

سیستم ترمز

هدف‌های رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

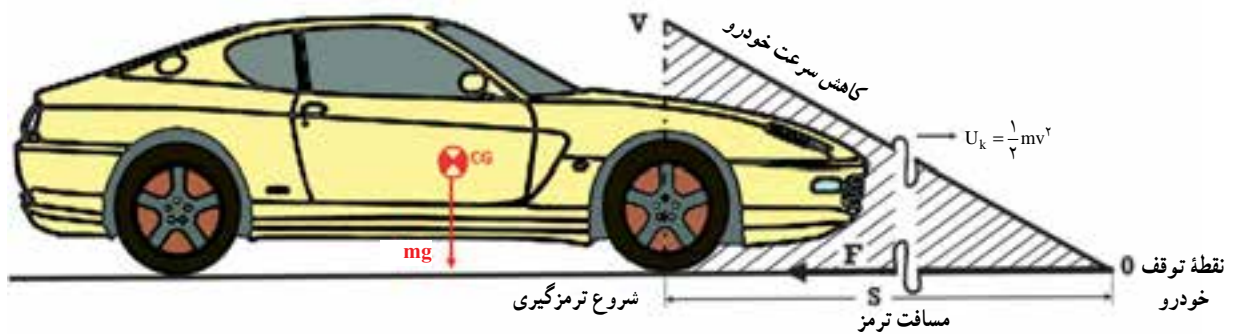
- ۱- وظیفه سیستم ترمز را بیان کند.
- ۲- گشتاور اصطکاکی ترمز را تعریف کند.
- ۳- قسمت‌های مختلف سیستم ترمز هیدرولیکی را نام ببرد.
- ۴- طرز کار سیلندر اصلی ترمز را شرح دهد.
- ۵- انواع مدارهای هیدرولیکی ترمز را دسته‌بندی کند.
- ۶- طرز کار بوستر خلثی را شرح دهد.
- ۷- انواع مکانیزم ترمز چرخ را دسته‌بندی کند.
- ۸- انواع مکانیزم کفشک‌بندی ترمز کاسه‌ای را دسته‌بندی کند.
- ۹- مکانیزم ترمز دستی را شرح دهد.
- ۱۰- مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز را شرح دهد.
- ۱۱- انواع مکانیزم ترمز دیسکی را دسته‌بندی کند.
- ۱۲- انواع لنت ترمز را دسته‌بندی کند.

مقدمه

سیستم ترمز^۱ برای کاهش سرعت، متوقف نمودن و حفظ وضعیت سکون خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم با تبدیل انرژی جنبشی خودروی در حال حرکت به گرما از طریق نیروی اصطکاکی که در ترمز چرخ‌های در حال گردش خودرو تولید می‌شود، باعث کاهش سرعت خودرو یا توقف کامل آن می‌گردد. شکل ۹-۱، نحوه عملکرد سیستم ترمز را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹-۱، انرژی جنبشی (U_k) خودروی در حال حرکت از طریق رابطه ۹-۱ قابل محاسبه است.

$$U_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (9-1)$$



شکل ۹-۱- نحوه عملکرد سیستم ترمز

U_k : انرژی جنبشی خودروی در حال حرکت (j)

m : جرم خودرو (Kg)

V : سرعت خودرو (m/s)

زمانی که ترمزگیری صورت می گیرد و خودرو متوقف می شود، کار انجام شده توسط سیستم ترمز، که از طریق

رابطه ۹-۲ قابل محاسبه است، باید با انرژی جنبشی (U_k) خودرو برابر گردد.

$$U_m = F \cdot S \quad (9-2)$$

U_m : انرژی جنبشی خودرو یا کار ترمزی (j)

F : نیروی ترمزی (N)

S : مسافت ترمزی از لحظه شروع ترمزگیری تا متوقف شدن خودرو (m)

با توجه به مطالب بیان شده، نیروی ترمزی از رابطه ۹-۳ قابل محاسبه خواهد بود:

$$U_m = U_k \Rightarrow F = \frac{mv^2}{2S} \quad (9-3)$$

$$F \cdot S = \frac{1}{2} mv^2$$

با توجه به رابطه فوق، نیروی ترمزی با جرم خودرو و توان دوم سرعت خودرو رابطه مستقیم دارد و هر چه

سرعت خودرو و جرم آن افزایش یابد، برای متوقف کردن خودرو به نیروی ترمزی بیشتری نیاز دارد.

۹-۱- گشتاور ترمزی

برای دستیابی به کمترین مسافت ترمزی باید گشتاور

اصطکاکی ترمز (M_{Br}) با گشتاور اصطکاکی بین تایر و زمین برابر باشند. بنابراین می توان از طریق رابطه ۹-۴ نیروی ترمزی مورد نیاز را، که بین لنت و دیسک یا کاسه چرخ ایجاد می شود، به دست آورد:

با توجه به شکل ۹-۲، گشتاور اصطکاکی ترمز بین تایر و زمین از رابطه ۹-۴ به دست می آید:

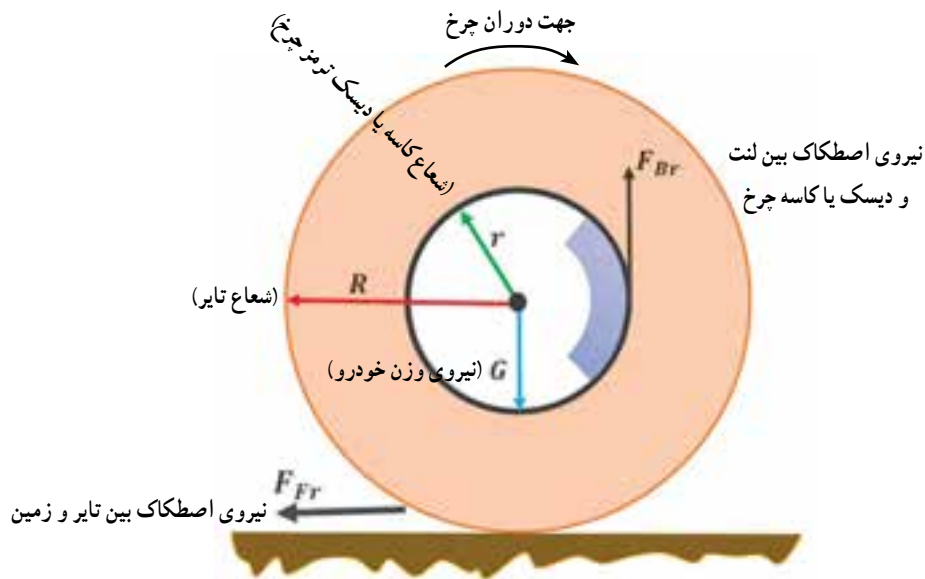
$$M_r = \mu GR \quad (9-4)$$

از طرفی گشتاور اصطکاکی ترمز که بین لنت و دیسک

یا کاسه چرخ به وجود می آید نیز از رابطه ۹-۵ به دست می آید:

$$M_{Br} = F_{Br} \cdot r \quad (9-5)$$

$$M_{fr} = M_{Br} \rightarrow \mu GR = F_{Br} \cdot r \rightarrow F_{Br} = \frac{\mu GR}{r} \quad (9-6)$$



شکل ۹-۲- چرخ خودرو در حال ترمزگیری

نکته: اگر گشتاور اصطکاکی ترمز (M_{Br}) از گشتاور اصطکاکی تایر با جاده (M_T) بزرگ تر شود، با قفل شدن چرخ‌ها باعث افزایش مسافت ترمزی و کاهش پایداری خودرو می‌گردد. در یک ترمز ایده‌آل این دو گشتاور در همه حال باهم برابرند.

۹-۲- راندمان ترمز

با توجه به رابطه ۹-۷، نسبت شتاب ترمزی خودرو به ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین، «راندمان ترمز» گفته می‌شود. بنابراین برای به دست آوردن بیشترین راندمان ترمز، شتاب ترمز باید متناسب با ضریب اصطکاک بین تایر و جاده باشد.

$$۱۰ \times \frac{\text{شتاب ترمزی}}{\text{حداکثر ضریب اصطکاک بین تایر و زمین}} = \text{راندمان ترمزی}$$

$$= \frac{a_{Br}}{\mu_m} \times ۱۰ \quad (۹-۷)$$

$$a_{Br}: \text{شتاب ترمزی خودرو} \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

μ_m : ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین

۹-۳- سیستم ترمز هیدرولیکی

متداول‌ترین روش برای ایجاد نیروی ترمزی مورد استفاده در خودروهای سواری، سیستم ترمز هیدرولیکی است. در این

سیستم، با استفاده از مایع هیدرولیک ترمز (موسوم به روغن ترمز) نیروی اعمالی پای راننده به فشار هیدرولیکی تبدیل می‌شود و این نیرو به مکانیزم ترمز چرخ‌ها انتقال می‌یابد و از طریق تماس لنت با دیسک یا کاسه چرخ، به نیروی اصطکاک و در نهایت به گرما تبدیل می‌شود و به کاهش سرعت یا توقف خودرو می‌انجامد.

در سیستم ترمز هیدرولیکی برای تبدیل نیروی پای راننده به نیروی اصطکاکی و ترمزی در چرخ‌های خودرو از اجزای زیر استفاده می‌شود:

۱- مکانیزم پدال ترمز، که باعث افزایش نیروی پای راننده و کاهش جابه‌جایی پدال می‌شود؛

۲- سیلندر اصلی ترمز یا سیلندر زیر پا که تولیدکننده فشار هیدرولیکی در مدار ترمز توسط نیروی پدال و پای راننده است؛

۳- مایع هیدرولیک ترمز و لوله‌های فولادی و لاستیکی قابل انعطاف، به منظور انتقال فشار هیدرولیک از سیلندر اصلی به مکانیزم ترمز چرخ‌ها؛

۴- مکانیزم ترمز چرخ، که فشار هیدرولیکی را به نیروی

اصطکاکی تبدیل می‌کند؛

یادآوری می‌شود با رشد و ارتقای ترمزهای هیدرولیکی، این ترمزها برای افزایش ایمنی و راحتی سرشنین و پایداری خودرو به مکانیزم‌های دیگری مجهز شده‌اند؛

۵- بوستر یا تقویت‌کننده، که با تقویت نیروی پای راننده باعث افزایش نیروی ترمزی و راحتی راننده هنگام ترمزگیری می‌شود، ضمن آنکه مقداری از تأخیر در شروع ترمزگیری را کاهش می‌دهد.

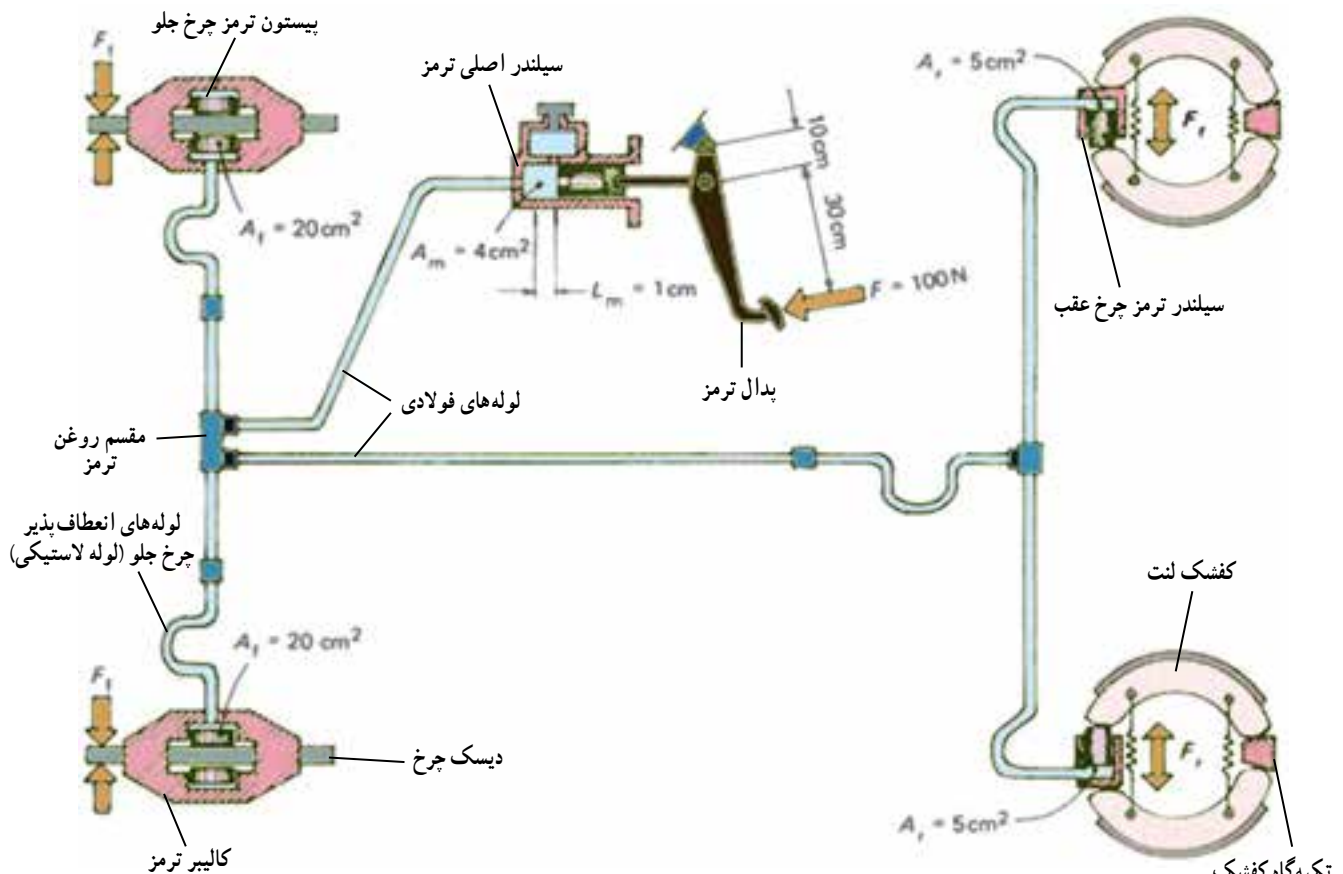
۶- مکانیزم کنترل فشار هیدرولیکی در مسیر چرخ‌های

عقب به تناسب تغییر و انتقال بار عمودی روی چرخ‌های عقب؛

۷- سیستم ترمز ضد قفل چرخ‌ها^۱ که هنگام ترمزگیری باعث افزایش راندمان ترمز و ایمنی خودرو می‌شود.

۹-۴- مدار سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

شکل ۹-۳، مدار ساده سیستم ترمز هیدرولیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۳- مدار ساده سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

مایع هیدرولیک از طریق مقسم وارد لوله‌های فولادی چرخ‌های عقب و شیلنگ‌های لاستیکی چرخ‌های جلو می‌شود تا در نهایت فشار هیدرولیکی به پيستون‌های سيلندر چرخ اعمال شود و باعث تولید نیروی اصطکاکی لنت‌های کفشک با کاسه چرخ، از یک سو و لنت ترمزهای جلو با دیسک، از سوی دیگر گردد.

با توجه به شکل ۹-۳، که اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی ساده مورد استفاده در خودروهای اولیه را نشان می‌دهد، هرگاه نیروی پای راننده به پدال اعمال شود، پدال نیروی پای راننده را افزایش می‌دهد و به پيستون سيلندر اصلی اعمال می‌کند. بنابراین مایع هیدرولیک ترمز تحت فشار قرار می‌گیرد.

۵ برابر افزایش می‌یابد و در چرخ عقب $(\frac{A_r}{A_m} = \frac{5}{4} = 1/25)$ برابر افزایش نیرو ایجاد می‌شود.

۳- با استفاده از بوستر یا تقویت کننده در سیستم ترمز می‌توان نیروی پای راننده را چهار تا هفت برابر افزایش داد. متداول ترین نوع بوستر استفاده شده در خودروهای امروزی «بوستر خلائی» است. بوستر خلائی با استفاده از خلأ مانی فولد هوای موتور و فشار هوای جو، باعث افزایش نیروی وارد بر سیلندر اصلی می‌شود که این امر نهایتاً موجب افزایش فشار هیدرولیک در مدار ترمز می‌گردد. تشریح عملکرد بوستر خلائی پس از این بیان خواهد شد.

۵-۹- سیستم ترمز دو مداری

با سخت گیرانه شدن استانداردهای ایمنی خودرو، استفاده از ترمزهای دو مداری به جای ترمزهای تک مداری رایج شد. شکل ۳-۹، که توضیح آن بیان شد، ترمز تک مداری را نشان می‌داد. در این نوع ترمز برای تولید فشار هیدرولیک از یک سیلندر اصلی تک مداری استفاده می‌شود. هر گاه در سیستم تک مداری نشتی در مدار ترمز ایجاد شود به دلیل استفاده از یک سیلندر اصلی مشترک برای چهار چرخ، فشار هیدرولیک چهار چرخ کاهش می‌یابد. از این رو ایمنی خودرو به شدت کاهش خواهد یافت. لذا برای افزایش ایمنی در سیستم ترمز، از سیلندر اصلی دو مداری استفاده می‌شود که دارای دو مجرای خروجی مجزاست. دو مجرای خروجی سیلندر اصلی با روش‌های مختلف، مطابق شکل ۴-۹، به چهار چرخ متصل می‌شود.

در صورت آسیب دیدن یکی از مدارهای سیلندر اصلی دویل و نشتی مایع هیدرولیک، در طرح (الف) فشار هیدرولیکی در دو چرخ جلو یا دو چرخ عقب حفظ می‌شود.

در طرح (ب) که طرح ضربدری نامیده می‌شود نیز در صورت نشتی در یکی از مدارها، فشار یک چرخ جلو و عقب به صورت ضربدری حفظ خواهد شد. در هر دو طرح (الف) و (ب) ایمنی خودرو در صورت وجود نشتی در مدار بسیار بالاتر از سیستم ترمز تک مداری است، زیرا حداقل در دو چرخ عمل ترمزگیری صورت می‌پذیرد.

مطابق شکل، میزان نیروی پای راننده (در حدود ۱۰ kg) برای ایجاد نیروی ترمزی $(F = \frac{mv^2}{r_s})$ برای کاهش یا از بین بردن انرژی جنبشی خودرو مناسب و کافی نیست. لذا برای تولید نیروی ترمزی مورد نیاز و افزایش و تقویت نیروی پای راننده از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱- در مکانیزم اهرم بندی پدال، معمولاً نیرو سه تا شش برابر می‌شود. مطابق اصل گشتاورها، گشتاور ناشی از نیروی پای راننده، به دلیل افزایش طول بازوی محرک، زیاد می‌شود. به طور مثال در شکل ۳-۹، نیروی وارد به پیستون سیلندر اصلی ۴۰۰ نیوتن است، در حالی که نیروی پای راننده ۱۰۰ نیوتن است.

