و تدوین کتاب حاضر که مقدمه ای بر آشنایی با واگن های باری راه آهن جمهوری اسلامی است آغاز گردید.

این کتاب به عنوان اولین اثر در خصوص معرفی انواع واگن های باری در ایران شامل معرفی تجهیزات مختلف واگن اعم از آلات ناقله ، تجهیزات ترمز و تجهیزات اتصال واگن ها می باشدکه حاصل تلاش گروهی از کارشناسان خبره ی راه آهن در زمینه ی واگن های باری است.

در این خصوص لازم است از زحمات آقایان غلامرضا آقاجانی، محسن طلیعه نوری ، محمد مکی و محمود نصیری که تألیف کتاب حاضر را به عهده داشتند تقدیر ویژه به عمل آید . همچنین از تلاش های سرکار خانم شهرزاد نصر الهی در امر ترجمه ی متون فرانسوی، آقای ناصر مجیدی فرد در امر ویراستاری ادبی و آماده سازی نهایی کتاب برای چاپ و نیز آقای غلامرضا دانشی که هماهنگی گروه را به عهده داشتند، تقدیر و تشکر می گردد.

شایان ذکر است ، ارائه ی نظرات و پیشنهادات توسط اساتید و صاحب نظران امور ناوگان و سیر و حرکت در خصوص بهبود کتاب مذکور موجب امتنان می باشد.

حسین شاپوری

مدیر کل مرکز آموزش راه آهن

جمهوری اسلامی ایران

بسمه تعالی

سخنی با خواننده

با پیشرفت روز افزون صنعت حمل ونقل و افزایش تقاضا برای حمل بار توسط وسایل نقلیه ریلی و همچنین با توجه به برنامه‌ی توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی که تا سال ۱۳۹۰ می‌بایست سهم راه‌آهن از کل حمل بار کشوری ۳۰٪ باشد، نیاز به آموزش و ارتقای دانش فنی دست اندرکاران این صنعت، تهیه و تدوین برنامه‌های آموزشی مدونی را ایجاب می کند که در این راستا کتاب‌های شناسایی و آشنایی با مجموعه‌ها، قطعات و سیستم‌های مرتبط و کاربری آنها یکی از مفیدترین ابزارها می‌تواند باشد. در همین راستا از چندی پیش با همکاری مرکز آموزش و اداره کل واگن‌های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، تصمیم گرفته شد تا کتاب آشنایی با واگن‌های باری جهت استفاده‌ی دانشجویان و علاقمندان به صنعت حمل و نقل ریلی تهیه گردد. با عنایت به اینکه امروزه یکی از اصلی‌ترین ارکان هر صنعت، خصوصاً راه‌آهن، استاندارد است، سعی بر آن بوده که هر فصل از کتاب با نگرش مناسب و مقتضی به استانداردهای رایج و مدارک معتبر، جمع آوری و ارائه گردد. لذا مستند بودن مطالب کتاب حاضر از اصولی بوده که همواره مد نظر مؤلفین آن قرار داشته است.

دراینجا لازم می‌دانیم از مدیریت محترم مرکز آموزش جناب آقای مهندس شاپوری و همچنین مدیر کل محترم اداره ی کل واگن های باری جناب آقای مهندس نقاشی که علیرغم کمبود نیروی کارشناسی کافی جهت انجام امور محوله، بستر مناسبی جهت امر پژوهش وجمع آوری مطالب این کتاب فراهم آوردند، تشکر و قدر دانی ویژه داشته باشیم. همچنین از زحمات جناب آقای علی یوحنایی که در امر آماده سازی برخی از تصاویر تلاش فراوانی نمودند و دیگر عزیزانی که در تدوین این مجموعه ما را یاری رساندند، سپاسگزاریم.

معتقدیم همواره مسایلی وجود دارد که از دید پنهان می‌مانند و نیز هر کاری برای باقی ماندن نیاز به اصلاح و بهبود و به‌روزآوری دارد. لذا امید است استفاده کنندگان این کتاب با ارائه‌ی انتقادات و پیشنهادات سازنده‌ی خود ما را در بهبود و رفع معایب آن راهنمایی نمایند.

مؤلفین

فصل اول

واگن‌های راه‌آهن

۱- واگن های راه آهن

۱-۱- مقدمه

واگن‌های راه‌آهن، وسایل نقلیه‌ی ریلی هستند که فاقد نیروی کشش بوده و توسط لکوموتیو یا کشنده‌ی دیگری به حرکت در می‌آیند. این واگن‌ها قابلیت اتصال به یکدیگر را داشته و مجموعه‌ای از آنها که توسط لکوموتیو به حرکت در می‌آید را یک «رام قطار» می‌نامند.

اگر چه بیشتر واگن‌های راه‌آهن به منظور کسب درآمد طراحی می‌شوند، با این وجود واگن‌هایی نیز وجود دارند که در کسب درآمد راه‌آهن دخالتی ندارند (مانند واگن‌های ویژه‌ی تعمیرات خطوط و...).

واگن‌های درآمدزا به دو دسته‌ی الف ـ واگن‌های مسافری و ب ـ واگن‌های باری تقسیم می‌شوند که این فصل قصد دارد به معرفی انواع واگن‌های باری بپردازد. لیکن قبل از شروع به معرفی انواع واگن‌های باری، لازم است مختصری راجع به قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده‌ی یک واگن که در تمامی انواع آن مشترک بوده و فارغ از نوع واگن می‌باشند، پرداخته شود. پس از آن معرفی کوتاهی در مورد واگن‌های مسافری ارائه خواهد شد و سپس انواع مختلف واگن‌های باری که عمومیت بیشتری در سطح بین المللی دارند، معرفی می‌گردند.

۱-۲- قسمت‌های تشکیل دهنده‌ی واگن

قسمت‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی یک واگن راه‌آهن عبارتند از:

- شاسی و بدنه‌ی واگن
- سامانه‌ی حرکتی واگن
- سامانه‌ی توقف (ترمز) واگن

- تجهیزات اتصال دو واگن
- ضربه گیرها و تجهیزات جذب کننده‌ی ضربات واگن ها به یکدیگر

در ادامه شرح مختصری راجع به موارد بالا ارائه می گردد.

۱-۲-۱- شاسی و بدنه‌ی واگن

به زیرساختاری که به عنوان چارچوب اصلی و اسکلت بدنه‌ی واگن به کار می‌رود، شاسی واگن می گویند. این بخش وظیفه‌ی تحمل و توزیع بار اعمال شده روی واگن (از طریق کالا یا مسافر و نیز خود بدنه ی واگن) و تحمل نیروهای طولی و جانبی وارده به واگن در زمان حرکت و ضربات ناشی از آن را بر عهده دارد. بدنه‌ی واگن نیز فضای مناسب و ایمن را برای بار یا سرنشین تامین می‌نماید. به عنوان مثال شکل بدنه‌ی یک واگن حمل الوار با یک واگن حمل گاز کاملا متفاوت می‌باشد. واگن های مختلف معمولاً بر اساس شکل بدنه و تجهیزات موجود بر روی آن تقسیم‌بندی می شوند.

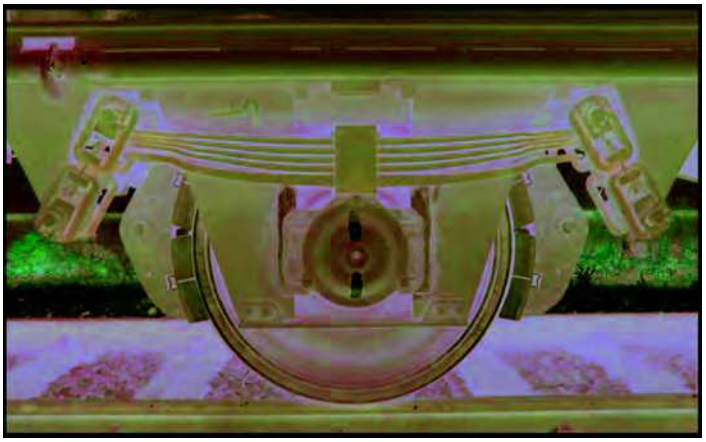
۱-۲-۲- سامانه‌ی حرکتی واگن

این سامانه همان‌طور که از نامش برمی‌آید، وظیفه‌ی حرکت و جابجایی واگن را به عهده دارد. تجهیزات مربوط به سیستم تعلیق (فنربندی)، چرخها و دیگر ادوات تسهیل کننده‌ی حرکت، بخشی از سامانه ی توقف واگن، امکانات تسهیل گردش واگن در قوس ها و دیگر تجهیزات دینامیکی در این سامانه قرار دارند.

بر اساس نوع سامانه‌ی حرکتی، واگن ها به دو دسته‌ی بوژی‌دار و فاقد بوژی تقسیم می‌شوند. بوژی وسیله‌ای ارابه مانند است که دارای چارچوبی برای در بر گرفتن چرخها است و در زیر شاسی واگن قرار می گیرد. به طور کلی در سامانه ی حرکتی واگن های امروزی، هر دو چرخ بر روی یک محور قرار می گیرند و یک مجموعه‌ی متشکل از دو چرخ و یک محور را تشکیل می‌دهند که اصطلاحاً به آن «چرخ و محور» گفته می‌شود. در واگن های فاقد بوژی، چرخ و محورها توسط تجهیزاتی که مستقیماً به شاسی واگن متصل

هستند، در بر گرفته می‌شوند. در حالی که در واگن‌های بوژی‌دار چرخ و محورها توسط بخش‌هایی از بوژی با بقیه‌ی قسمت‌های سامانه‌ی حرکتی در تماس هستند. در واگن‌های بوژی‌دار معمولا برای هر واگن از دو بوژی استفاده می‌شود. هرچند در موارد استثنا بوژی‌ها در محل اتصال دو واگن قرار می‌گیرند. بوژی‌ها در انواع دومحوره، سه‌محوره و چهارمحوره ساخته می‌شوند. چنانچه تعداد محورهای بیشتری برای یک واگن مورد نیاز باشد، تعداد بوژی‌های واگن را افزایش می‌دهند.

اطلاعات کامل‌تر در مورد سامانه‌ی حرکتی واگن‌ها در فصلی جداگانه ارائه خواهد شد. شکلهای ۱-۱ و ۱-۲ نمونه‌ای از این دو نوع سامانه ی حرکتی را نشان می‌دهند.



شکل۱-۱) سامانه‌ی حرکتی فاقد بوژی

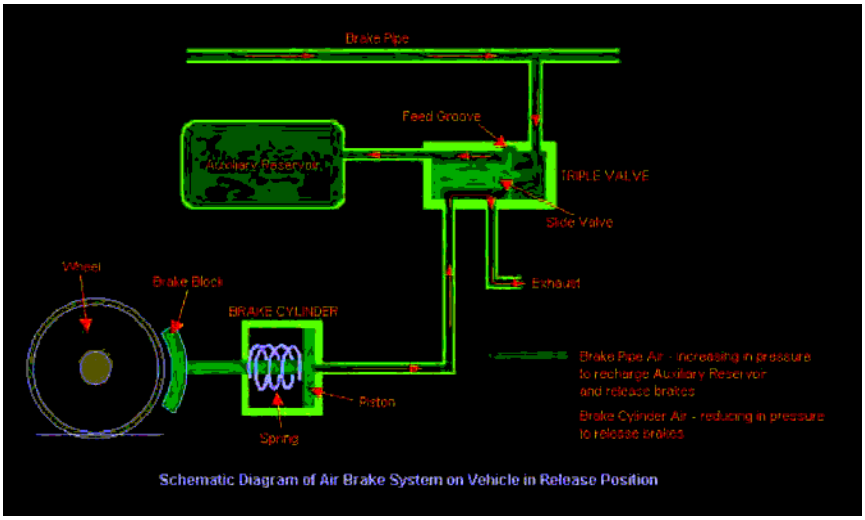
شکل۱-۲) تصویر یک نوع بوژی باری

۱-۲-۳- سامانه‌ی توقف (ترمز) واگن

این سامانه متشکل از تجهیزات مورد نیاز برای متوقف کردن واگن است. کنترل سامانه‌ی ترمز معمولاً به صورت پنوماتیکی یا الکتروپنوماتیکی انجام می گیرد. ترمزهای مغناطیسی و مکانیکی نیز در برخی موارد کاربرد دارند. سیستم رایج ترمز در ناوگان ریلی ایران، ترمز هوایی (پنوماتیکی) است که بخش های اصلی تشکیل دهنده‌ی آن در یک واگن عبارتند از:

- لوله‌ی اصلی هوا
- سوپاپ سه‌قلو (توزیع)
- مخزن فرعی هوا
- سیلندر ترمز
- اهرم‌بندی انتقال و تقویت نیروی ترمز
- بلوک های اصطکاکی جهت انجام عمل ترمز

نحوه‌ی ارتباط این بخش ها در شکل ۱-۳ نشان داده شده است و جزئیات بیشتر در فصلی جداگانه ارائه خواهد شد.



شکل ۱-۳) نحوه‌ی ارتباط تجهیزات ترمز واگن با یکدیگر

۱-۳- تجهیزات اتصال دو واگن

واگن‌های مختلف یک قطار معمولاً با ادواتی به نام قلاب به یکدیگر متصل می شوند. هرچند همان‌طور که گفته شد در برخی انواع قطارها، بوژی‌ها در محل اتصال دو واگن قرار گرفته و به این ترتیب واگن‌ها به یکدیگر متصل می گردند.

قلاب‌ها در دو نوع زنجیری و اتوماتیک ساخته می‌شوند. قلاب‌های زنجیری به هنگام اتصال، نیاز به مداخله‌ی دست داشته و مانورچی باید پس از نزدیک شدن دو واگن به یکدیگر، به میان دو واگن رفته و اتصال دو واگن را برقرار نماید. در هنگام انفصال نیز مجدداً پس از قطع اتصال دو واگن به صورت دستی و توسط مانورچی، می‌توان واگن‌ها را از یکدیگر دور کرد. در صورتی که در قلاب‌های اتوماتیک برخورد ضعیف دو واگن سبب اتصال دو واگن شده و نیازی به مداخله‌ی مانورچی ندارد. در هنگام انفصال دو واگن دارای قلاب اتوماتیک نیز مانورچی می‌تواند با بلند کردن اهرمی که در کنار واگن تعبیه شده، ضامن قلاب‌ها را آزاد نموده و درواقع عمل انفصال را انجام دهد. شکل‌های ۱-۴ و ۱-۵ نمونه‌ای از قلاب زنجیری و اتوماتیک را نشان می‌دهند.

شکل ۱-۴) قلاب زنجیری

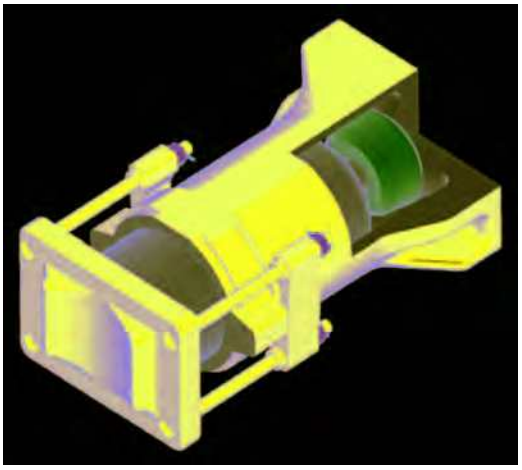
شکل ۱-۵) قلاب اتوماتیک

۱-۴- تجهیزات جذب کننده‌ی ضربه

ضربه گیرها و یا تجهیزات جذب کننده‌ی ضربات واگن ها به یکدیگر، که در هنگام اتصال و یا در اثر نوسانات حرکتی به وجود می آیند، وظیفه‌ی میرا کنندگی این ضربات را به عهده داشته و تا حدود زیادی از وارد آمدن شوک به قطار جلوگیری می کنند.

در واگن های فاقد قلاب اتوماتیک، این تجهیزات به نام تامپون شناخته شده و در دو انتهای واگن و در دو سمت آن نصب می شوند. یعنی تعداد ۴ تامپون برای هر واگن استفاده می گردد. همان طور که گفته شد تامپون ها از وارد کردن ضربات شدید توسط واگن ها به یکدیگر جلوگیری کرده و با سیستم فنر و مستهلک کننده‌ی داخل خود، آنها را میرا می کنند. همین عمل در واگن های دارای قلاب اتومات، توسط ضربه گیری که در پشت قلاب قرار دارد، انجام می شود. شکل های ۱-۶ و ۱-۷ نمونه ای از تامپون و ضربه گیر قلاب را نشان می دهند. فصل سوم شامل جزئیات بیشتری از این سیستم ها می باشد.

شکل ۱-۶) تامپون که در دوطرف واگن قرار گرفته است



شکل ۱-۷) نوعی ضربه‌گیر قلاب اتوماتیک

۱-۵- واگن‌های مسافری (سالن‌ها)

این نوع واگن‌ها به منظور جابجایی مسافر طراحی می‌شوند و دارای امکانات ضروری و رفاهی مورد نیاز

مسافران در طول مسیر می‌باشند. طراحی این واگن‌ها بسته به نوع کاربردشان از نظر مسافرت در مسافتهای کوتاه یا طولانی، دارای تفاوت‌هایی از نظر امکانات رفاهی، نحوه استقرار مسافران و ... است.

وظیفه‌ی اصلی واگن‌های مسافری؛ جابجایی مسافران با در نظر گرفتن امنیت و آسایش آنان در حداقل زمان ممکن می‌باشد. گستردگی انواع مختلف واگن‌های مسافری به حدی است که معرفی تمامی آنان در این فرصت کوتاه امکان‌پذیر نیست و در اینجا تنها به ذکر اسامی چند نمونه از آنها بسنده می کنیم:

- سالن‌های مسافری محلی برای مسافت‌های کوتاه
- سالن‌های مسافری بین شهری برای مسافت‌های طولانی
- سالن‌های نمایش تئاتر مورد استفاده در قطارهای با سیر طولانی
- سالن‌های مسافری با امکانات خواب
- سالن‌های مسافری دو طبقه
- ترن‌ست‌ها و ...

۱-۶- واگن‌های باری

واگن‌های باری به منظور جابجایی و حمل بار و کالا طراحی می‌شوند و وظیفه‌ی اصلی آنها حمل بار و کالا بدون وارد آوردن صدمه به آنها است. این نوع از واگن‌ها به منظور تامین کیفیت مناسب برای حمل کالاهای گوناگون، از نظر شکل ظاهری در انواع بسیار مختلفی طراحی می‌شوند.

عمومی‌ترین انواع واگن‌های باری عبارتند از:

- واگن‌های مسطح
- واگن‌های مسقف
- واگن‌های لبه‌دار (گاندولا)
- واگن‌های فله‌بر

- واگن های مخزن
- یخچال ها
- واگن های حمل خودرو
- واگن های اشنابل
- واگن های حمل حیوانات

در راه‌آهن ایران علاوه بر موارد فوق، واگن های انتهایی (کابوسها) نیز علیرغم درآمدزا نبودنشان و به دلیل ارتباط کاربری بسیار نزدیک آنها با واگن های باری، جزء ناوگان واگن های باری محسوب می شوند.

انواع یاد شده در بالا، در ادامه به اختصار شرح داده خواهند شد.

۱-۶-۱- واگن های مسطح

واگن های باری فاقد دیواره و سقف دائمی را واگن مسطح می‌نامند. یک واگن مسطح نوعی وسیله‌ی ریلی با عرشه‌ای مسطح و روباز است که بر روی یک جفت بوژی قرار دارد. لبه‌های عرشه می تواند دارای مقرهایی جهت نصب دیرکهای نگهدارنده‌ی بار و یا به منظور بستن بار باشد. واگن های مسطح جهت حمل بارهای سنگین و دارای حمل و نقل مشکل استفاده می شوند. همچنین این واگن ها به منظور حمل کانتینر و تریلر نیز به کار می‌روند. شکل ۱-۸ یک نمونه از این نوع واگن ها را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۸) واگن مسطح

گاهی اوقات واگن‌های مسطح، به منظور استفاده‌های خاص، طراحی‌ها و شکل‌های ویژه‌ای به خود می‌گیرند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

۱-۶-۱-۱- واگن‌های مسطح با دیواره‌های انتهایی

در این نوع واگن‌ها (شکل ۱-۹) دیواره‌های انتهایی به منظور جلوگیری از لغزش بار در دو انتها تعبیه شده‌اند. بارهایی که عموماً با این نوع واگن‌ها حمل می‌شوند عبارت از لوله، قطعات فولادی، دیرک، الوار و امثال اینها می‌باشند. اگر چه الوارها بیشتر با واگن‌های دارای دیواره‌ی میانی حمل می‌شوند.

۱-۶-۱-۲- واگن‌های مسطح با دیواره‌ی میانی

واگن‌های مسطح با دیواره‌ی میانی (شکل ۱-۱۰) واگن‌های ویژه‌ای هستند که به منظور حمل مصالح ساختمانی بسته بندی شده مانند، الوارهای ابعادی، صفحات دیوارها و نرده‌های پرچین‌ها طراحی شده‌اند. طراحی آنها بر همان مبنای واگن‌های مسطح با دیواره‌ی انتهایی، یعنی به منظور جلوگیری از حرکت بار، می‌باشد. با این تفاوت که به یک تیر I شکل طولی با اجزای عمودی یا قطری مجهز شده‌اند. این واگن‌ها باید به صورت متقارن بارگیری شوند. یعنی به این صورت که نیمی از بار در یک طرف دیواره‌ی میانی و نیمی دیگر در طرف دیگر قرار داده شود.

شکل ۱-۹) واگن مسطح با دیواره‌ی انتهایی

شکل۱-۱۰) واگن مسطح با دیواره‌ی میانی

۱-۶-۱-۳- واگن‌های مسطح نرده‌دار

برخی انواع واگن‌های مسطح مجهز به نرده‌های جانبی هستند. این نوع واگن‌ها به منظور حمل بارهایی که امکان لغزش آنها به کناره‌ها وجود دارد یا مهار کردن آنها به سادگی امکان‌پذیر نیست، به کار می‌روند. بارهایی نظیر الوارها و لوله‌های کم قطر از نمونه بارهایی هستند که با این واگن‌ها حمل می‌شوند.

۱-۶-۱-۴- واگن‌های مسطح سنگین (کمرشکن)

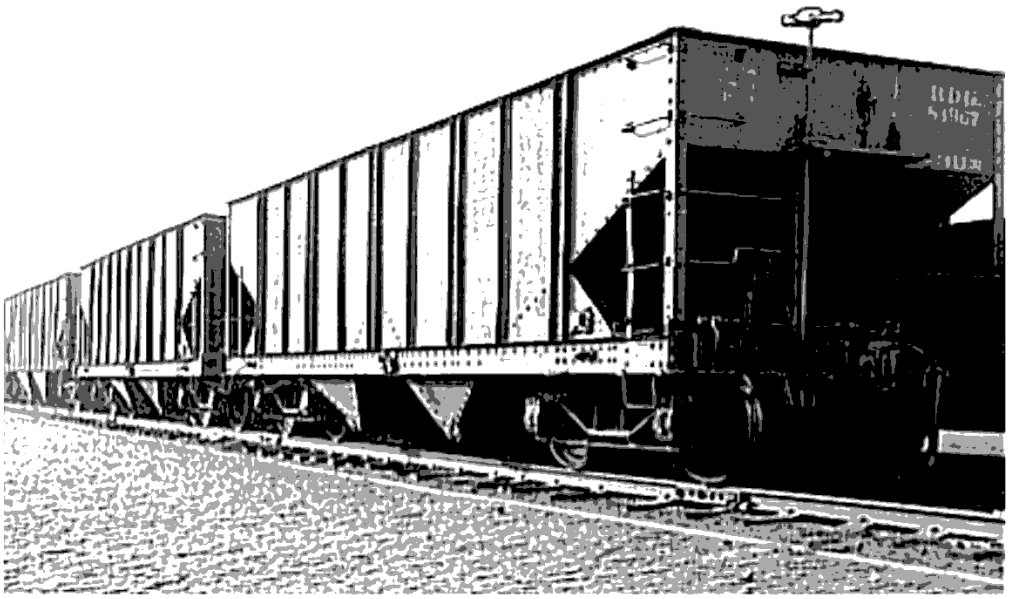
واگن‌های مسطح سنگین به منظور حمل بارهای بسیار سنگین طراحی شده‌اند. تعداد محورهای این واگن‌ها معمولاً بیش از ۴ محور می‌باشد. برخی انواع این واگن‌ها دارای قسمت میانی فرو رفته هستند تا ارتفاع زیاد بار را جبران کنند. بارهایی که معمولاً با این واگن‌ها حمل می‌شوند عبارت از تجهیزات توان الکتریکی و ماشین آلات صنعتی بزرگ هستند. شکل ۱-۱۱ یک نمونه از این نوع واگن را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱۱) واگن کمرشکن

۱-۶-۲- واگن های فله بر

واگن فله‌بر، نوعی از واگن های باری است که به منظور حمل بارهای فله مورد استفاده قرار می گیرد. تفاوت این واگن ها با واگن لبه‌بلند در این است که فله‌برها دارای دریچه های تخلیه‌ی بار در قسمت تحتانی یا کناره ها هستند. طراحی این واگن ها پس از مکانیزه شدن بارگیری و تخلیه شکل گرفت. دو نوع اصلی واگن های فله‌بر وجود دارند: واگن های فله بر روباز و سرپوشیده. شکل ۱-۱۲ یک واگن فله‌بر روباز دو دریچه‌ای را نشان می‌دهد.

در سال های اخیر در آمریکای شمالی واگن های فله‌بر روباز را با دستگاه واگن گردان و از بالا تخلیه می کنند. این روش تخلیه به علت سادگی و سرعت، به روش های قبلی ترجیح داده شده است. به همین دلیل هر چند هنوز تعداد زیادی واگن فله‌بر روباز در شبکه های ریلی وجود دارد، امروزه به جای واگن های فله‌بر روباز از واگن های لبه‌بلند نیز استفاده می کنند.



شکل ۱-۱۲) واگن فله‌بر روباز

واگن‌های فله‌بر سرپوشیده، به منظور حمل محموله‌هایی که نیاز به حفاظت در برابر عواملی مانند باد و باران و ... دارند؛ مانند انواع دانه‌ها (نظیر ذرت، گندم، جو و ...) استفاده می‌شوند. برخی انواع فله‌برهای سرپوشیده جهت حمل سیمان، فسفات و دیگر محموله‌هایی که به صورت پودر هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فله‌برهای سرپوشیده (شکل ۱-۱۳) از لحاظ ساختاری بسیار شبیه نوع روباز هستند. بدنه‌ی واگن شامل یک هوپر بزرگ با دریچه‌های تخلیه تحتانی می‌باشد. فله‌برهای سرپوشیده و روباز نه تنها در پوشش سقف، بلکه در اندازه ی واگن نیز با هم تفاوت دارند. فله‌برهای سرپوشیده نوعاً بارهای با دانسیته‌ی کمتر و در نتیجه سبک‌تری را حمل می‌کنند. بنابراین در حجم‌های بزرگ‌تری نسبت به نوع روباز ساخته می‌شوند.

شکل ۱-۱۳) واگن فله‌بر سرپوشیده

۱-۶-۳- واگن‌های لبه‌دار (گاندولا)

در فرهنگ اصطلاحات راه‌آهن، گاندولا نوعی واگن روباز است که به منظور حمل مواد کم حجم از آن استفاده می‌شود. برخی انواع آن به دلیل داشتن دیواره‌های کوتاه برای حمل مواد خیلی سنگین؛ مانند ورقه‌ها یا کویل‌های فولادی و یا اجسام خیلی حجیم؛ مانند قطعات پیش ساخته‌ی خطوط راه‌آهن به کار می‌روند. واگن‌های لبه‌دار دارای سه نوع متمایز لبه‌بلند، لبه کوتاه و کف گود جهت حمل کانتینر می‌باشند.

۱-۶-۳-۱- واگن لبه‌بلند

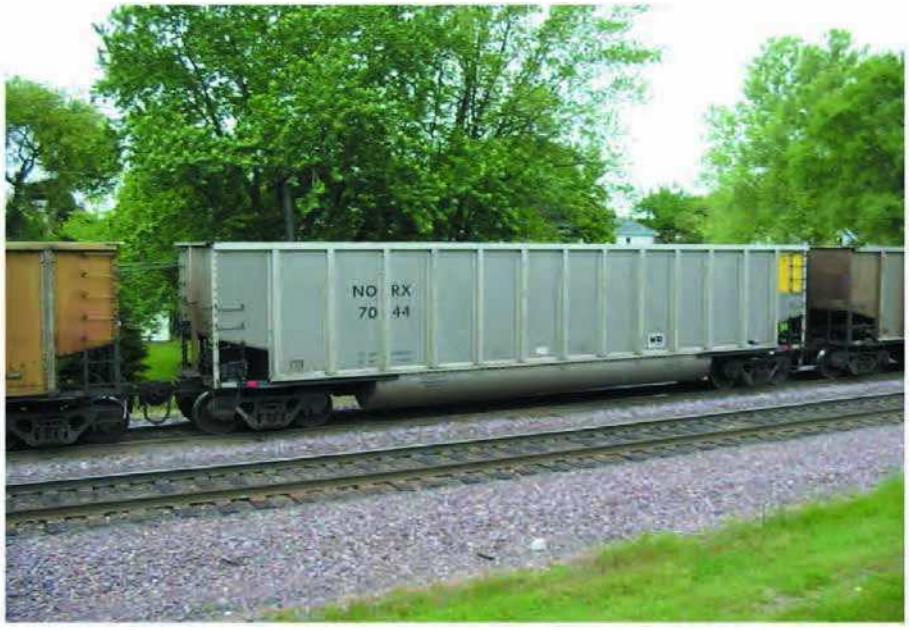
واگن لبه‌بلند یکی از انواع مرسوم واگن گاندولا است که دارای دیوارهای جانبی و انتهایی با ارتفاع بیشتر از ۳۶ اینچ (۹۱/۴۴ سانتی‌متر) می‌باشد. واگن‌های لبه‌بلند عموماً برای حمل مواد کم‌حجم مانند زغال سنگ که محافظت از آنها در برابر شرایط نامساعد جوی الزامی ندارد، مورد استفاده قرار می گیرند. این واگن‌ها متناسب با نوع کاربریشان دارای انواع مختلفی هستند که به طور کلی در سه گروه زیر قابل دسته‌بندی هستند.

- واگن‌های وانی شکل: این نوع از انواع گاندولای لبه‌بلند فاقد هرگونه دریچه‌ی تخلیه است. در نیمه‌ی

دوم قرن بیستم، به جهت حمل ذغال سنگ بیشتر با هر واگن، به این نوع واگن ها رو آورده شد. از آنجا که این واگن ها برخلاف واگن های هوپر (فله‌بر) دارای هیچ گونه تجهیزاتی جهت باز و بسته کردن دریچه های تخلیه نیستند، لذا قادرند حجم بیشتری از بار را حمل کنند. تخلیه‌ی این واگن ها با مکانیزم هایی است که واگن را روی قسمت مخصوصی از خط محکم نگه می دارند و سپس دوران خط؛ سبب برگشتن واگن و تخلیه‌ی آن از قسمت فوقانی می شود. به این نوع تجهیزات، واگن برگردان (Rotary car damper) می گویند.

- واگن های لبه‌بلند با تخلیه‌ی از کف: کف این نوع از واگن های لبه‌بلند ثابت نیست و به عنوان دریچه‌ی تخلیه عمل می کند. در این نوع واگن ها، محتویات واگن در بین دو ریل تخلیه می شود.
- واگن های لبه‌بلند دارای درهای جانبی: تخلیه‌ی این واگن ها از طریق درهایی که در دیواره های جانبی آن تعبیه شده‌اند، صورت می پذیرد. جهت تخلیه‌ی این واگن ها لازم است واگن بر روی سکو قرار گرفته و با تجهیزاتی مناسب، محتویات آن به پایین سکو هدایت گردد.

شکل ۱-۱۴ یک نمونه واگن لبه‌بلند از نوع وانی شکل را نشان می دهد.



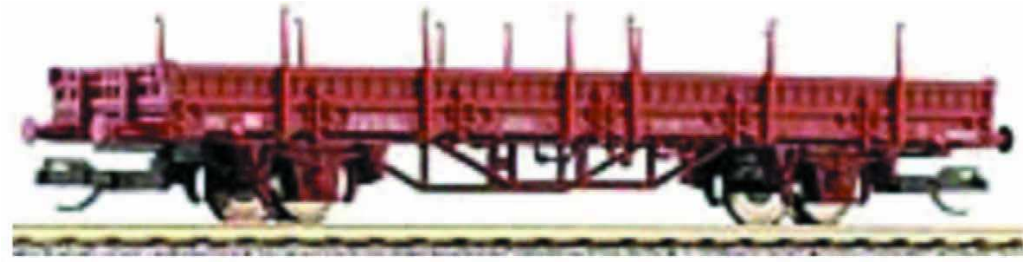
شکل ۱-۱۴) واگن لبه‌بلند وانی شکل

۱-۶-۳-۲- واگن های لبه کوتاه

واگن های لبه کوتاه یکی دیگر از انواع واگن های لبه‌دار هستند که ارتفاع دیواره‌های جانبی آنها مساوی یا کمتر از ۳۶ اینچ است. این واگن ها به دلیل ارتفاع کمتر لبه‌هایشان، برای حمل مواد کم‌حجم که با واگن های لبه‌بلند حمل می‌شوند، مناسب نیستند و مورد استفاده آنها بیشتر بارهایی است که ابعاد هندسی آنها بزرگ است. به عنوان مثال بارهایی نظیر کویل های فولادی یا آلومینومی، برخی ماشین‌آلات صنعتی، انواع کامیون ها، کانتینر، ورقه‌های فلزی و امثال آنها را می‌توان با واگن های لبه کوتاه حمل نمود. شکل ۱-۱۵ یک واگن لبه کوتاه مخصوص حمل کویل های فولادی و یا آلومینومی را نشان می‌دهد. در این نوع واگن ها به دلیل نیاز به محافظت بار در برابر شرایط نامساعد جوی، از پوشش بار نیز استفاده می‌شود.

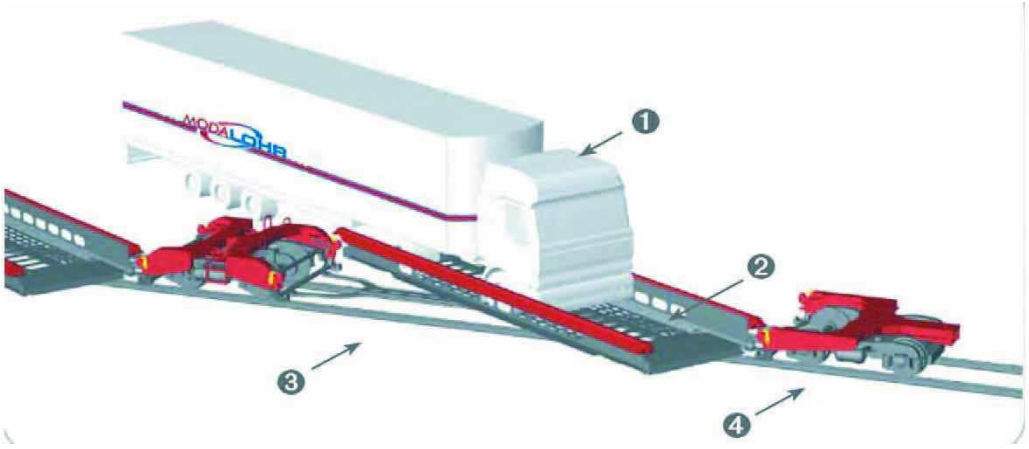
شکل ۱-۱۵) واگن لبه‌کوتاه مخصوص حمل کویل

برخی از انواع این واگن ها مجهز به نرده‌هایی بلندتر از دیواره‌های جانبی در اطراف خود هستند که آنها را برای حمل بارهایی نظیر الوار، انواع لوله‌ها و دیگر محموله‌هایی که نیاز به جلوگیری از حرکت آنها به اطراف می‌باشد، مناسب می‌کنند. به این نرده‌ها ستون های باربندی می‌گویند. نظیر این نرده‌ها در واگن های مسطح نیز دیده می‌شود. شکل ۱-۱۶ یک نمونه از این نوع واگن ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۶) واگن لبه‌کوتاه نرده‌دار

یک نمونه‌ی دیگر از واگن‌های لبه‌کوتاه، مدلی است که به مودالور (Modalohr) موسوم است و جهت حمل تریلر و یا ماشین آلات سنگین جاده‌ای در مسیری بین فرانسه و ایتالیا و بالعکس مورد استفاده قرار می‌گیرد. طراحی این واگن به این شکل است که عرشه‌ی واگن که بین پیوت‌های دو بوژی قرار گرفته است، به گونه‌ای قابلیت چرخش دارد که می‌توان تریلر و یا ماشین‌آلات سنگین مشابه را به طور جانبی بر روی آن سوار نمود. شکل ۱-۱۷ این مدل واگن را به هنگام بارگیری نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۷) واگن مودالور در حال بارگیری

۱-۶-۳-۳- واگن لبه‌دار کف‌گود

این نوع بخصوص از واگن‌های لبه‌دار، به منظور حمل کانتینر طراحی شده‌اند. گودی کف آنها به گونه‌ای است که کف واگن فقط چند اینچ بالاتر از سطح ریل قرار دارد. این مسئله سبب می‌شود که هنگام قرار گرفتن کانتینر، ارتفاع مرکز ثقل بسیار پایین آمده و از نظر ارتفاع نیز فضای بیشتری به بار اختصاص داده شود. بنابراین، این اجازه به بهره‌بردار داده می‌شود تا از دو طبقه‌ی کانتینر بر روی هم استفاده کند. به این ترتیب ظرفیت حجمی حمل بار به نسبت استفاده‌ی مشابه از واگن‌های مسطح یا لبه کوتاه، افزایش می‌یابد. شکل ۱-۱۸ نمونه‌ای از واگن‌های کف‌گود بارگیری شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱۸) واگن لبه‌دار کف‌گود

۱-۶-۴- واگن مسقف

واگن مسقف بـه واگنی می گویند که محفظه‌ی آن کـاملاً پوشیده است. یعـنی دارای دیواره‌های جانبی و سقف ثابت است. ایـن واگن‌ها نوعاً دارای درهای کشویی در جانب هستند. با ایـن وجود در بـرخی انواع آن، درها در انتها قرار دارند. از این واگن‌ها بـرای حمل بارهای مختلفی استفاده می‌شود. بـارگیری آنها عموماً به صورت دستی است. اما در سالهای اخیر از تجهیزات مکانیکی مانند لیفت‌تراکها نیز برای بارگیری و تخلیه‌ی سریع‌تر استفاده می‌شود. از آنجا که بارگیری و تخلیه‌ی این واگن‌ها به دلیل طراحی خاصشان کندتر از دیگر انواع واگن‌هاست، بعد از جنگ جهـانـی دوم استفاده از آنها به مرور کاهش یافته است. علت دیگر کـاهـش استفاده از این واگن‌ها، حمل و نقل کانتینری است. یک کانتینر می‌تواند به سادگی به کشتی انتقال یابد و نیز به طرق مختلف می‌تواند ترابری شود.

در گذشته بارهای فله‌ای نیز با واگن‌های مسقف حمل می‌شد. به این ترتیب که درزهای اطراف درها گرفته می‌شد و فضا بـرای حمل این بـارها مناسب می‌گـردید. با ایـن وجود افت تناژ بار و هـدر رفتن محمـوله بسیـار بیشتر از آنی بود که با واگن‌های فله بر و یا لبه‌دار امروزی حمل می‌شود.

در صورت وجود تهویه‌ی مناسب، حمل چهار پایان و موجودات زنده نیز به وسیله‌ی واگن مسقف امکان‌پذیر است. حمل خودرو نیز پیشتر با این واگن‌ها صورت می‌پذیرفته که امروزه با وجود طراحی واگن‌های مخصوص حمل خودرو و استفاده‌ی بیشتر از ظرفیت واگن، استفاده از واگن‌های مسقف دیگر مقرون به صرفه نیست. با این وجود شاغلان در بخش قطعات اتـومبیل، همـواره بخش عظیمی از مشتریـان ایـن واگن‌ها را تشکیل می‌دهند. واگن‌های با ظرفیت بالاتر، به دلیل نیازهای این بخش از صنعت طراحی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۱-۱۹ یک نمونه واگن مسقف را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱۹) واگن مسقف

برخی انواع واگن مسقف که برای مقاصد ویژه طراحی شده‌اند عبارتند از:

- یخچال‌ها: که به عنوان مدلی مستقل مورد بحث قرار خواهد گرفت.
- مسقف‌های با حجم زیاد: این واگن‌ها که دارای ظرفیت حجمی بالایی هستند. معمولاً دارای ارتفاع بیشتری نسبت به مسقف‌های معمولی هستند و فقط در مسیرهایی می‌توانند تردد کنند که از نظر فضای مورد نیاز برای حرکت؛ مشکل ساز نشوند.
- واگن‌های حمل قطعات هواپیما: واضح است که به دلیل حساسیت‌های بالای صنایع هوایی، حمل و نقل قطعات هواپیما باید طبق شرایط ویژه‌ای انجام پذیرد. به همین منظور طراحی این نوع از واگن‌های مسقف ضرورت پیدا کرده و وارد شبکه ی ریلی گردیده‌اند.

۱-۶-۵- واگن مخزن

واگن‌های باری ویژه‌ی حمل مایعات یا گازها را مخزن می‌نامند. مخزن‌ها به علت تنوع سیالاتی که باید حمل شوند، دارای انواع مختلفی هستند. مخازن می‌توانند عایق‌بندی شده یا نشده، تحت فشار یا با فشار اتمسفر و یا دارای طراحی ویژه جهت حمل چند نوع سیال (چند محفظه‌ای) یا فقط یک نوع سیال باشند. مخازنی که با فشار اتمسفر بارگیری می‌شوند، دارای یک شیر تخلیه در کف مخزن هستند و ممکن است دارای قسمت‌های دسترسی و بارگیری در بخش فوقانی باشند.

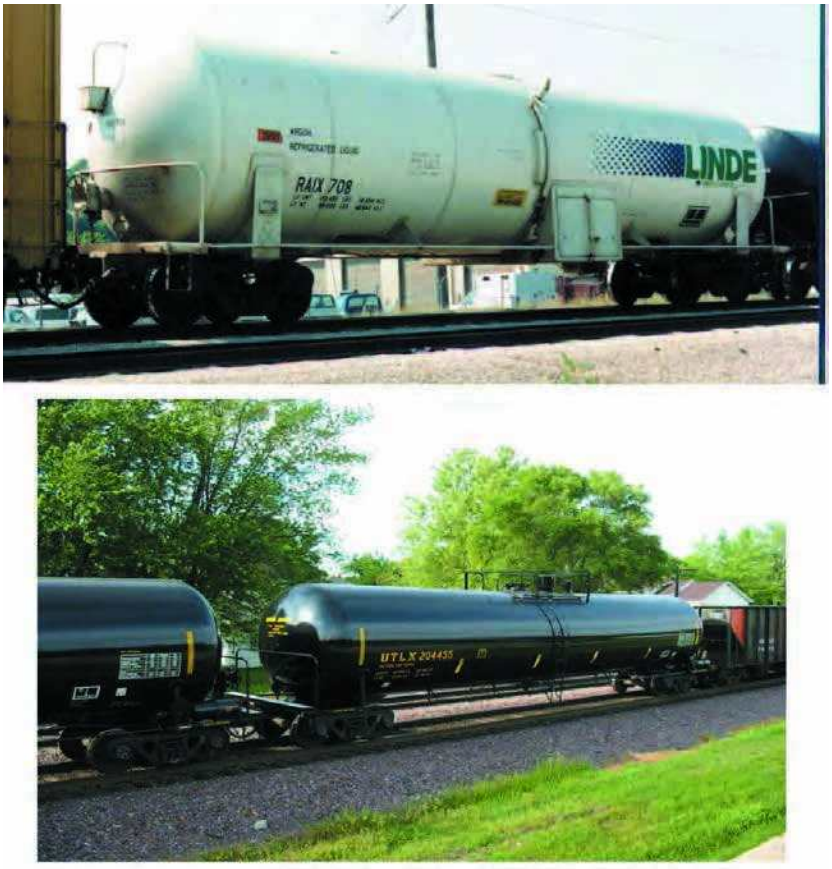
مخازن تحت فشار در قسمت فوقانی دارای یک صفحه‌ی فشار می‌باشند که تمامی شیرها و محفظه‌های استوانه‌ای محافظ را در بر می‌گیرد. بارگیری و تخلیه، از این روزنه انجام می‌گیرد.

مخازن عایق‌بندی شده (که می‌توانند دارای سیستم‌های مبرد یا گرمایش باشند) در زمانی استفاده می‌شوند که نیاز است محموله در دمای معینی نگهداری شود. مخازنی که برای حمل چند نوع سیال طراحی می‌شوند برای جدا کردن سیالات مختلف از هم، دارای دیواره‌های داخلی می‌باشند. هر قسمت از این مخازن باید دارای قسمت‌های تخلیه و بارگیری جداگانه باشند. پیچیدگی‌های اضافی این مخازن سبب شده است که درصد کمی از مخازن به این صورت طراحی شوند. اگر نیاز به حمل دو نوع سیال باشد، ساده‌تر است که از دو مخزن به جای یک مخزن دو محفظه‌ای استفاده شود.

واگن‌های مخزن معمولاً دارای تجهیزات ویژه‌ای هستند. دیواره‌ی داخلی مخزن معمولاً جهت جدا کردن ساختار واگن از محموله، با ماده‌ای پوشانده می‌شود. به همین دلیل بارگیری یک مایع در داخل مخزنی که به منظور حمل مایعی دیگر طراحی شده است، نه تنها معقول نیست و حتی گاهی خطرناک نیز هست. چرا که حتی بعد از نظافت کامل نیز ممکن است هنوز ترشحاتی از مایع قبلی وجود داشته باشد. به عنوان مثال در واگن‌های حمل روغن خوراکی، در بهترین حالت، این مواد ممکن است ناخوشایند و در بدترین حالت، ممکن است سمی باشند.

در نتیجه واگن‌های مخزن، واگن‌هایی هستند که همواره فقط در یک مسیر بارگیری می‌شوند و در مسیر

برگشت، به علت محدودیت های موجود، امکان بارگیری مجدد آنها نیست. درصورتی که دیگر انواع واگن ها، به عنوان مثال واگن مسقف، به راحتی در مسیر برگشت نیز بارگیری شده و درآمدزایی دارند. به همین دلیل واگن های مخزن به راحتی نیمی از سیرشان را بدون بار طی می کنند و بنابراین چندان مورد رضایت راه‌آهن ها نیستند. این مخازن عموماً متعلق به شرکت‌هایی هستند که با راه‌آهن همکاری می کنند. شکل ۱-۲۰ انواعی از این واگن ها را نشان می‌دهد.



شکل۱-۲۰) چند نمونه واگن مخزن

شکل۱-۲۰) چند نمونه واگن مخزن (ادامه)

۱-۶-۶- واگن های یخچال

واگن های یخچال، واگن هایی هستند که همانند واگن های مسقف، فضایی کاملاً پوشیده را در بر می گیرند و به نوعی می توان آنها را از انواع واگن های مسقف به حساب آورد. طراحی این واگن ها به منظور حمل کالاهای فاسد شدنی در دمای مشخص صورت گرفته است. یخچال ها با واگن های مسقف عایق بندی شده و یا دارای تهویه از این بابت متفاوت هستند که دارای تجهیزات تبریدی هستند. واگن های حمل شیر، می توانند هم دارای سیستم سرمایش باشند هم نباشند. اما در صورت نداشتن سیستم سرمایش، مجهز به چرخ ومحورهای سرعت بالا هستند تا بتوانند به همراه قطارهای مسافری جابجا شوند.

یخچال ها از نظر کاربرد، به چهار گروه عمده تقسیم می شوند:

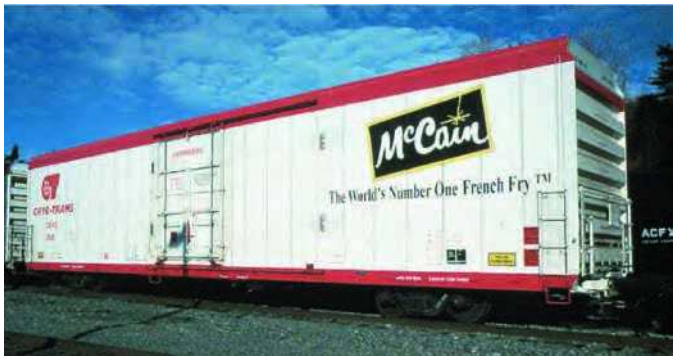
۱) حمل لبنیات و یا محصولات حاصل از طیور که به محیط تبریدی و قفسه‌بندی های مخصوص نیاز دارند.

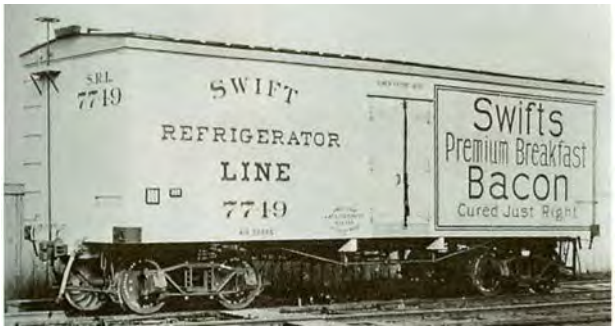
۲) حمل میوه و سبزیجات که عموماً برای مسافت های طولانی مورد استفاده قرار می گیرند (برخی انواع چنین محصولاتی فقط نیاز به تهویه‌ی محیط دارند تا حرارت را از محیط خارج سازند).

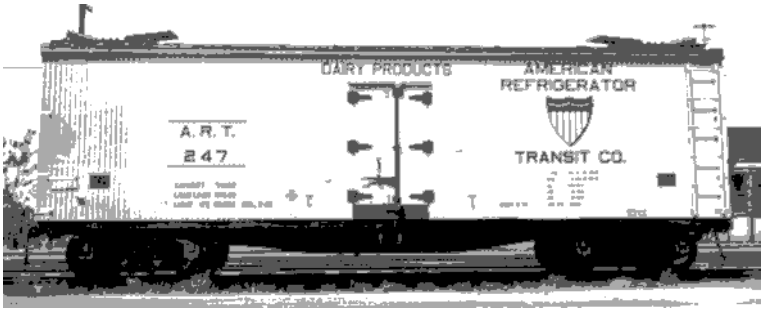
۳) حمل غذاهای کارخانه‌ای، مانند کنسروها و شکلات ها، انواع نوشیدنی های سرد و ... به تبرید نیاز ندارد، لیکن به محیطی عایق بندی شده و ایزوله در حمل این گونه مواد نیاز است.

۴) حمل گوشت که به تجهیزات ویژه‌ای برای آویزان کردن لاشه و مخزن آب شور در محیطی تبریدی، به منظور حفظ دمای پایین، نیاز دارند (بیشتر این واگن ها متعلق به کشتارگاه هاست و یا اینکه به وسیله‌ی آنها اجاره شده‌اند).

شکل ۱-۲۱ چند نمونه از این واگن ها را نشان می دهد.







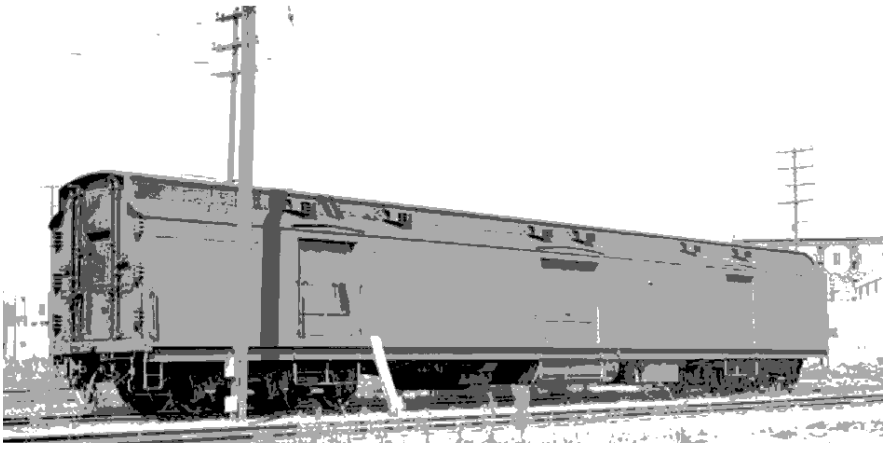
شکل ۱-۲۱) چند نمونه واگن یخچال

۱-۶-۷- واگن‌های حمل حیوانات

واگن‌های حمل حیوانات، واگن‌هایی هستند که به منظور حمل حیوانات زنده به کار می‌روند. واگن‌های معمولی حمل حیوانات مانند واگن‌های مسقف هستند که دیواره‌های جانبی آنها کاملاً پوشیده نیست و به صورت نرده‌ای می‌باشد. این واگن‌ها می‌توانند یک طبقه یا چند طبقه باشند. واگن‌های یک طبقه جهت حمل حیوانات بزرگتر، مانند اسب و گاو، و واگن‌های چند طبقه (۲ یا ۳ طبقه) برای حمل حیواناتی نظیر گوسفند، خوک و انواع طیور استفاده می‌شوند (شکل ۱-۲۲).

شکل ۱-۲۲) واگن حمل دام

واگن‌های ویژه‌ای نیز جهت حمل ماهی زنده، صدف و حیوانات سیرک؛ مانند شتر و فیل، ساخته شده‌اند. مالکان اسبهای مسابقه به دلیل ایمن‌تر بودن، سریع‌تر بودن، ارزان‌تر بودن و کیفیت بالاتر حمل و نقل ریلی، تمایل به حمل اسبهای خود با راه‌آهن داشتند. واگن‌های سریع السیر حمل اسب این امکان را به حیوان می‌دادند که در برخی اوقات، صبح روز مسابقه خانه‌ی اصلی خود را ترک کند و در نتیجه استرس و خستگی در او کاهش پیدا کند. یک نمونه واگن سریع السیر حمل اسب در شکل ۱-۲۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۳) واگن حمل اسب

مالکان سیرک‌ها هم علاقمند بودند که حیوانات وحشی خود را نیز با قطار جابجا کنند. به این منظور باید امکانات مناسب انواع حیوانات، متناسب با نوع زندگیشان در داخل قطار تعبیه می‌شد. لذا واگن‌های حمل سیرک ساخته شدند. تجهیزاتی مانند مخزن تامین آب و غذای تازه، گرمایش، فن‌های سقفی، سیستم تامین رطوبت مورد نیاز، کف غیر لغزنده جهت ایمنی و نظافت بهتر، سیستم تخلیه‌ی کف که به حرکت کردن یا متوقف بودن قطار وابسته نباشد، ژنراتور اضافی برای زمانی که لکوموتیو به قطار متصل نیست و سطوح شیب دار ویژه جهت سوار و پیاده کردن ایمن و ساده حیوانات، از ویژگی‌های این نوع واگن‌ها هستند. شکل ۱-۲۴ نمای بیرونی یک واگن سیرک را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۲۴) نمای بیرونی یک واگن حمل سیرک

حمل ماهی های زنده، شرایط خاصی را می طلبد که این شرایط در واگن های باری حمل ماهی لحاظ شده اند. واگن های حمل ماهی مجهز به سیستم های خنک کننده ی آب برای ماهی های آبهای سرد، تامین برق مورد نیاز و سیستم هوادهی به آب هستند و با استاندارد واگن های مسافری ساخته می شوند. بنابراین سرعت آنها از واگن های باری معمولی بیشتر است و به دلیل اتصال آنها به قطار مسافری، توقف آنها در ایستگاه ها به مراتب کمتر است. در واگن های حمل ماهی لازم است که اشخاصی به عنوان مراقب و همراه در داخل واگن مستقر باشند. واگن های حمل ماهی به صورت فصلی استفاده می شوند. شکل ۱–۲۵ تجهیزات داخل یک واگن حمل ماهی را نشان می دهد.

شکل ۱–۲۵) تجهیزات داخل یک واگن حمل ماهی

حمل طیور از طریق راه آهن نیز ویژگی های مخصوص به خود را می طلبد. کف این واگن ها معمولاً پایین تر از واگن های معمولی قرار دارد تا بتواند فضای بیشتری را به بار اختصاص دهد. این واگن ها چند طبقه هستند و دارای قفس های اختصاصی برای هر پرنده می باشند. هر پرنده باید غذا و آب مناسب و کافی در اختیار داشته باشد. بنابراین وجود یک نفر به عنوان مراقب در این واگن ها ضروری است. در مرکز واگن، اتاقکی جهت استقرار این فرد تعبیه شده است. داشتن سیستم تهویه و گرمایش و سرمایش مناسب نیز برای این واگن ها لازم است. برخی از انواع این واگن ها دارای ظرفیت حمل ۷۰۰ جوجه در ۱۲۰ قفس می باشند. شکل ۱–۲۶ یکی از انواع این واگن ها را نشان می دهد.

شکل ۱-۲۶) واگن حمل طیور

۸-۶-۱- واگن حمل خودرو

واگن حمل خودرو به منظور حمل خودروهای سواری و یا وانت‌بارهای سبک، از کارخانه تا مراکز توزیع، به کار می‌رود. در اوایل قرن بیستم میلادی، صنعت خودرو هنوز یک صنعت جوان به شمار می‌رفت و تعداد تولیدات کارخانه‌ها زیاد نبود. لذا حمل خودروها نیز با استفاده از واگن‌های مسقف معمولی صورت می گرفت که هر کدام ظرفیت ۲ الی ۴ دستگاه اتومبیل را داشتند. اما امروزه با توجه به تیراژ بالای تولید خودرو در کارخانجات و نیاز به بهره‌برداری هر چه مفیدتر از فضای واگن، واگن‌های حمل خودرو طراحی شده‌اند. از راه‌های افزایش ظرفیت واگن برای حمل خودرو، یکی چند طبقه کردن آن و دیگری افزایش طول واگن می‌باشد. با توجه به محدودیت افزایش طول واگن به دلایل دینامیکی، با قرار دادن یک بوژی (یا یک محور) در قسمت میانی واگن، توانسته‌اند طول آن را تا حدود ۴۴/۳ متر (۱۴۵ فوت و ۴ اینچ) افزایش دهند. با این افزایش طول و با دو طبقه کردن واگن، می‌توان تا حدود ۲۲ دستگاه خودرو سبک را با یک واگن حمل نمود. واگن‌های حمل خودرو در دو نوع سرپوشیده و روباز تولید می‌شوند.

نوع سرپوشیده‌ی واگن حمل خودرو، در واقع نوعی واگن مسقف است که بارگیری آن از طریق سطوح شیبدار ویژه و از انتهای واگن صورت می گیرد و جهت استفاده‌ی بهتر از فضا، به صورت دو طبقه یا سه طبقه

طراحی شده است. مجدداً به منظور افزایش فضای حمل بار، طول این واگن ها به حدود ۲۴ متر (۸۰ فوت) می‌رسد. شکل ۱–۲۷ نمای یک واگن سرپوشیده‌ی حمل خودرو و انتهای بارگیری آن را نشان می‌دهد و در شکل ۱–۲۸ طریقه‌ی بارگیری با استفاده از سطوح شیبدار نشان داده شده است. واگن های سرپوشیده جهت حفظ خودرو در مقابل صدمات احتمالی وارده در حین حمل و نقل، مناسب‌تر می‌باشند.

شکل ۱–۲۷) واگن سرپوشیده حمل خودرو

شکل ۱-۲۸) طریقه‌ی استفاده از سطح شیبدار برای بارگیری اتومبیل

واگن‌های حمل خودرو روباز، خودروها را در برابر صدمات ناشی از شرایط جوی و یا حمل ونقل محافظت نمی‌کنند و می توان آنها را در دو نوع دو طبقه یا سه طبقه تولید کرد. واگن‌های حمل خودرو روباز در واقع واگن‌های مسطحی هستند که به رگهای مخصوص بارگیری خودرو مجهز شده‌اند. طول این واگن‌ها برای اینکه ظرفیت بارگیری مناسب‌تری داشته باشند، به ۲۵/۵ متر (۸۵ فوت) می‌رسد. نوع سه طبقه‌ی این واگن‌ها قادر است بین ۱۲ الی ۱۵ خودرو را حمل کند. شکل ۱-۲۹ نمونه‌ای از این واگن‌ها را نمایش می‌دهد.

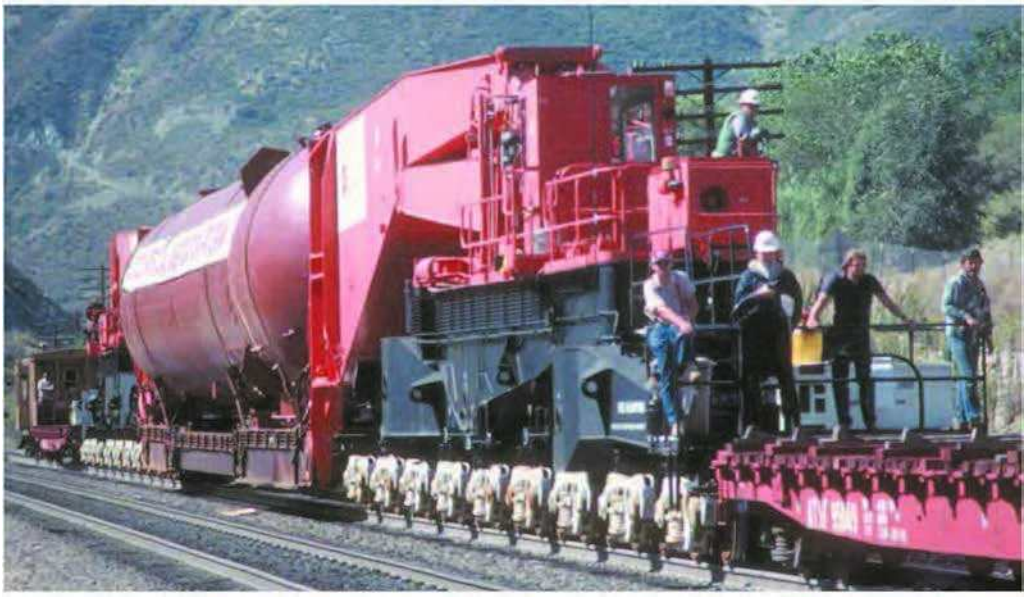
شکل ۱-۲۹) واگن حمل خودرو روباز

۱-۶-۹- واگن‌های حمل کالاهای سنگین (اشنابل Schnabel)

واگن‌های حمل کالاهای سنگین (اشنابل)، نوع ویژه‌ای از واگن‌های باری هستند که به منظور حمل بارهای بسیار سنگین و با حجم زیاد طراحی شده‌اند. از مشخصه‌های بارز این واگن‌ها تعداد محورهای زیاد آنها است. به عنوان مثال بزرگ‌ترین واگن اشنابل متعلق به شرکت ABB(Asea Brown Bovery) است که دارای ۳۶ محور (هر طرف ۱۸ محور) است. این واگن‌ها به علت شرایط ویژه‌ی آنها (طول زیاد و بار سنگین) با سرعت‌های بسیار کم سیر می کنند.

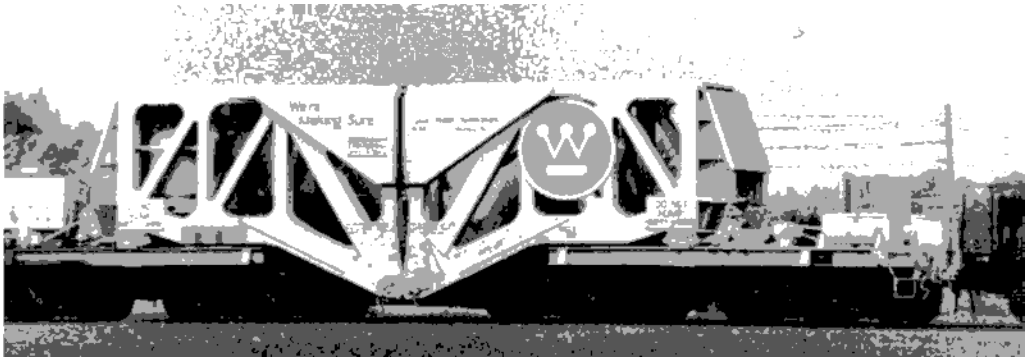
واگن‌های اشنابل دارای طراحی خاصی هستند. به این صورت که دو انتهای واگن به هم متصل نیستند و بر روی آنها تجهیزات مربوط به بازوهایی قرار دارد که این بازوها از دو طرف به بار متصل شده و آن را به عنوان قسمتی از بدنه‌ی واگن حمل می کنند. هنگام حرکت در حالت بدون بار، دو قسمت به هم نزدیک شده و بازوها

توسط بست‌های مخصوصی به هم متصل می‌شوند. لذا در آنها طول واگن خالی و پر متفاوت است. شکل ۱-۳۰ یک اشنابل ۳۶ محوره را در حال حمل مخزن عظیمی نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳۰) واگن اشنابل ۳۶ محوره

در شکل ۱-۳۱ نمای یک واگن اشنابل بدون بار نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۱) نمای یک واگن اشنابل بدون بار

همان‌طور که گفته شد، بزرگترین واگن اشنابل در آمریکای شمالی سیر می کند که تحت عنوان CEBX800 شناخته می‌شود. مشخصات فنی این مدل واگن در جدول ۱-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۱) مشخصات فنی واگن CEBX800

ظرفیت	۱۷۷۹۲۶۰Lbs	۸۰۷۰۶۷ Kgs
وزن خالی	۷۴۰۸۹۰Lbs	۳۳۶۰۶۵Kgs
حد بار	۱۷۷۹۲۶۰Lbs	۸۰۷۰۶۷Kgs
تعداد محور	۳۶ محور	
قطر چرخ	۳۳″	۸۳۸/۲ mm
طول خالی	″۸ و ´۲۳۱	۷۰/۶۱۲ m
حداکثر طول با بار	″۰ و ´۳۴۵	۱۰۵/۱۵۶ m
حداکثر بازی عمودی بار	۴۴″	۱/۱۱۸ m
حداکثر بازی افقی بار (در هر طرف خط مرکزی واگن)	۴۰″	۱/۰۱۶ m

۱-۶-۱۰- کابوس ها

آخرین واگن یک قطار باری که دارای آشپزخانه و امکانات استراحت برای مامورین قطار می‌باشد را کابوس می‌نامند. در برخی منابع کابوس ها را واگن خدمت نیز نامیده‌اند. هرچند پیشتر کابوس ها در انتهای هر قطار باری دیده می‌شدند، امروزه با تغییر قوانین در راه‌آهن به ندرت از آنها استفاده می‌شود.

منظور از قرار دادن کابوس در انتهای قطار، کنترل قطار از انتهای آن و اطمینان یافتن از عدم گسیختگی قطار بوده است. در صورت گسیختگی، قطار باید متوقف شده و مامور مستقر در کابوس برای قسمت جدا شده اقدامات لازم را انجام داده و درخواست امداد نماید.

علاوه بر آن از کابوس ها به منظور محلی برای مشاهده‌ی واگن های قطار، جهت اطمینان از صحت سیر آن و عدم وجود ایراداتی نظیر جابجا شدن خطرناک بار، داغی بیش از حد سرمحور و امثال آنها نیز استفاده می‌شود. همچنین به کابوسها چراغی متصل می‌شود تا لکوموتیوران و مامورین ایستگاه‌ها بتوانند انتهای قطار را در شب مشاهده نمایند.

عمومی‌ترین انواع کابوس ها عبارتند از:

کابوس استاندارد یا کاپولا (Capola) : در روی سقف این نوع کابوس برآمدگی وجود دارد که دارای پنجره‌ای جهت مشاهده‌ی قطار از بالای واگن ها می‌باشد (شکل ۱-۳۲).

بعد از جنگ جهانی دوم کابوسهای استانداردی ساخته شدند که در دیواره‌های جانبی نیز دارای پنجره‌هایی بودند. این پنجره‌ها به اندازه‌ی چند اینچ از کناره‌ی واگن فاصله داشتند و به این ترتیب امکان مشاهده‌ی واگن ها از کنار نیز بدون خم شدن مامور امکان‌پذیر بود.

کابوس های با دید وسیع: این کابوس ها مانند کابوس های استاندارد، دارای پنجره‌های کنترل جانبی هستند. با این تفاوت که بیرون زدگی های جانبی آنها حتی به یک فوت هم می‌رسد و دارای امکانات رفاهی بیشتری نیز برای مامورین هستند.

