فصل چهارم

میل گاردان و مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل»

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

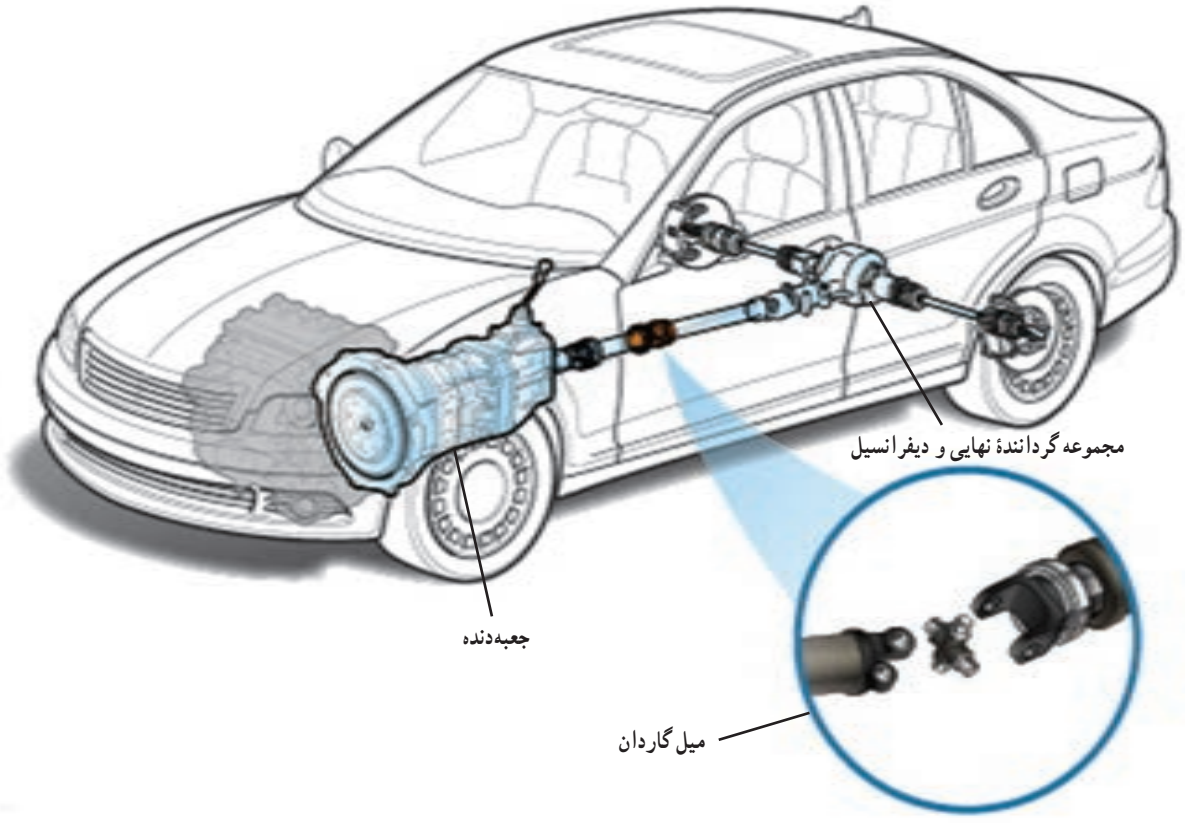
۱ــ وظایف میل گاردان را شرح دهد.
۲ــ اجزای میل گاردان را نام ببرد.
۳ــ اجزای چهارشاخهٔ گاردان را نام ببرد.
۴ــ انواع میل گاردان را نام ببرد.
۵ــ وظایف مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل» را شرح دهد.
۶ــ انواع چرخ‌دنده‌های مورد استفاده در گردانندهٔ نهایی را نام ببرد.
۷ــ مزایا و معایب چرخ‌دنده‌های هیپوییدی را شرح دهد.
۸ــ نحوهٔ عملکرد دیفرانسیل را شرح دهد.
۹ــ انواع یاتاقان‌بندی پلوس در اکسل یکپارچه را شرح دهد.
۱۰ــ انواع مفصل‌های پلوس را نام ببرد و آنها را شرح دهد.

۱ــ۴ــ میل گاردان

در خودروهای محرک عقب با طرح انتقال قدرت استاندارد، فاصلهٔ بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی مجموعهٔ گردانندهٔ نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار دارد، زیاد است. از این‌رو برای انتقال توان از جعبه‌دنده به مجموعهٔ گردانندهٔ نهایی از محوری توخالی به نام «میل گاردان[1]» استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۴).

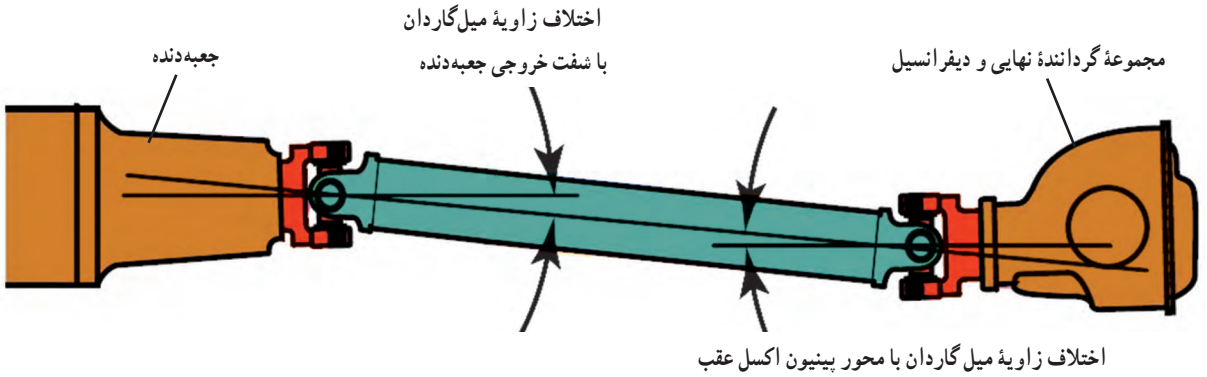
نکته : به‌منظور کاهش وزن و از محور خارج‌نشدن میل گاردان به دلیل وزن زیاد و همچنین افزایش استحکام پیچشی آن، میل گاردان را معمولاً توخالی می‌سازند.

۱ــ Propeller shaft



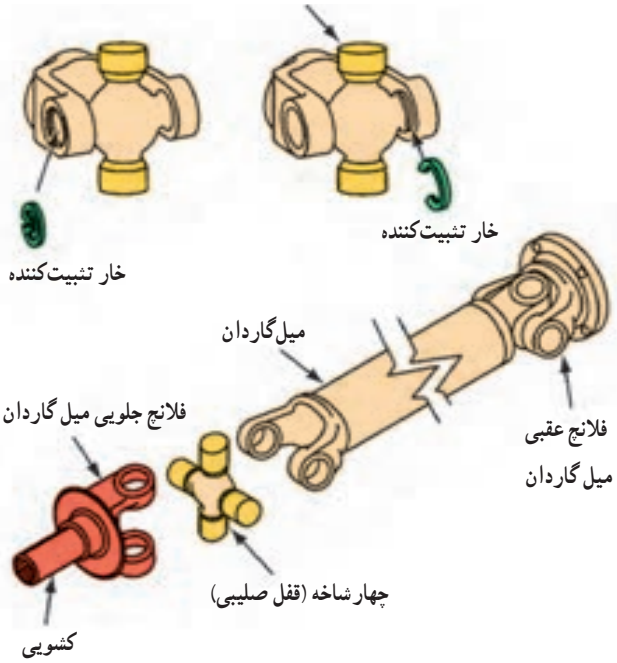
شکل ۱ــ۴ــ انتقال توان به مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی» توسط میل گاردان

میل گاردان از یک طرف به شفت خروجی جعبه‌دنده اتصال دارد و از طرف دیگر به شفت ورودی گردانندهٔ نهایی، که در اکسل عقب خودرو قرار گرفته، متصل است. در خودروهای با اکسل یک‌پارچه با حرکت خودرو روی سطح جاده، چرخ‌ها و مجموعهٔ گردانندهٔ نهایی با توجه به ناهمواری‌های جاده نوسان می‌کنند (بالا و پایین می‌روند)، از این‌رو برای جلوگیری از شکست میل گاردان لازم است قابلیت تغییر زاویه داشته باشد. به همین منظور در دو طرف میل گاردان از مفصل‌های صلیبی به‌نام «چهارشاخهٔ گاردان» استفاده می‌شود. چهارشاخهٔ گاردان، مطابق شکل ۲ــ۴، به میل گاردان اجازه می‌دهد که دور و گشتاور را تحت زاویهٔ قابل تغییر از شفت خروجی جعبه‌دنده به گردانندهٔ نهایی منتقل کند.



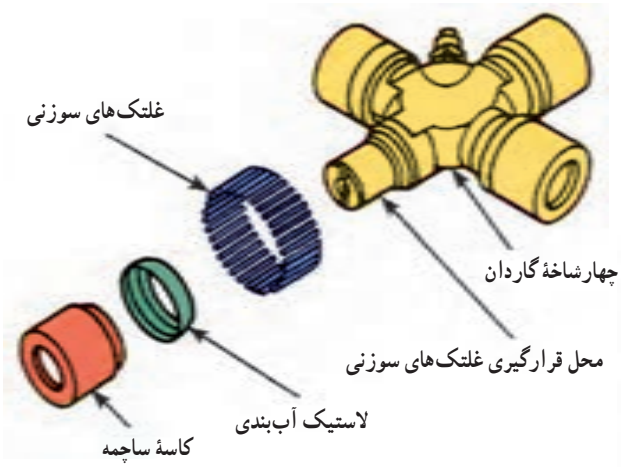
شکل ۲ــ۴ــ قابلیت انتقال توان توسط میل گاردان تحت زاویه

شکل ۳ــ۴ محل قرارگیری چهارشاخهٔ گاردان‌ها و نحوهٔ ارتباط آنها با میل گاردان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، چهارشاخهٔ 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 گردانندهٔ نهایی متصل‌اند.



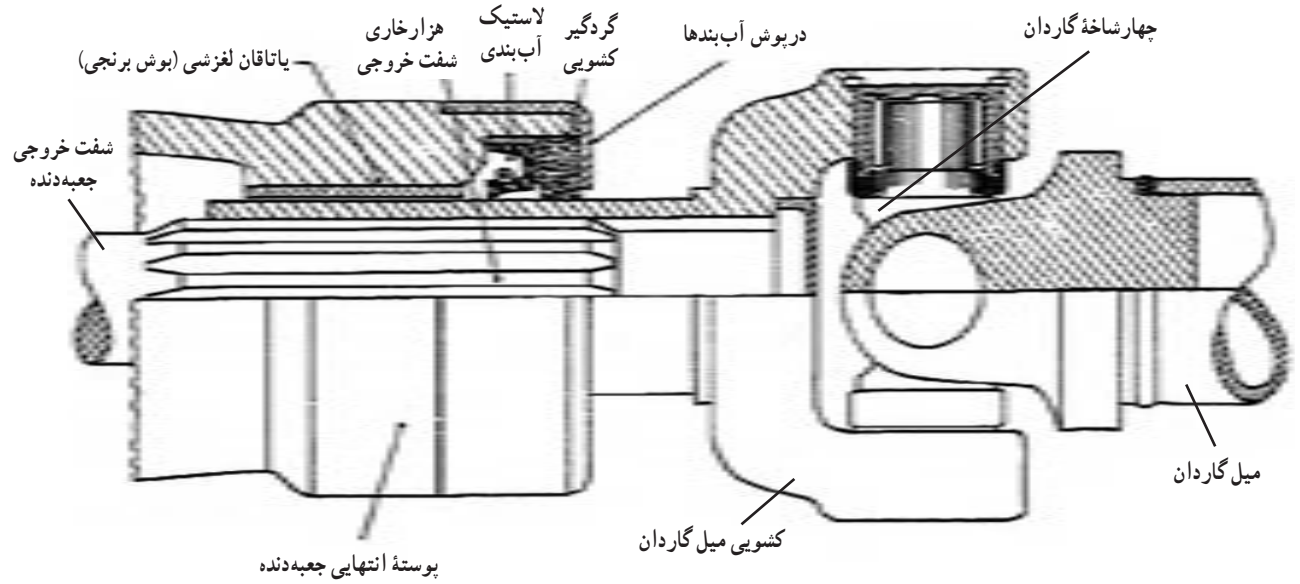
شکل ۳ــ۴ــ نحوهٔ اتصال چهارشاخهٔ گاردان به میل گاردان

شکل ۴ــ۴، اجزای یک چهارشاخه گاردان را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ چهارشاخهٔ گاردان

چهارشاخهٔ گاردان باید حول دو محور صلیبی خود دَوَران داشته باشد تا بتواند به میل گاردان اجازهٔ تغییر زاویه بدهد. از این‌رو از چهار کاسهٔ ساچمهٔ سوزنی به‌منظور یاتاقان‌بندی کم اصطکاک چهارشاخهٔ 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 محفظهٔ ساچمه‌ها جهت جلوگیری از ورود گردوغبار و خروج گریس آن از یک لاستیک

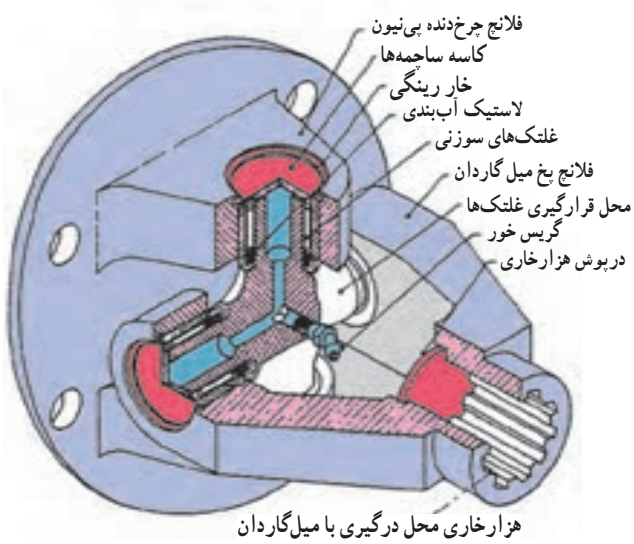


شکل ۵ــ۴ــ نحوهٔ اتصال فلانج جلوی میل گاردان با شفت خروجی جعبه‌دنده

آب‌بندی استفاده می‌شود.

شکل ۵ــ۴، نحوهٔ ارتباط فلانچ جلوی میل گاردان با شفت خروجیِ جعبه‌دنده را نشان می‌دهد. این فلانچ که به آن «فلانچ لغزشی» گفته می‌شود به‌صورت هزار خار به شفت خروجی جعبه‌دنده متصل شده و به گونه‌ای‌ست که می‌تواند روی شفت خروجی جعبه‌دنده حرکت طولی داشته باشد. از این‌رو در صورت تغییر فاصلهٔ بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گردانندهٔ نهایی (ناشی از نوسانات اکسل عقب) با وجود این فلانچ لغزشی، تغییر فاصلهٔ بین شفت خروجی جعبه‌دنده و شفت ورودی گردانندهٔ نهایی در حین تغییر زاویهٔ میل گاردان، امکان‌پذیر می‌شود.

