فصل نهم

سیستم ترمز

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

۱ــ وظیفهٔ سیستم ترمز را بیان کند.

۲ــ گشتاور اصطکاکی ترمز را تعریف کند.

۳ــ قسمت‌های مختلف سیستم ترمز هیدرولیکی را نام ببرد.

۴ــ طرز کار سیلندر اصلی ترمز را شرح دهد.

۵ــ انواع مدارهای هیدرولیکی ترمز را دسته‌بندی کند.

۶ــ طرز کار بوستر خلئی را شرح دهد.

۷ــ انواع مکانیزم ترمز چرخ را دسته‌بندی کند.

۸ــ انواع مکانیزم کفشک‌بندی ترمز کاسه‌ای را دسته‌بندی کند.

۹ــ مکانیزم ترمز دستی را شرح دهد.

۱۰ــ مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز را شرح دهد.

۱۱ــ انواع مکانیزم ترمز دیسکی را دسته‌بندی کند.

۱۲ــ انواع لنت ترمز را دسته‌بندی کند.

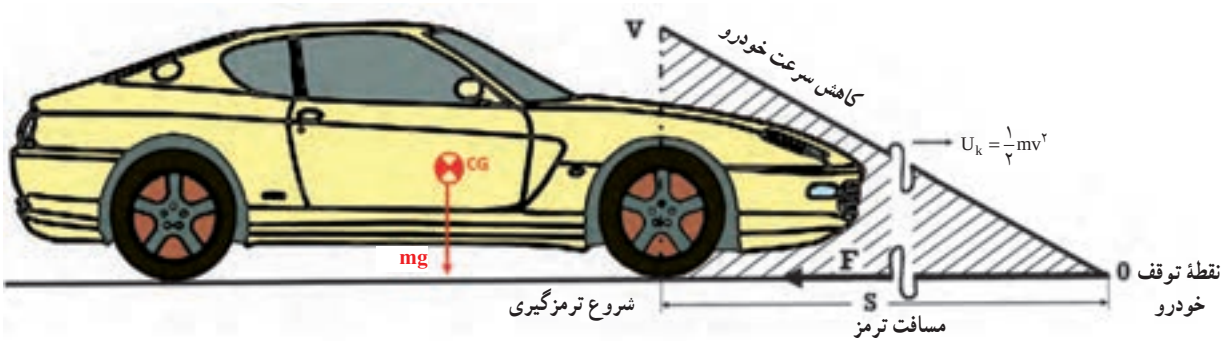
مقدمه

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 ۱ــ۹، نحوهٔ عملکرد سیستم ترمز را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۱ــ۹، انرژی جنبشی (U_K) خودروی در حال حرکت از طریق رابطهٔ ۱ــ۹ قابل محاسبه است.

$$U_k = \frac{۱}{۲}mv^۲ \qquad (۹ــ۱)$$

۱ــ Brake System



شکل ۱ــ۹ــ نحوهٔ عملکرد سیستم ترمز

U_k : انرژی جنبشی خودروی در حال حرکت (j)

m : جرم خودرو (Kg)

V : سرعت خودرو (m/s)

زمانی‌که ترمزگیری صورت می‌گیرد و خودرو متوقف می‌شود، کار انجام شده توسط سیستم ترمز، که از طریق رابطهٔ ۲ــ۹ قابل محاسبه است، باید با انرژی جنبشی(U_K) خودرو برابر گردد.

$$U_m = F.S \qquad (۹ــ۲)$$

U_m : انرژی جنبشی خودرو یا کار ترمزی (j)

F : نیروی ترمزی (N)

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

با توجه به مطالب بیان شده، نیروی ترمزی از رابطهٔ ۳ــ۹ قابل محاسبه خواهد بود :

$$U_m = U_k$$

$$\Rightarrow \quad F = \frac{mv^2}{2S} \qquad (۹ــ۳)$$

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

با توجه به رابطهٔ فوق، نیروی ترمزی با جرم خودرو و توان دوم سرعت خودرو رابطهٔ مستقیم دارد و هر چه سرعت خودرو و جرم آن افزایش یابد، برای متوقف کردن خودرو به نیروی ترمزی بیشتری نیاز دارد.

۱ــ۹ــ گشتاور ترمزی

با توجه به شکل ۲ــ۹، گشتاور اصطکاکی ترمز بین تایر و زمین از رابطهٔ ۴ــ۹ به‌دست می‌آید :

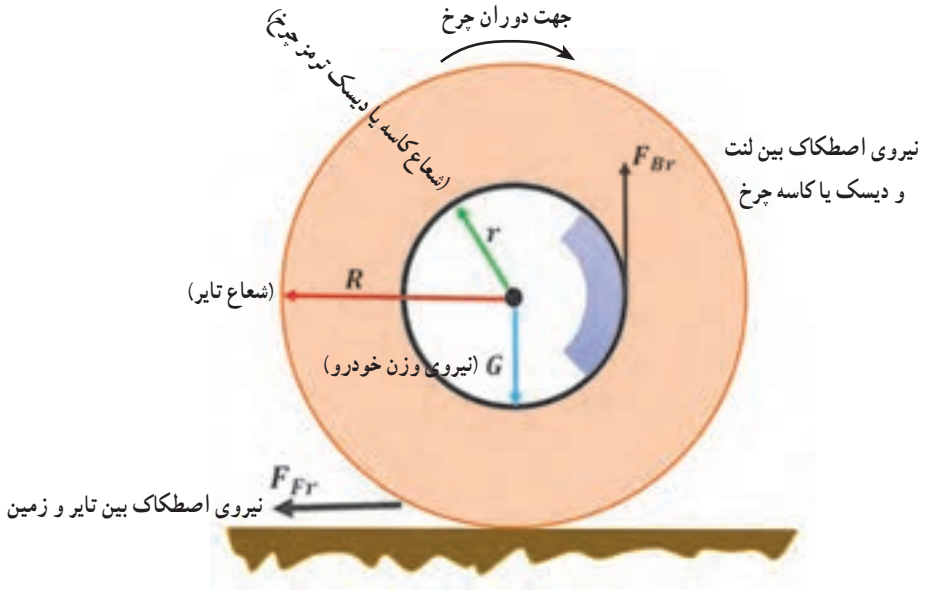
$$M_{fr} = \mu GR \qquad (۹ــ۴)$$

از طرفی گشتاور اصطکاکی ترمز که بین لنت و دیسک یا کاسه چرخ به وجود می‌آید نیز از رابطهٔ ۵ــ۹ به‌دست می‌آید :

$$M_{Br} = F_{Br}.r \qquad (۹ــ۵)$$

برای دستیابی به کمترین مسافت ترمزی باید گشتاور اصطکاکی ترمز (M_{Br}) با گشتاور اصطکاکی بین تایر و زمین برابر باشند. بنابراین می‌توان از طریق رابطهٔ ۶ــ۹ نیروی ترمزی مورد نیاز را، که بین لنت و دیسک یا کاسه چرخ ایجاد می‌شود، به‌دست آورد :

$$M_{fr} = M_{Br} \rightarrow \mu GR = F_{Br}r \rightarrow F_{Br} = \frac{\mu GR}{r} \qquad (۹ــ۶)$$



شکل ۲ــ۹ــ چرخ خودرو در حال ترمزگیری

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

۲ــ۹ــ راندمان ترمز

با توجه به رابطهٔ ۷ــ۹، نسبت شتاب ترمزی خودرو به ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین، «راندمان ترمز» گفته می‌شود. بنابراین برای به‌دست آوردن بیشترین راندمان ترمز، شتاب ترمز باید متناسب با ضریب اصطکاک بین تایر و جاده باشد.

$$\text{راندمان ترمزی} = \frac{\text{شتاب ترمزی}}{\text{شتاب جاذبه} \times \text{حداکثر ضریب اصطکاک بین تایر و زمین}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{a_{Br}}{\mu_m . g} \times ۱۰۰ \qquad (۹ــ۷)$$

a_{Br} : شتاب ترمزی خودرو $\left(\left(\frac{m}{s^۲}\right)\right)$

μ_m : ضریب اصطکاک حداکثر بین تایر و زمین

g : شتاب جاذبه $\frac{m}{s^۲}$

۳ــ۹ــ 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 اِعمالی 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 :

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

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

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

۴ــ 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 سرنشین و پایداری خودرو به مکانیزم‌های دیگری مجهز شده‌اند؛

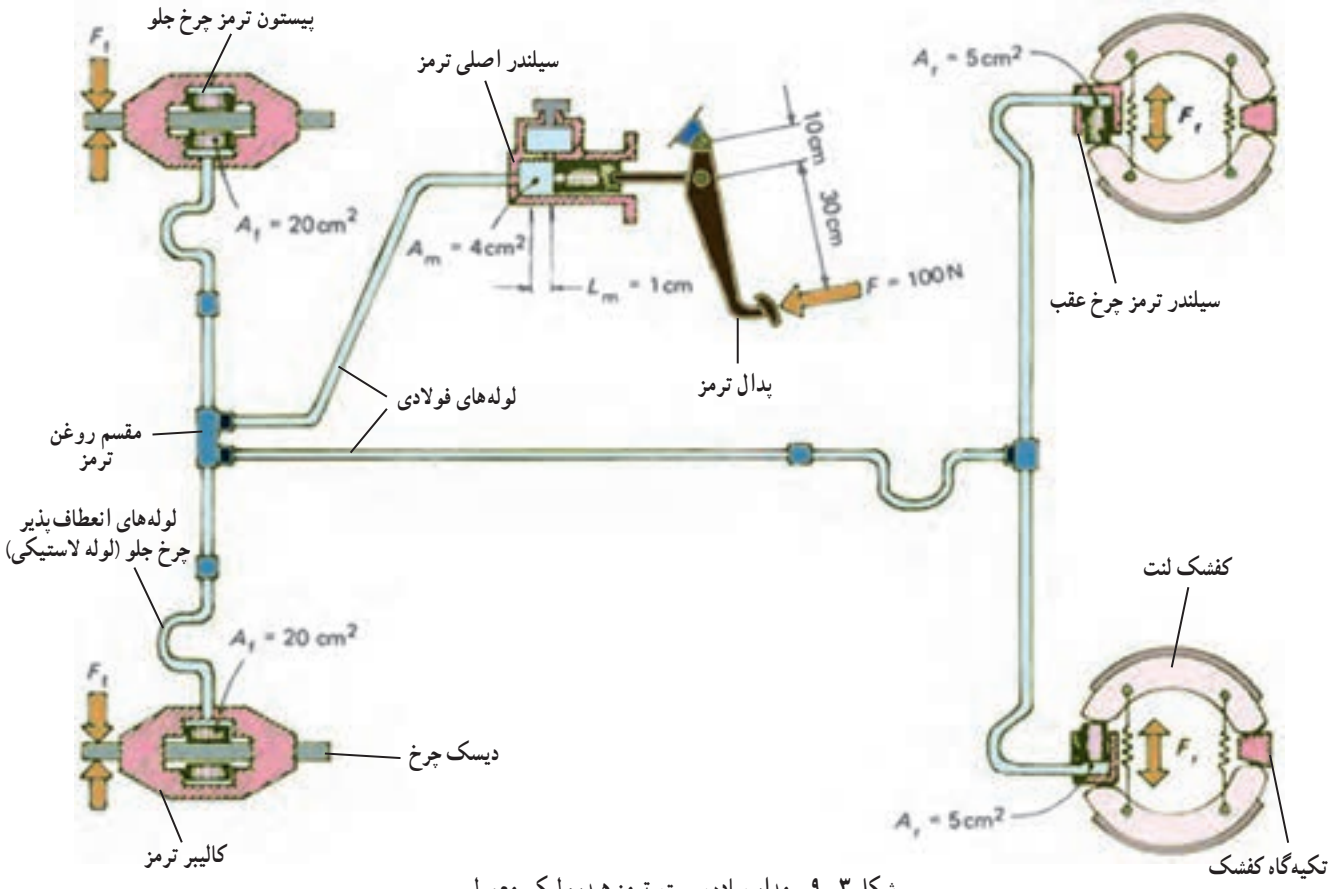
۵ــ بوستر یا تقویت‌کننده، که با تقویت نیروی پای راننده باعث افزایش نیروی ترمزی و راحتی راننده هنگام ترمزگیری می‌شود، ضمن آنکه مقداری از تأخیر در شروع ترمزگیری را کاهش می‌دهد.

۶ــ مکانیزم کنترل فشار هیدرولیکی در مسیر چرخ‌های عقب به تناسب تغییر و انتقال بار عمودی روی چرخ های عقب؛

۷ــ سیستم ترمز ضد قفل چرخ‌ها[1] که هنگام ترمزگیری باعث افزایش راندمان ترمز و ایمنی خودرو می‌شود.

۴ــ۹ــ مدار سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

شکل ۳ــ۹، مدار سادهٔ سیستم ترمز هیدرولیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۹ــ مدار ساده سیستم ترمز هیدرولیکی معمولی

با توجه به شکل ۳ــ۹، که اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی سادهٔ مورد استفاده در خودروهای اولیه را نشان می‌دهد، هر گاه نیروی پای راننده به پدال اعمال شود، پدال نیروی پای راننده را افزایش می‌دهد و به پیستون سیلندر اصلی اِعمال می‌کند.

بنابراین مایع هیدرولیک ترمز تحت فشار قرار می‌گیرد.

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

۱ــ Anti lock braking System

مطابق شکل، میزان نیروی پای راننده (در حدود ۱۰ kg) برای ایجاد نیروی ترمزی ($F=\frac{mv^2}{2s}$) 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 :

۱ــ در مکانیزم اهرم‌بندی پدال، معمولاً نیرو سه تا شش برابر می‌شود. مطابق اصل گشتاورها، گشتاور ناشی از نیروی پای راننده، به‌دلیل افزایش طول بازوی محرک، زیاد می‌شود. به‌طور مثال در شکل ۳ــ۹، نیروی وارد به‌پیستون سیلندر اصلی ۴۰۰ نیوتن است، در حالی‌که نیروی پای راننده ۱۰۰ نیوتن است.

۲ــ با استفاده از قانون فشار در مایعات و کار در ماشین‌های هیدرولیکی، مطابق شکل ۳ــ۹، پیستون سیلندر اصلی تحت نیروی پدال به سمت جلو حرکت می کند و مایع هیدرولیک ترمز جلوی پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد. به‌دلیل انتقال فشار در مایعات به‌صورت یکسان در همهٔ جهات، فشارِ اِعمالی به دو پیستون چرخ جلو و پیستون چرخ‌های عقب با یکدیگر برابر است. از طرفی به‌دلیل اینکه مساحت پیستون‌های چرخ‌ها از مساحت پیستون سیلندر اصلی بزرگ‌تر است، نیروی اِعمالی به چرخ ها نیز مطابق روابط ۸ــ۹ افزایش می‌یابد.

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

$$F_f=\frac{A_F}{A_m}F_m \qquad F_r=\frac{A_r}{A_m}F_m \qquad (۸ــ۹)$$

F_m : نیروی وارد بر پیستون پمپ اصلی (N)

A_r : مساحت پیستون سیلندر ترمز چرخ عقب (cm^2)

A_m : مساحت پیستون پمپ اصلی (cm^2)

F_F : نیروی وارد بر دیسک جلو (N)

A_F : مساحت پیستون کالیپر چرخ جلو (cm^2)

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 اصلی‌ست. برای مثال در چرخ جلو ($\frac{A_F}{A_m}=\frac{20}{4}=5$) نیرو ۵ برابر افزایش می‌یابد و در چرخ عقب ($\frac{A_r}{A_m}=\frac{5}{4}=1/25$) ۱/۲۵ برابر افزایش نیرو ایجاد می‌شود.

