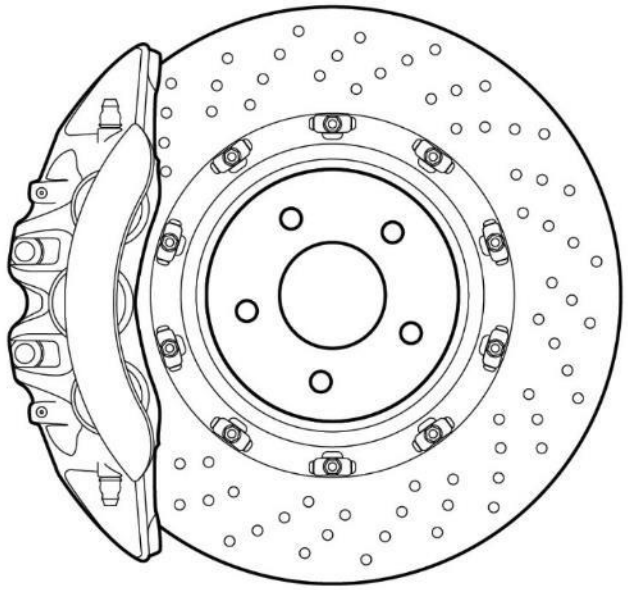
Brake Systems

سیستم ترمز



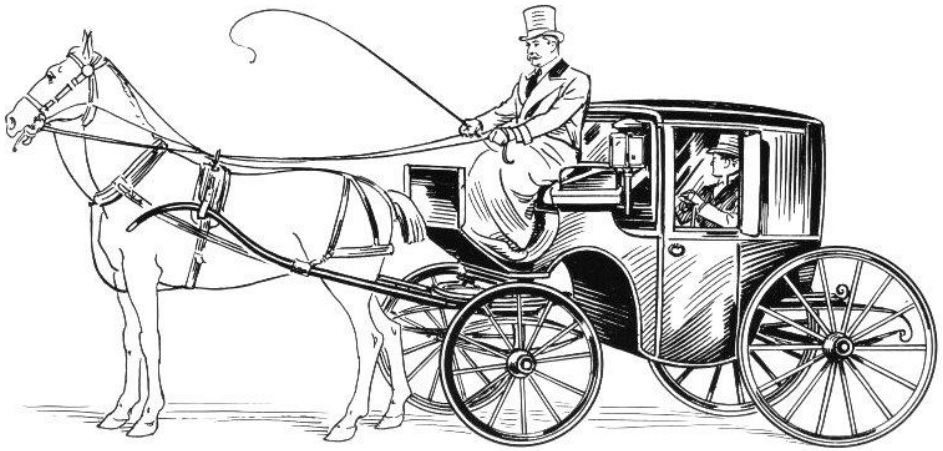
- ترمز دستگاهی مکانیکی است که با جذب کردن انرژی جنبشی از یک سیستم، حرکت آنرا مهار می‌کند.
- قاعدتاً از این سیستم برای کم‌کردن سرعت یا متوقف کردن خودرو استفاده می‌کنند.
- تقریباً هر وسیله‌ای که برای حرکت کردن ساخته شده، حتی سبد خرید در فروشگاه، دارای ترمز است.
- حتی تفنگ‌ها و یا هر سلاحی گرمی که با شلیک پرتابه کار می‌کند، دارای ترمز هستند.
- ترمزهای متداول با استفاده اصطکاک بین دو سطح که به یکدیگر فشرده می‌شوند، انرژی جنبشی جسم در حال حرکت را به گرما و صوت تبدیل می‌کنند.
- در سیستم‌های ترمز بازیاب (Regenerative) مقدار زیادی از انرژی جنبشی به‌صورت انرژی الکتریکی و یا انرژی پتانسیل ذخیره شده و قابلیت استفاده مجدد را دارد.
- لزوماً تمامی ترمزها با اصطکاک دو جسم جامد کار نمی‌کنند، برخی با اصطکاک سیال و برخی با ایجاد اختلال در کارکرد پیشرانه خودرو عمل می‌کنند.
- نیروی پسای آیرودینامیکی (Drag) هم نوعی نیروی ترمز است، که با افزایش سرعت زیاد می‌شود.

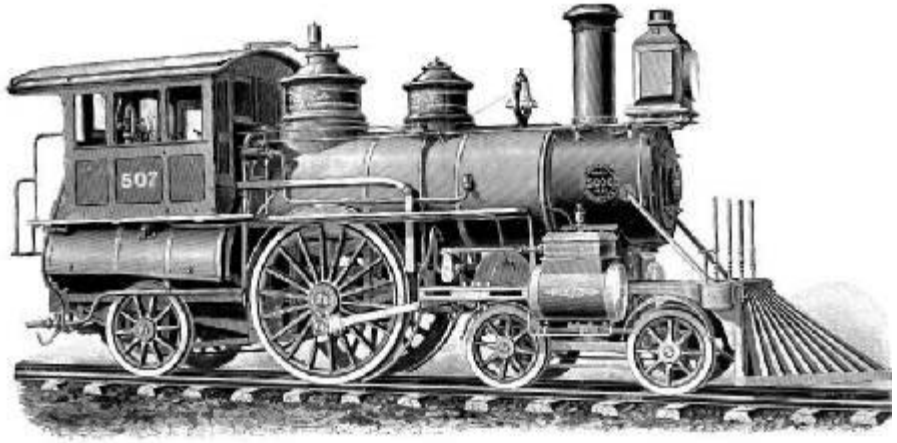
تاریخچه

- در قدیم وسایل حمل ونقل به سیستم ترمز مجهز نبودند. ترمز درشکه‌ها خود اسب بود.
- کلاً مسائل ایمنی بسیار متاخرتر از مسائل عملکردی و راحتی مطرح شده است. درشکه‌ها به فنربندی مجهز بودند ولی ترمز نداشتند.
- در وسایل دیگر همچون چرخ‌های خراطی و سفال‌گری از ترمزهای نواری استفاده شد.
- شروع جدی بحث ترمز از پیدایش صنعت ریلی آغاز شد.
- در حمل و نقل ریلی تناژ وزن بسیار بالا است و در نتیجه نیاز به قدرت ترمزگیری بالا است.
- با پیدایش خودرو در قرن نوزدهم و تجاری شدن آن، و با عنایت به مسائل ایمنی و همچنین وضع شدن قوانین ترافیک، ترمز یکی از اجزاء لازم خودروها شد.
- با افزایش سرعت خودروها، عملکرد سیستم ترمز خودروها هم باید پیشرفت می‌کرد. امروزه سیستم ترمز یکی از پیچیده‌ترین و حساس‌ترین سیستم‌های یک خودرو می‌باشد.

تاریخچه

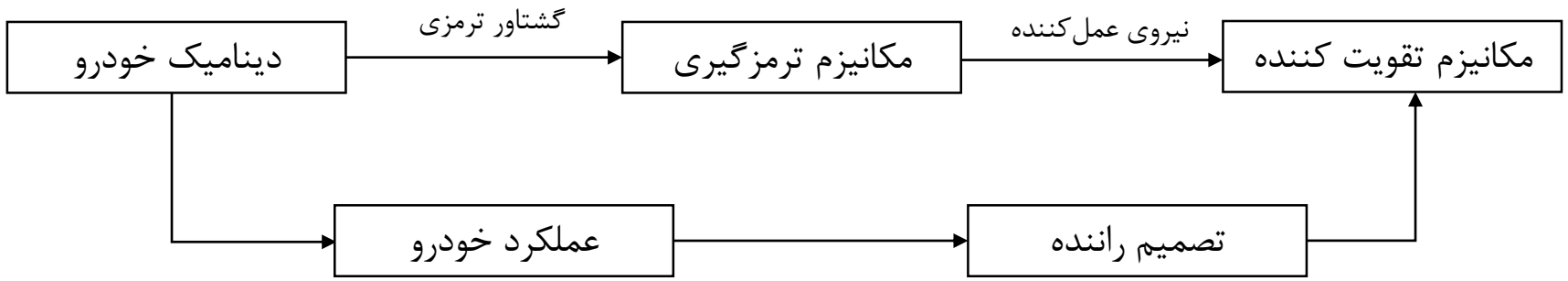
- در قدیم وسایل حمل ونقل به سیستم ترمز مجهز نبودند. ترمز درشکه‌ها خود اسب بود.
- کلاً مسائل ایمنی بسیار متاخرتر از مسائل عملکردی و راحتی مطرح شده است. درشکه‌ها به فنربندی مجهز بودند ولی ترمز نداشتند.
- در وسایل دیگر همچون چرخ‌های خراطی و سفال‌گری از ترمزهای نواری استفاده شد.
- شروع جدی بحث ترمز از پیدایش صنعت ریلی آغاز شد.
- در حمل و نقل ریلی تناژ وزن بسیار بالا است و در نتیجه نیاز به قدرت ترمزگیری بالا است.
- با پیدایش خودرو در قرن نوزدهم و تجاری شدن آن، و با عنایت به مسائل ایمنی و همچنین وضع شدن قوانین ترافیک، ترمز یکی از اجزاء لازم خودروها شد.
- با افزایش سرعت خودروها، عملکرد سیستم ترمز خودروها هم باید پیشرفت می‌کرد. امروزه سیستم ترمز یکی از پیچیده‌ترین و حساس‌ترین سیستم‌های یک خودرو می‌باشد.





مدل سیستماتیک سامانه ترمز

- در طراحی خودرو، بر اساس مباحث دینامیک خودرو، نسبت بار اکسل‌های جلو و عقب و ضرایب اصطکاک، گشتاور مورد نیاز هر اکسل را برای ترمزگیری خودرو تعیین می‌شود.
- این گشتاور (Braking Torque) باید توسط مکانیزم درگیری بین لنت‌ها و چرخ بر روی اکسل ایجاد شود.
- مکانیزم درگیری این گشتاور را متناسب با نیروی عمل‌کننده (Actuating Force) ایجاد می‌کند.
- نیروی عمل‌کننده متناسب با نیروی اعمالی پای راننده ولی به‌مراتب بزرگتر از آن است. بنابراین باید نیروی پای راننده توسط یک سیستم تقویت کننده افزایش یابد. سیستم‌های تقویت کننده مورد استفاده در خودروها شامل سیستم‌های هیدرولیکی، سیستم‌های پنوماتیکی، سیستم‌های الکترومغناطیسی هستند.
- .در بعضی از خودروها چند سامانه ترمزگیری استفاده شده است که می‌توانند به صورت سری یا موازی عمل کنند.

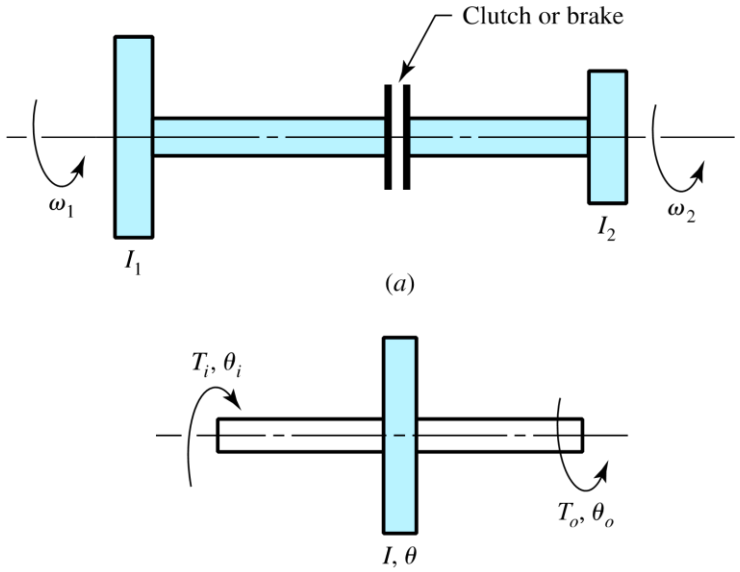


کلاچ‌ها و ترمزها

- کلاچ و ترمز هر دو اجزائی هستند که انرژی گردشی را انتقال می‌دهند.
- هر دو عضو قبل از درگیری نسبت به عضو مقابل‌شان سرعت نسبی دارند، ولی در پایان عملکردشان دارای سرعت یکسان هستند، یعنی ترمز که ثابت است، سرعت چرخشی چرخ‌ها را با اصطکاک به صفر می‌رساند و کلاچ نیز، سرعت چرخشی Flywheel را با سرعت چرخشی خودش یکسان می‌سازد.
- بنابراین عمل کلاچ مانند ترمز است ولی ساختمان آنها در اثر کنترل و اتقال حرارت در ترمزها و جذب حرارت در کلاچ‌ها و همچنین جاگذاری آنها در خودرو متفاوت است.
- هر دو عضو در اثر لغزشی که ایجاد می‌کنند، تولید حرارت می‌کنند و بایستی بتوانند این افزایش دما را کنترل کنند تا بتوانند به درستی عمل کنند.
- در بررسی و تحلیل طراحی کلاچ و ترمز باید به نکات زیر توجه شود:

1. نیروی عمل کننده
2. گشتاورهای انتقالی
3. میزان انرژی از دست رفته
4. افزایش دما
5. نوع ترمز و کلاچ
6. نوع ماده‌ی لنت

انرژی از دست رفته و ازدیاد دما



- همانطور که گفته شد کلاچ و ترمز انرژی چرخشی را جذب کرده و تولید گرما می‌کنند.
- از نظر دینامیک سیستم‌ها، مدل دینامیکی سیستم ترمز و کلاچ یکسان است.
- قبل از درگیری هر بخش از سیستم با ممان اینرسی و سرعت زاویه خود می‌چرخند.

قبل از درگیری:

$$I_1\ddot{\theta}_1 = -T \qquad I_2\ddot{\theta}_2 = T$$

در حین درگیری:

$$\dot{\theta}_1 = -\frac{T}{I_1}t + \omega_1 \qquad \dot{\theta}_2 = \frac{T}{I_2}t + \omega_2$$

سرعت نسبی آنها:

$$\dot{\theta} = \dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2 = -\frac{T}{I_1}t + \omega_1 - \left(\frac{T}{I_2}t + \omega_2\right) = \omega_1 - \omega_2 - T\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}\right)t$$

پایان درگیری: زمانی که طول می‌کشد تا سرعت نسبی به صفر برسد:

$$t_1 = \frac{I_1 I_2(\omega_1 - \omega_2)}{T(I_1 + I_2)}$$

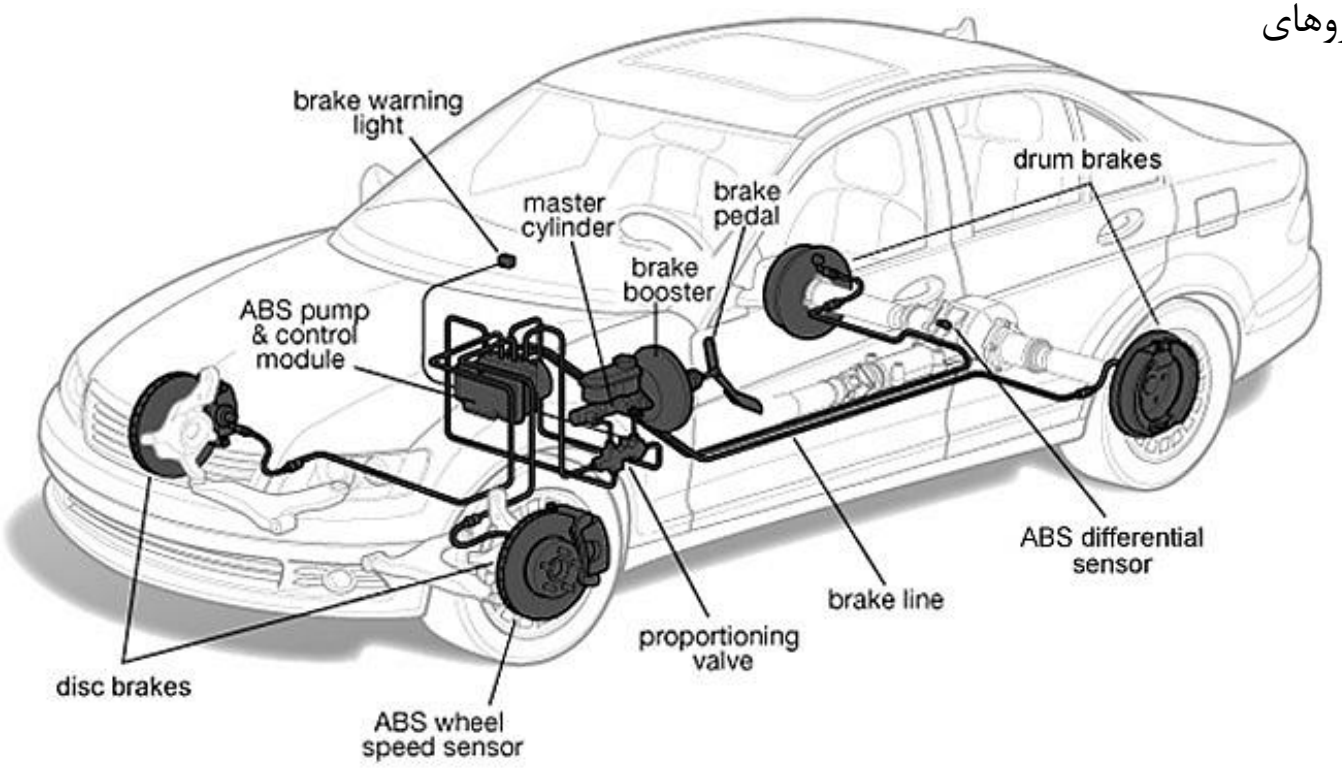
انرژی هدر رفته از توان هدر رفته بدست می‌آید:

$$u = T\dot{\theta} = T\left[\omega_1 - \omega_2 - T\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}\right)t\right]$$

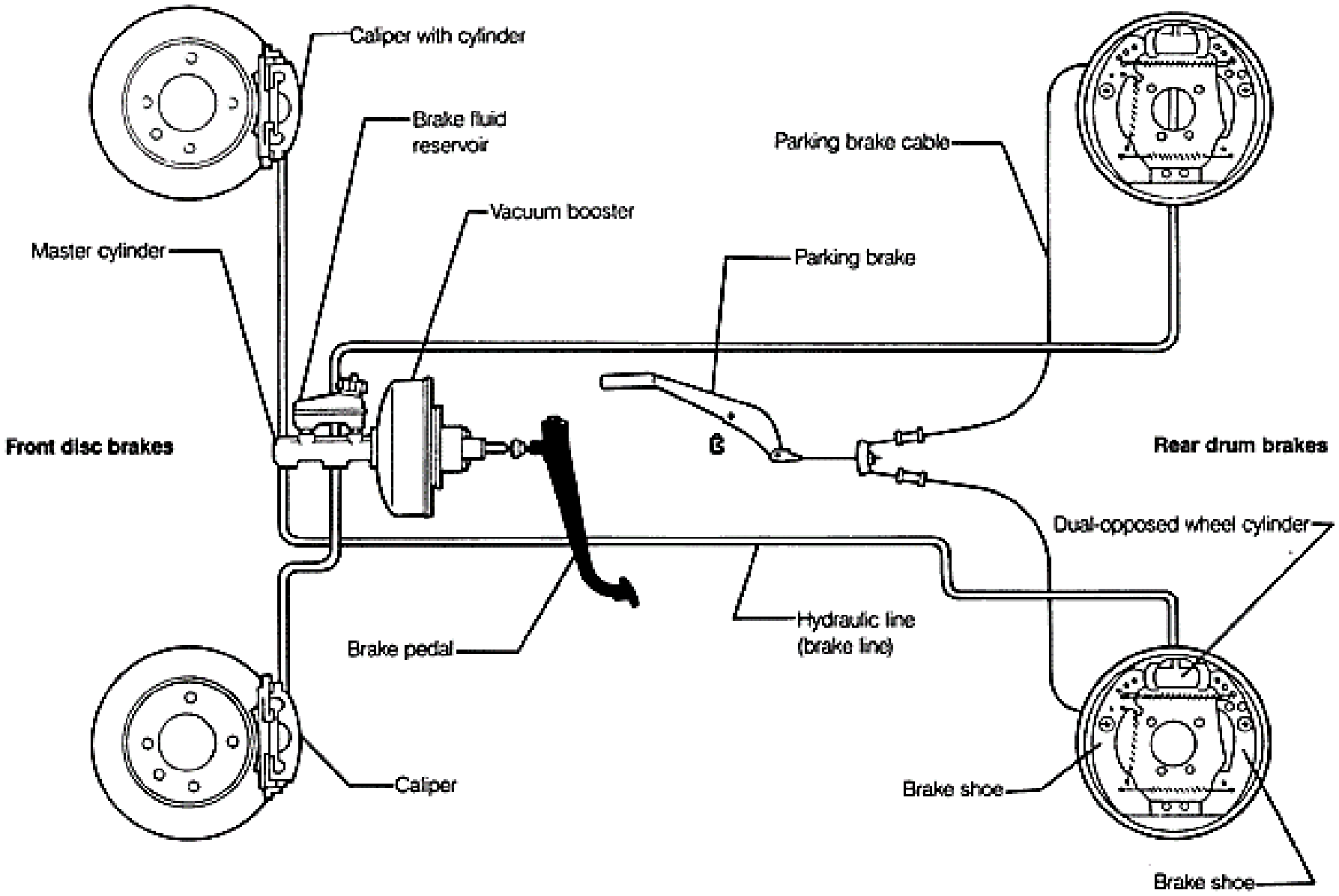
$$E = \int_0^{t_1} u\,dt = T\int_0^{t_1}\left[\omega_1 - \omega_2 - T\left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}\right)t\right]dt = \frac{I_1 I_2(\omega_1 - \omega_2)^2}{2(I_1 + I_2)}$$

Car’s Brake system schematic diagram

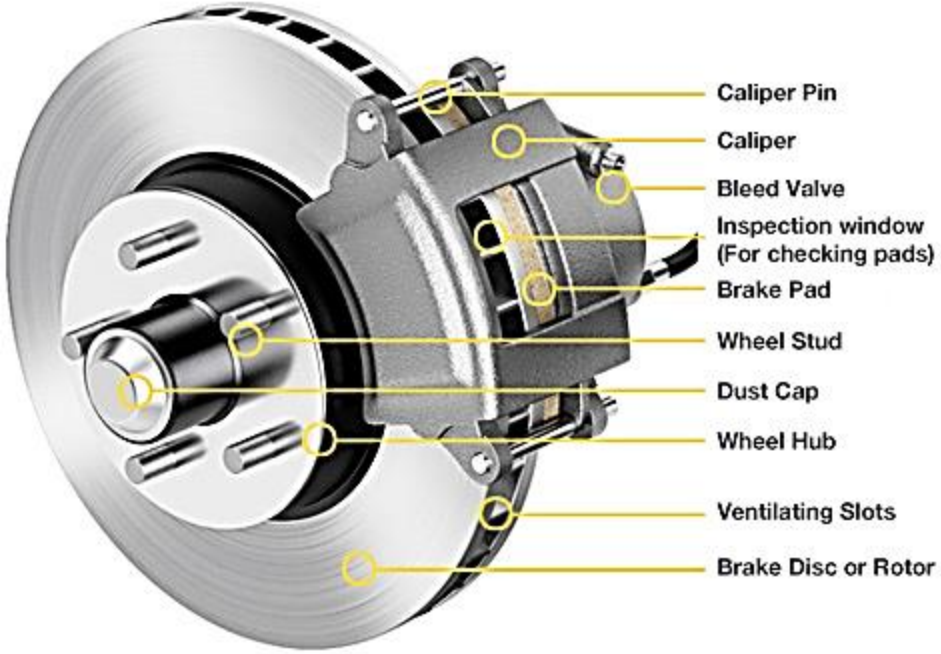
- همانطور که در شکل زیر می‌بینید، این چیدمان کلی (General Layout) تقریباً در تمامی خودروها یکسان است.
- تنها تفاوتی که در سیستم‌ها وجود دارد، نوع اجزإ بکار برده شده است، به‌طور مثال:
  - ترمزهای جلو و عقب می‌توانند کاسه‌ای یا دیسکی باشند.
  - بسیاری از خودروهای امروزی بجای استفاده از سیستم ترمز دستیِ سیمی، از سیستم‌های Parking Brake/E-Brake استفاده می‌کنند.
  - برخی از خودروهای سنگین و نیمه‌سنگین دو محور عقب دارند و بنابراین چهار ترمز دارند.
  - البته این نکته را نیز باید در نظر داشت که تقریباً همه خودروهای سنگین از ترمز هوای فشرده استفاده می‌کنند که ساختار آن با توجه به اجزایی که دارد، کمی متفاوت است ولی کلیّت سیستم به‌همین صورت است.
  - برخی از خودروها از سیستم‌هایی اضافی جهت ترمزگیری بهتر و یا بازیابی انرژی استفاده می‌کنند که آن سیستم‌ها نیز به صورت موازی در کنار همین چیدمان قرار می‌گیرند.



