

میل گاردان

هدف‌های رفتاری: هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

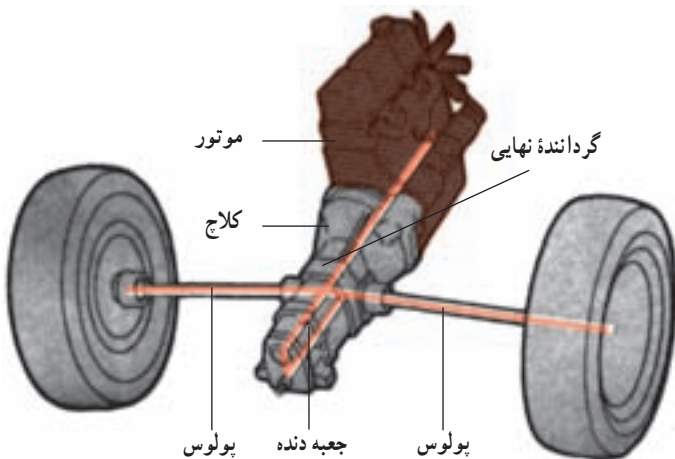
- مکانیزم و طرز کار میل گاردان و پولوس را توضیح دهد.
- مکانیزم و طرز کار قفل گاردان را توضیح دهد.

۳- میل گاردان

۳-۱- مکانیزم و طرز کار میل گاردان

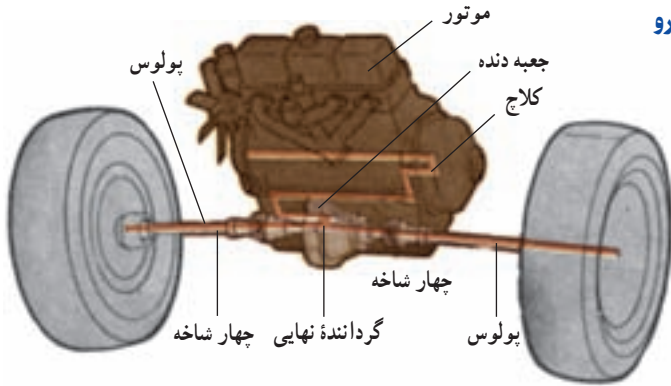
پس از تولید قدرت در موتور و تغییرات دور و گشتاور در جعبه دنده، قدرت یا به‌طور مستقیم به گرداننده نهایی (دیفرانسیل) منتقل می‌شود یا به‌وسیله میل گاردان انتقال می‌یابد. انواع خودروهایی که فاقد میل گاردان هستند در شکل ۱-۳ تا ۳-۳ ملاحظه می‌شود:

جهت طولی موتور در امتداد طول خودرو



شکل ۱-۳- موتور طولی و محرک جلو

جهت طول موتور در امتداد عرض خودرو



شکل ۲-۳- موتور عرضی و محرک جلو

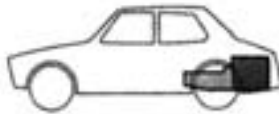
موتور جلوتر از محور جلو



موتور پشت محور جلو



موتور پشت محور عقب



موتور جلوی محور عقب



موتور جلو و به شکل عرضی



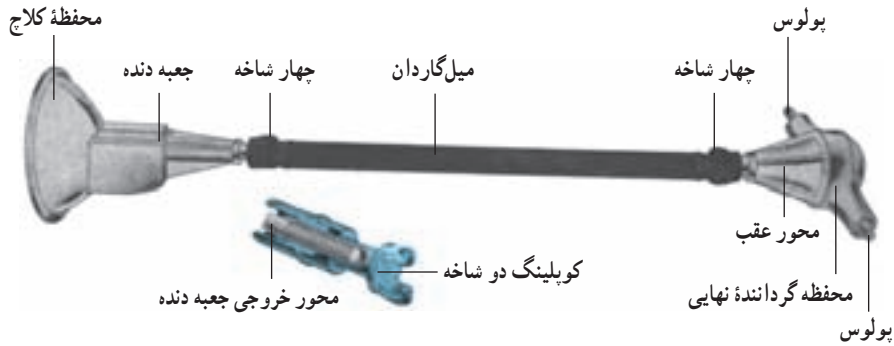
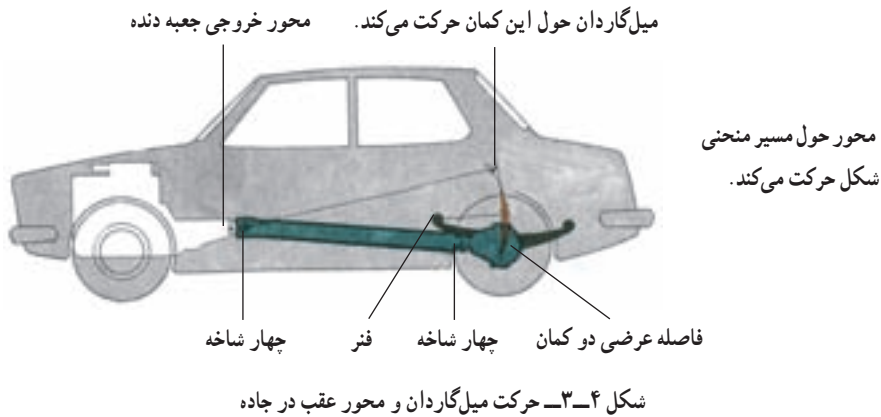
موتور عقب و به شکل عرضی



شکل ۳-۳- انواع استقرار موتور در خودروها

در بیشتر خودروها بین جعبه دنده که در جلو قرار دارد و گرداننده نهایی، میل‌گاردان به کار رفته است. میل‌گاردان محور، لوله‌ای شکل ساخته شده و چنان مستحکم طرح و تهیه می‌شود تا بتواند نیروی پیچشی (گشتاور) موتور را به سهولت انتقال دهد. میل‌گاردان از طرف جلو با محور خروجی جعبه دنده و از طرف عقب به محور ورودی گرداننده نهایی (دنده پی‌نیون) اتصال دارد (شکل‌های ۳-۴ و ۳-۵).

کوپلینگ کشویی مانع تغییر طول به میل‌گاردان می‌شود.