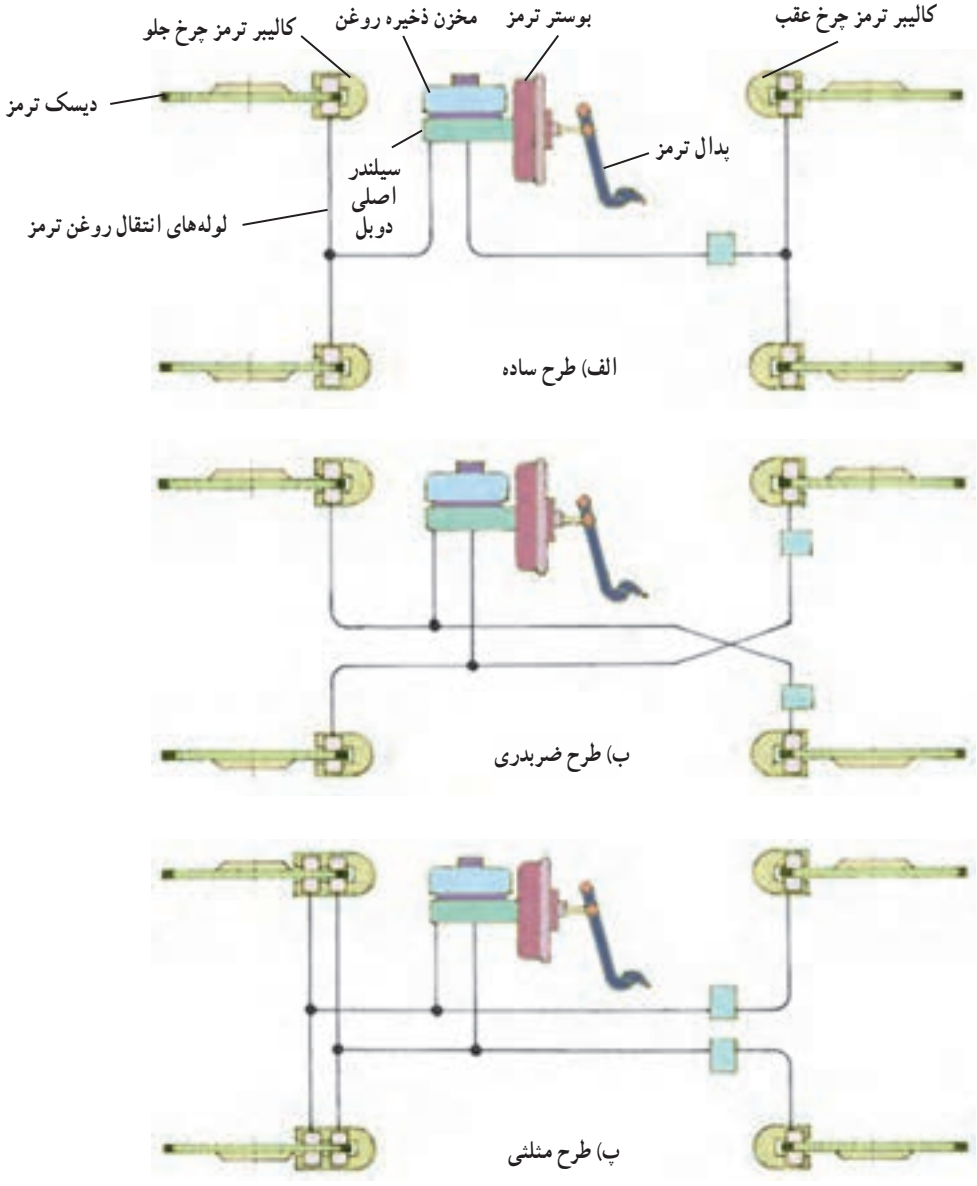
۳ــ با استفاده از بوستر یا تقویت کننده در سیستم ترمز می‌توان نیروی پای راننده را چهار تا هفت برابر افزایش داد. متداول‌ترین نوع بوستر استفاده شده در خودروهای امروزی «بوستر خلائی»ست. بوستر خلائی با استفاده از خلأ مانی‌فولد هوای موتور و فشار هوای جَو، باعث افزایش نیروی وارد بر سیلندر اصلی می‌شود که این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

۵ــ۹ــ سیستم ترمز دو مداری

با سخت‌گیرانه شدن استانداردهای ایمنی خودرو، استفاده از ترمزهای دو مداری به‌جای ترمزهای تک مداری رایج شد. شکل ۳ــ۹، 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 این‌رو 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 ۴ــ۹، به چهار چرخ متصل می‌شود.

در صورت آسیب دیدن یکی از مدارهای سیلندر اصلی دوبل 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 به‌صورت ضربدری حفظ خواهد شد. در هر دو طرح (الف) و (ب) ایمنی خودرو در صورت وجود نشتی در مدار بسیار بالاتر از سیستم ترمز تک‌مداری‌ست، زیرا حداقل در دو چرخ عمل ترمزگیری صورت می‌پذیرد.



شکل ۴ــ۹ــ طرح‌های مختلف ترمز دو مداری

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

نکته : ۱ــ هنگام ترمزگیری، بسته به شدت شتاب ترمزی، مقداری از نیروی وزنِ 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) هرکدام از مدارهای ترمز دچار نشتی شوند مدار دیگر ۵۰٪ نیروی ترمزی را تأمین می‌کند. در طرح (پ) نیز، به‌دلیل آنکه اگر هر کدام از مدارها دچار نشتی شود، هر دو چرخ جلو و یکی از چرخ‌های عقب

در ترمزگیری سهیم خواهد بود. لذا کاهش نیروی ترمزی قابل توجه نخواهد بود. از این‌رو طرح (پ) از طرح (ب) و طرح (ب) از طرح (الف) مناسب‌تر است و هر سه طرح فوق از طرح تک مداری برترند.

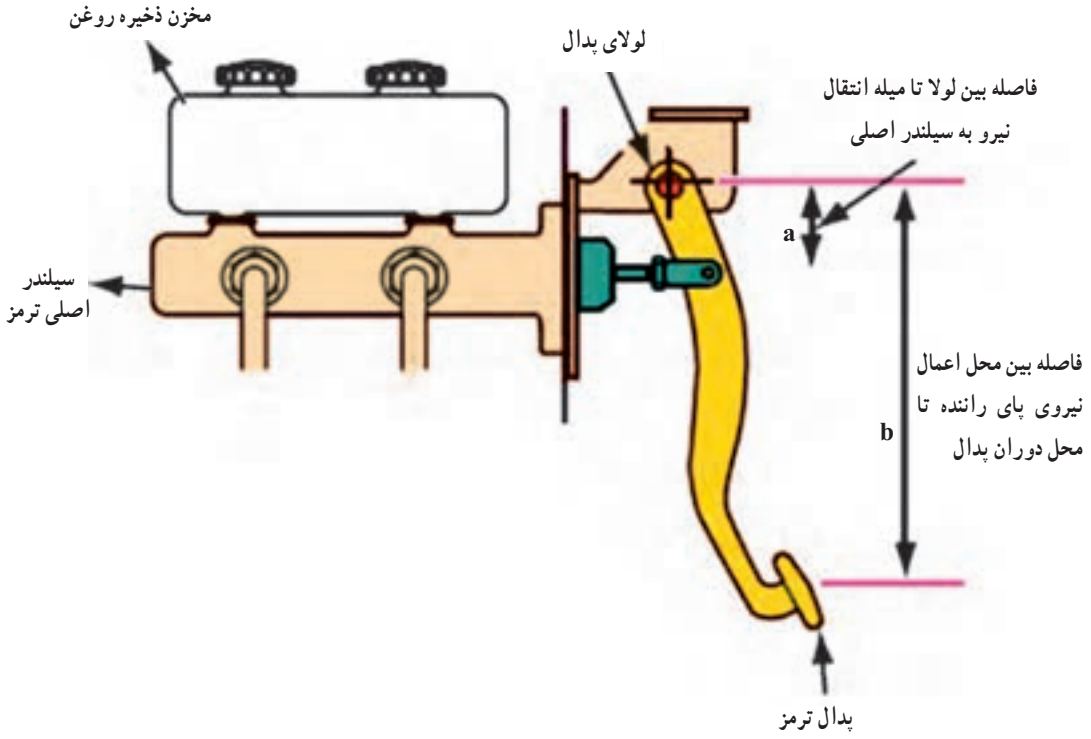
۲ــ باید توجه داشت که در طرح مدار ترمز دو مداری مثلثی، هرکدام از کالیبرهای ترمز چرخ های جلو حاوی چهار عدد سیلندر و پیستون‌اند. دو عدد از سیلندر و پیستون‌ها به مدار اول و دو عدد سیلندر و پیستون دیگر به مدار دوم متصل است، تا مدار اول و دوم به طور کامل از یکدیگر جدا شوند.

ذیلاً اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی بررسی می‌شود.

۶ــ۹ــ پدال ترمز

اولین قسمت سیستم ترمز، پدال ترمز است که برای فعال‌سازی سیستم ترمز توسط راننده به‌کار می‌رود. همان‌گونه که توضیح داده شد، مکانیزم پدال باعث افزایش نیروی پای راننده می‌شود تا نیروی اِعمالی به پیستون سیلندر اصلی افزایش یابد. شکل ۵ــ۹، مکانیزم پدال ترمز و چگونگی افزایش نیرو توسط پدال را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۵ــ۹، مقدار افزایش نیرو که از قانون اهرم‌ها پیروی می‌کند، برابر با $\frac{b}{a}$ است.



شکل ۵ــ۹ــ مکانیزم اهرم پدال ترمز

۷ــ۹ــ سیلندر اصلی ترمز

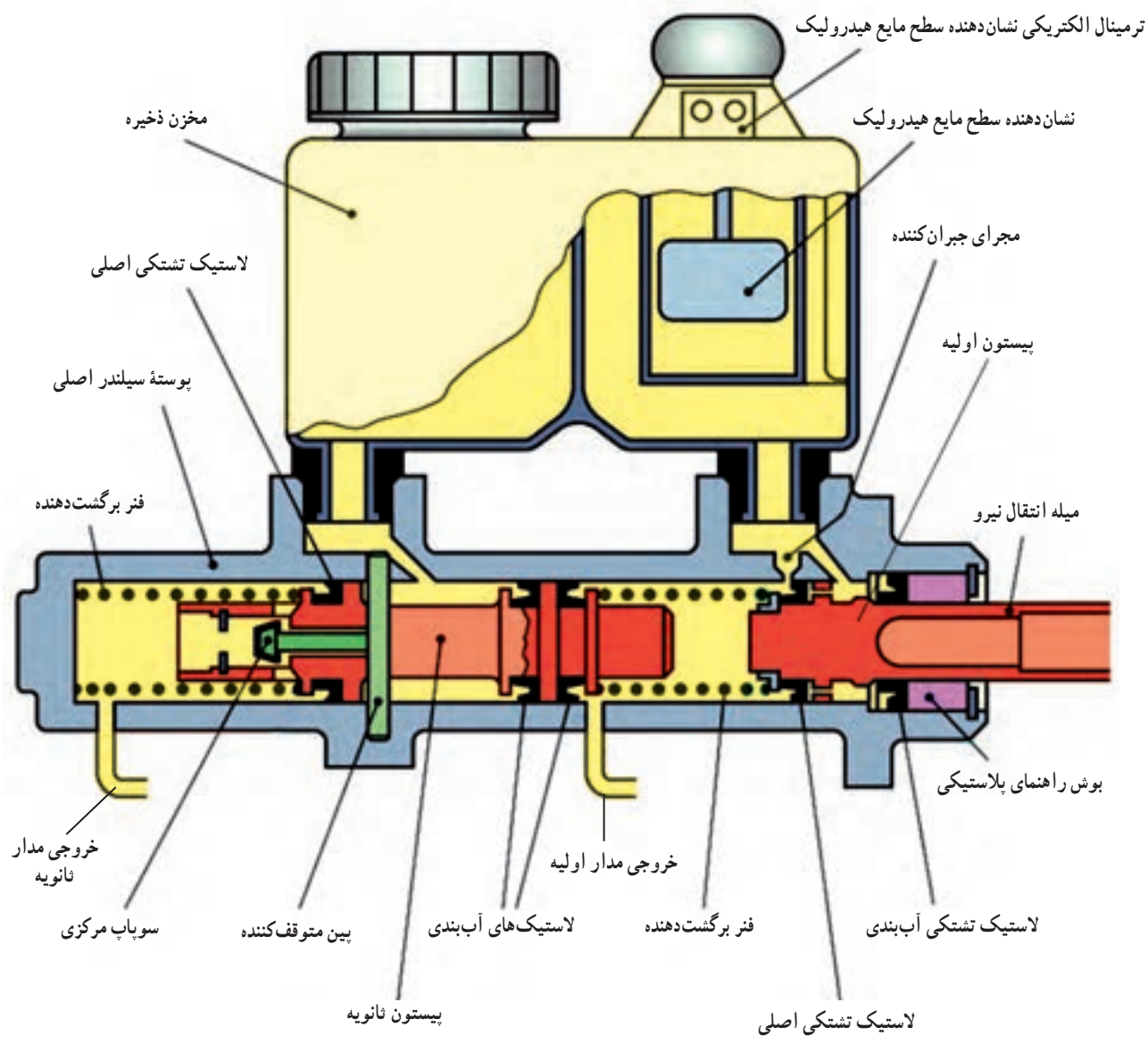
سیلندر اصلی ترمز یکی از مهم‌ترین اجزای سیستم ترمز هیدرولیکی‌ست. این جزء از سیستم ترمز برای تولید فشار هیدرولیکی با اِعمال نیروی پدال به آن به کار گرفته می‌شود.

سیلندر اصلی دارای تجهیزاتی برای عملکرد سریع و کاهش زمان عکس‌العمل ترمزی جهت بالابردن ایمنی خودرو در حین ترمزگیری می‌باشد.

نکته : به‌مدت زمان صرف شده، از زمانی که راننده مانع را می‌بیند تا زمانی که نیروی ترمزی در چرخ‌ها تولید می‌شود، «زمان عکس‌العمل» گویند. مقداری از این تأخیر ناشی از عکس‌العمل راننده است و مابقی آن مربوط به اجزای سیستم ترمز از قبیل لقی پدال، نشتی مایع هیدرولیکی ترمز، عملکرد نامناسب بوستر و رگلاژ مناسب لنت‌ها است.

سیلندر اصلی ترمز در دو نوع تک مداری و دو مداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. 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 می‌شود.

۱ــ۷ــ۹ــ سیلندر اصلی ترمز دو مداری : همان‌گونه که پیشتر بیان شد، این نوع سیلندر ترمز دارای دو مجرای مجزای خروجی است که ساختمان ظاهری و اجزای آن در شکل ۶ــ۹ ملاحظه می‌شود.



