

در دل هر ابزار مکانیکی تعداد زیادی چرخ دنده وجود دارد. تا به حال فکر کرده اید که چرا این قدر چرخ دنده در آن ها استفاده می شود. مهم ترین دلیل آن اینست که همه این ابزارها یک موتور کوچک دارند که با سرعت بالا می چرخد. این موتور می تواند مورد نیاز را تأمین کند، اما گشتاور آن به اندازه کافی زیاد نیست. مثلاً در یک پیچ گوشتی برقی باید گشتاور بالا برود تا پیچ گوشتی بتواند پیچ ها را سفت کند، ولی موتور گشتاور کمی تولید می کند و در عوض سرعت بالایی دارد. کفایت از چند چرخ دنده استفاده کنیم تا مشکلمان حل شود.

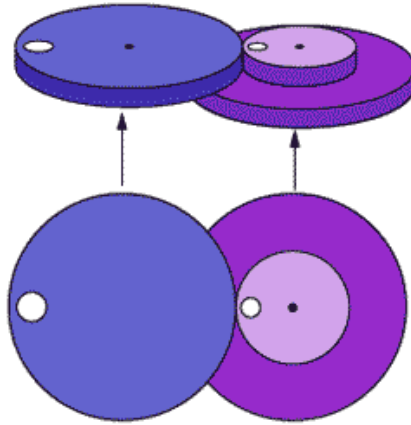
کار دیگری که از چرخ دنده برمی آید تغییر جهت چرخش است. اگر دو چرخ دنده را که کنار هم قرار دارند با دقت نگاه کنید می بینید که همواره یکی از آن ها ساعتگرد می چرخد و دیگری پادساعتگرد. در این مطلب می خواهیم شما را با انواع مختلف چرخ دنده هایی که در ابزارهای مکانیکی می بینید آشنا کنیم.

## چرخ دنده ها

معمولاً چرخ دنده ها برای یکی از کاربردهای زیر استفاده می شوند:

- ۱- تغییر جهت چرخش
- ۲- افزایش یا کاهش سرعت چرخش
- ۳- انتقال حرکت دورانی به یک محور دیگر
- ۴- همزمان سازی حرکت

دو محور

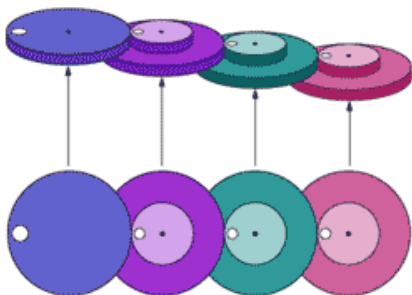


موارد ۱ و ۲ و ۳ را می‌توانید در مدل سازی بالا مشاهده کنید. چرخها در جهت عکس هم دیگر می‌چرخند، چرخ کوچکتر با سرعت بیش تر از چرخ بزرگ می‌گردد و حرکت دورانی از محور چرخ بزرگ به محور چرخ کوچک منتقل شده است.

قطر چرخ سمت چپ دو برابر چرخ دیگر است. اصطلاحاً می‌گوییم نسبت این دو چرخ دنده ۲:۱ (بخوانید "دو به یک") است. اگر دقت کنید می‌بینید که هر بار که چرخ بزرگ یک دور می‌زند، چرخ کوچک دو دور به دور خود می‌چرخد. پس سرعت چرخش دو برابر شده است.

### مفهوم نسبت چرخ دنده

اگر بدانید که محیط یک دایره چگونه محاسبه می‌شود، به راحتی می‌توانید مفهوم نسبت چرخ دنده‌ها را درک کنید. محیط دایره برابر است با حاصل ضرب عدد پی در قطر آن. بنابراین نسبت قطر دو چرخ دنده، در واقع همان نسبت محیط های آنها است. در مدل سازی زیر رابطه بین قطر و محیط یک دایره نشان داده شده است.



همانطور که می‌بینید قطر این دایره  $\frac{1}{27}$  اینچ است، ولی وقتی دایره می‌چرخد، خطی به طول ۴ اینچ را طی می‌کند. حالا فرض کنید که این دایره در تماس با دایره دیگری قرار

دارد که قطر آن نصف این مقدار، یعنی  $\frac{0}{635}$  اینچ است. اگر این چرخ را یک دور بچرخانیم

خط طی شده ۲ اینچ طول خواهد داشت. چون هر دو چرخ در کنار هم هستند، با گردش چرخ بزرگ، چرخ کوچک هم حرکت می‌کند. دو چرخ مسافت یکسانی را طی می‌کنند، پس چرخ کوچک دو دور می‌زند.