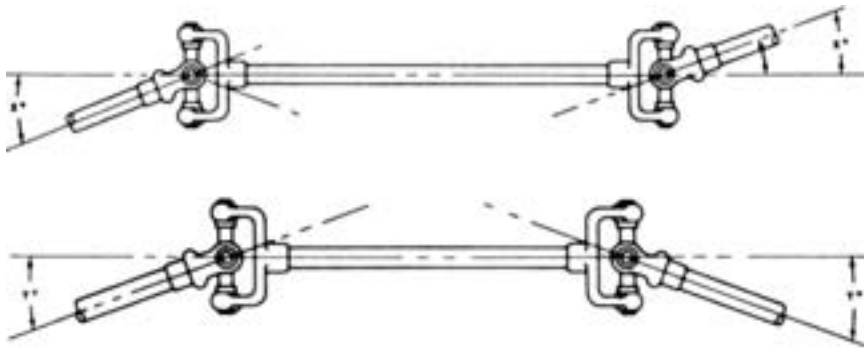


قسمت جلوی میل‌گاردان به موضع ثابت (جعبه دنده) و قسمت عقب آن به موضع نوسان‌کننده‌ای (محور عقب) اتصال دارد؛ بنابراین با حرکت چرخ‌ها بر روی مسیر ناهموار، محور عقب دائماً در حال بالا و پایین جهیدن بوده، متعاقب آن زاویه استقرار میل‌گاردان نیز در حال تغییر است. میل‌گاردان باید امکان متابعت داشته و با تغییر زاویه‌ای که به آن تحمیل می‌شود متناسب باشد.

۳-۲- قفل گاردان

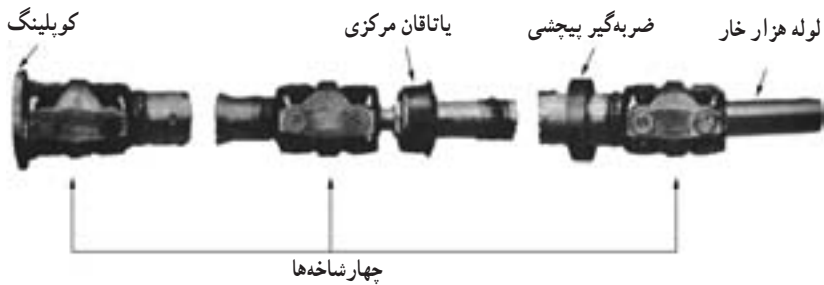
طرح بسیار مناسبی که می‌تواند به میل‌گاردان اجازه حرکت‌های نوسان‌کننده را بدهد، طرح اتصال قفل گاردان است. قفل گاردان عبارت است از دو کوپلینگ دو شاخه‌ای، که یکی بر روی میل‌گاردان و دیگری بر روی محوری است که با محور جعبه دنده یا پی‌نیون درگیر می‌شود. کوپلینگ‌های دو شاخه‌ای به وسیله محور صلیبی (چهارشاخه) به دو شاخه‌های دو طرف میل‌گاردان متصل می‌شوند.

با طرح چهار شاخه، میل‌گاردان می‌تواند در وضعیت‌های مختلف به راحتی به حرکت دورانی خود ادامه دهد. در شکل ۶-۳ زوایای چرخش محورهای ورودی و خروجی میل‌گاردان، ملاحظه می‌شود. چهارشاخه‌ها می‌توانند تا ۱۵ درجه انحراف را به راحتی تحمل کنند. برای جبران تغییرات طولی میل‌گاردان که ناشی از ارتعاش محور عقب است انتهای دیگر میل‌گاردان را کشویی هزار خاری می‌سازند. با این طرح وقتی چرخ‌های عقب روی برجستگی قرار بگیرند و محور عقب به‌شاسی نزدیک شود طول مفید میل‌گاردان کوتاه شده اتصال کشویی در داخل یکدیگر فرو می‌رود.

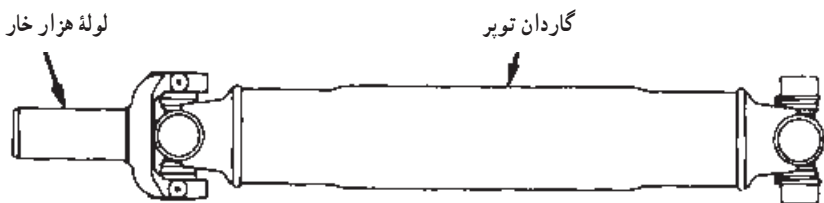


شکل ۶-۳- سیستم چهار شاخه گاردان در هر دو انتها تغییرات لازم را به‌وجود می‌آورد.

برای کاهش نیروی اصطکاک در بین چهارشاخه و دو شاخه‌های کوپلینگ از باتاقان‌بندی غلتکی یا سوزنی استفاده می‌کنند؛ بنابراین، برای هر طرف قفل گاردان، یک محور صلیبی و چهار عدد کاسه ساچمه یا کلاهک ساچمه‌ای وجود دارد (شکل ۷-۳). برای نگه‌داشتن کاسه ساچمه‌ها در موقعیت خود، از خارهای فنری که در داخل شیار کوپلینگ‌های دو شاخه‌ای قرار داده می‌شود، استفاده می‌کنند.



شکل ۹-۳- میل‌گاردان چند پارچه



شکل ۱۰-۳- قسمتی از گاردان چند پارچه

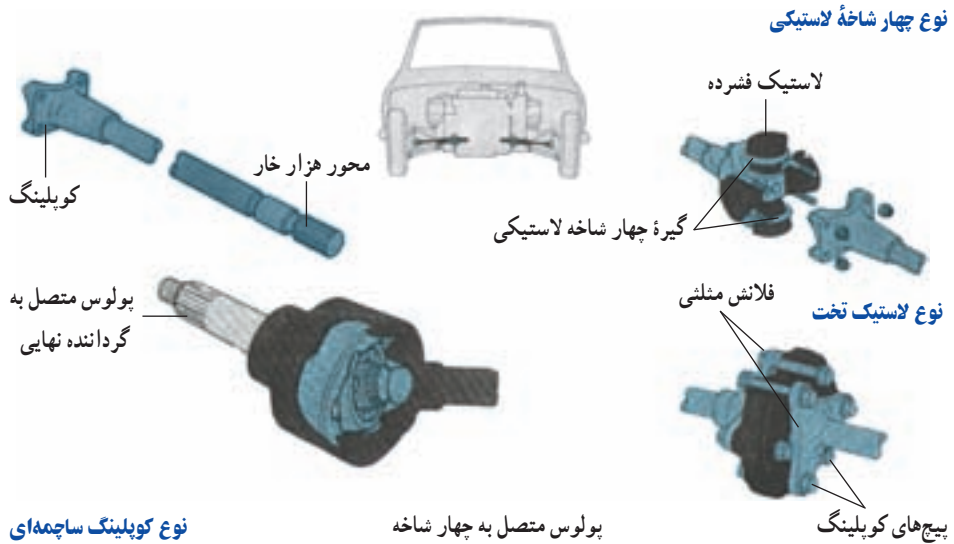
۳-۳- کوپلینگ‌های میل‌گاردان و پولوس در تعلیق

وقتی سیستم تعلیق محور عقب خودرو مستقل باشد (هر چرخ فربندی و ارتعاش مستقلی دارد) دیفرانسیل به زیر شاسی بسته شده دیگر حرکت نسبی با شاسی ندارد. در این گونه خودروها از اتصال چهار شاخه و قفل گاردان استفاده نمی‌کنند، زیرا بین جعبه دنده و گرداننده نهایی (دیفرانسیل) تغییرات چندانی به وجود نمی‌آید. در چنین مواردی از کوپلینگ‌های ارتجاعی لاستیکی استفاده می‌کنند. کوپلینگ‌های لاستیکی به دو صورت چهار شاخه‌ای و تخت به کار می‌رود.