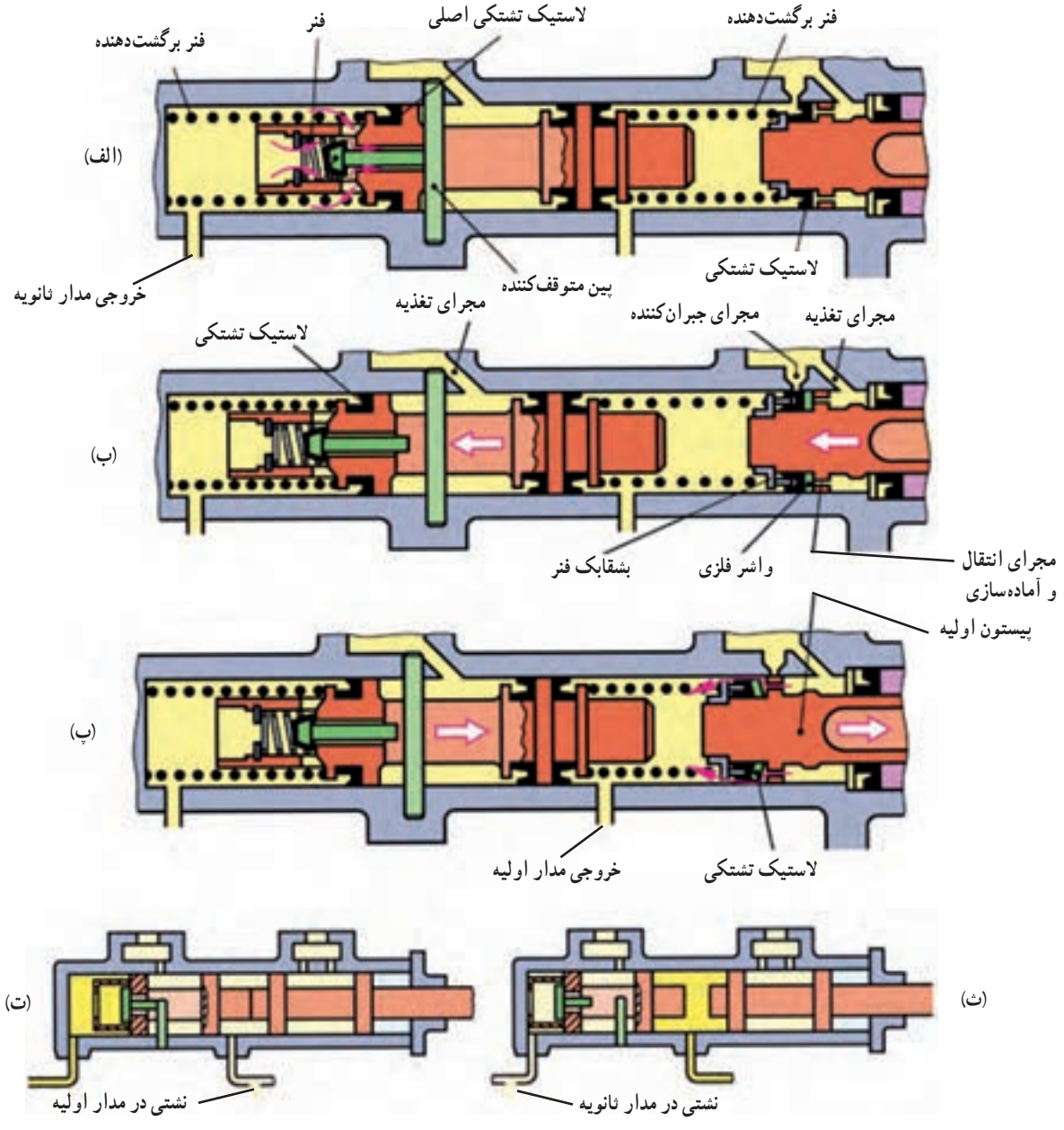
شکل ۶ــ۹ــ ساختمان ظاهری و اجزای تشکیل‌دهندهٔ سیلندر اصلی دو مداری

شکل ۷ــ۹، طرز کار سیلندر اصلی دو مداری را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۷ــ۹، وضعیت‌های مختلف عملکردی سیلندر اصلی ترمز دومداری به‌صورت زیر می‌باشد :

● ***حالت آزاد (عدم ترمزگیری):*** با توجه به شکل ۷ــ۹ــ الف، سیلندر اصلی در حالت آزاد قرار دارد. در این حالت میلهٔ انتقال نیرو در ابتدای کورس خود قرار دارد. پیستون‌های اولیه و ثانویهٔ سیلندر اصلی نیز تحت تأثیر نیروی فنرهای برگشت‌دهنده 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 این‌رو 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 ۷ــ۹ــ ب با اِعمال



شکل ۷ــ۹ــ 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 این‌رو 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 ۷ــ۹ــ پ، پس از رها شدن پدال ترمز، پیستون‌های سیلندر اصلی در اثر نیروی فنر و مایع هیدرولیک تحت فشار در لوله‌ها به‌طرف 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 به‌جلوی 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 نشتی در مدار اولیه :*** مطابق شکل ۷ــ۹ــ ت، هرگاه در مدار اولیه نشتی وجود داشته باشد به دلیل کاهش فشار جلوی پیستون اولیه در هنگام ترمزگیری، پیستون اولیه تحت تأثیر نیروی میلهٔ انتقال نیرو به سمت چپ حرکت کرده و به پیستون ثانویه تکیه می‌کند تا منجر به حرکت پیستون ثانویه شود. از این‌رو در این حالت فشار در مدار ثانویه افزایش یافته و این مدار در حین ترمزگیری عمل می‌نماید.

● ***حالت نشتی در مدار ثانویه :*** با توجه به شکل ۷ــ۹ــ ث، هرگاه در مدار ثانویه، نشتی 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 نشان‌دهندهٔ سطح مایع هیدرولیک که برروی مخزن ذخیره نصب می‌شود استفاده می‌گردد. در صورت کاهش سطح مایع هیدرولیک از حد مجاز به هر دلیل، این قطعه باعث روشن شدن چراغ اخطار سطح مایع هیدرولیک ترمز می‌گردد.

۸ــ۹ــ مایع هیدرولیک ترمز

از آنجایی که عوامل انتقال نیرو از سیلندر اصلی ترمز به سیلندر چرخ، مایع هیدرولیک ترمز است، لذا باید دارای خواصی به‌شرح ذیل باشد تا بتواند انتقال نیرو را در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام دهد و تأخیر در عملکرد سیستم ترمز کاهش یابد :

۱ــ نقطهٔ جوش بالا درحدود ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجهٔ

سانتی‌گراد؛

۲ــ نقطهٔ انجماد پایین در حدود ۶۰- الی ۶۵- درجهٔ سانتی‌گراد؛

۳ــ تغییر نکردن گرانروی در اثر تغییر دما و فشار مدار هیدرولیک؛

۴ــ داشتن تأثیر مطلوب بر روی قطعات لاستیکی و فلزی سیستم ترمز؛

۵ــ اندک بودن ضریب انبساط حجمی و خاصیت تراکم‌پذیری؛

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

۹ــ۹ــ 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 به‌دلیل 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.

گفتنی‌ست مؤسسات مختلف استاندارد، این خواص را برای لوله‌های مدار ترمز تعیین می‌نمایند. شاخص‌ترین آنها مؤسسهٔ بین‌المللی انجمن مهندسان خودرو[1] (SAE) است، که علامت استاندارد آن بر روی جدارهٔ بیرونی این لوله‌ها حک می‌شود.

۱۰ــ۹ــ 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 (درام) 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 ترمزکاسه‌ای و ترمز دیسکی به شرح ذیل استفاده می‌شود :

۱ــ۱۰ــ۹ــ مکانیزم ترمز کاسه‌ای[2] : با توجه به شکل ۸ــ۹، در این نوع مکانیزم ترمز، درام یا کاسه چرخ به همراه چرخ دوران می‌کند. برخی از اجزای مهم این مکانیزم ترمز به شرح زیر است :

۱ــ صفحهٔ موسوم به طبق ترمز که به سیستم تعلیق پیچ می‌شود؛

۲ــ کفشک های ترمز که روی آنها لنت ترمز پرچ یا چسبیده می شود و توسط پین و فنر به طبق متصل می‌شوند؛

۳ــ سیلندر ترمز چرخ که بین دو کفشک قرار می‌گیرد و به طبق ترمز پیچ می‌شود. معمولاً به‌منظور برگشت کفشک‌ها به‌موقعیت اولیهٔ خود، پس از پایان عملیات ترمزگیری، از دو عدد فنر برگردان بین دو کفشک استفاد می‌شود؛

۴ــ سایر قطعات عبارت‌اند از پیچ رگلاژ اتوماتیک، اهرم رابط ترمز دستی و....

با اِعمال 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 :

۱ــ سیستم ترمز کاسه‌ای سیمپلکس[3]

۲ــ سیستم ترمز کاسه‌ای دو پلکس[4]

۳ــ سیستم ترمز کاسه‌ای سِروُ[5]

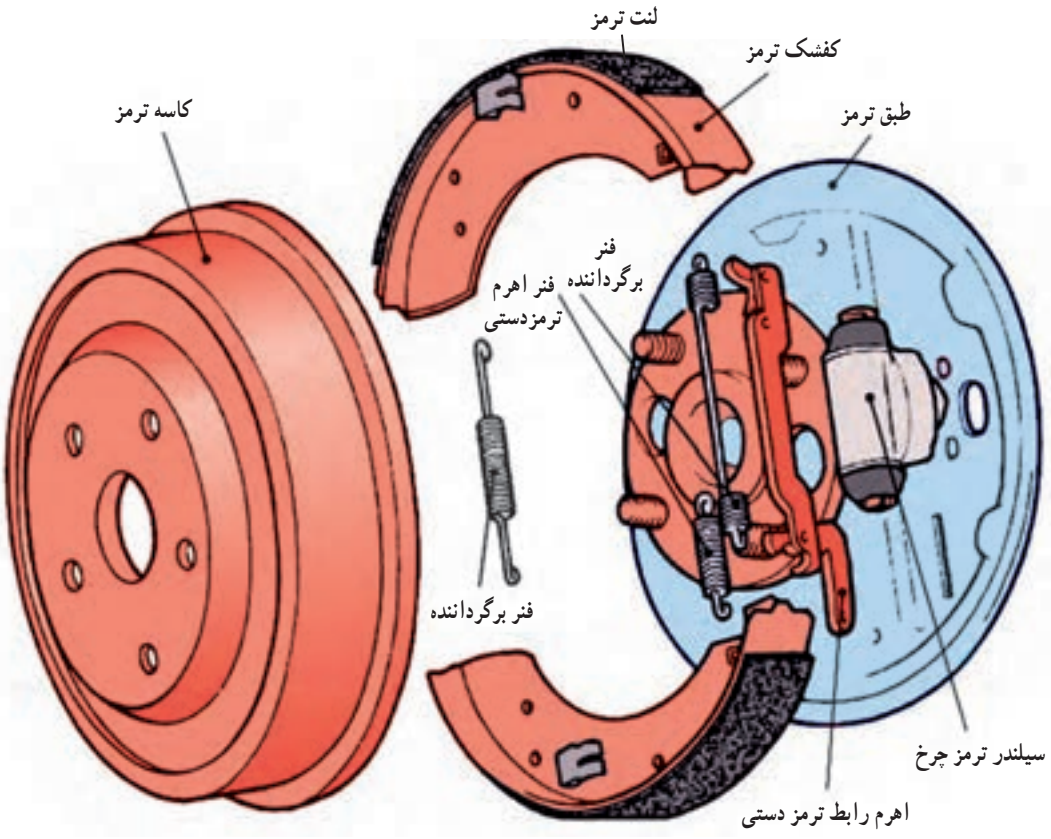
۱ــ Society of Automative Engineering

۲ــ Dram Brake

۳ــ Simplex

۴ــ Duplex

۵ــ Servo



شکل ۸ــ۹ــ ساختمان و اجزای تشکیل‌دهندهٔ مکانیزم ترمز کاسه‌ای

۲ــ۱۰ــ۹ــ مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس : شکل ۹ــ۹، مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس را نشان می‌دهد.

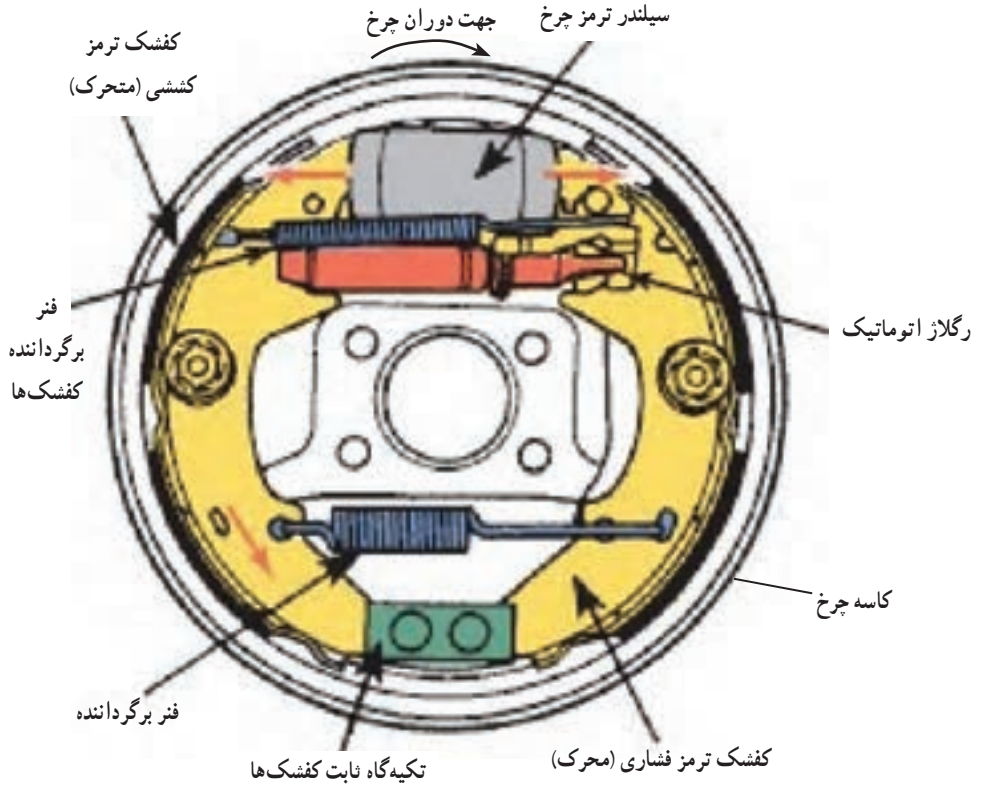
مطابق شکل ۹ــ۹، بـا اِعمال فشار هیدرولیک از طریق مجرای ورودی سیلندر به پیستون‌ها ، پیستون‌ها در جهت خلاف یکدیگر بـه سمت کفشک‌هـا حرکت مـی‌کنند. این عمل بـاعث درگیری لنت‌های کفشک‌ها با کاسه چرخ و ایجاد اصطکاک بین آنها می‌شود. از این‌رو سرعت چرخ‌ها و سرعت خودرو کاهش می‌یابد. با رها کردن پدال ترمز و حذف فشار هیدرولیک، فنرهای برگرداننده کفشک‌ها را به حالت عادی خود باز می‌گرداند.

با توجه به شکل ۹ــ۹، اِعمال نیروی عکس‌العملی به کفشک سمت راست باعث می‌شود که این کفشک به سمت کاسه چرخ فشرده شود (یا به اصطلاح قلاب کند) و تمایل دارد که همراه کاسه چرخ حرکت نماید. این نیرو به نیروی هیدرولیک پیستون‌ها کمک می‌کند و در نتیجه نیروی فشاری لنت به کاسه افزایش می‌یابد. این افزایش نیرو را «نیروی خـودزائی» یا «قـلاب‌کنندگی»[۱] گویند. از این‌رو این کفشک (کفشک سمت راست) «فشاری» یا «محرک» نامیده می‌شود.

از طرفی در کفشک سمت چپ، نیروی قلاب کنندگی بـرخلاف نیروی هیدرولیک عمل مـی‌کند و تمایل دارد کفشک از کـاسه چرخ جـدا شود. از این‌رو نیروی هیدرولیکـیِ اِعمالی بـه کفشک را کـاهش مـی‌دهـد. این کفشک، کفشک «کششی» یا «متحرک» نامیده مـی‌شود. هرگاه جهت چرخش چرخ عکس شود، نام‌گذاری کفشک‌ها نیز عکس می‌گردد.

با توجه به اینکه خودرو بیشتر رو به جلو حرکت می‌کند و بـا توجه بـه مطالب ذکر شده، سایش کفشک فشاری (محـرک) بیشتر از کـفشک کششی(متحرک)ست و این یکـی از عیوب کفشک‌بندی نوع سیمپلکس به‌شمار می‌آید.