شکل ۱-۳۲) کابوس استاندارد

کابوس‌های موقتی: این کابوسها بیشتر شبیه یک واگن مسطح هستند که اتاقکی در وسط آن پیچ شده است و کار کابوس استاندارد را انجام می‌دهد. این نوع کابوسها معمولا در مسیرهای کوتاه مورد استفاده قرار گرفته و امکانات رفاهی و آسایشی مامور را در بر ندارد.

مطالب فوق اشاره‌ی مختصری بود به عمومی‌ترین انواع واگن‌های باری راه‌آهن که در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این وجود راه‌آهن‌های مختلف مطابق استانداردهای داخلی خود دارای دسته‌بندی‌های اختصاصی هستند که پرداختن به آنها از حوصله‌ی این کتاب خارج است. به عنوان مثال در راه‌آهن آمریکا ۱۸ نوع واگن مسطح؛ ۲۸ نوع واگن لبه‌دار؛ ۲۸ نوع واگن فله‌بر؛ ۳۰ نوع واگن مسقف و ... متناسب با نوع کاربرد آنها و باری که با آنها حمل می‌شود، تعریف شده است.

۱-۷- ناوگان باری راه‌آهن ایران

در راه‌آهن ایران تقسیم‌بندی واگن های باری تقریباً مطابق با دسته‌بندی کلی گفته شده می‌باشد. با این وجود تفاوتهایی نیز با آن دارد. قبل از معرفی واگنهای باری مورد استفاده در ایران لازم است به نحوه ی شماره گذاری آنها اشاره‌ای داشته باشیم.

هر واگن باری موجود در راه‌آهن ایران دارای یک کد شش رقمی می‌باشد. هر یک از این ارقام نمایانگر مشخصه‌ای از واگن هستند. رقم اول از سمت چپ بیانگر نوع واگن بوده و از ۱ تا ۹ قابل تغییر است. هر یک از اعداد ۱ تا ۹ مطابق جدول ۱-۲ نوع واگن را مشخص می کنند.

جدول ۱-۲) کدهای نمایشگر نوع واگن

رقم اول سمت چپ	نوع واگن
۱	واگن مسقف
۲	واگن لبه کوتاه
۳	واگن لبه بلند
۴	واگن مسطح
۵	واگن مخزن‌دار
۶	واگن ریل کش
۷	واگن یخچال
۸	واگن شن کش
۹	واگن فله‌بر

واگن‌های مسقف مورد استفاده در ایران همانند تعریف ارائه شده در بخش ۱-۶-۴ دارای دیواره‌های جانبی و سقف ثابت و دارای درهای کشویی در جانب هستند که به این ترتیب محفظه‌ای کاملا پوشیده را برای بار مهیا می کنند. شکل ۱-۳۳ یک نمونه از واگن مسقف مورد استفاده در ناوگان باری ایران را نمایش می‌دهد.

شکل ۱-۳۳) واگن مسقف مورد استفاده در ایران

همانطور که از جدول ۱-۲ برمی‌آید، در دسته‌بندی واگن‌های باری در ایران، واگن‌های لبه بلند و لبه کوتاه در دو دسته‌ی کاملاً مجزا قرار گرفته‌اند و دسته‌بندی با عنوان واگن‌های لبه‌دار وجود ندارد. کاربرد آنها همانند آن چیزی است که در قبل توضیح داده شد. شکل‌های ۱-۳۴ و ۱-۳۵ نمونه‌هایی از واگن‌های لبه کوتاه و لبه بلند ناوگان باری ایران را نشان می‌دهند.

شکل ۱-۳۴) واگن لبه کوتاه مورد استفاده در ایران در حال حمل ریل

شکل ۱-۳۵) واگن لبه بلند مورد استفاده در ایران

واگن‌های مسطح مورد استفاده در ایران عمدتاً از نوع واگن مسطح معمولی هستند و انواع با دیواره‌ی میانی یا انتهایی در ناوگان باری ایران موجود نمی‌باشند.

واگن ریل کش نیز نوعی واگن لبه کوتاه است که به تجهیزات ویژه ی حمل ریل های راه‌آهن به صورت کوپلاژ (مجموعه ریل و تراورس آماده) مجهز می‌باشد.

در راه‌آهن ایران واگن شن کش در واقع تعریفی مشابه با واگن فله‌بر روباز دارد که فقط جهت حمل بالاست مورد استفاده قرار می گیرد. نمونه‌ای از این واگن در شکل ۱-۳۶ نشان داده شده است.

شکل ۱-۳۶) واگن شن‌کش

علاوه بر این ۹ نوع واگنی که در بالا شرح داده شد، دو نوع واگن دیگر نیز در ناوگان باری ایران مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند از: واگن ویژه‌ی حمل خودروی ۳ محوره، متعلق به شرکت سایپا ریل با شماره سریال ۱۴۰۰۰۰ و واگن اشنابل ۲۴ محوره، متعلق به شرکت قَسَن قشم که فاقد شماره سریال داخلی می‌باشد و عمدتاً به منظور حمل تجهیزات نیروگاهی از آن استفاده می شود. شکل های ۱-۳۷ و ۱-۳۸ تصاویری از این دو نوع واگن را نشان می دهند و جداول ۱-۳ و ۱-۴ ارائه دهنده‌ی مشخصات فنی آنها هستند.

شکل ۱-۳۷) واگن حمل خودروی سه محوره متعلق به شرکت سایپا ریل

شکل ۱-۳۸) واگن اشنابل ۲۴ محوره متعلق به شرکت فسن قشم

جدول ۱-۳) مشخصات فنی واگنهای حمل خودروی سه محوره متعلق به شرکت سایپا ریل

تعداد طبقات	۲ طبقه
تعداد محور	۳ محور
بار محوری	۱۸/۶ تن
وزن واگن خالی	۳۱/۶ تن
ظرفیت بارگیری	۲۴/۲ تن
طول سراسری با تامپون	۲۷ متر
طول بارگیری	۲۵/۷ متر
سیستم ترمز	KE-GPDRV2AT-600
وزن ترمز خالی و باردار	۳۶ تن
وزن ترمز دستی	۲۰/۱ تن
قطر چرخ	۸۴۰ میلیمتر
نوع قلاب	زنجیری

جدول ۱-۴) مشخصات فنی واگن اشنابل ۲۴ محوره متعلق به شرکت فسن قشم

وزن واگن خالی با کفی جهت حمل توربین گازی	۱۷۴/۲۸ تن
وزن واگن خالی با دیواره جهت حمل ژنراتور گازی	۱۵۶/۳۹ تن
عرض واگن با کفی	۲/۱۵ متر
عرض واگن با دیواره	۱/۹ ~ ۴/۱ متر
ارتفاع واگن	۳/۵۷ متر
حداکثر طول واگن	۵۲/۶۴ متر
حداکثر بار محوری	۲۰ تن
وزن ترمز خالی	۱۲۲ تن
وزن ترمز باردار	۲۳۶ تن
وزن ترمز دستی	۱۴۲ تن
حداکثر سرعت واگن در حالت خالی	۹۰Km/h
حداکثر سرعت واگن در حالت باردار در مسیر کرج/آذربایجان	۳۰ Km/h
حداکثر سرعت واگن در حالت باردار در مسیر کرج/بندرعباس و کرج/مشهد	۴۰ Km/h

رقم دوم از سمت چپ در سریال واگن نشان دهنده‌ی نوع سیستم ترمز و محل ترمز دستی آن است. به این منظور از ارقام ۱ تا ۵ استفاده می‌شود که هر یک از این ارقام مفهومی مطابق با جدول ۱-۵ دارند.

جدول ۱-۵) کدهای نمایشگر نوع سیستم ترمز و محل ترمز دستی

رقم دوم از سمت چپ	نوع ترمز و محل ترمز دستی
۱	بدون ترمز
۲	فقط دارای ترمز دستی
۳	فقط دارای ترمز هوایی
۴	دارای ترمز هوایی و ترمز دستی یا در جانب یا در ایوان
۵	دارای ترمز هوایی و ترمز دستی در ایوان و دارای اتاقک ترمزبانی

رقم سوم از سمت چپ نشان دهنده‌ی تعداد محور واگن است و شامل ارقام ۱ تا ۹ می‌باشد. رقم ۱ مشخصه‌ی واگن های ۲ محوره، ارقام ۲ الی ۴ بیانگر واگن های چهار محوره با سیستم ترمز روسی، ارقام ۵ الی ۷ بیانگر واگن های چهار محوره با سیستم ترمز کنور و ارقام ۸ و ۹ معرف واگن های شش محوره می‌باشند.

سه رقم آخر نیز نشان دهنده‌ی سریال واگن در مدل مشخص شده می‌باشند.

جدول ۱-۶ به اختصار مطالب فوق را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۶) شرح ارقام سریال واگن

a	b	c	def
نوع واگن	نوع ترمز و تجهیزات ترمز دستی	تعداد محور	سریال واگن

علاوه بر شش رقم شرح داده شده، رقم هفتمی نیز پس از یک خط فاصله و در ادامه ارقام فوق مشاهده می‌شود که به آن رقم کنترلی می گویند. با استفاده از این عدد می‌توان از صحت و سقم شماره سریال ثبت شده‌ی واگن اطمینان حاصل نمود. نحوه‌ی محاسبه‌ی این عدد به شرح زیر است:

عدد شش رقمی ۲۷۶۵۴۳ را به عنوان یک مبنای ثابت و عدد فرضی abcdef را نمادی از یک شماره سریال واگن در نظر می گیریم. حاصل ضرب زیر را محاسبه می‌نماییم.

$$x = 2a + 7b + 6c + 5d + 4e + 3f$$

حاصل فوق را به عدد ۱۱ تقسیم می کنیم. حاصل این تقسیم باقیمانده‌ای مانند z دارد که همواره کوچکتر از ۱۱ است. با کم کردن این مقدار باقیمانده از عدد ۱۱ رقم کنترلی به دست می‌آید.

موارد استثنا در این محاسبات برای باقیمانده‌های صفر و ۱ هستند که عدد کنترلی را به صورت دو رقمی به دست می‌دهند. از آنجا که این عدد باید تک رقمی باشد در این موارد به صورت زیر عمل می کنیم:

اگر باقیمانده صفر باشد عدد کنترلی را برابر ۱ قرار می‌دهیم.

اگر باقیمانده یک باشد عدد کنترلی را صفر قرار می‌دهیم.

علیرغم تمامی توضیحات ارائه شده در خصوص سیستم شماره گذاری واگن‌های باری در راه‌آهن ایران، همانطور که در خصوص دو نوع واگن حمل خودرو و اشنابل نیز مشخص است و نیز با توجه به توسعه‌ی سریع ناوگان باری توسط بخش خصوصی، تغییر این سیستم شماره گذاری دور از انتظار نخواهد بود. با این حال، از آنجا که در حال حاضر روش شماره گذاری استاندارد واگن‌های باری مطابق توضیحات بالا است، لذا دانستن آن برای افرادی که با این واگن‌ها در ارتباط هستند الزامی می‌باشد.

فصل دوم

سامانه‌ی حرکتی واگن‌های باری

۲- سامانه ی حرکتی واگن های باری

۲-۱- مقدمه

امروزه حمل و نقل یکی از مسایل مهم و با اهمیت هر کشوری است که نه تنها بر اقتصاد ملی، بلکه بر مسایل اجتماعی و حتی سیاسی جوامع اثر می گذارد. کارشناسان حمل ونقل در سراسر دنیا بر این باورند که یکی از ایمن ترین و اقتصادی ترین روش های حمل و نقل، از دیدگاه کلان، حمل و نقل با استفاده از راه‌آهن می‌باشد. از این روست که انواع و اقسام واگن ها برای حمل و نقل گستره‌ی وسیعی از محموله‌ها؛ از مواد و مصالح ساختمانی و کشاورزی و صنعتی گرفته تا اقلام لوکس و حتی مواد خاص و خطرناک؛ نظیر انواع و اقسام اسیدها ، سوخت‌های مایع و گاز و همین طور زباله‌ی سوخت‌های هسته‌ای نیروگاه‌ها، ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. شواهد و قراین موجود نشان دهنده‌ی آن است که صنعت حمل و نقل ریلی، به علت مزایای آن در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، از دیدگاه خاص مورد توجه می‌باشد. یکی از سلولهای تشکیل دهنده‌ی بدنه‌ی صنعت حمل و نقل ریلی، واگن می‌باشد. در ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین تعریف می‌توان گفت، واگن وسیله‌ی نقلیه‌ی ریلی است که فاقد قدرت خود کششی بوده و جهت حرکت نیاز به نیروی کشش دارد.

واگن همچون هر وسیله‌ی نقلیه‌ی دیگر، از اجزای مختلفی تشکیل شده است که یکی از مهم‌ترین بخش‌های آن بوژی است. در این مختصر، در نظر است کلیات بوژی‌های واگن‌های باری موجود در ناوگان واگن‌های باری راه‌آهن ایران به صورت مختصر مورد بررسی قرارگیرد.

۲-۲- بوژی (Bogie)

بوژی بخشی از واگن است که امکان حرکت آن روی ریل را تامین نموده و متشکل از مجموعه‌های فریم،

چرخ و محور، سیستم اهرم‌بندی ترمز و سیستم تعلیق می‌باشد. غیر از واگن های دو محوره و برخی واگن های خاص که اصولاً دارای بوژی نیستند، سایر واگن ها حداقل دارای دو دستگاه بوژی می باشند. کاربرد بوژی در واگن با توجه به آزادی دوران آن نسبت به شاسی واگن، در مقایسه با محورهای منفرد، سبب تسهیل حرکت واگن در قوس ها می گردد و از این رو حرکت واگن های طویل، صرفاً با کابرد بوژی میسر است. در غیر این صورت هنگام عبور از قوس ها، واگن ها با مشکلات حاد مواجه خواهند بود. از طرف دیگر واگن های مجهز به بوژی، در مقایسه با واگن های بدون بوژی، به نسبت طول واگن قابلیت بیشتری را برای بارگیری فراهم می کنند. همچنین از دیگر امتیازات واگن های بوژی‌دار در مقایسه با واگن های بدون بوژی می توان به امکان تردد آنها در خطوط با عرض های مختلف پس از تعویض بوژی، اشاره کرد.

بررسی های اقتصادی نشان دهنده‌ی آن است که تولید وبهره‌برداری واگن های بوژی‌دار در مقایسه با واگن های دو محوره، اقتصادی تر است و امروزه غیر از موارد خاص یا محموله های حجیم نسبتاً سبک؛ نظیر خودرو و یا کالاهای مشابه، از واگن های ۲ محوره و ۳ محوره (واگن های بدون بوژی) کمتر استفاده می شود. بوژی ها دارای ساختارهای متفاوت بوده و در انواع ۱, ۲, ۳ و چند محوره ساخته می شوند و انواع جدیدتر آنها دارای قابلیت فرمان‌پذیری نسبت به اسلاف خود هستند.

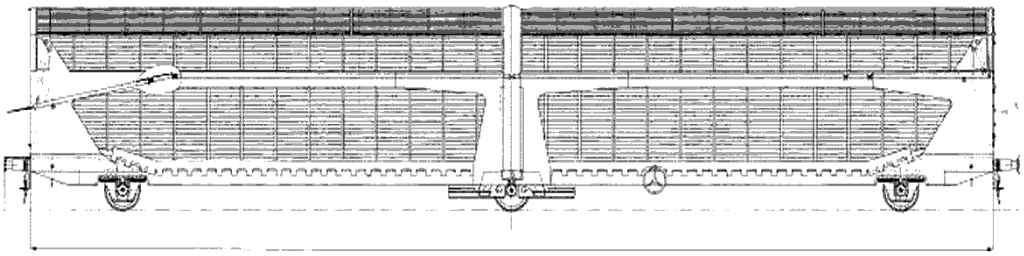
۲-۳- طبقه بندی بوژی ها

با پیشرفت روزافزون صنعت حمل و نقل ریلی، طیف گسترده ای از بوژی ها جهت پاسخگویی به نیازهای رو به افزایش حمل و نقل، طراحی و ساخته می شوند. از دیدگاه کلی، بوژی ها را می توان در دو شاخه‌ی بوژی واگن های مسافری و باری بررسی نمود. بوژی واگن های مسافری به مراتب ساختمان پیچیده‌تری نسبت به بوژی های باری داشته و هنگام طراحی و ساخت، از نظر آسایش مسافر و کیفیت حرکت مورد توجه خاص هستند. وجود چنین محدودیت هایی به همراه قابلیت سرعت بالا، شرایط خاصی را برای بررسی آنها می طلبد که در این مجموعه نمی گنجد.

بوژی های واگن های باری نیز متعاقب رشد نرخ تقاضای حمل بار توسط راه‌آهن در سطح جهان، پیشرفت داشته و در طراحی و توسعه متحول شده اند. لیکن همواره دیدگاه اقتصادی در طراحی و ساخت آنها به نحوی حاکم بوده که به لحاظ هزینه ها، برتری صنعت ریلی در مقایسه با سایر صنایع حمل و نقل حفظ شود اما خللی به ایمنی و خصوصیات فنی آن وارد نشود. در این قسمت پس از آشنایی مقدماتی با بوژی های باری موجود در راه‌آهن ایران، بوژی های معروف واگن های باری در سطح جهان معرفی می گردند. جهت اختصار، از این پس پسوند باری از نام بوژی حذف گردیده و هرجا به بوژی اشاره شد، منظور بوژی واگن های باری است. طبقه‌بندی بوژی ها از دیدگاه های مختلفی صورت می پذیرد که در ادامه به آنها اشاره می گردد.

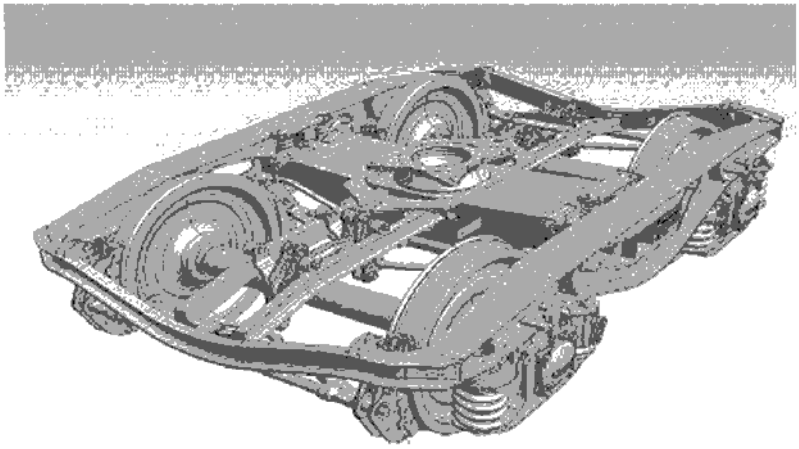
۲-۳-۱- طبقه بندی بوژی ها بر اساس تعداد محور

بر اساس تعداد محورها، بوژی ها به انواع ۱، ۲، ۳ و چند محوره تقسیم می شوند. بوژی یک محوره درحالت کلی مرکب از یک چرخ و محور، سیستم تعلیق و فریم خاصی می باشد که از یک سو از طریق یک مفصل یاتاقانی به شاسی واگن متصل شده و از سوی دیگر از طریق سیستم تعلیق بر چرخ و محور سوار است، و معمولاً در ساختار واگن های ویژه‌ی نسبتاً طویل و با ظرفیت بارگیری کم؛ نظیر واگن های حمل خودرو نشان داده شده در شکل ۲-۱، به کار می‌روند. ترکیب ذکر شده اگر چه دارای یک محور می‌باشد و ظاهراً کمتر به بوژی شباهت دارد، اما به لحاظ عملکرد و قابلیت حرکت دورانی آن نسبت به شاسی واگن، مشابه بوژی بوده و از آن به عنوان بوژی تک محوره یاد می گردد.

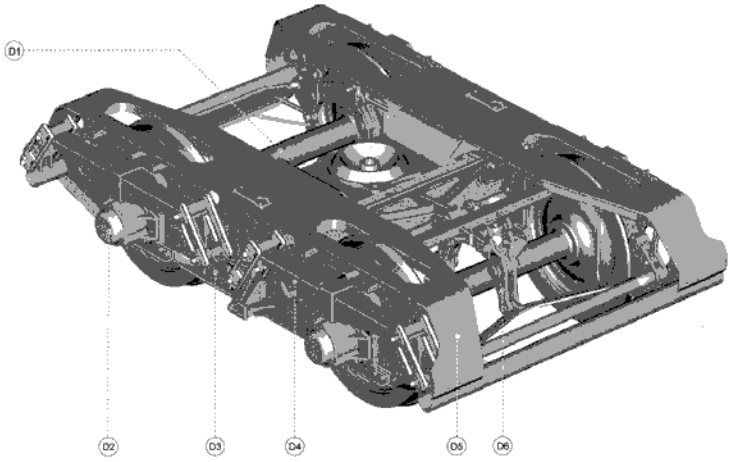


شکل ۲-۱) محور وسط واگن های حمل خودرو مثال مناسبی از بوژی یک محوره است

بوژی‌های دو محوره بیشتر از سایر انواع بوژی‌ها معمول بوده و در ساختمان انواع واگن‌های باری به کار می‌روند. همان‌طوری که از نام آنها پیداست، دارای ۲ محور و ۴ چرخ می‌باشند. شکل (الف) ۲-۲؛ بوژی Y25 را به عنوان یکی از معروف‌ترین بوژی‌های ۲ محوره، و شکل (ب) ۲-۲؛ بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm، که در ایران به بوژی H رومانی جدید معروف شده است را نمایش می‌دهد.

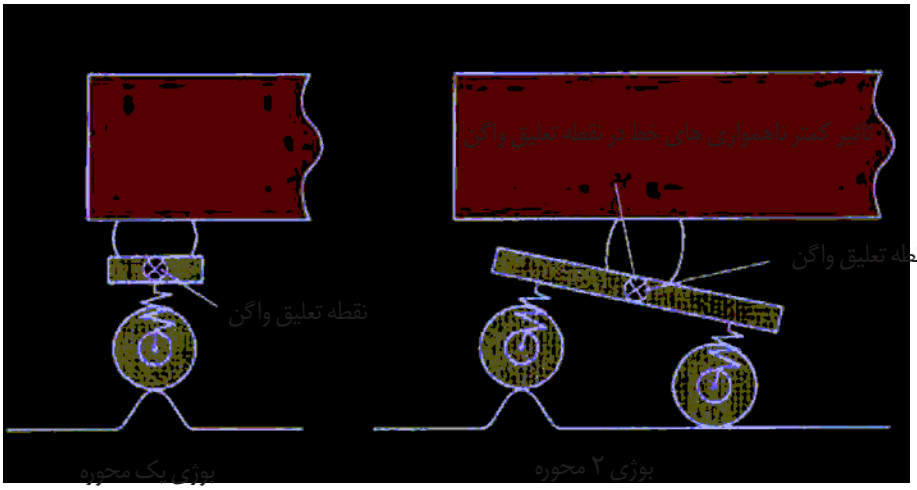


شکل (الف) ۲-۲ بوژی Y25



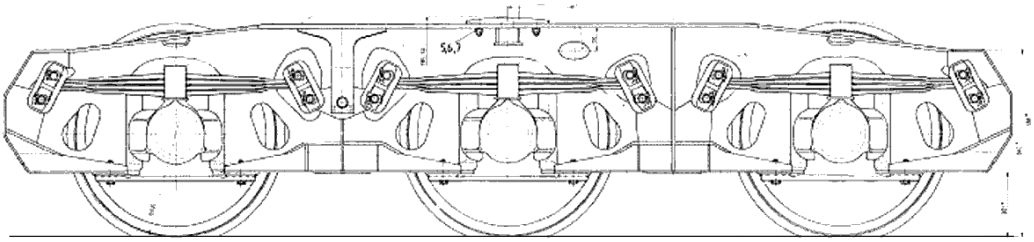
شکل (ب) ۲-۲ بوژی H رومانی جدید (با قطر چرخ ۹۲۰ mm)

در مقایسه با بوژی‌های تک محوره، بوژی‌های دو محوره ضمن دارا بودن ساختمان نسبتاً ساده از امتیاز کاهش ضربات وارده از سوی خط به واگن نیز برخوردارند. زیرا مطابق شکل ۲-۳، بوژی‌های دو محوره هنگام عبور از قسمت‌های ناهموار خط، به دلیل آزادی حرکت بوژی حول محور جانبی خط، اثرات این ناهمواری‌ها به بدنه‌ی واگن منتقل نمی‌شود. در حالی که در بوژی‌های تک محوره، به دلیل عدم وجود مفهوم آزادی حرکت بوژی حول محور جانبی خط، تمام تغییر مکان و ضربه‌ی وارده توسط ناهمواری خط، به واگن منتقل می‌گردد. بنابراین در بوژی‌های ۲ محوره، شدت ضربات منتقل شده از خط به واگن، در مقایسه با بوژی‌های تک محوره، به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است.



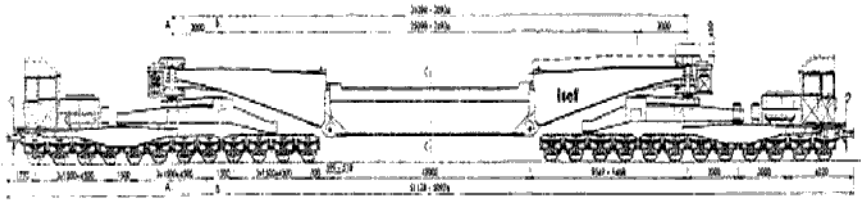
شکل۲-۳) نمونه‌ی تاثیر پذیری بوژی‌های تک محوره و دو محوره از ناهمواری‌های خط

بوژی‌های ۳ محوره طبیعتاً دارای ۳ محور و ۶ چرخ می‌باشند و غالباً برای واگن‌هایی به کار می‌روند که در حمل و نقل بارهای نسبتاً سنگین یا مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۲-۴ شماتیکی از بوژی‌های ۳ محوره‌ی ساخت شرکت واگن پارس، تحت لیسانس Wagon Union آلمان را نمایش می‌دهد.



شکل۲-۴) شماتیکی از بوژی‌های ۳ محوره‌ی واگن پارس

بوژی‌های چند محوره، بر حسب تعداد محور، برای بارهای سنگین یا خیلی سنگین به کار می‌روند و دارای مصارف خاص می باشند .این بوژی ها عموماً در ساختمان جرثقیل های ریلی، ماشین آلات احداث خط و واگن‌های حمل بارهای بسیار سنگین، نظیر واگن‌های اشنابل، کاربرد دارند. شکل ۲-۵ شماتیکی از بوژی‌های چند محوره (در اینجا ۴ محوره) در واگن‌های اشنابل را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۵) بوژی‌های چند محوره در واگن‌های اشنابل ساخت ایتالیا

۲-۳-۲- طبقه‌بندی بوژی بر اساس نوع فریم

بر اساس نوع فریم یا بدنه، بوژی‌ها را می‌توان در دو گروه بوژی‌های با فریم یک‌پارچه (Fabricated Frame Bogie)و بوژی‌های سه‌تکه (Three Pieces Bogie) قرار داد.

بوژی‌های با فریم یک‌پارچه دارای بدنه‌ای هستند که از جوشکاری ورق‌های فولادی ساخته شده و مجموعه‌ی آن در حکم یک بخش واحد می‌باشد، در حالیکه فریم بوژی‌های سه‌تکه عمدتاً با روش ریخته‌گری تولید شده و دارای ۳ بخش عمده می‌باشند که قابلیت جدا شدن از یکدیگر را دارند.

۲-۳-۳- طبقه‌بندی بوژی بر اساس کیفیت حرکت

بر این اساس بوژی‌ها در دو دسته‌ی بوژی‌های فرمان‌پذیر و بوژی‌های عادی فاقد مکانیزم فرمان‌پذیری، قابل طبقه‌بندی می‌باشند.

بوژی‌های فرمان‌پذیر، بوژی‌هایی با طراحی نسبتاً جدیدی هستند که در دو دهه‌ی اخیر طراحی و ساخته شده‌اند. این بوژی‌ها دارای مکانیزم‌هایی هستند که هنگام عبور بوژی از قوس خطوط، به گونه‌ای سبب تسهیل دوران چرخ‌ها در قوس می‌گردند که امتداد محور آنها تقریباً از مرکز هندسی قوس خط عبور کند. در چنین حالتی زاویه‌ی حمله‌ی بین فلنج چرخ و خط و متعاقباً مقدار اصطکاک ما بین آنها کاهش یافته و نرخ سایش فلنج چرخ و خط به حداقل می‌رسد.

در مقابل، بوژی‌های عادی فاقد مکانیزم فرمان‌پذیری هستند. اما به دلیل وجود لقی‌های طولی و عرضی در فصل مشترک جعبه یاتاقان و فریم خود، به صورت طبیعی تا حدی دارای خاصیت فرمان‌پذیری هستند؛ به طوری که هنگام رسیدن به قوس‌ها بتوانند تا حد ممکن محورها را در امتداد شعاع خطوط قرار دهند. اما این حد قطعاً کمتر از بوژی‌های فرمان‌پذیر می‌باشد.

۲-۳-۴- طبقه‌بندی بوژی بر اساس بار محوری

بار محوری؛ مقدار مجموع وزن خالص واگن و وزن باری است که یک وسیله‌ی نقلیه‌ی ریلی، به ازای هر محور، مجاز به حمل آن می‌باشد. بر این اساس بار محوری برای خط، واگن و بوژی تعریف می‌شود. از نظر خط، با توجه به کلاس‌های موجود خط در راه‌آهن ایران، بار محوری ۲۰ تن بر هر محور می‌باشد و این

مقدار در محورهای جدیدالاحداث به ۲۲/۵ تن بر محور نیز می‌رسد.

در راه‌آهن ایران؛ بوژی‌های باری از لحاظ بار محوری دو گروه هستند. بوژی‌های با بار محوری ۲۰ تن که شامل کلیه‌ی بوژی‌های با فریم یک‌پارچه بوده و بوژی‌های با بار محوری ۲۳/۵ تن که شامل بوژی‌های سه‌تکه (۱۰۰-۱۸) می‌باشند. البته در این خصوص قابل ذکر است که با توجه به محدودیت خطوط آهن ایران به بار محوری ۲۲/۵ تن بر محور، ساختار واگن‌های مجهز به این بوژی نیز بر اساس ۲۲/۵ تن بر محور طراحی شده است. لذا در مقطع فعلی در راه‌آهن ایران، بوژی‌های مذکور علیرغم قابلیت تحمل بار محوری ۲۳/۵ تن بر محور، با بار محوری ۲۲/۵ تن قابل بهره‌برداری هستند. از طرف دیگر برخی از واگن‌های دو محوره و واگن‌های انتهایی، دارای بار محوری کمتر از ۲۰ تن بر محور نیز می‌باشند.

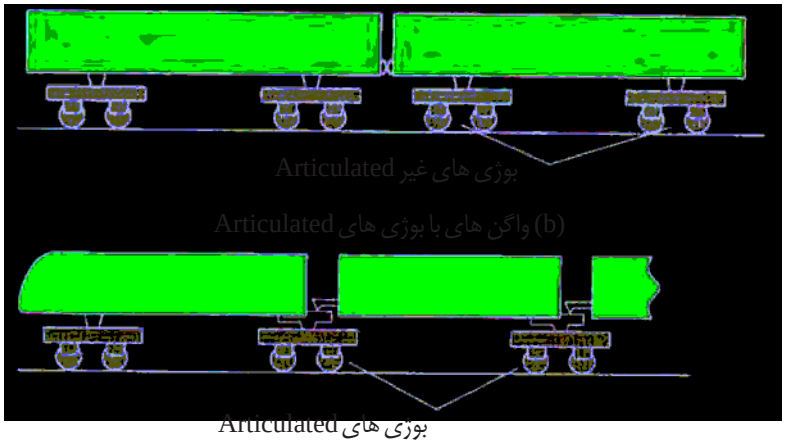
قابل ذکر است که امروزه به دلیل رشد روز افزون تقاضای حمل بار با راه‌آهن، میزان بار محوری رو به افزایش بوده و مقدار آن در برخی از کشورها از جمله چین، کانادا، استرالیا و آمریکا به ۲۵ تن بر محور و در موارد خاص حتی بیشتر و به مقدار ۳۵ تن بر محور نیز می‌رسد.

۲-۳-۵- طبقه‌بندی بوژی‌ها بر مبنای مفصل‌دار بودن

بوژی‌های مفصل‌دار (Articulated)؛ بوژی‌هایی هستند که در فصل مشترک دو واگن مجاور قرار می‌گیرند. به طوری که انتهای عقب واگن جلویی و انتهای جلوی واگن عقبی، هر دو روی آن قرار می‌گیرند و معمولاً در ساختار واگن‌های مسافری؛ نظیر قطارهای مسافری TGV فرانسوی یا Talgo اسپانیایی به کار می‌روند (شکل ۲-۶(b)). در حالی که بوژی‌های غیر مفصلی (Non Articulated)؛ بوژی‌هایی هستند که دو دستگاه از آنها زیر یک واگن نصب می شوند (شکل ۲-۶(a)).

بوژی های Articulated و غیر Articulated

(a) واگن های معمولی با بوژی های غیر Articulated



شکل ۲-۶) شماتیکی از واگن های مجهز به بوژی های مفصل دار و غیر مفصلی

همان طوری که درشکل دیده می شود، هر دستگاه بوژی مفصل دار به تنهایی باید وزن یک واگن را تحمل کند در حالی که در بوژی های غیرمفصلی هر دستگاه بوژی نیمی از وزن واگن را متحمل می شود. قابل ذکر است محور وسط واگن های حمل خودرو که پیشتر در شکل ۲-۱ نمایش داده شد نیز یک بوژی تک محوره از نوع مفصل دار می باشد.

۲-۴- ساختار بوژی های باری

تمامی بوژی ها، صرف نظر از نوع و مدل، دارای مجموعه های زیر می باشند:

- فریم یا اسکلت (Frame)
- سیستم تعلیق (Suspension system)
- سیستم محدود کننده‌ی دوران حول محور طولی خط (Side Bearings)
- سیستم اهرم‌بندی ترمز (Brake rigging)

- مجموعه‌ی چرخ و محور (Wheelset)
- سیستم میرا کننده‌ی نوسانات (Damping System)

عمده‌ی بوژی‌ها؛ در کلیات شبیه هم می‌باشند و تفاوت آنها در جزئیات زیر مجموعه‌های آنها است.

در این کتاب بررسی ساختار بوژی‌ها با توجه به نوع فریم آنها و در دو قسمت زیر انجام می گیرد:

الف) بوژی‌های با فریم (اسکلت) یک‌پارچه

ب) بوژی‌های با فریم سه‌تکه

۲-۵- بوژی‌های با فریم یک‌پارچه

بوژی‌های با فریم یک‌پارچه؛ بوژی‌هایی هستند که بدنه‌ی آنها از جوشکاری ورق‌های فولادی ساخته شده‌اند. برای این منظور، ابتدا ورق‌های فولادی طبق نقشه‌های ساخت برش خورده و سپس توسط قالب و پرس‌های هیدرولیکی شکل‌دهی می‌شوند. سپس زیر مجموعه‌های مختلف فریم بوژی؛ نظیر شاسی‌های طولی، عرضی و سرشاسی‌ها، با قراردادن و جوشکاری اجزای تشکیل دهنده‌ی آنها در فیکسچرهای جوشکاری مربوطه، ساخته می‌شوند. در نهایت فریم بوژی از قرار دادن زیر مجموعه‌های ساخته شده‌ی فوق‌الذکر در فیکسچر مونتاژ نهایی بوژی و جوشکاری آنها به یکدیگر، ساخته می‌شود. به عنوان نمونه‌ای از بوژی‌های با فریم یک‌پارچه می‌توان از انواع بوژی‌های H، H665 و Y25، که در ناوگان باری ایران نیز موجودند، نام برد. شکل‌های ۲-۷ ، ۲-۸ و ۲-۹ نمونه‌ای از این بوژی‌ها را نمایش می‌دهند.

شکل ۲-۷) نمایی از یک بوژی H در زیر واگن

شکل ۲-۸) بوژی **H665** تولیدی شرکت واگن پارس (تحت لیسانس **wagon union** آلمان)

شکل ۲-۹) بوژی **Y25Rss2a**

این گروه از بوژی ها به علت یک پارچه بودن فریم، رفتار نسبتاً پایداری را در زمان بهره‌برداری از خود نشان می‌دهند. از طرف دیگر بسته بودن و محدود بودن بازه‌های تلرانسی در این بوژی ها، سبب حفظ فرم کلی وضعیت آن در شرایط عادی بهره‌برداری گردیده است. به طوری که چرخ و محورهای آنها، با توجه به محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای آزادی های طولی و عرضی در قوس ها یا خطوط مستقیم، عمدتاً شرط عمود بودن بر خطوط را رعایت می کنند. بنابراین میزان سایش چرخ، با توجه به ساختار آنها تا حد قابل توجهی کنترل شده است. از طرف دیگر مجموعه‌ی فریم این بوژی ها به عنوان یک جایگاه نسبتاً ثابت و صلب (از نظر حرکت نسبی اجزاء) به خوبی چرخ و محور را در جایگاهش تثبیت می کنند. این موضوع نیز عامل دیگری در جهت افزایش پایداری بوژی می‌باشد.

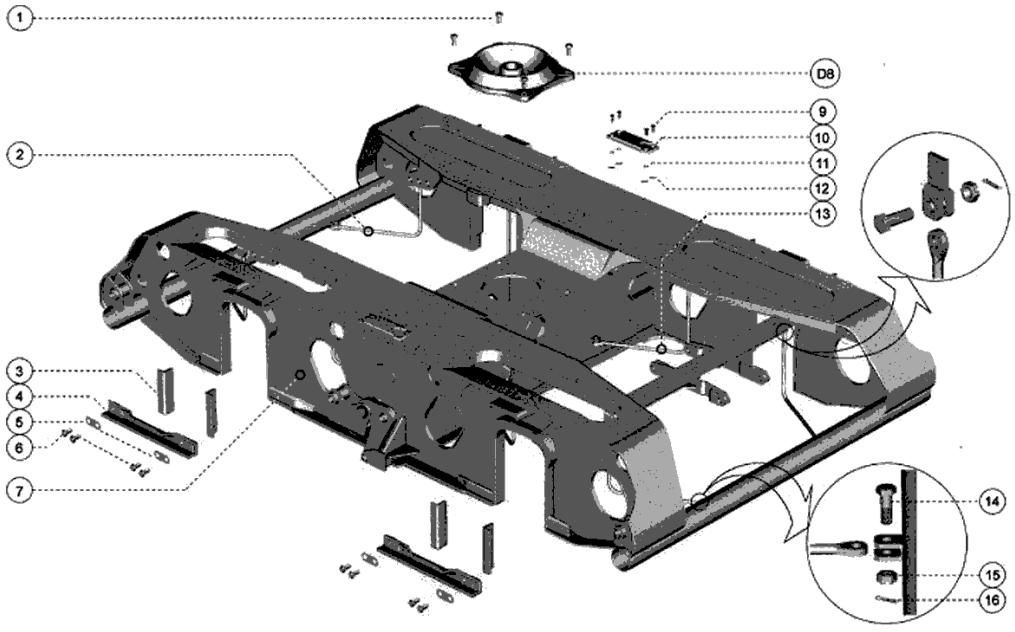
۲-۵-۱- فریم

فریم یا بدنه‌ی بوژی یکی از بخش های اصلی آن می‌باشد که اضافه بر نقش تبادل نیروها میان شاسی واگن و چرخ ومحورها، به عنوان پایه‌ای جهت نصب سایر اجزاء، نظیر مجموعه‌ی چرخ ومحور، فنربندی و سیستم تعلیق و نیز سیستم اهرم‌بندی ترمز به کار می‌رود. بنابراین به عنوان اسکلت اصلی بوژی نقش اساسی را در ترکیب بوژی به خود اختصاص داده و سلامت آن نقش بسزایی در عملکرد مناسب بوژی دارد. فریم های یک پارچه که برخی از مواقع از آنها به عنوان فریم های صلب نیز یاد می گردد، از بخش های مختلفی به شرح زیر تشکیل می شوند.

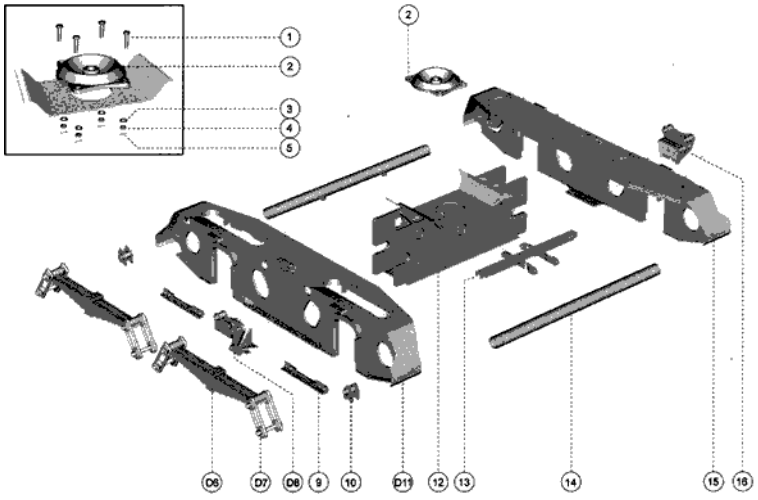
- شاسی های طولی
- شاسی عرضی (گهواره)
- کاسه بوژی و واشر آن
- سرشاسی ها (پیشانی بوژی)
- پابندها

- نگهدارنده های اجزاء سیستم اهرم‌بندی ترمز
- نگهدارنده های فنرهای سیستم تعلیق
- بالشتک ها
- صفحات سایشی راهنمای جعبه یاتاقان
- حافظ های میله مثلث

شکل ۲-۱۰ نمونه‌ای از یک فریم بوژی و شکل ۲-۱۱ مجموعه های نیمه مونتاژی آن را نمایش می دهند. همان‌طوری که قبلاً نیز اشاره شد، اتصال بخش های اصلی این دسته از فریم‌ها از طریق جوشکاری به یکدیگر انجام می‌شود. اما برخی از اجزاء که سرعت سایش آنها زیاد است، معمولاً توسط پیچ و مهره به فریم متصل می‌شوند تا در صورت ضرورت تعویض آنها به سهولت ممکن باشد (نظیر اتصالات بالشتک ها).



شکل ۲-۱۰) فریم بوژی H جدید رومانی

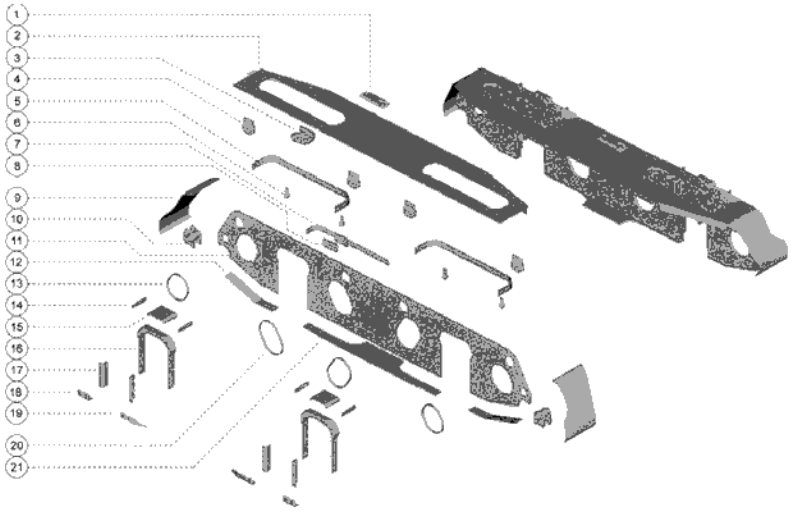


شکل ۲-۱۱) مجموعه‌های نیمه مونتاژی فریم و سیستم تعلیق بوژی H جدید رومانی

۲-۵-۱-۱- شاسی‌های طولی

یکی از ساده‌ترین عناصری که در سازه‌ها تحت بارگذاری واقع می‌شوند، تیرها می‌باشند. بسته به شرایط و نوع بارگذاری، طراح یک سازه از انواع مختلف تیرها در ترکیب سازه مورد طراحی استفاده می‌کند و با توجه به روابط موجود در محاسبه‌ی ممان اینرسی مقاطع، با قصد کنترل میزان خمش و خیز آنها، مقاطعی انتخاب می‌شوند که ضمن سبک بودن و تحمل بارهای استاتیکی و دینامیکی حین بهره‌برداری از بوژی، بتوانند مقاومت لازم در برابر تغییر شکل‌های ناشی از بارگذاری‌ها و نیروهای وارده را از خود نشان دهند. از معمول‌ترین مقاطع مورد استفاده در سازه‌ها می‌توان از قوطی‌ها و پروفیل‌ها نام برد که به دلیل بزرگی نیروهای موثر بر فریم بوژی از طرفی و مقیدات خاص بهره‌برداری در راه‌آهن‌ها از طرف دیگر، استفاده از مقاطع استاندارد برای ساخت بوژی مقدور نمی‌باشد. از این رو شاسی‌های طولی بوژی با توجه به نوع بارگذاری‌ها و استانداردهای تست، به صورت خاص طراحی و ساخته می‌شوند. با توجه به مطالب ذکر شده، شاسی‌های طولی از جوشکاری ورق‌های عمودی (جان) و افقی (بال) ساخته می‌شوند که با توجه به امکان نصب

ساپورت‌های اهرم‌بندی ترمز یا سیستم تعلیق و همین‌طور محل قرارگیری چرخ و محور، همچنین امکان تعویض کفشک‌های ترمز حین بهره‌برداری از بوژی، در محل‌های مورد نیاز تغییرات لازم روی جان آنها اعمال می‌شود. به نحوی که امکان دسترسی به بخش‌های مختلف به سهولت مقدور باشد . شکل ۲-۱۲ مجموعه‌ی مونتاژی شاسی طولی بوژی‌های H جدید رومانی و اجزاء آن، پیش از اتصال و جوشکاری را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۱۲) مجموعه‌ی مونتاژی شاسی طولی بوژی H جدید رومانی و اجزاء آن

همان‌طوری که دیده می‌شود، بالشتک‌ها روی صفحات فوقانی شاسی‌های طولی نصب می‌شوند و به دلیل ماهیت سایشی آنها، جهت امکان تعویض، اتصال آنها از طریق پیچ و مهره صورت می‌پذیرد. صفحه‌ی فوقانی شاسی طولی دارای شیارهایی برای عبور چرخ‌ها می‌باشد. همچنین ساپورت‌های نگهدارنده‌ی حافظ‌های میله‌مثلث و آویز قاب کفش‌ها به این صفحه متصل می‌شوند. اصلی‌ترین بخش‌های شاسی طولی، جان آن (صفحه عمودی اصلی)؛ بال‌های آن و نعلی‌های راهنمای جعبه یاتاقان می‌باشند که در شکل ۲-۱۲ به وضوح دیده می‌شوند.

۲-۵-۱-۲- شاسی عرضی (گهواره)

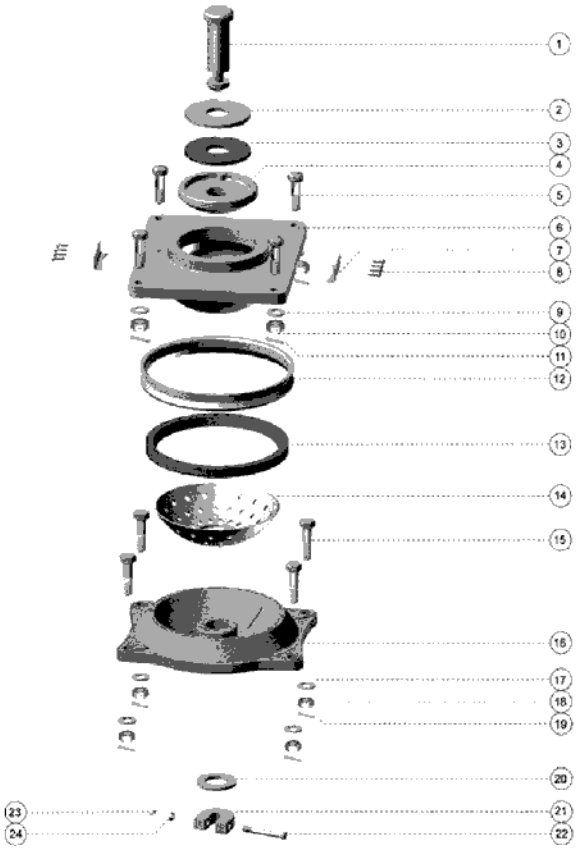
شاسی عرضی (گهواره)؛ همان‌طوری که در شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱ دیده می‌شود، در حد فاصل شاسی‌های طولی قرار گرفته و از طرفین توسط جوشکاری به آنها متصل می‌شود. شاسی عرضی، محل نصب کاسه‌بوژی بوده که از طریق این قطعه‌ی یاتاقانی شکل، اتصال بین بوژی و واگن انجام می‌شود.

نیروی وزن واگن از طریق کاسه‌بوژی و شاسی عرضی به شاسی‌های طولی و از طریق آنها و توسط سیستم تعلیق به چرخ و محورها و نهایتاً خط منتقل می‌شود. به دلیل بزرگی نیروهای استاتیکی و دینامیکی وارده، همان‌طوریکه در تصویر ۲-۱۱ دیده می‌شود ، شاسی عرضی بر خلاف شاسی‌های طولی از دو ورق جان که حد فاصل بخش میانی و زیر آنها توسط ورق‌های فولادی دیگری تقویت شده، تشکیل شده است. ورق بالای شاسی عرضی محل نصب کاسه‌بوژی می‌باشد. همان گونه که دیده می‌شود، ترکیب شاسی عرضی، به جهت تحمل نیرو، به صورت یک قوطی بسته در آمده است تا ضمن داشتن وزن کم، دارای ممان اینرسی و استحکام کافی برای تحمل نیروهای اعمالی باشد.

۲-۵-۱-۳- کاسه بوژی

همان‌طوری که در بخش ۲-۵-۱-۲ اشاره شد، واگن از طریق کاسه‌بوژی به بوژی اتصال پیدا می کند. کاسه‌بوژی در بوژی‌های با فریم یک‌پارچه دارای سطح تماسی کروی شکل است. بنابراین بوژی در محل اتصال با واگن از طریق کاسه بوژی، دارای سه درجه آزادی دورانی حول محورهای طولی (Roll)، جانبی (Pitch) و قائم (Yaw) می‌باشد.

به منظور جلوگیری از سایش کاسه بوژی، قطعه‌ای کروی شکل با عنوان واشر کاسه‌بوژی در سطح داخل آن، مابین کاسه بوژی و کاسه محدب واگن، قرار می گیرد. در برخی از بوژی‌ها، واشر کاسه‌بوژی فلزی و مشبک می‌باشد که جهت کاهش اصطکاک و سایش، از طریق یک سیستم روغن کاری، روان کاری می گردد. در انواع دیگر، کاسه‌بوژی از مواد پلی‌آمیدی ساخته می‌شود. شکل ۲-۱۳ تصویر انفجاری کاسه‌بوژی، واشر کاسه‌بوژی ، کاسه‌ی محدب واگن و سایر اجزاء مرتبط با آنها را نشان می‌دهد.



شکل۲-۱۳) کاسه بوژی، کاسه‌ی محدب واگن و اجزای مرتبط با آنها

۲-۵-۱-۴- سرشاسی (پیشانی)

پیشانی بوژی مابین دو انتهای شاسی طولی قرار گرفته و از طریق جوشکاری، شاسی‌های طولی طرفین را به هم متصل می کند. پیشانی‌ها در برخی از بوژی‌ها از پرسکاری ورق فولادی ساخته می‌شوند. در برخی دیگر از بوژی‌ها پیشانی‌ها از مقاطع ناودانی و یا لوله تهیه می گردند. پیشانی‌ها عمدتاً جهت افزایش استحکام بوژی‌ها و کنترل ابعاد و بازه‌های تلرانسی در ساختمان فریم بوژی به کار می‌روند. در برخی از بوژی‌ها نیز

ساپورت های نگهدارنده ی حافظ میله مثلث روی آنها نصب می گردد. شکل ۲-۱۱ اضافه برسایراجزاء فریم، نمونه ای از پیشانی های لوله ای را نیز نشان می دهد.

۲-۵-۱-۵- پابندها

همان طوری که در قسمت ۲-۵-۱-۱ گفته شد، یکی از مهمترین قسمت های شاسی های طولی، راهنماهای جعبه یاتاقان ها هستند. در عین حال، شاسی های طولی به دلیل کم بودن قابل توجه جان (ورق عمودی) در ناحیه ی راهنمای جعبه یاتاقان، دارای کمترین استحکام هستند. جهت افزایش استحکام و جبران ضعف شاسی طولی در این ناحیه، دو تدبیر اندیشیده و بکار گرفته شده است. اولین تدبیر قرارگرفتن قطعه ای با عنوان نعلی (U) راهنمای جعبه یاتاقان می باشد که از نظر ضخامت به مراتب از ضخامت ورق جان، ضخیم تر بوده و به طور موثری باعث افزایش استحکام در این ناحیه می گردد. تدبیر دوم استفاده از قطعه ای تحت عنوان پابند است. این قطعه در دهنه ی راهنمای جعبه یاتاقان قرار گرفته و با پیچ و مهره به آن متصل می شود. پابند از باز شدن دهنه و U راهنمای جعبه یاتاقان و یا شکستن آن به دلیل ضربات ناشی از برخورد جعبه یاتاقان حین بهره برداری، جلوگیری می کند. پابندها از نظر شکل دارای تنوع می باشند اما عملکرد آنها یکسان است. این قطعات ضمن تقویت شاسی طولی در ناحیه ی راهنمای جعبه یاتاقان، از جدا شدن چرخ و محور بوژی، به هنگام جابجایی بوژی توسط جرثقیل برای منظورهای تعمیراتی، جلوگیری می کنند. تحلیل های نیرویی انجام شده روی فریم بوژی هایی که حین بهره برداری پیچ های اتصال پابند آنها شل شده یا کاملاً باز شده اند، نشان دهنده ی افزایش شدید تنش در مقایسه با حالتی است که پابند به صورت اصولی در محل خودش تثبیت شده است. به جرات می توان گفت؛ شکست شاسی طولی در ناحیه ی U نعلی غالباً به دلیل شل بودن پیچ و مهره ی اتصال پابند است. لذا این قطعه نقش مهمی در ساختار فریم بوژی دارد. نمونه ای از پابندها در شکل ۲-۱۱ دیده می شود.

۲-۵-۱-۶- نگهدارنده‌ی اجزا ی اهرم‌بندی ترمز بوژی

سیستم اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های با فریم یک‌پارچه، از نوع ۸ کفشکی است. این نوع سیستم اهرم‌بندی، با احتساب آویزهای قاب کفش، در مورد اغلب بوژی‌ها از ۱۲ نقطه و در مورد بوژی‌های رومانی H با قطر چرخ ۹۲۰ میلیمتر، از ۱۴ نقطه به فریم بوژی متصل شده است.

ساپورت‌های نگهدارنده‌ی اجزاء اهرم‌بندی ترمز، بخشهای فولادی هستند که توسط جوشکاری به فریم بوژی متصل شده‌اند. این ساپورت‌ها محل اتصال اهرم‌های ترمز یا آویزهای قاب کفش بوژی بوده و اتصال مفصلی مذکور از طریق والیک، واشر و اشپیل انجام می‌شود. برای جلوگیری از سایش، سوراخ اتصال ساپورت دارای بوش متناسب با قطر والیک مربوطه می‌باشد. در شکل‌های ۲-۱۰ ، ۲-۱۱ و ۲-۱۲ ساپورت‌ها و نگهدارنده‌های اجزاء اهرم‌بندی ترمز دیده می‌شوند.

۲-۵-۱-۷- ساپورت‌های نگهدارنده‌ی فنرهای سیستم تعلیق

آن دسته از بوژی‌های با فریم یک‌پارچه که به فنرهای لایه‌ای (Leaf Spring) مجهز هستند، دارای ساپورت‌هایی جهت اتصال فنرها از طریق گوشواره‌ها به بدنه‌ی بوژی می‌باشند. فنرهای لایه‌ای به جهت آزادی نوسان و تغییر فاصله‌ی بین چشمی‌های فنر در اثر نیروهای وارده، به صورت غیر مستقیم و هر یک از آنها از طریق ۴عدد گوشواره، ۸ عدد لقمه و والیک‌های مربوطه به فریم بوژی متصل می‌شوند. هنگام وارد شدن عکس‌العمل نیروهای اعمالی از طریق جعبه یاتاقان به فنر و با توجه به گیر بودن چشمی‌های فنر در لقمه و گوشواره‌ها، قوس فنر و در نتیجه فاصله‌ی میان چشمی‌ها تغییر می‌کند، به همین جهت نحوه‌ی اتصال فنر با فریم بوژی به نحوی طراحی شده که هنگام نوسان فنر اجازه‌ی تغییر فاصله بین چشمی‌ها را بدهد. ساپورت‌های اتصال فنرها، در دو انتها و میانه‌ی شاسی طولی نصب شده‌اند و از آنها با عنوان نقاط تعلیق نیز یاد می‌شود. شکل‌های ۲-۱۰ ، ۲-۱۱ و ۲-۱۲ ساپورت‌های نگهدارنده‌ی فنرهای سیستم تعلیق را نشان می‌دهند.

۲-۵-۱-۸- بالشتک

بالشتک‌ها روی شاسی‌های طولی بوژی نصب شده و وظیفه‌ی اصلی آنها محدود کردن دوران واگن حول محور طولی خط (Roll) می‌باشد. بالشتک‌ها عناصر سایشی هستند که در قوسها نقش مهمی را ایفا می‌کنند. واگن‌ها هنگام عبور از قوس، به دلیل نیروهای گریز از مرکز، به سمت خارج قوس متمایل می‌شوند و لذا حین گردش با بالشتک بوژی تماس می‌یابند. بنابراین بالشتک‌های بوژی به طور قابل توجهی تحت سایش هستند. به دلیل سهولت حرکت نسبی بالشتک واگن روی بالشتک بوژی، سطوح آنها به صورت محدب و صیقلی ساخته می‌شوند. بالشتک‌ها نقش مهمی در پایداری واگن، به ویژه در قوس‌ها دارند. شکل ۲-۱۰ بالشتک بوژی را نشان می‌دهد.

۲-۵-۱-۹- صفحات سایشی راهنمای جعبه یاتاقان

این صفحات در فضای داخلی U راهنمای جعبه یاتاقان و از طریق جوشکاری به آن متصل می‌شوند. شکل هندسی این صفحات در بوژی‌های مختلف متفاوت است. اما با توجه به گپ‌های طولی و عرضی مابین U راهنما و بدنه‌ی جعبه یاتاقان، و تماس سایشی در جهات طولی و عرضی، غالباً این صفحات به صورت نبشی می‌باشند. هدف از کاربرد این قطعات در بوژی، حفاظت U راهنمای جعبه یاتاقان در برابر سایش می‌باشد. از طرف دیگر به علت اصطکاک میان این صفحات و بدنه‌ی جعبه یاتاقان، بخش قابل توجهی از انرژی جنبشی در چرخ و محور به صورت اصطکاک میرا شده و در نتیجه از میزان نوسان مجموعه‌ی چرخ و محور کاسته می‌شود. بدیهی است پس از سایش تدریجی این قطعات و به دنبال افزایش گپ‌های طولی و عرضی مابین جعبه یاتاقان و U راهنمای جعبه یاتاقان، صفحات مذکور بایستی تعویض شوند. شکل ۲-۱۰ صفحات سایشی راهنمای جعبه یاتاقان را نمایش می‌دهد.

۲-۵-۱-۱۰- حافظ های میله مثلث

به منظور جلوگیری از افتادن میله مثلث در شرایط خاص و بحرانی بهره‌برداری از بوژی، که منجر به خروج از خط قطار و سانحه می گردد، بوژی ها به حافظ های میله مثلث مجهز می گردند. همان طوری که در شکل ۲-۱۰ دیده می شود، حافظ های میله مثلث قطعاتی میله ای شکل هستند که به فریم بوژی متصل شده و زیر میله مثلث ها قرار دارند. حفاظ های میله مثلث از طریق پیچ، مهره و اشپیل به فریم بوژی متصل می شوند. در شکل ۲-۱۰ جزئیات نحوه‌ی اتصال این قطعات به فریم دیده می شود. همان طوری که دیده می شود، به ازاء هر میله مثلث، دو عدد حافظ در بوژی تعبیه شده است. لذا هر بوژی دارای ۸ عدد حافظ میله مثلث می باشد.

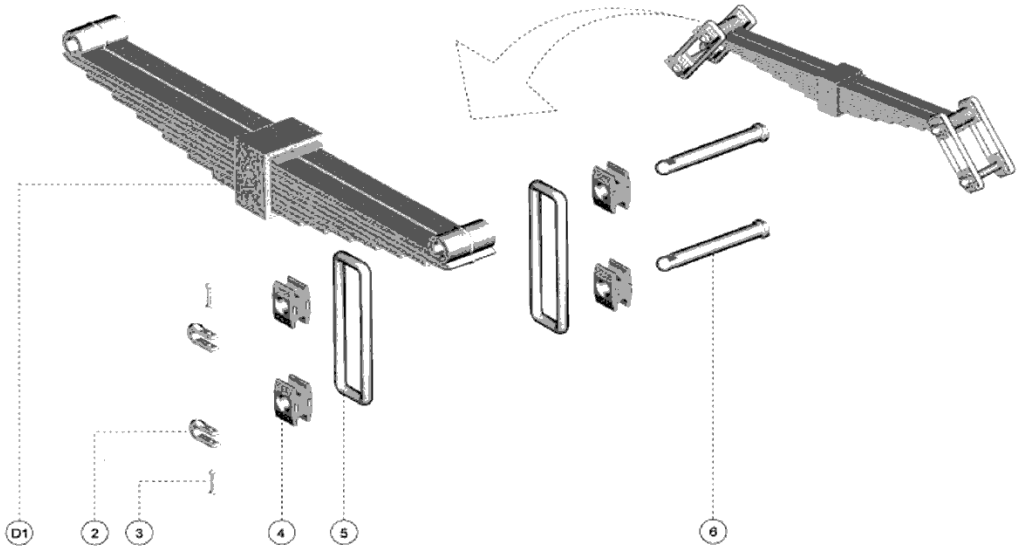
۲-۵-۲- سیستم تعلیق (Suspension System)

سیستم تعلیق، اضافه بر دریافت وانتقال نیروهای عکس العملی وارده از خط، وظیفه‌ی حفظ پایداری واگن در حالت سکون یا حرکت، در خطوط مستقیم یا قوس ها را نیز بر عهده دارد. سیستم تعلیق بوژی های با فریم یک پارچه از نوع سیستم تعلیق اولیه (Primary Suspension System) می باشد. سیستم تعلیق اولیه به نوعی از فنربندی ها اتلاق می گردد که روی چرخ و محور و بالای جعبه یاتاقان نصب می شوند. سیستم های تعلیق اولیه ممکن است شامل فنرهای لایه‌ای (Leaf Spring) یا فنرهای پیچشی (Helical Spring) باشند و بر حسب نوع فنر، اجزای این سیستم متفاوت می باشد.

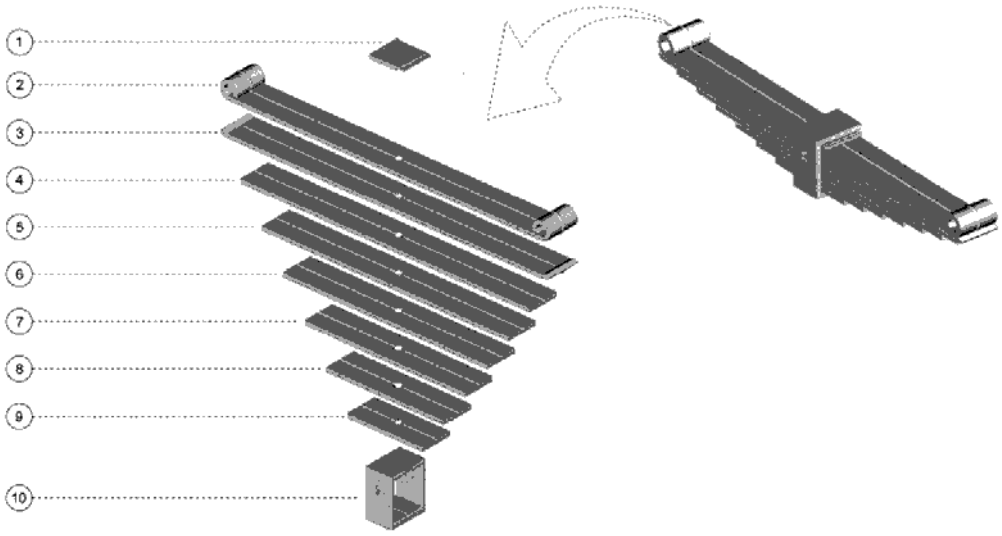
۲-۵-۲-۱- سیستم تعلیق اولیه با فنرهای لایه ای

این نوع فنربندی در هر طرف چرخ و محور از ۴ عدد گوشواره ، ۸ عدد لقمه ،۴ عدد والیک ،خاموت و اشپیل و یک ست فنر لایه‌ای تشکیل شده است. شکل های ۲-۱۴ و۲-۱۵ مجموعه‌های مونتاژی و دمونتاژ شده‌ی سیستم تعلیق اولیه با فنر لایه‌ای را نشان می‌دهد. همان طوری که دیده می شود، فنر از طریق

چشمی‌ها، لقمه و والیک‌های مربوطه، در بخش بالایی گوشواره قرار می گیرد و بخش‌های پایینی گوشواره از طریق لقمه و والیک‌های مربوطه در ساپورت‌های نگه دارنده‌ی فنر که در بند ۲-۵-۱-۷ ذکر شد، نصب می گردد. از طرف دیگر، فنر از ناحیه کرپی و زائده‌ی آن، در قسمت بالای جعبه یاتاقان می‌نشیند. بنابراین فنر از ناحیه‌ی دو چشمی خود در گوشواره‌ها که از طریق ساپورت‌های مربوطه به فریم بوژی متصل هستند، گیر بوده و در ناحیه‌ی میانی از قسمت زیر کرپی، روی جعبه یاتاقان و چرخ و محور سوار است و می تواند عمده‌ی نیروهای عمودی ناشی از حرکت نسبی مجموعه‌ی چرخ و محور نسبت به فریم بوژی را دریافت نماید و سبب حرکت نرم و ملایم بوژی گردد. با تدبیر ذکر شده فنر به عنوان یک عنصر الاستیکی مابین چرخ و محور و فریم بوژی قرار گرفته و از وارد شدن ناگهانی نیروهای عکس‌العمل خط به فریم بوژی جلوگیری می‌نماید.



شکل ۲-۱۴) مجموعه‌ی مونتاژی و دمونتاژ شده‌ی سیستم تعلیق با فنرهای لایه‌ای



شکل ۲-۱۵) اجزای فنرهای لایه‌ای تخت (بدون قوس)

هدف از کاربرد فنر در سیستم‌های تعلیق، ایجاد وضعیت الاستیکی در مسیر اعمال نیرو می‌باشد. به این طریق نیروها در زمان بیشتری اعمال می‌شوند واز شکستگی موضعی فریم بوژی جلوگیری می گردد. در حالی که در صورت عدم وجود عنصر الاستیکی فنر، نیروهای اعمالی به صورت ناگهانی و در حالت ضربه وارد می‌شوند. بدیهی است اعمال یک نیروی ثابت در زمان کوتاه نسبت به اعمال همان نیرو در بازه‌ی زمانی بزرگتر، شدت تخریبی بسیار بیشتری دارد. در حالت اول تمامی نیرو به صورت ضربه وارد می‌شود. به عبارت دیگر؛ بار قابل توجهی در کسری از ثانیه به فریم بوژی اثر می کند. اما در حالت بعدی، فنر باعث می‌شود همان بزرگی نیرو در زمانی بیشتر اثر کند. در این حالت بزرگی نیرو در هر لحظه، به مراتب از حالت ضربه کمتر است. بنابراین وجود عناصر الاستیکی در سیستم تعلیق سبب اعمال تدریجی بار به اجزای مختلف و افزایش عمر آنها می گردد. همان‌طوری که پیشتر اشاره گردید، سیستم تعلیق اولیه با فنر لایه‌ای از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱- فنر لایه‌ای

۲- گوشواره

۳- لقمه

۴- والیک‌های سرفنر

۵- خاموت

۶- اشپیل

در ادامه هر یک از اجزای ذکر شده تشریح می گردند.

