

### میل گاردان و مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»

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

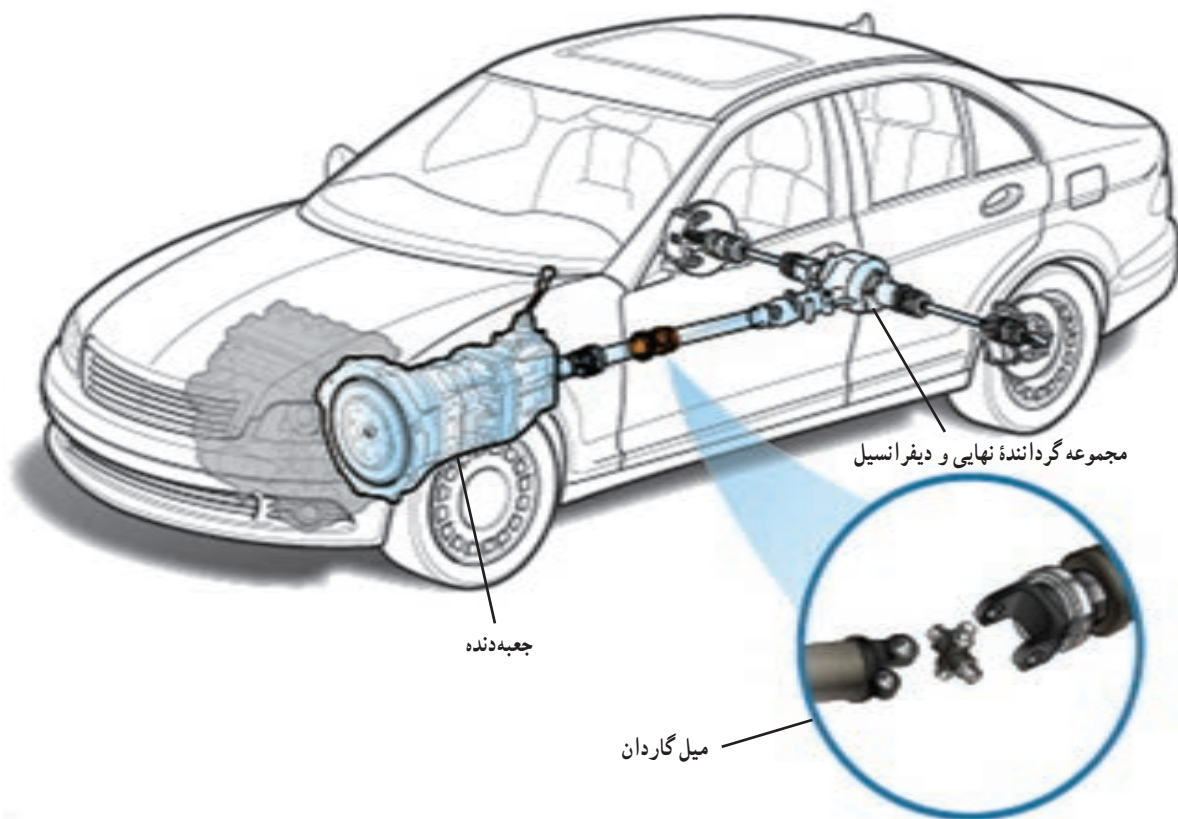
- ۱- وظایف میل گاردان را شرح دهد.
- ۲- اجزای میل گاردان را نام ببرد.
- ۳- اجزای چهارشاخه گاردان را نام ببرد.
- ۴- انواع میل گاردان را نام ببرد.
- ۵- وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را شرح دهد.
- ۶- انواع چرخ‌دنده‌های مورد استفاده در گرداننده نهایی را نام ببرد.
- ۷- مزایا و معایب چرخ‌دنده‌های هیپوئیدی را شرح دهد.
- ۸- نحوه عملکرد دیفرانسیل را شرح دهد.
- ۹- انواع یاتاقان‌بندی پلوس در اکسل یکپارچه را شرح دهد.
- ۱۰- انواع مفصل‌های پلوس را نام ببرد و آنها را شرح دهد.

#### ۱-۴- میل گاردان

زیاد است. از این‌رو برای انتقال توان از جعبه‌دنده به مجموعه گرداننده نهایی از محوری توخالی به نام «میل گاردان» استفاده می‌شود (شکل ۱-۴).

در خودروهای محرک عقب با طرح انتقال قدرت استاندارد، فاصله بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار دارد،

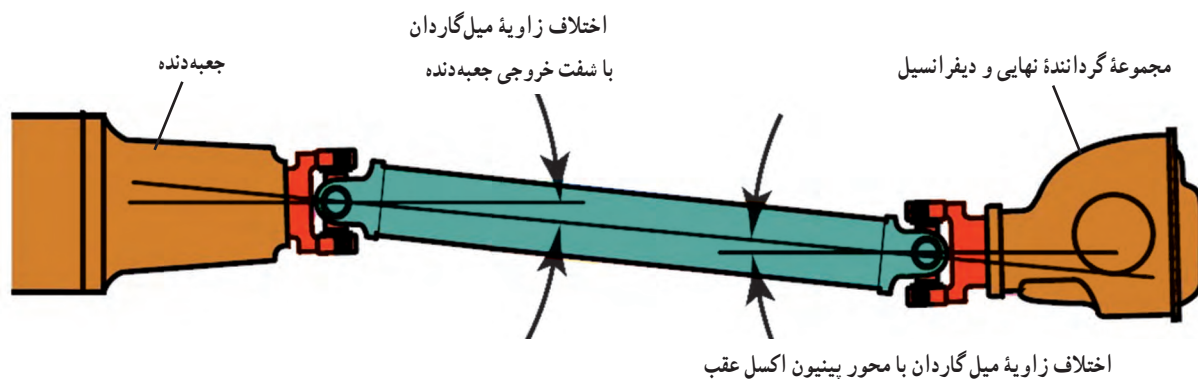
**نکته:** به‌منظور کاهش وزن و از محور خارج نشدن میل گاردان به دلیل وزن زیاد و همچنین افزایش استحکام پیچشی آن، میل گاردان را معمولاً توخالی می‌سازند.



شکل ۴-۱- انتقال توان به مجموعه «گرداننده نهایی» توسط میل گاردان

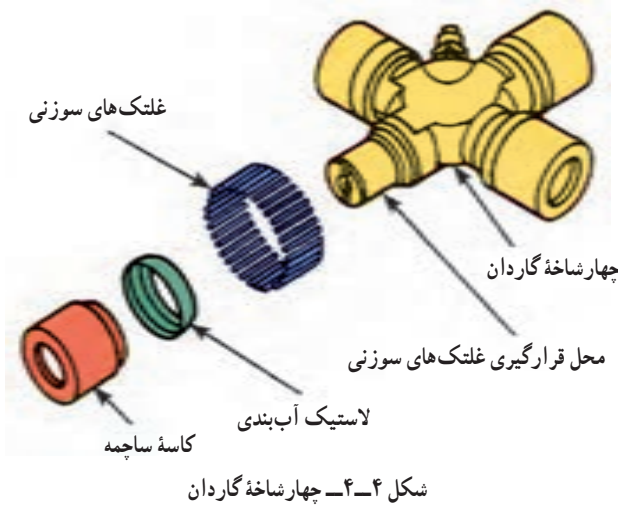
لازم است قابلیت تغییر زاویه داشته باشد. به همین منظور در دو طرف میل گاردان از مفصل‌های صلیبی به نام «چهارشاخه گاردان» استفاده می‌شود. چهارشاخه گاردان، مطابق شکل ۲-۴، به میل گاردان اجازه می‌دهد که دور و گشتاور را تحت زاویه قابل تغییر از شفت خروجی جعبه دنده به گرداننده نهایی منتقل کند.

میل گاردان از یک طرف به شفت خروجی جعبه دنده اتصال دارد و از طرف دیگر به شفت ورودی گرداننده نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار گرفته، متصل است. در خودروهای با اکسل یک پارچه با حرکت خودرو روی سطح جاده، چرخ‌ها و مجموعه گرداننده نهایی با توجه به ناهمواری‌های جاده نوسان می‌کنند (بالا و پایین می‌روند)، از این رو برای جلوگیری از شکست میل گاردان



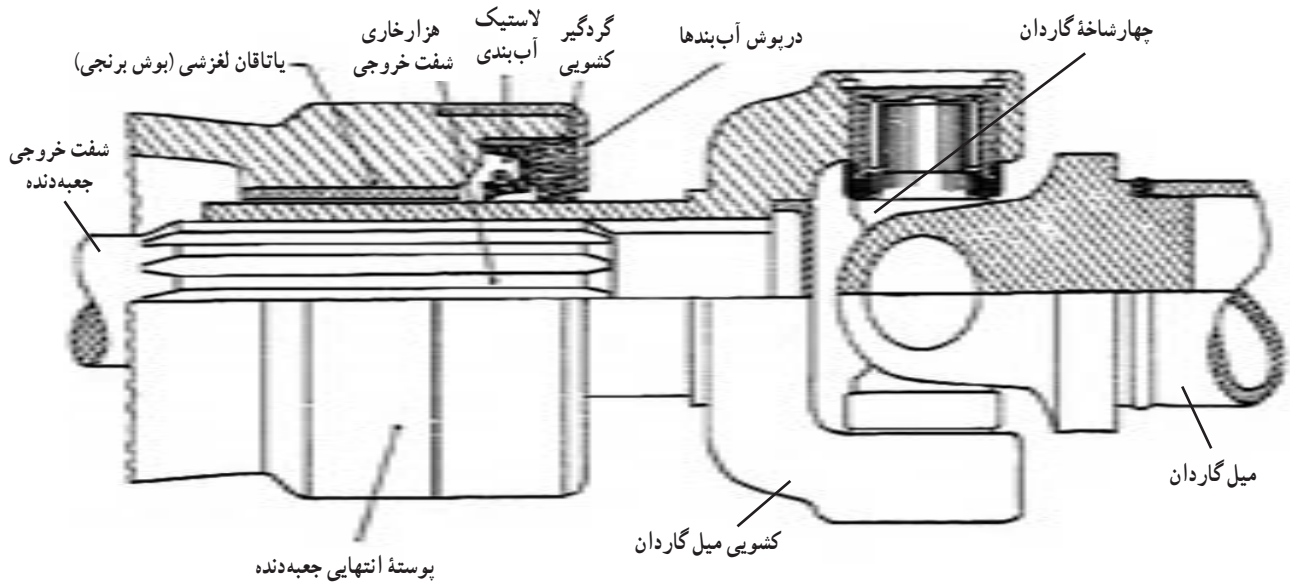
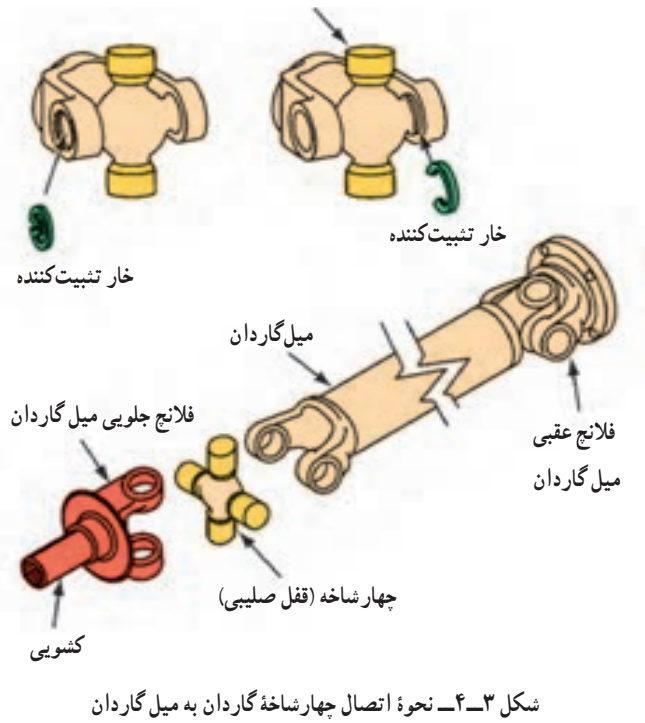
شکل ۴-۲- قابلیت انتقال توان توسط میل گاردان تحت زاویه

شکل ۴-۴، اجزای یک چهارشاخه گاردان را نشان می‌دهد.



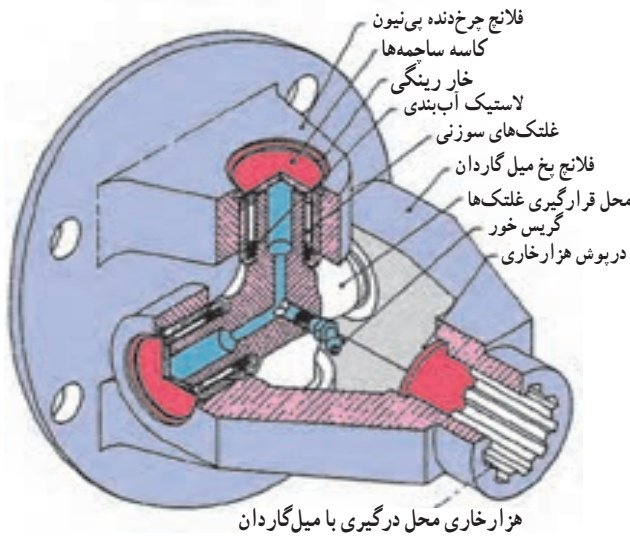
چهارشاخه گاردان باید حول دو محور صلیبی خود دَوَران داشته باشد تا بتواند به میل گاردان اجازه تغییر زاویه بدهد. از این رو از چهار کاسه ساچمه سوزنی به منظور باتاقان بندی کم اصطکاک چهارشاخه گاردان، در راستای دو محور عمود بر هم استفاده می‌شود. این کاسه ساچمه‌ها، توسط خار فنری در فلانچ‌ها مهار می‌شوند. یادآوری می‌شود بین چهارشاخه و محفظه ساچمه‌ها جهت جلوگیری از ورود گرد و غبار و خروج گریس آن از یک لاستیک

شکل ۴-۳ محل قرارگیری چهارشاخه گاردان‌ها و نحوه ارتباط آنها با میل گاردان را نشان می‌دهد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، چهارشاخه گاردان‌ها از یک طرف به میل گاردان و از طرف دیگر به یک فلانچ اتصال دارند. این فلانچ‌ها نیز به شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی متصل‌اند.



شکل ۴-۵- نحوه اتصال فلانچ جلوی میل گاردان با شفت خروجی جعبه‌دنده

آب‌بندی استفاده می‌شود.



شکل ۴-۶- نحوه اتصال فلانچ عقب میل‌گردان با شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی

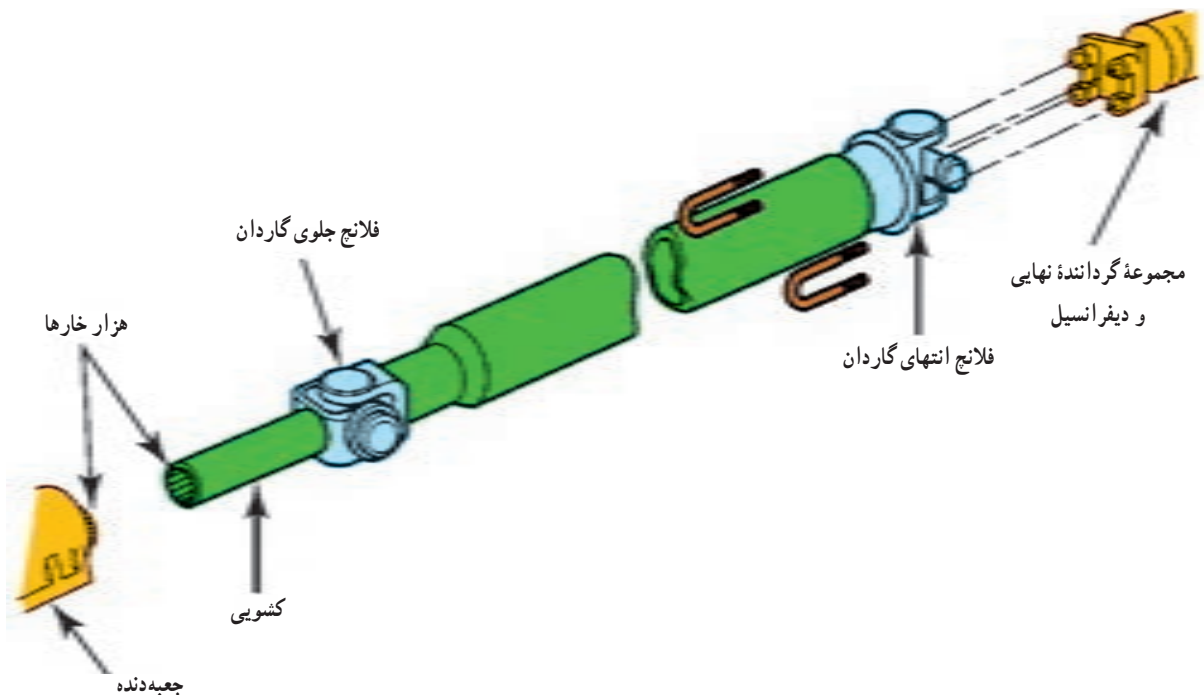
شکل ۴-۵، نحوه ارتباط فلانچ جلوی میل‌گردان با شفت خروجی جعبه‌دنده را نشان می‌دهد. این فلانچ که به آن «فلانچ لغزشی» گفته می‌شود به صورت هزار خار به شفت خروجی جعبه‌دنده متصل شده و به گونه‌ای است که می‌تواند روی شفت خروجی جعبه‌دنده حرکت طولی داشته باشد. از این رو در صورت تغییر فاصله بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی (ناشی از نوسانات اکسل عقب) با وجود این فلانچ لغزشی، تغییر فاصله بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گرداننده نهایی در حین تغییر زاویه میل‌گردان، امکان‌پذیر می‌شود.