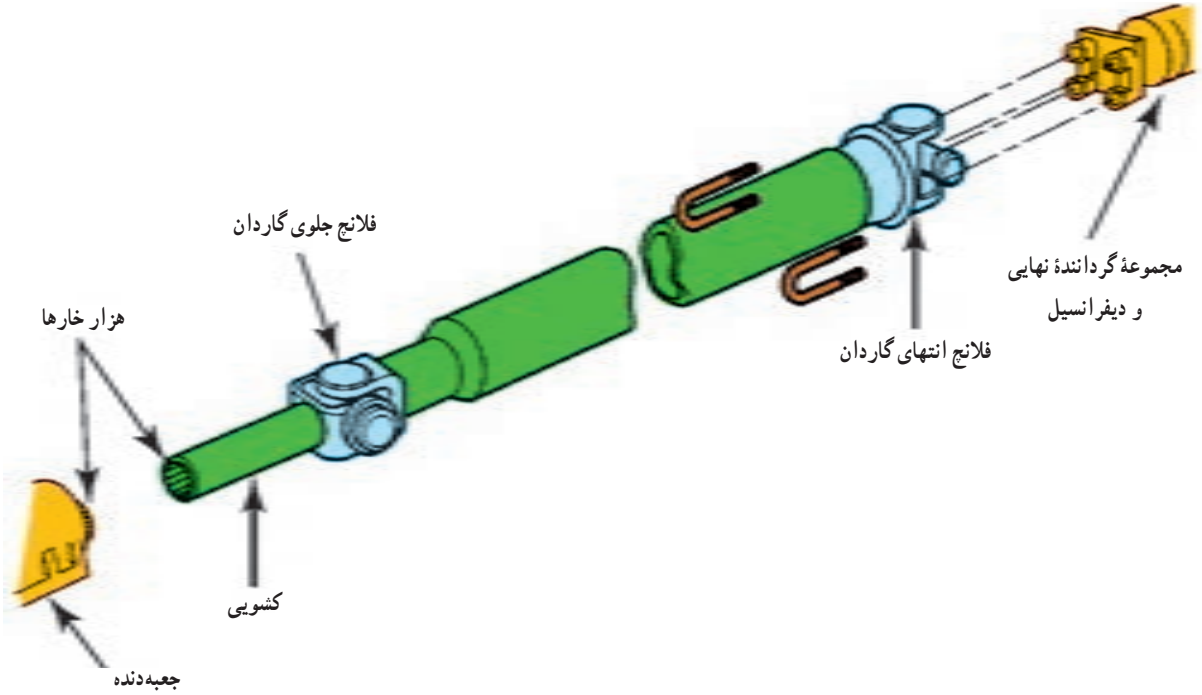
شکل ۶ــ۴، فلانچ عقب میل گاردان را نشان می‌دهد که توسط پیچ و مهره به فلانچ پایه‌دار شفت ورودی مجموعهٔ گردانندهٔ نهایی متصل می‌شود.



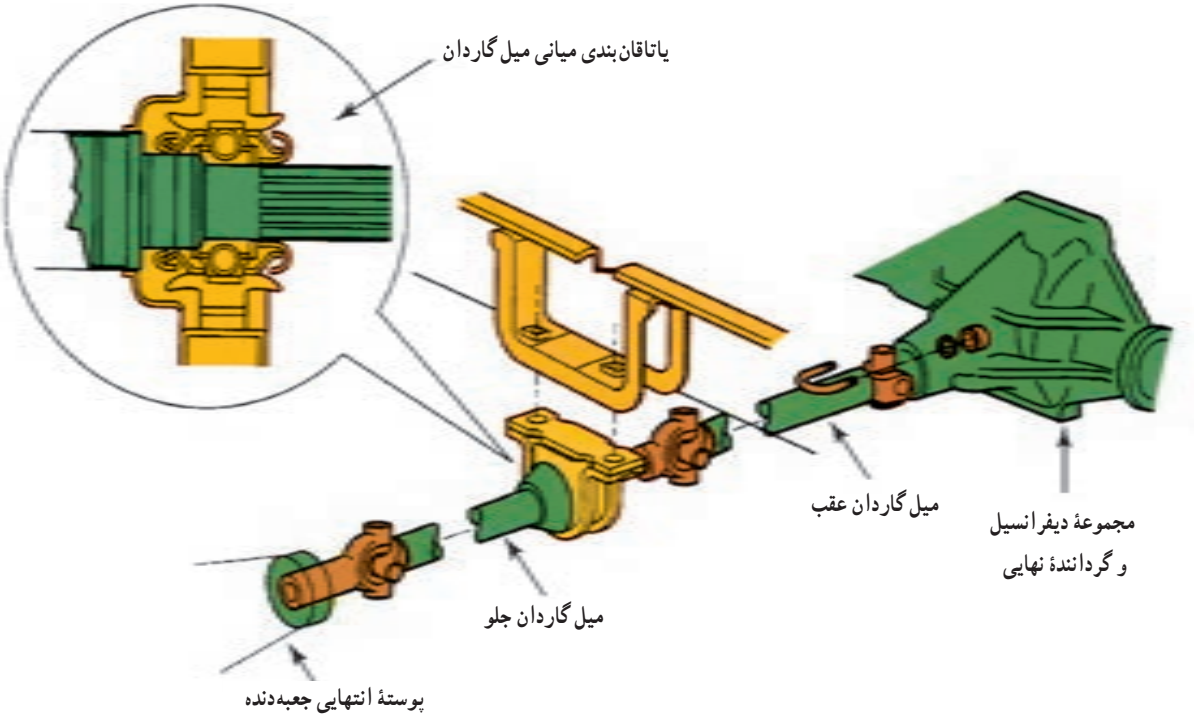
شکل ۶ــ۴ــ نحوهٔ اتصال فلانچ عقب میل گاردان با شفت ورودی مجموعهٔ گردانندهٔ نهایی

۲ــ۴ــ انواع میل گاردان

به‌طور کلی می‌توان میل گاردان را در خودروهای سواری به دو دستهٔ «میل گاردان یک تکه» و «میل گاردان دو تکه» تقسیم نمود. برای جلوگیری از نوسانات و ارتعاشات میل گاردان، طول آن نباید بیشتر از ۱/۵ m باشد. در خودروهایی که میل گاردان آن طول بیشتری دارد، از میل گاردان دو تکه استفاده می‌شود. شکل‌های ۷ــ۴ و ۸ــ۴، این دو نوع میل گاردان را نشان می‌دهند.



شکل ۷ــ۴ــ میل گاردان یک تکه

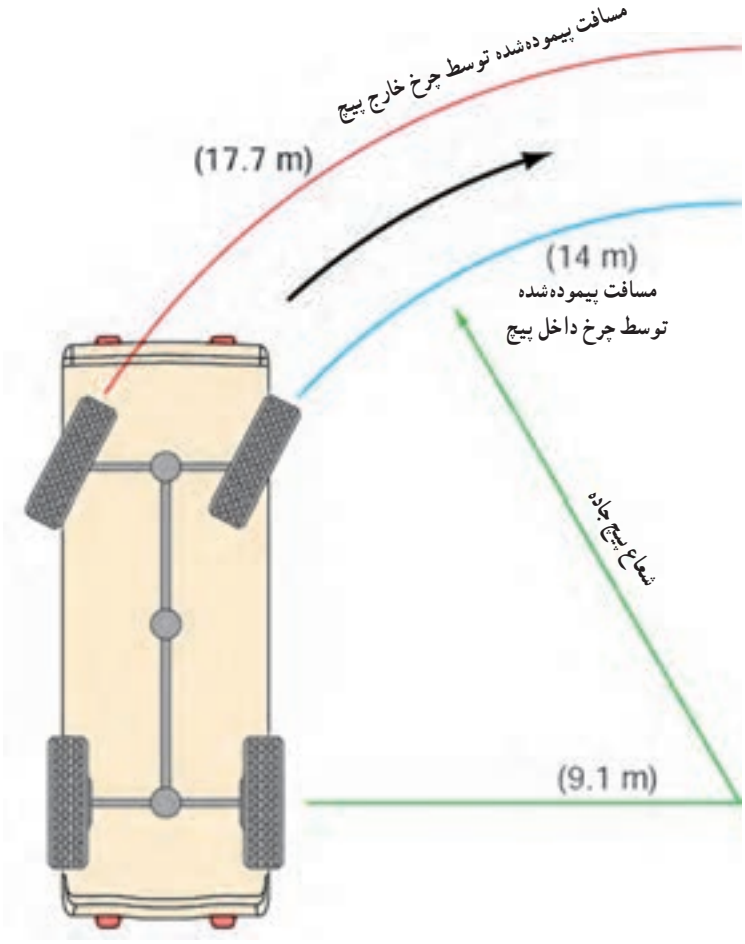


شکل ۸ــ۴ــ میل گاردان دو تکه

۳ــ۴ــ مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل»

مطابق شکل ۹ــ۴، هنگامی‌که خودرویی در حال طی کردن پیچ جاده است، چرخ خارج پیچ باید مسیر طولانی‌تری 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 دورِ بین چرخ‌های محرک چپ و راست را ایجاد کند. این موضوع بر عهدهٔ مجموعهٔ «گردانندهٔ



شکل ۹ــ۴ ــ اختلاف در مسیر طی شده توسط چرخ‌های داخل و خارج پیچ جاده

نهایی[1] و دیفرانسیل[2]» است.

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

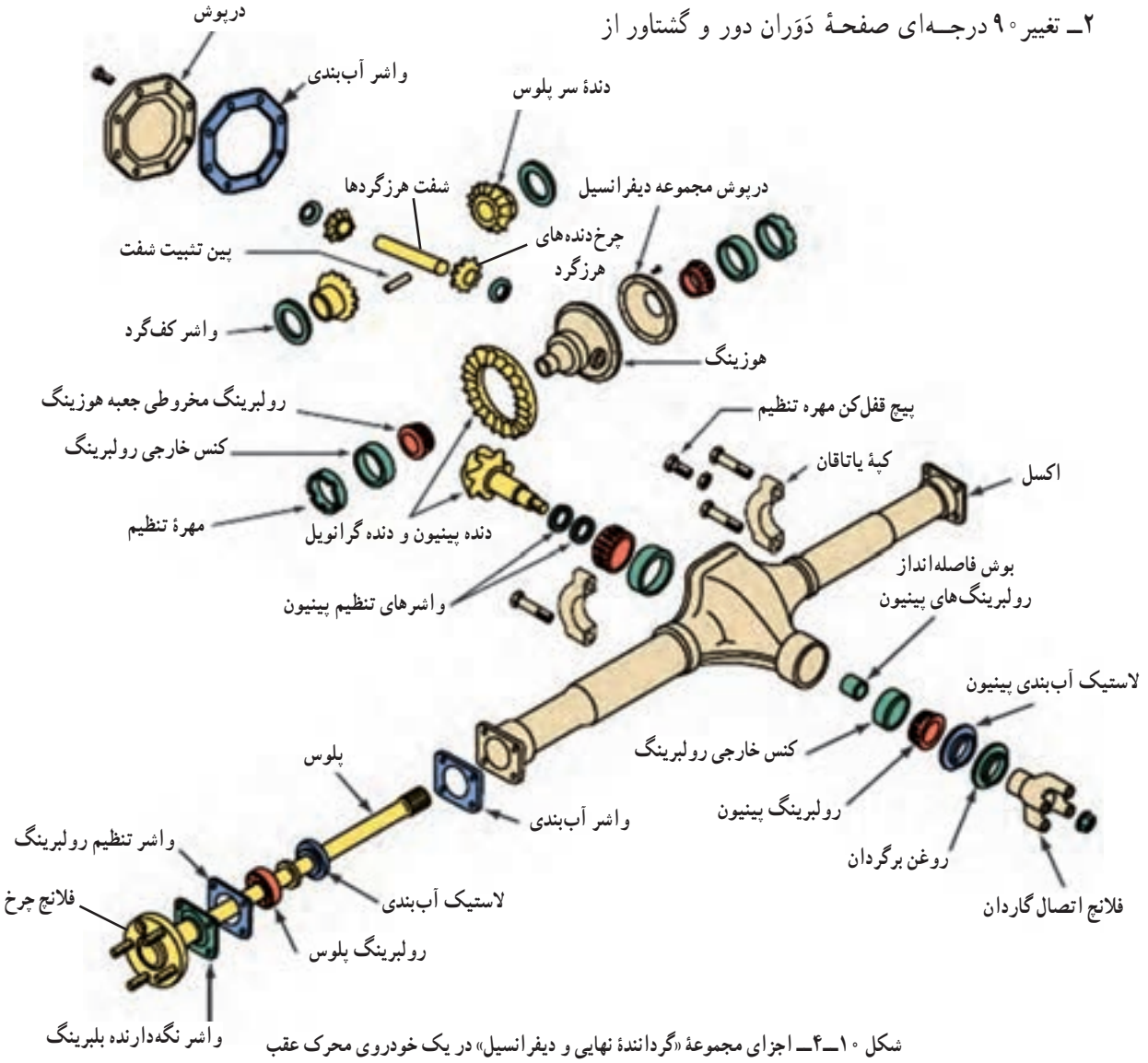
وظایف مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل» عبارت‌اند از :

۱ــ کاهش دور و افزایش گشتاور خروجی جعبه‌دنده، به‌منظور دستیابی به سرعت و نیروی کششی مورد نیاز خودرو؛

۲ــ تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران دور و گشتاور از موتور به چرخ‌های محرک در خودروهایی که موتور آنها در جهت طول خودرو نصب شده است.

۳ــ ایجاد اختلاف دور مناسب بین چرخ‌های داخل و خارج پیچ در هنگام حرکت خودرو در پیچ جاده، برای دستیابی به پایداری مطلوب خودرو.

شکل ۱۰ــ۴، اجزای مجموعهٔ «گردانندهٔ 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 میل گاردان به آن منتقل می‌شود.