۲-۵-۲-۱-۱- فنر لایه‌ای

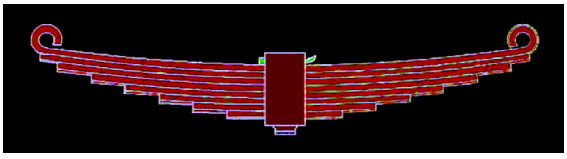
فنرهای لایه‌ای را در شکل‌های ۲-۱۴ و ۲-۱۵ مشاهده کردید. فنرهای لایه‌ای (Leaf Spring) دارای انواع مختلفی می‌باشند و به طور کلی آنها را می‌توان در ۴ گروه دسته‌بندی کرد:

۱- فنرها لایه‌ای با قوس مثبت (دارای تقعر به سمت بالا)

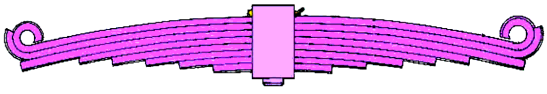
۲- فنرهای لایه‌ای با قوس منفی (دارای تقعر به سمت پائین)

۳-فنرهای لایه‌ای بدون قوس

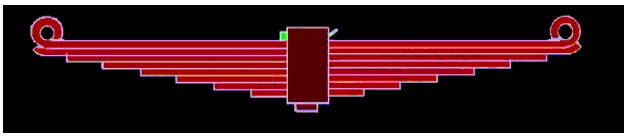
۴- فنرهای پارابولیک



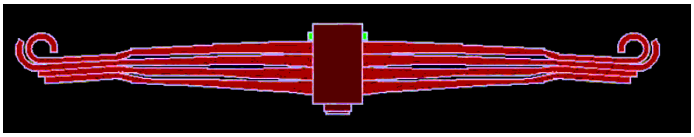
(۱) فنر لایه‌ای با قوس مثبت



(۲) فنر لایه‌ای با قوس منفی



(۳) فنر لایه‌ای بدون قوس (تخت)



(۴) فنر پارابولیک

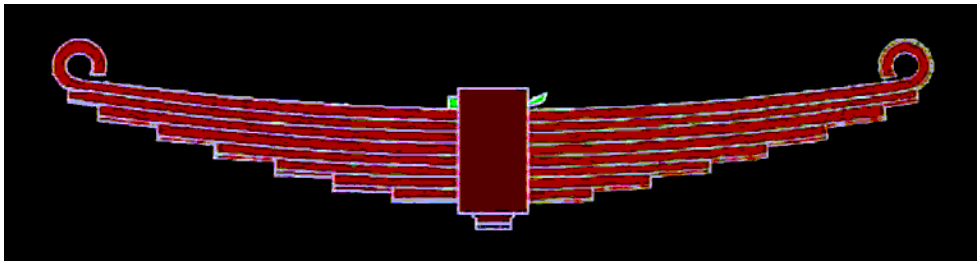
شکل ۲-۱۶) انواع فنرهای لایه‌ای

در شکل ۲-۱۶ شماتیکی از انواع فنرهای یاد شده ارائه شده است. فنرهای لایه‌ای از تعدادی لایه‌ی فنری از جنس فولاد فنر ساخته شده‌اند. طول لایه‌ی اول ازسایر لایه‌ها بیشتر بوده (شکل ۲-۱۵ را ببینید) و در دو انتها حلقه شده است. این حلقه‌ها اصطلاحاً چشمی فنرنامیده می‌شوند که محل عبور والیک فنر به منظور نصب بر روی بوژی می‌باشند. لایه‌ی اول به دلیل نقش مهمتری که نسبت به سایر لایه‌های فنر دارد، اصطلاحاً شاه فنر نامیده می‌شود. سایر لایه‌ها نیز با طول‌های متناسب با لایه‌ی اول، زیر آن واقع شده و مجموعه‌ی آنها در قطعه‌ای گیره‌ای با عنوان کرپی قرار می‌گیرد. فضای آزاد لایه‌ی اول با کرپی توسط قطعه‌ی دیگری تحت عنوان گوه پر شده و مجموعه‌ی آنها در داخل کرپی پرس می‌گردد. شکل ۲-۱۵ اجزای فنرهای لایه‌ای را نشان می‌دهد. همان‌طوری که دیده می‌شود، فنر مذکور از هشت لایه تشکیل گردیده است. هر یک از لایه‌ها در امتداد محور تقارن طولی از یک طرف دارای فرو رفتگی و از سمت دیگر دارای برجستگی می‌باشد. به طوری که حین مونتاژ برجستگی لایه‌ی بالایی در فرورفتگی لایه‌ی پایینی قرار

می گیرد تا به هنگام لغزش لایه ها نسبت به یکدیگر حین بهره‌برداری و نوسان فنر، تقارن عرضی فنر به طور کامل حفظ شود. همان‌طوری که در شکل ۲-۱۵ دیده می‌شود، هر یک از لایه‌ها در وسط خود دارای یک فرورفتگی هستند که اصطلاحاً به آن نافی گفته می‌شود. نافی‌ها در سمت بالای هر لایه به صورت فرو رفتگی و در قسمت پایین به صورت برجستگی می‌باشند. نظیر شیارهای طولی فنر، مونتاژ لایه‌ها سبب می‌شود که برجستگی نافی لایه‌ی بالایی در فرو رفتگی نافی لایه‌ی پایینی قرارگیرد. به این ترتیب هنگام لغزش لایه‌های فنر، تقارن طولی به طور کامل حفظ می گردد.

فنرهای لایه‌ای با قوس مثبت

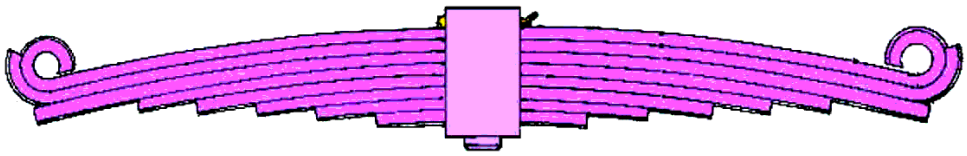
ساختار فنرهای لایه‌ای با قوس مثبت کاملاً مشابه آن چیزی است که در شکل ۲-۱۵ نمایش داده شده است. با این تفاوت که در این دسته از فنرها، لایه‌ها دارای قوس و انحنایی با تقعر به سمت بالا می‌باشند. این فنرها در واگن‌های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران دارای طول ۱۲۰۰ mm (فاصله مراکز چشمی‌های فنر درحالت آزاد) بوده و عموماً از ۸ لایه، یک کرپی و یک گوه تشکیل می‌شوند. شکل ۲-۱۷ نمونه‌ای از این فنرها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۷) فنر با قوس مثبت

فنرهای لایه‌ای با قوس منفی

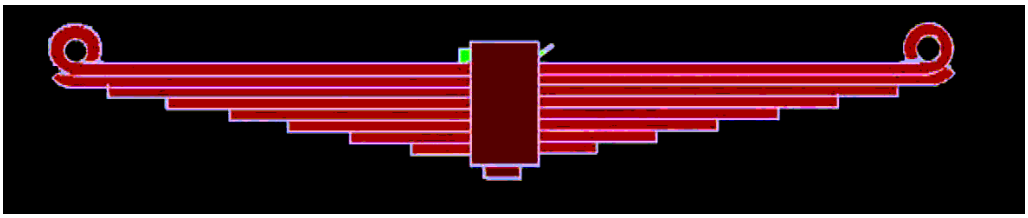
ساختار فنرهای لایه‌ای با قوس منفی نیز کاملاً شبیه آن چیزی است که در شکل ۱۵–۲ دیده می‌شود. با این تفاوت که در این نوع فنرها، لایه‌ها دارای قوس و انحنایی با تقعر به سمت پایین می‌باشند. این فنرها در واگن‌های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران دارای طول ۱۲۰۰ mm (فاصله مراکز چشمی‌های فنر در حالت آزاد) می‌باشند و از ۸ لایه، یک کرپی و یک گوه تشکیل می‌شوند. شکل ۲–۱۸ نمونه‌ای از این فنرها را نشان می‌دهد.



شکل ۲–۱۸) فنر با قوس منفی

فنرهای لایه‌ای بدون قوس (فنرتخت)

در مقایسه با فنرهای لایه‌ای قوس مثبت یا قوس منفی، فنرهای لایه‌ای بدون قوس فنرهایی هستند که لایه‌های آنها فاقد هر گونه قوس یا انحنا می‌باشد که قبلاً نمونه‌ای از آنها را درشکل ۲–۱۴ و ۲–۱۵ دیدید. به همین جهت به آنها فنر تخت نیز گفته می‌شود. این فنرها در واگن‌های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران؛ نظیر فنرهای قوس مثبت و منفی دارای طول ۱۲۰۰ mm می‌باشند. شکل ۲–۱۹ شماتیکی از این تیپ فنرها را نمایش می‌دهد.



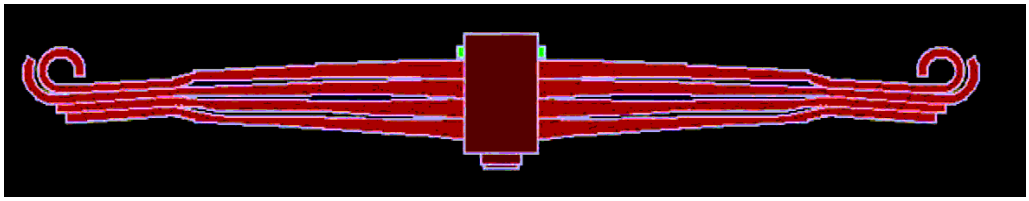
شکل ۲-۱۹) فنر بدون قوس (تخت)

فنرهای پارابولیک

اگر چه فنرهای پارابولیک متعلق به گروه فنرهای لایه‌ای می‌باشند ولی به لحاظ شکل لایه‌ها، با فنرهای لایه‌ای قوس مثبت، منفی و تخت کاملاً متفاوت می‌باشند.

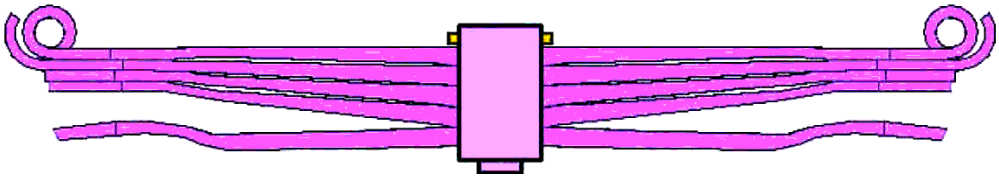
در فنرهای لایه‌ای قوس مثبت، منفی و تخت، ضخامت لایه‌ها ثابت اما ضخامت هر یک از لایه‌های فنرهای پارابولیک در طول آن متغیر است. هر یک از لایه‌های این فنرها دارای یک محور تقارن عمودی می‌باشند که ضخامت لایه در روی محور تقارن حد اکثر بوده و با حرکت به سمت دو انتها، ضخامت کاهش می‌یابد. بر خلاف فنرهای لایه‌ای قوس مثبت، منفی و تخت؛ در فنرهای پارابولیک لایه ها به طور کامل بر هم مماس نیستند. لیکن لایه‌ها در برخی از نقاط با یکدیگر در تماس بوده و از طریق انطباق برجستگی موضعی در یک لایه و فرورفتگی موضعی در مقابل آن و در لایه دیگر، موقعیت طولی و عرضی لایه‌ها نسبت به یکدیگر حفظ می گردد. ضخامت لایه‌ها در فنرهای پارابولیک تابعی سهمی بر حسب طول از محور تقارن آن می باشد. به عبارت دیگر اگر مرکز مبدا مختصات بر محور تقارن لایه‌ی فنر پارابولیک منطبق گردد و ضخامت لایه ها را با h و فاصله طولی هر نقطه از لایه نسبت به محور تقارن فنر را با x نمایش دهیم، در آن صورت ضخامت لایه در هر نقطه تابعی سهمی از فاصله طولی آن نقطه از محور تقارن می‌باشد و در تابع $h(x)= ax^2 + bx + c$ صدق می کند. به همین جهت به این فنرها پارابولیک (سهمی) گفته می‌شود. اصطکاک میانی لایه‌ها در فنرهای پارابولیک به مراتب کمتر از فنرهای لایه‌ای قوس مثبت، منفی یا تخت

می‌باشد. همچنین در مقایسه با آنها فنرهای پارابولیک وزن کمتری دارند و طراحی آنها نیز جدیدتر می‌باشد. فنرهای پارابولیک در واگن های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران دارای طول ۱۱۰۰ mm می‌باشند و دارای دو نوع فنرهای تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای هستند، شکل ۲-۲۰ شماتیکی از فنرهای پارابولیک تک مرحله‌ای را نشان می‌دهد.



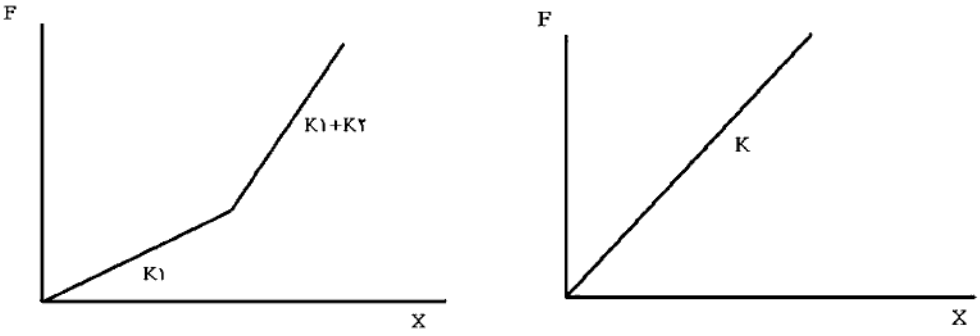
شکل ۲-۲۰) فنر پارابولیک تک مرحله‌ای

فنرهای تک مرحله‌ای، فنرهایی هستند که مجموعه‌ی آنها دارای یک نمودار سختی فنر با شیب ثابت می‌باشد. به عبارت دیگر، ثابت فنر آنها مقداری ثابت است. در این فنرها کلیه‌ی لایه‌ها هم‌زمان درگیر و در مسیر اعمال نیرو هستند. در حالی که در فنرهای دو مرحله‌ای میزان سختی فنر ثابت نیست و پس از گذشت نیرو از یک حد مشخص، یک‌باره ثابت فنر به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. در این فنرها معمولاً لایه‌ی آخری در حالت عادی درگیر نمی‌باشد و هرگاه وزن وسیله‌ی نقلیه و بار آن از حد معینی گذشت، این لایه نیز به صورت کمکی به سایر لایه‌ها افزوده می‌شود. شکل ۲-۲۱ شماتیکی از فنرهای پارابولیک دو مرحله‌ای را ارائه می‌نماید.



شکل۲-۲۱) فنر پارابولیک دو مرحله‌ای

طراحی فنرهای دو مرحله‌ای به گونه‌ای است که معمولاً مرحله‌ی اول، در حالتی که واگن خالی است، عملکرد دارد و پس از بارگیری، مرحله‌ی دوم فنر نیز به مرحله‌ی اول افزوده شده و کل مجموعه؛ عمل می‌نماید. قابل ذکر است؛ فنرهای دو مرحله‌ای منحصر به فنرهای پارابولیک نیستند و در سایر فنرهای لایه‌ای، نظیر فنرهای لایه‌ای محور عقب کامیون‌ها، نیز وجود دارند. شکل‌های ۲-۲۰ و ۲-۲۱ نمونه‌ای از فنرهای پارابولیک و شکل ۲-۲۲ نمودار ضریب ثابت فنر آنها را نمایش می‌دهد.



الف- ثابت فنر، فنر های تک مرحله ای

ب- ثابت فنر، فنر های دو مرحله ای

شکل ۲-۲۲) نمودار تئوریک ثابت فنر برای فنرهای لایه‌ای تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای

۲-۵-۲-۱-۲- گوشواره

یکی از عناصر مهم سیستم‌های تعلیق اولیه، گوشواره ها هستند. همان‌طوری که در بند ۲-۵-۱-۷ اشاره شد، فنرهای لایه‌ای به جهت امکان آزادی نوسان و قابلیت تغییر فاصله بین چشمی‌های فنر به هنگام نوسان، به صورت غیر مستقیم و از طریق ۴ عدد گوشواره به فریم بوژی اتصال می‌یابند.

در این هنگام به علت نوسان فنرها و تغییر فاصله‌ی چشمی‌های آن، گوشواره‌های طرفین فنر حول محل اتصال به فریم بوژی (اتصال پایین گوشواره)، اندکی دوران می کنند و به این ترتیب امکان تغییر فاصله‌ی بین چشمی‌های فنر را فراهم می‌نمایند و پس از میرا شدن نیروهای وارده به فنر و برگشت فنر به موقعیت اصلی، گوشواره‌ها در خلاف جهت قبلی دوران می‌یابند. با بررسی مکانیزم عملکرد فنر قوس مثبت و گوشواره‌های متصل به آن درخواهیم یافت که به هنگام اعمال نیروی عکس‌العمل از ریل به چرخ و از چرخ به جعبه یاتاقان ونهایتاً فنر، فاصله‌ی بین دو چشمی فنر افزایش می‌یابد. لذا در این حالت گوشواره‌ی سمت راست فنر در جهت گردش عقربه‌های ساعت و گوشواره‌ی سمت چپ در خلاف جهت عقربه های ساعت دوران می کند. در این هنگام جعبه یاتاقان و چرخ در راهنمای جعبه یاتاقان به سمت بالا حرکت می‌نمایند. بدیهی است پس از این حالت، به علت ایجاد نیروهای مقاوم، فنر به سرعت به شکل اولیه‌اش برمی گردد. در این حالت جعبه یاتاقان در راهنمای خود به سمت پایین حرکت می کند و گوشواره‌ها دورانی برعکس آنچه اشاره شد را انجام می‌دهند. بررسی عملکرد فنرهای قوس منفی و تخت نشان دهنده‌ی دوران‌های برعکس فنرهای قوس مثبت در شرایط متناظر می‌باشد. زیرا در مورد هر دوی آنها به هنگام اعمال نیروی عکس‌العمل ریل به چرخ و نهایتاً فنر، چشمی‌های فنر به هم نزدیک می‌شوند. بنابراین گوشواره به عنوان اجزای ارتباطی در سیستم تعلیق، غیر از نگهداری دو انتهای فنر و اعمال نیرو به آن، وظیفه‌ی ایجاد قابلیت تغییر فاصله‌ی نقاط اتصال فنر را بر عهده دارند. گوشواره‌ها حلقه‌های مستطیل شکل فولادی با مقاطع دایره‌ای هستند که با روش فورج تولید می گردند. گوشواره‌ها پیشتر در شکل ۲-۱۴ (با شماره‌ی موقعیت ۵) نمایش داده شده‌اند.

۲-۵-۲-۱-۳- لقمه

اتصال فنرهای لایه‌ای در هر سمت فنر از طریق ۲ عدد گوشواره و ۴ عدد لقمه صورت می‌پذیرد. لقمه، قطعه‌ای فولادی است که به روش فورج (آهنگری) و یا ریخته گری تولید می‌شود (شکل ۲-۱۴، قطعات با شماره‌ی موقعیت ۴ را ببینید).

این قطعه از سویی در گوشواره قرار می گیرد و از سوی دیگر به عنوان یک قطعه‌ی واسطه، اتصال فنر به گوشواره‌ها و همین‌طور اتصال گوشواره‌ها به فریم بوژی را ممکن می‌سازد. همان‌طوری که در شکل ۲-۱۴ ملاحظه می کنید، لقمه‌ها بلوک‌های فولادی هستند که در دو سمت خود دارای نشیمنگاه‌های دواری به منظور تثبیت در گوشواره‌ها و یک سوراخ مرکزی جهت عبور والیک می‌باشند. حین بهره‌برداری، به علت نوسان فنر و تماس نسبی لقمه با گوشواره‌ها، سایش قابل توجهی در نشیمنگاه دوار به وجود می‌آید و به همین علت پس از سایش بیش از حد لقمه در یک سمت نشیمنگاه دوار در زمان تعمیرات، با چرخاندن لقمه در گوشواره، از سمت دیگر نشیمنگاه دوار لقمه استفاده می‌شود. لقمه‌ها در مقطع عمود بر نشیمنگاه دوار خود دارای دو زائده می‌باشند به طوری که امکان خروج لقمه از گوشواره‌ها وجود ندارد.

۲-۵-۲-۱-۴- والیک‌های سرفنر

والیک‌های سرفنر، پین‌هایی هستند که وظیفه‌ی اتصال فنر به گوشواره‌ها، لقمه‌ها و فریم بوژی را بر عهده دارند. هر فنر لایه‌ای توسط ۴ عدد والیک به بوژی متصل می‌شود. والیک‌های سرفنر در انتهای خود دارای شیاری جهت نصب خاموت به منظور قفل شدن و جلوگیری از خروج آنها هستند. شکل ۲-۱۴ والیک‌های سرفنر (قطعات با شماره‌ی موقعیت ۶) را نشان می‌دهد.

۲-۵-۲-۱-۵- خاموت و اشپیل والیک سرفنر

خاموت‌ها در قسمت‌های مختلف و زیرمجموعه‌های واگن به کار می‌روند. وظیفه‌ی اصلی چنین قطعاتی قفل کردن پین (والیک) و جلوگیری از خروج آنها از اتصال مورد نظر است. در اینجا قطعه‌ی خاموت پس از قرار گرفتن در شیار والیک سرفنر و حرکت کشویی روی آن، توسط اشپیل عبوری از سوراخ خود، ضامن شده و اجازه‌ی حرکت طولی به والیک و خروج احتمالی از اتصال بین لقمه و فنر را نمی‌دهد. خاموت، اشپیل و نحوه‌ی مونتاژ آنها روی والیک سرفنر در شکل ۲-۱۴ دیده می‌شود.

۲-۵-۳- سیستم محدود کننده‌ی حرکت دورانی حول محور طولی خط (Roll)

این سیستم مرکب از بالشتک‌های بوژی و واگن می‌باشد. همان‌طور که قبلاً گفته شد و در بند ۲-۵-۱-۸ نیز اشاره گردید، هر بوژی در محل محور تقارن عرضی خود دارای ۲ عدد بالشتک (Side Bearer) می‌باشد و دقیقاً در نقطه‌ی مقابل آن، بالشتکی روی شاسی عرضی واگن و در امتداد کاسه‌بوژی‌ها نصب شده است. معمولاً در خطوط مستقیم و بدون دِوِر (Super elevation)، بالشتک‌ها نقش کمتری دارند. لیکن به هنگام عبور واگن از قوس‌ها و با توجه به سرعت حرکت واگن، بدنه‌ی واگن به سمت خارج قوس متمایل شده و دوران می‌نماید. در این هنگام، بالشتک واگن با بالشتک بوژی مماس شده و از این لحظه به بعد دوران واگن حول محور طولی خط (Roll) متوقف می‌شود. این تماس تا عبور کامل واگن از قوس برقرار است. پس از عبور واگن از قوس و ورود آن به خط مستقیم، مجدداً بدنه‌ی واگن در خلاف جهت قبلی حرکت کرده و بالشتک‌ها از یکدیگر فاصله می گیرند. سپس واگن به وضعیت افقی (تراز) باز می گردد.

بالشتک‌ها دارای انواع مختلفی هستند که متداول‌ترین آنها از این قرارند:

۱) بالشتک‌های صلب

۲) بالشتک‌های با قابلیت ارتجاعی (Flexible Bearing)

۳) بالشتک‌های ترکیبی

۲-۵-۳-۱- بالشتک‌های صلب

بالشتک‌های صلب از ساده‌ترین نوع بالشتک‌ها می‌باشند. این بالشتک‌ها، قطعات صلبی از جنس فولاد بوده که در مقابل سایش و ضربه از مقاومت کافی برخوردارند. همان‌طوری که قبلاً گفته شد، بالشتک‌ها به صورت زوج می‌باشند. یعنی در نقطه‌ی مقابل بالشتک نصب شده روی بوژی، بالشتکی بر واگن نصب شده است. به جهت کاهش اصطکاک؛ سهولت حرکت و تماس بالشتک واگن با بوژی، سطح بالشتک بوژی به

صورت محدب ساخته شده است. اتصال بالشتک با بوژی یا واگن توسط پیچ و مهره صورت می گیرد. یکی از مواردی که در ایمنی سیر واگن ها اثر گذار است، فاصله‌ی بالشتک‌های واگن و بوژی است. جهت تنظیم فاصله‌ی بین بالشتک‌ها، در خصوص واگن های اروپایی، از ورق هایی با ضخا مت‌های مختلف در زیر پایه‌ی بالشتک واگن استفاده می‌شود. اما همین تنظیم در واگن‌های روسی و اکراینی از طریق قرار دادن ورق هایی با ضخامت‌های مختلف درزیر کلاهک بالشتک بوژی صورت می گیرد. شکل۲-۱۰ (قطعات با شماره‌ی موقعیت ۱۰) بالشتک‌های صلب را نشان می‌دهد.

۲-۵-۳-۲- بالشتک‌های با قابلیت ارتجاعی

بالشتک‌های با قابلیت ارتجاعی، بالشتک‌هایی هستند که دارای یک بخش الاستیکی بوده و دارای قابلیت فنری هستند. این عنصر الاستیکی ممکن است یک فنر، یک عضو لاستیکی یا یک بالشتک پر شده از هوا یا گاز بی‌اثر باشد. بنابراین بالشتک‌های ارتجاعی دارای دو نوع بالشتک‌های فنری و بالشتک‌های هوایی (گازی) می‌باشند.

۲-۵-۳-۲-۱- بالشتک‌های فنری

بالشتک‌های فنری که در واگن های باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران روی بوژی های Y۲۵ اتریشی و آلمانی نصب شده‌اند، هر یک مرکب از سه قسمت می‌باشند:

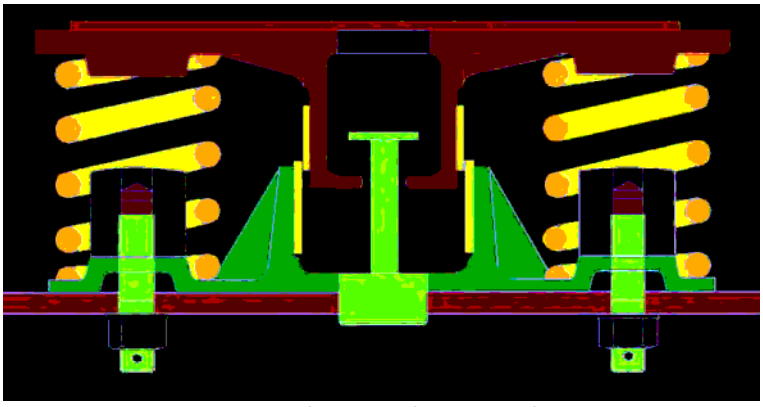
۱) صفحه‌ی پایین بالشتک (پایه‌ی بالشتک)

۲) صفحه‌ی بالایی بالشتک (رویه‌ی بالشتک)

۳) فنرهای پیچشی بالشتک

صفحه‌ی پایینی بالشتک (پایه‌ی بالشتک) از طریق ۲ عدد پیچ و مهره روی فریم بوژی نصب می گردد. پایه‌ی بالشتک دارای نشیمنگاه‌هایی جهت تثبیت فنرهای بالشتک، صفحات سایشی به منظور تماس با

صفحات سایشی رویه‌ی بالشتک، و یک عدد پین برای جلوگیری از جدا شدن رویه و پایه از یکدیگر می‌باشد. رویه‌ی بالشتک نیز به طور متناظر با پایه‌ی بالشتک، دارای نشیمنگاه‌هایی جهت نشستن بر فنرهای سوار شده بر پایه‌ی بالشتک و نیز صفحات سایشی، جهت تماس با صفحات سایشی پایه‌ی بالشتک می‌باشد. فنرهای پیچشی مابین پایه و رویه‌ی بالشتک قرار گرفته و بخش ارتجاعی بالشتک را تشکیل می‌دهند. بدین ترتیب در این بالشتک‌ها متناظر با دامنه‌ی تغییرات ارتفاع بالشتک، واگن اجازه‌ی دوران تا زمانی دارد که رویه‌ی بالشتک به صفحه‌ی زیری آن برسد. از این لحظه به بعد عملکرد آن شبیه بالشتک صلب می گردد. البته طراحی این بالشتک به نحوی است که نوسان آن در دامنه‌ی الاستیک فنر باشد. بنابراین سلامت فنر و طول آن نقش مهمی در عملکرد مناسب این بالشتک‌ها دارد. شکل ۲-۲۳ شماتیکی از بالشتک‌های فنری را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲۳) شماتیک بالشتک‌های فنری

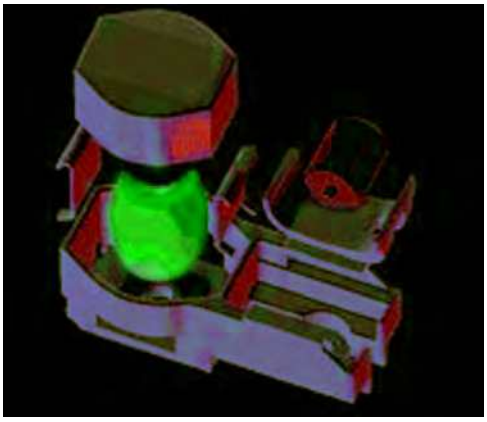
۲-۵-۳-۲-۲- بالشتک‌های هوایی

امروزه انواع بالشتک‌های هوایی و کمک فنرهای گازی در سیستم تعلیق وسایل نقلیه به کار گرفته می‌شوند و اخیراً در وسایل نقلیه‌ی سنگین؛ نظیر اتوبوس‌ها و واگن‌ها کاربردهای ویژه یافته‌اند. در صنعت ریلی، عمدتاً بالشتک‌های هوایی یا گازی در وسایل نقلیه‌ی ریلی مسافری، نظیر انواع واگن‌های مسافری،

ترن ست‌ها ، مترو و ... به کار می‌روند که علت اصلی آن نرمی و آسایش حرکت مسافرین است. بالشتک‌های هوایی در اصل یک کیسه‌ی هوایی شامل هوای متراکم (گاز متراکم) می‌باشند که قسمت‌های زیر و بالای آن به طریق مناسب با لایه‌های فلزی حفاظت شده اند و مجموعه‌ی آن از طریق لوله و اوریفیس به یک مخزن هوا و کمپرسور متصل است. این سیستم اگر چه در ظاهر بیشتر نقش بالشتک را دارد، اما در اصل نقش فنربندی بخشی از سیستم تعلیق واگن را بازی می کند. به همین جهت به آن فنر هوایی (Air Spring) نیز گفته می‌شود.

۲-۵-۳-۳- بالشتک‌های ترکیبی

به دلیل بزرگی نسبی نیروهای تبادل شده بین بالشتک‌های بوژی و واگن و نیز کاهش ضربات وارده، طراحی‌های جدید بالشتک‌ها ترکیبی از غلتک‌های فلزی و قطعات لاستیکی (کامپوزیت) را به کار می‌رود. در این بالشتک‌ها، ضمن تبادل ملایم نیروها و نتیجتاً کاهش ضربات وارده به دلیل استفاده از عنصر الاستیکی کامپوزیتی، حرکت نسبی بالشتک واگن و بوژی به دلیل استفاده از غلتک تسهیل گردیده است. این نوع بالشتک را در اکثر بوژی‌های با طراحی جدید، نظیر بوژی سه‌تکه‌ی روسی ۵۷۸-۱۸ و بوژی سه‌تکه‌ی چینی ZK1 می‌توان دید. شکل ۲-۲۴ شماتیکی از این بالشتک‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۴) بالشتک ترکیبی

۲-۵-۴- سیستم اهرم‌بندی ترمز بوژی

به منظور کنترل سرعت حرکت قطار، بوژی‌ها مجهز به سیستم ترمز هستند. سیستم ترمز بوژی، در اکثر واگن‌های باری سیستمی مرکب از یک مجموعه‌ی اهرم‌بندی صرف بوده که هنگام فعال شدن اهرم‌بندی ترمز واگن؛ نیروی لازم برای ترمز را به کفشک‌های ترمز و نهایتاً چرخ ها اعمال می کنند. بدین ترتیب عمل ترمزگیری انجام می‌شود. سیستم اهرم‌بندی ترمز بوژی، مجموعه‌ای سری با سیستم ترمز واگن می‌باشد که نیروی ورودی خود را از آن می گیرد. المان تولید نیرو در جهت ترمز، سیلندر ترمز است که در مجموعه‌ی اهرم‌بندی ترمز واگن نصب شده و نیروی لازم را از هوای فشرده‌ی واگن تامین می‌نماید. در اکثر واگن‌های باری، سیستم ترمز بوژی صرفاً ترکیبی از اهرم‌بندی می‌باشد، اما در برخی از بوژی‌ها، سیلندر ترمز نیز روی آنها نصب شده است.

اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های با فریم یک‌پارچه، دارای هشت عدد کفشک ترمز چدنی است. به عبارت دیگر هنگام عمل ترمزگیری، هر چرخ با نیروی فشاری حاصل از دو کفشک در طرفین خود ترمز می‌شود. اهرم‌بندی ترمز بوژی وظیفه‌ی انتقال نیرو، تنظیم مقدار نیرو و تغییر جهت آن، به منظور اعمال بر کفشک ها را بر عهده دارد و در خصوص بوژی‌های با فریم یک‌پارچه، مرکب از اجزای زیر می باشد:

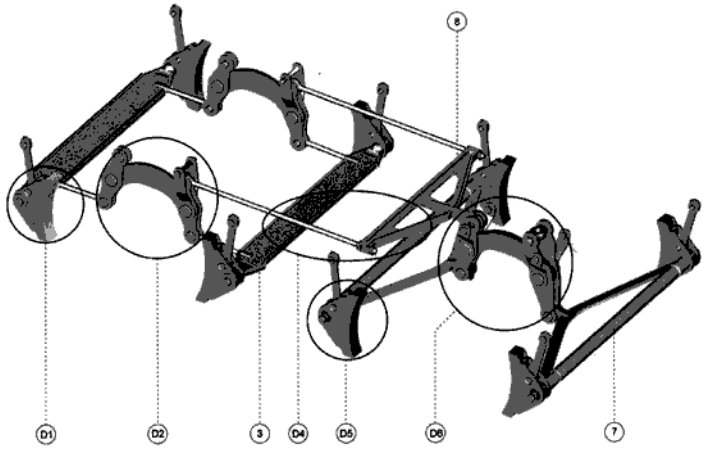
۱) کفشک‌های ترمز چدنی
۲) قاب کفشک ترمز
۳) شمشیرک
۴) میله‌مثلث
۵) آویز قاب کفشک
۶) اهرم‌های سه سوراخه
۷) آویزهای کج دو سوراخه
۸) شترگلو

۹) سینی ترمز

۱۰) والیک ها، بوش ها، واشرها و اشپیل های مربوطه

شکل ۲-۲۵ شماتیکی از اهرم‌بندی ترمز بوژی های H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰mm را نمایش می‌دهد. همان‌طوری که دیده می‌شود، در این تیپ بوژی میله‌مثلث‌های چرخ ومحور تابع (عقبی)، بر خلاف میله‌مثلث‌های بوژی های دیگر، به شکل مثلث نیستند وضمناً از دو عدد شترگلو استفاده شده است. در حالی که در سایر بوژی‌ها قسمت پشتی اهرم‌بندی ترمز نیز مانند بخش جلویی آن بوده و دارای یک شترگلو و یک مجموعه‌ی اهرم‌بندی می‌باشند.

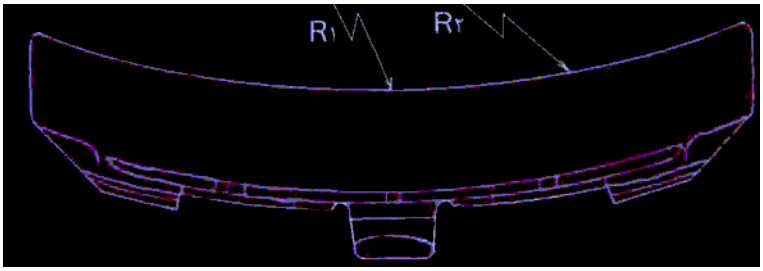
به دلیل ساختار پیچیده‌تر اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm، و از آنجایی که اهرم‌بندی ترمز سایر بوژی‌ها دقیقاً متناظر با نیمه جلویی این بوژی می‌باشد، در ادامه اجزای اهرم‌بندی ترمز این بوژی به عنوان نمونه بررسی می گردد.



شکل ۲-۲۵) اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm

۲-۵-۴-۱- کفشک ترمز چدنی (Cast Iron Brake Block)

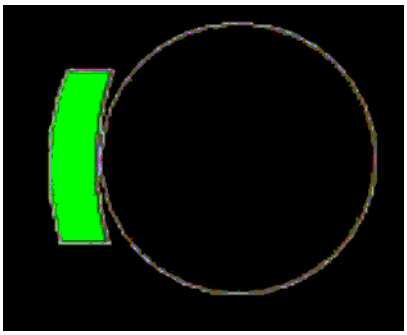
کفشک ترمز عاملی اصطکاکی است که هنگام ترمزگیری با یک نیروی فشاری معین که تابع وزن واگن و خالی و یا باردار بودن آن می‌باشد، با چرخ تماس پیدا کرده و با ایجاد نیروی اصطکاک و تبدیل انرژی جنبشی چرخ به گرما، سرعت آن را کاهش می‌دهد. کفشک ترمز چدنی با روش ریخته گری تولید می‌شود و در بخش داخلی، جهت استحکام بیشتر، دارای آرماتور بوده و به لحاظ میزان سختی و درصد ترکیبات باید در محدوده‌های معینی قرار داشته باشد. شکل ۲-۲۶شماتیکی از کفش ترمز را نشان می‌دهد.



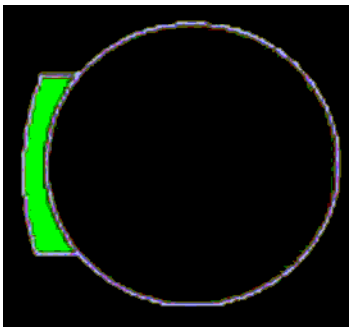
شکل ۲-۲۶) شماتیک کفشک ترمز

همان‌طوری که درشکل‌های ۲ -۲۷ و ۲ -۲۸ دیده می‌شود، کفشک ترمز قطعه‌ای قوس‌دار و مرکب از دوکمان در سطح داخلی می‌باشد کـه هنگام ترمزگیری در ناحیه‌ی میانی، با سطح دوار چرخ مماس می‌شود. در ابتدا و زمانی که کفش ترمز نو می‌باشد، تماس چرخ با آن در ناحیه‌ی میانی است و دو انتهای آن با چرخ تماس ندارند (شکل ۲ -۲۷)؛ اما به مرور زمان و به تدریج کفشک ساییده شده و تمامی سطح آن بر چرخ مماس می‌گردد (شکل ۲ -۲۸).

کفشک ترمز در ناحیه‌ی قوس پشتی دارای شکافی جهت اتصال به قاب کفشک تـرمز و نشستن روی آن است که به آن پل کفشک گفته می‌شود.



شکل ۲-۲۷



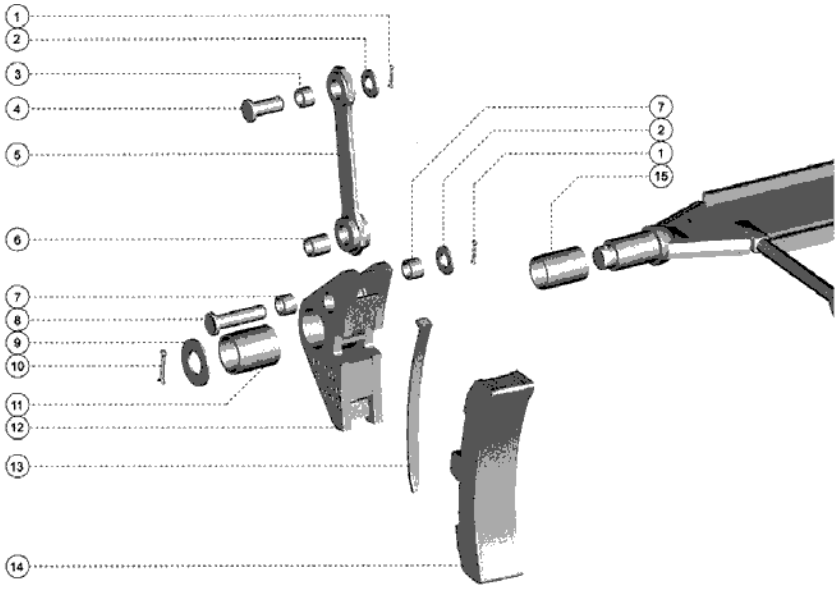
شکل ۲-۲۸

۲-۵-۴-۲- قاب کفشک ترمز

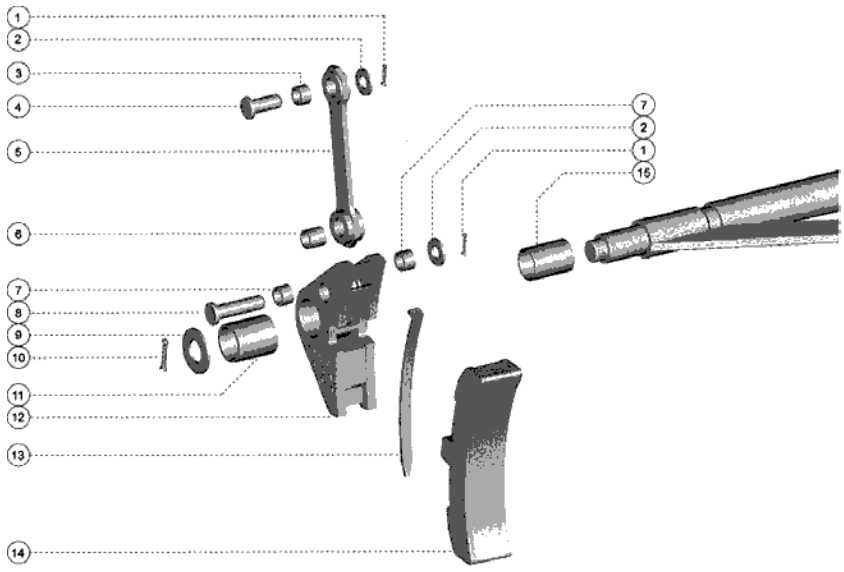
قاب کفش، نشیمنگاه کفش ترمز می‌باشد و اعمال نیرو به کفش ترمز از طریق آن صورت می پذیرد. این قطعه در قسمت جلوی خود دارای قوسی است که با قوس پشت کفش ترمزها یکسان بوده و از طرف دیگر دارای فرورفتگی در همین ناحیه است که پل کفشک ترمز کاملاً داخل آن می نشیند. قاب کفش با روش های فورج و اخیراً ریخته گری تولید می شود. قاب کفش در قسمت انتهایی دارای حفره‌ای جهت اتصال به میله مثلث و در بخش فوقانی نیز دارای سوراخ هایی دیگر جهت اتصال به آویز قاب کفش می‌باشد. سوراخهای قاب کفش، در محل اتصال به آویز قاب کفش و میله مثلث، جهت حفاظت از سایش مجهز به بوش می باشد. شکل های ۲-۲۹ و ۲-۳۰ قاب کفشک و محل اتصال آن به میله مثلث، آویز کفش و بوش های مربوطه را نمایش می دهد.

۲-۵-۴-۳- شمشیرک

قطعه‌ی تیغه‌ای شکل و قوس‌داری است که از جنس فولاد فنر بوده و با روش نورد ویژه تولید می گردد. شمشیرک پس از نصب کفشک روی قاب ترمز، از شکاف قاب کفش و شکاف پل کفش ترمز عبور کرده و به دلیل اختلاف قوس با قاب و کفشک و حالت فنری، پس از جا خوردن اتصال مطمئن کفشک ترمز با قاب کفش را تامین می‌نماید. این قطعه در اشکال ۲-۲۹ و ۲-۳۰ با شماره‌ی ۱۳ قابل ملاحظه می‌باشد.



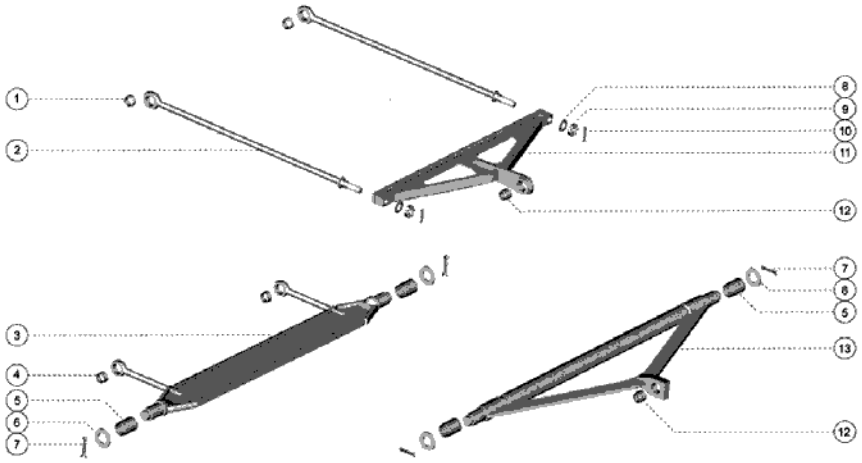
شکل ۲-۲۹) چگونگی اتصال قاب کفشک به میله مثلث، آویز کفش و بوش های مربوطه در سمت چرخ تابع



شکل ۲-۳۰) چگونگی اتصال قاب کفشک به میله مثلث، آویز کفش و بوش های مربوطه در سمت میله مثلث چرخ جلو

۲-۵-۴-۴- میله مثلث (Brake beam)

یکی از مهمترین اجزای اهرم‌بندی ترمز بوژی بوده و وظیفه‌ی انتقال نیروی ترمز از اهرم های سه سوراخه به کفشک ترمز و تقسیم مناسب نیروی ترمزی در دو طرف واگن را بر عهده دارد. همان‌طوری که در شکل ۲-۲۵ دیده می‌شود، بوژی های با فریم یک‌پارچه به ازای هر چرخ و محور دارای دو میله‌مثلث می‌باشند و بر هر میله‌مثلث دو عدد کفشک ترمز نصب می گردد. میله‌مثلث از ناحیه‌ی راس و از طریق والیک واشر و اشپیل، به اهرم سه سوراخه متصل شده و از دو رأس دیگر از طریق بوش های نسبتاً بلندی با قاب کفش ترمز ارتباط دارد و در این محل جهت جلوگیری از خروج قاب کفش از آن، دارای واشر و اشپیل می‌باشد. همان‌طوری که پیشتر نیز اشاره گردید، در بوژی های H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm دو تیپ میله‌مثلث وجود دارد که نوع دوم بر خلاف اسمش شباهتی به مثلث ندارد. لیکن به لحاظ کارآیی مشابهت زیادی با آن دارد که به آن میله‌مثلث تخت می گویند. شکل ۲-۳۱ هر دو نوع میله‌مثلث معمولی (با شماره موقعیت ۱۳) وتخت (با شماره موقعیت ۳) و اجزای آنها را نشان می‌دهد. همان‌طوری که دیده می‌شود، به لحاظ نوع طراحی، میله‌مثلث های تخت، بر خلاف میله‌مثلث های معمولی، از ۲ نقطه با اهرم‌بندی ترمز بوژی تماس می‌یابند.



شکل ۲-۳۱) میله‌مثلث های تخت و معمولی و سینی ترمز بوژی H جدید رومانی

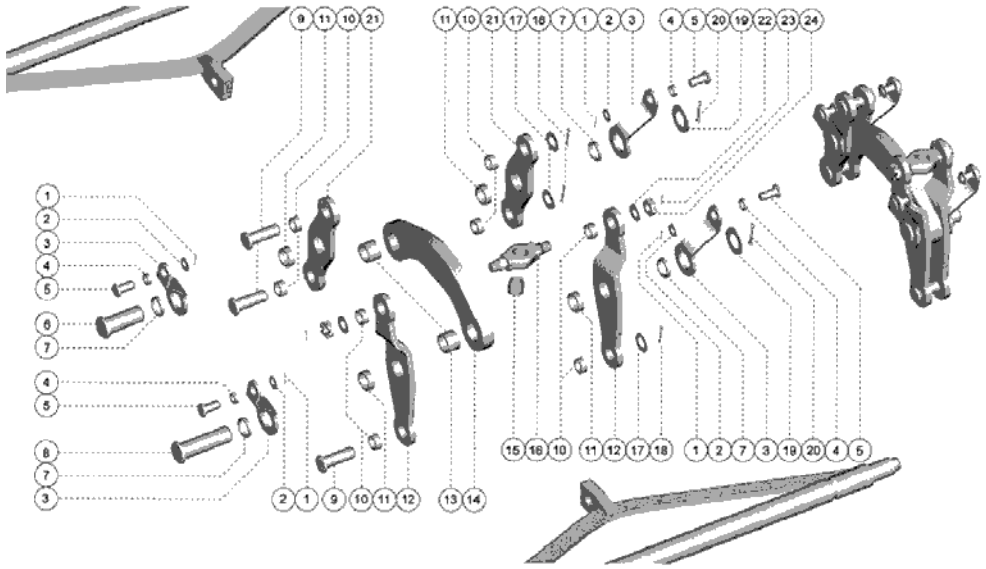
۲-۵-۴-۵- آویز قاب کفشک (Brake Block Support Hanger)

آویزهای قاب کفش، قطعاتی میله‌ای شکل هستند که با روش فورج (آهنگری) تولید می‌شوند. این قطعات در دو انتهای خود دارای سوراخ اتصال می‌باشند. این قطعه از طریق حفره و بوش داخل آن و همچنین والیک، از یک سو با فریم بوژی و از سوی دیگر با قاب کفش تماس دارد. به عبارت دیگر؛ میله‌مثلث و قاب کفش از طریق این قطعات به فریم بوژی آویزان هستند. به همین جهت به آنها آویز قاب کفشک می گویند. هر بوژی به تعداد قاب کفشک خود دارای آویز قاب کفشک می‌باشد. در شکل‌های ۲-۲۹ و ۲-۳۰ آویز قاب کفشک با شماره موقعیت ۵ قابل ملاحظه است.

۲-۵-۴-۶- اهرم‌های سه سوراخه

اساس کار سیستم ترمز بوژی بر تبادل، تنظیم و تغییر جهت نیروها بین اجزاء و اهرم‌های سیستم اهرم‌بندی استوار است. پیشتر مجموعه‌ی اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های H رومانی با قطر ۹۲۰ mm، که در بین بوژی‌های ۲ محوره دارای پیچیده‌ترین اهرم‌بندی می‌باشند، در شکل ۲-۲۵ ارائه شد. اهرم‌های سه سوراخه قطعاتی هستند که با روش فورج (آهنگری) یا برشکاری، از ورق‌های فولادی ساخته شده و جهت اتصال با سایر اجزای اهرم‌بندی و تغییر جهت نیروهای اعمالی دارای سه سوراخ می‌باشند. همان‌طوری که در شکل یاد شده ملاحظه می‌شود، اهرم‌های سه سوراخه از طریق سوراخ وسط با قطعاتی تحت عنوان شترگلو (بند ۲-۵-۴-۸ را ببینید) و از طریق دو سوراخ دیگر به راس میله‌مثلث و سینی ترمز (و در مورد اهرم سه سوراخه جلو بوژی با میله‌ی کشش ترمز واگن) اتصال می‌یابند. قابل ذکر است کلیه‌ی سوراخ‌های اتصال اهرم‌های سه سوراخه و سایر قطعات اهرم‌بندی ترمز جهت کاهش سایش، مجهز به بوش‌هایی با سختی سطحی هستند. شکل‌های ۲-۲۵ ، ۲-۳۲ و ۲-۳۳ اهرم‌های سه سوراخه‌ی مختلف در بوژی‌های H رومانی (با قطر چرخ ۹۲۰ mm) را نمایش می‌دهند. در این نوع بوژی، اهرم‌های سه سوراخه‌ی متصل به میله‌مثلث‌های تخت، از نظر ابعادی کاملاً یکسان بوده و به لحاظ ضخامت و اندازه با اهرم‌های سه سوراخه‌ی متصل با میله‌مثلث‌های قسمت جلوی بوژی متفاوتند. نکته‌ی جالب در بوژی‌های H رومانی با قطر چرخ

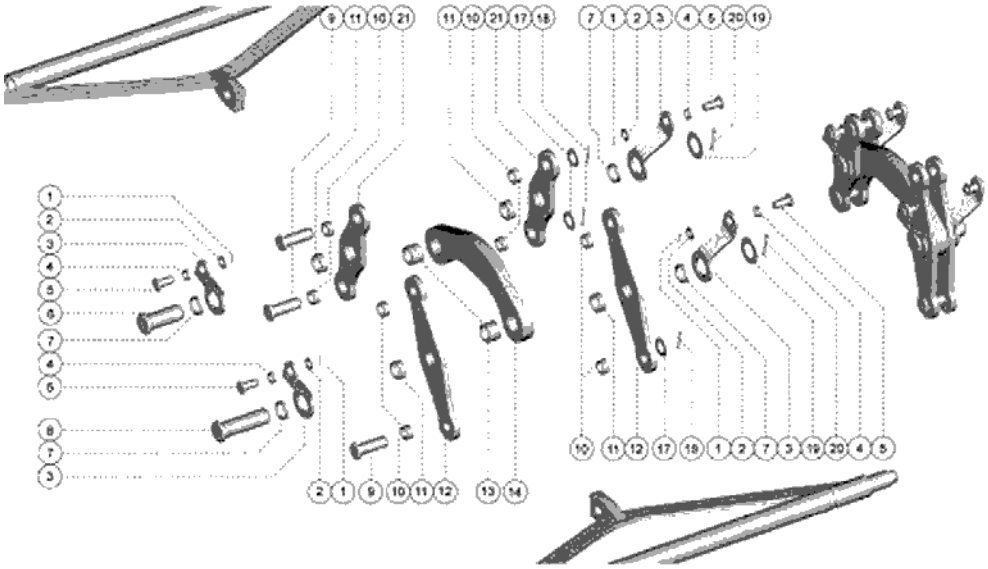
۹۲۰ mm آن است که اهرم های سه سوراخه‌ی قسمت جلوی بوژی که با میله‌ی کشش ترمز واگن تماس می‌یابند، همان‌طوری که در شکل‌های ۲-۳۲ و ۲-۳۳ دیده می‌شوند، دو نوع هستند. در نوع اول این بوژی‌ها از اهرم های سه سوراخه‌ی کج و یک قطعه‌ی اتصال دهنده تحت عنوان «مهره‌ی خودکار» (شکل ۲-۳۲ به ترتیب قطعات با شماره‌ی موقعیت ۱۲ و ۱۶ رابیینید) استفاده شده است. در صورتی که درنوع دوم، اهرم های سه سوراخه‌ی تخت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۳۳ قطعات شماره‌ی ۱۲).



شکل ۲-۳۲) شترگلوی قسمت جلویی بوژی و متعلقات متصل به آن (مدل دارای اهرم سه سوراخه‌ی کج)

۲-۵-۴-۷- آویزهای کج دو سوراخه

آویزهای کج دو سوراخه، که در برخی موارد به آنها سگ‌دست نیز اتلاق می گردد، اهرم های خمیده‌ای هستند که دارای دو سوراخ به منظور نگهداری و اتصال یک یا هر دو سمت مجموعه‌ی شترگلوها و آویزهای سه سوراخه به فریم بوژی، می‌باشند. آویزهای کج دو سوراخه از یک سمت با فریم بوژی و از سمت دیگر با یک سمت مجموعه‌ی شترگلو و اهرم های سه سوراخه در تماس هستند و آنها را به صورت معلق نگه می‌دارند. آویزهای کج دو سوراخه در شکل های ۲-۲۵ ، ۲-۳۲ و ۲-۳۳ با شماره موقعیت ۳ دیده می‌شوند.



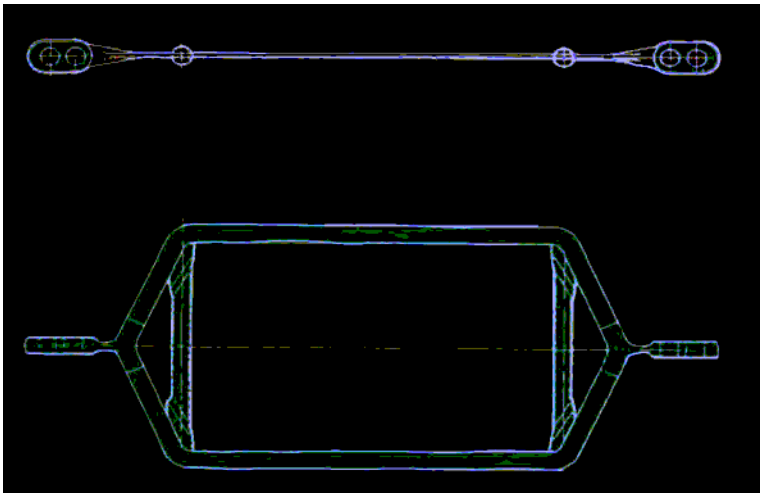
شکل ۲-۳۳) شترگلوی قسمت جلویی بوژی و متعلقات متصل به آن (مدل دارای اهرم سه سوراخه‌ی تخت)

۲-۵-۴-۸- شترگلو

شترگلو اهرمی است که وظیفه‌ی انتقال نیروی ترمز به اهرم های سه سوراخه و نهایتاً میله مثلث های طرفین چرخ را بر عهده دارد و به همین جهت به منظور عدم برخورد و تماس با محور، خصوصاً به هنگام نوسان چرخ و سیستم تعلیق، در قسمت میانی خود به صورت خمیده ساخته می‌شود. از این رو «قطعات شترگلو» یا به اختصار «شترگلو» نامیده می‌شوند. در بوژی های H رومانی (با قطر چرخ ۹۲۰ mm)، دو نوع شترگلو وجود دارد که به لحاظ ضخامت با یکدیگر تفاوت دارند. دو شترگلوی واقع در سمت میله مثلث تخت یکسان بوده و از نظر ضخامت تقریباً نصف شترگلوی سمت دیگر بوژی هستند. شترگلوها معمولاً به جهت نقش حساس در انتقال نیروی ترمز، با روش فورج ساخته می‌شوند. شترگلوهای بوژی H رومانی (با قطر چرخ ۹۲۰ mm) را می‌توانید در اشکال ۲-۲۵, ۲-۳۲ و ۲-۳۳ با شماره موقعیت ۱۴ ملاحظه نمایید.

۲-۵-۴-۹- سینی ترمز

سینی ترمز، قطعه‌ای است که وظیفه‌ی انتقال نیروی ترمز از یک سمت بوژی به سمت دیگر آن را بر عهده دارد. این قطعه در مجموعه‌ی مونتاژی شکل ۲-۲۵ و دمونتاژ شده‌ی آن در شکل ۲-۳۱ قابل مشاهده است. اگرچه شکل سینی ترمز در بوژی های H جدید رومانی (با قطر چرخ ۹۲۰ mm) با سایر بوژی ها کاملاً متفاوت است، اما به لحاظ عملکرد کاملاً یکسان هستند. شکل ۲-۳۴ شماتیکی از سینی های ترمز معمول درعمده سایر بوژیها را نشان می دهد.



شکل ۲-۳۴) سینی ترمز در قالب بوژی های غیر از H جدید رومانی

۲-۵-۴-۱۰- والیک، بوش، واشر و اشپیل

اتصال کلیه‌ی اجزای مجموعه‌ی اهرم‌بندی بوژی با یکدیگر به صورت مفصلی (لولائی) می‌باشد. این اتصال توسط والیک، واشر و اشپیل انجام می‌شود. داخل سوراخ اتصال کلیه‌ی اجزای اهرم‌بندی ترمز، جهت جلوگیری از سایش قطعات از بوش استفاده شده است. بوش ها، حلقه هایی لوله‌ای شکل از جنس

فولاد هستند که سطوح داخلی آنها تا عمق مشخصی سخت شده‌اند. قطر خارجی بوش‌ها اندکی از قطر سوراخ قطعه بیشتر است. لذا نصب بوش‌ها بر قطعات مذکور توسط پرس انجام می‌شود. والیک‌ها، پین‌هایی فولادی هستند که در اکثر موارد در انتها دارای سوراخی جهت عبور اشپیل می‌باشند. لذا والیک‌ها پس از عبور از سوراخ‌های اتصال مشترک قطعات، با نصب واشر و اشپیل در سوراخ انتهای خود قفل می‌شوند. به این ترتیب امکان خروج والیک، بدون خارج کردن اشپیل آن ممکن نمی‌باشد. در برخی از بوژی‌ها، از جمله بوژی Y25، والیک‌ها در قسمت انتهایی دارای شیاری جهت عبور قطعه‌ای تحت عنو ان خاموت هستند و اشپیل از سوراخ‌های خاموت عبور کرده و بدین ترتیب اتصال قفل می گردد.

۲-۵-۵- مجموعه‌ی چرخ و محور (Wheel set)

مجموعه‌ی چرخ ومحور؛ مرکب از یک محور، دو چرخ و دو جعبه یاتاقان کامل به همراه کلیه‌ی متعلقاتش می‌باشد. از نظر قطر چرخ، چرخ و محورهای واگن‌های باری موجود در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران دارای سه اندازه هستند:

- ۹۲۰ میلیمتر
- ۹۵۷ میلیمتر
- ۱۰۰۰ میلیمتر

چرخ‌های با قطر ۹۲۰ mm و ۱۰۰۰ mm متعلق به واگن‌هایی هستند که طبق استاندارد UIC ساخته شده و چرخ های با قطر ۹۵۷ mm متعلق به واگن‌هایی هستند که ساخت کشورهای روسیه و اکراین بوده و بر اساس استاندارد GOST تولید شده‌اند.

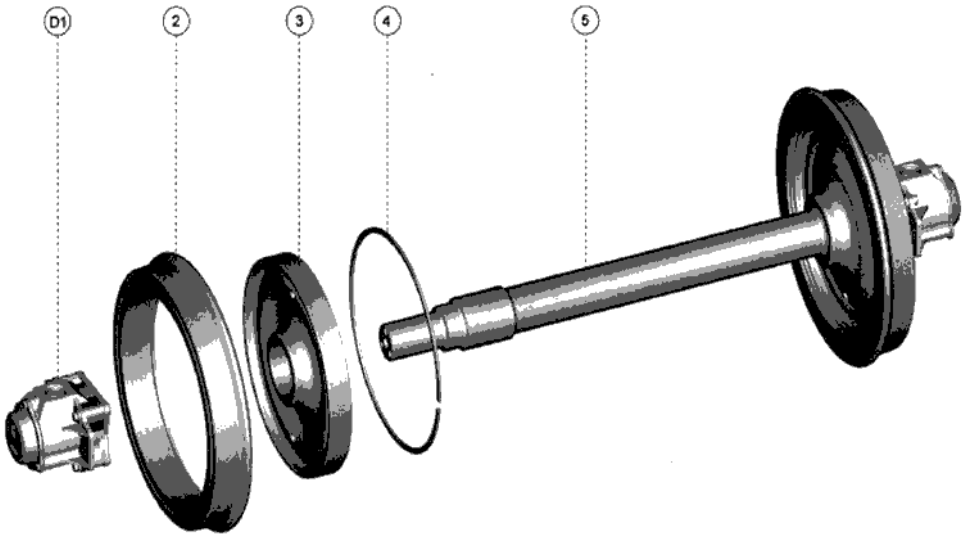
موارد فوق شامل بیشتر واگن‌های باری می‌شود. اما در موارد استثنایی و به لحاظ شرایط خاص واگن‌های ویژه، قطر چرخ آنها ممکن است با آنچه که در بالا ذکر شد، متفاوت باشد. مثال بارزی از این مورد، واگن‌های ویژه‌ی حمل خودرو می‌باشند.

غیر از چرخها، که بر اساس ساختمان دارای دو نوع منوبلوک یا یک‌پارچه (Solid Wheel) و بانداژدار هستند، سایر اجزای چرخ ومحورها با یکدیگر مشابهت دارند. مجموعه‌ی چرخ ومحور دارای زیر مجموعه‌های زیر می‌باشد:

۱) محور (Axle)

۲) چرخ (Wheel)

۳) جعبه یاتاقان (Axle Box)



شکل ۲-۳۵) چرخ و محور و اجزای آن

۲-۵-۵-۱- محور (Axle)

محور میله‌ای است قطور که با روش نورد و از فولاد خاص تولید می‌شود. جنس و طراحی محور به گونه‌ای است که تحمل نیروهای وارده حین بهره‌برداری از واگن را دارا می‌باشد (قطعه‌ی با شماره‌ی موقعیت ۵ شکل ۲-۳۵). محورها دارای پنج ناحیه‌ی حساس به شرح ذیل می‌باشند:

۱) پیشانی سر محور: سطح جانبی یا قاعده‌ی استوانه‌ی محور را پیشانی محور گویند. در محورهایی که طبق استاندارد UIC ساخته شده‌اند، پیشانی دارای یک سوراخ مرکزی و سه سوراخ رزوه شده، تحت زاویه‌ی ۱۲۰ درجه می‌باشد. این سوراخ‌ها محل بستن پیچ‌های محکم کننده‌ی بشقابک سر محور، به منظور جلوگیری از حرکت رولربیرینگ‌ها در امتداد محور هستند. پیشانی سر محور، در محورهای قدیمی‌تر روسی یا اکراینی و برخی مدل های UIC، دارای رزوه‌ای جهت بستن مهره‌ی بزرگی به منظور تثبیت رولربیرینگ‌ها بوده و در مدل‌های جدید روسی یا اکراینی دارای چهار سوراخ می‌باشد.

۲) سر محور: یکی از حساس‌ترین قسمت‌های محور، طرفین محور است که محل نصب رولربیرینگ‌ها و جعبه یاتاقان می‌باشند. نیروهای ناشی از وزن بار و واگن، از طریق جعبه یاتاقان‌ها به رولربیرینگ‌ها و توسط آنها به سر محورها اعمال می‌شود.

۳) نشیمنگاه بوش گردگیر یا لابیرنت: اولین پله بعد از سرمحور و ناحیه‌ای با قطر بیشتر است که محل نصب بوش گردگیر (برای جعبه یاتاقان‌های با رولربیرینگ اسفریکال) و یا لابیرنت (برای جعبه یاتاقان‌های با رولربیرینگ سیلندریکال) می‌باشد.

۴) نشیمنگاه چرخ یا دیسک: دومین پله پس از سر محور که بیشترین قطر در محور را به خود اختصاص داده است، ناحیه‌ی نشیمنگاه چرخ یا دیسک است.

۵) ناحیه‌ی بین دو چرخ: این بخش از محور، در برخی از مدل‌ها، دارای قطری ثابت بوده اما در برخی دیگر، قطر آن از طرفین و به سمت مرکز با شیبی ملایم کاهش می‌یابد.

۲-۵-۵-۲- چرخ (Wheel)

چرخ‌ها بخشی از مجموعه‌ی چرخ ومحور هستند که با کمک پرس و با انطباق از نوع محکم، بر پله‌ی دوم محور نصب شده و حرکت واگن از طریق غلتش آنها بر ریل صورت می گیرد و در دو نوع بانداژدار و یک‌پارچه ساخته می‌شوند.

۲-۵-۵-۲-۱- چرخ‌های بانداژدار (Tire wheels)

این گروه از چرخها از سه قسمت تشکیل شده‌اند:

۱) دیسک یا هسته (Disk)

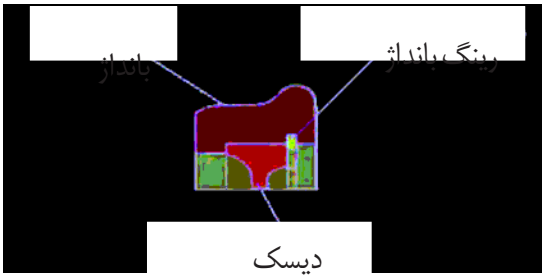
۲) بانداژ (Tire)

۳) رینگ بانداژ

دیسک یا هسته (قطعه‌ی با شماره‌ی موقعیت ۳ در شکل ۲-۳۵)، قطعه‌ای دوار از فولاد خاص می‌باشد که با روش فورج تولید می گردد. این قطعه دارای یک سوراخ مرکزی به قطر اندکی کمتر از نشیمنگاه خود در محور است و ناحیه‌ی دور این حفره، همان‌طوری که در شکل ۲-۳۵ دیده می‌شود، جهت تحمل نیروهای وارده، در مقایسه با سایر قسمت‌ها، به طور قابل توجهی تقویت شده است. این قسمت را «هاب» می گویند که پس از مونتاژ، بر نشیمنگاه خود روی محور (پله‌ی دوم پس از سرمحور) قرار می گیرد. همان‌طوری که در شکل ۲-۳۵ دیده می‌شود، مقطع عرضی دیسک، جهت استحکام، دارای پروفیل خاصی است. دیسک‌ها به وسیله‌ی پرس بر محور نصب می‌شوند. در اغلب موارد، دیسک‌ها دارای دو سوراخ کوچک روی سطح جانبی خود هستند که از آنها جهت چرخاندن چرخ و محور روی ماشین تراش، به منظور تراش سطح دیسک و سایز نمودن آن، استفاده می‌شود.