شکل ۴-۶، فلانچ عقب میل‌گردان را نشان می‌دهد که توسط پیچ و مهره به فلانچ پایه‌دار شفت ورودی مجموعه گرداننده نهایی متصل می‌شود.

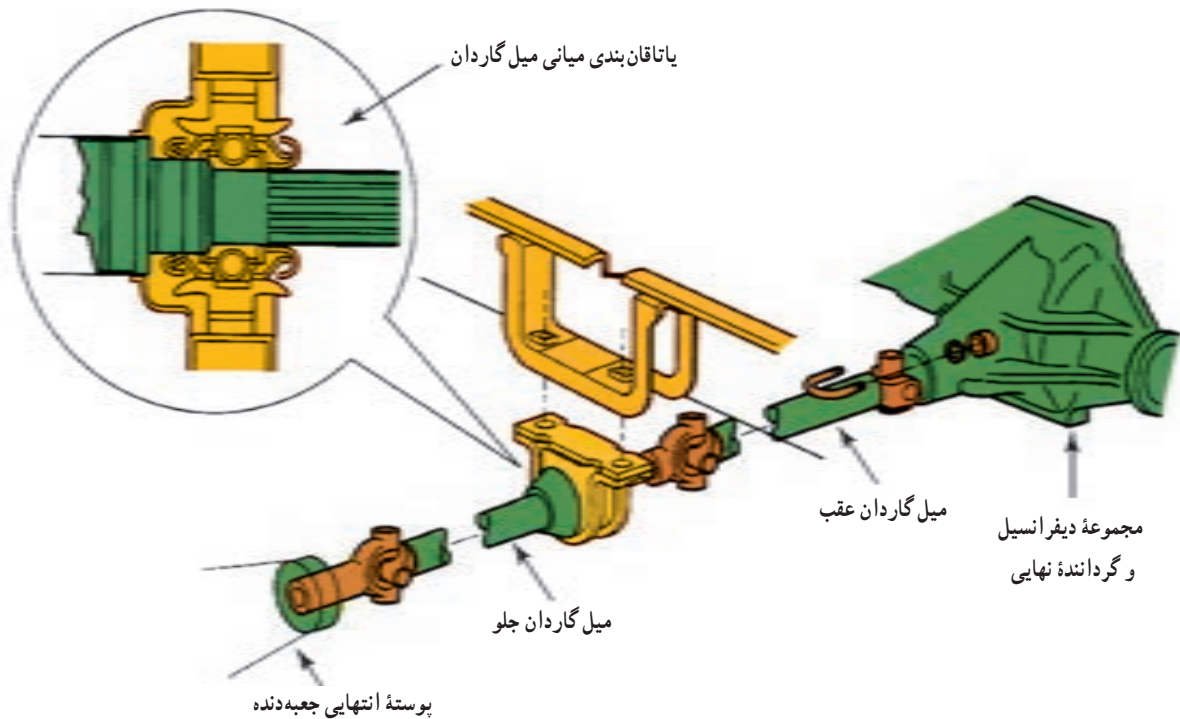
## ۴-۲- انواع میل‌گردان

نباید بیشتر از  $1/5$  m باشد. در خودروهایی که میل‌گردان آن طول بیشتری دارد، از میل‌گردان دو تکه استفاده می‌شود. شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸، این دو نوع میل‌گردان را نشان می‌دهند.

به‌طور کلی می‌توان میل‌گردان را در خودروهای سواری به دو دسته «میل‌گردان یک تکه» و «میل‌گردان دو تکه» تقسیم نمود. برای جلوگیری از نوسانات و ارتعاشات میل‌گردان، طول آن



شکل ۴-۷- میل‌گردان یک تکه

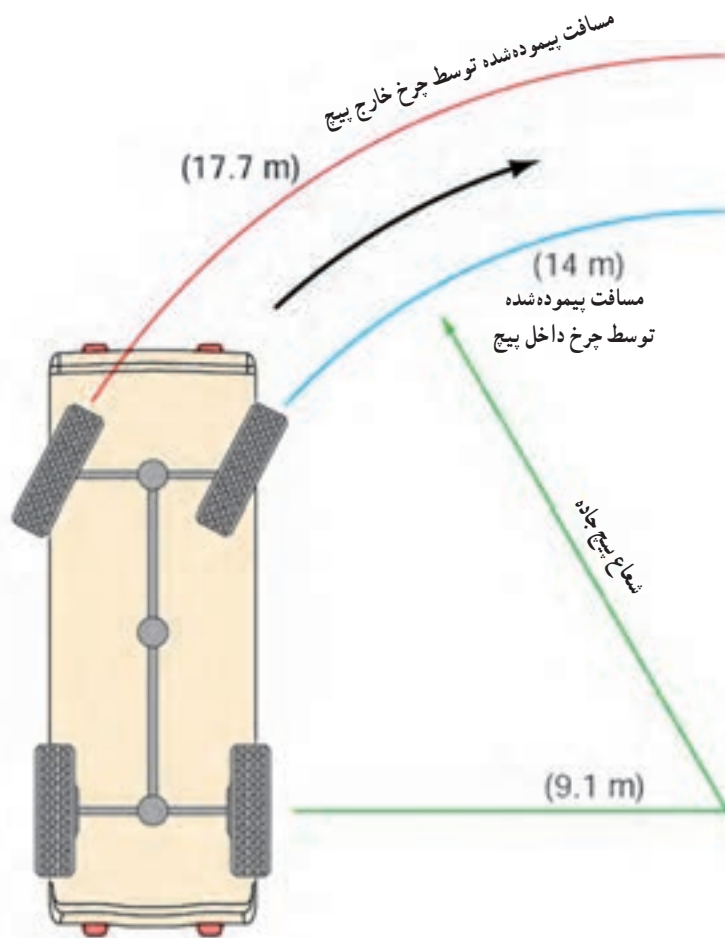


شکل ۸-۴- میل گردان دو تکه

### ۴-۳- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل»

مطابق شکل ۹-۴، هنگامی که خودرویی در حال طی کردن پیچ جاده است، چرخ خارج پیچ باید مسیر طولانی تری را نسبت به چرخ داخل پیچ طی کند. بنابراین برای حرکت هماهنگ چرخ‌ها، چرخ خارج پیچ باید سرعت بیشتری نسبت به چرخ داخل پیچ داشته باشد. در غیر این صورت چرخ‌ها دچار لغزش می‌شوند که علاوه بر تخریب تایر، جاده و قطعات سیستم تعلیق، ناپایداری خودرو را نیز در پی خواهد داشت.

با توجه به مطالب فوق، خودرو نیازمند مکانیزمی است که در مواقع لزوم اختلاف دور بین چرخ‌های محرک چپ و راست را ایجاد کند. این موضوع بر عهده مجموعه «گرداننده



شکل ۹-۴- اختلاف در مسیر طی شده توسط چرخ‌های داخل و خارج پیچ جاده

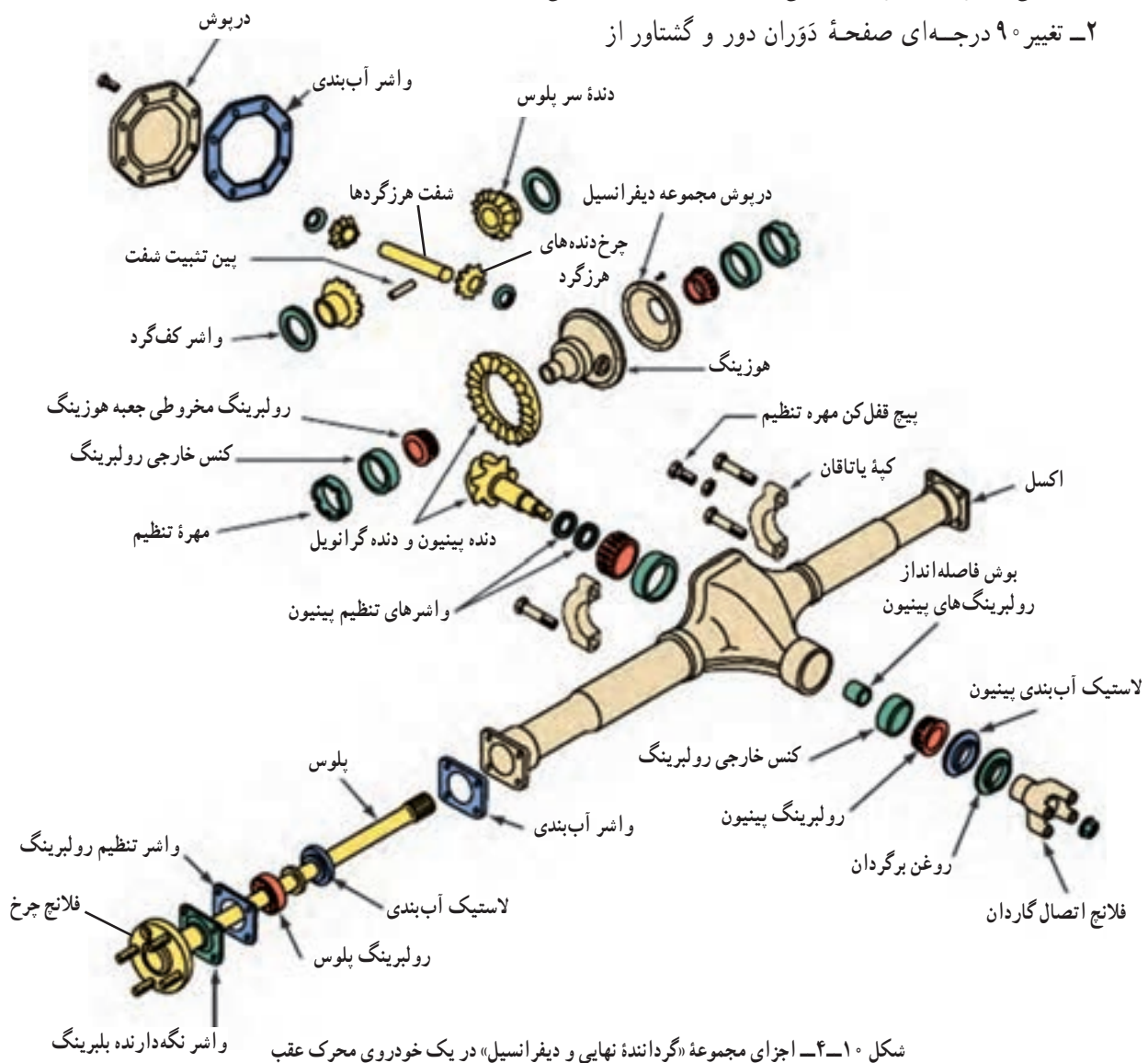
نهایی<sup>۱</sup> و دیفرانسیل<sup>۲</sup> است.

موتور به چرخ‌های محرک در خودروهایی که موتور آنها در جهت طول خودرو نصب شده است.

در سیستم انتقال قدرت، آخرین واحدی که در دور و گشتاور خروجی موتور تغییر ایجاد می‌کند، مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» است. این مجموعه در خودروهای محرک جلو در محفظه جعبه‌دنده و در خودروهای محرک عقب در محور عقب خودرو قرار دارد.

شکل ۱-۴، اجزای مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را در یک خودروی محرک عقب نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این مجموعه در محور عقب خودرو قرار می‌گیرد و دور و گشتاور خروجی جعبه‌دنده توسط میل‌گاردان به آن منتقل می‌شود.

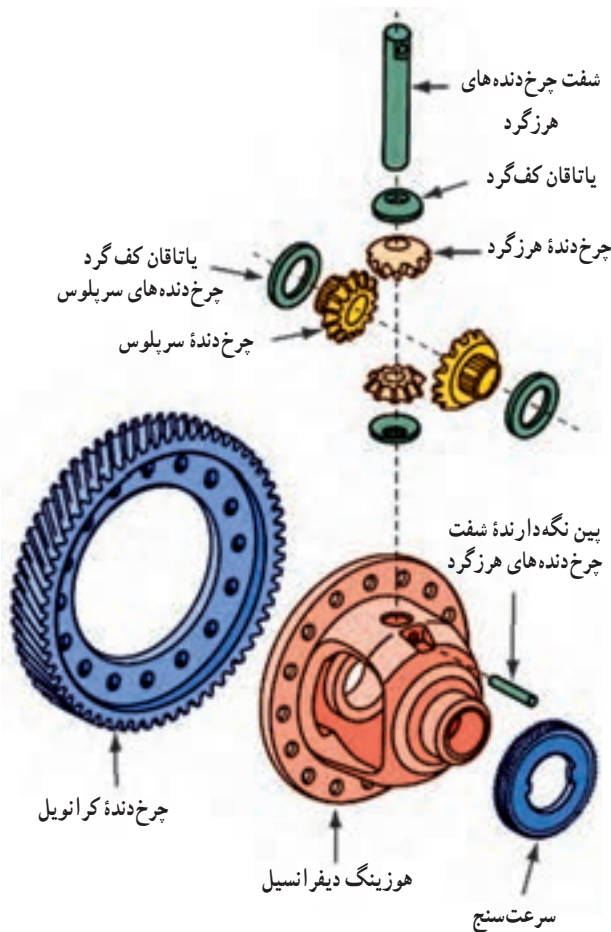
وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» عبارت‌اند از:  
۱- کاهش دور و افزایش گشتاور خروجی جعبه‌دنده، به منظور دستیابی به سرعت و نیروی کششی مورد نیاز خودرو؛  
۲- تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه دوران دور و گشتاور از



## ۴-۴- کاهش دور و افزایش گشتاور در گرداننده نهایی

عمل کاهش دور و افزایش گشتاور خروجی جعبه‌دنده در گرداننده نهایی، به وسیله یک جفت چرخ‌دنده به نام «چرخ‌دنده پینیون<sup>۱</sup>» و «چرخ‌دنده کرانویل<sup>۲</sup>» انجام می‌شود. چرخ‌دنده محرک که کوچک‌تر است «چرخ‌دنده پینیون» و چرخ‌دنده بزرگ‌تر که متحرک است، «چرخ‌دنده کرانویل» نامیده می‌شود. ترکیب این دو چرخ‌دنده یک نسبت دنده آندردرایو ( $i > 1$ ) را ایجاد می‌کند که باعث افزایش گشتاور و کاهش دور می‌شود. این نسبت دنده برای خودروهای مختلف در حدود « $i \approx 4:1$ » است.

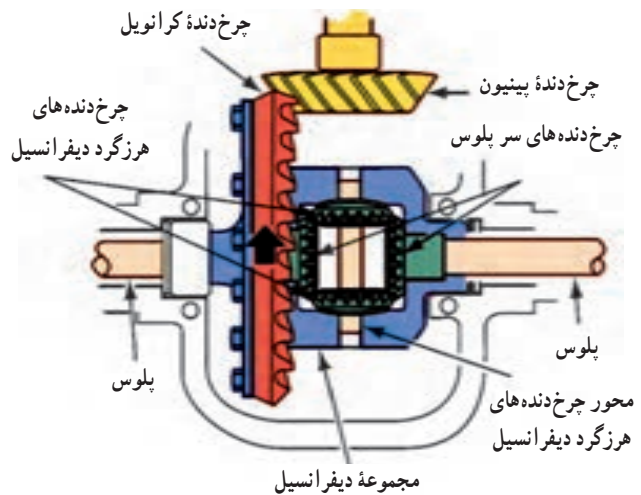
با توجه به شکل ۴-۱۱، در خودروهای محرک عقب که موتور در جهت طول خودرو نصب شده، گرداننده نهایی شامل یک جفت چرخ‌دنده مخروطی است، که ضمن تغییر  $90^\circ$  درجه‌ای صفحه دوران، وظیفه افزایش گشتاور و کاهش دور را نیز برعهده دارد.



شکل ۴-۱۲- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک جلو

## ۴-۵- تغییر $90^\circ$ درجه‌ای صفحه دوران

وظیفه تغییر  $90^\circ$  درجه‌ای صفحه دوران مختص خودروهای محرک عقبی است که در آنها موتور در جهت طول خودرو نصب شده است. در این خودروها، مطابق شکل ۴-۱۳، گرداننده نهایی دارای یک جفت چرخ‌دنده مخروطی است. درگیری این دو چرخ‌دنده به گونه‌ای است که یک اختلاف  $90^\circ$  درجه‌ای در صفحه دوران آنها وجود دارد. از این رو هنگامی که دور و گشتاور از چرخ‌دنده پینیون به چرخ‌دنده کرانویل منتقل می‌شود صفحه دوران دور و گشتاور، تغییر جهت  $90^\circ$  درجه‌ای خواهد داشت.