شکل ۱۰ــ۴ــ اجزای مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل» در یک خودروی محرک عقب

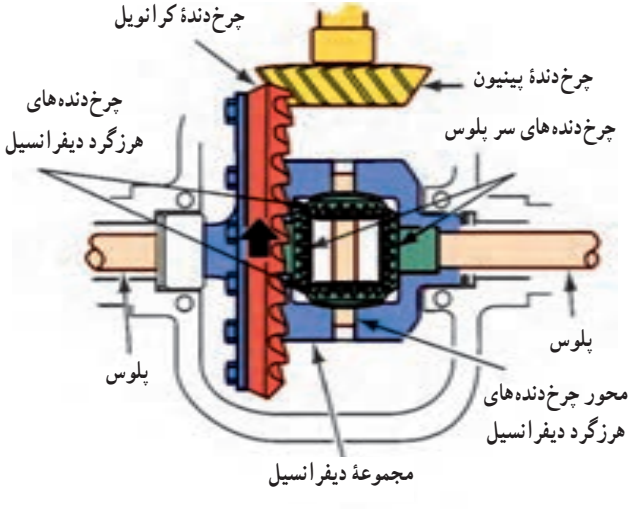
۱ــ Final Drive

۲ــ Differential

۴ــ۴ــ کاهش دور و افزایش گشتاور در گردانندهٔ نهایی

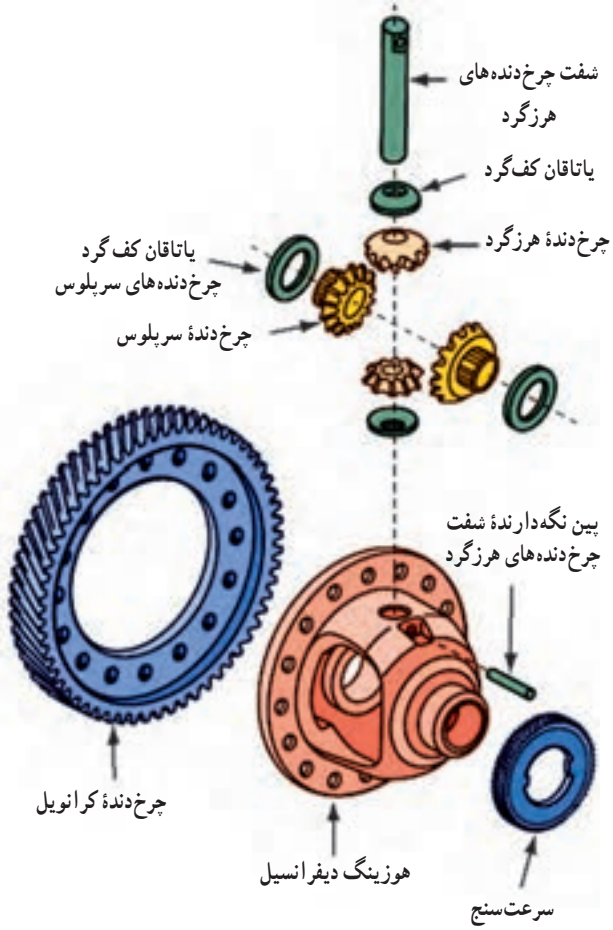
عمل کاهش دور و افزایش گشتاور خروجیِ جعبه‌دنده در گردانندهٔ نهایی، به‌وسیلهٔ یک جفت چرخ‌دنده به نام «چرخ‌دندهٔ پینیون[1]» و «چرخ‌دندهٔ کرانویل[2]» انجام می‌شود. چرخ‌دندهٔ محرک که کوچک‌تر است «چرخ‌دندهٔ پینیون» و چرخ‌دندهٔ بزرگ‌تر که متحرک است، «چرخ‌دندهٔ کرانویل» نامیده می‌شود. ترکیب این دو چرخ‌دنده یک 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 ۱۱ــ۴، در خودروهای محرک عقب که موتور در جهت طول خودرو نصب شده، گردانندهٔ نهایی شامل یک جفت چرخ‌دنده مخروطی است، که ضمن تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران، وظیفهٔ افزایش گشتاور و کاهش دور را نیز برعهده دارد.



شکل ۱۱ــ۴ــ مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک عقب

در خودروهای محرک جلو به دلیل هم‌راستابودن محور دَوَران موتور و محور چرخ‌های محرک، گردانندهٔ نهایی شامل یک جفت چرخ‌دندهٔ موازی محور از نوع چرخ‌دندهٔ مارپیچ است که در شکل ۱۲ــ۴ قابل ملاحظه است.



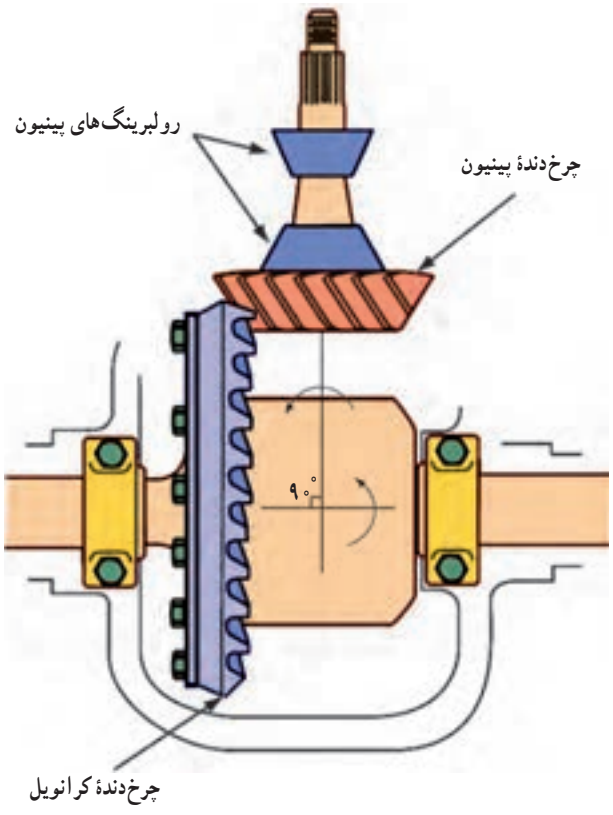
شکل ۱۲ــ۴ــ مجموعهٔ «گردانندهٔ نهایی و دیفرانسیل» در خودروی محرک جلو

۵ــ۴ــ تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران

وظیفهٔ تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران مختص خودروهای محرک عقبی‌ست که در آنها موتور در جهت طول خودرو نصب شده است. در این خودروها، مطابق شکل ۱۳ــ۴ گردانندهٔ نهایی دارای یک جفت چرخ‌دندهٔ مخروطی‌ست. درگیری این دو چرخ‌دنده به‌گونه‌ای‌ست که یک اختلاف ۹۰ درجه‌ای در صفحهٔ دَوَران آنها وجود دارد. از این‌رو هنگامی‌که دور و گشتاور از چرخ‌دندهٔ پینیون به چرخ‌دندهٔ کرانویل منتقل می‌شود صفحهٔ دَوَران دور و گشتاور، تغییر جهت ۹۰ درجه‌ای خواهد داشت.

۱ــ Pinion gear

۲ــ Crown wheel gear



شکل ۱۳ــ۴ــ تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران در گردانندهٔ نهایی

نکته : در خودروهایی که موتور در جهت طولیِ خودرو قرار گرفته است، بین صفحهٔ دَوَران میل‌لنگ و چرخ‌های محرک خودرو اختلاف صفحهٔ دَوَران ۹۰ درجه‌ای وجود دارد.

در خودروهایی که موتور آنها به‌صورت عرضی نصب شده به تغییر ۹۰ درجه‌ای صفحهٔ دَوَران نیاز نیست. گردانندهٔ نهایی در این خودروها در پوستهٔ جعبه‌دنده قرار دارد و چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل از نوع چرخ‌دندهٔ مارپیچ‌اند. در این طرح، چرخ‌دندهٔ پینیون روی شفت خروجی جعبه‌دنده قرار می‌گیرد و همراه با آن دَوَران می‌کند. بنابراین چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل خودروهای محرک جلو نیاز به تنظیم ندارند و هزینهٔ تولید کمتری دارند که از مزایای این سیستم به شمار می‌آید.

در شکل ۱۴ــ۴، سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل، که در گردانندهٔ نهایی خودروهای محرک عقب به‌کار می‌روند، نشان داده شده است. این سه نوع چرخ‌دنده عبارت‌اند از :

۱ــ چرخ‌دندهٔ مخروطی با دندانه‌های مستقیم؛

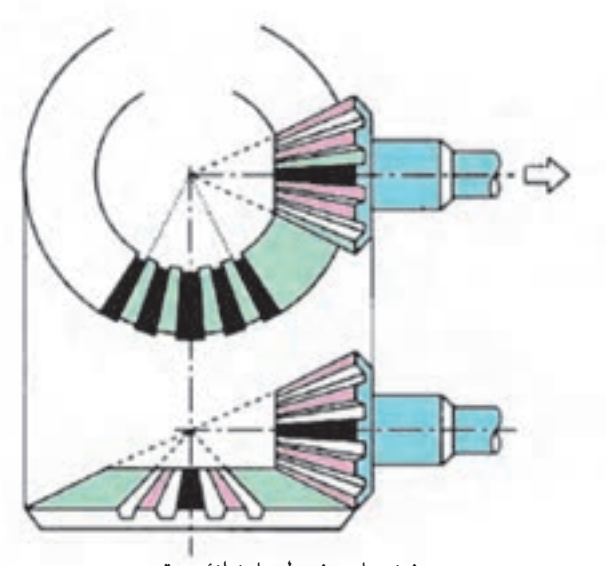
۲ــ چرخ‌دندهٔ مخروطی مارپیچ؛

۳ــ چرخ‌دندهٔ مخروطی هیپوییدی.

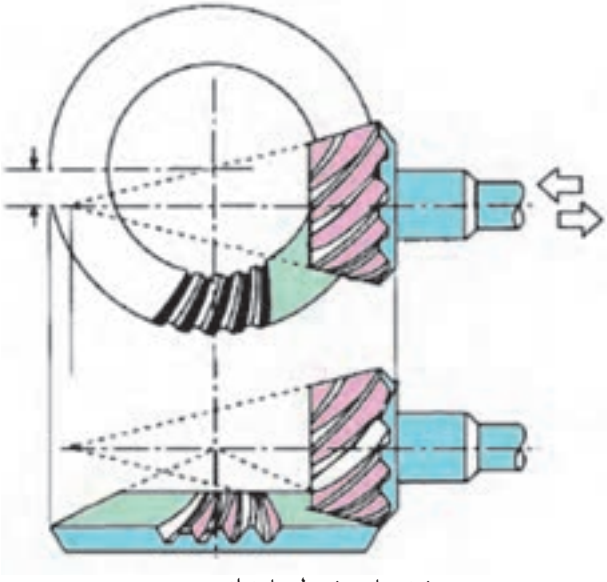
امروزه چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل با فرم دندهٔ هیپوییدی، تقریباً در تمام گردانندهٔ نهایی خودروهای سواری محرک عقب به‌کار می‌رود.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، چرخ‌دنده های پینیون و کرانویل با فرم دندهٔ هیپوییدی، به‌گونه‌ای درگیر می‌شوند که محور چرخ‌دندهٔ پینیون پایین‌تر از محور چرخ‌دنده کرانویل باشد. این موضوع سبب می‌شود ارتفاع تونل میل گاردان درون بدنه طولی

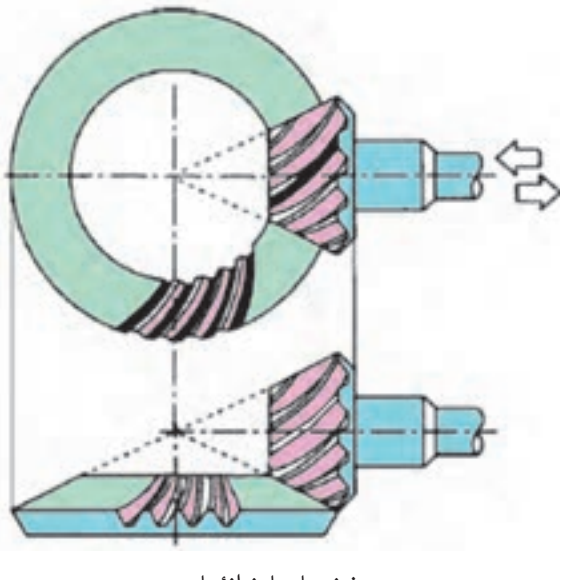
خودرو کاهش یابد بنابراین راحتی سرنشین خودرو افزایش می‌یابد. چرخ‌دنده‌های هیپوییدی به دلیل فرم دندانه‌های آنها، بسیار بی‌صداتر از چرخ‌دنده‌های مخروطی کار می‌کنند که این موضوع به سبب کاهش آلودگی صوتی در خودروهای سواری حائز اهمیت می‌باشد و از محاسن این نوع چرخ‌دنده‌ها به‌شمار می‌آید. عیب اصلی چرخ‌دنده‌های مخروطی هیپوییدی، 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 دندانهٔ مستقیم



چرخ‌دنده‌های مخروطی با دندانه هیپوییدی

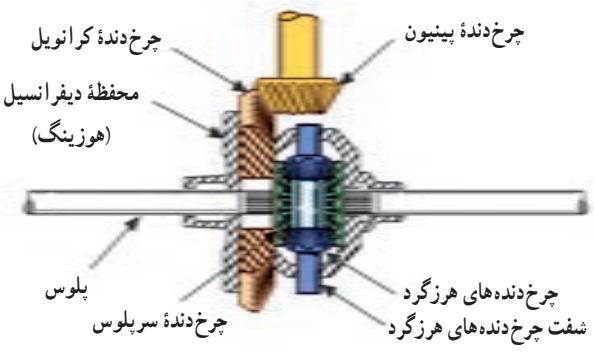


چرخ‌دنده‌های با دندانهٔ مارپیچ

شکل ۱۴ــ۴ــ سه نوع از جفت چرخ‌دنده‌های پینیون و کرانویل که در گردانندهٔ نهایی خودروهای محرک عقب به کار می‌روند.

۶ــ۴ــ ایجاد اختلاف دورِ بین چرخ‌ها

هنگام حرکت خودرو در مسیر پیچ جاده، برای ایجاد اختلاف دورِ بین چرخ‌های محرک داخل و خارج پیچ، از مجموعهٔ چرخ‌دنده‌ای به‌نام دیفرانسیل که در داخل یک محفظه، که به‌عنوان «هوزینگ دیفرانسیل» شناخته می‌شود، استفاده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱۵ــ۴ ملاحظه می‌شود، داخل هوزینگ چهار عدد چرخ‌دندهٔ مخروطی ساده وجود دارد که با یکدیگر درگیر هستند. هوزینگ نیز با پیچ به چرخ‌دندهٔ کرانویل



شکل ۱۵ــ۴ــ چرخ‌دنده‌های داخل هوزینگ دیفرانسیل

گرانندهٔ نهایی متصل است و همواره با آن دَوَران می‌کند.

دو عدد از چرخ‌دنده‌های مخروطی، که کوچک‌ترند و به‌وسیلهٔ محوری بـه هـوزینگ دیفرانسیل متصل شده‌اند، «چرخ‌دنـده‌هـای هرزگـرد» نـامیده مـی‌شونـد. دو چرخ‌دندهٔ دیگر «چرخ‌دنده‌هـای سر پلوس» نامیده مـی‌شوند. چرخ دنده‌های سرپلوس توسط هزار خار بـه پلوس‌هـا 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 :

۱ــ دَوَران چرخ‌دنده‌های هرزگرد با هوزینگ یا چرخ‌دندهٔ کرانویل، که به آن «حرکت انتقالی» گفته می‌شود.

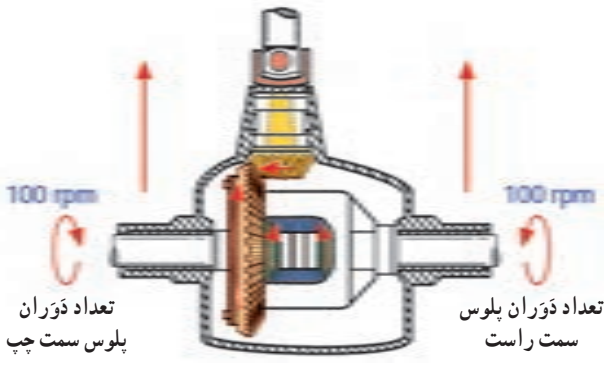
۲ــ دَوَران چرخ‌دنده‌های هرزگرد حول محور خودشان، که به آن «حرکت وضعی» گفته می‌شود.

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

۱ــ حـرکت خـودرو 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 این‌رو، مطابق شکل ۱۶ــ۴، کل مجموعهٔ هم دور با هم دَوَران می‌کنند و چرخ‌دنده‌های سرپلوس با دور یکسان موجب چرخش پلوس‌ها و چرخ‌ها می‌شوند.