### **بیشتر چرخ دنده های واقعی دندانان دارند، دندانان سه مزیت بزرگ دارد:**

از لغزش چرخ دنده‌ها جلوگیری می‌کند. پس محورهایی که با چرخ دنده به هم متصل شده اند، همواره همگام با یکدیگر حرکت می‌کنند.

با استفاده از آنها می‌توان به راحتی نسبت دو چرخ دنده را حساب کرد، کفایت تعداد دنده های یک چرخ را بشمارید و به تعداد دنده های چرخ دوم تقسیم کنید.

با استفاده از دنده‌ها می‌توان خطاهای کوچکی را که در هنگام ساختن چرخ‌ها پیش آمده برطرف کرد. چون نسبت چرخ‌ها با تعداد دندانان کنترل می‌شود، دیگر اشتباهات کوچک در تولید چرخ‌ها اهمیت چندانی ندارد.

تا این جا همه چیز ساده بود و هر کس می‌تواند به راحتی مطالب بالا را بفهمد. اما آن‌هایی که با ابزارهای مکانیکی کار کرده اند، می‌دانند که مشکلات دیگری هم وجود دارد که باید راه حلی برای آنها پیشنهاد کرد. به تدریج ایده های جدیدی برای استفاده بهتر از چرخ دنده‌ها ارائه شد تا این مشکلات برطرف شود.

اولین مشکل این بود که امکان ساختن چرخ های خیلی کوچک وجود نداشت. به همین خاطر نمی‌شد نسبت دو چرخ دنده را خیلی افزایش داد. اگر شما می‌خواستید این مشکل را حل کنید، چه می‌کردید؟

چرا به جای کوچک کردن یک چرخ، چرخ دیگر را بزرگتر نمی کنند؟  
به شکل روبرو نگاه کنید. آیا متوجه شدید که مسئله چطور حل شد؟

چرخ بنفش دو تکه است. یک چرخ کوچک به وسط یک چرخ بزرگتر متصل شده است. چرخ کناری فقط به چرخ کوچک متصل است. درست است که چرخ های بزرگ هم اندازه اند، اما سرعت چرخش یکی از آنها دو برابر دیگری است. اگر تعدادی زیادی از این چرخ ها را در کنار هم قرار دهید، چیزی شبیه زیر خواهید داشت.

سرعت چرخ بنفش دو برابر سرعت چرخ آبی است و سرعت چرخ سبز هم دو برابر سرعت چرخ بنفش. سرعت چرخ سبز چند برابر سرعت چرخ آبی خواهد بود؟

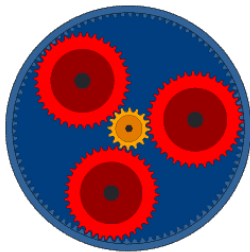
اگر چرخ وسطی را کوچکتر کنیم (یا چرخ بیرونی را بزرگتر بسازیم)، می شود باز هم نسبت چرخ دنده ها را بزرگ کرد. در شکل زیر چرخ وسطی  $1/5$  چرخ بیرونی است. پس اگر چرخ بنفش را به موتوری وصل کنید که با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه بچرخد، چرخ قرمز ۲۵۰۰ در دقیقه خواهد چرخید. اگر موتور را به چرخ قرمز وصل کنید، می توانید سرعت چرخش را ۲۵ بار کاهش دهید. تا به حال درون کنتور برق خانه خود را دیده اید؟ در کنتور معمولاً پنج چرخ دنده وجود دارد که به همین شکل به هم متصل شده اند.

نسبت چرخ دنده های کنتور ۱:۱۰ است. می توانید بگویید چرا؟

یک نکته جالب دیگر این که اگر دقت کنید می بینید که در کنتور اعداد روی چرخ های مجاور برعکس هم نوشته شده است. دلیل انجام این کار آنست که چرخها مستقیماً به هم وصل شده اند.

