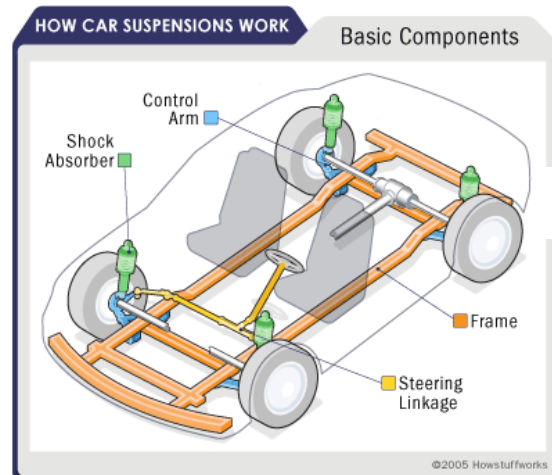


سیستم شاسی<sup>۱</sup> و بدنه<sup>۲</sup> دارای اجزاء مختلفی است. تقسیم‌بندی‌های جزئی در ادامه خواهد آمد. یک شاسی شامل قسمت‌هایی نظیر؛ ۱. قاب<sup>۳</sup>، ۲. سیستم تعلیق<sup>۴</sup>، ۳. سیستم فرمان<sup>۵</sup>، ۴. چرخ<sup>۶</sup> و تایر<sup>۷</sup> می‌باشد.



اجزاء مختلف شاسی خودرو

اسکلت یا قاب خودرو نگه دارنده تمامی قسمت‌های انتقال قدرت، مولد قدرت، چرخ‌ها، فرمان و ترمز می‌باشد. اسکلت در حقیقت استخوان‌بندی خودرو است که باید در برابر نیروهای مختلف از طرف چرخ‌ها، فرمان و ترمز مقاومت کند و هرگونه ضربه، ارتعاش و خمش را تحمل نماید. شاسی یا قاب ارتباط دهنده‌ی کلیه‌ی قسمت‌های خودرو به یکدیگر است بنابراین در اثر محاسبات غلط برای این قسمت، نیروهای ناخواسته‌ای بر سرنشینان خودرو وارد می‌شود و سبب سلب آسایش سرنشین و متلاشی شدن خودرو می‌شود. اسکلت از شکل دادن ورق‌های آهن به شکل تیر و تشکیل قاب درست شده است. تیرهای مختلف توسط فرایند جوش کاری، پرچ کاری و یا با استفاده از پیچ و مهره به یکدیگر پیوند می‌خورند تا مجموعه‌ای واحد به نام قاب به وجود آید.

سیستم تعلیق نقش تکیه‌گاه وزن را اعمال می‌کند و ضربات اعمالی بر خودرو را جذب و تعدیل می‌کند و به تایر کمک می‌کند تا تماس دائمی با سطح زمین داشته باشد و فرمان‌پذیری بهتری به وجود آید.

#### سیستم تعلیق

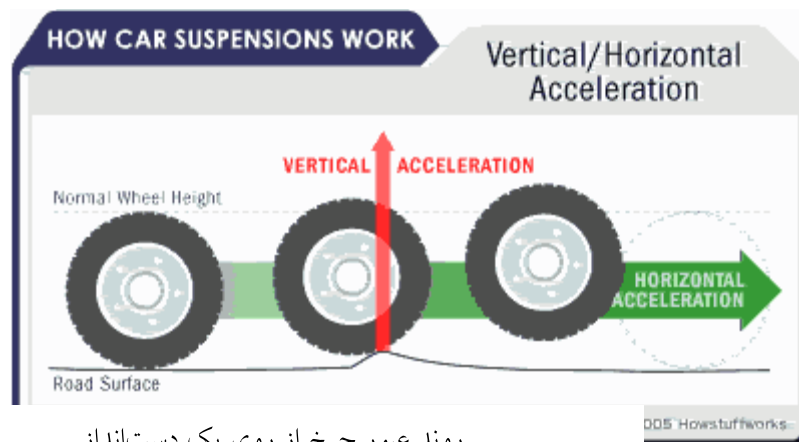
##### ماهیت سیستم تعلیق

زمانی که مردم در حال مقایسه دو خودرو هستند ملاک اصلی برای قیاسشان قدرت و شتاب است در صورتی که از مهم‌ترین عوامل در انتخاب خودرو کنترل آسان آن است. اگر راننده نتواند خودرو را کنترل کند، همه قدرتی که توسط موتور ایجاد می‌گردد، بدون استفاده است. به همین دلیل مهندسين خودرو تقريباً از هنگامی که به فناوری موتورهای احتراق داخلی چهار زمانه دست پیدا کردند، توجهشان به سیستم تعلیق معطوف گردید.

اگر خودرو روی یک سطح صاف و بدون کوچکترین دست انداز حرکت کند نیاز به سیستم تعلیق احساس نمی‌شود اما چنانچه در یک بزرگراه حرکت کند اثر ضربه‌های ناشی از برخورد تایر خودرو با دست‌اندازها به خوبی احساس می‌شود که این اثر ناشی از اعمال نیرو بر چرخ است. نیرو کمیت برداری است و حتماً جهت و مقدار دارد. یک دست انداز در جاده سبب می‌شود که چرخ به سمت بالا و پایین به صورت عمودی روی سطح جاده حرکت کند. مقدار نیروی اعمال شده به چرخ به شدت ضربه‌ی اعمالی از سوی دست انداز بستگی دارد. بنابراین چرخ خودرو شتابی در جهت عمودی می‌گیرد که سبب می‌شود از روی دست اندازها عبور کند. پس بدون مداخله‌ی

1. chassis
2. body shell
3. frame
4. suspension system
5. steering system
6. wheel
7. tire

یک واسطه، اثر تمام نیروی عمودی که بر تایلر اعمال می‌شود مستقیماً به اتاق و در نتیجه به سرنشین اعمال می‌شود. در چنین موقعیتی تماس و در نتیجه اصطکاک بین زمین و تایلر کاهش می‌یابد. بنابراین سیستم واسطه نام برده باید توانایی جذب این ضربات و مستهلک نمودن نیروهای خارجی را داشته باشد تا کابین سرنشینان بدون ارتعاشات شدید قابل استفاده گردد.



روند عبور چرخ از روی یک دست‌انداز

#### وظایف و کارکرد سیستم تعلیق

ایجاد حداکثر اصطکاک بین لاستیک و سطح جاده، فرمان‌پذیری که عامل پایداری خودرو است و تضمین آسایش و راحتی سرنشین‌ها، از مهمترین وظایف سیستم تعلیق است. مطالعه نیروهای موجود در یک خودروی متحرک را دینامیک خودرو می‌نامند. برای درک بهتر ضرورت وجود یک سیستم تعلیق، در مرحله اول نیاز به دانستن بعضی مفاهیم می‌باشد. اکثر مهندسان اتومبیل، دینامیک خودروی متحرک را از دو دیدگاه بررسی می‌کنند:

- سواری<sup>۱</sup>: توانایی خودرو برای عبور نرم و آرام از یک جاده پر دست‌انداز.
  - خوش فرمانی یا فرمان‌پذیری<sup>۲</sup>: توانایی خودرو در شتاب گرفتن، ترمز کردن، حرکت در پیچ‌ها و دور زدن‌ها.
- طبق نظر مهندسان خودرو این دو خصوصیت را می‌توان به صورت عمیق‌تری در دینامیک خودرو و در سه بخش مهم یعنی ایزولاسیون جاده، زمین‌گیرایی و پایداری در پیچ‌ها بررسی نمود.

۱ - ایزولاسیون جاده: ایزولاسیون به مفهوم توانایی خودرو در جذب نیروهای خارجی و عدم انتقال این نیروها به کابین و سرنشین است. هدف از ایزوله کردن این است که به راحتی و بدون اینکه کابین دچار تحرک شدید شود بر روی سطوح بسیار زبر جاده حرکت کند. برای این کار ابتدا باید ضربات را جذب کرده و سپس توسط یک عامل دیگر این ضربات را به حداقل رساند.

۲- زمین‌چسبی یا گیرایی یا ره‌گیری جاده: یعنی اینکه خودرو در شرایط مختلف و تحت اعمال بارهای مختلف در جهات مختلف همواره در تماس دائم با زمین باشد. نتیجه این عمل افزایش اصطکاک و در نتیجه توانایی خودرو برای شتاب‌گیری، ترمزگیری و در نتیجه افزایش فرمان‌پذیری است. بنابراین باید انتقال وزن خودرو از طرفی به طرف دیگر و از جلو به عقب حداقل شود، زیرا انتقال وزن، از چسبندگی لاستیک‌ها به جاده می‌کاهد. به طور مثال هنگامی که راننده ترمز می‌کند، وزن خودرو از روی لاستیک‌های عقب به لاستیک‌های جلو منتقل می‌گردد. به خاطر نزدیک شدن نوک ماشین به سطح جاده، این نوع از حرکت را "شیرجه"<sup>۳</sup> می‌نامند. اثر مخالف نشست در هنگام شتاب گرفتن رخ می‌دهد و وزن خودرو از لاستیک‌های جلو به عقب هدایت می‌شود که به "قوز کردن"<sup>۴</sup> معروف شده است.

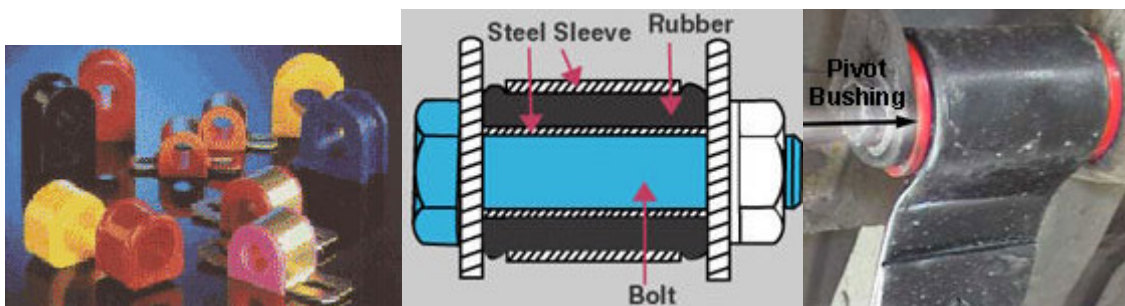
۳- پایداری در پیچ‌ها یا دور زدن: یعنی توانایی خودرو برای عبور از مسیرهای منحنی شکل و به همین دلیل باید دوران حول محور طولی خودرو حداقل شود. بنابراین باید چرخش خودرو، که بر اثر وارد شدن نیروی گریز از مرکز به مرکز ثقل خودرو در حین دور زدن، و سپس بلند کردن یک طرف و پایین آوردن طرف مقابل، رخ می‌دهد حداقل شود. یکی از راه‌های افزایش پایداری در پیچ‌ها، انتقال وزن از طرف خارج پیچ به طرف داخل پیچ روی خودرو یا از سطح بالاتر به سطح پایین‌تر است.

۱. riding  
۲. handling  
۳. dive  
۴. squat

## اجزای سیستم تعلیق

### ۱- بوشها ( Bushes ) :

بوشها قطعاتی هستند اکثراً از جنس لاستیک طبیعی که برای اتصال بین قطعات متحرک سیستم تعلیق به یکدیگر استفاده می شوند . هدف استفاده از بوشها حذف سر و صدا ( Noise ) در حین حرکت ، حذف لرزشها و تحمل مقداری از ضربات وارده به جهت خاصیت الاستیکی می باشد . بوشهای لاستیکی مقاومت خوبی در برابر کشش داشته ، همچنین در دماهای پایین ، بسیار مقاوم می باشند . اما در مکانهایی که بدلیل سرعت حرکت ، دما بالاست ، زود سخت شده و دچار ترکیدگی و شکست می شوند ، در چنین مواردی بهتر است از بوشهای ساخته شده از اورتان ( Urethane ) که مقاومت بیشتری در برابر گرما دارند ، استفاده شود ، البته این نوع بوشها انعطاف پذیری نوع لاستیکی را دارا نبوده و نرمی خودرو و هندلینگ آن را تا حدی تحت تاثیر قرار می دهند . بوشها در مواردی بعنوان محور ( Pivot ) عمل می نمایند ، بدین صورت که دو قسمت فلزی بوسیله یک بوش استوانه ای مانند شکل زیر به یکدیگر متصل شده و در نتیجه حرکتی مانند حرکات مفاصل بدن انسان حاصل می گردد و حرکت سیستم تعلیق با وجود اتصال به شاسی ، با منتقل نمودن کمترین ضربه امکان پذیر می گردد .



### ۲- طَبَق ( Control Arm ) :

قطعه ای است فلزی که در دو سر دارای بوشهای محوری ( مانند آرنج یا زانوی انسان عمل می کند ) می باشد که از یک سمت به قطعات متحرک سیستم تعلیق و از سمت دیگر به شاسی خودرو متصل می گردد و نقش اتصال شاسی به قطعات سیستم تعلیق را بر عهده دارد . در برخی موارد طبق ها به شکل حرف A می باشند یعنی در سمتی که به شاسی متصل می شوند دارای دو محور هستند که در این صورت آنها را جناغی ( Wish Bone ) و یا A-Arm می نامند ، اما در مواردی که به صورت یکپارچه باشند ، همان نام طَبَق ( Control Arm ) به آنها اطلاق می گردد .



طَبَق ها بر حسب نوع سیستم تعلیق در هر دو محور جلو و عقب قابل استفاده بوده و باز هم بر حسب نوع سیستم تعلیق ممکن است یک خودرو بدون طَبَق ، با یک طَبَق در هر چرخ یا با دو طَبَق در هر چرخ ، طراحی شود . محل قرار گیری طَبَق ها ممکن است در نیمه بالا و

یا نیمه پایین متعلقات چرخ باشد ؛ که در صورتیکه در قسمت بالا قرار داشته باشد به آن طَبَق بالا و در صورتیکه در قسمت پایین واقع شده باشد به آن طَبَق پایین گفته می شود . طَبَق پایین در محور جلوی اکثر خودروهای امروزی دیده می شود ، اما استفاده از طَبَق بالا با گسترش سیستم فنر و کمک فنر یکپارچه ( Strut ) رو به کاهش است .

### ۳- سیبک ( Ball Joint ) :

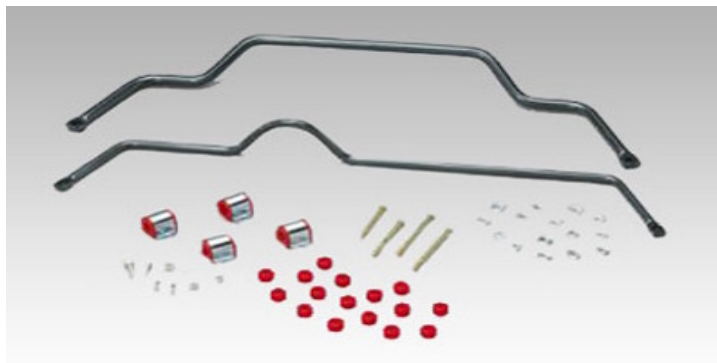
سیبک همانگونه که از نامش پیداست از یک گوی فلزی دسته دار تشکیل شده که درون یک محفظه کروی از جنس فولاد سخت شده قرار گرفته و اطرافش با بوشهای لاستیکی پوشیده شده . سیبک بعنوان محور چرخشی ، چرخها را به نحوی به سیستم تعلیق متصل می نماید که قابلیت چرخش در زمان پیچاندن فرمان ، همزمان با بالا و پایین رفتن چرخها در دست اندازها ( حرکت سیستم تعلیق ) وجود داشته باشد ، دقیقاً بمانند آنچه در محل اتصال پای انسان به لگن وجود دارد . سیبکها که قابلیت ساپورت مقداری از وزن خودرو را نیز دارا هستند ، معمولاً از یکسو به طَبَق و از سوی دیگر به متعلقات چرخ متصل می شوند . سیبکها معمولاً فقط در محور جلو ، و به سر هر طَبَق دیده می شوند ، البته سیبک هایی هم در اتصالات میل فرمان وجود دارد که کوچکتر از سیبکهای سیستم تعلیق هستند و غالباً توسط عوام با سیبک های سیستم تعلیق اشتباه گرفته می شوند .



### ۴- میل تعادل ( Anti Roll Bar , Sway Bar , Stabilizer ) :

میل‌های ضد پیچش<sup>۱</sup> یا میل موج‌گیرها یا میل تعادل‌ها میل موج گیر، میل‌های است فلزی که کل اکسل را در بر می‌گیرد و به صورت مؤثری دو طرف تعلیق را به یکدیگر متصل می‌گرداند. میل موج گیرها همراه با پایه‌ها استفاده می‌شوند تا به خودروی در حال حرکت استقامت بیشتری دهند. این میل‌ها می‌توانند حول محور داخلی بچرخند و حرکت دو چرخ را نسبت به یکدیگر متعادل کنند و سواری بهتری به وجود آورند. همچنین انحراف خودرو را کاهش می‌دهند و به خصوص از غلتش خودرو در پیچ‌ها جلوگیری می‌کند. به همین دلیل در اکثر خودروهای امروزی از میل‌های ضد نوسان با قابلیت نصب آسان استفاده شده است. تقریباً همه خودروهای امروزی از میل موج گیر به عنوان تجهیزات استاندارد استفاده می‌کنند. البته اگر خودرویی فاقد این مزیت باشد، با استفاده از کیت‌ها به راحتی می‌توان آن را در هر زمانی نصب نمود. میل تعادل یا به اصطلاح مکانیکها ، موج گیر ، در اکثر موارد برای بالا بردن تعادل خودرو و جلوگیری از چپ شدن آن ، در خودرو هایی که دارای سیستم تعلیق مستقل می باشند ، بکار می رود. میل تعادل یک میل فولادی است که در دو سر دارای بوش بوده و غالباً بین دو چرخ یک محور قرار می گیرد و با اصطلاح دو چرخ را به یکدیگر متصل می نماید ، میل تعادل معمولاً بوسیله دو اتصال محوری ( Pivot ) در دو طرف به شاسی نیز متصل می شود.

<sup>۱</sup> . anti sway bar



در هنگامی که خودرو درون یک پیچ قرار می گیرد و مثلاً پیچ به سمت چپ می چرخد ، بدنه خودرو به سمت راست متمایل می گردد و چرخهای سمت راست تمایل به بلند شدن پیدا می کنند ؛ در این حالت میل تعادل نیروی رو به بالای چرخ مخالف را ، با پیچش خود ( مانند Torsion Bar ) به چرخ داخل پیچ منتقل کرده و آنرا پایین کشیده ، متعادل می نماید . بسته به قطر میله ، میل تعادل تا ۱۵٪ قابلیت کاهش امکان چپ شدن خودرو را داراست .

#### ۵- فنر

فنرها قسمتی از سیستم تعلیق می باشد که وزن خودرو را تحمل می کند، ارتفاع خودرو را در حد استانداردش ثابت نگه داشته و ضربات جاده را نیز دفع می نماید. همچنین به شاسی و اتاق خودرو اجازه می دهند تا بدون اخلال در حرکت خودرو، دست اندازها را یکی پس از دیگری پشت سر بگذارد. سیستم فنرهای امروزی بر پایه ی یکی از طرح های کلی می باشند:

##### ۱- فنرهای مارپیچ<sup>۱</sup>

نوع معمول و شناخته شده فنر می باشد که یک میله پیچیده یا حلقه شده فولادی است. قطر و ارتفاع حلقه، قدرت و مقاومت فنر را تعیین می نماید. افزایش قطر میله، باعث افزایش قدرت فنر می گردد، در حالیکه افزایش طول آن باعث افزایش انعطاف پذیری اش خواهد شد.

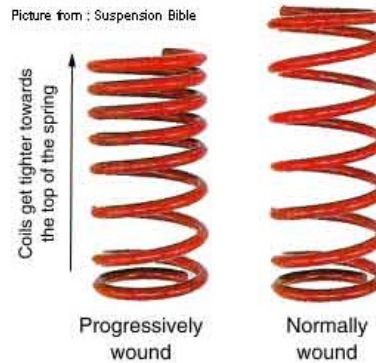
مقدار وزنی که برای فشردن یک فنر مارپیچ به میزان ۱ اینچ لازم است نرخ فنر<sup>۲</sup> نامیده می شود. این مقدار برای اندازه گیری قدرت فنر استفاده می شود و می توان آن را نرخ فشردگی فنر نیز اطلاق کرد . برای مثال اگر ۱۰۰ پاند وزن لازم باشد تا فنری با حلقه های مساوی در ارتفاعش ۱ اینچ فشرده شود، برای اینکه همین فنر ۲ اینچ فشرده شود نیاز به ۲۰۰ پاند وزن می باشد، اما این فرمول فقط برای فنرهایی صادق است که فشردگی حلقه های یکسانی دارند، در فنرهای پیشرفته<sup>۳</sup>، یک فنر دارای نرخ های مختلف در نقاط مختلف می باشد. این فنرها به دو روش ساخته می شوند، در روش اول فنر در قسمت های مختلف از ارتفاعش، دارای ضخامت های مختلفی است و در نوع دوم که نوع متداول تری است فشردگی فنر در قسمت های بالاتر بیشتر است. اصولاً فنرهای چند نرخی باعث می شوند تا در زمان خالی بودن خودرو، قسمتی که دارای نرخ کمتری است وارد عمل شده و سواری نرم تری را فراهم نماید و در هنگام اعمال وزن نیز قسمت با نرخ بالا وارد عمل شده و تکیه گاه و کنترل بهتری را برای وسیله نقلیه فراهم سازد. محاسن این فنرهای مارپیچ این است که به هیچ تنظیمی نیاز نداشته و اکثراً بدون خرابی می باشند و معایب این نوع فنرها این است که از لحاظ تحمل وزن محدودیت دارند، همچنین احتمال ضعیف شدنشان هم وجود دارد، که این امر باعث بر هم خوردن تنظیم هندسی و ارتفاع خودرو و فرسودگی تایرها و دیگر قطعات خودرو می شود. با اندازه گیری ارتفاع خودرو و مقایسه آن با میزان مشخص شده، می توان از ضعیف شدن فنرها آگاه شد. موارد مصرف این نوع فنر در اغلب خودروهای سواری امروزی است.