مطابق شکل ۱۶ــ۴ مسیر انتقال دور و گشتاور در این وضعیت به ترتیب زیر است :

چرخ‌دندهٔ پینیون، چرخ‌دندهٔ کرانویل، هوزینگ دیفرانسیل،

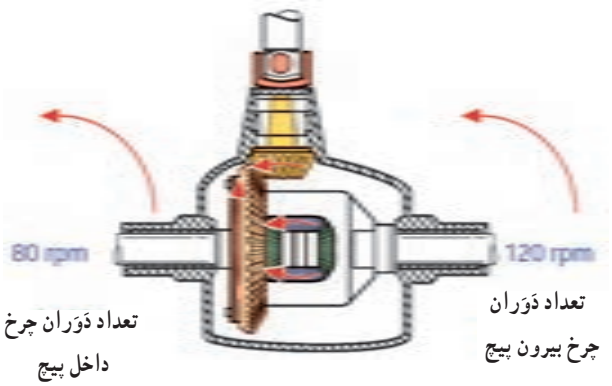


شکل ۱۶ــ۴ــ عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو در مسیر مستقیم

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

۲ــ حرکت خودرو حین طی کردن مسیر پیچ جاده : با توجه به شکل ۱۷ــ۴ در این وضعیت نیروی مقاوم روی چرخ محرک داخل پیچ بیشتر است. از این‌رو حرکت انتقالی چرخ‌دندهٔ سر پلوسِ چرخ داخل پیچ، کاهش می‌یابد و به‌صورت تکیه‌گاهی برای چرخ‌دنده‌های هرزگرد عمل می‌کند.

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

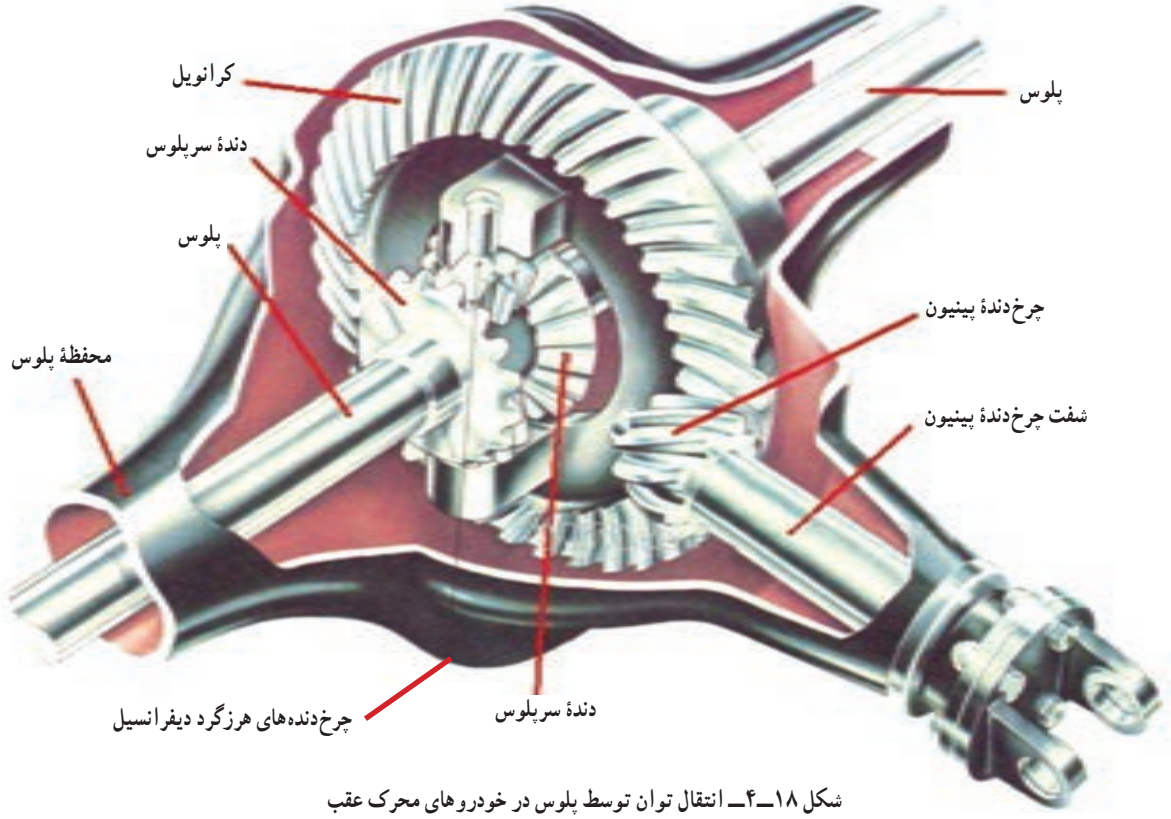


شکل ۱۷ــ۴ــ عملکرد دیفرانسیل در وضعیت حرکت خودرو حین طی‌کردن مسیر پیچ جاده

۷ــ۴ــ پلوس و یاتاقان‌بندی آن

پلوس شفتی‌ست که وظیفهٔ انتقال دور و گشتاور از دیفرانسیل به چرخ‌هـای محرک خودرو را بـر عهده دارد. در خودروهای محرک عقب بـا اکسل یکپارچه، مطابق شکل ۱۸ــ۴، پلوس در داخل پوستهٔ اکسل تعبیه شده است. در این طرح، به‌منظور تحمل نیـروها و گشتاورهای مختلف، پـلوس بایـد داخل پوستهٔ اکسل یاتاقان‌بندی شود.

انواع یاتاقان‌بندی پلوس در داخل پوستهٔ اکسل به شرح

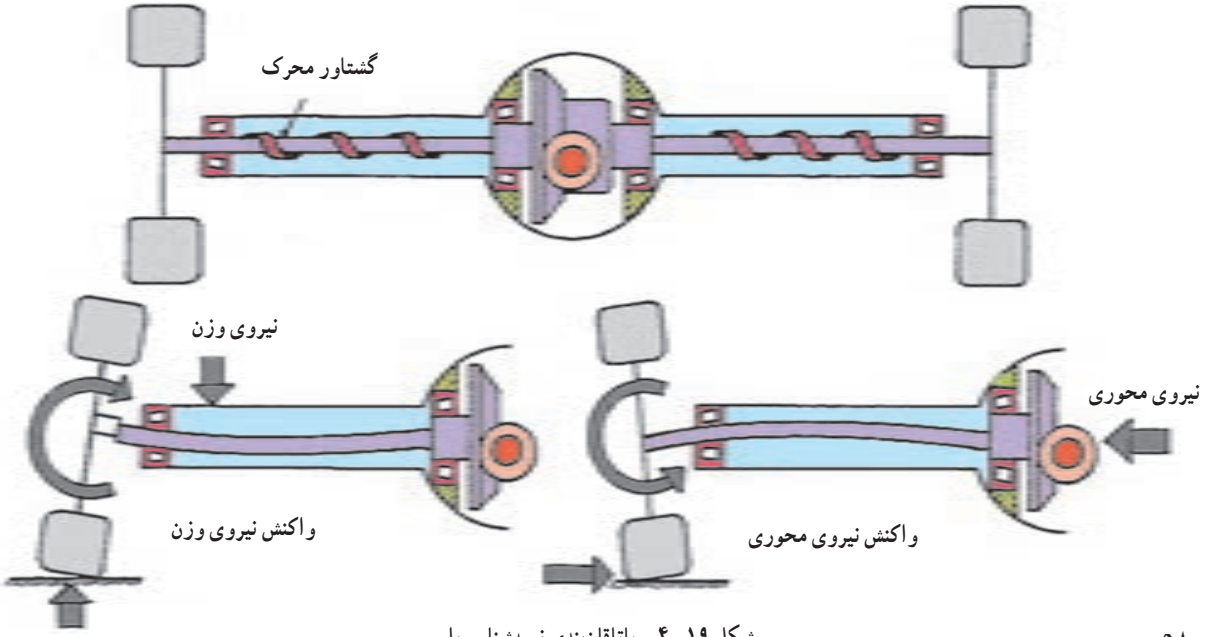


شکل ۱۸ــ۴ــ انتقال توان توسط پلوس در خودروهای محرک عقب

زیر است :

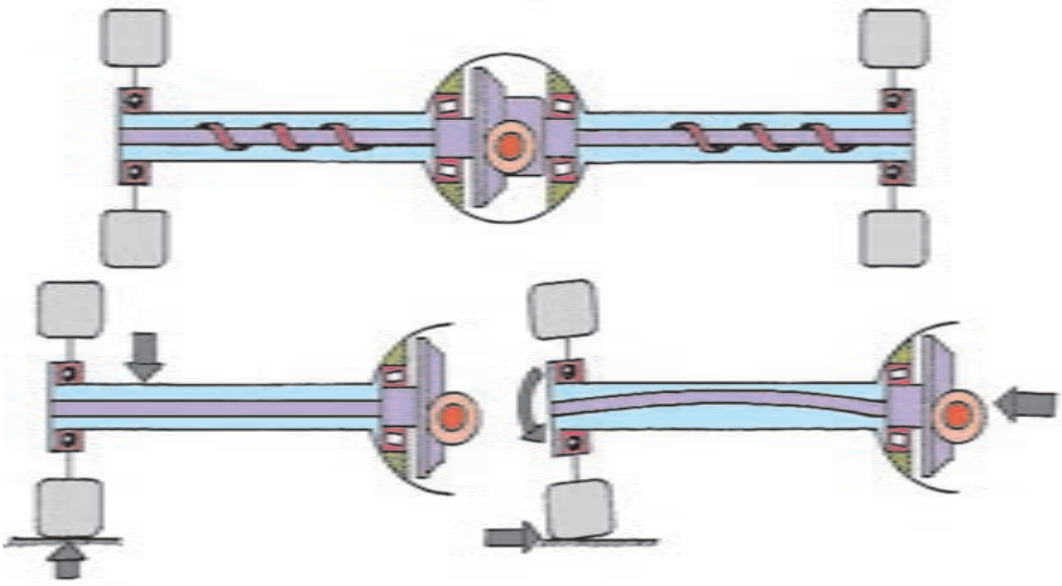
۱ــ۷ــ۴ــ یاتاقان‌بندی نیمه شناور : در این نوع یاتاقان‌بندی، مطابق شکل ۱۹ــ۴، از یک بلبرینگ یا رولبرینگ بین پوستهٔ داخلی اکسل و محیط خارجی پلوس استفاده شده است.

درنتیجه 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 یاتاقان‌بندی، در صورت شکست پلوس، چرخ از محل خود خارج و خودرو منحرف می‌شود.



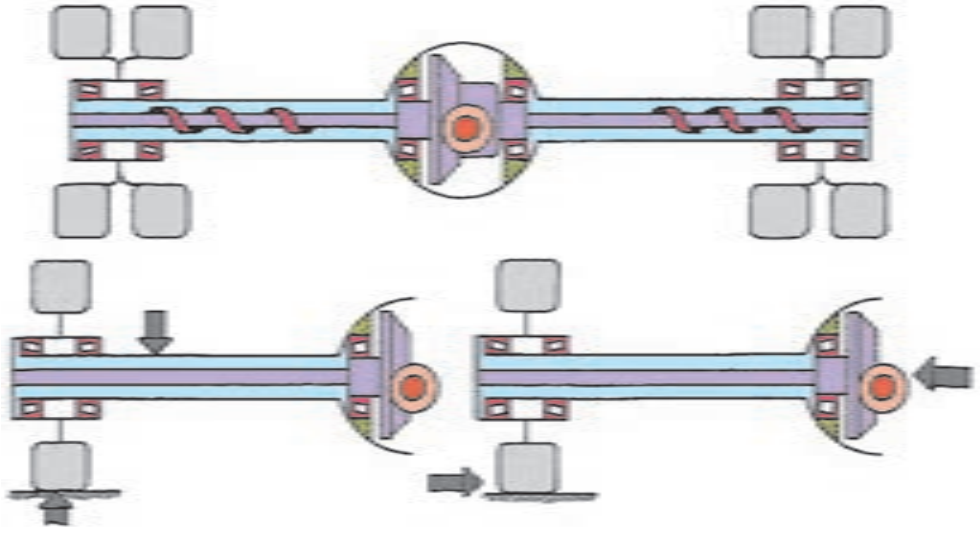
شکل ۱۹ــ۴ــ یاتاقان‌بندی نیمه‌شناور پلوس

۲ــ۷ــ۴ــ یاتاقان بندی سه‌چهارم شناور : مطابق شکل ۲۰ــ۴ در این نوع یاتاقان‌بندی از بلبرینگ یک ردیفه یا دو ردیفه استفاده می‌شود و بلبرینگ بین پوستهٔ خارجی اکسل و پوستهٔ داخلی فلانچ چرخ قرار دارد. در این نوع یاتاقان‌بندی که مورد استفادهٔ خودروهای اندازهٔ متوسط و کامیونت است، نیروی وزن و گشتاور خمشی به پلوس اعمال نمی‌گردد و در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نمی‌شود.



شکل ۲۰ــ۴ــ یاتاقان‌بندی سه‌چهارم شناور پلوس

۳ــ۷ــ۴ــ یاتاقان‌بندی تمام‌شناور : مطابق شکل ۲۱ــ۴ در این نوع یاتاقان‌بندی از دو عدد رولبرینگ مخروطی که وزن خودرو به آنها و پوستهٔ 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 یاتاقان‌بندی در خودروهای سنگین استفاده می‌شود. در این طرح، پلوس توسط پیچ به فلانچ چرخ متصل می‌شود و فقط گشتاور پیچشی را از دیفرانسیل به چرخ منتقل می‌کند. از این‌رو در صورت شکستن پلوس، چرخ از محل خود خارج نخواهد شد.