بانداژ نیز قطعه‌ای دوار است که به روش رینگ رولینگ تولید می‌شود (قطعه‌ی با شماره‌ی موقعیت ۲ در شکل ۲-۳۵). بانداژها به روش فیت انقباضی روی دیسک نصب می گردند. در این روش بانداژ به صورت یکنواخت، در کوره‌های خاص، تا دمای معینی گرم شده و سپس مجموعه‌ی محور و دیسک در بانداژ، که قطر آن به دلیل انبساط ناشی از گرما افزایش یافته است، قرار داده می‌شود. سپس رینگ بانداژ که حلقه‌ای فولادی و شکاف‌دار است (قطعه‌ی شماره‌ی ۴ در شکل ۲-۳۵) در شیار سطح داخلی بانداژ نصب می‌شود و لبه‌ی بانداژ توسط پرس در حالت دوران، پرس می‌شود. به این ترتیب، رینگ بانداژ پس از پرس شدن لبه‌ی بانداژ در شیار داخلی آن محکم شده و اجازه‌ی حرکت عرضی بانداژ بر روی دیسک را نمی‌دهد. بنابراین اتصال ایمنی بین دیسک و بانداژ ایجاد می گردد. شکل ۲-۳۶ مقطع اتصال بانداژ، دیسک و رینگ بانداژ

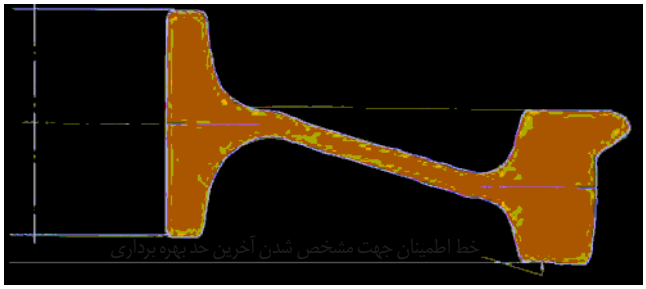
را نمایش می‌دهد. بیشتر واگن های ساخته شده‌ی تحت استاندارد UIC موجود در راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، از نوع بانداژدار هستند.



شکل ۲-۳۶) مقطع نمونه‌ی اتصال بانداژ، دیسک و رینگ بانداژ

۲-۵-۵-۲-۲- چرخهای منوبلوک یا یک پارچه (Solid wheels)

در چرخ های منوبلوک یا یک پارچه، دیسک و بانداژ مستقل از هم نبوده و به صورت یک مجموعه‌ی واحد و یک تکه می‌باشند. چرخ های منوبلوک نیز به صورت مشابه دارای هاب و پروفیل انحنا در مقطع خود هستند. قابل ذکر است تفاوتی در عملکرد چرخ های بانداژی و منوبلوک وجود ندارد. چرخ های منوبلوک، به واسطه‌ی یک تکه بودن، فاقد مشکلات ناشی از لقی بانداژ در چرخ های بانداژی هستند. لذا بهره‌برداری از این چرخ ها مشکلات کمتری دارد. شکل ۲-۳۷ نمایی از مقطع این چرخ ها را نشان می‌دهد. قابل ذکر است در ناوگان باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، کلیه‌ی واگن های روسی و اکراینی دارای بوژی های ۱۰۰-۱۸ بوده و چرخ های آنها از نوع منوبلوک می‌باشند.



شکل ۲-۳۷) نمایی از مقطع چرخ های منو بلوک

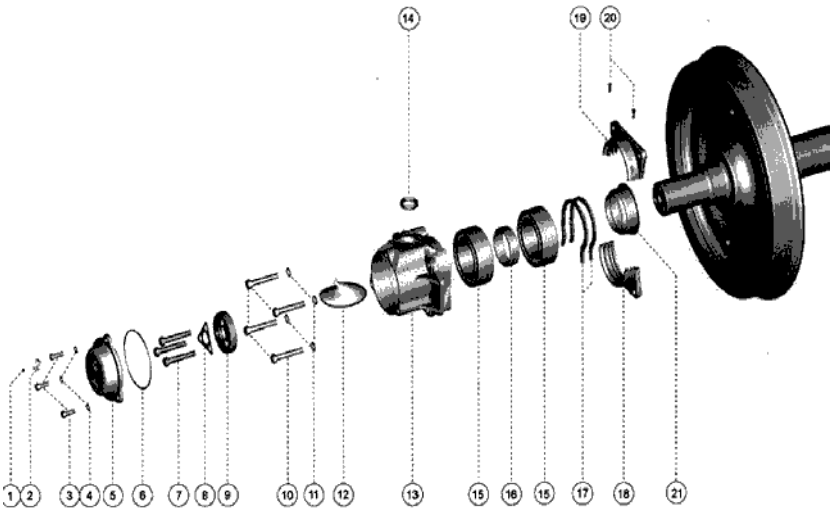
۲-۵-۵-۳- جعبه یاتاقان (Axle Box)

جعبه یاتاقان یکی از حساس ترین اجزای مجموعه‌ی چرخ ومحور است که در طرفین هر چرخ و محور و در ناحیه‌ی سرمحور نصب شده است. این زیر مجموعه ضمن نگهداری رولربیرینگ ها و حفاظت آنها از آلودگی های محیطی، به بهترین شکل ممکن نیروی وزن و بار واگن را به یاتاقان ها (رولربیرینگ ها) و نهایتاً چرخ ها منتقل می کند. به این ترتیب سبب تسهیل غلتش چرخ ها، با توجه به اصطکاک می گردند.

جعبه یاتاقان ها، با توجه به رولربیرینگ به کار رفته در ساختمان آنها، به دو گروه تقسیم می شوند:

۱) جعبه یاتاقان های با رولربیرینگ های اسفریکال

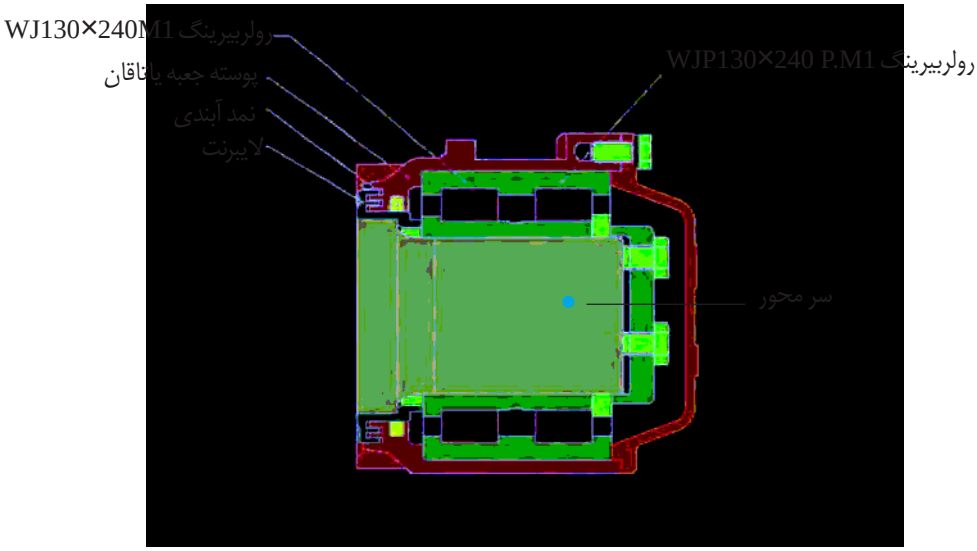
۲) جعبه یاتاقان های با رولربیرینگ های سیلندریکال



شکل ۲-۳۸) اجزای جعبه یاتاقان های با رولربیرینگ های اسفریکال

تفاوت عمده‌ی این جعبه یاتاقان ها در بخش های انتهایی آنها می‌باشد. جعبه یاتاقان های با رولربیرینگ اسفریکال دارای قطعاتی تحت عنوان «گردگیر» و «بوش گردگیر» می‌باشند (شکل ۲-۳۸، قطعات با

شماره‌ی موقعیت ۱۸ , ۱۹ و ۲۱ را ملاحظه نمایید). جعبه یاتاقان های با رولربیرینگ سیلندریکال، به جای این دو مجموعه، شامل قطعه‌ای با عنوان رینگ لابیرنت می‌باشند. نمد آب‌بندی در نوع اول داخل شیار قطعه‌های گردگیر و در نوع دوم در شیار بخش انتهایی پوسته‌ی جعبه یاتاقان و روی سطح بیرونی لابیرنت قرار می گیرد (شکل ۲–۳۹ را ببینید). همچنین در جعبه یاتاقان‌های با یاتاقان‌های اسفریکال، حلقه‌ای با عنوان «رینگ واسط» (قطعه‌ی شماره‌ی ۱۶ در شکل ۲–۳۸) مابین یاتاقان‌ها قرار می گیرد. در حالی که اساساً جعبه یاتاقان‌های با رولربیرینگ‌های سیلندریکال، فاقد این قطعه می‌باشند.



شکل ۲–۳۹) جعبه یاتاقان با رولربیرینگ‌های سیلندریکال

۲–۵–۵–۳–۱– جعبه یاتاقان‌های دارای رولربیرینگ‌های اسفریکال

جعبه یاتاقان‌های با رولربیرینگ‌های اسفریکال، همان‌طوری که در شکل ۲–۳۸ دیده می‌شود، از اجزای زیر تشکیل شده‌اند:

- پیچ های درب جعبه یاتاقان و واشرهای مربوطه
- درب جعبه یاتاقان
- اورینگ آب‌بندی درب جعبه یاتاقان
- پیچ های سرمحور
- واشر مثلثی
- بشقابک سرمحور
- پیچ های اتصال گردگیر به پوسته و واشرهای مربوطه
- پوسته‌ی جعبه یاتاقان
- رولربیرینگ های اسفریکال
- رینگ واسط میان رولربیرینگ ها
- نمدهای آب‌بندی گردگیر
- گردگیر
- بوش سرمحور

پیچ های درب جعبه یاتاقان و واشر های مربوطه: این پیچ ها جهت اتصال درب جعبه یاتاقان به پوسته به کار می‌رود.

درب جعبه یاتاقان: به منظور حفاظت اجزاء و عناصر داخل جعبه یاتاقان، به خصوص رولربیرینگ ها و گریس از گرد و غبار و آلودگی محیطی، انتهای پوسته‌ی جعبه یاتاقان با درب جعبه یاتاقان مسدود می گردد. در مواقع ضروری و یا بازدیدهای نیمه اساسی، با بازکردن جعبه یاتاقان می توان از وضعیت اجزای داخل جعبه یاتاقان اطلاع حاصل کرد.

اورینگ آب‌بندی درب جعبه یاتاقان: قطعه‌ای است از لاستیک تقویت شده که هنگام نصب درب جعبه یاتاقان، مابین پوسته و درب جعبه یاتاقان قرار گرفته و از ورود گرد و غبار از محیط بیرون به داخل جعبه یا

خروج ماده‌ی روانکار (گریس) از داخل جعبه یاتاقان به بیرون جلوگیری می کند. معمولاً پس از هر بار باز و بسته کردن درب جعبه، بهتر است اورینگ آن را عوض نماییم.

پیچهای سر محور: اگرچه ظاهراً و به لحاظ طبقه‌بندی، به نظر می‌رسد این پیچ ها جزو سر محور باشند، اما با توجه به عملکرد، آنها را باید جزو اجزای جعبه یاتاقان قلمداد نمود. این پیچ ها که وظیفه‌ی محکم کردن بشقابک سر محور و نهایتاً تثبیت رولربیرینگ ها روی سر محور را به عهده دارند، پس از عبور از سوراخ های واشر مثلثی و بشقابک سرمحور، در رزوه‌ی سوراخ های واقع در پیشانی سرمحور پیچیده و با ترک معینی محکم می شوند. به طوری که از عدم شل شدن بشقابک سر محور و حرکت آن و نهایتاً رولربیرینگ ها اطمینان وجود داشته باشد.

واشر مثلثی: با توجه به حساسیت های ذکر شده در بند قبل راجع به محکم بودن پیچ های سرمحور، اضافه بر محکم شدن پیچ ها با ترک معین، از قطعه‌ای با عنوان واشر مثلثی استفاده می شود. این قطعه، همان طوری که در شکل ۲–۳۸ نشان داده شده است و از نام آن پیداست، به شکل مثلث بوده و دارای سه سوراخ منطبق با سوراخ های پیشانی سرمحور می باشد که پس از محکم کردن پیچ ها با ترک مربوطه، لبه‌ی واشر را برگردانده و بر یکی از وجوه پیچ سرمحور مماس می کنند، به این ترتیب، این قطعه به عنوان یک قطعه‌ی قفل کننده عمل کرده و اجازه‌ی باز شدن پیچ را نمی‌دهد.

بشقابک سرمحور: بشقابک سرمحور به شکل دیسک است که در یک سمت، نشیمنگاهی جهت نصب بر پیشانی سرمحور داشته و دارای سوراخ های اتصال منطبق با سوراخ های پیشانی سرمحور می باشد. وظیفه‌ی این قطعه تثبیت رولربیرینگ ها بر سرمحور است.

پیچ های اتصال گردگیر به پوسته: این پیچ ها وظیفه‌ی اتصال پوسته‌ی جعبه یاتاقان به گردگیرها را به عهده دارند. جعبه یاتاقان های سیلندریکال، بر خلاف اسفریکال، فاقد این پیچ ها هستند.

پوسته‌ی جعبه یاتاقان: کلیه‌ی اجزای داخلی جعبه یاتاقان، داخل این قطعه قرار دارند. وظیفه‌ی اصلی پوسته‌ی جعبه یاتاقان، اضافه بر حفاظت اجزای داخلی از عوامل محیطی، دریافت نیروی وزن بار و واگن از

سیستم تعلیق و انتقال آن به رولربیرینگ ها، سرمحور و نهایتاً چرخ ها و نیز حرکت در راهنمای جعبه یاتاقان می‌باشد. به همین دلیل در سطوح جانبی مجهز به سطوح سایشی است.

رولربیرینگ های اسفریکال: رولربیرینگ ها، یاتاقان های غلتشی هستند که به دلیل استفاده از رولرها در آنها، سطح تماس و در نتیجه اصطکاک به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. به همین جهت در صورت روانکاری مناسب می توانند با سرعت های نسبتاً زیاد بچرخند. رولربیرینگ های اسفریکال مرکب از اجزای زیر هستند:

- حلقه یا کنس بیرونی (Outer Ring)
- حلقه یا کنس داخلی (Inner Ring)
- قفسه (Cage)
- غلتک های اسفریکالی یا بشکه‌ای (Spherical Rollers)

رولربیرینگ ها قطعاتی استاندارد هستند که فوق العاده حساس بوده و هنگام نصب و بهره‌برداری باید از آنها مراقبت کافی نمود تا عملکرد مناسبی داشته باشند. نصب آنها در روش های سنتی با استفاده از روش فیت انقباضی (Shrink fitting)، که شامل گرم کردن در حمام های روغن تا دمای معین است، و سپس نصب آن در سرمحور می‌باشد. امروزه در کارگاه های تعمیراتی مدرن، نصب آنها توسط دستگاه ایندا کشن هیتر (Induction Heater) انجام می شود. آمار نشان می دهد بیش از ۳۰ درصد یاتاقان های غلتشی، به علت نصب غلط و عدم رعایت استانداردهای نصب، از همان ابتدا معیوب می شوند.

حلقه ها یا کنس های داخلی و بیرونی، رینگ هایی از جنس فولاد مرغوب و سختی قابل توجه هستند که مجموعهِ رولرها و قفسه مابین آنها قرار گرفته اند. کنس داخلی روی سرمحور نصب می گردد و کنس بیرونی در داخل پوسته‌ی جعبه یاتاقان قرار می گیرد. رولرها در رولربیرینگ های اسفریکال دارای دو ردیف بوده که داخل شبکه‌ی قفسه قرار دارند. رولرهای اسفریکال یا بشکه‌ای به لحاظ شکلی، با رولرهای سیلندریکال که کاملاً استوانه‌ای هستند، متفاوتند. در مقایسه با رولرهای سیلندریکال، رولرهای اسفریکال دارای سطح

جانبی قوس‌دار هستند. بنابراین رولرهای اسفریکال، برخلاف رولرهای سیلندریکال که فقط برای تحمل بارهای شعاعی طراحی شده‌اند، هم می‌توانند بارهای شعاعی و هم بارهای غیرشعاعی را به طور اصولی تحمل نمایند. در شکل ۲–۳۹ شماتیکی از رولرهای سیلندریکال نمایش داده شده است. نکته‌ی قابل توجه آن است که در جعبه یاتاقان‌های اسفریکال، دو عدد رولربیرینگ اسفریکال نصب می‌شود که کاملاً یکسان هستند. در رولربیرینگ‌های اسفریکال، کنس بیرونی و داخلی اضافه بر چرخش نسبت به یکدیگر، در جهت های دیگر نیز آزادی دوران دارند. در حالی که در رولربیرینگ‌های سیلندریکال، کنس‌های بیرونی و داخلی تنها نسبت به هم چرخش دارند و در سایر جهات آزادی دوران ندارند. به همین جهت، با توجه به آزادی دوران کنس‌های بیرونی و داخلی رولربیرینگ‌های اسفریکال در تمام جهات نسبت به یکدیگر، ضرورت دارد به هنگام نصب، یک حداقل فاصله‌ای از یکدیگر داشته باشند. لذا مابین آنها رینگی با عنوان رینگ واسط نصب می‌شود. در حالی که مابین رولربیرینگ‌های سیلندریکال این رینگ وجود ندارد.

رینگ واسط میان رولربیرینگ‌ها: مطابق آنچه در بند قبل ذکر شد، به جهت آزادی دوران و چرخش کنس‌های بیرونی و داخلی رولربیرینگ‌های اسفریکال در تمام جهات نسبت به یکدیگر، ضرورت دارد میان رولربیرینگ‌ها فاصله‌ی معینی وجود داشته باشد. رینگ واسط، قطعه‌ای است که به همین منظور استفاده می‌شود.

نمدهای آب‌بندی: نمدهای آب‌بندی، همان‌طور که در شکل ۲–۳۸ دیده می‌شود، رشته‌هایی از جنس الیاف هستند که در شیار گردگیر نصب می‌شوند و مانع ورود گرد و غبار از بیرون به داخل جعبه و نشت مواد روانکار از داخل جعبه به بیرون می‌گردند.

گردگیر: گردگیر قطعه‌ای است مرکب از دو قسمت (شکل ۲–۳۸) که پس از قرار دادن نمد آب‌بندی در شیار آن، روی بوش سرمحور نصب شده و سپس توسط پیچ‌های آلن مربوطه به یکدیگر متصل می‌شوند.

بوش سرمحور: بوش سرمحور یا بوش لبه‌دار توسط روش فیت انقباضی در محل مربوطه در روی محور نصب می‌شود و مطابق آنچه در بند قبل گفته شد، گردگیر روی آن سوار می‌گردد. قابل توجه است، با توجه به

انطباق محکم بوش سرمحور بر محور، بوش سرمحور نیز هنگام دوران محور به همراه آن در فضای داخل جعبه یاتاقان دوران دارد. همچنین به طریق مشابه در جعبه یاتاقان های سیلندریکال رینگ لابیرنت به همراه محور در قسمت پشت جعبه یاتاقان دوران دارد.

۲-۵-۵-۳-۲- جعبه یاتاقان های دارای رولربیرینگ های سیلندریکال

جعبه یاتاقان های سیلندریکال که نمایی از مقطع آن پیشتر در شکل ۲-۳۹ ارائه شد، همان طوری که در بند ۲-۵-۵-۳ ذکر شد، غیر از گردگیر؛ بوش سرمحور؛ پیچ های اتصال پوسته و گردگیر و رینگ واسط مابین رولربیرینگ ها، سایر قطعات مربوط به جعبه یاتاقان های دارای رولربیرینگ های اسفریکال که در شکل ۲-۳۸ نشان داده شده و در بند ۲-۵-۵-۳-۱ ذکر شده است را نیز دارا می باشد. ضمن آن که به جای گردگیر و بوش سرمحور، مجهز به قطعه ای با عنوان «رینگ لابیرنت» بوده و رولربیرینگ های آن از نوع سیلندریکال است. رولربیرینگ های سیلندریکال نیز، نظیر اسفریکال، از اجزای زیر تشکیل شده اند:

- حلقه یا کنس بیرونی (Outer Ring)
- حلقه یا کنس داخلی Inner Ring()
- غلتک های سیلندریکال یا استوانه ای (Cylindrical Rollers)

رولربیرینگ های سیلندریکال، در مقایسه با اسفریکال، در حوزه ی واگن های باری راه آهن جمهوری اسلامی ایران، حداقل سه اختلاف دارند:

الف) رولرهای آنها به شکل استوانه هستند در حالی که در رولربیرینگ های اسفریکال، غلتک ها بشکه ای شکل هستند.

ب) قفسه های رولربیرینگ های سیلندریکال (برای واگن های باری راه آهن جمهوری اسلامی ایران) دارای یک ردیف شیار برای رولرها هستند. در حالی که قفسه های رولربیرینگ های اسفریکال دارای دو ردیف شیار رولرها می باشند. البته تعداد شیار روی قفسه ها برای رولربیرینگ ها، معیار مناسبی جهت طبقه بندی آنها

نیست زیرا در حوزه‌ی خارج از واگن های باری رولربیرینگ های اسفریکالی که دارای یک ردیف شیار و همچنین رولربیرینگ های سیلندریکالی که حاوی دو ردیف شیار برای رولرها می‌باشند، نیز وجود دارند.

ج) یکی از مهمترین اختلافات رولربیرینگ های سیلندریکال با اسفریکال که موجب گسترش کاربرد آن شده است، این است که به هنگام تعمیرات جعبه یاتاقان، اجزای رولربیرینگ های سیلندریکال از یکدیگر جدا می‌شوند و نصب و دمونتاژ جعبه یاتاقان های حاوی این نوع رولربیرینگ ها، به مراتب سهل تر از جعبه یاتاقان های حاوی رولربیرینگ های اسفریکال می‌باشد. بخصوص آن که به جهت جدا شدن اجزاء، شستشو و نظافت آنها نیز ساده‌تر است.

۲-۵-۶- سیستم میراکننده‌ی نوسانات (Damping system)

کلیه‌ی سیستم های ارتعاشی در حالت عمومی، حاوی یک عنصر جرم، یک عنصر فنری و یک میراکننده‌ی نوسانات (دمپر) می‌باشند. به لحاظ تئوری، اگر میراکننده نباشد، نوسانات سیستم ادامه دارد و برای خنثی کردن آن استفاده از میراکننده ضرورت می‌یابد. در عمل، اگر چه به دلیل وجود اصطکاک با گذشت زمان دامنه نوسانات کاهش می‌یابد، لیکن جهت کنترل نوسانات عملاً حضور میراکننده ضروری است. سیستم نوسانی در بوژی در حقیقت سیستم تعلیق آن است. البته اگرچه بخش عمده‌ی خاصیت فنری سیستم در فنرهای سیستم تعلیق متمرکز است، اما انعطاف فریم بوژی نیز به لحاظ عملی در حالت فنری تاثیر گذار است. حین بهره‌برداری از واگن و بوژی به دلایل شیب و فرازها و نوسانات خط، ارتعاشات به مجموعه‌ی چرخ و محور و از طریق سیستم تعلیق به فریم بوژی منتقل می‌شود و سیستم تعلیق را به حرکت و ارتعاش وا می‌دارد. جهت کاهش دامنه‌ی نوسانات و کنترل ارتعاشات، بوژی های دارای فریم یک‌پارچه، در روی جعبه یاتاقان دارای صفحات سایشی هستند که هنگام نوسان ویا سایش در برابر راهنمای جعبه یاتاقان، عملاً نقش میراکننده را ایفا می‌نمایند. در بوژی های واگن های مسافری، برای نرمی حرکت و آسایش مسافر، از میراکننده های هیدرولیکی استفاده می‌شود. بنابراین صفحات سایشی جعبه یاتاقان ها برای بوژی های با فریم یکپارچه، نقش میراکننده را بازی کرده و انرژی جنبشی را به گرما تبدیل می کنند.

۲-۵-۷- معرفی معروفترین بوژی‌های با فریم یک پارچه

طی بخش‌های ۲-۵-۱ الی ۲-۵-۶، بوژی H جدید رومانی با قطر چرخ ۹۲۰mm که یکی از معروف‌ترین بوژی‌های ناوگان باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران است، به عنوان نمونه‌ای از بوژی‌های با فریم یک‌پارچه انتخاب و اجزای آن تحت بررسی قرار گرفت. در این بخش تصاویر سایر بوژی‌های با فریم یک‌پارچه موجود در ناوگان باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران که به لحاظ ساختمان و عملکرد، فوق‌العاده با بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm مشابهت دارند، جهت آشنایی بیشتر ارائه می گردند.

انواع بوژی‌های با فریم یک‌پارچه موجود در ناوگان باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران؛ به قرار زیرهستند:

۱) بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm

۲) بوژی H رومانی با قطر چرخ ۱۰۰۰ mm

۳) بوژی H665 پارسی

۴) بوژی H مجاری

۵) بوژی H هندی

۶) بوژی H آلمانی (با یاتاقان‌های لغزشی) ۲ محوره

۷) بوژی H پارسی ۳ محوره

۸) بوژی H لهستانی ۳ محوره

۹) بوژی H آلمانی ۳ محوره

۱۰) بوژی H چک ۳ محوره

۱۱) بوژی Y25 پارس

۱۲) بوژی Y25 آلمانی

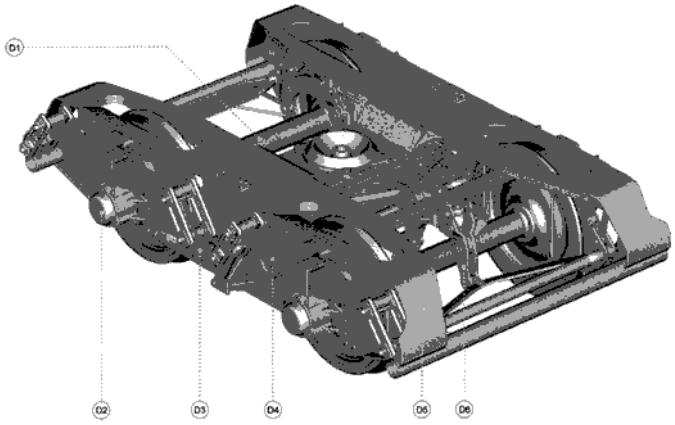
۱۳) بوژی Y25 اتریشی

۱۴) بوژی Y25 رومانی

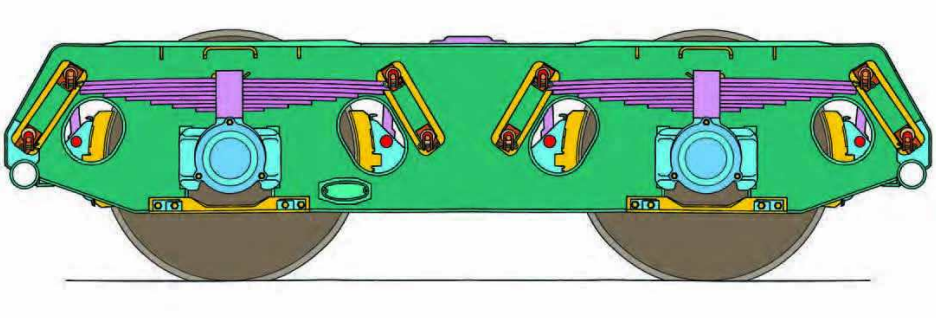
۱۵) بوژی Y25 فرانسوی

۲-۵-۷-۱-بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm

این بوژی که تصویری از آن در شکل ۲-۴۰ ارائه شده است، به طور نسبتاً مفصلی طی فصل جاری مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۲-۴۱ نمای دیگری از این بوژی را نمایش می‌دهد.



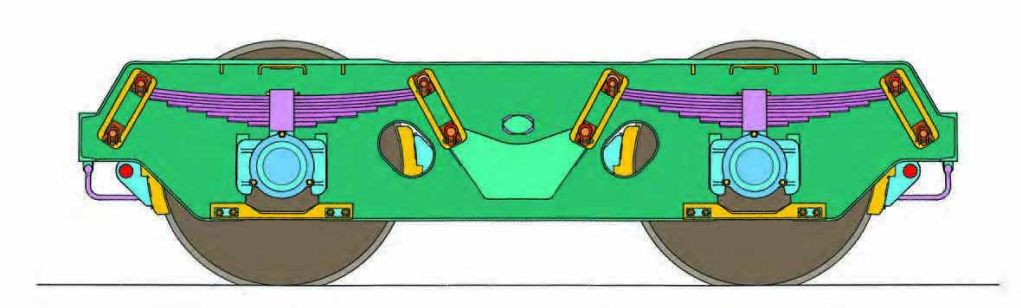
شکل ۲-۴۰) بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm



شکل ۲-۴۱) نمای جانبی بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm

۲-۵-۷-۲-بوژی H رومانی با قطر چرخ ۱۰۰۰ mm

این بوژی به لحاظ ساختاری شباهت زیادی با بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm دارد. لیکن ضمن یک ردیفه بودن اهرم‌بندی ترمز برای هر دو چرخ و محور، بزرگتر بودن قطر چرخ، اختلاف در فاصله‌ی عرضی بالشتک‌ها، تفاوت در هندسه و شکل اجزای فریم در واگن های مختلف، مجهز به هر دو نوع رولبیرینگ های سیلندریکال و اسفریکال می‌باشد. شکل ۲-۴۲ شماتیکی از این بوژی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۲) بوژی H رومانی با قطر چرخ ۱۰۰۰ mm

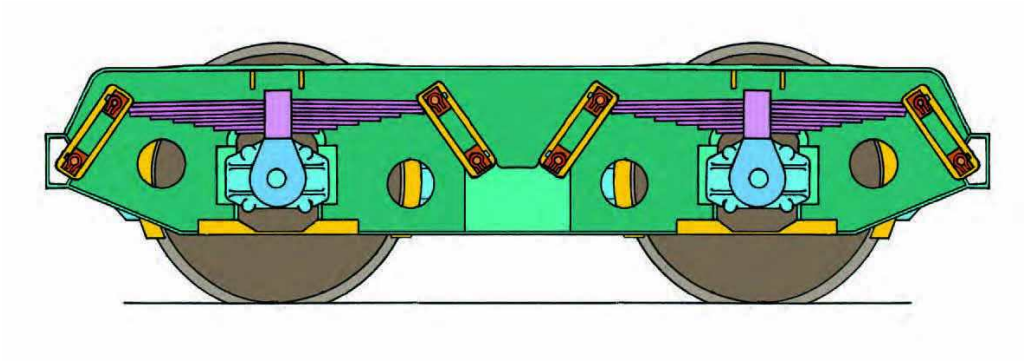
۲-۵-۷-۳- بوژی H665 پارسی

این بوژی، همان طوری که از نامش پیداست، ساخت شرکت واگن پارس و تحت لیسانس کمپانی Union Wagon آلمان بوده و دارای چرخ هایی به قطر ۹۲۰ mm می باشد. در مقایسه با سایر بوژی های H، جدیدترین طراحی را، به خصوص در قابلیت انعطاف فریم، دارد. شکل ۲-۴۳ نمایی از این بوژی را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۴۳) بوژی H665 پارسی

۲-۵-۷-۴- بوژی H مجاری

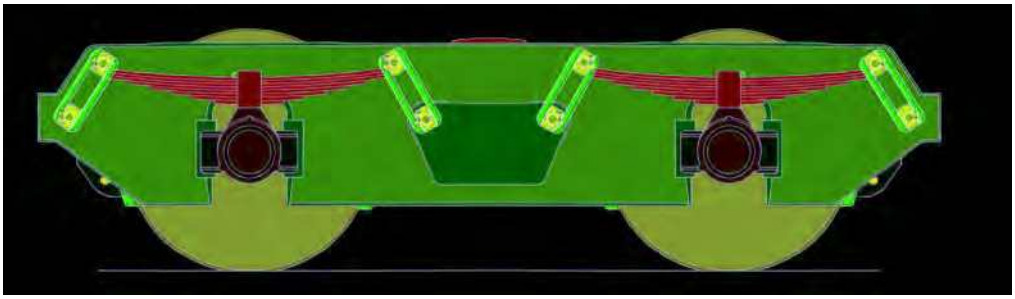
این بوژی ساخت کشور مجارستان بوده و دارای چرخ هایی به قطر ۹۲۰ mm می‌باشد که در واگن های لبه کوتاه بکار رفته‌اند. شکل ۲-۴۴ نمای عمومی این بوژی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۴) بوژی H مجاری

۲-۵-۷-۵- بوژی H هندی

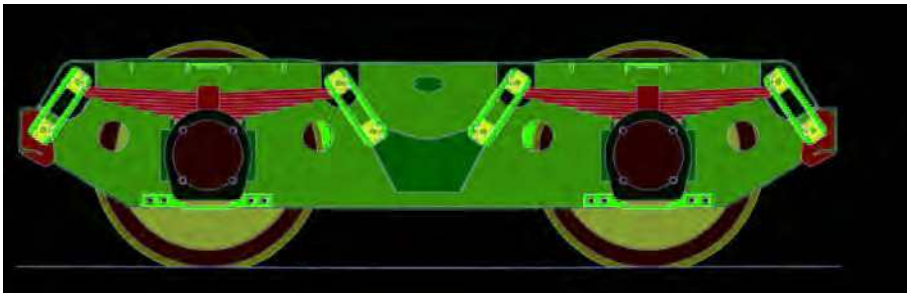
بوژی H هندی (شکل ۲-۴۵) دارای چرخ هایی به قطر ۱۰۰۰ mm و ساخت کشور هندوستان می‌باشد. عمده تفاوت این بوژی با سایر بوژی های H در شکل قاب کفش آن است. به طوری که امکان نصب کفش ترمز یکسان سازی شده، که بر روی سایر بوژی ها بدون هر مشکلی نصب می شود، روی آن وجود ندارد.



شکل ۲-۴۵) بوژی H هندی

۲-۵-۷-۶- بوژی H آلمانی ۲ محوره با بیرینگ های لغزشی

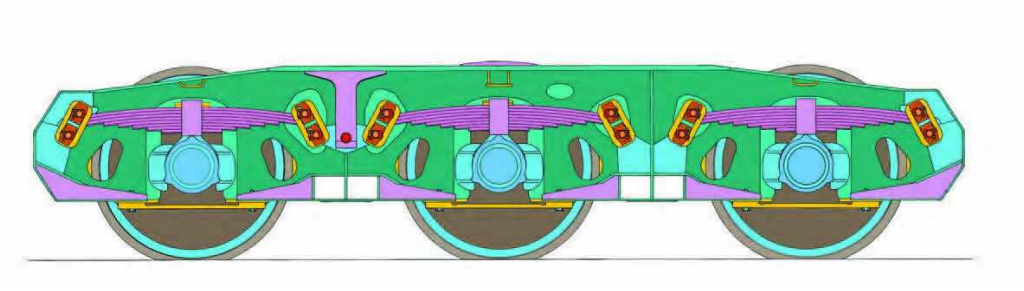
این بوژی ها از بوژی های نسبتاً قدیم راه آهن هستند که زیر واگن های مخزن نصب شده اند. تفاوت عمده ی این بوژی با سایر بوژی ها در نوع یاتاقان آن می‌باشد. به دلیل طراحی نسبتاً قدیمی، در جعبه یاتاقان های این بوژی ها از یاتاقان های لغزشی استفاده شده است که به دلیل استفاده از روغن به جای گریس، نگهداری و تعمیرات نسبتاً پرزحمتی دارند. ضمن این که در بهره‌برداری نیز دارای مشکلاتی هستند. شکل ۲-۴۶ شماتیکی از این بوژی ها را نمایش می دهد.



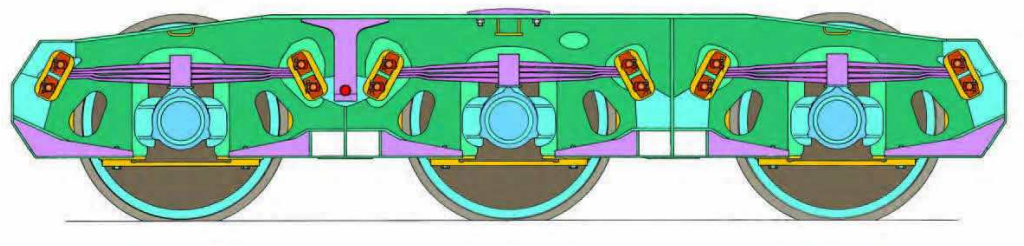
شکل ۲-۴۶) بوژی H آلمانی دو محوره

۲-۵-۷-۷- بوژی H پارسی ۳ محوره

این بوژی محصول مشترک شرکت‌های واگن پارس و Wagon Union می‌باشد. به لحاظ شکل ظاهری، این بوژی در فریم خود (بخصوص پیشانی‌های بوژی) شباهت‌هایی با بوژی H665 پارسی دو محوره دارد. لیکن به دلیل داشتن یک محور اضافه، سیستم تعلیق و همین طور سیستم اهرم‌بندی ترمز مفصل تری دارد. بخش قابل توجهی از قطعات بوژی‌های H پارسی ۳ محوره و H665 پارسی مشابه هم هستند که در نتیجه با یکدیگر قابلیت جایگزینی نیز دارند. این بوژی‌ها زیر واگن‌های لبه بلند حمل مواد معدنی نصب شده‌اند . شکل‌های ۲-۴۷ و ۲-۴۸ شماتیکی از این بوژی را نشان می‌دهند.



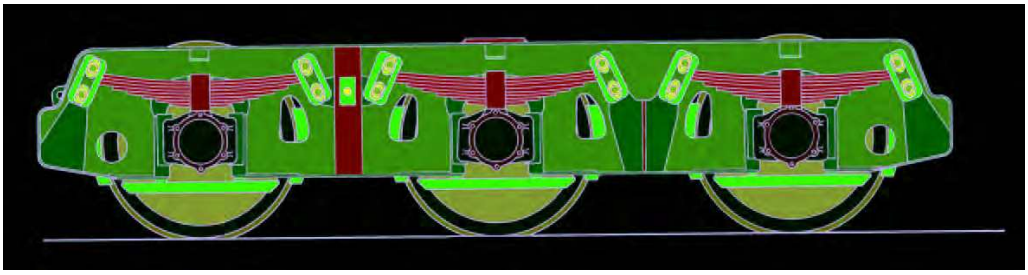
شکل ۲-۴۷) بوژی H پارسی سه محوره با فنرهای قوس منفی



شکل ۲-۴۸) بوژی H پارسی سه محوره با فنرهای پارابولیک

۲-۵-۷-۸- بوژی H لهستانی ۳ محوره

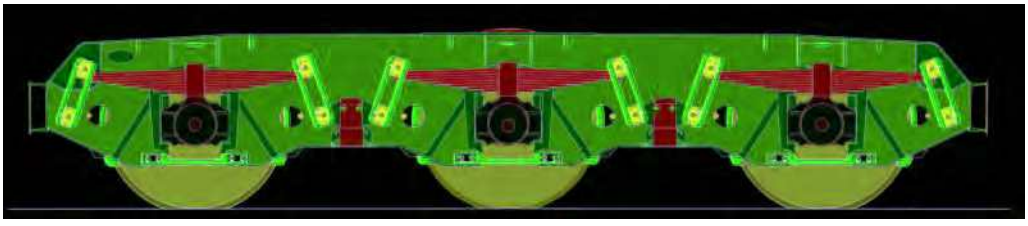
بوژی های H لهستانی ۳ محوره در ساختمان واگن های کفی (مسطح) به کار رفته اند و نسبت به بوژی های H پارسی ۳ محوره، طراحی قدیمی تری دارند. شکل ۲-۴۹ نمایی از این بوژی را نشان می دهد.



شکل ۲-۴۹) بوژی H لهستانی سه محوره

۲-۵-۷-۹- بوژی H آلمانی ۳ محوره

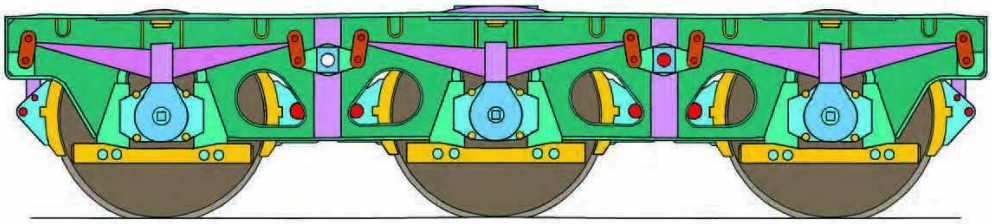
این بوژی ها نیز در ساختمان واگن های کفی (مسطح) بکار رفته اند. شکل ۲-۵۰ را ببینید.



شکل ۲-۵۰) بوژی H آلمانی سه محوره

۲-۵-۷-۱۰- بوژی H چک سه محوره

این بوژی ها ساخت کشور جمهوری چک بوده و در ساختمان واگن های مسطح کمرشکن که جهت حمل و نقل تانک و ماشین آلات نسبتاً سنگین استفاده می شوند، بکار رفته است. شکل ۲-۵۱ نمایی از این بوژی ها را نشان می دهد.



شکل ۲-۵۱) بوژی H چک سه محوره

۲-۵-۷-۱۱- بوژی های Y25

بوژی های Y25 موجود در ناوگان باری راه آهن ۵ نوع بوده و ساخت واگن پارس و کشورهای آلمان، اتریش، رومانی و فرانسه هستند. بوژی های Y25 واگن پارس در ساختمان واگن های مخزن، بوژی های Y25 آلمان و اتریش که فوق العاده با هم مشابهت دارند، در ساختار یک تیپ از واگن های مسقف، بوژی Y25 رومانی در ساختمان واگنهای مخزن و بوژی های Y25 فرانسوی در ساختمان واگن های یخچال دار به کار رفته اند.

غیر از بوژی Y25 رومانی که دارای بالشتک صلب می باشد، سایر بوژی های Y25 دارای بالشتک فنری (شکل ۲-۲۳) می باشند.

قابل ذکر است این بوژی ها در ابعاد و جزئیات با یکدیگر اختلاف هایی دارند. شکل ۲-۵۲ شماتیکی از این بوژی ها را نشان می دهد. فرق عمده ی بوژی های Y25 با سایر بوژی های با فریم یکپارچه، فنرهای به کار رفته در سیستم تعلیق آنها می باشد که از نوع فنر پیچشی هستند. متعاقب همین موضوع، جعبه یاتاقان به کار رفته در آنها، به دلیل نصب فنرهای پیچشی، با سایر بوژی ها متفاوت است.

شکل ۲-۵۲) بوژی Y25

۲-۶- بوژی‌های با فریم سه تکه (Three Pieces Bogies)

بوژی‌های با فریم سه تکه، که از این پس به اختصار آنها را بوژی‌های سه تکه می‌نامیم، دارای فریمی مرکب از سه بخش مجزا که با روش ریخته گری تولید شده‌اند، هستند. این سه بخش، بر خلاف بوژی‌های با فریم یکپارچه، قابلیت جدا شدن از یکدیگر را دارند و با استفاده از روش های مکانیکی و سایر اجزاء نظیر چرخ و محور به یکدیگر اتصال یافته‌اند. با توجه به نحوه‌ی اتصال اجزای فریم بوژی‌های سه تکه، در مقایسه با بوژی‌های با فریم یکپارچه که با استفاده از جوشکاری به یکدیگر اتصال یافته اند، حرکت نسبی اجزای فریم در بوژی‌های سه تکه به مراتب بیشتر از بوژی‌های با فریم یکپارچه است. همین موضوع علیرغم حسن‌های زیاد نگهداری و تعمیرات، باعث کاهش پایداری این بوژی‌ها در مقایسه با بوژی‌های با فریم یکپارچه شده است. در این قسمت بوژی سه تکه ۱۰۰-۱۸ را به عنوان نمونه ای از بوژی‌های سه تکه مورد بررسی قرار خواهیم داد . شکل ۲-۵۳ نمایی از این بوژی را نشان می‌دهد. بوژی‌های سه تکه از زیر مجموعه‌های زیر تشکیل شده‌اند:

- فریم (Frame)
- سیستم تعلیق (Suspension System)
- سیستم محدود کننده حرکت دورانی حول محور طولی (Roll)
- سیستم اهرم‌بندی ترمز (Braking System)
- مجموعه چرخ ومحور (Wheel Set)
- سیستم میرا کننده‌ی نوسانات (Damping System)
- تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار

شکل۲-۵۳) بوژی ۱۰۰-۱۸

۲-۶-۱- فریم (Frame)

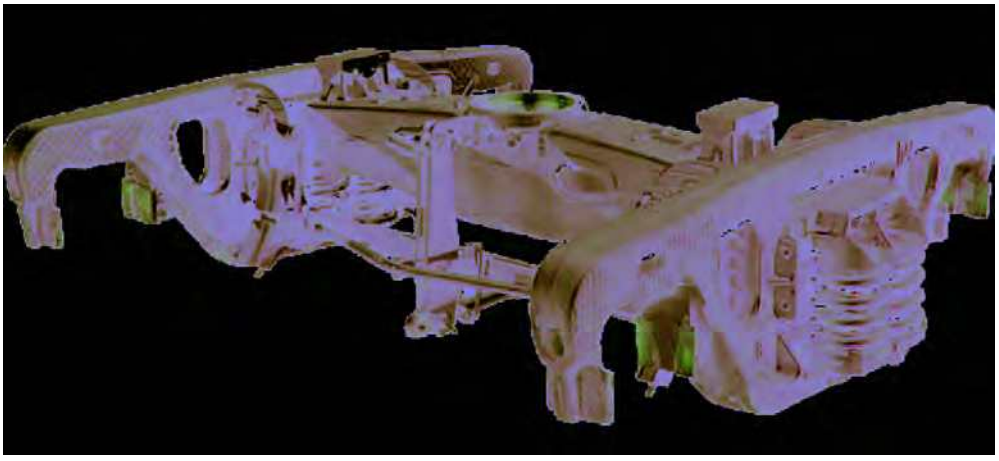
فریم بوژی سه تکه از سه بخش مجزا از هم که با روش ریخته گری تولید شده‌اند، تشکیل شده است. این اجزاء عبارتند از:

۱- قاب کناری (Side frame)

۲- گهواره (Bolster)

فریم بوژی سه تکه مرکب از دو عدد قاب کناری (Side frame) و یک گهواره (Bolster) می‌باشد که از طریق سایر اجزاء به یکدیگر متصل شده‌اند. قاب‌های کناری (Side frame) در بخش میانی خود دارای پنجره ای هستند که محل نصب فنرهای سیستم تعلیق و گهواره (Bolster) می‌باشد.

بنابراین، می‌توان گفت که گهواره قاب‌های کناری را در ناحیه‌ی میانی به یکدیگر متصل کرده و به این ترتیب فریم اصلی بوژی سه تکه تشکیل می‌شود. قابل ذکر است ساپورتها و نگهدارنده‌های لازم جهت نصب اجزای سیستم اهرم‌بندی ترمز روی قاب‌های کناری و گهواره تعبیه شده‌اند که نصب سیستم اهرم‌بندی ترمز بر فریم از طریق آنها انجام می‌شود. شکل ۲-۵۴ نمونه‌ای از مجموعه‌ی سوار شده‌ی فریم بوژی سه تکه را نشان می‌دهد.

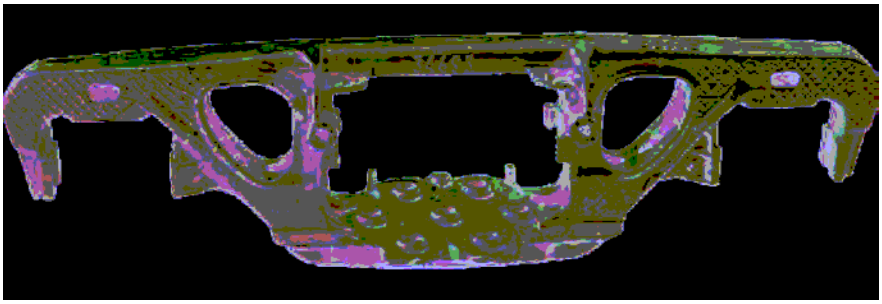


شکل ۲-۵۴) فریم سوار شده و اهرم‌بندی ترمز بوژی ۱۰۰-۱۸

۲-۶-۱-۱- قاب کناری (Side frame)

قاب کناری که با روش ریخته گری تولید می شود، در بیشتر نواحی به جهت کاهش وزن و افزایش مقاومت در برابر خمش) دارای مقطعی توخالی می‌باشد. شکل ۲-۵۵ نمایی از این قطعه را نمایش می‌دهد. قاب کناری دارای بخش‌های زیر است:

- فک‌های نشیمنگاه جعبه یاتاقان (Axle Bearing Box Sitting)
- پنجره‌ی بازدید و تعویض کفشک ترمز
- پنجره‌ی نشیمنگاه فنرهای سیستم تعلیق و نصب گهواره
- صفحات سایشی و پرچ‌های اتصال آن
- ساپورت‌های نگهدارنده‌ی آویزهای کفشک ترمز
- طاقچه‌ی محافظ میله مثلث‌ها
- جایگاه اتصال تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار



شکل ۲-۵۵) قاب کناری بوژی ۱۰۰-۱۸

۲-۶-۱-۱-۱- فک های نشیمنگاه جعبه یاتاقان (Axle Bearim Box Sitting)

فک‌های راهنمای جعبه یاتاقان، همان طوری که در شکل ۲-۵۵ دیده می شود، در دو انتهای طرفین قاب

کناری تعبیه شده و محل قرار گرفتن جعبه یاتاقان ها می‌باشد. بر خلاف بوژی های با فریم یکپارچه، جعبه یاتاقان در بوژی های سه تکه نسبت به جایگاه خود حرکت عمودی قابل توجهی ندارند. لیکن با توجه به لقی های طولی و عرضی هنگام تردد بوژی در قوس ها، در جهات طولی و عرضی اندکی آزادی حرکت دارند. به طوری که حداقل قابلیت فرمان‌پذیری طبیعی ملحوظ گردد. فک های نشیمنگاه جعبه یاقان، دارای بخش هایی هستند که در صورت سایش، به جهت تماس با جعبه یاتاقان، قابلیت بازسازی دارند.

۲-۶-۱-۱-۲- پنجره‌ی بازدید و تعویض کفشک ترمز

همان طوری که شکل ۲-۵۵ نشان می‌دهد، مجاور فک های نشیمنگاه جعبه یاتاقان ها، پنجره هایی مثلثی شکل وجود دارند که از داخل آنها وضعیت کفشک ترمز و کنترل میزان سایش آنها میسر می گردد. در صورت نیاز به تعویض کفشک ترمز، عملیات تعویض حین بهره‌برداری و طول خط، از طریق همین پنجره انجام می‌شود.

۲-۶-۱-۱-۳- پنجره‌ی نشیمنگاه فنرهای سیستم تعلیق و نصب گهواره

این پنجره که مطابق شکل ۲-۵۵ در ناحیه‌ی میانی قاب کناری واقع شده است، دارای هفت نقطه برای قرار گرفتن زوج فنرهای سیستم های تعلیق و محلی خاص برای نصب صفحات سایشی می‌باشد. اتصال گهواره با فریم کناری از طریق این پنجره انجام می‌شود. در یک بوژی کامل سه تکه، دو انتهای گهواره در پنجره‌ی ذکر شده‌ی قاب های کناری طرفین قرار داشته و بین گهواره و کف پنجره، زوج فنرهای سیستم تعلیق و گوه های سایشی قرار می گیرند.

۲-۶-۱-۱-۴- صفحات سایشی و پرچ های اتصال

صفحات سایشی برای کاهش انرژی جنبشی ناشی از حرکت گهواره در تعامل با فنرهای سیستم تعلیق بوده و جزو سیستم میرا کننده‌ی نوسانات محسوب می‌شوند.

۲-۶-۱-۱-۵- ساپورت‌های نگهدارنده‌ی آویزهای کفشک ترمز

هر قاب کناری در ناحیه‌ی پشت پنجره‌ی بازدید کفش ترمز، دارای دو ساپورت جهت نصب آویز قاب کفشک ترمز می‌باشد. این ساپورت‌ها در داخل خود دارای یک بوش کائوچویی برای جلوگیری از سایش هستند (شکل ۲-۵۵).

۲-۶-۱-۱-۶- طاقچه‌ی محافظ میله مثلث‌ها

هر قاب کناری در امتداد قائم گذرنده از ساپورت‌های نگهدارنده‌ی آویز قاب کفش و قسمت پائینی، دارای یک ناحیه‌ی طاقچه مانند می‌باشد که زیر مثلث قرار گرفته‌اند و در صورت جدا شدن اتفاقی میله مثلث‌ها، از افتادن آنها روی خط جلوگیری می کند.

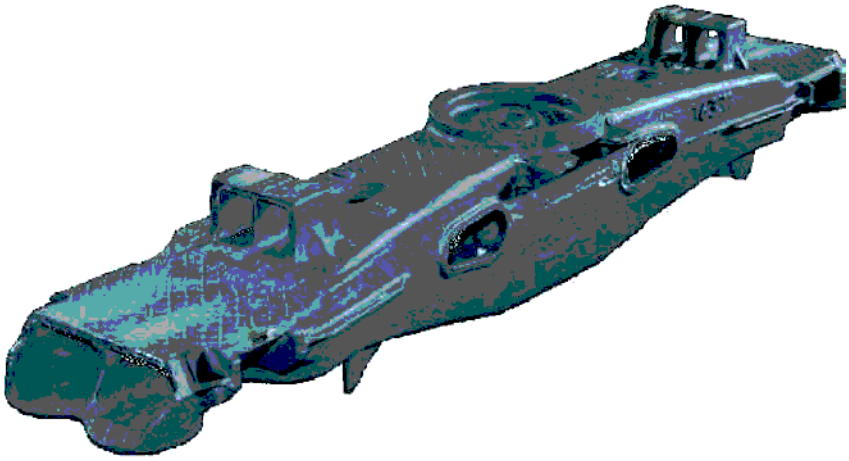
۲-۶-۱-۱-۷- جایگاه اتصال تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار

این جایگاه محل نصب یکی از دو انتهای تیر اتکایی می‌باشد. لازم به ذکر است که هر سمت تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار روی یکی از قابهای کناری بوژی بسته شده و دقیقاً زیر سنسور تشخیص میزان بار و به منظور تحریک آن قرار می گیرد.

۲-۶-۱-۲-گهواره (Bolster)

گهواره یکی از حساس ترین بخشهای بوژی است که با توجه به نوع بارگذاری بایستی به تنهایی تحمل حداقل نیمی از وزن واگن و همچنین سایر نیروهای دینامیکی وارده حین بهره‌برداری را داشته باشد. این قطعه نیز به جهت سبکی دارای مقطعی توخالی بوده و با روش ریخته گری تولید می گردد. شکل ۲-۵۶ نمایی از گهواره را نشان می‌دهد. گهواره دارای بخش های مختلفی به شرح زیر است:

- کاسه بوژی
- ساپورت نگهدارنده‌ی اهرم‌بندی ترمز
- پایه‌ی بالشتک‌ها
- سطح شیب‌دار
- حفره‌های بازدید



شکل ۲-۵۶) گهواره‌ی بوژی ۱۰۰-۱۸

۲-۶-۱-۲-۱- کاسه بوژی

کاسه بوژی در بوژی‌های سه تکه از نوع استوانه‌ای است و حین عملیات تولید گهواره به روش ریخته گری در آن تعبیه می‌شود. این ناحیه فصل مشترک اتصال واگن با بوژی بوده و اهمیت زیادی در سیر ایمن واگن

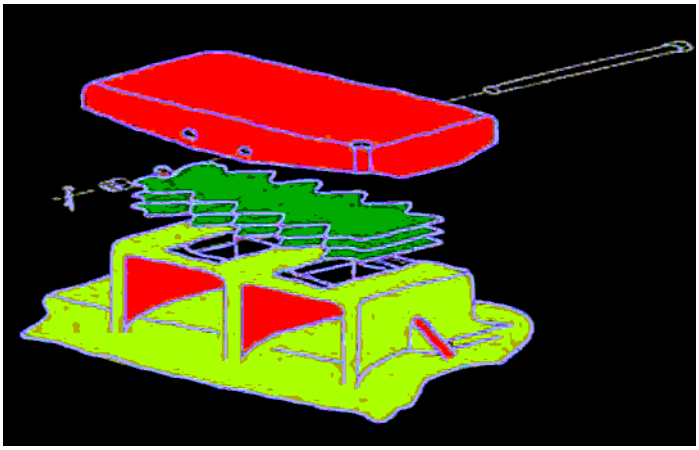
دارد. سیستم روانکاری کاسه بوژی در بوژی‌های سه تکه‌ی مختلف، متفاوت می‌باشد. در بعضی از آنها روانکاری توسط گریس انجام شده و در موارد دیگر از صفحات با اصطکاک کم، که به هنگام سایش تولید پودرهای روانکار می کنند، استفاده می‌شود. به مرور زمان و حین بهره‌برداری، کاسه بوژی در امتداد محور طولی واگن (یا محور عرضی خودش) دچار سایش‌های قابل توجهی می‌شود که طبق فرآیندهای خاصی بازسازی می گردند. کاسه بوژی در ناحیه‌ی مرکزی خود دارای حفره‌ای جهت قرار گیری میله‌ی نافی اتصال واگن با بوژی می‌باشد.

۲-۶-۱-۲-۲- ساپورت نگهدارنده‌ی اهرم‌بندی ترمز

همان طوری که در شکل ۲-۵۶ دیده می‌شود، ساپورت مذکور قطعه‌ای است که توسط پرچ در ناحیه‌ی مجاور کاسه بوژی و زیر آن نصب می گردد. اتصال اهرم تخت سه سوراخه با بوژی توسط اهرم تنظیم چهار سوراخه، در این نقطه انجام می‌شود. (شکل ۲-۵۳ را ببینید)

۲-۶-۱-۲-۳- پایه‌های بالشتک‌ها

پایه‌های بالشتک، محل نصب کلاهک بالشتک و ورق‌های تنظیم می‌باشد و به منظور جلوگیری از جدا شدن کلاهک از پایه‌ی بالشتک و افتادن احتمالی، از یک پیچ و مهره استفاده می گردد. نصب پیچ و مهره به منظور مهار کلاهک پایه‌ی بالشتک به صورتی است که کلاهک اجازه‌ی حرکت جزئی نسبت به پایه را داشته باشد. شکل ۲-۵۷ تصویری از پایه‌ی بالشتک و نحوه‌ی قرارگیری کلاهک، ورق‌های تنظیم و پیچ و مهره‌ی مهار کننده را نشان می‌دهد. پایه‌ی بالشتک طی بهره‌برداری، به دلیل دریافت ضربات متوالی از واگن، ممکن است دچار ترک و یا شکستگی گردد که با روش‌های خاص بازسازی می‌شوند.



شکل ۲-۵۷) پایه‌ی بالشتک و نحوه‌ی قرارگیری کلاهک، ورق‌های تنظیم و پیچ و مهره‌ی مهار کننده

۲-۶-۱-۲-۴- سطح شیب‌دار

طراحی بوژی‌های سه تکه به صورتی است که حین حرکت واگن در طول خط و عبور از شیب و فرازها، گهواره نسبت به قاب‌های کناری دارای حرکت در امتداد قائم می‌باشد. برای حفظ امتداد قائم حرکت گهواره از طرفی و تعامل آن در اثر تماس سایشی با گوه‌ها از طرف دیگر، در طرفین گهواره و در هر سمت آن دو سطح شیب‌دار تعبیه شده است. گهواره از طریق این سطوح شیب‌دار با گوه، که روی دو زوج از فنرهای هر سمت قراردارد، در تماس است. بدین ترتیب هنگام نوسان و حرکت عمودی گهواره، سطح شیب‌دار گهواره و گوه روی یکدیگر ساییده می‌شوند. سطوح شیب‌دار گهواره در شکل ۲-۵۶ قابل مشاهده‌اند.

۲-۶-۱-۲-۵- حفره‌های بازدید

در سطوح افقی وجانبی گهواره، حفره‌های نسبتاً بزرگی وجود دارد که علت اصلی آن محدودیت‌های مربوط به تولید آن به روش ریخته گری است. اما در هر صورت برای انجام بازدید وکنترل وضعیت گهواره یا میله نافی از این حفره‌ها استفاده می‌شود.

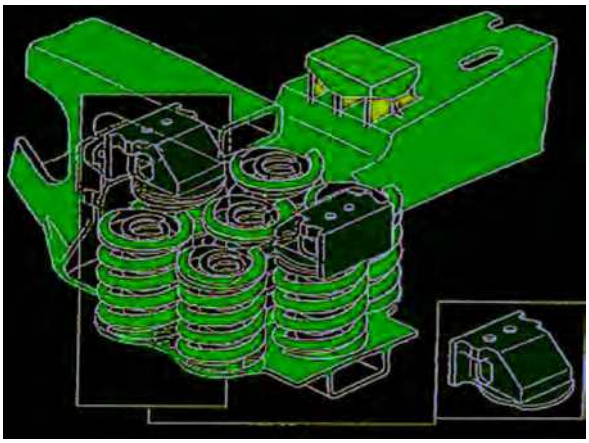
۲-۶-۲- سیستم تعلیق ثانویه (Suspension System)

همان طور که پیشتر نیز بدان اشاره شد، سیستم تعلیق در یک بوژی وظیفه‌ی دریافت نیروهای عکس العمل وارده از خط را بر عهده دارد. سیستم تعلیق بوژی های سه تکه از نوع سیستم تعلیق ثانویه (Secondary Suspension System) می‌باشد. این نوع سیستم تعلیق به نوعی از فنربندی اتلاق می شود که در بخش میانی بوژی و مابین گهواره و قاب های کناری نصب می‌شود. به این ترتیب گهواره نسبت به قاب های کناری حرکت نوسانی خواهد داشت. هنگام حرکت واگن و عبور آن از روی شیب و فرازها، با توجه به عدم امکان نوسان چرخ و محور نسبت به قاب کناری، عکس العمل نیروهای متعامل بین چرخ و ریل از طریق جعبه یاتاقان، فک های راهنمای جعبه یاتاقان و نهایتاً کفی پنجره‌ی نشیمنگاه فنرها در قاب کناری؛ به فنرهای سیستم تعلیق و از طریق فنرها به گهواره وارد و باعث تغییر مکان گهواره می گردد. از آنجایی که گهواره از طریق سطوح شیبدار (بند ۲-۶-۱-۲-۴ را ببینید) با گوه‌ها در تماس است، گوه‌ها در امتداد قائم حرکت می کنند. گوه‌ها قطعاتی تقریباً به شکل مثلث قائم الزاویه هستند که از ناحیه‌ی وتر با سطح شیب‌دار گهواره، از سمت قائده با فنرها و از سمت ضلع قائم با صفحات سایشی عمودی نصب شده در پنجره‌ی قاب کناری در تماس هستند. به این ترتیب حرکت عمودی گهواره و مولفه‌های نیرویی ایجاد شده در گوه باعث سایش سطوح آن با سطوح سایشی قاب کناری وکنترل میزان نوسان گهواره می گردد.

سیستم تعلیق ثانویه‌ی مونتاژ شده در شکل ۲-۵۳ قابل مشاهده است. شکل ۲-۵۸ اجزای سیستم تعلیق و موقعیت آنها نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد.

سیستم تعلیق ثانویه از اجزای زیر تشکیل شده است:

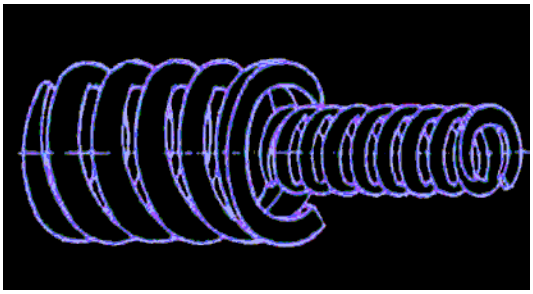
- زوج فنرهای پیچشی بیرونی و درونی
- گوه



شکل ۲-۵۸) اجزاء سیستم تعلیق و موقعیت آنها نسبت به یکدیگر

۲-۶-۲-۱- زوج فنرهای پیچشی بیرونی و درونی

در هر سمت گهواره و مابین آن و قاب کناری، هفت زوج فنر (برای بوژی های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸) نصب شده است. هر زوج فنر از یک فنر پیچشی بیرونی و یک فنر پیچشی کوچک تر که درون آن قرار می گیرد تشکیل شده است. با توجه به تغییر مکان های دورانی فنرهای پیچشی به هنگام اعمال نیرو، جهت گردش فنرها به هنگام تولید بایستی در خلاف یکدیگر باشد. چنانچه در بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ جهت گردش مفتول فنرهای بیرونی در جهت حرکت عقربه های ساعت و جهت پیچش مفتول فنرهای درونی در خلاف جهت گردش عقربه های ساعت می‌باشد و این موضوع مستقل از جهت دید بوده و به عبارت دیگر جهت پیچش مفتول فنر در دید از هر دو سمت یکسان است. در سایر بوژی های سه تکه ممکن است تعداد زوج فنرها با بوژی ۱۰۰-۱۸ متفاوت باشد. چنانچه در بوژی های سه تکه‌ی ZK1 تعداد زوج فنرها در هر سمت گهواره ۹ زوج می‌باشد. شکل ۲-۵۹ تصویر زوج فنرها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵۹) زوج فنرها

۲-۶-۲-۲- گوه

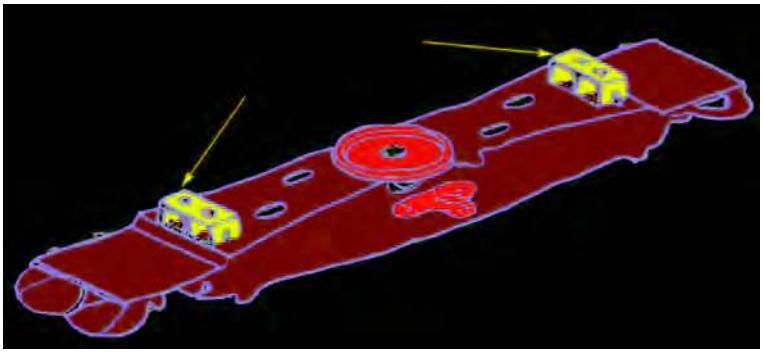
همان طور که گفته شد، گوه‌ها قطعاتی سایشی و با مقطع تقریبی مثلث قائم الزاویه هستند که از سمت وتر با سطح شیبدار گهواره، از سمت قاعده با زوج فنر سیستم تعلیق و از سمت وجه قائم با سطح سایشی نصب شده در پنجره‌ی نشیمنگاه فنرهای سیستم تعلیق در قاب کناری در تماس است و هنگام نوسان گهواره با سایش وجه قائم به صفحه سایشی، دامنه‌ی نوسان گهواره را کاهش می‌دهد. شکل ۲-۶۰ تصویری از گوه را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۶۰) گوه

۲-۶-۳- سیستم محدود کننده‌ی حرکت دورانی حول محور طولی (Roll)

این سیستم مرکب از یک جفت بالشتک در هر سمت گهواره بوژی می‌باشد که یکی از آنها روی بوژی و دیگری در نقطه‌ی مقابل آن در زیر شاسی واگن تعبیه شده است. اگرچه در خطوط مستقیم به دلایل مختلف، تماس‌های لحظه‌ای بین بالشتک بوژی و واگن رخ می‌دهد. اما نقش اصلی بالشتک‌ها در سر قوس‌ها می‌باشد. وجود بالشتک‌ها از دوران بیش از حد واگن حول محور طولی خط در سر قوس‌ها جلوگیری کرده و تعادل واگن را حفظ می کند. فضای آزاد و خالی مابین بالشتک‌های بوژی و واگن توسط طراح به نحوی تعیین می‌شود که از دوران بیش از حد بدنه‌ی واگن نسبت به بوژی در قوس‌ها جلوگیری گردیده و واگن در هر لحظه در تعادل پایدار باشد. شکل ۲-۵۷ اجزای تشکیل دهنده‌ی این سیستم و شکل ۲-۶۱ جانمایی این سیستم را بر روی گهواره نشان می‌دهد. سیستم محدود کننده‌ی حرکت دورانی حول محور طولی خط مرکب از بخش‌های زیر است:

- پایه‌ی بالشتک
- ورق‌های تنظیم فاصله‌ی بالشتک
- کلاهک بالشتک
- پیچ، مهره، واشر و اشپیل مهار کننده



شکل ۲-۶۱) سیستم محدود کننده‌ی حرکت دورانی حول محور طولی

۲-۶-۳-۱- پایه‌ی بالشتک (Bearer Base)

پایه‌ی بالشتک در روی گهواره و طرفین آن واقع شده است. این بخش هنگام تولید گهواره با روش ریخته‌گری در آن تعبیه می‌گردد و محل نصب ورق‌های تنظیم و کلاهک بالشتک است (بند ۲-۶-۱-۲-۳ را ببینید).