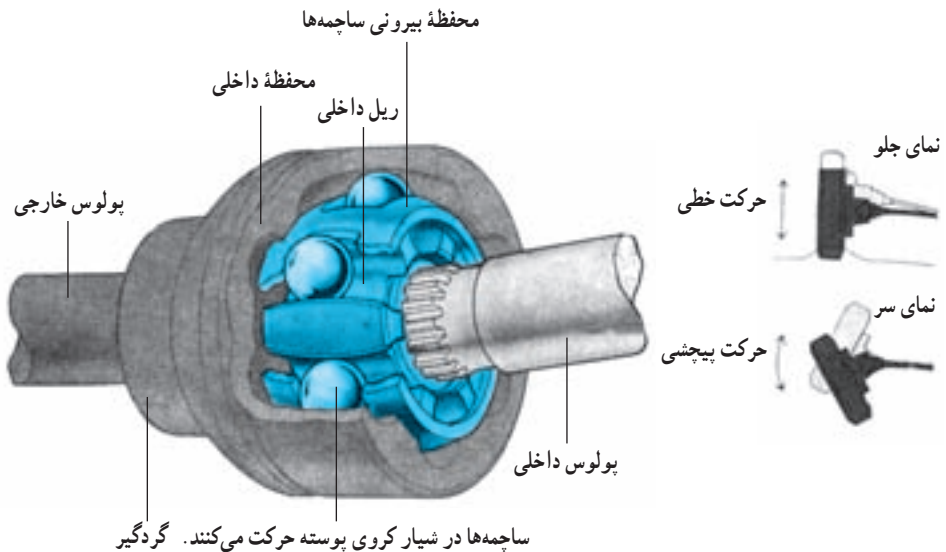
در نوع چهارشاخه‌ای، چهار لاستیک ضربه‌گیر، دوه‌دو به هر کوپلینگ پیچ می‌شود و دو قسمت کوپلینگ را به یکدیگر متصل می‌نماید. در وسط لاستیک‌های چهارشاخه، محور فلزی قرار دارد. این لاستیک‌های فشرده شده تا چند درجه پیچش را تحمل نموده قدرت را با نرمش مطلوبی منتقل می‌کنند.

کوپلینگ تخت که اصطلاحاً «منجید» نامیده می‌شود، به شکل شش گوش ساخته شده هر ضلع آن به یکی از کوپلینگ‌های هر محور متصل می‌شود. با این طرح دو قسمت فلانش محورها مستقیماً با یکدیگر ارتباط ندارد و نیرو از طریق لاستیک فشرده شده منجید از یک محور به محور دیگر انتقال پیدا می‌کند. پولوس‌های تعلیق مستقل نیز دارای کوپلینگ کشویی یا ساچمه‌ای هستند. در این گونه

خودرو چرخ‌ها دارای نوسان بوده محفظه دیفرانسیل ثابت به زیرساختی پیچ می‌شود. بنابراین، برای آنکه پولوس‌ها بتوانند به حرکت چرخش و نوسانی (بالا و پایین جهیدن) ادامه دهند، بین دو قسمت پولوس از قفل‌های چهار شاخه‌ای یا ساچمه‌ای کروی استفاده می‌کنند.



شکل ۱۱-۳- انواع کوپلینگ در پولوس‌های مستقلی



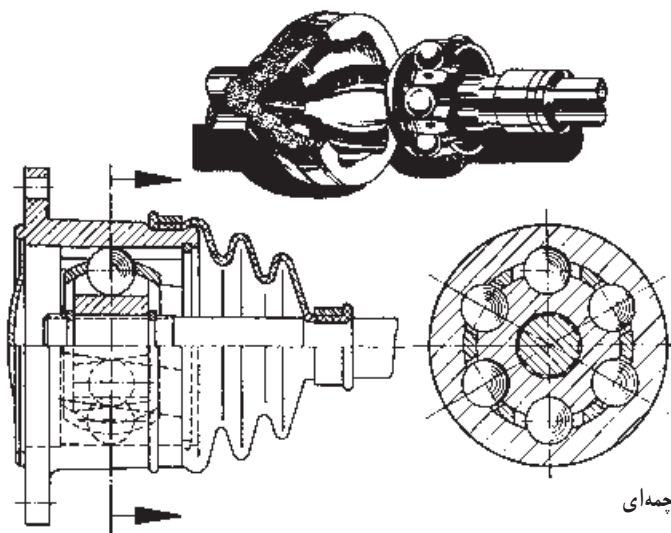
شکل ۱۲-۳- ساختمان کوپلینگ ساچمه‌ای

یکی از بهترین طرح‌های کوپلینگ که بین دو قسمت پولوس‌ها قرار می‌گیرد، نوع «کوپلینگ ساچمه‌ای کروی» است. این نوع کوپلینگ که برای خودروهای محرک جلو به کار می‌رود، ضمن ایجاد چرخش چرخ‌های جلو، دور محورهای ورودی و خروجی دو قسمت کوپلینگ را همواره ثابت نگه می‌دارد؛ از این رو این کوپلینگ را «کوپلینگ کروی ساچمه‌ای سرعت ثابت» می‌نامند. در کوپلینگ‌های دیگر اختلاف دوری بین دو قسمت کوپلینگ وجود دارد که از تغییرات سرعت خطی در اثر انحراف محورهای ورودی و خروجی پدید می‌آید. یکی از محورها دارای یک محفظه کروی شکل توخالی است که در سطح داخلی کره آن شش شیار وجود دارد. محور دیگر دارای شیارهای هزار خاری است. بین دو محور، محفظه‌ای قرار می‌گیرد که دارای یک قفسه ساچمه‌دار است. این محفظه به‌طور هزار خاری با یک محور و به‌وسیله ساچمه‌ها با محور دیگر اتصال پیدا می‌کند. تعداد ساچمه‌ها در این کوپلینگ شش عدد است که نیرو را از محوری به محور دیگر انتقال می‌دهند.