اما اگر بخواهید به نسبت های واقعاً بزرگ دست پیدا کنید، هیچ چیز توانایی رقابت با چرخ دنده های حلزونی را ندارد. چرخ دنده حلزونی از یک محور مارپیچی و یک چرخ دنده تشکیل شده است. با هر گردش محور، چرخ دنده یک دندانه جلو می‌رود. اگر چرخ چهل دندانه داشته باشد، در یک فضای بسیار کوچک به نسبت ۴۰:۱ دست پیدا می‌کنیم مدل سازی زیر یک چرخ دنده حلزونی را نشان می‌دهد که در برف پاک کن ماشین استفاده می‌شود.

از این چرخ دنده‌ها در کیلومتر شما ماشین نیز استفاده می‌شود. به عنوان مثال در کیلومتر



شمار رو به رو (شکل ۴) سه جفت از این چرخ دنده‌ها را می‌بینید:

### چرخ دنده های خورشیدی

یکی از جالب ترین چرخ دنده هایی که اختراع شده است، چرخ دنده خورشیدی است. فرض کنید می‌خواهید دو چرخ دنده داشته باشید که سرعت یکی ۶ برابر دیگری باشد، اما جهت چرخش آن‌ها با هم یکی باشد. برای این کار دو راه وجود دارد. راه حل اول اینست که از چیزی شبیه شکل ۵ استفاده کنیم.

چرخ آبی ۶ برابر چرخ زرد است. اندازه چرخ قرمز مهم نیست. وظیفه چرخ قرمز آنست که جهت چرخش را تغییر دهد تا جهت چرخش نهایی با جهت چرخش زرد یکی باشد. ولی اگر بخواهید محور چرخ دنده خروجی با محور چرخ دنده ورودی یکسان باشد مجبورید از چرخ دنده های خورشیدی استفاده کنید.

به شکل ۶ توجه کنید. در این سیستم چرخ زرد (خورشید) به طور هم زمان، هر سه چرخ قرمز (سیاره ها) را می‌چرخاند.

هر سه این چرخ دنده‌ها به یک صفحه (Planet carrier) متصل اند و با دندانه های

درون چرخ دنده آبی جفت شده اند) توجه کنید که در حالت عادی دندانه‌ها روی سطح بیرونی چرخ دنده بودند نه درون آن. (این چرخ حلقه (Ring) نام دارد و محور خروجی به آن متصل است. محور خروجی به حلقه آبی متصل است و صفحه ثابت نگه داشته می‌شود. به این ترتیب یک نسبت ۶:۱ بدست می‌آید.

اگر ورودی را به یکی دیگر از چرخ دنده های این مجموعه متصل کنید، نسبت جدیدی بدست می‌آید. به این ترتیب می‌توانید با استفاده از همین مجموعه و فقط با تعویض ورودی، خروجی و قسمت ثابت سرعت های مختلفی را در خروجی ایجاد کنید. مثلاً اگر ورودی به خورشید وصل باشد، حلقه ثابت نگه داشته شود و محور خروجی به صفحه متصل شود، صفحه و سیاره‌ها به دور خورشید می‌چرخند، در این صورت خورشید برای چرخاندن صفحه باید هفت دور بچرخد نه شش دور. چون صفحه، خورشید را یک بار در جهت چرخش خود چرخانده است، پس یک دور از چرخش خورشید خنثی می‌شود. بدین ترتیب ما یک کاهش ۷:۱ در چرخ ایجاد کرده ایم. می‌توانید خورشید را ثابت نگه دارید، ورودی را به چرخ دنده حلقوی متصل کنید و خروجی را به صفحه. در این صورت یک کاهش ۱۷:۱ بدست می‌آید. حالت های مختلف استفاده از این مجموعه در مدل سازی زیر نشان داده شده است. البته توجه کنید نسبت و تعداد چرخ دنده های مدل سازی با شکل تفاوت دارد.

چرخ دنده خورشیدی قلب یک دنده اتوماتیک است. سایر قسمت‌های موجود در دنده اتوماتیک ماشین فقط وظیفه تعویض ورودی و خروجی و یا ثابت نگه داشتن چرخ دنده های مختلف را بر عهده دارند.



## زنجیر و چرخ

چرخ دنده‌ها کارهای متنوعی انجام می‌دهند. فرض کنید که می‌خواهید حرکت دو چرخ قرمز را با هم همگام کنید، ولی آن‌ها از یکدیگر فاصله دارند. اگر یک چرخ دنده بزرگ بین آن‌ها قرار دهید می‌توانید ارتباط بین آن‌ها را برقرار کنید. در این حالت جهت چرخش دو چرخ یکسان است. اما اگر بخواهید جهت چرخش آن‌ها عکس یک دیگر باشد می‌توانید از دو چرخ دنده کوچک‌تر استفاده کنید.