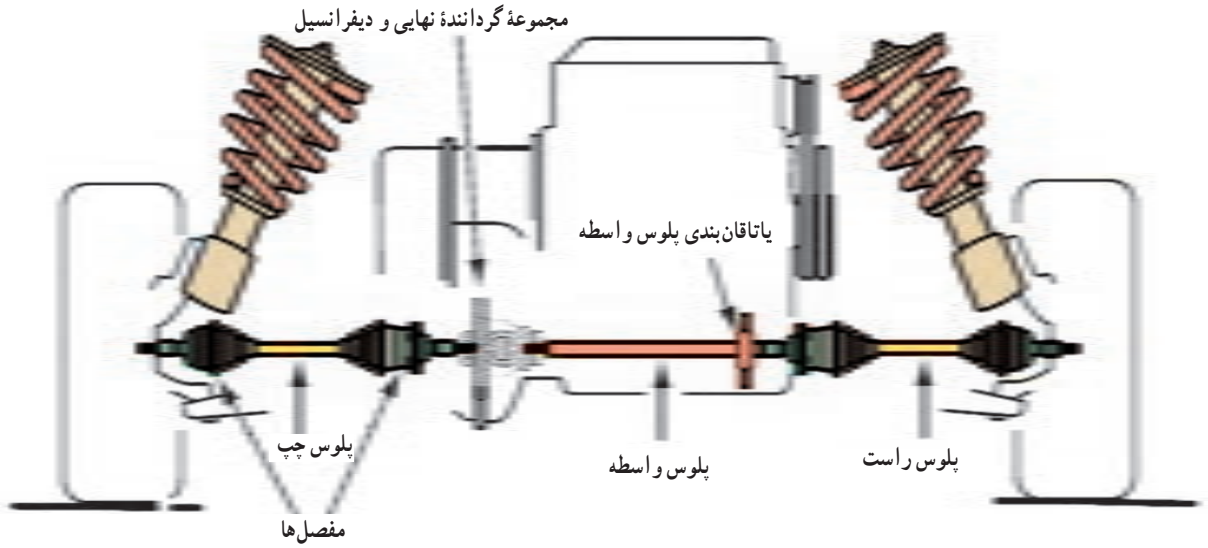


شکل ۲۱ــ۴ــ یاتاقان‌بندی تمام‌شناور پلوس

۸ــ۴ــ مفصل پلوس (مفصل سرعت ثابت)

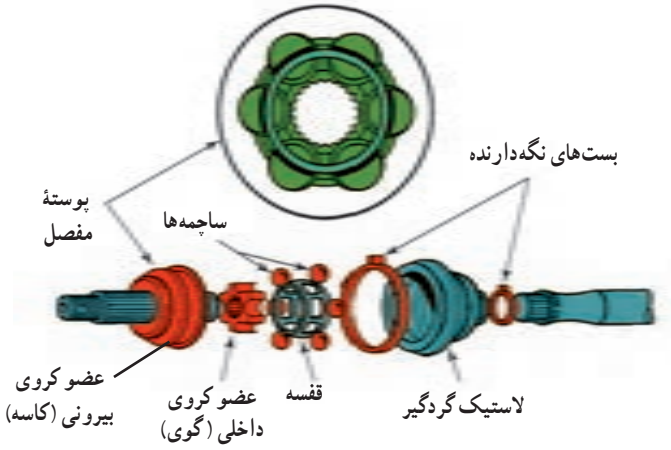
در خودروهای محرک عقب با سیستم تعلیق مستقل و به خصوص خودروهای محرک جلو با سیستم تعلیق مستقل، پلوس‌ها به مفاصلی نیاز دارند تا چرخ‌های جلوی خودرو بتوانند حرکت‌های لازم را، از قبیل حرکت عمودی (به واسطهٔ ناهمواری جاده) و حرکت دَوَرانی (به واسطهٔ فرمان‌پذیری خودرو) انجام دهند. هنگامی که چرخ‌ها حرکت عمودی یا دَوَرانی انجام دهند، فاصلهٔ بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل نیز تغییر می‌کند. بنابراین باید امکان تغییر فاصلهٔ 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 شکل۲۲ــ۴، هر پلوس دارای دو مفصل است. به‌طوری‌که معمولاً مفصل نزدیک به چرخ از نوع کروی و مفصل نزدیک به دیفرانسیل از نوع سه‌شاخه‌ای است.



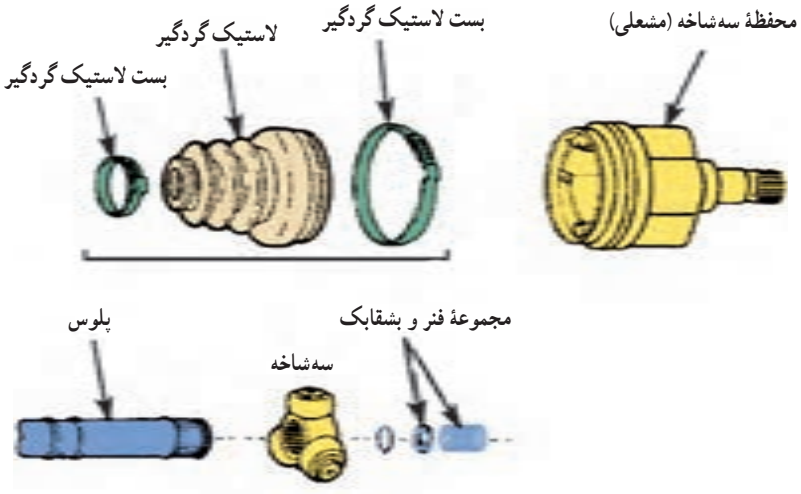
شکل ۲۲ــ۴ــ پلوس و مفصل‌های آن

شکل۲۳ــ۴، مفصل کروی پلوس را نشان می‌دهد. این مفصل فقط مجاز به تغییر زاویهٔ بین چرخ و پلوس است و چرخ‌های جلو، ضمن محرک بودن، به راحتی می‌توانند به‌صورت عمودی حرکت کنند و فرمان‌پذیری نیز داشته باشد.



شکل ۲۳ــ۴ــ مفصل کروی پلوس

شکل ۲۴ــ۴، مفصل سه‌شاخه‌ای پلوس را نشان می‌دهد. این مفصل، ضمن آنکه اجازه می‌دهد تغییر زاویهٔ بین شفت خروجی از دیفرانسیل و پلوس صورت گیرد قسمت سه‌شاخه‌ای پلوس درون محفظهٔ آن حرکت محوری انجام می‌دهد و از این رو در هنگام ایجاد حرکت عمودی یا فرمان‌پذیری چرخ، که فاصلهٔ بین مرکز چرخ تا دیفرانسیل تغییر می‌کند، اجازه می‌دهد تغییر فاصلهٔ 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. به‌عبارت دیگر، عملکرد سیستم‌های تعلیق، فرمان و انتقال قدرت، که به چرخ ختم می‌شود، دچار اخلال و نقص نمی‌گردد.



شکل ۲۴ــ۴ــ مفصل پلوس سه‌شاخه‌ای

آزمون پایانی

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

فصل پنجم

جعبه دندهٔ اتوماتیک

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

۱ــ مزایای جعبه دنده‌های اتوماتیک را شرح دهد.

۲ــ اجزای اصلی جعبه دندهٔ اتوماتیک را شرح دهد.

۳ــ وظیفه و نحوهٔ عملکرد مبدل گشتاور را شرح دهد.

۴ــ اجزای اصلی مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای را نام ببرد.

۵ــ وضعیت‌های مختلف مجموعهٔ چرخ‌دنده سیاره‌ای را شرح دهد.

۶ــ اجزای کنترل‌کنندهٔ مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای را نام ببرد.

۷ــ انواع سیستم سی‌وی‌تی را نام ببرد.

۸ــ نحوهٔ عملکرد سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهد.

۱ــ۵ــ جعبه دنده‌های اتوماتیک

امروزه بسیاری از خودروهای سواری به جعبه دنده‌های اتوماتیک[1] مجهز هستند و استفاده از این نوع جعبه دنده‌ها به دلایل زیر درحال افزایش است :

۱ــ خودروهای مجهز به جعبه‌دندهٔ اتوماتیک، فاقد پدال کلاچ است و راننده در انجام تعویض دنده دخالت مستقیم ندارد. از این‌رو با جلوگیری از استفادهٔ مکرر کلاچ و تعویض دنده‌های متوالی، به خصوص در ترافیک و جاده‌های شلوغ، راحتی و آسایش راننده افزایش یافته و آلایندگی ناشی از سایش ذرات معلق لنت کلاچ نیز کاسته شده است.

۲ــ جعبه‌دندهٔ اتوماتیک با دریافت اطلاعات مختلف از شرایط عملکردی خودرو (از قبیلِ بار موتور، سرعت خودرو و غیره) بهترین و مناسب‌ترین دور موتور را برای تعویض دنده انتخاب می‌کند. از این رو شرایط عملکردی خودرو به وضعیت ایده‌آل نزدیک می‌گردد که باعث افزایش راحتی سرنشین، عملکرد بهتر موتور و کاهش مصرف سوخت می‌شود (البته لغزش بین پمپ و توربین تورک کانورتور یا مبدل گشتاور نسبت به عملکرد کلاچ خشک در جعبه‌دندهٔ دستی، به افزایش مصرف سوخت منجر می‌شود).

جعبه‌دنده‌های اتوماتیک از چهار بخش اصلی به شرح زیر تشکیل شده‌اند :

۱ــ مبدل گشتاور، که وظیفهٔ انتقال دور و گشتاور از موتور به شفت ورودی جعبه دنده را به‌صورت اتوماتیک بر عهده دارد.

۲ــ اجزای مکانیکی، که شاملِ مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای، کلاچ‌های چندصفحه‌ای، کلاچ‌های یک‌طرفه و باند ترمزی است.

۳ــ مدارهای هیدرولیکی، که شاملِ بلوک هیدرولیک (صفحهٔ

۱ــ Automatic Transmission or Tranaxle

سوپاپ)، شیرهای هیدرولیکی، سروو (Servo) و آکومولاتور است.

۴ــ اجزای الکترونیکی، که شاملِ واحد کنترل الکترونیکی، حسگرها و شیرهای برقی‌ست.

۲ــ۵ــ مبدل گشتاور

در خودروهای مجهز به جعبه‌دندهٔ اتوماتیک برای انتقال دور و گشتاور موتور به شفت ورودی جعبه‌دنده، بدون دخالت مستقیم راننده، از نوعی کوپلینگ هیدرولیکی خاص به نام «مبدل گشتاور[۱]» استفاده می‌شود. شکل‌های ۱ــ۵ و ۲ــ۵ به ترتیب نمای ظاهری و اجزای داخلی مبدل گشتاور را نشان می‌دهند.

شکل ۱ــ۵ــ نمای ظاهری مبدل گشتاور

۳ــ۵ــ اجزای مبدل گشتاور

مطابق شکل ۳ــ۵، مبدل گشتاور شامل سه عضو اصلی ایمپلر[۲] یا پمپ[۳]، توربین[۴] و استاتور[۵] است.

همهٔ 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 به‌همراه 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.

شکل ۲ــ۵ــ اجزای داخلی مبدل گشتاور

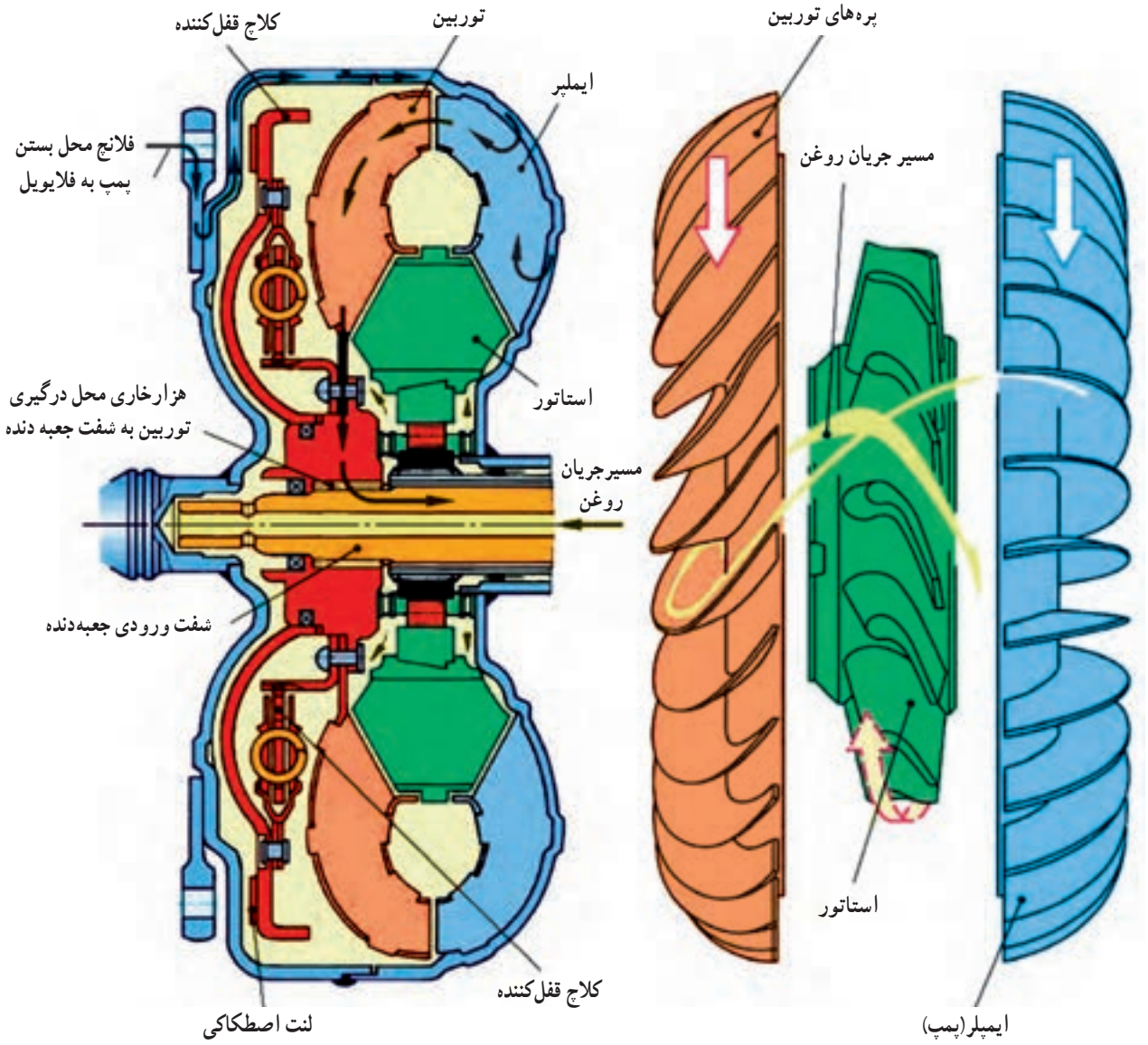
۱ــ Torque converter

۲ــ Impeller

۳ــ Pump

۴ــ Turbine

۵ــ Stator



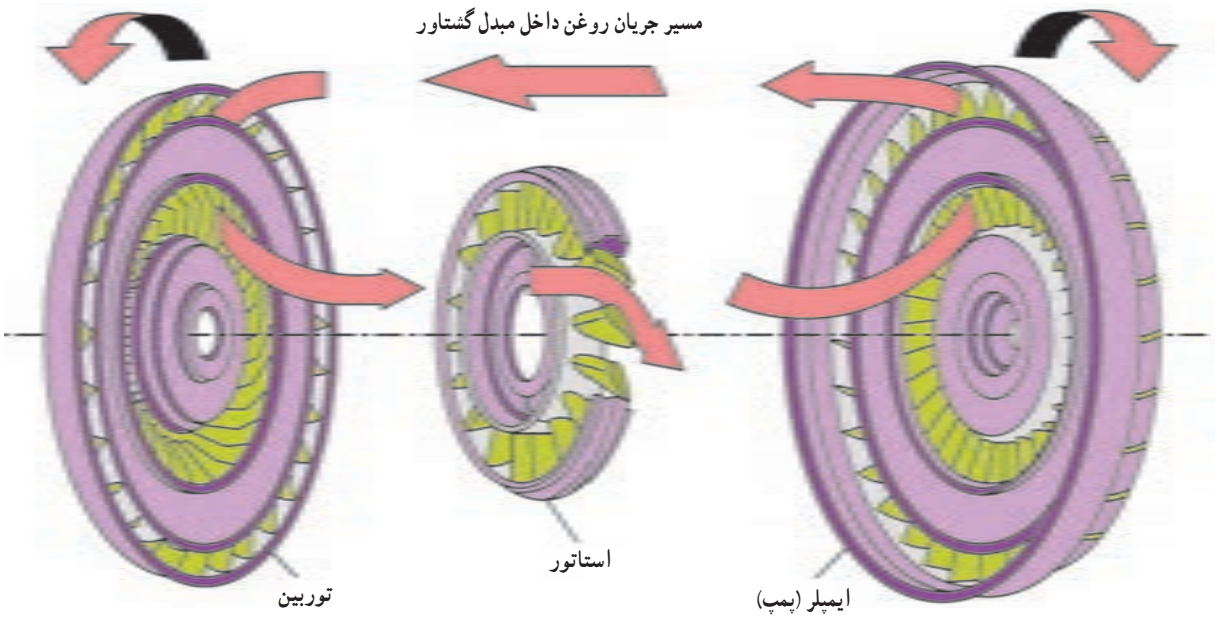
شکل ۳ــ۵ــ اعضای مبدل گشتاور

۴ــ۵ــ نحوهٔ عملکرد مبدل گشتاور

شکل ۴ــ۵، مسیر جریان روغن داخل مبدل گشتاور را هنگام دَوَران آن، نشان می‌دهد.