وقتی محور متصل به چرخ به‌وسیله فرمان یا نوسانات سیستم تعلیق، از حالت مستقیم خارج می‌شود، ساچمه‌ها در داخل شیارهای کروی توخالی حرکت کرده، در نتیجه، حرکت مناسبی را فراهم می‌کنند تا هر دو محور کوپلینگ، با دور مشابهی دوران کنند.

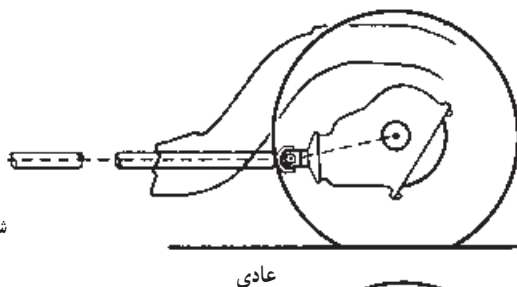
۴-۳- میل‌گاردان‌هایی که یک قفل گاردان دارند

گاهی قسمتی از میل‌گاردان را در داخل لوله‌ای که لوله کنترل گشتاور نامیده می‌شود قرار می‌دهند. در این گونه خودروها (پژو)، نیروی فشاری به لوله کنترل گشتاور وارد شده میل‌گاردان فقط یک قفل

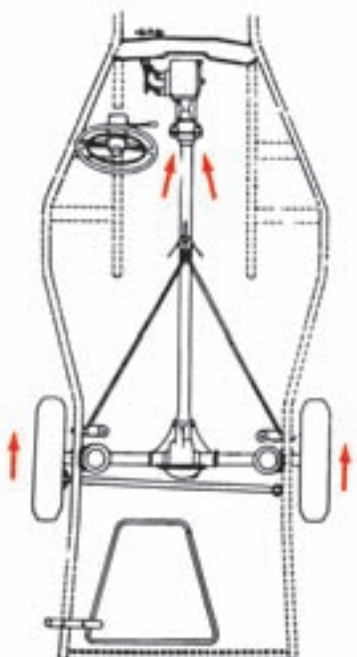
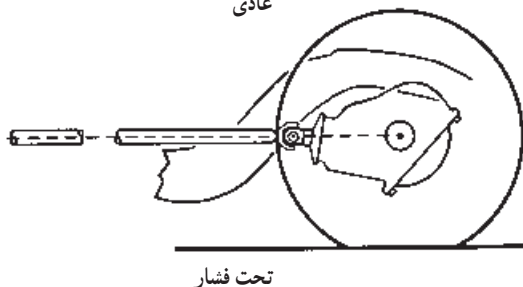


شکل ۱۳-۳- ساختمان کوپلینگ ساچمه‌ای

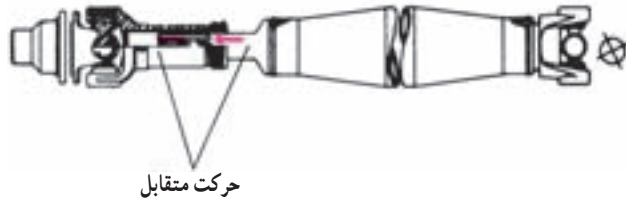
گاردان دارد. لوله کنترل گشتاور که لوله مستحکمی است به محفظه دیفرانسیل پیچ شده از تغییر شکل آن در موقع اعمال نیرو جلوگیری می کند. خودروهایی که به لوله کنترل گشتاور در سیستم انتقال قدرت مجهز هستند؛ با پایین تر رفتن موتور، از نقطه نقل پایین تر و خاصیت واژگونی کمتری برخوردارند. اصولاً سعی طراحان خودرو بر آن است که ضمن پایین بردن نقطه ثقل خودروها، مسیر انتقال قدرت را به خط مستقیم نزدیک کنند تا از افت قدرت جلوگیری شود، زیرا انتقال قدرت در خط مستقیم با تلفات کمتری منتقل می شود.



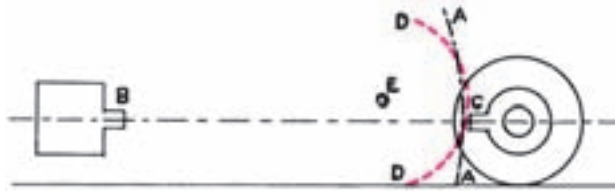
شکل ۱۴-۳- وقتی نیرو به گرداننده نهایی وارد شود، محفظه دیفرانسیل به سمت بالا حرکت می کند.



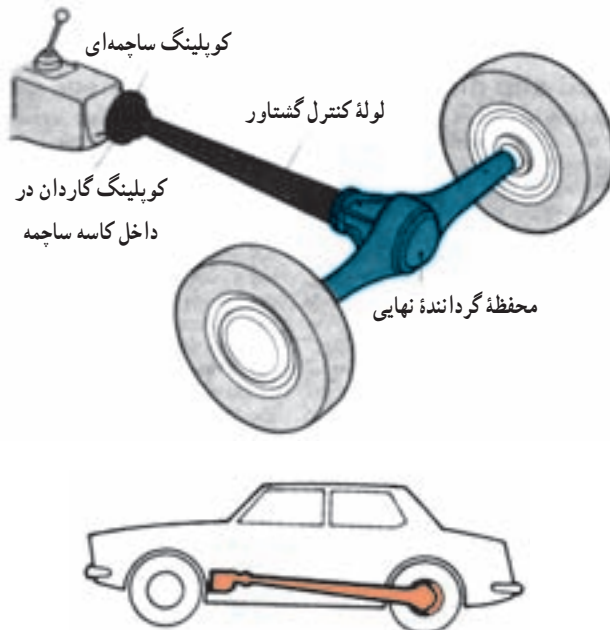
شکل ۱۵-۳- لوله کنترل گشتاور، گشتاور چرخ ها را به شاسی انتقال می دهد.



شکل ۱۶-۳- حرکت کشویی لوله میل گاردان روی محور خروجی جعبه دنده با فلش مشخص شده است.



شکل ۱۷-۳- طول میل گاردان در حرکت غیریکنواخت جاده دائماً تغییر می‌کند.



لوله کنترل گشتاور ضمن پایین بردن نقطه نقل، نیروهای طول خودرو را هم از محور به شاسی انتقال می‌دهد.