<sup>۱</sup>. coil spring

<sup>۲</sup>. Spring Rate

<sup>۳</sup>. Progressive Springs





## ۲- فنرهای تخت<sup>۱</sup>

فنرهای تخت اولین بار در کالسکه‌های اسب‌کش استفاده شدند و تا سال ۱۹۸۵ بر روی اکثر اتومبیل‌های آمریکایی به کار گرفته می‌شدند. امروزه نیز هنوز بر روی برخی از وانت‌ها و اکثر کامیون‌ها و خودروهای سنگین استفاده می‌شوند.

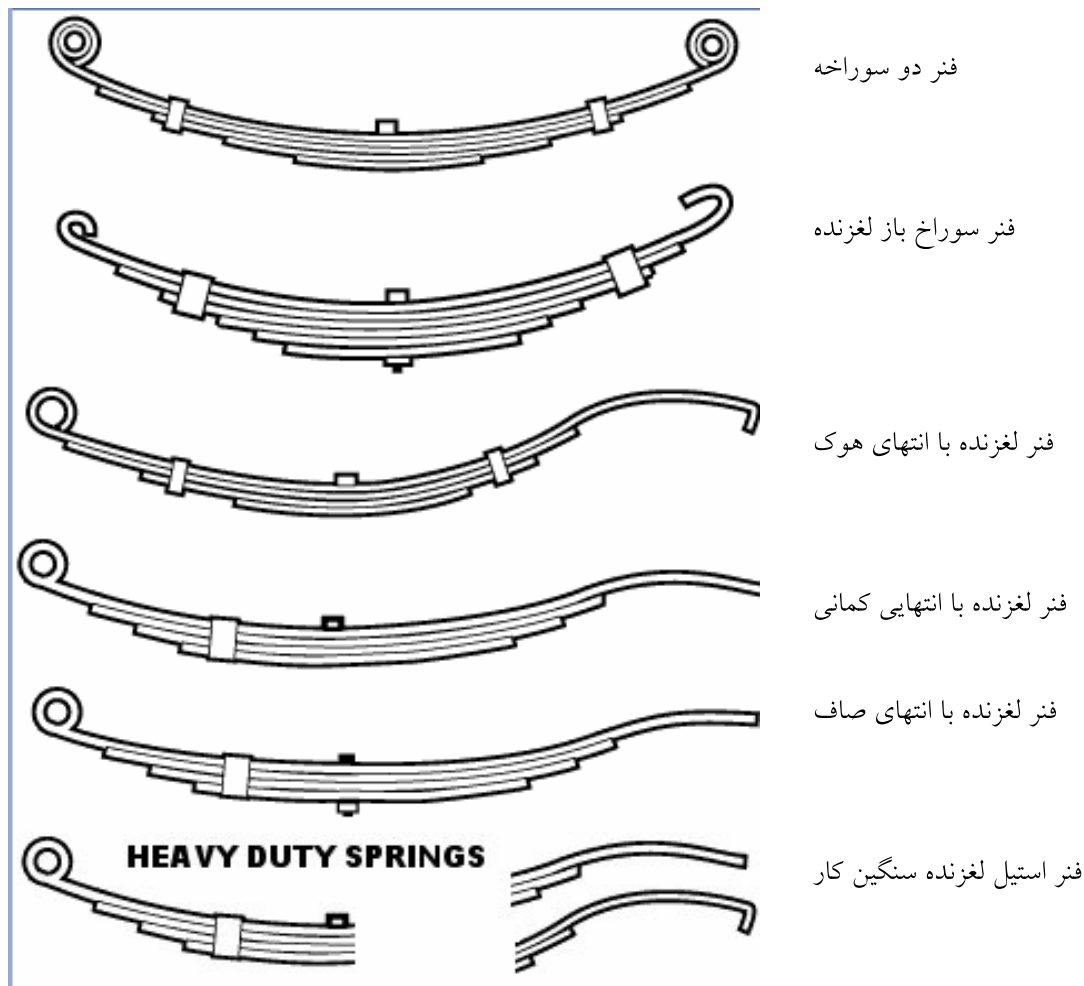
فنرهای تخت در دو نوع تک ورق و چند ورق عرضه می‌شوند، این فنرها مانند فنرهای مارپیچ برای جذب ضربه جمع نمی‌شوند، بلکه خم می‌شوند. نوع چند ورق شامل چند صفحه فولادی انعطاف‌پذیر با طول‌های مختلف می‌باشد که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و در مواجهه با ضربات جاده خم شده و بر روی یکدیگر می‌لغزند. در نوع تک ورق نیز که عمدتاً از نوع باریک شونده می‌باشد، تنها یک ورق فنری که در وسط کلفت‌تر از طرفین می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد، این نوع از فنرهای تخت معمولاً از کامپوزیت‌ها ساخته می‌شوند اما نوع فولادی آنها نیز یافت می‌شود. فنرهای تخت به صورت مجزا برای هر چرخ استفاده می‌شوند و در طول خودرو و در زیر هر چرخ نصب می‌شوند، اما برخی کارخانجات نیز از نوع متقاطع آن، ضربدری، برای هر دو چرخ استفاده می‌کنند. فنرهای تخت بوسیله یک رابط نعلی شکل<sup>۲</sup> به اکسل خودرو متصل می‌شوند و از دو طرف نیز به شاسی وصل می‌گردند.

محاسن این نوع از فنرها توانایی تحمل وزن‌های زیاد و سواری نرم‌تر برای خودروهای سنگین است و معایب آن؛ نیاز به جای زیاد، وجود اصطکاک بین ورقه‌های فنر و ایجاد صدای ناشی از لغزش فنرها بر روی یکدیگر و همچنین نیاز به سرویس و نگهداری است.

## ۳- فنر تخت پارابولیک:

<sup>۱</sup> . leaf spring

<sup>۲</sup> . U-shape



شکل ۲-۸. نمونه‌هایی از یک فنر تخت

#### ۴- میله‌های پیچشی<sup>۱</sup>

در این نوع فنر، میله فولادی نه جمع شده و نه خم می‌شود بلکه در خود می‌پیچد. میله پیچشی که یک میله صاف یا ال شکل است به صورت عرضی در یک سمت به شاسی وصل شده و در سمت دیگر به قسمت متحرکی از سیستم تعلیق متصل می‌شود. در هنگام مواجهه با ضربه، میله پیچشی حول محور مرکزی میله می‌تابد و رفتار یک فنر را از خود بروز می‌دهد. حرکت این نوع فنر مانند زمانی است که برای آب‌گیری، لباس با دو دست پیچانده شود.

میله‌های پیچشی برای تبدیل حرکت عمودی خودرو به حرکت پیچشی در سطح افقی خود، در یک سمت شیاردار می‌باشند.



شکل ۲-۱۲. نمونه‌ای از یک میله پیچشی در خودروهای اروپایی

از محاسن این فنرها قیمت کم، عدم نیاز به تعمیر و نگهداری، قابلیت تنظیم و اشغال فضای کم می‌باشد، از اینرو در مواردی که فضای کافی برای فنر مارپیچ وجود نداشته باشد، از این نوع استفاده می‌گردد و از معایب این فنرها این است که راحتی و نرمی فنرهای

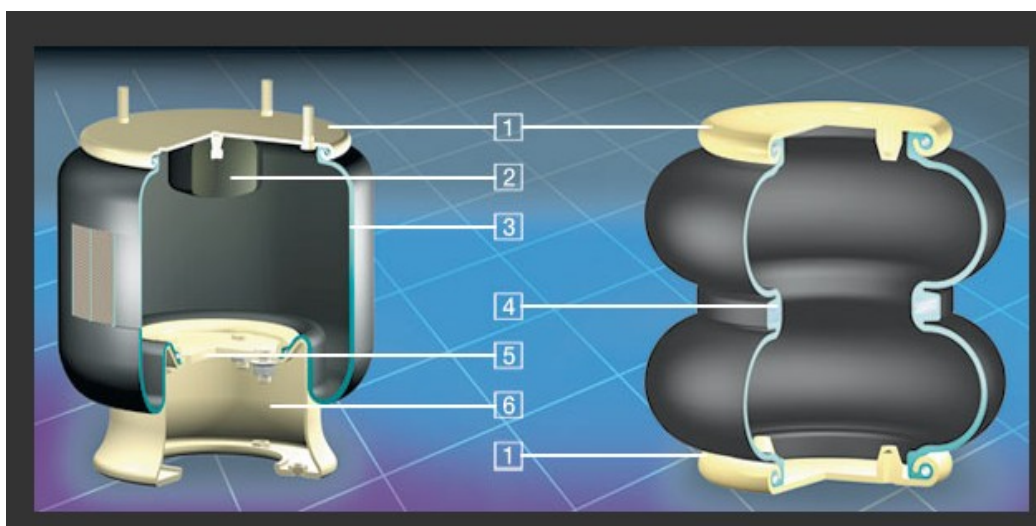
<sup>۱</sup> . torsion bar

مارپیچ را ندارد. این نوع فنر معمولاً برای اکسل عقب خودروها طراحی شده و در خودروهای موجود در کشور بر روی اکسل عقب پژو ۲۰۶ موجود می‌باشد.

#### ۵- فنرهای بادی

نوع دیگری از فنرها می‌باشد که در حال رواج یافتن است. فنر بادی بین چرخ و بدنه خودرو قرار گرفته و از خواص فشرده‌سازی هوا استفاده می‌کند تا لرزش‌های چرخ را بگیرد. طرح آن بیش از یک قرن قدمت دارد و می‌توان آن را در کالسکه‌های اسب‌کش یافت. فنرهای بادی در آن دوران از کیسه‌های چرمی پر از هوا درست می‌شدند که بسیار شبیه به کیسه سازه‌های بادی بود و در سال ۱۹۳۰ فنرهای بادی چرمی قالبی جایگزین این کیسه‌ها شدند.

ساختار فنر هوایی شامل یک سیلندر لاستیکی پر شده از هوای فشرده است و پیستونی که به اتصالات پایین چرخ متصل است. پیستون با حرکت خود در این سیلندر باعث فشردگی هوا و ایجاد حالت فنری می‌شود. همچنین اگر میزان وزن خودرو تغییر نماید یک شیر در بالای سیلندر هوا باز و به مقدار هوای داخل سیلندر می‌افزاید. مقدار هوای اضافه توسط یک کمپرسور تأمین می‌شود. وجود چنین سیستمی باعث می‌شود تا خودرو با وجود افزایش بار وارده در ارتفاع ثابت خود باقی بماند. از محاسن کاربرد چنین فنرهایی، نرمی بسیار بالا مانند غوطه‌وری در هوا است اما سیستم بسیار پیچیده و گران قیمت است. این فنرها امروزه برای خودروهای سواری، وانت‌ها، کامیون‌های سبک و تریلرها در حال رایج شدن می‌باشد.



شکل ۲-۱۳. نمونه‌ای از یک فنر بادی: ۱. صفحه فلزی بالایی<sup>۱</sup> جهت اتصال فنر هوایی به قاب خودرو، ۲. فنر ضربه گیر<sup>۲</sup> جهت محدود کردن میزان تراکم فنر و تضمین خصوصیات مورد نیاز در شرایط اضطراری، ۳. محفظه‌ای ساخته شده با رشته‌های داخلی و پوشش خارجی، ۴. رینگ وسط جهت متعادل کردن فنر بادی، ۵. صفحه‌ی مهار کننده‌ی داخلی جهت اتصال پیستون و فنر هوایی. این عضو جهت اتصال بهتر اجزاء طراحی شده است، ۶. پیستون اتصال فنر بادی و محور چرخ.



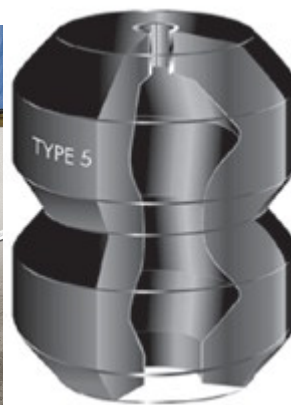
. کاربرد فنر هوایی در یک دوچرخه ۲۲۰۰ یورویی

<sup>۱</sup> . upper bead plate  
<sup>۲</sup> . bumper



## ۶- فنرهای لاستیکی<sup>۱</sup>

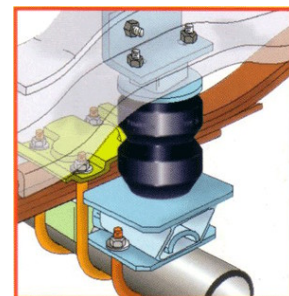
این نوع فنر که توسط دکتر الکس مولتن<sup>۲</sup> ابداع شد، از یک لاستیک فشرده انعطاف‌پذیر تشکیل شده است. این فنرها گاهی به صورت توپر و گاهی به صورت توخالی<sup>۳</sup> تولید می‌شوند. از محاسن آن سبکی و اشغال فضای کم می‌باشد اما قابلیت‌های فنرهای فولادی را ندارد و بسیار ضعیف‌تر از آنها است.



نمونه‌ای از فنرهای لاستیکی مورد استفاده در واگن‌های حمل بار

این فنرها اولین بار بر روی خودروهای کوچک استفاده شد، امروزه مصرف این فنرها در خودرو کاهش یافته است اما همچنان در وانت‌ها به کار می‌رود و سیستم تعلیق ارتقاء یافته‌ای<sup>۴</sup> به نام تیمبرن<sup>۵</sup> را به وجود آورده است (شکل ۲-۱۶). ارتقاء این سیستم تعلیق:

۱. ظرفیت حمل بار<sup>۶</sup> را افزایش می‌دهد،
۲. سبب کاهش نشست<sup>۷</sup> خودرو تحت بار می‌شود،
۳. پایداری غلتشی<sup>۸</sup> خودرو را افزایش می‌دهد،
۴. سبب نرم کردن ضربات جاده می‌شود<sup>۹</sup>،
۵. فرمان‌پذیری<sup>۱۰</sup> را افزایش می‌دهد،
۶. به راحتی قابل نصب است،
۷. نیاز به نگهداری و مراقبت ندارد،
۸. در طول مدت مجاز قابل تضمین است.

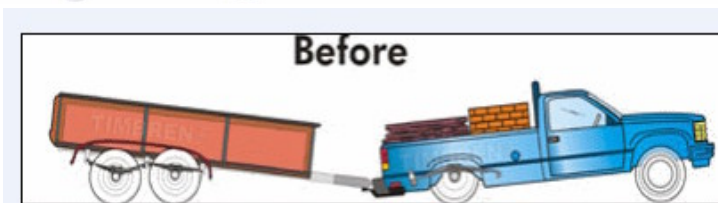


<sup>1</sup> . rubber spring  
<sup>2</sup> . Alex Moulten  
<sup>3</sup> . hollow rubber spring  
<sup>4</sup> . S.E.S. : Suspension Enhancement systems  
<sup>5</sup> . Timbren SES  
<sup>6</sup> . load carrying capacity  
<sup>7</sup> . suspension sag  
<sup>8</sup> . roll stability  
<sup>9</sup> . cushion road shock  
<sup>10</sup> . handling

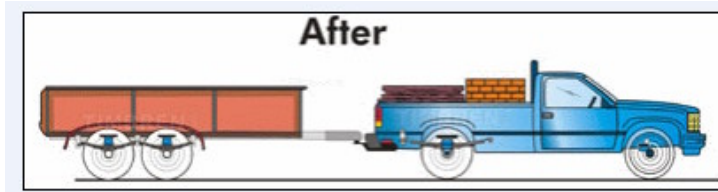


- Reduce Suspension Sag
- Improve Roll Stability
- Cushion Road Shock
- Improve Handling
- Easy To Install
- Maintenance Free
- Lifetime Warranty

الف



ب



الف. سیستم تعلیق وانت معمولی تحت بار

ب. سیستم تعلیق ارتقاء یافته وانت (تیمبرن) تحت بار

روش نصب این فنرها برای ارتقاء سیستم تعلیق وانت در شکل نشان داده شده است. برای اجرای طرح ارتقاء نیاز به هیچگونه سوراخکاری یا عمل زمان گیری نیست. البته در دوچرخه‌ها و موتورهای مسابقه و صخره‌نوردی استفاده زیادی دارند.

## جرم فنری<sup>۱</sup> و جرم غیر فنری<sup>۲</sup>

جرم معلق یا جرم فنری، جرم قسمتی از خودرو است که روی فنرها قرار می‌گیرد. جرم غیر فنری، جرم قسمت‌هایی است که بین جاده و فنرهای سیستم تعلیق واقع می‌شود. خشکی فنر، بر عکس العمل جرم معلق در هنگام رانندگی تاثیر می‌گذارد. خودروهایی با جرم فنری کم، نظیر خودروهای اشرافی، مانند خودروی شهری لینکلن<sup>۳</sup>، به راحتی دست‌اندازها را هضم کرده و یک سواری فوق العاده نرم و راحت را پدید آورند اما جلوی چنین خودرویی در زمان ترمز زدن به زمین نزدیک و در هنگام شتاب گرفتن از زمین دور می‌شود. این خودرو در سر پیچ‌ها و در حین دورزدن، تمایل به حرکت موجی یا پیچش بدنه نشان می‌دهد. از طرف دیگر خودروهایی که دارای فنرهای سخت مانند خودروهای اسپرتی نظیر مزدا میاتا<sup>۴</sup> هستند، نسبت به جاده‌های پر دست انداز، خشونت بیشتری نشان می‌دهند اما به خوبی حرکت بدنه را به حداقل می‌رساند؛ و این بدان معناست که آنها قابلیت سواری به صورت دیوانه‌وار را حتی در سر پیچ‌ها دارا هستند. پس در حالی که فنرها به خودی خود قطعاتی ساده به نظر می‌آیند، طراحی و به کارگیری آنها بر روی یک خودرو به منظور تعادل بین راحتی سرنشین و کنترل خودرو، فرآیند پیچیده‌ای است و برای پیچیده تر ساختن مسئله همین کافی است که فنرها به تنهایی نمی‌توانند یک سواری کاملاً نرم را فراهم آورند. زیرا آنها در جذب انرژی بسیار عالی عمل می‌کنند، ولی در رهاسازی‌اش به آن خوبی نیستند. قطعات دیگری، به عنوان کمک فنر نیاز هستند تا این کار به خوبی انجام پذیرد و انرژی را میرا نمایند.

## ۶- کمک فنر یا ضربه گیر<sup>۵</sup>

تا زمانی که خودرویی فاقد یک ساختار تقلیل دهنده نیرو باشد فنر آن انرژی را که از یک دست‌انداز جذب کرده و با نرخ کنترل نشده‌ای رها می‌سازد. فنر در بسامد طبیعی خود باز و بسته می‌شود تا جایی که همه انرژی را که جذب کرده، از دست بدهد. تعلیقی که تنها بر اساس فنرها طراحی و ساخته شده باشد، سواری بسیار پرتحرک و بسته به نوع زمین، خودرویی غیرقابل کنترل را به وجود می‌آورد.

<sup>۱</sup> . sprung mass

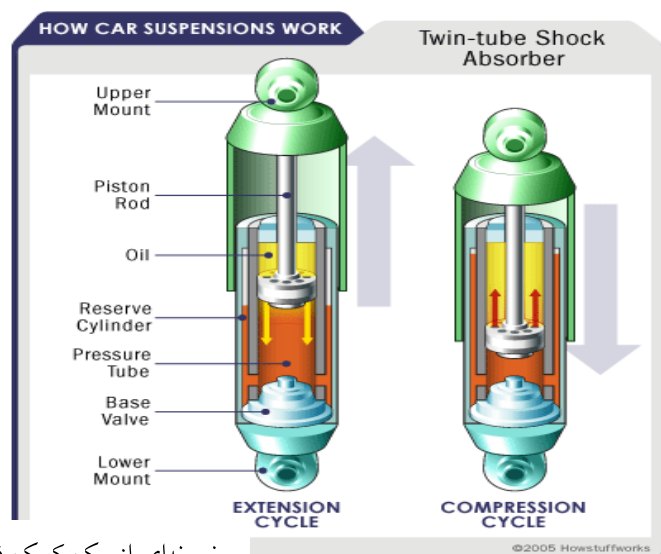
<sup>۲</sup> . unsprung mass

<sup>۳</sup> . Lincoln

<sup>۴</sup> . Mazda Miata

<sup>۵</sup> . damper or shock absorber

در تعریف ضربه گیر یا کمک فنر می‌توان گفت: «وسیله‌ای برای کنترل حرکات نامطلوب فنر در طی فرآیند میرا کردن انرژی است». کمک فنرها کار تقلیل نیروی حرکات لرزشی را بر عهده دارند، بدین صورت که انرژی جنبشی ناشی از حرکت تعلیق در کمک فنرها به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و انرژی گرمایی نیز در سیال روغنی از بین می‌رود.



. نمونه‌ای از یک کمک فنر و سیکل‌های کاری مختلف آن

کمک فنر اساساً یک پمپ روغن است که مابین بدنه خودرو و چرخ‌های آن قرار گرفته است. سر بالایی آن به بدنه، که همان وزن معلق باشد، و سر پایینی‌اش در نزدیکی چرخ یا به اکسل که همان وزن نامعلق می‌باشد اتصال دارد. در یک طرح دو لوله‌ای، که یکی از رایج‌ترین انواع کمک‌ها می‌باشد، روکش بالایی از داخل به یک میله و میله به پیستونی که داخل سیلندر قرار دارد متصل است. سیلندر حاوی سیال مناسب است. لوله داخلی را لوله فشار و لوله خارجی را لوله ذخیره می‌نامند. لوله ذخیره، روغن مازاد را ذخیره می‌کند.

هنگامی که چرخ خودرو با دست اندازی در جاده برخورد می‌کند، باعث باز و بسته شدن فنر می‌شود. انرژی فنر از طریق سر بالایی کمک فنر به آن منتقل می‌گردد و سپس به میل پیستون و در نهایت به پیستون می‌رسد. منافذی که بر روی پیستون وجود دارند، به سیال اجازه گذر از خود را می‌دهند و سبب می‌شوند تا در حین حرکت پیستون به سمت بالا و پایین در لوله، سیال جریان داشته باشد. به علت اندازه نسبتاً ریز سوراخ‌ها، تحت فشار بالا تنها مقدار کمی روغن از آنها می‌گذرد. این عمل حرکت پیستون و در نتیجه حرکت فنر را کند می‌سازد و انرژی مکانیکی را به انرژی هیدرولیکی و هیدرولیکی را به گرمایی تبدیل می‌کند و به محیط می‌دهد. پس از رانندگی در یک جاده پر دست‌انداز، در صورت دسترسی به پوسته یک کمک فنر و لمس آن گرمای پوسته به راحتی قابل درک است.