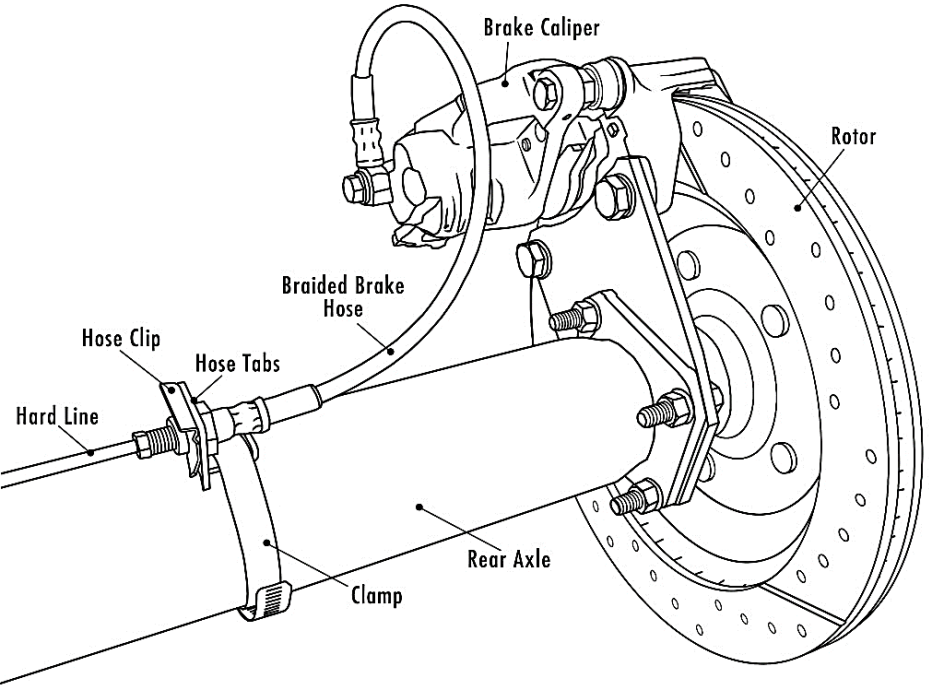
دیاگرام شماتیک سیستم متداول ترمز در یک خودرو



Disk Brake



Disc Brake Components



- این سیستم در سال‌های ۱۸۹۰ در انگلستان اختراع شد ولی حدود ۶۰ سال بعد از اختراعش در صنعت خودرو مورد استفاده قرار گرفت.
- جالب‌تر اینکه این سیستم اولین بار در هواپیماها و بعد در تانک‌های جنگ‌های جهانی اول و دوم مورد استفاده قرار گرفت و در آخر راه خود را به صنعت خودرو پیدا کرد.
- این سیستم اولین بار توسط کمپانی Jaguar در مسابقات ۲۴ ساعته سال ۱۹۵۳ مورد استفاده قرار گرفت و بعد از موفقیت چشم‌گیر آن نسبت به رقبا، تولید انبوه آن در سال ۱۹۵۵ توسط کمپانی Citroën شروع شد.
- ترمز دیسکی گونه‌ای از ترمز می‌باشد که در آن، لنت‌های ترمز، توسط پیستونی که درون کالیپر تعبیه شده، بر روی دوطرف دیسکی که به چرخ یا اکسل یا هردو متصل می‌شود، فشرده می‌شوند و عمل ترمزگیری، انجام می‌شود.
- این مجموعه، توسط نیروی مکانیکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی یا الکترومغناطیسی عمل می‌کند.
- ترمزها انرژی مکانیکی را به گرما تبدیل می‌کنند و هرچه ترمز گرمتر شود، توانایی آن کمتر می‌شود ولی به علت خنک کاری بهتری که در این سیستم انجام می‌شود، این سیستم کارایی بهتری نسبت سایر ترمزها دارد.

- دیسک ترمز معمولا از چدن ساخته شده و طراحی برخی مدل‌ها توخالی و برخی توپر است.
- انواع پیشرفته‌تر دیسک‌ها از جنس سرامیک یا کربن سرامیک است و معمولاً دارای تخلخل بیشتری نسبت به دیسک‌های عادی هستند.
- از لحاظ خنک‌کاری هر چه قدر دیسک‌ها متخلخل‌تر و یا توخالی‌تر باشند، بهتر هستند، ولی عمر آنها بسیار کمتر می‌شود.
- ساختار دیسک ترمز به ۴ نوع زیر دسته‌بندی می‌شود که در شکل زیر نمایش داده شده است.
- دیسک‌های vented & cross drilled بهترین نوع دیسک‌ها هستند، چرا که نه تنها بهترین ساختار را برای آزاد کردن تنش حرارتی دارند بلکه در سناریوهای بارانی، خاکی، گلی و ... بهترین عملکرد را دارند و این مزیت تنها به خاطر وجود سوراخ‌های روی سطح دیسک است که با هدایت کردن آب و خاک و ... از طریق این سوراخ‌ها سطح دیسک تمیز شده و در نتیجه هم کارایی بهتری دارند، هم اینکه سر و صدای کمتری تولید می‌کنند.

Vented Disc Variations

- **علل فرسایش دیسک ترمز:**

1. Run-out: یا تمام‌شدن دیسک هنگامی رخ می‌دهد که دیسک به‌طور معمول مستعمل شود و از آن جهت که دیسک‌ها عمری طولانی (خودروهای جاده‌ای ۱۰۰ هزار تا ۲۰۰ هزار کیلومتر و خودروهای مسابقه‌ای ۸۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلومتر) دارند، قبل از آنکه به ضخامت بحرانی برسند، لبه‌دار می‌شوند که در بسیاری موارد می‌توان صرفاً با کف تراشی دیسک، آنرا از بین برد و از آنها استفاده مجدد کرد.
2. Scarring: یا خراشیدگی هنگامی رخ می‌دهد که لنت ترمزها به موقع عوض نشود و قسمت فولادی لنت به همراه گرد و خاک بروی سطح دیسک، سایش نامساوی ایجاد کند. همچنین جنس نا مرغوب لنتی که به‌جای سایش خودش، دیسک را به‌طور پیوسته سایش می‌دهد نیز عامل مهمی است که حتی در مواردی باعث می‌شود تا خراشیدگی ها در نقاط مختلف، باعث کج سائیده شدن و حتی سوراخ شدن دیسک شود.
3. Cracking: یا شکستن دیسک بیشتر در دیسک‌های Drilled و Vented رخ می‌دهد (به‌خصوص در دیسک‌های غیر فولادی). علت شکستن عمدتاً شوک‌های حرارتی و یا ترمزگیری‌های شدید است که باعث ایجاد تنش‌های ناهمگن در دیسک می‌شود که در نهایت باعث شکستن دیسک می‌شود.
4. Rusting: یا همان زنگ‌زدگی در دیسک‌های فولادی در مناطق مرطوب رخ می‌دهد. ولی موقعی بیشتر از همیشه ضرر دارد که خودرو مدت زمان طولانی بی‌حرکت بوده که یعنی ترمز نگرفته تا زنگ‌زدگی از روی سطح دیسک پاک شود. در موارد شدید زنگ‌زدگی باید دیسک‌ها تعویض شوند چرا که می‌توانند اصلی‌ترین عامل برای خوردگی و نهایتاً شکستن دیسک باشند.

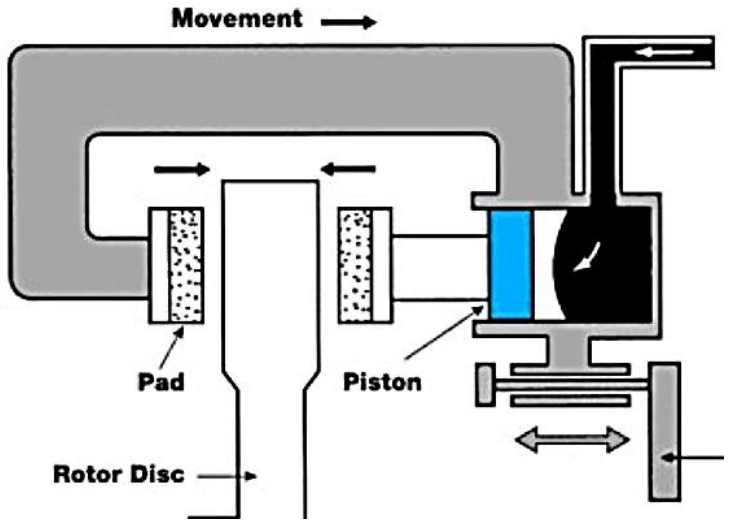
کالیپر (Calipers)

- به اسمبلی لنت‌های ترمز و پیستون‌ها کالیپر ترمز می‌گویند.
- پیستون‌ها معمولا از جنس پلاستیک، آلومینیوم و فولاد با روکش کروم هستند.
- کالیپرها ۲ نوع دارند:

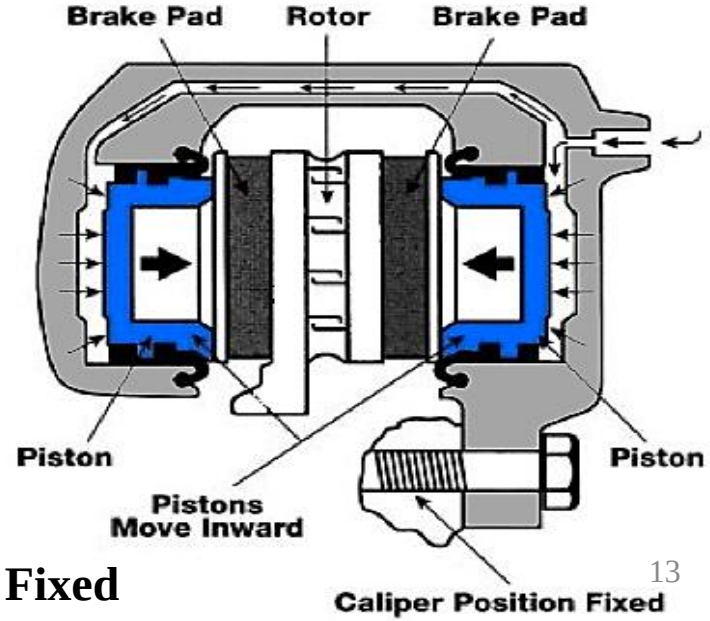
Fixed: کالیپرهایی که هنگام ترمزگیری حرکت عرضی ندارند و معمولاً دارای بیش از ۲ پیستون در هر ۲ سمت دیسک است. این کالیپرها برای خودروهای اسپرت و مسابقه‌ای استفاده می‌شوند و چون تعداد پیستون بیشتری دارند قاعدتاً Master Cylinder بزرگتری هم دارند و همین باعث گران‌تر شدن این سیستم است.

Floating: کالیبری که هنگام ترمزگیری حرکت عرضی دارد و معمولاً دارای ۱ یا ۲ پیستون در یک سمت دیسک است. این سیستم برای اکثر خودروهای غیر اسپرت که نیازی به ترمزهای قوی ندارند، استفاده می‌شود و قیمت بسیار کمتری نسبت به ترمزهای fixed دارد.

Caliper Cover

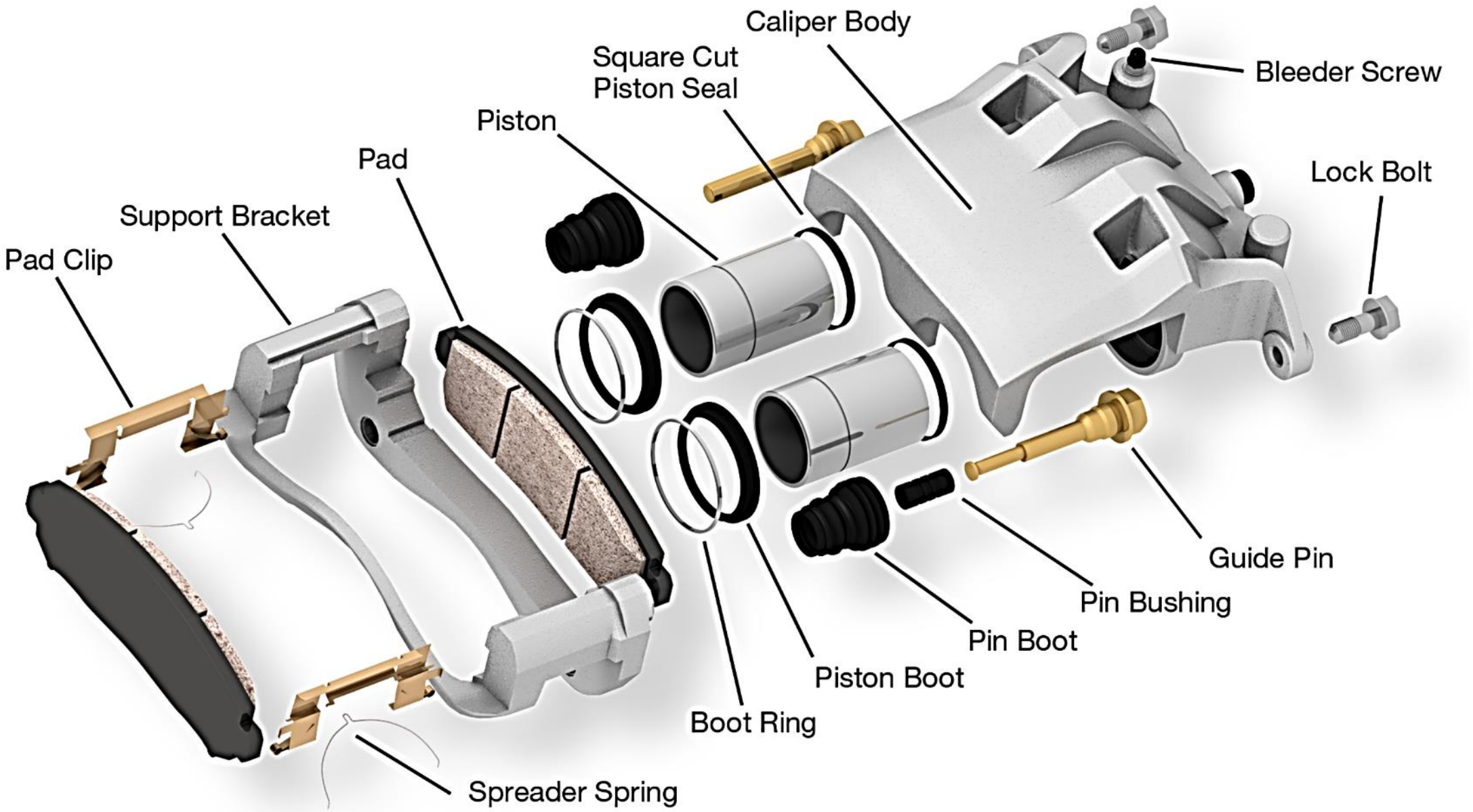


Floating

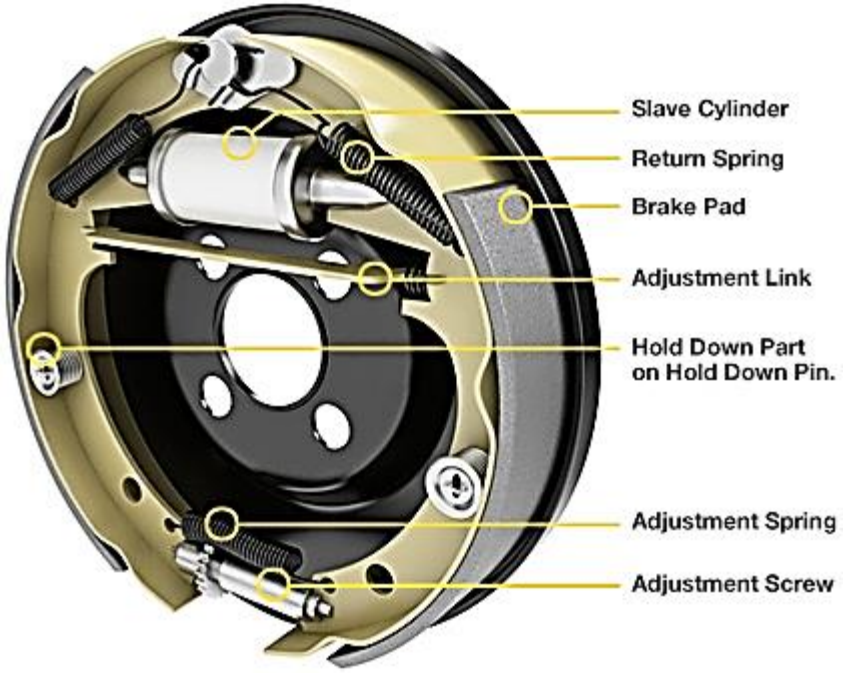


Fixed

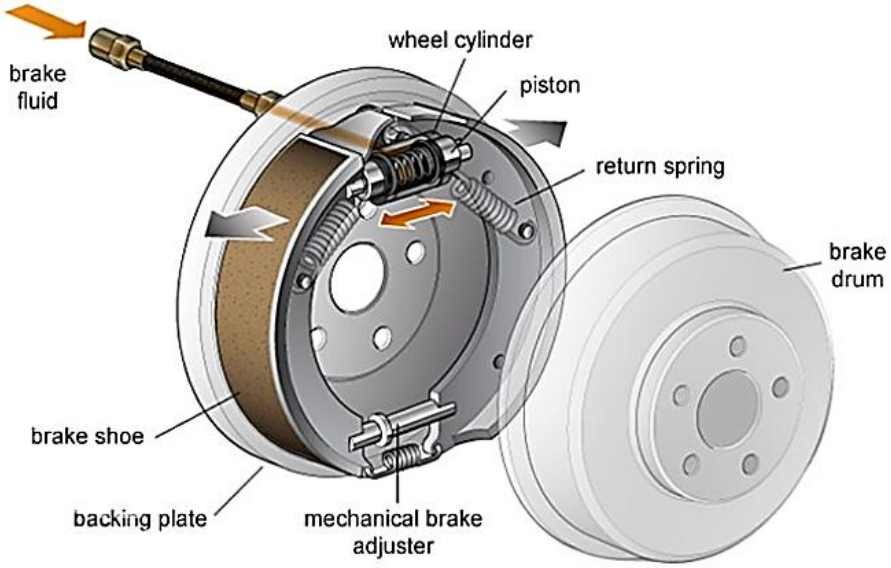
Brake Calipers assembly



Drum Brake

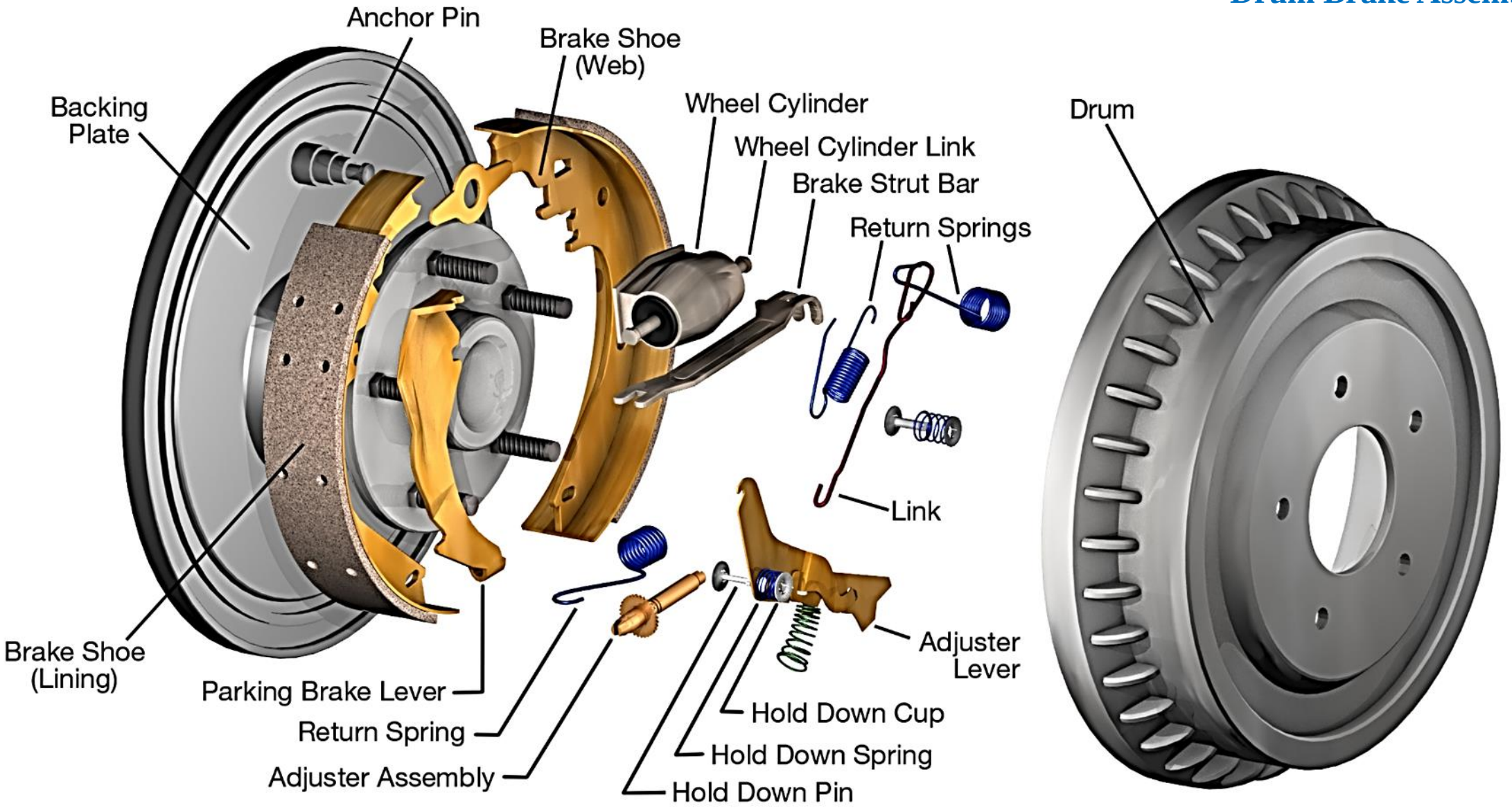


Drum Brake Components



- این سیستم در سال ۱۹۰۰ در آلمان توسط کمپانی Maybach اختراع شد و حتی روی یک نمونه خودرو نصب شد. ولی حدود ۲ سال بعد توسط کمپانی Renault ثبت رسمی شد. سیستمی که Maybach طراحی کرده بود، ساختار بسیار ساده و بهتری داشت و تا امروز استفاده می‌شود.
- در ترمز کاسه‌ای، کاسه ترمز به چرخ متصل است و همراه ان گردش می‌کند و دو عدد کفشک آهنی هلالی شکل که لنت‌های ترمزروی انها کوبیده شده است، روی طَبَقِ ثابت محور، نصب شده‌اند.
- سیستم ترمز کاسه‌ای طبق همان اصول ترمزهای دیسکی کار می‌کند، یعنی لنت‌ها روی کفشک‌ها نصب شده و به سطح کاسه در حال چرخش فشار وارد می‌کنند و از حرکت کردن چرخ‌ها جلوگیری می‌کنند.
- بیشتر خودروهای سبک و اقتصادی در چرخ های جلو از ترمز دیسکی و در چرخ‌های عقب از ترمزهای کاسه‌ای استفاده می‌کنند.
- ترمزهای کاسه‌ای قطعات ریز بیشتری دارند و تعمیرشان هم مشکل‌تر است، ولی تولیدشان کم هزینه‌تر است و از مکانیسم ساده‌ای برخوردارند.
- این ترمزها مشکل خنک کاری دارند و در نتیجه باعث ایجاد اختلال در کارکرد آنها به هنگام داغ شدن‌شان می‌شود.