۲-۶-۳-۲- ورق‌های تنظیم فاصله بالشتک

این ورق‌ها با ضخامت‌های مختلف تولید شده و جهت تنظیم فاصله‌ی سطح بالایی کلاهک بالشتک با بالشتک واگن به کار می‌رود که تصویری از آنها در شکل ۲-۵۷ ارائه شده است.

۲-۶-۳-۳- کلاهک بالشتک

این قطعه رویه‌ی بالشتک را تشکیل می‌دهد و همان طور که در شکل ۲-۵۷ نشان داده شده است، روی صفحات تنظیم قرار گرفته و در تعامل با بالشتک سقفی واگن ایفای نقش می‌کند. به مرور زمان و با بهره‌برداری از واگن، رویه‌ی بالشتک ساییده شده، که پس از سایش بیش از حد بایستی تعویض گردد.

۲-۶-۳-۴- پیچ، مهره، واشر و اشپیل مهار کننده

پیچ، مهره، واشر و اشپیل مهار کننده جهت جلوگیری از افتادن صفحات تنظیم و کلاهک بالشتک به کار می‌رود که در شکل ۲-۵۷ نشان داده شده است.

۲-۶-۴- سیستم اهرم‌بندی ترمز

سیستم اهرم‌بندی ترمز، همان طور که پیشتر اشاره شد، وظیفه‌ی انتقال نیروی لازم به کفشک ترمزها و تنظیم مقدار آن را از طریق یک ضریب بزرگنمایی با عنوان «ضریب اهرم‌بندی بوژی» به هنگام فعال شدن ترمز واگن، بر عهده دارد. این سیستم در بوژی، مجموعه‌ای سری با سیستم ترمز واگن بوده و نیروی ورودی

خود را از آن تامین می‌نماید. اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های سه تکه دارای چهار عدد کفشک ترمز است که عموماً از مواد کامپوزیتی ساخته می‌شوند. لیکن با انجام تغییراتی جزئی در نسبت اهرم‌بندی ترمز واگن می‌توان از کفشک‌های چدنی نیز در این بوژی‌ها استفاده کرد. با توجه به طرح اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های سه تکه، هر چرخ هنگام ترمزگیری واگن، با نیروی اصطکاک حاصل از یک کفشک متوقف می‌شود. سیستم اهرم‌بندی ترمز بوژی‌های سه تکه مرکب از اجزای زیر می‌باشد:

۱- کفشک ترمز کامپوزیت (یا چدنی)

۲- قاب کفشک ترمز

۳- شمشیرک

۴- میله مثلث

۵- آویز قاب کفشک

۶- قطعه‌ی تنظیم کننده‌ی فاصله‌ی عرضی کفشک‌ها

۷- نگهدارنده‌ی چپ و راست میله مثلث

۸- مهره‌ی تاجدار

۹- اهرم‌های تخت سه سوراخه

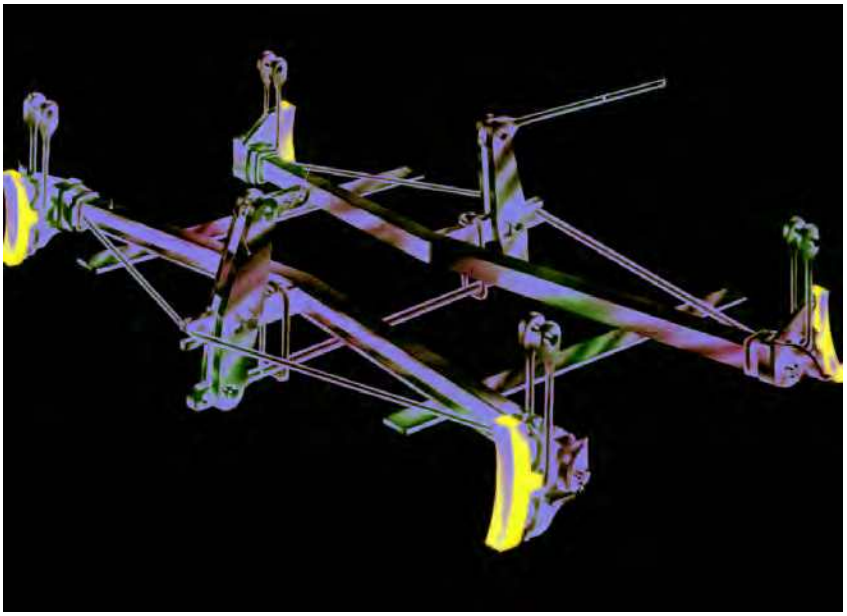
۱۰- میله‌ی رابط اهرم‌های تخت سه سوراخه

۱۱- اهرم چهار سوراخه‌ی تنظیم اهرم‌بندی

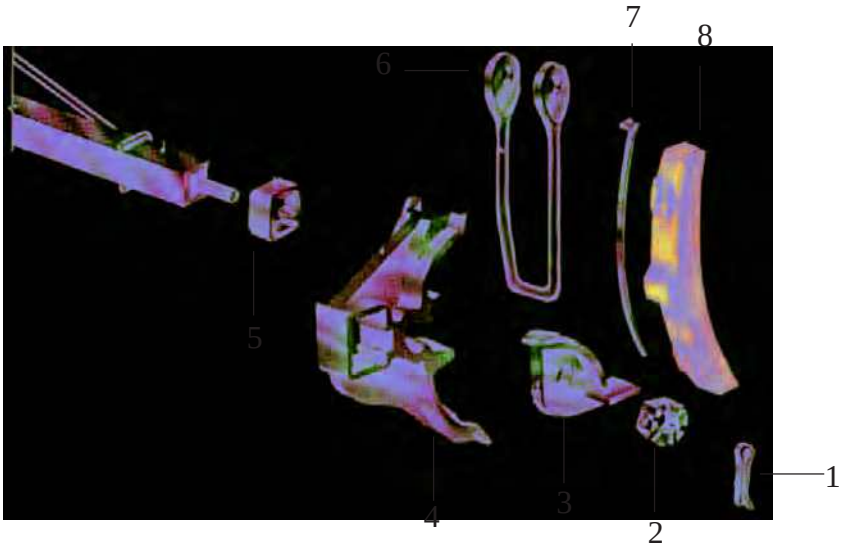
۱۲- قفل محافظ (جهت جلوگیری از افتادن والیک‌ها)

۱۳- والیک، واشر، اشپیل و بوش

شکل ۲-۶۲ اهرم‌بندی ترمز بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ و شکل ۲-۶۳ جزئیات باز شده‌ی اتصال کفش ترمز به میله‌مثلث را در آن نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶۲) شماتیکی از اهرم‌بندی ترمز بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸



شکل ۲-۶۳) جزئیات باز شده‌ی اتصال کفش ترمز به میله مثلث در بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸

۲-۶-۴-۱- کفشک ترمز کامپوزیتی یا چدنی (Composite & Cast Iron Brake Block)

کفشک ترمز کامپوزیتی یا چدنی بکار رفته در بوژی های ۳ تکه، به عنوان عامل اصطکاکی جهت ایجاد نیروی ترمزی بکار می‌روند. در زمان ترمزگیری با یک نیروی فشاری معین که تابع جنس کفشک و میزان بار واگن می‌باشد، کفشک‌ها به چرخ فشار داده شده و سبب ایجاد نیروی ترمز می گردند. هنگام استفاده از کفشک ترمز چدنی، به علت ضریب اصطکاک کمتر، بایستی با تغییر نسبت اهرم‌بندی واگن (توسط جابجایی یکی از اهرم‌ها) نیروی پشت کفشک ترمز را افزایش داد تا نیروی اصطکاک ایجاد شده برای ترمز کردن واگن کافی باشد. بدیهی است اشتباه در انتخاب ضریب اهرم‌بندی ترمز واگن در استفاده از کفشک‌های کامپوزیت و چدنی ممکن است باعث بریدگی چرخ یا عدم کافی بودن نیروی ترمز گردد. قابل ذکر است بوژی های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ در ناوگان باری راه‌آهن ایران عموماً مجهز به کفش های کامپوزیت هستند. در شکل ۲-۶۳ کفشک کامپوزیت نشان داده شده است. همان طور که پیشتر نیز اشاره شد، کفشک ترمز از پشت روی قاب کفش قرار گرفته و توسط شمشیرکی که از شکاف قاب کفش و پل کفشک ترمز عبور می کند، بر آن تثبیت می‌شود.

۲-۶-۴-۲- قاب کفش ترمز

قاب کفش ترمز محل نصب کفشک ترمز بوده و نیروی ترمزی از طریق آن به کفشک ترمز و نهایتاً چرخ منتقل می‌شود. قاب کفش ترمز در بوژی ۱۰۰-۱۸ با روش ریخته گری تولید شده و محل اتصال آن به میله مثلث، بر خلاف بوژی های با فریم یکپارچه، حفره‌ای چهار گوش می‌باشد و بنابراین قابلیت دوران در میله مثلث را ندارد. شکل ۲-۶۳ قاب کفش ترمز و موقعیت آن نسبت به سایر اجزای اهرم‌بندی ترمز را نشان می‌دهد.

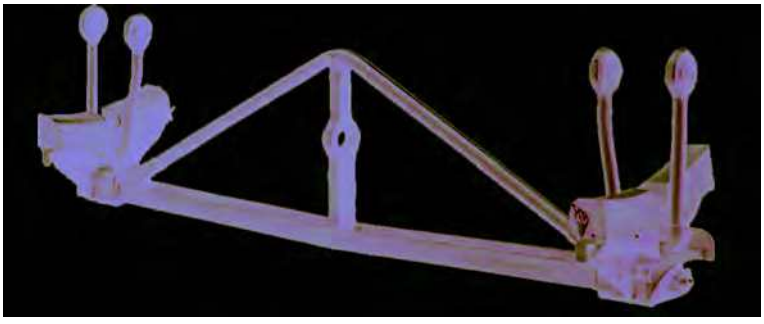
۲-۶-۴-۳- شمشیرک (Key)

شمشیرک قطعه‌ای تیغه‌ای شکل و قوس‌دار بوده که از فولاد فنر ساخته می‌شود. وظیفه‌ی آن اتصال

کفشک ترمز با قاب کفش می‌باشد. این قطعه پس از عبور از شیار قاب کفش و پل کفشک، با توجه به اختلاف قوس با قاب کفش، در محل اتصال محکم می‌شود. شمشیرک در شکل ۲-۶۳ قابل مشاهده است.

۲-۶-۴-۴- میله مثلث (Brake Beam)

این قطعه به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای اهرم‌بندی ترمز، وظیفه‌ی انتقال نیرو از اهرم های قائم سه سوراخه به کفشک‌های ترمز را بر عهده دارد. همان طور که در شکل ۲-۶۲ دیده می‌شود، بوژی‌های سه تکه به ازای هر چرخ و محور، یک میله مثلث دارند و میله مثلث‌های هر یک از محورها از ناحیه‌ی نزدیک راس، به اهرم تخت سه سوراخه از یک سو و از دو انتها توسط قاب کفش‌ها و آویزهای آن به نگهدارنده‌ی خودش در قاب کناری (Side frame) از سوی دیگر متصل می‌باشد. میله مثلث را می‌توانید در شکل های ۲-۶۲ ، ۲-۶۳ و شکل ۲-۶۴ به همراه آویزهایش ببینید. نکته‌ی مهم در مورد بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸، قابلیت تنظیم این بوژی برای بهره‌برداری در هر دو خط با گیج های ۱۴۳۵ mm (عرض خط راه‌آهن ایران) و ۱۵۲۰ mm (عرض خط راه‌آهن کشورهای شوروی سابق) می‌باشد. در این صورت با توجه به تعویض محور، فاصله‌ی کفشک‌های ترمز روی میله مثلث‌ها با استفاده از قطعه‌های ردیف ۶ بند ۲-۶-۴ بایستی اصلاح گردد (بند ۲-۶-۴ ردیف ۶ را ببینید).



شکل ۲-۶۴) میله مثلث بوژی ۱۰۰-۱۸ به همراه آویزها

۲-۶-۴-۵- آویز قاب کفشک (Brake Beam Suspension)

آویز قاب کفش در بوژی های سه تکه، قطعه‌ای تقریبا U شکل بوده که با روش فورج از یک مفتول فولادی ساخته می‌شود. آویز قاب کفش، همان طوری که در شکل‌های ۲-۶۲ و ۲-۶۳ دیده می‌شود، در دو سر خود دارای دو سوراخ جهت اتصال به قاب کناری می‌باشد که اتصال آن از طریق یک والیک بلند، واشر و اشپیل انجام می‌شود. بخش پایینی آویز در جایگاه خود در قاب کفش قرار می گیرد و با توجه به اتصال میله مثلث به قاب کفش، مجموعه‌ی میله مثلث و قاب کفش‌ها توسط آویزها و در داخل فریم بوژی به حالت معلق قرار می گیرند.

۲-۶-۴-۶- قطعه‌ی تنظیم کننده‌ی فاصله‌ی عرضی کفشک‌ها

همان طوری که قبلاً اشاره شد، طراحی بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰ -۱۸ به نحوی است که پس از تعویض چرخ و محور می‌تواند در هر دو خط با عرض ۱۴۳۵ mm و ۱۵۲۰ mm بهره برداری شود. بنابراین با توجه به این قابلیت و بر اساس نوع چرخ ومحور نصب شده، فاصله‌ی عرضی کفشک‌ها روی میله مثلث نیز بایستی تنظیم گردد. به عبارت دیگر در صورت تعویض چرخ از حالت ۱۴۳۵ mm به خط عریض با عرض ۱۵۲۰ mm بایستی کفشک‌ها در فاصله‌ی دورتری از یکدیگر قرار گیرند. در این حالت قطعه‌های تنظیم کننده در فضای داخل میله مثلث و بین قاب کفش‌ها قرار می گیرند. سپس قاب کفش نصب می‌شود. بالعکس زمان تغییر چرخ از ۱۵۲۰ mm به ۱۴۳۵ mm بایستی کفش ترمزها به یکدیگر نزدیک شوند. در این حالت قطعات یاد شده در طرفین و بیرون قاب کفش‌ها نصب می گردند. قطعات تنظیم کننده دارای مقطعی چهارگوش بوده و فضای داخل آنها جهت نصب بر میله مثلث به صورت توخالی می‌باشد. این قطعه در شکل ۲-۶۳ با شماره موقعیت ۵ دیده می‌شود.

۲-۶-۴-۷- نگهدارنده‌های چپ و راست میله مثلث

نگهدارنده‌های چپ و راست به منظور جلوگیری از افتادن میله مثلث روی خط آهن تعبیه شده‌اند و در شکل ۲-۶۳ با شماره موقعیت ۳ نشان داده شده‌اند. همان طوری که دیده می‌شود، این قطعات در یک میله مثلث قرینه‌ی یکدیگر بوده و به صورت چپ و راست ساخته شده و در انتهای خود دارای بخش مسطحی می‌باشند که دقیقاً در ناحیه‌ی بالای طاقچه‌ی محافظ میله مثلث که در وجوه جانبی قاب‌های کناری تعبیه شده‌اند، قرار دارد (بند ۲-۶-۱-۱-۶ را ببینید). در صورتی که میله مثلث به هر علت از بوژی جدا شود، از طریق نگهدارنده‌هایش روی طاقچه‌ها مهار شده و از سقوط آن به روی خط آهن که ممکن است منجر به سوانح بزرگ شود، جلوگیری می‌کند.

۲-۶-۴-۸- مهره‌ی تاجدار

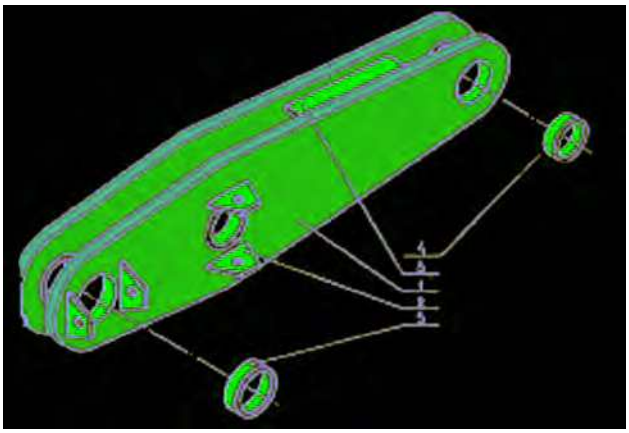
این مهره یک مهره‌ی M 30 .5 بوده و بر اساس استاندارد Gost 5918-73 ساخته شده است. این قطعه که با شماره موقعیت ۲ در شکل ۲-۶۳ نشان داده شده است، جهت تثبیت قطعات بر میله مثلث به کار می‌رود و پس از محکم شدن، به منظور جلوگیری از باز شدن، از طریق دندانه‌های تاج‌دار و یک اشپیل مهار می‌شود.

در شکل ۲-۶۳ شماره موقعیت‌ها ترتیب مونتاژ اجزاء را برای خطوط عریض ۱۵۲۰ mm نشان می‌دهد. بدیهی است برای خطوط با عرض ۱۴۳۵ mm، همان طوری که قبلا گفته شد، بایستی قطعه‌ی با شماره موقعیت ۵ (قطعه‌ی تنظیم کننده‌ی فاصله‌ی کفشک‌ها روی میله مثلث) پس از نصب قاب کفش بر میله مثلث نصب گردد.

۲-۶-۴-۹- اهرم‌های تخت سه سوراخه

در هر بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸، دو عدد از این قطعه بکار رفته است. هر یک از این قطعات که در شکل

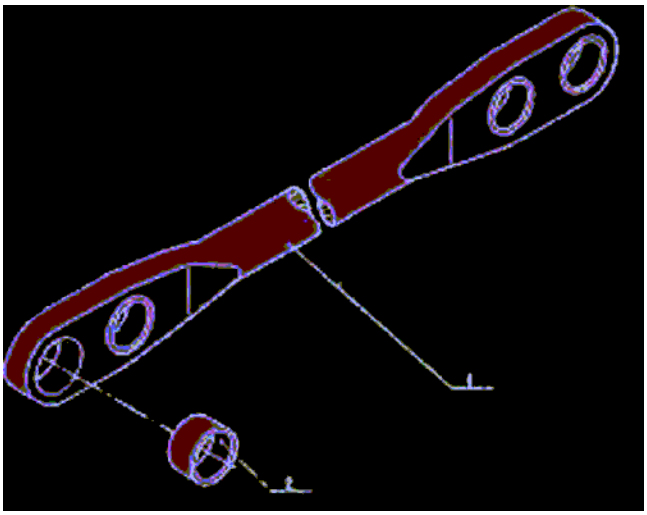
۲-۶۲ نشان داده شده اند، از اتصال یک زوج اهرم سه سوراخه که با قطعه های دیگر تحت فاصله مشخصی نسبت به یکدیگر و توسط جوشکاری تثبیت شده اند، تشکیل شده است. سوراخ پایینی اهرم های سه سوراخه جهت اتصال این قطعه با میله ی رابط اهرم های تخت سه سوراخه (بند ۲-۶-۴-۱۰ را ببینید) به کار رفته و سوراخ وسطی جهت اتصال با میله مثلث ها تعبیه شده اند. سوراخ بالایی در یکی از اهرم ها به اهرم ۴ سوراخه ی تنظیم اهرم بندی و در اهرم سمت دیگر بوژی به میله ی کشش ترمز واگن متصل می شود (شکل ۲-۶۲ را ببینید). شکل ۲-۶۵ نمایی از این قطعه را نمایش می دهد.



شکل ۲-۶۵) اهرم های تخت سه سوراخه

۲-۶-۴-۱۰- میله ی رابط اهرم های تخت سه سوراخه

این قطعه میله ای است که با روش فورج تولید شده و در هر انتها دارای دو سوراخ جهت اتصال به اهرم های تخت سه سوراخه می باشد. وظیفه ی اصلی این قطعه انتقال نیروی حاصل از کشش میله ی کشش ترمز واگن از اهرم تخت سه سوراخه ی یک سمت بوژی به اهرم سه سوراخه ی طرف دیگر می باشد. وجود دو سوراخ در هر سر این قطعه تا حدی اجازه ی تنظیم اهرم بندی بوژی در شرایط خاص را نیز می دهد. این قطعه در شکل ۲-۶۲ در ناحیه ی زیرین مشخص شده است. شکل ۲-۶۶ نمایی از این قطعه را نشان می دهد. این قطعه عملکردی شبیه سینی ترمز در بوژی های با فریم یک پارچه را بر عهده دارد.



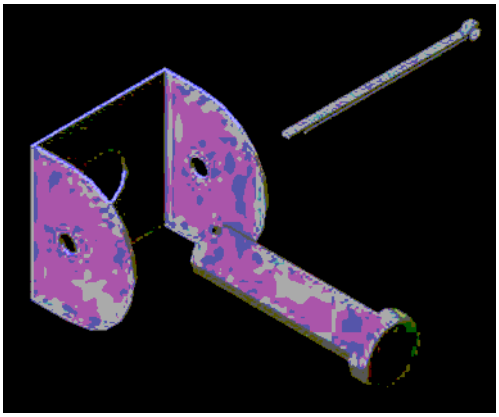
شکل ۲-۶۶) میله‌ی رابط اهرم‌های تخت سه سوراخه

۲-۶-۴-۱۱- اهرم چهار سوراخه تنظیم اهرم بندی بوژی

این قطعه در شکل ۲-۶۲ دیده می شود ، ضمن آن که پایه‌ی اتصال اهرم‌بندی به بوژی محسوب می‌شود، امکان انجام تنظیمات اهرم‌بندی ترمز بوژی را نیز فراهم می‌سازد. این اهرم در برخی از بوژی‌ها به صورت یک اهرم صاف و در برخی دیگر به صورت قوس‌دار ساخته می‌شود. نکته‌ی مهم دیگری که ضرورت وجود این قطعه را ایجاب می کند، امکان آزادی دوران اهرم سه سوراخه‌ی متصل به آن است. زیرا با توجه به طول ثابت و مشخص آویزهای قاب کفش و دوران اهرم سه سوراخه (به جهت نیروی کشش منتقل شده به سوراخ زیرین آن از طریق میله‌ی رابط اهرم‌های تخت سه سوراخه) در اصل سوراخ بالایی به جای حرکت بر یک خط مستقیم، بر محیط یک دایره حرکت می کند که همین موضوع باعث حرکت جزئی سوراخ بالا در امتداد قائم نیز می گردد. لذا وجود قطعه‌ای مفصلی که اجازه‌ی این حرکت را به اهرم تخت سه سوراخه بدهد، ضروری است.

۲-۶-۴-۱۲- قفل محافظ جهت جلوگیری از افتادن والیک‌ها

این قطعه از شکل دهی ورق‌های فولادی ساخته می‌شود و امنیت و ایمنی سیر بوژی و واگن را افزایش می‌دهد. این قطعه که در شکل ۲-۶۷ نمایش داده شده است، دارای سه سوراخ است. سوراخ مرکزی محلی است که در والیک قرار گرفته و سپس والیک از طریق واشر و اشپیل مهار می‌گردد. سپس اشپیل دیگری از دو سوراخ دیگر این قطعه عبور کرده و انتهای والیک را مهار می‌کند. به این ترتیب حتی در صورت افتادن اشپیل والیک، این قطعه از افتادن والیک ممانعت می‌کند. قابل ذکر است قطعات مشابه نیز به صورت ثابت و توسط جوشکاری به منظور جلوگیری از افتادن والیک‌ها در محل سوراخ‌های میانی و پایینی اهرم‌های تخت سه سوراخه تعبیه شده است.



شکل ۲-۶۷) قفل محافظ

۲-۶-۴-۱۳- والیک، واشر، اشپیل و بوش

نظیر سایر مفاصل در دیگر بوژی‌ها، والیک، واشر و اشپیل جهت اتصال اجزای اهرم‌بندی ترمز به کار رفته‌اند. لیکن استفاده از بوش‌ها، با توجه به سختی سطحی آنها و جهت جلوگیری از سایش‌های نامتعارف در محل اتصال و امکان اصلاح شرایط مفصل پس از سایش، قابل توجه می‌باشد.

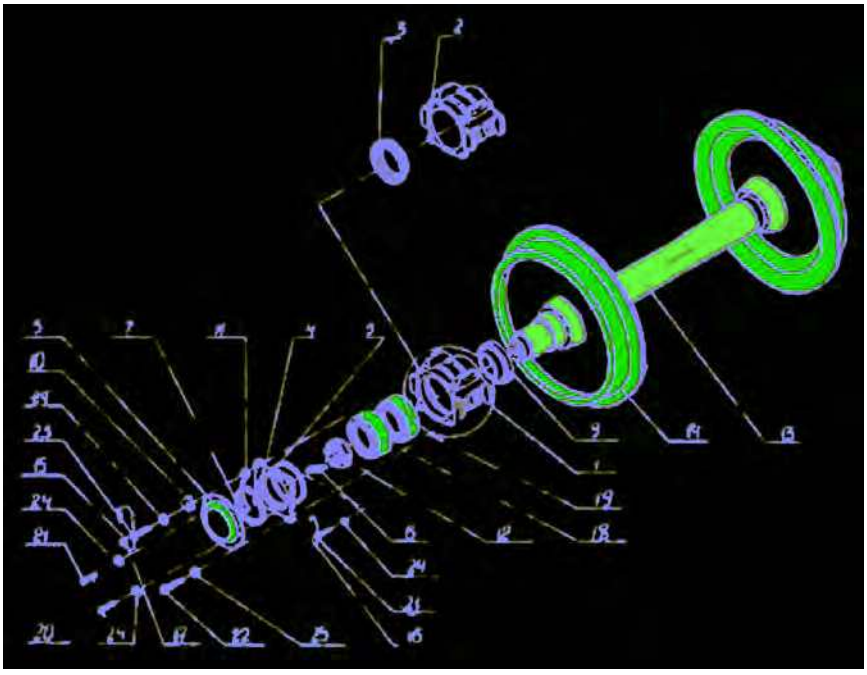
۲-۶-۵- مجموعه‌ی چرخ ومحور (Wheel set)

مجموعه‌ی چرخ و محور در بوژی سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ مرکب از یک محور و دو چرخ مونوبلوک و دو جعبه یاتاقان کامل به همراه کلیه‌ی قطعاتش می‌باشد. قطر چرخ بوژی‌های ۱۰۰-۱۸ برابر ۹۵۷ mm می‌باشد و طبق استاندارد GOST ساخته می‌شوند. شکل ۲-۶۸ نمایی از مجموعه‌ی چرخ و محور و اجزای آن را نشان می‌دهد و شامل اجزای زیر می‌باشد:

۱- محور (AXLE)

۲- چرخ (Wheel)

۳- جعبه یاتاقان (Axle Box)



شکل ۲-۶۸) مجموعه‌ی چرخ و محور

۲-۶-۵-۱-محور (Axle)

کلیات محور در خصوص بوژی‌های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ نیز نظیر سایر بوژی‌هایی است که در بخش ۲-۵-۵-۱ به آن اشاره شد، لیکن به لحاظ ابعادی با هم متفاوت هستند. در این بوژی‌ها محورها دارای دو نوع هستند. در مدل‌های قدیمی، محورها در دو انتها دارای رزوه بوده و پس از نصب قطعات جعبه یاتاقان، با مهره‌ی بزرگ خاصی روی سر محور تثبیت می‌شوند. در حالی که در مدل‌های اخیر رزوه‌ی سر محور حذف شده و به جای آن محورها در دو انتها و روی پیشانی خود دارای چهار سوراخ (مشابه سه سوراخ پیشانی محور بوژی‌های با فریم یک‌پارچه) می‌باشند. در سایر موارد این محورها مشابه آن چیزی است که در بند ۲-۶-۵-۱ ذکر گردید.

۲-۶-۵-۲- چرخ (Wheel)

همان طوری که قبلاً نیز گفته شد، چرخ بوژی ۱۰۰-۱۸ از نوع مونوبلوک (یک پارچه Solid) بوده و دارای قطر ۹۵۷ mm می‌باشد. جزئیات این مورد پیشتر در بند ۲-۵-۵-۲-۲ ارائه شده است.

۲-۶-۵-۳- جعبه یاتاقان (Axle Box)

همان طوری که پیشتر اشاره شد، جعبه یاتاقان و اجزای داخلی آن از حساس‌ترین بخش‌های مجموعه‌ی چرخ ومحور می‌باشند که ضمن نگهداری رولبیرینگ‌ها و حفاظت آنها از آلودگی‌های محیط، به بهترین روش نیروی حاصل از وزن و بار واگن را به رولر بیرینگ‌ها و نهایتاً چرخ و ریل منتقل می کنند و سبب تسهیل غلتش چرخها می گردند.

همانند آنچه قبلا گفته شد، جعبه یاتاقان‌ها بر اساس نوع رولربیرینگ به کار رفته در آنها به دو نوع اسفریکال و سیلندریکال تقسیم می‌شوند که پیشتر جزئیات آنها در بندهای ۲-۵-۵-۳-۱ و ۲-۵-۵-۳-۲ ذکر شد.

جعبه یاتاقان‌های بوژی‌های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ از نوع اخیر بوده و در داخل آنها از رولربیرینگ‌های سیلندریکال استفاده شده است. شکل ۲-۶۸ اجزای داخل جعبه یاتاقان‌های بوژی‌های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ را نشان می‌دهد. این مجموعه مرکب از اجزای زیر می‌باشد:

۱- پوسته‌ی جعبه یاتاقان

۲- رولربیرینگ‌های سیلندریکال

۳- مهره‌ی سر محور

۴- صفحه‌ی نگهدارنده و پیچ و واشر مربوطه

۵- اورینگ آب‌بندی

۶- نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان

۷- قفل کننده مهره

۸- واشر لاستیکی آب‌بندی

۹- درپوش بازدید جعبه یاتاقان

۱۰- پلاک مشخصات

۱۱- پیچ‌ها و واشرهای اتصال نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان به پوسته

۱۲- پیچ‌ها و واشرهای درپوش بازدید جعبه یاتاقان

۱۳- پلمپ

البته در بوژی‌های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ که در سال‌های اخیر تولید شده‌اند، محور و به تبع آن اجزاء داخل جعبه اندکی تغییر داشته‌اند. شکل ۲-۶۸ مربوط به آن دسته از محورهایی می‌شود که سابقاً تولید می‌شده و در دو انتها دارای رزوه برای بسته شدن مهره‌ی شماره‌ی ۱۲ می‌باشد. ضمنا این محورها دارای شکافی روی پیشانی خود بوده‌اند که قطعه‌ی شماره‌ی ۶ (صفحه‌ی نگهدارنده) در داخل آن جا می‌گرفته و با پیچ محکم می‌شده است. در حالی که در طراحی جدید رزوه‌ی محور، شکاف پیشانی سر محور، مهره‌ی شماره‌ی ۱۲ و

قطعه‌ی شماره‌ی ۶ شکل ۲-۶۸ به کلی حذف و در عوض پیشانی محور دارای ۴ سوراخ رزوه‌دار شده و قطعه‌ای تحت عنوان واشر چهار سوراخه (که به لحاظ عملکرد و نحوه‌ی نصب کاملاً مشابه واشر مثلثی جعبه یاتاقان بوژی های با فریم یک پارچه است) و همچنین بشقابک سر محور اضافه شده است. با توجه به عملکرد و نحوه‌ی نصب اجزاء، به دلیل مشابهت اجزاء در محورهای طرح جدید، صرفاً توضیحات مختصری از قطعاتی که به نحوی دارای تفاوت با موارد ذکر شده در بند ۲-۵-۵-۳-۲ هستند، ارائه می گردد.

۲-۶-۵-۳-۱- پوسته‌ی جعبه یاتاقان

توضیحات بند ۲-۵-۵-۳ را ملاحظه کنید.

۲-۶-۵-۳-۲- رولربیرینگ های سیلندریکال

توضیحات مربوط به بند ۲-۵-۵-۳-۲- را ببینید. قابل ذکر است رولبیرینگ های ساخت کشور روسیه که در بوژی های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸ به کار رفته‌اند، به نحوی ساخته شده‌اند که کلیه‌ی اجزای آن به سهولت از یکدیگر جدا می‌شوند. حتی در این رولبیرینگ ها به سادگی می‌توان غلتک ها را از رولبیرینگ خارج نمود. در حالی که در خصوص رولبیرینگ به کار رفته در بوژی های یک پارچه که عمدتاً ساخت کشورهای اروپای غربی هستند، این امکان وجود ندارد.

۲-۶-۵-۳-۳- مهره‌ی سر محور و صفحه‌ی نگهدارنده و پیچ و واشر مربوطه

همان طوری که اشاره شد، این دو قطعه در طرح جدید چرخ و محور حذف شده و قطعات بشقابک سر محور و واشر تثبیت کننده‌ی ۴ سوراخه جایگزین آنها شده‌اند که نحوه‌ی نصب و عملکرد آنها مشابه آن چیزی است که پیشتر ذکر شد.

۲-۶-۵-۳-۴- اورینگ آب‌بندی

این قطعه که از جنس لاستیک است، مابین پوسته‌ی جعبه یاتاقان و نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان قرار گرفته و پس از محکم شدن پیچ‌های اتصال قطعه‌ی اخیر از نشت مواد روانکار به بیرون جلوگیری می‌کند.

۲-۶-۵-۳-۵- نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان

در بوژی‌های سه تکه‌ی ۱۰۰-۱۸، بر خلاف بوژی‌های با فریم یک‌پارچه، درب جعبه یاتاقان مرکب از ۳ قطعه‌ی: الف- نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان؛ ب- درپوش بازدید جعبه یاتاقان و ج- واشر لاستیکی آب‌بندی می‌باشد که با پیچ و یک واشر لاستیکی که مابین آنها قرار می‌گیرد، به یکدیگر متصل می‌شوند. در اصل سه قطعه‌ی فوق زمانی که به یکدیگر وصل باشند حکم درب جعبه یاتاقان را دارند. اما برای سهولت بازرسی در حین بهره‌برداری، معمولاً به جای بازکردن کل درب جعبه، فقط درپوش بازدید جعبه باز شده و وضعیت اجزای داخل جعبه کنترل می‌گردد. اما در تعمیرات هر سه جزء فوق باز شده و مورد بازرسی و در صورت نیاز تعمیر یا تعویض قرا می‌گیرند.

۲-۶-۵-۳-۶- قفل کننده‌ی مهره

از این قطعه جهت جلوگیری از باز شدن پیچ‌های اتصال نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان به پوسته استفاده می‌شود.

۲-۶-۵-۳-۷- واشر لاستیکی آب‌بندی

توضیحات بخش ۲-۶-۵-۳-۵ را ببینید. این قطعه مورد ج در آن مبحث می‌باشد.

۲-۶-۵-۳-۸- درپوش بازدید جعبه یاتاقان

این قطعه همان مورد ب در بخش ۲-۶-۵-۳-۵ می‌باشد.

۲-۶-۵-۳-۹- پلاک مشخصات

این پلاک صفحه‌ای است که شماره‌های خاص و ردیابی چرخ و محور روی آن حک می‌شود و از طریق سوراخش زیر یکی از پیچ‌های محکم کننده‌ی نگهدارنده‌ی درپوش بازدید بسته می‌شود.

۲-۶-۵-۳-۱۰- پیچ‌ها و واشرهای اتصال نگهدارنده‌ی درپوش جعبه یاتاقان به پوسته

همان طوری که از عنوان این پیچ‌ها برمی‌آید، جهت اتصال نگهدارنده‌ی درپوش به پوسته‌ی جعبه یاتاقان به کار می‌روند.

۲-۶-۵-۳-۱۱- پیچ‌های درپوش بازدید جعبه یاتاقان

این پیچ‌ها برای اتصال اجزای الف و ب بند ۲-۶-۵-۳-۵ به کار می‌روند.

۲-۶-۵-۳-۱۲- سیم پلمپ

برای اطمینان از عدم باز شدن پیچ جعبه یاتاقان و دستکاری اجزای آن توسط افراد غیر مسئول به کارمی‌رود.

۲-۶-۶- سیستم میرا کننده‌ی نوسانات

مکانیزم ایجاد حرکت ارتعاشی در بوژی‌های سه تکه، به دلیل نوع سیستم تعلیق آنها، با بوژی‌های دارای فریم یک‌پارچه متفاوت می‌باشد. در بوژی‌های با فریم یک‌پارچه که دارای سیستم تعلیق اولیه هستند، هر چرخ تغییر مکان‌های ناشی از شیب و فراز خط را از طریق جعبه یاتاقان به سیستم تعلیق منتقل می‌کند. لیکن در بوژی‌های سه تکه که دارای سیستم تعلیق از نوع ثانویه هستند هیچ المان الاستیکی مابین جعبه

یاتاقان و قاب‌های کناری وجود ندارد. در این نوع بوژی‌ها حرکت ارتعاشی ناشی از تغییر مکان نسبی گهواره (Bolster) نسبت به قاب‌های کناری است و میرا شدن نوسانات به دلیل اصطکاک صفحات سایشی قاب‌های کناری با عنصر گوه‌ای درتماس با گهواره می‌باشد. سیستم میرا کننده‌ی نوسانات مرکب از اجزای زیر است:

۱- صفحات سایشی نصب شده در پنجره‌ی قاب‌های کناری

۲- پرچ‌های اتصال صفحات سایشی به قاب‌های کناری

۳- گوه‌های سایشی

۴- سطوح شیبدار گهواره (بولستر)

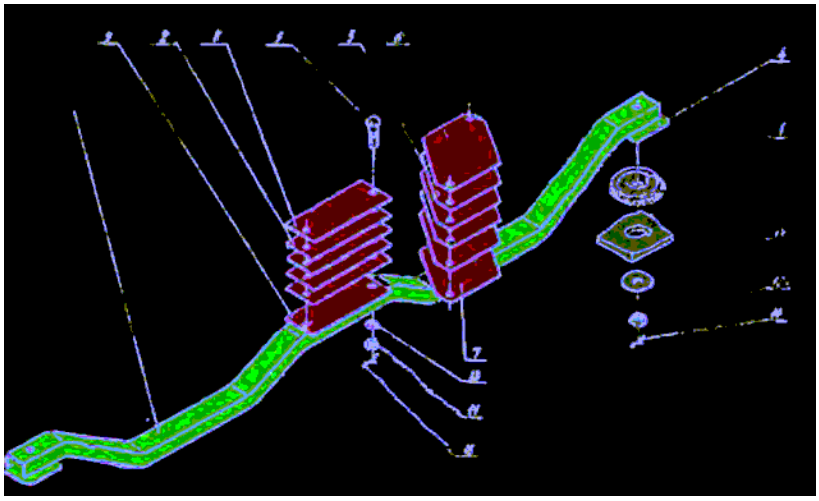
۲-۶-۶-۱- چگونگی عملکرد سیستم میرا کننده‌ی نوسانات سیستم تعلیق

همان طوری که پیشتر نیز اشاره شد، هنگام حرکت واگن در شیب و فرازهای خط آهن، گهواره (Bolster) در امتداد قائم به ارتعاش درمی‌آید. بر روی قسمت فوقانی ۲ زوج فنر در هر سمت گهواره قطعه‌ای تحت عنوان گوه‌ی سایشی سوار شده‌است. گوه‌های سایشی قطعاتی با مقطع مثلث قائم الزاویه هستند که وتر آنها با سطح شیبدار گهواره، قاعده‌ی آنها با سطح فوقانی زوج فنر و ضلع قائم آن با صفحات سایشی نصب شده در پنجره‌ی قاب کناری مماس می‌باشند. بنابراین هنگام نوسانات قائم گهواره و به علت تماس سطح شیبدار گوه درمحل تماس، یک مولفه‌ی افقی نیرو ایجاد می‌شود که باعث می‌گردد ضلع قائم گوه به صفحات سایشی کاملاً مماس شده و به آنها فشرده شود. این در حالی است که خود گوه متعاقب حرکت‌های قائم گهواره در جهت قائم نیز دارای نوسان است، لذا گوه ضمن حرکت نوسانی با صفحه‌ی سایشی در تماس بوده و اصطکاک قابل توجهی در محل تماس تولید می‌شود که این اصطکاک باعث کاهش دامنه نوسانات و به نوعی میرا شدن آن می‌گردد.

شکی نیست پس از مدتی بهره‌برداری، سطوح سایشی گوه و صفحات سایشی به طور قابل توجهی ساییده می‌شوند که بایستی مرمت، تعمیر یا در صورت لزوم تعویض شوند.

۲-۶-۷- تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار

این قطعه از خمکاری و شکل دهی پروفیلی قوطی شکل تهیه شده و وظیفه‌ی آن تحریک کردن سنسور اتومات میزان بار واگن است. به این صورت که هر واگن دارای یک سنسور تشخیص بار می‌باشد که روی شاسی واگن نصب شده است. طبیعتاً زمانی که واگن بارگیری می‌شود، با توجه به فشردگی سیستم تعلیق واگن، گهواره (Bolster) و متعاقب آن سنسور تشخیص میزان بار مقداری پایین می‌آیند. در صورتی که تیر اتکایی سنسور تشخیص میزان بار به دلیل آن که روی قاب‌های کناری نصب شده ثابت می ماند. لذا با توجه به ثابت بودن این قطعه و پایین آمدن مجموعه‌ی واگن و سنسور تشخیص میزان بار، این سنسور به تیر اتکایی سنسور تشخیص بار رسیده و پس از آن زبانه‌ی این سنسور به داخل حرکت کرده و میزان بار را حس می کند. سپس فرامین تنظیم فشار به سیلندر ترمز ارسال می‌شود. شکل ۲-۶۹ نمایی از این قطعه را نمایش می‌دهد. همان طوری که در این شکل دیده می‌شود، این قطعه از طریق سوراخ هایش در دو انتها به قاب کناری متصل می‌شود و برای کاهش سر و صدا مابین این قطعه و قاب کناری بوژی از قطعات لاستیکی استفاده می گردد. همچنین شکل نشان می‌دهد که بر حسب نیاز فاصله‌ی بین تیر اتکا و سوپاپ تشخیص میزان بار توسط صفحات تنظیم، تنظیم می گردد.



شکل ۲-۶۹) تیر اتکای سوپاپ اتومات تشخیص میزان بار

فصل سوم

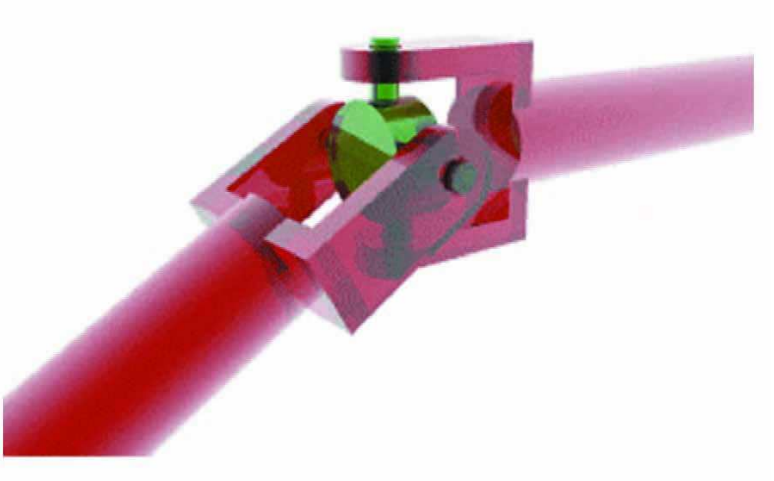
سیستم‌های اتصال واگن‌ها

۳- سیستم های اتصال واگن ها

۳-۱- مقدمه

کوپلینگ در صنعت، یک مفهوم عمومی بوده و به اتصال یا تجهیزات اتصال دهنده اتلاق می گردد. به عنوان مثال؛ در سیستم‌های انتقال قدرت منظور از کوپلینگ، صفحاتی است که دو محور را عمدتاً ازطریق پیچ به هم متصل نموده و حرکت را از یک محور به محور دیگر منتقل می کند (شکل ۳-۱). نحوه‌ی برقراری این اتصال متفاوت است. به گونه‌ای که برای نوع فوق‌الذکر؛ چرخدنده، گاردان (شکل ۳-۲) و ... نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

شکل ۳-۱) کوپلینگ به صورت صفحات پیچ شده به هم



شکل۳-۲) کوپلینگ به صورت گاردان

در راه‌آهن نیز این تجهیزات کاربرد مهمی دارند و منظور از آن مکانیزمی است که جهت اتصال وسایل نقلیه‌ی ریلی در یک قطار مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به این که انعطاف‌پذیری و راحتی حرکت، دو عاملی هستند که در یک سیستم اتصال باید وجود داشته باشند، لذا طراحی این تجهیزات نیز استاندارد شده و از اهمیتی همچون استاندارد عرض خط برخوردار است.

پس با عنایت به موارد فوق، لازم است توجهی ویژه به شناسایی، طراحی و تعمیرات این لوازم مبذول داشت.

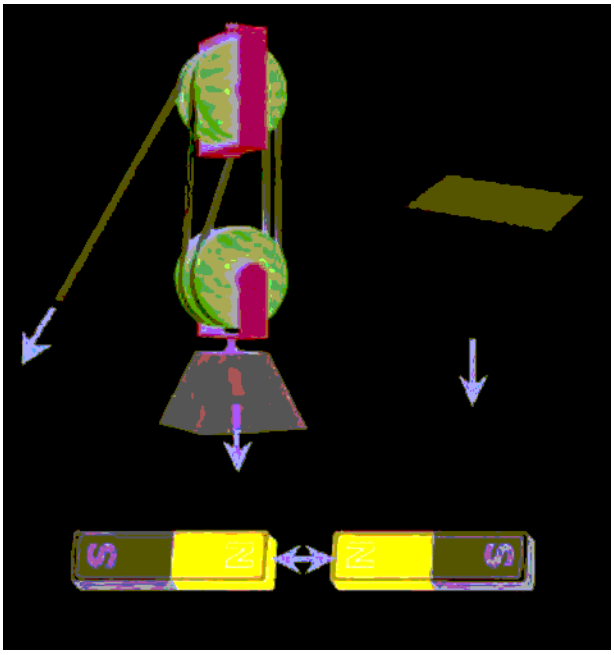
در اینجا لازم است متذکر شویم، با توجه به این که در این مبحث از اصطلاحات و واژه های استاندارد مکرراً استفاده می شود، آشنایی خواننده‌ی این بخش با اصطلاحاتی از قبیل UIC، RIV، عرض خط، مانور و ... ضروری است.

۳-۲- مفاهیم

دراین بخش با توجه به اهمیت مفاهیم پایه، به طور مختصر به مرور برخی از آنها می پردازیم.

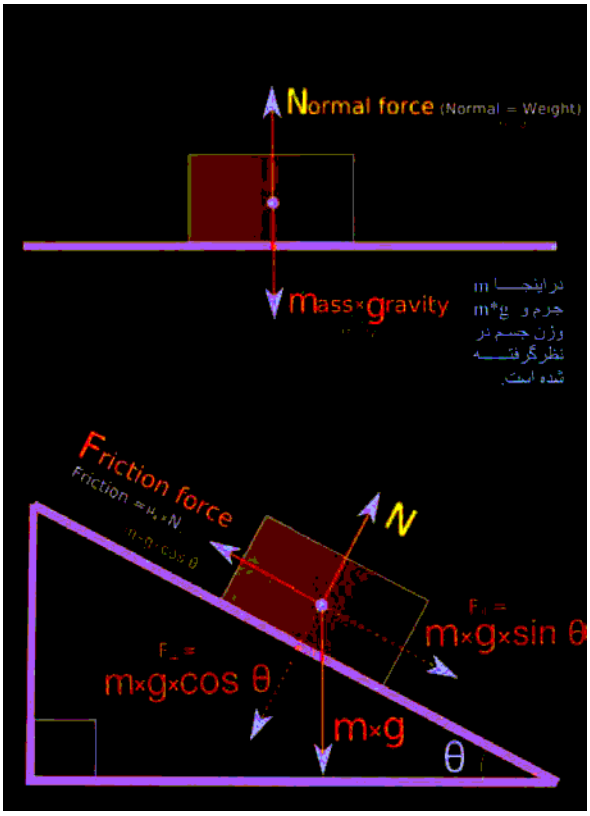
۳-۲-۱- نیرو (Force)

نیرو در فیزیک کمیتی برداری است که باعث شتاب گرفتن (تغییر سرعت) اجسام می‌شود. نیرو را به طور شهودی می‌توان با کشیدن یا هل دادن توصیف کرد. شتاب جسم متناسب با جمع برداری همه‌ی نیروهای وارد بر جسم است. در یک جسم صلب، نیرو می‌تواند جسم را بچرخاند، تغییرشکل دهد یا فشار وارد بر آن را بیفزاید. واحدی که به طور معمول برای اندازه‌گیری نیرو به کار میرود، «نیوتن (N)» نام دارد.



شکل ۳-۳) برخی نیروهای اعمال شده به اجسام

براساس قانون دوم نیوتن، نیرو برابر است با حاصلضرب جرم در شتاب آن (F=m.a) و همان گونه که مشاهده می‌شود هم‌راستا با شتاب می‌باشد.



شکل ۳-۴) شتاب‌گیری جسم در اثر اعمال نیرو

گاهی اوقات نیاز است که نیرو در راستای غیر از راستای اصلی خود بررسی شود که در این حالت مؤلفه‌ها یا تصاویر نیرو در نظر گرفته می‌شود. به عنوان نمونه در تصویر بالا وزنه‌ای که روی سطح شیب‌دار در حال حرکت به سمت پائین است را درنظر بگیرید. در این حالت نیروی اصلی وزن جسم (m.g) است، ولی عامل حرکت مؤلفه‌ی در راستای سطح شیب‌دار (m.g.sin θ) و عامل ایجاد نیروی اصطکاک مؤلفه‌ی عمود بر سطح (m.g.cos θ) می‌باشد.

۳-۲-۲- اصطکاک

اصطکاک نیرویی است که با حرکت دو سطح نسبت به هم مخالفت می کند. مقدار این نیرو متناسب با نیروی عمود بر سطح بین دو جسم است. در مدل های ساده شده، اصطکاک را در دو دسته‌ی اصطکاک جنبشی و اصطکاک ایستایی رده‌بندی می کنند.

نیروی اصطکاک ایستایی f_s، وقتی دو جسم نسبت به هم ساکنند به هر یک از دو جسم وارد می‌شود و دقیقاً مخالف نیرویی است که می‌خواهد دو جسم را نسبت به هم بلغزاند. این نیرو مقدار بیشینه‌ای دارد که با نیروی عمودبرسطح متناسب است:

$$f_{smax} = \mu_s . N$$

در این رابطه، N نیروی عمود بر سطح می‌باشد.

ضریب تناسب μ_s، ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد و وابسته به ویژگی های دو سطح است. مقدار نیروی اصطکاک می‌تواند بین صفر تا این مقدار بیشینه تغییر کند.

نیروی اصطکاک جنبشی $f_{\Re}$ وقتی دو جسم نسبت به هم در حرکتند به هر یک از دو جسم وارد می‌شود و مقدار آن ثابت و برابر با $f_{\Re} = \mu_{\Re}.N$ است. این نیرو در خلاف جهت حرکت دو جسم نسبت به یکدیگر است و با حرکت آنها مخالفت می کند. ضریب تناسب $\mu_{\Re}$، ضریب اصطکاک جنبشی نام دارد و وابسته به ویژگی های دو سطح است. $\mu_{\Re}$ معمولاً کوچکتر از μ_s است.

پس همانگونه که ذکر شد، اصطکاک همیشه عامل مقاومت در برابر حرکت است. به عنوان نمونه در یک قطار در حال حرکت، بخش زیادی از قدرت موتور لکوموتیو صرف غلبه بر اصطکاک بین چرخ ها و ریل می گردد.

۳-۲-۳- انرژی

در علم فیزیک و دیگر علوم، انرژی یک مقدار فیزیکی است که خصوصیت اجسام و سیستم‌ها می‌باشد و به صورت طبیعی در آنها ذخیره شده است. به مفهوم ساده‌تر انرژی قابلیت انجام کار می‌باشد. چند نمونه از

انواع شناخته شده‌ی انرژی عبارتند از: جنبشی، پتانسیل (که به مجموع آنها انرژی مکانیکی اتلاق می گردد)، شیمیایی، الکترومغناطیس، حرارتی و هسته‌ای .

ذکر دو نکته دراین خصوص ضروری به نظر می‌رسد. اول آن که مقدار انرژی تغییر نکرده و فقط از یک نوع به نوع دیگر تبدیل می‌شود یعنی نه تنها از بین نمی‌رود بلکه به وجود هم نمی‌آید. مثلاً در یک خودروی در حال حرکت، در زمان ترمزگیری به علت اصطکاک، انرژی جنبشی به انرژی حرارتی تبدیل شده و باعث بالا رفتن دما می گردد.

دوم این که اگرچه مقدارکلّی انرژی نسبت به زمان تغییر نمی کند ولی مقدار آن بستگی به سیستمی دارد که در آن اندازه‌گیری می‌شود. به عنوان مثال؛ انرژی مکانیکی مسافری که روی صندلی قطار در حال حرکتی نشسته، نسبت به قطار صفر بوده ولی نسبت به زمین صفر نیست. واحد شناسایی و اندازه‌گیری انرژی «ژول (J)» می‌باشد.

۳-۲-۴- انرژی جنبشی

به انرژی اتلاق می گردد که یک جسم به علت حرکتش دارا می‌باشد و به صورت کار مورد نیاز برای شتاب بخشیدن به جسم دارای جرم از حالت سکون به حالت سرعت فعلی تعریف می‌شود. این انرژی در جسم باقی می‌ماند مگر تغییری در سرعت صورت پذیرد. محاسبه‌ی آن توسط فرمول $E_{ج} = 1/2\ mv^2$ انجام میشود که در آن $E_{ج}$ انرژی جنبشی، m جرم جسم در حال حرکت و v سرعت آن می‌باشد. یکی از نتایج فرمول فوق آن است که به عنوان مثال با دو برابر شدن سرعت، انرژی جنبشی چهار برابر خواهد شد و این خود بدان معناست که در صورت دو برابر شدن سرعت، فاصله‌ی توقف وسیله‌ی متحرک چهار برابر حالت قبل خواهد بود.

۳-۲-۵- گشتاور

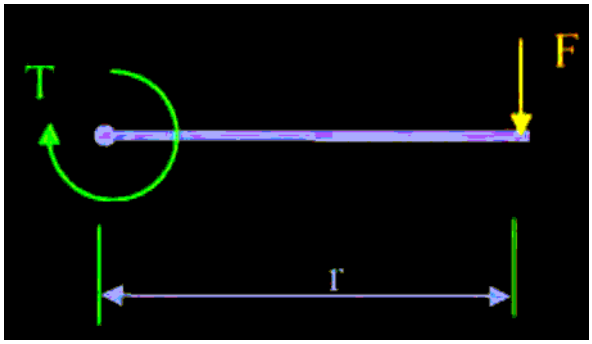
عامل مؤثر در گشتن هر جسم به دور محوری را گشتاور نیرو می‌نامند. گشتاور یک کمیت فیزیکی و

برداری در حرکت چرخشی است که به بزرگی نیرو و مسیر و مکان اثر نیرو بستگی دارد. گاهی به گشتاور کلمه‌ی مُمان (Moment) هم اتلاق می گردد.

همان طور که از تعریف بر می آید، گشتاور کمیتی نسبی بوده و نسبت به یک نقطه (مبدا) سنجیده می شود.

$$T = r \cdot F$$

در این رابطه T گشتاور، r فاصله‌ی محل اثر نیرو تا محور و F مقدار نیروی مؤثر می‌باشد.



شکل ۳-۵) گشتاور حاصل از نیرو

واحد اندازه گیری گشتاور در سیستم‌های معمول، نیوتن متر، کیلوگرم متر و یا پوند فوت (در سیستم اندازه گیری واستاندارد انگلیس) می‌باشد.

۳-۲-۶- ضربه

برخورد دو جسم را که در آن نیروی بزرگی در مدت زمان کوتاهی تولید می‌شود، ضربه می‌نامند. خط مستقیمی که عمود بر صفحه‌ی تماس دو جسم برخورد کننده ترسیم می‌شود، خط ضربه نامیده می‌شود. در حالتی که مراکز ثقل دو جسم در راستای خط ضربه باشد، ضربه مرکزی و در غیر این صورت خارج از مرکز نام دارد.

حین برخورد، انرژی جنبشی می‌تواند ذخیره شده و صرف تغییر شکل اجسام گردد. اگر بخشی از انرژی

جنبشی تبدیل به تغییر شکل شود (یا منجر به توقف جسم گردد) ضربه غیرالاستیک، و در صورتی که کل انرژی جنبشی بعد از برخورد بدون تغییر ثابت بماند، ضربه از نوع الاستیک می‌باشد (این نوع ضربه صرفاً ایده آل بوده و جهت بررسی تئوری مد نظر قرار می گیرد. در عمل همیشه بخشی از انرژی صرف تغییر شکل شده و در نتیجه تغییر سرعت را در پی خواهد داشت).

در علم مکانیک ضربه به خودی خود قابل اندازه گیری نبوده و باتوجه به آثار آن، مقدار واقعی محاسبه می‌شود. برای این منظور از فرمول $f=m.a$ استفاده می‌شود که در آن f مقدار نیروی تولید شده‌ی ناشی از ضربه، a مقدار شتاب حاصل از تغییر سرعت و m نیز جرم جسم می‌باشد. در نتیجه برای اندازه گیری مقدار ضربه از وسیله‌ای به نام شتاب سنج استفاده می‌شود.

۳-۲-۷- تنش

مقدار نیرو در واحد سطح یا شدت نیروهای پخش شده‌ی داخلی در یک سطح مقطع داده شده را تنش آن سطح مقطع نامیده و توسط حرف یونانی σ (سیگما) نمایش می‌دهند. بدین ترتیب تنش موجود در عضو با مساحت سطح مقطع A و تحت بار محوری P از تقسیم مقدار P بر A به دست می‌آید.

$$\sigma = P / A$$

در این رابطه نیرو برحسب نیوتن، سطح مقطع برحسب متر مربع و در نتیجه تنش برحسب نیوتن بر متر مربع خواهد بود که پاسکال نامیده می‌شود. ولی به علت کوچکی مقدار آن معمولاً تنش بر اساس کیلو پاسکال و یا مگا پاسکال سنجیده می‌شود.

تنش عمدتاً معیاری جهت سنجش استحکام یک جسم بوده و تنش تسلیم که نشان دهنده‌ی نیروی لازم برای ایجاد تغییر شکل در یک جسم (بدون بازگشت به حالت اولیه)است، از خواص ذاتی مواد محسوب می‌شود. به عنوان نمونه؛ یک پیچ فولادی به شعاع ۱۰ میلیمتر را در نظر بگیرید که تحت نیروی کششی ۶۰ کیلونیوتن قرار دارد. از فرمول فوق جهت محاسبه‌ی تنش در این پیچ استفاده می‌نماییم:

$A = \pi\ 3\ (10)^2 = 314 \quad mm^2$

$\sigma = 60 * 1000 / 314 = 191 \quad Mpa$

باعنایت به این که استحکام تسلیم فولادهای معمولی حدود ۱۷۰ Mpa است، نتیجه می گیریم پیچ انتخاب شده توان تحمل این نیرو را نداشته و امکان شکست آن وجود دارد.

۳-۳- کوپلینگ

در وسایل حمل و نقل ریلی، کوپلینگ یا سیستم اتصال دهنده، متشکل از لوازم و قطعاتی است که اتصال دو واگن مجاور به یکدیگر و یا اتصال واگن به کِشنده را امکان‌پذیر می‌سازد. به این ترتیب هر واگن درهر یک از دو انتهای خود مجهز به یک سیستم اتصال (کوپلینگ) می‌باشد که معمولاً هر دو از یک نوع هستند. سابقه‌ی کاربرد و استفاده از این تجهیزات به زمانی بازمی گردد که اولین واگن‌های ساخت بشر، جهت حمل بار و مسافر به یکدیگر متصل شده و قطارهای کوچک را تشکیل دادند. پیشینه‌ی تاریخی کوپلینگها در راه‌آهن برمی گردد به سال ۱۸۳۰ میلادی که نوعی از آنها به عنوان استاندارد ساخته شد و به صورت ترکیبی از زنجیر و تامپون؛ در راه‌آهن تجارتی انگلستان به کار برده شد. این کوپلینگها در ادامه‌ی قلاب ترامواییی بودند اما مرتب‌تر و با قاعده‌تر از آنها شدند. در این سیستم، واگن‌ها با استفاده از سیستم چنگک و حلقه، به همراه وسیله ای «بست» مانند که واگن‌ها را به سمت هم می کشید، به یکدیگر متصل می‌شدند.

سیستم‌های اتصال واگن‌های باری در راه‌آهن ایران، با توجه به نوع اتصال، به دو دسته‌ی غیر اتوماتیک و اتوماتیک تقسیم می‌شوند. تفاوت این دو در آن است که جهت اتصال نوع اتوماتیک نیاز به نیروی انسانی نبوده و با توجه به حرکت و ضربه‌ی یک واگن به واگن مقابل خود، اتصال برقرار می گردد ولی در نوع غیر اتوماتیک، اپراتور مسئول این کار می‌بایست تجهیزات لازم را، جهت اتصال، در مقر خود قرار دهد. در ادامه به تشریح ساختمان و عملکرد این دو نوع سیستم اتصال می‌پردازیم.

۳-۳-۱- سیستم اتصال غیراتوماتیک

همان گونه که در ابتدای این مبحث عنوان گردید، جهت ایجاد قطارهای کوچک اولیه از یک چنگک و حلقه که در هر سر واگن قرار داشت، استفاده می شد. به تدریج و با توجه به افزایش کاربری حمل و نقل ریلی و نیاز به اتصال کلیه‌ی واگن ها به یکدیگر، این تجهیزات از لحاظ طراحی و ایمنی کاربرد، بهبود یافته و همچون دیگر قطعات صنعتی، استانداردهایی برای آنها تدوین گردید.

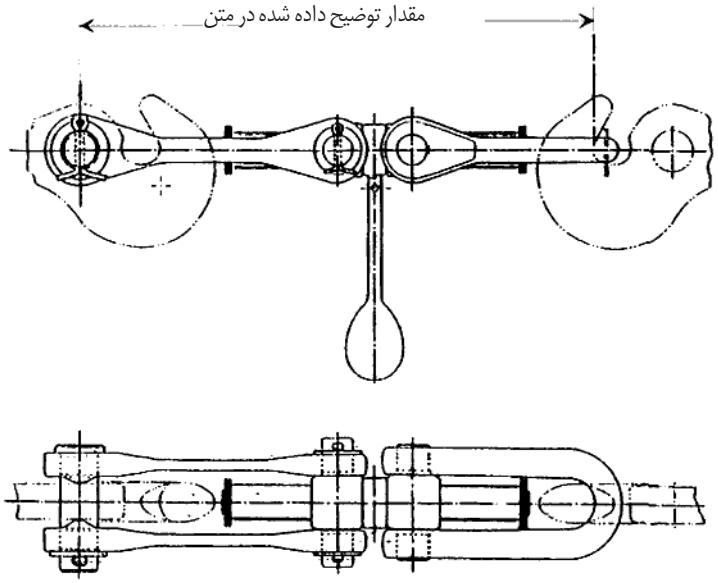
سیستم های اتصال دهنده‌ی غیر اتوماتیک، دارای ساختمان نسبتاً ساده ای بوده واتصال و انفصال آن از دیگر اتصالات، توسط نیروی انسانی انجام می شود. در حال حاضر این نوع اتصال، با توجه به محدودیت های کاربردی، در واگن های جدید نصب نشده و صرفاً در واگن هایی که تا پایان دهه‌ی ۱۳۴۰ وتعداد محدودی نیز در دهه‌ی ۱۳۵۰ وارد ناوگان باری ایران شده اند، مشاهده می شود که تعدادی از آنها نیز با سیستم اتصال اتوماتیک جایگزین شده است. این سیستم اتصال از آنجایی که صرفاً نیروهای کششی را تحمل می کند، به قلاب کششی نیز معروف است.

شکل ۳-۶) تصویری از سیستم اتصال غیر اتوماتیک موجود

برخی از مشخصات فنی اجباری این مجموعه، طبق استاندارد UIC، عبارتند از:

- وزن کل تجهیزات نباید از ۳۶ کیلوگرم تجاوز نماید.
- سیستم باید مجهز به مکانیزمی جهت جلوگیری از شل شدن خود به‌خودی باشد.
- در هر طرف، لازم است واگن به تجهیزاتی جهت آویزان نمودن قلاب، برای زمانی که از آن استفاده نمی‌شود، مجهز باشد. به گونه‌ای که حداقل فاصله‌ی آن تا سطح ریل ۱۴۰ میلیمتر باشد.
- حداقل استحکام شکست برای کلگی و قطعات منتقل کننده‌ی نیرو، ۱۰۰۰ kN باید درنظر گرفته شود.
- فاصله‌ی بین مرکز پین اتصال و داخل حلقه، زمانی که پیچ قلاب کاملا بسته شده، باید در محدوده‌ی ۷۵۰±۱۰ mm و زمانی که به طور کامل شل شده است، $۹۸۶^{+۱۰}_{-۵}$ mm منظور گردد.

در این خصوص شکل ۳-۷ را ملاحظه نمایید.



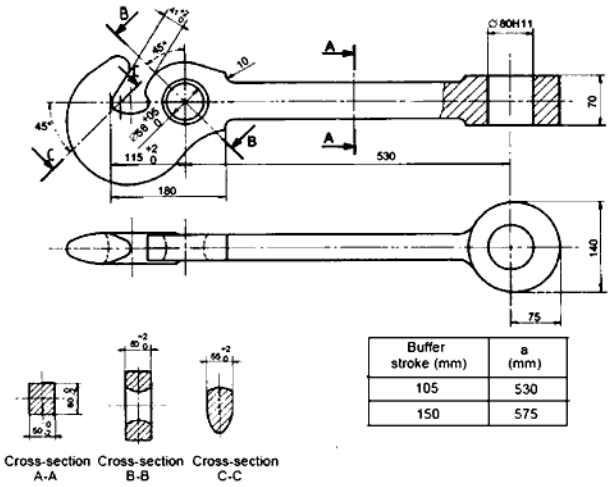
شکل ۳-۷) فاصله‌ی بین مرکز پین اتصال و داخل حلقه

لازم به ذکر است، این نوع سیستم‌های اتصال، صرفاً ضربات و نیروهای کششی را تحمل می‌نمایند. لذا در کنار کوپلینگ‌های غیر اتوماتیک، مجموعه‌های دیگری به نام تامپون یا ضربه‌گیرهای جانبی استفاده شده و روی سرشاسی نصب می‌شوند. وظیفه‌ی ضربه‌گیرها جذب ضربات فشاری از واگن مقابل است. این مجموعه‌ها به طور کامل دربخش بعد مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

ذیلاً بخش‌ها واجزای سیستم اتصال غیر اتوماتیک را تقسیم‌بندی می‌نماییم.