ولی در هر حال به تعدادی چرخ دنده اضافی نیاز دارید. این چرخ دنده‌ها به محورهای جدیدی نیاز دارند. پس استفاده از این روش، وزن دستگاه شما را هم زیاد می‌کند. در چنین مواردی معمولاً از یک زنجیر یا تسمه استفاده می‌کنند.

زنجیر سبک‌تر از چرخ دنده است و در ضمن می‌توان یک زنجیر را به تعداد زیادی چرخ دنده بست تا همه آن‌ها را با هم بچرخاند. مثلاً در موتور ماشین یک تسمه هم دینام را می‌چرخاند و هم دو میل بادامک را. اگر می‌خواستید به جای تسمه از چرخ دنده استفاده کنید، این کار خیلی مشکل‌تر بود. علاوه بر این هر وقت که بخواهید ارتباط دو چرخ را قطع کنید می‌توانید زنجیر را جدا کنید این ویژگی به ما کمک می‌کند که خیلی ساده‌تر ابزارهای مان را تعمیر کنیم. اگر دوست دارید درباره انواع چرخ دنده‌ها بدانید .



## انواع چرخ دنده ها

وقتی می خواهند یک چرخ دنده انتخاب کنند، به چند نکته اساسی توجه می کنند .  
اولین نکته نسبت چرخ دنده ها است. نسبت چرخ دنده ها قدرت و سرعت خروجی را تعیین می کند.

نکته دوم شکل دنده هایی است که روی چرخ دنده قرار گرفته اند. چرخ دنده های قدیمی ظاهری شبیه شکل روبرو داشتند. چنین چرخ دنده ای برای کارهای ساده خوب است، اما وقتی بخواهیم در یک ابزار پیچیده از آن استفاده کنیم کارآیی چندانی ندارد.  
اینجا نوبت به انتخاب نوع چرخ دنده ها می رسد. چرخ دنده ها انواع مختلفی دارند که هر یک از آنها برای شرایط خاصی به کار می رود.

## چرخ دنده های ساده

این چرخ دنده ها ساده ترین چرخ دنده هایی هستند که دیده اید. آنها دندانه های مستقیم دارند و محور دو چرخ نیز موازی با یک دیگر قرار گرفته اند. گاهی تعداد زیادی از آن ها را در کنار هم قرار می دهند تا سرعت را کاهش و قدرت را افزایش دهند.  
در تعداد زیادی از وسایل از این چرخ دنده ها استفاده می شود. مثلاً ساعت های کوکی، ساعت های اتوماتیک، ماشین لباس شویی، پنکه و ... اما در اتومبیل به کار نمی آیند، چون سر و صدای زیادی دارند. هر بار که دندانه یک چرخ به دندانه چرخ روبرو می رسد، صدای کوچکی در اثر برخورد ایجاد می شود. می توانید مجسم کنید وقتی تعداد زیادی از این چرخ دنده ها با هم کار کنند، چه سر و صدایی راه می اندازند؟ تازه این برخورد ها در دراز مدت، باعث شکستن دندانه ها می شود. برای کاهش سر و صدا و افزایش عمر چرخ دنده ها در

بیشتر اتومبیل ها از چرخ دنده های مارپیچ استفاده می کنند.

## چرخ دنده ساده

چرخ دنده های ساده معمولی ترین نوع چرخ دنده می باشند. آن ها دندانه های صافی دارند و بر روی محورهای موازی سوار می شوند. سابقا چرخ دنده های ساده بسیاری برای بوجود آوردن دنده های کاهشی بسیار بزرگی استفاده می شد.



## چرخ دنده ی ساده

چرخ دنده های ساده در دستگاه های بسیاری استفاده می شوند. مانند پیچ گوشتی الکتریکی ، آب پاش نوسانی ، ساعت زنگی ، ماشین لباس شویی و خشک کن لباس . اما شما در اتومبیل خود تعداد زیادی از آن را نخواهید یافت زیرا چرخ دنده ساده واقعا می تواند پر سروصدا باشد. هر وقت دندانه چرخ دنده یک دنده را با چرخ دنده دیگری درگیر کند دنده ها برخورد کرده و این ضربه صدای بلندی تولید می کند، هم چنین فشار روی چرخ دنده

را افزایش می دهد برای کاهش دادن صدا و فشار روی چرخ دنده اغلب چرخ دنده ها در اتومبیل شما مارپیچی می باشند.