۲- با استفاده از قانون فشار در مایعات و کار در ماشین‌های هیدرولیکی، مطابق شکل ۳-۹، پیستون سیلندر اصلی تحت نیروی پدال به سمت جلو حرکت می‌کند و مایع هیدرولیک ترمز جلوی پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد. به دلیل انتقال فشار در مایعات به صورت یکسان در همه جهات، فشار اعمالی به دو پیستون چرخ جلو و پیستون چرخ‌های عقب با یکدیگر برابر است. از طرفی به دلیل اینکه مساحت پیستون‌های چرخ‌ها از مساحت پیستون سیلندر اصلی بزرگ تر است، نیروی اعمالی به چرخ‌ها نیز مطابق روابط ۸-۹ افزایش می‌یابد.

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_F}{A_F} = \frac{F_r}{A_r} \Rightarrow \frac{F_F}{F_m} = \frac{A_F}{A_m} = \frac{F_r}{F_m} = \frac{A_r}{A_m}$$

$$F_F = \frac{A_F}{A_m} F_m \quad F_r = \frac{A_r}{A_m} F_m \quad (9-8)$$

F_m : نیروی وارد بر پیستون پمپ اصلی (N)

A_r : مساحت پیستون سیلندر ترمز چرخ عقب (cm²)

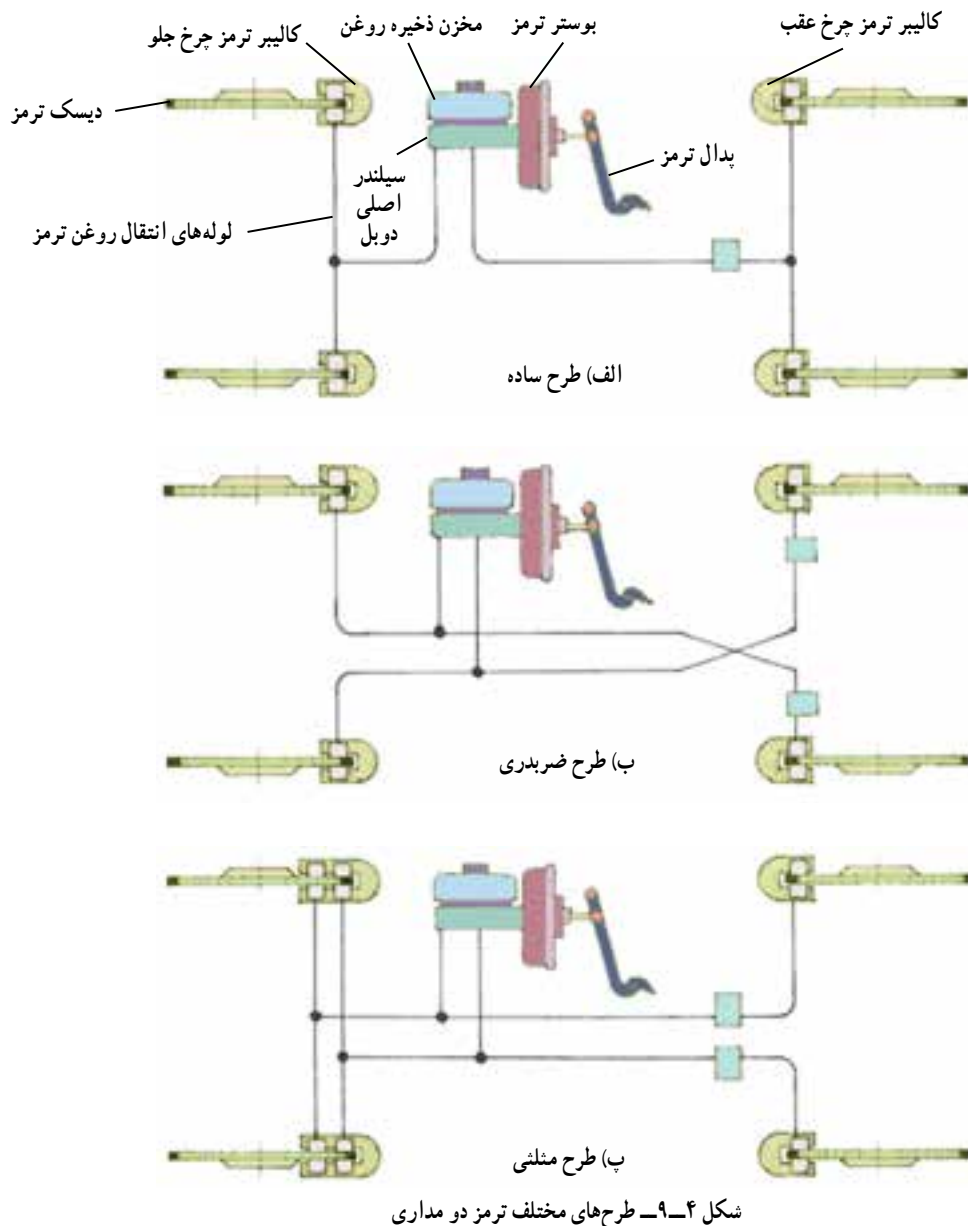
A_m : مساحت پیستون پمپ اصلی (cm²)

F : نیروی وارد بر دیسک جلو (N)

A : مساحت پیستون کالیپر چرخ جلو (cm²)

F_r : نیروی وارد بر کفشک چرخ عقب (N)

به عبارت دیگر، نسبت افزایش نیرو در هر چرخ متناسب با افزایش مساحت پیستون همان چرخ به مساحت پیستون سیلندر اصلی است. برای مثال در چرخ جلو $(\frac{A_F}{A_m} = \frac{2}{4} = 5)$ نیرو



طرح (پ)، که طرح مثلثی نامیده می‌شود، معمولاً در وجود نشتی در یک مدار سیلندر اصلی، دو چرخ جلو و یک خودروهای گران قیمت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت چرخ عقب همچنان دارای نیروی ترمزی هستند.

نکته: ۱- هنگام ترمزگیری، بسته به شدت شتاب ترمزی، مقداری از نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد و به نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های جلو اضافه می‌شود. بنابراین سهم نیروی ترمزی چرخ‌های جلو از نیروی ترمزی چرخ‌های عقب بیشتر است.

به همین دلیل در طرح (الف) چنانچه مدار ترمز چرخ‌های جلو دچار نشتی گردد، مقدار زیادی از نیروی ترمزی کاسته می‌شود. در حالی که در طرح (ب) هر کدام از مدارهای ترمز دچار نشتی شوند مدار دیگر ۵٪ نیروی ترمزی را تأمین می‌کند. در طرح (پ) نیز، به دلیل آنکه اگر هر کدام از مدارها دچار نشتی شود، هر دو چرخ جلو و یکی از چرخ‌های عقب

در ترمزگیری سهمیم خواهد بود. لذا کاهش نیروی ترمزی قابل توجه نخواهد بود. از این رو طرح (پ) از طرح (ب) و طرح (ب) از طرح (الف) مناسب تر است و هر سه طرح فوق از طرح تک مداری برترند.

۲- باید توجه داشت که در طرح مدار ترمز دو مداری مثلی، هرکدام از کالیبرهای ترمز چرخ های جلو حاوی چهار عدد سیلندر و پیستون اند. دو عدد از سیلندر و پیستون ها به مدار اول و دو عدد سیلندر و پیستون دیگر به مدار دوم متصل است، تا مدار اول و دوم به طور کامل از یکدیگر جدا شوند.

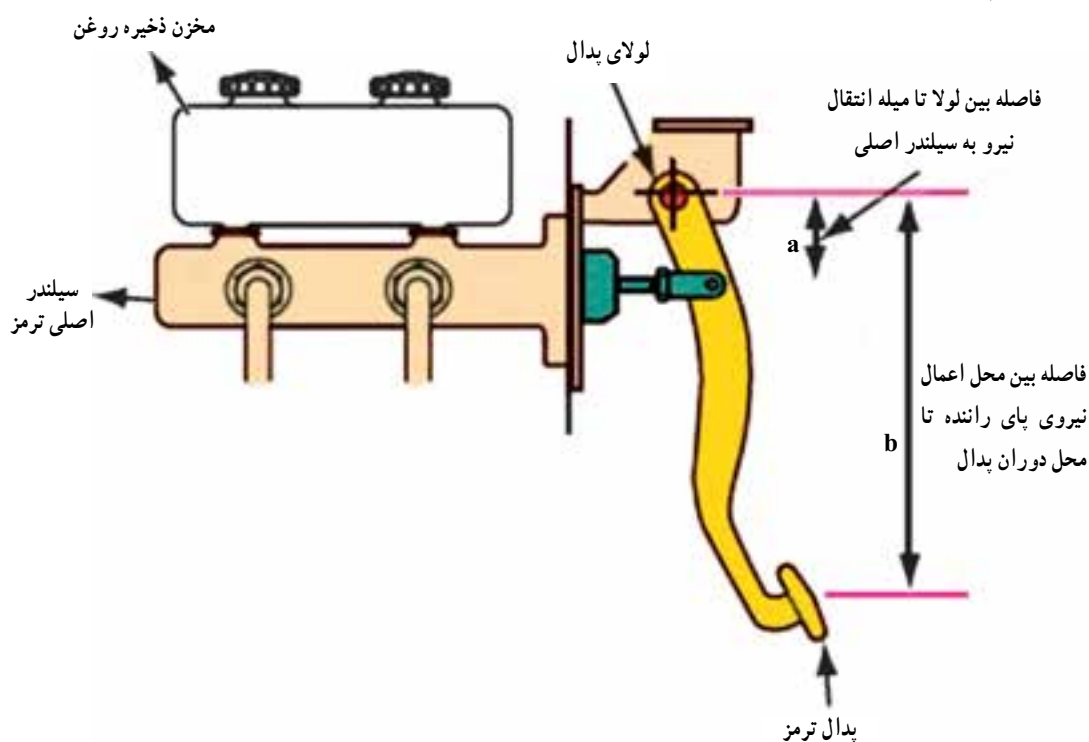
ذیلاً اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی بررسی می شود.

می شود تا نیروی اعمالی به پیستون سیلندر اصلی افزایش یابد. شکل ۹-۵، مکانیزم پدال ترمز و چگونگی افزایش نیرو توسط پدال را نشان می دهد.

۹-۶- پدال ترمز

مطابق شکل ۹-۵، مقدار افزایش نیرو که از قانون اهرم ها پیروی می کند، برابر با $\frac{b}{a}$ است.

اولین قسمت سیستم ترمز، پدال ترمز است که برای فعال سازی سیستم ترمز توسط راننده به کار می رود. همان گونه که توضیح داده شد، مکانیزم پدال باعث افزایش نیروی پای راننده



شکل ۹-۵- مکانیزم اهرم پدال ترمز

سیلندر اصلی دارای تجهیزاتی برای عملکرد سریع و کاهش زمان عکس العمل ترمزی جهت بالابردن ایمنی خودرو در حین ترمزگیری می باشد.

۹-۷- سیلندر اصلی ترمز

سیلندر اصلی ترمز یکی از مهم ترین اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی است. این جزء از سیستم ترمز برای تولید فشار هیدرولیکی با اعمال نیروی پدال به آن به کار گرفته می شود.

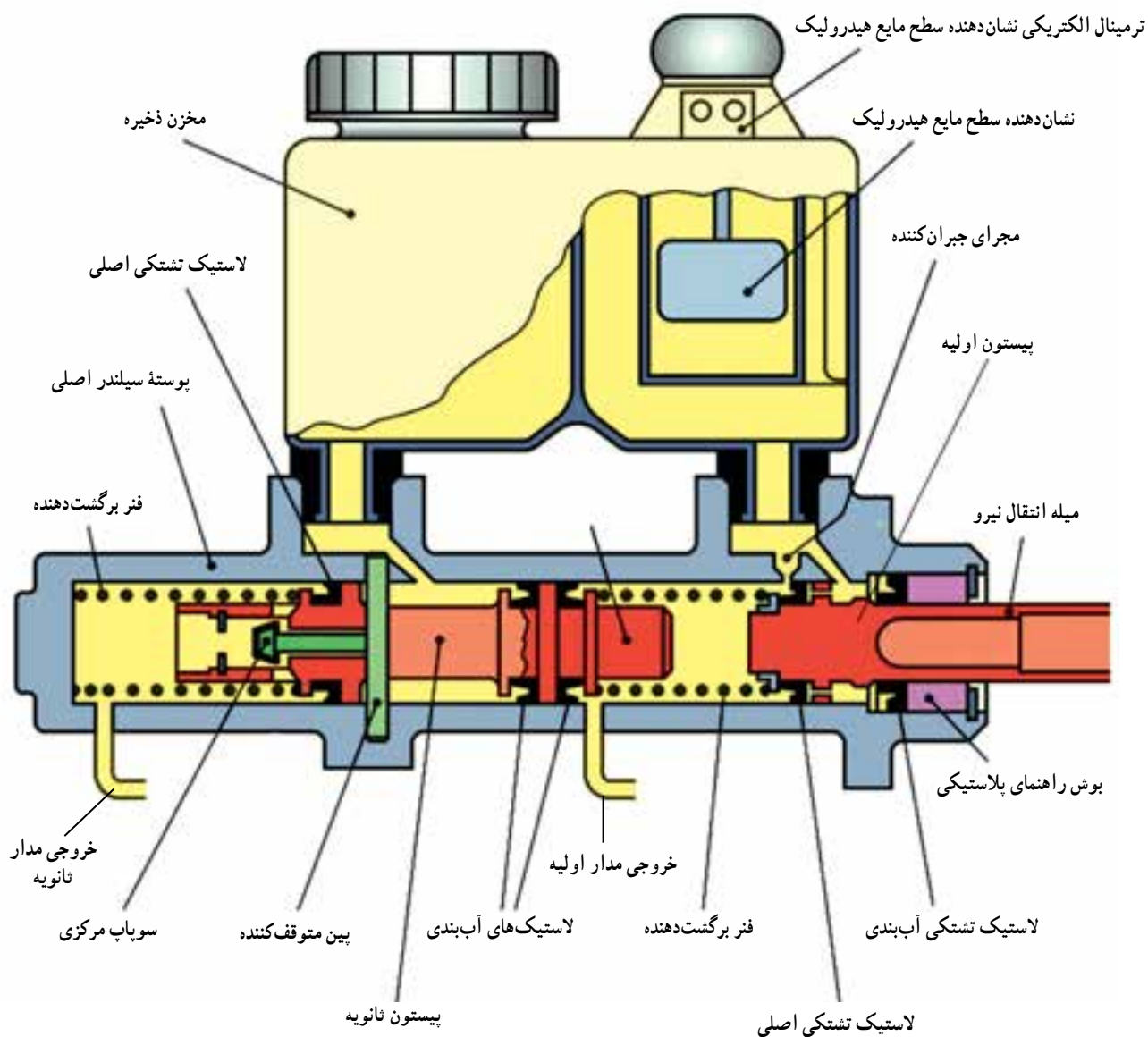
نکته : به مدت زمان صرف شده، از زمانی که راننده مانع را می بیند تا زمانی که نیروی ترمزی در چرخ ها تولید می شود، «زمان عکس العمل» گویند. مقداری از این تأخیر ناشی از عکس العمل راننده است و مابقی آن مربوط به اجزای سیستم ترمز از قبیل لقی پدال، نشستی مایع هیدرولیکی ترمز، عملکرد نامناسب بوستر و رگلاژ مناسب لنت ها است.

۱-۷-۹- سیلندر اصلی ترمز دو مداری : همان گونه

که پیشتر بیان شد، این نوع سیلندر ترمز دارای دو مجرای مجزای خروجی است که ساختمان ظاهری و اجزای آن در شکل ۹-۶ ملاحظه می شود.

سیلندر اصلی ترمز در دو نوع تک مداری و دو مداری

مورد استفاده قرار می گیرد. نوع تک مداری آن به دلیل پایین بودن ایمنی آن منسوخ شده است. امروزه در اکثر خودروها از سیلندر هیدرولیک دو مداری با طرح ضربدری استفاده می شود.



شکل ۹-۶- ساختمان ظاهری و اجزای تشکیل دهنده سیلندر اصلی دو مداری

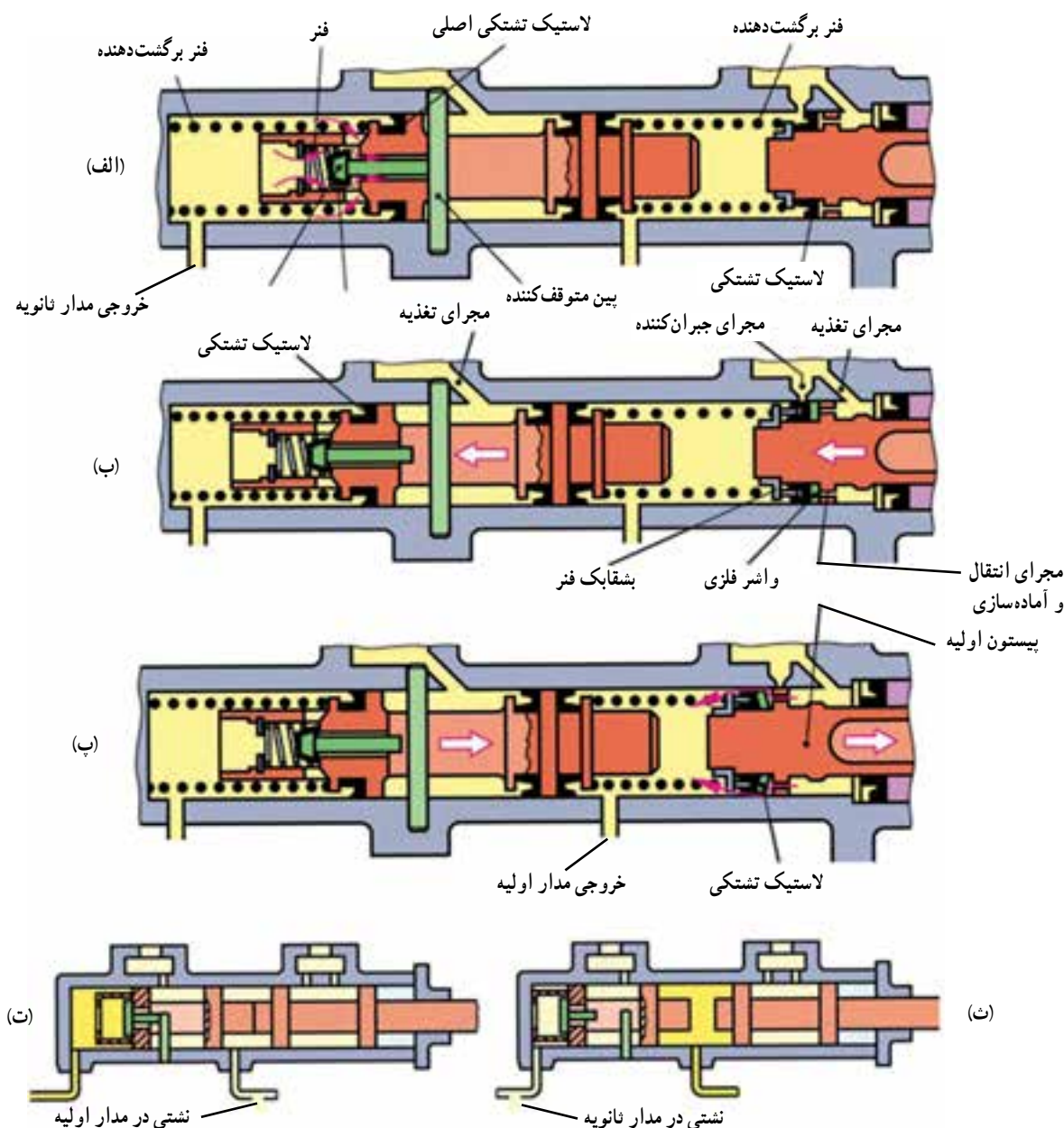
در ابتدای کورس خود می‌باشند. در این حالت ارتباط بین جلوی پیستون اولیه با مخزن ذخیره از طریق مجرای جبران‌کننده برقرار می‌باشد. همچنین با برخورد سوپاپ مرکزی با پین متوقف‌کننده، این سوپاپ باز می‌باشد که باعث ارتباط مجرای تغذیه با جلوی پیستون ثانویه می‌شود. از این رو در این حالت فشار مایع هیدرولیک تقریباً با فشار جو (فشار مخزن ذخیره) برابر می‌باشد و جلوی هر دو پیستون با مایع هیدرولیک ترمز پر می‌شود.