شکل ۱۸-۳- لوله کنترل گشتاور

گرداننده نهایی (دیفرانسیل)

هدف‌های رفتاری: هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

- چگونگی ایجاد عمل اختلاف دور را به وسیله دیفرانسیل توضیح دهد.
- انواع دنده در سیستم گرداننده نهایی را بیان کند.
- ساختمان محور محرک و گرداننده نهایی را شرح دهد.
- ساختمان و وظیفه پولوس‌ها را بیان کند.

۴- گرداننده نهایی (دیفرانسیل)

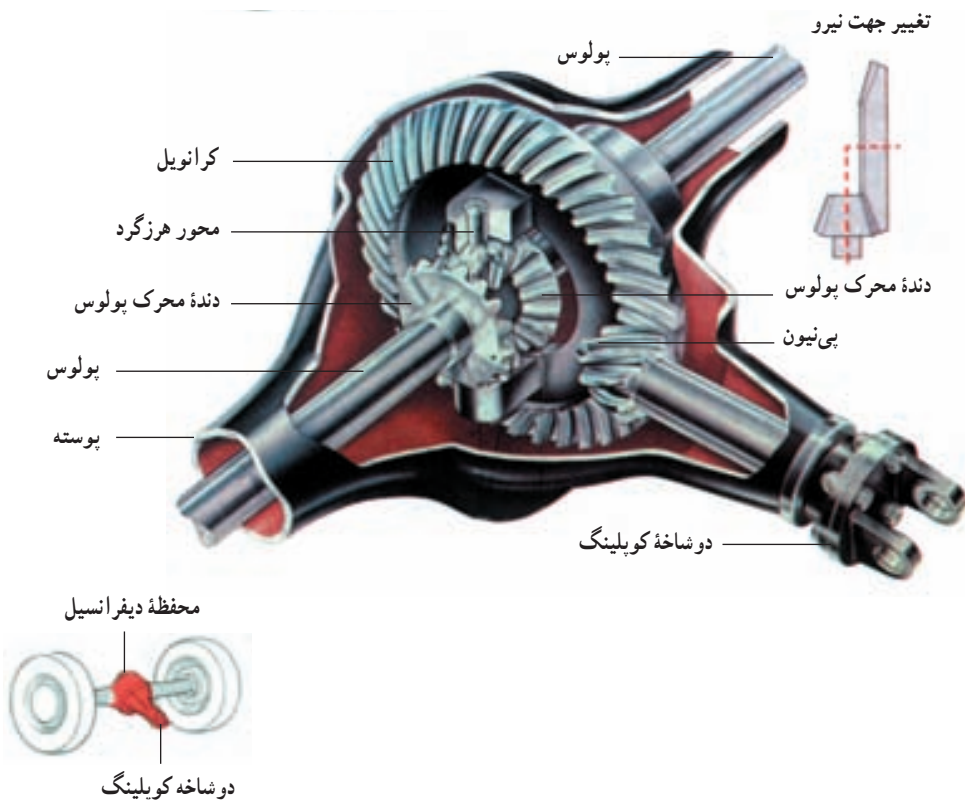
آخرین واحدی که روی جریان نیرو و گشتاور تأثیر می‌گذارد گرداننده نهایی است. گرداننده نهایی سه کار مهم را عهده‌دار است:

- ۱- دور میل‌گاردان را تقلیل داده گشتاور چرخ را افزایش می‌دهد.
 - ۲- در سربیش‌ها چرخ داخل پیچ را آهسته‌تر و چرخ خارج را سریع‌تر می‌چرخاند.
 - ۳- به‌جز در خودروهایی که موتورهایشان به‌صورت عرضی قرار دارد، در سایر خودروها جهت حرکت نیروی خروجی جعبه دنده را 90° درجه تغییر می‌دهد.
- دور موتورهای بنزینی تندگرد معمولی حدود 6000 RPM و دور موتورهای ورزشی حدود 7500 RPM است. چنین دوری قبل از انتقال به چرخ‌ها باید به اندازه لازم تقلیل یابد؛ مثلاً برای سرعت $110 \frac{\text{Km}}{\text{hr}}$ ، دور چرخ‌های بین 75° تا 115° دور در دقیقه است. این اختلاف دور به دلیل اختلاف اندازه چرخ‌های خودروها است.

دنده آخر (مستقیم) که نسبت تبدیل در جعبه دنده ۱:۱ است، نسبت تقلیل دور به وسیله گرداننده نهایی بین ۶/۵ تا ۳ بر یک است. هرگاه نسبت تقلیل دور را ۱:۳ در نظر بگیریم، بیانگر این مفهوم است که میل‌گردان سه برابر سریع‌تر از چرخ‌ها می‌چرخد.

عمل تقلیل دور در گرداننده نهایی به وسیله دو چرخ دنده انجام می‌شود. چرخ دنده محرک و کوچکتر را «بی‌نیون» و چرخ دنده متحرک و بزرگتر را «کرانویل» می‌گویند.

مجموعه بی‌نیون و کرانویل را در محفظه‌ای که روی محور عقب قرار دارد جاسازی می‌کنند. مقدار تقلیل دور به وسیله گرداننده نهایی به تعداد دندانه‌های بی‌نیون و کرانویل بستگی دارد. هرگاه تعداد دندانه‌های بی‌نیون ۹ و تعداد دندانه‌های کرانویل ۳۵ باشد، نسبت تقلیل دور به وسیله گرداننده نهایی $\frac{۳۵}{۹}$ خواهد بود. علاوه بر عمل تقلیل دور، کرانویل دور خود را با نسبت لازم بین دو چرخ محرک داخل و خارج پیچ تقسیم می‌کند. به خاطر همین عمل، نام گرداننده نهایی را به لاتین «دیفرانسیل» نامیده‌اند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- ساختمان گرداننده نهایی