با شروع به کار موتور، دوران میل‌لنگ به پوستهٔ مبدل گشتاور منتقل می‌شود و ایمپلر را دوران می‌دهد. با دوران ایمپلر، روغن داخل مبدل گشتاور با توجه به دخالت نیروی جانب مرکز (نیروی جانب مرکز از جرم سیال و شعاع دوران ایمپلر ایجاد می‌شود) به سمت لبهٔ خارجی ایمپلر به‌حرکت 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 این‌رو 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 لبهٔ داخلی توربین خارج شود. بعد از اینکه جریان روغن از توربین خارج می‌شود به پره‌های استاتور برخورد می‌کند. جریان روغن در جهتی



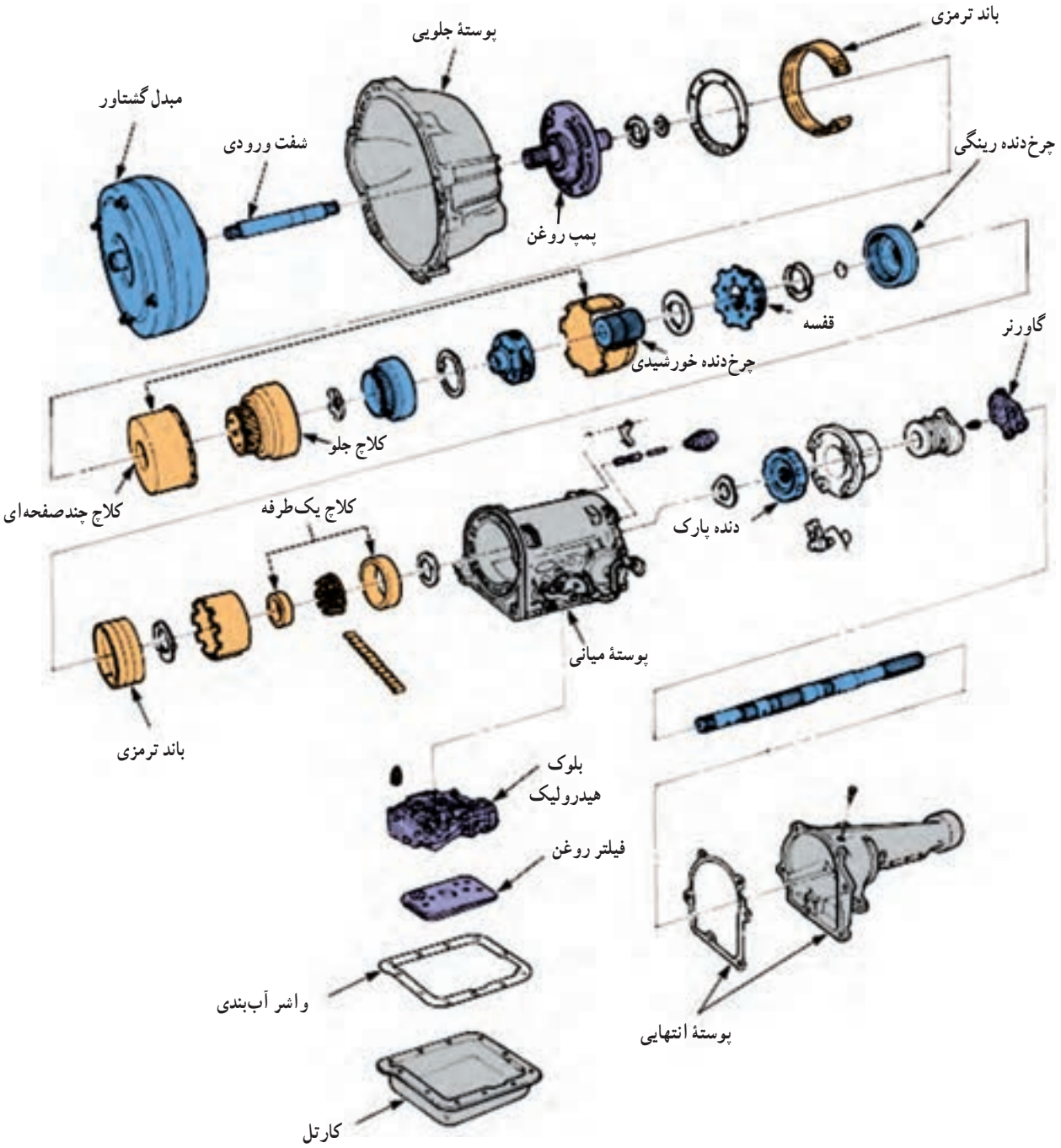
شکل ۴ــ۵ــ مسیر جریان روغن داخل مبدل گشتاور

به پره‌های استاتور برخورد می‌کند که استاتور روی کلاچ یکطرفه قفل می‌شود. در این حالت، پره‌های استاتور مسیر جریان روغن را به‌گونه‌ای تغییر می‌دهند که جریان روغن در جهت دوران ایمپلر به پره‌های آن برخورد کند. شکل ۵ــ۵، عملکرد استاتور را نشان می‌دهد.

شکل ۵ــ۵ــ تغییر مسیر سیال خروجی از توربین به سمت ایمپلر توسط استاتور

۵ــ۵ــ اجزای مکانیکی جعبه دندهٔ اتوماتیک

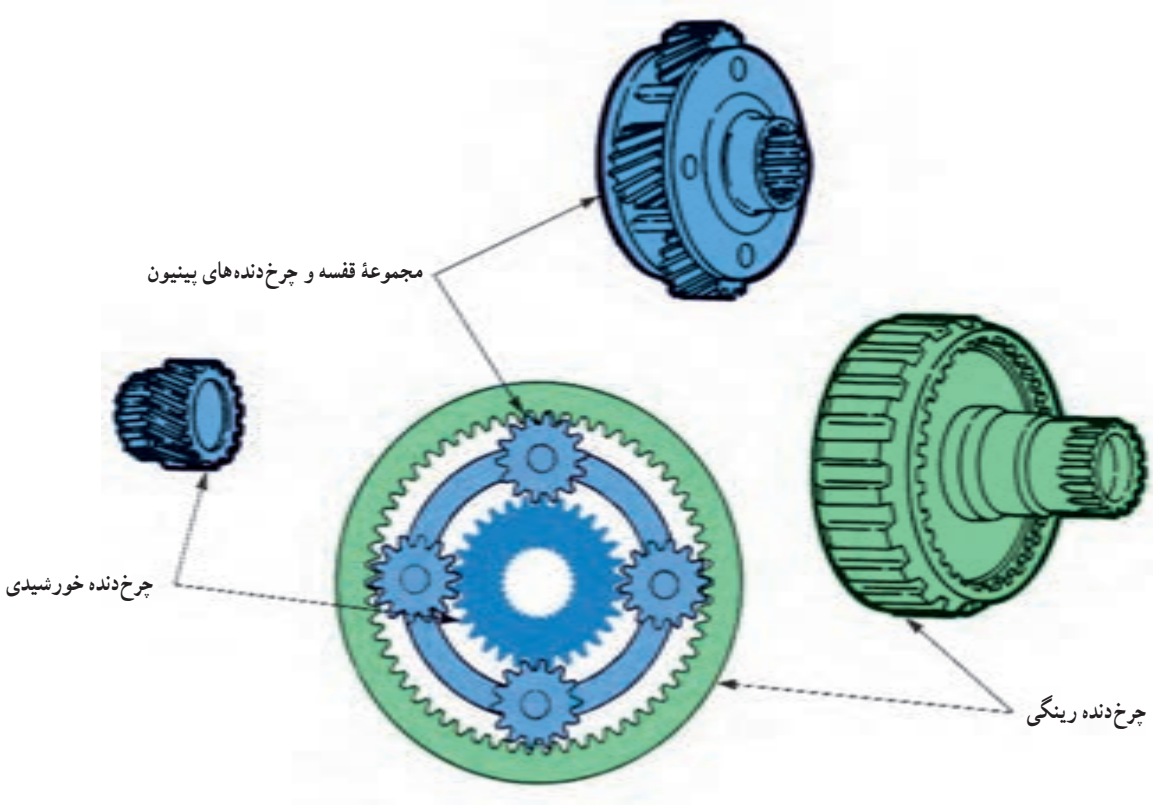
شکل۶ــ۵، نمایی کلی از اجزای مکانیکی جعبه‌دندهٔ اتوماتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۵ــ اجزای مکانیکی جعبه‌دنده اتوماتیک

۶ــ۵ــ مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای

برای ایجاد نسبت دنده‌های مختلف به‌صورت اتوماتیک در جعبه دندهٔ اتوماتیک از مکانیزم خاصی از چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شود که به آن «مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای» گفته می‌شود (شکل ۷ــ۵). این مجموعه بخش اصلی اجزای مکانیکی یک جعبه‌دندهٔ اتوماتیک را تشکیل می‌دهد.



شکل ۷ــ۵ــ مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای

۷ــ۵ــ اعضای مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای

مطابق شکل ۷ــ۵، یک مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای شامل سه عضو اصلی به شرح ذیل است :

۱ــ چرخ‌دندهٔ خورشیدی[۱] : چرخ‌دندهٔ خورشیدی دارای دندانه‌های خارجی است و در وسط مجموعه قرار گرفته است. چرخ‌دندهٔ خورشیدی دائماً با چرخ‌دندهٔ پینیون‌ها درگیر است.

۲ــ چرخ‌دندهٔ رینگی[۲] : چرخ‌دندهٔ رینگی دارای دندانه‌های داخلی‌ست و دائماً با چرخ‌دندهٔ پینیون‌ها درگیر است. این عضو، مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای را احاطه کرده است.

۳ــ قفسه و چرخ‌دندهٔ پینیون‌ها[۳] : قفسه یک قاب یا بدنه است که می‌تواند از آلومینیوم یا فولاد ساخته شود. روی قفسه محورهایی قرار گرفته‌اند که چرخ‌دندهٔ پینیون‌ها روی آنها سوار می‌شوند. چرخ‌دنده پینیون‌ها از سمت داخل قفسه با چرخ‌دنده خورشیدی و از سمت بیرون قفسه با چرخ‌دنده رینگی درگیر هستند.

چرخ‌دندهٔ پینیون‌ها در مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای دارای دو حرکت است :

۱ــ دوران حول محور خودشان که «حرکت وضعی» نامیده می‌شود.

۲ــ حرکت روی دندانه‌های چرخ‌دندهٔ خورشیدی یا چرخ‌دندهٔ رینگی که «حرکت انتقالی» نامیده می‌شود.

۸ــ۵ــ وضعیت‌های عملکردی مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای

به‌وسیلهٔ یک مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای می‌توان پنج حالت رو به جلو، دو حالت معکوس و یک وضعیت خلاص به‌دست آورد. پنج حالت رو به جلو شاملِ : دو نسبت آندردرایو (i>۱)،

۱ــ Sun gear

۲ــ Ring gear

۳ــ Carrier and pinion gear

یک نسبت مستقیم (i: ۱) و دو نسبت اوردرایو (i<۱) است. دو حالت معکوس نیز شاملِ : یک نسبت آندردرایو (i>۱) و یک نسبت اوردرایو (i<۱) است.

برای ایجاد هر یک از این وضعیت‌ها (به‌جز حالت مستقیم (i: ۱) 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.

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 مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای، وضعیت‌های مختلف را ایجاد می‌کند که در جدول ۱ــ۵ قابل ملاحظه است.

جدول ۱ــ۵

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

۹ــ۵ــ کنترل مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای

همان‌گونه که ذکر شد، برای ایجاد وضعیت‌های مختلف، (غیر از وضعیت مستقیم (i=۱))، باید در حالی که یکی از اعضای مجموعه ثابت است، دور و گشتاور به یک عضو منتقل شود تا مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای دارای یک عضو خروجی باشد. منظور از «کنترل مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای» ثابت نگه‌داشتن 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 دندهٔ مناسب در شفت خروجی جعبه دنده به دست آید. باندهای ترمزی، کلاچ‌های چندصفحه‌ای اصطکاکی و کلاچ‌های یک‌طرفه اجزائی هستند که در جعبه‌دنده های اتوماتیک این وظیفه را بر عهده دارند.

۱۰ـ۵ـ جعبه‌دندهٔ متغیر پیوسته[1] (CVT)

همان‌گونه که بیان شد، جعبه‌دنده‌های دستی شامل چرخ‌دنده‌هایی هستند که وظیفهٔ ایجاد نسبت‌دنده‌های مختلف را (به‌منظور فراهم‌کردن نیروی کششی و سرعت مناسب خودرو) بر عهده دارند. هنگامی که اهرم تعویض دنده در وضعیت خاصی (برای مثال «دندهٔ ۲») قرار می‌گیرد، دور و گشتاور خروجی موتور از طریق چرخ‌دنده‌های مربوط به آن وضعیت از شفت ورودی به شفت خروجی منتقل می‌شود. در این جعبه دنده‌ها، با توجّه به ملاحظاتی، از قبیل محدود بودن فضا و ابعاد جعبه دنده، وزن خودرو و غیر آنها، از تعداد محدودی چرخ‌دنده می‌توان استفاده نمود و همین سبب شده است که خودروها دنده‌های محدودی داشته باشند(برای مثال سه ، چهار یا پنج).

تعویض‌دهنده در این جعبه‌دنده‌ها، با توجه به محدود بودن تعداد دنده‌ها، به‌صورت مرحله‌ای یا گسسته انجام می‌شود. به‌عبارت دیگر، هنگامی که تعویض دنده از «دندهٔ ۱» (با نسبت i =۳/۸) به «دنده ۲» (با نسبت i = ۲/۱) انجام می‌گیرد، نسبت دندهٔ مسیر انتقال توان از ۳/۸ :i به ۲/۱ : i 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، به‌طوری که همراه با ضربه‌ای توسط آنها حس می‌شود. این تغییر در خصوص جعبه‌دنده‌های اتوماتیک نیز تا حدودی صادق است.

امروزه در سیستم انتقال قدرت برخی از خودروها از جعبه دندهٔ 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 ۲/۴ : i) و کوچک‌ترین نسبت دنده (برای مثال ۰/۴ : i) بی‌نهایت نسبت دنده ایجاد شده و عمل تعویض بین این بی‌نهایت دنده نیز کاملاً اتوماتیک و به‌صورت 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. به‌عبارت دیگر، میزان تغییر دور و گشتاور آنها محدود است. لذا در برخی خودروها نمونه‌هایی از این سیستم را با جعبه‌دندهٔ اتوماتیک به‌صورت سری مورد استفاده قرار می‌دهند.