۱ــ Servo Action

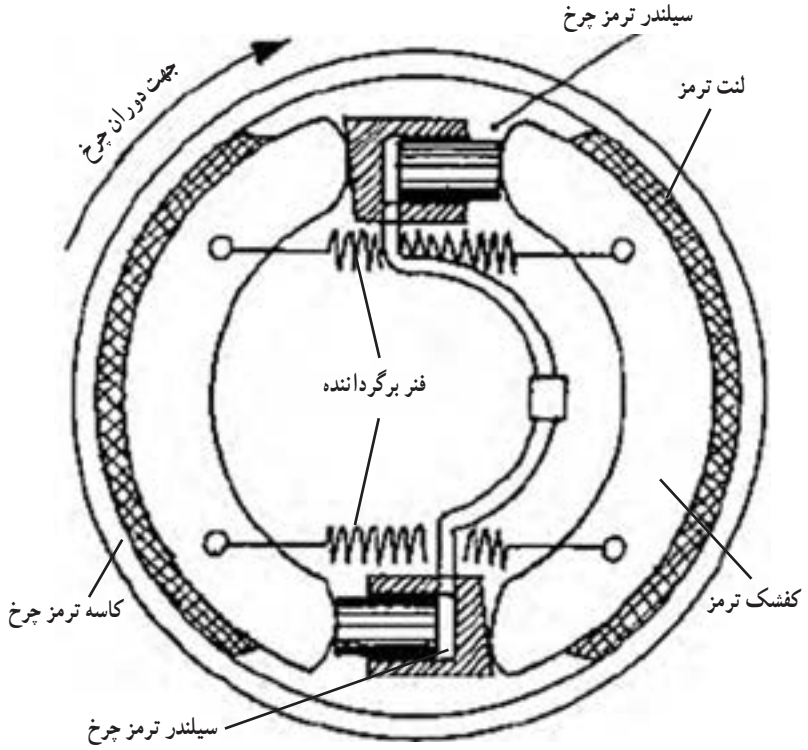


شکل ۹ــ۹ــ ساختمان ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی سیمپلکس

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

ــ مکانیزم ترمز کاسه‌ای با کفشک‌بندی دوپلکس : مطابق شکل ۱۰ــ۹، 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 ۱۰ــ۹، در مکانیزم کفشک‌بندی دوپلکس از دو سیلندر تک پیستونهٔ چرخ در بالا و پایین کفشک‌ها استفاده شده



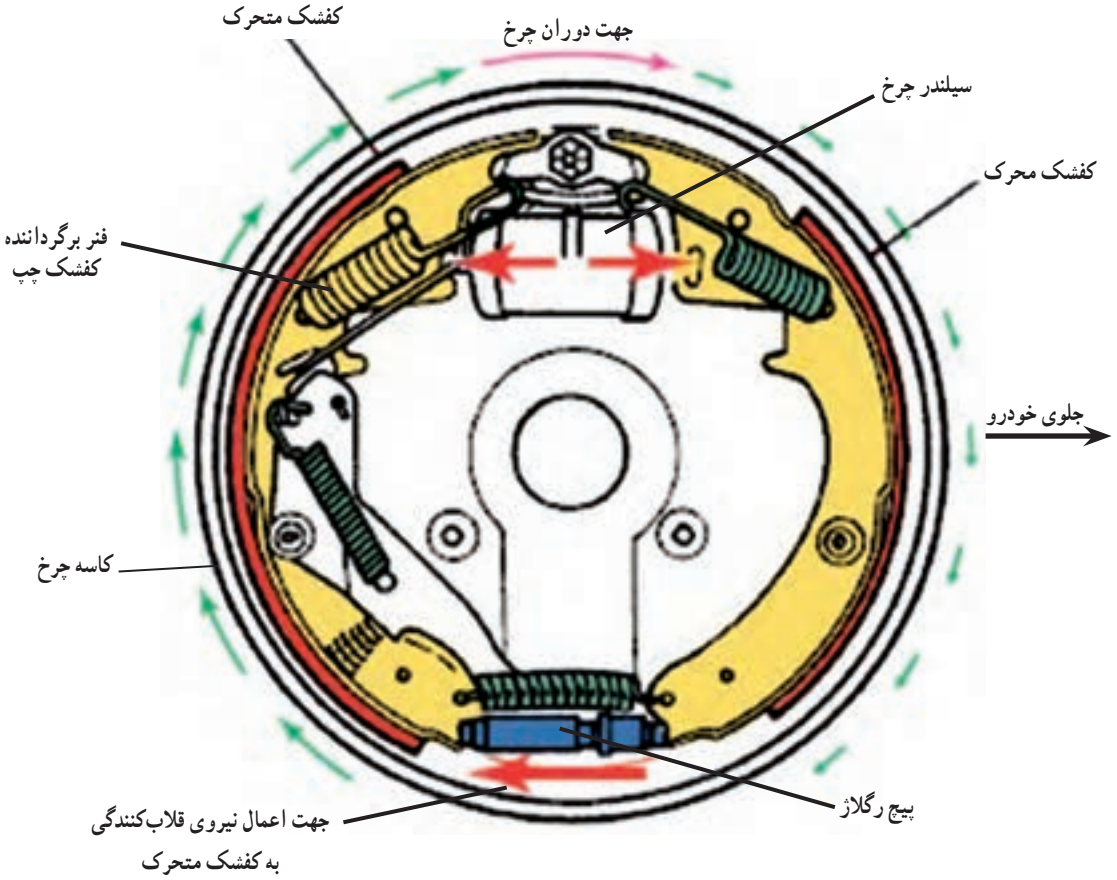
شکل ۱۰ــ۹ــ کفشک‌بندی نوع دوپلکس

است. بـا توجه بـه‌توضیحات ذکر شده در کفشک‌بندی نـوع سیمپلکس، به‌دلیل 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 دوران چرخ عکس شود، هر دو کفشک کششی (متحرک) می‌شوند و نیروی ترمزی به شدت افت می‌نماید، که عیب اصلی این نوع کفشک‌بندی‌ست. این نوع کفشک‌بندی بیشتر در وانت‌های نیمه سنگین کاربرد دارد.

ـ مکـانیزم ترمز کـاسه‌ای بـا کفشک‌بندی سِروُ :

شکل ۱۱ـ۹، کفشک‌بندی نوع سِروُ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ـ۹ـ کفشک‌بندی نوع سرو

مطابق شکل ۱۱ـ۹، 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 میلهٔ رابط، که طول آن برای رگلاژ کفشک‌ها نیز قابل تنظیم است، به‌یکدیگر مرتبط می‌شوند.

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

ازاین‌رو 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 این‌رو 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 می شود.

به‌طور کلی می‌توان مزایا و معایب سیستم‌های کفشکی را

به‌صورت زیر بیان نمود :

❊ *مزایا*

۱ــ خاصیت قلاب‌کنندگی، که باعث افزایش نیروی ترمزی می‌شود؛

۲ــ ساده‌تر و کم‌هزینه بودن نصب سیستم ترمز دستی.

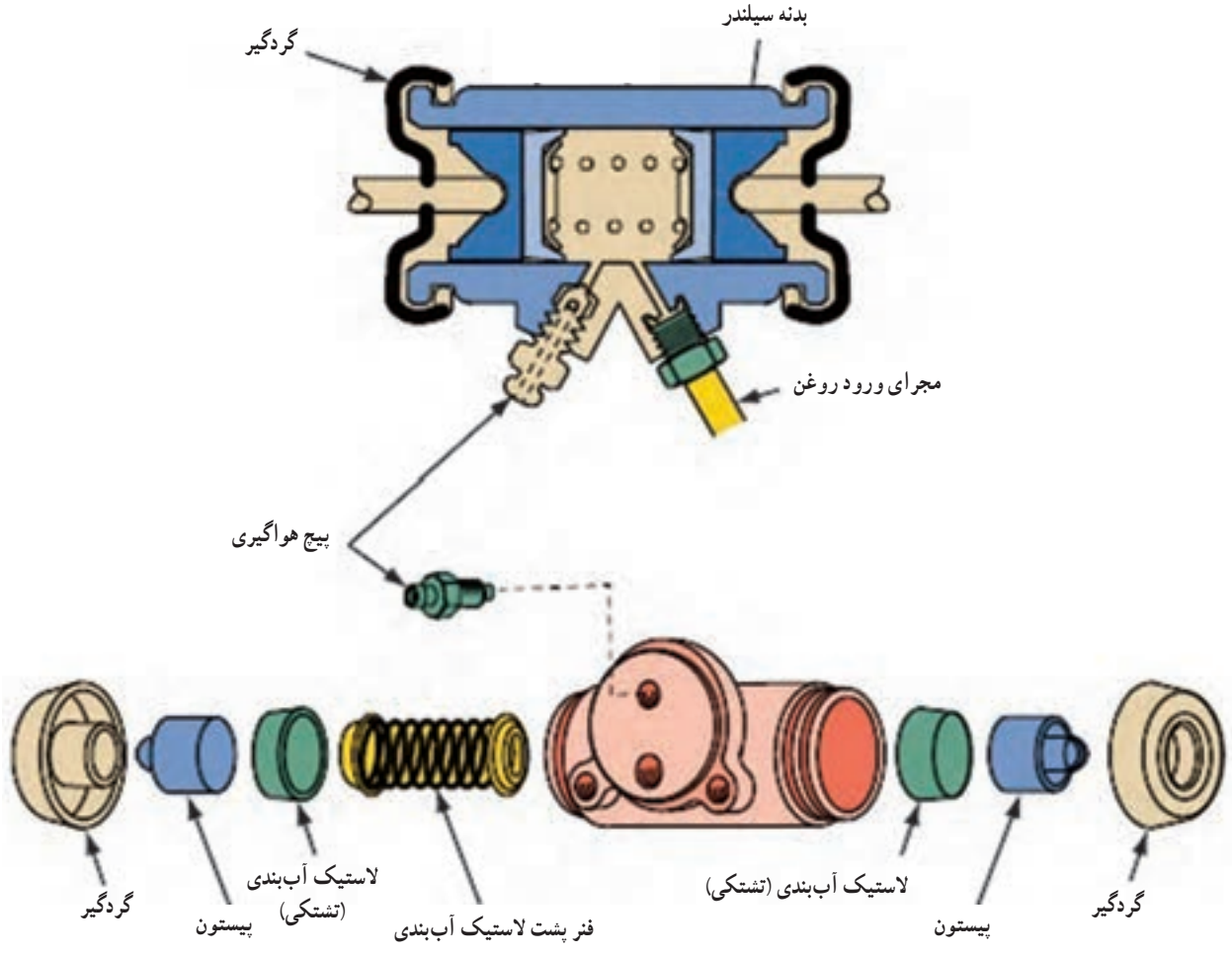
❊ *معایب*

۱ــ ثبات نیروی ترمزی در اثر نیروی کنترل نشده (قلاب‌کنندگی) کاهش می‌یابد، همچنین آزاد شدن چرخ‌ها پس از رها کردن پدال ترمز، به‌دلیل خاصیت قلاب‌کنندگی، به تأخیر می‌افتد.

۲ــ انتقال حرارت، به‌دلیل تماس مستقیم نداشتن لنت‌ها با جریان هوا ضعیف صورت می‌گیرد و اثر نیروی ترمزی در ترمزگیری‌های طولانی و پی‌درپی کاهش می‌یابد.

۳ــ نیاز به تنظیم مستمر فاصلهٔ بین لنت و کاسه چرخ (رگلاژ چرخ ترمز) می‌باشد.

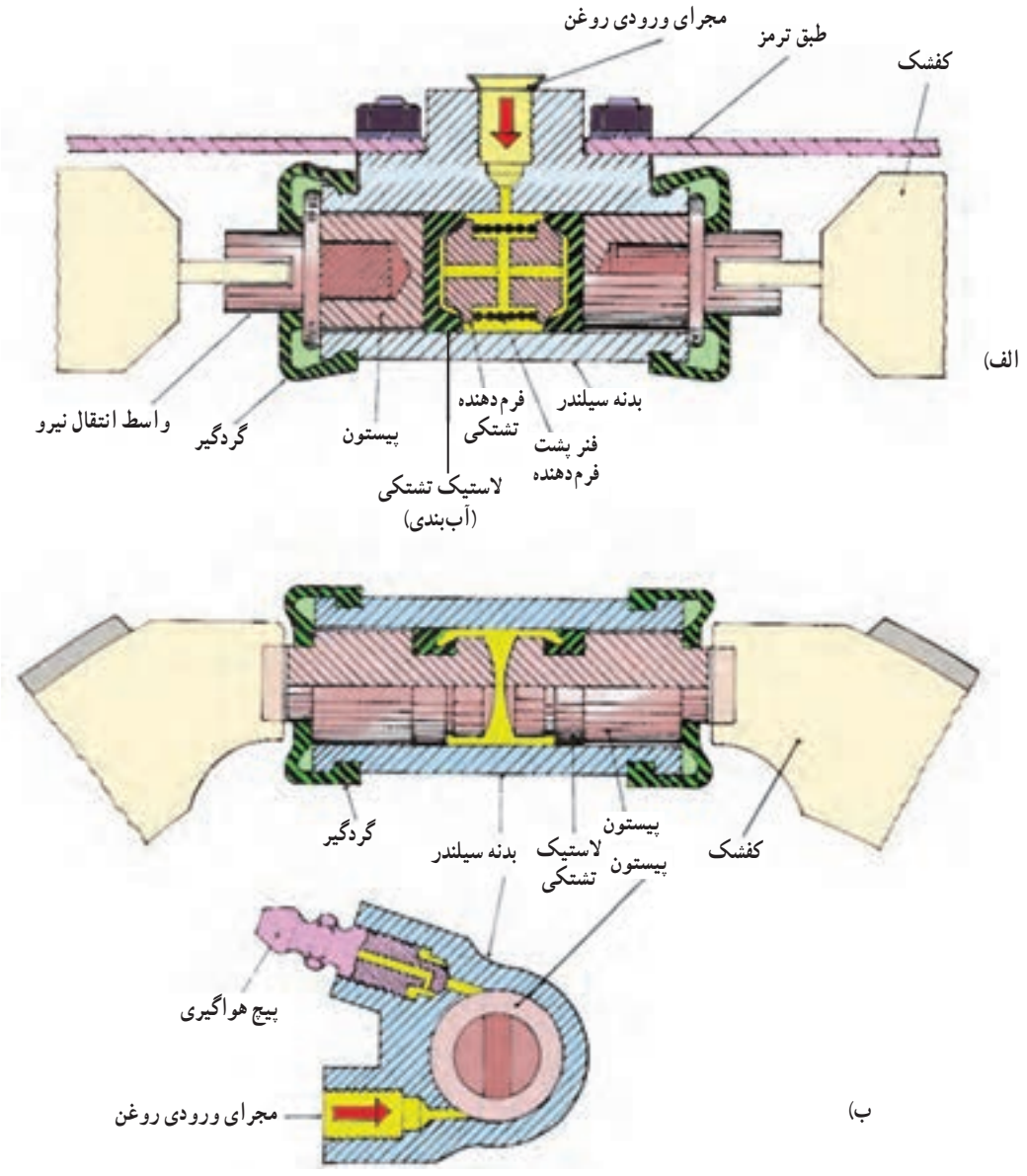
ــ سیلندر ترمز چرخ : با توجه به شکل ۱۲ــ۹، به منظور تبدیل فشار هیدرولیک به نیرو و اعمال این نیرو به کفشک‌های ترمز، از سیلندر ترمز چرخ استفاده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۹ــ سیلندر ترمز چرخ و اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن

شکل ۱۳ــ۹، نیز دو نوع مختلف از سیلندر ترمز چرخ را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۱۳ــ۹، ورود مایع هیدرولیک ترمز به داخل سیلندر ترمز چرخ و اعمال فشار به پیستون‌ها، باعث دور شدن آنها از یکدیگر می‌شود. این عمل باعث فاصله گرفتن کفشک‌ها از یکدیگر و درگیر شدن آنها با کاسه چرخ می‌شود تا عمل ترمزگیری



شکل ۱۳ــ۹ــ ساختمان داخلی سیلندر ترمز چرخ در مکانیزم کفشکی

صورت پذیرد. با اتمام عمل ترمزگیری نیز، همان‌گونه که پیشتر بیان شد، کفشک‌ها تحت تأثیر نیروی فنر برگردان کفشک‌ها به‌حالت اولیه خود باز می‌گردند.

مطابق شکل ۱۳ــ۹، به‌منظور جلوگیری از نشت مایع هیدرولیک از داخل سیلندر چرخ به بیرون، از دو عدد تشتی آب‌بندی استفاده می‌شود. در شکل ۱۳ــ۹ــ الف، از دو عدد فرم‌دهندهٔ لاستیک تشتکی استفاده شده است. با استفاده از این فرم‌دهنده‌ها، لبه‌های لاستیک‌های تشتکی به‌جدارهٔ داخلی سیلندر نیرو اعمال می‌کنند که باعث آب‌بندی مناسب می‌شوند و بنابراین مانع از نشت مایع هیدرولیک ترمز می‌گردند.