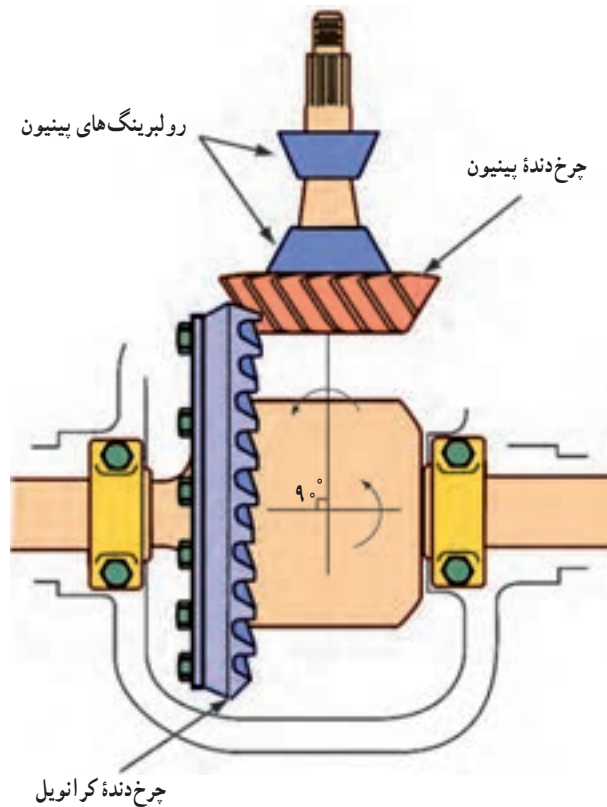


شکل ۴-۱۱- مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک عقب

در خودروهای محرک جلو به دلیل هم‌راست بودن محور دوران موتور و محور چرخ‌های محرک، گرداننده نهایی شامل یک جفت چرخ‌دنده موازی محوری از نوع چرخ‌دنده مارپیچ است که در شکل ۴-۱۲ قابل ملاحظه است.

۱- Pinion gear

۲- Crown wheel gear



شکل ۱۳-۴- تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه‌ی دَوران در گرداننده‌ی نهایی

**نکته:** در خودروهایی که موتور در جهت طولی خودرو قرار گرفته است، بین صفحه‌ی دَوران میل لنگ و چرخ‌های محرک خودرو اختلاف صفحه‌ی دَوران ۹۰ درجه‌ای وجود دارد.

عبارت‌اند از:

- ۱- چرخ‌دنده‌ی مخروطی با دندانه‌های مستقیم؛
- ۲- چرخ‌دنده‌ی مخروطی مارپیچ؛
- ۳- چرخ‌دنده‌ی مخروطی هیپویدی.

امروزه چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل با فرم دنده‌ی هیپویدی، تقریباً در تمام گرداننده‌ی نهایی خودروهای سواری محرک عقب به کار می‌رود.

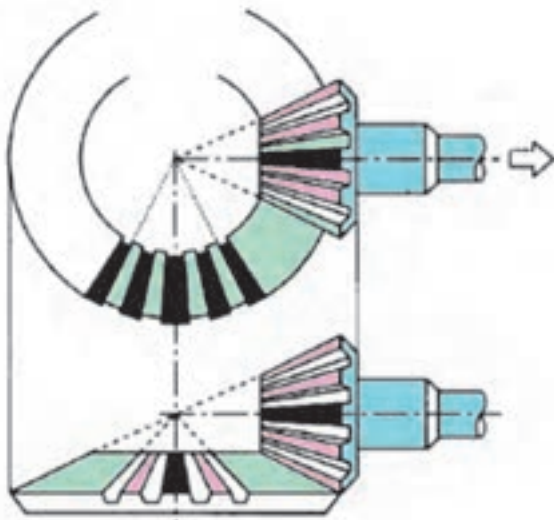
همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل با فرم دنده‌ی هیپویدی، به‌گونه‌ای درگیر می‌شوند که محور چرخ‌دنده‌ی پینیون پایین‌تر از محور چرخ‌دنده‌ی کرانویل باشد. این موضوع سبب می‌شود ارتفاع تونل میل‌گاردان درون بدنه‌ی طولی

در خودروهایی که موتور آنها به‌صورت عرضی نصب شده به تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحه‌ی دَوران نیاز نیست. گرداننده‌ی نهایی در این خودروها در پوسته‌ی جعبه‌دنده قرار دارد و چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل از نوع چرخ‌دنده‌ی مارپیچ‌اند. در این طرح، چرخ‌دنده‌ی پینیون روی شفت خروجی جعبه‌دنده قرار می‌گیرد و همراه با آن دَوران می‌کند. بنابراین چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل خودروهای محرک جلو نیاز به تنظیم ندارند و هزینه‌ی تولید کمتری دارند که از مزایای این سیستم به‌شمار می‌آید.

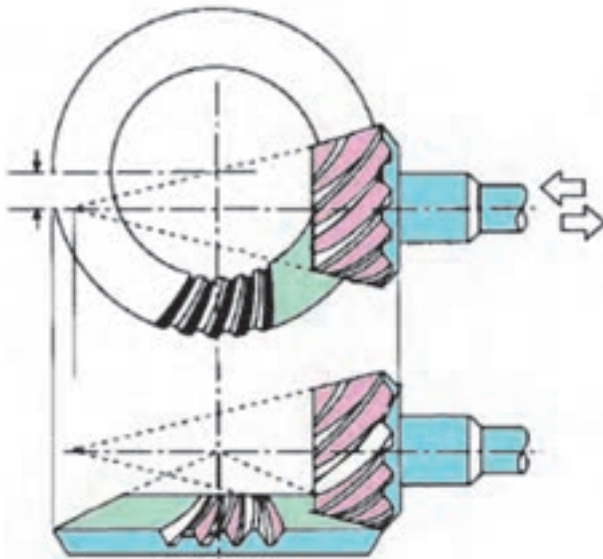
در شکل ۱۴-۴، سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل، که در گرداننده‌ی نهایی خودروهای محرک عقب به کار می‌روند، نشان داده شده است. این سه نوع چرخ‌دنده



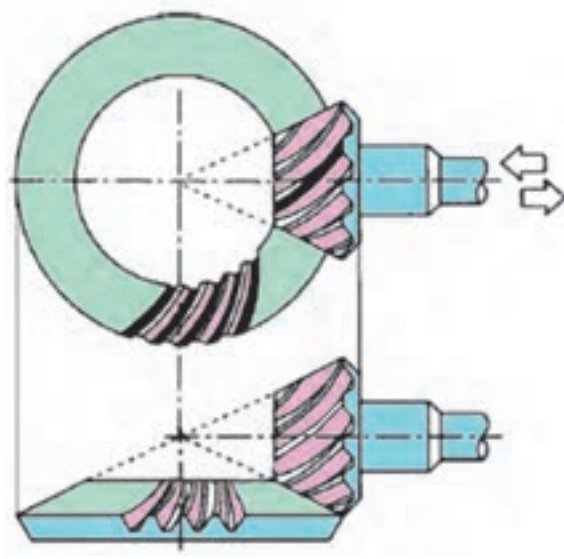
خودرو کاهش یابد بنابراین راحتی سرنشین خودرو افزایش می‌یابد. چرخ‌دنده‌های هیپویدی به دلیل فرم دندانه‌های آنها، بسیار بی‌صداتر از چرخ‌دنده‌های مخروطی کار می‌کنند که این موضوع به سبب کاهش آلودگی صوتی در خودروهای سواری حائز اهمیت می‌باشد و از محاسن این نوع چرخ‌دنده‌ها به‌شمار می‌آید. عیب اصلی چرخ‌دنده‌های مخروطی هیپویدی، در حین انتقال دور و گشتاور، اتلاف توان بیشتر نسبت به سایر چرخ‌دنده‌ها می‌باشد. تنظیم این نوع چرخ‌دنده‌ها مشکل‌تر و نیاز به مهارت خاص دارد و در صورت تنظیم نبودن دنده‌ها استهلاک و صدای آنها افزایش می‌یابد.



چرخ‌دنده‌های مخروطی با دندانه مستقیم



چرخ‌دنده‌های مخروطی با دندانه هیپویدی

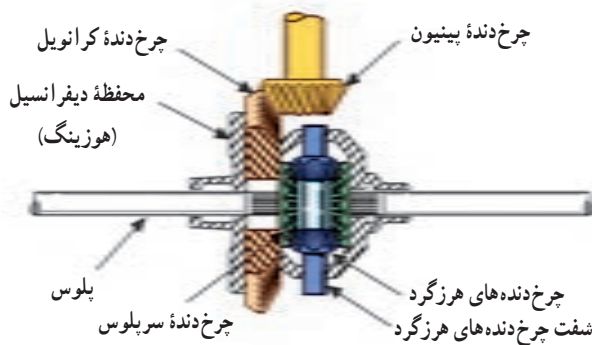


چرخ‌دنده‌های با دندانه مارپیچ

شکل ۱۴-۴- سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل که در گرداننده‌های خودروهای محرک عقب به کار می‌روند.

## ۶-۴- ایجاد اختلاف دور بین چرخ‌ها

هنگام حرکت خودرو در مسیر پیچ جاده، برای ایجاد اختلاف دور بین چرخ‌های محرک داخل و خارج پیچ، از مجموعه چرخ‌دنده‌ای به نام دیفرانسیل که در داخل یک محفظه، که به‌عنوان «هوزینگ دیفرانسیل» شناخته می‌شود، استفاده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱۵-۴ ملاحظه می‌شود، داخل هوزینگ چهار عدد چرخ‌دنده مخروطی ساده وجود دارد که با یکدیگر درگیر هستند. هوزینگ نیز با پیچ به چرخ‌دنده کرانویل



شکل ۱۵-۴- چرخ‌دنده‌های داخل هوزینگ دیفرانسیل

گراننده نهایی متصل است و همواره با آن دَوران می‌کند.

دو عدد از چرخ‌دنده‌های مخروطی، که کوچک‌ترند و به وسیله محوری به هوزینگ دیفرانسیل متصل شده‌اند، «چرخ‌دنده‌های هرزگرد» نامیده می‌شوند. دو چرخ‌دنده دیگر «چرخ‌دنده‌های سر پلوس» نامیده می‌شوند. چرخ‌دنده‌های سر پلوس توسط هزار خار به پلوس‌ها متصل می‌شوند و دور و گشتاور را از طریق پلوس‌ها به چرخ‌های محرک خودرو منتقل می‌کنند.

چرخ‌دنده‌های هرزگرد دارای دو نوع حرکت به شرح زیرند:

۱- دَوران چرخ‌دنده‌های هرزگرد با هوزینگ یا چرخ‌دنده کرانویل، که به آن «حرکت انتقالی» گفته می‌شود.

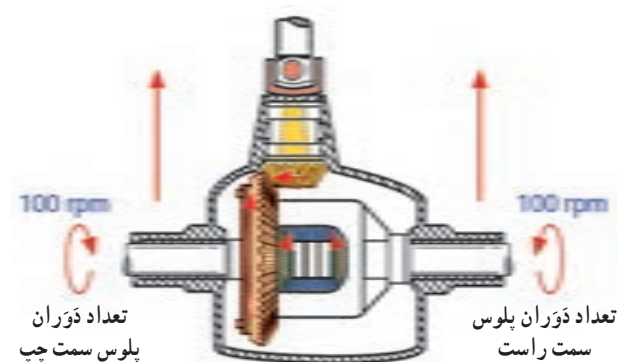
۲- دَوران چرخ‌دنده‌های هرزگرد حول محور خودشان، که به آن «حرکت وضعی» گفته می‌شود.

با توجه به مطالب فوق، عملکرد دیفرانسیل را می‌توان در دو وضعیت حرکت خودرو در مسیر مستقیم و حین طی کردن پیچ جاده به صورت ذیل تشریح کرد:

۱- حرکت خودرو در مسیر مستقیم: در این وضعیت نیروی مقاوم اعمالی به چرخ‌های محرک چپ و راست، با یکدیگر برابرند و چرخ‌دنده‌های هرزگرد فقط حرکت انتقالی دارند و حرکت وضعی آنها صفر است. از این رو، مطابق شکل ۱۶-۴، کل مجموعه هم دور با هم دَوران می‌کنند و چرخ‌دنده‌های سر پلوس با دور یکسان موجب چرخش پلوس‌ها و چرخ‌ها می‌شوند.

مطابق شکل ۱۶-۴ مسیر انتقال دور و گشتاور در این وضعیت به ترتیب زیر است:

چرخ‌دنده پینیون، چرخ‌دنده کرانویل، هوزینگ دیفرانسیل،

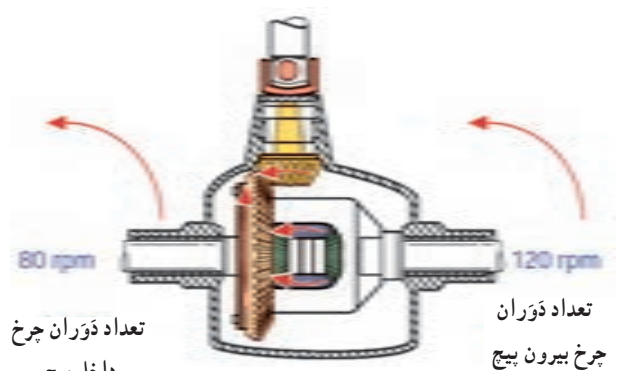


شکل ۱۶-۴- عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو در مسیر مستقیم

محور چرخ‌دنده‌های هرزگرد، چرخ‌دنده‌های هرزگرد، چرخ‌دنده‌های سر پلوس، پلوس‌ها و چرخ‌های محرک.

۲- حرکت خودرو حین طی کردن مسیر پیچ جاده: با توجه به شکل ۱۷-۴ در این وضعیت نیروی مقاوم روی چرخ محرک داخل پیچ بیشتر است. از این رو حرکت انتقالی چرخ‌دنده سر پلوس چرخ داخل پیچ، کاهش می‌یابد و به صورت تکیه‌گاهی برای چرخ‌دنده‌های هرزگرد عمل می‌کند.

در این حالت چرخ‌دنده‌های هرزگرد حول این چرخ‌دنده سر پلوس (چرخ‌دنده سر پلوس چرخ داخل پیچ) شروع به دَوران می‌کنند و علاوه بر داشتن حرکت انتقالی، حرکت وضعی (دَوران حول محورشان) نیز دارند. چرخ‌دنده‌های هرزگرد حرکت انتقالی و وضعی خود را به چرخ‌دنده سر پلوس چرخ خارج پیچ منتقل می‌کنند و باعث دَوران بیشتر چرخ خارج پیچ نسبت به چرخ داخل پیچ می‌شوند.

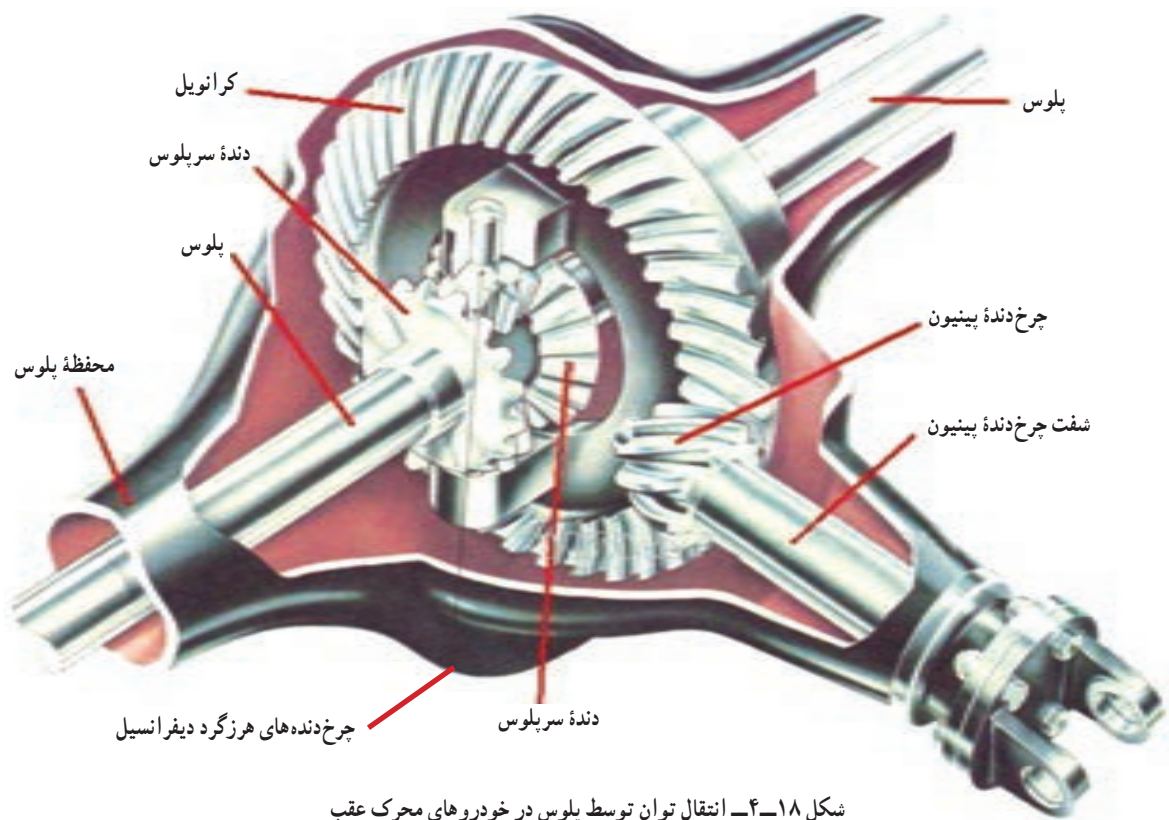


شکل ۱۷-۴- عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو حین طی کردن مسیر پیچ جاده

## ۷-۴- پلوس و یاتاقان بندی آن

پلوس شفتی ست که وظیفه انتقال دور و گشتاور از دیفرانسیل به چرخ‌های محرک خودرو را بر عهده دارد. در خودروهای محرک عقب با اکسل یکپارچه، مطابق شکل ۱۸-۴، پلوس در داخل پوسته اکسل تعبیه شده است. در این طرح، به منظور تحمل نیروها و گشتاورهای مختلف، پلوس باید داخل پوسته اکسل یاتاقان بندی شود.