کمک فنرها دو مرحله کاری دارند؛ مرحله تراکم<sup>۱</sup> و مرحله انبساط<sup>۲</sup>. مرحله تراکم هنگامی اتفاق می‌افتد که پیستون به سمت پایین حرکت کرده و سیال را در محفظه زیر پیستون متراکم می‌کند. مرحله انبساط در زمان حرکت پیستون به سمت بالای لوله‌ای فشار رخ می‌دهد که سبب متراکم شدن سیال در قسمت بالای پیستون می‌گردد. یک خودروی معمولی و یا یک کامیونت، در طول مرحله انبساط نسبت به مرحله تراکم مقاومت بیشتری نشان خواهد داد. این مطلب نشان می‌دهد که مرحله تراکم، حرکت وزن نامعلق خودرو را کنترل می‌نماید؛ در حالی که مرحله انبساط، کار دشوارتر یعنی کنترل وزن معلق را برعهده دارد.

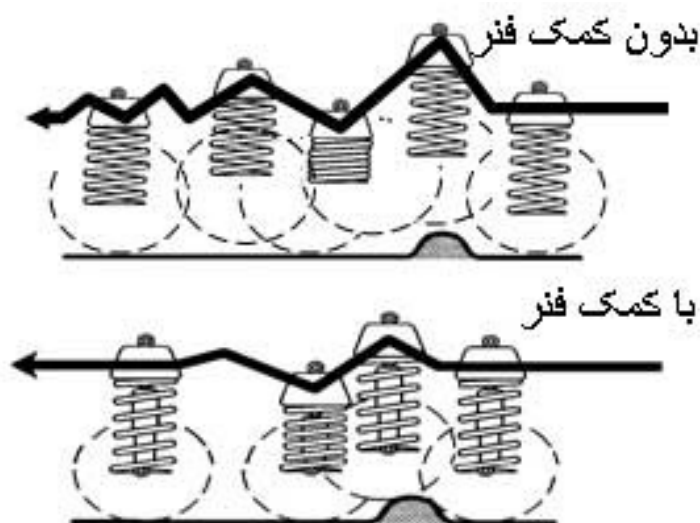
همه کمک فنرهای جدید، نسبت به سرعت حساس هستند. هر چه تعلیق سریع‌تر حرکت کند، کمک فنر مقاومت بیشتری را از خود نشان می‌دهد. این موضوع کمک فنرها را قادر می‌سازد تا با شرایط جاده هماهنگ شده و همه تکان‌های نامطلوب ناشی از حرکت یک خودرو از قبیل پرش، موج، شیرجه ترمز و یا نشست شتاب را کنترل نماید.

کمک فنی که در شرایط مناسب قرار داشته باشد به سیستم تعلیق اجازه می‌دهد تا نوسان به وجود آمده را به یک یا دو سیکل تقلیل داده، حرکت بیش از حد را تعدیل نموده و وزن وارد بر چرخ‌ها را در حالت تعادل و چسبیده به جاده قرار دهد. با کنترل فنر و

<sup>۱</sup> . compression cycle

<sup>۲</sup> . extension cycle

حرکات سیستم تعلیق، اجزاء دیگر سیستم نظیر میله‌های اتصال<sup>۱</sup> نیز در وضعیت درست خود فعالیت خواهند کرد و همین امر تنظیم چرخ‌ها را نیز به صورت ثابت در حالت صحیح خود، نگه می‌دارد.



. عملکرد دو سیستم بالایی با کمک فنر و پایینی بدون کمک فنر

کمک فنر عموماً شامل یک پیستون با سوراخ‌های ریز می‌باشد که در درون یک استوانه حاوی سیال هیدرولیکی حرکت می‌کند. عبور سیال تحت فشار از سوراخ‌ها، منجر به حرکت ملایم پیستون در استوانه می‌گردد.

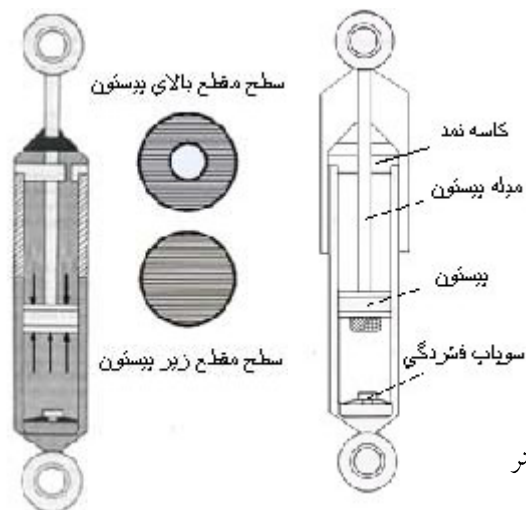
بر خلاف تفکر عامه، کمک فنر وزن خودرو را تحمل نمی‌کند بلکه وظیفه اصلی آن کنترل نوسانات فنرها و حرکات سیستم تعلیق و نگه داشتن چرخ به صورت چسبیده به جاده می‌باشد. این کار با تبدیل انرژی جنبشی حاصل از نوسانات فنر و سیستم تعلیق و تبدیل آن به انرژی گرمایی در کمک فنر انجام می‌گردد.

یک کمک فنر شامل پیستونی است که در سطح مقطعش سوراخ‌های ریزی به نام اوریفیس<sup>۲</sup> تعبیه شده و به یک میله فولادی<sup>۳</sup> متصل است، این پیستون درون یک محفظه بسته<sup>۴</sup> فلزی که حاوی یک سیال هیدرولیکی است، حرکت می‌کند. اطراف محل حرکت میله به داخل و خارج محفظه به وسیله یک کاسه نمد کاملاً آب بندی شده و سیال تحت فشار، امکان خروج از محفظه را دارا نیست.

زمانی که نیرویی بر یک کمک فنر وارد شود، کمک فنر به اصطلاح در سیکل فشرده شدن قرار گرفته و پیستون می‌خواهد به سمت پایین در درون محفظه حرکت نماید، اما از آنجا که سیال قابلیت فشرده شدن ندارد در مقابل این نیرو مقاومت می‌کند و چون برای رهایی از این فشار منفذی جز سوراخ‌های پیستون وجود ندارد، سیال از سوراخ‌های ریز درون پیستون عبور کرده و به بالای پیستون خواهد رفت، این حرکت نیز بدلیل ریز بودن سوراخ‌های پیستون به کندی و با تولید حرارت انجام می‌گیرد. همین کاهش سرعت جلوی نوسان فنر را گرفته و تعادل خودرو را برقرار می‌نماید.

برای باز کردن کمک فنر فشرده شده عملیاتی مشابه سیکل فشرده شدن انجام می‌شود با این تفاوت که این بار سیال از بالای پیستون می‌خواهد به زیر پیستون منتقل شود.

<sup>۱</sup> . tie rod  
<sup>۲</sup> . orifice  
<sup>۳</sup> . piston rod  
<sup>۴</sup> . tube



نمایش سطح مقطع طرفین پیستون

اجزاء یک کمک فنر

میزان مقاومتی که یک کمک فنر از خود نشان می‌دهد بستگی به سرعت سیستم تعلیق، تعداد و سایز سوراخ‌ها دارد. اما ساختمان کمک فنرهای امروزی تا حدی پیچیده‌تر از آن چیزی است که در بالا ذکر شد، تقریباً تمامی کمک فنرهای مدرن امروزی از نوع حساس به سرعت<sup>۱</sup> می‌باشند، بدین معنا که در سرعت‌های بالای سیستم تعلیق در جاده‌های پر دست انداز، کمک فنر مقاومت بیشتر و برعکس در سرعت‌های پایین مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهد که این امر نرمی و راحتی رانندگی را بسیار بیشتر می‌نماید. اما در سیستمی که در بالا بطور ساده بررسی شد یک مشکل بزرگ به چشم می‌خورد. حجم سیال پایین پیستون، در هنگامی که پیستون تا انتها بالا آمده، با حجم سیال بالای پیستون در زمانی که پیستون تا انتها پایین رفته مساوی نیست، دلیل آن هم وجود میله کمک فنر در بالای پیستون می‌باشد. همانطور که گفته شد کمک فنرها بر اساس جابجایی سیال در دو طرف پیستونی که در یک محفظه حرکت می‌نماید، در دو سیکل تراکم و انبساط کار می‌کنند.

## سیکل فشرده شدن<sup>۲</sup>

در هنگام فشرده شدن یا همان حرکت رو به پایین کمک فنر، مقداری از سیال از طریق سوراخ‌ها از محفظه‌ی پایینی به محفظه‌ی بالایی رفته و مقداری نیز از طریق سوپاپ فشردگی<sup>۳</sup> که در کف محفظه کمک فنر قرار دارد به تیوپ ذخیره<sup>۴</sup> وارد می‌شود، دلیل وجود تیوپ ذخیره اختلاف حجم دو قسمت بالا و پایین بدلیل وجود میله کمک فنر در قسمت بالا می‌باشد، از اینرو مقدار سیالی که در قسمت بالا قرار دارد قابل جایگزینی در قسمت پایین کمک فنر نمی‌باشد. پس در اثر فشار وارده، سوپاپ فشردگی باز شده و مقداری از سیال وارد تیوپ ذخیره که در گرداگرد محفظه اصلی می‌شود.

همانگونه که در ابتدا ذکر شد کمک فنرهای امروزی مجهز به سیستم حساس به سرعت می‌باشند. این سیستم برای کنترل جریان سیال در سرعت‌های مختلف سیستم تعلیق دارای قطعاتی اضافه در پیستون و سوپاپ فشردگی می‌باشد. این قطعات ساده که شامل چند دیسک یا واشر، یک فنر، خار و ... می‌باشد، باعث می‌شوند تا کمک فنر به نسبت سرعت ضربه اعمال شده در ۳ مرحله از خود واکنش نشان دهد. اگر سرعت پایین باشد، دیسک‌ها در مقابل جریان روغن مقاومت می‌نماید و باعث عبور جریان آرامی به صورت نشی از سوراخ‌ها، از قسمت پایین به قسمت بالا خواهد شد. در سرعت‌های بیشتر، فشار جریان روغن افزایش یافته پیستون را به سمت قسمت پایین فشار می‌دهد که باعث باز شدن اندک دیسک‌های موجود در پیستون از روی کف پیستون می‌گردد و سیال با سرعت کم از درون سوراخ‌ها عبور می‌کند. اما در سرعت‌های بسیار زیاد، دیسک‌ها تحت فشار وارده باز مانده و سیال نیز با سرعت زیاد از درون سوراخ‌ها عبور می‌نماید، اما همزمان با پیستون، سوپاپ فشردگی موجود در محفظه نیز که عملکرد و ساختمانی مشابه با پیستون دارد، در همان ۳

<sup>۱</sup> . velocity sensitive

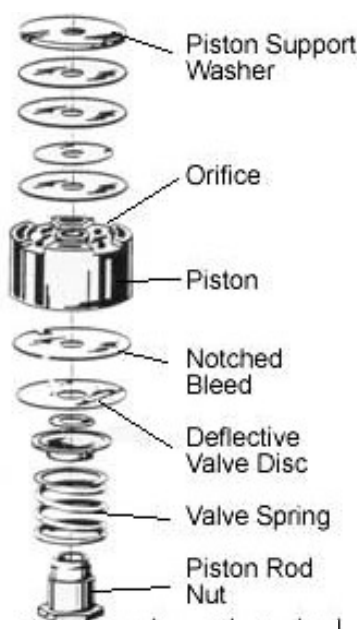
<sup>۲</sup> . compression cycle

<sup>۳</sup> . compression valve

<sup>۴</sup> . reserve tube



مرحله، حجمی از سیال که قابل جایگیری در قسمت بالا نیست را تحت فشار وارده، به تیوپ ذخیره در گرداگرد محفظه اصلی منتقل می‌نماید.



شکل ۲-۲۴. اجزاء پیستون حساس به سرعت

#### سیکل باز شدن ۱

باز شدن یا کشش کمک فنر تحت نیروی پتانسیل ذخیره شده در فنر جمع شده انجام می‌گیرد و در اصل این فنر می‌باشد که با باز شدن خودش کمک فنر را نیز باز کرده و به حالت اولیه‌اش بر می‌گرداند. در این سیکل زمانی که پیستون به سمت بالا کشیده می‌شود طی همان سه مرحله و بر حسب سرعت حرکت سیستم تعلیق، سیال موجود در قسمت بالا از طریق سوراخ‌ها به قسمت پایین منتقل شده و از آنجا که مقدار سیال موجود در قسمت بالا برای جایگزینی در قسمت پایین ناکافی است باید مقدار سیالی که در سیکل فشردگی در تیوپ ذخیره جمع آوری شده وارد عمل شود. از آنجایی که در این زمان فشار سیال موجود در تیوپ ذخیره بالاتر از فشار سیال موجود در قسمت پایین می‌باشد، باعث باز نمودن سوپاپ فشردگی در کف کمک فنر می‌گردد و در پی آن سیال از تیوپ ذخیره جریان یافته و وارد قسمت پایین می‌گردد تا این قسمت را بطور کامل پر نماید. باز شدن سوپاپ در این مرحله نیز حساس به سرعت و سه مرحله‌ای است.

#### انواع کمک فنرها

- دو تیوپه
- تک تیوپه
- با مخزن بیرونی
- موارد دیگر مثل: اصطحاک‌کی - وزنه‌ای - فنر اهرمی - نواری - پره دار - مغناطیسی و الکترومغناطیسی

+ دو تیوپه

در این مدل از کمک فنر که همان نوع بررسی شده در بالاست، یک تیوپ اصلی وجود دارد که پیستون در آن حرکت می‌نماید و تیوپ دوم که تیوپ ذخیره نام دارد، در گرداگرد تیوپ اصلی قرار گرفته تا سیال مازاد را در خود جای دهد. کمک فنرهای دو تیوپه انواع متنوعی دارند، که برخی از لحاظ تکنولوژی منحصر به یک یا چند کارخانه بوده و دارای قیمت‌های بالا و کارایی‌های خاصی نیز می‌باشند، اما انواع متداول آن به شرح زیر می‌باشند:

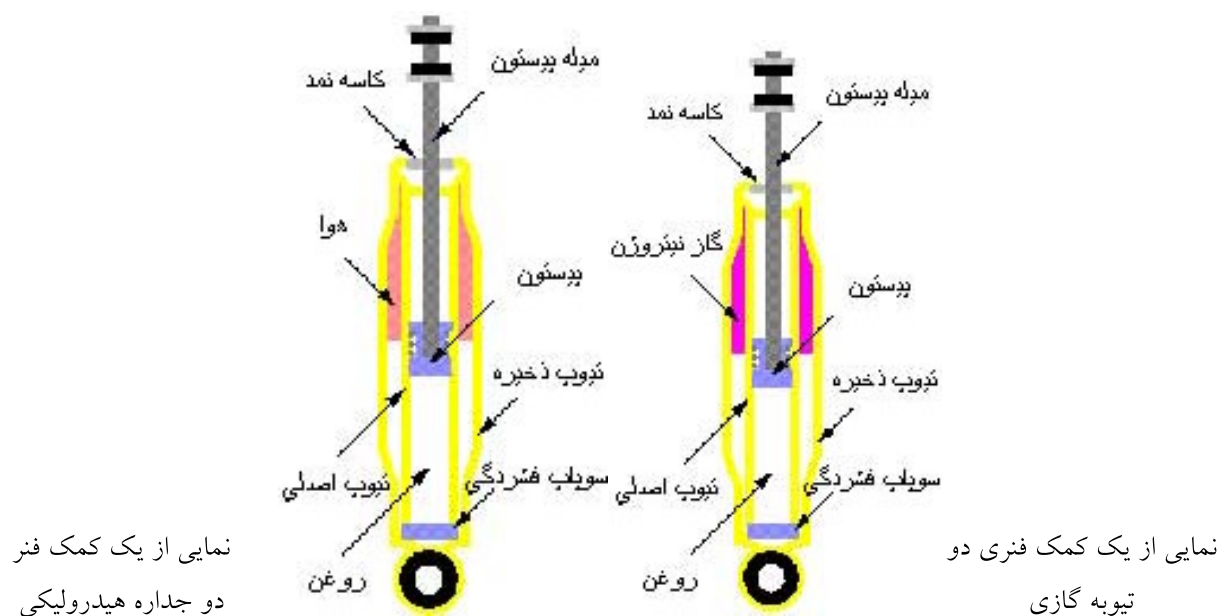
- دو تیوپه گازی

گسترش کمک فنرهای گازی باعث ایجاد برتری عمده‌ای در رانندگی با خودروهای مجهز به این نوع کمک فنر گردیده است. این نوع از کمک فنر به مشکلات موجود در کنترل و هدایت خودروهایی که مجهز به شاسی و بدنه یکپارچه هستند یا فاصله چرخ‌هایشان

کم است یا نیاز به فشار بالای باد تایرها دارند، خاتمه بخشیده است. این کار تنها با افزودن مقداری گاز نیتروژن با فشار کم در تیوپ ذخیره انجام می‌گیرد. این در حالی است که تصور عامه بر این است که در کمک‌های گازی تنها از نوعی گاز استفاده می‌شود و از روغن خبری نیست. در این نوع کمک فنر، گاز نیتروژن تنها حجم بسیار کمی از حجم مواد موجود در کمک فنر را شامل می‌شود. فشار نیتروژن درون تیوپ ذخیره نیز ما بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع<sup>۱</sup> می‌باشد.

گاهی در کمک فنرهای دو تیوبه به جای نیتروژن، هوا وجود دارد. استفاده از هوا سبب ایجاد کف در کمک فنر می‌شود. یکی دیگر از محاسن نیتروژن جلوگیری از ایجاد کف در کمک فنر است، این کف<sup>۲</sup> که حاصل ترکیب شدن روغن با هوا است، قابل فشرده شدن می‌باشد، از اینرو باعث اختلال در کار کمک شده و نرمی و راحتی رانندگی را از بین می‌برد. همچنین واکنش‌های کمک فنر را با تأخیر مواجه می‌کند. اما در انواع گازی، نیتروژن تحت فشار قابلیت ترکیب شدن با روغن را دارا نیست. در صورتی هم که مقادیر کمی هوا در پروسه تولید یا در حین کارکرد کمک وارد آن شده باشد، بدلیل وجود فشار نیتروژن تنها به صورت حباب در روغن پخش می‌شود.

دیگر مزیت کمک فنرهای گازی، بازگشت جزئی آنها پس از فشرده شدن است، این امر که بدلیل بیشتر بودن سطح مقطع زیر پیستون نسبت به سطح بالای پیستون و وجود فشار بالای نیتروژن وارد بر سطح بزرگتر اتفاق می‌افتد، باعث بالا رفتن ضریب فنر شده و تا حدی از پایین رفتن سر خودرو هنگام ترمز گیری، پایین رفتن عقب خودرو در هنگام شتاب گیری و چپ شدن و انحراف خودرو جلوگیری می‌نماید.



- دو تیوبه هیدرولیکی

کمک فنر نوع هیدرولیکی، نسل اول کمک فنرهای دو تیوبه محسوب می‌شوند، که همینک جای خود را به انواع گازی سپرده‌اند. این نوع کمک فنرها عیناً مشابه نوع گازی می‌باشند، با این تفاوت که در آنها به جای نیتروژن تحت فشار کم، از هوا در فشار معمولی استفاده می‌شود، که مشکلاتی نظیر ایجاد کف در آنها اجتناب ناپذیر است.

- دو تیوبه با سلول گازی اشباع شده<sup>۳</sup>

در این نوع به جای اینکه اجازه داده شود گاز نیتروژن در تماس با سیال هیدرولیکی قرار گیرد، سلول‌هایی از نیتروژن اشباع شده بکار می‌رود. این نوع نیز همانند نوع گازی، از ایجاد کف هوا و روغن جلوگیری می‌نماید، اما در صورتی که در دماهای بسیار بالا قرار گیرد یا به مدت طولانی در جاده پر دست انداز حرکت کند، پس از سرد شدن دیگر کیفیت اولیه‌ی خود را باز نخواهد یافت.

<sup>۱</sup>. psi

<sup>۲</sup>. foam

<sup>۳</sup>. foam cell

\*\*\*\* یکی از اشکالات کمک‌های دو تیوبه، نداشتن قابلیت نصب شدن به صورت زاویه‌دار و یا سر و ته می‌باشد. این امر باعث می‌شود در مواردی که سازنده با کمبود جا مواجه است امکان استفاده از این نوع کمک را نداشته باشد. دیگر اشکال کمک‌های دو تیوبه نیز دفع نشدن کافی گرما به خارج می‌باشد، چرا که تیوب ذخیره مانعی بر سر خروج گرمای تولیدی در پیستون بوده و گرما نیز باعث کاهش ویسکوزیته روغن می‌گردد، که این امر کارایی کمک فنر را کاهش می‌دهد. این مشکل در نوع گازی کمتر به وجود می‌آید. کمک‌های دو تیوبه در اکثر خودروهای سواری، وانت‌ها، و کامیون‌های سبک به کار می‌رود.