۳-۳-۱-۱- میله‌ی قلاب کشش (سرقلاب)

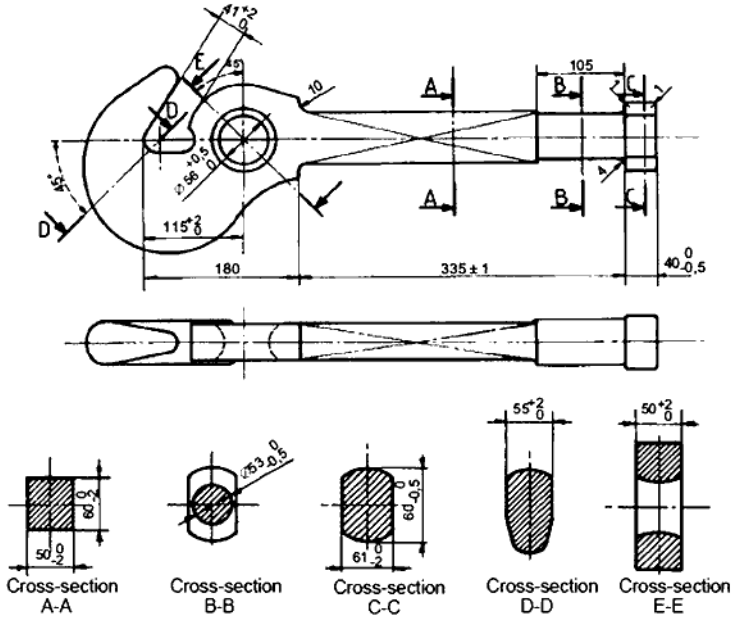
قطعه‌ای به شکل چنگک است که در جلویی‌ترین بخش تجهیزات اتصال به چشم می‌خورد و به خاطر شکل خاص آن به قلاب معروف شده است (در حال حاضر این نام‌گذاری به سیستم‌های اتصال اتوماتیک نیز تعمیم یافته و آنها نیز به قلاب اتوماتیک معروف شده‌اند). این قطعه به صورت یک‌پارچه بوده و به روش آهنگری (فورج[۱]) تولید شده و باید مطابق استاندارد ... UIC باشد.



Buffer stroke (mm)	a (mm)
105	530
150	575

الف- دارای سوراخ محل قرارگیری والیک

۱- فورج یکی از روش های تولید قطعات فلزی است که در آن ؛ فلز گداخته شده در قالب قرار گرفته و با کوبش و برش، طی یک یا چندمرحله شکل قطعه به دست می آید . در این روش؛ عیوب داخلی عمدتاً کمتر از روش ریخته گری بوده لذا جهت تولید قطعاتی که تحت ضربات کششی هستند، معمولاً از این روش استفاده می شود.



ب– جهت استفاده در یاتاقان

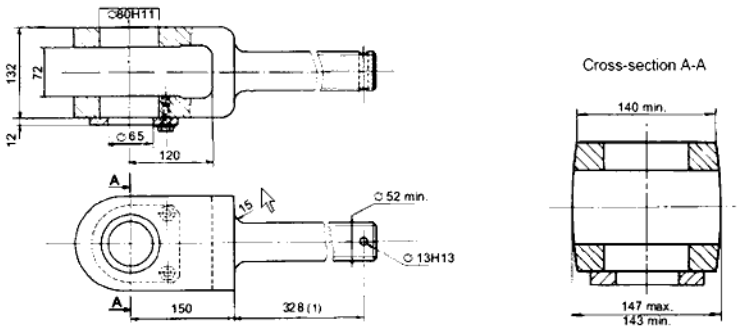
شکل ۳–۸) انواع سرقلاب

با توجه به نوع اتصال به بخش عقبی، یا جهت قرار گرفتن میله‌ی اتصال سوارخی در آن تعبیه شده، یا دارای بخش مسطحی است تا نصب در یاتاقان مربوطه که در شکل ۳–۸ مشاهده می‌شود، امکان‌پذیر گردد. وزن این قطعه باتوجه به این که واگن‌ها تولید کشورها وشرکت‌های مختلفی هستند، متفاوت بوده و بین ۲۰ تا ۲۴ کیلوگرم متغیر می‌باشد. جنس و خصوصیات مکانیکی آن نیز تابع استاندارد UIC825 بو ده وبعد از تولید، جهت بررسی عیوب، به روش اولتراسونیک آزمایش وکنترل می گردد. جوشکاری بر روی این قطعه جهت بر طرف نمودن عیوبی همچون حفره‌ها ممنوع می‌باشد، مگر این که راه‌آهن مصرف کننده مجوز آن را صادر کرده باشد. همچنین این قطعه باید فاقد هرگونه گوشه یا لبه‌ی تیز باشد.

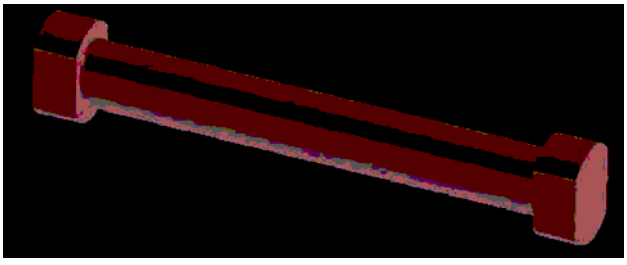
همان گونه که در شکل ۳-۸ مشاهده می شود، با توجه به تامپون های مختلف، لازم است سر قلاب با طول مناسب استفاده شود.

۳-۳-۱-۲- میله‌ی اتصال سرقلاب به تجهیزات دیگر

این عضو فولادی، وظیفه‌ی ارتباط سرقلاب با مجموعه‌ی عقبی (ضربه گیر) را به وجود آورده و از سویی، با توجه به مفصل بندی آن، امکان حرکت دورانی محدود نسبت به پوسته‌ی ضربه گیر را برای میله‌ی قلاب فراهم می آورد (شکل ۳-۹). در صورتی که سرقلاب از نوع اول (دارای سوراخ) باشد، مستقیماً توسط والیک به میله‌ی اتصال وصل شده و در غیر این صورت از قطعه‌ای به نام میله‌ی رابط (شکل ۳-۱۰) استفاده می شود.



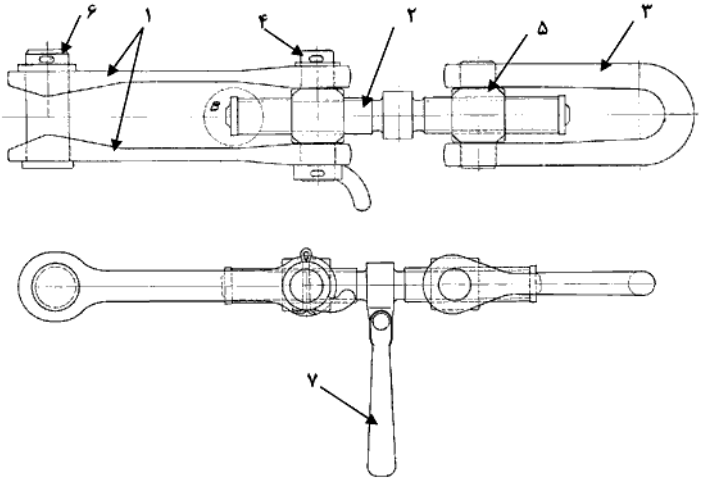
شکل ۳-۹) دو نما و مقطعی از میله‌ی اتصال سر قلاب



شکل ۳-۱۰) میله‌ی رابط

در تولید این قطعه نیز باید از ایجاد گوشه‌های تیز اجتناب شود. به عنوان مثال؛ کمانی به شعاع ۱۵ میلیمتر به صورت صاف ویکنواخت ایجاد گردد.

همان گونه که در شکل ۳-۹ مشاهده می‌شود، میله‌ی اتصال در انتها دارای رزوه‌ای است که محل قرارگیری مهره بوده و در واقع مجموعه‌ی ضربه‌گیر برروی آن نصب و توسط همین مهره، محدود می گردد.



شکل ۳-۱۱) مجموعه‌ی زنجیر: ۱- بازو، ۲- میله‌ی مارپیچ، ۳- حلقه‌ی اتصال، ۴- مهره‌ی اتصال بازو، ۵- مهره‌ی اتصال حلقه، ۶- والیک اتصال بازو (زنجیر) به سرقلاب، ۷- دستگیره برای تنظیم طول زنجیر

۳-۳-۱-۳- زنجیر

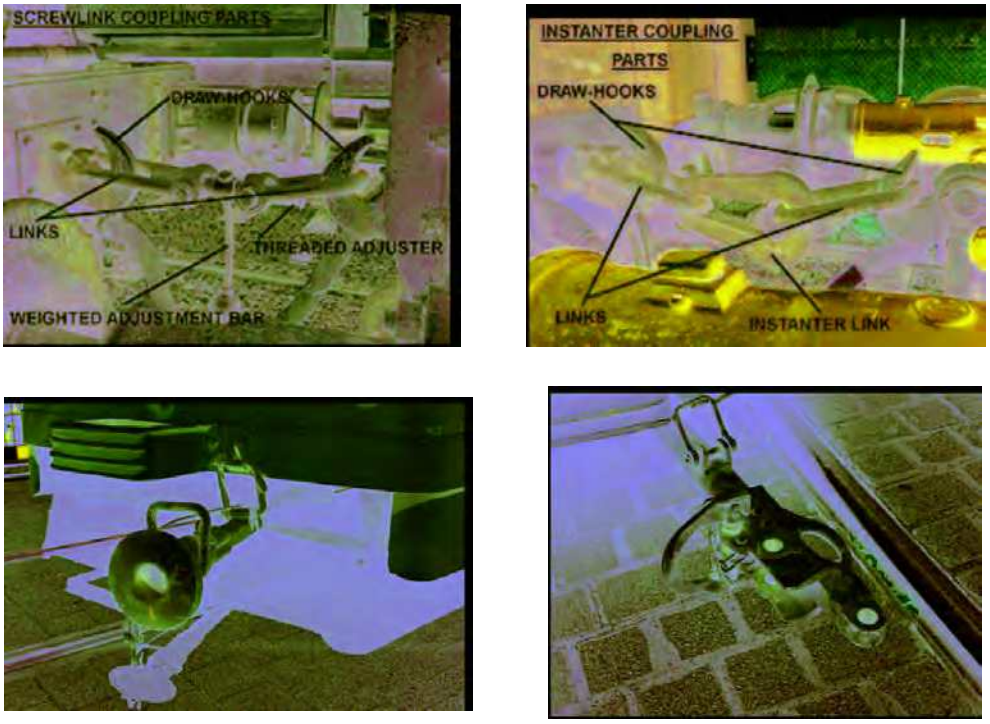
این مجموعه، وظیفه‌ی ارتباط دو سیستم اتصال روبه‌رو را به عهده داشته و از اجزای نشان داده شده در شکل ۳-۱۱ تشکیل می‌شود. در مورد قطعه‌ی شماره‌ی ۲ (میله‌ی مارپیچ)، ذکر این نکته ضروری است که به خاطر اهمیت قطعه و احتمال شکست آن و در نتیجه انفصال واگن‌ها، روش تولید آن غلطک‌زنی[۱] می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که در واگن‌های مجهز به این نوع سیستم اتصال، طول زنجیر توسط دستگیره باید به گونه‌ای تنظیم شود که تامپون‌های روبه‌رو به صورت مماس با یکدیگر قرار گیرند.

۱- در تولید رزوه ها به روش غلطک زنی ، برخی از عیوب سطحی مانند ترک ها از بین رفته و مقاومت سطح قطعه نسبت به سایش و لهیدگی افزایش می یابد. لذا در مجموعه هایی که نیروی بالایی وجود داشته و روانی حرکت مهره روی پیچ مد نظر است، از این روش تولید استفاده می شود.

۳-۳-۱-۴- ضربه گیر (مجموعه‌ی فنر)

عموماً در آغاز حرکت واگن و جهت غلبه بر نیروهای مقاوم در برابر شروع حرکت، همچنین غلبه بر نیروهای مقاوم در زمان حرکت، نیروی زیادی لازم است که می تواند ایجاد ضربه (شوک) نماید. وظیفه‌ی این بخش، به طور خلاصه، جذب انرژی ضربه‌ای (که به قسمت جلویی کوپلینگ وارده شده) و انتقال نیرو به شاسی واگن می‌باشد. در واگن های قدیمی تر که اتصالات فقط از نوع کششی بودند، بخش ضربه گیر نیز طرح و ساختمان ساده‌تری داشته و صرفاً جهت جذب انرژی ضربات کششی طراحی شده بودند. با توجه به این که ضربه گیر در هر دونوع سیستم اتصال غیر اتوماتیک و اتوماتیک وجود داشته و همچنین به خاطر اهمیت آن، در پایان بحث سیستم های اتصال به صورت جداگانه در بخش ۳-۴ بررسی می شود.

به جهت آشنایی بیشتر، شکل ۳-۱۲ چند نمونه از قلاب های غیر اتوماتیک که در ناوگان باری راه‌آهن ایران مورد استفاده نمی‌باشد را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۲) چند نمونه قلاب غیر اتوماتیک

۳-۳-۲- سیستم اتصال اتوماتیک

با گسترش و توسعه‌ی صنعت حمل ونقل، افزایش تعداد ایستگاه‌های واگن‌های باری و انجام کارهای سخت وخطرناک اتصال وانفصال واگن‌ها به صورت دستی و بدون در نظر گرفتن مساله‌ی زمان، این تفکر که باید از یک سیستم اتوماتیک استفاده شود، شکل گرفت. لذا سیستم‌های اتصال اتوماتیک اولیه که ساختمان ساده‌ای نیز داشتند، متولد گردیدند. سیستم‌های اتصال اتوماتیک به آن دسته از اتصالاتی اتلاق می‌شود که بدون نیاز به نیروی انسانی و در اثر میزان ضربه‌ی مشخص واگن مقابل، اتصال بین دو وسیله را برقرار می‌سازند.

در ابتدا به بررسی کلی ساختمان این قلاب‌ها می‌پردازیم.

در حال حاضر در ناوگان باری راه آهن ایران سه دسته کوپلینگ استفاده می‌شود:

- یونی کوپلر
- ویلسون
- روسی (SA3)

تقسیم‌بندی فوق بر اساس شکل ظاهری کاملاً قابل تشخیص بوده و ساختمان داخلی آنها نیز با هم متفاوت می‌باشد.

کلیه‌ی سیستم‌های اتصال اتوماتیک موجود در ایران دارای بخشهای مشترک زیر هستند:

الف) کلگی

ب) زبانه‌ی کوچک (باستثناء سیستم ویلسون)

پ) زبانه‌ی بزرگ

ت) دستگیره‌ی فرمان

حال به توضیح هریک از این بخش‌ها می‌پردازیم:

الف) کلگی

وظیفه‌ی کلگی (شکل ۳-۱۳) در یک کوپلینگ ایجاد ارتباط با کوپلینگ روبرو بوده که از طریق فرو رفتن فک‌ها در یکدیگر انجام می‌شود. این قطعه از جنس فولاد بوده و به روش ریخته گری تولید می‌شود و در انتها با استفاده از تکنیک تراشکاری، حفره‌های لازم ایجاد می گردند.

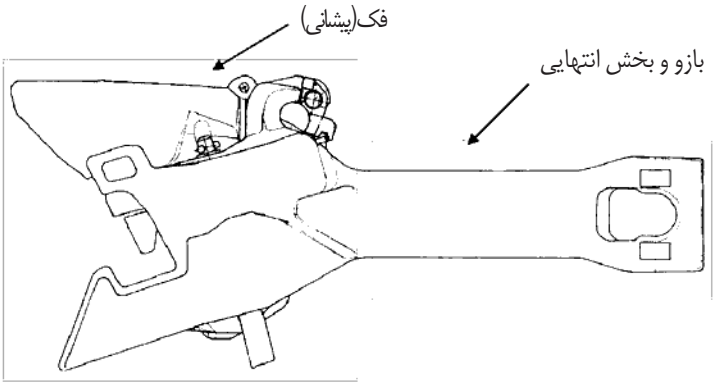
فک‌ها جلوترین بخش کلگی را تشکیل می‌دهند. فک‌های دو کوپلینگ روبرو داخل یکدیگر قرار گرفته و ایجاد یک اتصال دائمی می‌نمایند. مطابق با UIC 522 ، این تجهیز ات بایستی به گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که الزامات زیر را برآورده سازند:

۱- در سرعتهای بین ۲ تا ۷ کیلومتر بر ساعت، اتصال برقرار گردد.

۲- تا سرعت ۱۵ کیلومتر برساعت در اثر ضربه تخریبی اتفاق نیافتد.

۳- انفصال خود به خودی یا اتفاقی به وجود نیاید.

اهمیت کلگی از آنجا مشخص می‌شود که اولین ضربات از جانب واگن روبرویی به این قطعه وارد می گردد و نه تنها در مقابل تغییر شکل دائمی باید مقاومت لازم را داشته باشد، بلکه لازم است اتصال را برقرار نگهدارد (منظورضرباتی است که در اثر تغیر سرعت، درابتدای حرکت یا حین ترمزگیری به وجود می‌آید).



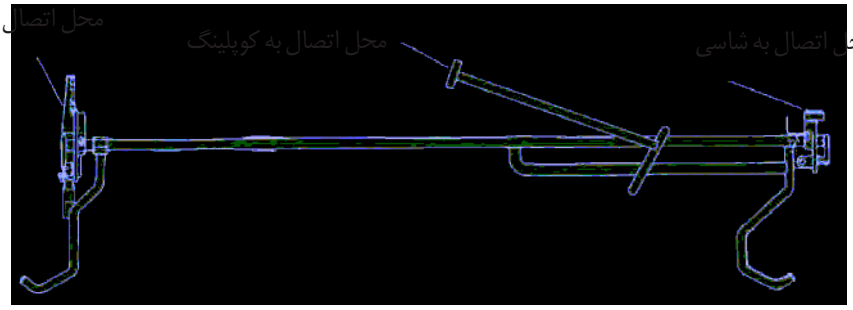
شکل ۳-۱۳) کلگی

ب و پ) زبانه‌های بزرگ و کوچک

دوبخش اصلی دیگر که در کلگی کوپلینگ قرار می گیرند، زبانه‌های بزرگ و کوچک هستند. در زمان اتصال، زبانه‌های بزرگ دو کوپلینگ روبرو با پرنمودن فضای بین فک‌های دو سیستم، اتصال دائمی دو کوپلینگ را موجب می‌شوند. زبانه‌ی کوچک نیز با استفاده از فنرهای متصل به آن، در زمان در گیربودن دو کوپلینگ از حرکت زبانه‌ی بزرگ جلوگیری نموده و در مجموع باعث اجتناب از آزاد شدن خود به خودی سیستم می‌شود.

ت) دستگیره‌ی فرمان

دستگیره‌ی فرمان (شکل ۳-۱۴) وسیله‌ای جهت کنترل و آزادسازی کوپلینگ‌های اتوماتیک است. این بخش به وسیله‌ی زنجیر یا میله به زبانه‌ی بزرگ متصل شده وبه کاربر این امکان را می‌دهد که با حرکت آن، زبانه‌ی بزرگ را جابجا نموده و در نهایت آزادسازی کوپلینگ‌ها را منجر شود.



شکل ۳-۱۴) نمای روبروی دستگیره‌ی فرمان

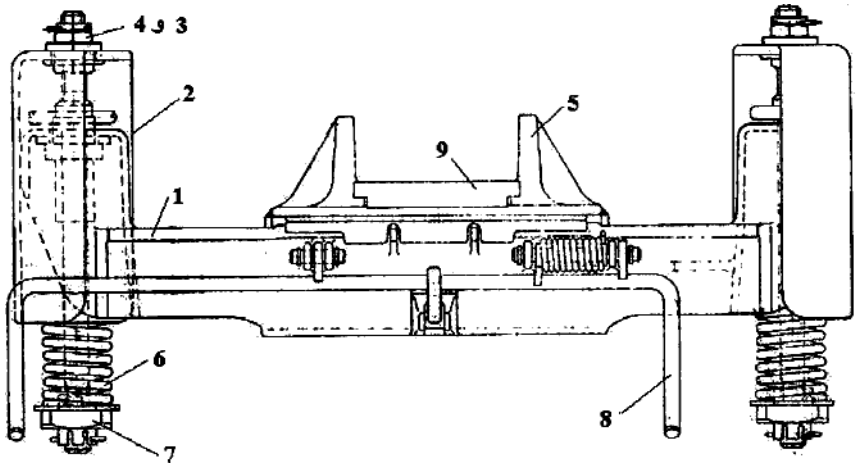
حال که مختصراً با بخشهای اصلی کوپلینگ آشنا شدیم، نگاهی به انواع کوپلینگ‌های اتوماتیک رایج در ایران خواهیم داشت.

۳-۳-۲-۱- یونی کوپلر

این نوع کوپلینگ مرسوم ترین سیستم اتصال اتوماتیک بوده و روی حدود ۵۵ در صد واگن های باری فعلی نصب شده و مورد استفاده قرار گرفته است. خصوصیت بارز این نوع اتصالات، اولاً امکان اتصال شلنگ های هوا و کابل های برق به صورت اتوماتیک و همزمان با اتصال کوپلینگ بوده و ثانیاً استفاده از تجهیزاتی موسوم به گهواره است. از مشخصه های دیگر این سسیستم، اتصال آن است که روی کلگی کوپلینگ بخش چنگک مانندی تعبیه شده که در موارد لزوم می توان زنجیر قلاب کشش واگن روبرو را به آن متصل و مورد استفاده قرار داد. شکل ۳-۱۵ نمای ظاهری یک قلاب یونی کوپلر را نشان می دهد.

شکل ۳-۱۵) نمای ظاهری یک قلاب یونی کوپلر

گهواره، تجهیزاتی است که با داشتن چند مجموعه فنر، امکان حرکت نرم‌تر و روان‌تر کلگی کوپلینگ در جهت ارتفاع و عرض واگن را فراهم می‌آورد. گهواره‌ی کوپلینگ‌های یونی کوپلر، به لحاظ عملکرد، مزایای بیشتری نسبت به انواع دیگر کوپلینگ‌ها دارند. به همین جهت دارای اجزای بیشتری نیز می‌باشند که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود. شکل ۳-۱۶ گهواره و تجهیزات مربوط به آن را نمایش می‌دهد.



شکل ۳-۱۶) گهواره‌ی کوپلینگ یونی کوپلر و تجهیزات مربوط به آن

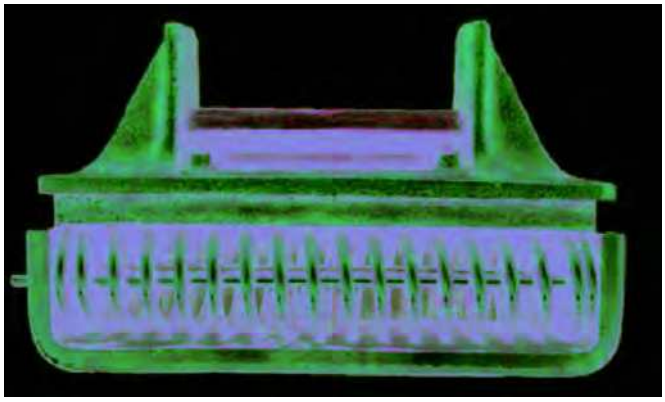
۱- پوسته‌ی گهواره که در واقع بستر حرکت تجهیزات بوده وعمدتاً از جنس فولاد و به روش ریخته گری ساخته می‌شود. البته لازم به ذکر است که تعدادی از این قطعات نیز از جنس چدن تولید شده و در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند.

۲- پوسته‌ی لاترن که بخش ثابت گهواره بوده و به جوشکاری روی سرشاسی متصل می گردد. از آنجایی که این بخش اساس نصب اجزای دیگر است، می‌بایست به عمود بودن آن به محورهای طولی و عرضی واگن توجه داشت.

۳– میله‌ی لاترن که مفتولی فولادی و رزوه شده است و بدان جهت که در معرض ضربات و نیروهای کششی است، توصیه گردیده رزوه‌های آن به روش غلطک زنی تولید گردد. در ابتدا وانتهای آن سوراخ هایی تعبیه گردیده که پس از محکم نمودن مهره، با قرار دادن اشپیل از چرخش مهره و شل شدن اتفاقی جلوگیری می‌شود.

۴ و ۷ – مهره‌ی بالایی و پایینی که اولاً جهت ارتباط تجهیزات گهواره با پوسته‌ی لاترن و ثانیاً به منظور تنظیم ارتفاع کلگی کوپلینگ مورد استفاده قرار می گیرند. همان گونه که در مورد مورد میله‌ی لاترن اشاره شد، بعد از تنظیم ومحکم نمودن اتصال، با استفاده از اشپیل از باز شدن خود به خودی جلوگیری می‌شود.

۵– سرسره‌ی فلزی: این بخش از گهواره در واقع فضایی است که بازوی کوپلینگ در آن قرار گرفته و روانی حرکت و انعطاف پذیری در جهت عرض واگن را فراهم می‌آورد. این موضوع در زمان حرکت قطار در قوس ها ملموس‌تر است. شکل ۳–۱۷ یک سرسره‌ی فلزی کامل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۷) تصویری از یک سرسره‌ی فلزی کامل

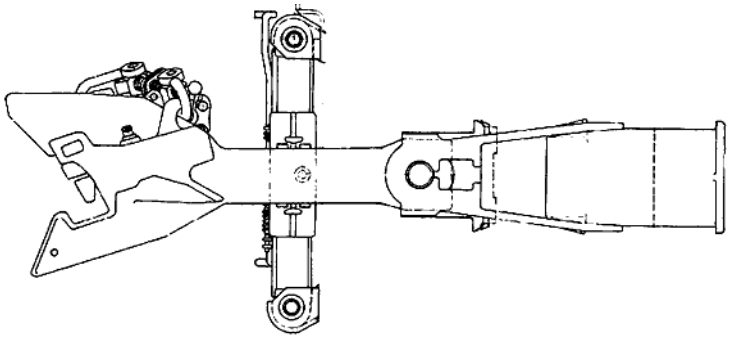
فنرهای تعبیه شده در این مجموعه امکان برگشت کوپلینگ به حالت عادی خود (قرار گرفتن در امتداد محور طولی واگن) را فراهم می‌نمایند.

۶ – فنرهای لاترن: هرمجموعه ازاین فنرها از دو فنر راست گرد و چپ گرد در داخل یکدیگر تشکیل شده و این امکان را به کوپلینگ می‌دهد که درمقابل نوسانات ناشی از حرکت قطار در طول مسیر بتواند در امتداد ارتفاع واگن حرکت مطلوب ومناسبی داشته باشد.

۸ – دستگیره که به کمک آن می‌توان در مواقع لزوم، مانند زمان تعمیرات، کوپلینگ را در یک سمت نگه داشته و از بازگشت آن به حالت عادی جلوگیری نمود. در زمانی که این دستگیره در وضعیت عادی خود قرار دارد، زبانه‌ی متصل به آن در داخل شیار سرسره‌ی فلزی قرار گرفته و قطعه‌ی مزبور را در محل خو ثابت نگه می‌دارد. با حرکت جانبی کوپلینگ، فنر داخل سرسره باز شده و در زمانی که لازم باشد آن را به حالت عادی باز می گرداند.

۹ – این قطعه که معروف به سنگ سرسره یا سنگ زیر قلاب است، از لحاظ سختی دارای جنسی نرمتر از بازوی کوپلینگ بوده و در حین نوسانات جانبی از ساییده شدن بازو، که می‌تواند بسیار خطرساز نیز باشد، جلوگیری می‌نماید.

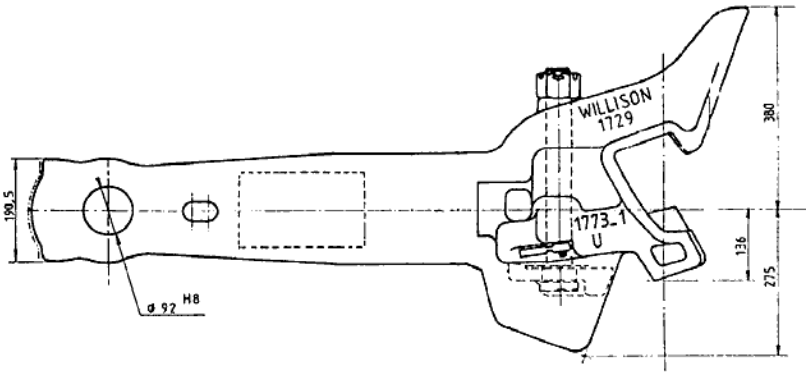
شکل ۳–۱۸ نحوه‌ی استقرار کوپلینگ در داخل گهواره را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۸) نمای بالایی نحوه‌ی استقرار کوپلینگ در داخل گهواره

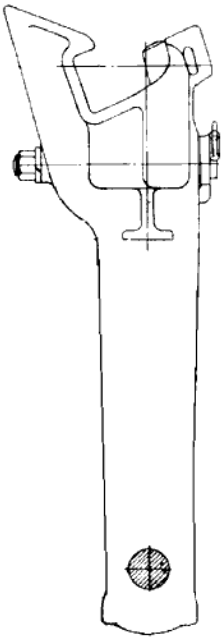
۳-۳-۲-۲- ویلسون (Wilison)

این نوع کوپلینگ برروی حدود ۹۰۰ دستگاه از واگن‌های لبه بلند نصب و در حال استفاده می‌باشد. این کوپلینگ نیز همچون نوع یونی کوپلر قابلیت اتصال به قلاب‌های کشش را نیز داراست. شکل ۳-۱۹ نمایی از یک کوپلینگ ویلسون با نمایش ابعاد اصلی را ارائه می‌دهد.

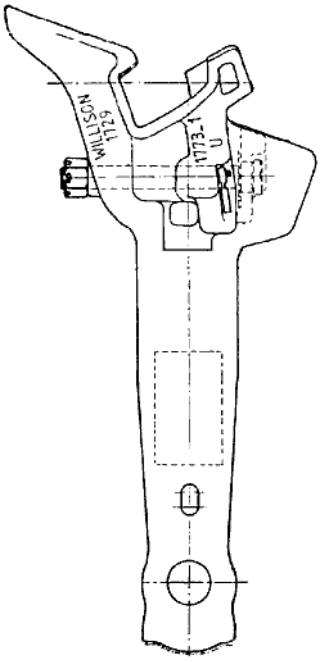


شکل ۳-۱۹) نمایی از یک کوپلینگ ویلسون با نمایش ابعاد اصلی

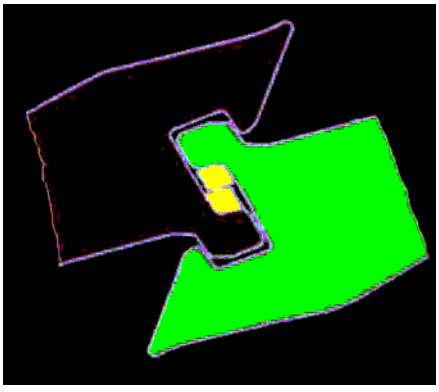
همان گونه که در شکل ۳-۱۹ نیز دیده می‌شود، میله‌ی رزوه شده‌ای که توسط مهره به بخش میانی این نوع کوپلینگ متصل می‌شود، محل استقرار زنجیر قلاب کشش و برقراری ارتباط با واگن مقابل است. یکی از تفاوت‌های بارز این سیستم با نوع یونی کوپلر در آن است که نوع ویلسون فقط دارای یک زبانه بوده و در نتیجه به هر علتی زبانه به عقب هل داده شود، امکان آزاد سازی اتصال وجود دارد. کوپلینگ‌های ویلسون مورد استفاده در ایران به دو نوع فرانسوی و هندی تقسیم می‌شوند که نوع فرانسوی آن روی واگن‌های سری ۸۴۶۰۰۱ تا ۸۴۶۳۹۲ و سری ۸۵۶۰۰ تا ۸۵۶۱۰۰ نصب شده و مشخصه‌اش فک بزرگ آن است. نوع هندی نیز برروی واگن‌های سری ۸۴۶۵۰۱ تا ۸۴۶۹۰۰ نصب شده و در مجموع بدنه‌ی کوچکتری نسبت به نوع فرانسوی دارد. شکل‌های ۳-۲۰ الف و ۳-۲۰ ب شمای دو نوع ویلسون هندی و فرانسوی را نشان می‌دهند.



شکل ۳-۲۰ الف) ویلسون هندی



شکل ۳-۲۰ ب) ویلسون فرانسوی



شکل ۳-۲۱) نمائی از کوپلینگ ویلسون در حالت اتصال(زبانه برنگ قرمز)

۳-۳-۲-۳- روسی (SA3)

این نوع سیستم اتصال از لحاظ شکل ظاهری شبیه به نوع ویلسون است ولی از لحاظ ساختمان و عملکرد با آن تفاوت دارد. این کوپلینگ در اصل ساخت کشور امریکا و تابع استاندارد AAR است که بعداً توسط کشور شوروی سابق مورد استفاده قرار گرفته و توسعه و بهبود یافته و هم اکنون در کلیه‌ی کشورهای مشترک المنافع (CIS) مورد بهره‌برداری می‌باشد که به همین دلیل به آن کوپلینگ روسی گفته می‌شود. در سال‌های اخیر با توجه به ورود واگن‌های اکراینی و طرح روسی به ناوگان باری جمهوری اسلامی ایران، استفاده از این سیستم افزایش یافته است، به گونه‌ای که درحال حاضر حدود ۷۲۰۰ دستگاه واگن مجهز به کوپلینگ SA3 می‌باشند. شکل ۳-۲۲ نمایی از یک و اگن مجهز به کوپلینگ SA3 و شکل ۳-۲۳ دو کوپلینگ SA3 متصل به هم را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۲۲) نمایی از یک واگن مجهز به کوپلینگ SA3

شکل ۳-۲۳) نمایی از دو کوپلینگ SA3 متصل شده و محل استقرار آن در واگن

وجه تمایز این کوپلینگ با نوع ویلسون تیغه‌هایی است که روی بدنه‌ی کوپلینگ SA3 جهت تقویت تعبیه شده است.

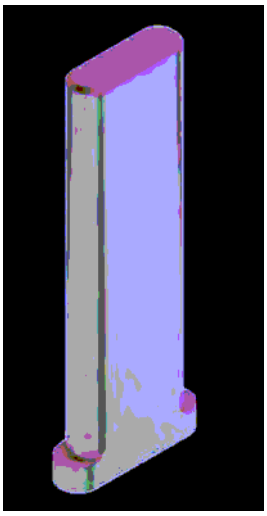
تفاوتهای اصلی کوپلینگSA3 و یونی کوپلر عبارتند از:

۱- در نوع SA3 گهواره‌ی فنری وجود ندارد.

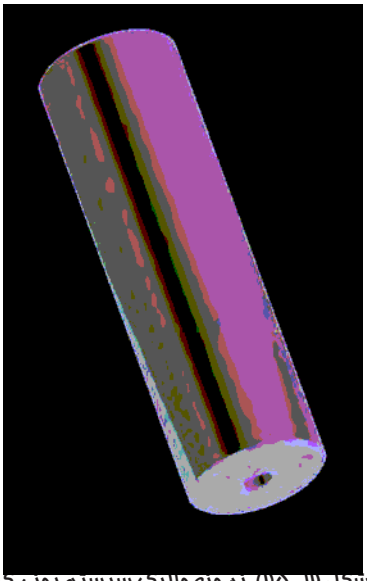
۲- دستگیره‌ی فرمان کوپلینگ‌های یونی کوپلر در دو طرف سرشاسی (پیشانی واگن) قرار دارد ولی در کوپلینگ SA3 یک‌طرفه می‌باشد.

۳- در نمونه‌ی یونی کوپلر می‌توان هم‌زمان با اتصال کوپلینگ، کابل‌های برق و شلنگ‌های هوا را نیز به صورت اتوماتیک متصل نمود که در مورد SA3 چنین امکانی وجود ندارد.

۴- والیک اتصال دهنده‌ی یونی کوپلر به ضربه‌گیر آن به صورت استوانه‌ای و گرد بوده ولی در مورد SA3 تخت (معروف به کتابی) می‌باشد (شکل‌های ۳-۲۴ و ۳-۲۵).



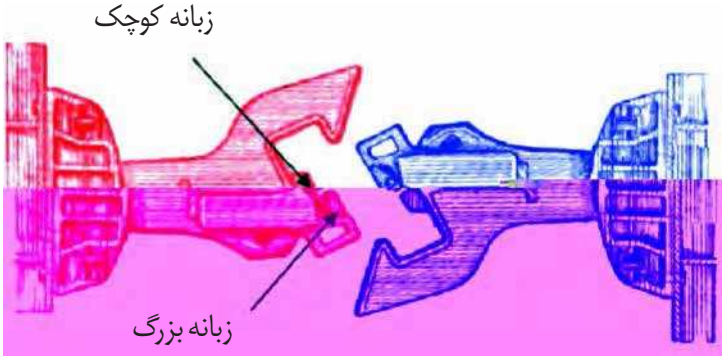
شکل ۳-۲۴) نمونه والیک سیستم روسی



شکل ۳-۲۵) نمونه والیک سیستم یونی کوپلر

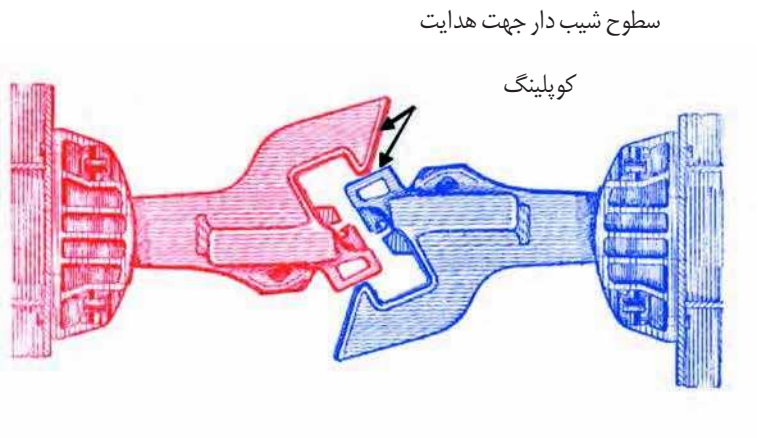
با توجه به اشکال زیر سه وضعیت در مورد اتصال کوپلینگ‌های SA3 به یکدیگر وجود دارد:

در وضعیت اول (شکل ۳-۲۶) کوپلینگ‌ها در حال نزدیک شدن به یکدیگر بوده و زبانه‌ها کاملاً آزادند. جهت اتصال کوپلینگ‌ها لازم نیست که هر دو سیستم در راستای یکدیگر قرار داشته باشند. سرعت لازم جهت اتصال، طبق مقررات و UIC 522-2، بین ۲ تا ۱۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشد.



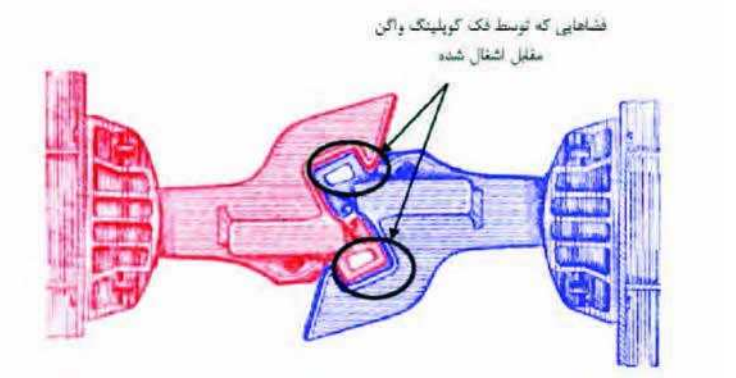
شکل ۳-۲۶) وضعیت ۱

در وضعیت دوم به علت حرکت واگن و ایجاد ضربه، کوپلینگ‌ها به یکدیگر فشار وارد می‌آورند. در این حالت شکل خاص کلگی باعث جابجایی عرضی کلگی شده و زواید و فرو رفتگی‌ها به تدریج داخل یکدیگر قرار می‌گیرند (شکل ۳-۲۷).



شکل ۳-۲۷) وضعیت ۲

در وضعیت سوم با هدایت سطوح شیبدار، فک‌ها داخل یکدیگر فرو رفته و اتصال دو کوپلینگ را به وجود می‌آورند. طراحی و ابعاد کوپلینگ به گونه‌ای است که در حین اتصال، زبانه‌ی بزرگ یکی در مقابل زبانه‌ی کوچک سیستم مقابل قرار گرفته و آن را به عقب می‌راند. با استفاده از فضای آزاد ایجاد شده در اثر این عمل، فک‌های کوپلینگ‌ها داخل یکدیگر شده و با جابجایی آنها زبانه‌های کوچک به محل قبلی خود باز می گردند. این کار باعث قفل شدن زبانه‌های بزرگ و تحت فشار قرار گرفتن آنها شده و از آزادسازی خودبه‌خودی جلوگیری به عمل می‌آورد. به عبارت دیگر فضای خالی داخل یک فک با فک کوپلینگ واگن مقابل اشغال شده وباعث تحت فشار قرار گرفتن زبانه‌ها می گردد (شکل ۳-۲۸).

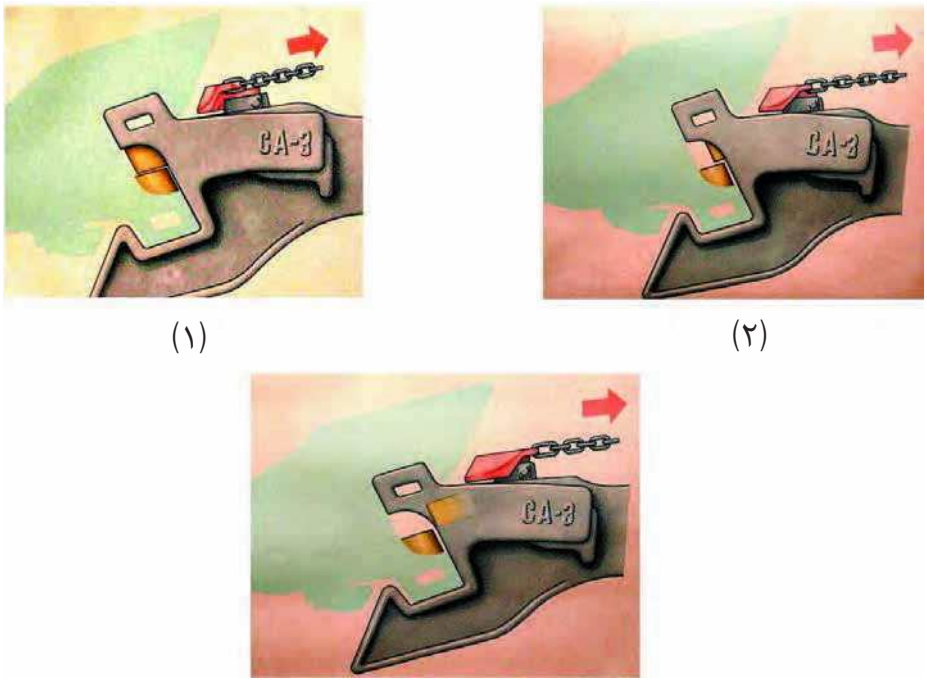


شکل ۳-۲۸) وضعیت ۳

همان گونه که در شکل ۳-۲۹ مشاهده می‌شود، شاخص؛ میله یا تسمه‌ای قرمز رنگ است که با اتصال کامل کوپلینگ از مقر خود خارج شده و نشان دهنده‌ی آن است که اتصال کوپلینگ‌ها برقرار گردیده است.

شکل ۳-۲۹) شاخص برقراری اتصال کامل

جهت آزادسازی اتصال کافی است میله‌ی فرمان یکی از واگن‌ها به سمت بالا حرکت داده شود. این میله به زبانه‌ی بزرگ متصل بوده و با حرکت آن زبانه‌ی بزرگ نیز حرکت کرده و فضای خالی بین فک‌ها به وجود می‌آید. با کشش واگن‌ها به طرفین و به کمک سطوح شیبدار، کوپلینگ‌ها آزاد می‌گردند (شکل ۳-۳۰).



(۱) (۲)

(۳)

شکل ۳-۳۰) مراحل آزادسازی کوپلینگ

۳-۴- ضربه گیر

یکی از مهمترین بخش‌های سیستم‌های اتصال واگن، «ضربه گیر» بوده و همان گونه که از نام گذاری آن نیز استنباط می‌شود، وظیفه‌ی این بخش مستهلک کردن انرژی ضربه و یا کاهش آن است. مشخصه‌ی

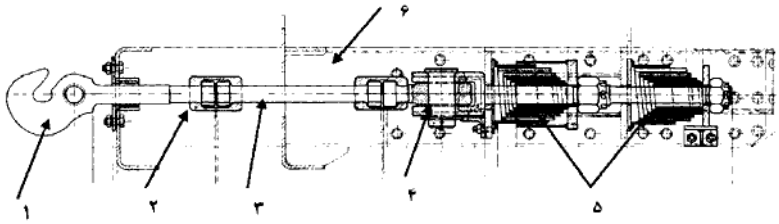
هر سیستم ضربه گیر مقدار ظرفیت جذب انرژی یا توان آن است. لذا برای هر نوع واگن، با توجه به نوع سیستم اتصال و کاربری آن، ضربه گیر خاصی به کار می‌رود. جدول ۳-۱ به صورت خلاصه، انواع سیستم اتصال و ضربه گیر مربوطه را نشان می‌دهد. (در بخش ۳-۲، راجع به اصطلاحات مهم و کاربردی همچون انرژی ، نیرو و ..... صحبت شده، در صورت نیاز مجدداً به آن قسمت مراجعه شود)

جدول ۳-۱) به صورت خلاصه، انواع سیستم اتصال و ضربه‌گیر مربوطه

سیستم اتصال واگن	نوع ضربه گیر
زنجیری (کشش)	فنر حلزونی
	رینگ فدر
یونی کوپلر	ماینر
	رینگ فدر
ویلسون	ویلسون
روسی (SA3)	فنر لول

۳-۴-۱- ضربه گیر با فنر حلزونی

این نوع ضربه گیر جزء ابتدایی ترین سیستم‌ها محسوب شده و روی کلیه‌ی واگن های دو محوره مورد استفاده قرار می گرفته است. در نمونه های اولیه، دو قلاب دو طرف واگن به یک ضربه گیر متصل بودند و به تدریج ضربه گیرهای مستقل برای هر قلاب جایگزین گردیدند. شکل ۳-۳۱ یک قلاب با ضربه گیر دارای فنر حلزونی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۱) قلاب با ضربه‌گیر دارای فنر حلزونی

اجزای سیستم اتصال زنجیری با ضربه گیر فنر حلزونی مطابق شکل ۳-۳۱ عبارتند از:

۱- چنگک قلاب

۲- یاتاقان

۳- میله‌ی رابط

۴- والیک اتصال قلاب و ضربه گیر

۵- ضربه گیر

۶- شاسی واگن

شکل ۳-۳۲ ساختمان یک ضربه گیر دارای فنر حلزونی را نشان می‌دهد. اجزاء این ضربه گیر مطابق شکل عبارتند از:

۱- میله‌ی کشش قلاب

۲- صفحه‌ی (نبشی) راهنمای میله‌ی کشش

۳ و ۸ - صفحه‌ی تکیه گاه

۴ و ۹ - فنر حلزونی

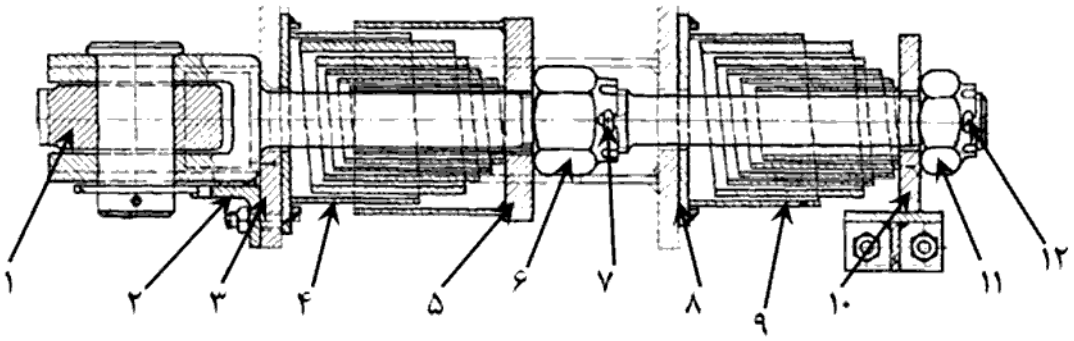
۵- صفحه‌ی ضربه گیر جلوی فنر

۶- مهره‌ی چاکدار M64

۷ و ۱۲– اشپیل های نگهدارنده‌ی مهره

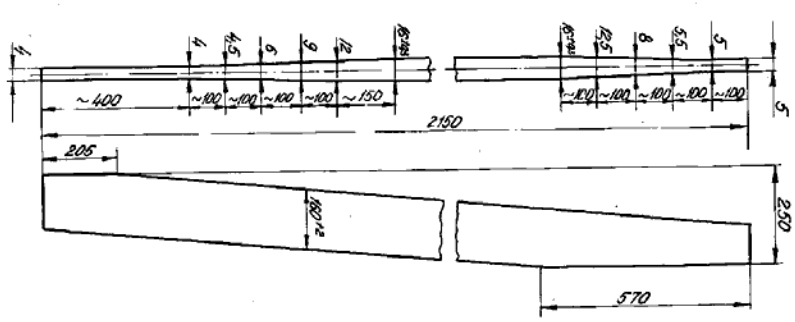
۱۰– صفحه‌ی هادی میله (پشت فنر)

۱۱– مهره‌ی چاکدار M52

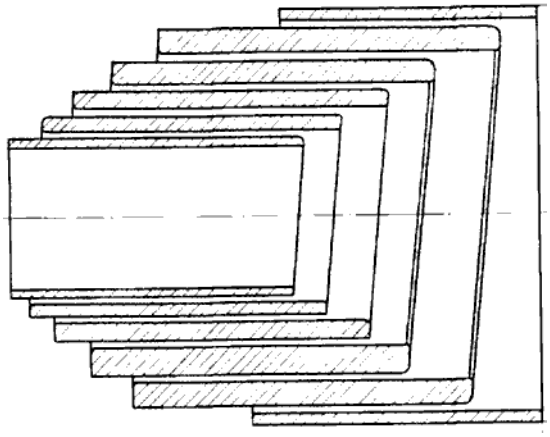


شکل ۳-۳۲) اجزای مختلف یک ضربه‌گیر دارای فنر حلزونی

فنر حلزونی (قطعات شماره ۴ و ۹) که مهمترین بخش مجموعه‌ی ضربه گیر بوده و وظیفه‌ی انعطاف پذیری را به عهده دارد، یک ورق است که حول محور مرکزی پیچیده شده و قاعده‌ی بزرگتر آن در صفحه تکیه گاه استقرار می‌یابد (قطعات ۳ و ۸). شکل ۳-۳۳ ورق فنر حلزونی قبل از پیچیده شدن و شکل ۳-۳۴ آن را بعد از پیچیده شدن نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۳) ورق فنر حلزونی قبل از پیچیده شدن

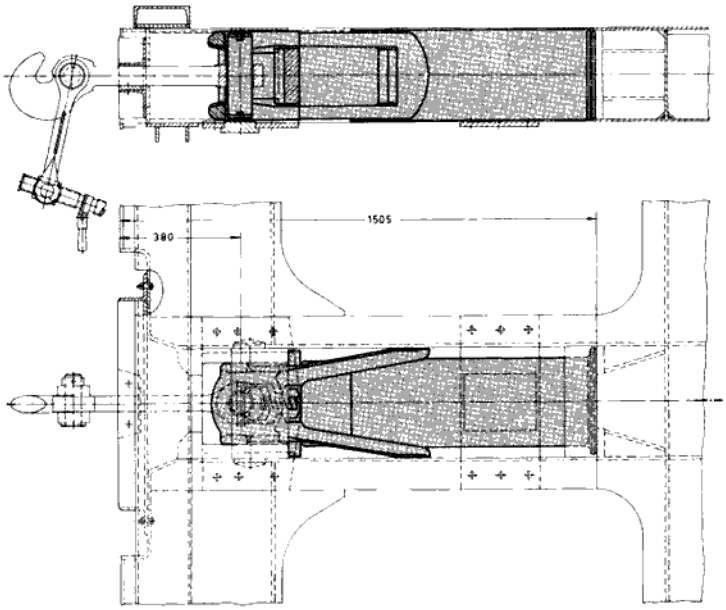


شکل ۳-۳۴) مقطع فنر کامل (پیچیده شده)

همان گونه که در اشکال فوق مشاهده می شود، ضخامت این ورق یکسان نبوده و تقریباً در وسط بیشترین ضخامت را دارد (اندازه ها بر حسب میلیمتر است).

۳-۴-۲- ضربه گیر رینگ فدر

با توجه به جدول شماره‌ی ۱، مشاهده می شود ضربه گیر نوع رینگ فدر بیشترین کاربرد را دربین انواع دیگر دارد و اضافه بر سیستم اتصال اتوماتیک در نوع غیر اتوماتیک نیز نصب می گردد. فنرهای اصطکاکی RINGFEDER در بخش مهندسی مکانیک زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که انرژی های جنبشی بالایی باید جذب و تعدیل شوند. تصویر ۳-۳۵ شماتیکی از قلاب زنجیری، ضربه گیر رینگ فدر و جانمایی آن در شاسی را نشان می دهد.



شکل ۳-۳۵) شماتیکی از قلاب زنجیری، ضربه‌گیر رینگ فدر و جانمایی آن در شاسی

رینگ فدر (RINGFEDER) نام تجاری شرکت آلمانی سازنده‌ی تجهیزات سیستم‌های اتصال است که خود نیز منشعب از یک شرکت سوئدی تولید کننده‌ی تجهیزات کوپلینگ‌های اتوماتیک هستند. بخش‌های مختلف سیستم ضربگیر رینگ فدر عبارتند از:

۱- پوسته‌ی بیرونی

۲- پوسته‌ی داخلی

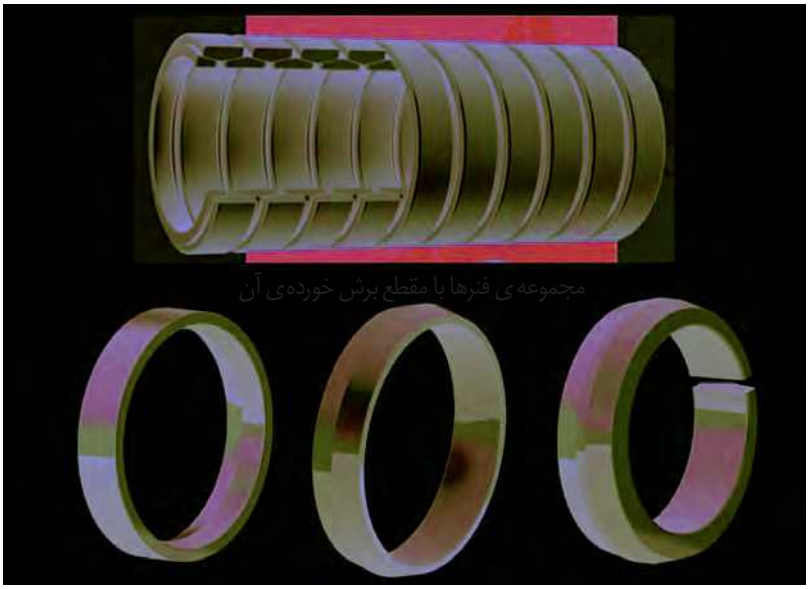
۳- رینگ‌ها (شامل رینگ داخلی، رینگ بیرونی و رینگ چاکدار)

۴- نیم کاسه‌های نگهدارنده‌ی فنر

۵- میله‌ی رزوه شده به همراه مهره‌ها

پوسته‌های بیرونی و داخلی درواقع محفظه‌هایی جهت استقرار مجموعه‌ی فنر بوده واز جنس فولاد می‌باشند.

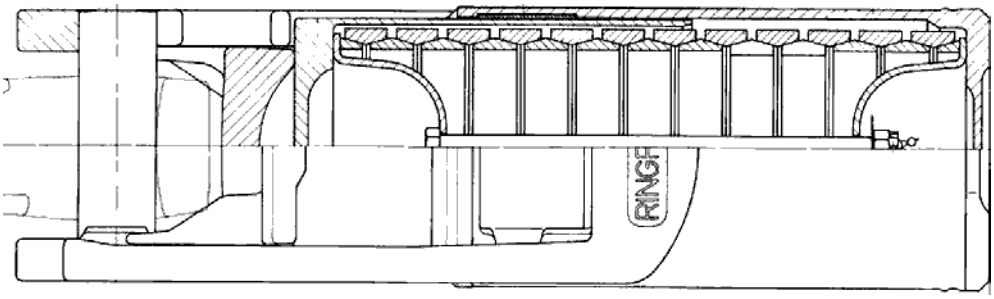
مهمترین بخش ضربگیرهای رینگ فدر، مجموعه‌ی فنری یا حلقه‌های آن است. شکل ۳-۳۶ نمای برش خورده‌ی یک فنر رینگ‌فدر به همراه تصویر جداگانه‌ی حلقه‌های به کار رفته در آن را نشان می‌دهد.



رینگ چاکدار رینگ داخلی رینگ خارجی

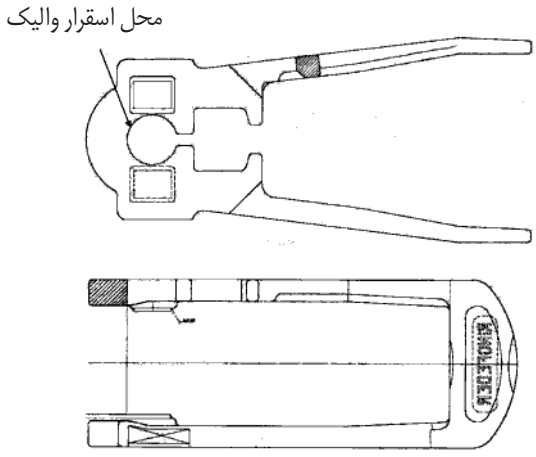
شکل ۳-۳۶) نمای برش خورده‌ی یک فنر رینگ‌فدر به همراه تصویر جداگانه‌ی حلقه‌های به کار رفته در آن

شکل ۳-۳۷ نیز شماتیک یک فنر رینگ‌فدر را نشان می‌دهد. این مجموعه تشکیل شده از ۱۲ عدد حلقه‌ی بیرونی، ۹عدد حلقه‌ی داخلی، ۲ عدد حلقه‌ی چاکدار و ۲عدد نیم رینگ (نصف حلقه‌ی داخلی) که بوسیله‌ی دو عدد نیم کاسه و یک عدد پیچ و مهره، به صورت تحت فشار روی هم قرار گرفته و به عنوان یک مجموعه آماده‌ی قرار گرفتن در محفظه‌ی مربوطه می گردد.

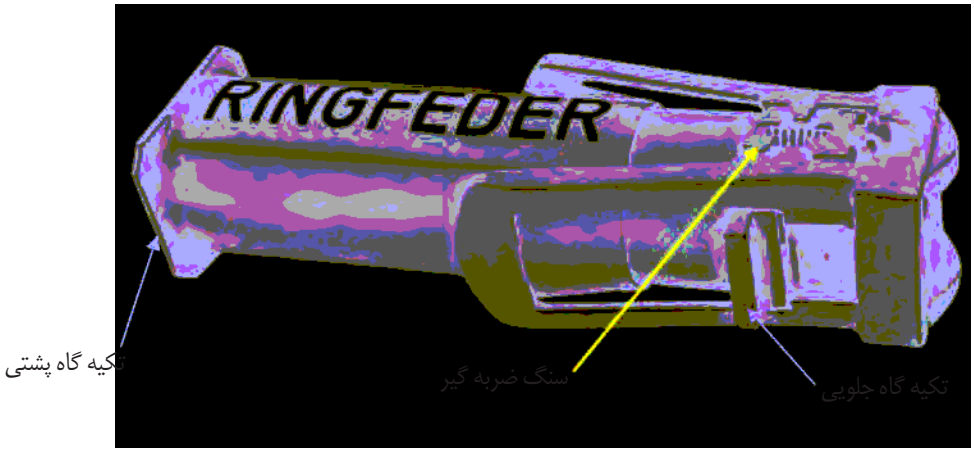


شکل ۳-۳۷) شماتیک یک فنر رینگ فدر

قطعه‌ی دیگری که در این قسمت به معرفی آن می پردازیم، یو (U) ضربگیر است. این قطعه در واقع رابط بین ضربگیر و کوپلینگ بوده و به وسیله‌ی والیک اصلی قلاب (اشکال۳-۲۴ و ۳-۲۵)، این ارتباط را به وجود می آورد.



شکل ۳-۳۸) یو (U) ضربه‌گیر



شکل ۳-۳۹) ضربه‌گیر نصب شده در یو (U)

در شکلهای ۳-۳۸ و ۳-۳۹، به ترتیب یو (U) ضربگیر و ضربگیر نصب شده در آن مشاهده می‌شود. عملکرد این مجموعه به این صورت است که زمانیکه کوپلینگ تحت کشش قرار می گیرد (معمولاً در ابتدای حرکت) بعلت متصل بودن به یو، از طریق والیک اصلی ، یو نیز تحت کشش قرار می گیرد و بدنبال آن ضربگیر نیز کشیده میشود ولی با توجه به تکیه گاه های جلویی، حرکت ضربگیر محدود شده و در نتیجه فشرده میشود. مجدداً در حالتیکه که کوپلینگ در حالت فشرده شدن یا اصطلاحاً ضربات فشاری است (معمولاً در زمان کاهش سرعت)، یو با استفاده از سنگ قلاب ضربگیر را فشار میدهد و با توجه به اینکه انتهای ضربگیر به تکیه گاه پشتی محدود شده، مجموعه ضربگیر فشرده میشود. بطور خلاصه ضربات فشاری یا کششی روی کوپلینگ منجر به فشرده شدن ضربگیر میگردد. در پایان این بخش ذکر این نکته ضروری است که ضربگیرهای ماینر و ویلسون دارای عملکردی شبیه به رینگ فدر هستند با این تفاوت که بخش انعطاف پذیر آنها لاستیک میباشد.

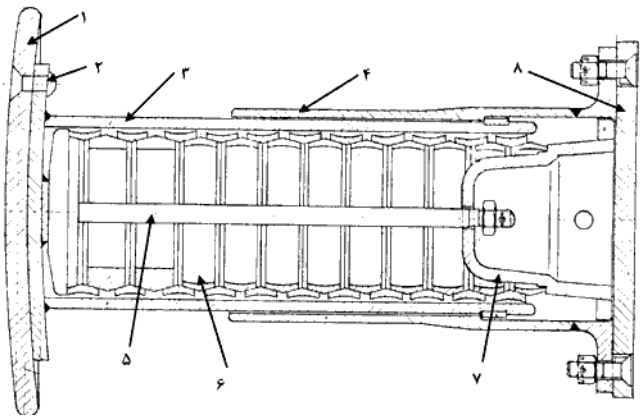
۳-۵- تامپون

تامپون (Buffer) بخشی از سیستم اتصال است که در دو طرف کوپلینگ روی هر سرشاسی نصب گردیده و برای سیستم غیر اتوماتیک، اجباری و برای سیستم اتوماتیک، اختیاری می‌باشد. تامپون از لحاظ ساختار شبیه به سیستم ضربگیر بوده و به دو صورت رینگ‌فدر و فنر حلزونی می‌باشد. با توجه به اینکه در فصل گذشته مفصلاً در مورد این دو نوع ضربه گیرصحبت شده، از تکرار آن خودداری می گردد (طبق UIC شماره‌ی ۱-۵۲۶ واگنهایی که از سال ۱۹۸۵ میلادی به بعد ساخته شده‌اند می‌بایست مجهز به تامپون با کورس ۱۰۵ میلیمتر باشند).

تقسیم‌بندی تامپون، طبق استاندارد فوق الذکر، براساس مقدار جذب انرژی و کورس است که در جدول زیر مشاهده می‌شود.

نوع تامپون	مقدار جذب انرژی (برحسب KJ)
A	≥ ۳۰
B	≥ ۵۰
C	≥ ۷۰

در حال حاضر تامپون‌های نصب شده برروی واگنهای باری از لحاظ کورس به دو دسته‌ی ۷۵ و ۹۰ میلیمتر تقسیم می‌شوند. شکل ۳-۴۰ مقطع برش خورده‌ی یک تامپون را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۰) مقطع برش خورده‌ی یک تامپون رینگ فدر

بخش‌های تشکیل دهنده‌ی یک تامپون رینگ فدر به شرح زیر است:

۱- سپر

۲- پرچ اتصال سپر (در بعضی از انواع این اتصال توسط جوشکاری انجام می‌شود)

۳- پوسته یا غلاف داخلی

۴- پوسته یا غلاف خارجی

۵- میله رزوه شده‌ی نگهدارنده‌ی مجموعه‌ی فنر

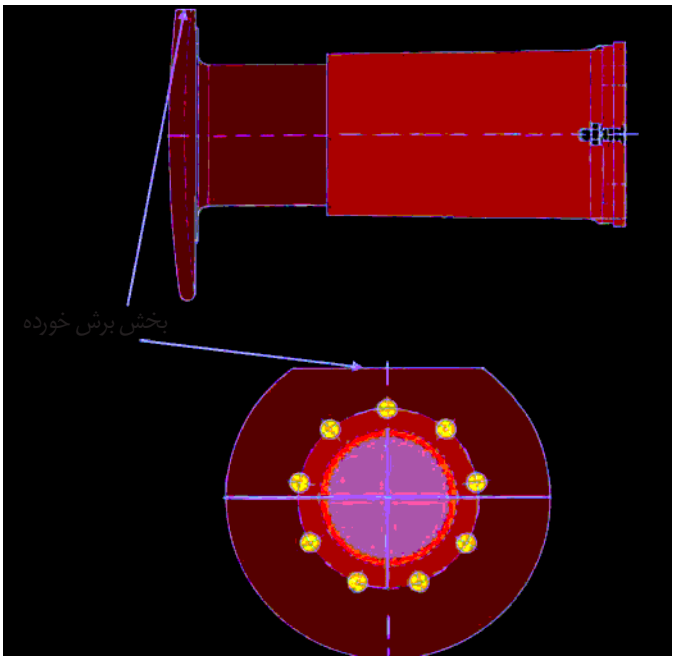
۶- مجموعه‌ی فنر (شامل رینگ‌های داخلی، خارجی و چاکدار)

۷- نیم کاسه نگهدارنده‌ی فنرها

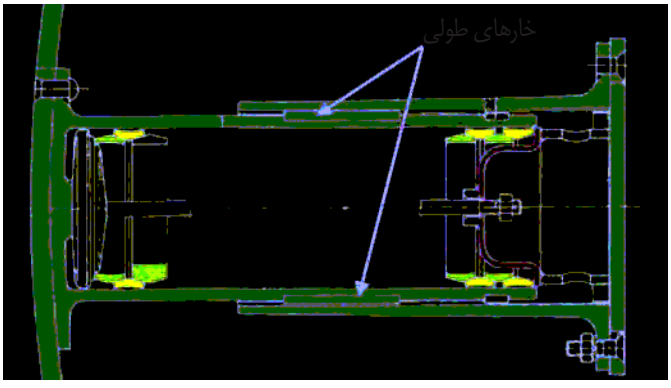
۸- صفحه‌ی پشتی تامپون

نکته‌ای که در مورد تامپون و یا اصولاً هر مجموعه‌ی فنری باید در نظر داشت، آن است که فنرها، قبل از قرار گرفتن در محل مربوطه، می‌بایست تحت یک پیش تنیدگی یا پیش فشردگی مشخص قرار گیرند (در مورد فنرهای کششی تحت پیش کشش). مقدار پیش‌فشردگی در در مورد تامپون‌های واگن‌های باری ۲۰ KN می‌باشد. بدین معنی که بعد از چیدن فنرها به تعداد لازم روی یکدیگر و گریسکاری، این مجموعه با نیروی ۲۰ KN توسط پرس فشرده شده و به وسیله‌ی نیم کاسه و میله‌ی نشان داده شده در شکل ۳-۴۰، مهار می گردد.

برخی از انواع واگن‌ها، مانند واگن‌های لبه کوتاه و مسطح، به خاطر این که در مواقع خاص می‌بایست از درب‌های کلگی واگن جهت بار گیری و تخلیه استفاده نمود، دارای تامپون با سپر برش خورده می‌باشند. بدین جهت بین غلاف خارجی و داخلی، یک خار طولی قرار گرفته که از چرخش احتمالی تامپون و در نتیجه به هم خوردن موقعیت بخش برش خورده‌ی سپر، جلوگیری می‌نماید. شکل ۳-۴۱ شماتیک یک تامپون با سپر برش خورده و شکل ۳-۴۲ موقعیت خارهای طولی را در تامپون نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴۱) شماتیک یک تامپون با سپر برش خورده



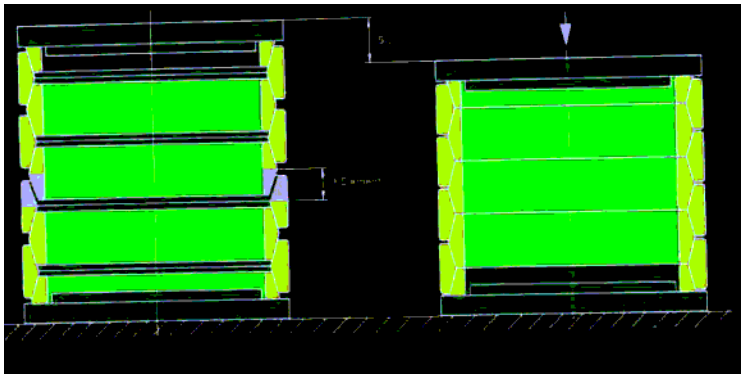
شکل ۳-۴۲) موقعیت خارهای طولی در تامپون

۳-۶- تشریح فنر اصطکاکی RINGFEDER

فنرهای اصطکاکی RINGFEDER در بخش مهندسی مکانیک، زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که انرژیهای جنبشی بالایی باید جذب و میرا شده و یا فضای کمی برای نیروهای بزرگ وجود دارد.