انواع یاتاقان بندی پلوس در داخل پوسته اکسل به شرح

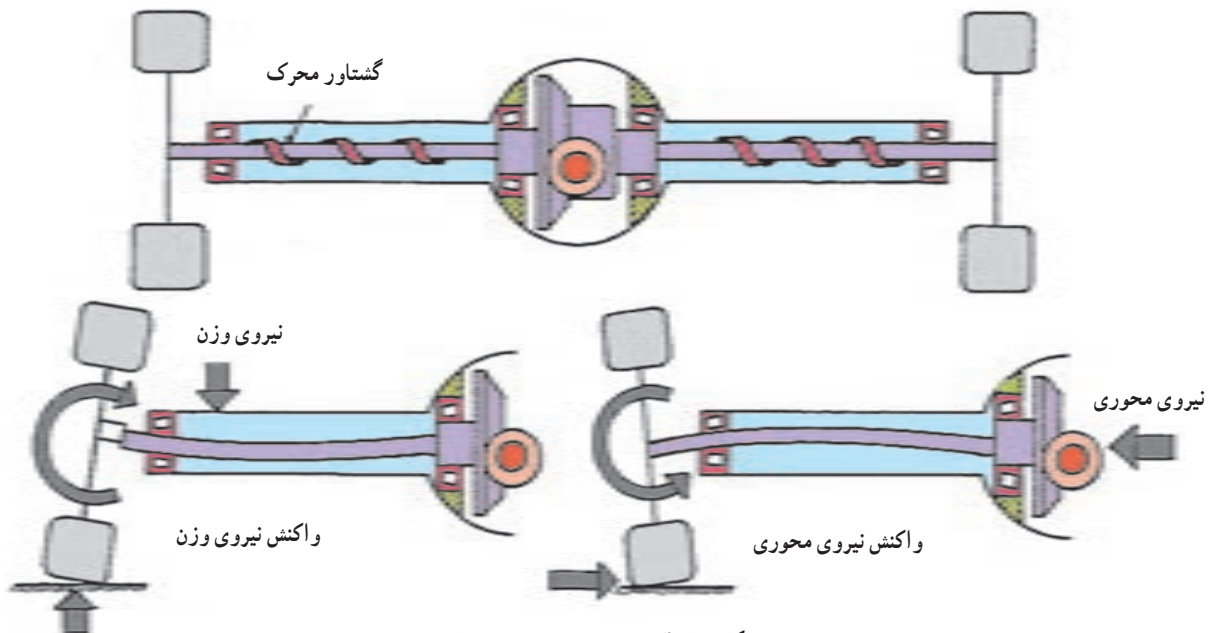


شکل ۴-۱۸- انتقال توان توسط پلوس در خودروهای محرک عقب

در نتیجه پلوس، علاوه بر گشتاور پیچشی برای تولید نیروی محرک خودرو، گشتاور خمشی حاصل از وزن خودرو را نیز تحمل می‌کند. یادآوری می‌شود که در این نوع یاتاقان بندی، در صورت شکست پلوس، چرخ از محل خود خارج و خودرو منحرف می‌شود.

زیر است :

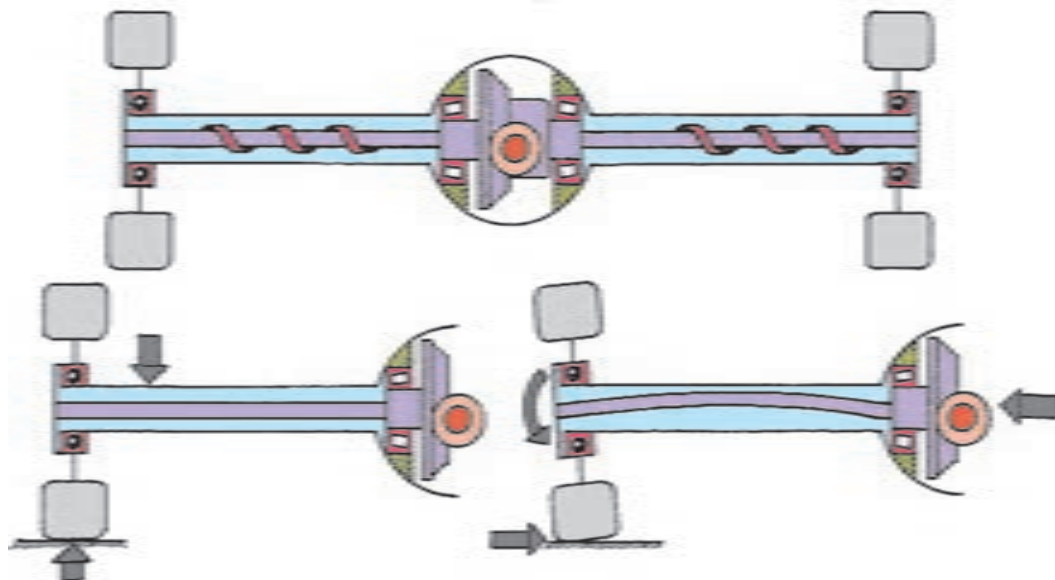
۴-۷-۱- یاتاقان بندی نیمه شناور : در این نوع یاتاقان بندی، مطابق شکل ۴-۱۹، از یک بلبرینگ یا رولبرینگ بین پوسته داخلی اکسل و محیط خارجی پلوس استفاده شده است.



شکل ۴-۱۹- یاتاقان بندی نیمه شناور پلوس

که مورد استفاده خودروهای اندازه متوسط و کامیونت است، نیروی وزن و گشتاور خمشی به پلوس اعمال نمی‌گردد و در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نمی‌شود.

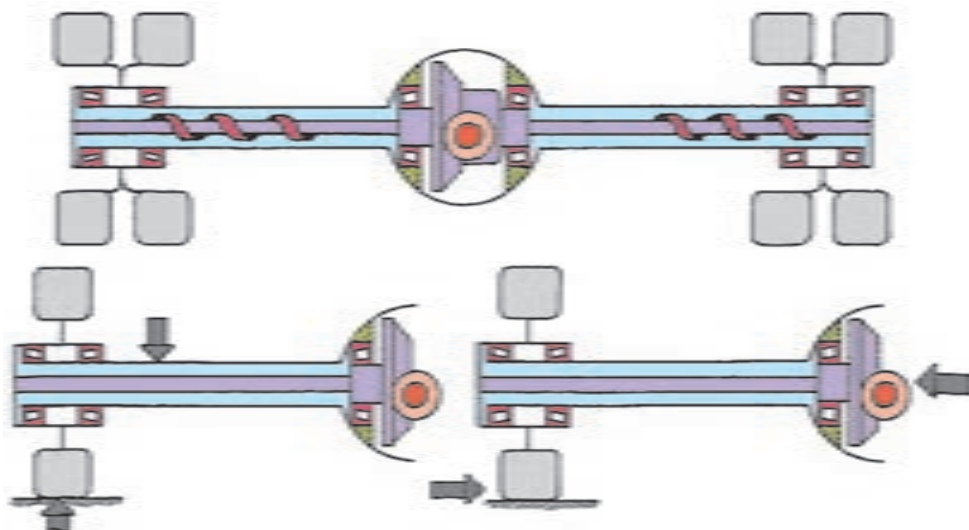
۴-۷-۲- یاتاقان بندی سه چهارم شناور : مطابق شکل ۴-۲۰ در این نوع یاتاقان بندی از بلبرینگ یک ردیفه یا دو ردیفه استفاده می‌شود و بلبرینگ بین پوسته خارجی اکسل و پوسته داخلی فلائچ چرخ قرار دارد. در این نوع یاتاقان بندی



شکل ۴-۲۰- یاتاقان بندی سه چهارم شناور پلوس

خودروهای سنگین استفاده می‌شود. در این طرح، پلوس توسط پیچ به فلائچ چرخ متصل می‌شود و فقط گشتاور پیچشی را از دیفرانسیل به چرخ منتقل می‌کند. از این رو در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نخواهد شد.

۴-۷-۳- یاتاقان بندی تمام شناور : مطابق شکل ۴-۲۱ در این نوع یاتاقان بندی از دو عدد رولبرینگ مخروطی که وزن خودرو به آنها و پوسته دیفرانسیل اعمال می‌شود، استفاده شده است. این دو عدد رولبرینگ قادرند نیروهای وزن زیاد و نیروی جانبی را تحمل کنند. به همین جهت از این نوع یاتاقان بندی در

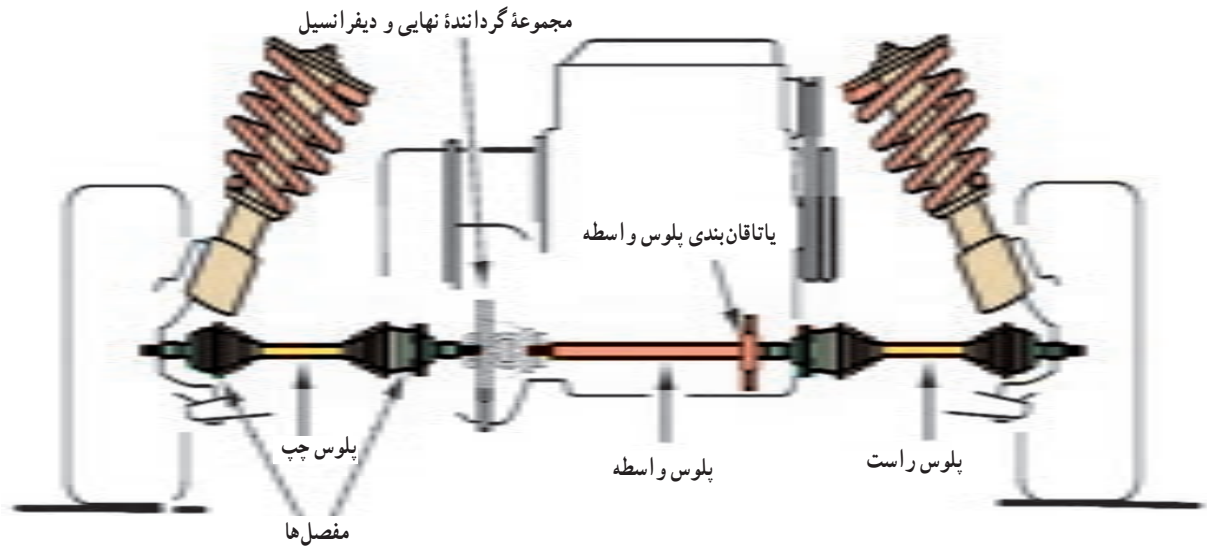


شکل ۴-۲۱- یاتاقان بندی تمام شناور پلوس

## ۸-۴- مفصل پلوس (مفصل سرعت ثابت)

مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز تغییر می‌کند. بنابراین باید امکان تغییر فاصله بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز وجود داشته باشد. به همین منظور در پلوس خودرو با سیستم تعلیق مستقل از دو نوع مفصل پلوس «کروی» و «سه‌شاخه‌ای» استفاده می‌شود. مطابق شکل ۴-۲۲، هر پلوس دارای دو مفصل است. به طوری که معمولاً مفصل نزدیک به چرخ از نوع کروی و مفصل نزدیک به دیفرانسیل از نوع سه‌شاخه‌ای است.

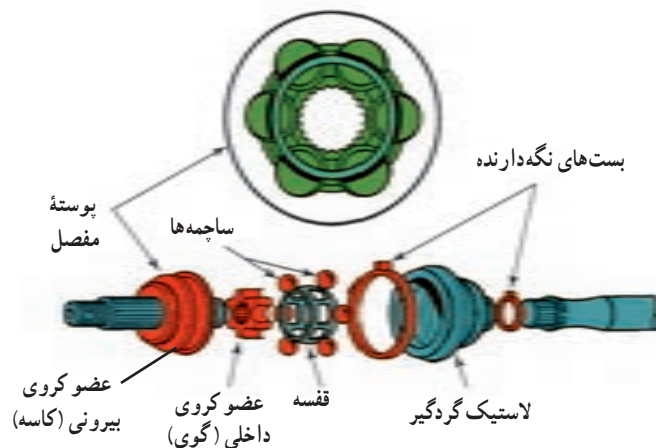
در خودروهای محرک عقب با سیستم تعلیق مستقل و به خصوص خودروهای محرک جلو با سیستم تعلیق مستقل، پلوس‌ها به مفصلی نیاز دارند تا چرخ‌های جلوی خودرو بتوانند حرکت‌های لازم را، از قبیل حرکت عمودی (به واسطه ناهمواری جاده) و حرکت دَوْرانی (به واسطه فرمان‌پذیری خودرو) انجام دهند. هنگامی که چرخ‌ها حرکت عمودی یا دَوْرانی انجام دهند، فاصله بین



شکل ۴-۲۲- پلوس و مفصل‌های آن

جلو، ضمن محرک بودن، به راحتی می‌توانند به صورت عمودی حرکت کنند و فرمان‌پذیری نیز داشته باشند.

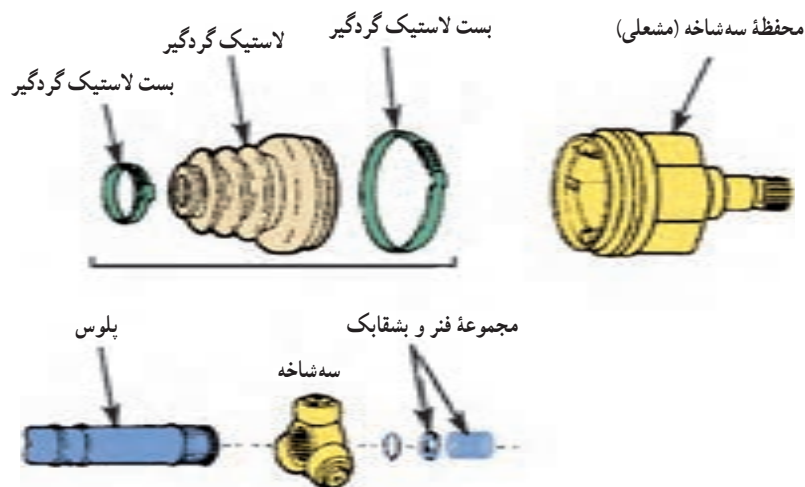
شکل ۴-۲۳، مفصل کروی پلوس را نشان می‌دهد. این مفصل فقط مجاز به تغییر زاویه بین چرخ و پلوس است و چرخ‌های



شکل ۴-۲۳- مفصل کروی پلوس

شکل ۲۴-۴، مفصل سه شاخه‌ای پلوس را نشان می‌دهد. این مفصل، ضمن آنکه اجازه می‌دهد تغییر زاویه بین شفت خروجی از دیفرانسیل و پلوس صورت گیرد قسمت سه شاخه‌ای پلوس درون محفظه آن حرکت محوری انجام می‌دهد و از این رو در هنگام ایجاد حرکت عمودی یا فرمان‌پذیری چرخ، که فاصله بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل تغییر می‌کند، اجازه می‌دهد تغییر فاصله

بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز صورت گیرد. بنابراین، ضمن آنکه گشتاور و دور خروجی دیفرانسیل از طریق پلوس‌ها به چرخ‌های جلو منتقل می‌شود، چرخ‌های جلو به راحتی قادرند حرکت عمودی و فرمان‌پذیری مورد نیاز را داشته باشند. به عبارت دیگر، عملکرد سیستم‌های تعلیق، فرمان و انتقال قدرت، که به چرخ ختم می‌شود، دچار اختلال و نقص نمی‌گردد.



شکل ۲۴-۴- مفصل پلوس سه شاخه‌ای

## آزمون پایانی

- ۱- وظیفه میل‌گاردان را بیان کنید.
- ۲- به چه دلیل در سیستم انتقال قدرت از چهار شاخه‌گاردان استفاده می‌شود؟
- ۳- دلیل استفاده از میل‌گاردان دو تکه را شرح دهید.
- ۴- وظایف مجموعه «گرداننده نهایی و دیفرانسیل» را بیان کنید.
- ۵- کاهش دور و افزایش گشتاور در گرداننده نهایی چگونه صورت می‌گیرد؟ توضیح دهید.
- ۶- نحوه ایجاد اختلاف دور بین چرخ‌ها توسط مجموعه دیفرانسیل را شرح دهید.
- ۷- پلوس را تعریف کنید.
- ۸- یاتاقان بندی سه چهارم شناور را توضیح دهید.

### جعبه دنده اتوماتیک

هدف های رفتاری : از هنرجو انتظار می رود که پس از مطالعه این فصل بتواند :

- ۱- مزایای جعبه دنده های اتوماتیک را شرح دهد.
- ۲- اجزای اصلی جعبه دنده اتوماتیک را شرح دهد.
- ۳- وظیفه و نحوه عملکرد مبدل گشتاور را شرح دهد.
- ۴- اجزای اصلی مجموعه چرخ دنده سیاره ای را نام ببرد.
- ۵- وضعیت های مختلف مجموعه چرخ دنده سیاره ای را شرح دهد.
- ۶- اجزای کنترل کننده مجموعه چرخ دنده سیاره ای را نام ببرد.
- ۷- انواع سیستم سی وی تی را نام ببرد.
- ۸- نحوه عملکرد سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهد.