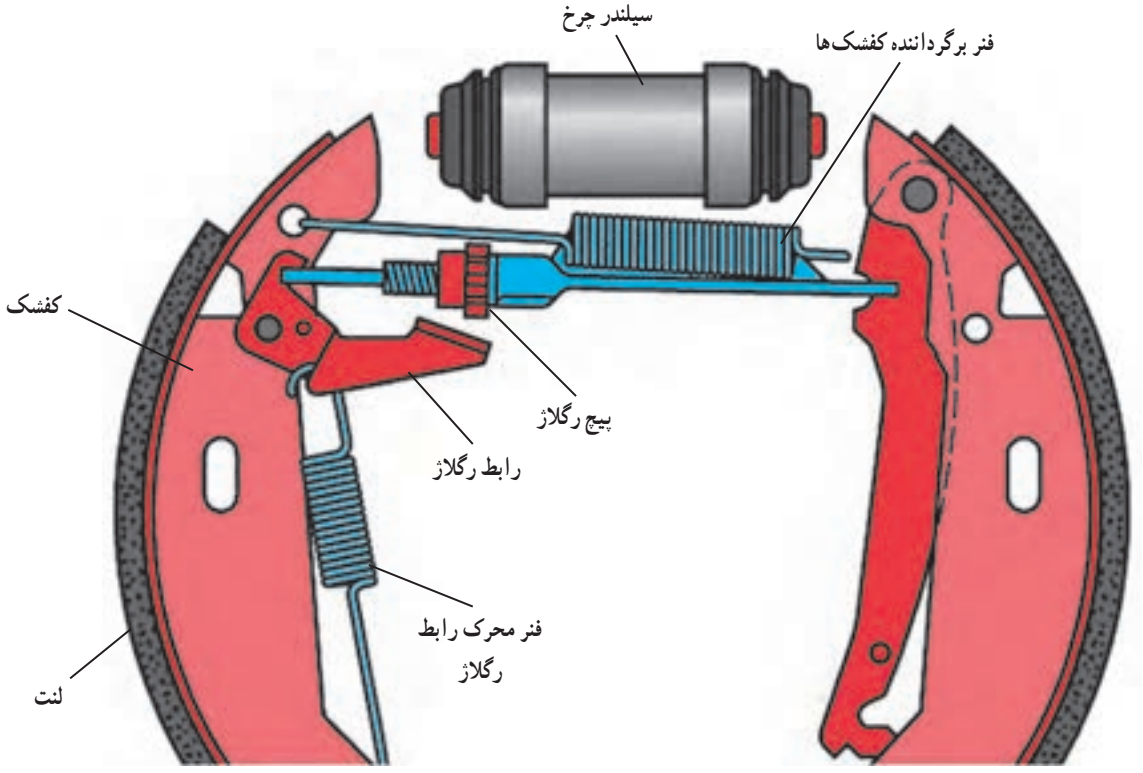
در شکل ۱۳ــ۹ــ ب، به‌دلیل آنکه لاستیک‌های تشتکی بر روی پیستون‌ها نصب شده‌اند، نیازی به فرم‌دهندهٔ لاستیک تشتکی نیست و در این حالت با اعمال نیرو از لاستیک‌های تشتکی به جدارهٔ داخلی سیلندر چرخ، آب‌بندی صورت می‌پذیرد و از نشت مایع هیدرولیک ترمز جلوگیری می‌شود.

ــ مکانیزم رگلاژ ترمز چرخ کفشکی : به‌منظور کاهش

زمان عکس‌العمل مکانیزم ترمز و جلوگیری از پایین رفتن بیش از حد پدال ترمز در هنگام ترمزگیری، باید فاصلهٔ بین لنت‌ها و کاسه چرخ سیستم ترمز کفشکی در حد مناسب تنظیم گردد. به‌علاوه به‌مرور زمان، در اثر ترمزگیری ضخامت لنت‌ها کاهش می‌یابد، و این فاصله افزایش می‌یابد از این‌رو در مکانیزم‌های ترمز کفشکی برای تنظیم این فاصله، از مکانیزم رگلاژ دستی و اتوماتیک استفاده می‌شود.

در مکانیزم رگلاژ دستی این فاصله باید به‌صورت دستی تنظیم شود. امروزه در اکثر خودروهای سواری با سیستم ترمز کفشکی، مکانیزم رگلاژ اتوماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد و تنظیم فاصلهٔ بین لنت و کاسه‌چرخ به‌صورت خودکار تنظیم می‌شود.

شکل ۱۴ــ۹، ساختمان یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ــ۹ــ یک نوع مکانیزم رگلاژ اتوماتیک ترمز کفشکی

با توجه به شکل ۱۴ــ۹، با اجرای ترمزگیری، به‌مرور فاصلهٔ بین لنت و کاسه چرخ افزایش می‌یابد. در این‌صورت، دوران پیچ رگلاژ اتوماتیک (در جهت باز شدن آن) توسط قطعهٔ رابط رگلاژ باعث زیادتر شدن طول پیچ رگلاژ می‌شود و در نتیجه فاصلهٔ بین دو کفشک افزایش و فاصلهٔ بین لنت و کاسه‌چرخ کاهش می‌یابد.

۳ــ۱۰ــ۹ــ مکانیزم ترمز دیسکی : با توجه به شکل ۱۵ــ۹، مکانیزم ترمز دیسکی از قطعات ذیل تشکیل شده است :

۱ــ سیلندر و پیستون هیدرولیک، که «کالیپر» نامیده می‌شود؛

۲ــ دو عدد لنت که در دو سمت دیسک ترمز واقع شده‌اند؛

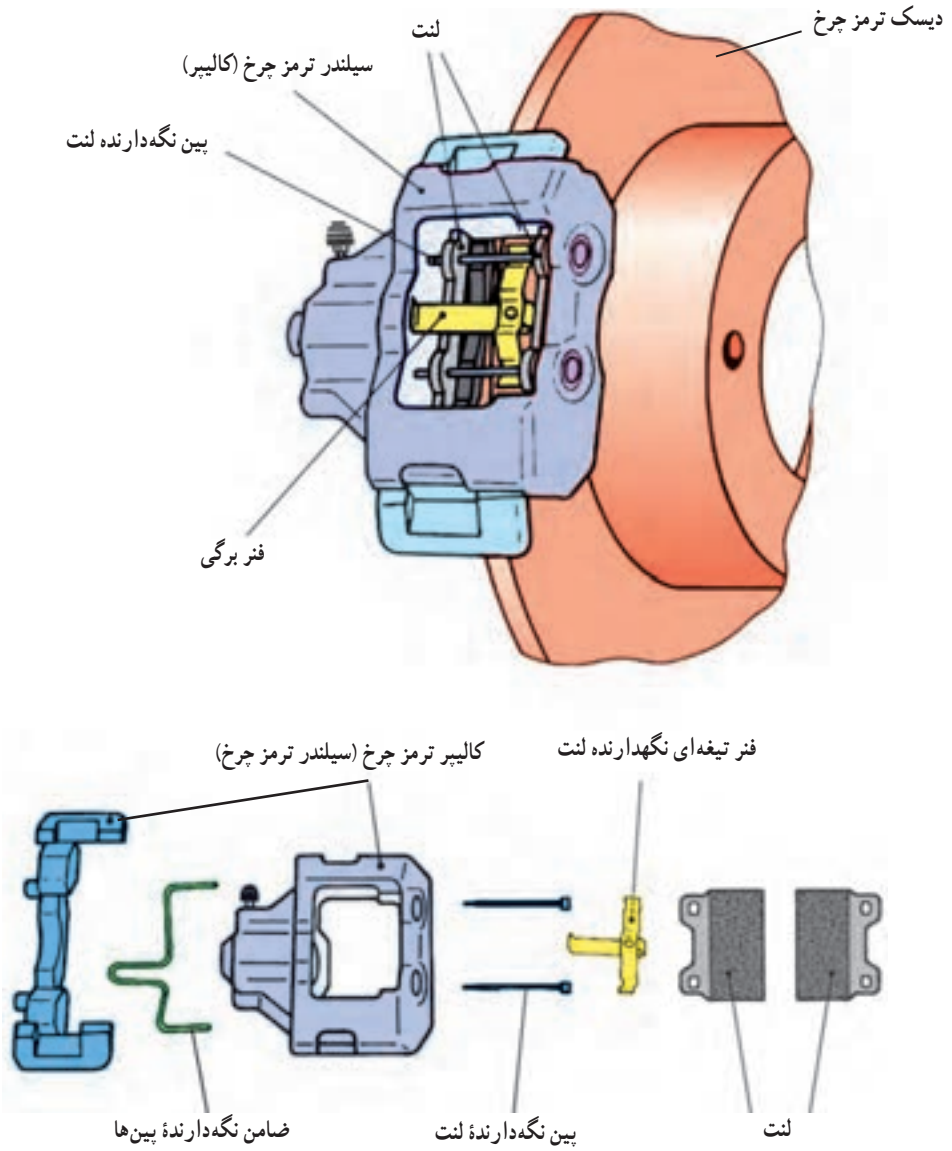
۳ــ دیسک ترمز که به چرخ وصل است و با چرخ دَوَران می‌کند.

در این نوع مکانیزم ترمز، با اعمال فشار هیدرولیک به پیستون‌های سیلندر چرخ و حرکت آنها به‌سمت بیرون به لنت‌ها نیرو اعمال می‌شود. در نتیجه لنت‌ها با دیسک ترمز درگیر می‌شوند و نیروی اصطکاک ناشی از این درگیری باعث کاهش سرعت دیسک چرخ و در نهایت کاهش سرعت خودرو می‌گردد.

این مکانیزم دارای دو نوع مختلف به شرح زیر است :

۱ــ مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت؛

۲ــ مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور.



شکل ۱۵ــ۹ــ ساختمان و اجزای تشکیل‌دهندهٔ ترمز دیسکی

این نوع مکانیزم ترمز دارای مزایا و معایب زیر است :

*** مزایا**

۱ــ تأخیر کمتر در شروع فرایند ترمزگیری، به‌دلیل فاصلهٔ کم لنت تا دیسک؛

۲ــ انتقال حرارت بالا و عملکرد بهتر در ترمزهای طولانی و پی‌درپی به دلیل اینکه دیسک با هوا در ارتباط است؛

۳ــ نداشتن خاصیت قلاب‌کنندگی، که باعث می‌شود با رها کردن پدال ترمز، عمل ترمزگیری به‌صورت آنی خاتمه پذیرد؛

۴ــ ایجاد صدای کمتر در حین عملکرد، نسبت به ترمز کاسه‌ای؛

۵ــ حساسیت کمتر در مقابل ساییدگی لنت، به‌دلیل نیاز نداشتن به رگلاژ؛

۶ــ وزن کمتر، به‌دلیل داشتن قطعات کمتر.

*** معایب**

۱ــ نیاز داشتن به نیروی بیشتر برای ترمزگیری، به‌دلیل پایین بودن ضریب افزایش نیرو و نبودن خاصیت قلاب‌کنندگی؛

۲ــ حساسیت بالای ترمز در مقابل رطوبت، گرد و غبار و غیر آنها، به‌دلیل تماس مستقیم با هوای محیط؛

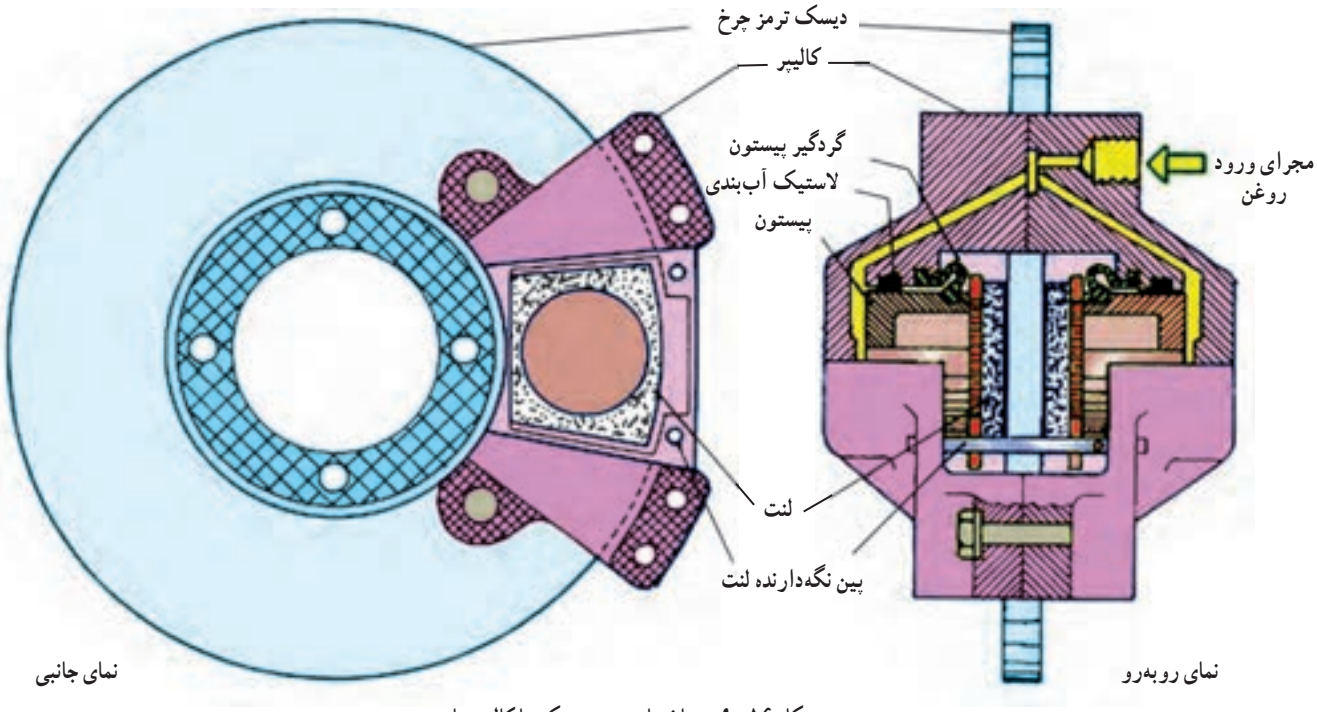
۳ــ پیچیدگی و مشکل بودن نصب ترمز دستی بر روی این نوع مکانیزم ترمز؛

۴ــ بالا بودن قیمت تمام شده.

مکانیزم ترمز دیسکی در دو نوع با کالیپر ثابت و کالیپر شناور در خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد که متعاقباً بررسی خواهد شد.

ــ مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر ثابت : این نوع مکانیزم ترمز معمولاً دارای دو یا چهار پیستون است.