## چرخ دنده های مارپیچ

وقتی دو دنده بر روی سیستم چرخ دنده مارپیچ درگیر می شوند تماس از انتهای یکی از دنده ها شروع شده و بتدریج با چرخش چرخ دنده گسترش میابد تا زمانی که دودنده بطور کامل درگیر شوند.



### چرخ دنده مارپیچ

درگیر شدن تدریجی چرخ دنده های مارپیچی را وادار می کند که آرام تر و ملایم تر از چرخ دنده های ساده عمل کنند. به همین دلیل چرخ دنده های مارپیچی تقریباً "در جعبه دنده های همه اتومبیل ها مورد استفاده قرار می گیرد.

به علت زاویه دنده ها در چرخ دنده های مارپیچ وقتی که دنده ها درگیر می شوند بار محوری بوجود می آورند. دستگاه هایی که از چرخ دنده های مارپیچ استفاده می کنند یاتاقان هایی دارند که می توانند این بار محوری را نگه دارند. یک نکته جالب در مورد چرخ دنده های مارپیچ این است که اگر زوایای دندانه های چرخ دنده صحیح باشند می توانند روی محور عمودی سوار شده زاویه چرخش را روی ۹۰ درجه تنظیم کنند.



چرخ دنده مارپیچ عمودی

### چرخ دنده مخروطی

چرخ دنده مخروطی زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که مسیر چرخش محور نیاز به تغییر کردن دارد و معمولاً برمحورهای ۹۰ درجه سوار می شوند ولی می توانند طوری طراحی شوند که در زوایای دیگر نیز به همین خوبی عمل کنند. دندانه ها روی چرخ دنده های مخروطی می توانند صاف ، مارپیچی و یا قوسی باشند. دندانه های چرخ دنده های مخروطی

صاف در حقیقت مشکلی مشابه دنده چرخ دنده های ساده دارند. که وقتی هر دنده درگیر می شود به دنده متناظر در آن لحظه ضربه می زند.