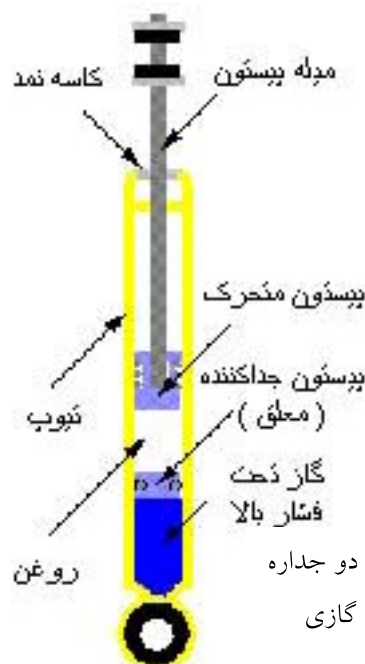
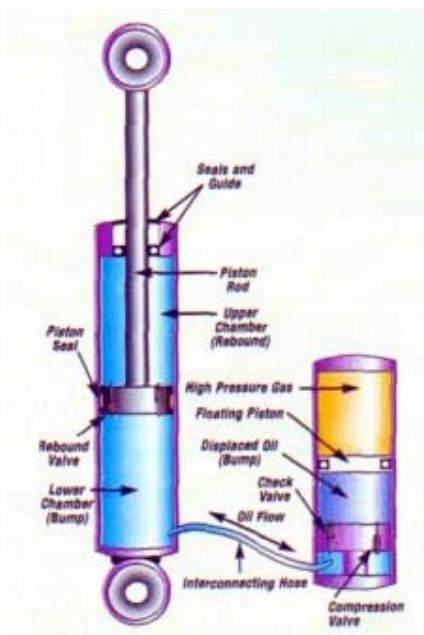
+ تک تیوبه

در این نوع از کمک فنر تیوب ذخیره وجود ندارد. در درون تیوب اصلی ۲ پیستون وجود دارد. پیستون متحرک و پیستون جدا کننده یا معلق. پیستون متحرک که به میله‌ی کمک فنر متصل است دقیقاً مشابه انواع دو تیوبه عمل می‌نماید. این نوع کمک فنر سوپاپ فشردگی ندارد و به جای آن یک پیستون جدا کننده محفظه‌ی حاوی روغن را از محفظه‌ی زیرین حاوی گاز با فشار ۳۶۰ psi می‌باشد. در حین کارکرد در سیکل بازشدن هنگامی که فشاری بر پیستون متحرک وارد نشود بر اثر فشار نیتروژن زیرین، بالا آمده و فضای خالی را پر می‌نماید. در سیکل فشرده شدن نیز تحت فشار، پیستون پایین می‌رود تا کمک تا انتها فشرده شود. این نوع کمک فنر قابلیت نصب در تمامی حالت‌ها را داراست، همچنین بدلیل فشار بالای نیتروژن، بر خلاف دیگر انواع کمک فنر قابلیت تحمل مقدار کمی از وزن خودرو را نیز دارد. در این نوع به دلیل نبود تیوب ذخیره مشکل دفع حرارت تولیدی نیز وجود ندارد. در صورت بروز گرما نیز نه تنها کارایی آن کاهش نمی‌یابد بلکه در پی افزایش فشار نیتروژن در اثر گرما بهبود نیز می‌یابد. همچنین به دلیل نبود تماس بین روغن و گاز یا هوا مشکل تشکیل کف نیز وجود ندارد، اما عیب این نوع کمک فنر آسیب‌پذیری آن است چرا که به دلیل نبود تیوب ذخیره، در صورت برخورد شیئی خارجی با پوسته کمک و ایجاد فرورفتگی، پیستون از حرکت باز می‌ماند. این نوع کمک فنر در بسیاری از خودروهای سواری، وانت‌ها، کامیون‌های سبک استفاده می‌شود، اما قیمت بالاتری نسبت به انواع تک تیوبه دارد.

- کمک فنر با مخزن بیرونی

این نوع که بهترین نوع کمک فنر محسوب می‌شود برای کارهای برجسته‌ای چون مسابقات اتومبیل‌رانی و موتورسیکلت‌رانی بکار می‌رود و قیمت بالایی نیز دارد. در این نوع، از یک کمک فنر تک تیوبه سبک و کوچک استفاده می‌شود که به وسیله‌ی یک لوله به مخزنی که در قسمتی جدای از کمک فنر واقع شده و حاوی سیال و گاز می‌باشد وصل می‌شود. درون مخزن یک پیستون جداکننده و یک سوپاپ فشردگی قرار دارد. از اینرو می‌توان این نوع را ترکیبی از دو نوع قبلی یعنی دو تیوبه و تک تیوبه دانست. مخزن دوم این کمک فنرها در برخی موارد به تیوب اصلی چسبانده شده، اما در اکثر موارد جدا می‌باشد. اشغال فضای کمتر در پشت چرخ، به دلیل پرتابل بودن مخزن دوم، خنک شدن بهتر و قابل تنظیم بودن، از مزایای این نوع کمک فنرها محسوب می‌شود.

. کمک فنر با مخزن خارجی



نمایی از یک کمک فنر دو جداره  
با سلول اشباع شده گازی

\*\*\*برخی کمک فنرها به صورت زاویه‌دار نصب می‌شوند که این امر باعث کاهش تأثیر کمک فنر می‌شود. اما در مواردی که با کمبود جا مواجه باشند کج کردن زاویه‌ی کمک فنر، اجتناب ناپذیر است. این امر بیشتر در خودروهایی که از فنرهای تخت استفاده می‌کنند دیده می‌شود، جدول زیر میزان کاهش تأثیر کمک در درجه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲. رابطه‌ی راندمان و زاویه کمک فنر

راندمان کاری	زاویه کمک فنر با خط قائم
٪۱۰۰	عمودی
٪۹۸	±۱۰
٪۹۲	±۲۰
٪۸۶	±۳۰
٪۷۴	±۴۰
٪۶۸	±۵۰

#### زمان تعویض

- روش قدیمی فشار بر روی گل‌گیر و توجه به نحوه‌ی رفتار کمک فنر هنوز یکی از بهترین روش‌ها برای تشخیص خرابی کمک فنر است. چند تکان محکم به گل‌گیر بدهید، دست خود را بردارید. اگر نوسان خودرو بیش از ۱ تا ۵/۱ بار ادامه یافت، کمک فنر باید تعویض شود.
- گسیختگی کاسه نمد باعث نشتی روغن از کمک فنر می‌شود، هر گاه نشتی از کمک فنر دیده شد، زمان تعویض آن است.
- وجود مشکل در فرمان‌پذیری خودرو و انحراف در پیچ‌ها می‌تواند بر اثر خرابی کمک فنرها باشد.
- یک کمک فنر خوب، به نسبت خرابی جاده‌هایی که خودروی شما در آنها حرکت می‌کند؛ باید بین ۱۳۰ تا ۱۶۰ هزار کیلومتر کار کند، اما این را نیز بدانید که شرایط یک کمک فنر نو بسیار متفاوت با کمک فنری است که بطور مثال ۱۰۰ هزار کیلومتر کار کرد دارد.
- همیشه کمک فنرها را به صورت جفت تعویض نموده و از تعویض تکی آنها خودداری نمایید.

\*\*\* در ادامه انواع دیگر کمک فنر بررسی می‌شود.

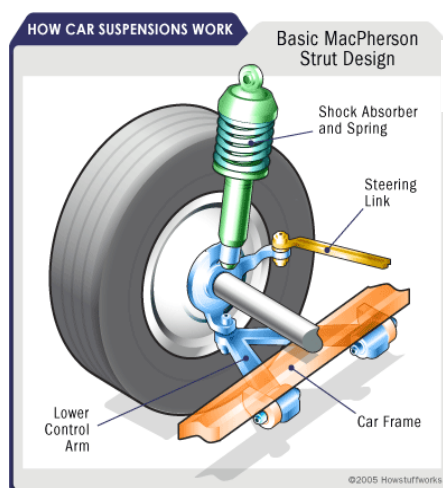
## ۷- پایه خودرو<sup>۱</sup>

یک سازه میرا کننده‌ی دیگر تحت عنوان ستون‌ها و میله‌های ضد نوسان معروف است و به طور معمول شامل یک فنر مارپیچ و یک کمک فنر است که کمک فنر داخل فنر جای گرفته است. پایه‌ها دو عمل عمده‌ی زیر را انجام می‌دهد:

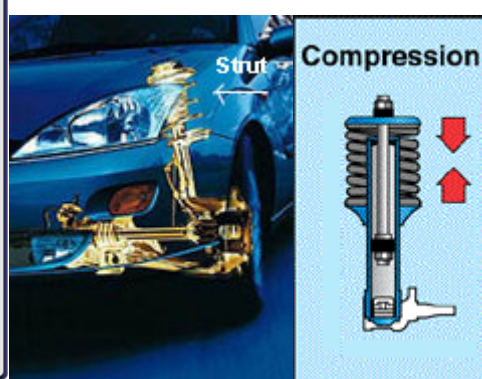
۱- عضوی به وجود می‌آورد که جاذب و میرا کننده‌ی انرژی است،

۲- به عنوان یک سازه و به عنوان تکیه‌گاهی برای جرم فنری خودرو، روی سیستم تعلیق عمل می‌کند.

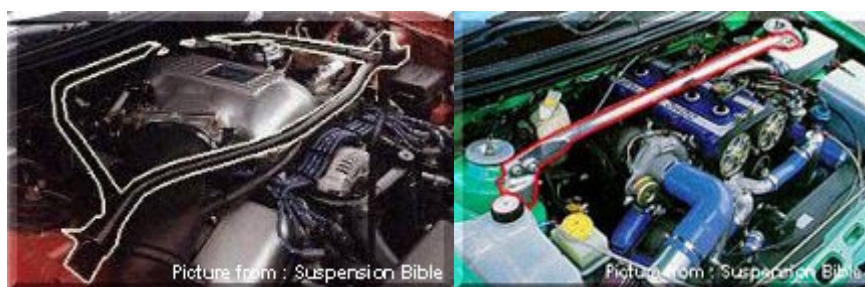
ستون‌ها نقش به سزایی در خوش فرمانی خودرو بر عهده دارد و توجه خاصی به آنها می‌شود. ستون‌ها با کنترل وزن خودرو از انحراف‌های ناگهانی در ضربه‌های شدید جلوگیری می‌کنند. ضربه‌های شدید به تایر سبب کاهش گیرایی سطح تایرها با سطح جاده می‌شود و بر روی خوش فرمانی و ترمزگیری تأثیر منفی دارد. میله‌های ضد نوسان به کمک ستون‌ها می‌آیند تا پایداری کاملی را به خودروی در حال حرکت بدهد. پایه‌ها وزن را کنترل نمی‌کنند و در حقیقت سرعت انتقال اثر وزن را کنترل می‌نمایند.



نمایی از یک سیستم تعلیق به همراه پایه با بازوی جناغی



به دلیل ارتباط زیاد کمک فنرها و پایه‌ها با کنترل خودرو، آنها را می‌توان به عنوان مشخصه‌های اصلی امنیتی به حساب آورد. پایه‌ها و کمک فنرهای کار کرده ممکن است اجازه انتقال وزن از طرفی به طرف دیگر و از جلو به عقب را بدهند. این کار توانایی لاستیک را برای چسبیدن به جاده کاهش می‌دهد و البته به همان میزان قدرت کنترل خودرو و کارایی ترمز را کاهش می‌دهد. زمانی که صحبت از بالا بردن هندلینگ خودرو می‌شود، اولین فکری که به ذهن هر کس میرسد کاهش ارتفاع خودرو است، اما یکی دیگر از مؤثرترین روشها استفاده از **Brace Strut** در خودروهایی است که دارای سیستم **Strut** می‌باشند. زمانی که شما درون یک پیچ قرار می‌گیرید تمامی شاسی خودرو به پیچش واداشته می‌شود، چرا که هیچ پیوند فیزیکی بین دو سوی بالایی آن نیست (میل تعادل در انتها الیه پایین، دو سوی شاسی را بهم متصل می‌نماید) و تنها اتصال بدنه خودرو است، که آن هم به راحتی به نسبت مقاومتش دچار خمش می‌شود. اما یک **Brace Strut** که از روی موتور عبور کرده و در دو سمت به برآمدگی محل پیچ شدن **Strut** ها به بدنه وصل می‌شود، سیستم تعلیق را محکم تر کرده و از چپ شدن خودرو تا حد زیادی جلوگیری می‌نماید. در مواردی که موتور ارتفاع بالاتری نسبت به محفظه **Strut** ها داشته باشد می‌توان از **Strut Brace** چهار ضلعی استفاده نمود.





## ۸- تایرها و زوایای آن و هندسه سیستم تعلیق

تایرها فنرهایی هستند که به چشم نمی‌آیند. تایرها نوعی فنر هوایی می‌باشند که تمامی وزن خودرو را تحمل می‌کنند. فعالیت فنری تایرها روی کیفیت سواری و فرمان‌دهی خودرو بسیار مهم می‌باشد و تایرها به عنوان یکی از مؤثرین اجزاء در کیفیت رانندگی، محسوب می‌شوند. سایز، ساختمان، ترکیب و تورم احتمالی در کیفیت رانندگی بسیار مؤثر می‌باشد.

هندسه‌ی تعلیق و زوایای چرخ

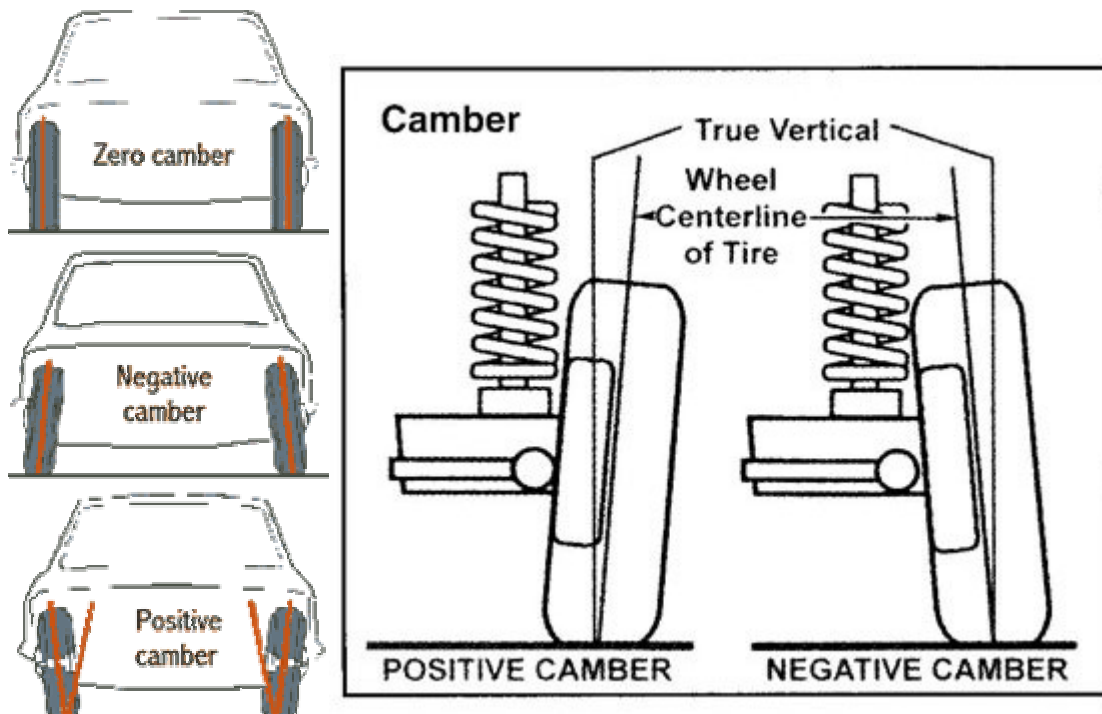
وضعیت هندسی اجزاء سیستم تعلیق خودرو باید مطلوب باشد تا نیازهای سیستم را برطرف سازد. هندسه‌ی تعلیق شامل

گزینه‌هایی به شرح زیر است:

### ۲-۱۲-۱ زاویه‌ی کمبر<sup>۱</sup>

در نمای از جلو و عقب خودرو زاویه‌ای که بین صفحه‌ی چرخ و خط قائم وجود دارد زاویه‌ی کمبر نام دارد. کمبر در چرخ‌های جلو و عقب به چشم می‌خورد. چنانچه فاصله‌ی دو چرخ در بالای تایر بیشتر از فاصله‌ی آن در پایین تایر باشد کمبر منفی و اگر خلاف این باشد، کمبر مثبت است. در چرخ‌های جلو زاویه‌ی کمبر نزدیک به صفر یا اندکی منفی است و در چرخ‌های عقب کمبر منفی واضحی وجود دارد. وجود مقداری کمبر منفی در چرخ‌های عقب سبب پایداری بیشتر خودرو در پیچ‌ها می‌شود.

ساییدگی لاستیک پایداری خودرو را کاهش می‌دهد. ساییدگی در اثر تغییر ناشی از اعمال بار به کناره‌های تایر به وجود می‌آید. خط سیر واقعی و اصلی این نیروها زاویه‌ای به نام زاویه‌ی سایش به وجود می‌آورد. با استفاده از کمبر می‌توان زاویه‌ی سایش را اصلاح نمود. اگر چرخ‌ی با کمبر مثبت هل داده شود لاستیک آن کشیده می‌شود. کمبر باعث ایجاد گونه‌ای اثر مخروطی در هر یک از چرخ‌ها می‌شود که تمایل دارد چرخ را از خط سیر مستقیم خارج کند و فرسایش مخروطی در لاستیک‌ها را به وجود آورد. تنظیم دهنه‌ی چرخ‌ها می‌تواند اثر نامطلوب کمبر را جبران نماید.



شکل ۲-۴۷. نمایش زاویه کمبر مثبت و منفی

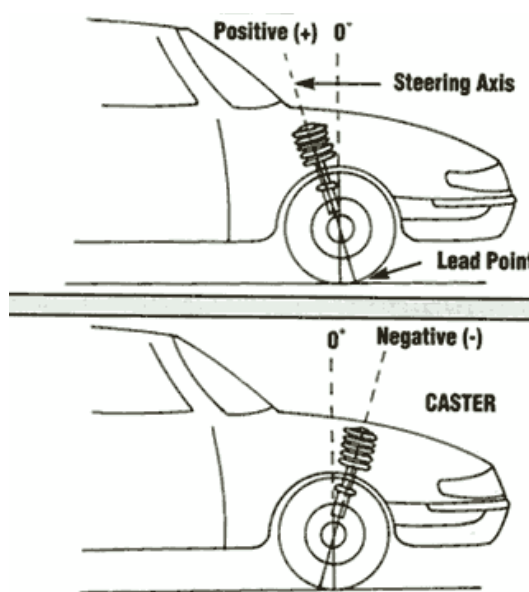
<sup>۱</sup>. camber



شکل ۲-۴۸. کمبر مثبت زیاد سبب سایش بیش از اندازه در لبه‌ی خارجی تایر شده است.

## ۲-۱۲-۲ زاویه‌ی کستر<sup>۱</sup>

زاویه‌ی کستر در دید از کنار به خودرو دیده می‌شود و زاویه‌ای است که محور پایه‌ی خودرو با خط قائم می‌سازد. کستر می‌تواند مثبت یا منفی باشد. کستر مثبت هنگامی که محور دوران به عقب تمایل داشته باشد و کستر منفی هنگامی که محور دوران به جلو تمایل داشته باشد.



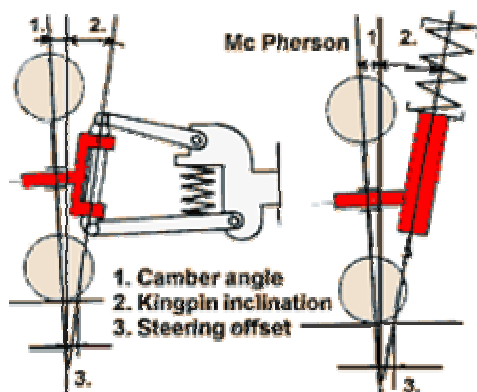
شکل ۲-۴۹. نمایش زاویه‌ی کستر منفی و مثبت

## ۲-۱۲-۳ زاویه‌ی نوسان یا کینگ پین<sup>۲</sup>

زاویه‌ای که خط عمود با محور سگ دست می‌سازد زاویه‌ی کینگ پین نامیده می‌شود. این زاویه سبب می‌شود در رانندگی با سرعت پایین فرمان خودرو پس از پیچیدن سریعاً به حالت اول بازگردد. در واقع در موقع فرمان دادن جلوی خودرو بلند می‌شود و در اثر وزن خودرو در محور چرخش دوران ایجاد می‌کند که سبب تمایل به بازگشت چرخ می‌شود.

<sup>۱</sup> . Caster

<sup>۲</sup> . king pin



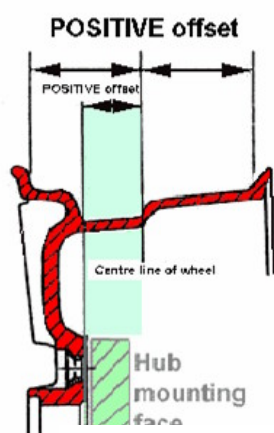
شکل ۲-۵۰. نمایش زاویه‌های ۱. کمبر، ۲. کستر منفی و ۳. کینگ پین

۴-۱۲-۲ زاویه‌ی کلی

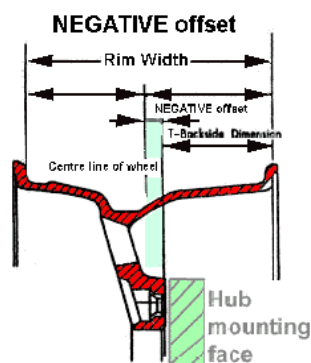
زاویه‌ای است که از مجموع دو زاویه‌ی کمبر و کینگ پین به وجود می‌آید.

۵-۱۲-۲ توازن پایه<sup>۱</sup>

فاصله‌ی بین راستای محور مرکز دوران چرخ تا محل تماس تایر روی سطح زمین توازن پایه نامیده می‌شود. معمولاً این کمیت با علامتی روی فلنج چرخ مشخص می‌شود و از روی رینگ و فلنج قابل تشخیص است. این کمیت مثبت است، زمانی که نقطه‌ی تماس چرخ با زمین نسبت به محور دوران خارجی باشد. منفی است، زمانی که نقطه‌ی تماس نسبت به محور دوران داخلی باشد و صفر است، زمانی که هر دو محور بر هم منطبق باشند.