#### ۱-۵- جعبه دنده های اتوماتیک

انتخاب می کند. از این رو شرایط عملکردی خودرو به وضعیت ایده آل نزدیک می گردد که باعث افزایش راحتی سرنشین، عملکرد بهتر موتور و کاهش مصرف سوخت می شود (البته لغزش بین پمپ و توربین تورک کانورتور یا مبدل گشتاور نسبت به عملکرد کلاچ خشک در جعبه دنده دستی، به افزایش مصرف سوخت منجر می شود).

جعبه دنده های اتوماتیک از چهار بخش اصلی به شرح زیر تشکیل شده اند :

- ۱- مبدل گشتاور، که وظیفه انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده را به صورت اتوماتیک بر عهده دارد.
- ۲- اجزای مکانیکی، که شامل مجموعه چرخ دنده سیاره ای، کلاچ های چند صفحه ای، کلاچ های یک طرفه و باند ترمزی است.
- ۳- مدارهای هیدرولیکی، که شامل بلوک هیدرولیک (صفحه

امروزه بسیاری از خودروهای سواری به جعبه دنده های اتوماتیک<sup>۱</sup> مجهز هستند و استفاده از این نوع جعبه دنده ها به دلایل زیر در حال افزایش است :

- ۱- خودروهای مجهز به جعبه دنده اتوماتیک، فاقد پدال کلاچ است و راننده در انجام تعویض دنده دخالت مستقیم ندارد. از این رو با جلوگیری از استفاده مکرر کلاچ و تعویض دنده های متوالی، به خصوص در ترافیک و جاده های شلوغ، راحتی و آسایش راننده افزایش یافته و آلودگی ناشی از سایش ذرات معلق لنت کلاچ نیز کاسته شده است.
- ۲- جعبه دنده اتوماتیک با دریافت اطلاعات مختلف از شرایط عملکردی خودرو (از قبیل بار موتور، سرعت خودرو و غیره) بهترین و مناسب ترین دور موتور را برای تعویض دنده

### ۳-۵- اجزای مبدل گشتاور

مطابق شکل ۳-۵، مبدل گشتاور شامل سه عضو اصلی ایمپلر<sup>۲</sup> یا پمپ<sup>۳</sup>، توربین<sup>۴</sup> و استاتور<sup>۵</sup> است.

همه اعضای مبدل گشتاور در داخل یک پوشش فلزی قرار می‌گیرند و اطراف این پوشش فلزی برای آب‌بندی کامل جوشکاری می‌شود. داخل این مجموعه با روغن تغذیه شده از پمپ روغن جعبه دنده اتوماتیک پر می‌شود. زمانی که مبدل گشتاور به همراه میل لنگ شروع به دوران می‌کند، روغن در داخل آن جریان می‌یابد و انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده صورت می‌گیرد.

سوپاپ، شیرهای هیدرولیکی، سروو (Servo) و آکومولاتور است. ۴- اجزای الکترونیکی، که شامل واحد کنترل الکترونیکی، حسگرها و شیرهای برقی است.

### ۲-۵- مبدل گشتاور

در خودروهای مجهز به جعبه‌دنده اتوماتیک برای انتقال دور و گشتاور موتور به شفت ورودی جعبه‌دنده، بدون دخالت مستقیم راننده، از نوعی کوپلینگ هیدرولیکی خاص به نام «مبدل گشتاور» استفاده می‌شود. شکل‌های ۱-۵ و ۲-۵ به ترتیب نمای ظاهری و اجزای داخلی مبدل گشتاور را نشان می‌دهند.



شکل ۱-۵- نمای ظاهری مبدل گشتاور



شکل ۲-۵- اجزای داخلی مبدل گشتاور

۱- Torque converter

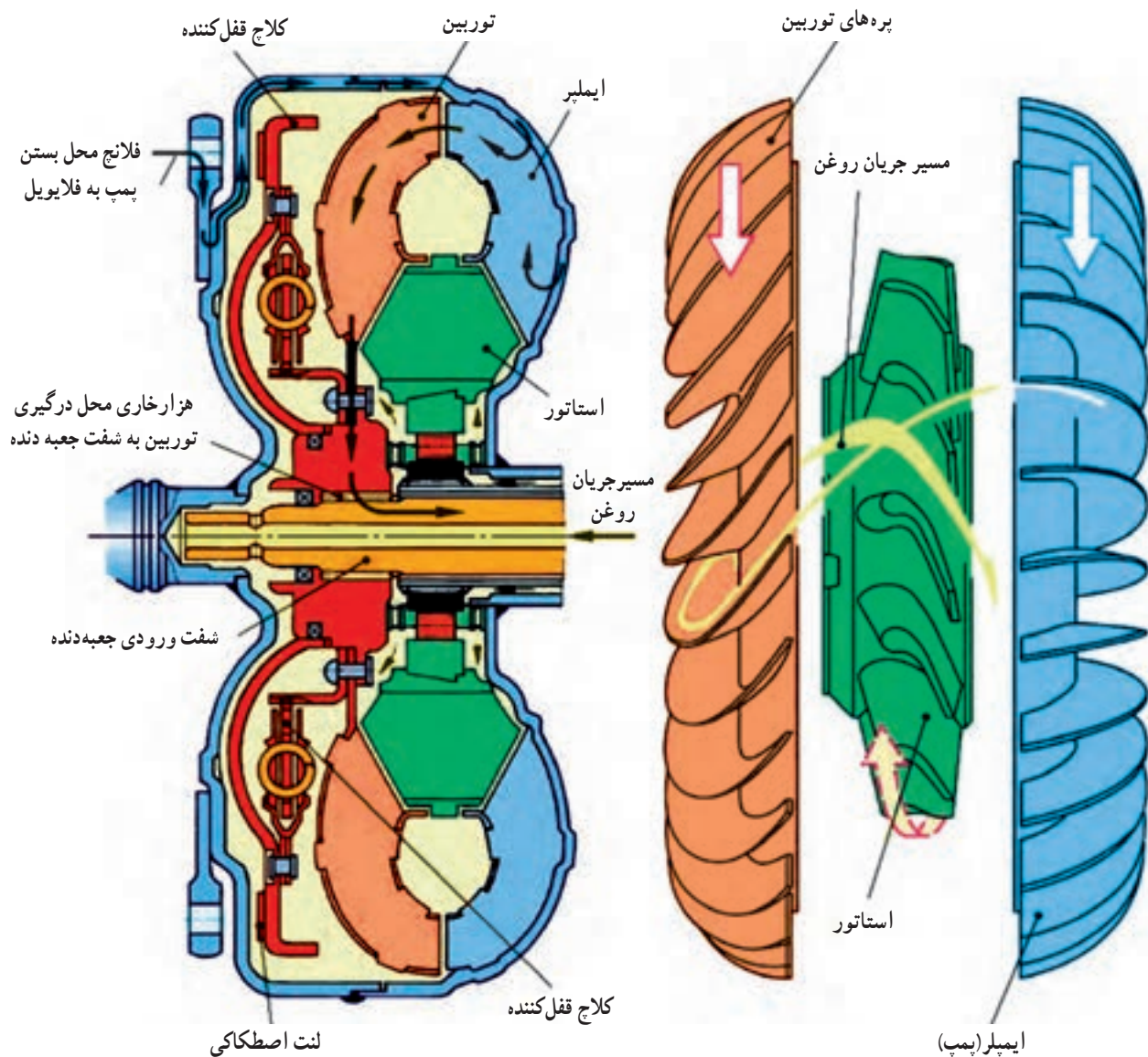
۲- Pump

۵- Stator

۲- Impeller

۴- Turbine





شکل ۳-۵- اعضای مبدل گشتاور

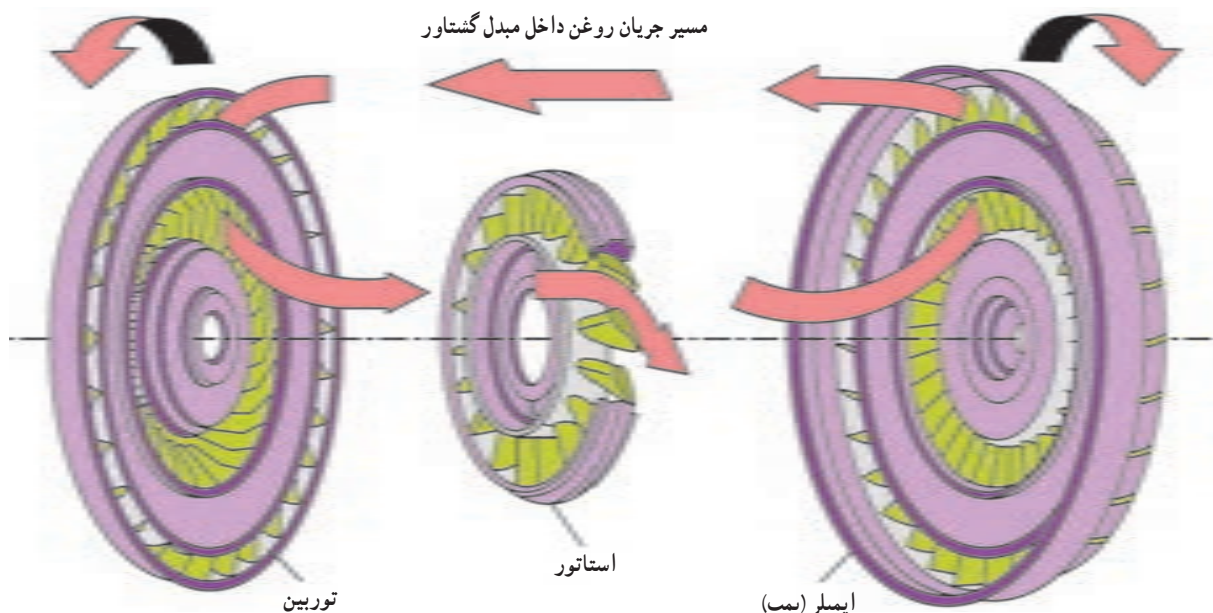
#### ۴-۵- نحوه عملکرد مبدل گشتاور

شکل ۴-۵، مسیر جریان روغن داخل مبدل گشتاور را هنگام دَوَران آن، نشان می‌دهد.

با شروع به کار موتور، دوران میل‌لنگ به پوسته مبدل گشتاور منتقل می‌شود و ایملبر را دوران می‌دهد. با دوران ایملبر، روغن داخل مبدل گشتاور با توجه به دخالت نیروی جانب مرکز (نیروی جانب مرکز از جرم سیال و شعاع دوران ایملبر ایجاد می‌شود) به سمت لبه خارجی ایملبر به حرکت درمی‌آید و انرژی

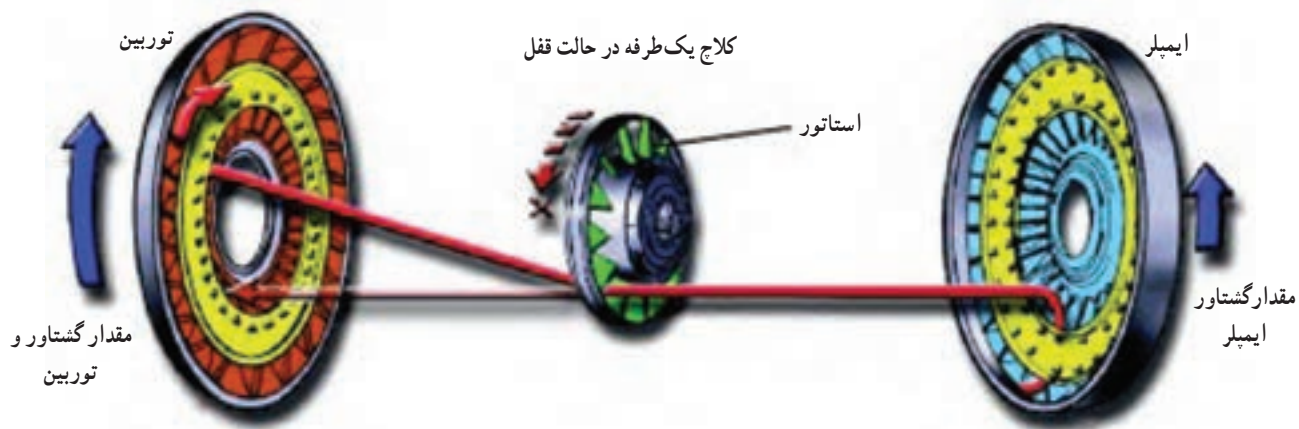
جنبشی را ذخیره می‌کند. از آنجا روغن به سمت پره‌های توربین پرتاب می‌شود و با برخورد به پره‌های آن، انرژی جنبشی خود را صرف دوران توربین می‌کند. از این رو شفت ورودی جعبه دنده نیز دوران خواهد کرد.

سپس روغن به سمت مرکز توربین جریان می‌یابد و طی این حرکت به پره‌های توربین نیز، نیرو وارد می‌کند تا از لبه داخلی توربین خارج شود. بعد از اینکه جریان روغن از توربین خارج می‌شود به پره‌های استاتور برخورد می‌کند. جریان روغن در جهتی



شکل ۴-۵- مسیر جریان روغن داخل مبدل گشتاور

به پره‌های استاتور برخورد می‌کند که استاتور روی کلاچ یکطرفه به پره‌های آن برخورد کند. شکل ۵-۵، عملکرد استاتور را قفل می‌شود. در این حالت، پره‌های استاتور مسیر جریان روغن را به گونه‌ای تغییر می‌دهند که جریان روغن در جهت دوران ایمپلر

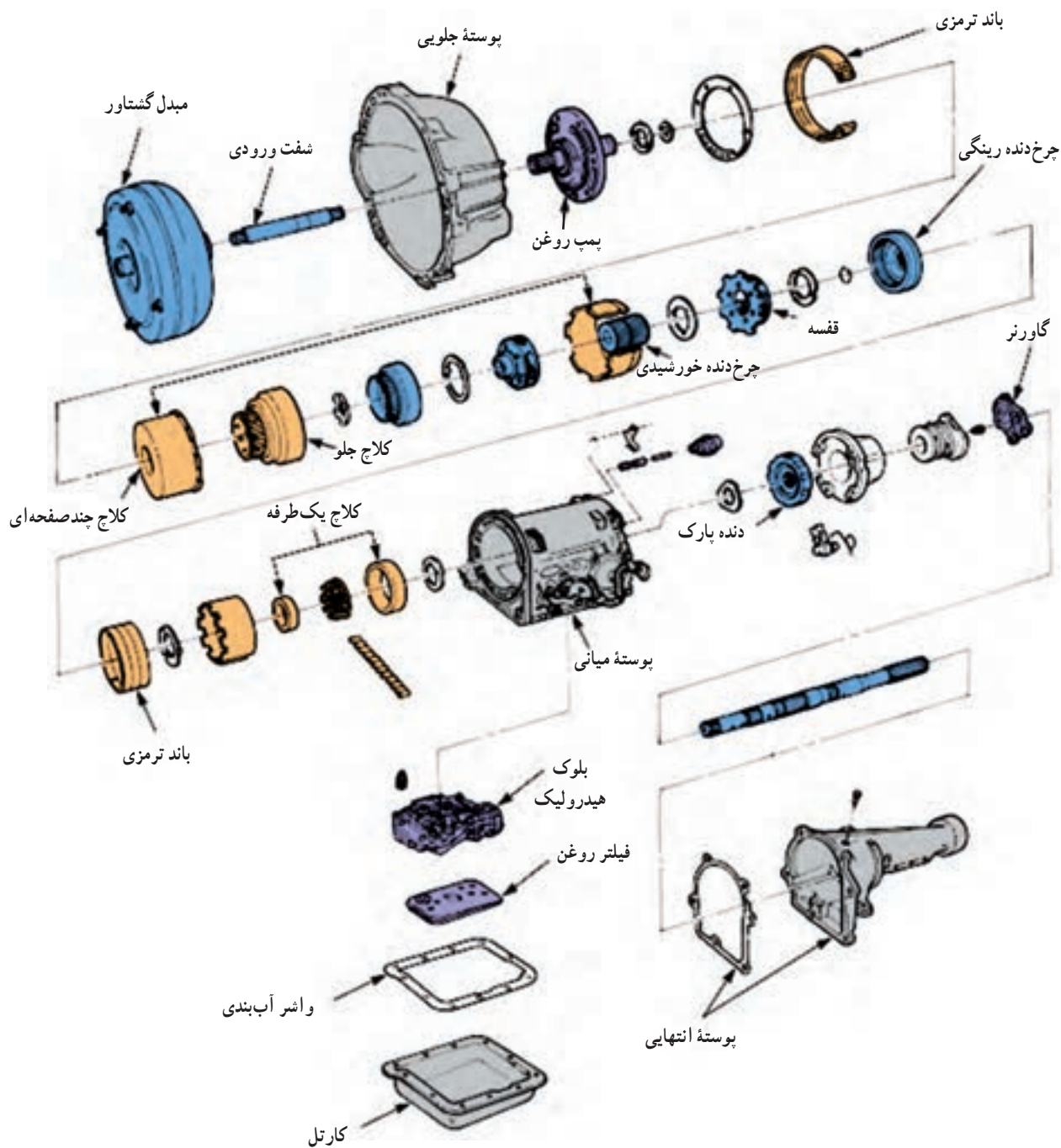


شکل ۵-۵- تغییر مسیر سیال خروجی از توربین به سمت ایمپلر توسط استاتور

## ۵-۵- اجزای مکانیکی جعبه دنده اتوماتیک

شکل ۵-۶، نمایی کلی از اجزای مکانیکی جعبه دنده

اتوماتیک را نشان می‌دهد.