Drum Brake Assembly

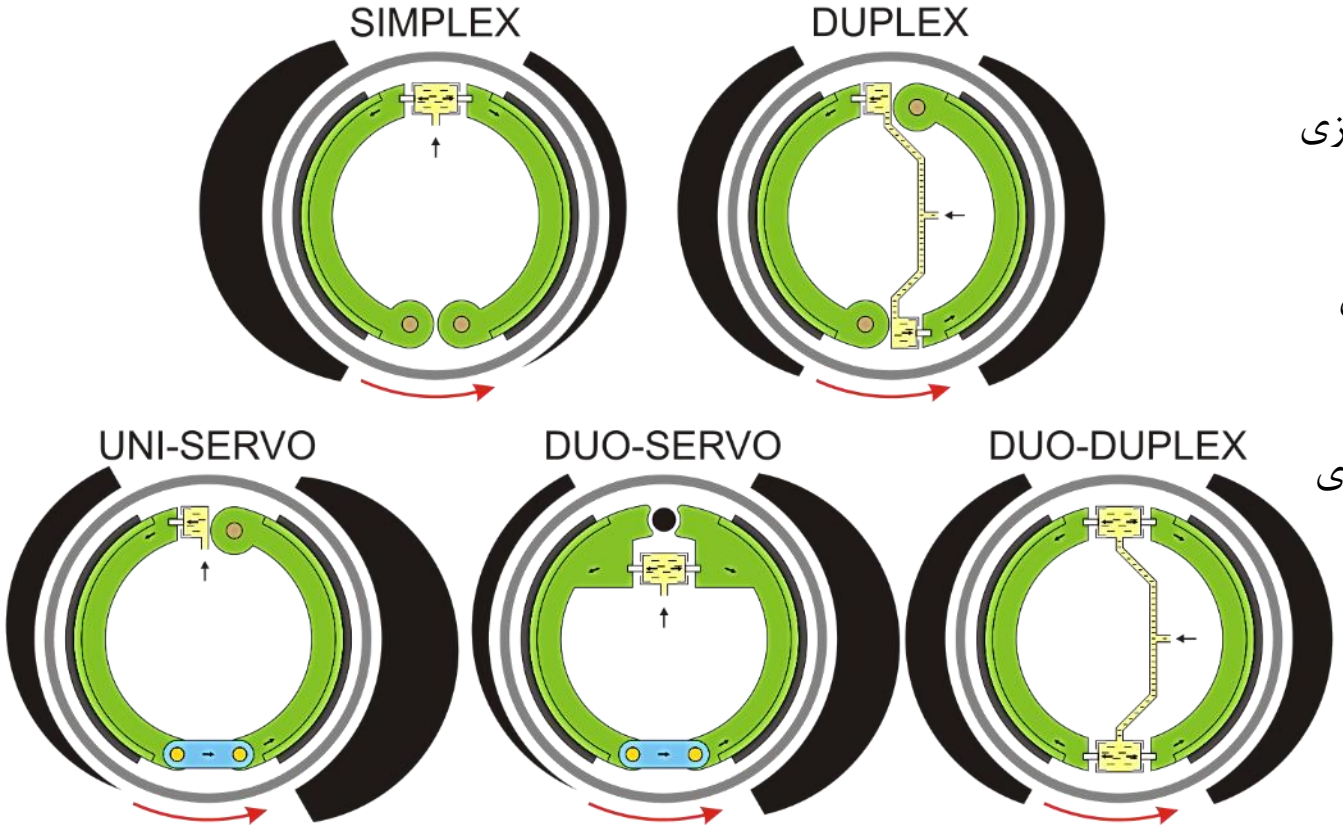


- طی تمام طراحی‌ها در سال‌های گذشته تا کنون ترمزهای کاسه ای به ۳ دسته اصلی تقسیم می‌شوند :

Simplex: این ترمز تنها در محور عقب خودروهای سبک و نیمه سنگین استفاده می‌شود و مزیت اصلی آن این است که در هنگام ترمزگیری شدید چرخ را قفل نمی‌کند، چرا که نیروی ترمزی زیادی تولید نمی‌کند و در واقع پایداری عرضی خودور را در هنگام ترمزگیری، حفظ می‌کند.

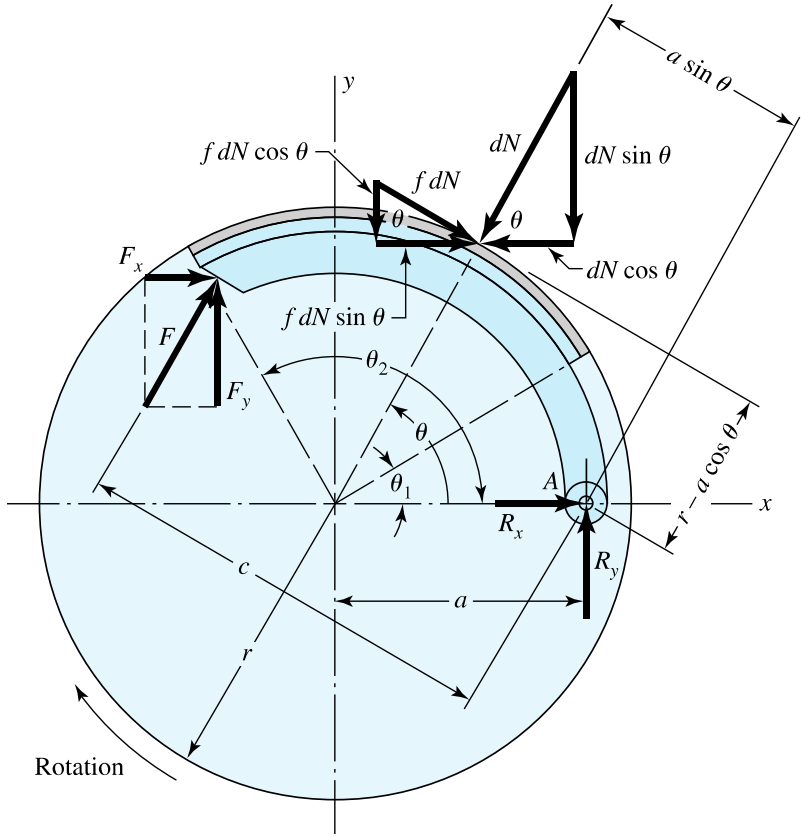
Duplex: همانطور که از نامش پیداست این سیستم از دو slave cylinder برای دو کفشک استفاده می‌کند که باعث افزایش نیروی ترمزی می‌شود. این سیستم در اکثر خودروهای سنگین در محور جلو یا عقب استفاده می‌شود.

Servo: قدرت ترمزی این سیستم بیشتر از دو نوع دیگر است و این تنها به علت سرومکانیزمی بودن دو کفشک است. این سیستم در تمامی خودروهای سبک و سنگین و حتی قطارها کاربرد دارد.



- اساس کار این ۵ نوع ترمز تقریباً یکسان است و صرفاً توزیع نیروی ترمزی روی کفشک‌های آنها با یکدیگر متفاوت است.
- جنس کاسه معمولاً از چدن است و لنت‌ها نیز عمدتاً برای تحمل دمای شدید برای کارایی بهتر از کامپوزیت‌های آزبستی ساخته شده است.
- شاید تنها مزیت ترمزهای کاسه‌ای نسبت به ترمزهای دیسکی ترمزگیری بالغ‌تر آنهاست. (بالغ بودن ترمزگیری، عبارت است از عدم قفل کردن چرخ در هنگام ترمزگیری شدید)

Internally Expanding Shoe



$$dN = pbr\,d\theta = \frac{p_a br \sin\theta\, d\theta}{\sin\theta_a}$$

$$M_N = \int dN(a\sin\theta) = \frac{p_a bra}{\sin\theta_a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2\theta\, d\theta$$

$$M_f = \int f dN(r - a\cos\theta) = \frac{f p_a br}{\sin\theta_a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta\,(r - a\cos\theta)\, d\theta$$

$$F = \frac{M_N - M_f}{c}$$

$$T = \int f r dN = \frac{f p_a br^2}{\sin\theta_a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta\, d\theta = \frac{f p_a br^2(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{\sin\theta_a}$$

Self Energizing

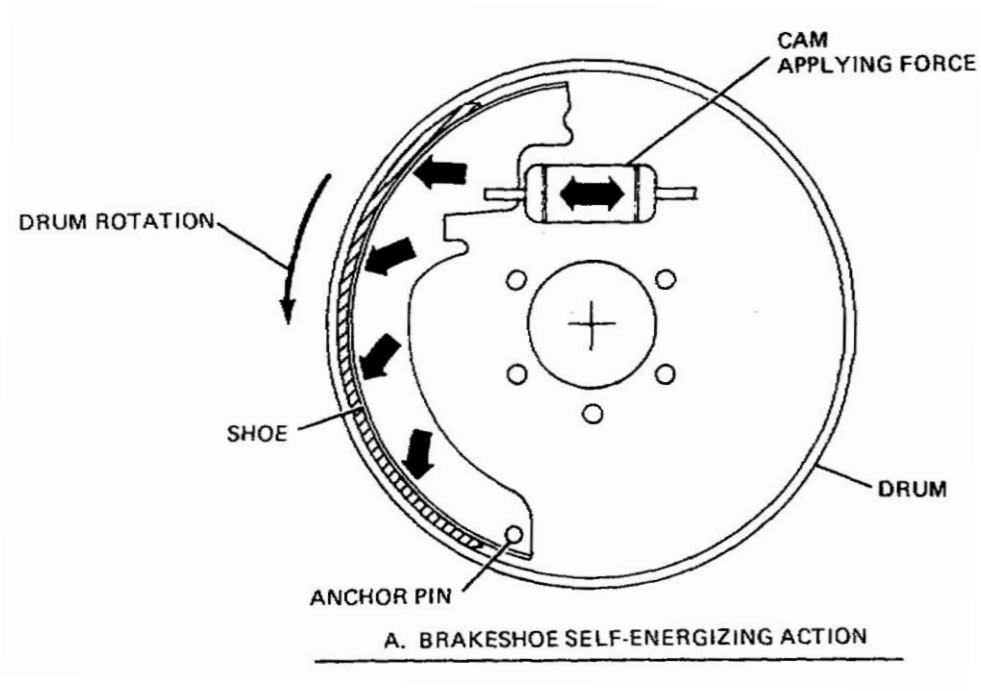
- ترمزی خود انرژی‌زا است که ممان نیروی اصطکاک آن، به کمک ممان نیروی عمل کننده‌ی آن بیاید.

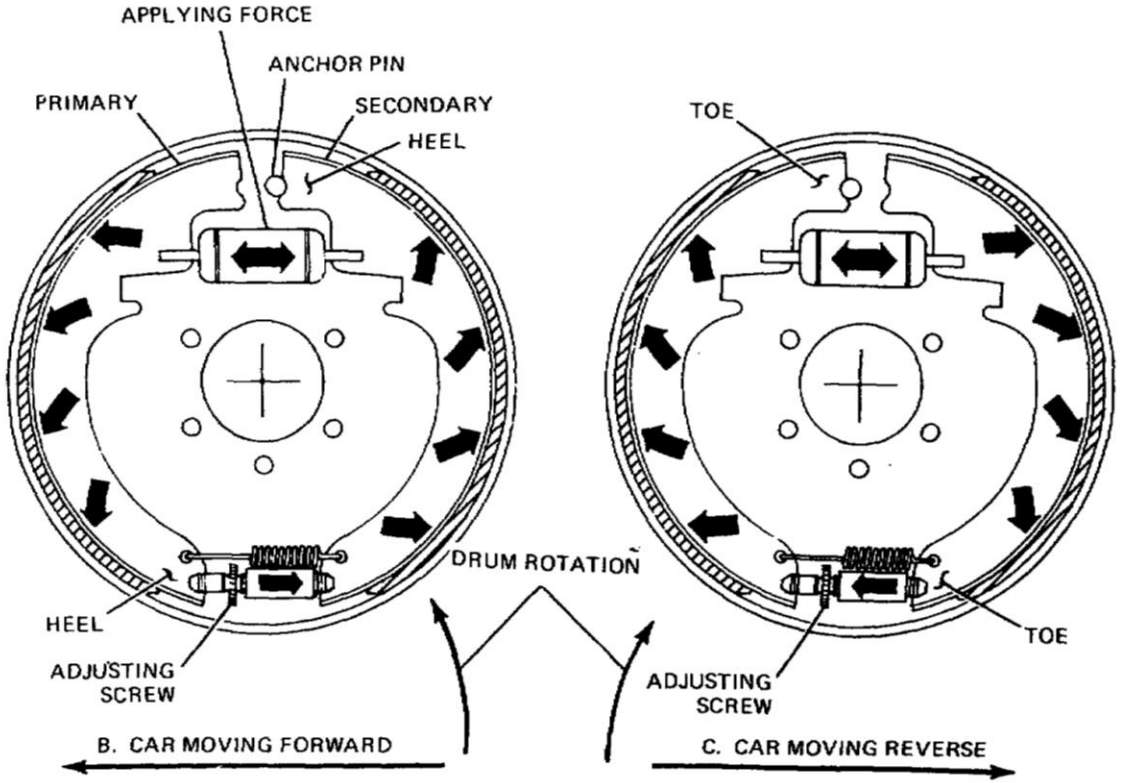
$$M_N - M_f = M_F = Fc$$

Self Deenergizing

- ترمزی خود انرژی‌زدا است که ممان نیروی اصطکاک آن، مخالف ممان نیروی عمل کننده‌ی آن باشد. اگر جهت سرعت عوض شود، جهت نیروی اصطکاک هم عوض می‌شود، یعنی ممان نیروی عمل کننده باید بر هردو ممان نیروی فشار و ممان نیروی اصطکاک غلبه کند.

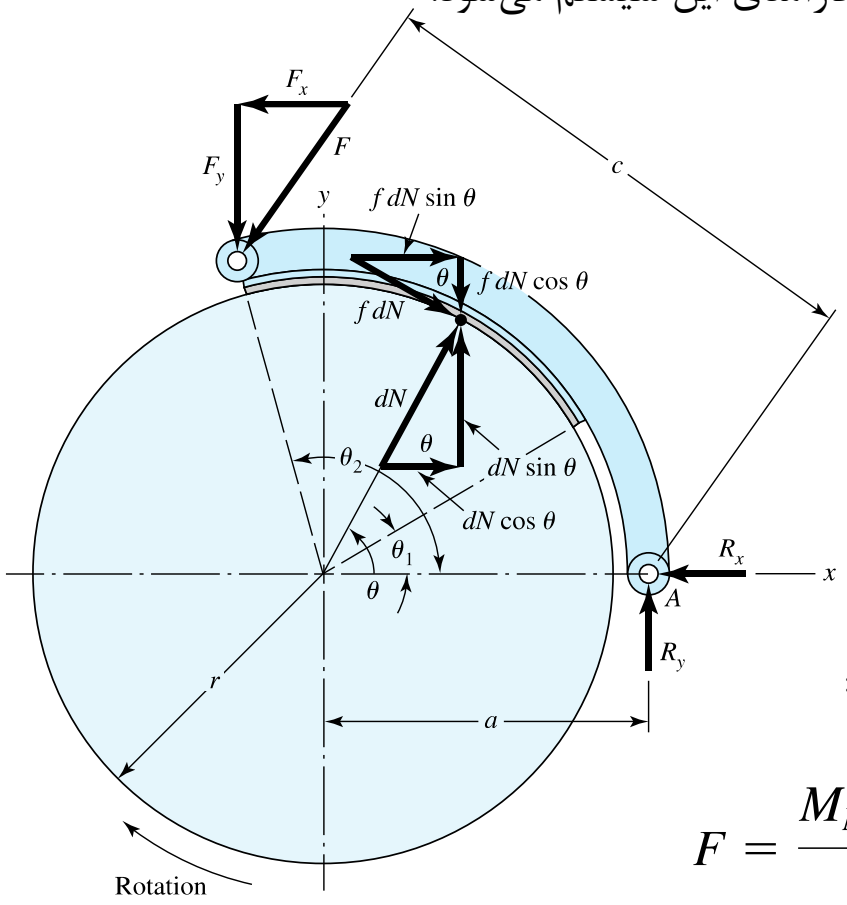
$$M_N + M_f = M_F = Fc$$





Externally Contracting Shoe

- این نوع ترمز کاسه ای در قطارها استفاده میشود و تقریباً تنها علتی که از این هندسه استفاده میشود، خنک کاری بهتر این نوع ترمز و همچنین جایگذاری بهتر این سیستم نسبت به سیستمهای internal است که در خودروها استفاده می‌شود.
- علت اینکه این سیستم در خودروها استفاده نمی‌شود، خاک گرفتن آن و در نتیجه پایین آمدن کارآمدی این سیستم می‌شود.



$$M_N = \frac{p_a b r a}{\sin\theta_a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2\theta\, d\theta$$

$$M_f = \frac{f p_a b r}{\sin\theta_a}\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta\,(r - a\cos\theta)\, d\theta$$

$$F = \frac{M_N + M_f}{c}$$

- در نتیجه با این جهت حرکت ترمز خود قفل کن نیست ولی اگر جهت حرکت عوض شود، داریم:

$$F = \frac{M_N - M_f}{c}$$

Self Locking if $M_N = M_f$

لنت ترمز (Brake pad)

- لنت ترمز جزئی از ترمزهای دیسکی و کاسه‌ای است که با دیسک یا کاسه درگیر می‌شود.
- لنت‌های ترمز صفحه‌های فولادی هستند که بر روی آنها مواد اصطکاکی چسبیده شده که در هنگام ترمزگیری با دیسک یا کاسه درگیر می‌شوند.
- لنت ترمز انرژی جنبشی را از طریق اصطکاک به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند.
- در زبان انگلیسی به لنت ترمز کاسه‌ای، (Brake shoe) گفته می‌شود.

عملکرد لنت

1. در ترمزهای دیسکی (و بطور مشابه ترمزهای کاسه‌ای) دو لنت که در Brake caliper قرار دارند از دو طرف به دیسک فشار وارد می‌کنند.
2. چون این فشار در حین حرکت دیسک وارد می‌شود باعث ایجاد گرما شده و این گرما باعث می‌شود تا ماده اصطکاکی به رنگ خاکستری درآید.
3. این تغییر رنگ به این معناست که ماده اصطکاکی از لنت جدا شده و به سطح دیسک می‌چسبد.
4. حال دیسک و لنت هر ۲دو به ماده اصطکاکی آغشته‌اند و این تقریبا مؤثر ترین عامل در هنگام ترمزگیری است.

نکته: اگر ماده اصطکاکی نباشد، میزان اثر ترمزگیری حتی به یک پنجم می‌رسد.

مواد لنت

- لنت ترمز در ترمزهای دیسکی بهتر از لنت ترمز در ترمزهای کاسه‌ای عمل می‌کند و همچنین از مقاومت بیشتری در مقابل سایش برخوردار است.
- لنت‌های ترمز بر اساس کاربردشان انواع مختلفی دارند. لنت‌های نرم در خودروهای عادی و لنت‌های بسیار خشن که در مسابقات استفاده می‌شوند.
- لنت خشن‌تر، سایش بیشتری دارد چرا که لنت خشن در دمای بالاتری کار می‌کند و این به معنای بیشترجداشدن ماده اصطکاکی از سطح لنت است.
- البته نکته‌ی مهمی که وجود دارد این است که اگر لنت‌های خشن بر روی یک سیستم ترمز عادی نصب شوند، عمر بالاتری نسبت به لنت‌های نرم دارند.
- پنج خاصیت ماده لنت:

1. مقاومت در برابر سایش در دمای بالا
2. تاثیر آب بر سایش ترمز (به علت شوک حرارتی که آب ایجاد می‌کند، سایش زیادتر می‌شود.)
3. قابلیت بازیابی کارایی در هنگام شوک حرارتی
4. زمان سرویس لنت در مقابل سایش دیسک یا کاسه (اگر لنت در مقابل سایش بسیار قوی باشد، دیسک سایئده می‌شود.)
5. قابلیت ایجاد سایش یکنواخت سطح دیسک یا کاسه

اجسام مالشی

تا حدود ۱۹۳۰ اجسام مصرفی عبارت بودند از چرم، چوب، پنبه و نمد که آنها در فلزاتی از قبیل چدن فولاد یا برنج مصرف می‌نمودند. هر چند این اجسام آلی دارای ضریب مالشی و عمر قابل قبولی بودند ولی در برابر ازدیاد دما و رطوبت و روغن تأثیرپذیری زیادی داشتند. به‌طور کلی دمای بالاتر از $175^{\circ}F$ باعث آسیب آنها می‌شد. چوب پنبه و نمد دارای خاصیت ارتجاعی خوب بودند و برای کارهای سبک مانند چرخ خیاطی و ضبط صوت و... به‌کار می‌روند.

پنبه نسوز

بعد از سال ۱۹۳۰ آزبستوس (سیلیکات کلسیم و منیزیم) با پودر فلزات مخلوط شده و جسم به‌دست آمده دارای سایش کمتر، مقاومت بیشتر در برابر حرارت، ضریب مالش بزرگتر و بالاخره تاثیر کمتر رطوبت و روغن بر روی آن می‌باشد و انواع زیر را دارد:

۱- بافته شده: الیاف آزبست حول رشته سیمهای مس ، برنج، سرب، قلع و... بافته شده و سپس در لاستیک، نوعی ماده آسفالت (مخلوط غیر و ذرات فلزی) پخته‌شده و بعد به مقدار زیادی فشرده می‌شوند. دارای عمر نسبتاً زیاد و خاصیت ارتجاعی کم هستند.

۲- قالب گیری شده: الیاف نسبتاً کوتاه آزبست همراه با پلیمرهای گرما سخت (thermoseting) پخته‌شده و به اشکال گوناگون قالب‌گیری می‌شوند.

۳- ریخته شده با پودر فلزی: تشکیل شده از آزبست و پودر مس یا آهن که با اجسام مصنوعی چسبان مخلوط شده ودر دمای زیاد ذوب شده و با فشار زیاد قالب گیری می‌شوند. وجود پودر فلز برای هدایت حرارتی بهتر است و این نوع برای کارهای سنگین استفاده می‌شود.

۴- بالشتک‌های آلیاژی: از پودر فلزاتی چون مس، قلع، آهن، سیلیسیم، تیتانیوم با اجسامی از قبیل سیلیکات و کاربید و گرافیت درست می‌شود. سایش این نوع کم است و می‌توان آنها را با ضخامت بسیار کم تا ۰٫۰۰۱ اینچ به‌کار برد.

۵- بافته شده کتانی: مانند تسمه از الیاف ساخته می‌شود که به مواد صمغی آغشته و پلیمریزه شده است و در ماشین‌های سنگین به‌کار می‌رود.

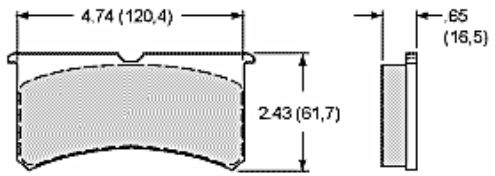
- سال‌های طولانی مهندسان بر این باور بودند که آزبست بهترین ماده برای ترمز خودروهاست چرا که پنج خاصیت ذکر شده را داشت، غافل از اینکه اثرات زیست محیطی آن بسیار مخرب بود
- امروزه با توجه آنچه گفتیم ماده ترمز از یک یا چند دسته ماده زیر ساخته می‌شود:

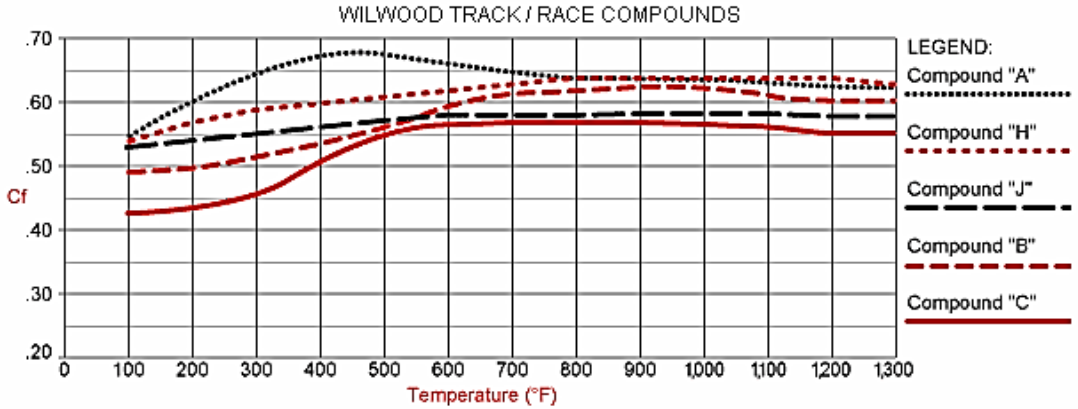
1. **مواد تمام فلزی**: تنها در خودروهای مسابقه‌ای استفاده می‌شود و معمولاً از پودر و براده فولاد پرس‌شده ساخته شده است. این ماده ترمز در هنگام ترمزگیری صدای بسیار زیادی تولید می‌کند و دارای عمر بسیار طولانی است ولی نیازمند سیستم ترمز بسیار قوی و گران قیمت است.
2. **مواد غیر فلزی**: از چسباندن انواع الیاف مصنوعی شیشه ، آرامید ، سلولز و ... ساخته شده. این ماده روی دیسک نرم است و میزان کمی آلایندگی دارد و دارای عمر نسبتاً کوتاهی است.
3. **مواد نیمه فلزی**: از ترکیب مواد فلزی با مواد فلزی که پرس یا چسبانده شده‌اند ساخته شده که عمر بالا و کارایی بهتری داشته و سیستم ترمز قوی‌تری را برای کار کردن نیاز دارد که برای خودروهای گران قیمت و سریع بهترین گزینه است.
4. **مواد سرامیکی**: از ترکیب خاک رس و پورسلین با مس ساخته شده که بهترین گزینه از لحاظ عمر و سایش مناسب برای دیسک است. گرچه، با توجه به اینکه رسانش گرمایی مس بسیار بالا بوده و از طرفی خود مواد سرامیکی عایق حرارتی هستند، هنگامی که ترمزها گرم می‌شوند باعث خمش، ترک و لهیدگی در دیسک ترمز می‌شود. نکته جالب این ترمزها این است که صدای ترمزی که تولید می‌کنند فراتر از حد شنوایی انسان است و به همین خاطر به طرز شگفت آوری در هر دمایی ساکت هستند.