یعنی عامل ایجاد اختلاف ، Differential - ۱

۱-۴- عمل اختلاف دور چگونه ایجاد می‌شود؟

هرگاه خودرویی در سر پیچ جاده‌ای در حال گردش باشد چرخ داخل پیچ راه کمتری را نسبت به چرخ خارج پیچ طی می‌کند. و اگر هر دو چرخ محرک به محور واحدی به طور محکم متصل شوند و این محور به چرخ کرانویل وصل باشد، هر دو چرخ داخل و خارج پیچ، با دور مساوی گردش خواهند کرد. در چنین حالتی چرخ داخل پیچ لغزش خواهد نمود (سریدن چرخ داخل قوس). برای جلوگیری از این لغزش و واژگونی در پیچ‌ها، محور را دو پارچه ساخته هر قسمت محور عقب را که پولوس نامیده می‌شود، به طور مستقل به وسیلهٔ محفظهٔ دیفرانسیل (که به کرانویل متصل است) به حرکت در می‌آورند. بنابراین وقتی چرخ داخل قوس آهسته‌تر بگردد، دور چرخ خارج قوس سریع‌تر می‌شود. کرانویل برابر معدل دو چرخ داخل و خارج قوس می‌چرخد. مثلاً هرگاه چرخ داخل قوس دوری معادل 50°RPM و چرخ خارج پیچ دوری معادل 100°RPM داشته باشد، دور کرانویل برابر خواهد بود با:

$$n_c = \frac{n_{PL1} + n_{PL2}}{2} = \frac{50 + 100}{2} = 75 \text{RPM}$$

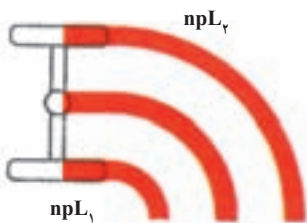
n_{PL1} - دور چرخ داخل قوس

n_{PL2} - دور چرخ خارج قوس

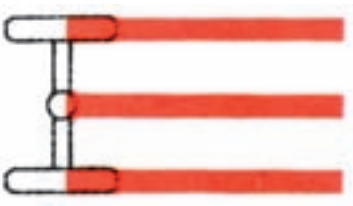
n_c - دور کرانویل

وظیفهٔ اختلاف دور، بین چرخ‌های داخل و خارج قوس به عهدهٔ هرزگردها است که در شکل‌های

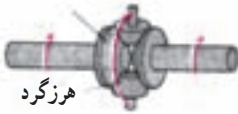
۴-۴ و ۴-۵ نشان داده شده است.



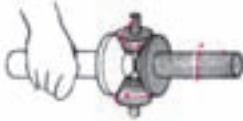
شکل ۲-۴- حرکت در پیچ



شکل ۳-۴- حرکت مستقیم



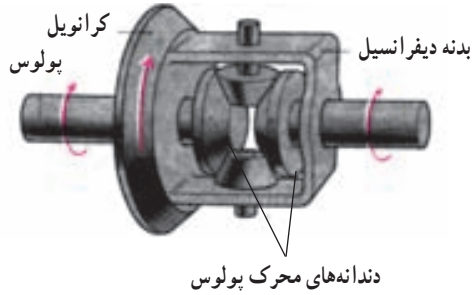
در حرکت مستقیم هر دو پولوس هم دور می‌چرخند و دنده‌های هرزگرد ثابت هستند.



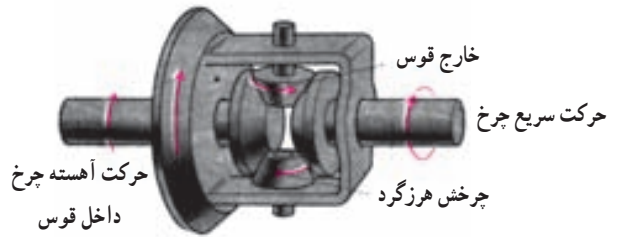
وقتی یک پولوس ترمز شود هرزگردها حول چرخ دندانه آن پولوس می‌چرخند و پولوس دیگر با دور زیادتر می‌چرخد.



نیرو از کرانویل به بدنه، سپس به محور هرزگردها و سپس به دنده هرزگرد و از آن به دنده سرپولوس و پولوس انتقال پیدا می‌کند.

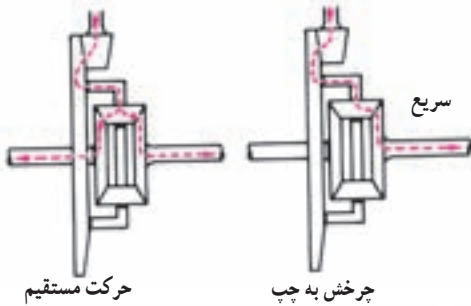


در حرکت مستقیم هر دو پولوس یکسان می‌چرخند.



دیفرانسیل در حرکت منحنی الخط

شکل ۴-۴- عملیات دیفرانسیل



شکل ۴-۵- حالت‌های مختلف حرکت

۲-۴- انواع دندانه در سیستم گرداننده نهایی

به طور کلی سه نوع دنده در سیستم‌های دیفرانسیل وجود دارد که عبارت‌اند از:

۱- دنده مستقیم ۲- دنده مارپیچ ۳- دنده هیپوئید

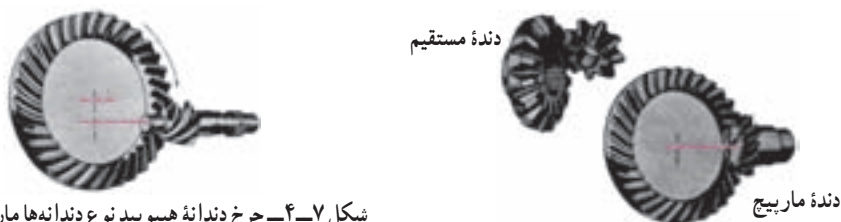
در نوع دندانه مستقیم ضمن درگیری پرسروصدا، در هر لحظه فقط یک دندانه از هر چرخ با چرخ دیگر درگیر بوده، در نتیجه ظرفیت انتقال گشتاور آن زیاد نیست.

در دندانه مارپیچ این معایب برطرف شده است و درگیری دندانه‌ها به تدریج و ملایمت انجام می‌شود؛ هم‌چنین به علت درگیری تعداد زیادی دندانه در یک لحظه از دو چرخ دندانه، ظرفیت انتقال گشتاور چرخ دندانه‌ها زیادتر است.

چرخ دندانه نوع هیپوئید: در چرخ دندانه نوع هیپوئید، دو محور پی‌نیون و کرانویل در یک راستا نیستند در شکل ۷-۴ محور پی‌نیون پایین‌تر از محور کرانویل قرار دارد.

این نوع چرخ دندانه برای پایین بردن محور پی‌نیون و کاستن از برآمدگی داخل اتاق خودرو مناسب است.

از طرف دیگر چون محورهای پی‌نیون و کرانویل در یک امتداد نیستند، نیروی زیادی به چرخ دندانه‌ها اعمال می‌شود؛ بنابراین نیاز به روغن خاص هیپوئید دارد.



شکل ۷-۴- چرخ دندانه هیپوئید نوع دندانه مارپیچ بوده مرکز

محورهای پی‌نیون و کرانویل با هم اختلاف دارند.