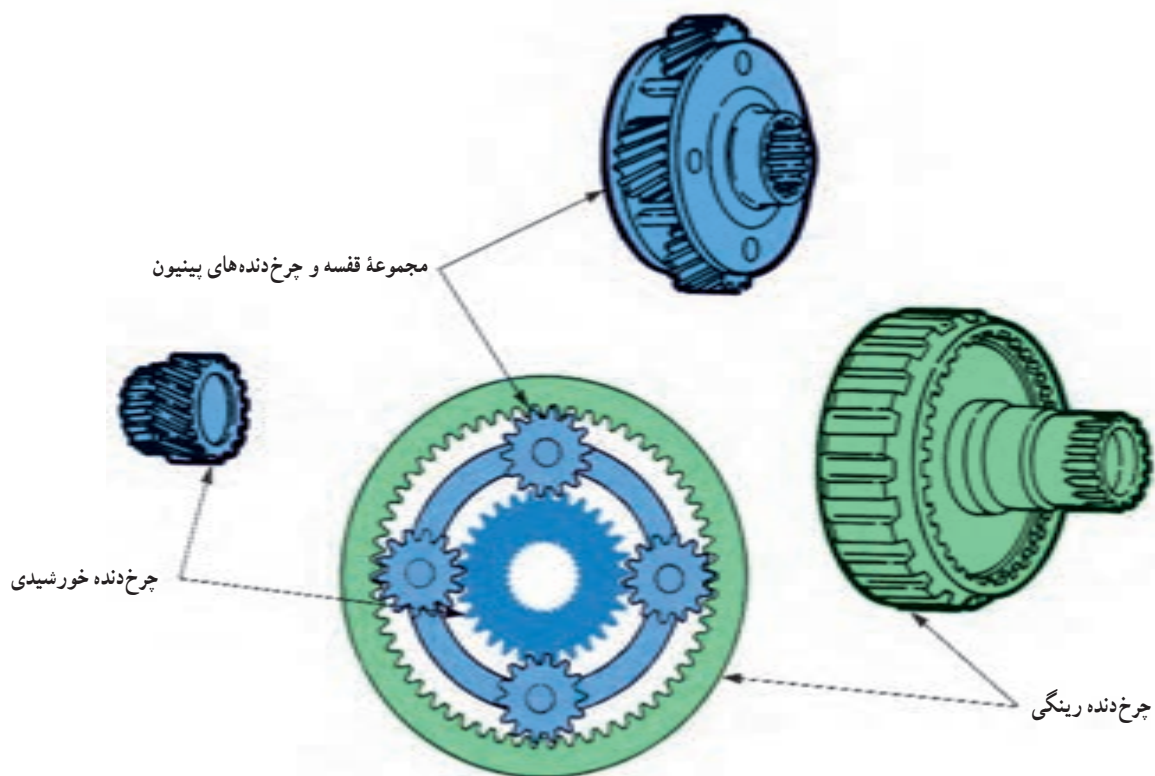


شکل ۵-۶- اجزای مکانیکی جعبه‌دنده اتوماتیک

## ۵-۶- مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای

می‌شود که به آن «مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای» گفته می‌شود (شکل ۵-۷). این مجموعه بخش اصلی اجزای مکانیکی یک جعبه‌دنده اتوماتیک را تشکیل می‌دهد.

برای ایجاد نسبت دنده‌های مختلف به صورت اتوماتیک در جعبه‌دنده اتوماتیک از مکانیزم خاصی از چرخ‌دنده‌ها استفاده



شکل ۷-۵- مجموعه چرخ دنده سیاره ای

## ۷-۵- اعضای مجموعه چرخ دنده سیاره ای

مطابق شکل ۷-۵، یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای شامل سه عضو اصلی به شرح ذیل است:

- ۱- چرخ دنده خورشیدی<sup>۱</sup>: چرخ دنده خورشیدی دارای دندانه های خارجی است و در وسط مجموعه قرار گرفته است. چرخ دنده خورشیدی دائماً با چرخ دنده پینیون ها درگیر است.
- ۲- چرخ دنده رینگی<sup>۲</sup>: چرخ دنده رینگی دارای دندانه های داخلی است و دائماً با چرخ دنده پینیون ها درگیر است. این عضو، مجموعه چرخ دنده سیاره ای را احاطه کرده است.

۳- قفسه و چرخ دنده پینیون ها<sup>۳</sup>: قفسه یک قاب یا بدنه است که می تواند از آلومینیوم یا فولاد ساخته شود. روی قفسه محورهایی قرار گرفته اند که چرخ دنده پینیون ها روی آنها سوار می شوند. چرخ دنده پینیون ها از سمت داخل قفسه با چرخ دنده

خورشیدی و از سمت بیرون قفسه با چرخ دنده رینگی درگیر هستند. چرخ دنده پینیون ها در مجموعه چرخ دنده سیاره ای دارای دو حرکت است:

- ۱- دوران حول محور خودشان که «حرکت وضعی» نامیده می شود.
- ۲- حرکت روی دندانه های چرخ دنده خورشیدی یا چرخ دنده رینگی که «حرکت انتقالی» نامیده می شود.

## ۸-۵- وضعیت های عملکردی مجموعه چرخ دنده سیاره ای

به وسیله یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای می توان پنج حالت رو به جلو، دو حالت معکوس و یک وضعیت خلاص به دست آورد. پنج حالت رو به جلو شامل: دو نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ),

۱-Sun gear

۲- Ring gear

۳- Carrier and pinion gear

به عضو ثابت مجموعه «عضو واکنشی»، به عضوی که دور و گشتاور را دریافت می‌کند «عضو ورودی یا عضو محرک» و به عضو سوم مجموعه «عضو خروجی یا عضو متحرک» گفته می‌شود.

ترکیب‌های مختلف از ورودی، ثابت و خروجی بودن اعضای مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای، وضعیت‌های مختلف را ایجاد می‌کند که در جدول ۵-۱ قابل ملاحظه است.

یک نسبت مستقیم ( $i:1$ ) و دو نسبت اوردرایو ( $i < 1$ ) است. دو حالت معکوس نیز شامل: یک نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ) و یک نسبت اوردرایو ( $i < 1$ ) است.

برای ایجاد هر یک از این وضعیت‌ها (به جز حالت مستقیم  $(i:1)$  و حالت خلاص) باید در حالی که یکی از اعضای مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ثابت است، دور و گشتاور به یکی از اعضای مجموعه منتقل شود تا عضو سوم مجموعه شروع به دوران کند.

جدول ۵-۱

نسبت دنده	جهت دوران عضو متحرک	عضو متحرک	عضو محرک	عضو ثابت	وضعیت
آندردرایو ( $i > 1$ )	موافق دوران عضو محرک	قفسه	چرخ‌دنده رینگی	چرخ‌دنده خورشیدی	۱
اوردرایو ( $i < 1$ )	موافق دوران عضو محرک	چرخ‌دنده رینگی	قفسه	چرخ‌دنده خورشیدی	۲
آندردرایو ( $i > 1$ )	موافق دوران عضو محرک	قفسه	چرخ‌دنده خورشیدی	چرخ‌دنده رینگی	۳
اوردرایو ( $i < 1$ )	موافق دوران عضو محرک	چرخ‌دنده خورشیدی	قفسه	چرخ‌دنده رینگی	۴
آندردرایو ( $i > 1$ ) وضعیت معکوس	مخالف دوران عضو محرک	چرخ‌دنده رینگی	چرخ‌دنده خورشیدی	قفسه	۵
اوردرایو ( $i < 1$ ) وضعیت معکوس	مخالف دوران عضو محرک	چرخ‌دنده خورشیدی	چرخ‌دنده رینگی	قفسه	۶
نسبت مستقیم ( $i:1$ )	موافق دوران عضو محرک	هرگاه دو عضو مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای محرک باشند کل مجموعه به صورت واحد یکپارچه شروع به دوران می‌کند.			۷
هرگاه دو عضو از مجموعه آزاد باشند یا در مجموعه عضو ثابت وجود نداشته باشد، آن مجموعه خلاص است.					۸

یکی از اعضای مجموعه و انتقال توان به یک عضو دیگر است تا با توجه به شرایط رانندگی، وضعیت مورد نظر ایجاد گردد و نسبت دنده مناسب در شفت خروجی جعبه دنده به دست آید. باندهای ترمزی، کلاچ‌های چندصفحه‌ای اصطکاکی و کلاچ‌های یک‌طرفه اجزائی هستند که در جعبه‌دنده‌های اتوماتیک این وظیفه را بر عهده دارند.

## ۹-۵- کنترل مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای

همان‌گونه که ذکر شد، برای ایجاد وضعیت‌های مختلف، (غیر از وضعیت مستقیم  $(i=1)$ )، باید در حالی که یکی از اعضای مجموعه ثابت است، دور و گشتاور به یک عضو منتقل شود تا مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای دارای یک عضو خروجی باشد. منظور از «کنترل مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای» ثابت نگه داشتن

## ۱۰-۵- جعبه دنده متغیر پیوسته<sup>۱</sup> (CVT)

همان گونه که بیان شد، جعبه دنده‌های دستی شامل چرخ دنده‌هایی هستند که وظیفه ایجاد نسبت دنده‌های مختلف را (به منظور فراهم کردن نیروی کششی و سرعت مناسب خودرو) بر عهده دارند. هنگامی که اهرم تعویض دنده در وضعیت خاصی (برای مثال «دنده ۲») قرار می‌گیرد، دور و گشتاور خروجی موتور از طریق چرخ دنده‌های مربوط به آن وضعیت از شفت ورودی به شفت خروجی منتقل می‌شود. در این جعبه دنده‌ها، با توجه به ملاحظاتی، از قبیل محدود بودن فضا و ابعاد جعبه دنده، وزن خودرو و غیر آنها، از تعداد محدودی چرخ دنده می‌توان استفاده نمود و همین سبب شده است که خودروها دنده‌های محدودی داشته باشند (برای مثال سه، چهار یا پنج).  
تعویض دهنده در این جعبه دنده‌ها، با توجه به محدود بودن تعداد دنده‌ها، به صورت مرحله‌ای یا گسسته انجام می‌شود. به عبارت دیگر، هنگامی که تعویض دنده از «دنده ۱» (با نسبت  $i = 3/8$ ) به

«دنده ۲» (با نسبت  $i = 2/1$ ) انجام می‌گیرد، نسبت دنده مسیر انتقال توان از  $i = 3/8$  به  $i = 2/1$  تبدیل می‌شود. از آنجایی که هر نسبت دنده نیروی کششی و سرعت خاصی را برای خودرو فراهم می‌کند (برای هر نسبت دنده تغییرات دور و گشتاور خاصی وجود دارد) تغییر نیروی کششی و سرعت برای سرنشینان خودرو مشهود است، به طوری که همراه با ضربه‌ای توسط آنها حس می‌شود. این تغییر در خصوص جعبه دنده‌های اتوماتیک نیز تا حدودی صادق است.  
امروزه در سیستم انتقال قدرت برخی از خودروها از جعبه دنده متغیر پیوسته یا سی‌وی‌تی (CVT) استفاده می‌شود که در آن دیگر جعبه دنده شامل تعداد محدودی دنده نیست. در این جعبه دنده‌ها بین بزرگ‌ترین نسبت دنده (برای مثال  $i = 2/4$ ) و کوچک‌ترین نسبت دنده (برای مثال  $i = 0/4$ ) بی‌نهایت نسبت دنده ایجاد شده و عمل تعویض بین این بی‌نهایت دنده نیز کاملاً اتوماتیک و به صورت پیوسته (بدون گسستگی) انجام می‌گیرد و عملکرد خودرو را بسیار مطلوب ساخته است.

نکته: یکی از معایب سیستم سی‌وی‌تی (CVT) محدودیت در نسبت انتقال آنهاست. به عبارت دیگر، میزان تغییر دور و گشتاور آنها محدود است. لذا در برخی خودروها نمونه‌هایی از این سیستم را با جعبه دنده اتوماتیک به صورت سری مورد استفاده قرار می‌دهند.

## ۱۱-۵- انواع سیستم سی‌وی‌تی (CVT)

انواع مختلفی از سیستم‌های سی‌وی‌تی ابداع شده و بعضاً در خودروها نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها عبارت‌اند از:

۱- سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر<sup>۲</sup>؛  
۲- سی‌وی‌تی نوع غلتکی<sup>۳</sup> یا چنبری<sup>۴</sup>؛  
۳- سی‌وی‌تی هیدرواستاتیک<sup>۵</sup>.  
رایج‌ترین نوع این سیستم، سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر است که در ادامه به تشریح ساختار و طرز کار آن پرداخته می‌شود.

از انواع مختلفی از سیستم‌های سی‌وی‌تی ابداع شده و بعضاً در خودروها نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها عبارت‌اند از:

۱- سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر<sup>۲</sup>؛  
۲- Variable - diameter pully (VDP)  
۳- Roller- based CVT  
۴- Toroidal CVT  
۵- Hydrostatic CVT

نکته: مبدل گشتاور که وظیفه انتقال دور و گشتاور موتور به شفت ورودی جعبه دنده اتوماتیک را بر عهده دارد نیز نوعی سی‌وی‌تی است. بزرگ‌ترین نسبت تبدیل این سیستم دو و کوچک‌ترین نسبت تبدیل آن حدود یک است.

۱- Continuously variable Transmission

۲- Variable - diameter pully (VDP)

۳- Roller- based CVT

۴- Toroidal CVT

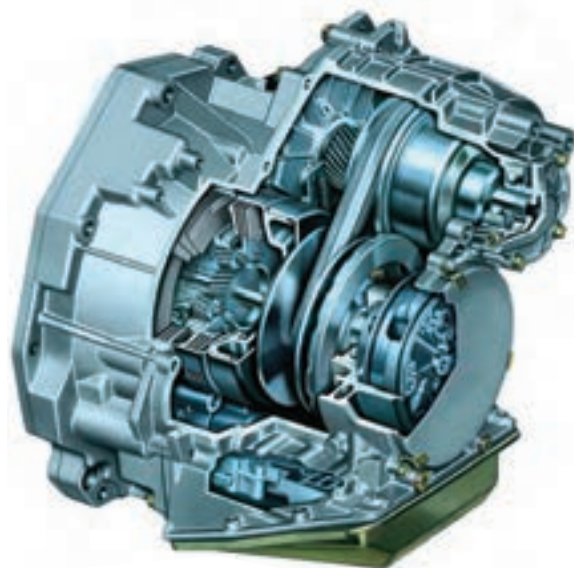
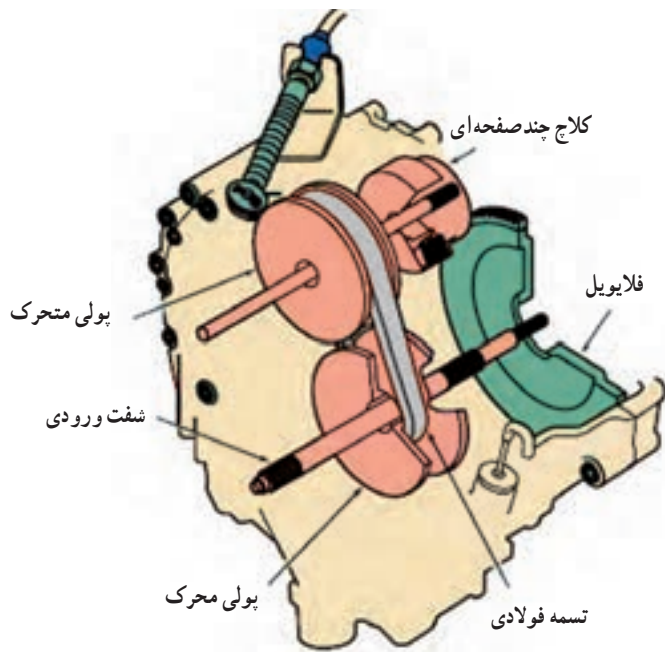
۵- Hydrostatic CVT

## ۱۲-۵- سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

همان گونه که در شکل ۵-۸ ملاحظه می شود، این نوع سی وی تی از دو مجموعه پولی محرک و متحرک تشکیل شده است. پولی محرک روی شفت ورودی قرار می گیرد و دور و گشتاور موتور توسط یک مجموعه چرخ دنده سیاره ای به آن منتقل

می شود. پولی متحرک نیز روی شفت خروجی قرار می گیرد و دور و گشتاور را از پولی محرک دریافت می کند.

انتقال دور و گشتاور از پولی محرک به پولی متحرک می تواند توسط زنجیر یا تسمه فولادی انجام شود.