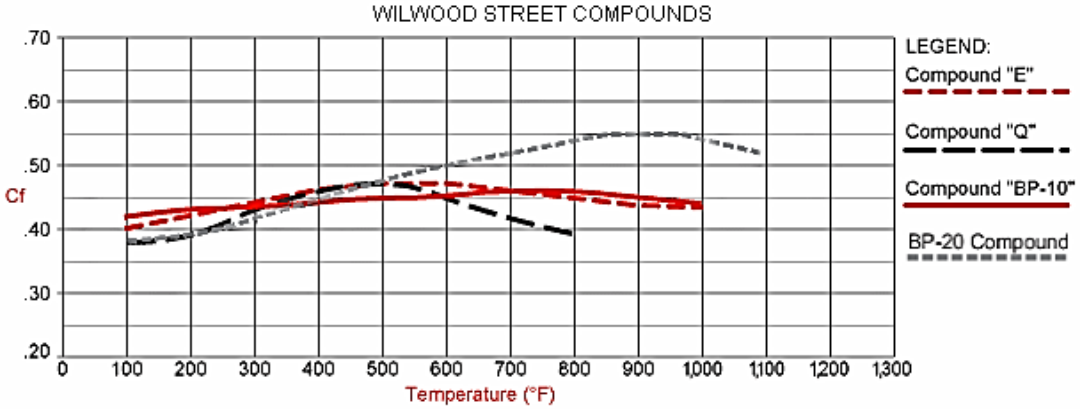
- نکته مهم این است که هر ترمزی با هر دیسکی با هر نوع ماده لنت، هنگامی که داغ می‌شود کارایی خود را از دست می‌دهد که باعث افزایش مسافت ترمزگیری می‌شود.

Brake Fade

- Brake fade عبارت است از کم‌شدن قدرت ترمزی لازم برای متوقف کردن.
- Brake fade هنگام استفاده مکرر و یا مدام ترمز، به‌خصوص در سرعت بالا یا بارگذاری زیاد رخ می‌دهد و این به‌خاطر افزایش دمای بیش از حد ترمز است.
- Brake fade در هر نوع ترمز اصطکاکی روی هر نوع وسیله نقلیه رخ می‌دهد.
- علت اینکه چرا Brake fade رخ می‌دهد فقط به‌خاطر تغییر فاز دادن ماده ترمز است که میزان اصطکاک آن با توجه به دما تغییر کرده (نمودار مقابل)
- نمودار مقابل توسط کمپانی Wilwood برای دو نوع مختلف Brake pad (۹ ماده مختلف) تهیه شده است.
- در دمای بالا ماده ترمزی دچار سایش زیادی می‌شود به‌طوری در برخی خودروهای مسابقه مشاهده شده که یک Brake pad سالم چیزی حدود کمتر از ۵۰۰ کیلومتر عمر دارد.
- این نکته را بدانید که ترمزها در دماهای بسیار پایین هم کاملاً از کار می‌افتند.
- با توجه به آنچه در نمودار هم نشان داده شده بهترین دمای کارکرد ترمزها بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه F ° است. (۱۵۰ تا ۳۷۰ درجه سانتی‌گراد)







ازدیاد دما:

- روابط زیر مدل خنک‌کاری نیوتن را نشان می‌دهند:

$$\Delta T = \frac{E}{C_p m}$$

ΔT = temperature rise, °C

C_p = specific heat capacity; use 500 J/kg · °C for steel or cast iron

m = mass of clutch or brake parts, kg

$$\frac{T - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{\hbar_{CR} A}{m C_p} t\right)$$

T = temperature at time t, °C

T_1 = initial temperature, °C

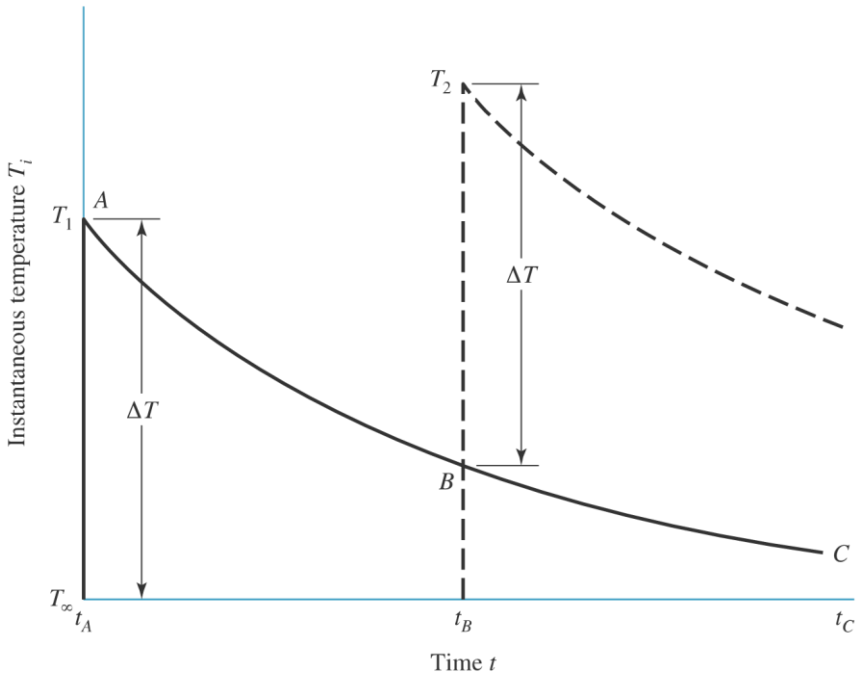
T_∞ = environmental temperature, °C

$\hbar_{CR}$ = overall coefficient of heat transfer, J/m^2.s.°C

A = lateral surface area m^2

m = mass of the object, kg

C_p = specific heat capacity of the object J/m^2.s.°C



$$H_{loss} = \hbar_{CR} A (T - T_\infty) = (h_r + f_v h_c) A (T - T_\infty)$$

H_{loss} = rate of energy loss, J/s

$\hbar_{CR}$ = overall coefficient of heat transfer, J/m^2.s.°C

h_r = radiation component of $\hbar_{CR}$,

h_c = convective component of $\hbar_{CR}$,

f_v = ventilation factor,

T = disk temperature, °C

خواص مواد اصطکاکی

- جدول زیر خواص برخی مواد اصطکاکی که برای ترمز و کلاچ استفاده می‌شود را نشان داده:

Material	Friction Coefficient f	Maximum Pressure p_{max}, psi	Maximum Temperature Instantaneous, °F	Maximum Temperature Continuous, °F	Maximum Velocity V_{max}, ft/min	Applications
Cermet	0.32	150	1500	750		Brakes and clutches
Sintered metal (dry)	0.29–0.33	300–400	930–1020	570–660	3600	Clutches and caliper disk brakes
Sintered metal (wet)	0.06–0.08	500	930	570	3600	Clutches
Rigid molded asbestos (dry)	0.35–0.41	100	660–750	350	3600	Drum brakes and clutches
Rigid molded asbestos (wet)	0.06	300	660	350	3600	Industrial clutches
Rigid molded asbestos pads	0.31–0.49	750	930–1380	440–660	4800	Disk brakes
Rigid molded nonasbestos	0.33–0.63	100–150		500–750	4800–7500	Clutches and brakes
Semirigid molded asbestos	0.37–0.41	100	660	300	3600	Clutches and brakes
Flexible molded asbestos	0.39–0.45	100	660–750	300–350	3600	Clutches and brakes
Wound asbestos yarn and wire	0.38	100	660	300	3600	Vehicle clutches
Woven asbestos yarn and wire	0.38	100	500	260	3600	Industrial clutches and brakes
Woven cotton	0.47	100	230	170	3600	Industrial clutches and brakes
Resilient paper (wet)	0.09–0.15	400	300		$PV < 500\ 000$ psi · ft/min	Clutches and transmission bands

هواگیری ترمز (Brake bleeding)

- می‌دانیم مایعات تراکم‌پذیری بسیار کمی دارند در حالی که گازها بسیار تراکم‌پذیر هستند.
- چون سیستم‌های ترمز هیدرولیکی از مایعات تراکم ناپذیر برای ترمزگیری استفاده می‌کنند، وجود هر میزان هوا در این سیستم موجب ناکارآمدی کامل این سیستم می‌شوند.
- برای جلوگیری از این ایراد بایستی خطوط یا لوله‌های ترمز هواگیری شوند. این عملیات بعد از هر بار بازشدن و تعمیر سیستم ترمز بایستی اجرا شود.
- برای هواگیری ۴ روش وجود دارد:

1) **روش پمپ کردن و نگه داشتن:** پدال ترمز را فشار داده در حالی که پیچ هواگیری هر چرخ را جداگانه باز کرده تا هوا از آن خارج شود. سپس قبل از آن که پدال رها شود پیچ هواگیری را می‌بندیم.
2) **روش خلأ:** یک پمپ خلأ را به ولو هواگیری متصل می‌کنیم و تا زمانی حباب ها کاملا از سیستم خارج شوند پمپ را قطع نمی‌کنیم.
3) **روش فشار:** این روش برعکس روش خلأ است بطوری که یک پمپ فشار را به Master cylinder متصل می‌کنیم تا سیستم تحت فشار قرار گیرد و این کار را تا زمانی که حباب‌ها خارج شوند ادامه می‌دهیم.
4) **روش برعکس:** در این روش برعکس روش‌های دیگر، مایع ترمز را توسط یک پمپ از طریق ولو هواگیری وارد سیستم می‌کنیم. اتفاقی که رخ می‌دهد این است که هوا چون سبک‌تر از مایع ترمز است بروی سطح مایع میرسد و خارج می‌شود.

- در هر خودرو، هر۴ روش قابل استفاده است ولی درهر روش، باید هواگیری را از چرخی شروع کنیم که از Master cylinder بیشترین فاصله را دارد.

عملکرد ترمز

معادله زیر یک رابطه کلی برای تعیین میزان کارایی ترمز است که از قوانین نیوتن بدست آمده است:

$$M a_x = -\frac{W}{g} D_x = -F_{xf} - F_{xr} - D_A - W \sin\Theta$$

W = Vehicle weight
g = Gravitational acceleration
$D_x = -a_x$ = Linear deceleration
F_{xf} = Front axle braking force
F_{xr} = Rear axle braking force
D_A = Aerodynamic drag
Θ = Uphill grade

- در رابطه بالا نیروی ترمزی محور جلو و عقب خودرو، با توجه به فاکتورهایی مانند میزان گشتاور ترمز چرخ‌ها، اصطکاک یاتاقان‌ها و ... به‌دست آمده است.

برای به‌دست آوردن دقیق‌ترین داده‌ها، آنالیز یک به یک اجزاء لازم است.

کاهش سرعت ثابت

در حالت ایده‌الی که تمام اجزای خودرو در بهینه ترین حالت و به‌طور ثابت به عملکرد خود در حین ترمزگیری ادامه دهند رابطه زیر برای کاهش سرعت خودرو صادق خواهد بود:

$$D_x = \frac{F_{xt}}{M} = -\frac{dV}{dt}$$

F_{xt} = The total of all longitudinal deceleration forces on the vehicle (+)
V = Forward velocity

می‌توان این رابطه را به فرم انتگرالی هم نوشت:

$$\int_{V_o}^{V_f} dV = -\frac{F_{xt}}{M}\int_0^{t_s} dt \longrightarrow V_o - V_f = \frac{F_{xt}}{M} t_s$$

t_s = Time for the velocity change

انرژی و توان ترمز

دو رابطه زیر میزان توان و انرژی که ترمزها جذب می‌کنند را نشان می‌دهند:

$$\text{Energy} = \frac{M}{2}(V_o^2 - V_f^2) \qquad \text{Power} = \frac{M}{2}\frac{V_o^2}{t_s}$$

تناسب ترمز(Brake Proportioning)

کاهش سرعت در خودرو با اعمال نیروی ترمزی امکان پذیر می‌شود ولی میزان اعمال نیروی ترمز تا جایی مؤثر خواهد بود که ترمز، چرخ‌ها قفل نکند، چراکه هنگام قفل شدن چرخ‌ها، قابلیت فرمان‌دهی از دست می‌رود و مسافت ترمزگیری به علت لیز خوردن تایرها روی سطح آسفالت، بیشتر می‌شود.

برای اینکه بتوانیم تا حدودی از قفل شدن چرخ‌ها جلوگیری کنیم، بایستی میزان نیروی ترمزی روی محور جلو و عقب به نحوی تنظیم شده باشد که چرخ‌ها در هنگام ترمزگیری بیشترین میزان Traction را داشته باشند.

بنابراین برای ترمزگیری و کاهش سرعت D_X داریم:

$$W_f = \frac{c}{L} W + \frac{h}{L}\frac{W}{g} D_x = W_{fs} + W_d$$

$$W_r = \frac{b}{L} W - \frac{h}{L}\frac{W}{g} D_x = W_{rs} - W_d$$

W_{fs} = Front axle static load

W_{rs} = Rear axle static load

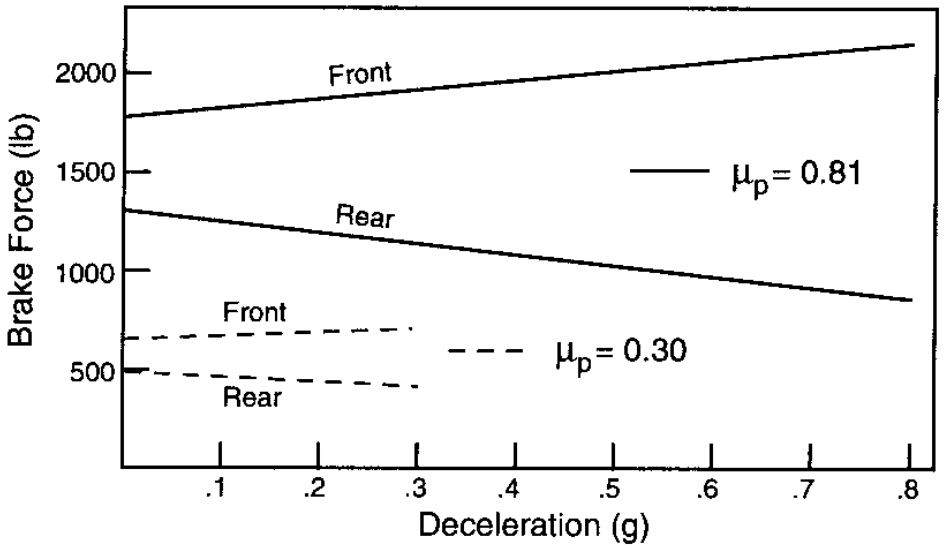
$W_d = (h/L)\,(W/g)\,D_x$ = Dynamic load transfer

میزان بیشترین نیروی ترمزی محور جلو و عقب از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_{xmf} = \mu_p W_f = \mu_p \left(W_{fs} + \frac{h}{L}\frac{W}{g} D_x\right) \rightarrow D_x = \frac{(F_{xmf} + F_{xr})}{M}$$

$$F_{xmr} = \mu_p W_r = \mu_p \left(W_{rs} - \frac{h}{L}\frac{W}{g} D_x\right) \rightarrow D_x = \frac{(F_{xmr} + F_{xf})}{M}$$

μ_p = Peak coefficient of friction

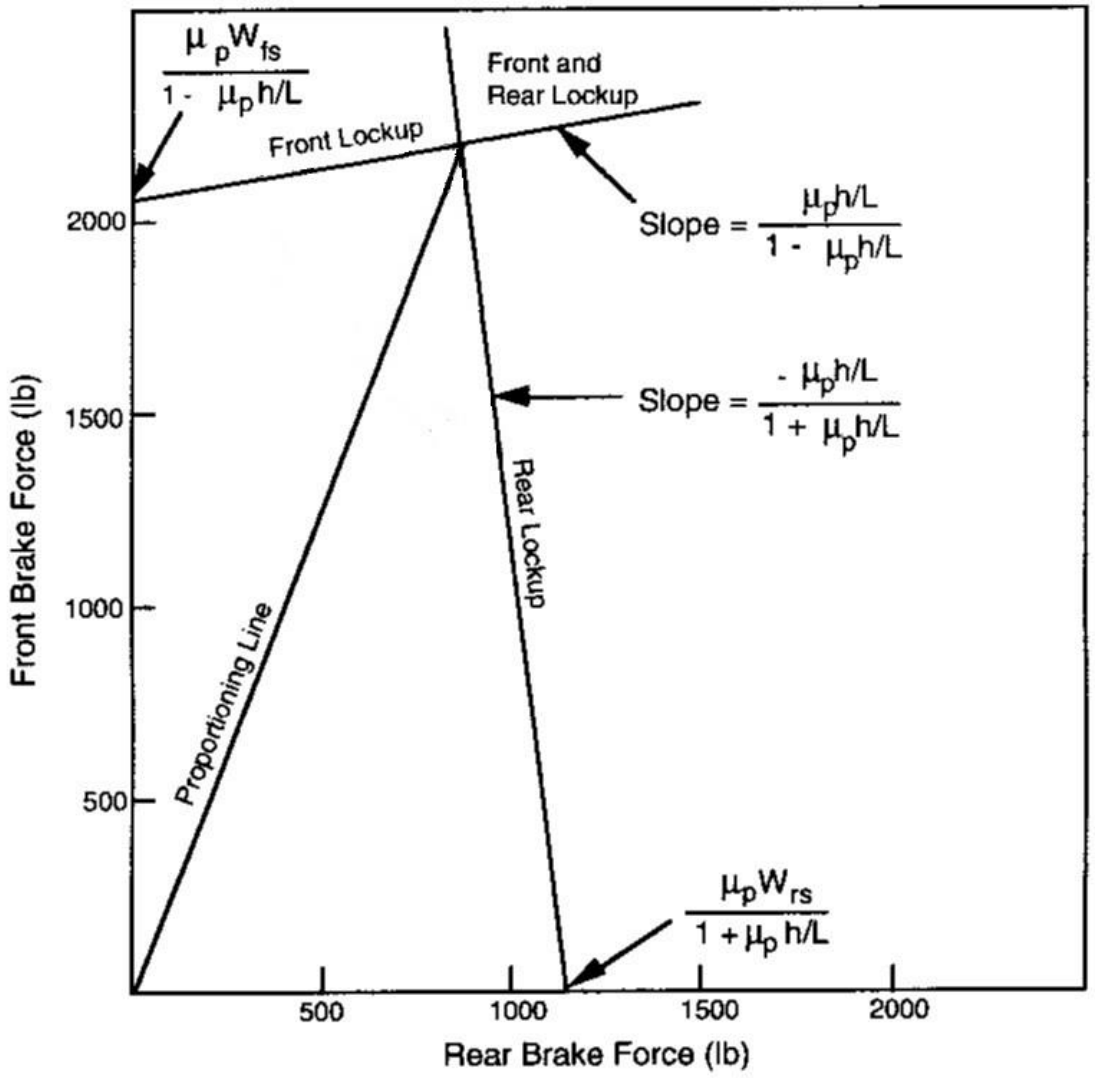


با جاگذاری کردن D_X در رابطه قبل:

$$F_{xmf} = \frac{\mu_p (W_{fs} + \frac{h}{L} F_{xr})}{1 - \mu_p \frac{h}{L}}$$

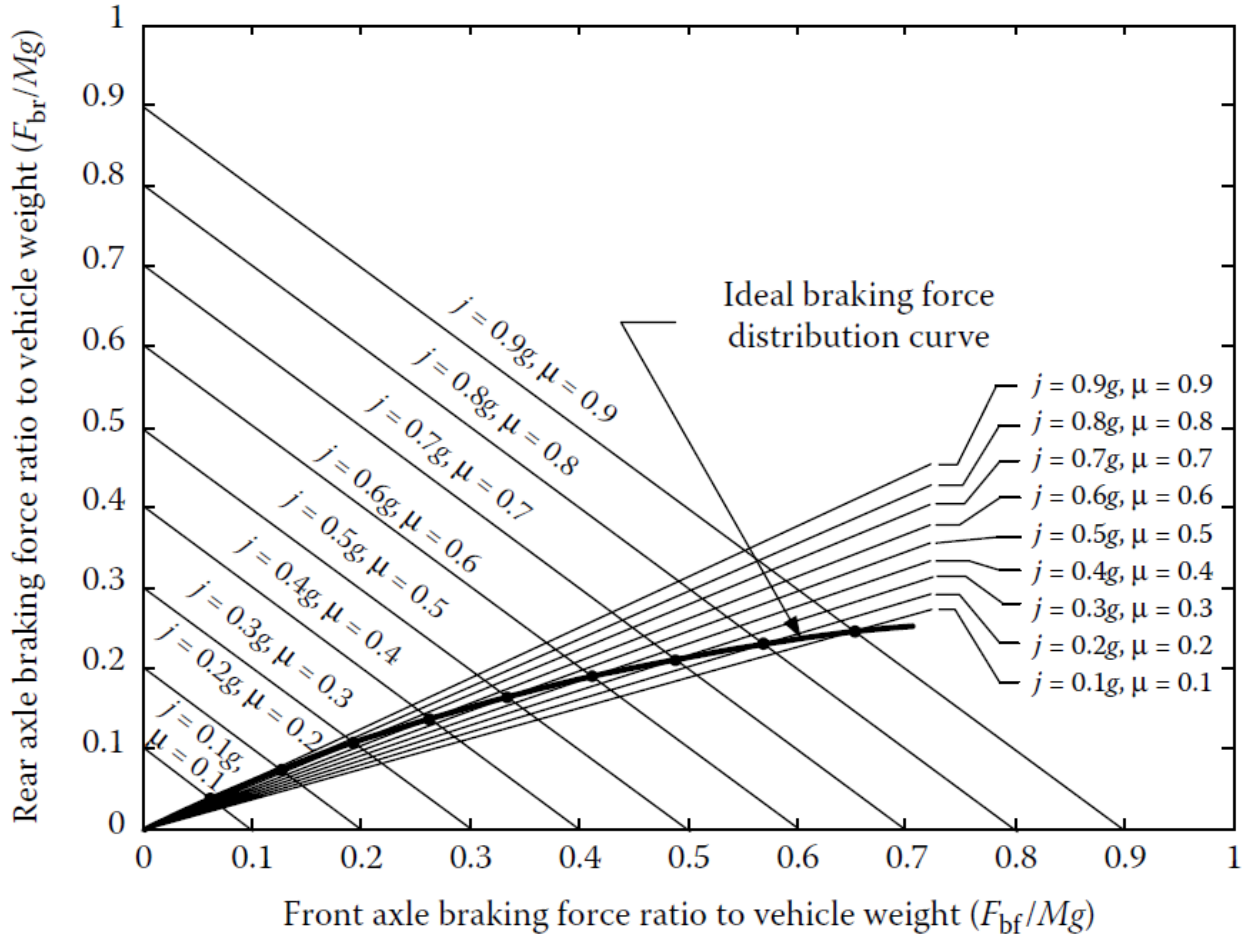
$$F_{xmr} = \frac{\mu_p (W_{rs} - \frac{h}{L} F_{xf})}{1 + \mu_p \frac{h}{L}}$$

در نمودار مقابل محور افقی نشان دهنده نیروی ترمز عقب و محور عمودی نشان دهنده نیروی ترمز جلو است و معمولاً نیروی ترمزی با میزان فشار ترمز متناسب است.



Maximum braking forces on the front and rear axles

$$|j_{max}|_{\mu} = \frac{F_{bf\text{-}max} + F_{br\text{-}max}}{M} = \frac{(W_f + W_r)\mu}{M} = g\mu.$$



در نمودار مقابل، برای هر شتاب منفی j=a، و با فرض خطی بودن عملکرد ترمز، خطوط مورب با شیب منفی حاصل می‌شود. برای هر مقدار شتاب j، خطوط منحنی ایده ال توزیع نیروی ترمزی که از اتصال نقاط حاصل از تقاطع j با خطوط تناسب را می‌توان رسم نمود. تقاطع دو خط مورب نقطه بهینه طراحی برای آن مقدار شتاب است. با متصل نمودن نقاط بهینه طراحی، منحنی ایده‌آل توزع نیروی ترمزی حاصل می‌گردد.

مسافت ترمزگیری (Braking distance)

- مسافت ترمزگیری (نظری) را می‌توان از کاری که برای متوقف کردن خودرو لازم است انجام شود، به‌صورت زیر به‌دست آورد:

انرژی جنبشی را از فرمول زیر داریم:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

کاری که توسط ترمز انجام می‌شود از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$W = \mu mgd,$$

برای به‌دست آوردن d (مسافت ترمزگیری)کافی است $W=E$ قرار دهیم:

$$d = \frac{v^2}{2\mu g}$$

همچنین بیشترین سرعت خودرو برای مسافت داده شده هم از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$v = \sqrt{2\mu g d}$$

- البته در عمل مسافت ترمزگیری به عکس‌العمل راننده بستگی دارد، پس باید مسافتی که راننده از خودش عکس‌العمل نشان می‌دهد را اضافه کرد:

$$D_{total} = D_{p-r} + D_{braking} = vt_{p-r} + \frac{v^2}{2\mu g}$$

در روابط فوق ضریب اصطکاک μ با توجه به نوع تایر، سطح جاده، نوع ترمزگیری و ... تعیین می‌شود ولی عموماً برای اکثر شرایط $\mu=0.7$ *to* 1.0 است.