۱۱ـ۵ـ انواع سیستم سی‌وی‌تی (CVT)

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

۱ـ سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر[2] ؛

۲ـ سی‌وی‌تی نوع غلتکی[3] یا چنبری[4] ؛

۳ـ سی‌وی‌تی هیدرواستاتیک[5] .

رایج‌ترین نوع این سیستم، سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر است که در ادامه به تشریح ساختار و طرز کار آن پرداخته می‌شود.

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

۱ـ Continaously variable Transmission

۲ـ Variable ـ diameter pully (VDP)

۳ـ Roller ـ based CVT

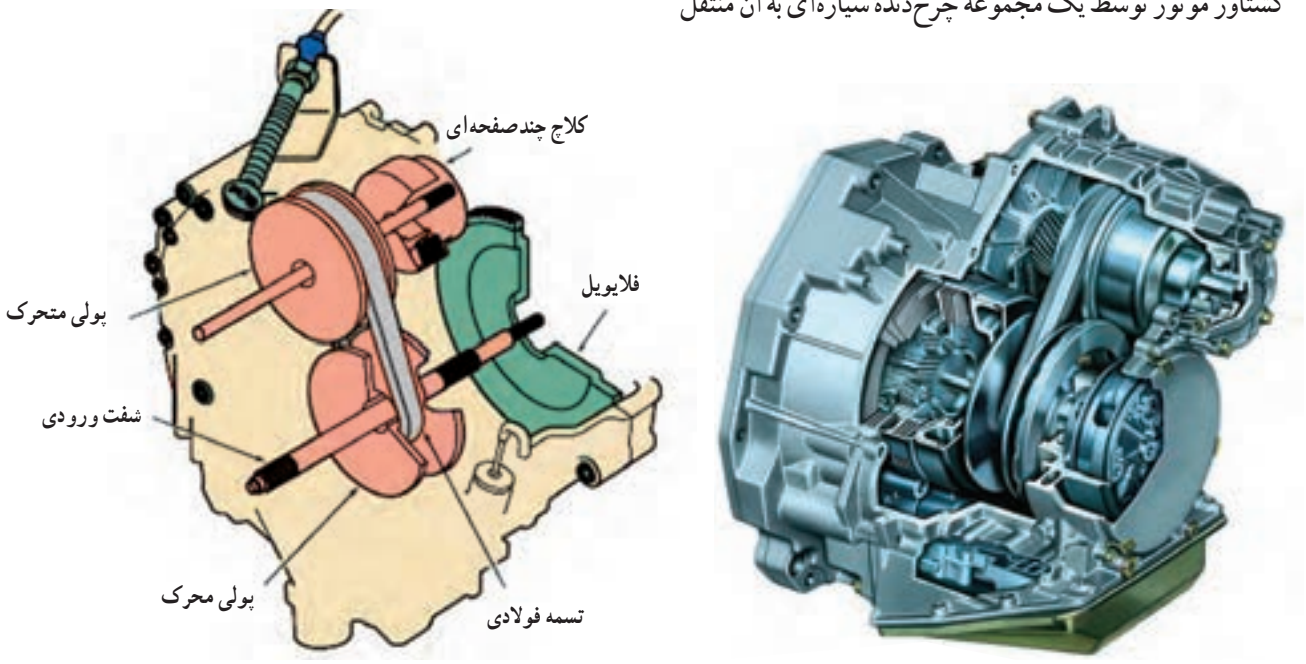
۴ـ Toroidal CVT

۵ـ Hydrostatic CVT

۱۲ــ۵ــ سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

همان‌گونه که در شکل ۸ــ۵ ملاحظه می‌شود، این نوع سی‌وی‌تی از دو مجموعهٔ پولی محرک و متحرک تشکیل شده است. پولی محرک روی شفت ورودی قرار می‌گیرد و دور و گشتاور موتور توسط یک مجموعهٔ چرخ‌دندهٔ سیاره‌ای به آن منتقل می‌شود. پولی متحرک نیز روی شفت خروجی قرار می‌گیرد و دور و گشتاور را از پولی محرک دریافت می‌کند.

انتقال دور و گشتاور از پولی محرک به پولی متحرک می‌تواند توسط زنجیر یا تسمهٔ فولادی انجام شود.

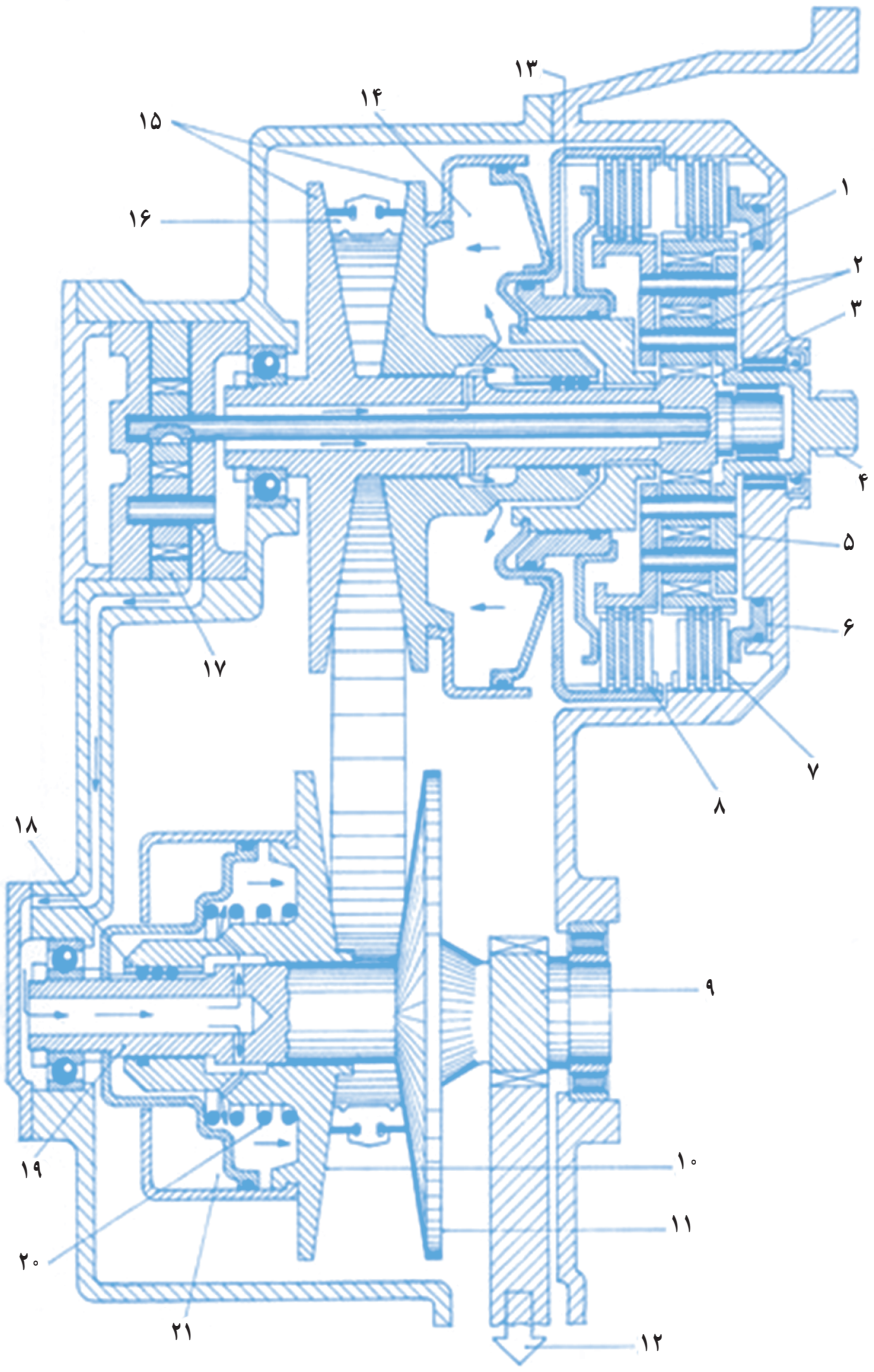


شکل ۸ــ۵ــ سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

شکل ۹ــ۵، نحوهٔ ارتباط پولی محرک و متحرک توسط تسمهٔ فولادی را نشان داده است.

شکل ۱۰ــ۵، مقطع برش خوردهٔ یک سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را نشان می‌دهد که در آن انتقال دور و گشتاور بین پولی‌های محرک و متحرک توسط تسمهٔ فولادی انجام می‌شود. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هر پولی از دو نیم‌پولی ساخته شده است. یکی از نیم‌پولی‌ها روی شفت ثابت است در حالی که نیم‌پولی دیگر می‌تواند روی شفت حرکت محوری داشته باشد و هر دو نیم‌پولی با شفت دوران می‌کنند. هنگامی که دو پولی از هم فاصله می‌گیرند قطر مؤثر پولی کاهش می‌یابد و هنگامی که به هم نزدیک می‌شوند قطر مؤثر پولی افزایش می‌یابد.

شکل ۹ــ۵ــ انتقال توان بین پولی محرک و متحرک توسط تسمهٔ فولادی



شکل ۱۰ــ۵ــ مقطع برش خوردهٔ یک سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

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

۱۳ــ۵ــ نحوهٔ عملکرد سی‌وی‌تی مجهز به پولی با شعاع متغیر

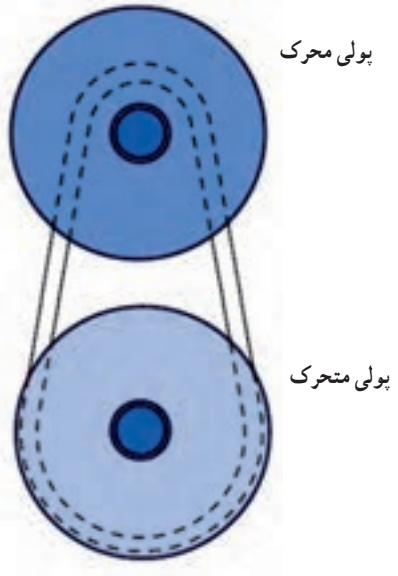
همان‌گونه که ذکر شد، با دور یا نزدیک کردن نیم‌پولی‌های محرک و متحرک، قطر مؤثر پولی‌ها تغییر می‌کند. عملکرد این نوع سی‌وی‌تی نیز بر اساس همین تغییر قطر مؤثر پولی‌های محرک و متحرک است.

شکل ۱۱ــ۵، وضعیت افـزایش گشتاور و کـاهش دور را نشان می‌دهد. در این حالت دو نیم‌پولی محرک از هم فاصله می‌گیرند و قطر مؤثر پولی محرک کاهش می‌یابد. از طرف دیگر دو نیم‌پولی متحرک به یکدیگر نزدیک می‌شوند و قطر مؤثر آن افزایش می‌یابد و یک نسبت آندردرایو ($i>1$) را ایجاد می‌کند. یعنی گشتاور پولی متحرک بیشتر و دور آن از پولی محرک کمتر است.

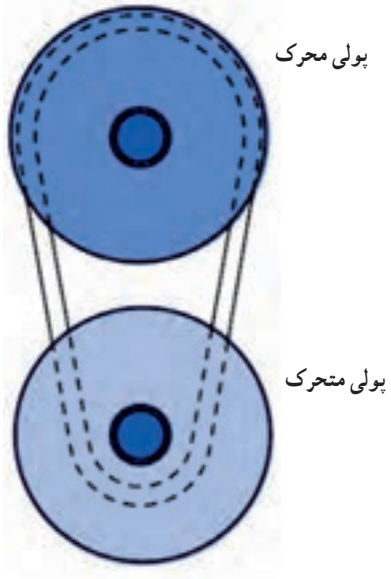
شکل ۱۲ــ۵، وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور را نشان می‌دهد. در این حالت دو نیم‌پولی محرک به هم نزدیک می‌شوند و قطر مؤثر آن افزایش می‌یابد. از طرف دیگر دو نیم‌پولی متحرک از یکدیگر فاصله می‌گیرند و قطر مؤثر پولی متحرک کاهش می‌یابد. در این وضعیت یک نسبت اوردرایو ($i<1$) ایجاد می‌شود. به‌طوری‌که با یک بار دَوَران پولی محرک، پولی متحرک چند بار دوران می‌کند و دور شفت خروجی از دور شفت ورودی بیشتر خواهد شد.

بـاید تـوجه نمـود هنگـامی‌کـه قطر مؤثـر دو پـولـی محرک و متحرک برابر باشد، نسبت انتقال i: ۱ ایجاد می‌شود. از این‌رو 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 «بزرگ‌ترین نسبت انتقال» و «کوچک‌ترین نسبت انتقال» به‌صورت پیوسته تغییر می‌کند. از این‌رو تغییر دور و گشتاور نیز کاملاً تدریجی و پیوسته است. عمل دور یا نـزدیک شدن نیم‌پولـی‌ها بـه‌صورت هیدرولیکی و به‌وسیلهٔ سیستم کنترل الکترونیکی صورت می‌پذیرد.



شکل ۱۱ــ۵ــ وضعیت افزایش گشتاور و کاهش دور



شکل ۱۲ــ۵ــ وضعیت کاهش گشتاور و افزایش دور

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

بسم‌الله الرحمن الرحیم

«من به عنوان یک فارغ‌التحصیل 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».

۱ــ 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.

۲ــ به انسان، به عنوان یک موجود صاحب خرد و شگفت‌انگیزترین پدیده آفرینش بیاندیشم، صدیق و واقع‌بین باشم و به هیچ‌اقدامی که به انسان و انسانیت آسیب رساند مبادرت نورزم.

۳ــ دانش و تجربهٔ 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 گنجینهٔ دانش و تجربیات سودمند بشری بیفزایم.

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

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

۶ــ در حد توان به مدارسی که مربی علمی و فنی من است خدمت کنم.

۷ــ 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.

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

۹ــ در کار، سلامت، ایمنی و آیندهٔ انسان‌ها را به‌عنوان مخلوقات الهی درنظر 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.

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

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

۱۲ــ 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.

۱۳ــ در تمام مدت خدمت خود پذیرای نقد و اظهارنظر 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.

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

منبع : برگرفته از اخلاق مهندسی و مهندسی اخلاقی
تألیف دکتر بهادری‌نژاد، صفحهٔ ۲۰۷

آزمون پایانی

۱ــ اجزای اصلی جعبه‌دنده اتوماتیک را نام ببرید.

۲ــ اجزای اصلی مبدل گشتاور را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.

۳ــ وضعیت‌های عملکردی مجموعه چرخ‌دنده سیاره‌ای را شرح دهید.

۴ــ جعبه‌دنده متغیر پیوسته را توضیح دهید.

۵ــ نحوهٔ عملکرد سی‌وی تی مجهز به پولی با شعاع متغیر را شرح دهید.

فصل ششم

شاسی، بدنه و رنگ

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

۱ــ شاسی و بدنهٔ خودرو را تعریف کند.

۲ــ انواع بدنهٔ خودرو را از لحاظ جنس و مواد سازندهٔ آنها دسته‌بندی کند.

۳ــ انواع شاسی خودرو را دسته‌بندی کند.