شکل ۵-۸- سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

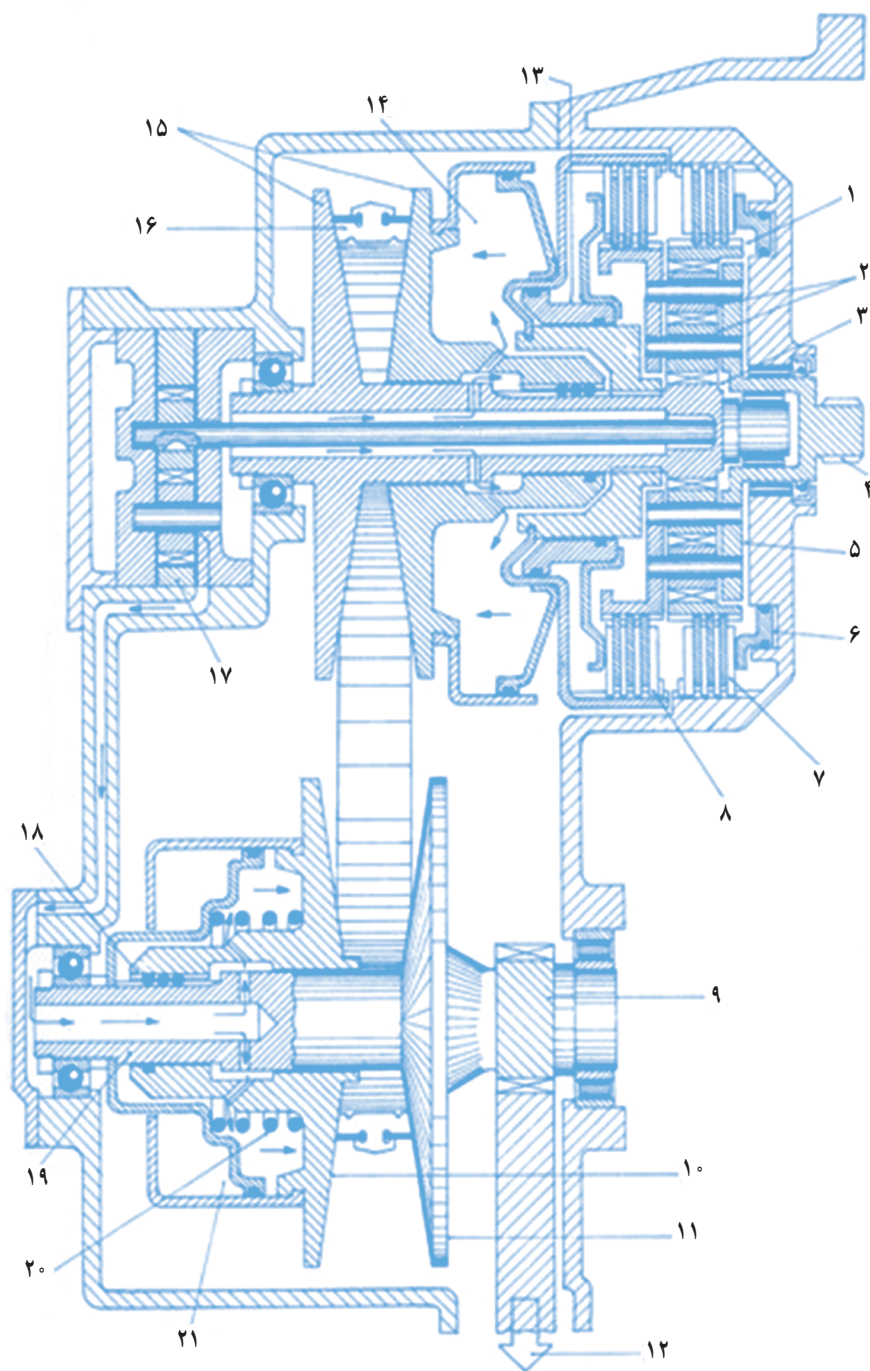
شکل ۵-۹، نحوه ارتباط پولی محرک و متحرک توسط تسمه فولادی را نشان داده است.

است. یکی از نیم پولی ها روی شفت ثابت است در حالی که نیم پولی دیگر می تواند روی شفت حرکت محوری داشته باشد و هر دو نیم پولی با شفت دوران می کنند. هنگامی که دو پولی از هم فاصله می گیرند قطر مؤثر پولی کاهش می یابد و هنگامی که به هم نزدیک می شوند قطر مؤثر پولی افزایش می یابد.

شکل ۵-۱۰، مقطع برش خورده یک سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را نشان می دهد که در آن انتقال دور و گشتاور بین پولی های محرک و متحرک توسط تسمه فولادی انجام می شود. همان گونه که ملاحظه می شود، هر پولی از دو نیم پولی ساخته شده



شکل ۵-۹- انتقال توان بین پولی محرک و متحرک توسط تسمه فولادی



شکل ۱۰-۵- مقطع برش خورده یک سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

۱- چرخ‌دنده رینگگی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ۲- چرخ‌دنده‌های پینیون ۳- چرخ‌دنده خورشیدی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای ۴- شفت ورودی از موتور  
 ۵- قفسه مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای دوپل ۶- پیستون فعال و غیر فعال کردن کلاچ چندصفحه‌ای ۷- کلاچ چندصفحه‌ای عقب برای تثبیت یا آزاد کردن  
 چرخ‌دنده رینگگی ۸- کلاچ چندصفحه‌ای جلو برای قطع و وصل کردن قفسه به شفت یا پولی ورودی سی‌وی‌تی ۹- شفت خروجی سی‌وی‌تی که چرخ‌دنده  
 پینیون دیفرانسیل نیز به آن وصل است. ۱۰- نیم پولی لغزان روی شفت خروجی ۱۱- نیم پولی ثابت روی شفت خروجی ۱۲- چرخ‌دنده‌های واسط کاهش  
 دور ۱۳- پیستون فعال یا غیر فعال کردن کلاچ چندصفحه‌ای جلو ۱۴- سیلندر هیدرولیک اعمال حرکت محوری به نیم پولی لغزان روی شفت ورودی  
 ۱۵- نیم پولی لغزان و ثابت روی شفت ورودی ۱۶- تسمه فلزی ۱۷- پمپ روغن دنده‌ای ۱۸- ساچمه یا غلتک به منظور حرکت محوری روان نیم پولی  
 لغزان روی شفت ۱۹- شفت خروجی یا متحرک ۲۰- فنر برگرداننده ۲۱- سیلندر هیدرولیک اعمال حرکت محوری به نیم پولی لغزان روی شفت خروجی



### ۱۳-۵- نحوه عملکرد سی وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

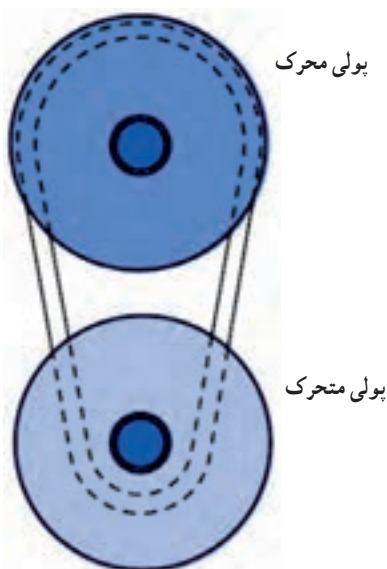
همان گونه که ذکر شد، با دور یا نزدیک کردن نیم پولی های محرک و متحرک، قطر مؤثر پولی ها تغییر می کند. عملکرد این نوع سی وی تی نیز بر اساس همین تغییر قطر مؤثر پولی های محرک و متحرک است.

شکل ۱۱-۵، وضعیت افزایش گشتاور و کاهش دور را نشان می دهد. در این حالت دو نیم پولی محرک از هم فاصله می گیرند و قطر مؤثر پولی محرک کاهش می یابد. از طرف دیگر دو نیم پولی متحرک به یکدیگر نزدیک می شوند و قطر مؤثر آن افزایش می یابد و یک نسبت آندردرایو ( $i > 1$ ) را ایجاد می کند. یعنی گشتاور پولی متحرک بیشتر و دور آن از پولی محرک کمتر است.

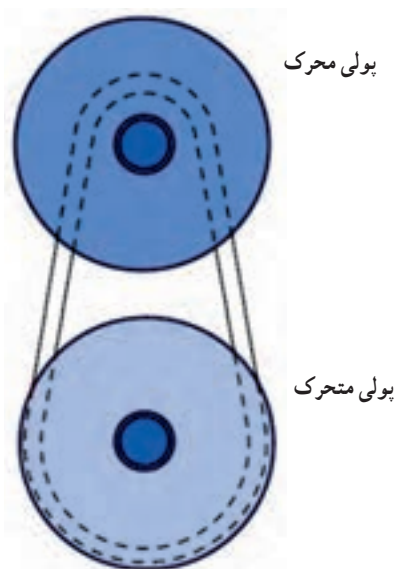
شکل ۱۲-۵، وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور را نشان می دهد. در این حالت دو نیم پولی محرک به هم نزدیک

می شوند و قطر مؤثر آن افزایش می یابد. از طرف دیگر دو نیم پولی متحرک از یکدیگر فاصله می گیرند و قطر مؤثر پولی متحرک کاهش می یابد. در این وضعیت یک نسبت اوردرایو ( $i < 1$ ) ایجاد می شود. به طوری که با یک بار دور آن پولی محرک، پولی متحرک چند بار دوران می کند و دور شفت خروجی از دور شفت ورودی بیشتر خواهد شد.

باید توجه نمود هنگامی که قطر مؤثر دو پولی محرک و متحرک برابر باشد، نسبت انتقال  $i: 1$  ایجاد می شود. از این رو دور و گشتاور شفت ورودی با دور و گشتاور شفت خروجی برابر است. با توجه به مطالب فوق، در این سیستم نسبت انتقال دور بین «بزرگ ترین نسبت انتقال» و «کوچک ترین نسبت انتقال» به صورت پیوسته تغییر می کند. از این رو تغییر دور و گشتاور نیز کاملاً تدریجی و پیوسته است. عمل دور یا نزدیک شدن نیم پولی ها به صورت هیدرولیکی و به وسیله سیستم کنترل الکترونیکی صورت می پذیرد.



شکل ۱۲-۵- وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور



شکل ۱۱-۵- وضعیت افزایش گشتاور و کاهش دور

اگر قرار باشد که فارغ التحصیلان رشته‌های فنی و حرفه‌ای که می‌خواهند وارد بازار کار شوند سوگندنامه‌ای تنظیم شود متن زیر پیشنهاد می‌شود. راجع به آن در کلاس گفت‌وگو کنید.

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«من به عنوان یک فارغ التحصیل رشته فنی و حرفه‌ای در پیشگاه قرآن کریم به خداوند قادر متعال سوگند یاد می‌کنم که به امور زیر و در حرفه خودم وفادار باشم».

۱- به عنوان یک فرد دین‌باور، خدای مهربان را همیشه یاور خود و ناظر بر کارهایم داشته و معتقدم که کوچک‌ترین کارها از نگاه او پنهان نخواهد ماند.

۲- به انسان، به عنوان یک موجود صاحب خرد و شگفت‌انگیزترین پدیده آفرینش بیاندیشم، صدیق و واقع بین باشم و به هیچ اقدامی که به انسان و انسانیت آسیب رساند مبادرت نورزم.

۳- دانش و تجربه حرفه‌ای خود را که موهبت الهی و میراث مشترک بشری است مغتنم بدانم و بکوشم تا آن را به روز نگه‌دارم و در حد توان خود به گنجینه دانش و تجربیات سودمند بشری بیفزایم.

۴- ایران زادگاه من است و در آن پرورده شده‌ام، کوشش خواهم کرد تا دین خود را به سرزمینم، مردمانم، نیاکانم و آیندگان ادا کنم.

۵- در طول زندگی حرفه‌ای خود تلاش کنم تا نقش مؤثری در پیشرفت و تعالی معنوی و مادی کشورم داشته باشم.

۶- در حد توان به مدرسی که مربی علمی و فنی من است خدمت کنم.

۷- سرمایه‌های هستی که از جانب خدای متعال به ما ارزانی شده است چون ماده، انرژی، محیط زیست و نیروی کار را سرمایه‌های تمام بشر بدانم و در حفظ، کاربرد درست و بهسازی آنها کوشش کنم.

۸- در تمام فعالیت‌های شغلی خود صداقت، دقت، نظم، عدالت، سرعت عمل، حفظ منافع اجتماع و حقوق دیگران را مراعات کنم.

۹- در کار، سلامت، ایمنی و آینده انسان‌ها را به عنوان مخلوقات الهی در نظر داشته و نسبت به آنان مهربان، دلسوز و متعهد باشم و همواره سود خویش را در منافع همگان جست‌وجو کنم، رشوه‌خواری و دیگر رذایل اخلاقی را طرد سازم و ارزش مادی زحمات خود را در حد معقول و متعارف طلب کنم.

۱۰- در انجام وظایف محوله، فردی متعهد، مسئولیت‌پذیر، مشارکت‌جو و رازدار باشم.

۱۱- محیطی پر از محبت و صفا و عشق و علاقه به خدمتگزاری بی‌ریا برای مردم و وطنم به وجود آورم و همکاران خود را دوست بدارم و ارزش‌های الهی و انسانی را در خود و در آنان پرورش دهم.

۱۲- در شغل خود همیشه فردی متواضع باشم. موفقیت‌های به‌دست آمده را مرهون لطف الهی و تلاش خود و کمک همکارانم بدانم و شکرگزار خداوند و قدردان دوستان باشم.

۱۳- در تمام مدت خدمت خود پذیرای نقد و اظهار نظر صادقانه همکاران باشم. خطاهای خود را اصلاح کنم و برای همکاری گروهی و نقش دیگران ارزش قائل باشم و از لطمه‌زدن به حیثیت، شهرت، دارایی یا اشتغال دیگران پرهیز و از اقدامات بدخواهانه برای آنان خودداری کنم.

۱۴- مشوق همکارانم به رعایت اصول اخلاق و وجدان حرفه‌ای باشم.

منبع: برگرفته از اخلاق مهندسی و مهندسی اخلاقی

تألیف دکتر بهادری نژاد، صفحه ۲۰۷

## آزمون پایانی

- ۱- اجزای اصلی جعبه‌دنده اتوماتیک را نام ببرید.
- ۲- اجزای اصلی مبذل گشتاور را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.
- ۳- وضعیت‌های عملکردی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای را شرح دهید.
- ۴- جعبه‌دنده متغیر پیوسته را توضیح دهید.
- ۵- نحوه عملکرد سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهید.

### شاسی، بدنه و رنگ

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

- ۱- شاسی و بدنه خودرو را تعریف کند.
- ۲- انواع بدنه خودرو را از لحاظ جنس و مواد سازنده آنها دسته‌بندی کند.
- ۳- انواع شاسی خودرو را دسته‌بندی کند.
- ۴- خودروی سواری را تعریف کند.
- ۵- انواع خودروی سواری را از لحاظ شکل اتاق دسته‌بندی کند.
- ۶- انواع رنگ در صنعت خودرو را دسته‌بندی کند.
- ۷- اجزای تشکیل دهنده رنگ را نام ببرد.
- ۸- انواع آستر و پرکننده‌ها را نام ببرد.
- ۹- انواع بتونه را نام ببرد.

#### مقدمه

وجود مجموعه‌ای محکم و در عین حال سبک که بتوان سایر قسمت‌های خودرو را روی آن نصب نمود کاملاً ضروری‌ست. در خودروهایی که برای شرایط و بارهای سنگین طراحی می‌شوند از قبیل خودروهای سنگین، وانت و غیر آنها، از چهارچوبی فلزی و محکم، که اصطلاحاً «شاسی» نامیده می‌شود، استفاده می‌شود و سایر قسمت‌های خودرو به آن وصل می‌گردد.

در خودروهای سواری، به دلیل آنکه بار اعمالی به آن کمتر و اصولاً سبک بودن خودرو بسیار حائز اهمیت است، بدنه خودرو را به نحوی طراحی می‌کنند که بدون نیاز به شاسی بتوان سایر سیستم‌های خودرو را به آن متصل نمود. در این بخش انواع شاسی و بدنه خودرو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۱-۶- بدنه

مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- ۱- بدنه فولادی
- ۲- بدنه آلومینیومی
- ۳- بدنه فایبرگلاس

با توجه به شکل ۱-۶، به قسمت ظاهری خودرو که شامل محفظه سرنشین، محفظه موتور و صندوق است، «اتاق» یا «بدنه» خودرو می‌گویند.