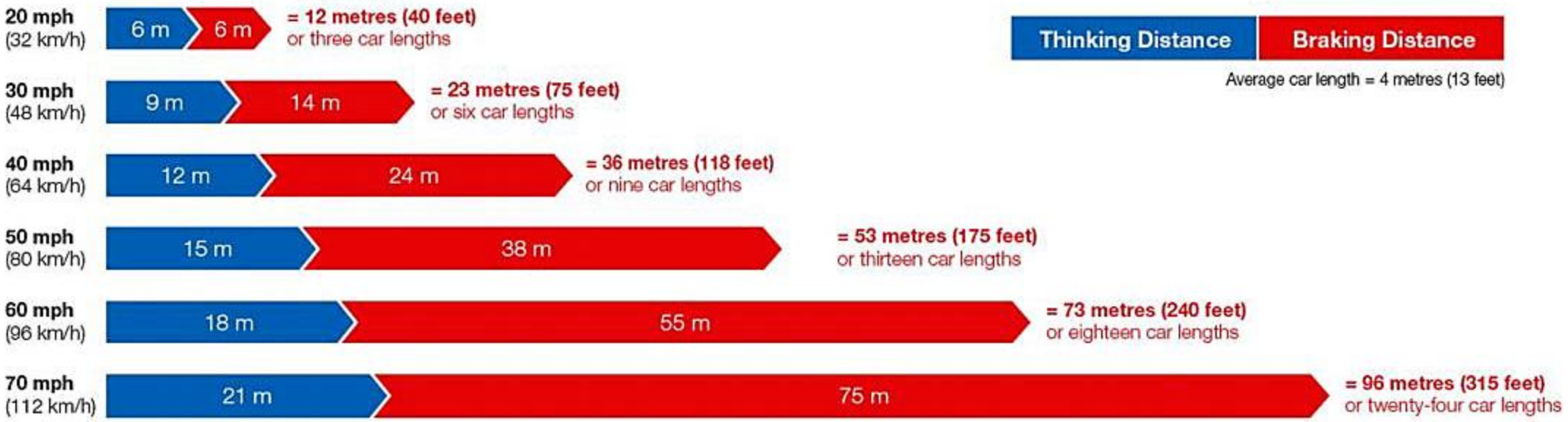
عکس‌العمل راننده (t_{p-r}) نیز از حالت هوشیار تا حالت راحت برابر 0.75 s تا 2.5 s است.

جدول زیر ضرایب اصطکاک جاده‌های مختلف را نشان می‌دهد

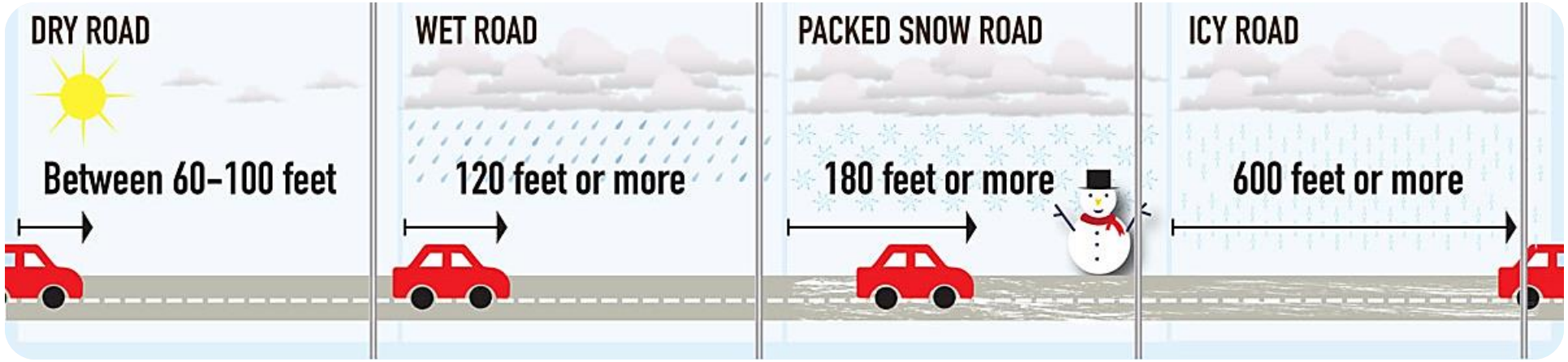
Average Values of Tractive Effort Coefficient on Various Roads

Surface	Peaking Values, μ_p	Slipping Values, μ_s
Asphalt and concrete (dry)	0.8–0.9	0.75
Concrete (wet)	0.8	0.7
Asphalt (wet)	0.5–0.7	0.45–0.6
Gravel	0.6	0.55
Earth road (dry)	0.68	0.65
Earth road (wet)	0.55	0.4–0.5
Snow (hard packed)	0.2	0.15
Ice	0.1	0.07

- در نمودار زیر مسافت ترمزگیری با توجه به سرعت خودرو و با زمان عکس العمل مساوی راننده نمایش داده شده است: (باشد تا پند گیرید)

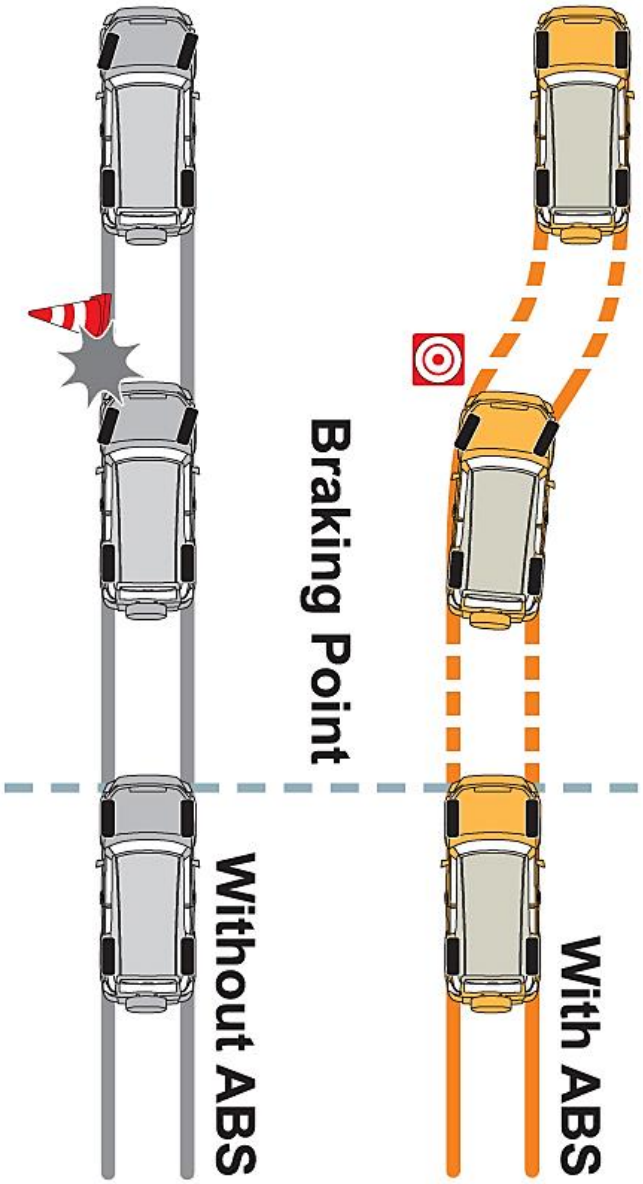


- نمودار زیر مسافت ترمزگیری را در سرعت ۳۵ مایل بر ساعت و با زمان عکس‌العمل مساوی در شرایط مختلف جاده‌ای را نشان می‌دهد:



Anti-lock Braking System

- ایده اصلی ترمز ضد قفل نخستین بار در سال ۱۹۰۵ برای سیستم ترمز قطارهای آمریکایی معرفی شد. در سال ۱۹۲۰ فرانسوی از این سیستم برای جلوگیری از ترکیدن تایر هواپیما به هنگام فرود آمدن استفاده کردند.
- سر انجام در سال ۱۹۲۸ کمپانی Bosch طرح اولیه و ثبت اختراع این سیستم را به نام خودش ثبت کرد ولی اقدامی برای ساخت آن نکرد.
- سر انجام، اولین سیستم کارآمد و آماده برای تولید در سال ۱۹۵۸ توسط کمپانی Dunlop تولید شد و در هر سه صنعت هواپیمایی و راه آهن و خودرو مورد استفاده قرار گرفت. این سیستم قادر بود مسافت ترمز را در یخ و باران تا ۳۰ درصد نسبت به سیستم‌های عادی کاهش دهد.
- ترمز ضد قفل (ABS) یک سیستم ایمنی برای ترمز در خودروها است که مانع قفل شدن چرخ‌های خودرو در هنگام ترمزگیری توسط راننده می‌شود.
- مزیت اصلی این سیستم این است که در خودروی فاقد این سیستم در هنگام ترمزگیری شدید، چرخ قفل شده و دچار لغزش در خط صافِ مماس بر مسیر شده و قابلیت فرماندپذیری ندارد ولی این سیستم با ۱۶ بار قطع و وصل کردن ترمز در ثانیه، به چرخ اجازه غلتش می‌دهد و همین قابلیت فرماندپذیری را به خودرو برمی‌گرداند.



اجزای ترمز ABS

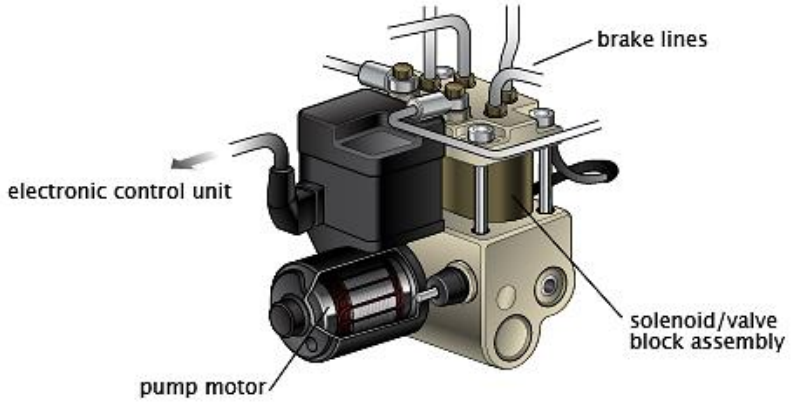
این سیستم ۴ عضو اصلی دارد:

Speed sensor

سنسور سرعت

برای هر چرخ یک سنسور مجزا تعبیه شده تا میزان افزایش یا کاهش سرعت هر چرخ سنجیده شود.

این سنسورها به این صورت کار می‌کنند که با چرخش چرخ‌ها، در آنها میدان مغناطیسی ایجاد شده و از این طریق سرعت هر چرخ را به واحد کنترل اعلام می‌کند.



ولو کنترل هر چرخ

برای لوله ترمز هر چرخ یک ولو تعبیه شده. این ولوها معمولاً ۳ موقعیت دارند:

موقعیت اول: ولو باز است و تمام فشار از Master Cylinder به ترمز می‌رسد.

موقعیت دوم: ولو بسته است و ترمز مورد نظر بطور کامل ایزوله می‌شود، یعنی هیچ فشاری ندارد. (در این حالت ABS جلوی خطای راننده را می‌گیرد.)

موقعیت سوم: ولو نیمه باز است و مقداری از فشار ترمز را رها می‌کند.

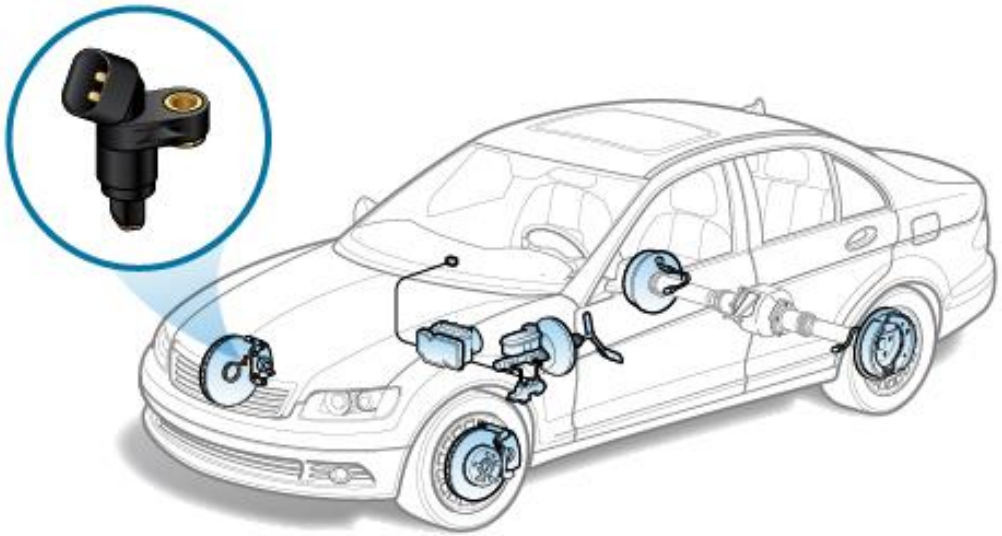
پمپ

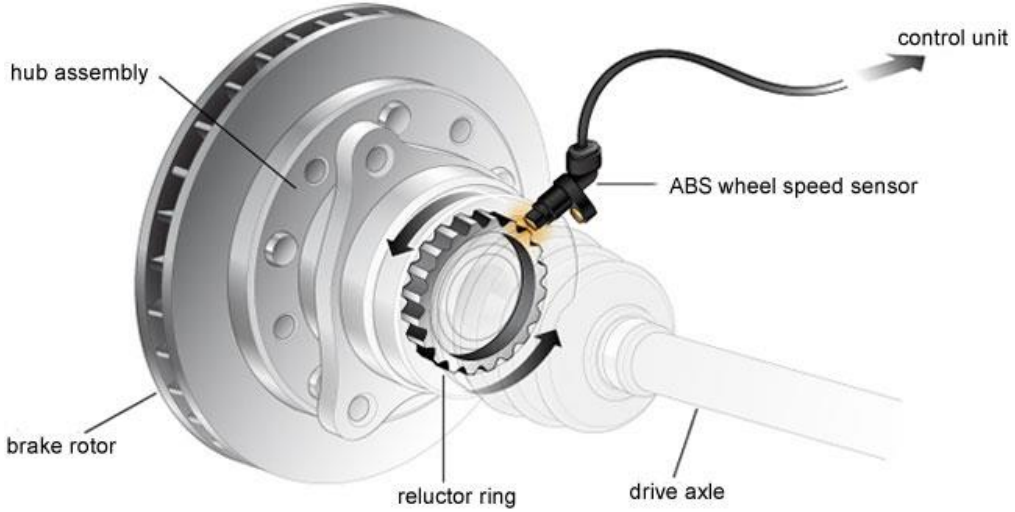
کار این پمپ در واقع بازیابی مقدار مورد نیاز فشار ترمز برای ترمزگیری هر چه قوی‌تر است. در واقع این پمپ ترمز چرخ را در آستانه لغزش نگه می‌دارد.

واحد کنترل

یا همان واحد ECU سرعت هر چرخ را مانیتور کرده و اگر چرخی تغییر سرعت ناگهانی داشته باشد مدول ABS را فعال کرده که باعث باز و بسته شدن ولوها می‌شود.

طرز کار ترمز ABS

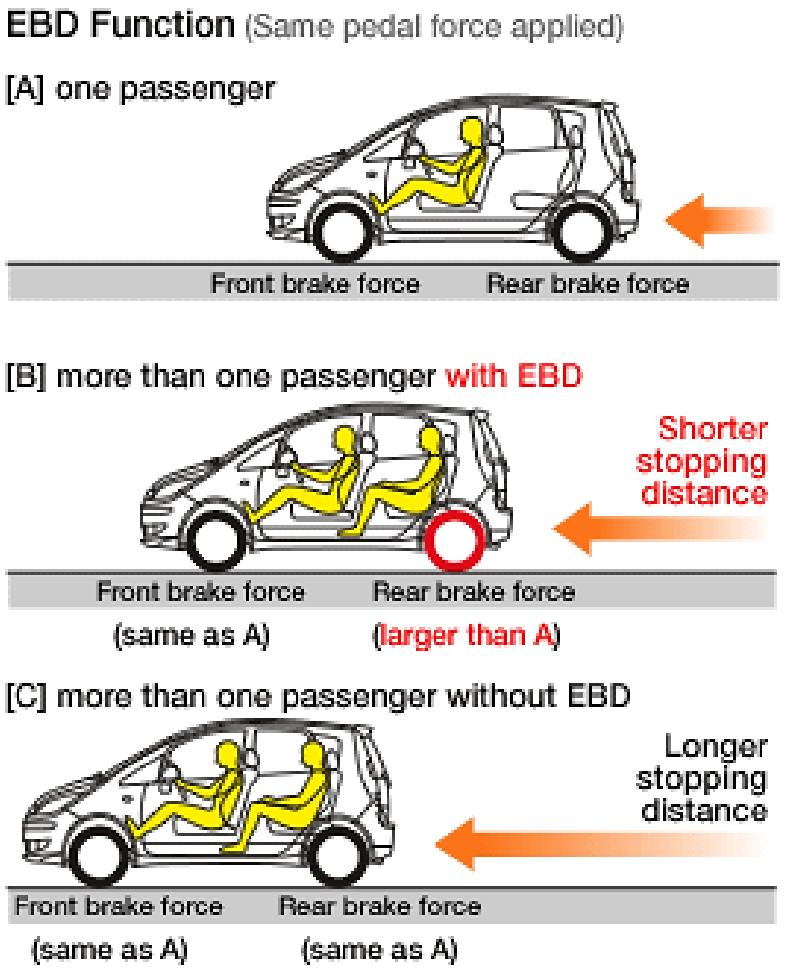




1. در سیستم ABS، چرخ‌ها به سنسورهایی جهت سنجش سرعتشان مجهز می‌شوند.
2. در حالت غلتش چرخ‌های خودرو،سرعت تقریباً مساوی دارند. (سرعت زاویه‌ای چرخ‌ها تنها هنگام حرکت مستقیم آن هم به شرطی که شعاع تایرها یکسان باشد مساوی خواهد بود.)
3. حال به هنگام ترمزگیری شدید، عموماً چرخ‌های جلو دچار لغزش کامل می‌شوند (به اصطلاح قفل می‌کنند) یعنی سرعت زاویه‌ای آنها به طور ناگهانی صفر می‌شود.
4. سنسورها نیز این تغییر سرعت ناگهانی در چرخ‌ها را به واحد کنترل ABS ارسال می‌کند.
5. واحد کنترل با بررسی سرعت چرخ‌ها، فرمان‌هایی را برای کم‌کردن فشار از روی سیلندر ترمزِ آن چرخ ارسال می‌کند تا چرخ بتواند دوباره به چرخش درآید.
6. با آزاد شدن چرخ فشار سیال ترمز دوباره به حالت عادی باز خواهد گشت.

- اگر این سیستم در خودرویی نبود، راننده بایستی به هنگام قفل شدن چرخ‌ها، فشار روی پدال را به سرعت، کم و زیاد کند تا بتواند چرخ را از حالت قفل شدن خارج کند.
- راننده به هنگام به کار افتادن ABS، لرزش در یزر پای خود حس می‌کند که این به‌علت باز و بسته شدن سریع ولو پمپ ترمز است. همانطور که اشاره شد این سیستم می‌تواند تا ۱۶ بار در ثانیه ، ولو را باز و بسته کند.

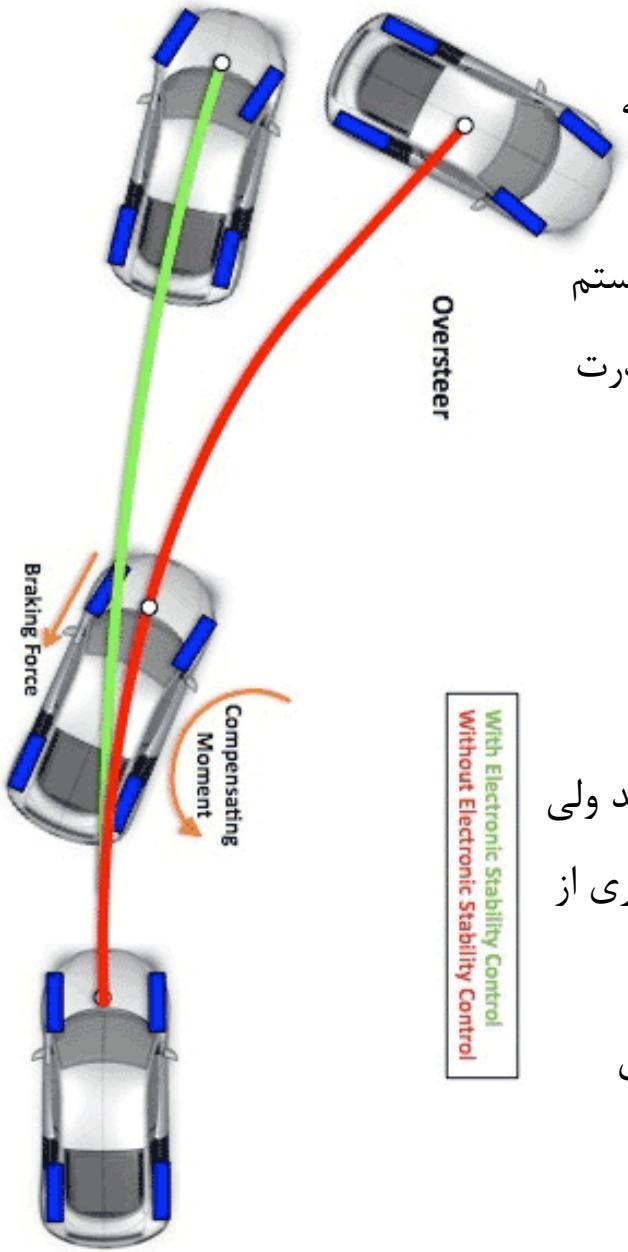
Electronic Brake-force Distribution (EBD)

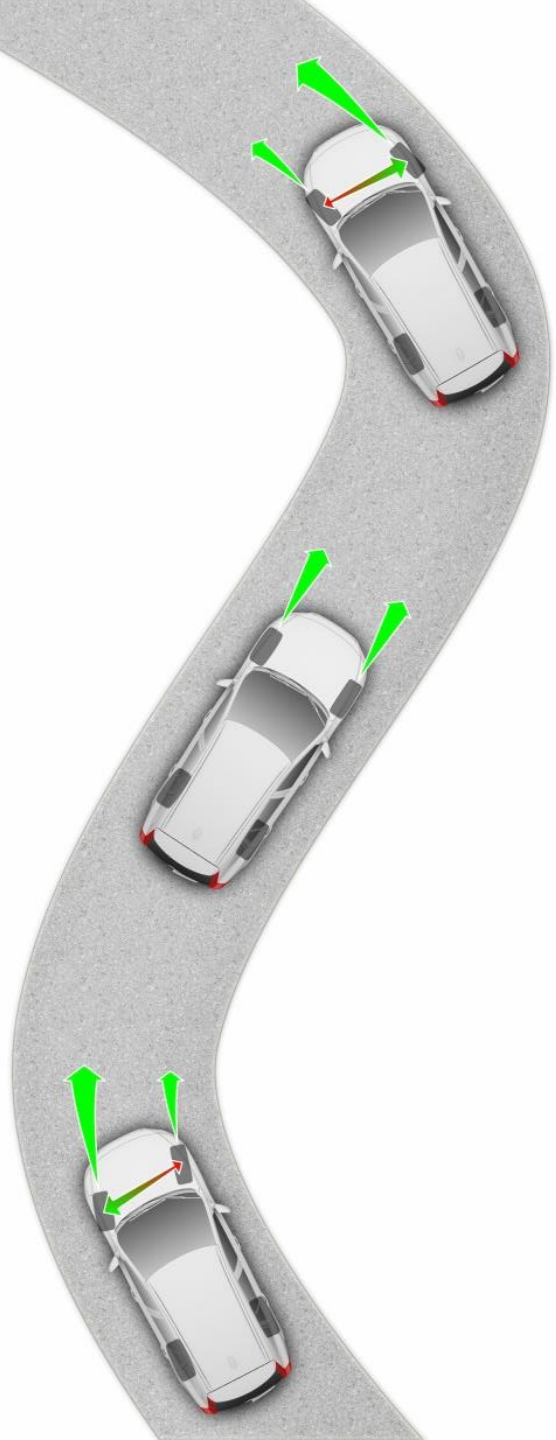


- EBD در واقع تکنولوژی ترمز در خودرو است که میزان نیروی ترمزی روی هر چرخ را متناسب با شرایط و عوامل درگیر با آن چرخ تعیین می‌کند.
- نیروی ترمزی برای هر چرخ با توجه به سطح جاده، سرعت هرچرخ، بارگذاری روی هر چرخ ، میزان باد تایر و ... تعیین می‌شود.
- اگر خودرویی مجهز به این سیستم باشد، همیشه با سیستم ABS همراه می‌شود.
- این سیستم به مقدار زیادی مسافت ترمزگیری را کم می‌کند و همچنین گشتاور لازم بروی هر چرخ را برای اینکه خودرو بتواند در خط مستقیم و بدون انحراف ترمز بگیرد، فراهم می‌سازد.
- شاید بزرگترین نقش این سیستم هنگام بارگذاری سنگین خودرو نمایان شود.
- همانطور که در شکل مقابل می‌بینیم، خودرویی که بارگذاری کامل دارد، به هنگام ترمز گیری از آن جهت که تمام وزنش به سمت جلو تمایل پیدا می‌کند در نتیجه در همین حین بار روی چرخ‌های عقب کم می‌شود، این سیستم با بیشتر کردن نیروی ترمز چرخ‌های عقب و همچنین زودتر درگیر کردن آنها، باعث ایجاد تعادل وزن در تمامی چرخ‌های جلو و عقب خودرو شده و مسافت ترمزگیری را به شدت کاهش می‌دهد.