۴ــ خودروی سواری را تعریف کند.

۵ــ انواع خودروی سواری را از لحاظ شکل اتاق دسته‌بندی کند.

۶ــ انواع رنگ در صنعت خودرو را دسته‌بندی کند.

۷ــ اجزای تشکیل‌دهندهٔ رنگ را نام ببرد.

۸ــ انواع آستر و پرکننده‌ها را نام ببرد.

۹ــ 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، به‌دلیل آنکه بار اعمالی به آن کمتر و اصولاً سبک بودن خودرو بسیار حائز اهمیت است، بدنهٔ خودرو را به‌نحوی طراحی می‌کنند که بدون نیاز به شاسی بتوان سایر سیستم‌های خودرو را به آن متصل نمود. در این بخش انواع شاسی و بدنهٔ خودرو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱ــ۶ــ بدنه

با توجه به شکل ۱ــ۶، به قسمت ظاهری خودرو که شامل محفظهٔ سرنشین، محفظهٔ موتور و صندوق است، «اتاق» یا «بدنهٔ» خودرو می‌گویند.

بدنهٔ خودروها از نظر نوع جنس و مواد سازنده به انواع مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند :

۱ــ بدنهٔ فولادی

۲ــ بدنهٔ آلومینیومی

۳ــ بدنهٔ فایبرگلاس

۱ــ۱ــ۶ــ بدنهٔ فولادی : این نوع بدنه‌ها از فولاد

شکل ۱ــ۶ ــ بدنه خودرو

ساخته شده‌اند مزایا و معایب آنها به شرح زیرند :

*** مزایا**

۱ــ عمر طولانی ۲ــ قیمت تمام شدهٔ کمتر در تولید انبوه ۳ــ حفظ شکل در دراز مدت ۴ــ امکان تعمیر بخش‌های آسیب دیده

*** معایب**

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

۲ــ۱ــ۶ــ بدنهٔ آلومینیومی : این نوع بدنه ها از آلومینیوم ساخته شده و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند :

*** مزایا**

۱ــ وزن کم ۲ــ مقاومت بالا در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی ۳ــ نیاز نداشتن به پرس‌های سنگین برای شکل‌دهی

*** معایب**

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

۳ــ۱ــ۶ــ بدنهٔ فایبرگلاس : این نوع بدنه‌ها از فایبرگلاس ساخته می‌شوند و دارای مزایا و معایبی به شرح زیرند :

*** مزایا**

۱ــ سبکی ۲ــ هزینهٔ تولید پایین ۳ــ عایق‌بندی مناسب صدا

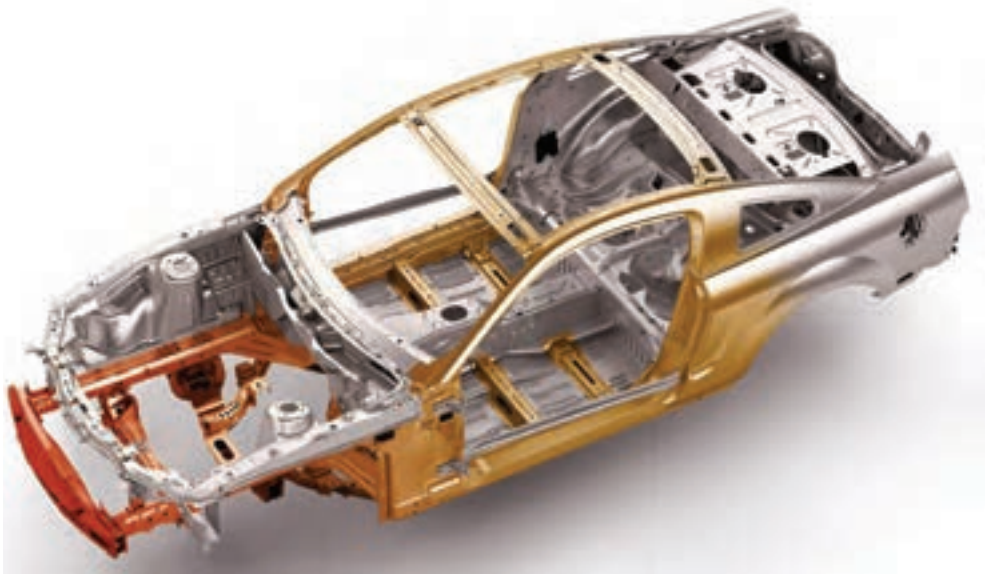
*** معایب**

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

۲ــ۶ــ 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 به‌طور کلی به انواع ذیل تقسیم‌بندی می‌شود :

۱ــ۲ــ۶ــ شاسی یکپارچه : با توجه به شکل ۲ــ۶، در این نوع خودروها شاسی و بدنه از یکدیگر قابل تفکیک نیستند و به‌صورت یکپارچه‌اند. این نوع شاسی‌ها دارای مزایا و



شکل ۲ــ۶ــ شاسی یکپارچه

معایبی به شرح زیرند :

*** مزایا**

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

***معایب**

۱ــ بالا بودن قیمت تمام شده ۲ــ بالا بودن هزینه‌های تعمیر، نگه‌داری و تعویض قطعات آسیب دیده

۲ــ۲ــ۶ــ شاسی جداشدنی : با توجه به شکل ۳ــ۶، در این نوع خودروها، شاسی را به‌صورت جداگانه می‌سازند و بدنهٔ خودرو توسط اتصالات موقت، مانند پیچ و مهره و ضربه‌گیر لاستیکی به آن متصل می‌شود.

شکل ۳ــ۶ــ شاسی جداشدنی

مزایا و معایب این نوع شاسی‌ها را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود :

*** مزایا**

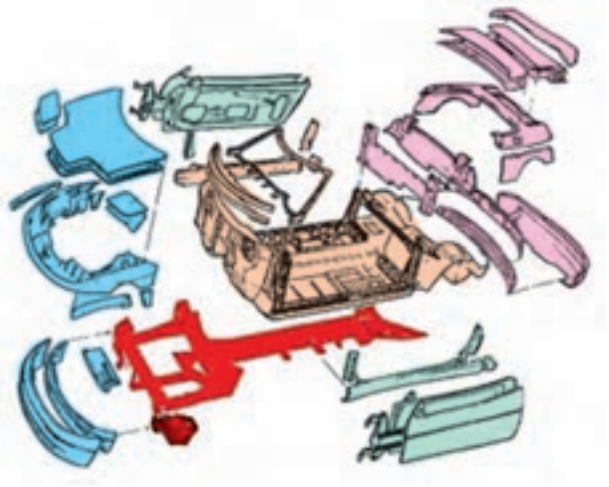
۱ــ سادگی ۲ــ هزینهٔ پایین تعمیر، نگه‌داری و تعویض قطعات آسیب دیده در تصادف ۳ــ مناسب بودن قیمت تمام‌شدهٔ مجموعهٔ شاسی و بدنه

***معایب**

۱ــ سنگینی ۲ــ شتاب‌گیری کمتر خودرو به‌دلیل سنگین بودن خودرو ۳ــ ایمنی پایین‌تر در تصادف به‌دلیل انتقال بیشتر ضربات به سرنشین ۴ــ بالا بودن هزینهٔ راه‌اندازی تجهیزات خط تولید ۵ــ عایق‌بندی صوتی نامناسب و ایجاد صدای بیشتر، به‌دلیل استفاده از اتصالات موقت

۳ــ۲ــ۶ــ شاسی نیمه جدا

با توجه به شکل ۴ــ۶، در این نوع خودروها شاسی و قسمت هایی از بدنه را به‌صورت یکپارچه می‌سازند و قسمت دیگر شاسی که معمولاً محل قرارگیری موتور و تعلیق است (دارای استحکام بیشتری‌ست)، از طریق پیچ و مهره به آن متصل می‌شود.



شکل ۴ــ۶ــ شاسی نیمه جدا

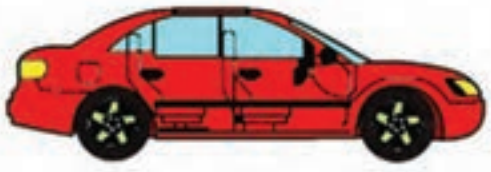
مزایا و معایب این نوع شاسی‌ها به شرح زیرند :

*** مزایا**

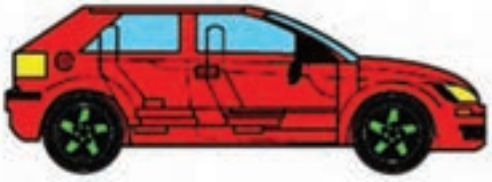
۱ــ سادگی ۲ــ هزینهٔ پایین نگه‌داری، تعمیر و تعویض قطعات آسیب دیده ۳ــ عایق‌بندی مناسب صوتی ۴ــ سهولت تغییر شکل ظاهری خودرو با تغییر شکل دادن گلگیرها، سقف و جلوی خودرو ۵ــ نصب قسمت‌های خودرو مانند موتور و مجموعه تعلیق بر روی بخش‌های جدای شاسی که دارای استحکام بیشتری‌ست.

۳ــ۶ــ دسته‌بندی انواع بدنهٔ خودروهای سواری

به‌خودروهایی با گنجایش حداکثر ۹ نفر سرنشین، که دارای محفظهٔ 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 ۵ــ۶ به معرفی برخی از آنها پرداخته می‌شود.

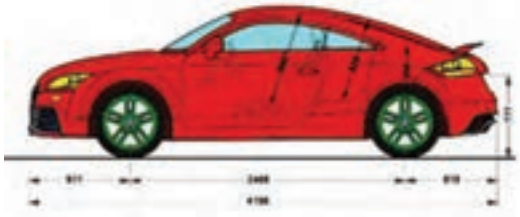


الف) خودروی سالون[1] یا سدان[2]



ب) خودروی هاچ‌بک[3]

پ) خودروی ناچ‌بک[4]



ت) خودروی کوپه[5]

ث) خودروی کروکی[6]

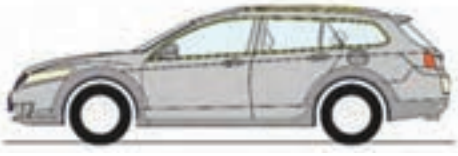
ج) خودروی فست بک[7]

چ) خودروی لیموزین[8]

ح) خودروی ورزشی[9] (اس یو وی)

خ) خودروی چند منظوره[10] (ام پی وی)

د) خودروی ون[11]



ذ) خودروی استیشن[12]

ر) خودروی تجاری سبک[13]

شکل ۵ــ۶ــ انواع خودرو از لحاظ شکل و نوع بدنه

۱ــ Saloon car
۲ــ Sedan car
۳ــ Hatch back
۴ــ Natch back
۵ــ Coupe
۶ــ Crocke
۷ــ Fast back
۸ــ Limousine
۹ــ Sport utility vehicle (SUV)
۱۰ــ Multi purpose vehicles (MPV)
۱۱ــ Van
۱۲ــ station
۱۳ــ Light commercialVehicles (LCV)

۴ــ۶ــ انواع رنگ در صنعت خودرو

به‌طور کلی در صنعت خودرو رنگ‌ها به دو گروه اصلی ذیل تقسیم می‌شوند :

۱ــ رنگ‌های ترموپلاست

۲ــ رنگ‌های ترموست

۱ــ۴ــ۶ــ رنگ‌های ترموپلاست : این نوع رنگ‌ها شامل رنگ‌های روغنی، رنگ‌های تینر فوری و رنگ‌های آب حلّال‌اند، که با فرایند حرارت نرم می‌شوند. رزین رنگ‌های ترموپلاست با حرارت نرم می‌شوند و خاصیت پلاستیکی پیدا می‌کنند و در حلّال 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 حالی‌که در رنگ‌های آب حلّال، آب موجود در آنها تبخیر می‌شود و باعث خشک شدن آنها می‌گردد.

۲ــ۴ــ۶ــ رنگ‌های ترموست : این نوع رنگ‌ها به‌اصطلاح 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 درجهٔ 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 حلّال، از خود مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. برای مثال می‌توان از رزین ملامین، رزین پلی‌یورتان، رزین اپوکسی، رزین آکریلیک و رزین پلی آستر نام برد.

امروزه در صنعت خودرو بیشتر از رنگ‌های ترموست یا رنگ نهایی دو پوششه و آب حلّال 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 شیمیاییِ انجام شده بین اجزای خود، خشک می‌شوند. این در حالی‌ست که رنگ‌های تعمیراتی استفاده شده در کارگاه‌های خدمات پس از فروش از نوع رنگ‌های هوا خشک هستند که به رنگ تعمیراتی (دو جزئی) معروف‌اند.

۵ــ۶ــ اجزای تشکیل دهندهٔ رنگ

اجزای تشکیل‌دهندهٔ رنگ را می‌توان به چهار بخش زیر تقسیم نمود :

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

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

الف) رنگ‌دانه‌های معدنی

این رنگ‌دانه‌ها از کانی‌های طبیعی تشکیل شده‌اند، مثل فیروزه، عقیق، گل‌ماش و غیر آنها

ب) رنگ‌دانه‌های آلی

این رنگ‌دانه‌ها 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 به‌کار می‌برند و به رنگ قدرت پوشش می‌دهد.
- *رنگ دانه‌های اضافی یا پرکننده‌ها :* از این نوع رنگ دانه‌ها در پوشش میانی استفاده می‌شود و وظیفهٔ آنها مقاومت در برابر ساییدگی است.
- *رنگ دانه‌های ضد زنگ :* از این نوع رنگ دانه‌ها در مراحل زیرسازی استفاده می‌شود و وظیفهٔ آنها جلوگیری از زنگ‌زدگی‌ست.

۳ــ حلّال : عامل حل شدن رزین رنگ را حلّال می‌نامند.

۴ــ تینر : مایعی که از آن برای رقیق‌تر نمودن رنگ استفاده می‌شود.

۶ــ۶ــ انواع آسترها و پرکننده‌ها

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

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.

۱ــ آستر واش پرایمر (اچ پرایمر) : آستر واش پرایمر یک آستر اسیدی‌ست 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 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.

۲ــ آستر میانی : وظیفهٔ این آستر جلوگیری از زنگ‌زدگی سطح فلز و ایجاد چسبندگی میان آستر واش پرایمر و پوشش‌های بعدی‌ست. این نوع آستر از رنگ‌دانه‌های ضد زنگ با کیفیت عالی و رنگ دانه‌هایی 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 دوجزئی‌ست. از نوع تک جزئی آن برای ورق‌های روغنی سیاه و از نوع دو جزئی آن برای ورق‌های آلیاژی و سطوح فایبرگلاس استفاده می‌شود.

۳ــ رنگ میانی (آستر پرکننده) : از این نوع آسترها که شامل آستر میانی و آستر سیلر است، می‌توان به‌منظور برطرف ساختن و پرکردن برخی خش‌های جزئی باقی‌مانده از سمباده‌کاری و بعضی ناهمواری های جزئی استفاده کرد.

۷ــ۶ــ بتونه‌ها

از بتونه‌ها که شامل بتونهٔ سنگی، بتونهٔ فوری و بتونهٔ روغنی‌ست، به منظور پرکردن خش‌های عمیق و ناهمواری‌هایی که در سطح فلز یا در رنگ به‌وجود آمده استفاده می‌شود.

۸ــ۶ــ رنگ رویه

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

آزمون پایانی

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