۱-۱-۶- بدنه فولادی: این نوع بدنه‌ها از فولاد

بدنه خودروها از نظر نوع جنس و مواد سازنده به انواع

خوردگی ۳- نیاز نداشتن به پرس‌های سنگین برای شکل‌دهی

#### ❖ معایب

۱- استحکام پایین ۲- تغییر شکل و آسیب‌دیدگی زیاد در تصادف

۳-۱-۶- بدنه فایبرگلاس: این نوع بدنه‌ها از فایبرگلاس ساخته می‌شوند و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند:

#### ❖ مزایا

۱- سبکی ۲- هزینه تولید پایین ۳- عایق‌بندی مناسب صدا

#### ❖ معایب

۱- تردی و شکنندگی در برابر ضربه و تصادف ۲- ویژگی‌های نامناسب رطوبتی و گرمایی

### ۲-۶- شاسی

به بخشی از خودرو که اتاق بر روی آن نصب می‌شود و به منظور بالابردن استحکام، تحمل بار و وزن بدنه مورد استفاده قرار می‌گیرد «شاسی» گویند که به طور کلی به انواع ذیل تقسیم‌بندی می‌شود:

۱-۲-۶- شاسی یکپارچه: با توجه به شکل ۲-۶، در این نوع خودروها شاسی و بدنه از یکدیگر قابل تفکیک نیستند و به صورت یکپارچه‌اند. این نوع شاسی‌ها دارای مزایا و



شکل ۱-۶- بدنه خودرو

ساخته شده‌اند مزایا و معایب آنها به شرح زیرند:

#### ❖ مزایا

۱- عمر طولانی ۲- قیمت تمام شده کمتر در تولید انبوه ۳- حفظ شکل در درازمدت ۴- امکان تعمیر بخش‌های آسیب دیده

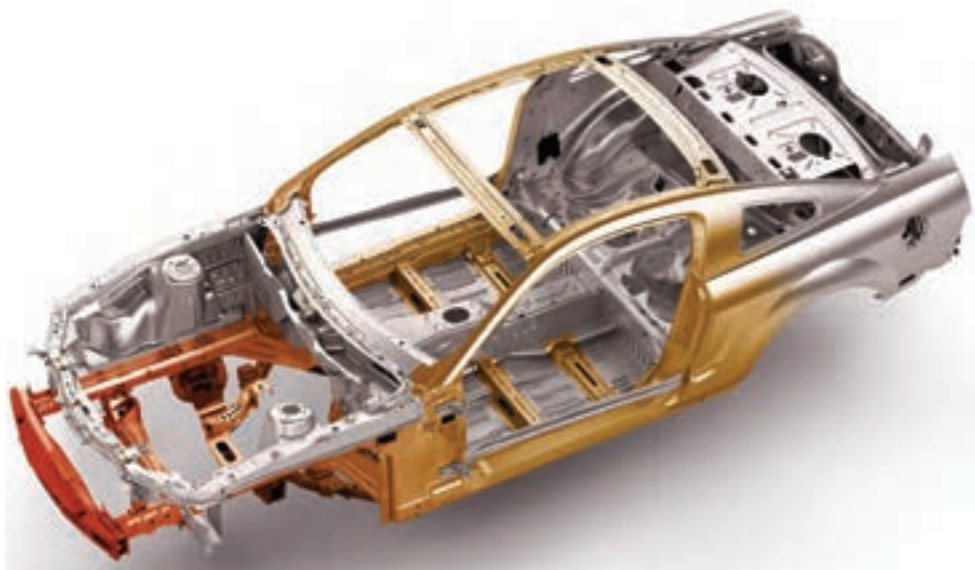
#### ❖ معایب

۱- سنگین بودن ۲- زنگ زدگی، پوسیدگی و خوردگی ۳- نیاز به پرس‌های سنگین به منظور شکل‌دهی

۲-۱-۶- بدنه آلومینیومی: این نوع بدنه‌ها از آلومینیوم ساخته شده و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند:

#### ❖ مزایا

۱- وزن کم ۲- مقاومت بالا در برابر زنگ‌زدگی و



شکل ۲-۶- شاسی یکپارچه

معایبی به شرح زیرند :

### ❖ مزایا

۱- وزن کم ۲- شتاب‌گیری بهتر خودرو به دلیل وزن کم  
۳- مصرف پایین سوخت به دلیل وزن کم ۴- ایمنی بالاتر در هنگام تصادف، به دلیل جذب انرژی بیشتر توسط بخش جلو و عقب خودرو ۵- عایق‌بندی صوتی مناسب و ایجاد صدای کمتر به دلیل یکپارچه بودن اتصالات

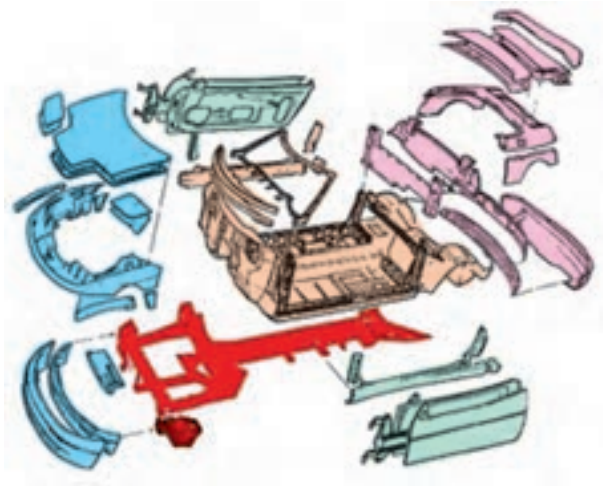
### ❖ معایب

۱- بالا بودن قیمت تمام شده ۲- بالا بودن هزینه‌های تعمیر، نگهداری و تعویض قطعات آسیب دیده  
۳-۲-۲- شاسی جداشدنی : با توجه به شکل ۳-۶، در این نوع خودروها، شاسی را به صورت جداگانه می‌سازند و بدنه خودرو توسط اتصالات موقت، مانند پیچ و مهره و ضربه‌گیر لاستیکی به آن متصل می‌شود.

به دلیل استفاده از اتصالات موقت

### ۳-۲-۶- شاسی نیمه جدا

با توجه به شکل ۴-۶، در این نوع خودروها شاسی و قسمت‌هایی از بدنه را به صورت یکپارچه می‌سازند و قسمت دیگر شاسی که معمولاً محل قرارگیری موتور و تعلیق است (دارای استحکام بیشتری است)، از طریق پیچ و مهره به آن متصل می‌شود.



شکل ۴-۶- شاسی نیمه جدا

مزایا و معایب این نوع شاسی‌ها به شرح زیرند :

### ❖ مزایا

۱- سادگی ۲- هزینه پایین نگهداری، تعمیر و تعویض قطعات آسیب دیده ۳- عایق‌بندی مناسب صوتی ۴- سهولت تغییر شکل ظاهری خودرو با تغییر شکل دادن گلگیرها، سقف و جلوی خودرو ۵- نصب قسمت‌های خودرو مانند موتور و مجموعه تعلیق بر روی بخش‌های جدای شاسی که دارای استحکام بیشتری است.

### ۳-۶- دسته‌بندی انواع بدنه خودروهای سواری

به خودروهایی با گنجایش حداکثر ۹ نفر سرنشین، که دارای محفظه بار (صندوق عقب) نیز هستند «خودروی سواری» گفته می‌شود. استانداردها و روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی این نوع خودروها وجود دارد و نیز این خودروها از لحاظ شکل و نوع بدنه دارای نام‌های متفاوتی هستند. در شکل ۵-۶ به معرفی برخی از آنها پرداخته می‌شود.



شکل ۳-۶- شاسی جداشدنی

مزایا و معایب این نوع شاسی‌ها را می‌توان به صورت زیر

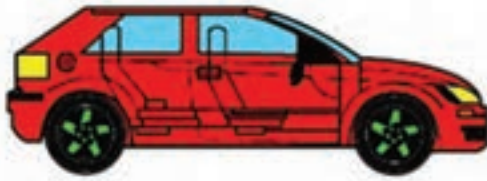
بیان نمود :

### ❖ مزایا

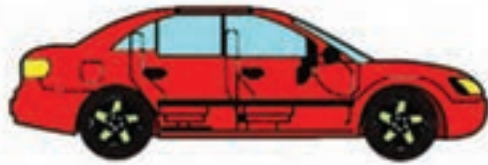
۱- سادگی ۲- هزینه پایین تعمیر، نگهداری و تعویض قطعات آسیب دیده در تصادف ۳- مناسب بودن قیمت تمام شده مجموعه شاسی و بدنه

### ❖ معایب

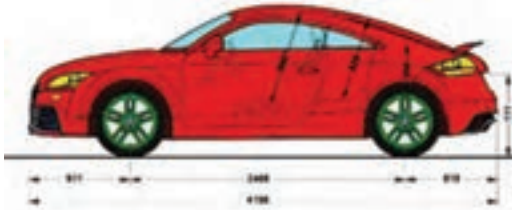
۱- سنگینی ۲- شتاب‌گیری کمتر خودرو به دلیل سنگین بودن خودرو ۳- ایمنی پایین‌تر در تصادف به دلیل انتقال بیشتر ضربات به سرنشین ۴- بالا بودن هزینه راه‌اندازی تجهیزات خط تولید ۵- عایق‌بندی صوتی نامناسب و ایجاد صدای بیشتر،



ب) خودروی هاچ بک<sup>۳</sup>



الف) خودروی سالون<sup>۱</sup> یا سدان<sup>۲</sup>



ت) خودروی کوبه<sup>۵</sup>



پ) خودروی ناچ بک<sup>۴</sup>



ج) خودروی فست بک<sup>۷</sup>



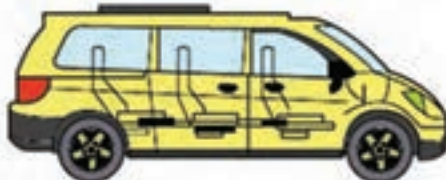
ث) خودروی کروکی<sup>۶</sup>



ح) خودروی ورزشی<sup>۹</sup> (اس یو وی)



ج) خودروی لیموزین<sup>۸</sup>



د) خودروی ون<sup>۱۱</sup>



خ) خودروی چند منظوره<sup>۱۰</sup> (ام پی وی)



ر) خودروی تجاری سبک<sup>۱۳</sup>



ذ) خودروی استیشن<sup>۱۲</sup>

شکل ۵-۶- انواع خودرو از لحاظ شکل و نوع بدنه

۱- Saloon car

۲- Sedan car

۳- Hatch back

۴- Natch back

۵- Coupe

۶- Crocke

۷- Fast back

۸- Limousine

۹- Sport utility vehicle (SUV)

۱۰- Multi purpose vehicles (MPV)

۱۱- Van

۱۲- station

۱۳- Light commercial Vehicles (LCV)

## ۴-۶- انواع رنگ در صنعت خودرو

به طور کلی در صنعت خودرو رنگ‌ها به دو گروه اصلی

ذیل تقسیم می‌شوند:

۱- رنگ‌های ترموپلاست

۲- رنگ‌های ترموست

۱-۴-۶- رنگ‌های ترموپلاست: این نوع رنگ‌ها شامل رنگ‌های روغنی، رنگ‌های تینر فوری و رنگ‌های آب حلال‌اند، که با فرایند حرارت نرم می‌شوند. رزین رنگ‌های ترموپلاست با حرارت نرم می‌شوند و خاصیت پلاستیکی پیدا می‌کنند و در حلال نیز قابل انحلال‌اند. عامل خشک‌کن آنها نیز فیزیکی است و از طریق تبخیر تینر موجود در رنگ خشک می‌شوند (مانند رنگ‌های تینر و سلولز، بوتیرات استات سلولز و رزین آکریلیک ترموپلاست). در حالی که در رنگ‌های آب حلال، آب موجود در آنها تبخیر می‌شود و باعث خشک شدن آنها می‌گردد.

۲-۴-۶- رنگ‌های ترموست: این نوع رنگ‌ها به اصطلاح شامل رنگ‌های دو جزئی هستند. رزین این نوع رنگ‌ها، در فرایند شیمیایی، که شامل افزودن خشک‌کن یا هاردنر به رنگ است، از خود واکنش نشان می‌دهد و در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد به بالا باعث خشک شدن سطح رنگ می‌گردد. هر چه حرارت بالاتر رود سرعت خشک شدن آنها بیشتر خواهد شد. البته باید در این مورد به توصیه‌های شرکت تولیدکننده رنگ توجه داشت.

این نوع رنگ‌ها با گرم کردن مجدد نرم نمی‌شوند و نسبت به حل شدن در حلال، از خود مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. برای مثال می‌توان از رزین ملامین، رزین پلی‌یورتان، رزین اپوکسی، رزین آکریلیک و رزین پلی‌آستر نام برد.

امروزه در صنعت خودرو بیشتر از رنگ‌های ترموست یا رنگ‌های دو پوشش و آب حلال استفاده می‌شود. قابل توجه است که رنگ‌های استفاده شده در صنعت خودرو همگی از نوع کوره پخت‌اند و در دمای بالای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد با واکنش شیمیایی انجام شده بین اجزای خود، خشک می‌شوند. این در حالی است که رنگ‌های تعمیراتی استفاده شده در کارگاه‌های

خدمات پس از فروش از نوع رنگ‌های هوا خشک هستند که به رنگ تعمیراتی (دو جزئی) معروف‌اند.

## ۵-۶- اجزای تشکیل دهنده رنگ

اجزای تشکیل دهنده رنگ را می‌توان به چهار بخش زیر

تقسیم نمود:

۱- رزین: ماده‌ای که رنگ دانه‌ها را به هم متصل می‌کند و به لایه رنگ جلا و قوام می‌دهد.

۲- رنگ دانه: به پودرهای رنگین قابل انحلال در آب یا حلال می‌گویند که پوشش رنگی ایجاد می‌کند و خود به دو گروه رنگ دانه‌های معدنی و آلی تقسیم می‌شوند.

*الف) رنگ دانه‌های معدنی*

این رنگ دانه‌ها از کانی‌های طبیعی تشکیل شده‌اند، مثل فیروزه، عقیق، گل ماش و غیر آنها

*ب) رنگ دانه‌های آلی*

این رنگ دانه‌ها از مواد خام پتروشیمی تهیه می‌شوند که با توجه به کاربردشان به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

● **رنگ دانه‌های رنگین:** این نوع رنگ دانه‌ها را در پوشش نهایی به کار می‌برند و به رنگ قدرت پوشش می‌دهد.

● **رنگ دانه‌های اضافی یا پرکننده‌ها:** از این نوع رنگ دانه‌ها در پوشش میانی استفاده می‌شود و وظیفه آنها مقاومت در برابر ساییدگی است.

● **رنگ دانه‌های ضد زنگ:** از این نوع رنگ دانه‌ها در مراحل زیرسازی استفاده می‌شود و وظیفه آنها جلوگیری از زنگ زدگی است.

۳- حلال: عامل حل شدن رزین رنگ را حلال می‌نامند.

۴- تینر: مایعی که از آن برای رقیق تر نمودن رنگ استفاده می‌شود.

## ۶-۶- انواع آسترها و پرکننده‌ها

آستر مورد استفاده در صنعت خودروسازی شامل آستر واش پرایمر، اچ پرایمر، آستر میانی، آستر پرکننده (بتونه فوری) و بتونه سنگی می‌باشد.



روغنی سیاه و از نوع دو جزئی آن برای ورق‌های آلیاژی و سطوح فایبرگلاس استفاده می‌شود.

**۳- رنگ میانی (آستر پرکننده):** از این نوع آسترها که شامل آستر میانی و آستر سیلر است، می‌توان به منظور برطرف ساختن و پرکردن برخی خش‌های جزئی باقی‌مانده از سمباده‌کاری و بعضی ناهمواری‌های جزئی استفاده کرد.

### ۷-۶- بتونه‌ها

از بتونه‌ها که شامل بتونه سنگی، بتونه فوری و بتونه روغنی است، به منظور پرکردن خش‌های عمیق و ناهمواری‌هایی که در سطح فلز یا در رنگ به وجود آمده استفاده می‌شود.

### ۸-۶- رنگ رویه

از رنگ رویه به منظور زیباسازی سطح نهایی (نما) اتومبیل استفاده می‌شود که شامل انواع مختلفی از این جمله‌اند: آکرلیک رنگ‌های نیتروسولوزی، روغنی آکرلیک، لعابی آکرلیک، یورتان آکرلیک و رنگ ملامینی.

رنگ‌های آستر در پوشش زیر کار مورد استفاده قرار می‌گیرند و بر روی سطح فلز پاشیده می‌شوند تا رنگ اصلی به خوبی به سطح فلز خام بچسبد و دوامش بیشتر شود.

**۱- آستر واش پرایمر (اچ پرایمر):** آستر واش پرایمر یک آستر اسیدی است که از زنگ‌زدگی فلز جلوگیری می‌نماید و باعث چسبندگی بهتر رنگ به سطح آستر میانی می‌گردد. این آستر در دو نوع تک جزئی و دو جزئی به کار گرفته می‌شود. آستر واش پرایمر تک جزئی بر روی ورق‌های روغنی سیاه (بدون آلیاژ) و آستر واش پرایمر دو جزئی بر روی ورق‌های آلیاژدار (مثل ورق گالوانیزه، ورق‌های آلومینیوم، مسی، برنجی و غیر آنها) پاشیده می‌شود.

**۲- آستر میانی:** وظیفه این آستر جلوگیری از زنگ‌زدگی سطح فلز و ایجاد چسبندگی میان آستر واش پرایمر و پوشش‌های بعدی است. این نوع آستر از رنگ‌دانه‌های ضد زنگ با کیفیت عالی و رنگ‌دانه‌هایی که روغن را بسیار کم به خود جذب می‌کنند، تشکیل شده و برای پرکردن خش‌های ظریف سمباده‌کاری نیز مناسب است. این نوع آستر نیز مانند آستر واش پرایمر دارای دو نوع تک جزئی و دو جزئی است. از نوع تک جزئی آن برای ورق‌های

## آزمون پایانی

- ۱- بدنه خودرو را تعریف کنید.
- ۲- مزایا و معایب بدنه آلومینیومی را بیان کنید.
- ۳- شناسی یکپارچه و شناسی جداشدنی را باهم مقایسه کنید.
- ۴- رنگ‌های ترموپلاست را توضیح دهید.
- ۵- اجزای تشکیل‌دهنده رنگ را نام ببرید.
- ۶- به چه دلیل از بتونه استفاده می‌شود؟