Electronic Stability Control

- این سیستم با نام‌های Electronic Stability Program (ESP) و Dynamic Stability Control (DSC) هم شناخته می‌شود که در واقع تکنولوژی کامپیوتری است که به حفظ تعادل طولی و عرضی خودرو کمک می‌کند.
- این سیستم کار خود را با تشخیص دادن و سپس کاهش دادن لغزش در هر یک چرخ‌ها انجام می‌دهد، به طور مثال سیستم ESC در هنگامی که فرمان دادن از دست می‌رود، با اعمال کردن نیروی ترمزی به هر یک از چرخ‌ها (بطور جداگانه)، قدرت فرمان‌دهی را به خودرو باز می‌گرداند.
- این سیستم به هنگام Oversteer چرخ بیرونی جلوئی و به هنگام Understeer چرخ داخلی عقبی را ترمز می‌زند.
- برخی سیستم‌ها با محدود کردن powertrain خودرو از لغزش اضافی چرخ‌ها جلوگیری می‌کنند.
- با توجه به آماری که IIHS و NHTSA اعلام کرده‌اند، این سیستم ۳۰ درصد از تصادفات مرگبار را کاهش داده است.
- ایده ساخت این سیستم در دهه ۸۰ توسط کمپانی‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفت و حتی چند سیستم ساخته شد ولی بهترین و کارآمد ترین سیستم در سال ۱۹۹۲ توسط کمپانی Bosch و BMW طراخی و ساخته شد که امروزه در بسیاری از خودروها استفاده می‌شوند.
- البته این نیز باید گفته شود که کمپانی Bosch از سال ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۲ با کمپانی Mercedes-Benz روی تعادل عرضی مطالعاتی را انجام داد که منجر به ساخت نمونه اولیه هم شد ولی اتمام کار با کمپانی BMW انجام شد.
- برای کارآمدی این سیستم آزمونی تحت عنوان Moose Test (تست گوزن) انجام می‌شود.



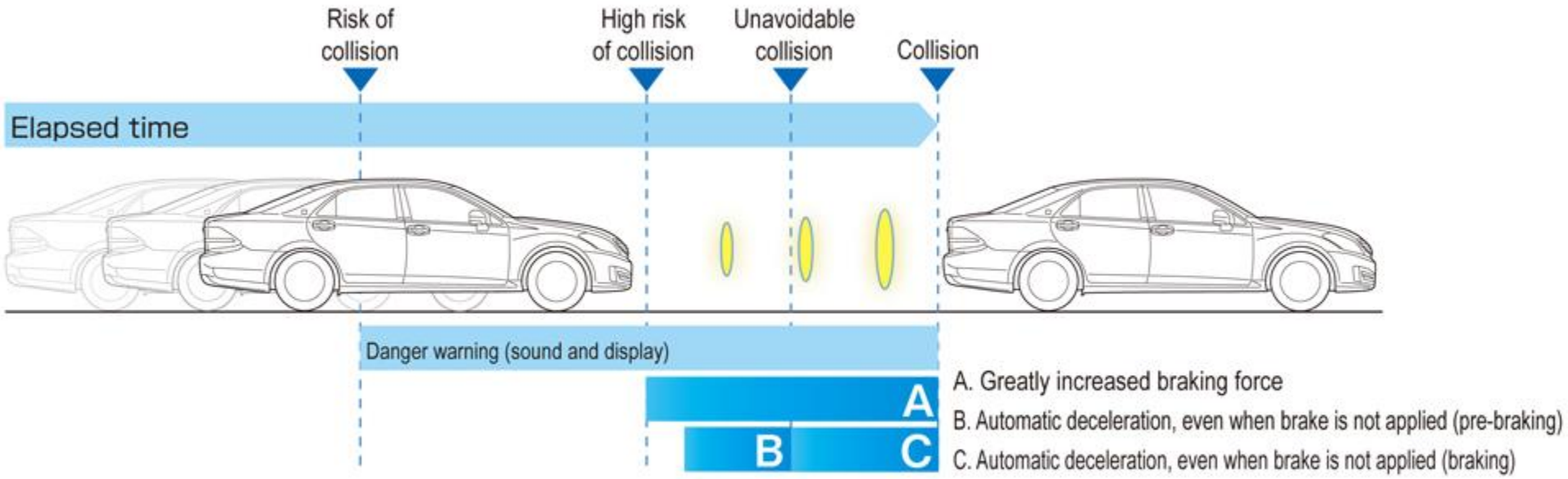


Traction Control System

- سیستم TCS عموماً (نه لزوماً) به عنوان یک عملگر ثانویه در کنار سیستم ESC کاربرد دارد.البته این سیستم برای کارآمد بودن نیاز به سیستم ABS دارد.
- این سیستم طراحی شده تا بتواند از فقدان Traction جلوگیری کند.
- سیستم TCS هنگامی شروع به کار می‌کند که میزان گشتاور تولید شده توسط موتور با میزان گشتاور چرخ‌ها با سطح جاده متناسب نباشد.
- این سیستم کار خود را به یک یا چند حالت زیر انجام می‌دهد:
  - کمبود یا ازدیاد گشتاور با ترمز گرفتن یا افزایش گشتاور روی یک یا چند چرخ اعمال می‌شود.
  - میزان فعالیت شمع‌های روی یک یا چند سیلندر را محدود یا اضافه می‌کند.
  - میزان سوخت ورودی به یک یا چند سیلندر را کاهش یا افرایش می‌دهد.
  - دریچه گاز خودرو را کنترل می‌کند.
  - در خودروهایی که دارای Turbocharger یا Supercharger هستند، فشار Boost را کنترل می‌کند.
- ایده اولیه برای ساخت این سیستم با توجه به عملکرد سیستم Limited Slip Differential و ارتقاً آن بود که قبلاً تنها در خودروهای محرک عقب استفاده می‌شد.
- این سیستم در سال ۱۹۷۱ بطور انحصاری توسط کمپانی Buick اختراع و تولید شد و سپس در سال ۱۹۷۹ کمپانی Cadillac نیز سیستمی با عملکرد مشابه را به صنعت ارائه داد.

Collision avoidance system

- همانطور که از نام این سیستم پیداست، کار آن جلوگیری از برخورد خودرو با موانع است و این سیستم لازمه خودروهای Autonomous است.
- سیستم CAS اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط تیم مهندسی Hughes در کالیفرنیای آمریکا طراحی شد و با کمک کمپانی Delco و GM به تولید انبوه رسید و از آن پس بسیاری از کمپانی‌ها نیز سیستم انحصاری خود را توسعه دادند.
- این سیستم طبق دستور دولت آمریکا و اتحادیه اروپا بایستی تا سال ۲۰۲۲ بر روی تمامی خودروهای سبک و سنگین نصب شود، چراکه این سیستم طبق آماری که NHTSA تهیه کرده، قادر است سالانه بیش از ۲۸ هزار تصادف و ۱۲ هزار جراحت مربوط به تصادفات رانندگی را جلوگیری کند.
- این سیستم کار خود را با استفاده از دوربین جلوی خودرو ، سنسورهای مادون قرمز و سونار و در نهایت پردازش کردن تصویر دریافتی انجام می‌دهد.
- در سال ۲۰۱۶ حمله تروریستی در برلین آلمان که با یک کامیون Scania مجهز به همین سیستم انجام شد، تنها ۱۲ کشته داد و با ترمز گرفتن کامیون ناکام ماند، ولی در حمله مشابهی که در شهر نیس فرانسه با یک کامیون Renault فاقد این سیستم انجام شد، ۸۶ نفر را کشت.

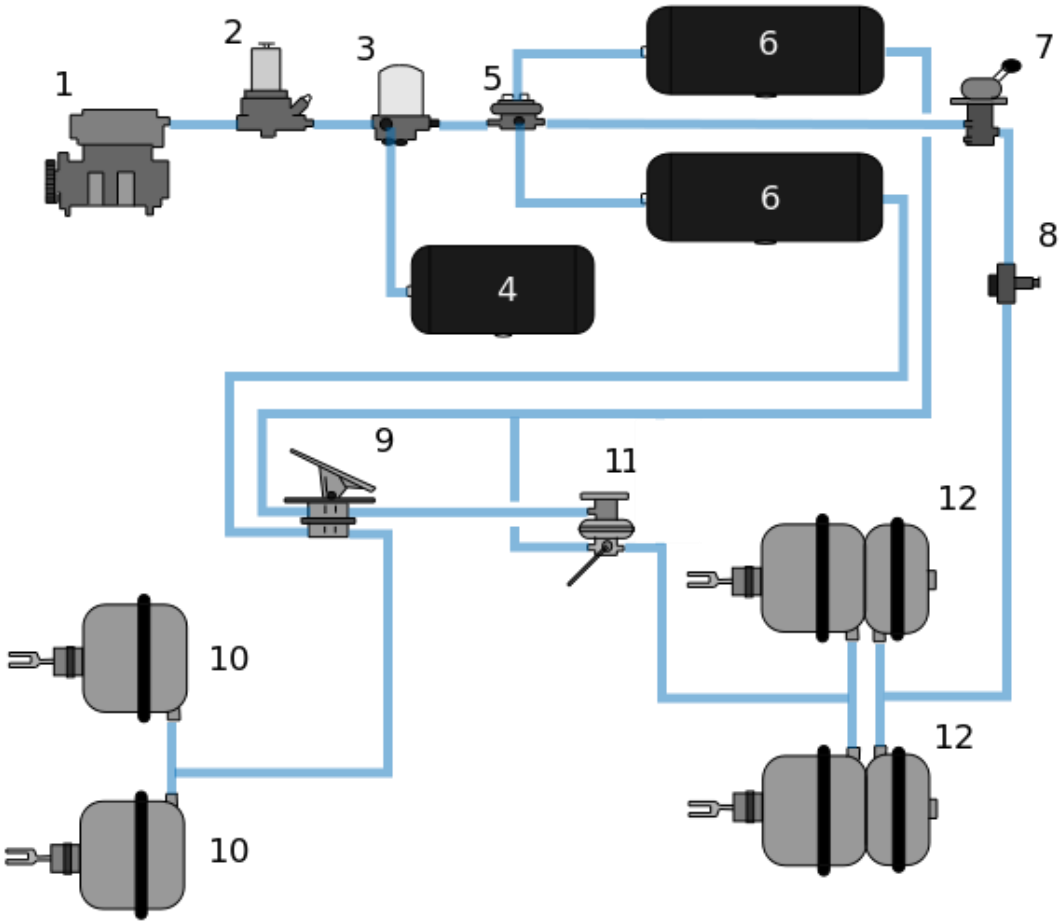


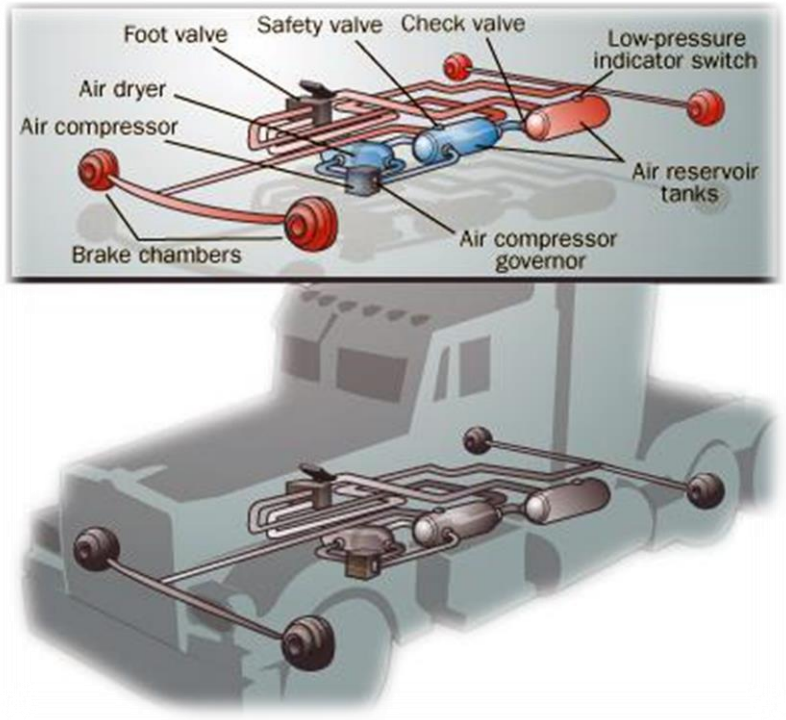
Compressed Air Brake System

- این سیستم اولین بار توسط کمپانی Westinghouse در سال ۱۸۷۲طراحی و ساخته شد.
- این سیستم ابتدا در قطارها استفاده می‌شد و سپس در ابتدای قرن بیستم راه خود را به خودروها و ماشین آلات سنگین پیدا کرد.
- تفاوت این سیستم با سیستم‌هایی که در خودروهای سبک استفاده می‌شود فقط در مکانیزم تولید فشار لازم برای ایجاد نیروی ترمزی است، که در خودروی سبک از مایع هیدرولیک استفاده شده ولی در این سیستم از هوا برای ایجاد فشار پشت Brake Pad استفاده می‌کند.
- این سیستم برای ترمز چرخ‌ها می‌تواند هم از سیستم دیسکی و هم از سیستم کاسه‌ای استفاده کند.
- مزایای انتخاب این سیستم برای خودروهای سنگین به شرح زیر است:

1. تامین هوا برای سیستم بی‌نهایت است و سیستم حتی در هنگام نشتی، عاری از سیال ترمزی نخواهد بود.
2. سیستم نیاز به هواگیری ندارد، بنابراین براحتی اسمبل می‌شود و تعمیرات راحتی دارد.
3. در این سیستم هوا نه تنها به عنوان سیال انتقال نیروی ترمزی استفاده شده بلکه به عنوان منبع ذخیره کننده نیروی پتانسیل است که به نوعی کنترل کننده نیروی ترمزی است که باعث می‌شود ترمزگیری بالغ‌تر انجام شود.
4. ترمز هوایی حتی با میزان قابل توجه نشتی، می‌تواند کار کند یعنی ضریب اطمینان بالاتری نسبت به سیستم‌های هیدرولیکی دارد و این اصلی‌ترین علت برتری این سیستم نسبت به سیستم هیدرولیکی است.

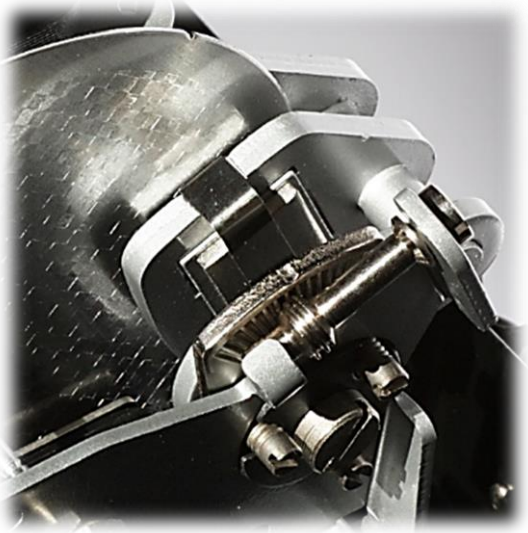
Simplified air brake diagram





1. air compressor
2. pressure regulator/governor
3. air dryer
4. regeneration reservoir
5. four way protection valve
6. air reservoirs tank
7. park brake hand control valve
8. park brake safety release valve
9. brake foot valve
10. front air brake chambers
11. brake relay valve + load sensing valve
12. rear spring brake chambers

Regenerative brake

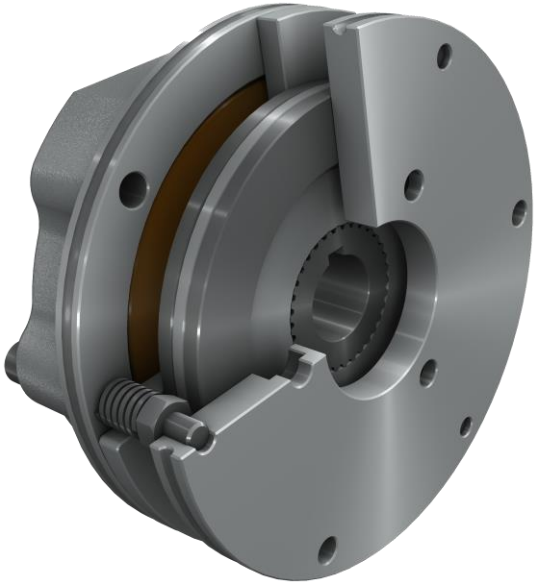


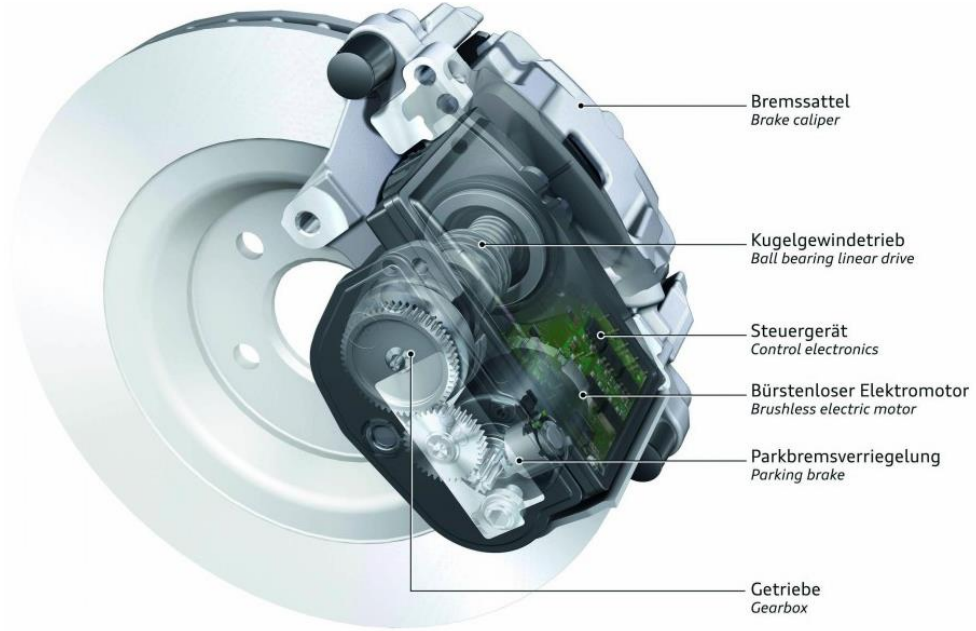
ریتاردر الکتریکی: ترمز فوکو (Electric Retarder: Eddy current brake)

- ترمز جریان گردابی یا ترمز فوکو نوعی ترمز است که از تولید جریان‌های گردابی برای اتلاف انرژی جنبشی به‌صورت گرما بهره می‌برد. این ترمز معمولاً بروی ماشین آلات سنگین مانند قطار استفاده می‌شود.
- ترمزهای فوکو به علت نداشتن اصطکاک دچار سایش نمی‌شوند و حتی در سطوح خیس یا خاکی که دیسک کثیف شده نیز، از نیروی ترمزی آن‌ها کاسته نمی‌شود.
- گشتاور مخالف تولیدی این ترمزها در سرعت‌های پایین، ممکن است برای توقف کافی نباشد و به‌همین خاطر از چنین ترمزهایی به‌عنوان ترمز کمکی استفاده می‌شود.
- ساختار یک ترمز جریان گردابی رایج از دو بخش روتور و استاتور تشکیل شده است.
- روتور که معمولاً از جنس آهن خاص یا فلزات دارای هدایت مغناطیسی خوب و دارای پسماند مغناطیسی پایین (مثل فولاد با کربن پایین یا فولاد آلیاژی) ساخته شده است.
- استاتور روی بدنه دستگاه در حال حرکت سوار است و فاصله هوایی بین روتور و استاتور بین ۱ تا ۱.۵ میلیمتر است.
- با چرخش استاتور در میدان مغناطیسی‌ای که در روتور ایجاد کرده، مطابق قانون القای فارادی، جریان گردابی در روتور القا می‌شود. به علت اثر پوستی بیشتر این جریان در سطح روتور متمرکز است.
- جریان گردابی ایجادشده ، مطابق قانون لنز، موجب تولید جریان دیگری خواهد شد که با جریان اولیه مخالفت می‌کند و سبب تولید گشتاوری بر خلاف جهت گردش روتور خواهد شد که به توقف موتور کمک می‌کند.

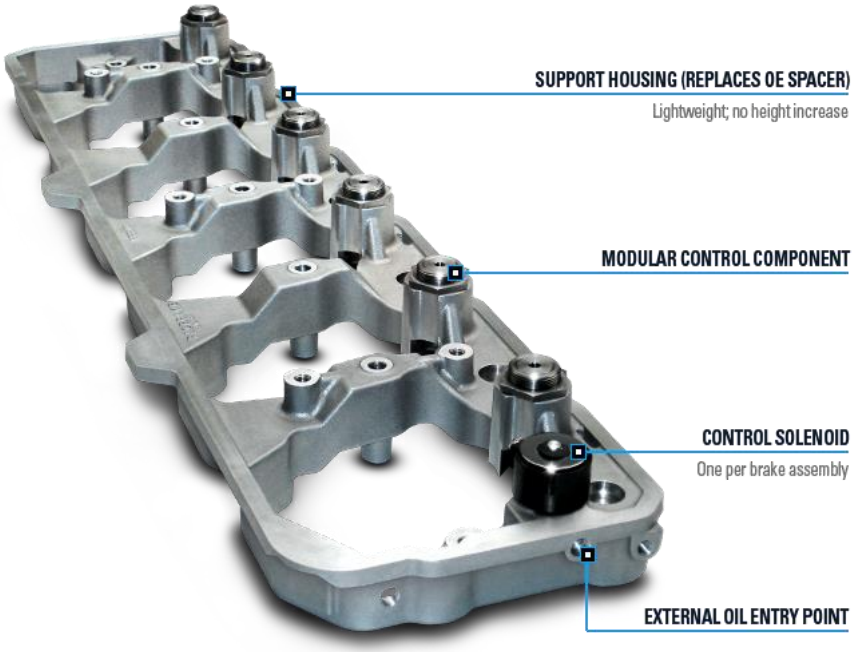
Electromagnetic brake

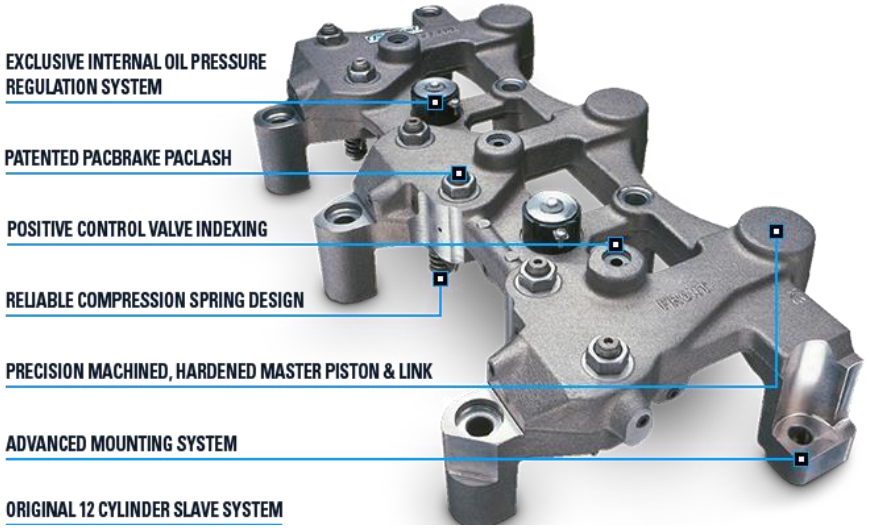
- یا Electro-Mechanical Brake کاهش سرعت و توقف کامل را با استفاده از اعمال نیروی الکترومغناطیسی برای ایجاد اصطکاک روی دیسک میسر می‌سازد.
- این سیستم بر روی قطارها و خودروهای سنگین صنعتی قابل نصب است.
- انواع این سیستم عبارتند از :
- Single Face : این سیستم مانند ترمز خودرو سبک تنها یک دیسک برای ایجاد اصطکاک دارد و تقریباً ۸۰ درصد از این نوع هستند.
- Power off :این سیستم مانند ترمز اضطراری عمل می‌کند یعنی هنگام قطع برق یا از دست رفتن ترمز اصلی، ترمز می‌گیرند.
- Particle :این سیستم از ذرات الکترومغناطیس، برای اعمال نیروی ترمزی بر روی دیسکی که در حال چرخش در این ذرات است استفاده می‌کند به این صورت که هنگامی که جریان الکتریسیته اعمال می‌شود این ذرات محکم‌تر می‌شود و بر روی دیسک ایجاد اصطکاک می‌کنند.
- Multiple disk : این سیستم از ۲ یا چند دیسک که به هنگام اعمال الکتریسیته به یکدیگر فشرده می‌شوند ایجاد نیروی ترمزی می‌کند.
- در سال ۲۰۱۲ کمپانی‌های Mercedes-Benz و Audi سیستم‌هایی بر همین اساس طراحی کردند ولی هیچکدام به بازار خودروهای سبک وارد نشده‌اند ولی منجر به ساخت و توسعه سیستم‌های ترمز Hydro-Electric شدند که توانایی اعمال بهینه‌تر نیروی هیدرولیک ترمزی را دارند.