شکل ۱۶ــ۹، نوع دو پیستون مکانیزم ترمز دیسکی را با کالیپر ثابت نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ــ۹ــ ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر ثابت

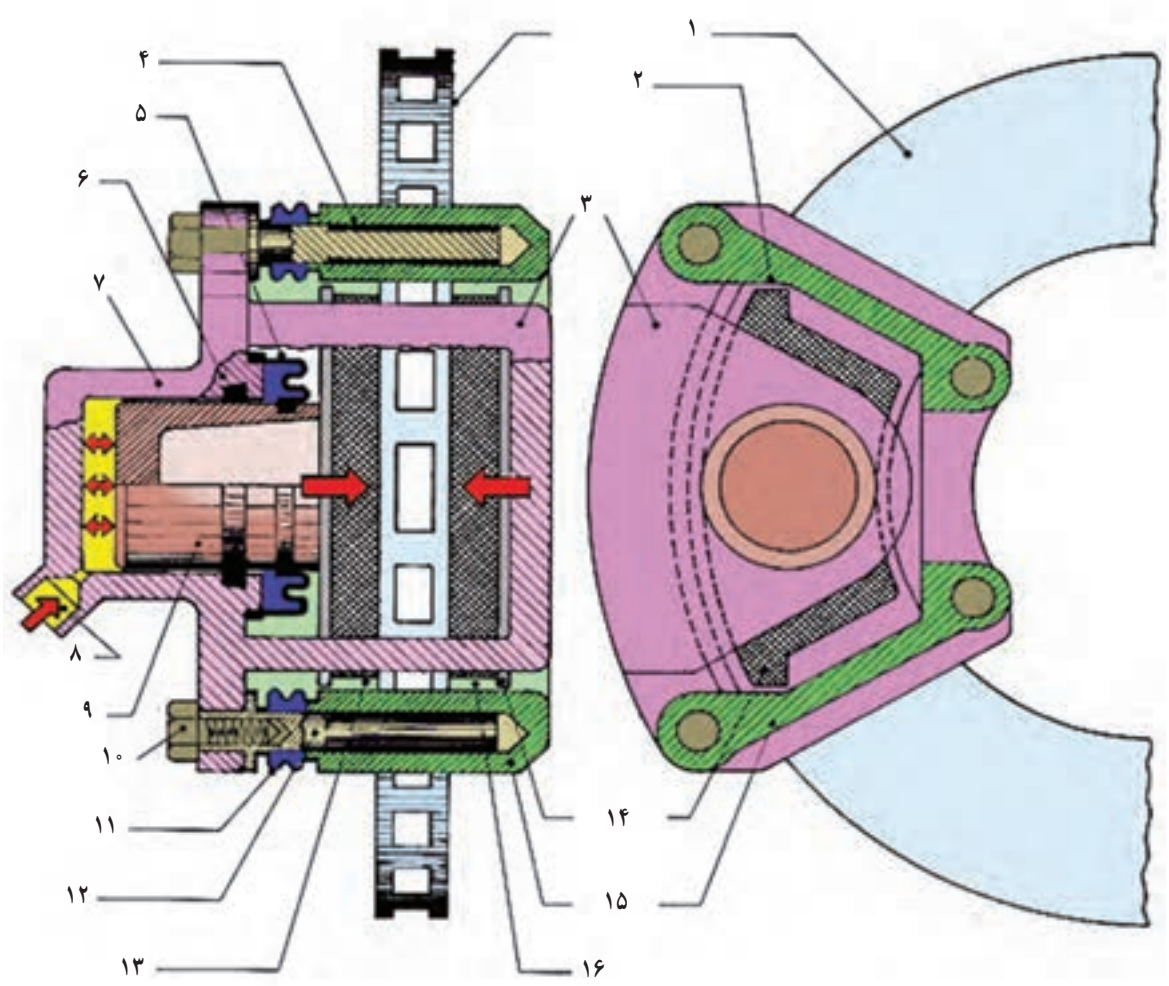
با توجه به شکل ۱۶ــ۹، مایع هیدرولیک ترمز با اعمال نیرو به پدال ترمز، از مجرای ورود وارد کالیپر می‌شود و به پیستون‌های آن نیرو وارد می‌کند. پیستون‌ها نیز نیرو را به لنت‌ها اعمال می‌کنند. درگیر شدن لنت‌ها با دیسک، باعث ایجاد اصطکاک بین لنت و دیسک می‌گردد. این نیروی اصطکاکی باعث کاهش تدریجی سرعت خودرو می‌شود. پس از رها کردن پدال ترمز، فشار مایع هیدرولیک ترمز کاهش می‌یابد و لاستیک آب‌بندی پیستون را اندکی به‌سمت عقب حرکت می‌دهد. در نتیجه نیروی عمودی وارد بر لنت‌ها حذف می‌گردد و از این‌رو نیروی اصطکاک حذف می‌شود و ترمزگیری خاتمه می‌یابد.

با توجه به اینکه در مکانیزم ترمز دیسکی، نیروی قلاب‌کنندگی وجود ندارد، افزایش نیروی اعمالی به لنت نیز، به‌دلیل وجود خاصیت قلاب‌کنندگی وجود نخواهد داشت. بنابراین در این نوع مکانیزم ترمز، نیروی بیشتری برای ترمزگیری نیاز است و با بزرگ‌تر در نظر گرفتن قطر پیستون‌ها این نقص جبران می‌شود.

در خودروهای با سطح ایمنی بالاتر، سعی می‌شود که ترمز

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 اخلالی ایجاد نشود. به‌عبارت دیگر، در خودروی مجهز به سیستم ترمز ضد قفل، بهتر است که مکانیزم ترمز خودرو از نوع دیسکی باشد.

ـ مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور : شکل ۱۷ـ۹، مکانیزم ترمز دیسکی با کالیپر شناور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷ـ۹ـ ساختمان ترمز دیسکی با کالیپر شناور

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

با توجه به شکل ۱۷ـ۹، 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 (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 درگیرشدن لنت

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.

۱۱ــ۹ــ بوستر یا تقویت‌کنندهٔ 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 این‌صورت، ضمن در دسترس بودن نیروی کافی برای راه‌اندازی ترمز، تأخیر در سیستم ترمز نیز کاهش، و راندمان ترمز نیز افزایش می‌یابد.

انواع بوسترهای به‌کار رفته در سیستم ترمز هیدرولیکی عبارت‌اند از :

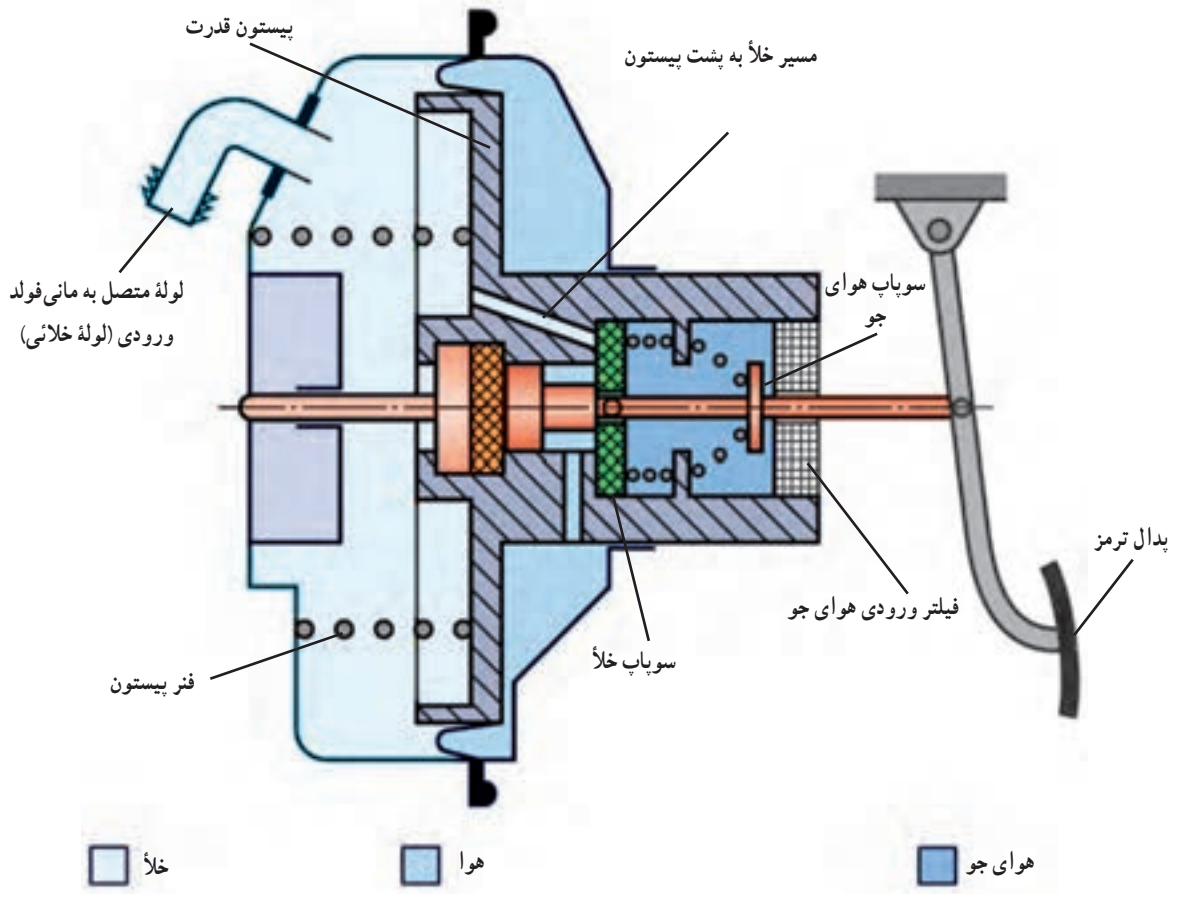
۱ــ بوسترهای خلائی

۲ــ بوسترهای هیدرولیکی

۳ــ بوسترهای پنوماتیکی (هوای فشرده).

متداول‌ترین بوستر در خودروهای سواری، بوستر خلائی‌ست، که به‌منظور تقویت نیروی پای راننده، از خلأ مانی‌فولد (در زمان روشن بودن موتور) استفاده می‌کند. این بدان معناست که با خاموش بودن موتور، این تقویت نیرو صورت نمی‌گیرد. دراین‌صورت، نیروی ــ مورد نیاز اعمالی به پدال ترمز افزایش، و ایمنی خودرو حین ترمزگیری کاهش می‌یابد.

نحوهٔ عملکرد بوستر خلائی : با توجه به شکل ۱۸ــ۹، این بوستر براساس اختلاف فشار هوا بین دو طرف یک پیستون، با قطر زیاد عمل می‌کند. بر این اساس خلأ موتور توسط یک لوله به محفظهٔ خلائی بوستر راه پیدا می‌کند. که این محفظه توسط پیستون با قطر زیاد (پیستون قدرت) و یک دیافراگم به دو قسمت تقسیم می‌شود.

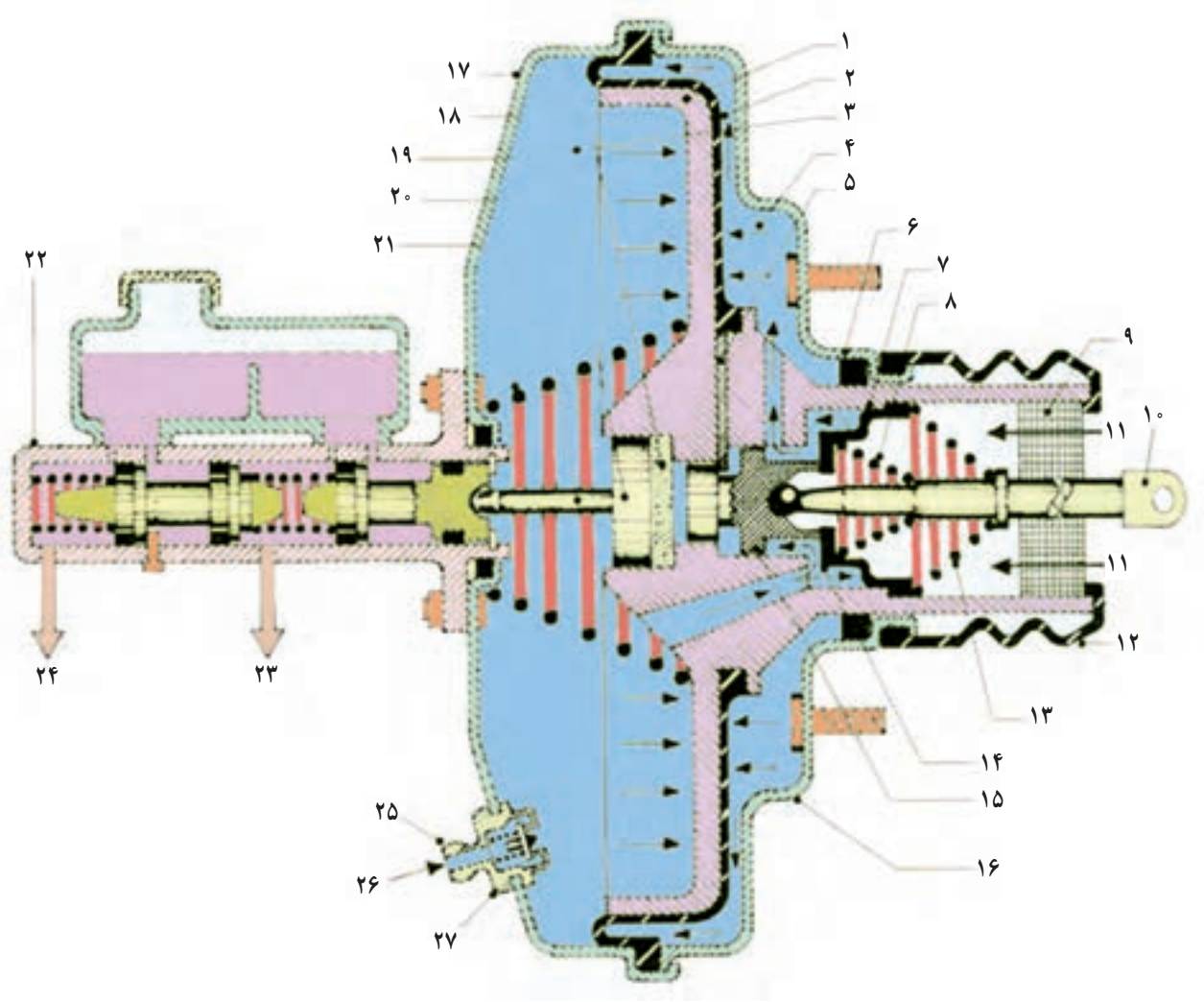


شکل ۱۸ــ۹ــ شماتیک بوستر ترمز

در حـالت عـادی بـه دو سمت دیـافـراگم، فشار خـلأ اعـمـال مـی‌شود و اختلاف فشاری بین دو طرف دیـافـراگم وجـود نـدارد. بنابراین فنر، پیستون قـدرت را در ابتـدای کـورس خـود نگه‌می‌دارد. بـا اعمال نیرو به پدال ترمز، مسیر خلأ به پشت دیافراگم تـوسط سوپاپی بسته مـی‌شود و هـوای آزاد بـه پشت دیافراگم راه پیدا مـی‌نماید و بـاعث ایجاد اختلاف فشار در دو طرف دیافـراگم می‌شود. میزان این اختلاف فشار به میزان اعمال نیروی پدال ترمز بستگی دارد.

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

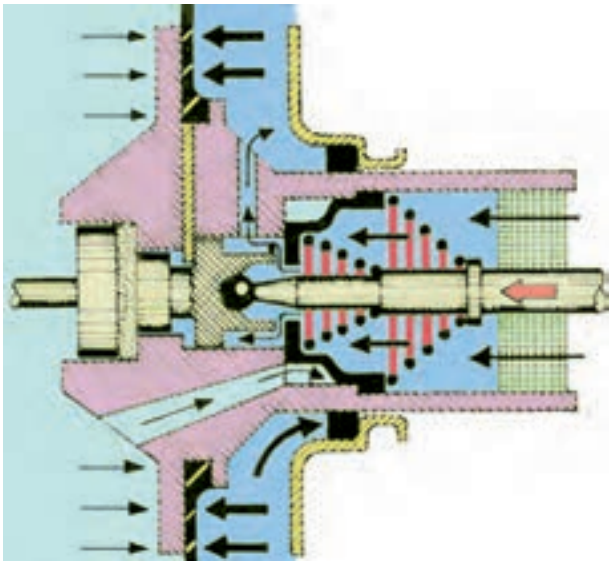
شکل ۱۹ــ۹، بوستر خلئی ترمز را در وضعیت ترمز نگرفتن نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ۹ــ بوستر ترمز در حالتی که ترمز اعمال نشده است.

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

با توجه به شکل ۱۹ــ۹، هنگامی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال نمی‌کند، مسیر خلأ (۱۴) بـاز است و خلأ مانی‌فولد هوا به سمت جلوی دیافراگم (۲) و محفظهٔ 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 ۲۰ــ۹، تغییر وضعیت می‌دهد.

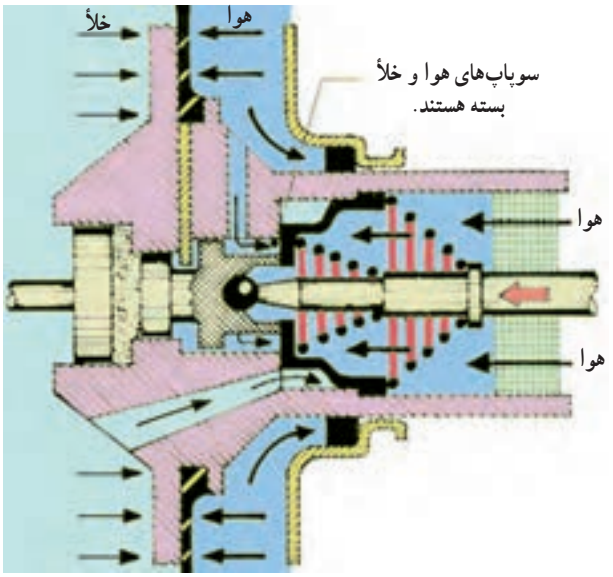


شکل ۲۰ــ۹ــ بوستر خلئی، در حالتی که راننده به پدال ترمز نیرو اعمال می‌کند.