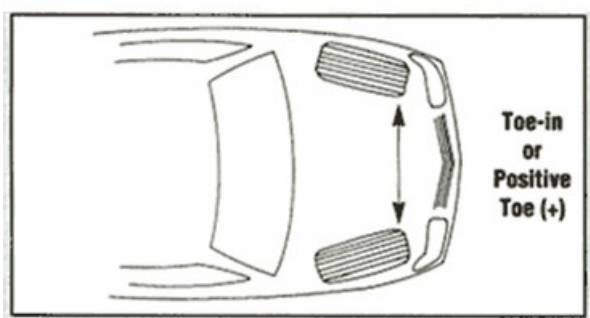
## Wheel Offset



شکل ۲-۵۱. توازن پایه‌ی مثبت و منفی در فلنج مزدا

۶-۱۲-۲ میزان فرمان

در دید از بالا به خودرو زاویه‌ای صفحه‌ی چرخ‌ها با محور طولی خودرو، میزان فرمان نامیده می‌شود. زمانی که سر چرخ‌های جلو همگرا باشند میزان فرمان در این حالت مثبت<sup>۱</sup> است و کمبر مثبت را جبران می‌کند. زمانی که سر چرخ‌های جلو واگرا باشند در این حالت



شکل ۲-۵۲. نمایش میزان فرمان مثبت (Toe-In) و منفی (Toe-Out)

<sup>۱</sup> . strut offset

میزان فرمان منفی<sup>۲</sup> است و کمبر منفی را جبران می‌کند. اگر میزان فرمان درست نباشد سبب ساییدگی تایر در یک خط مستقیم و فرسودگی زودرس می‌شود.

## ۷-۱۲-۲ زاویه‌ی فرمان

چرخ‌های یک خودرو برای گذر از یک پیچ همواره باید دایره‌هایی با مرکز مشترک بسازد تا از ساییدگی تایر به صورت منحنی جلوگیری شود. به این ترتیب چرخ‌ی که در خارج از پیچ قرار دارد نسبت به چرخ داخل پیچ باید دایره‌ای با شعاع بیشتر را طی نماید و بنابراین زاویه‌ی چرخش تایر خارج از پیچ کمتر از زاویه‌ی پیچش چرخ داخل پیچ است.

---

<sup>۱</sup> . Toe-in or Positive Toe

<sup>۲</sup> . Toe-out or Negative Toe

## ۹-۲ انواع سیستم‌های تعلیق

سیستم تعلیق یک خودرو را می‌توان به دو قسمت تقسیم‌بندی نمود:

۱. سیستم تعلیق جلو،

۲. سیستم تعلیق عقب.

این دو نوع سیستم تعلیق می‌توانند به طور متفاوت طراحی شود. از طرف دیگر سیستم تعلیق را می‌توان دو نوع مستقل<sup>۱</sup> و وابسته<sup>۲</sup> در نظر گرفت. در سیستم تعلیق وابسته، دو چرخ توسط میله‌ی محکم یک تکه به یکدیگر متصل گردیده‌اند. به این نوع تعلیق، سیستم تعلیق یکپارچه نیز گفته می‌شود. اما چنانچه چرخ‌ها به طور مستقیم به یکدیگر متصل نباشند و هر یک از چرخ‌ها بتوانند حرکت مستقل داشته باشند، سیستم تعلیق مستقل خواهد بود.

سیستم تعلیق یکپارچه جلویی، دارای یک اکسل جلو است که دو چرخ را به هم متصل می‌کند. اساساً همانند یک میله محکم است که در قسمت زیرین جلویی خودرو قرار داشته و در جایش به وسیله فنرهای تخت و کمک‌ها محکم شده است. این سیستم به طور معمول در کامیون‌ها و خودروهای باری، استفاده می‌شود و سال‌ها است که در عمده خودروهای سواری به کار گرفته نمی‌شود.

در یک سیستم تعلیق مستقل جلو، چرخ‌های جلویی اجازه حرکت به صورت مستقل دارند. پایه مک فرسن<sup>۳</sup>، که توسط شخص ارل مک فرسون در سال ۱۹۴۷ ساخته شد و توسط شرکت جنرال موتورز به تولید انبوه رسید، پر کاربردترین سیستم تعلیق جلو به

---

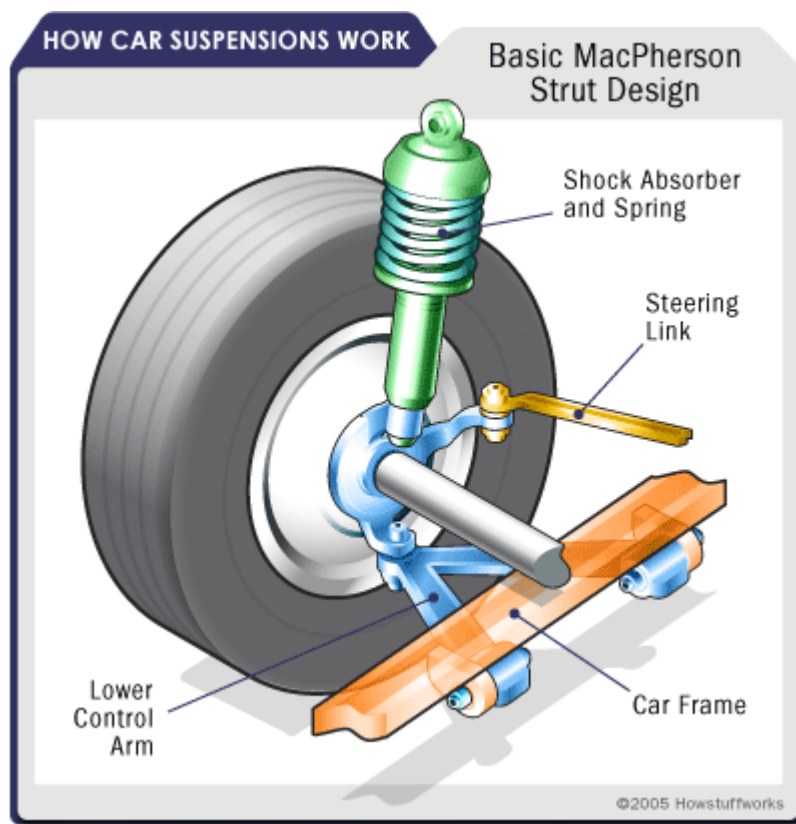
<sup>۱</sup> . independent

<sup>۲</sup> . dependent

<sup>۳</sup> . Mac Pherson



خصوص در خودروهای منطقه‌ی اروپا می‌باشد. پایه‌های مک فرسون شامل یک فنر مارپیچ و یک کمک فنر است. این مجموعه دارای ساختاری متراکم و سبک است.



شکل ۲-۳۲. اصول طراحی سیستم مک فرسون و تک جناغی

سیستم تعلیق دو جناغی با بازوهای A شکل نوع دیگر سیستم تعلیق معمولی و مستقل است. در حالی که پیکربندی‌های بسیار گوناگونی وجود دارد، این طراحی به طور خاص برای حفظ تعادل چرخ، از دو بازوی جناغ شکل استفاده می‌کند. هر جناغ دارای دو محل اتصال، یکی به شاسی و دیگری به چرخ می‌باشد و یک کمک فنر و فنر مارپیچ را برای جذب لرزش‌ها و ضربات حمل می‌کند. سیستم‌های تعلیق دو جناغی اجازه‌ی کنترل بیشتری را روی زاویه‌ی تمایل چرخ می‌دهند و سبب می‌شود چرخ به خارج یا داخل تمایل پیدا کند. همچنین به کاهش موج کمک می‌کنند و احساس هدایت مطمئن‌تری را فراهم می‌نمایند. به خاطر همین مشخصات به طور معمول از سیستم‌های تعلیق دو جناغی برای چرخ‌های جلویی خودروهای بزرگتر استفاده می‌شود.

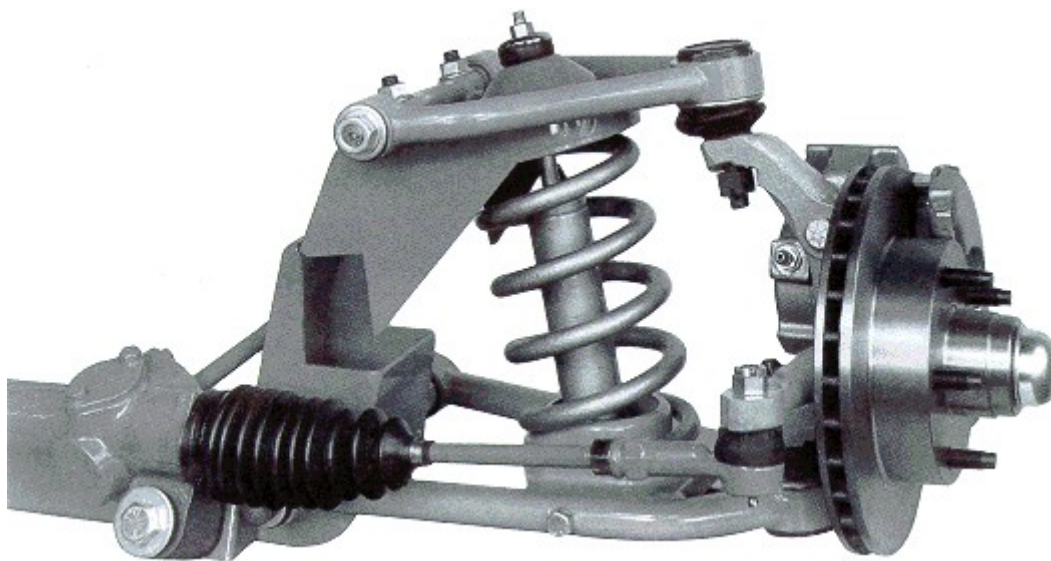


شکل ۲-۳۳. سیستم تعلیق دو جناغی هوندا آکورد

اگر یک اکسل یک تکه چرخ‌های عقب خودرو را به هم متصل نماید، آنگاه به طور معمول، خودرو دارای سیستم تعلیق بسیار ساده‌ای بر مبنای یک کمک فنر، یک فنر نظیر فنر مارپیچ، فنر تخت یا فنر پیچشی می‌باشد. در استفاده از فنر تخت، فنرها مستقیماً به اکسل می‌چسبند. دو سر فنرهای تخت به صورت مستقیم به شاسی اتصال پیدا می‌کند و کمک فنر با واسطه به فنر تخت متصل می‌گردد. سالیان متمادی، تولید کنندگان خودروهای آمریکایی از این طرح به خاطر سادگی‌اش استفاده می‌نمودند.

با جایگزینی فنرهای پیچشی به جای فنرهای تخت می‌توان تعلیق عقب را طراحی نمود. در این حالت فنر و کمک فنر می‌توانند به صورت یکپارچه و یا جدا از هم به کار گرفته شوند. هنگامی که جدا از هم باشند می‌توان از فنرهای کوچک‌تری استفاده نمود تا سیستم تعلیق فضای کمتری را اشغال نماید.

اگر هر دو سیستم عقب و جلو مستقل باشند آنگاه تمامی چرخ‌ها به صورت جداگانه به بدنه اتصال و جهش می‌یابند و در نتیجه در آگهی‌های بازرگانی خودرو، آن را "سیستم تعلیق چهار چرخ مستقل" می‌نامند. هر سیستم تعلیقی که بتوان در جلو به کار گرفت، و همین‌طور مدل‌های سیستم جداگانه جلویی که در قبل به آنها اشاره گردید، در عقب نیز به کار گرفته می‌شود. البته در عقب خودرو نظام هدایت که سیستمی شامل چرخ دنده جناغی بوده و چرخ‌ها را قادر می‌سازد تا از جهتی به جهت دیگر گردش یابند، غایب است. این بدان معنی است که تعلیق‌های جداگانه عقب را می‌توان ساده شده تعلیق‌های جلو دانست، اگر چه قسمت‌های اصلی به قوت خویش باقی می‌مانند.



شکل ۲-۳۴. نمونه‌ای از سیستم تعلیق دوجناغی در خودروی مستانگ ۲ آمریکایی

## ۲-۱۰ سیستم‌های تعلیق ویژه

برخی از خودروها به دلیل شرایط کاری ویژه نیاز به سیستم تعلیق مخصوصی دارند. از جمله این خودروها می‌توان خودروهای تقویت شده، مسابقه‌ای و یا خودروهای مسابقات صحرای نام برد.

در حالی که تعلیق خودروهای ویژه از همان ویژگی‌های پایه‌ها بهره می‌برند، از خصوصیات برتری نیز، بسته به شرایط رانندگی که در آن قرار دارند، برخوردار هستند. در ادامه یک بررسی از چگونگی طراحی این سیستم برای سه نوع خودروی ویژه فولکس باجا، خودروهای مسابقه‌ای فرمول یک و خودروهای کلاسیک تقویت شده آمریکایی ارائه می‌شود.

طراحی فولکس قورباغه‌ای مشخصاً برای تبدیل شدن به یک خودروی مطلوب برای طرفداران مسابقات صحرایی انجام شده بود. این خودرو دارای مرکز ثقل پایین است. موتور روی اکسل عقب قرار دارد. این فولکس علیرغم تک دیفرانسیل بودن به راحتی با خودروهای دو دیفرانسیل با شرایط جاده‌های ناهموار و صحرایی کنار می‌آید. البته فولکس قورباغه‌ای با تجهیزات اولیه‌ی کارخانه، با شرایط جاده‌های خاکی هماهنگ نمی‌باشد. اکثر فولکس‌ها به یک سری تغییرات و تبدیل‌ها نیازمند هستند تا بتوان از آنها در شرایط سخت مسابقات صحرایی باجا کالیفرنیا استفاده نمود.



شکل ۲-۳۵. نمونه‌ی اصلاح شده فولکس برای مسابقات جاده‌های صحرایی

یکی از مهمترین تغییرات، در سیستم تعلیق به وجود می‌آید. با برداشتن سیستم تعلیق میله پیچشی و تجهیزات استاندارد که در جلو و عقب اکثر فولکس‌های سال‌های ۱۹۳۶ تا ۱۹۷۷ وجود داشته می‌توان فضا را برای چرخ‌ها و لاستیک‌های سنگین و مخصوص خارج از جاده باز نمود. کمک فنرهای بلندتری جایگزین کمک‌های استاندارد شده تا بدنه را بالاتر ببرد و فضای جابه‌جایی بیشتری به چرخ‌ها بدهد. در بعضی موارد دیده شده که میله‌های پیچشی را به کل برداشته و با سیستم‌های فنری فشرده جایگزین می‌کنند، قطعاتی که شامل فنر و کمک فنر هستند در یک واحد قابل تنظیم قرار دارند. نتیجه این تغییرات، خودرویی است که به چرخ‌ها اجازه جابه‌جایی عمودی در حدود ۵۰ سانتی‌متر یا بیشتر را می‌دهد. چنین خودرویی به راحتی می‌تواند از مناطق سخت عبور نموده و اغلب به نظر می‌آید که پستی و بلندی‌ها را نادیده می‌گیرد، مانند سنگی که روی آب می‌جهد.

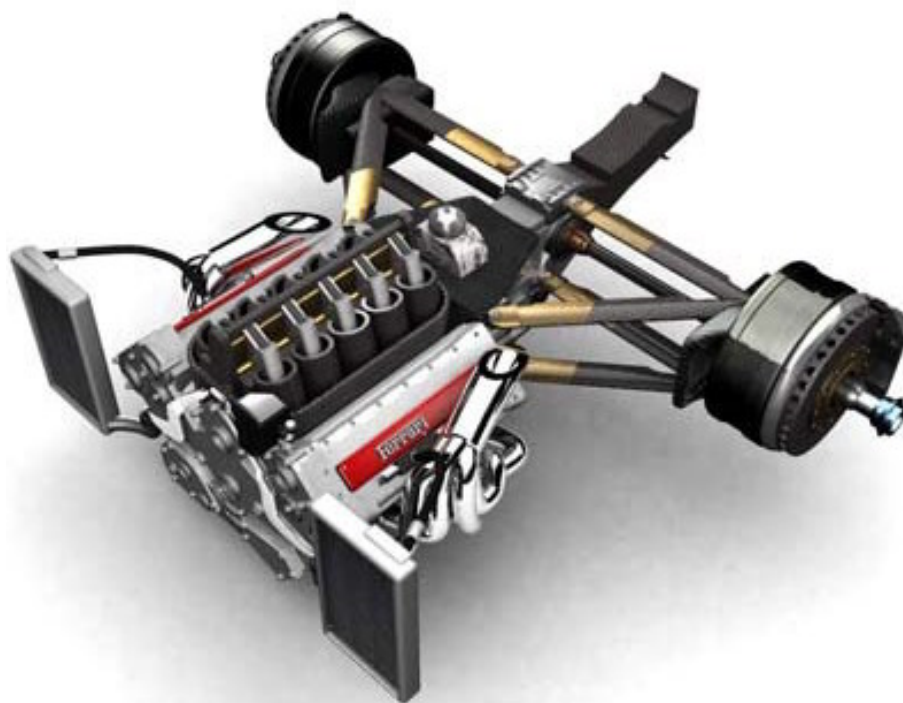
خودروی مسابقه‌ای فرمول یک، اوج تکامل و ابداع را در صنعت اتومبیل به نمایش می‌گذارد. وزن کم، بدنه‌های ترکیبی، موتورهای ده سیلندر قدرتمند و فرم ایرودینامیک پیشرفته منجر به پدید آمدن خودروهایی سریع‌تر، امن‌تر و قابل اعتمادتر شده است.



شکل ۲-۳۶. نمونه‌ای از یک خودروی فرمول یک

برای بالا بردن مهارت راننده به عنوان فاکتور و هدف کلیدی در یک مسابقه، ملزومات و قوانین سختی بر طراحی خودروی مسابقه فرمول یک حاکم می‌باشد و طراح مجاز است از سیستم‌های خاصی که در قوانین آمده است استفاده کند. برای مثال، قوانین مربوط به نظم بخشیدن به طراحی سیستم تعلیق بیان می‌کند که همه خودروهای فرمول یک بایستی به شیوه معمول فتربندی شوند، و اجازه استفاده از

تعلیق‌های دینامیکی که توسط کامپیوتر کنترل و تنظیم شده‌اند ندارند. با در نظر گرفتن این مطلب، خودروها دارای یک سیستم تعلیق چند اتصالی می‌شوند که از یک مکانیزم چند میله‌ای همانند سیستم دوجناغی استفاده می‌کند.



شکل ۲-۳۷. سیستم تعلیق ساده یک خودروی فرمول یک

یک طرح دوجناغی از دو بازوی کنترل جناغ شکل استفاده می‌کند، تا حرکت بالا و پایین هر چرخ را کنترل نماید. هر بازو سه نقطه اتصال دارد. دو تا به شاسی و یکی در تویی چرخ و هر اتصال دارای لولا است تا بتواند حرکت چرخ را کنترل کند. در همه خودروها فایده اولیه تعلیق دوجناغی، کنترل می‌باشد. هندسه بازوها و حرکت پذیری اتصالات به مهندسان، نهایت کنترل را بر زوایای چرخ و دیگر حرکات خودرو نظیر بلند شدن، نشست و یا پرش می‌دهد. هر چند بر خلاف خودروهای خیابانی و جاده‌ای، در خودروی فرمول یک، کمک‌ها و فنرهای پیچشی مستقیماً به بازوهای کنترل متصل نمی‌شوند. در عوض آنها به صورت افقی در طول خودرو قرار می‌گیرند و به وسیله‌ی یک سری میله و میل لنگ از دور کنترل می‌شوند. با چنین تنظیماتی میله‌ها و میل لنگ‌ها حرکات بالا و پایین چرخ را به حرکت عقب و جلویی تجهیزات فنی و تقلیل دهنده تبدیل می‌کنند.

دوره خودروهای کلاسیک تقویت شده آمریکایی از سال ۱۹۴۵ تا حدود ۱۹۶۵ می‌باشد. مانند فولکس‌های قورباغه‌ای، خودروهای کلاسیک تقویت شده، نیاز به تغییرات مشخصی از طرف صاحبان‌شان داشتند. هر چند بر خلاف فولکس‌های قورباغه‌ای که بر روی شاسی فولکس ساخته شده‌اند، خودروهای تقویت شده بر روی انواع مختلفی از مدل‌های قدیمی و اغلب تاریخی سوار بودند. خودروهایی که قبل از سال ۱۹۴۵ در خط تولید قرار داشتند، خوراک مناسبی برای تبدیلات تقویتی بودند، زیرا بدنه و شاسی‌های آنها اغلب در حالت خوبی قرار داشت، در حالی که موتورها و گیربکس‌هایشان نیاز به جایگزینی کامل داشت. برای طرفداران و علاقه‌مندان خودروهای تقویتی کلاسیک، این دقیقاً همان چیزی بود که آنها می‌خواستند؛ زیرا به آنها اجازه نصب موتورهای بسیار پرقدرت‌تر و قابل اطمینان‌تر نظیر فورد هشت سیلندر سر تخت و یا شورلت هشت سیلندر می‌داد.





شکل ۲-۳۸. مدلی از خودرو با شاسی تقویت شده تی باکت در سال ۱۹۲۳

یک نمونه‌ی خودروی تقویت شده مردمی تی باکت نام داشت. این خودرو بر پایه فورد مدل ۱ ساخته شده بود. فرم معمول تعلیق، در جلوی فورد مدل T شامل یک اکسل I شکل یک تکه، یک فنر U شکل کالسکه‌ای (فنر تخت) و یک میله‌ی جناغی شکل (شعاعی) با تویی در میانه آن، که در یک کاسه که به گیربکس متصل بود، می‌چرخید. مهندسان فورد، مدل T را برای سواری در سطح بالاتر و همراه با حرکات بسیار زیاد سیستم تعلیق ساختند، تا مدلی ایده‌آل برای جاده‌های سخت و ابتدایی دهه ۱۹۳۰ باشد. ولی پس از جنگ جهانی دوم، خودروهای تقویتی شروع به تجربه موتورهای بزرگتری نظیر کادیلاک یا لینکلن بر روی خود کردند و این بدین معنی بود که میله شعاعی جناغی شکل، دیگر قابل استفاده نبود. و به جای آن، توپ مرکزی را حذف نموده و دو سر آن را به میله‌های شاسی جوش دادند. این طرح "جناغ دو تکه"، اکسل جلویی را حدود ۲/۵ سانتی‌متر پایین‌تر آورد و قدرت هدایت را بهبود بخشید.

پایین آوردن اکسل بیش از ۲/۵ سانتی‌متر، نیازمند یک طراحی کاملاً نوین بود؛ کاری که توسط شرکت بل اوتو انجام گردید. در طی دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، شرکت بل اوتو اکسل‌های لوله‌ای پایین آمده را معرفی کرد که خودرو را ۱۳ سانتی‌متر پایین آورد. اکسل‌های لوله‌ای از لوله‌های استیل نرم ساخته شده بودند و قدرت را همراه با ایرودینامیک در تعادل نگاه می‌داشتند. همچنین سطح استیلی، روکش کرومی را بهتر از اکسل‌های میله‌ای I شکل قبول می‌کرد؛ بنابراین تقویتی بازان اغلب، آنها را به خاطر کیفیت‌های زیبایی شناختی شان ترجیح می‌دادند.