Engine Brake





- Engine Braking در واقع عبارتی ناطق برای یک ریتاردر است که بیان می‌کند، این نوع دستگاهِ ریتاردر، عمل کُند کنندگی خود را مستقیماً با درگیر کردنِ موتور خودرو انجام می‌دهد.
- Engine Braking در موتورهای بنزینی معمولاً به هنگامی که پدال گاز رها شده به طور اتوماتیک با محدود کردن میزان هوای ورودی موتورباعث ایجاد خلأ بسیار بالایی شده که سیلندرهای موتور بایستی بر ضد این کمبود فشار غلبه کنند و همین باعث کند شدن زود هنگام حرکت موتور می‌شود.(بطور کلی این سیستم هوای موتور را محدود می‌کند.)
- Engine Braking در موتورهای دیزلی بطور متفاوتی انجام می‌شود و سه نوع عملکرد دارد:

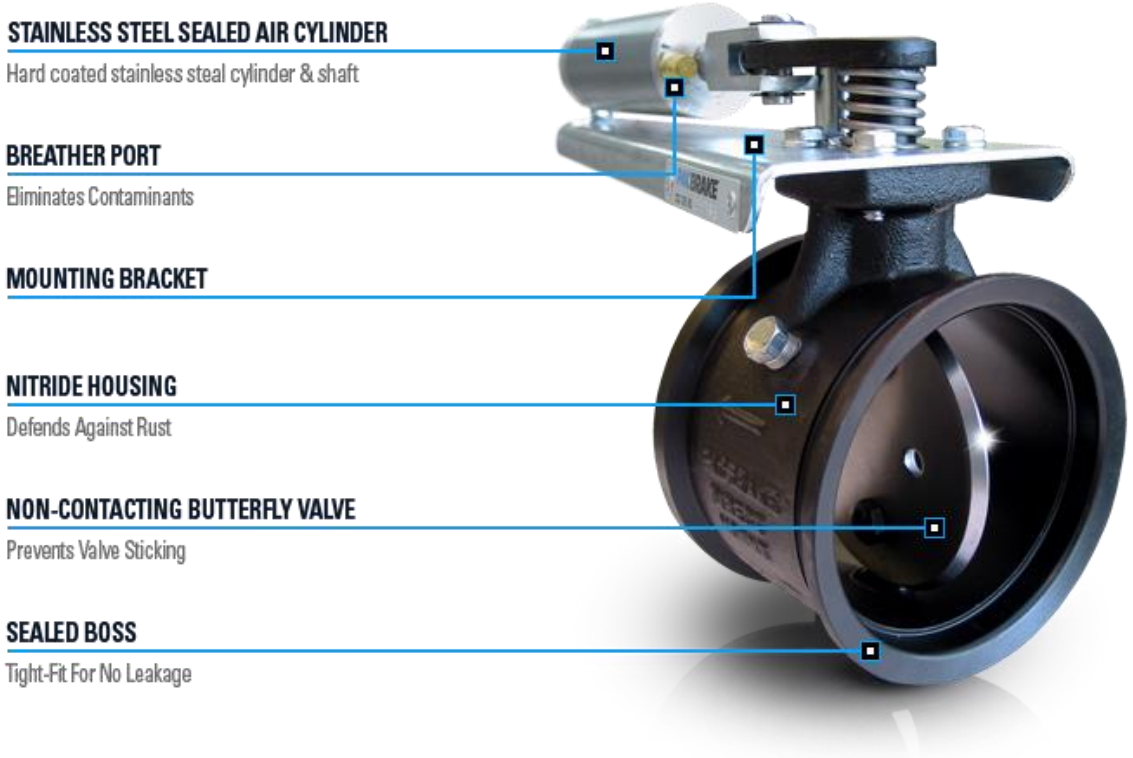
Compression Release Brake: به این صورت است که موتورهای دیزل (بر عکس موتور بنزینی)برای کارکرد مناسب، دائماً در حال تغییر دادن نسبت میزان هوای ورودی به مقدار سوخت هستند و به این علت که این موتورها به اندازه موتور بنزینی خلأ ایجاد نمی‌کنند، برای Retardation باید نسبت تراکم را بالاتر ببرند و این به معنای کار بیشتر برای موتور است که در نهایت باعث کند شدن آن می‌شود.

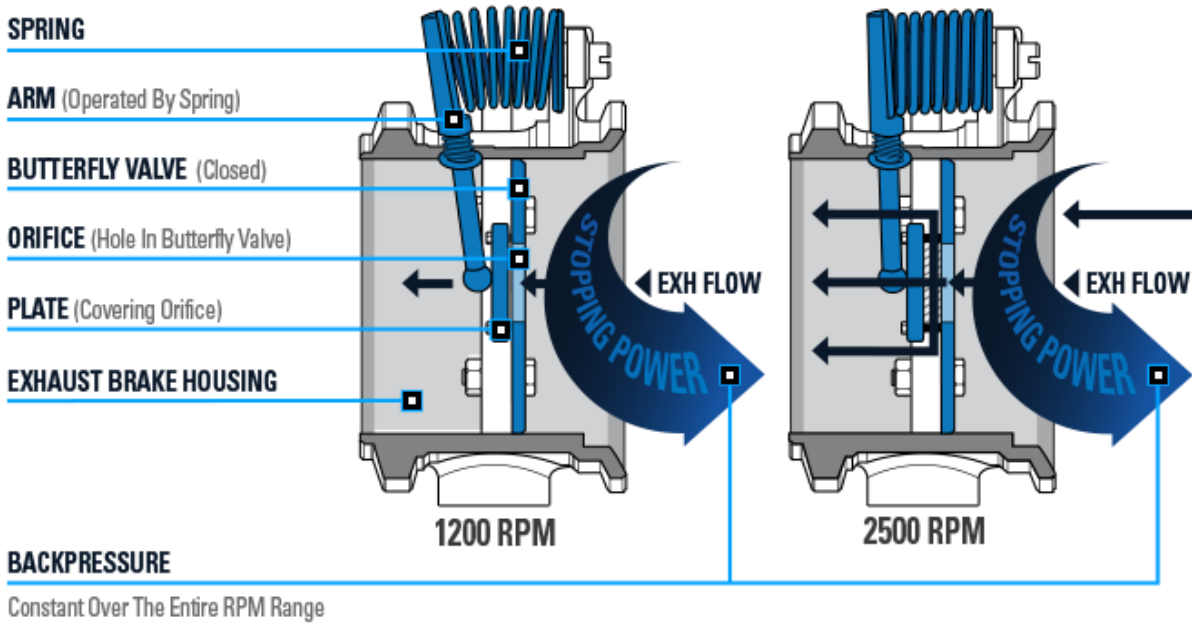
این سیستم در یک موتور 565 hp می‌تواند تا 600 hp ایجاد نیروی ترمزی کند ولی برای انجام این کار صدای بسیار بسیار زیادی مانند صدای مسلسل تولید می‌کند و همین باعث ممنوعیت استفاده این سیستم در بیشتر مناطق مسکونی و شهری می‌شود.

Exhaust Brake: همانطور که از نام این سیستم پیداست این سیستم با ایجاد محدودیت برای هوای خروجی اگزوز، برای موتور ایجاد اختلال می‌کند که موتور باید برای خارج کردن دود حاصل از احتراق، بیشتر کار کند و همین باعث کند شدن موتور می‌شود.

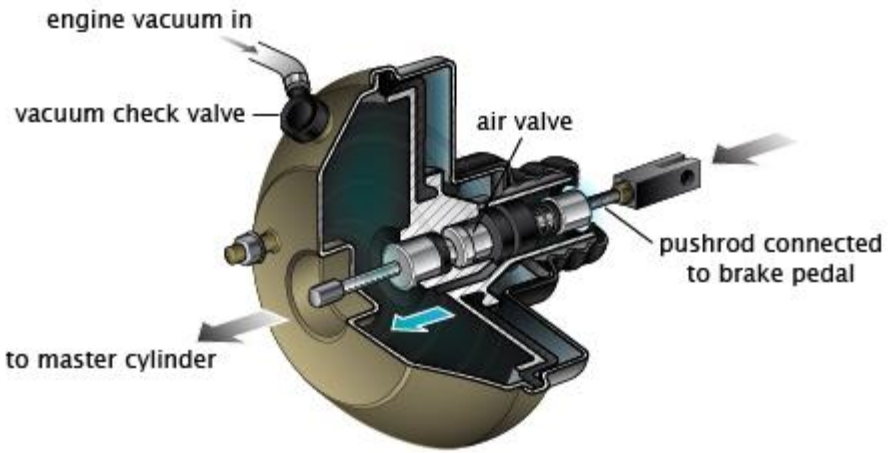
Exhaust Obstructions: در موتورهای دیزل امروزی برای کم کردن آلایندگی هوا و صوت (همانند موتور بنزینی) از ۳ روش استفاده می‌شود:

- قطع کردن Turbocharger
- سیرکوله کردن مستقیم اگزوز موتور بجای هوای موتور
- فیلتر کردن ذرات معلق حاصل از اگزوز که باعث گرفتگی نسبتاً زیادی می‌شود.



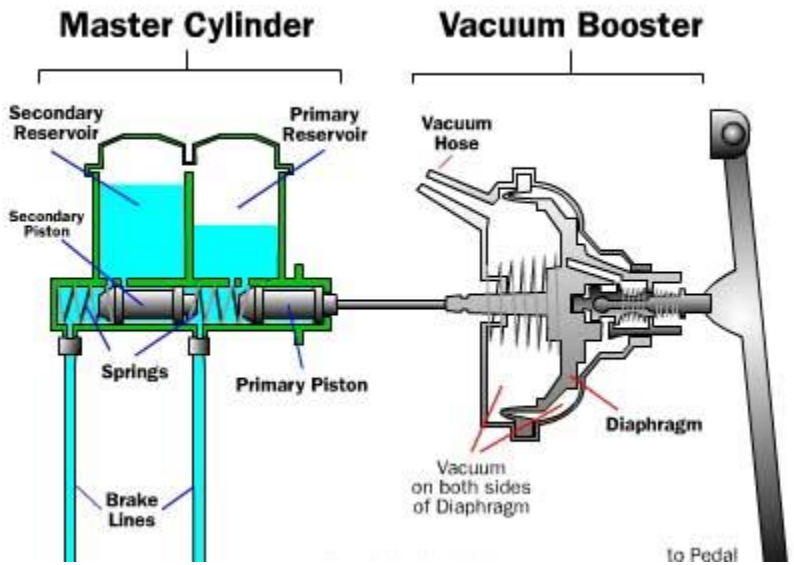


Brake Booster/Vacuum Servo



- بوستر خلأ سیستمی است که به راننده کمک می‌کند که نیروی کمتری را روی پدال وارد کرده و در عوض بتواند نیروی ترمزی بیشتری را روی چرخ‌ها وارد کند.
- این سیستم در اروپا با نام Vacuum Servo و در آمریکا با نام Brake Booster شناخته می‌شود.
- این سیستم اولین بار در سال ۱۹۲۷ توسط آلبرت دیواندره که مهندسی از بلژیک بود، طراحی شد ولی چند سال بعد توسط کمپانی Bosch به تولید انبوه رسید.
- این سیستم تقریباً در تمامی خودروهای امروزی به صورت استاندارد استفاده می‌شود.

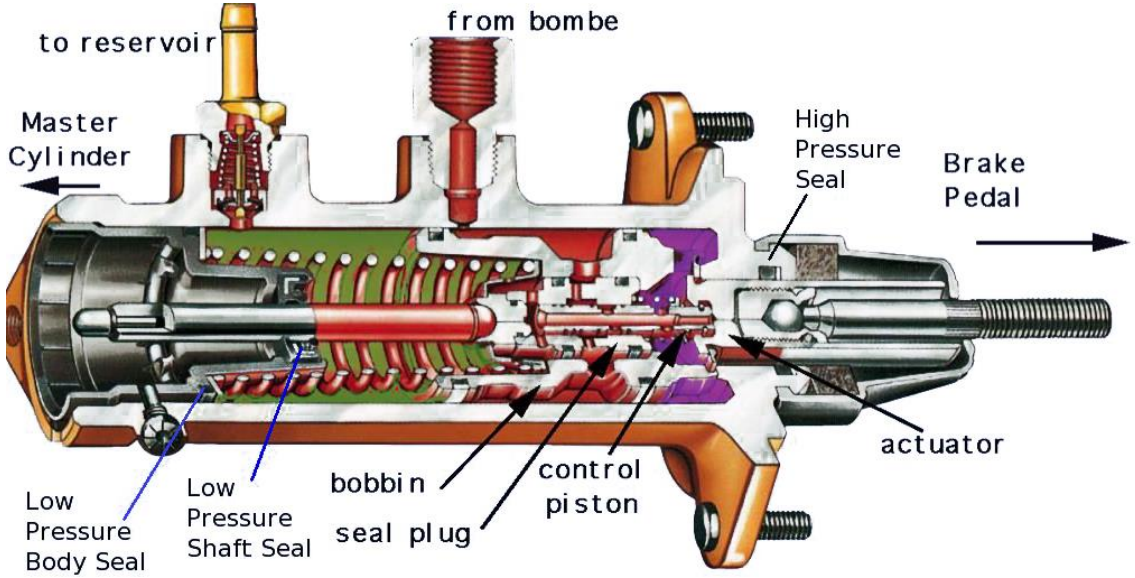
طرز کارکرد

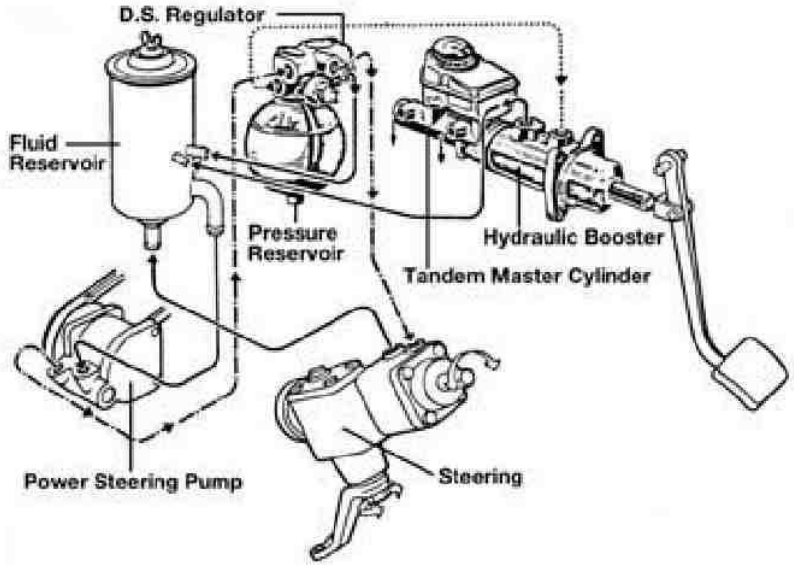


- این سیستم از یک محفظه بزرگ توخالی تشکیل شده که به عنوان منبع خلأ عمل می‌کند.
- هنگامی گه موتور خودرو روشن باشد می‌تواند یک خلأ نسبی را ایجاد کند، بنابراین یک لوله برای ایجاد خلأ از سوی موتور به محفظه بوستر وصل شده تا بتواند این خلأ نسبی را ایجاد کند.
- همانطور که در شکل می‌بینید، هنگامی که پدال ترمز فشرده می‌شود، خلأای که در محفظه بوستر ایجاد شده میزان زیادی از کار فشار دادن پدال ترمز را برای راننده انجام می‌دهد.
- بعد از این که ترمز فشار داده شد برای اینکه ترمز به حالت اول برگردد در پشت دیافراگم یک فنر قرار دارد که دیافراگم را به حالت اول برمی‌گرداند.

Hydraulic Brake Booster

- بوستر هیدرولیکی برعکس بوستر خلأ، از فشار هیدرولیک برای کمک کردن به راننده استفاده می‌کند.
- این فشار معمولاً توسط یک پمپ جداگانه که با تسمه موتور به سایر تجهیزات موتور متصل است، تأمین می‌شود.
- بوستر هیدرولیکی نیز همانند بوستر خلأ به Master Cylinder متصل شده و اساس کار این سیستم هم مشابه بوستر خلأ است ولی بجای آنکه یک لوله خلأ را تامین کند، دو لوله دارد که یکی به پمپ متصل شده و دیگری به مخزن هیدرولیک.
- همانند سیستم خلأ، این سیستم هم بر اساس اختلاف فشار ایجاد شده کار می‌کند.
- این سیستم عموماً روی خودروهای دیزلی و خودروهای سنگین نصب شده، چرا که موتورهای دیزل نمی‌توانند خلأ خوبی را برای این سیستم ایجاد کنند.
- از مزایای این سیستم می‌توان به کوچک بودن آن اشاره کرد.
- تنها و بزرگترین ایراد این سیستم هنگامی رخ می‌دهد که تسمه موتور یا برق خودرو دچار مشکل شود و این باعث از دست رفتن کامل بوستر می‌شود. این ایراد در سیستم خلأ وجود ندارد، مگر اینکه موتور به هر علتی خاموش شود.

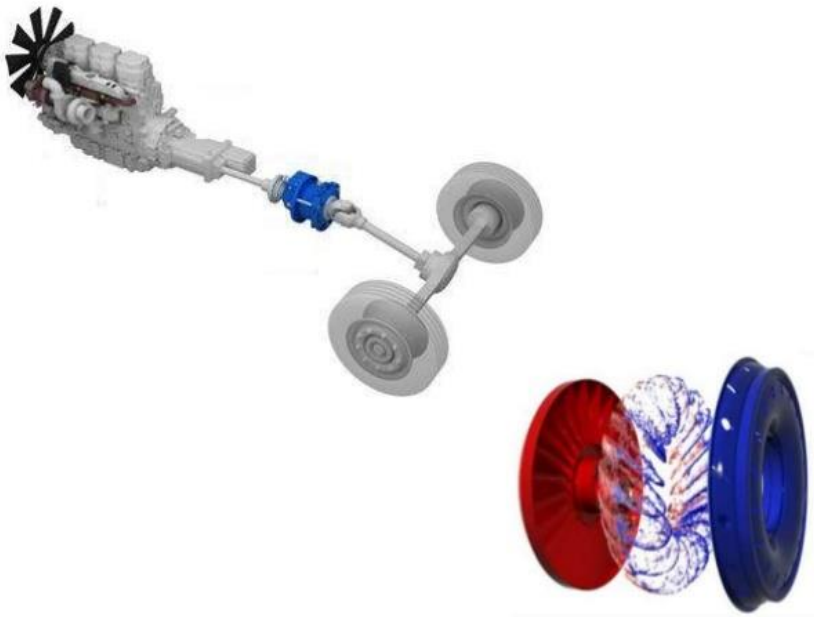




ریتاردر(Retarder)

- ریتاردر (کُند کننده) دستگاهی است که به عنوان ترمز بدون اصطکاک در کنار ترمز اصلی خودرو عمل می‌کند و باعث کاهش هر چه زودتر سرعت خودرو می‌شود. علت اصلی استفاده از ریتاردر، پدیده Brake Fade در ترمزهای اصطکاکی است.
- ریتاردر قابلیت توقف کامل خودروی سنگین را ندارد ولی می‌تواند در سرعت‌های بالا و یا سراشیبی به کمک ترمز اصطکاکی بیاید و حتی باعث کاهش ۲۰ درصدی مسافت ترمزگیری شود.
- ریتاردر در قطارها نیز استفاده می‌شوند چراکه در قطارها ترمز اصطکاکی به تنهایی نمی‌تواند باعث توقف شود چراکه پس از ترمزگیری، در ترمزهای قطار سریعاً پدیده Brake fade رخ می‌دهد و باعث ناکارآمدی این ترمزها حتی در سرعت‌های پایین می‌شود.

ریتاردر هیدرولیکی



- ریتاردر هیدرولیکی از پدیده viscous drag برای کند کردن خودرو استفاده می‌کند. این ریتاردر انواع مختلفی دارد و می‌تواند از آب، روغن یا ترکیبی از این دو برای کند کردن استفاده کند.
- طریقه کار این دستگاه بسیار ساده است. به این صورت که دستگاه ریتاردر هیدرولیک بر روی شفتی که از سیستم انتقال قدرت خارج شده (معمولاً بین کلاچ و چرخ‌ها) قرار گرفته و هنگامی که به Retardation نیاز باشد، محفظه دستگاه تحت فشار سیال قرار گرفته و صرفاً لزجت سیال تحت فشار حرکت شفت را دچار اختلال می‌کند و باعث کند شدن حرکت خودرو می‌شود.
- این سیستم بسیار کم صدا تر از سایر سیستم‌های ریتادر مانند Engine Brake است.

Line Lock

- کار این سیستم آزاد کردن ترمز محور عقب یا جلو و قفل کردن ترمز محور جلو یا عقب تنها در هنگام شروع حرکت است.
- این سیستم به راننده اجازه می‌دهد تایرهای عقب را بدون اینکه خودرو حرکتی رو به جلو داشته باشد، بچرخاند.
- Line Lock تقریباً روی هر سیستم ترمزی که سیستم ABS دارد براحتی قابل نصب است.
- توجه داشته باشید در خودروهای :
  - FWD ترمز محور عقب قفل شده و محور جلو آزاد است.
  - RWD ترمز محور جلو قفل شده و محور عقب آزاد است.
  - AWD ترمز و دیفرانسیل محور جلو قفل شده و ترمز و دیفرانسیل محور عقب آزاد است.
  - 4WD ترمز و دیفرانسیل محور عقب قفل شده و ترمز و دیفرانسیل محور جلو آزاد است.
- این سیستم در ابتدا تنها در مسابقات Drag استفاده می‌شد ولی امروزه بدون ممانعت قانونی بر روی بسیاری از خودروهای اسپرت، حتی توسط کارخانه سازنده نصب شده است.
- تنها علت استفاده از این سیستم گرم کردن تایر تا دمای ۱۰۰ الی ۱۷۰ برای بیشتر کردن Traction است ولی اگر بیش از اندازه از این سیستم استفده شود منجر به ترکیدن یا پاره شدن تایر می‌شود.

Brake wear indicator

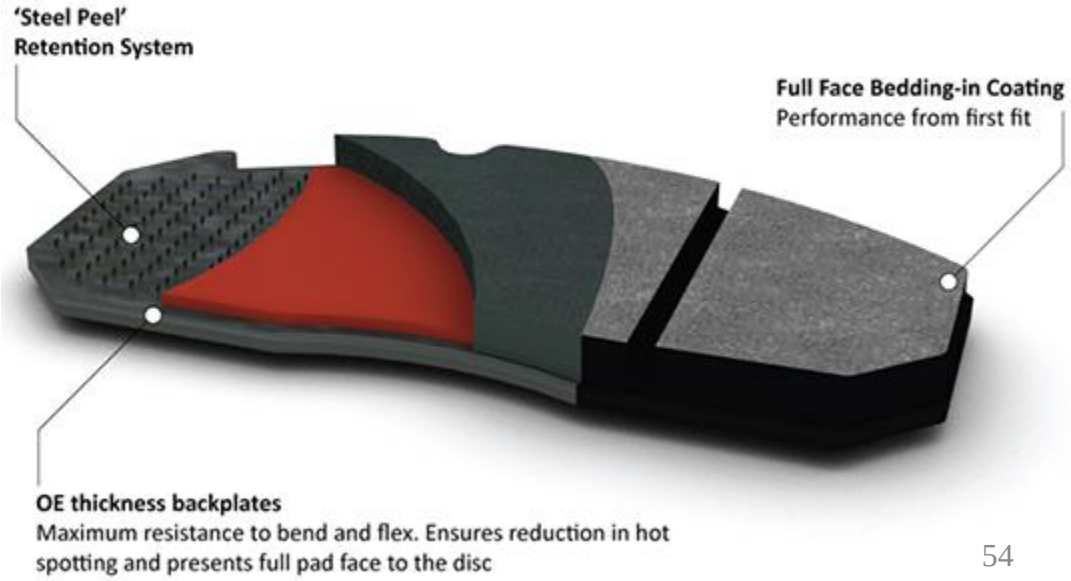
- سیستم نمایان‌گر سایش ترمز وظیفه اطلاع رسانی به راننده را به هنگام نیاز به تعویض لنت ترمز دارد.
- این سیستم بر روی خودروها، توربین‌های بادی، هواپیماها و بسیاری از وسایلی که نیاز به ترمزهای اصطکاکی سالم دارند، نصب می‌شود.
- این سیستم بر اساس نوع عملکرد، چهار نوع مختلف دارد که به ترتیب قیمت آنها مرتب شده‌اند:

  نمایانگر عمقی: که صرفاً با ایجاد یک شکاف با عمقی که نشان دهد ترمز چه موقع نیاز به تعویض دارد.

  مکانیکی: در پشت لنت، یک قطعه فلزی قرار دارد که به هنگام تمام شدن ماده لنت و اصطکاک آن با دیسک، ایجاد صدا می‌کند.

  الکتریکی: یک قطعه فلز در میان ماده لنت قرار گرفته و هنگامی که با دیسک اتصال پیدا می‌کند، باعث روشن شدن چراغ هشدار می‌شود.

  سنسور موقعیت: که صرفاً میزان سایش را با توجه به موقعیت لنت می‌سنجد و زمان هشدار دادن آن قابل تنظیم است.
- این را نیز باید گفت که معمول‌ترین راه برای تشخیص کم شدن لنت، نگاه کردن به سطح مایع ترمز (با توجه به نشانگر روی مخزن مایع ترمز) است.