در این حالت، مطابق شکل ۲۰ــ۹، 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 مانی‌فولد 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 ترمزگیری می‌شود.

چنانچه راننده در هر وضعیتی پدال ترمز را ثابت نگه دارد، مطابق شکل ۲۱ــ۹، با حرکت پیستون قدرت به‌سمت چپ، مجدداً سوپاپ لاستیکی به نشیمنگاه مسیر هوا می‌رسد و آن‌را می‌بندد. بنابراین مسیر انتقال هوا به پشت دیافراگم و پیستون قدرت بوستر مسدود می‌گردد.



شکل ۲۱ــ۹ــ بوستر ترمز در حالتی‌که 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 اِعمالی به پدال ترمز افزایش یابد، مجدداً سوپاپ هوا باز می‌شود و هوای بیشتری به پشت دیافراگم می‌رسد. درنتیجه اختلاف فشار بین دو طرف دیافراگم بیشتر می‌شود و نیروی ترمزگیری افزایش می‌یابد.

چنانچه راننده پدال ترمز را رها کند، مطابق شکل ۲۱ــ۹، 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.

۱۲ــ۹ــ شیر کنترل فشار هیدرولیکی چرخ‌های عقب

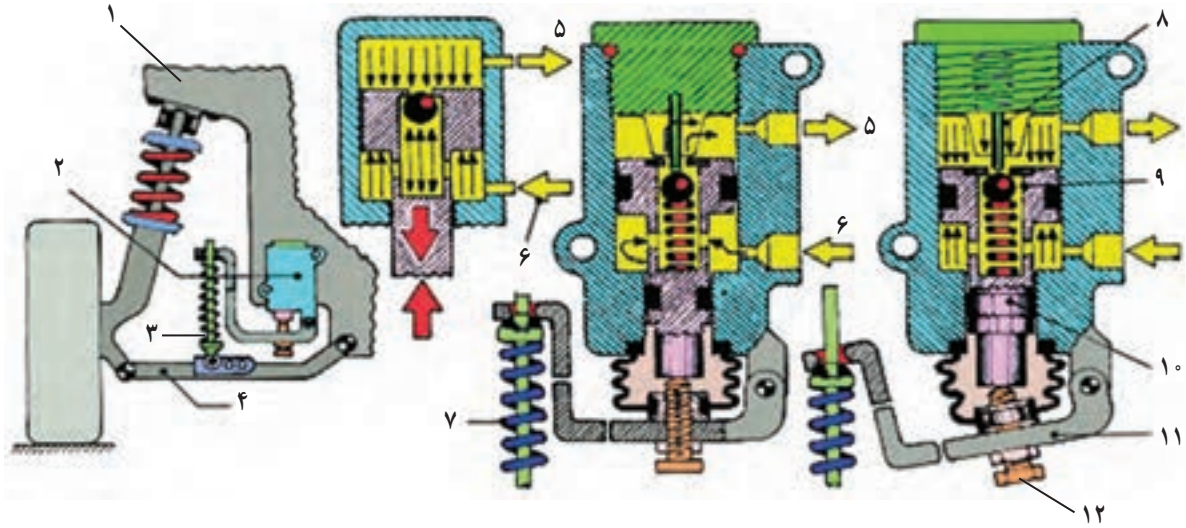
باید توجه نمود که با کاهش نیروی وزن اِعمالی به چرخ‌ها باید فشار مایع هیدرولیک نیز کاهش یابد تا از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری شود. از طرفی با افزایش نیروی وزن اِعمالی به چرخ‌ها، باید فشار مایع هیدرولیک ترمز را افزایش داد تا راندمان ترمزی افزایش یابد. برای دستیابی به این هدف از شیر کنترل فشار هیدرولیکی در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

دلیل استفاده از این مکانیزم برای چرخ‌های عقب به شرح زیرند :

۱ــ هنگام ترمزگیری، به‌دلیل 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، به‌منظور 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.

۲ــ 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 ۲۲ــ۹، ساختمان و نحوهٔ 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 ۲۲ــ۹ــ ساختمان و نحوهٔ عملکرد شیر تنظیم فشار و تقسیم نیروی ترمزی

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

با توجه به شکل ۲۲ــ۹ــ الف، این شیر به‌گونه‌ای بر روی مکانیزم تعلیق عقب خودرو نصب می‌شود که از یک طرف به بدنهٔ خودرو و از سمت دیگر توسط میلهٔ رابط (۳) به طبق مکانیزم تعلیق متصل شده است. در این صورت با تغییر مقدار نیروی وزن اِعمالی به چرخ عقب خودرو، فاصلهٔ چرخ تا بدنهٔ خودرو تغییر می‌کند و در نتیجه طبق مکانیزم تعلیق جابه‌جا می‌شود. این جابه‌جایی باعث

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

مطابق شکل ۲۲ــ۹ــ 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، بدنهٔ خودرو به سمت پایین حرکت می‌کند و باعث حرکت میلهٔ رابط (۳) به سمت بالا می‌شود. از این‌رو با حرکت میلهٔ رابط (۳) به سمت بالا، نیروی پیش بار فنر حسگر بار (۷) افزایش یافته و باعث حرکت اهرم حسگر (۱۱) و پیستون حسگر روبه‌بالا می‌شود.

بنابراین ساچمهٔ 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، به‌دلیل باز بودن کامل مجرای خروجی شیر (۵)، با اختلاف فشار مشخصی به‌سیلندر ترمز چرخ‌های عقب منتقل می‌شود.

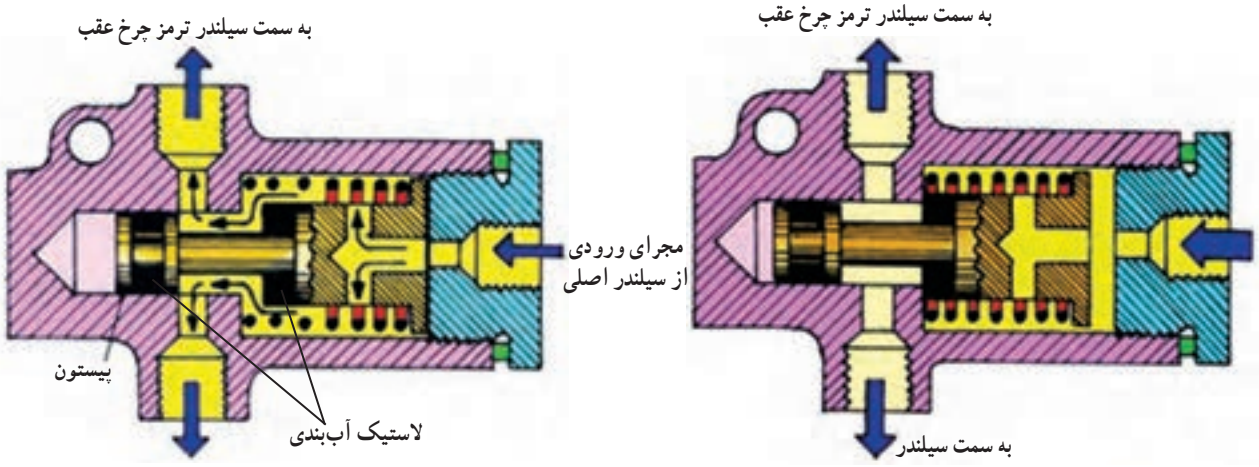
در حالی‌که بار روی محور عقب کم باشد و در اثر ترمزگیری، انتقال وزن از قسمت عقب خودرو به‌محور جلو نیز صورت گیرد (حالت پ)، به‌دلیل حرکت رو به بالای قسمت عقب خودرو، اهرم حسگر بار (۱۱) توسط حرکت میلهٔ رابط (۴) و تغییر نیروی فنر حسگر بار (۷)، به سمت پایین حرکت می‌کند.

بنابراین پیستون حسگر بار نیز به‌سمت 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 مقایسهٔ میزان لغزش طولی بین چرخ‌های جلوی خودرو و زمین با میزان لغزش طولی بین چرخ‌های عقب خودرو و زمین، می‌توان میزان اختلاف در نیروی وزنِ وارد برچرخ‌ها 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)[1] گویند که در بخش ۱۱ به بررسی آن پرداخته خواهد شد.

شکل ۲۴ــ۹ نوع دیگری از شیر کنترل فشار چرخ‌های



ب) حالت ترمز شدید — الف) حالت ترمز عادی

شکل ۲۳ــ۹ــ شیر کنترل فشار چرخ‌های عقب

۱ــ Electronic Brake_force Distribution

عقب را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۲۳ــ۹، این شیر در مسیر عبور مایع هیدرولیک ترمز از خروجی سیلندر اصلی به سیلندر ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌گردد. بـا توجه بـه شکل ۲۳ــ۹ــ الف، در حـالت ترمزگیری بـا شتاب کم، به‌دلیل 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 ۲۳ــ۹ــ 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.

۱۳ــ۹ــ ترمز دستی

از ترمز دستی خودرو در شرایط زیر استفاده می‌شود :

۱ــ در شرایط اضطراری که ترمز اصلی خودرو دچار مشکل شده است، به‌منظور کاهش سرعت خودرو یا متوقف نمودن آن با راندمان کمتری نسبت به‌ترمز اصلی از آن (ترمز دستی) استفاده می‌شود.

۲ــ در شرایط جادهٔ شیب‌دار، که به ساکن نگه‌داشتن خودرو نیاز است، ترمزدستی باید قادر باشد تا شیب ۱۸٪ خودرو را در حالت سکون حفظ نماید.

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

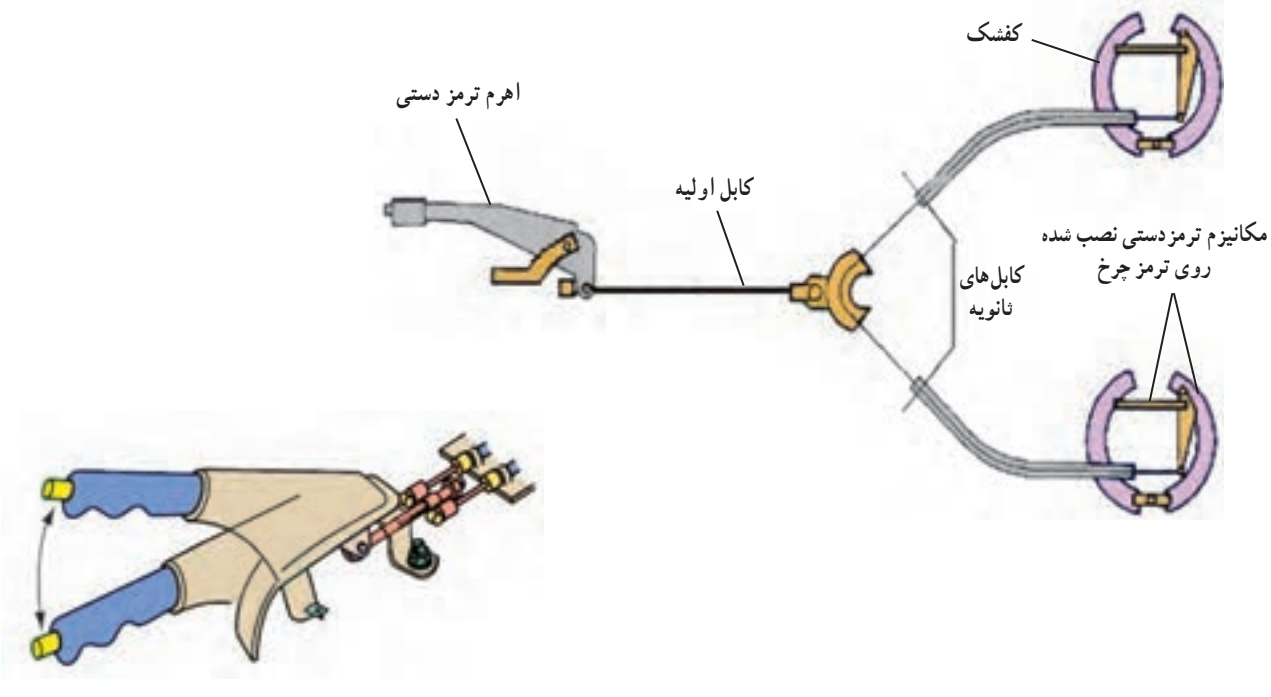
۱ــ چرخ‌های جلو؛

۲ــ چرخ‌های عقب؛

۳ــ میل گاردان.

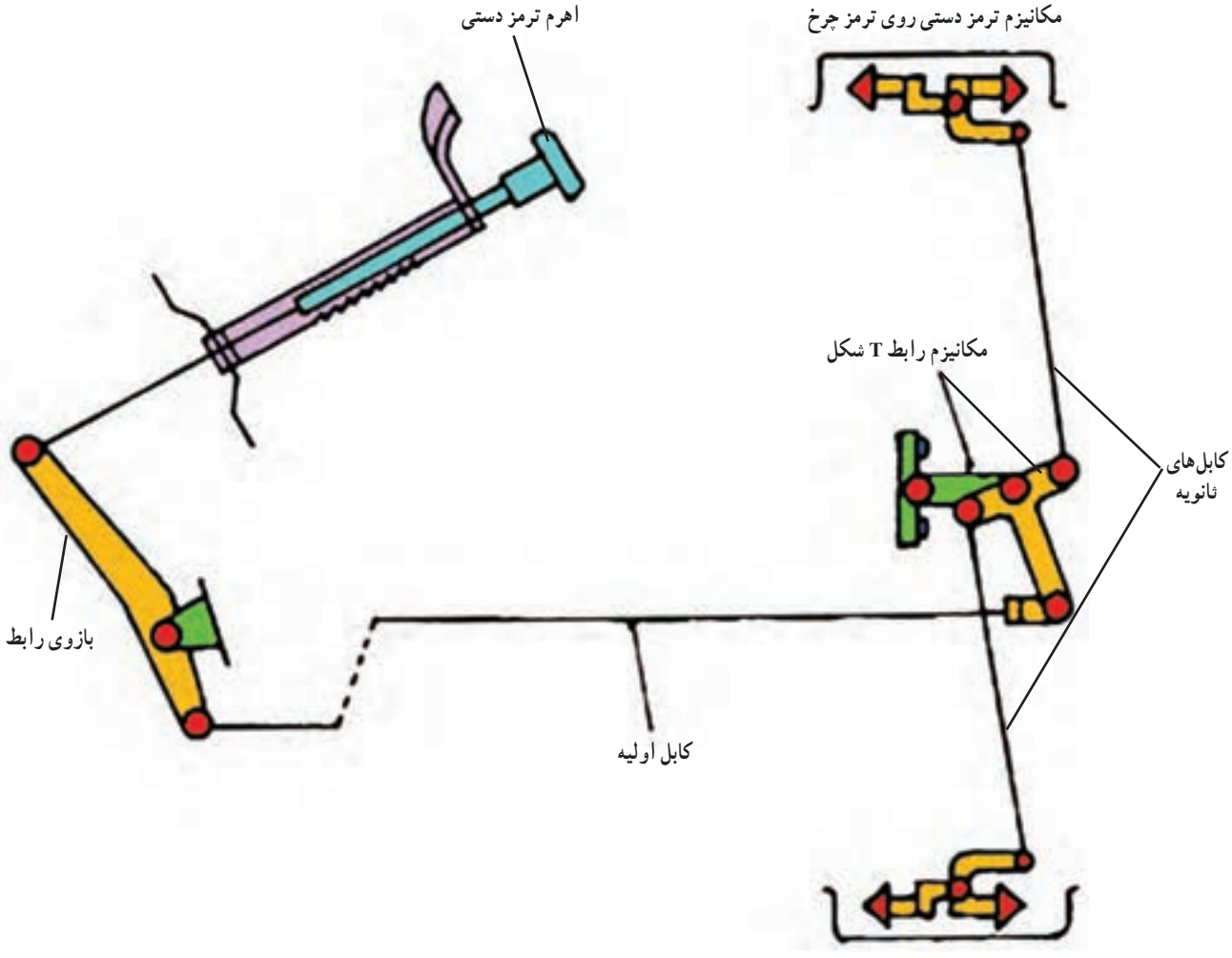
معمولاً مکانیزم ترمزدستی بر روی ترمز چرخ‌های عقب نصب می‌شود. شکل‌های ۲۴ــ۹ و ۲۵ــ۹ انواع مختلف مکانیزم‌های ترمزدستی را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۲۴ــ۹، با فعال شدن ترمز دستی، کابل اولیه کشیده می‌شود. این امر باعث کشیده شدن کابل ثانویه می‌گردد.