شکل ۶-۴- دیفرانسیل ساده و مارپیچ

۳-۴- ساختمان محور محرک و گرداننده نهایی

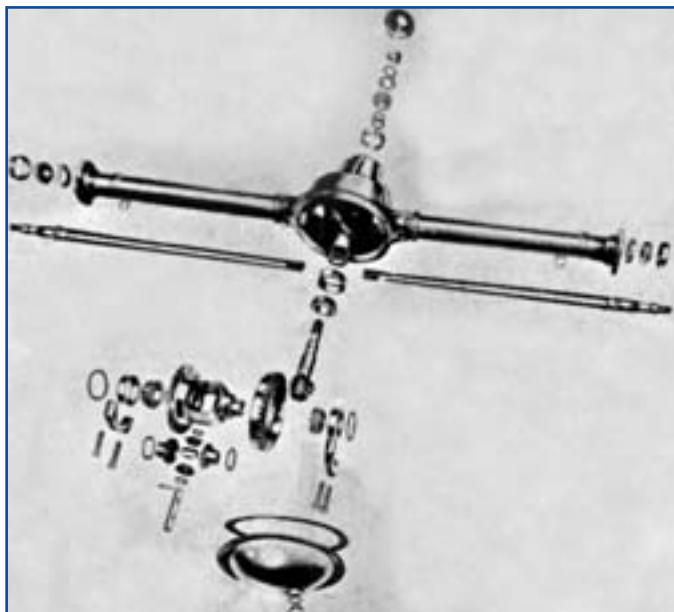
محور محرک محوری است که در آن گرداننده نهایی تعبیه شده است. در خودروهای سبک و استاندارد (خودروی استاندارد، موتور جلو و محرک در عقب است)، محور محرک به صورت پوسته‌ای مستحکم ساخته می‌شود. در داخل این پوسته دو پولوس و در قسمت مرکزی آن دنده دیفرانسیل قرار می‌گیرد. در خودروهای سواری جدید که سیستم تعلیق به صورت مستقل ساخته می‌شود (سیستمی است که در آن هر چرخ مستقلاً نوسان می‌نماید) محور عقب فاقد پوسته یک‌پارچه بوده محفظه دیفرانسیل به زیر شاسی بسته می‌شود.

محفظه دیفرانسیل و پولوس‌ها در یاتاقان‌بندی مناسبی قرار می‌گیرند؛ به نحوی که نیروهای پیچشی و خمشی وارد شده را به خوبی تحمل نمایند.

به طور کلی دو نوع محفظه دیفرانسیل در محورها وجود دارد: ۱- نوع بانجو ۲- نوع یک‌پارچه

۱- نوع بانجو: این نوع محفظه دیفرانسیل که شامل: پی‌نیون، کرانویل، پوسته، هرزگردها و یاتاقان‌بندی بدنه کرانویل است در محفظه جداگانه ساخته شده با تعدادی پیچ به پوسته محور محرک بسته می‌شود.

۲- نوع یک‌پارچه: در این نوع، محفظه جداگانه‌ای برای دیفرانسیل وجود ندارد و قطعات دیفرانسیل در قسمت مرکزی پوسته نصب می‌شود.

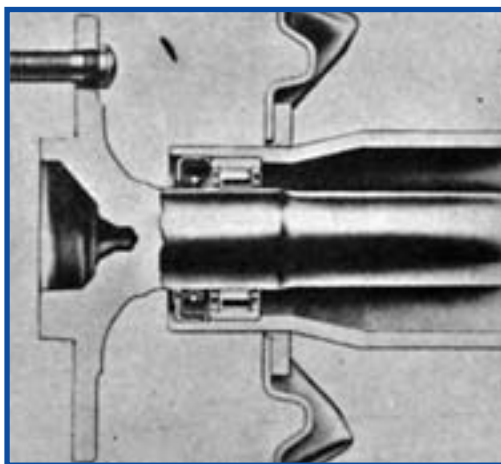


شکل ۹-۴- نوع یک‌پارچه این دیفرانسیل ساده است و تنظیمات پس از نصب کردن انجام می‌شود.

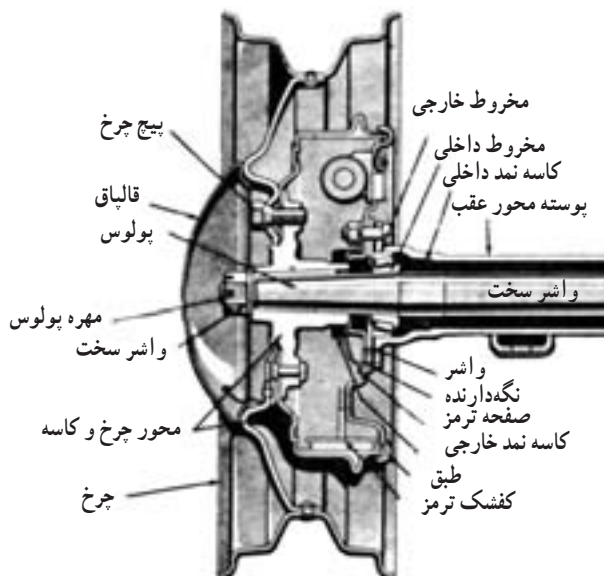
۴-۴- ساختمان پولوس‌ها

معمولاً محورها را نسبت به نحوه یاتاقان‌بندی پولوس‌ها تقسیم‌بندی می‌کنند. در همه انواع محورها قسمت مرکزی پولوس‌ها به چرخ دندانه محرک پولوس به صورت هزار خاری متصل می‌شود، اما قسمت بیرونی پولوس‌ها که در طرف چرخ‌ها قرار دارند در سه نوع مختلف طرح و ساخته می‌شود:

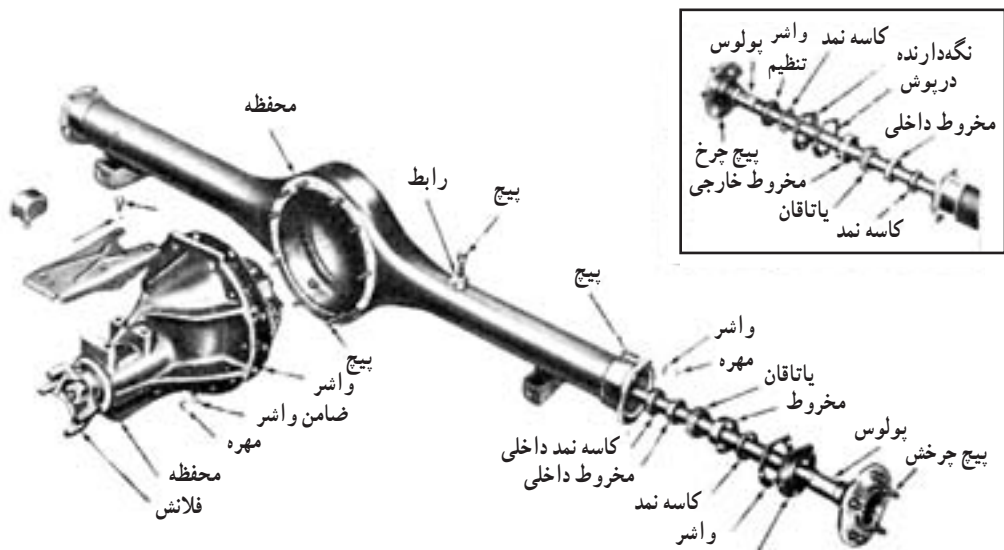
۱- یاتاقان بندی نیمه شناور : در یاتاقان بندی نیمه شناور پولوس در قسمت میانی به وسیله یک رولر برینگ مخروطی (بلبرینگ) که به جای ساچمه، غلتک یا استوانه دارد) نگهداری می شود. این یاتاقان نه تنها پولوس، بلکه محور کرانویل را نیز حمل می نماید. در قسمت بیرونی نیز یاتاقانی بلبرینگ یا رولر برینگ بین پولوس و قسمت داخلی پوسته محور نصب می شود. با این طرح، پولوس در عین انتقال گشتاور دیفرانسیل به چرخ ها، بار وارد شده بر خودرو را هم تحمل می نماید.



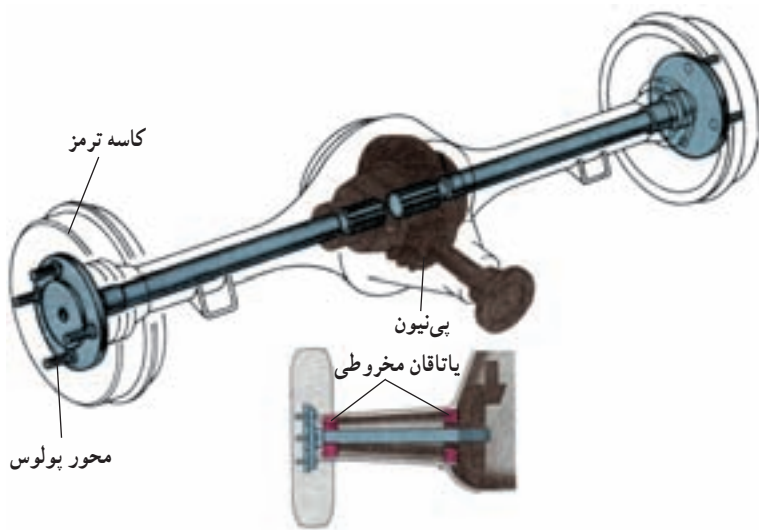
شکل ۱۰-۴- محور نیمه شناور



شکل ۱۱-۴- مجموعه کامل محور و چرخ نیمه شناور



شکل ۱۲-۴ دیفرانسیل نیمه شناور نوع فلانش دار

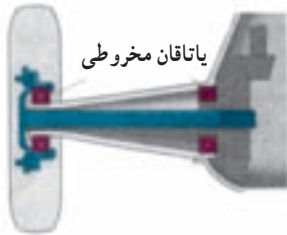


شکل ۱۳-۴ محور نیمه شناور

۲- یاتاقان بندی سه چهارم شناور : محور سه چهارم شناور اختلاف اندکی با نیمه شناور دارد. این محور در قسمت میانی مشابه محور نیمه شناور یاتاقان بندی شده اما در قسمت بیرونی، یاتاقان آن بین فلانچ چرخ و پوسته خارجی محور قرار می گیرد. این یاتاقان نیروی وارد شده از اتاق خودرو را تحمل می نماید. به پولوس سه چهارم شناور فقط در موقع پیچیدن نیروی خمش وارد می شود.

در مواقع عادی نیروی چرخ‌ها به پوسته خارجی محور وارد می‌شود و پولوس بار اتاق و خودرو را تحمل نمی‌کند.

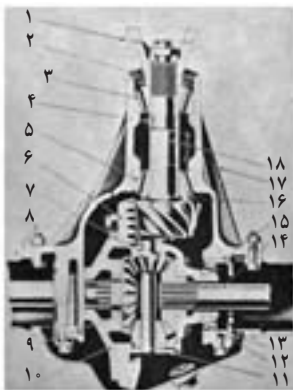
یاتاقان کروی



شکل ۱۴-۴- محور سه چهارم شناور

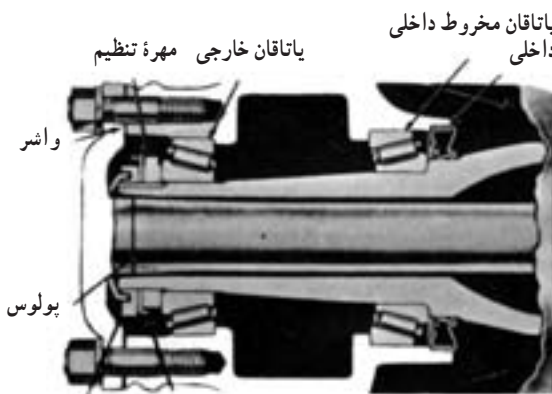
۳- یاتاقان‌بندی تمام شناور: در یاتاقان‌بندی تمام شناور دو یاتاقان در بین پوسته خارجی محور فلانش چرخ به کار رفته است.

با این طرح، پولوس دیگر وزن اتاق و بار وارد شده عمودی را تحمل نمی‌نماید. تنها کار پولوس انتقال گشتاور دیفرانسیل به چرخ‌ها است. این طرح بیشتر در خودروهای سنگین کاربرد دارد. به شکل ۱۶-۴ توجه نمایید.



- ۱- فلانش محرک
- ۲- کاسه نمد
- ۳- یاتاقان جلو
- ۴- بوش فاصله
- ۵- یاتاقان عقب
- ۶- کرانویل
- ۷- هرزگرد
- ۸- محفظه
- ۹- دنده محرک پولوس
- ۱۰- بدنه
- ۱۱- محور هرزگرد
- ۱۲- یاتاقان
- ۱۳- ضامن مهره تنظیم
- ۱۴- پولوس
- ۱۵- مهره تنظیم
- ۱۶- واشر تنظیم
- ۱۷- بدنه دیفرانسیل
- ۱۸- محور پی‌نیون

شکل ۱۵-۴- دیفرانسیل هیپوئید



- یاتاقان مخروطی داخلی
- کاسه نمد داخلی
- یاتاقان خارجی مهره تنظیم
- واشر
- پولوس
- واشر ضامن
- مهره ضامن و کاسه نمد خارجی

شکل ۱۶-۴- محور تمام شناور