Brake Tester

حداقل سه نوع سیستم برای محاسبه میزان توان و کارآمدی ترمزگیری وجود دارد که به آنها Brake tester گفته می‌شود :

- **Roller Brake Tester**: این سیستم از موتورهای الکتریکی، ۲ سِت مجزای تشکیل شده از ۳ غلتک اندازه‌گیری، مبدل‌ها و سنسورهای مربوطه تشکیل شده است. همچنین غلتک‌ها برای سرعت‌های مختلف، مجهز به سیستم انتقال قدرت هستند که در حین ترمزگیری شدید صدمه نبینند و بتوانند میزان نیروی ترمزی روی هر یک از چرخ‌ها را به دقت اندازه‌گیری کنند. این سیستم میزان تناسبات نیروی ترمزی را با توجه به وزن خودرو اندازه‌گیری می‌کند.
- **Plate Brake Tester**: دستگاه از صفحات موازی که حرکت اسلایدی دارند برای اندازه‌گیری نیروی ترمزی استفاده می‌کند. طرز کار این سیستم به این صورت است که خودروی در حال حرکت به هنگامی که از روی صفحه عبور می‌کند، ترمز می‌گیرد و صفحات بطور مجزا در زیر تایرها حرکت می‌کنند که همانند یک دینام باعث تولید ولتاژ متفاوت می‌شود و سیستم می‌تواند علاوه بر نیروی ترمزی، میزان تناسبات نیروی ترمزی را نیز معلوم کند.
- **Decelerometer**: در واقع همان Accelerometer است که با توجه به سرعت خودرو، زمان ترمزگیری و زمان توقف خودرو با کمک روابط دینامیکی، میزان نیروی ترمزی را اندازه می‌گیرد. این سیستم قادر به اندازه‌گیری تناسبات ترمزی نیست، چرا که حرکت خودرو را برای اندازه‌گیری استفاده می‌کند.

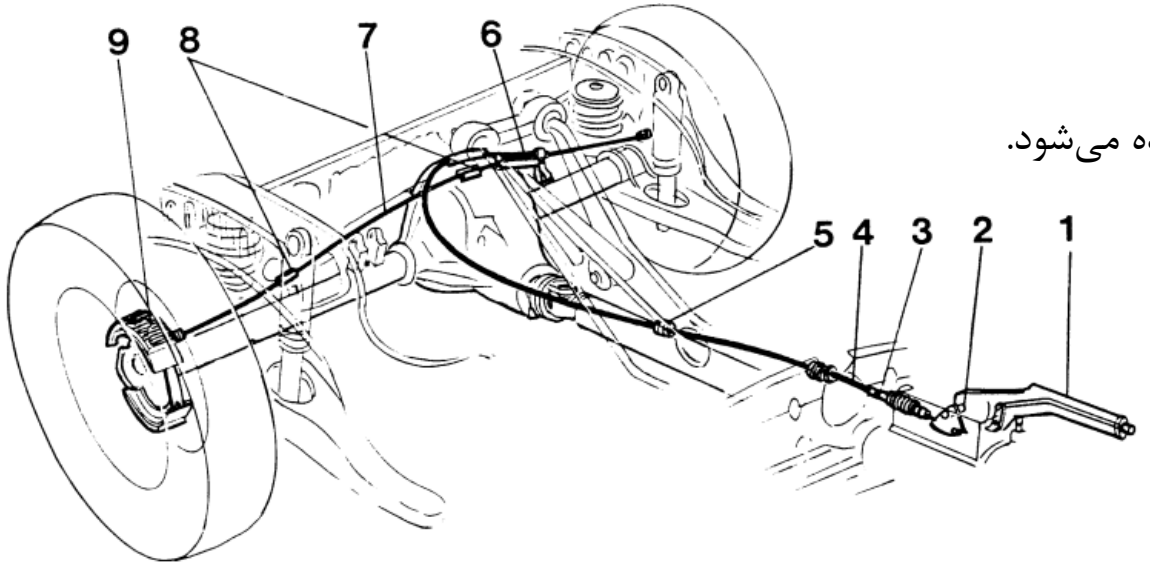
Decelerometer

Plate Brake Tester

Roller Brake Tester

Parking Brake

- Parking brake با نام‌های Hand Brake و Emergency Brake هم شناخته می‌شود.
- این سیستم برای ایجاد توقف کامل وسیله‌ی نقلیه برای مدت زمان طولانی برای انواع خودروها، قطارها، هواپیماها و ... تعبیه شده.
- در بیشتر خودروهای غیر لوکس این سیستم با نیروی دست انسان باعث ایجاد درگیری می‌شود و از همین، بسیاری این سیستم را با نام Hand Brake می‌شناسند. ولی در بسیاری از خودروهای آمریکایی یا شاسی بلند، این سیستم با فشار پا ایجاد درگیری می‌کند و به آن ترمز پارکینگ گفته می‌شود.
- این سیستم کاملاً به صورت غیر اتوماتیک و از طریق کابل با نیروی که راننده ایجاد می‌کند، کار می‌کند.
- البته بسیاری از خودروهای امروزی از ترمز پارکینگ هیدرولیکی(و مجهز به سیستم عادی) استفاده می‌کنند.
- مکانیزم این سیستم‌ها به این صورت است که بایستی یک دفعه آنها را با فشار دادن ترمز پارکینگ یا بالا کشیدن ترمز دستی درگیر کرد و برای آزاد کردن سیستم بایستی ترمز پارکینگ را دوباره فشار داد و ترمز دستی را با فشار دادن سوئیچ روی آن رها کرد و به موقعیت اولیه برگرداند.
- اگر از این سیستم برای کاهش سرعت خودروی در حال حرکت استفاده شود، باعث از دست رفتن تعادل خودرو می‌شود چراکه باعث قفل شدن چرخ‌های عقب شده و این شدیداً تعادل دینامیکی طولی و عرضی خودرو را بهم می‌ریزد.
- از این نوع ترمز در بسیاری از انواع مسابقات اتومبیلرانی برای مانووردهی بهتر استفاده می‌شود.



1. Parking brake lever
2. Spindle
3. Adjuster
4. Cable
5. Rubber clip
6. Sleeve bracket
7. Cable
8. Guide rail
9. Brake shoe

Electric Parking Brake (EPB)

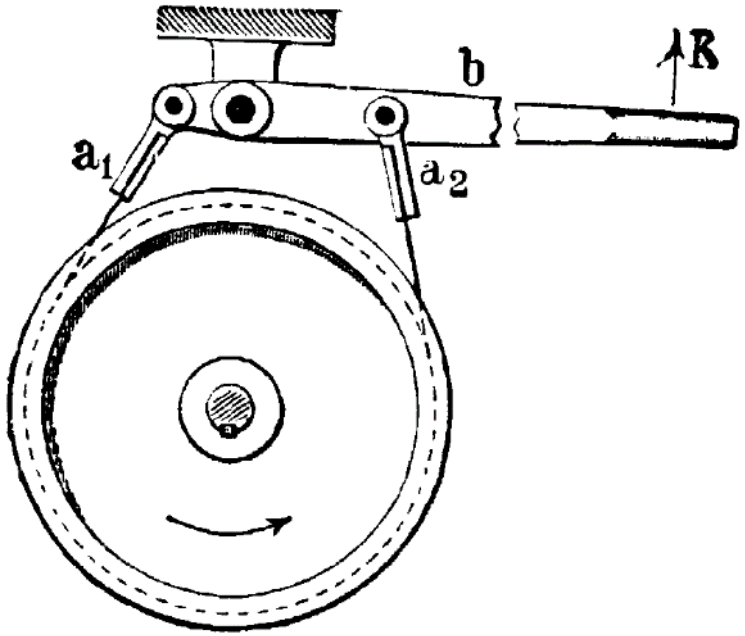
- در واقع همان ترمزپارکینگ است که عملکرد آن به صورت اتوماتیک و به کمک زیر سیستم‌های الکتریک یا هیدروالکتریک انجام می‌شود.
- EPB معمولاً از ۲ نوع مکانیزم استفاده می‌کند:۱- سیستم کشش کابل ۲-سیستم کالیبری
- این سیستم اولین بار در سال ۲۰۰۲ بر روی BMW 7 Series نصب شد.
- این سیستم دارای زیر سیستم ترمز پارکینگ غیر اتوماتیک نیز هست که حتی در شرایطی که برق خودرو نیز از کار افتاده بتواند، عمل کند.
- سیستم Auto Hold که یک سیستم برای ایجاد راحتی راننده ساخته تعبیه شده با وجود EPB قادر به انجام کارش می‌باشد.
- سیستم Auto Hold یا Hill Hold به این صورت کار می‌کند:

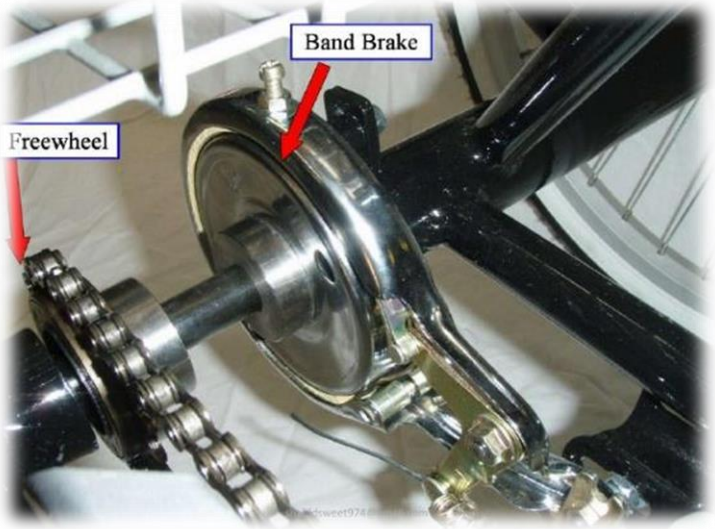
  ۱- خودرو ابتدا با استفاده از یک شتاب سنج تشخیص می‌دهد، روی سطح شیبدار قرار دارد.

  ۲- در هر لحظه که سرعت خودرو به صفر رسید، درگیر می‌شود.

  ۳- سپس موقعی که راننده خودرو را به حرکت درآورد، به طور اتوماتیک ترمز را آزاد می‌کند.

Band Brake





- Band Brake یا همان ترمز نواری که امروزه در بسیاری از وسایل مانند چرخ خیاطی‌ها و ... استفاده می‌شود، قبلاً در درشکه‌ها و دوچرخه‌ها استفاده می‌شد.
- این نوع ترمز از یک نوار یا کابل که به دور یک کاسه (که همراه چرخ می‌چرخد) پیچیده شده و صرفاً با سفت کردن نوار، میزان اصطکاک بین نوار و کاسه زیاد شده و همین باعث کاهش سرعت می‌شود.
- این نوع ترمز در سال‌های ۱۸۸۰ بر روی سه چرخ‌ها استفاده می‌شد و برای اولین بار در سال ۱۹۰۲ دوچرخه‌ها نیز از این نوع ترمز استفاده کردند.
- از مزایای این ترمز می‌توان به این موارد اشاره کرد:
  - طراحی و تعمیرات بسیار ساده‌ای دارد.
  - این سیستم براحتی قابل جاگذاری است چرا که ابعاد کوچکی دارد.
  - نیروی بسیارکمی، قدرت ترمزی زیادی را تولید می‌کند.
- این سیستم بزرگترین ایرادی که دارد، زود گرم شدن آن است که بعضاً باعث پاره شدن نوار می‌شود، به معنای دیگر، ترمز از بین می‌رود.
- این سیستم برای سیستم‌هایی که نیاز به قدرت ترمزگیری زیاد ندارند بهترین گزینه است.

Bicycle Brake

- ترمز دوچرخه نیز مانند همه ترمزها برای کاهش سرعت دوچرخه استفاده می‌شود.
- دوچرخه از چندین نوع سیستم ترمز استفاده می‌کند:

Band Brake-Disc Brake-Drum Brake-Spoon Brake-Rim Brake-Duck Brake-Rim Brake

- سیستم ترمز دوچرخه از سه عضو اصلی تشکیل شده:

۱- مکانیزمی که برای دوچرخه سوار تعبیه شده تا بتواند ترمز را درگیر کند، مانند دسته ترمز و پدال

۲- مکانیزمی که بتواند نیروی دست دوچرخه‌سوار را انتقال دهد، مانند سیم ترمز، میله، زنجیر و ...

۳- مکانیزم ترمزی که اصطکاک را بر روی چرخ اعمال می‌کند مانند کالیپر یا کاسه یا رینگ

- در میان تمام این سیستم‌ها ترمز دیسکی و کاسه‌ای بهتر از بقیه عمل می‌کنند، بخصوص ترمز کاسه‌ای در شرایط خیس یا گِلی بهترین عملکرد را دارد ولی قیمت این ترمزها چند برابر سایر سیستم‌ها است.
- ترمزهای رینگی و قاشقی بدترین عملکرد را در شرایط خیس و گِلی دارند ولی به علت اینکه قیمت آنها بسیار پایین‌تر از سایر سیستم‌ها بوده، بطور وسیعی استفاده می‌شوند.
- دوچرخه‌های BMX و Track فاقد سیستم ترمز هستند.

Brake Lever

Rim Brake

Drum Brake

Disc Brake

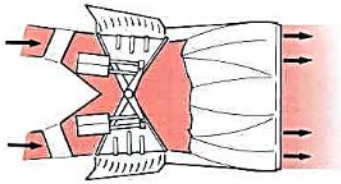
Band Brake

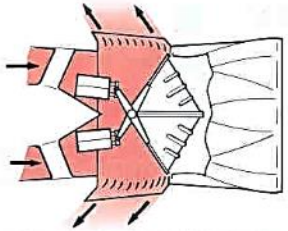
Track Bike

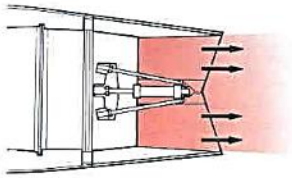
BMX Bike

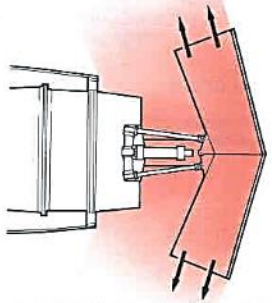
Reverse Thrust

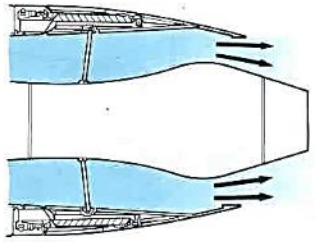
- Reverse Thrust یا Thrust Reversal منحرف کردن موقت فشار موتور جت یا نیروی رانش پروانه، به سمت مخلاف حرکت هواپیما، کشتی، یا هر وسیله دیگری است که با پیشرانه سیال کار می‌کند.
- Reverse Thrust به این علت که خلاف جهت حرکت نیرو را اعمال می‌کند باعث کاهش سرعت می‌شود.
- سیستم Thrust Reverser بر روی بسیاری از هواپیماهای با موتور جت نصب شده تا در هنگام فرود، بعد از لحظه‌ای که تایرها به زمین می‌خورد، سرعت هواپیما را کاهش دهد تا از فرسایش تایرها و ترمزها جلوگیری کند.
- این سیستم در سناریوهای برفی، بارانی و... که سطح باند فرود لغزنده است بسیار کارآمد بوده چراکه این سیستم از از اصطکاک سیال با سیال برای کاهش سرعت استفاده کرده که هیچ رابطه‌ای با تایرها و سطح تماس آنها ندارد.
- این سیستم در فضاپیماها و لباس فضانوردها، هم به طرق مختلفی برای ترمزگیری و جهت دهی استفاده می‌شود، البته فضاپیماها و لباس فضانوردی در فضا از Exuast موتور استفاده نمی‌کنند بلکه از کپسول‌های نیتروژن مایع به همراه ولو تخلیه فشار سیال استفاده می‌کنند.
- در کشتی‌ها و قایق‌ها این سیستم برای کم کردن سرعت به هنگام لنگرگیری، صرفاً با معکوس کردن جهت چرخش پروانه، Reverse Thrust را ایجاد میکند.

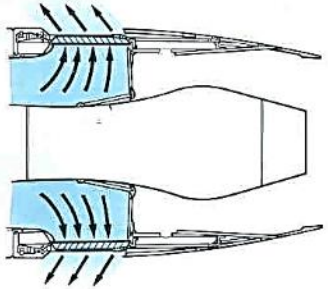

CLAMSHELL DOORS IN FORWARD THRUST POSITION

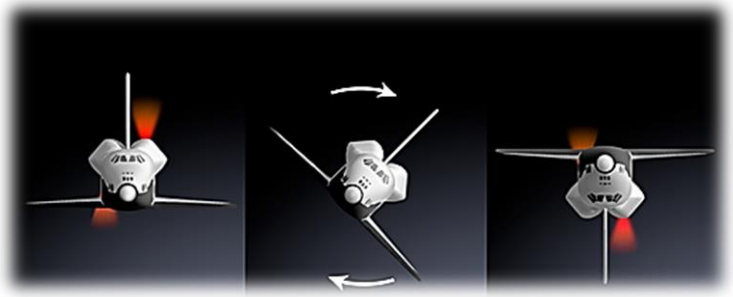

CLAMSHELL DOORS IN REVERSE THRUST POSITION


ACTUATOR EXTENDED AND BUCKET DOORS IN FORWARD THRUST POSITION


ACTUATOR AND BUCKET DOORS IN REVERSE THRUST POSITION

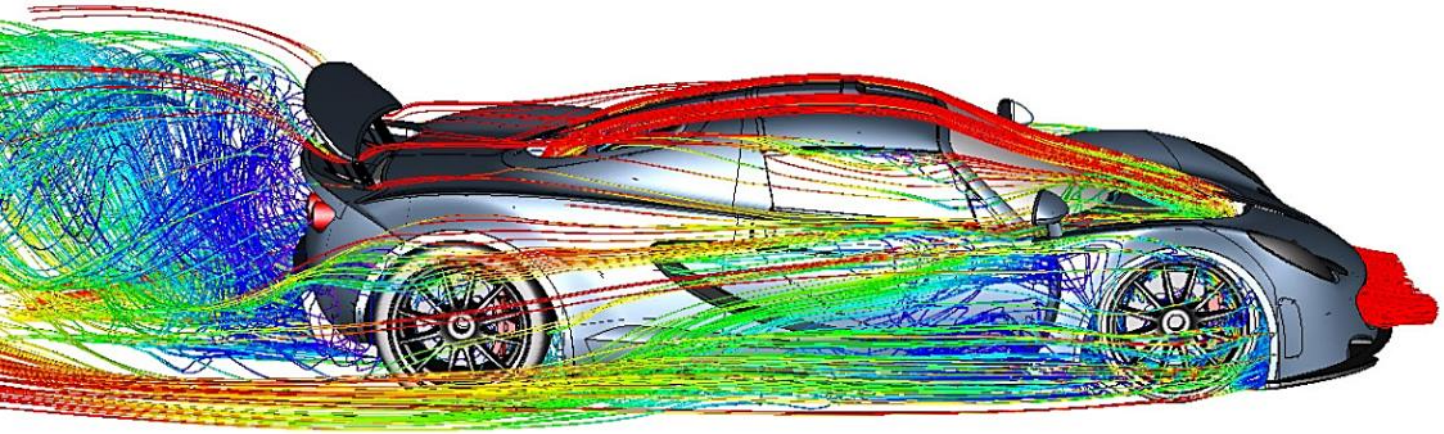

COLD STREAM REVERSER IN FORWARD THRUST POSITION

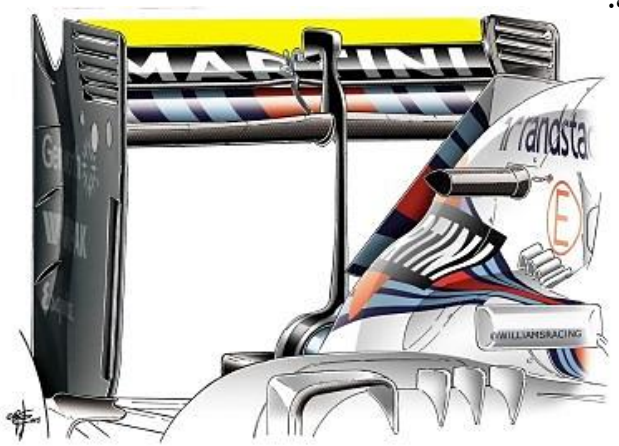

COLD STREAM REVERSER IN REVERSE THRUST POSITION



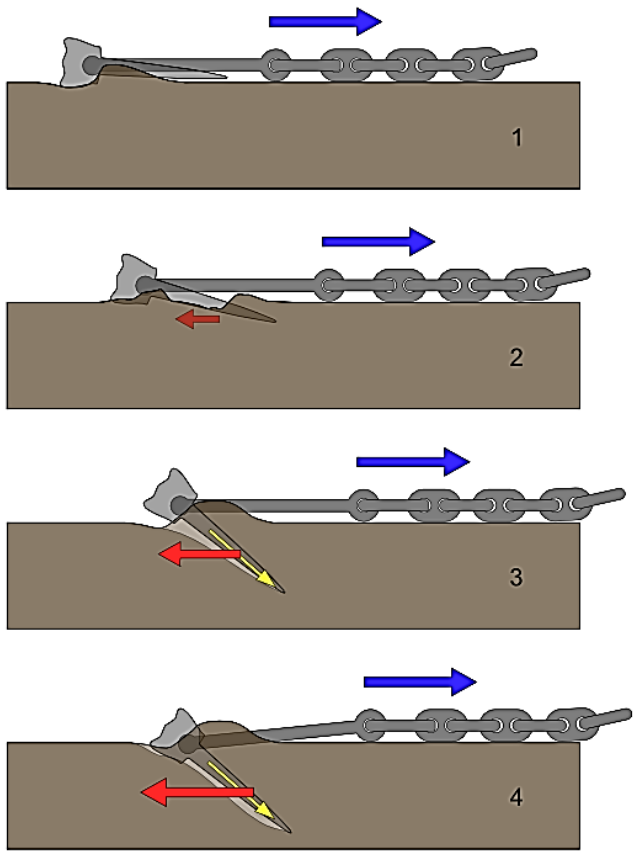
Aero brake

- Aero brake یا Air brake یا Spoiler brake یا Drag Brake نوعی ترمزی آیرودینامیکی است که اولین با در مسابقات F1 استفاده شد و سپس برای اولین بار در سال ۲۰۰۰ توسط کمپانی Bugatti روی Veyron که خودروی جاده‌ای بود نصب شد.
- امروزه بسیاری از کمپانی‌ها از این نوع ترمز هم برای ترمزگیری و هم برای ایجاد تعادل عرضی و طولی در خودرو استفاده می‌کنند.
- این سیستم بهترین کارایی خود را در سرعت‌های بالای 80 kph نشان می‌دهد چرا که هر چه سرعت بالاتر باشد خودرو تحت تأثیر نیروی drag بیشتری قرار خواهد گرفت (که نیروی Drag همانند ترمز عمل می‌کند) و به هنگام ترمزگیری با تغییر زاویه spoiler نیروی Drag را بسیار افزایش می‌دهد.
- این ترمز در سرعت‌های پایین کاملاً ناکارآمد است.
- در خودروهای F1 برای ایجاد Grip ، این سیستم تقریباً دائماً درگیر است و تنها در هنگامی که خودرو در مسیر صاف به بالاترین سرعت‌ها می‌رسد، به انتخاب راننده غیرفعال می‌شود.
- این نکته را در نظر داشته باشید که Spoiler brake تنها در Max Drag Position نقش ترمز را ایفا می‌کند و در بقیه حالات صرفاً تعادل طولی و عرضی ایجاد می‌کند.





Anchor



- Anchor یا همان لنگر برای توقف کامل کشتی‌ها استفاده می‌شود.
- خود بدنه کشتی به تنهایی نقش ترمز را دارد، یعنی هنگامی که پروانه چرخش نداشته باشد، از سرعت کشتی سریعاً کاسته می‌شود ولی توقف کامل نخواهد داشت.
- برای ایجاد توقف کامل کشتی ۲ روش وجود دارد: ۱- اتصال به بندر ۲- لنگر انداختن
- برای توقف کامل در هر ۲ حالت بایستی سرعت کشتی بسیار پایین باشد(کمتر از 10 knot)
- برای کم کردن سرعت کشتی ابتدا باید موتور را از پروانه جدا کرد و اگر این عمل کافی نبود بایستی دور معکوس هم اعمال شود(Reverse Thrust) و سپس کشتی به یک سمت سکانش را منحرف کند.
- در قدیم لنگرها و زنجیر اتصال آنها بسیار سنگین بودند ولی امروزه لنگرها بسیار سبک‌تر شده و شکل آنها به گونه‌ای طراحی شده که بتوانند به راحتی در خاک کف دریا نفوذ کنند.
- در لنگرهای امروزی به جای استفاده از زنجیر به تنهایی، از زنجیر به همراه طناب‌های نایلونی و پلی‌استری استفاده می‌شود چراکه هم دوام بیشتری دارند، هم اینکه رفتار الاستیک بهتری برای متوقف کردن کشتی نشان می‌دهند.
- طول طناب و زنجیر بایستی حداقل ۱۰ تا ۱۵ برابر طول کشتی یا قایق باشد.
- بیشتر کشتی‌های بزرگ از چندین لنگر برای توقف کردن استفاده می‌کنند.