● **حالت ترمزگیری:** مطابق شکل ۹-۷-ب با اِعمال

شکل ۹-۷، طرز کار سیلندر اصلی دو مداری را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۹-۷، وضعیت‌های مختلف عملکردی سیلندر اصلی ترمز دو مداری به صورت زیر می‌باشد:

● **حالت آزاد (عدم ترمزگیری):** با توجه به شکل ۹-۷-الف، سیلندر اصلی در حالت آزاد قرار دارد. در این حالت میله انتقال نیرو در ابتدای کورس خود قرار دارد. پیستون‌های اولیه و ثانویه سیلندر اصلی نیز تحت تأثیر نیروی فنرهای برگشت‌دهنده



شکل ۹-۷- سیلندر اصلی دو مداری در وضعیت‌های مختلف عملکردی

نیرو به پدال ترمز و شروع ترمزگیری، میله انتقال نیرو به سمت چپ حرکت می‌کند و موجب جابه‌جایی پیستون اولیه می‌شود. این عمل باعث افزایش فشار هیدرولیک در جلوی پیستون اولیه می‌شود. این فشار به پیستون ثانویه اعمال شده و باعث حرکت آن به سمت چپ می‌شود. با ادامه حرکت پیستون‌های اولیه و ثانویه، مجرای جبران‌کننده توسط لاستیک تشتکی اصلی پیستون اولیه مسدود می‌شود. همچنین در اثر حرکت پیستون ثانویه به سمت چپ، مجرای سوپاپ مرکزی با فاصله گرفتن سوپاپ از پین متوقف‌کننده مسدود می‌شود و ارتباط جلوی دو پیستون با مخزن نیز مسدود می‌گردد. از این رو مایع هیدرولیک جلوی هر دو پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد و از مجرای خروجی اولیه و ثانویه به سمت سیلندر چرخ‌ها ارسال می‌گردد تا عمل ترمزگیری انجام شود.

● **حالت آزادسازی ترمز:** با توجه به شکل ۹-۷ پ، پس از رها شدن پدال ترمز، پیستون‌های سیلندر اصلی در اثر نیروی فنر و مایع هیدرولیک تحت فشار در لوله‌ها به طرف راست حرکت می‌کند. با توجه به حرکت سریع پیستون‌ها به سمت عقب اعمال زیر صورت می‌پذیرد:

به‌منظور بازگشت سریع پیستون‌های سیلندر اصلی به موقعیت اولیه و الزام در سریع پرشدن جلوی آنها از مایع هیدرولیک ترمز به منظور آماده شدن برای ترمزگیری بعدی، از مجرای انتقال و آماده‌سازی مجدد استفاده می‌شود. به این صورت که با بازگشت سریع پیستون‌های سیلندر اصلی، فشار جلوی آنها کاهش می‌یابد. این موضوع سبب می‌شود که لبه‌های لاستیک تشتکی اصلی

پیستون اولیه جمع شود و مقداری مایع هیدرولیک ترمز از مخزن ذخیره و از طریق مجرای تغذیه پس از عبور از مجرای انتقال و آماده‌سازی مجدد به جلوی لاستیک تشتکی منتقل شود. همچنین با برخورد سوپاپ مرکزی پیستون ثانویه به پین متوقف‌کننده، مجرای این سوپاپ نیز باز شده و مقداری مایع هیدرولیک ترمز از مخزن ذخیره به جلوی پیستون ثانویه نیز منتقل می‌شود. این امر باعث می‌شود که در زمان کوتاهی، جلوی پیستون‌های سیلندر اصلی با مایع هیدرولیک ترمز پر شود. و در صورتی که راننده به ترمزگیری مجدد در زمان کوتاهی پس از ترمزگیری اول نیاز داشته باشد، خللی در عملکرد سیستم ترمز ایجاد نگردد.

● **حالت نشستی در مدار اولیه:** مطابق شکل ۹-۷ ت، هرگاه در مدار اولیه نشستی وجود داشته باشد به دلیل کاهش فشار جلوی پیستون اولیه در هنگام ترمزگیری، پیستون اولیه تحت تأثیر نیروی میله انتقال نیرو به سمت چپ حرکت کرده و به پیستون ثانویه تکیه می‌کند تا منجر به حرکت پیستون ثانویه شود. از این رو در این حالت فشار در مدار ثانویه افزایش یافته و این مدار در حین ترمزگیری عمل می‌نماید.

● **حالت نشستی در مدار ثانویه:** با توجه به شکل ۹-۷ ث، هرگاه در مدار ثانویه، نشستی وجود داشته باشد، با حرکت پیستون اولیه به سمت چپ، پیستون ثانویه تا انتهای کورس خود به سمت چپ حرکت می‌کند. تا به انتهای سیلندر اصلی تکیه کند در این حالت با ادامه حرکت پیستون اولیه فشار هیدرولیک در مدار اولیه افزایش می‌یابد تا عمل ترمزگیری در این مدار به درستی صورت پذیرد.

نکته: در این نوع سیلندرهای دو مداری، از نشان‌دهنده سطح مایع هیدرولیک که بر روی مخزن ذخیره نصب می‌شود استفاده می‌گردد. در صورت کاهش سطح مایع هیدرولیک از حد مجاز به هر دلیل، این قطعه باعث روشن نشدن چراغ اخطار سطح مایع هیدرولیک ترمز می‌گردد.

۹-۸- مایع هیدرولیک ترمز

از آنجایی که عوامل انتقال نیرو از سیلندر اصلی ترمز به سیلندر چرخ، مایع هیدرولیک ترمز است، لذا باید دارای خواصی

به شرح ذیل باشد تا بتواند انتقال نیرو را در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام دهد و تأخیر در عملکرد سیستم ترمز کاهش یابد:

۱- نقطه جوش بالا در حدود ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه

ساتنی گراد؛

۲- نقطه انجماد پایین در حدود ۶۰ الی ۶۵ درجه

ساتنی گراد؛

۳- تغییر نکردن گرانی در اثر تغییر دما و فشار مدار

هیدرولیک؛

۴- داشتن تأثیر مطلوب بر روی قطعات لاستیکی و فلزی

سیستم ترمز؛

۵- اندک بودن ضریب انبساط حجمی و خاصیت

تراکم پذیری؛

۶- ثابت بودن خواص ذکر شده فوق برای مدت طولانی.

۹-۱- لوله‌های انتقال مایع هیدرولیک ترمز

به منظور انتقال مایع هیدرولیک ترمز به قسمت‌های مختلف سیستم ترمز، از لوله‌های انتقال در دو نوع فلزی و لاستیکی استفاده می‌شود. لوله‌های فلزی معمولاً بدون درز و ضد زنگ‌اند تا در برابر فشارهای بالا، رطوبت و غیر آنها مقاوم باشند. لوله‌های لاستیکی، ضمن اینکه باید انعطاف‌پذیری مناسب داشته باشند تا به دلیل نوسانات سیستم تعلیق دچار آسیب نشوند، همچنین در راستای طول انعطاف‌پذیر نباشند. و در اثر اعمال فشار مایع هیدرولیک ترمز به آن، باید انعطاف‌پذیری و تغییر طول ناچیزی داشته باشند. گفتنی است مؤسسات مختلف استاندارد، این خواص را برای لوله‌های مدار ترمز تعیین می‌نمایند. شاخص‌ترین آنها مؤسسه بین‌المللی انجمن مهندسان خودرو^۱ (SAE) است، که علامت استاندارد آن بر روی جداره بیرونی این لوله‌ها حک می‌شود.

۹-۱-۰ مکانیزم ترمز چرخ

آخرین جزء از سیستم ترمز هیدرولیکی، مکانیزم ترمز چرخ است. فشار هیدرولیک وارد شده به این سیستم توسط یک سیلندر و پیستون به نام «سیلندر چرخ» به نیرو فشاری تبدیل

می‌شود. این نیرو نیز با فشردن قطعات اصطکاکی به نام لنت ترمز به قطعات دیگری به نام دیسک ترمز یا کاسه چرخ (دram) که با چرخ دوران می‌کنند، اصطکاک ایجاد می‌کند و باعث کاهش سرعت چرخ‌ها و نهایتاً کاهش سرعت خودرو می‌شود. به‌طور کلی در خودروها از دو نوع مکانیزم ترمز کاسه‌ای و ترمز دیسکی به شرح ذیل استفاده می‌شود:

۱-۱۰-۹- مکانیزم ترمز کاسه‌ای^۲: با توجه به

شکل ۸-۹، در این نوع مکانیزم ترمز، dram یا کاسه چرخ به همراه چرخ دوران می‌کند. برخی از اجزای مهم این مکانیزم ترمز به شرح زیر است:

۱- صفحه موسوم به طبق ترمز که به سیستم تعلیق پیچ می‌شود؛

۲- کفشک‌های ترمز که روی آنها لنت ترمز پرچ یا چسبیده

می‌شود و توسط پین و فنر به طبق متصل می‌شوند؛

۳- سیلندر ترمز چرخ که بین دو کفشک قرار می‌گیرد و به طبق ترمز پیچ می‌شود. معمولاً به منظور برگشت کفشک‌ها به موقعیت اولیه خود، پس از پایان عملیات ترمزگیری، از دو عدد فنر برگردان بین دو کفشک استفاده می‌شود؛

۴- سایر قطعات عبارت‌اند از پیچ رگلاژ اتوماتیک، اهرم

رابط ترمز دستی و....

با اعمال فشار هیدرولیک به پیستون سیلندر چرخ‌ها، نیرویی تولید می‌شود که این نیرو به کفشک‌ها اعمال می‌گردد. با اعمال نیرو به کفشک، لنت‌های روی کفشک با کاسه چرخ درگیر می‌شوند و با تولید نیروی اصطکاک، سرعت کاسه چرخ و در نهایت سرعت خودرو کاهش می‌یابد.

مکانیزم ترمز کاسه‌ای به‌طور کلی به سه نوع زیر تقسیم‌بندی

می‌شود:

۱- سیستم ترمز کاسه‌ای سیمپلکس^۳

۲- سیستم ترمز کاسه‌ای دو پلکس^۴

۳- سیستم ترمز کاسه‌ای سِرُو^۵

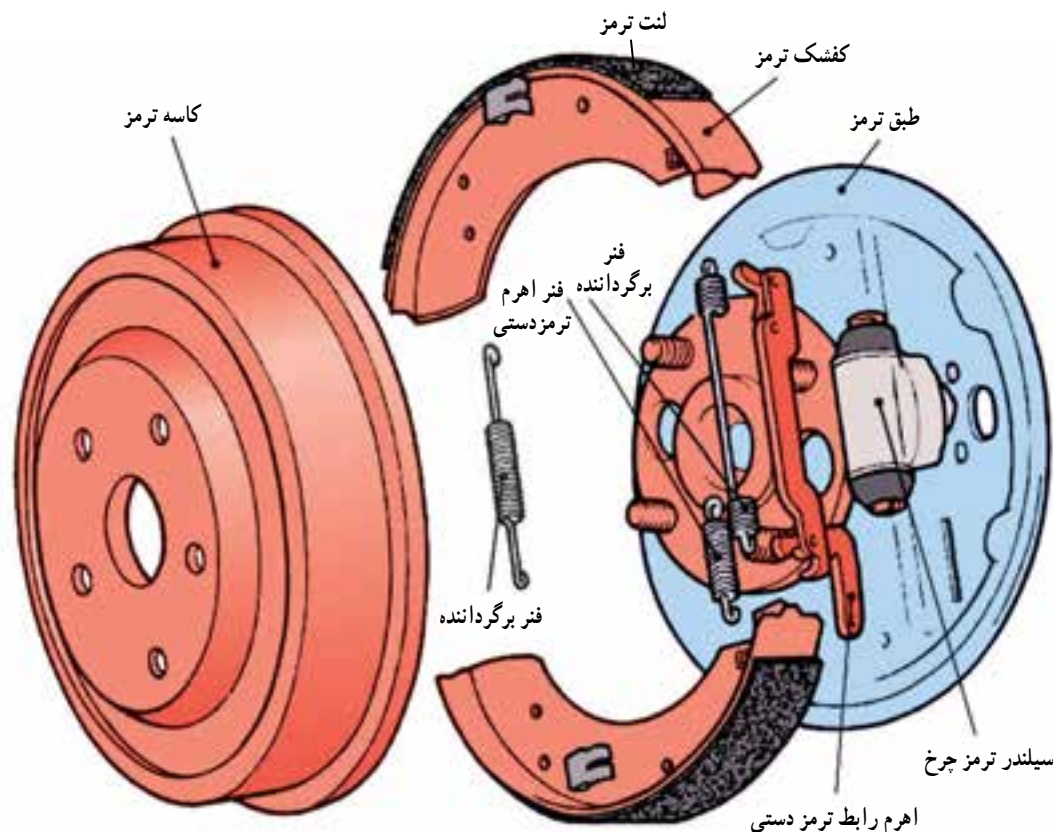
۱- Society of Automotive Engineering

۲- Dram Brake

۳- Simplex

۴- Duplex

۵- Servo



شکل ۸-۹- ساختمان و اجزای تشکیل دهنده مکانیزم ترمز کاسه‌ای

می‌کند و در نتیجه نیروی فشاری لنت به کاسه افزایش می‌یابد. این افزایش نیرو را «نیروی خودزائی» یا «قلاب‌کنندگی»^۱ گویند. از این رو این کفشک (کفشک سمت راست) «فشاری» یا «محرک» نامیده می‌شود.

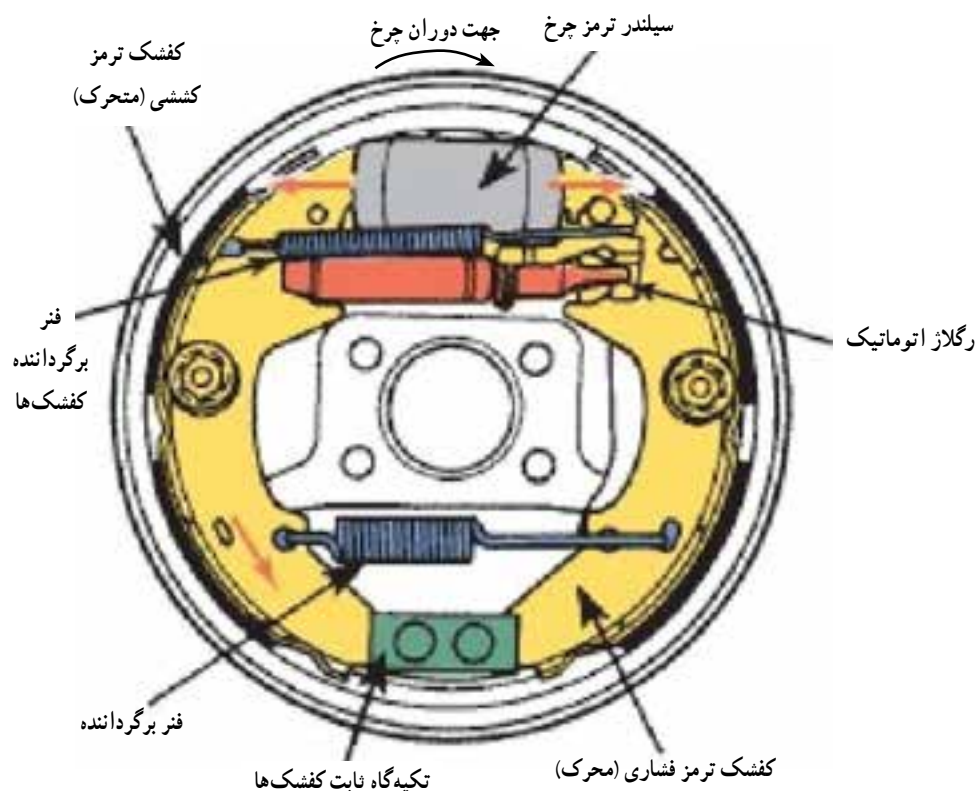
از طرفی در کفشک سمت چپ، نیروی قلاب‌کنندگی برخلاف نیروی هیدرولیک عمل می‌کند و تمایل دارد کفشک از کاسه چرخ جدا شود. از این رو نیروی هیدرولیکی اعمالی به کفشک را کاهش می‌دهد. این کفشک، کفشک «کششی» یا «متحرک» نامیده می‌شود. هرگاه جهت چرخش چرخ عکس شود، نام‌گذاری کفشک‌ها نیز عکس می‌گردد.

با توجه به اینکه خودرو بیشتر رو به جلو حرکت می‌کند و با توجه به مطالب ذکر شده، سایش کفشک فشاری (محرک) بیشتر از کفشک کششی (متحرک) است و این یکی از عیوب کفشک‌بندی نوع سیمپلکس به‌شمار می‌آید.

۱-۱۰-۹- مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس: شکل ۹-۹، مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۹-۹، با اعمال فشار هیدرولیک از طریق مجرای ورودی سیلندر به پیستون‌ها، پیستون‌ها در جهت خلاف یکدیگر به سمت کفشک‌ها حرکت می‌کنند. این عمل باعث درگیری لنت‌های کفشک‌ها با کاسه چرخ و ایجاد اصطکاک بین آنها می‌شود. از این رو سرعت چرخ‌ها و سرعت خودرو کاهش می‌یابد. با رها کردن پدال ترمز و حذف فشار هیدرولیک، فنرهای برگرداننده کفشک‌ها را به حالت عادی خود باز می‌گرداند.