هر چند، برخی تقویتی بازان معتقد بودند که کنترل خوب فشارهای رانندگی، بر سختی اکسل‌های لوله‌ای و ناتوانی آنها در انعطاف‌پذیری نمی‌چربد. برای مرتفع ساختن این مشکل، تقویتی بازان، "تعلیق چهار میله‌ای" را معرفی کردند که دو اتصال آن بر روی اکسل و دو تای دیگر بر روی شاسی بود. در هر نقطه اتصال، انتهای میل‌های مدل-هواپیمایی، حرکات بسیاری را در تمام زوایا فراهم می‌نمودند. نتیجه اینکه سیستم چهار میله‌ای، کارکرد تعلیق در همه نوع شرایط رانندگی را بهبود بخشید.

## ۲-۱۱ آینده سیستم‌های تعلیق

در حالی که فنرها و کمک‌هایشان دستخوش تغییرات و بهبودهایی گردیده‌اند، طرح اصلی تعلیق خودرو در طی سال‌ها، دچار تحول مهمی نشده است. ولی همه این سیستم، با معرفی یک طراحی کاملاً جدید از شرکت بُس<sup>۲</sup> در حال تغییر می‌باشد. همان بُس که برای نوآوری‌هایش در فناوری صوتی شناخته شده است. بعضی حرفه‌ای‌ها تا بدین حد پیش رفته‌اند که می‌گویند این سیستم تعلیق، بزرگترین پیشرفت در سیستم تعلیق اتومبیل می‌باشد.

این سیستم به جای یک سیستم سنتی فنر و کمک فنر، از یک موتور الکترومغناطیسی خطی<sup>۳</sup> در هر چرخ بهره می‌برد. تقویت کننده‌ها برای موتورهای الکتریسیته فراهم می‌آورند به طوری که با هر بار فشردگی سیستم، نیروی آنها جایگزین می‌شود. فایده اصلی موتورهای این است که آنها مانند تقلیل دهنده‌های سنتی که بر پایه سیالات بودند، توسط اینرسی محدود نمی‌شوند. در نتیجه، یک موتور

<sup>۱</sup> . T-Bucket

<sup>۲</sup> . Bose Co.

<sup>۳</sup> . L.E.M. : Linear Electromagnetic Motor



الکترومغناطیسی خطی می‌تواند با سرعت بسیار بالاتری باز و بسته شود و همه لرزش‌ها در کابین سرنشین را خنثی سازد. حرکت چرخ نیز به خوبی کنترل می‌گردد، به طوری که بدنه‌ی خودرو در یک سطح باقی می‌ماند، بدون توجه به اتفاقاتی که برای چرخ می‌افتد و در حقیقت ایزوله کردن اتفاق می‌افتد. موتور الکترومغناطیسی خطی همچنین می‌تواند حرکت خودرو را هنگام شتاب گرفتن، ترمز کردن و یا پیچیدن خنثی نموده و به راننده حس کنترل بسیار بهتری دهد.

متأسفانه استفاده از این سیستم به طور فراگیر تا سال ۲۰۰۹ میسر نمی‌باشد و تنها برای یک یا چند خودروی اشرافی گران قیمت به کار گرفته می‌شود. و در این مدت رانندگان باید به روش‌های آزمون و خطای سیستم‌های تعلیق، که جاده‌های پر دست انداز را در طول قرن‌ها رام کرده‌اند، اعتماد کنند.

در این سیستم تقویت کننده جریان<sup>۱</sup> وجود دارد که سبب ایجاد نیروی لازم برای عملکرد هر قسمت از تعلیق می‌شود. از مزایای این سیستم این است که محدودیت‌های دمپرها مانند محدودیت اینرسی را ندارد و می‌تواند تمامی ارتعاشات وارده بر کابین را حذف کند. این تعلیق یک تعلیق مستقل است و حرکت چرخ‌ها تاثیر شدیدی بر روی بدنه خودرو نمی‌گذارد.

شکل ۲-۳۹ موتور الکترومغناطیسی خطی را نشان می‌دهد که به راحتی از دو طرف به خودرو متصل می‌شود و تنها اتصالات الکتریکی به موتور عامل کنترل و قدرت آن است.



شکل ۲-۳۹. موتور الکترومغناطیسی خطی بُس



شکل ۲-۴. مجموعه‌ی تعلیق یک طرف خودرو در جلو

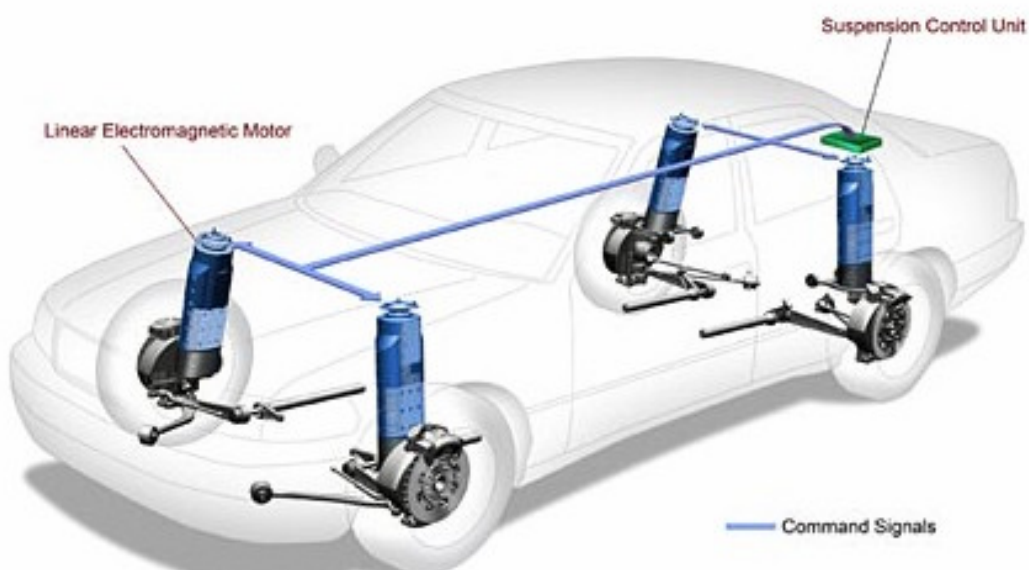
تصویر ۲-۴ نشان دهنده‌ی مجموعه‌ی تعلیق یک طرف خودرو در جلو می‌باشد. این مجموعه شامل یک پایه و دو بازوی اتصال است. پایه‌ی بُس به صورت تلسکوپی و در ارتباط با دو بازوی کنترل پایینی عمل می‌کند. یک فنر پیچشی به انتهای یکی از بازوها متصل است و به عنوان تکیه‌گاه وزن خودرو عمل می‌کند. دمپر چرخ، تاثیر را از جهش و کاهش تماس با سطح زمین حفظ می‌نماید.



شکل ۲-۴. نحوه‌ی نصب سیستم تعلیق بُس در جلو به قاب موتور



شکل ۲-۴۲. مجموعه‌ی کامل سیستم تعلیق بُس در جلو



شکل ۲-۴۳. مجموعه‌ی کامل سیستم تعلیق بُس

عملکرد چند خودروی مختلف با سیستم تعلیق معمولی و بس در تصاویر زیر آورده شده است. تصاویر حاکی از عملکرد عالی سیستم بس در فرمان‌گیری و سواری است.





شکل ۲-۴۴. عملکرد سیستم تعلیق بس (سمت راست) در مقایسه با سیستم‌های معمولی (سمت چپ)

## ۱۲-۲ دینامیک خودرو

برای درک دینامیک خودرو باید در مورد مفاهیم پایه بحث شود. همانطور که در قسمت‌های قبل بیان شد شاسی واسطه‌ی بین چرخ‌ها و اتاق است و شامل چهار قسمت قاب، سیستم تعلیق، فرمان و ترمز به همراه چرخ و تایر است. فاصله بین مرکز دو چرخ روی محور خودرو تراک<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. فاصله‌ی بین محور چرخ‌های جلو و عقب فاصله‌ی چرخ‌ها<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. تایر خودروی در حال حرکت روی سطح زمین تحت تأثیر چند نیرو قرار دارد. دینامیک خودرو در حقیقت به بررسی این نیروها و اثرات آنها در خودروی در حال حرکت و علی‌الخصوص تأثیر این نیروها در فرمان‌پذیری، افزایش و کاهش شتاب می‌پردازد.

هر خودرو دارای چهار حرکت متفاوت است:

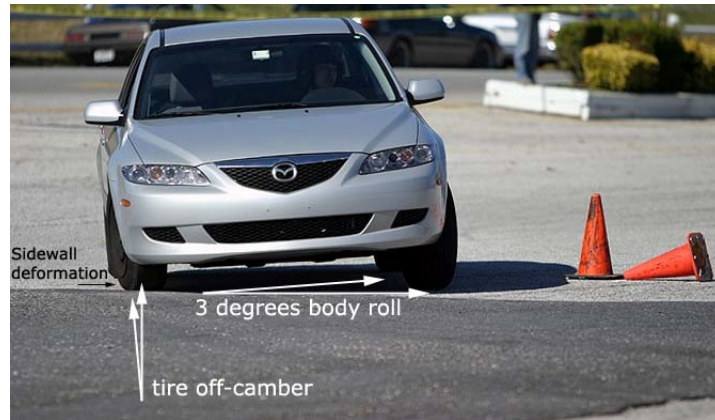
۱. نشست خودرو<sup>۳</sup>
۲. چرخش حول محور طولی خودرو<sup>۴</sup>
۳. چرخش حول محور عرضی خودرو<sup>۵</sup>
۴. حرکت حول محور قائم خودرو<sup>۶</sup>



شکل ۲-۴۵. برخی از حرکت‌های دینامیکی مشابه با خودرو در هواپیما

---

<sup>۱</sup> . track  
<sup>۲</sup> . wheelbase  
<sup>۳</sup> . bouncing  
<sup>۴</sup> . rolling  
<sup>۵</sup> . pitching  
<sup>۶</sup> . yawing



شکل ۲-۴. خودروی مزدا در حال تست با ۳ درجه غلتش

۱۲-۲

فصل سوم

فرمان و فرمان‌گیری

### ۳-۱ فرمان

عمل چرخش در پیچ‌ها توسط فرمان خودرو انجام می‌شود و فرمان‌گیری عملکرد چرخ‌ها در تغییر مسیر خودرو است. فرمان‌گیری خودرو به روش‌های مختلف امکان‌پذیر است. و فرمان‌ها از نظر نوع اجزاء و اتصالات به دسته‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند.

### ۳-۲ مانوردهی و فرمان‌گیری در خودروهای سبک و سنگین

فرمان‌گیری خودروها به موارد کاربرد، سرعت مورد استفاده و قدرت مورد استفاده بستگی دارد. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان کل خودروهای سبک و سنگین را از نظر نحوه‌ی انحراف از مسیر مستقیم و در حقیقت فرمان‌گیری به شش دسته‌ی مختلف تقسیم‌بندی نمود.

۱- فرمان‌گیری چرخ‌های جلو،

۲- فرمان‌گیری چرخ‌های عقب،

۳- فرمان‌گیری تمام چرخ‌ها،

۴- فرمان‌گیری کمرشکن،

۵- فرمان‌گیری خودروهای تسمه‌ای و زنجیری،

۶- فرمان‌گیری خودروهای لاستیکی بدون تغییر جهت چرخ‌ها.

در اکثر خودروهای سبک سواری از فرمان‌گیری چرخ‌های جلو استفاده می‌شود. این روش فرمان‌گیری کنترل راحت و مانوردهی بسیار خوبی به وجود می‌آورد. در این روش چرخ‌های جلو می‌توانند قبل از به هم خوردن وضعیت بدنه در یک زاویه‌ی بازانحرافی چرخانده شوند که این نوع فرمان‌گیری برای جاده‌ها و سرعت‌های زیاد مناسب است. این نوع فرمان‌گیری برای خودروهای دو یا چهار چرخ محرک

عملکرد یکسانی دارد. در این روش مسیر حرکت چرخ‌های جلو و عقب در هر سمت خودرو بر هم منطبق نیست و دارای شعاع‌های مختلف است.

فرمان‌گیری چرخ‌های عقب برای مانوردهی در فضاهای محدود و محصور مانند کار در انبارهای قطعات یا در بین ساختمان‌ها مناسب است و به همین دلیل اغلب لیفتراک‌ها از این روش استفاده می‌کنند. در این نیز روش مسیر چرخ‌های عقب و جلو بر هم منطبق نیست.

فرمان‌گیری تمام چرخ‌ها اغلب در خودروهای چهار چرخ محرک با شاسی یکپارچه استفاده می‌شود و بیشترین انعطاف‌پذیری را در انجام عملیات به وجود می‌آورد. مانوردهی چهارچرخ به دو روش خرنجی و همراه امکان‌پذیر است.

در روش همراه چرخ‌های جلو و عقب مخالف همدیگر می‌پیچند و برای پیچ‌های خیلی تند در خودروهای با طول زیاد استفاده می‌شود. فرمان‌گیری همراه شبیه فرمان‌گیری کمرشکن است و چرخ‌های عقب مسیر چرخ‌های جلو را طی می‌کنند. این روش در اتوبوس‌های شهری یا تریلرهای حمل بار با طول زیاد استفاده می‌شود.

در فرمان‌گیری خرنجی چرخ‌های جلو و عقب به طور هم جهت و با هم عمل می‌کنند. این روش معمولاً در تراکتورها برای حرکت مایل بر روی تپه‌ها، در برخی خودروهای آزمایشی برای پارک و در برخی خودروهای اختصاصی کشاورزی و عمران استفاده می‌شود. در این روش بدون هیچ تغییری در جهت قرارگیری، خودرو جابه‌جا می‌شود.

فرمان‌گیری کمرشکن در برخی خودروهای سنگین کار چهار چرخ محرک و برخی از تراکتورهای کوچک و بزرگ استفاده می‌شود. در این روش محدودیت دور زدن در مسیرهای مختلف در مقایسه با خودروهای با فرمان‌پذیری چرخ‌های جلو برداشته شده است. شاسی این خودروها دو قسمتی است و توسط یک لولا به همدیگر متصل شده‌اند. سیلندرهای هیدرولیکی دو طرفه که در چپ و راست لولا تعبیه شده است خودرو را به طرفین هدایت می‌کند. با قرار گرفتن نقطه‌ی لولایی در مرکز فاصله‌ی بین دو محور، شعاع چرخش کاهش می‌یابد و چرخ‌های جلو و عقب در موقع دور زدن در یک مسیر حرکت می‌کنند. در این نوع فرمان‌گیری با چرخش غربیلک فرمان موقعیت شاسی تغییر می‌کند.



نوع اول که از نوع ساچمه‌های رفت و برگشتی است و فرمان نوع دوم که از نوع راک و پینیون است و در تقسیم بندی می توان فرمان ها را به نوع ساده و یا مکانیکی و نوع فرمان قدرت تقسیم کردو در تمامی این سیستم ها سعی می شود تا به نحوی راندمان سوخت را تحت تاثیر قرار دهند که برای ما مطلوب باشد .

خودرویی که در حال پیچیدن است باید یک مسیر دایره ای شکل را طی کند و هر کدام از چرخ ها شعاع دوران منحصر به فردی دارد بهب طوری که چرخ های داخل پیچ شعاع دورا ن کمتری دارند و به همین خاطر سخت تر می پیچند و اگر خط هایی را بر تایرهای خودرو عمود کنیم و آنها را امتداد دهیم دریک نقطه همدیگر را قطع می کنند که به این نقطه مرکز چرخش یا مرکز دوران خودرو می گویند .

در خودروهای معمولی که چرخ های جلو فرمان پذیرند ، مسیری که هر یک از چرخ های جلو طی می کنند با یکدیگر تفاوت دارد و هم چنین مسیر چرخ عقب بر آن منطبق نیست و به همین خاطر اتصالات فرمان از نظر هنرسی طوری بسته شده اند که چرخ داخل پیچ از چرخ خارج پیچ بیشتر منحرف شود .

فرمان نوع اول (گوی رفت و برگشت reeirculating ballsteering):

این مکانیزم در بسیاری از خودروهای SUV یا شاسی و بلند در بسیاری از کامیون ها و کامیونت ها استفاده می شود . این سیستم مانند مکانیزم راک و پی نیون عمل می کند اما اتصالاتی که چرخ ها را می چرخاند کمی با آن متفاوت است . این مکانیزم شامل یک قریبلیک فرمان و میله های پیچشی است . انتهای میله پیچشی داخل یک جعبه قرار دارد . حرکت قریبلیک فرمان به طرفین سبب می شود تا بازوی پیت من به طرفین حرکت کند و اتصالات فرمان را به چپ و راست حرکت دهد . جعبه ای که انتهای میله پیچشی فرمان در آن وارد می شود از یک بلوک تشکیل شده است که داخل بلوک دنده های نیم دایره ای ایجاد شده است ، هم چنین بر روی انتهای شافت فرمان دنده های مارپیچ از نوع نیم دایره ای ایجاد شده است . محفظه بین بلوک و شافت فرمان را توسط یک سری ساچمه پر می کنند که با پیچش شافت فرمان گوی ها به صورت رزوه های پیچ در غلاویزهای بلوک فرمان عمل می کنند و سبب حرکت بلوک فرمان یا در حقیقت مهره ی فرمان می شود . حرکت بلوک سبب به حرکت در آمدن دنده ی تکه ای می شود که به بازوی Pit man متصل است و بازوی pitman نیز با حرکت بازوی فرمان سیبک های فرمان را هدایت می کند و نهایتا چرخ های خودرو منحرف می شود.

مزایای این سیستم و استفاده از ساچمه:

دو تدبیر برای این نوع جعبه فرمان در نظر گرفته شده است :

۱- استفاده از دنده های نیم دایره ای در بلوک و در دنده های فرمان

۲- استفاده از ساچمه به جای دنده های پیچ

خصوصیات دنده های نیم دایره ای :

۱- نسبت به غبار و آلودگی حساس نیستند .

۲- پیچاندن زیاد سبب تخریب این نوع دنده ها نمی شود .

۳- نیاز به روغن کاری دائم نیست.

۴- فرآیند ساخت ساده ای دارند .

۵- برای پیچاندن شافت به گشتاور کمی نیاز داریم .

استفاده از ساچمه ها در این فرمان دو مزیت عمده دارد:

۱- اصطکاک را کاهش می دهد و آسیب کمتری به سیستم می رسد .

۲- آزادی و لغزش زیاد دنده ها را کاهش می دند و در عین حال مانع لقی بیش از اندازه می شود بنا بر این با این مکانیزم ها دیگر

بین دنده ها تماس مستقیم وجود ندارد . (راک و پینیون)

نوع دوم ، فرمان های قدرتی (power streeng & hydrolic pump) :

این مجموعه دارای یک مدار هیدرولیکی است ، که این محرک هیدرولیکی توسط تسمه و پولی از موتور خودرو نیرو می گیرد و سیال کم فشار را با فشار زیاد به داخل خطوط هیدرولیکی هدایت می کند .

وظیفه هدایت سیال فشار پر فشار به داخل سیلندر هیدرولیکی دو طرفه به عهده یک شیر چرخشی است .

این سیستم به صورت رفت و برگشتی کار می کند و اهرم بندی خاصی دارد . پمپ این سیستم از نوع پمپ پره ای چرخشی است ، این پمپ شامل یک استوانه شیار دار است که داخل یک محفظه بیضی شکل قرار دارد و یک سری پره هایی داخل شیارهای استوانه قرار گرفته است که قابلیت رفت و برگشتی داخل شیارها را به عهده دارند .

پمپ باید به گونه ای طراحی شود که در سرعت های پایین یا حالت بی باری موتور و در سرعت های بالا عمل کرد مناسبی داشته باشد و به همین خاطر شیر اطمینان در این سیستم تعبیه شده است .

شیر چرخشی (rotory valves):

فرمان قدرتی به راننده کمک می کند تا کنترل بهتری روی خودرو داشته باشد.

در این نوع فرمان از یک دستیار یا کمک کننده (م پمپ و شیرهای چرخشی) استفاده می کنند .

زمانی که راننده به فرمان نیرو نمی دهد و خودرو در خط مستقیم سیر می کند نیازی به سیستم کمکی فرمان نیست و در غیر این صورت شیر چرخشی به عنوان کلید سیستم کمکی فرمان عمل می کند و سبب می شود تا به جای استفاده از نیروی راننده برای چرخش خودرو از نیروی سیال که توسط موتور خودرو تامین شده است استفاده کند .

شیر چرخشی یک ورودی از پمپ دارد و سه خروجی دارد . خروجی اول در زمان حرکت خودرو فعال است و سیال را از خط ورودی به مخزن می فرستد.

خروجی های شماره ۲ و ۳ به سیلندر هیدرولیکی دو طرفه هدایت می شود که هر کدام از این دو خروجی می توانند به عنوان خط برگشت سیال از طرفین سیلندر هیدرولیکی نیز عمل نمایند .

سیلندر دو طرفه :

سیال پر فشار از خروجی به طرفین سیلندرها می رود . سیلندر هیدرولیکی دو طرفه شامل یک محفظه هیدرولیکی است که یک پیستون داخل آن وجود دارد و در طرفین پیستون دو rod طوری قرار گرفته اند که سر هر یک از میله ها از بین آب بندی های سیلندر هیدرولیکی خارج شده است .

دو قسمت محفظه ای که توسط آب بندی هایی که روی دیواره ی پیستون قرار دارند از یک دیگر به طور کامل جدا شده اند این سیلندر هیدرولیکی در هر طرف یک مجرا دارد که این مجرا هم به صورت ورودی و هم به صورت خروجی استفاده می شود .

انتهای میله های سیلندر به مکانیزم فرمان و سبک های فرمان متصل است که با حرکت  $P, S$  به طرفین منحرف می شوند .