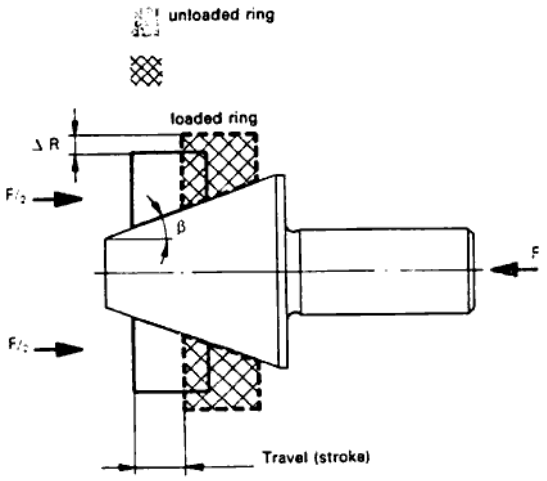
۳-۶-۱- مشخصه ها

فنرهای اصطکاکی RINGFEDER شامل حلقه های بیرونی و داخلی بسته با سطوح تماس مخروطی هستند. شکل ۳-۳۵ بخشی از یک فنر اصطکاکی را نشان می دهد. یک المان فنر به یک سطح مخروطی ساده، یعنی نیمه‌ی یک رینگ داخلی و نیمه‌ی یک رینگ بیرونی، اطلاق می شود. به عنوان مثال فنر نشان داده شده در شکل ۳-۳۴ شامل هشت المان است .



شکل ۳-۴۳) بخشی از یک فنر اصطکاکی

وقتی که ستون فنر به صورت محوری بارگذاری می شود، سطوح به علت افزایش قطر رینگ های بیرونی و کاهش قطر رینگ های داخلی، هم پوشانی پیدا می کنند. برای توضیح این پدیده یک مخروط فولادی و یک حلقه‌ی الاستیکی ساخته شده، مثلاً از مواد ترکیبی (شکل ۳-۴۴) را تصور کنید. وقتی که بار F به مخروط اعمال شده و داخل حلقه‌ی پلاستیکی را فشار می دهد، باعث انبساط آن می گردد. مقدار حرکت رینگ ها بر روی یکدیگر متناسب با ($\Delta R/\tan\beta$) می باشد.



شکل ۳-۴۴) مخروط فولادی و حلقه‌ی الاستیکی

برای تولید فنرهای اصطکاکی RINGFEDER، حلقه‌های بیرونی و داخلی از فولاد فنر ساخته می‌شوند. اعمال بارهای بزرگ باعث ایجاد تغییر شکل الاستیک حلقه‌های خارجی و حلقه‌های داخلی به اندازه‌ی ΔR می‌شود. فرمول زیر برای مقدار جابجایی یک المان استفاده می‌شود که در آن Se مقدار جابجایی یک المان فنر است.

$$S_e = (\Delta R + \Delta R) / \tan\beta$$

برای نشان دادن مقدار تغییر شکل، قطر متوسط Dm = 200 mm برای حلقه‌ی بیرونی با یک تنش کششی مجاز ی $\delta Z = 1100\ N / mm^2$ را در نظر می گیریم.

$$\Delta R = (\delta Z / E).(Dm / 2) \approx 0.52\ mm$$

برای حلقه‌ی داخلی نیز تنش فشاری مجاز $\delta Z = 1100\ N / mm^2$ با قطر متوسط Dm = 180 mm را در نظر می گیریم.

$$\Delta R = (\delta d / E).(Dm / 2) \approx 0.58\ mm$$

لازم به ذکر است که در روابط فوق E نشان دهنده‌ی مدول یانگ برای فولاد فنر مورد استفاده بوده و مقدار آن برابر با $210000\ N/mm^2$ است.

بنابراین از آنجایی که نیروی فنری با تعداد المانها تغییر نمی کند، جابجایی کلی یک فنر اصطکاکی برآیند تعداد المان ها می‌باشد.

۳-۶-۲- الگوی تنش در حلقه ها

در مقایسه با انواع دیگر فنرها، تنش های محیطی تقریباً به صورت یکنواخت در تمام سطح مقطع فنر اصطکاکی RINGFEDER توزیع می شود. بنابراین هر المان فنر اصطکاکی RINGFEDER به طور یکنواخت مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه وزن فنر کمتر از انواع دیگر فنرها (یعنی فنرهای تیغه‌ای، دیسکی، حلزونی، مارپیچ، میله های پیچشی، دندانه‌ای و غیره) می شود که اندازه‌ی سطح مقطعشان مطابق با حداکثر تنش محیطی طراحی شده در حالی که مناطق میانی بدون تنش باقی می مانند.

۳-۶-۳- میرایی فنر اصطکاکی RINGFEDER

ویژگی اختصاصی فنر اصطکاکی RINGFEDER، میرا کردن اصطکاکی حدود دو سوم انرژی به وجود آمده است. البته در نمودار نیروی جابجایی فنر اصطکاکی RINGFEDER امکان کاهش این میرایی، مثلاً با تغییر روانکار، وجود دارد.

۳-۶-۴- روانکاری (روغنکاری)

قبل از نصب، سطوح لغزشی رینگ ها توسط گریس مخصوص روانکاری می شود (از روانکار با عمر بالا استفاده می شود). روغن های معدنی، برای روانکاری فنر اصطکاکی RINGFEDER، روانکارهای مناسبی هستند.

۳-۶-۵- اندازه‌های ساخت

فنرهای اصطکاکی RINGFEDER می‌توانند در هر اندازه‌ای تولید شوند. برنامه‌های استاندارد تولیدی، فنرهایی از قطر ۱۸ تا ۴۰۰ میلیمتر با نیروی ۵ تا ۱۸۰۰ کیلو نیوتن را پوشش می‌دهند. بزرگترین فنرهای اصطکاکی RINGFEDER موجود برای نیروهایی به بزرگی ۵۰۰۰ kN طراحی شده‌اند.

۳-۶-۶- محدوده‌ی کاربرد

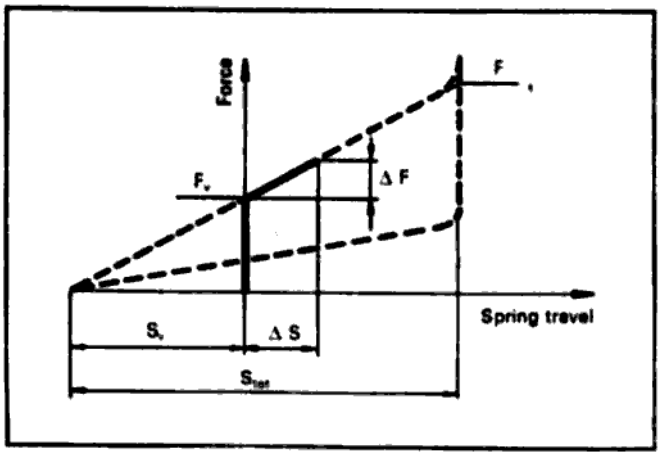
فنرهای اصطکاکی RINGFEDER در محدوده‌ی بسیار گسترده‌ای از تجهیزات عمومی مهندسی مکانیک به کار می‌رود. برای توازن نیرو، فنرهایی برای توازن شاسی و فنرهایی برای توازن جابجایی مواردی از کاربرد این فنرها هستند. هرچند این دسته‌بندی همیشه نمی‌تواند اعمال شود و در بسیاری از موارد، فنر به طور همزمان برای چند منظور استفاده می‌شود. دسته‌بندی فوق به طور مختصر در زیر شرح داده می‌شود.

۱- فنر برای توازن نیرو

به آنهایی اطلاق می‌شود که کاربردشان ارتباط بین نیروها و جابجایی فنر را پوشش داده و کار فنر به خاصیت جذب انرژی در فنر ارتباطی ندارد. این حالت به عنوان مثال برای زمانی است که فنر به عنوان وسیله‌ی اندازه‌گیری نیرو عمل می‌کند و یا یک کلید بعد از اعمال مقدار معینی از جابجایی فنر، که با نیروی فنر ارتباط دارد، عکس العمل نشان می‌دهد.

بالانس نیرو ، همچنین شامل مواردی می‌شود که فنر به عنوان وسیله‌ی محافظت بار بیش از حد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اجزای چنین سیستم‌هایی یک فنر وجود دارد که با نیروی Fv پیش فشرده شده است (شکل ۳-۴۵). اگر نیرو کمتر از Fv باقی بماند فنر همچون یک ستون صلب عمل کرده و اگر این مقدار افزایش یابد فنر به میزان Δs می‌تواند تغییر شکل الاستیک پیدا کند. این تغییر شکل می‌تواند یک سیستم محافظ را به کار انداخته و یا هشدارهای مورد نیاز را به کاربران دستگاه ارائه دهد. باید دقت شود که

وقتی فنر به عنوان وسیله‌ی محافظت در مقابل بار بیش از حد مورد استفاده قرار می گیرد، نیروی پیش تنیدگی Fv از ۵۰ ٪ نیروی کاری فنر بیشتر نشود.



شکل ۳-۴۵) فنر برای توازن نیرو

۲- فنر برای توازن انرژی

در این مورد فنر به صورت یک جذب کننده‌ی ضربه عمل می کند که تمامی یا بخشی از انرژی جنبشی جرم در حال حرکت را باید جذب کند. این همان مورد استفاده در ضربه گیرهای سیستم های اتصال واگن ها است. فنر ضربه گیر باید ابتدا با در نظر گرفتن مقدار انرژی که باید جذب شود انتخاب شده و پس از آن نیروی ضربه مجاز تعیین گردد.

$\delta Z = 1100\ N/mm^2$

۳- فنر برای توازن جابجائی

گاهی فنر برای تعیین تغییرات مجاز در فاصله جدایی دو جزء یک مجموعه به صورت توازن حرکت، به عنوان مثال به جهت انبساط حرارتی یا سایش، نصب می شود.

فصل چهارم

ترمزگیری در واگن‌های باری

۴-ترمزگیری در واگن های باری

۴-۱- مقدمه

وسیله‌ای را در نظر بگیرید که بیش از ۱۵۰۰ متر طول دارد. این وسیله آنقدر طویل است که ممکن است در حالی که قسمت جلوی آن در حال بالا رفتن از یک فراز است، قسمت عقبی آن در حال پایین آمدن از یک شیب باشد. همچنین ممکن است قسمتهای جلویی و عقبی در حال گردش به چپ باشند در حالی که قسمت میانی آن در حال گردش به راست است. طول چنین وسیله‌ای بیشتر از ۵۰۰ برابر عرض آن است. اکنون در نظر بگیرید این وسیله بیش از ۴۰۰۰ تن وزن داشته باشد و بار آن شامل وسایلی مانند، تلویزیون، مواد غذایی، مواد سمی و ... باشد. سرعت حرکت این وسیله را در حدود ۹۰ Km/h در نظر بگیرید و چنین فرض کنید که راننده‌ی آن قصد متوقف کردنش را داشته باشد.

انجام عملیات متوقف کردن وسیله‌ای با مشخصات گفته شده، بسیار مشکل و پیچیده است. هرچند این عمل روزانه بارها و بارها در بسیاری از خطوط راه‌آهن نقاط مختاف جهان اتفاق می‌افتد. این وسیله می‌تواند هر قطار باری که در حال سیر در هر کجای این کره‌ی خاکی است، باشد.

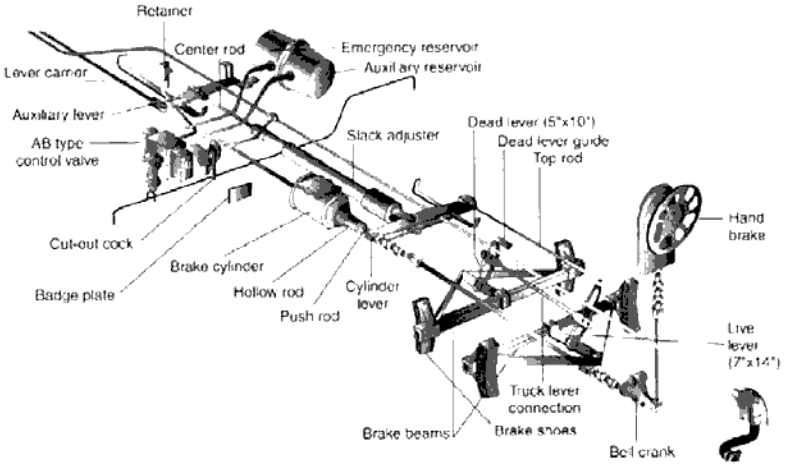
در این فصل کمی در خصوص اصول ترمزگیری قطارها صحبت می کنیم و در نهایت تجهیزات نسبتا ساده‌ای را معرفی می‌نماییم که در تعامل با یکدیگر و با مهارت لکوتیورانی ورزیده، روزانه هزاران بار عملیات پیچیده‌ی متوقف کردن قطارها را به سادگی انجام می‌دهند.

۴-۲- اصول ترمزگیری

ترمزگیری را می‌توان به عنوان یک فرآیند تبدیل انرژی در نظر گرفت. یک واگن در حال حرکت دارای مقدار معینی انرژی جنبشی است. انجام عمل ترمزگیری سبب کاهش سرعت واگن می‌شود و این بدین معنی است

که انرژی جنبشی واگن کاهش می‌یابد. پس برای کاهش دادن سرعت یک واگن لازم است تا انرژی جنبشی آن به مقدار مناسبی کاهش یابد. ساده‌ترین راه کاهش انرژی جنبشی تبدیل آن به حرارت به وسیله‌ی تماس دادن جسمی به چرخ یا دیسک در حال دوران است. به واسطه‌ی اصطکاک به وجود آمده توسط این تماس، انرژی جنبشی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. با کاهش انرژی جنبشی، سرعت واگن نیز کاهش می‌یابد. در صورت صفر شدن این انرژی، واگن متوقف می گردد. بخش عمده‌ی قطارهای باری به سیستم ترمزی مجهز هستند که در آنها از هوای فشرده به عنوان نیروی هل دهنده‌ی بلاک ترمز (کفش ترمز) به سمت چرخ و یا لنت به سمت دیسک، استفاده می‌شود. این سیستم‌ها تحت عنوان «ترمزهای هوایی» یا «ترمزهای پنوماتیکی» شناخته می‌شوند. در حال حاضر انواع مختلفی از سیستم‌های ترمز هوایی در قطارها استفاده می‌شوند که در بخش‌های کنترلی، تجهیزات کمکی و سطح فشار کاری با یکدیگر متفاوتند. به همین دلیل استانداردهای مختلفی در شبکه‌های راه‌آهن گوناگون، مورد نیازند.

در شکل ۱-۴ نمونه‌ای از تجهیزات ترمز هوایی مورد استفاده در نوعی واگن باری، نشان داده شده است. نیروی ترمزی تولید شده به وسیله‌ی سیلندر ترمز از طریق یک سیستم اهرم‌بندی به بوژی‌ها منتقل می‌شود. سپس این نیرو از طریق سیستم اهرم‌بندی موجود در بوژی‌ها به سمت چرخ هدایت می گردد.



شکل ۴-۱) نمونه‌ای از تجهیزات ترمز هوایی مورد استفاده در واگن‌های باری

۴-۲-۱- محاسبه‌ی نیروی کفش ترمز

نیروی اعمال شده از طریق کفش ترمز به چرخ‌ها؛ به نیروی تولید شده توسط پیستون سیلندر ترمز، ضریب اهرم‌بندی کل (ضریبی که به واسطه‌ی به کارگیری اهرم‌بندی، در نیروی تولید شده توسط پیستون سیلندر ترمز ضرب می‌شود) و نیروهایی که توسط فنرهای خودکار ترمز اعمال می‌شوند، بستگی دارد. این ارتباط با رابطه‌ی ۴-۱ نشان داده شده است.

$$F_B = F_{CT} \cdot i_t - (F_R \cdot i_b) \qquad (۱-۴)$$

که در آن F_B نیروی کفش ترمز؛ F_{CT} نیروی تولید شده توسط پیستون سیلندر ترمز؛ i_t ضریب اهرم‌بندی کل، F_R نیروی مقاومی که از جانب خودکار ترمز اعمال می‌شود و i_b ضریب اهرم‌بندی بوژی می باشد. نیروی سیلندر ترمز نیز از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$F_{CT} = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot P_C \qquad (۲-۴)$$

که در آن D قطر موثر پیستون و P_C فشار هوای داخل سیلندر می‌باشد. نیروی موثر کفش ترمز که به چرخ اعمال می‌شود، به طور طبیعی کمتر از مقدار نیروی کفش ترمز محاسبه شده در بالا می‌باشد. این کاهش به دلیل اصطکاک موجود در اتصالات سیستم اهرم‌بندی است. چنانچه بخواهیم اثرات این اصطکاک‌ها را نیز در نظر بگیریم، می‌توانیم از پارامتری به عنوان کارآیی سیستم اهرم‌بندی (η) استفاده کنیم. در این صورت نیروی کفش ترمز موثر به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F_{Beff} = F_B \cdot \eta \qquad (۳-۴)$$

۴-۲-۲- زمان ترمزگیری و آزادسازی

زمان ترمزگیری، زمان مورد نیاز برای افزایش فشار تا حد تعیین شده در سیلندر ترمز و زمان آزادسازی، زمان مورد نیاز برای تخلیه‌ی سیلندر ترمز می‌باشد. بهترین حالت این است که ترمز در تمام واگن های یک قطار به طور هم‌زمان اعمال شود. رسیدن به این حالت، در صورت استفاده از سیستم کنترل ترمز الکتریکی، ساده

است. اما در سیستم هایی که کاملاً به صورت پنوماتیکی عمل می کنند و فرمان ترمزگیری یا آزادسازی باید از طریق لوله‌ی هوای تعبیه شده در سرتاسر قطار انتقال یابد، رسیدن به این وضعیت کار ساده‌ای نیست. این مسئله به دلیل زمان عکس العملی است که به دلیل سرعت انتشار موج در داخل سیستم هوای فشرده، محدودیت هایی را اعمال می کند.

در راه‌آهن های باری امروزی، به دلیل نیاز به کارآیی بیشتر در سیستم بهره‌برداری، لازم است که زمان های ترمزگیری و آزادسازی کاهش یافته و نیروی ترمزگیری افزایش یابد. اما در سیستم های ترمز کاملا پنوماتیکی، به دلیل این که امکان ترمز شدن واگن های ابتدایی قبل از اینکه واگن های انتهایی به حد ترمز مطلوب رسیده باشند وجود دارد، کاهش زمان ترمزگیری مشکل ساز می‌باشد. در چنین مواقعی به دلیل این که واگن های انتهایی در حال حرکت به واگن های ابتدایی متوقف شده ضربه می‌زنند، امکان وقوع پدیده‌ی خروج از خط واگن وجود دارد. بنابراین باید این زمان ها به گونه‌ای بهینه گردند که تا حد امکان کارآیی بهره‌برداری را بالا برده و خطر وقوع خروج از خط نیز وجود نداشته باشد.

در زمان آزادسازی نیز وضعیت مشابهی وجود دارد. ترمز واگن های جلویی قطار به دلیل نزدیک‌تر بودن به منبع تغذیه‌ی هوا، سریع‌تر از واگن های انتهایی آزاد می شوند.

بنا به دلایل ذکر شده در بالا، شبکه های راه‌آهن دارای استانداردهای مشخصی برای زمان ترمزگیری و آزادسازی می‌باشند. به عنوان مثال؛ این مقادیر در استاندارد اتحادیه راه‌آهن های اروپایی (UIC) به شرح زیر می‌باشند:

- زمان رسیدن فشار هوای سیلندر ترمز از صفر تا ۹۵ درصد مقدار تعیین شده: ۱۸ الی ۳۰ ثانیه
- زمان تخلیه فشار هوای سیلندر ترمز از صفر تا ۹۵ درصد مقدار اولیه: ۴۵ الی ۶۰ ثانیه

ترمزگیری و آزادسازی، از نظر چگونگی صدور فرمان ترمز، به دو صورت یکنواخت و تدریجی (پله‌ای) انجام می شود.

در حالت ترمزگیری تدریجی، صدور فرمان ترمز معمولاً به منظور استفاده از بخشی از توان ترمزی است و

ترمزها با حداکثر توان اعمال نمی‌شوند. به این ترتیب لکوموتیوران می‌تواند با اعمال جزیی ترمزها، سرعت قطار در شیب‌ها را کنترل کرده و از افزایش بیش از حد سرعت قطار، بدون متوقف کردن آن، جلوگیری کند. همچنین در صورت نیاز به تمام توان ترمزی یا توان ترمزی بیشتر از مقدار اعمال شده جهت کنترل سرعت قطار و یا متوقف کردن آن، لکوموتیوران می‌تواند با اعمال این ترمزهای جزیی به تدریج به مقدار حداکثر توان ترمزی (ترمز کامل) رسیده و از اعمال ناگهانی ترمزها که باعث افزایش بزرگی نیروهای طولی در قطار می گردد، جلوگیری به عمل آورد.

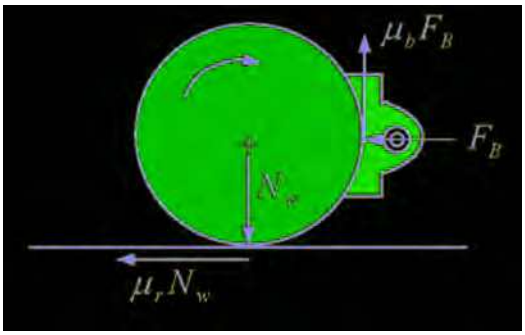
در حالت آزادسازی نیز لکوموتیوران می‌تواند با آزاد کردن جزیی ترمز (تخلیه‌ی بخشی از هوای درون سیلندر ترمز) عملیات کنترل سرعت قطار را در زمانی که ترمز کنترلی اعمال شده بیش از مقدار مورد نیاز باشد، تکمیل نماید.

در حالتهای ترمزگیری و آزادسازی یکنواخت، صدور فرمان‌های ترمزگیری و آزادسازی کامل به یک‌باره انجام می‌شود. در این موارد عملیات ترمزگیری و آزادسازی مطابق استانداردهای زمانی ارائه شده، انجام می‌شوند. در صورتی که در حالت‌های ترمزگیری و آزادسازی تدریجی، به دلیل این که شرایط رسیدن به ترمز کامل و یا آزاد شدن کامل ترمزها تابع شرایط سیر و تحت اختیار لکوموتیوران می‌باشد، همواره عملیات در زمانی بیشتر از زمان‌های استاندارد شده انجام می‌پذیرد.

۴-۲-۳- مبانی دینامیکی ترمزگیری

در حین انجام ترمزگیری، به منظور تامین شتاب کاهنده، نیروها و گشتاورهایی به مجموعه‌ی چرخ و محورها اعمال می گردد. این فرآیند سبب تولید نیروی عکس‌العمل در قلاب‌ها و گشتاور در بدنه‌ی واگن و بوژی نیز می گردد. این نیروها بر پایداری حرکت و نیز رفتار واگن‌ها و بوژی‌ها در قوسها تاثیر می گذارد. از طرف دیگر عکس‌العمل دینامیکی واگن، مانند تغییر در توزیع بار روی چرخ‌ها نیز می‌تواند به عنوان اثرات انجام ترمزگیری شناخته شود. این اثرات معمولاً در طول مسیر توقف (راه ترمز) و همچنین در زمان وقوع پدیده‌های

سر خوردن واگن یا لغزش چرخ، مد نظر قرار می گیرند. ترمزگیری شامل پدیده‌ی پیچیده‌ی اصطکاک نیز می‌باشد. در طول فرآیند ترمزگیری، اصطکاک بین کفش ترمز و چرخ و همچنین بین چرخ و ریل وجود دارد که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.

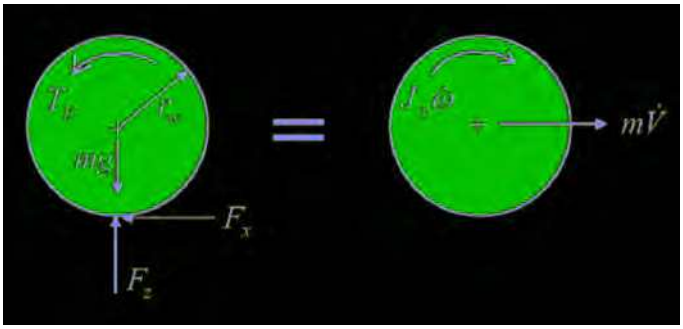


شکل ۴-۲) نیروی اصطکاک بین کفش ترمز و چرخ و همچنین بین چرخ و ریل

نیروی کفش ترمز اعمال شده به چرخ F_B، سبب به وجود آمدن نیروی مماسی $\mu_b F_B$ می‌شود. اگر شعاع چرخ را با r_w نشان دهیم؛ گشتاور ترمزی T_B حاصله، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$T_B = \mu_b \cdot F_B \cdot r_w \qquad (۴-۴)$$

دیاگرام آزاد چرخ ترمز شده که در شکل ۴-۳ نشان داده شده است، چرخی را نشان می‌دهد که در حال حرکت در راستای x با سرعت خطی v و سرعت زاویه‌ای ω است. J_y ، r_w و T_B به ترتیب بیانگر ممان اینرسی قطبی، شعاع چرخ و گشتاور ترمزی می‌باشند. در نقطه‌ی تماس بین چرخ و ریل،نیروهای افقی و عمودی F_x و F_z نیز به ترتیب به عنوان عکس‌العمل‌های گشتاور ترمزی و نیروی وزن استاتیکی mg، به وجود می‌آیند.



شکل ۴-۳) دیاگرام آزاد چرخ ترمز شده

با موازنه‌ی نیروها در جهت‌های x و z و نیز موازنه‌ی گشتاورها حول مرکز جرم چرخ، سه معادله‌ی زیر برای چرخ ترمز شده به دست می‌آیند:

$$mv^{\circ} = -F_x \qquad (۵-۴)$$

$$F_z = mg$$

$$J_y \omega^{\circ} = F_x r_w - T_B$$

که در آن m، مجموع جرم چرخ و جرم واگن اعمال شده روی آن و g، شتاب ثقل است. علامت نقطه در بالای سرعت‌های خطی و زاویه‌ای، نشان دهنده‌ی مشتق آنها نسبت به زمان است.

۴-۲-۴- ضریب اصطکاک و پدیده‌ی سر خوردن

نیروی ترمزی شدید می‌تواند سبب قفل شدن حرکت دورانی چرخ و محور و سر خوردن آن روی ریل شود. این پدیده سرخوردن نام دارد. وقوع این پدیده می‌تواند سبب بروز خرابی‌های هندسی روی سطح غلتش چرخ (صافی سطح غلتش یا بریدگی چرخ) و روی تاج ریل گردد. سرخوردن همچنین می‌تواند سبب افزایش راه ترمز گردد که ایمنی در بهره‌برداری را به خطر می‌اندازد. بنابراین باید از وقوع این پدیده جلوگیری نمود.

سرخوردن زمانی رخ می‌دهد که نیروی ترمزی از مقدار نیروی چسبندگی در سطح تماس چرخ و ریل بیشتر

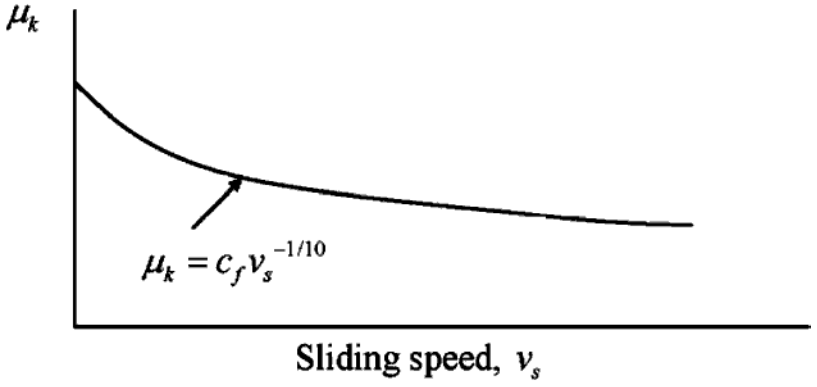
باشد. بنابراین برای اجتناب از پدیده‌ی سرخوردن چرخ ها در حین ترمزگیری، باید نیروی ترمزی در کفش های ترمز کمتر از مقدار چسبندگی بین چرخ و ریل باشد. در صورتی که نامعادله‌ی زیر برقرار باشد، پدیده‌ی سرخوردن رخ نخواهد داد:

$$\mu_b F_B < \mu_r N_k \qquad (۶-۴)$$

امروزه بسیاری از واگن های راه‌آهن به تجهیزاتی مجهز شده‌اند که از سرخوردن جلوگیری می کنند. با این وجود هنوز هم بسیاری از واگن ها، به ویژه واگن های باری، به دلیل مسایل اقتصادی به این وسیله تجهیز نشده‌اند.

مشکل بودن کنترل سرخوردن به این دلیل است که خاصیت اصطکاکی بین اجسام با تغییر شرایط اقلیمی, تغییر می کند. به عنوان مثال، اصطکاک بین چرخ و ریل با چگونگی وضعیت سطح ریل، مثل روغنی بودن و یا ناهموار بودن سطح چرخ،خیس بودن آن، وجود برگ روی آن، یخ زدن سطح ریل، وجود شن و غیره و یا وضعیت سطح غلتش چرخ به دلیل استفاده از کفش ترمزهای متفاوت (چدنی، کامپوزیتی و دیسکی) تغییر می کند. اصطکاک بین چرخ و ریل به وضعیت زاویه‌ای قرار گرفتن چرخ و محور روی خط نیز ارتباط دارد. چرخ و محورهای راهنما معمولاً با کثیف‌ترین ریلها روبرو می شوند و آنها را برای چرخ های بعدی تمیز می کنند. مقدار ضریب اصطکاک بین چرخ و ریل در طراحی ها بین ۰/۱ تا ۰/۳ در نظر گرفته می شود.

ضریب اصطکاک بین کفش ترمز و چرخ نیز ثابت نمی‌ماند. این ضریب با سرعت لغزشی بین کفش ترمز و سطح غلتش چرخ که به سرعت حرکت واگن بستگی دارد، تغییر می کند. این بدان معنی است که این ضریب در طول ترمزگیری دائماً در حال تغییر است. شکل ۴-۴ نمونه‌ای از یک گراف ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح را به صورت تابعی از سرعت لغزشی نشان می‌دهد. این گراف بر مبنای فرمول بارول (Barwel) می‌باشد که در شکل نشان داده شده و در آن μ_k ضریب اصطکاک جنبشی؛ v_s سرعت لغزشی و c_f یک مقدار ثابت است که به جنس ماده بستگی دارد.



شکل ۴-۴) گراف ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح به صورت تابعی از سرعت لغزشی

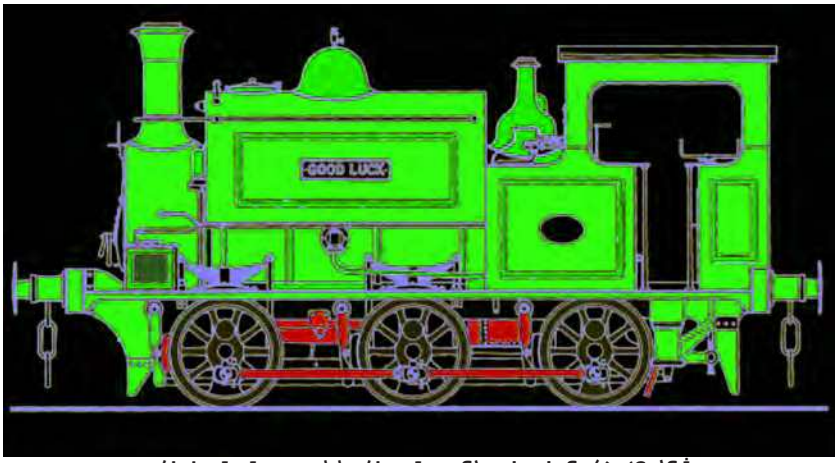
۴-۳- ترمز آلات ناقله ریلی

تمامی آلات ناقله‌ی ریلی دارای نوعی سیستم ترمزگیری هستند که به وسیله‌ی آن می‌توان در موقع لزوم سرعت وسیله را کاهش داده یا آن را متوقف نمود. ظاهرا اولین آلات ناقله ریلی دارای سیستم ترمز، ارابه‌های کوچکی بودند که در معادن و بر روی ریل حرکت می کردند. عملکرد آنها به صورتی بود که معدن‌چیان از اهرمی برای هل دادن یک قطعه‌ی چوبی به سمت چرخ و اعمال نیرو به آن استفاده می کردند. به این ترتیب توسط اصطکاک به وجود آمده مابین چرخ و قطعه‌ی چوب، انرژی جنبشی ارابه را به صورت حرارت هدر داده و موجبات توقف آن را فراهم می کردند. واضح است که چنین مکانیزمی با افزایش جرم و سرعت آلات ناقله ریلی کارآیی خود را از دست داد. بدین ترتیب برای حل مشکل ترمز آلات ناقله‌ی ریلی، سیستم‌های ترمزی ابداع شدند که از توان بالاتری برخوردار بودند.

تا قبل از دهه‌ی ۱۸۶۰ میلادی، ترمز در تمام واگن‌های یک قطار مورد استفاده قرار نمی گرفت. عملیات ترمزگیری در قطارها به صورتی بود که در زمان سیر یک قطار، تعدادی مامور به عنوان ترمزبان به همراه قطار اعزام می‌شدند. وظیفه‌ی ترمزبان انجام عملیات ترمزگیری و آزادسازی واگن‌ها با دستور لکوموتیوران بود.

در آن زمان واگن ها تنها به ترمزهایی مجهز بودند که امروزه آنها را به عنوان ترمز دستی می شناسیم. عملکرد آنها به گونه‌ای بود که با چرخاندن یک فلکه (فلکه‌ی ترمز دستی) و استفاده از تجهیزاتی مانند چرخ‌دنده، زنجیر و یا امثال آنها، اهرم‌بندی موجود در زیر واگن به حرکت درآمده و در نهایت سبب اتصال بلاک های ترمز به چرخ ها می شدند. بااین عمل اصطکاک لازم برای اتلاف انرژی جنبشی حاصل می گردید. در این سیستم ترمزگیری، در هر زمان که اعمال ترمزها ضرورت پیدا می کرد، لکوموتیوران با استفاده از سوت به ترمزبان علامت لازم را می‌داد. این سیستم ابتدایی سبب بروز بسیاری از سوانحی گردید که می شد از آنها اجتناب نمود. به همین منظور شرکت های راه‌آهن شروع به ابداع تجهیزاتی نمودند که بتوانند بدون تکیه به عوامل انسانی دخیل در امر ترمزگیری، این مشکلات را از پیش رو بردارند.

ترمز بخار نوعی از ترمز بود که در لکوموتیوهای بخار مورد استفاده قرار می گرفت. در این صورت فقط لکوموتیوی که دارای بخار بود، به ترمز مجهز بود. در این نوع ترمزگیری، بخار تولید شده توسط لکوموتیو به داخل سیلندرهایی به نام سیلندر ترمز فرستاده می شد و پیستون تعبیه شده در داخل این سیلندرها با نیروی بخار به حرکت درآمده و با به حرکت درآوردن یک سیستم اهرم‌بندی ساده، موجبات اتصال بلاک های ترمز به چرخ ها را فراهم می‌نمود و عمل ترمزگیری انجام می شد. شکل ۴-۵ یک نمونه‌ی ترمز بخار را به طور شماتیک نشان می‌دهد.



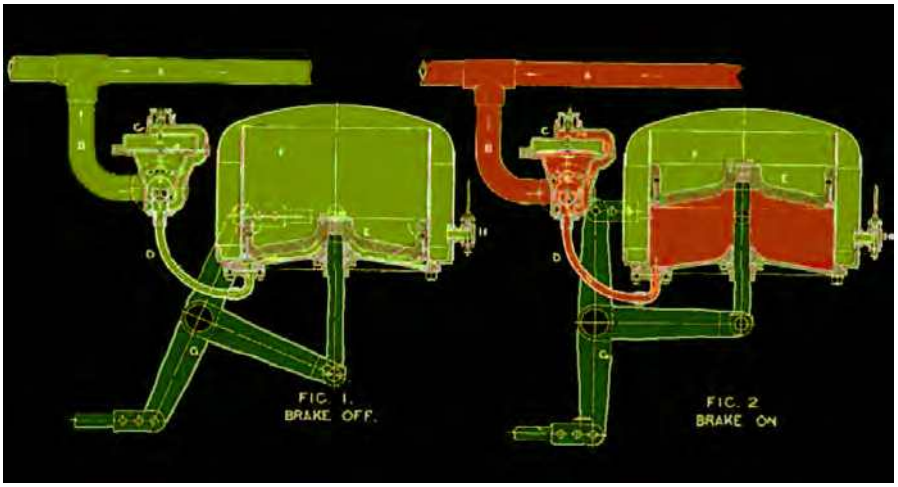
شکل ۴-۵) یک نمونه‌ی لکوموتیو بخار دارای سیستم ترمز بخاری

نوعی ترمز خلایی که توان مورد نیاز خود را از یک مکنده‌ی بخار می گرفت، بعد از آن اختراع گردید. هرچند که ایجاد خلا بعدها توسط تجهیزات دیگری نیز انجام گرفت. این خلا با استفاده از یک لوله‌ی سرتاسری در تمام قطار اعمال می‌شد. به این ترتیب امکان اعمال ترمز به هر واگن با استفاده از اختلاف فشار اتمسفر و خلای ایجاد شده، فراهم گردید. شدت ترمز به مقدار خلای ایجاد شده توسط لکوموتیوران بستگی داشت. طرز کار این سیستم به گونه‌ای بود که چنانچه هرگونه ایرادی در اتصالات لوله‌ی سرتاسری به وجود می‌آمد، قطار فاقد ترمز می گردید و سبب بروز سانحه می‌شد. به همین منظور ترمز خلایی اتوماتیک به وجود آمد که در آن، در صورت گسیخته شدن قطار یا بروز هرگونه گسیختگی در اتصالات و یا خود لوله‌ی سرتاسری، ترمزها اعمال می‌شدند. در این سیستم در زمان حرکت عادی خلایی در لوله ی سرتاسری وجود داشت که به واسطه‌ی وجود آن ترمزها آزاد بودند. وقتی که هوا به داخل لوله‌ی سرتاسری وارد می‌شد، فشار هوا در برابر فشار خلایی که در قسمت مقابل پیستون سیلندر ترمز موجود در هر واگن قرار داشت، اعمال می‌شد. به واسطه‌ی اعمال نیرو توسط این هوای وارد شده، پیستون به حرکت درآمده و ترمزها به کار می‌افتادند. در حالت گسیختگی نیز چون در واقع هوا به لوله‌ی سرتاسری وارد می شد، ترمزها اعمال می‌شدند. شکل ۴-۶ یک نمونه از سیلندر ترمز، در سیستم ترمز خلایی را نشان می‌دهد.

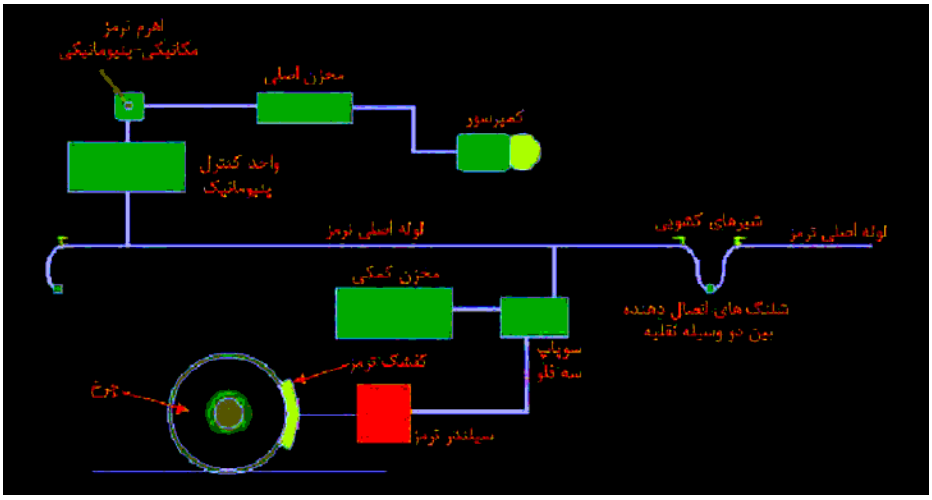
روش دیگر برای تجهیز واگن‌ها به ترمز غیر دستی، ارسال هوای فشرده از طریق یک لوله‌ی سرتاسری به آنها بود. در ساده‌ترین شکل ترمز هوا که سیستم ترمز هوایی مستقیم نامیده می‌شود، هوای متراکم ارسال شده در لوله‌ی سرتاسری، پیستون داخل آن را به سمت جلو حرکت داده و درنهایت سبب اتصال کفش‌های ترمز به چرخ‌ها می‌شود. در نتیجه‌ی اصطکاک به وجود آمده بین کفش ترمز و چرخ، سرعت قطار کاهش می‌یابد. هوای متراکم تولید شده توسط یک کمپرسور که در داخل لکوموتیو واقع شده است، از طریق لوله‌ی سرتاسری قطار که در زیر واگن‌ها قرار گرفته و در محل اتصال واگن‌ها به صورت شلنگ انعطاف‌پذیر می‌باشد، از واگنی به واگن دیگر فرستاده می‌شود. مشکل اساسی سیستم ترمز هوایی مستقیم این است که، مانند سیستم ترمز خلایی غیر اتوماتیک، هرگونه گسیختگی و یا نشتی زیاد در لوله‌ی سرتاسری، سبب هدر رفتن

هوا و در نتیجه اتلاف نیروی ترمز می‌شود. این نقص به آسانی می‌تواند باعث بروز سانحه شود. ترمز هوای مستقیم هنوز هم در لکوموتیوها مورد استفاده قرار می گیرد.

به منظور برطرف کردن اشکالات سیستم ترمز هوایی مستقیم, جرج وستینگهاوس در سال ۱۸۷۲ میلادی سیستمی را اختراع کرد که در آن هر واگن به یک مخزن هوا و یک سوپاپ سه‌قلو، که به عنوان شیر کنترل نیز شناخته می‌شود، مجهز شد. این سوپاپ و مخزن برعکس سیستم ترمز هوایی مستقیم عمل می کردند. به این ترتیب که با ورود هوا به لوله‌ی سرتاسری هوا (لوله‌ی اصلی هوا)، سیستم تغذیه می‌شد و در این صورت ترمزها آزاد بودند و با خروج هوا از لوله‌ی سرتاسری، ترمزها به کار می‌افتادند. به این ترتیب وستینگهاوس سیستمی را اختراع کرده بود که عکس‌العمل بهتری نسبت به فرمان لکوموتیوران داشت و به اصطلاح سیستمی با خرابی امن بود. این سیستم ترمز مبنایی برای سیستم‌های ترمز هوایی امروزی گردید. شکل ۴–۷ دیاگرام بلوکی یک سیستم ترمز هوایی غیر مستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۴–۶) سیلندر ترمز خلایی



شکل ۴-۷) دیاگرام بلوکی سیستم ترمز هوایی غیر مستقیم

سیستم ترمز هوایی بی‌شک یکی از بادوامترین سیستمها در تکنولوژی راه‌آهن است. قدمت آن از تولید اولیه‌ی آن در سال ۱۸۶۹ تا کنون می‌باشد و در بعضی نقاط به سختی با مدلهای قدیمی آن تفاوت می کند. بهبودهای متعددی در طول سالها روی این سیستم اعمال شده اما مهارت مورد نیاز برای کنترل هر قطاری که مجهز به سیستم کنترل پنوماتیکی می‌باشد، هنوز هم با ساعت‌ها تجربه عملی و دقت در هر مرحله ترمزگیری به دست می‌آید.

ترمز دینامیک یکی دیگر از انواع ترمز است که از آن در لکوموتیوها استفاده می‌شود. در لکوموتیوهای دیزل‌الکتریک یا الکتریکی، نیروی حرکتی توسط الکتروموتورها تامین می‌شود. در صورتی که از الکتروموتورها به عنوان ژنراتور استفاده گردد، یا جریان معکوس به آنها فرستاده شود، جریانی در آنها تولید می‌شود که به یک سری مقاومت الکتریکی که مقاومت‌های دینامیک نامیده می‌شوند، ارسال می گردد. به این ترتیب انرژی جنبشی قطار، که در واقع منبع اصلی تولید این جریان است، در مقاومت‌های دینامیک به صورت حرارت تلف شده و عمل ترمزگیری در قطار انجام می‌شود.

ترمزهای الکتروپنوماتیکی نیز دارای یک لوله‌ی اصلی هوا هستند که هوا را به مخازن تعبیه شده در زیر واگن ها انتقال می‌دهند. تفاوت آنها با ترمزهای هوایی در آن است که عملیات ترمزگیری و آزادسازی در این سیستم به وسیله‌ی فرمان های الکتریکی کنترل می‌شوند و لذا کیفیت ترمزگیری مطلوب‌تر و یکنواخت‌تری دارند. با به کارگیری این نوع سیستم ترمز و با توجه به انتقال فرمان صادر شده به صورت الکتریکی، امکان تنظیم دقیق فشار داخل سیلندر ترمز، که تنظیم دقیق مقدار نیروی ترمز را در پی دارد، به وجود آمد. همچنین با توجه به سرعت انتقال فرمان و هم‌زمانی خیلی زیاد ترمزگیری و آزادسازی در ابتدا و انتهای قطار، از ضربه زدن واگن های عقبی به واگن های جلویی به دلیل اختلاف در زمان ترمزگیری، جلوگیری به عمل آمد و محدودیت طول قطار نیز از بین رفت. علاوه برآن، در ترمز هوایی، امکان آزادسازی جزیی به دلیل عدم حساسیت سوپاپ های واگن های انتهایی به افزایش بسیار آهسته فشار در لوله‌ی اصلی هوا در قطارهای طویل‌تر وجود نداشت که این مسئله نیز با استفاده از ترمز الکتروپنوماتیکی برطرف گردید. البته این ترمزها معمولاً به دلیل داشتن هزینه های بالا، در واگن های باری مورد استفاده قرار نمی گیرند.

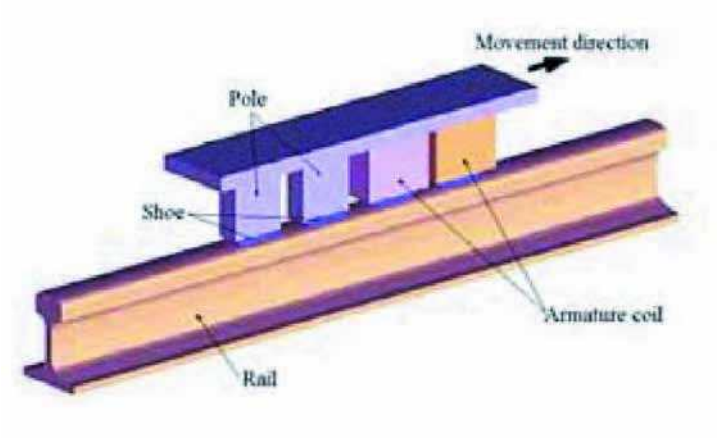
ترمزهای هوایی با کنترل الکترونیکی در اواخر قرن بیستم به جهان معرفی شدند که برای قطارهای بسیار طویل و سنگین مناسب هستند و نسل پیشرفته‌ی ترمزهای الکتروپنوماتیکی محسوب می‌شوند. در این نوع ترمز نه تنها کنترل ترمزها بهتر انجام می گیرد، بلکه اطلاعات بیشتر و مفیدتری نیز از چگونگی وضعیت سیستم ترمز در هر واگن به پانل لکوموتیوران منتقل می‌شود. در این سیستم خطوط کنترل و توان در هر واگن نصب شده و از واگن به واگن از ابتدا تا انتهای قطار امتداد می‌یابد. سیگنالهای کنترل در این سیستم به جای سرعت صوت با سرعت نور حرکت می کنند و لذا همانند ترمزهای الکتروپنوماتیکی، ترمزها در سرتاسر قطار به طور هم‌زمان اعمال شده و یا آزاد می‌شوند. این مسئله از ضربه زدن واگن های عقبی به جلویی جلوگیری نموده و در نتیجه راه ترمز کاهش یافته و استهلاک تجهیزات ترمز نیز کمتر می‌شود.

شکل ۴-۸) ترمز الکترومغناطیسی

ترمزهای الکترومغناطیسی نیز نوعی دیگر از ترمزهای قطار هستند که در آنها نیروی بازدارنده‌ی حرکت، با فشار دادن یک بلاک ترمز به ریل و با استفاده از نیروی مغناطیسی است. به این ترتیب در این نوع ترمزها نیز اصطکاک عامل بازدارنده حرکت است و نیروی مغناطیسی مستقیماً در امر ترمزگیری دخالتی ندارد (شکل ۴-۸).

ترمزهای با جریان گردابی (ادی کارنت)، برخلاف ترمزهای اصطکاکی،با تولید جریان های گردابی موجبات کاهش سرعت قطار را فراهم می‌آورند. این ترمزها دارای دو نوع دایره‌ای و خطی هستند. نوع خطی آن که در سیستم های ریلی مورد استفاده قرار می گیرد، شامل یک یوک مغناطیسی با یک سیم پیچ الکتریکی است که در راستای ریل قرار گرفته است. این مغناطیس با ریل تماس ندارد اما باید در یک فاصله‌ی مشخصی از ریل (حدود ۷ میلیمتر) نگه داشته شود. این مغناطیس دارای حرکت طولی نیز هست و تنها یک کشش عمودی به ریل وارد می کند که می‌توان به آن نیروی مغناطیسی نیز گفت. با حرکت مغناطیس در راستای ریل، یک میدان مغناطیسی ناپایدار در تاج ریل ایجاد می گردد که سبب بروز یک تنش الکتریکی می‌شود. این تنش

سبب به وجود آمدن جریان گردابی می‌شود. این جریان در میدان مغناطیسی ایجاد اختـلال نموده و باعث به وجود آمدن نیروی مغناطیسـی که در بالا ذکـر شد، می گـردد. این نیرو در خلاف جهت حرکت بوده و سبب کاهش سرعت و نهایتا تـوقف قطار می گردد. شکل ۴-۹ نمای ظاهری یک تـرمز با جریان گردابی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۹) نمای ظاهری یک ترمز با جریان گردابی

اکنون با توجه به مطالب گفته شده و با توجه به این که موضوع این کتاب در خصوص واگن های باری است، به شرح کلی ترمز غیر مستقیم (اتوماتیک) هوایی که متداول ترین سیستم ترمز در آلات ناقله‌ی ریلی در بخش باری است، می پردازیم.

۴-۴- تجهیزات مورد استفاده در سیستم ترمز هوایی غیر مستقیم

اکثریت مطلق قطارهای موجود در دنیا، مجهز به سیستم‌های تـرمزی هستند که از هوای فشرده به عنوان عامل اعمال نیـرو بـرای هل دادن بلاک‌های تـرمز به سمت چرخ‌ها، یا لنت‌ها به سمت دیسک، اسـتفاده

می کنند. این سیستم ها تحت عنوان ترمزهای هوایی و یا ترمزهای پنوماتیکی شناخته می شوند. هوای فشرده در طول قطار از طریق لوله‌ی اصلی هوا انتقال می‌یابد. تغییر مقدار فشار هوا در داخل این لوله سبب تغییر وضعیت ترمزها در هر وسیله می شود. این تغییر فشار می تواند ترمزها را اعمال نموده، آن را آزاد سازد و یا مقدار ترمز را بعد از یک ترمزگیری جزیی ثابت نگه دارد. این سیستم در سرتاسر دنیا مرسوم است.

۴-۴-۱- تجهیزات اصلی ترمز هوایی در لکوموتیو

۴-۴-۱-۱- کمپرسور

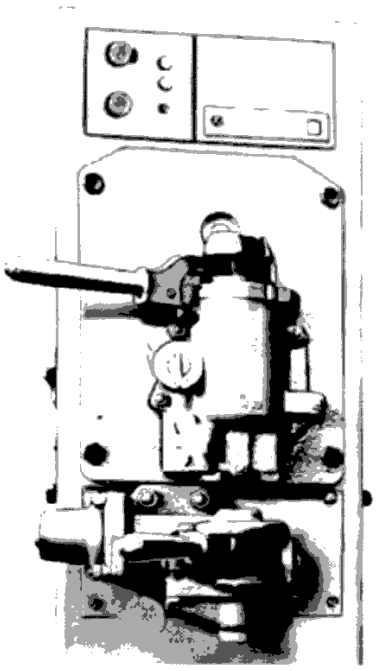
پمپی است که هوا را از اتمسفر دریافت نموده و به منظور استفاده در قطار، آن را متراکم می کند. استفاده‌ی اصلی آن در سیستم ترمز هوایی است. اگرچه هوای فشرده‌ی تولیدی، استفاده‌های دیگری نیز در قطار دارد.

۴-۴-۱-۲- مخزن اصلی

مخزن ذخیره‌ی هوای فشرده‌ی مورد نیاز برای سیستم ترمز و دیگر سیستم های پنوماتیکی است که در مدار هوای لکوموتیو تعبیه شده است.

۴-۴-۱-۳- شیر ترمز لکوموتیوران

وسیله‌ای است که لکوموتیوران توسط آن وضعیت ترمزها را کنترل می کند. شیر ترمز لکوموتیوران حداقل دارای چهار وضعیت «آزادسازی»، «حرکت»، «ترکیبی» و «اضطراری» می‌باشد. همچنین ممکن است این سوپاپ دارای حالت «خاموش» نیز باشد که آن را به صورت خارج از سرویس و غیر فعال نگه می‌دارد. شکل ۴-۱۰ نمونه‌ای از سوپاپ ترمز لکوموتیوران را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۰) شیر ترمز لکوموتیوران

۴-۴-۱-۳-۱- آزادسازی

در این وضعیت، مخزن اصلی هوا به لوله‌ی اصلی متصل می گردد. این عمل سبب افزایش سریع فشار هوا در لوله‌ی اصلی گشته و عمل آزادسازی انجام می‌شود.

۴-۴-۱-۳-۲- حرکت

در وضعیت حرکت، سوپاپ تغذیه فعال می‌شود. به این ترتیب امکان تداوم تغذیه‌ی آرام لوله‌ی اصلی، به منظور بی‌اثر شدن نشتی‌ها و یا انتهای کم فشار در لوله‌ی اصلی، اتصالات و شلنگ‌ها، فراهم می گردد.

۴-۴-۱-۳-۳- ترکیب

این وضعیت به منظور قطع ارتباط بین مخزن اصلی و لوله‌ی ترمز، و نیز بسته نگه داشتن اتصال به اتمسفر، بعد از اعمال ترمز، مورد استفاده قرار می گیرد. این وضعیت فقط در مواقعی استفاده می‌شود که ترمز تدریجی اعمال شده باشد. آزادسازی تدریجی در شکل‌های رایج ترمز هوایی، به ویژه سیستم‌های مورد استفاده در قطارهای باری ایالات متحده، امکان پذیر نیست.

۴-۴-۱-۳-۴- ترمزگیری

وضعیت ترمزگیری، ارتباط مخزن اصلی هوا با لوله‌ی اصلی را قطع نموده و لوله‌ی اصلی را به اتمسفر مرتبط می‌نماید. هم‌زمان با خروج هوا از لوله‌ی اصلی، فشار آن کاهش می‌یابد و سبب انجام عمل ترمزگیری می گردد.

بیشتر سوپاپ‌های ترمز لکوموتیورانان، دارای وضعیتی به نام وضعیت اضطراری نیز می‌باشند که عملکرد آن شبیه وضعیت ترمزگیری است. با این تفاوت که شدت خروج هوا از لوله‌ی اصلی، به دلیل باز شدن منفذی بزرگ‌تر، بیشتر است و در نتیجه ترمزها سریع‌تر عمل می کنند.

۴-۴-۱-۴- سوپاپ تغذیه

به منظور اطمینان از باقی ماندن فشار لوله‌ی اصلی در مقدار مورد نیاز در زمان حرکت، سوپاپ تغذیه بین مخزن اصلی و لوله‌ی اصلی قرار می گیرد. این سوپاپ برای عمل کردن در یک فشار کاری مشخص تنظیم شده است و چنانچه فشار لوله‌ی اصلی هوا از مقدار تعیین شده، با سرعتی پایین، کمتر گردد، مقداری هوا جهت جبران این کاهش فشار به لوله‌ی اصلی تزریق می‌نماید.

۴-۴-۱-۵- مخزن تعادل

مخزن تنظیم کوچکی است که به منظور کمک به لکوموتیوران در انتخاب فشار صحیح در لوله‌ی اصلی هوا، مورد استفاده قرار می گیرد. وقتی که ترمز اعمال می شود، حرکت دستگیره‌ی سوپاپ ترمز به سمت حالت عملکرد، مستقیماً هوای لوله ی اصلی را تخلیه نمی کند، بلکه سبب خروج هوا از مخزن تعادل می گردد. مخزن تعادل به سوپاپ رله (دستگاه موازنه نیز نامیده می شود و در شکل نشان داده نشده است) متصل است که افت فشار را آشکار نموده و به طور خودکار اجازه‌ی خروج هوا از لوله‌ی اصلی، تا رسیدن فشار آن به فشار مخزن تعادل را می‌دهد.

مخزن تعادل مشکلات ناشی از طویل بودن لوله‌ی اصلی را برطرف می کند. در یک لوله‌ی اصلی هوای طویل، تغییرات فشار کم انتخاب شده توسط لکوموتیوران برای انجام ترمزهای خفیف، تا زمانی که فشار در تمام طول قطار تثبیت نشود، بر روی صفحه فشارسنج روبه‌روی لکوموتیوران قابل مشاهده نیست. مخزن تعادل و دستگاه موازنه‌ی متصل به آن، این امکان را به لکوموتیوران می‌دهد که فشار لوله‌ی ترمز را بدون نیاز به صبر کردن برای تثبیت فشار در طول لوله ی اصلی، انتخاب نموده و بتواند میزان فشار را بخواند.

۴-۴-۱-۶- لوله‌ی اصلی هوا (لوله‌ی ترمز)

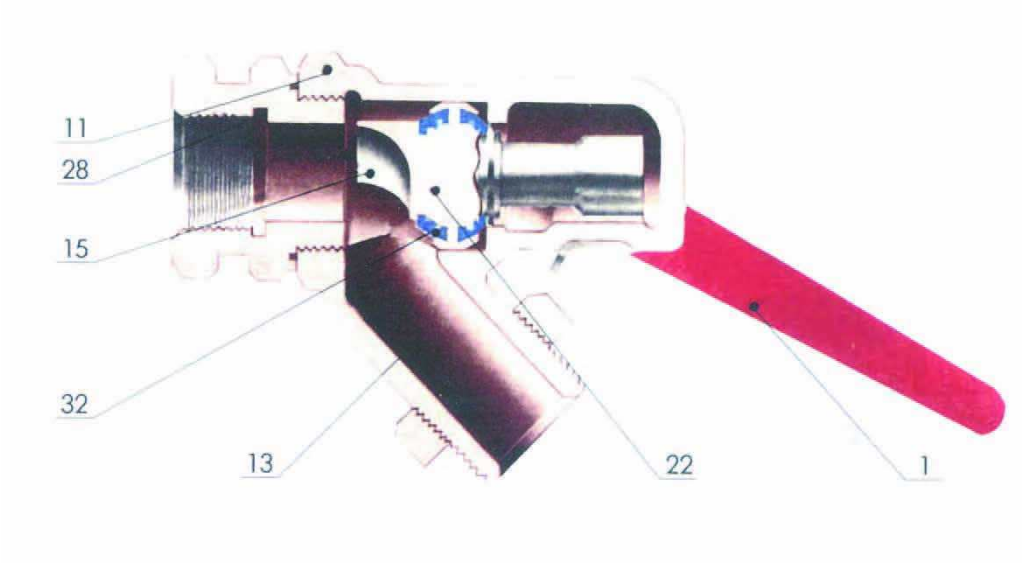
به لوله‌ی کشیده شده در طول قطار که تغییرات فشار مورد نیاز برای کنترل ترمز در هر وسیله را انتقال می‌دهد، لوله‌ی اصلی هوا یا لوله‌ی ترمز می گویند. این لوله در محل اتصال دو وسیله به صورت شلنگ های انعطاف پذیری است که در زمان انفصال دو وسیله می توانند از هم جدا شوند. افت فشار در لوله‌ی ترمز می تواند به دلایل زیر باشد:

- کاهش فشار کنترل شده توسط لکوموتیوران
- کاهش سریع فشار توسط لکوموتیوران با استفاده از وضعیت اضطراری شیر ترمز لکوموتیوران (ترمز سریع)

- کاهش سریع فشار توسط مامور قطار که در محل استقرار خود دارای یک سوپاپ اضطراری است
- کاهش سریع فشار توسط مسافران (در برخی راه‌آهن ها) با استفاده از سیستم اضطراری نصب شده در محل استقرار مسافران
- کاهش سریع فشار از طریق شکستگی لوله یا پاره شدن شلنگ
- کاهش سریع فشار در زمان قطع شدن شلنگ در اثر گسیختگی یا خروج از خط قطار

۴-۴-۱-۷- شیر انتها

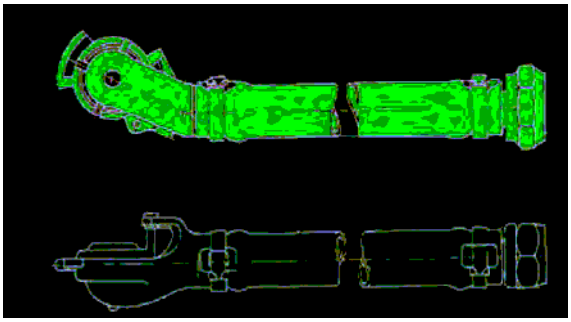
در انتهای هر وسیله، شیرهای انتهایی به منظور امکان آب‌بندی شلنگ های انتهای لوله‌ی اصلی هوا در زمان انفصال یک وسیله از وسیله‌ی دیگر، تعبیه شده‌اند. این شیرها از هدر رفتن هوا از انتهای لوله‌ی اصلی جلوگیری می کنند. نمای ظاهری این شیر در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۱) شیر انتها

۴-۴-۱-۸- شلنگ‌های اتصال

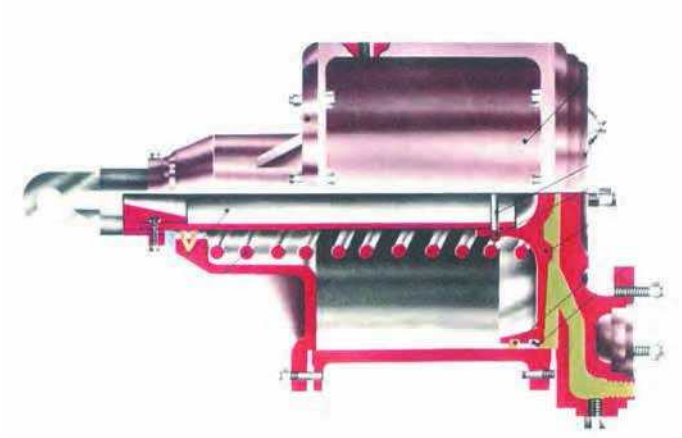
لوله‌ی اصلی در بین دو وسیله‌ی متصل به هم، به صورت شلنگ انعطاف پذیر (شکل ۴-۱۲) می‌باشد. این شلنگ‌ها می‌توانند در صورت قرار گرفتن وسیله در یکی از دو انتهای قطار، با بستن شیرهای انتهایی آب‌بندی شوند.



شکل ۴-۱۲) شلنگ اتصال

۴-۴-۱-۹- سیلندر ترمز

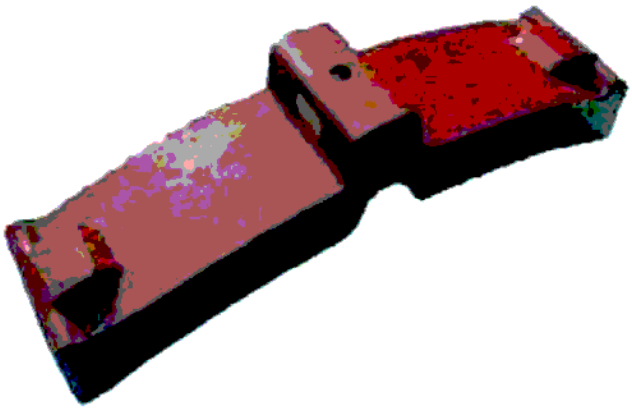
هر وسیله حداقل یک سیلندر ترمز دارد. حرکت پیستون موجود در داخل سیلندر، نیروی لازم برای ترمز را از طریق اهرم‌بندی اعمال می‌کند. پیستون داخل سیلندر ترمز، بر اساس تغییر فشار هوای داخل سیلندر ترمز، حرکت می‌کند. شکل ۴-۱۳ نمونه‌ی برش خورده‌ی نوعی سیلندر ترمز را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳) نمونه‌ی برش خورده‌ی نوعی سیلندر ترمز

۴-۴-۱-۱۰- بلاک ترمز

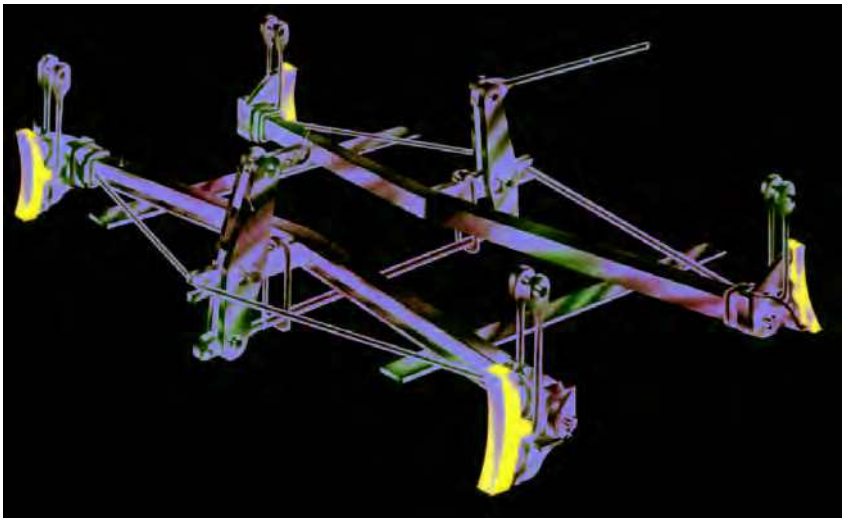
بلاک ترمز (شکل ۴-۱۴)، یک جسم اصطکاکی است که با حرکت رو به بیرون پیستون سیلندر ترمز، به سطح چرخ فشرده می‌شود. بلاک‌های ترمز اغلب از جنس چدن و یا برخی مواد کامپوزیتی ساخته می‌شوند و بخش اصلی سایشی در سیستم ترمز هستند. به همین دلیل لازم است تا بازرسی‌های منظمی به منظور تعیین زمان مناسب تعویض، بر روی آنها صورت پذیرد.



شکل ۴-۱۴) بلاک ترمز

۴-۴-۱-۱۱- اهرم‌بندی ترمز

سیستمی است که به وسیله‌ی حرکت پیستون در سیلندر ترمز، نیروی تولید شده را به بلاک‌های ترمز روی هر چرخ منتقل کرده و مقدار آن را برای انجام عمل ترمز مناسب می‌سازد. اهرم‌بندی اغلب می‌تواند به صورت مجموعه باشد. به منظور اطمینان از عملکرد کلیه‌ی بلاک‌ها با یک سیلندر و نیز اعمال نیروی ترمزی یکسان بر روی هر چرخ، اهرم‌بندی باید به دقت تنظیم شود. اگر یک بلاک تعویض شود، لازم است که تمام بلاک‌های روی آن محور کنترل شده و تنظیم گردند. در شکل ۴-۱۵ شکل اهرم‌بندی یک نوع بوژی نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۵) اهرم‌بندی بوژی

۴-۴-۲- تجهیزات اصلی ترمز هوایی در واگن

علاوه بر تجهیراتی از قبیل، «لوله‌ی اصلی هوا»، «سیلندر ترمز»، «شیرهای انتها»، «شلنگ‌های اتصال»، «بلاک ترمز» و «اهرم‌بندی ترمز» که در قسمت تجهیزات لکوموتیو شرح داده شد، تجهیزات دیگری نیز در سیستم ترمز هوایی واگن وجود دارند که در ادامه مختصراً شرح داده می‌شوند.