با توجه به شکل ۹-۹، اعمال نیروی عکس‌العملی به کفشک سمت راست باعث می‌شود که این کفشک به سمت کاسه چرخ فشرده شود (یا به اصطلاح قلاب‌کند) و تمایل دارد که همراه کاسه چرخ حرکت نماید. این نیرو به نیروی هیدرولیک پیستون‌ها کمک

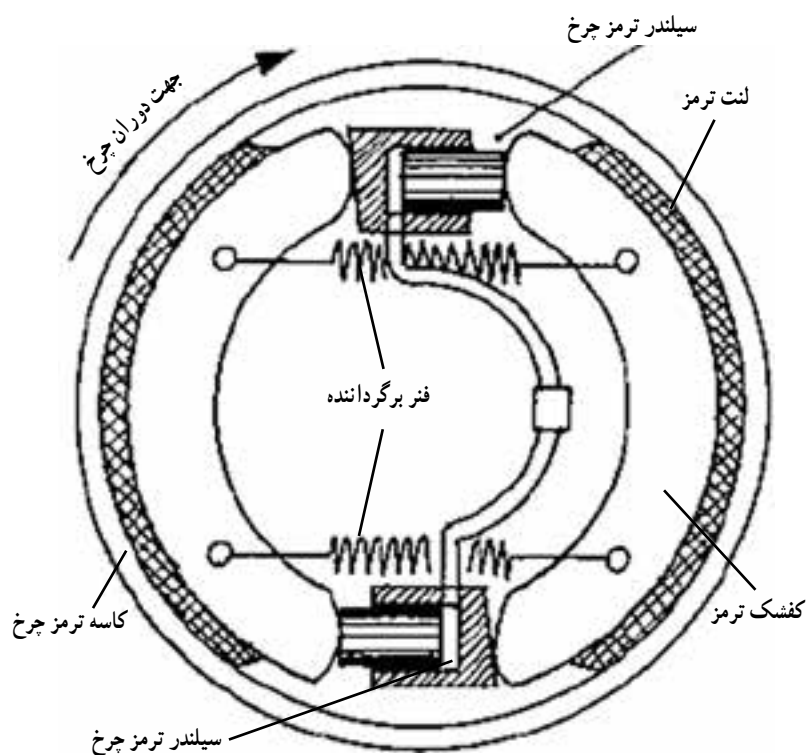


شکل ۹-۹- ساختمان ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس

ضریب افزایش نیرو در این نوع کفشک‌بندی در حدود دو و بیشتر مربوط به کفشک فشاری است. امروزه به دلیل نصب ساده ترمز دستی بر روی این مکانیزم ترمز و کم بودن هزینه طراحی و تولید آن، از این نوع کفشک‌بندی در چرخ‌های عقب خودروهای ارزان قیمت استفاده می‌شود.

- مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی دوپلکس: مطابق شکل ۹-۱۰، در این نوع کفشک‌بندی از دو سیلندر که یکی در قسمت بالای طبق ترمز و دیگری در قسمت پایین آن قرار دارد استفاده می‌شود.

با توجه به شکل ۹-۱۰، در مکانیزم کفشک‌بندی دوپلکس از دو سیلندر تک پیستونه چرخ در بالا و پایین کفشک‌ها استفاده شده



شکل ۹-۱۰- کفشک‌بندی نوع دوپلکس

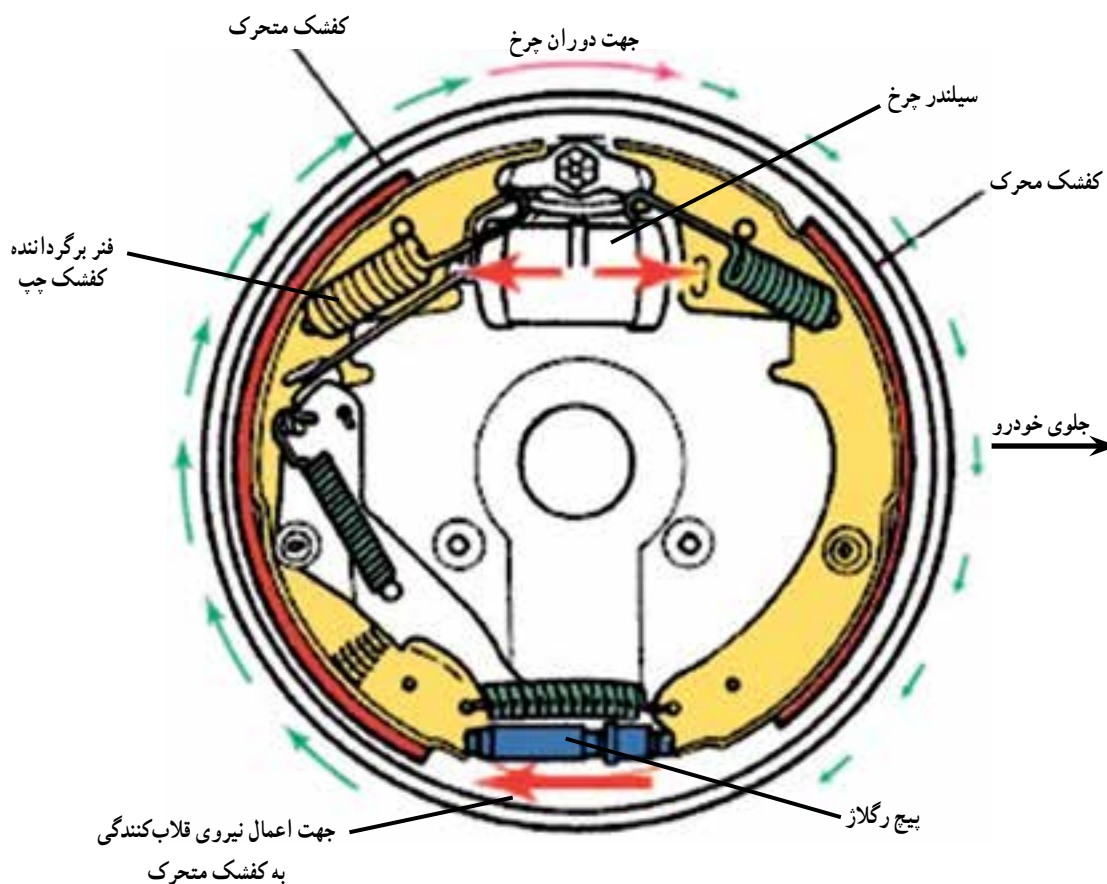
دوران چرخ عکس شود، هر دو کفشک کششی (متحرک) می‌شوند و نیروی ترمزی به شدت افت می‌نماید، که عیب اصلی این نوع کفشک‌بندی است. این نوع کفشک‌بندی بیشتر در وانت‌های نیمه سنگین کاربرد دارد.

— مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سِرُو :

شکل ۹-۱۱، کفشک‌بندی نوع سِرُو را نشان می‌دهد.

است. با توجه به توضیحات ذکر شده در کفشک‌بندی نوع سیمپلکس، به دلیل اینکه در هنگام حرکت رو به جلوی خودرو، هر دو کفشک فشاری یا محرک‌اند، نیروی قلاب‌کنندگی آنها به نیروی هیدرولیکی سیستم ترمز اضافه می‌شود که باعث افزایش ضریب افزایش نیرو در حدود سه می‌گردد.

یادآوری می‌شود هر گاه در این نوع کفشک‌بندی، جهت



شکل ۹-۱۱— کفشک‌بندی نوع سِرُو

از این رو در هنگام ترمزگیری با استفاده از تکیه‌گاه شناور نیروی قلاب‌کنندگی کفشک فشاری به کفشک کششی انتقال می‌یابد و در نتیجه باعث می‌شود که نیروی اعمالی کفشک کششی به کاسه نیز افزایش یابد. از این رو ضریب افزایش نیرو در این مکانیزم حدود پنج است. این حالت در حرکت رو به عقب نیز اتفاق می‌افتد که از محاسن این نوع کفشک‌بندی محسوب می‌شود. به‌طور کلی می‌توان مزایا و معایب سیستم‌های کفشکی را

مطابق شکل ۹-۱۱، این نوع کفشک‌بندی از نظر ظاهر مانند نوع سیمپلکس است، با این تفاوت که در این مکانیزم، تکیه‌گاه کفشک‌ها در قسمت پایین ثابت نبوده و شناور است و توسط یک میله رابط، که طول آن برای رگلاژ کفشک‌ها نیز قابل تنظیم است، به یکدیگر مرتبط می‌شوند.

به‌منظور کنترل چرخش لنت‌ها در قسمت بالای طبق نیز از یک تکیه‌گاه ثابت (پین کنترل گشتاور) استفاده می‌شود.

به صورت زیر بیان نمود :

✱ مزایا

۱- خاصیت قلاب کنندگی، که باعث افزایش نیروی ترمزی

می شود؛

۲- ساده تر و کم هزینه بودن نصب سیستم ترمز دستی .

✱ معایب

۱- ثبات نیروی ترمزی در اثر نیروی کنترل نشده

(قلاب کنندگی) کاهش می یابد، همچنین آزاد شدن چرخ ها پس از

رها کردن پدال ترمز، به دلیل خاصیت قلاب کنندگی، به تأخیر می افتد.

۲- انتقال حرارت، به دلیل تماس مستقیم نداشتن لنت ها

با جریان هوا ضعیف صورت می گیرد و اثر نیروی ترمزی در

ترمزگیری های طولانی و پی در پی کاهش می یابد.

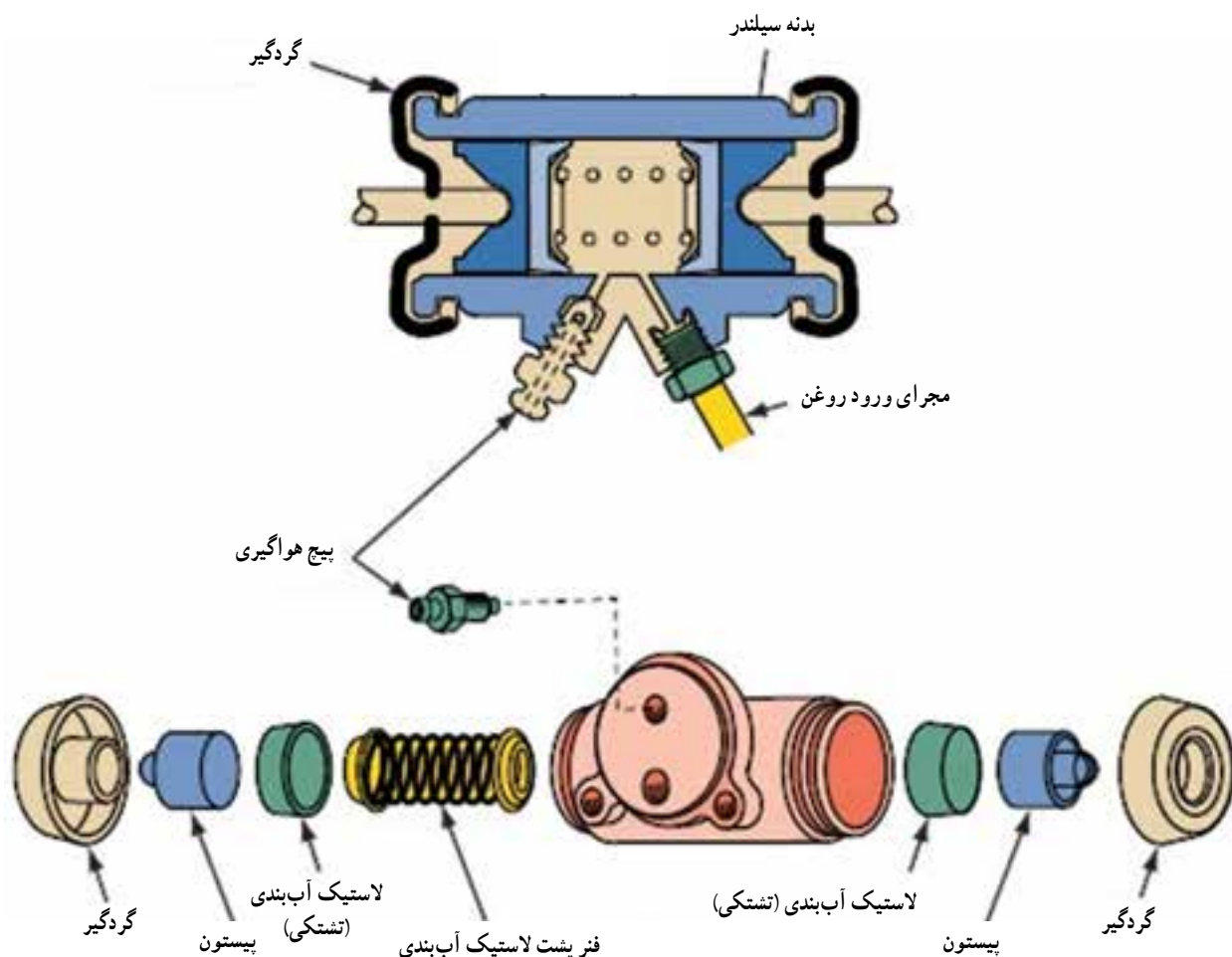
۳- نیاز به تنظیم مستمر فاصله بین لنت و کاسه چرخ (رگلاژ

چرخ ترمز) نیاز است.

— سیلندر ترمز چرخ : با توجه به شکل ۹-۱۲، به منظور

تبدیل فشار هیدرولیک به نیرو و اعمال این نیرو به کفشک های

ترمز، از سیلندر ترمز چرخ استفاده می شود.



شکل ۹-۱۲- سیلندر ترمز چرخ و اجزای تشکیل دهنده آن

سیلندر ترمز چرخ و اعمال فشار به پیستون ها، باعث دور شدن آنها

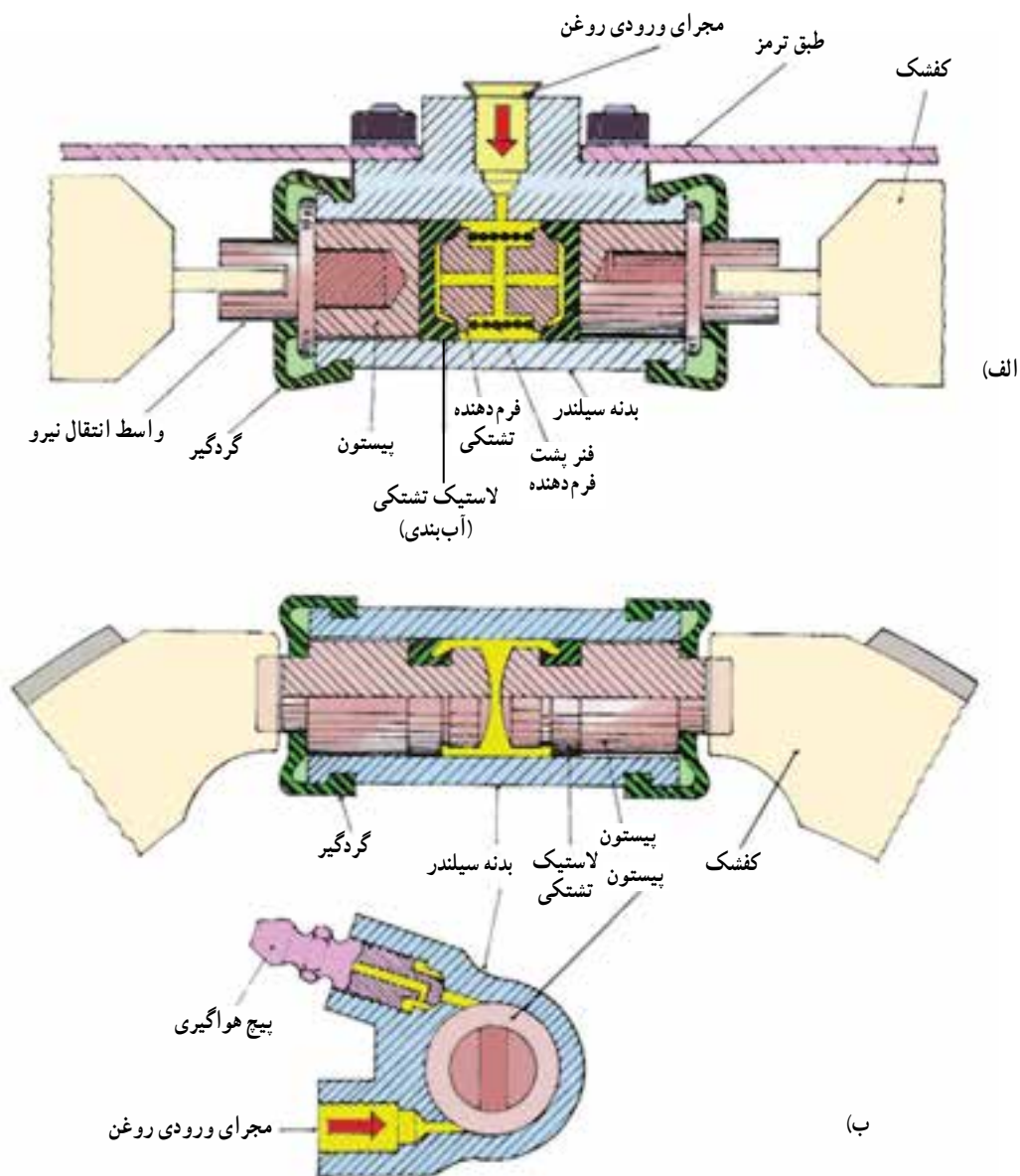
از یکدیگر می شود. این عمل باعث فاصله گرفتن کفشک ها از

یکدیگر و درگیر شدن آنها با کاسه چرخ می شود تا عمل ترمزگیری

شکل ۹-۱۳، نیز دو نوع مختلف از سیلندر ترمز چرخ را

نشان می دهد.

مطابق شکل ۹-۱۳، ورود مایع هیدرولیک ترمز به داخل



شکل ۹-۱۳- ساختمان داخلی سیلندر ترمز چرخ در مکانیزم کفشکی

نیرو اعمال می کنند که باعث آب بندی مناسب می شوند و بنابراین مانع از نشت مایع هیدرولیک ترمز می گردند.

در شکل ۹-۱۳- ب، به دلیل آنکه لاستیک های تشتکی بر روی پیستون ها نصب شده اند، نیازی به فرم دهنده لاستیک تشتکی نیست و در این حالت با اعمال نیرو از لاستیک های تشتکی به جداره داخلی سیلندر چرخ، آب بندی صورت می پذیرد و از نشت مایع هیدرولیک ترمز جلوگیری می شود.