سیستم های فرمان جدید که در آینده وارد بازار خواهند شد:

از آن جایی که استفاده از پمپ هابا جا به جایی ثابت سبب اتلاف توان موتور و افزایش مصرف سوخت می شود برخی از کارخانجات در صدد آن اند که از پمپ هایی استفاده کنند که جا به جایی متغیر دارند یعنی در زمانی که خودرو در خط مستقیم حرکت می کند انرژی موتور صرف حرکت دادن سیال و به دنبال آن اتلاف انرژی نشود .

شرکت جنرال موتورز در طرح های جدید خود سعی دارد تا خودرو را به سیستمی مجهز کند که نظیر بازی کودکان با جوی استیک های کامپیوتری است . در این سیستم رابطه ها و مکانیزم هایی که بین قریبک فرمان و محرک سبک ها وجود دارد حذف می شود و به جای آنها از سنسورهایی استفاده می شود که به یک موتور متناسب با وضعیت ، دستور انحراف چرخ ها را می دهد .

امروزه یکی از مهمترین معیارها در انتخاب خودرو، خصوصیات بدنه و اتاق است.

### ۳-۲ طراحی بدنه و فضای داخلی خودرو

معمولاً در هر مجموعه کارخانجات خودروسازی، سالن‌هایی وجود دارد که کار طراحی صنعتی در آنها انجام می‌شود. در این سالن‌ها معمولاً ماکت‌هایی از خودرو که روی پایه‌هایی قرار دارند، مشاهده می‌شوند. مثلاً در ایران خودرو ماکت ۲۰۶، سمند و ۲۰۶ اس.دی. موجود است. فعالیت این کارگاه طراحی بدنه و فضای خالی خودرو است، یعنی دو مبحث مهم ارگونومی و زیبایی برای کار در این کارگاه‌ها وجود دارد.

### ۳-۱-۱ مسائل ارگونومی<sup>۱</sup>

که با راحتی سرنشین در ارتباط است و کلیه‌ی مسایل انسانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بحث ارگونومی بیان کننده‌ی چگونگی ارتباط انسان با محصول صنعتی است.

ارگونومی یعنی محصولات صنعتی را چگونه طراحی کنند تا در زمان استفاده کاربر، راحت و بدون مشکل باشد و باعث ایجاد خستگی در انسان نشود.

### ۲. زیبایی خودرو

قسمت دیگری از طراحی بدنه، طراحی صنعتی به کمک کامپیوتر است. این قسمت شامل سه زیر مجموعه است:

(۱) طراحی فرم

(۲) طراحی ارگونومی

(۳) استودیوی مدل سازی یا مرکز مدل سازی

ماکت‌هایی که در این قسمت وجود دارند توسط گل و ابزارهای خاص کند و کاری ساخته شده‌اند و یک طراحی از این جا شروع می‌شود که طرح اولیه را روی کاغذ ترسیم می‌کنند و بدین صورت پروژه تعریف می‌شود و بر اساس آن پروژه، طراحی یا از صفر شروع می‌شود و یا به صورت تغییر در مدل انجام می‌شود.

در مرحله بعد کار طراحی اسکetch<sup>۲</sup> انجام می‌شود، بدین صورت که در تیراژ بالا و بدون پرداخت به جزئیات و مشکلات آن را طراحی می‌کنند واز بین این اسکetch‌ها چند نمونه را انتخاب می‌کنند و به مرحله‌ی رندرینگ می‌فرستند و در این مرحله طرح‌ها به واقعیت نزدیک می‌شود و مسایل ارگونومی و پکیجینگ فضاها مورد بررسی قرار می‌گیرد و مشکلات آن رفع می‌شود. مرحله‌ی بعد طراحی صنعتی نقشه است. این نقشه‌ها پس از اصلاح کامل مدل‌ها تهیه می‌شود و برای ساخت مدل یا ماکت به کار می‌روند که به صورت سه بعدی است. بعد از این مرحله پروژه طراحی داخلی و بیرونی خودرو انجام می‌شود و توسط گل مخصوص چوب یا رزین مدلی از طراحی ساخته می‌شود. در مرحله بعد که جزء آخرین مراحل است مدلی تهیه شده است که خصوصیات ظاهری یک خودرو را دارد و در این مرحله این خودروی مجازی رنگ آمیزی شده و در مرحله نهایی با تصمیم مدیریت تولید یکی از نمونه‌ها انتخاب شده و در نهایت و در آخر به قسمت اندازه‌گیری سه بعدی کامپیوتری<sup>۳</sup> می‌رود.

### کارگاه اندازه‌گیری سه بعدی

در این قسمت مهندسان اندازه‌گیری را به صورت دستی انجام می‌دهند و بعد با ایجاد فایل کامپیوتری اطلاعات را به قسمت طراحی منتقل می‌کنند تا سطح گذاری شود و نقاط سه بعدی خودرو به وجود می‌آید. طرح آماده شده برای تست‌های آزمایشگاهی فرستاده می‌شود تا مشخص شود از نظر اصول طراحی شرایط ایده آل طراحی را ایجاد می‌کند یا نه و سپس نقاطی که از قسمت قبل به دست آمده است وارد مرحله نرم افزارهای مهندسی می‌شود که در این نرم افزارها تولید خودرو را به صورت سه بعدی مشاهده می‌کنند و چنانچه آزمایش‌های روی بدنه جواب دهند خودرو آماده‌ی تحویل می‌شود.

<sup>۱</sup> . ergonomy

<sup>۲</sup> . sketch

<sup>۳</sup> . C.M.M.

یکی از اولین قسمت‌هایی که در هر مجموعه کارخانجات خودروسازی راه اندازی می‌شود، قسمت تولید بدنه است. هر خودرو برای فرآیند تولید بدنه نیاز به ورقی دارد که خواص خاصی نظیر شکل پذیری، ضخامت مناسب، یکنواختی ضخامت ورق، جوش پذیری ورق و .... را داشته باشد.

پس از انتخاب ورق‌های مناسب و خرید آنها، ورق‌ها به صورت رول در آمده و تحویل کارخانه‌ی خودروسازی می‌شود. رول‌های ورق معمولاً توسط جرثقیل‌ها و بالابرهای داخل دستگاه رول ورق بازکن قرار می‌گیرد. این دستگاه دارای ۲ فک مخروطی شکل است که در حفره وسط رول فرو می‌روند و رول را محکم می‌گیرند. تسمه‌های رول باز می‌شوند و سر ورق مابین غلتک‌های صاف کننده قرار می‌گیرد. یک موتور هیدرولیکی یا الکتریکی فک‌ها را می‌چرخاند و رول شروع به باز شدن می‌کند و با عبور از بین غلتک‌ها ورق صاف می‌شود. در حین صاف شدن ورق برای جلوگیری از اشغال زیاد فضا نیاز است تا ورق به ابعاد مناسب بریده شود و روی پالت‌هایی جهت مرحله بعدی قرار گیرد.

در تولید به روش سنتی این عمل به وسیله کارگر برای ورق‌های سبک و توسط بالابر برای ورق‌های سنگین و در خطوط اتوماتیک توسط ربات انجام می‌گیرد، و عمل برش کاری ورق توسط دستگاه برش و در چند ثانیه انجام می‌گیرد.

ورق‌های برش داده شده به قسمت پری کاری می‌رود، در قسمت پرس کاری این ورق‌ها شکل دهی می‌شوند و سطوح مطلوب در آنها ایجاد می‌شود و قسمت‌های زائد حذف می‌گردد.

در قسمت پرس کاری نیاز اساسی به استفاده از قالب‌های هر قسمت از بدنه داریم، و به ازای هر قسمت بدنه یک قالب طراحی و ساخته شده است.

قالب‌ها معمولاً از جنس فولاد سخت هستند که در قسمت قالب سازی شرکت‌های خودرو سازی و طی فرآیندهای براده برداری، فرز، سوراخ کاری، جوش کاری و .... (فرآیند) تولید می‌شوند.

قسمت قالب سازی به خاطر اهمیت زیاد معمولاً از پیشرفته‌ترین قسمت‌های هر شرکت خودرو سازی است که از دستگاه‌هایی نظیر CNC سه بعدی و دستگاه‌های ne، دستگاه‌ای دریل و دستگاه‌های تراش معمولی استفاده می‌شود.

این قالب‌ها هر کدام دارای ۲ قسمت بیرونی و داخلی هستند که با فرورفتن ۲ قسمت در هم تنها فضا به اندازه‌ی ضخامت یک ورق باقی می‌ماند در صورتی که ورق‌ها نیاز به گرد کردن لبه یا سوراخ کاری یا فرآیندهای دیگر داشته باشند، در همین مرحله انجام می‌شود و با کنار هم چیدن قسمت‌های مختلف بدنه در سالن جیک و فیکسچر بدنه آماده می‌شود و سپس به قسمت جوشکاری ارسال می‌شود که در خطوط تولید جدید این قسمت‌ها همه اتوماتیک و توسط ربات‌ها انجام می‌شود.

پس از کنار هم چیدن قسمت‌های مختلف که بعضی از این قسمت‌ها قبلاً به هم جوش خورده‌اند، ربات‌ها یا نیروی کارگر عمل جوش کاری با جوش قوس الکتریکی و توسط جوش نقطه‌ای انجام می‌دهند و به این صورت عمل می‌کنند که از ماهیت هوا یعنی نارسا بودن آن بهره می‌گیرند.

زمانی که نوک جوش نقطه‌ای در طرفین ورق‌ها قرار می‌گیرد یکی از فک‌ها بار مثبت را به قصد القا به فک دیگر و برقراری جریان الکتریکی دارد و از آن جایی که بین ۲ ورق‌ها هوا اشغال کرده است و مقاومت هوا نسبت به عبور جریان زیاد است. دما در این نقطه بالا می‌رود و حتی تا ۵۰۰۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. افزایش دما سبب ذوب ورق‌ها در یک نقطه می‌گردد و فک‌های دستگاه با اعمال یک ضربه دو قسمت ذوب شده را به یکدیگر انتقال می‌دهد. فاصله نقاط جوش و تعداد نقاط جوش بستگی به نوع ورق، نیروی برشی اعمالی بر ورق‌ها و دینامیک خودرو و محاسبات ارتعاشی دارد.

با به هم پیوستن قطعات مختلف بدنه (این عمل در ایران خودرو در قسمت سالن شاتل انجام می‌شود). بدنه خام آماده است و باید پردازش گردد.

عمل پردازش به معنای رفع عیب قسمت‌های بدنه توسط فرآیندهای جدید نظیر قلع کاری، موم کاری و قیر پاشی یا ایزولاسیون و آستر کاری انجام می‌شود که بدنه را برای ارسال به سالن رنگ، فرآیند قلع کاری که به صورت گسترده در خودروهای قدیمی استفاده می‌شود. برای پر کردن سطوح فرورفته با ابعاد بزرگ استفاده می‌شود، هم چنین گاهی برای آب بندی درزها با ابعاد بزرگ به کار می‌رود، سپس قسمت‌های قلع کاری شده مورد صاف کاری قرار می‌گیرند و پس از آماده شدن و بررسی کیفی بدنه به قسمت ایزولاسیون

فرستاده می شود که در این قسمت اعمالی نظیر موم کاری و عایق کاری انجام می شود . باطنی این فرآیند خودرو شرایط مطلوبی از نظر نفوذ آب به بدنه پیدا می کند تا بتواند استانداردهایی را کسب کند (uofu) پس از اتمام این مراحل بدنه به قسمت رنگ فرستاده می شود که ممکن است سالن رنگ از نوع کارگری باشد یا این که به صورت رباطیک و هوشمند است که این خطوط هم روغنی دارد و هم کوره ای که در نوع دوم تجهیزات هم نوع متالیک دارد و امکانات پیشرفته ای نیاز است .

در رنگ الکترواستاتیک بدنه باردار شده و رنگ بار مخالف بدنه را می گیرد و به هنگام پاشش همدیگر را جذب می کنند در این روش مصرف رنگ کمتر است ، انرژی کمتری نیاز دارد و داندمان کار نسبت به انواع قبلی بالا است .

رنگ ها دو نوع اند :

۱- ارغنون

۲- روغنی

فرآیندهای رنگ آمیزی بدنه:

خط قدیمی رنگ آمیزی بدنه که محصول آن تولید بدنه های با رنگ روغن بود از ۲ مرحله تشکیل می شود :

۱- حمام رنگ یا آستر ۲- رنگ پاشی توسط کارگر

در این نوع رنگ آمیزی ضربه های اعمالی به بدنه سبب از بین رفتن سایه رنگ و به تدریج افزایش دامنه خرابی قسمت رنگ پدید می شد . اما رنگ روغنی معمولاً ارزان است و به همین خاطر توجه زیادی به مصرف رنگ نمی شد ، اما پس از گذشت چند دهه روش های الکترواستاتیک رواج پیدا کرد و در چند سال اخیر روش های رنگ آمیزی و رنگ های کوره ای به وجود آمد .

رنگ کوره ای :

در رنگ کوره نوع رنگ با رنگ های روغنی متفاوت است و هم چنین در مراحل رنگ آمیزی به یک قسمت اضافه تر می شود تحت عنوان کوره رنگ احتیاج است که دمای این کوره گاهی تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بالا می رود و مشهود است که بدنه نباید قبل از نصب هر گونه قسمت اضافی روی خودرو رنگ آمیزی می شود .

مزیت رنگ های کوره ای نسبت به رنگ های روغنی عبارت است از :

۱- زیبایی بیشتر و در نتیجه مشتری پسندی بیشتر

۲- پایداری بیشتر رنگ در برابر عوامل محیطی

۳- پایداری فوق العاده زیاد در مقابل ضربه به طوری که ضربه نمی تواند رنگ را از بین ببرد و تنها خراش های عمیق می تواند موجب پدیدار شدن رنگ ورق گردد ، در رنگ های روغنی می توان ورقه ، آستر و رنگ را به صورت زیر نمایش داد.

اما در رنگ کوره ای با حذف لایه ی آستر لایه های بدنه و رنگ به صورت زیر می باشند که در محدوده ای حتی رنگ مابین مولکول های بدنه جا می گرفته است .

امروزه در دنیا روش های جدیدی استفاده می شود که علاوه بر خواص رنگ آمیزی کوره ای یک لایه ی محافظ روی رنگ قرار می گیرد و شفافیت بدنه را افزایش می دهد و هم چنین پایداری رنگ را در برابر عوامل محیطی و خراش و سایش افزایش می دهد و گاهی اوقات سبب بروز حالات چند رنگی در خودرو می شود ، به این مفهوم که در جهت های مختلف و در نورهای مختلف خودرو به رنگ های متفاوتی دیده می شود.

ستونها و میله های ضد نوسان: ( strat یا anti swaybar )

یک سازه میرا کننده ی دیگر تحت عنوان ستونها و میله های ضد نوسان معروف است و به طور معمول شامل یک دمپر و یک فنرمارپیچ است و دو عمل عمده زیر را انجام می دهد :

۱-عضوی به وجود می آورد که جاذب و میرا کننده ی انرژی است .

۲-به عنوان یک سازه ی تکیه گاهی بر روی سیستم تعلیق عمل میکند و این سازه هاعمل کرد بهتری نسبت به زمانی دارند که جرم فنری خودرو به میراکننده متصل نیست.

ستونها نقش به سزایی در خوش فرمانی خودرو بر عهده دارد و توجه خاصی به آنها می شود و به وزن خودرو اجازه جابجایی از یک طرف به طرف دیگر و از جلو به عقب یا بالعکس در ضربه های شدید و یا انحرافهای ناگهانی را می دهد. ضربه های شدید سبب کاهش گیرایی سطح تایر ها به سطح جاده می شود و بر روی خوش فرمانی و ترمز گیری تاثیر سویی دارد. میله های ضد نوسان به کمک ستونها می آیند تا پایداری کاملی را به خودروی در حال حرکت بدهد. میله های ضد نوسان میله هایی اند فلزی که میتوانند حول محور داخلی بچرخند و سیستم تعلیق دوطرف خودرو را به یک دیگر متصل می کند. زمانی که تعلیق یک چرخ بالاوپایین می رود میله های ضد نوسان حرکت را به چرخ دیگر منتقل می کند و سواری بهتری بوجود می آورند و انحراف خودرو را کاهش می دهند و به خصوص از غلتش خودرو در پیچ ها جلوگیری می کنند و به همین دلیل در اکثر خودروهای امروزی از میله های ضد نوسان با قابلیت نصب اسان استفاده شده است.

سیستم های فرمان :

مانوردهی و فرمان گیری در خودروها :

۱- فرمان گیری چرخ های جلو ۲- فرمان گیری کمرشکن ۳- فرمان گیری تمام چرخ ها

فرمان گیری چرخ های جلو :

در اکثر خودروهای سبک سواری استفاده می شود و کنترل راحت و مانوردهی بسیار خوبی را به وجود می آورد چرخ های جلومی توانند قبل از به هم خوردن وضعیت بدنه در یک زاویه باز انحرافی چرخانده شوند که این نوع فرمان گیری برای جاده ها مناسب است .

فرمان گیری کمرشکن :

در برخی از خودروهای سنگین 4wd و برخی از تراکتورهای کوچک و بزرگ استفاده می شود و محدودیت دورزدن در مسیرهای مختلف در مقایسه با خودروهای ببا فرمان پذیری چرخ های جلورا ندارد و عمل کرد آن به این صورت است که شاسی آن دو قسمت است و توسط یک لولا به همدیگر متصل شده اند و توسط سیلندرهای هیدرولیکی که در چپ و راست لولا تعبیه شده است خودرو فرمان می گیرد .

فرمان گیری تمام چرخ ها :

این سیستم در خودروهای 4wd با شاسی یکپارچه استفاده می شود و بیشترین انعطاف پذیری را در انجام عملیات به وجود می آورند در این روش مانوردهی کامل چرخ هایی که دارای اندازه های متفاوت است امکان پذیر است و هیچ گونه اشکالی در انجام فرمان گیری در شبیهابه وجود نمی آید و چهار روش دارد :

۱- فرمان گیری در چرخ های جلو 4wd ۲- فرمان گیری همراه ۳- فرمان گیری خرچنگی ۴- فرمان گیری چرخ های عقب

فرمان گیری همراه : چرخ های جلو و عقب مخالف همدیگر فرمان گیری و برای پیچ های خیلی تند استفاده می شوند و مانند فرمان گیری کمرشکن مسیر چرخ های عقب مانند مسیر چرخ های جلو است .

فرمان گیری خرچنگی : در فرمان خرچنگی چرخ های جلو و عقب به طور هم جهت باهم عمل می کنند که معمولا در تراکتورها برای حرکت مایل بر روی تپه ها استفاده می شود .

فرمان گیری چرخ های عقب: برای مانوردهی در فضاهای محدود مانند کاردرانبارهای قطعات یا در ساختمان ها استفاده می شود مانند لیفتراک ها.

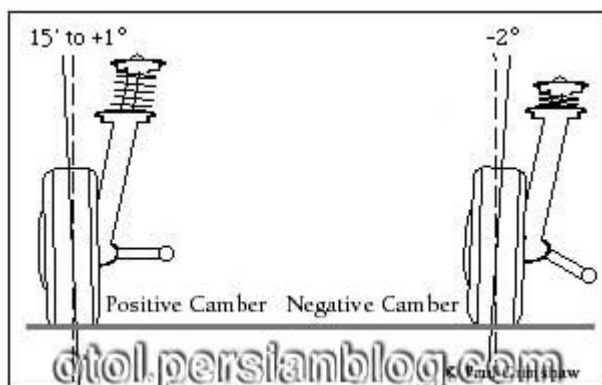
بخش چهارم :

پس از توضیح و تفسیر اکثر قسمت های سیستم تعلیق ، در این قسمت بالاخره به مطلب اصلی یعنی انواع سیستم های تعلیق رسیده ایم ، اما اجازه دهید قبل از شروع این بحث ، تنها دو مورد دیگر را که آگاهی از آنها نیز برای شروع بحث ضروری است ، یادآور شوم .

: Camber



Camber به زاویه عمودی چرخ نسبت به خودرو اطلاق می شود ، این زاویه در حالت عادی معمولا در اکثر خودروها صفر است ، در صورتیکه فاصله بالای دو چرخ مقابل ، به یکدیگر نزدیک تر از پایینشان باشد Camber یا زاویه چرخ ، منفی است و اگر هم که عکس این موضوع صادق باشد ، زاویه چرخ مثبت است . سیستم تعلیقی که در مواجه با پیچها و دست اندازها و با بالا و پایین رفتن چرخ در جای خود ، قابلیت تبدیل وضعیت زاویه چرخ به حالت های منفی و مثبت را داشته باشد و Camber بهینه را در مواجه با شرایط مختلف ایجاد نماید ، در مقایسه با خودرویی که در تمام حالات زاویه ای یکسان ، مثلا صفر دارد از توانایی بالاتری در کنترل خودرو برخوردار خواهد بود . خصوصا زمانی که در سر پیچ ، چرخ به سمت بالا کشیده می شود ، زاویه Camber منفی یا همان باز شدن چرخها ، باعث تعادل بهتر خودرو خواهد شد ، پس اگر سیستم تعلیق قابلیت انحراف زاویه چرخ را در شرایط مختلف دارا باشد ، کمک های شایانی به تعادل خودرو خواهد نمود .

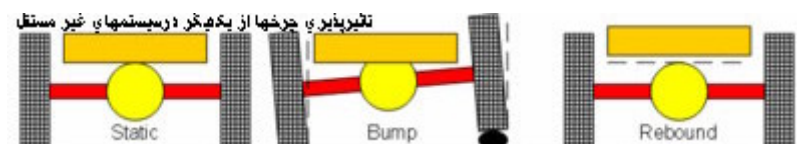


## Unsprung Weight & Sprung

هر آنچه که وزنش بر روی فنرهای خودرو وارد آید ؛ از جمله بدنه ، شاسی ، موتور ، سرنشینان و ... را Sprung Weight یا وزن وارده می نامند و در مقابل وزن لاستیکها ، رینگها ، کمک فنرها ، اکسل و ... ، وزن غیر وارده یا Weight Unsprung محسوب می شود . هر چه میزان وزن غیر وارده کمتر باشد ، عکس العمل سیستم تعلیق در مواجه با دست اندازها سریعتر بوده و نرمی رانندگی بیشتری را نیز فراهم می نماید . همچنین وزن غیر وارده کمتر ، باعث می شود تا نیروی موتور با گشتاور بیشتری به سطح جاده منتقل شده و صرف خنثی کردن وزن غیر وارد نشود .