۴-۴-۲-۱- مخزن کمکی

عملکرد ترمز هوایی در هر وسیله، بر مبنای اختلاف فشار بین دو طرف پیستون موجود در سوپاپ سه‌قلو انجام می‌شود. به منظور اطمینان از وجود هوای کافی جهت عملکرد ترمز و نیز به منظور استفاده‌ی غیر مستقیم از هوای فشرده‌ی ارسالی از طریق لوله‌ی اصلی، در هر واگن یک مخزن به نام مخزن کمکی در سر راه سوپاپ سه‌قلو به یک طرف پیستون آن، متصل است. جریان هوا به یا از مخزن کمکی توسط سوپاپ سه‌قلو کنترل می‌شود.

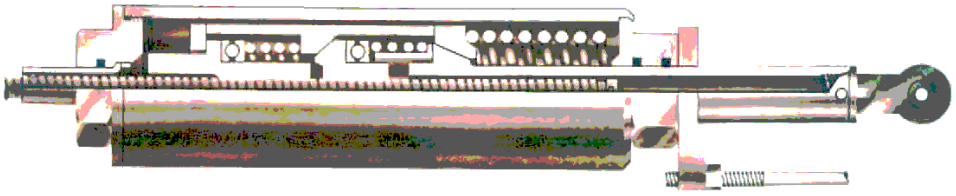
۴-۴-۲-۲- سوپاپ سه قلو

اعمال ترمز در هر وسیله، توسط سوپاپ سه‌قلو کنترل می‌شود. وظایف سوپاپ سه‌قلو، آزادسازی ترمز، ترمزگیری و نگه داشتن ترمز در یک حالت ترمزی مناسب و تعیین شده می‌باشد. سوپاپ سه‌قلو دارای سیستمی است که تغییرات فشار لوله‌ی اصلی را آشکار نموده و مسیرهای داخل سوپاپ را بر مبنای آن مجدداً آرایش می‌دهد. سوپاپ سه‌قلو وظایف خود را به صورت‌های زیر انجام می‌دهد:

- مخزن کمکی را شارژ نموده و تخلیه‌ی سیلندر ترمز را باز می کند.
- تخلیه‌ی سیلندر ترمز را بسته و تغذیه‌ی آن را از مخزن کمکی امکان‌پذیر می‌سازد.
- فشار هوای سیلندر ترمز را در سطح مشخصی نگه می‌دارد.

۴-۴-۲-۳- خودکار ترمز

در میان اهرم‌بندی از قطعه‌ای به نام خودکار ترمز (شکل ۴-۱۶) استفاده شده است که وظیفه‌ی آن تنظیم فاصله‌ی بلاک‌های ترمز (کفش‌های ترمز) با چرخ‌ها است. با توجه به این که اصطکاک عامل اصلی ترمزگیری است، پس سایش نیز که زاییده‌ی اصطکاک است در هر بار ترمزگیری، مابین سطوح در حال تماس به وجود می‌آید. از آنجا که کفش‌های ترمز نسبت به چرخ‌ها دارای سختی کمتری هستند، لذا این سایش در کفش‌ها بسیار شدیدتر می‌باشد. این سایش سبب افزایش فاصله‌ی کفش‌ترمز با چرخ شده و کیفیت ترمزگیری را کاهش می‌دهد. وظیفه‌ی خودکار ترمز حفظ این فاصله در حد مطلوب است.



شکل ۴-۱۶) خودکار ترمز

۴-۴-۲-۴- لوله‌ی مخزن اصلی

در برخی طراحی‌های سیستم ترمز هوایی، از آنجا که این امکان وجود دارد که شدت مصرف هوای مخزن کمکی خیلی سریع‌تر از آن باشد که لوله‌ی اصلی بتواند آن را مجدداً شارژ کند، لوله‌ی دیگری نیز در سرتاسر قطار کشیده می‌شود که از مخزن اصلی موجود در لکوموتیو تغذیه گشته و به آن لوله‌ی مخزن اصلی می‌گویند. هر چند هیچ عمل کنترلی روی فشار هوای این لوله انجام نمی‌شود، اما از آن به منظور حل مشکل افت بحرانی فشار در مخازن کمکی واگن‌ها استفاده می‌شود. مخازن کمکی از طریق یک لوله‌ی رابط و یک شیر یک طرفه، که اجازه‌ی عبور هوا از لوله‌ی مخزن اصلی به مخزن کمکی را می‌دهد، به لوله‌ی مخزن اصلی متصل می‌شوند. به سیستم‌هایی که دارای لوله‌ی مخزن اصلی نیز هستند، سیستم دو لوله‌ای گفته می‌شود.

۴-۴-۲-۵- مخزن اضطراری

برخی سیستم‌های ترمز هوایی، از مخازن اضطراری استفاده می‌کنند. این مخازن مانند مخازن کمکی در هر واگن تعبیه شده و همانند آنها از طریق لوله‌ی اصلی شارژ می‌شوند. با این وجود، این مخازن فقط به صورت اضطراری و معمولاً با احساس افت فشار ناگهانی در لوله‌ی اصلی، به وسیله‌ی سوپاپ سه‌قلو، استفاده می‌شوند. نوع بخصوصی از سوپاپ سه‌قلو به نام توزیع کننده، برای واگن‌هایی که دارای مخازن اضطراری هستند، لازم است.

۴-۴-۲-۶- توزیع کننده

توزیع کننده عملی همانند سوپاپ سه‌قلو انجام می‌دهد و فقط از آن پیشرفته‌تر است. توزیع کننده‌ها توانایی اتصال مخزن اضطراری به سیستم ترمز و شارژ مجدد آن را دارند. همچنین توزیع کننده‌ها می‌توانند به عنوان بخشی از تجهیزات آزادسازی ترمز عمل کنند. چیزی که معمولاً سوپاپ سه‌قلوها قادر به انجام آن نیستند. یک توزیع کننده دارای بخش‌ها و قسمت‌های زیر است:

- بخش عملکرد سریع: محفظه‌ی کوچک موجود در داخل توزیع کننده که برای هدایت هوای لوله‌ی اصلی به داخل آن به کار می‌رود تا به انتقال کاهش فشار در طول قطار کمک کند.
- بخش ترمزگیری مجدد: اجازه‌ی انجام سریع ترمز مجدد، پس از آزادسازی جزیی را می‌دهد.
- بخش آزادسازی تدریجی: امکان آزادسازی جزیی، با نگه داشتن شدت ترمزگیری در سطحی پایین‌تر را فراهم می‌سازد.
- مسیر ارتباطی برای سوپاپ تغییر بار: امکان تنظیم فشار هوای ترمز با مقدار بار واگن را فراهم می‌سازد.
- چوک‌ها (اوریفیس‌ها): قابل تعویضند و زمان‌های ترمزگیری و آزادسازی را تنظیم می‌کنند.
- حالت Inshot جهت عملکرد سریع اولیه، جهت اتصال بلاک‌های ترمز به چرخ‌ها، به کار می‌رود.
- محدود کننده‌ی فشار سیلندر ترمز
- تجهیزات شارژ بیش از حد مخزن کمکی

اکنون با شناخت اجمالی تجهیزات سیستم ترمز هوایی غیر مستقیم، می‌توانیم به شرح عملکرد این سیستم در واگن‌های باری بپردازیم.

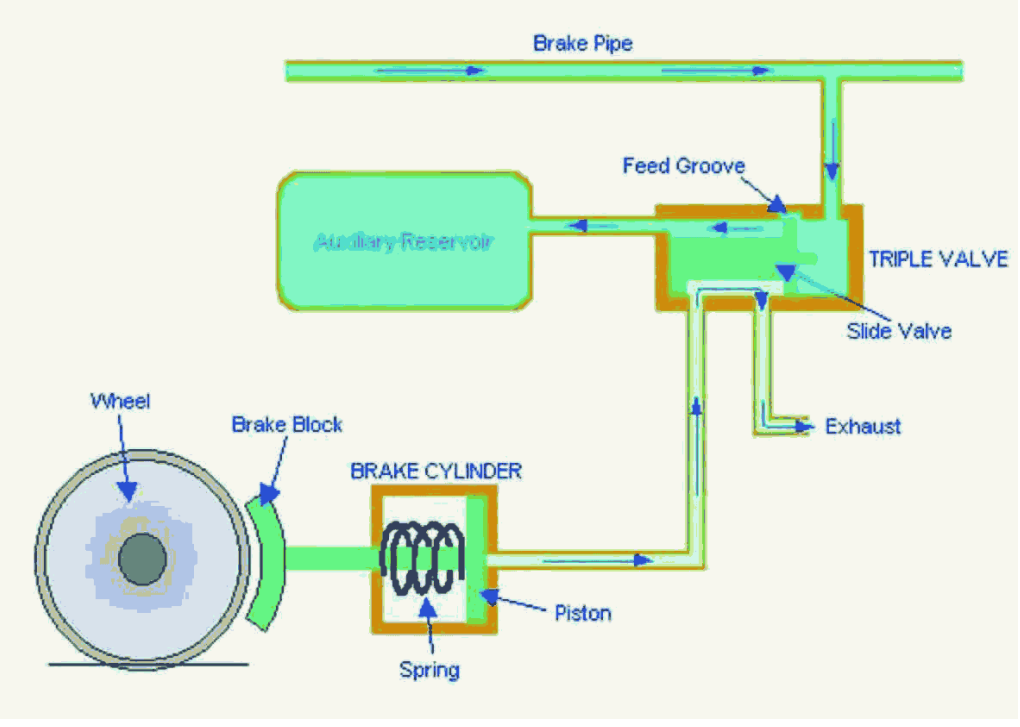
۴-۵- عملکرد سیستم ترمز در هر واگن از یک قطار باری

رفتار سیستم ترمز یک واگن را می‌توان در چهار حالت مختلف: هواگیری، ترمزگیری، آزادسازی و ترمز اضطراری بررسی نمود. هر یک از این حالات در ادامه به اجمال شرح داده می‌شوند.

۴-۵-۱- حالت هواگیری

شکل ۴-۱۷ وضعیت سیلندر ترمز، سوپاپ سه‌قلو و مخزن کمکی را در حالت هواگیری نشان می‌دهد. در ابتدا هیچ هوایی در داخل سیستم ترمز موجود نمی‌باشد. برای آماده کردن سیستم ترمز جهت بهره‌برداری، قبل از هر چیز لازم است که سیستم از هوای فشرده پر شود. به این منظور، ابتدا باید لوله‌ی اصلی واگن‌ها را

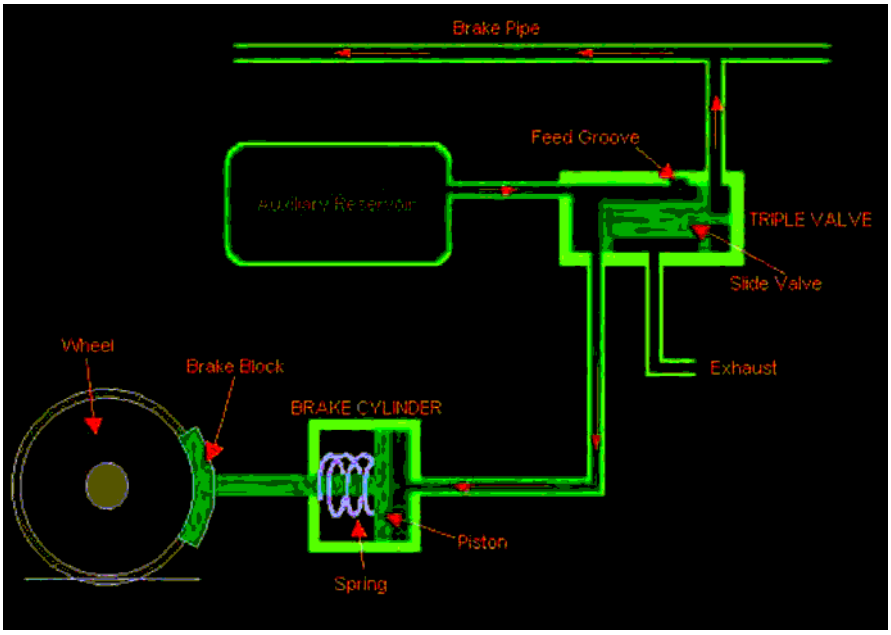
به یکدیگر و نیز به لوله‌ی اصلی لکوموتیو متصل نمود و شیرهای انتهایی مربوطه را باز کرد. به این ترتیب هوای فشرده شده در داخل لوله‌ی اصلی هوا جریان می‌یابد. این هوا از طریق لوله‌ی اصلی به سوپاپ سه‌قلوهای موجود در هر واگن منتقل شده و از طریق سوپاپ سه‌قلو به مخزن کمکی هدایت می گردد. وقتی که سیستم کاملاً پرشد، لوله‌ی اصلی و مخزن کمکی دارای فشاری مشابه خواهند بود که میزان این فشار توسط راه‌آهن های مختلف مشخص شده و با یکدیگر تفاوت دارند.



شکل ۴-۱۷) دیاگرام بلوکی حالت ترمزگیری

۴-۵-۲- حالت ترمزگیری

شکل ۴-۱۸ وضعیت سیلندر ترمز، سوپاپ سه‌قلو و مخزن کمکی را در حالت ترمزگیری نشان می‌دهد. با قرار دادن دستگیره‌ی شیر ترمز لکوموتیوران در حالت ترمزگیری، فشار هوا در لوله ی اصلی کاهش می‌یابد. این افت فشار توسط سیستم موجود در سوپاپ سه قلو احساس می‌شود و مسیر ارتباطی بین سیلندر و هوای آزاد بسته می‌شود. در همین زمان مسیر ارتباطی بین مخزن کمکی و سیلندر ترمز باز شده است. اکنون هوای مخزن کمکی به سمت سیلندر ترمز جریان می‌یابد. فشار هوا به پیستون نیرو وارد کرده و سبب حرکت پیستون در جهت فشرده شدن فنر می گردد. به این ترتیب بلاک های ترمز به چرخ ها می چسبند. جریان هوا از مخزن کمکی به سیلندر ترمز تا زمانی ادامه می‌یابد که هر دو با هم برابر شده، یا توسط کنترل کننده‌ای که به همین منظور در سوپاپ سه‌قلو تعبیه شده، قطع گردد. این حداکثر فشار سیلندر ترمز قابل استحصال است و به این صورت یک ترمز کامل اعمال شده است. برای رسیدن به حالت ترمز کامل با حجم قابل قبولی از هوا و با فشار مناسب، معمولاً حجم سیلندر ترمز را حداکثر ۴۰ درصد حجم مخزن کمکی طراحی می کنند.



شکل ۴-۱۸) دیاگرام بلوکی حالت هواگیری

۴-۵-۳- حالت آزادسازی

پس از انجام ترمزگیری و به منظور حرکت مجدد، لازم است تا قبل از آن ترمزها آزاد گردند. با قرار دادن دستگیره‌ی شیر ترمز لکوموتیوران در حالت آزادسازی، فشار هوا در لوله‌ی اصلی افزایش می‌یابد. این مسئله سبب می‌شود تا از طریق سوپاپ سه‌قلو مسیر ارتباطی بین سیلندر و هوای آزاد باز شده و مسیر ارتباطی بین مخزن کمکی و سیلندر ترمز بسته گردد. اکنون ارتباط بین سیلندر ترمز و مخزن کمکی قطع شده و سیلندر ترمز به خروجی متصل می گردد. علاوه بر آن با برقراری مجدد ارتباط بین لوله‌ی اصلی و مخزن کمکی، این مخزن مجددا با فشار لوله‌ی اصلی پر می‌شود. با اتصال سیلندر ترمز به خروجی، هوای موجود در آن تخلیه شده و پیستون تحت تاثیر فنر موجود در داخل سیلندر به عقب برگشته و ترمزها آزاد می‌شوند.

۴-۵-۴- حالت اضطراری

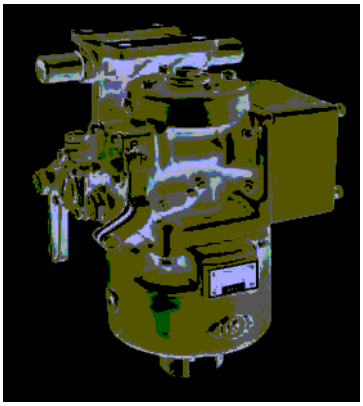
در این حالت، قطار می‌تواند نهایت توان ترمزی خود را داشته باشد. زمانی از این ترمز استفاده می‌شود که وضعیتی اضطراری وجود داشته باشد. اعمال ترمز اضطراری سبب باز شدن لوله‌ی اصلی هوا به اتمسفر می‌شود. در نتیجه افت فشار بسیار شدیدی در داخل لوله‌ی اصلی اتفاق می‌افتد. به این ترتیب و با توجه به این که در سوپاپ سه قلو، فشار در سمت لوله‌ی اصلی کاهش پیدا می کند، وضعیت مسیرهای ارتباطی موجود در سوپاپ سه‌قلو همانند حالت ترمزگیری خواهد بود. تنها تفاوت این ترمز با حالت ترمزگیری عادی در این است که انجام عمل ترمزگیری، با توجه به اختلاف فشار بیشتر در دو طرف سوپاپ لغزشی، تا حد امکان سریع‌تر انجام می‌شود.

۴-۶- سیستم های ترمز مورد استفاده در ناوگان باری ایران

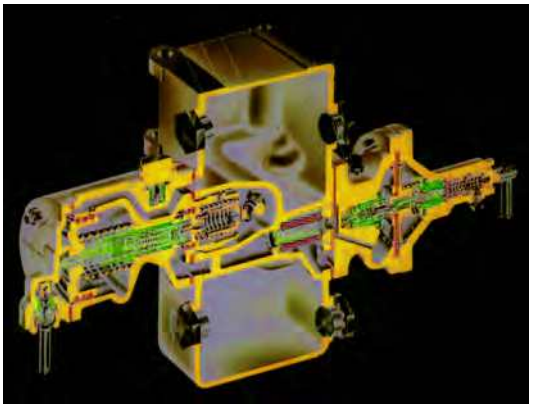
در ناوگان باری راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، دو نوع سیستم ترمز مختلف، که البته هر دو از نوع ترمز هوایی غیر مستقیم هستند، وجود دارد. این دو نوع عبارتند از: الف) سیستم ترمز کنور که خود دارای چند نوع

سوپاپ سه‌قلوی مختلف است که از نظر اصول کارکرد بسیار شبیه یکدیگر هستند و فقط در برخی شرایط مزایایی نسبت به هم دارند که هر کدام را برای کاربردی خاص مناسب می‌سازد و ب) سیستم ترمز روسی که در مدل مورد استفاده در راه‌آهن ایران فقط از یک نوع سوپاپ سه قلو به نام 483M استفاده شده است. فشار هوای لوله ی اصلی در راه‌آهن باری ایران، ۵ بار می‌باشد.

واضح است که تفاوت اصلی در سیستم‌های ترمز هوایی مختلف، تفاوت در عملکرد و ویژگی‌های سوپاپ سه‌قلوی آنها می‌باشد. لذا با توجه به نوع هدف آموزشی این کتاب، در اینجا فقط به شرح مختصر ویژگی‌های سوپاپ سه‌قلوهای کنور و روسی می‌پردازیم. شکل ۴-۱۹ نمای ظاهری یک نمونه سوپاپ سه‌قلوی کنور (KE1) و شکل ۴-۲۰ نمای برش خورده‌ی سوپاپ سه قلوی روسی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۹) نمای ظاهری سوپاپ سه‌قلوی KE1



شکل ۴-۲۰) نمای برش خورده‌ی سوپاپ سه قلوی 483M

۱-۶-۴- سوپاپ سه قلوهای کنور با علامت اختصاری KE

سوپاپ سه‌قلوهای KE مورد تایید سازمان بین‌المللی UIC هستند و ساخت کارخانه‌ی کنور، که در اصل یک کارخانه‌ی آلمانی است، می‌باشند. بافت و اسکلت آن دارای یک طراحی تمام منظوره می‌باشد که به سوپاپ‌های دیگر مجهز گشته و به این ترتیب سوپاپ سه‌قلوی KE برای مقاصد مختلف مناسب می‌شود.

انواع سوپاپ سه‌قلوهای KE عبارتند از:

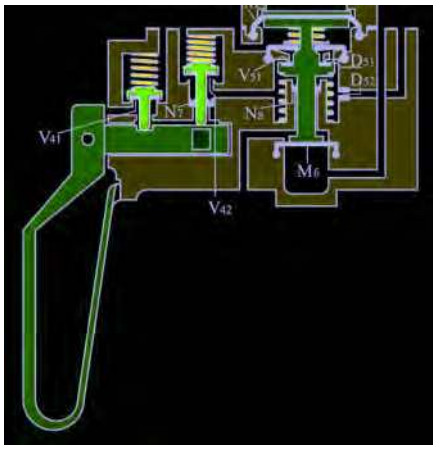
- KE0 که بدون رله و نوع ابتدایی سوپاپ سه‌قلوهای KE می‌باشد.
- KE1 که دارای سوپاپ رله است. اندیس C نشان دهنده‌ی زمان ترمزگیری ۱۸ الی ۳۰ ثانیه و فشار سیلندر ترمز ۳/۸ بار است و اندیس SL به معنای مجهز بودن آن به سوپاپ تخلیه‌ی اتوماتیک اتاق A می‌باشد(KE1CSL).
- KE2 که دارای سوپاپ ترمز تابع بار یا مبدل فشار می‌باشد.

۴-۶-۱-۱- برخی تجهیزات اصلی سوپاپ سه قلوی KE

این سوپاپ بر روی حامل مخصوص خود مونتاژ می‌شود که خود حامل به وسیله‌ی چهار پیچ و مهره به زیر شاسی واگن متصل می‌گردد. بر روی حامل سوپاپ، محل اتصال لوله‌ی مخزن فرعی، سیلندر ترمز و لوله‌ی اصلی هوا پیش بینی شده است. تجهیزات قابل نصب بر روی این نوع سوپاپ‌ها در ادامه معرفی می‌گردند.

۴-۶-۱-۱-۱- شیر قطع و وصل (هواگیری مخزن فرعی)

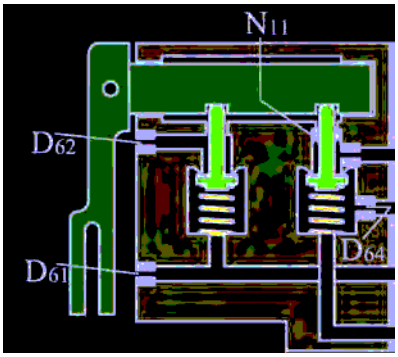
این شیر از سه سوپاپ به نام‌های ورود یا هواگیری، خروج یا تخلیه‌ی هوا و سوپاپ تغذیه‌ی مخزن کمکی تشکیل شده است و دستگیره‌ی آن توسط اهرم‌بندی به صفحه و دستگیره‌ی شیر قطع و وصل، که دارای دو حالت باز و بسته می‌باشد، مربوط می‌گردد. در صورت قرار گرفتن دستگیره در حالت باز یا عمودی، سوپاپ ورود باز شده و سوپاپ تغذیه‌ی مخزن کمکی به کار می‌افتد. با تغییر حالت دستگیره به وضعیت بسته، ارتباط سوپاپ سه‌قلو با لوله‌ی اصلی هوا قطع و هوای کلیه‌ی قسمت‌های سوپاپ تخلیه می‌گردد و ترمز واگن از مدار خارج می‌شود. شکل ۴-۲۱ این بخش از سوپاپ سه‌قلوی کنور را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۱) شیر قطع و وصل

۴-۶-۱-۱-۲- شیر باری/مسافری

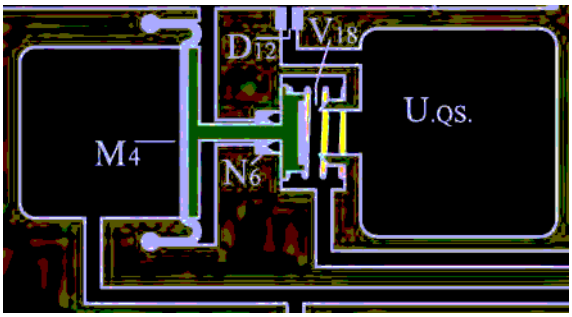
این شیر مجهز به دو سوپاپ می‌باشد که یکی از آنها در مسیر اعمال ترمز و دیگری در مسیر آزادسازی ترمز قرار گرفته است. با قرار دادن دستگیره‌ی شیر در حالت باری، این سوپاپ‌ها بسته شده و موجب کوچک شدن مقطع عبور هوا خواهند شد. این مکانیزم با افزایش زمان ترمزگیری و آزادسازی، موجب می‌شود که واگن‌های انتهایی نیز اعمال فوق را هم‌زمان با واگن‌های جلو انجام دهند. این سیستم به کمک اتاق U از ایجاد شوک در قطارهای طویل جلوگیری می‌کند. شکل ۴-۲۲ این بخش از سوپاپ سه‌قلوی کنور را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۲) شیر باری/مسافری

۴-۶-۱-۱-۳- اتاق انتقال U (تسریع کننده)

در ترمز تدریجی، تخلیه‌ی اندک هوا از لوله‌ی اصلی، سبب می‌شود که پیستون و دیافراگم موجود در سوپاپ به طرف بالا حرکت کرده و در نتیجه مجرای ورود هوا به اتاق U باز شود. در نتیجه‌ی این رویداد، حجم قابل توجهی از هوای لوله‌ی اصلی به اتاق U جریان یافته و تقلیل فشار در لوله‌ی اصلی تسریع می گردد. بنابراین عمل تقلیل فشار و ترمزگیری در سرتاسر قطار، کوتاه‌تر و هماهنگ‌تر می گردد. شکل ۴-۲۳ نشان دهنده‌ی محل اتاق U در سوپاپ سه‌قلوی کنور می‌باشد.



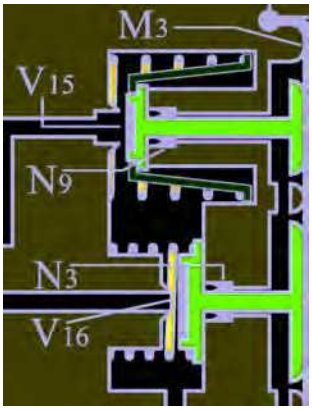
شکل ۴-۲۳) اتاق تسریع U

۴-۶-۱-۱-۴- سوپاپ محدود کننده‌ی فشار زیاد

این سوپاپ اجازه نمی‌دهد فشار هوای سیلندر ترمز از میزان معین شده، حتی در صورت بالا بودن فشار هوا در لوله‌ی اصلی و اتاق A، تجاوز نماید. حداکثر فشار در سوپاپ‌های KE1a؛ ۳/۶ بار و در سوپاپ‌های KE1C؛ ۳/۸ بار است. البته در موارد استثنایی مانند حالت باردار/خالی اتوماتیک هوایی، فشار هوای سیلندر ترمز تا ۴/۱ بار نیز قابل افزایش است.

۴-۶-۱-۱-۵- سوپاپ محدود کننده‌ی فشار کم

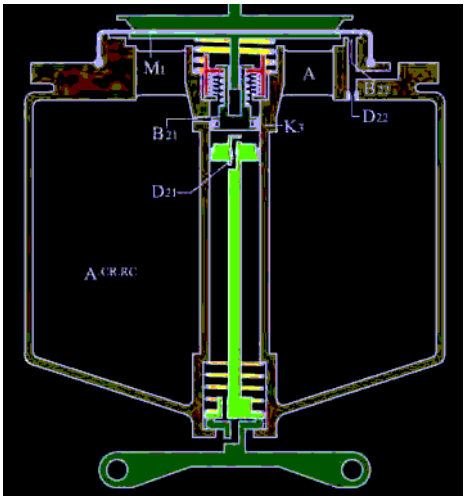
در هنگام ترمزگیری و پس از رسیدن فشار هوای سیلندر ترمز به ۰/۷ الی ۰/۸ بار، این سوپاپ بسته شده و با این عمل یکی از مجاری ورود هوا به محفظه CV بسته می‌شود. این عمل سرعت افزایش فشار در داخل سیلندر ترمز را کاهش داده و از ضربه زدن کفش به چرخ جلوگیری می‌نماید. شکل ۴-۲۴ سوپاپ‌های محدود کننده‌ی فشار کم و زیاد را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۴) سوپاپهای محدود کننده‌ی فشار

۴-۶-۱-۱-۶- اتاق کنترل A

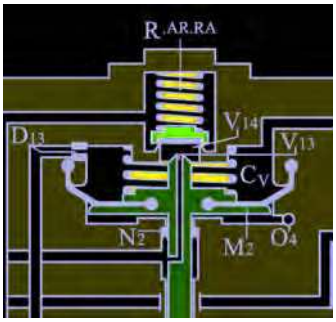
این اتاق که به صورت مخزنی در زیر قسمت اصلی سوپاپ سه قلو نصب می‌شود (شکل ۴-۲۵)، نقش کنترلی دارد. در بالای این محفظه، دیافراگم بزرگی قرار دارد که به یک پیستون متصل است. در بالای دیافراگم فشار هوای لوله‌ی اصلی قرار دارد. به این ترتیب با تغییرات فشار در لوله‌ی اصلی، به دلیل برهم خوردن تعادل فشاری در دو طرف دیافراگم، دیافراگم به همراه پیستون به سمت بالا یا پایین حرکت کرده و موجبات ترمزگیری و یا آزادسازی را فراهم می‌سازد.



شکل ۴-۲۵) اتاق A

۴-۶-۱-۱-۷- سوپاپ سه فشاره (سه جانبه)

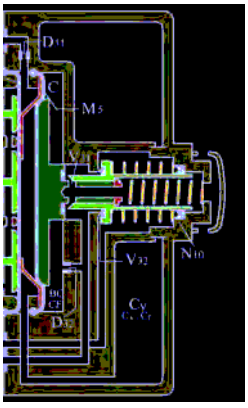
سوپاپ سه جانبه (شکل ۴-۲۶)، هواگیری و تخلیه‌ی هوای مخزن CV را مطابق با مقدار تغییرات فشار در لوله‌ی اصلی کنترل می کند. این سوپاپ نسبت به تغییرات کنترل شده‌ی فشار در لوله‌ی اصلی عکس العمل سریعی داشته و به منظور انجام ترمزهای با عکس العمل سریع ساخته شده است. علاوه بر آن، سوپاپ سه جانبه سیستم تسریع کننده را غیر فعال کرده و فرآیند هواگیری بیش از حد (Overcharge) را نیز کنترل می کند.



شکل ۴-۲۶) سوپاپ سه جانبه

۴-۶-۱-۱-۸- سوپاپ رله (تخلیه)

سوپاپ سه‌قلوی KE1 دارای یک سوپاپ رله یک مر حله‌ای با نسبت انتقال ۱:۱ است. سوپاپ رله‌های یک مرحله‌ای، دو مرحله‌ای، متغیر و پیش‌رونده نیز برای استفاده بر روی سوپاپ سه‌قلوی KE2 و به منظور کنترل شدت ترمز متناسب با بار، ساخته شده‌اند. این سوپاپ‌ها جایگزین درپوشهای ساده در مدلهای پایین‌تر سوپاپ سه‌قلوی KE شده‌اند. این قسمت سوپاپ، وظیفه‌ی هواگیری و تخلیه‌ی سیلندر ترمز را متناسب با فشار هوای CV، به عهده دارد. با توجه به این که اتاق CV موجود در قسمت رله، به صورت کنترل شده تغذیه و یا تخلیه می‌گردد، و تغذیه‌ی سیلندر ترمز از مجرایی بزرگ‌تر انجام می‌شود، زمان‌های ترمزگیری و آزادسازی (تغذیه و تخلیه‌ی سیلندر ترمز) مستقل از حجم سیلندر ترمز گردیده و مطابق با زمان هواگیری و تخلیه‌ی محفظه‌ی CV که حجمی ثابت است، صورت می‌پذیرد. این بدان معنی است که از یک نوع سوپاپ سه‌قلوی مشابه می‌توان برای سایزهای مختلف سیلندر ترمز با کورس‌های متفاوت استفاده نمود بدون این که نیازی به هرگونه بهبود؛ مانند تغییر اوریفیس‌ها وجود داشته باشد. علاوه بر آن هوای داخل اتاق CV وظیفه‌ی بستن سوپاپ تغذیه‌ی اتاق A، سوپاپ محدود کننده‌ی فشار کم و سوپاپ محدود کننده‌ی فشار زیاد را نیز به عهده دارد. شکل ۴-۲۷ یک سوپاپ رله‌ی یک مرحله‌ای را نشان می‌دهد.



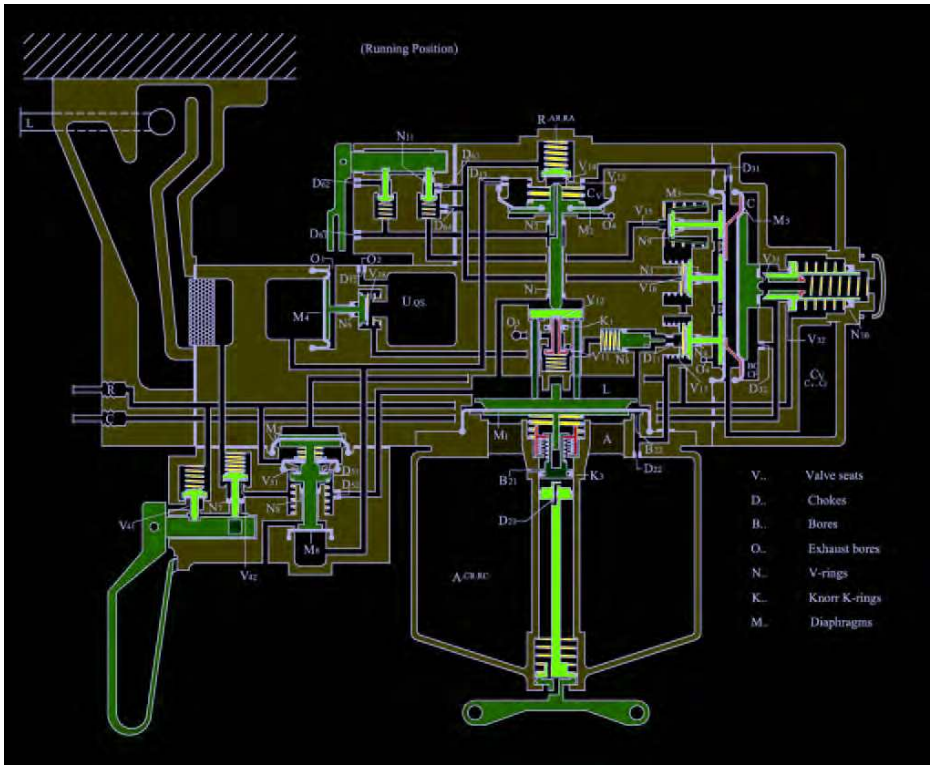
شکل ۴-۲۷) سوپاپ رله

۴-۶-۱-۱-۸- واحد کنترل الکتروپنوماتیکی (EPZ)

در صورتی که سوپاپ سه‌قلوی KE را بخواهند در سیستم‌های ترمز الکتروپنوماتیکی به کار برند، لازم است که آن را به یک واحد الکتروپنوماتیکی مجهز نمایند. بهترین حالت استفاده از این نوع سوپاپ‌های مجهز به EPZ، استفاده در سیستم‌های دو لوله‌ای است.

۴-۶-۱-۲- طرز کار سوپاپ سه‌قلوی KE1 به صورت اجمالی

با توجه به مدار نشان داده شده در شکل ۴-۲۸، در ادامه مراحل هواگیری، ترمزگیری و آزادسازی مختصراً شرح داده خواهند شد.



شکل ۴-۲۸) مدارات داخلی سوپاپ سه‌قلوی KE1

۴-۶-۱-۲-۱- هواگیری

هوای با فشار ۵ بار از طریق لوله‌ی اصلی وارد قسمت حامل سوپاپ سه‌قلو شده و پس از گذشتن از صافی هوا، به شیر قطع و وصل وارد می‌شود. با قرار دادن دستگیره‌ی این شیر به حالت عمودی، سوپاپ ورود در حالت باز قرار گرفته و از طریق آن فضای قسمت مرکزی، یعنی روی دیافراگم بزرگ در قسمت بالای اتاق A، هواگیری می‌شود. پس از آن اتاق A نیز از طریق سوپاپ کنترل هواگیری اتاق A، هواگیری می‌شود. مخزن فرعی از طریق سوپاپ تغذیه، از هوای ۵ بار پر شده که این هوا از طریق سوپاپ‌های محدود کننده‌ی فشار و شیر باری/مسافری، فضای فوقانی اتاق CV را نیز تغذیه می‌نماید.

۴-۶-۱-۲-۲- ترمزگیری

با کم کردن مقداری از فشار هوای لوله‌ی اصلی، فشار هوای قسمت بالایی دیافراگم بزرگ کم شده و در نتیجه فشار هوای زیر دیافراگم بزرگ (محفظه A) پیستون را به طرف بالا حرکت می‌دهد. این عمل باعث باز شدن سوپاپ فوقانی اتاق CV می‌شود و در نتیجه هوا وارد آن شده و از طریق آن به قسمت سوپاپ رله جریان می‌یابد. با رسیدن هوا به این منطقه، پیستون مربوط به دهانه‌ی سوپاپ رله حرکت کرده و مسیر ورود هوای مخزن کمکی به سیلندر ترمز باز می‌شود. این عمل تا زمانی ادامه پیدا می کند که فشار طرف دیگر پیستون برابر طرف اول شود. سپس پیستون تحت اثر نیروی فنر به جای اول خود باز می گردد و عمل ترمزگیری مطابق فرمان صادر شده از جانب لکوموتیوران، تکمیل می گردد.

۴-۶-۱-۲-۳- تخلیه (آزادسازی)

آزادسازی ترمز در واقع مانند هواگیری انجام می‌شود. یعنی پس از جبران کسری فشار هوا در لوله‌ی اصلی، فشار بالای دیافراگم بزرگ به ۵ بار می‌رسد و دیافراگم به جای اول خود باز می گردد. به این ترتیب تغذیه‌ی هوای محفظه‌ی CV از سوپاپ فوقانی آن قطع شده و هوای CV از طریق شیر باری/مسافری تخلیه

می گردد. با تخلیه‌ی هوای CV، تعادل در طرفین دیافراگم سوپاپ رله به هم خورده و این دیافراگم به سمت محل اصلی خود حرکت می کند. بنابراین دهانه‌ی خروج هوا باز می‌شود و در نتیجه هوای سیلندر ترمز تخلیه شده و ترمزها آزاد می گردند.

۴-۶-۲- سوپاپ سه‌قلوی روسی مدل 483M

سوپاپ سه‌قلوهای روسی موجود در ایران، اگرچه مورد تایید UIC نمی‌باشند، ولی در سطح وسیعی در بین کشورهای بلوک شرق و شوروی سابق کاربرد دارند. طراحی و ساخت این سوپاپ‌ها توسط کارخانه‌ی ترانس‌ماش روسیه انجام می گردد. بافت و اسکلت این سوپاپ‌ها چدنی است و از سه قسمت مجزا از هم تشکیل شده است. این سه قسمت به شرح زیر است:

۱) قسمت مخزن دو محفظه‌ای

۲) قسمت اصلی

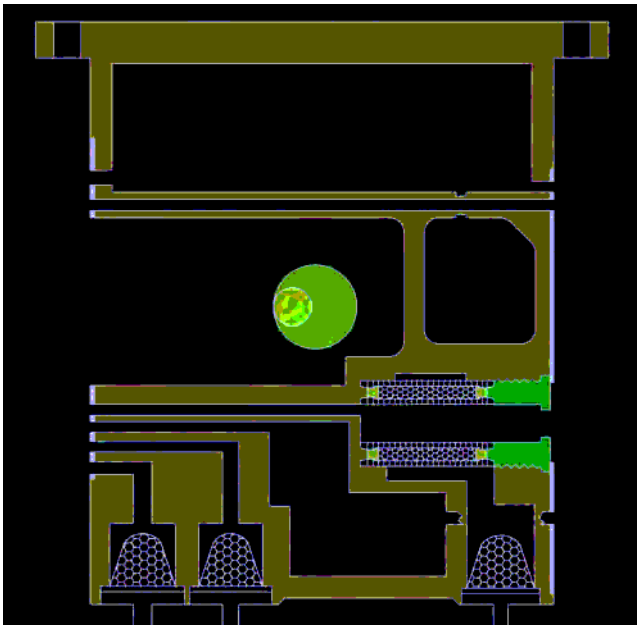
۳) قسمت اساسی

هر کدام از این قسمت‌ها دارای تجهیزات مختلفی بوده و وظایف ویژه‌ای را به عهده دارند که در ادامه به اجمال به آنها می‌پردازیم.

۴-۶-۲-۱- قسمت‌های مختلف سوپاپ سه‌قلوی 483M

۴-۶-۲-۱-۱- قسمت مخزن دو محفظه‌ای

نمایی از این قسمت در شکل ۴-۲۹ نشان داده شده است.



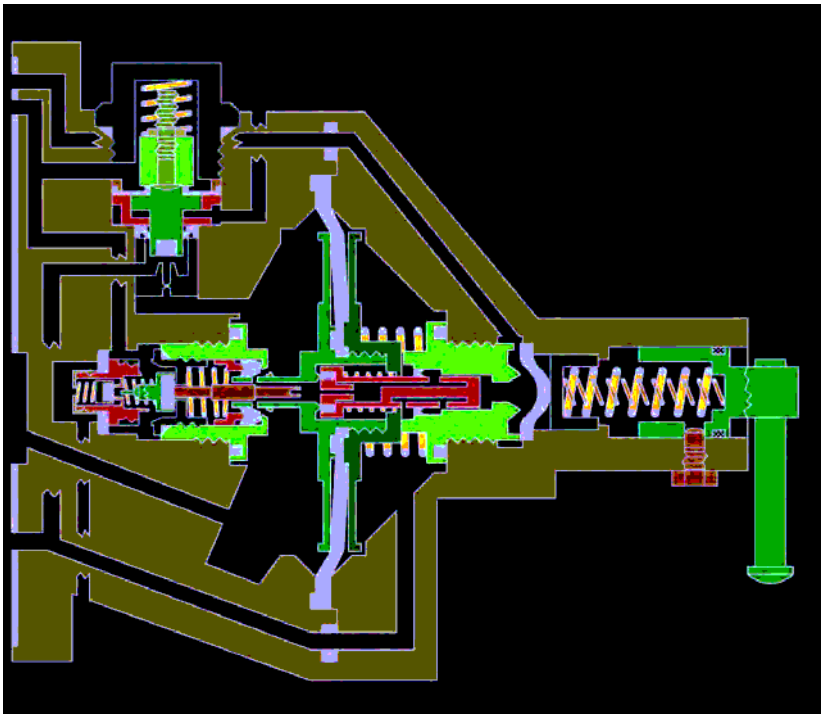
شکل ۴-۲۹) مخزن دو محفظه‌ای

بخش عمده‌ای از این قسمت به صورت مخزن بوده و دارای دو محفظه‌ی هوای جدا از هم، یکی در قسمت فوقانی و دیگری در قسمت تحتانی، می‌باشد. محفظه‌ی فوقانی به نام اتاقک کاری و محفظه‌ی تحتانی به نام اتاقک تقسیم شناخته می‌شود. مسیرهای ارتباطی دو بخش اصلی و اساسی از درون این قسمت می گذرد و ارتباط سوپاپ سه‌قلو با لوله‌ی اصلی هوا، مخزن کمکی و سیلندر ترمز از طریق اتصالات روی این بخش میسر می گردد. علاوه بر آن بر روی این قسمت؛ تجهیزات مربوط به تغییر رژیم کاری سوپاپ سه‌قلو در حالت‌های مختلف خالی، متوسط و باردار نیز تعبیه شده که دستگیره‌ی مربوطه امکان تغییر و ضعیت آن را به وجود آورده است. با تغییر دادن وضعیت این دستگیره، فشردگی فنر پیستون تعادل موجود در بخش اصلی تغییر کرده و متعاقب آن فشار داخل سیلندر ترمز متناسب با وزن واگن تغییر داده می‌شود. این دستگیره دارای سه وضعیت، خالی، متوسط و باردار بوده و این که چه زمانی و تحت چه شرایطی در چه وضعیتی باید

قرار گیرد، به وزن کل واگن بستگی داشته و در واگن های مختلف، متفاوت است.

۴-۶-۲-۱-۲- قسمت اساسی

این بخش، مطابق شکل ۴-۲۰، در سمت راست مخزن دو محفظه ای قرار داشته و مجهز به دستگیره ی جلگه/کوهستان می باشد. مطابق تعریف هر گاه شیب و فراز غالب منطقه ای مساوی یا بیشتر از ۱۸ در هزار باشد، باید دستگیره در حالت کوهستان قرار بگیرد و در غیر این صورت دستگیره در حالت جلگه قرار خواهد گرفت. تفاوت عملکرد سوپاپ سه قلو در دو حالت جلگه و کوهستان در این است که در حالت جلگه؛ آزادسازی فقط به صورت یکنواخت انجام خواهد گرفت. در صورتی که در حالت کوهستان امکان آزادسازی تدریجی ترمز نیز توسط لکوموتیوران وجود خواهد داشت.



شکل ۴-۳۰) قسمت اساسی

تجهیزات موجود در قسمت اساسی: این بخش در واقع بخش کنترلی سوپاپ سه‌قلوی روسی می‌باشد. تجهیزات موجود در این بخش در شکل ۴-۳۰ نشان داده شده‌اند. تغییرات فشار لوله‌ی اصلی، در ابتدا توسط دیافراگم موجود در این قسمت احساس شده و متناسب با این تغییرات فشار، نحوه‌ی پاسخ به آن تعیین می گردد.

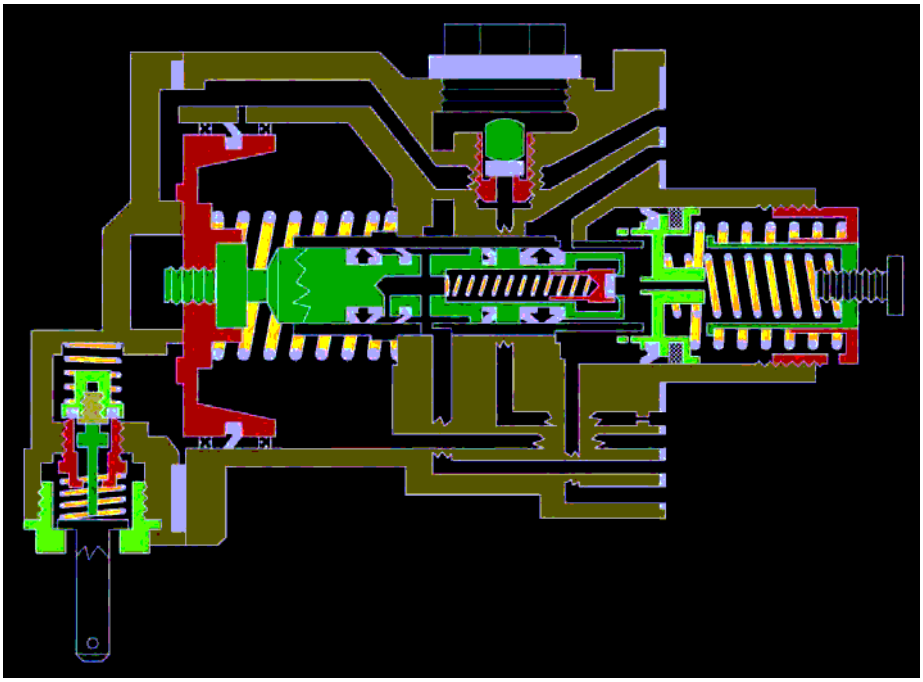
قسمت‌های مختلف موجود در این بخش عبارتند از:

- دیافراگم بزرگ که وظیفه‌ی تشخیص تغییرات فشار لوله‌ی اصلی را به عهده داشته و اتاقک‌های تقسیم و اساسی را از یکدیگر جدا می کند. تشخیص تغییرات فشار به واسطه‌ی بر هم خوردن تعادل فشار دو طرف این دیافراگم، یعنی تعادل فشار هوای اتاقک تقسیم و اتاقک اساسی، انجام می گردد.
- تجهیزات مربوط به دستگاه جلگه/کوهستان؛ که شامل دو فنر، یک سوپاپ قطع و وصل و یک دستگیره می‌باشد و به واسطه‌ی آن میزان فشردگی فنرها تغییر داده می‌شود. با فشرده‌تر شدن فنرها، سوپاپ سه‌قلو در حالت کوهستان کار خواهد کرد.
- پلانجر که در قسمت میانی دو محافظ دیافراگم بزرگ قرار می گیرد و وظیفه‌ی کنترل جریان هوا از اتاقک اساسی به اتاقک تقسیم (و به اتاقک کاری در حالت جلگه) را به عهده دارد.
- قسمت سه شیر که همانطور که از نامش پیداست، متشکل از سه شیر متفاوت به منظور ایجاد جریان فرمان قطع مسیر دوم هواگیری اتاقک تقسیم، واقع در سوپاپ روانساز، و نیز کاهش فشار هوای اتاقک تقسیم در زمان ترمزگیری می‌باشد.
- سوپاپ روانساز که در قسمت فوقانی بخش اساسی قرار گرفته و وظیفه‌ی آن جبران نوسانات فشار لوله‌ی اصلی هوا، با فراهم کردن امکان ارتباط دو اتاقک تقسیم و اساسی، است. به این ترتیب نوسانات کم و آهسته‌ی فشار هوا در لوله‌ی اصلی به وسیلهِ این سوپاپ و با کمک هوای موجود در اتاقک تقسیم، تعدیل شده و سوپاپ سه‌قلو در برابر این نوسانات عکس العملی نشان نمی‌دهد. وظیفه‌ی دیگر آن برقراری مسیر دوم هواگیری اتاقک تقسیم از اتاقک اساسی، در زمان هواگیری و نیز قطع این ارتباط در زمان ترمزگیری می‌باشد.

۴-۶-۲-۱-۳- قسمت اصلی

این قسمت در سمت چپ مخزن دومحفظه‌ای قرار داشته و مجهز به دستگیره‌ی آزادسازی دستی ترمز واگن در قطار، بدون نیاز به آزادسازی ترمز واگن‌های دیگر و یا تخلیه‌ی کامل هوای واگن، تعبیه شده که با تغییر وضعیت آن از حالت عمودی وظیفه‌ی خود را انجام می‌دهد.

شکل ۴-۳۱ بخش‌های تشکیل دهنده‌ی این قسمت را نشان می‌دهد که در ادامه به اجمال معرفی می‌گردند.



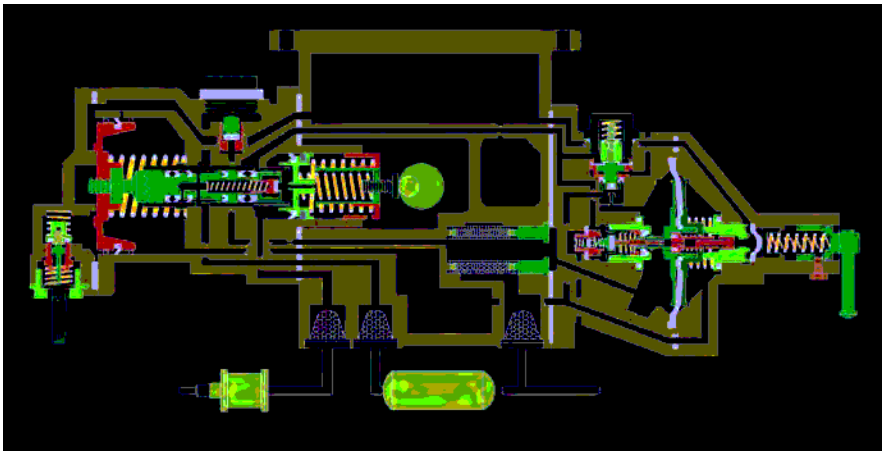
شکل ۴-۳۱) قسمت اصلی

قسمت‌های مختلف موجود در این بخش عبارتند از:

- پیستون اصلی که در دو طرف آن فشار هوای اتاقک‌های کاری و تقسیم اعمال می‌شود. با برهم خوردن این تعادل، پیستون در جهت اعمال ترمز و یا آزادسازی آن حرکت خواهد کرد.
- میله‌ی پیستون اصلی که حرکت پیستون اصلی را به سوپاپ ترمز منتقل می کند و سبب باز یا بسته شدن آن می گردد. علاوه بر آن مسیرهایی در داخل این میله تعبیه شده است که مسیر هواگیری مخزن کمکی از لوله‌ی اصلی را در زمان هواگیری و یا آزادسازی باز کرده و در زمان ترمزگیری مسدود می‌نماید. همچنین ارتباط مخزن کمکی با سیلندر ترمز نیز از طریق مجراهای این میله انجام می گردد.
- سوپاپ ترمز که در داخل میله‌ی پیستون اصلی تعبیه شده و در زمان حرکت پیستون اصلی به سمت راست، توسط دیواره‌ی مجرای میانی پیستون تعادل باز شده و مسیر جریان هوا از مخزن کمکی به سیلندر ترمز را برقرار می‌نماید.
- پیستون تعادل که وظیفه‌ی باز کردن سوپاپ ترمز و تنظیم فشار هوای داخل سیلندر، مطابق با میزان فشردگی فنر مربوطه که توسط دستگیره‌ی خالی/متوسط/باردار تعیین می‌شود، را به عهده دارد. همچنین تخلیه‌ی سیلندر ترمز از طریق مجرای میانی این پیستون که در زمان ترمزگیری بسته می‌شود، انجام می‌پذیرد.
- سوپاپ تغذیه‌ی معکوس که یک شیر یک طرفه بوده و در سر راه تغذیه‌ی مخزن کمکی از لوله‌ی اصلی قرار دارد. عملکرد آن به گونه‌ای است که در صورت بیشتر بودن فشار مخزن کمکی از فشار لوله‌ی اصلی، شیر بسته می‌شود و در نتیجه امکان بازگشت هوای مخزن کمکی به لوله‌ی اصلی را در زمان ترمزگیری از بین می‌برد.
- سوپاپ آزادسازی دستی که همان‌طور که گفته شد، به منظور آزاد کردن ترمز یک واگن در قطار و بدون نیاز به تخلیه‌ی هوای سیستم ترمز واگن، تعبیه شده است. این سوپاپ سبب تخلیه‌ی هوای اتاقک کاری و برگشت پیستون اصلی به محل خود می گردد که در نهایت منجر به آزاد شدن ترمزها می‌شود.

۴-۶-۲-۲- طرزکار اجمالی سوپاپ سه قلوی روسی (483M)

با توجه به مدار نشان داده شده در شکل ۴-۳۲، در ادامه مراحل هواگیری، ترمزگیری و آزادسازی مختصرا شرح داده خواهند شد.



شکل ۴-۳۲) مدارات داخلی سوپاپ سه‌قلوی 483M

۴-۶-۲-۲-۱- هواگیری

با باز شدن مسیر هوای لوله‌ی اصلی به داخل سوپاپ سه‌قلو، هوای ۵ بار از فیلتر هوا عبور کرده و وارد اتاقک اساسی می گردد. با ورود هوا به اتاقک اساسی و اعمال فشار هوا بر روی دیافراگم بزرگ، این دیافراگم به سمت راست حرکت کرده و مسیر هوا را از سوراخ های تعبیه شده در بخش میانی و پلانجر به اتاقک تقسیم باز می‌نماید (هواگیری اتاقک تقسیم به صورت کمکی از طریق اوریفیس سوپاپ روانساز نیز انجام می شود). این هواگیری تا زمانی ادامه می‌یابد که فشار هوا در دو اتاقک اساسی و تقسیم برابر گردد. پس از هواگیری اتاقک تقسیم و از طریق مجرای موجود روی پوسته، که در زمان آزاد بودن ترمزها توسط پیستون اصلی باز می‌باشد، هواگیری اتاقک کاری نیز انجام می‌شود.

هم‌زمان با ورود هوا به اتاقک اساسی، شاخه‌ای از هوای لوله‌ی اصلی نیز به سمت سوپاپ تغذیه‌ی معکوس و به منظور هواگیری مخزن کمکی، جریان می‌یابد. به این ترتیب مخزن کمکی نیز هواگیری می‌شود.

۴-۶-۲-۲-۲- ترمزگیری

با کاهش فشار هوا در لوله‌ی اصلی، فشار هوا در اتاقک اساسی نیز کاهش می‌یابد. این کاهش فشار سبب بر هم خوردن تعادل دو طرف دیافراگم بزرگ گردیده و این دیافراگم به همراه قسمت میانی، به سمت چپ حرکت می‌کند. به این ترتیب هوای اتاقک تقسیم نیز از قسمت سه شیر تخلیه شده و در نتیجه تعادل هوا در دو طرف پیستون اصلی نیز بر هم می‌خورد. با به وجود آمدن این وضعیت، پیستون اصلی به همراه میله‌ی آن به سمت راست حرکت نموده و مسیر ارتباطی اتاقک تقسیم و اتاقک کاری را قطع می‌کند. در ادامه‌ی حرکت میله‌ی پیستون، مسیر ارتباطی لوله‌ی اصلی هوا و مخزن کمکی نیز قطع شده و با برخورد سوپاپ ترمز با جداره‌ی مجرای میانی پیستون تعادل، این سوپاپ باز شده و هوا از مخزن کمکی به سمت سیلندر ترمز جریان می‌یابد. روشن است که در اثر برخورد جداره‌ی مجرای میانی پیستون تعادل با غشای لاستیکی سوپاپ ترمز، ارتباط سیلندر ترمز با اتمسفر قطع می‌گردد. تغذیه‌ی سیلندر ترمز تا جایی ادامه پیدا می‌کند که نیروی وارده به پیستون تعادل از طرف هوای فشرده (که برابر با فشار هوای سیلندر ترمز نیز می‌باشد)، با نیروی فنر پیستون تعادل برابری کرده و آن را به عقب براند. در نتیجه تغذیه‌ی سیلندر ترمز قطع شده و عمل ترمزگیری متناسب با فشار تنظیم شده به وسیله‌ی دستگیره‌ی خالی/متوسط/باردار، تکمیل می‌شود.

۴-۶-۲-۲-۳- آزادسازی

اتفاقاتی که در زمان آزادسازی ترمز بعد از انجام عمل ترمز در سوپاپ سه قلو رخ می‌دهد، همانند حالت هواگیری می‌باشد. به این ترتیب که با افزایش فشار لوله‌ی اصلی هوا، دیافراگم بزرگ به سمت راست حرکت نموده و در نتیجه مسیر تخلیه‌ی اتاقک تقسیم بسته شده و هواگیری اتاقک تقسیم مجدداً از دو طریق ذکر

شده در بخش هواگیری، آغاز می‌شود. با افزایش تدریجی فشار هوای اتاقک تقسیم، پیستون اصلی نیز آرام آرام به سمت چپ حرکت نموده تا به محل اولیه‌ی خود باز می گردد. به این ترتیب سوپاپ ترمز از جداره‌ی مجرای میانی سوپاپ تعادل جدا شده، مسیر ارتباطی سیلندر ترمز و اتمسفر از طریق مجرای میانی باز می گردد. تغذیه‌ی سیلندر ترمز نیز قطع شده و با حرکت میله‌ی پیستون اصلی به سمت چپ، مسیر تغذیه‌ی مخزن کمکی از لوله‌ی اصلی هوا مجددا برقرار می گردد. به این ترتیب سوپاپ سه‌قلو برای انجام عملیات ترمزگیری بعدی آماده می‌شود.

موارد ذکر شده در این فصل، مختصری بود راجع به اصول ترمزگیری آلات ناقله ریلی، انواع سیستم‌های ترمز، سیستم‌های ترمز قطار باری در ایران و مطالب دیگری که عنوان گردید. پر واضح است که مبحث ترمز بسیار پیچیده‌تر از این مختصر بوده و چنانچه تمایلی برای درک بیشتر پیچیدگی‌های ترمز وجود داشته باشد، با مراجعه به منابع ذکر شده در انتهای فصل می‌توان به آنها پاسخگو بود. امید است که این مختصر انگیزه‌ی آشنایی بیشتر با سیستم ترمز آلات ناقله‌ی ریلی را به وجود آورده باشد.

مراجع

۱- «مشخصات واگن‌های باری»، اداره کل واگن‌های باری، ۱۳۸۷

۲- محسن طلیعه نوری، «راهنمای فنی شناسائی قطعات بوژی H رومانی با قطر چرخ ۹۲۰ mm»ویرایش نخست، اداره کل واگن‌های باری.

۳- نقشه‌های قطعات و اجزای واگنهای باری، آرشیو اداره کل واگن‌های باری.

۴- کاتالوگ قطعات یدکی بوژی سه تکه ۱۰۰-۱۸، آرشیو اداره کل واگن‌های باری.

۵- «مقررات عمومی حرکت»، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۱.

۶- «دستورالعمل جایگزینی کوپلینگ اتوماتیک»، آرشیو اداره کل واگن‌های باری.

۷- محمدعلی کامیار، «ترمز لکوموتیو و قطار»، مرکز آموزش عالی علمی کاربردی راه‌آهن، تهران، ۱۳۸۶.

۸- شرکت کنور، «اطلاعات جامع ترمز راه‌آهن با شرح آحاد و مختصات سیستم کنور»، ترجمه‌ی ناصر مجیدی فرد، مرکز آموزش عالی علمی کاربردی راه‌آهن، تهران، ۱۳۷۹.

۹- کامران هاشمی؛ غلامرضا آقاجانی، «شناسایی و بازرسی فنی واگن‌های باری با سیستم روسی»، مرکز آموزش عالی علمی کاربردی راه‌آهن، تهران، ۱۳۸۶.

۱۰- الف. ام. بابایف، «تجهیزات ترمز واگن‌های باری - ساختمان، طرز کار، بهره‌برداری و تعمیرات»، ترجمه‌ی رامین عافیت طلب، اداره کل واگنهای باری، تهران، ۱۳۸۰.

۱۱- شرکت ترانس ماش روسیه ، « شرایط فنی سوپاپ سه‌قلوی ۴۸۳M » ، کارخانه ترانس ماش، مسکو، ۱۹۹۸ میلادی.

۱۲- شرکت ترانس ماش روسیه، «برنامه‌ی آشنایی با روش‌های بهره‌برداری و تمیر سیستم ترمز واگن‌های باری روسی در ایران (اصول کلی)»، ترجمه‌ی اعظم آقابیگی، اداره کل واگن‌های باری، ۱۳۸۳.

۱۳- شرکت ترمز کنور، «شرح سوپاپ توزیع KE»، بخش ترمز ریلی شرکت ترمز کنور، ۱۹۹۳ میلادی.

14- UIC CODES NO. 520, 526-2, 829-4, 827-2.

15- “http://en.wikipedia.org/wiki/railroad_car“

16- “Official Railway Equipment Register“, Commonwealth Business Media, July 2002

17- “Tractive effort, acceleration and braking“, The Mathematical Association, 2004

18- Izumi Hasegawa and Seigo Uchida, “Braking systems“, Japan Railway & Transport Review 20, June 1999.

19- John Bently, “An Introduction to Train Brakes“, train-dynamic.com

مرکز آموزش عالی راه آهن کتاب های زیر را منتشر کرده است:

۱-راهنمای عیوب ریل ها – ۱۳۶۸

۲- فرهنگ شش زبانه عمومی واژگان واصطلاحات راه آهن – ۱۳۷۲

۳- عیوب پل های راه آهن و اقدامات اصلاحی آنها – ۱۳۷۶

۴- اطلاعات جامع ترمز راه آهن با شرح آحاد و مختصات سیستم کنور – ۱۳۷۹

۵- فرهنگ توصیفی اصطلاحات علائم الکتریکی راه آهن – ۱۳۸۱

۶- نگهداری و تعمیرات زیرسازی و روسازی خطوط ریلی – ۱۳۸۲

۷- شناسایی و طریقه بهره برداری از تجهیزات مکانیکی لکوموتیو های دیزل الکتریک – ۱۳۸۳

۸- شناسایی و طریقه ی بهره برداری از تجهیزات الکتریکی لکوموتیو های دیزل الکتریک – ۱۳۸۳

۹- واژه نامه ی سه زبانه ماشین آلات روسازی ریلی – ۱۳۸۴

۱۰- بازدید قطار در ایستگاه – ۱۳۸۴

۱۱- آموزش سوزنبان – ۱۳۸۴

۱۲- مقدمه ای بر مدیریت نگهداری و تعمیر خطوط راه آهن – ۱۳۸۴

۱۳- اصول مهندسی روسازی خط آهن – ۱۳۸۵

۱۴- الفبای چرخ واگن و لکوموتیو – ۱۳۸۵

۱۵- اصول مهندسی خط راه آهن –۱۳۸۵

۱۶- ترمز لکوموتیو و قطار–۱۳۸۶

۱۷- آموزش مانورچی – ۱۳۸۶

۱۸- ایمنی علائم الکتریکی راه آهن –۱۳۸۶

۱۹- مجموعه پرسش و پاسخ مشاغل سیر و حرکت راه آهن –۱۳۸۶

۲۰- مجموعه پرسش و پاسخ شغل لکوموتیورانی-۱۳۸۶

۲۱- مجموعه پرسش و پاسخ شغل بازدید کننده قطار - ۱۳۸۶

۲۲- الکترونیک قطار - ۱۳۸۶

۲۳- مجموعه پرسش و پاسخ مشاغل سیر و حرکت راه آهن (چاپ دوم - همراه با اصلاحات)- ۱۳۸۶

۲۴- راهنمای کاربردی مهندسی راه آهن - ۱۳۸۶

۲۵- دستور العمل تعمیر موتور روستون - ۱۳۸۷

۲۶-مبانی علائم الکتریکی راه آهن - ۱۳۸۷

۲۷-آشنایی با جرثقیل های راه آهن ایران-۱۳۸۷

۲۸-آموزش سرمانورچی-۱۳۸۷

۲۹-آشنایی با واگن های باری راه آهن-۱۳۸۷

کتب ارتقای ایمنی (آموزش سیار)

۳۰- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه سوزنبان - ۱۳۸۰

۳۱- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه ی روسا و معاونین ایستگاه های غیر تشکیلاتی - ۱۳۸۰

۳۲ - شناسایی عیوب خط و پارامتر های نگهداری و ایمنی - ویژه ی روسا ، معاونین قطعات و متصدیان تعمیرات خط - ۱۳۸۱

۳۳- ماشین آلات مکانیزه در نگهداری ، بهسازی و نوسازی خطوط راه آهن - ویژه ی روسا، معاونین قطعات و متصدیان تعمیرات خط - ۱۳۸۱

۳۴- آموزش نکات ایمنی و حفاظتی در امور ناوگان و سیر و حرکت دپو - ویژه ی لکوموتیو رانان - ۱۳۸۱

۳۵- نکات ایمنی در کنترل و بازرسی فنی قطارها - ۱۳۸۱

۳۶– دستو رالعمل های تشخیص خرابی و نکات ایمنی در اینترلاکینگ رله ای – ۱۳۸۱

۳۷– آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت –وی.ه ی روسا ی قطار – ۱۳۸۲

۳۸– آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر وحرکت – وی.ه ی سرمانورچی و مانورچی – ۱۳۸۳

۳۹ – آموزش نکات ایمنی و حفاظتی لکوموتیوهای GM– ویژه ی لکوموتیو رانان – جلد دوم – ۱۳۸۳

۴۰– شناسایی و بازرسی فنی واگن های باری اکراینی – ۱۳۸۴

۴۱– راهنمای بی سیم – ۱۳۸۵

۴۲– استفاده از جرثقیل های ریلی در جمع آوری سوانح – ۱۳۸۶

۴۳– شناسایی و بازرسی فنی واگن های باری با سیستم روسی (چاپ دوم) – ۱۳۸۶

کتاب های در مرحله آماده سازی و چاپ

۱– ایمنی و ریل

۲–واژه نامه ی اختصارات فنی لکوموتیو آلستوم

۳– آموزش رییس قطار باری