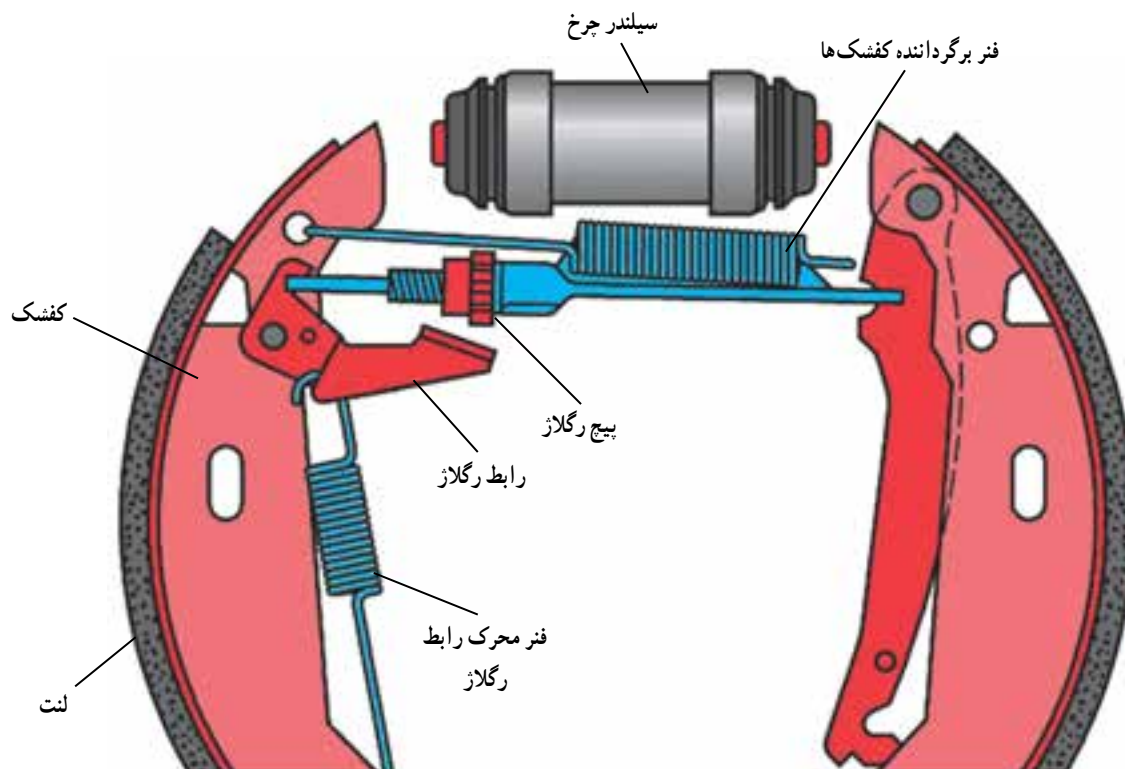
— مکانیزم رگلاژ ترمز چرخ کفشکی : به منظور کاهش

صورت پذیرد. با اتمام عمل ترمزگیری نیز، همان گونه که پیشتر بیان شد، کفشک ها تحت تأثیر نیروی فنر برگردان کفشک ها به حالت اولیه خود باز می گردند.

مطابق شکل ۹-۱۳-، به منظور جلوگیری از نشت مایع هیدرولیک از داخل سیلندر چرخ به بیرون، از دو عدد تشتی آب بندی استفاده می شود. در شکل ۹-۱۳- الف، از دو عدد فرم دهنده لاستیک تشتکی استفاده شده است. با استفاده از این فرم دهنده ها، لبه های لاستیک های تشتکی به جداره داخلی سیلندر

در مکانیزم رگلاژ دستی این فاصله باید به صورت دستی تنظیم شود. امروزه در اکثر خودروهای سواری با سیستم ترمز کفشکی، مکانیزم رگلاژ اتوماتیک مورد استفاده قرار می گیرد و تنظیم فاصله بین لنت و کاسه چرخ به صورت خودکار تنظیم می شود. شکل ۹-۱۴، ساختمان یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی را نشان می دهد.

زمان عکس العمل مکانیزم ترمز و جلوگیری از پایین رفتن بیش از حد پدال ترمز در هنگام ترمزگیری، باید فاصله بین لنت ها و کاسه چرخ سیستم ترمز کفشکی در حد مناسب تنظیم گردد. به علاوه به مرور زمان، در اثر ترمزگیری ضخامت لنت ها کاهش می یابد، و این فاصله افزایش می یابد از این رو در مکانیزم های ترمز کفشکی برای تنظیم این فاصله، از مکانیزم رگلاژ دستی و اتوماتیک استفاده می شود.



شکل ۹-۱۴- یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی

۲- دو عدد لنت که در دو سمت دیسک ترمز واقع شده اند؛
۳- دیسک ترمز که به چرخ وصل است و با چرخ دَوَران می کند.

در این نوع مکانیزم ترمز، با اعمال فشار هیدرولیک به پیستون های سیلندر چرخ و حرکت آنها به سمت بیرون به لنت ها نیرو اعمال می شود. در نتیجه لنت ها با دیسک ترمز درگیر می شوند و نیروی اصطکاک ناشی از این درگیری باعث کاهش سرعت دیسک چرخ و در نهایت کاهش سرعت خودرو می گردد.

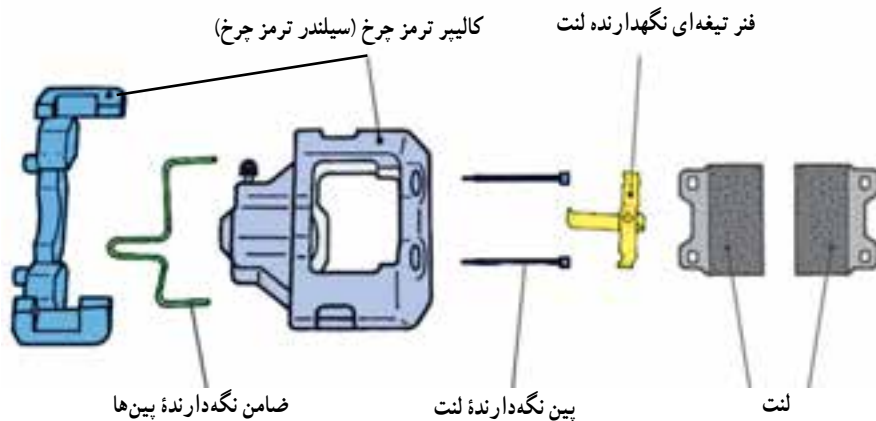
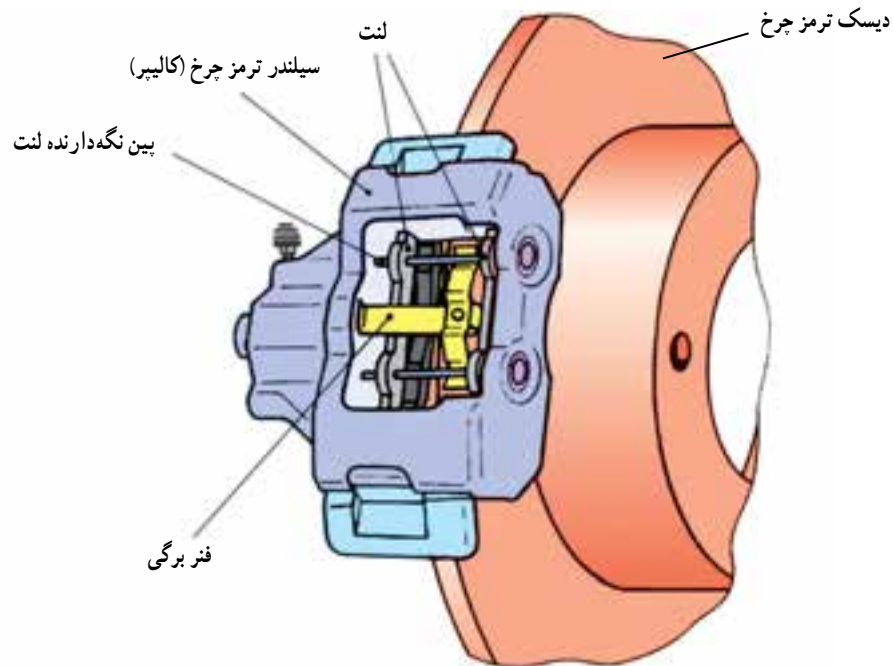
با توجه به شکل ۹-۱۴، با اجرای ترمزگیری، به مرور فاصله بین لنت و کاسه چرخ افزایش می یابد. در این صورت، دوران پیچ رگلاژ اتوماتیک (در جهت باز شدن آن) توسط قطعه رابط رگلاژ باعث زیادتر شدن طول پیچ رگلاژ می شود و در نتیجه فاصله بین دو کفشک افزایش و فاصله بین لنت و کاسه چرخ کاهش می یابد.

۲-۱۰-۹- مکانیزم ترمز دیسکی: با توجه به شکل ۹-۱۵، مکانیزم ترمز دیسکی از قطعات ذیل تشکیل شده است:
۱- سیلندر و پیستون هیدرولیک، که «کالیپر» نامیده می شود؛

این مکانیزم دارای دو نوع مختلف به شرح زیر است :

۱- مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت؛

۲- مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور.



شکل ۱۵-۹- ساختمان و اجزای تشکیل دهنده ترمز دیسکی

این نوع مکانیزم ترمز دارای مزایا و معایب زیر است :

❖ مزایا

۳- نداشتن خاصیت قلاب کنندگی، که باعث می شود با

رها کردن پدال ترمز، عمل ترمزگیری به صورت آنی خاتمه پذیرد؛

۴- ایجاد صدای کمتر در حین عملکرد، نسبت به ترمز

۱- تأخیر کمتر در شروع فرایند ترمزگیری، به دلیل فاصله

کم لنت تا دیسک؛

۲- انتقال حرارت بالا و عملکرد بهتر در ترمزهای طولانی کاسه ای؛

۵- حساسیت کمتر در مقابل ساییدگی لنت، به دلیل نیاز

نداشتن به رگلاژ؛

۶- وزن کمتر، به دلیل داشتن قطعات کمتر.

* معایب

۱- نیاز داشتن به نیروی بیشتر برای ترمزگیری، به دلیل

پایین بودن ضریب افزایش نیرو و نبودن خاصیت قلاب کنندگی؛

۲- حساسیت بالای ترمز در مقابل رطوبت، گرد و غبار و

غیر آنها، به دلیل تماس مستقیم با هوای محیط؛

۳- پیچیدگی و مشکل بودن نصب ترمز دستی بر روی این

نوع مکانیزم ترمز؛

۴- بالا بودن قیمت تمام شده.

مکانیزم ترمز دیسکی در دو نوع با کالیپر ثابت و کالیپر

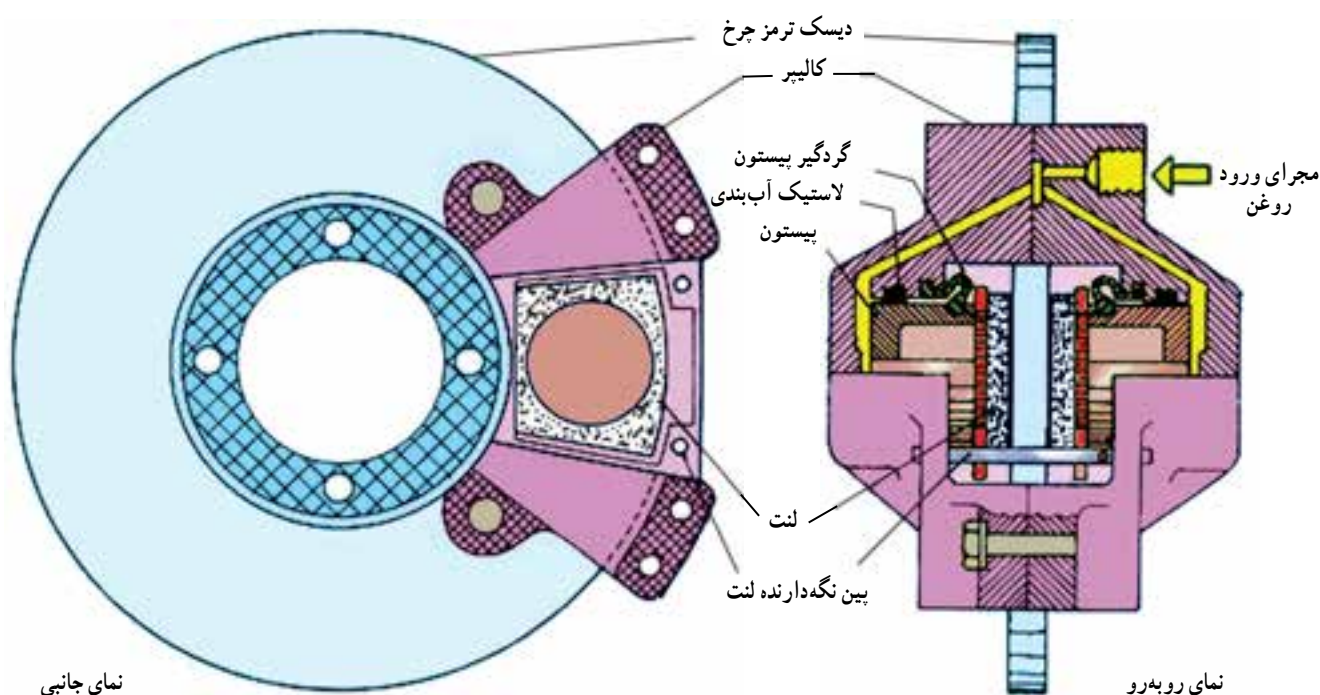
شناور در خودرو مورد استفاده قرار می گیرد که متعاقباً بررسی خواهد شد.

۴- مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت : این نوع

مکانیزم ترمز معمولاً دارای دو یا چهار پیستون است.

شکل ۱۶-۹، نوع دو پیستون مکانیزم ترمز دیسکی را با

کالیپر ثابت نشان می دهد.



شکل ۱۶-۹- ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر ثابت

وارد بر لنت ها حذف می گردد و از این رو نیروی اصطکاک حذف می شود و ترمزگیری خاتمه می یابد.

با توجه به اینکه در مکانیزم ترمز دیسکی، نیروی قلاب کنندگی وجود ندارد، افزایش نیروی اعمالی به لنت نیز، به دلیل وجود خاصیت قلاب کنندگی وجود نخواهد داشت. بنابراین در این نوع مکانیزم ترمز، نیروی بیشتری برای ترمزگیری نیاز است و با بزرگ تر در نظر گرفتن قطر پیستون ها این نقص جبران می شود.

در خودروهای با سطح ایمنی بالاتر، سعی می شود که ترمز

با توجه به شکل ۱۶-۹، مایع هیدرولیک ترمز با اعمال نیرو

به پدال ترمز، از مجرای ورود وارد کالیپر می شود و به پیستون های آن نیرو وارد می کند. پیستون ها نیز نیرو را به لنت ها اعمال می کنند.

در گیر شدن لنت ها با دیسک، باعث ایجاد اصطکاک بین لنت و

دیسک می گردد. این نیروی اصطکاکی باعث کاهش تدریجی

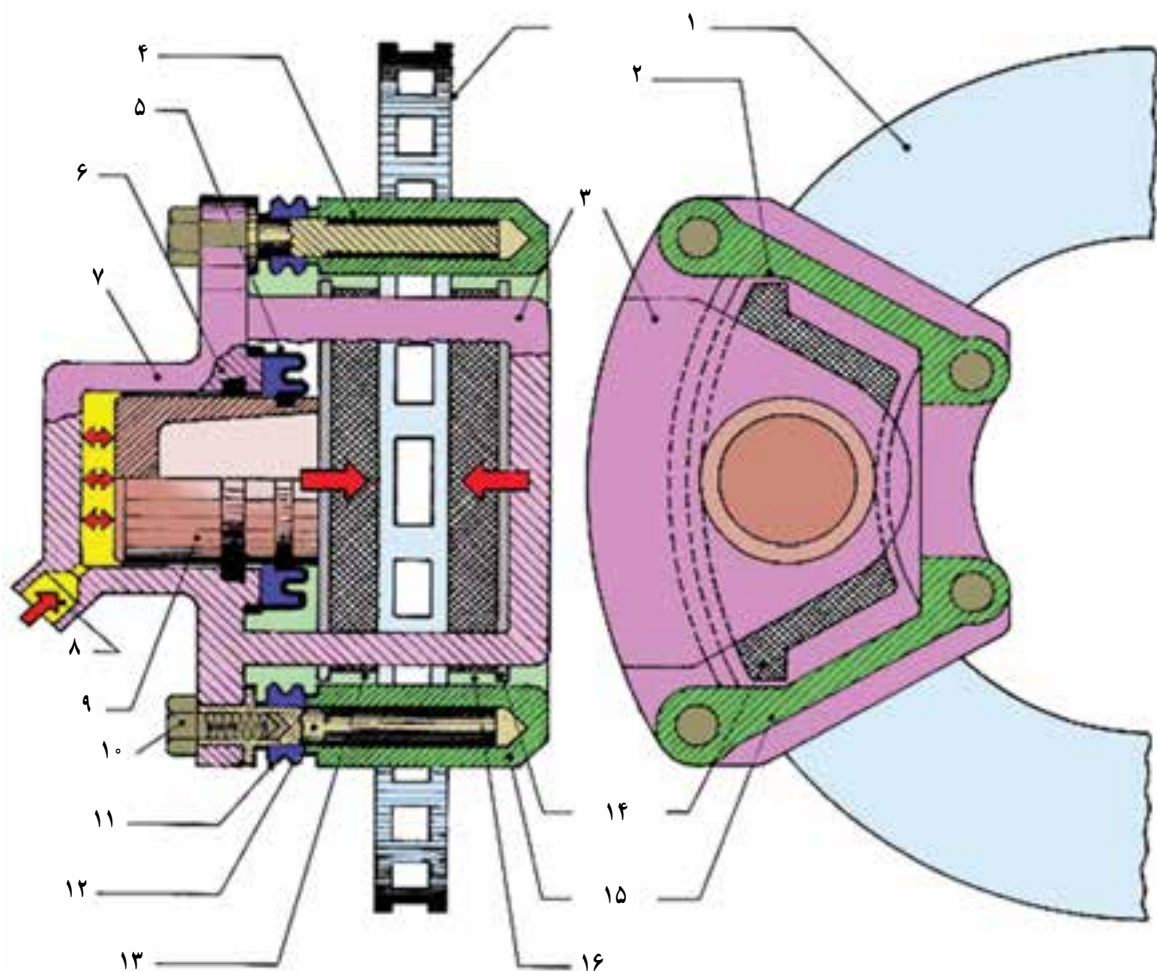
سرعت خودرو می شود. پس از رها کردن پدال ترمز، فشار مایع

هیدرولیک ترمز کاهش می یابد و لاستیک آب بندی پیستون را

اندکی به سمت عقب حرکت می دهد. در نتیجه نیروی عمودی

ضد قفل، بهتر است که مکانیزم ترمز خودرو از نوع دیسکی باشد.
 — مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور: شکل ۹-۱۷،
 مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور را نشان می‌دهد.