## انواع سیستم های تعلیق :

سیستم های تعلیق بطور گسترده به دو دسته مستقل و غیر مستقل تقسیم می شوند که هر یک از این دو نیز شامل انواع متفاوتی می باشند . در نوع غیر مستقل یا وابسته ( dependent ) به طور معمول از یک اکسل یکپارچه ، برای هر دو چرخ یک محور استفاده می شود ؛ که چرخها را به موازات یکدیگر و عمود بر اکسل نگه می دارد و زمانی که تنظیم یک چرخ بر هم بخورد ، تنظیم چرخ مقابل آن نیز بر هم خواهد خورد ، همچنین اگر یک چرخ با دست اندازی روبرو شود و بالا یا پایین برود چرخ دیگر نیز موازی با آن تحت تاثیر این حرکت واقع خواهد شد .

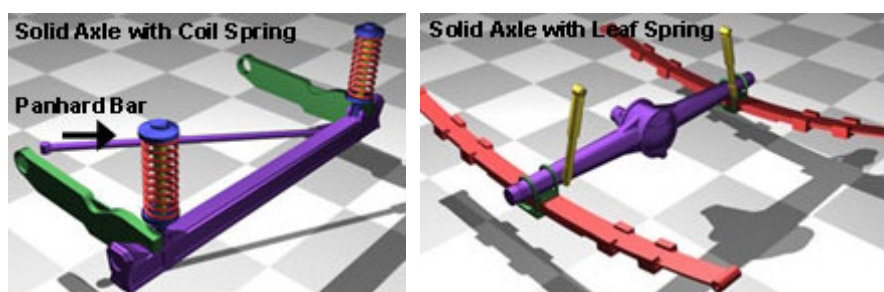


اما در نوع مستقل ( Independent ) که نوع پیشرفته تری محسوب می شود ، هر چرخ توانایی حرکت مستقل و بدون تاثیر گرفتن از چرخ مقابل را داراست .

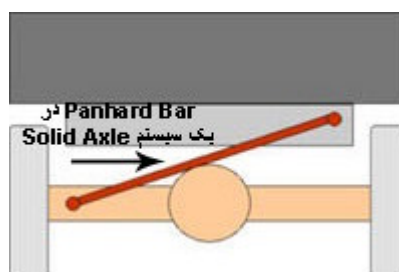
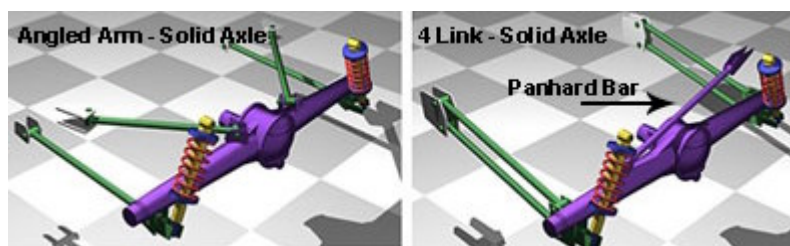
در ادامه سعی خواهد شد اکثر سیستمهای تعلیق موجود و حتی برخی انواع از رده خارج شده ، مورد بررسی قرار گیرند .

## Solid Beam Axle یا Live Axle :

اولین تولید انبوه سیستم تعلیق جلو برای خودروها مربوط به این سیستم می باشد . این نوع را که Hotchkiss نیز می نامندش از یک بیم قوی و قطور فولادی تشکیل شده که دو چرخ مقابل را به یکدیگر متصل می نماید . این سیستم که پس از موفقیت در ، درشکه ها به خودروها انتقال یافت ؛ به حدی خوب و ایده آل به نظر می رسید که تا مدت زمان زیادی ، کسی فکر طراحی سیستمی جدیدتر از آنرا در سر نپروراند . در حالی که این سیستم اولین نوع سیستم تعلیق بوده است اما بدلیل قابلیتهای خاصش در تحمل وزنهای سنگین ، هنوز هم در بسیاری از خودروهای سنگین یافت می شود . اگر به زیر یک خودروی سنگین نگاه کرده باشید ، حتما این بیم قطور را که بین دو چرخ واقع شده خواهید دید . این سیستم ممکن است بسته به استفاده در جلو یا عقب خودرو ها با فنر تخت یا فنر لول مورد استفاده قرار گیرد ( در خودروهای سنگین غالبا از فنر تخت استفاده می شود ) .



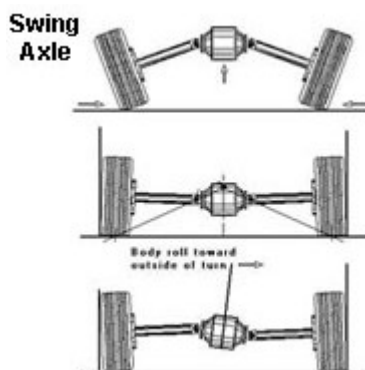
همچنین با پیشرفت این سیستم طی سالیان گذشته ، بر اساس دیگر اجزای تشکیل دهنده سیستم Solid Beam ( صلب ) ، ممکن است نامهای دیگری نیز به آن اطلاق شود ، از جمله زمانی که لینکهایی ( رابط یا طبق های باریک ) از روی بیم بصورت عرضی یا طولی به کف اتاق متصل شوند بر اساس تعداد این لینکها سیستم را Four Link ، Three Link و ... می نامند ، در صورتی هم که در نوع ۴ لینک دو عدد از لینکها به صورت زاویه دار به سمت وسط خودرو منحرف شوند ، آنرا Angled Arm می نامند . در دو نوع ۳ و ۴ لینکی و همچنین اکثر انواع بدون لینک Solid Axle مشکلاتی در زمینه کنترل افقی خودرو وجود دارد . از اینرو از یک میله فولادی به نام Panhard Bar که از یک سمت اکسل به صورت کج به سر لینک مقابل می رود ، استفاده می کنند تا از حرکت خودرو از یک سمت به سمت دیگر به صورت افقی جلوگیری نماید ، Panhard Bar در برخی دیگر سیستمها نیز ممکن است یافت شود .



بطور کل سیستم هایی که از Solid Axle استفاده می نمایند ، همگی از نوع غیر مستقل بوده ، دارای سیستمی ساده ، قدرتی بالا در تحمل وزن و تقریباً بدون نیاز به تنظیم زاویه چرخ می باشند ( در صورتی هم که تنظیم چرخها به هم بخورد میزان کردن آنها کار مشکلی خواهد بود ) . اما در مقابل در اکثر آنها بخصوص انواع غیر لینیکی ؛ وزن غیر وارده ( Unsprung Weight ) بسیار بالا ، بدلیل سنگین بودن اکسل ، همچنین تحت تاثیر قرار گرفتن چرخ مقابل در هنگام مواجه چرخ مخالف با دست انداز که از عیوب تمامی سیستم های غیر مستقل می باشد و همچنین بزرگی سازه سیستم از عیوب سیستم های Solid Beam محسوب می شوند .

## Swing Axle :

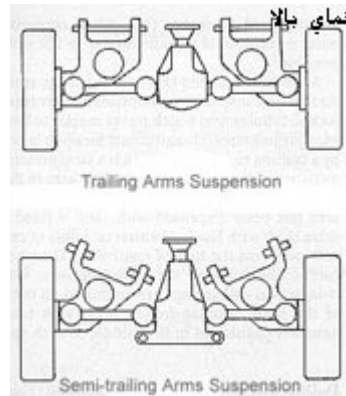
پس از آنکه مهندسین خودرو به معایب سیستم Solid Beam پی بردند ؛ کوشش ، برای ساخت اولین سیستم مستقل آغاز شد ، یکی از این تلاشها به ساخت نوعی با نام Axle Swing انجامید که امروزه آنرا نه مستقل بلکه نیمه مستقل می دانند . همانگونه که از نام آن پیداست ، این سیستم اجازه می دهد تا چرخها به صورت محوری به قسمتی در وسط دو چرخ خودرو متصل شده و قابلیت بالا و پایین رفتن در قوس مربوط به خود را داشته باشند .



این سیستم که بعنوان سیستم تعلیق عقب در فولکس های Beetle قدیمی ( قورباغه ای خودمان ) دیده می شود با وجود سادگی نسبی ، دارای نرمی رانندگی نسبت به سیستم Solid Axle می باشد . اما با وجود مستقل بودن ، بدلیل مشکلی در هندلینگ که آنرا پدیده Jacking می نامند و ناشی از بلند شدن چرخ در سر پیچها بدلیل ایجاد زاویه Camber مثبت در چرخ خارج از پیچ است ( باید منفی شود تا تعادل خودرو حفظ شود ) ، این سیستم از مقبولیت چندانی برخوردار نشد و جای خود را به دیگر سیستمها داد .

## Semi Trailing Arm Suspension و Trailing Arm Suspension :

این سیستم که یک سیستم مستقل محسوب می شود از یک یا چند بازو ( Trailing Arm ) در جلوی هر چرخ بهره می برد که برای ساپورت سیستم از سمت دیگر به زیر شاسی متصل میشوند . این سیستم نسبت به سیستمهایی که تا کنون بررسی شد ، فضای کمتری را اشغال نموده و انعطاف پذیری بهتری را نیز داراست . اولین بار این سیستم با استفاده از فنر لول در چرخهای جلوی فولکس Beetle استفاده شد . اما بدلیل اینکه در این سیستم ، زاویه Camber چرخ در تمامی حالات ثابت بود ، این سیستم خیلی زود از رده خارج شد و جای خود را به سیستم مشابهی داد که این مشکل را ندارد و آن سیستم ، Semi Trailing Arm است که با کج بودن زاویه قرار گیری بازوها ( Trailing Arms ) باعث می شود زاویه Camber بهینه در شرایط مختلف بدست آید .



این سیستم با فنر لول ، سیستم نسبتاً قابل قبول و کم حجمی برای اکسل عقب خودروهای کوچک محسوب می شود ، افزایش وزن خودرو بدلیل نیاز به قوی بودن بازوها و دیگر اجزا این سیستم ، همچنین احتمال خم شدن بازوها در مواجه با وزنهای زیاد نیز از معایب این دو سیستم بالاخص نوع Trailing Arm می باشند .

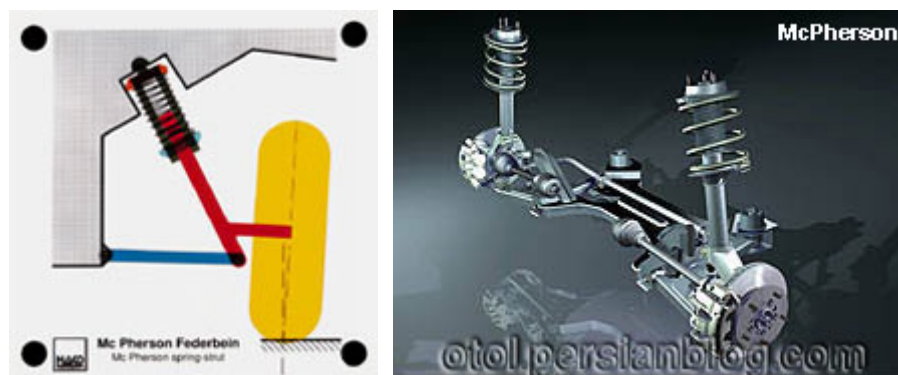
### : Twist Beam ( Torsion Beam )

این سیستم زیرشاخه ای از سیستم Trailing Arm محسوب می گردد که در آن Trailing Arm های دو چرخ بوسیله یک میله مشابه آنچه در Solid Axle دیده می شود ، به یکدیگر متصل هستند . تفاوت بیم یا میله رابط در این سیستم با سیستم صلب ( Solid Beam ) در اینجاست که بیم یا میله در سیستم پیچشی ( Twist Beam ) ، توانایی پیچش مختصری را نیز داراست ، از همین رو آنرا ، Twist Beam یا میله پیچشی می نامند . Twist Beam سیستمی است نیمه مستقل ، چرا که با وجود قابلیت پیچش مختصر محور رابط دو چرخ ، همین اتصال ، خود باعث عدم استقلال چرخها می گردد . این سیستم بدلیل نحوه قرارگیری کمکها ، عدم نیاز به میله موج گیر و عدم نیاز به فضای عرضی زیاد ، فضای بسیار کمی را اشغال می نماید . همین امر باعث شده ، این سیستم در اکسل عقب اکثر خودروهای Compact دیفرانسیل جلو ، مورد استفاده قرار گیرد . در ادامه توضیح این نکته ضروری است که نام اصلی این سیستم Twist Beam می باشد اما به اشتباه آنرا Torsion Beam که نام دیگر Torsion Bar ( یک نوع فنر خودرو ، که در بخش اول این مطلب بررسی شد ) است ، نیز می نامند و همین امر نیز باعث اشتباه آن با Torsion Bar که در واقع تنها نوعی فنر محسوب می شود و نه یک نوع از سیستم تعلیق ، می گردد . خصوصاً در ترجمه فارسی ، که هر دو ، میله پیچشی ترجمه می شوند و همین امر تشخیص آنها را از یکدیگر مشکل می نماید . این سیستم غالباً با دو نوع فنر یافت میشود ؛ فنر لول و یا Torsion Bar . خودروهایی چون گلف ، فیات پونتو ، پراید ، ماتیز و .... از سیستم Twist Beam با فنر لول بهره می برند و خودروهایی نظیر پژو ۲۰۶ ، هیوندای Getz و بیشتر خودروهای پژو نظیر ۴۰۵ نیز دارای سیستم Twist Beam با Torsion Bar می باشند که استفاده از لفظ Torsion Beam برای معرفی این نوع سیستم تعلیق ، چندان هم بی ربط نیست و به اصطلاح تلفیقی از نام لوازم بکار رفته در این سیستم است ، اما استفاده از این نام در انواع با فنر لول چندان درست به نظر نمی رسد . این سیستم ها در مقایسه با دیگر سیستمهایی که برای اکسل عقب خودروها بکار می روند کیفیت چندانانی دارا نیستند ، و بیشتر بدلیل اشغال کمتر فضا و همچنین ارزان بودنشان در خودروهای با سایز کوچک استفاده می شوند .



### : McPherson

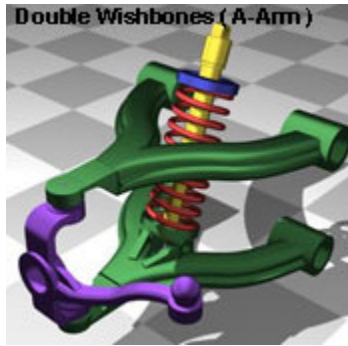
این سیستم که در دهه ۷۰ میلادی در اکثر خودروها رواج یافت به نام سازنده اش Earle S. McPherson که از کارکنان کارخانه GM و بعدها Ford بود، نامگذاری گردیده. در این سیستم که رکن اصلی آن Strut می باشد، خود بعنوان یک لینک برای کنترل وضعیت چرخ استفاده می شود و شاسی را به سیستم تعلیق متصل می نماید. همانگونه که قبلا در توضیح Strut (به بخش سوم رجوع شود) ذکر شد، این سیستم باعث حذف طَبَق بالا و متعلقاتش میشود، از اینرو این سیستم در خودروهایی که با کمبود فضا مواجه باشند خصوصا خودروهای دیفرانسیل جلو بسیار کارآمد خواهد بود. این سیستم که غالبا دارای میل موج گیر (Anti roll Bar) برای حفظ تعادل خودرو می باشد، دارای شاخص هایی چون کیفیت نسبتا خوب رانندگی، نسبتا بهینه بودن زاویه Camber و ارزان بودن سیستم می باشد، که هم در اکسل جلو و هم در اکسل عقب خودروهای کلاس متوسط بخصوص خودروهای با دیفرانسیل جلو به وفور یافت میشود. نمونه آنرا می توانید در اکسل جلوی اکثر خودروها از جمله انواع خودروهای پژو، همچنین پراید، ماتیز، هیوندای ورنه و ... بیابید.



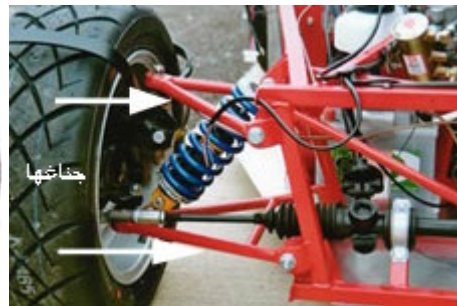
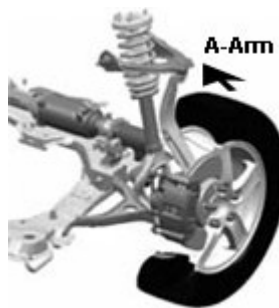
### : A-Arm یا Double Wishbones

تکامل بعدی در سیستم های تعلیق طراحی سیستم جناغی یا Double Wishbones بود که در آن دو طَبَق به شکل حرف A، با طولهایی یکسان و به موازات یکدیگر در بالا و پایین مرکز چرخ قرار می گرفتند.





این سیستم بدلیل وجود دو طَبَق قوی ، کنترل بسیار خوبی را دارا بود اما این سیستم نیز قابلیت تغییر زاویه **Camber** را دارا نبود . همین اشکال ، باعث طراحی نوع جدید سیستم جناغی گردید . در این نوع برای اینکه سیستم بتواند ، در هنگام فشردگی زاویه منفی ، و در هنگام باز شدن زاویه مثبت پیدا نماید ؛ طَبَق بالا کوتاهتر از طَبَق پایین در نظر گرفته شد ، همین امر باعث شد تا طَبَق پایین حین حرکت شعاع کمتری را پیموده و چرخ هنگام بالا رفتن دچار زاویه منفی گردد که این امر همانطور که گفته شد از انحراف خودرو در پیچها جلوگیری می نماید .

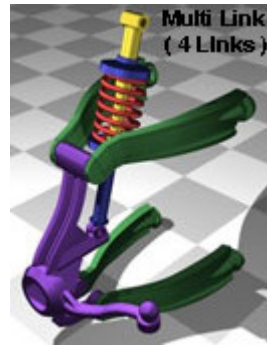


این سیستم در اکسل جلوی بسیاری از خودروهای جدید امروزی ، اکثر خودروهای مسابقه ای از جمله فراری ، اکثر خودروهای کارخانه هوندا و ... یافت می شود و تقریباً خالی از هر اشکالی است . این سیستم مستقل ، از فنر لول که کمک فنر نیز درونش واقع شده ، بهره می برد . اما نمی توان برای این شکل قرارگیری فنر و کمک فنر لفظ **Strut** استفاده نمود ، چرا که فنر و کمک فنر خاصیت ایفای نقش یک لینک را مانند آنچه در **Strut** وجود دارد ، ایفا نمی کنند . و کاربرد لفظ **Strut** ، برای این شکل قرارگیری ، فقط در نوع **McPherson** می باشد .

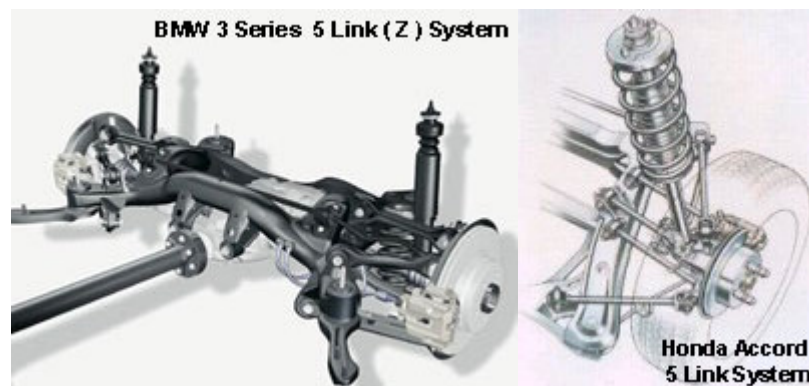
## Multi-Link Suspension :

تعریف دقیقی برای این سیستم که از اوایل دهه ۸۰ رایج گردید ، وجود ندارد . اما بطور کل هرگاه یک سیستم مستقل دارای بیش از ۲ لینک ( طبق ) باشد به آن **Multi Link** گویند ، در مواردی این سیستم با سیستم **Trailing Arm** نیز تلفیق می گردد که مقاومت بالاتری را پدید می آورد . اما نوع مرسوم آن که دارای ۴ لینک ( رابط ) می باشد ، تقریباً همانند سیستم جناغی **A-Arm** است ، با این تفاوت که دسته های هر جناغ ، به یکدیگر متصل نیستند و هر یک به صورت جداگانه تنظیم پذیری بهتری را برای سیستم تعلیق فراهم می نماید .





اما همانطور که گفته شد ، سیستمهای دیگری مانند سیستم ۵ لینک اکسل عقب خودروهای هوندا و سیستم Z شکل BMW های سری ۳ نیز با نام Multi-Link شناخته می شوند ، که البته بدلیل دارا بودن بازو می توان آنها را تلفیقی از Semi Trailing Arm و Multi link دانست . نمونه هایی از سیستم Multi-Link را که آخرین تکنولوژی در سیستم های تعلیق مکانیکی اکسل عقب برای خودروهای سواری محسوب می شود را می توانید در اکسل عقب خودروهایی چون هیوندای ورنه ، میتسوبیشی گالانت ، BMW های سری ۳ ، مرسدس های کلاس S و ... ببینید .



در این مطلب سعی شد تا تقریباً تمامی سیستمهای مکانیکی موجود که از ابتدا تا کنون بعنوان سیستم تعلیق در خودروها استفاده شده اند ، مورد بررسی قرار گیرد ، اما مسلماً سیستمهای دیگری از جمله Weissach , DeDion و ... نیز وجود دارند . که اگر این سیستمها را با سیستمهایی که از تلفیق چند سیستم پدید می آیند با هم جمع کنیم شاید دهها نوع دیگر غیر از آنچه در بالا ذکر شد ، نیز وجود داشته باشند . اما بدلیل مرسوم نبودن و محدودیت استفاده از آنها در خودروهای خاص ، از پرداختن به آنها خودداری می نمایم . سیستمهای پیشرفته تر هیدرولیکی و الکترونیکی نظیر سیستم تعلیق زانتیا و یا سیستم Bose را نیز به دلیل طولانی شدن بحث سیستم های تعلیق طی چند ماه گذشته ، به چند ماه دیگر موکول می نمایم.