شکل ۲۴ــ۹ــ مکانیزم ترمز دستی کابلی دو شاخه‌ای

کشیده شدن کابل ثانویه باعث فعال شدن مکانیزم ترمز دستی نصب شده برروی مکانیزم ترمز چرخ می‌گردد و باعث درگیری لنت با کاسه چرخ یا دیسک ترمز می شود و در نهایت باعث متوقف نگه‌داشتن خودرو و ساکن یا کاهش سرعت خودروی در حال حرکت می‌گردد.

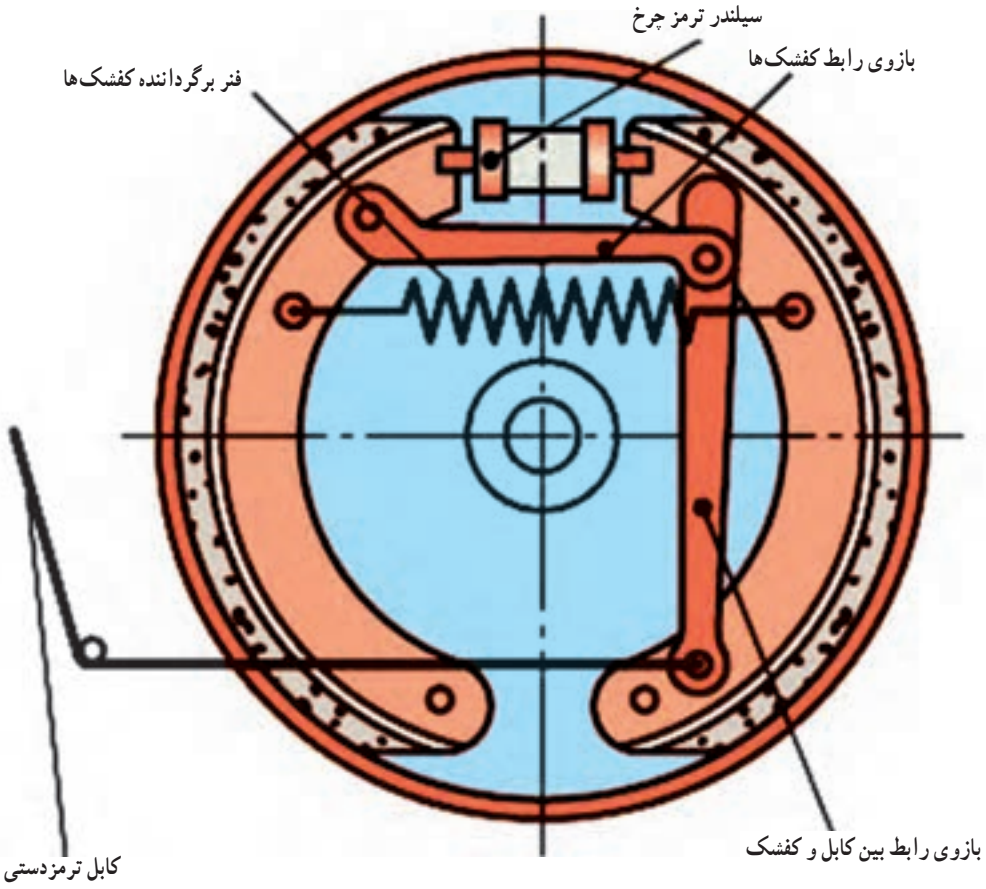


شکل ۲۵ــ۹ــ مکانیزم ترمز دستی کابلی با واسط «T شکل» (مکانیزم ترمز دستی عصایی)

با توجه به شکل ۲۵ــ۹، در این نوع مکانیزم ترمز دستی با فعال شدن اهرم دستی، بازوی رابط به صورت الاکلنگی حرکت می‌کند و باعث کشیده شدن کابل اولیه می‌شود. کشیده شدن کابل اولیه نیز باعث چرخش مکانیزم «T شکل» حول محور خود می‌شود. از این‌رو با چرخش واسط «T شکل»، کابل ثانویهٔ متصل به مکانیزم ترمز چرخ‌ها نیز کشیده می‌شود. با کشیده شدن کابل ثانویه، مکانیزم ترمز دستی متصل به مکانیزم ترمز چرخ عمل می‌کند و باعث درگیر شدن لنت‌ها با کاسه چرخ و یا دیسک ترمز می‌گردد و در نتیجه باعث متوقف نگه‌داشتن خودرو ساکن یا کاهش سرعت خودروی در حال حرکت می‌شود.

شکل۲۶ــ۹، نمونه‌ای از مکانیزم ترمز دستی نصب شده را بر روی مکانیزم ترمز کفشکی نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۲۶ــ۹، با فعال شدن اهرم ترمز دستی، کابل ترمز دستی کشیده می‌شود و باعث جابه‌جایی بازوی ترمز



شکل ۲۶ــ۹ــ مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز کفشکی

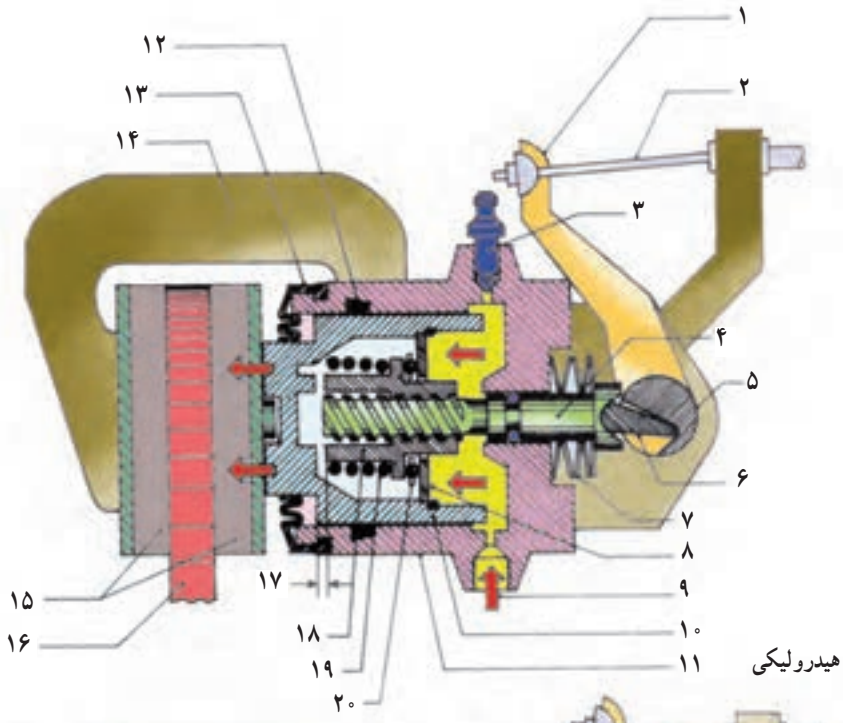
دستی می‌گردد. جابه‌جایی بازوی ترمز دستی، باعث درگیر شدن کفشک متصل به آن با کاسه چرخ می‌شود. همچنین بازوی ترمز دستی با جابه‌جایی خود به اهرم رابط ترمز دستی بین دو کفشک نیرو وارد می‌کند و با جابه‌جا شدن این اهرم رابط، کفشک دیگر نیز با کاسه درگیر می‌شود.

شکل ۲۷ــ۹، مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی مکانیزم ترمز دیسکی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل۲۷ــ۹ــ ب، با فعال شدن اهرم دستی، کابل ترمز دستی (۲) کشیده می‌شود و باعث دَوَران شفت بادامکی (۵) می‌گردد. با دوران شفت بادامکی، قطعهٔ لوبیایی (۶) نیز دوران می‌کند. دوران قطعهٔ لوبیایی باعث اعمال نیرو به شفت مارپیچ (۴) می‌شود.

با حرکت خطی شفت مارپیچ به سمت داخل، مهره (۱۸) نیز به سمت داخل حرکت می‌کند. مهره (۱۳) نیز به پیستون (۱۰) نیرو اعمال می‌کند و باعث حرکت پیستون به سمت لنت‌ها می‌شود. از این‌رو لنت‌ها با دیسک درگیر می‌شوند و ترمزدستی 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 فاصلهٔ بین لنت و دیسک گردد.

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



الف) حالت درگیر بودن ترمز هیدرولیکی

ب) حالت درگیر بودن ترمز دستی

شکل ۲۷ــ۹ــ مکانیزم ترمز دستی نصب شده بر روی ترمز دیسکی

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

۱۴ــ۹ــ لنت ترمز

لنت قطعه‌ای‌ست که هنگام ترمزگیری با ایجاد اصطکاک، انرژی جنبشی چرخ‌ها را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند تا به این طریق عمل ترمزگیری کامل شود و سرعت خودرو کاهش یابد.

شکل ۲۸ــ۹، نمونه‌هایی از انواع مختلف لنت را نشان می‌دهد.

در ساخت لنت از مواد مختلفی استفاده می‌شود. این مواد را می‌توان به شرح ذیل تقسیم نمود :

۱ــ رزین : این ماده همانند چسب است و مواد تشکیل‌دهندهٔ

شکل ۲۸ــ۹ انواع لنت

لنت را به یکدیگر متصل می‌کند.

۲ــ فیبرها : فیبرها مانند تارهای نگه‌دارنده به استحکام لنت کمک می‌کنند. در صورتی که از جنس مسی به‌منزلهٔ فیبر استفاده شود در دفع گرمای ناشی از ترمزگیری (که بین لنت و دیسک ایجاد می‌گردد) تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش قدرت ترمزگیری و ثبات عملکرد لنت می‌شود.

۳ــ 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 تشکیل‌دهندهٔ لنت عمل می‌کنند. در گذشته از آزبست به‌منزلهٔ پرکننده در لنت‌ها استفاده می‌شد. اما امروزه به علت سرطان‌زا بودنش، از آن در تولید لنت استفاده نمی‌شود.

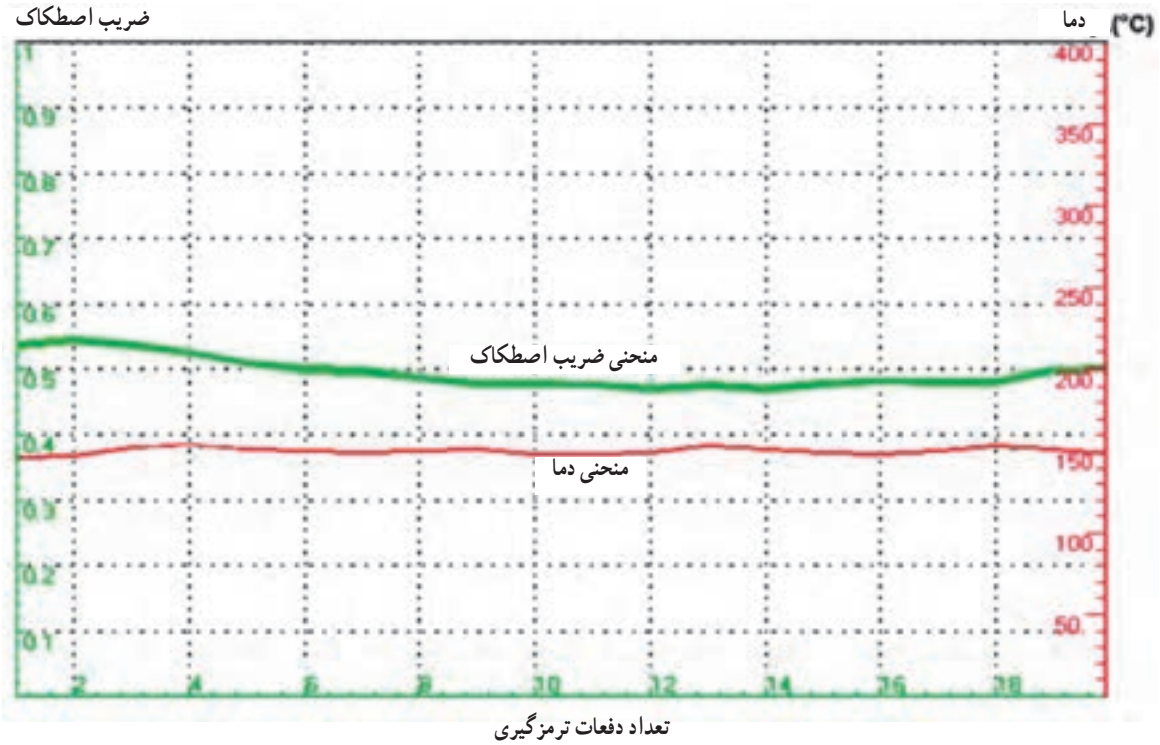
در صورتی که از مواد سرامیکی (دیرگداز) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود، آن را «لنت سرامیکی» نامند و اگر از مواد گیاهی یا طبیعی (آلی) به‌منظور پرکننده در لنت استفاده شود آن را «لنت اُرگانیک» نامند. همچنین اگر از ترکیب مواد سرامیکی و فلزی به‌صورت مادهٔ پرکننده استفاده گردد، این نوع لنت را «نیمه فلزی»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

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

هنگام تولید لنت، آزمایش‌های مختلفی براساس استانداردهای ملی ایران (ISIRI NO 586) و استاندارد بین‌المللی (SAE661/JISO_4411) برروی لنت، به شرح زیر انجام می‌پذیرد :

- **آزمون ابعادی** : در این آزمون، کلیهٔ ابعاد طول، عرض و ضخامت لنت تحت کنترل قرار می‌گیرد؛
- **آزمون ضرایب اصطکاک** : در این آزمون، در حرارت‌های بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، ضریب اصطکاک لنت، تحت نیروهای ثابت اندازه‌گیری می‌شود تا با مقادیر استاندارد خود تطبیق داده شود.
- **آزمون میزان سایش** : با محاسبهٔ میزان سایش لنت، می‌توان عمر لنت را نیز به‌طور نسبی محاسبه نمود. قابل ذکر است 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 درجهٔ حرارت مشخصی اندازه‌گیری می‌گردد که در استاندارد بین‌المللی SAE_160 نیز درج شده است.

شکل ۲۹ــ۹، نمونه‌ای از نتایج تست ضریب اصطکاک و درجهٔ حرارت یک نمونه لنت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ضریب اصطکاک لنت طی بیست سیکل ترمزگیری در حدود ۰/۵ ثابت مانده و دمای لنت نیز طی این فرایند در حدود ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد ثابت مانده که نشانهٔ ثبات عملکرد لنت طی ترمزگیری‌ست.



شکل ۲۹ــ۹ــ آزمایش ضریب اصطکاک و آزمون حرارتی لنت

شما باید در آینده :

۱ــ در تمام فعّالیت‌های خود ایمنی و سلامت جامعه، حفاظت از محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی را مراعات کنید.

۲ــ چنانچه نادیده گرفتن نظر شما در شرایط خاصی موجب به‌خطر افتادن زندگی یا سلامت مردم می‌شود یا محیط زیست را تخریب می‌کند، باید کارفرما و دیگر مسئولان و یا ذی‌نفعان را آگاه سازید.

۳ــ باید در صورتی که تصور می‌کنید کار شما تأثیر نامطلوبی بر ایمنی و سلامت همکارانتان یا مردم در زمان حال یا آینده خواهد داشت نباید طرحی را تأیید، مهر یا امضا کنید.

۴ــ باید استانداردهای موجود در کارتان را مراعات کنید، مگر آنکه از نظر اخلاقی یا فنّی توجیهی برای عدول از آنها داشته باشید.

۵ــ گزارش‌هایی را که تحت نظارت و مدیریت شما تهیه نشده است و یا در آنها اطلاعات و تجربه کافی ندارید تأیید نکنید.

آزمون پایانی

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