هر چهار چرخ به مکانیزم ترمز دیسکی مجهز گردد. این موضوع
 سبب می‌شود که خاصیت قلاب‌کنندگی در سیستم ترمز نیز از
 بین برود و در عملکرد سیستم ترمز ضد قفل (ABS) نیز اختلالی
 ایجاد نشود. به عبارت دیگر، در خودروی مجهز به سیستم ترمز



شکل ۹-۱۷- ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر شناور

۱- دیسک ترمز ۲- فک محل استقرار لنت ۳- کالیپر ۴- بوش لاستیکی ۵- گردگیر پیستون ۶- لاستیک آب‌بندی و برگشت
 پیستون ۷- سیلندر کالیپر ۸- مجرای ورودی مایع هیدرولیک ترمز ۹- پیستون ۱۰- پیچ نصب کالیپر به بوش راهنما ۱۱- گردگیر
 بین راهنما ۱۲- پین راهنما ۱۳- لنت داخلی ۱۴- صفحه فلزی لنت ۱۵- پایه ثابت نگه‌دارنده کالیپر ۱۶- لنت خارجی

(۱۳) اعمال می‌نماید. با درگیر شدن لنت داخلی با دیسک ترمز
 (۱)، فشار هیدرولیک اعمالی به پیستون و سیلندر کالیپر، باعث
 حرکت کالیپر برخلاف جهت حرکت پیستون (به سمت چپ) بر
 روی پین راهنما (۱۲) می‌شود. که این امر باعث درگیر شدن لنت

با توجه به شکل ۹-۱۷، در این نوع مکانیزم ترمز، از
 یک پیستون استفاده شده است. با اعمال نیرو به پدال ترمز، مایع
 هیدرولیک ترمز از مجرای (۸) وارد سیلندر کالیپر (۷) می‌شود و به
 پیستون (۹) نیرو اعمال می‌کند. پیستون نیز نیرو را به لنت داخلی

خارجی (۱۶) با دیسک ترمز می‌شود. تماس لنت‌ها با دیسک باعث تولید نیروی اصطکاک بین لنت و دیسک و بنابراین کاهش تدریجی سرعت خودرو می‌شود.

پس از رها شدن پدال ترمز، فشار مایع هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد و لاستیک آب‌بندی کننده (۶) اندکی پیستون را به سمت چپ حرکت می‌دهد تا درگیری لنت و دیسک از بین برود. کالیپر نیز اندکی به سمت راست حرکت می‌کند و عمل ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

۱۱-۹- بوستر یا تقویت کننده نیروی پای راننده

همان‌طور که در ابتدای فصل ذکر شد، از بوستر ترمز برای افزایش نیروی پا، راحتی راننده و ایمنی خودرو استفاده می‌شود. در این صورت، ضمن در دسترس بودن نیروی کافی برای راه‌اندازی ترمز، تأخیر در سیستم ترمز نیز کاهش، و راندها ترمز نیز افزایش می‌یابد.

انواع بوسترهای به کار رفته در سیستم ترمز هیدرولیکی

عبارت‌اند از :

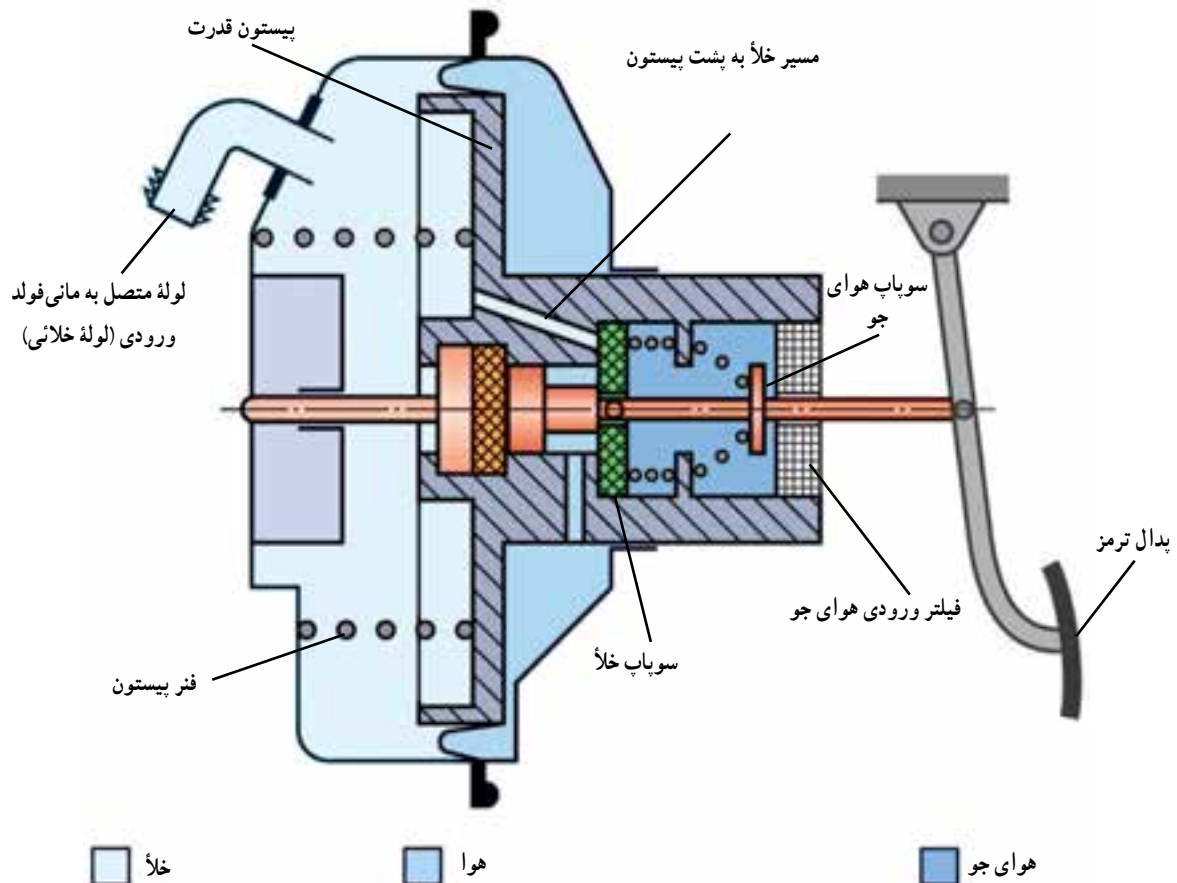
۱- بوسترهای خلائی

۲- بوسترهای هیدرولیکی

۳- بوسترهای پنوماتیکی (هوای فشرده).

متداول ترین بوستر در خودروهای سواری، بوستر خلائی است، که به منظور تقویت نیروی پای راننده، از خلأ مانی فولد (در زمان روشن بودن موتور) استفاده می‌کند. این بدان معناست که با خاموش بودن موتور، این تقویت نیرو صورت نمی‌گیرد. در این صورت، نیروی - مورد نیاز اعمالی به پدال ترمز افزایش، و ایمنی خودرو حین ترمزگیری کاهش می‌یابد.

نحوه عملکرد بوستر خلائی : با توجه به شکل ۱۸-۹، این بوستر بر اساس اختلاف فشار هوا بین دو طرف یک پیستون، با قطر زیاد عمل می‌کند. بر این اساس خلأ موتور توسط یک لوله به محفظه خلائی بوستر راه پیدا می‌کند. که این محفظه توسط پیستون با قطر زیاد (پیستون قدرت) و یک دیافراگم به دو قسمت تقسیم می‌شود.



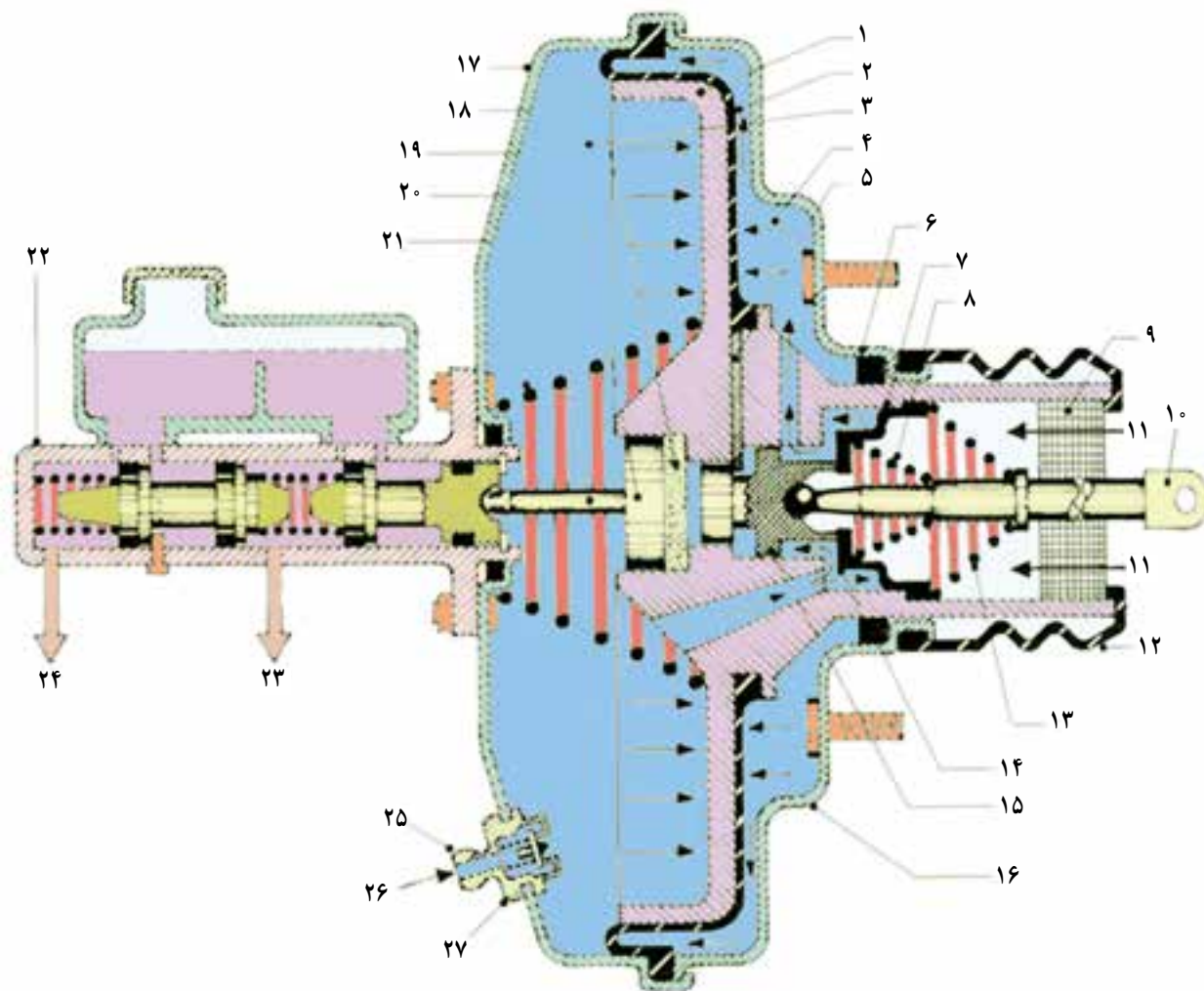
شکل ۱۸-۹- شماتیک بوستر ترمز

در حالت عادی به دو سمت دیافراگم، فشار خلأ بستگی دارد.

در نتیجه این اختلاف فشار، پیستون قدرت برخلاف نیروی فنر به سمت جلو حرکت می‌کند و باعث اعمال نیرو به پیستون سیلندر اصلی می‌شود.

شکل ۱۹-۹، بوستر خلائی ترمز را در وضعیت ترمز نگرفتن نشان می‌دهد.

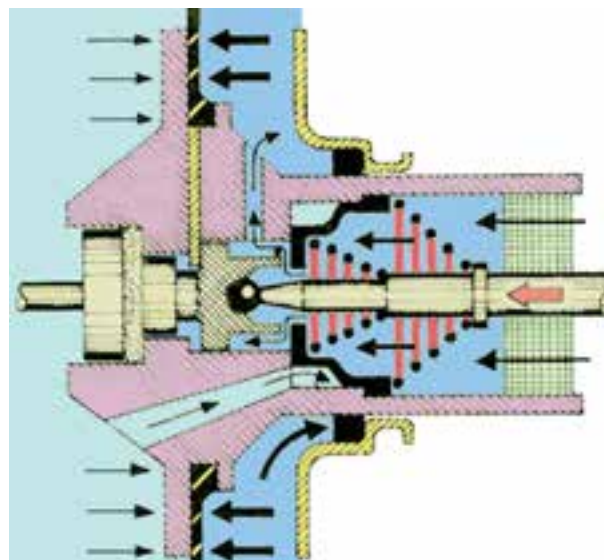
اعمال می‌شود و اختلاف فشاری بین دو طرف دیافراگم وجود ندارد. بنابراین فنر، پیستون قدرت را در ابتدای کورس خود نگه می‌دارد. با اعمال نیرو به پدال ترمز، مسیر خلأ به پشت دیافراگم توسط سوپاپی بسته می‌شود و هوای آزاد به پشت دیافراگم راه پیدا می‌نماید و باعث ایجاد اختلاف فشار در دو طرف دیافراگم می‌شود. میزان این اختلاف فشار به میزان اعمال نیروی پدال ترمز



شکل ۱۹-۹ بوستر ترمز در حالتی که ترمز اعمال نشده است.

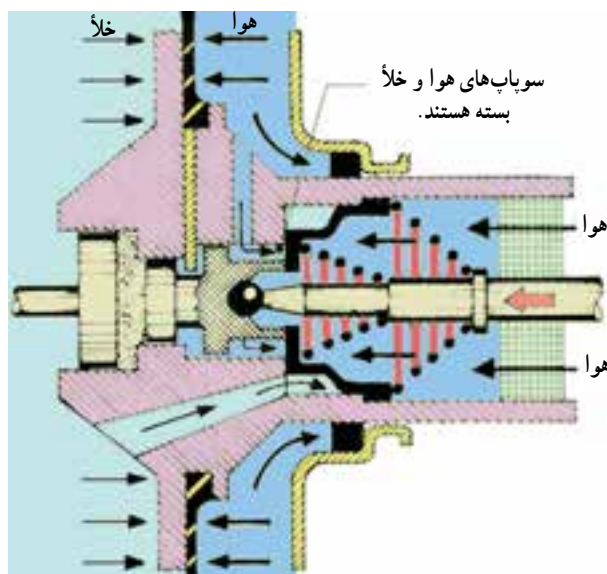
۱- پیستون قدرت ۲- دیافراگم آب‌بندی ۳- محفظه جلوی دیافراگم ۴- محفظه پشت دیافراگم ۵- خار متصل‌کننده سوپاپ لاستیکی به پیستون قدرت ۶- لاستیک آب‌بندی ۷- سوپاپ لاستیکی هوا و خلأ ۸- فنر کوچک سوپاپ لاستیکی ۹- فیلتر نمدی هوا ۱۰- فلانچ اتصال پدال به میلۀ فشاری ۱۱- هوای ورودی ۱۲- گردگیر ۱۳- فنر بزرگ سوپاپ لاستیکی ۱۴- مسیر خلأ از جلوی دیافراگم به پشت دیافراگم ۱۵- تکیه‌گاه سوپاپ لاستیکی هوا ۱۶- محفظه پشتی پیستون قدرت ۱۷- محفظه جلویی پیستون قدرت ۱۸- لاستیک ضربه‌گیر ۱۹ و ۲۰- پیستون و میلۀ انتقال نیرو از پیستون قدرت بوستر به پیستون پمپ اصلی ۲۱- فنر برگشت ۲۲- سیلندر اصلی دابل ۲۳- مدار اول ۲۴- مدار دوم ۲۵- محل اتصال لوله خلئی موتور ۲۶- سوپاپ یک طرفه ۲۷- لاستیک آب‌بندی فلانچ لوله خلئی

با توجه به شکل ۹-۱۹، هنگامی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال نمی‌کند، مسیر خلأ (۱۴) باز است و خلأ مانی فولد هوا به سمت جلوی دیافراگم (۲) و محفظه پشت دیافراگم (۴) اعمال می‌شود. بنابراین فنر برگشت (۲۱)، پیستون قدرت (۱) و دیافراگم (۲) را در ابتدای کورس خود نگه می‌دارد. چنانچه راننده به پدال ترمز نیرو اعمال کند، سوپاپ لاستیکی، مطابق شکل ۹-۲۰، تغییر وضعیت می‌دهد.



شکل ۹-۲۰- بوستر خلئی، در حالتی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال می‌کند.

ترمزگیری می‌شود. چنانچه راننده در هر وضعیتی پدال ترمز را ثابت نگه دارد، مطابق شکل ۹-۲۱، با حرکت پیستون قدرت به سمت چپ، مجدداً سوپاپ لاستیکی به نشیمنگاه مسیر هوا می‌رسد و آن را می‌بندد. بنابراین مسیر انتقال هوا به پشت دیافراگم و پیستون قدرت بوستر مسدود می‌گردد.



شکل ۹-۲۱- بوستر ترمز در حالتی که پای راننده روی پدال ترمز ثابت است.

بنابراین با اختلاف فشار ثابت، پیستون قدرت در محل خود ثابت می‌ماند و ترمزگیری با نیروی ثابت انجام می‌شود. چنانچه نیروی اعمالی به پدال ترمز افزایش یابد، مجدداً سوپاپ هوا باز می‌شود و هوای بیشتری به پشت دیافراگم می‌رسد. در نتیجه اختلاف فشار بین دو طرف دیافراگم بیشتر می‌شود و نیروی ترمزگیری افزایش می‌یابد.

چنانچه راننده پدال ترمز را رها کند، مطابق شکل ۹-۲۱، مجرای هوا بسته، و مجرای خلأ پشت دیافراگم باز می‌شود. با یکسان شدن فشار پشت و جلوی پیستون قدرت و دیافراگم، فنر برگشت (۲۱) پیستون قدرت و دیافراگم را به سمت عقب حرکت می‌دهد و با برگشت پیستون سیلندر اصلی، مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر چرخ‌ها نیز باز می‌گردد و عملیات ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

در این حالت، مطابق شکل ۹-۲۰، ابتدا مسیر انتقال خلأ (۱۴) به پشت پیستون قدرت (۱) و دیافراگم (۲) بسته می‌شود و با فشار بیشتر به پدال، تکیه‌گاه سوپاپ لاستیکی هوا (۱۵) از محل خود حرکت می‌کند و هوا از طریق فیلتر نمدی (۹) به پشت پیستون قدرت می‌رسد.

در این حالت، به پشت پیستون قدرت فشار هوا اعمال می‌شود، در حالی که جلوی پیستون قدرت به خلأ مانی فولد هوا وصل است. بنابراین پیستون قدرت و دیافراگم به سمت چپ حرکت می‌کند و از طریق پیستون و میله (۱۹ و ۲۰) نیرو را به پیستون سیلندر اصلی منتقل می‌کند و باعث ارسال مایع هیدرولیک ترمز از سیلندر اصلی به سیلندر چرخ‌ها و شروع عمل

۹-۱۲- شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب

باید توجه نمود که با کاهش نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها باید فشار مایع هیدرولیک نیز کاهش یابد تا از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شود. از طرفی با افزایش نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز را افزایش داد تا راندمان ترمزی افزایش یابد. برای دستیابی به این هدف از شیر کنترل فشار هیدرولیکی در مسیر چرخ‌های عقب استفاده می‌شود.

دلیل استفاده از این مکانیزم برای چرخ‌های عقب به شرح

زیرند:

۱- هنگام ترزگیری، به دلیل وجود انتقال نیروی وزن از

چرخ‌های عقب به چرخ‌های جلو، نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب خودرو کاهش می‌یابد. میزان این انتقال بار به بزرگی نیروی

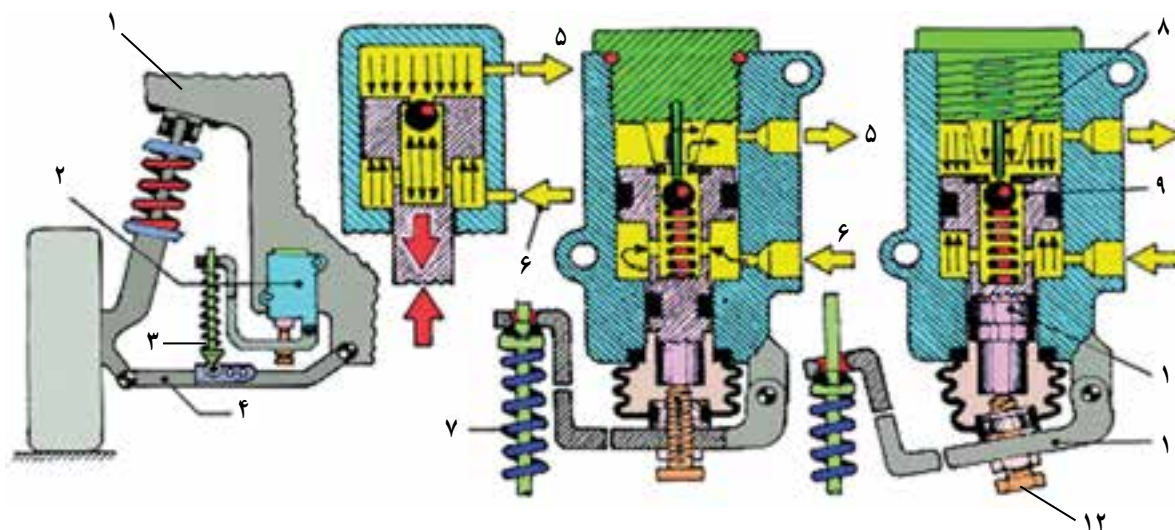
ترمزی بستگی دارد (کله‌زنی). با کاهش نیروی وزن روی چرخ‌های عقب، به منظور جلوگیری از قفل شدن آنها، باید نیروی ترمزی اعمالی به آنها نیز کاهش یابد. این موضوع با کاهش فشار مایع هیدرولیک اعمالی به سیلندر چرخ‌های عقب ایجاد می‌شود.

۲- با تغییر نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب خودرو،

ناشی از تغییر تعداد سرنشینان خودرو و همچنین تغییر در میزان بار درون صندوق عقب، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز را نیز در چرخ‌ها تغییر داد تا هنگام کاهش نیروی وزن، چرخ‌ها قفل نشود و با افزایش نیروی وزن، راندمان سیستم ترمز افزایش یابد.

شکل ۹-۲۲، ساختمان و نحوه عملکرد شیر کنترل فشار

بر حسب نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب را در حالت‌های مختلف عملکردی نشان می‌دهد.



(الف) موقعیت قرارگیری شیر کنترل فشار

(ب) عملکرد شیر کنترل فشار در حالت اعمال بار زیاد به چرخ‌های عقب

(پ) عملکرد شیر در حالت اعمال بار کم به چرخ‌های عقب

شکل ۹-۲۲- ساختمان و نحوه عملکرد شیر تنظیم فشار و تقسیم نیروی ترمزی

- ۱- بدنه خودرو ۲- مجموعه شیر کنترل فشار ۳- میل و فنر رابط اندازه‌گیر بار ۴- طبق مکانیزم تعلیق ۵- مجرای خروجی شیر به سمت سیلندر ترمز چرخ عقب ۶- مجرای ورودی شیر از سمت سیلندر اصلی ترمز ۷- فنر حسگر بار ۸- پین ثابت بالای شیر ۹- سوپاپ ساچمه‌ای ۱۰- پیستون حسگر ۱۱- اهرم حسگر بار ۱۲- پیچ تنظیم و رگلاژ شیر

متصل شده است. در این صورت با تغییر مقدار نیروی وزن اعمالی به چرخ عقب خودرو، فاصله چرخ تا بدنه خودرو تغییر می‌کند و در نتیجه طبق مکانیزم تعلیق جابه‌جا می‌شود. این جابه‌جایی باعث

با توجه به شکل ۹-۲۲- الف، این شیر به گونه‌ای بر روی مکانیزم تعلیق عقب خودرو نصب می‌شود که از یک طرف به بدنه خودرو و از سمت دیگر توسط میله رابطه (۳) به طبق مکانیزم تعلیق

حرکت اهرم حسگر بار (۱۱) می‌شود و با توجه به مقدار حرکت اهرم، فشار خروجی به چرخ‌های عقب نیز تغییر می‌کند.

مطابق شکل ۲۲-۹ ب، با افزایش نیروی وزن در قسمت عقب خودرو، به‌منظور افزایش راندمان ترمز باید فشار مایع هیدرولیک ترمز چرخ‌های عقب نیز افزایش یابد. در این حالت به‌سبب اعمال بار، بدنه خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث حرکت میله رابط (۳) به سمت بالا می‌شود. از این‌رو با حرکت میله رابط (۳) به سمت بالا، نیروی پیش بار فنر حسگر بار (۷) افزایش یافته و باعث حرکت اهرم حسگر بار (۱۱) و پیستون حسگر روبه‌بالا می‌شود.

بنابراین سازه قطع و وصل فشار به پین ثابت (۸) برخورد، و به سمت پایین حرکت می‌کند. در نتیجه مجرای خروجی روغن به سمت چرخ‌های عقب کاملاً باز می‌شود و هیچ محدودیتی در مسیر مایع هیدرولیک ترمز برای چرخ‌های عقب وجود نخواهد داشت. در این‌صورت با اعمال نیرو به پدال ترمز، مایع هیدرولیک ترمز، که از مجرای ورودی سوپاپ (۶) وارد آن شده است، به دلیل باز بودن کامل مجرای خروجی شیر (۵)، با اختلاف فشار مشخصی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب منتقل می‌شود.

در حالی‌که بار روی محور عقب کم باشد و در اثر ترمزگیری، انتقال وزن از قسمت عقب خودرو به محور جلو نیز صورت گیرد (حالت c)، به دلیل حرکت رو به بالای قسمت عقب

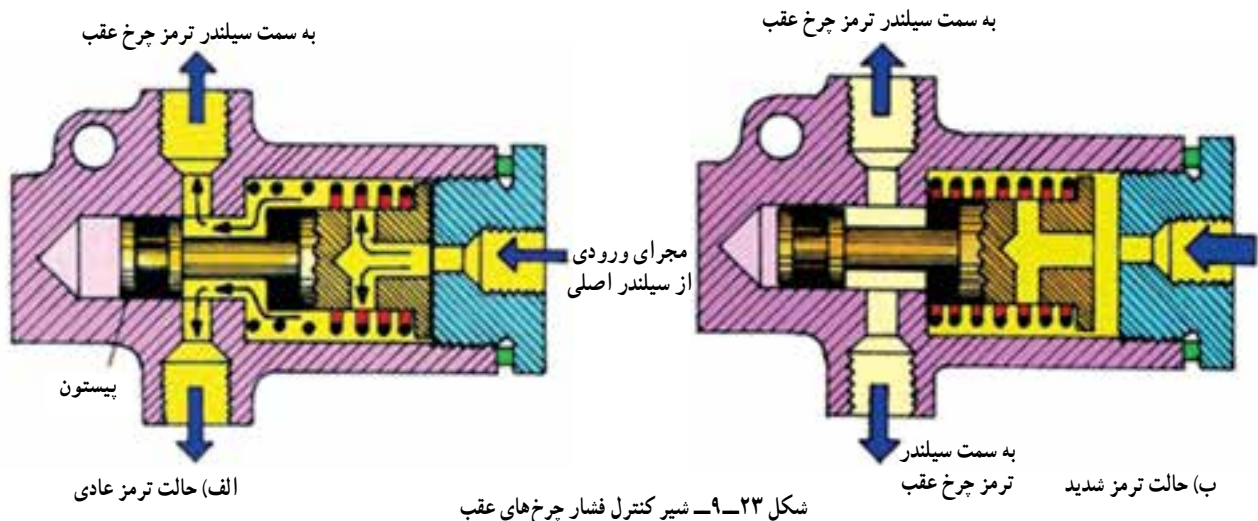
خودرو، اهرم حسگر بار (۱۱) توسط حرکت میله رابط (۴) و تغییر نیروی فنر حسگر بار (۷)، به سمت پایین حرکت می‌کند.

بنابراین پیستون حسگر بار نیز به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث کوچک‌تر شدن مجرای خروجی یا مسدود شدن آن توسط سوپاپ ساچمه‌ای می‌شود. به این طریق فشار مایع هیدرولیک ارسالی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد تا از قفل شدن چرخ‌های عقب حین ترمزگیری جلوگیری شود.

در خودروهای مجهز به سیستم ترمز ضد قفل (ABS) می‌توان با کنترل میزان لغزش هر چرخ با زمین، مقدار تغییر نیروی وزن اعمالی به هر چرخ را حین ترمزگیری تخمین زد و با استفاده از تجهیزات سیستم ترمز ضد قفل، فشار مایع هیدرولیک اعمالی به مکانیزم ترمز هر چرخ را متناسب با میزان لغزش کنترل نمود.

در این حالت با مقایسه میزان لغزش طولی بین چرخ‌های جلوی خودرو و زمین با میزان لغزش طولی بین چرخ‌های عقب خودرو و زمین، می‌توان میزان اختلاف در نیروی وزن وارد بر چرخ‌ها را تخمین زد و متناسب با تغییر نیروی وزن اعمالی به چرخ‌ها، فشار مایع هیدرولیک اعمالی به مکانیزم ترمز آن چرخ را کنترل نمود. از این‌رو این سیستم را «توزیع نیروی ترمز به صورت الکترونیکی» (EBD) گویند که در بخش ۱۱ به بررسی آن پرداخته خواهد شد.

شکل ۲۴-۹ نوع دیگری از شیر کنترل فشار چرخ‌های



شکل ۲۳-۹ شیر کنترل فشار چرخ‌های عقب

۱۳-۹- ترمز دستی

مطابق شکل ۲۳-۹، این شیر در مسیر عبور مایع هیدرولیک

ترمز از خروجی سیلندر اصلی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌گردد. با توجه به شکل ۲۳-۹ الف، در حالت ترمزگیری با شتاب کم، به دلیل اینکه نیروی فنر نسبت به فشار مایع هیدرولیک اعمالی به انتهای پیستون شیر، بزرگ‌تر می‌باشد. پیستون شیر تحت نیروی فنر در ابتدای کورس خود قرار می‌گیرد. از این رو مجرای خروجی شیر باز می‌باشد و مایع هیدرولیک ترمز پس از عبور از آن به سمت سیلندر ترمز چرخ‌های عقب ارسال می‌شود. در حالت ترمزگیری شدید ۲۳-۹ ب، نیروی اعمالی به پیستون شیر تحت فشار مایع هیدرولیک بر نیروی فنر غلبه کرده و به سمت چپ حرکت می‌کند. بنابراین مجرای خروجی شیر مسدود می‌گردد. در نتیجه از این فشار به بعد، هر میزان که فشار مایع هیدرولیک ترمز افزایش یابد، شیر همواره بسته بوده و این افزایش فشار تأثیری در تغییر نیروی ترمز چرخ‌های عقب ندارد و از قفل شدن چرخ‌های عقب جلوگیری می‌شود. لازم به ذکر است که در ترمزگیری شدید، نیروی وزن اعمالی به چرخ‌های عقب کاهش می‌یابد و افزایش فشار مایع هیدرولیک در چرخ‌های عقب، خطر قفل شدن آنها را افزایش می‌دهد.

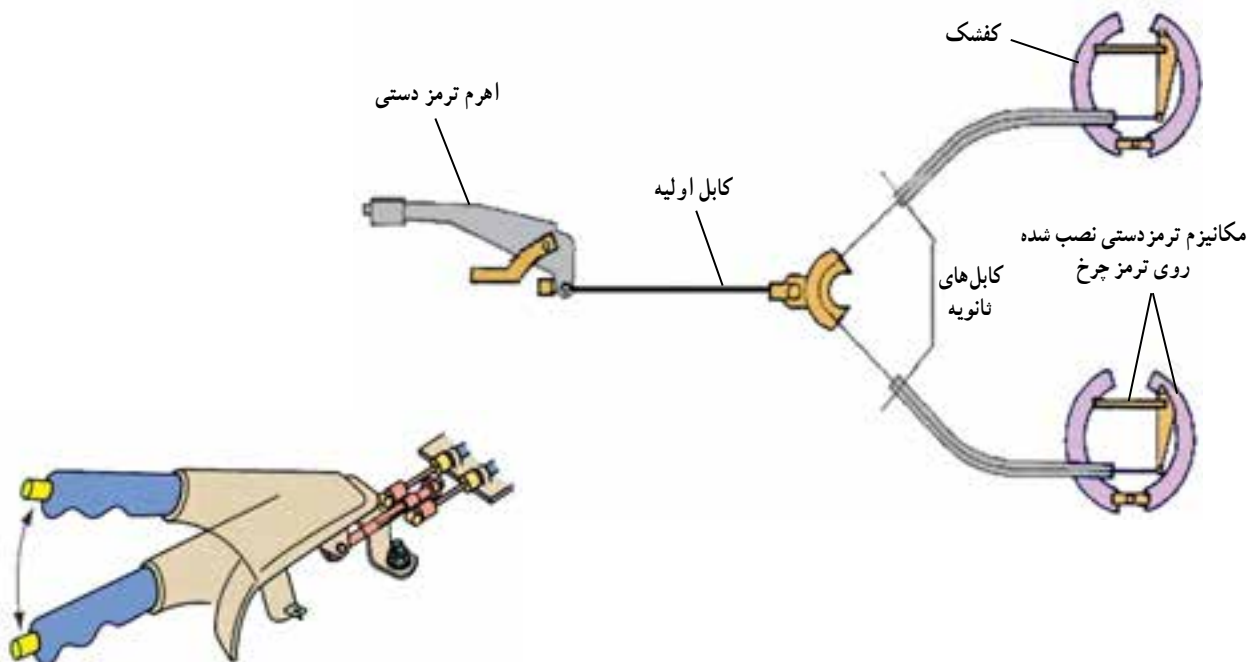
محل نصب مکانیزم ترمز دستی در یکی از سه محل زیر است :

۱- چرخ‌های جلو؛

۲- چرخ‌های عقب؛

۳- میل گاردان.

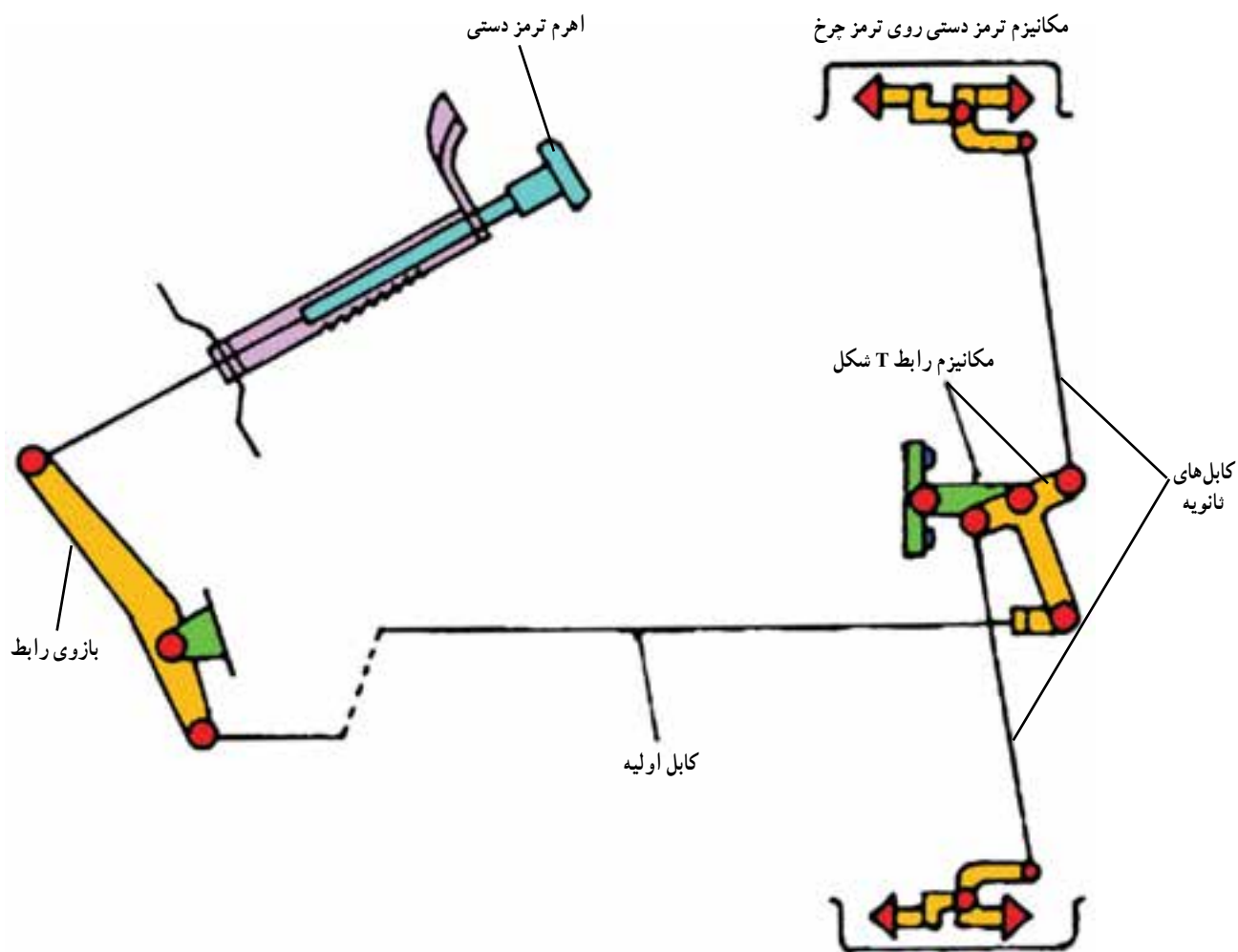
با توجه به شکل ۲۴-۹، با فعال شدن ترمزدستی، کابل اولیه کشیده می‌شود. این امر باعث کشیده شدن کابل ثانویه می‌گردد.



شکل ۲۴-۹- مکانیزم ترمز دستی کابلی دو شاخه‌ای

نگه داشتن خودرو و ساکن یا کم سرعت شدن خودروی در حال حرکت می گردد.

کشیده شدن کابل ثانویه باعث فعال شدن مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز چرخ می گردد و باعث درگیری لنت با کاسه چرخ یا دیسک ترمز می شود و در نهایت باعث متوقف



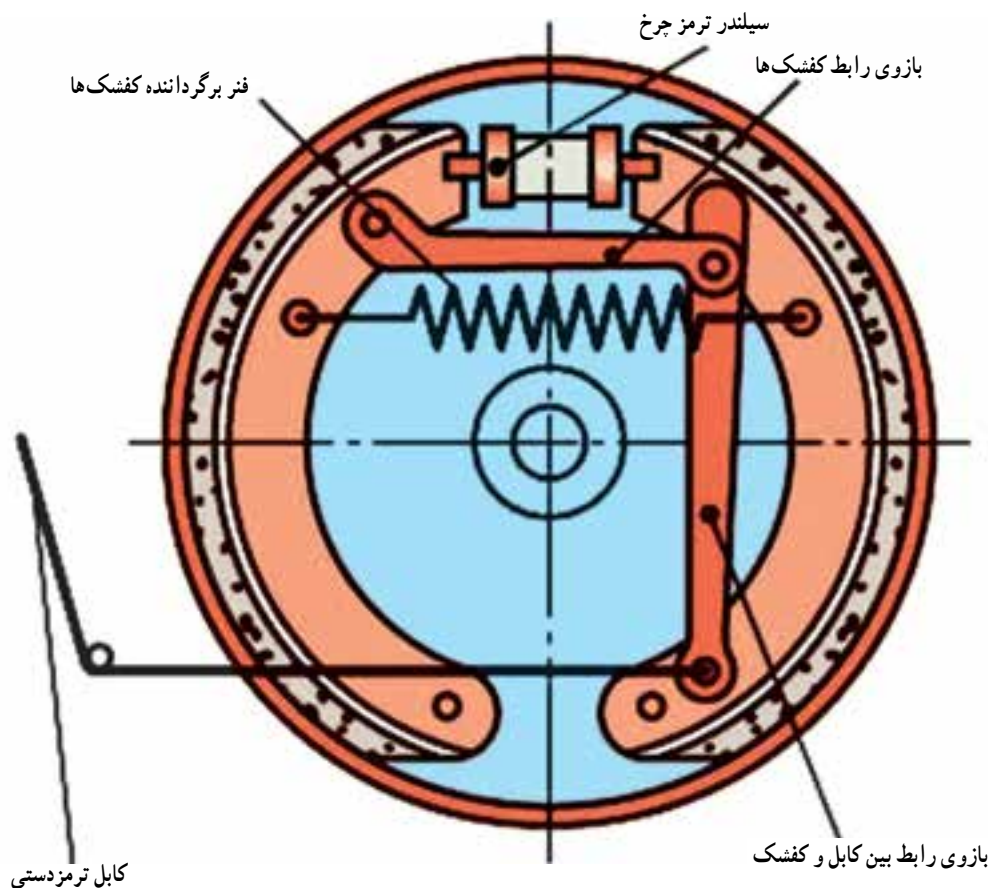
شکل ۹-۲۵- مکانیزم ترمز دستی کابلی با واسط «T شکل» (مکانیزم ترمز دستی عصایی)

می کند و باعث درگیر شدن لنت ها با کاسه چرخ و یا دیسک ترمز می گردد و در نتیجه باعث متوقف نگه داشتن خودرو ساکن یا کاهش سرعت خودروی در حال حرکت می شود.

شکل ۹-۲۶، نمونه ای از مکانیزم ترمز دستی نصب شده را بر روی مکانیزم ترمز کفشکی نشان می دهد.

با توجه به شکل ۹-۲۶، با فعال شدن اهرم ترمز دستی، کابل ترمز دستی کشیده می شود و باعث جابه جایی بازوی ترمز

با توجه به شکل ۹-۲۵، در این نوع مکانیزم ترمز دستی با فعال شدن اهرم دستی، بازوی رابط به صورت الکلنگی حرکت می کند و باعث کشیده شدن کابل اولیه می شود. کشیده شدن کابل اولیه نیز باعث چرخش مکانیزم «T شکل» حول محور خود می شود. از این رو با چرخش واسط «T شکل»، کابل ثانویه متصل به مکانیزم ترمز چرخ ها نیز کشیده می شود. با کشیده شدن کابل ثانویه، مکانیزم ترمز دستی متصل به مکانیزم ترمز چرخ عمل



شکل ۲۶-۹- مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز کفشکی

به سمت داخل حرکت می‌کند. مهره (۱۳) نیز به پیستون (۱۰) نیرو اعمال می‌کند و باعث حرکت پیستون به سمت لنت‌ها می‌شود. از این رو لنت‌ها با دیسک درگیر می‌شوند و ترمز دستی فعال می‌شود. قابل توجه است که علت استفاده از شفت مارپیچ (۴) و مهره (۱۸)، علاوه بر عملکرد مکانیزم ترمز دستی، رگلاژ اتوماتیک سیستم ترمز است. به این صورت که با کاهش ضخامت لنت در اثر کار کرد، مهره (۱۸) روی شفت مارپیچ دَوَران، و به سمت داخل حرکت می‌کند تا باعث کم شدن فاصله بین لنت و دیسک گردد.

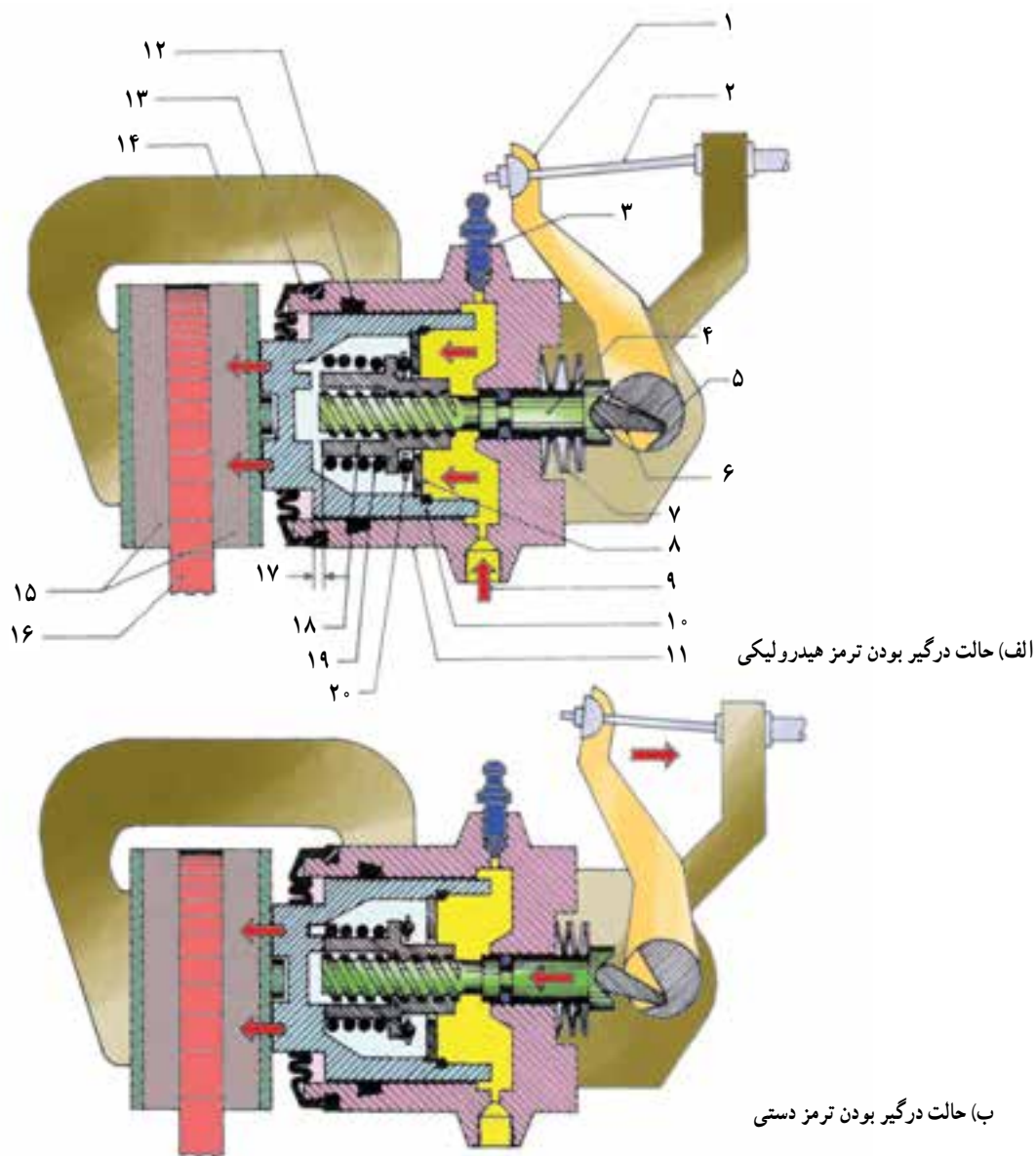
همچنین برای تعویض لنت، با چرخاندن پیستون، پیستون و مهره بر روی مارپیچ به سمت داخل حرکت می‌کنند و نصب لنت نو، که دارای ضخامت بیشتری نسبت به لنت کار کرده است، به سهولت انجام می‌گیرد.

دستی می‌گردد. جابه‌جایی بازوی ترمز دستی، باعث درگیر شدن کفشک متصل به آن با کاسه چرخ می‌شود. همچنین بازوی ترمز دستی با جابه‌جایی خود به اهرم رابط ترمز دستی بین دو کفشک نیرو وارد می‌کند و با جابه‌جا شدن این اهرم رابط، کفشک دیگر نیز با کاسه درگیر می‌شود.

شکل ۲۷-۹، مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز دیسکی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۲۷-۹، ب، با فعال شدن اهرم دستی، کابل ترمز دستی (۲) کشیده می‌شود و باعث دَوَران شفت بادامکی (۵) می‌گردد. با دوران شفت بادامکی، قطعه لویایی (۶) نیز دوران می‌کند. دوران قطعه لویایی باعث اعمال نیرو به شفت مارپیچ (۴) می‌شود.

با حرکت خطی شفت مارپیچ به سمت داخل، مهره (۱۸) نیز



شکل ۲۷-۹- مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی ترمز دیسکی

۱- اهرم انتقال نیروی ترمز دستی ۲- کابل ترمز دستی ۳- پیچ هواگیری ۴- شفت مارپیچی ۵- شفت بادامکی ۶- قطعه لوبیایی
 شکل انتقال نیروی ترمز دستی ۷- واشرهای فنری برگشت دهنده ۸- واشر تخت ۹- مجرای ورود مایع هیدرولیک به سیلندر
 چرخ ۱۰- پیستون ۱۱- سیلندر چرخ ۱۲- لاستیک آب بندی ۱۳- گردگیر ۱۴- فک کالیپر ۱۵- لنت ترمز ۱۶- دیسک چرخ
 ۱۷- لقی محوری ۱۸- مهره شفت مارپیچ ۱۹- فنر نگه دارنده ۲۰- یاتاقان کف گرد

۹-۱۴- لنت ترمز

شکل ۲۸-۹، نمونه هایی از انواع مختلف لنت را نشان می دهد.

در ساخت لنت از مواد مختلفی استفاده می شود. این مواد

را می توان به شرح ذیل تقسیم نمود :

۱- رزین : این ماده همانند چسب است و مواد تشکیل دهنده

لنت قطعه ای است که هنگام ترمزگیری با ایجاد اصطکاک،

انرژی جنبشی چرخ ها را به انرژی گرمایی تبدیل می کند تا به این

طریق عمل ترمزگیری کامل شود و سرعت خودرو کاهش یابد.

می‌گردد) تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش قدرت ترمزگیری و ثبات عملکرد لنت می‌شود.

۳- مواد پرکننده : این مواد در نرم یا سخت شدن لنت و ایجاد صدا یا گرد و غبار مؤثرند و مانند واسطه‌ای بین سه گروه مواد دیگر تشکیل دهنده لنت عمل می‌کنند. در گذشته از آزیست به‌منزله پرکننده در لنت‌ها استفاده می‌شد. اما امروزه به علت سرطان‌زا بودنش، از آن در تولید لنت استفاده نمی‌شود.

در صورتی که از مواد سرامیکی (دیرگداز) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود، آن را «لنت سرامیکی» نامند و اگر از مواد گیاهی یا طبیعی (آلی) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود آن را «لنت ارگانیک» نامند. همچنین اگر از ترکیب مواد سرامیکی و فلزی به‌صورت ماده پرکننده استفاده گردد، این نوع لنت را «نیمه فلزی» نامند.



شکل ۲۸-۹ انواع لنت

لنت را به یکدیگر متصل می‌کند.

۲- فیبرها : فیبرها مانند تارهای نگه‌دارنده به استحکام لنت کمک می‌کنند. در صورتی که از جنس مسی به‌منزله فیبر استفاده شود در دفع گرمای ناشی از ترمزگیری (که بین لنت و دیسک ایجاد

نکته : امروزه معمولاً به دلیل کیفیت و قیمت مناسب لنت‌های نیمه فلزی، در خودروهای سواری از آنها استفاده می‌گردد.

که میزان سایش لنت در استانداردهای ملی و بین‌المللی نیز سقف تعریف شده‌ای دارد.

● **آزمون حرارتی :** در این مرحله از آزمون، عملکرد لنت ترمز در درجه حرارت مشخصی اندازه‌گیری می‌گردد که در استاندارد بین‌المللی SAE-160 نیز درج شده است.

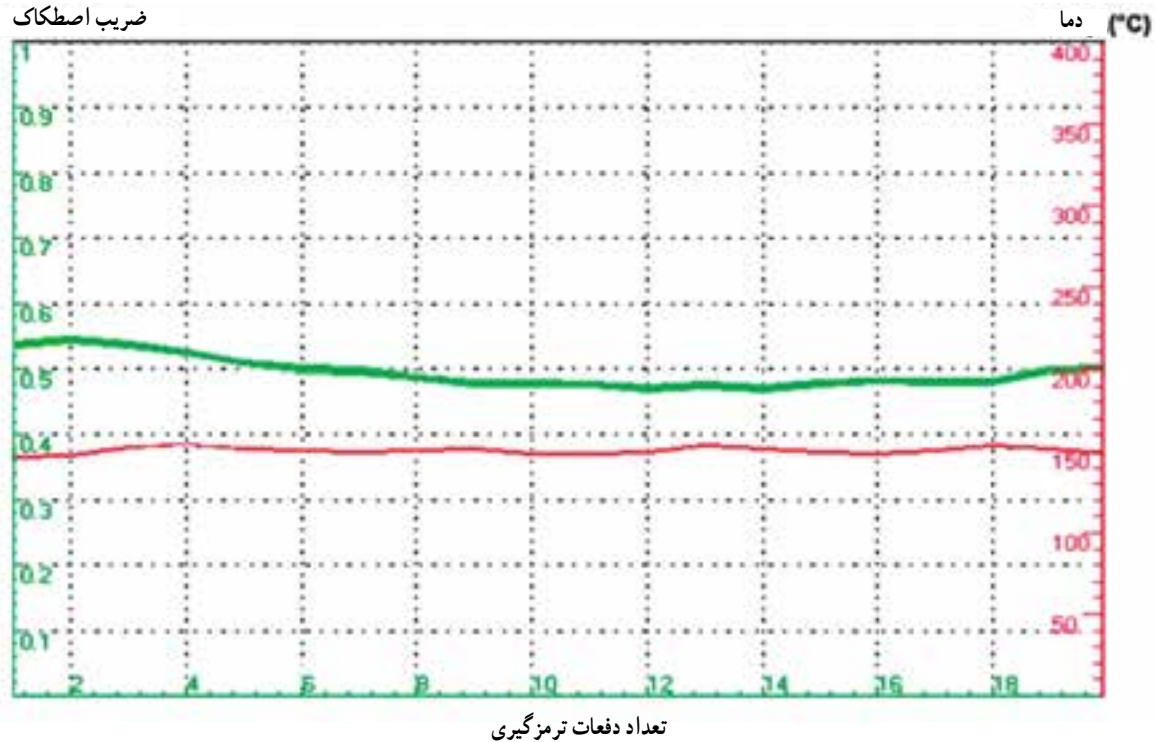
شکل ۲۹-۹، نمونه‌ای از نتایج تست ضربه اصطکاک و درجه حرارت یک نمونه لنت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ضربه اصطکاک لنت طی بیست سیکل ترمزگیری در حدود ۵/۰° ثابت مانده و دمای لنت نیز طی این فرایند در حدود ۱۵° درجه سانتی‌گراد ثابت مانده که نشانه ثبات عملکرد لنت طی ترمزگیری است.

هنگام تولید لنت، آزمایش‌های مختلفی براساس استانداردهای ملی ایران (ISIRI NO 586) و استاندارد بین‌المللی (SAE661/JISO-4411) بر روی لنت، به شرح زیر انجام می‌پذیرد :

● **آزمون ابعادی :** در این آزمون، کلیه ابعاد طول، عرض و ضخامت لنت تحت کنترل قرار می‌گیرد؛

● **آزمون ضرایب اصطکاک :** در این آزمون، در حرارت‌های بین ۱۵° تا ۳۵° درجه سانتی‌گراد، ضربه اصطکاک لنت، تحت نیروهای ثابت اندازه‌گیری می‌شود تا با مقادیر استاندارد خود تطبیق داده شود.

● **آزمون میزان سایش :** با محاسبه میزان سایش لنت، می‌توان عمر لنت را نیز به‌طور نسبی محاسبه نمود. قابل ذکر است



شکل ۲۹-۹- آزمایش ضریب اصطکاک و آزمون حرارتی لنت

شما باید در آینده :

- ۱- در تمام فعالیت‌های خود ایمنی و سلامت جامعه، حفاظت از محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی را مراعات کنید.
- ۲- چنانچه نادیده گرفتن نظر شما در شرایط خاصی موجب به خطر افتادن زندگی یا سلامت مردم می‌شود یا محیط زیست را تخریب می‌کند، باید کارفرما و دیگر مسئولان و یا ذی‌نفعان را آگاه سازید.
- ۳- باید در صورتی که تصور می‌کنید کار شما تأثیر نامطلوبی بر ایمنی و سلامت همکاران یا مردم در زمان حال یا آینده خواهد داشت نباید طرحی را تأیید، مهر یا امضا کنید.
- ۴- باید استانداردهای موجود در کارتان را مراعات کنید، مگر آنکه از نظر اخلاقی یا فنی توجیهی برای عدول از آنها داشته باشید.
- ۵- گزارش‌هایی را که تحت نظارت و مدیریت شما تهیه نشده است و یا در آنها اطلاعات و تجربه کافی ندارید تأیید نکنید.

آزمون پایانی

- ۱- وظیفه سیستم ترمز را بیان کنید.
- ۲- اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی را نام ببرید.
- ۳- سیستم ترمز دומداری و انواع مختلف آن را توضیح دهید.
- ۴- طرز کار سیلندر اصلی ترمز دومداری را شرح دهید.
- ۵- انواع مکانیزم ترمز کاسه‌ای را نام ببرید.
- ۶- مزایا و معایب مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سرو را توضیح دهید.
- ۷- اجزای اصلی مکانیزم ترمز دیسکی را نام ببرید.
- ۸- نحوه عملکرد مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت را شرح دهید.
- ۹- نحوه عملکرد بوستر خلائی را توضیح دهید.
- ۱۰- دلایل استفاده از مکانیزم شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب را بیان کنید.
- ۱۱- شرایط استفاده از ترمزدستی را عنوان کنید.
- ۱۲- مواد مورد استفاده در تولید لنت ترمز را نام ببرید.