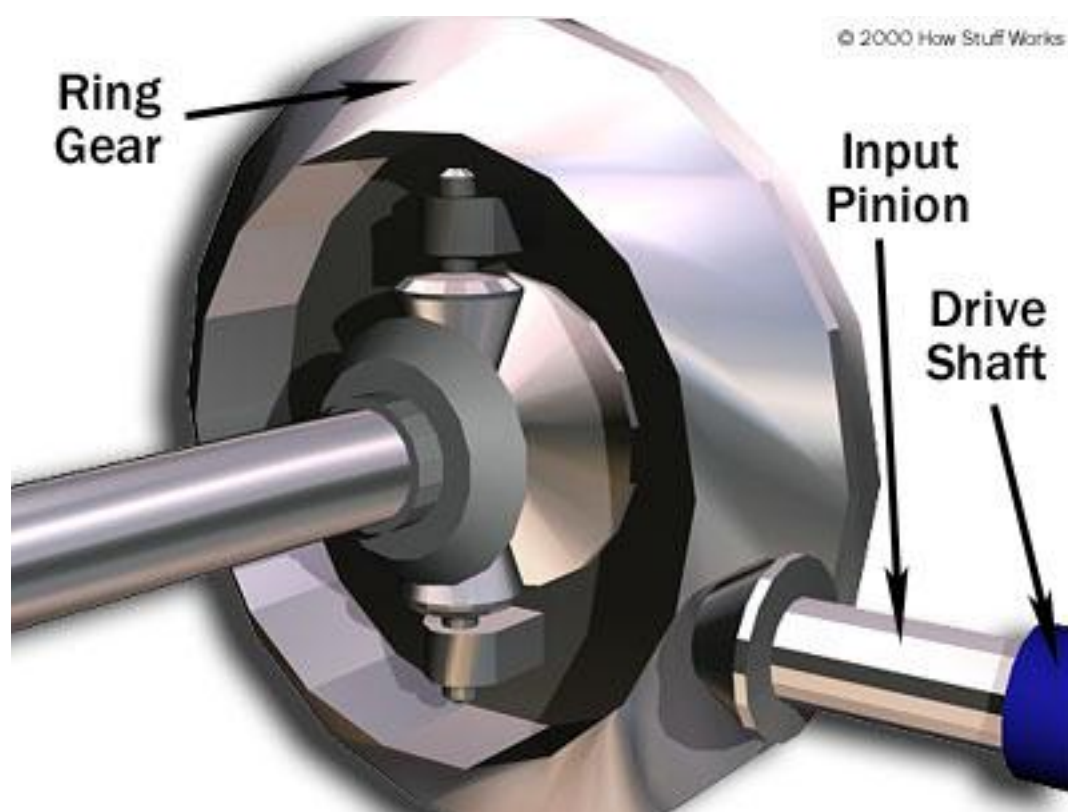
### چرخ دنده مخروطی

درست مانند چرخ دنده ساده ، راه حل این مشکل انحنا دادن به دندانه های چرخ دنده می باشد. این دندانه های مارپیچی درست مانند دندانه های مارپیچی درگیر می شوند تماس از یک انتها ی چرخ دنده شروع می شود و به صورت تصاعدی در سرتاسر دندانه گسترش می یابد.



## چرخ دنده مخروطی با دندانه های مارپیچ

در چرخ دنده های مخروطی صاف و مارپیچی محورها باید بر هم عمود باشند و هم چنین در یک صفحه واقع شوند. اگر شما دو محور را پشت چرخ دنده امتداد دهید همدیگر را قطع خواهند کرد از طرف دیگر چرخ دنده های قوسی (hypoid gear) می توانند با محور ها در صفحات مختلف (محور های متنافر) درگیر شوند.



## چرخ دنده ی مخروطی هیپوئیدی در دیفرانسیل

این خصوصیت در دیفرانسیل اتومبیل های بسیاری استفاده می شود. چرخ دنده بزرگ مخروطی دیفرانسیل و چرخ دنده کوچک ورودی (پنیون) هر دو از نوع قوسی (هیپوئیدی) هستند. این به پنیون ورودی اجازه می دهد که پایین تر از محور چرخ دنده بزرگ مخروطی

سوار شود. شکل بالا پنیون ورودی درگیر با چرخ دنده مخروطی بزرگ در دیفرانسیل را نشان می دهد. زمانی که محور محرک اتومبیل به پنیون ورودی متصل می شود پایینتر قرار می گیرد. این بدان معنی است که محور محرک در قسمت سواری جایی را اشغال نمی کند و فضای بیشتری برای سرنشینان و بار ایجاد می کند.

### چرخ دنده های حلزونی

چرخ دنده حلزونی هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که نیاز به دنده کاهشی بزرگی باشد. برای چرخ دنده های حلزونی نسبت کاهش ۲۰:۱ و حتی تا ۳۰۰:۱ یا بالاتر از آن متعارف است.



چرخ دنده حلزونی

بسیاری از چرخ دنده های حلزونی خاصیت جالبی دارند که چرخ دنده های دیگر ندارند :

پیچ حلزون براحتی می تواند چرخ دنده را بچرخاند ولی چرخ دنده نمیتواند پیچ حلزون را بچرخاند و این بدان علت است که زاویه ی روی پیچ حلزون بقدری کم است که وقتی چرخ دنده سعی می کند آن را بچرخاند نیروی اصطکاک بین چرخ دنده و پیچ حلزون آن را در جای خود نگه می دارد و مانع چرخش آن می شود. این خاصیت برای ماشین هایی از قبیل سیستم های نقاله مکانیکی مورد استفاده است. آن هایی که خاصیت قفل کنندگی در آنها هنگامی که موتور نمی چرخد می تواند همانند یک ترمز برای نقاله عمل کند. استفاده خیلی جالب دیگر چرخ دنده های حلزونی در دیفرانسیل تورسن (Torsen differential) که در بعضی از اتومبیلها و کامیونهای بارکش با کارایی بالا استفاده می شود است.

### چرخ دنده و میله دنده

چرخ دنده و میله دنده برای تبدیل کردن حرکت دورانی به حرکت خطی استفاده می شوند. مثال کاملی از آن فرمان اتومبیل هاست . فلکه فرمان چرخ دنده ای که با میله دنده درگیر است را می چرخاند. وقتی که چرخ دنده می چرخد میله دنده را به چپ یا راست می لغزاند بسته به آنکه شما فرمان را به کدام سمت می پیچانید.





### چرخ دنده و میله دنده در ترازوی خانگی

چرخ دنده و میله دنده همچنین در بعضی ترازوها برای گردش صفحه مدرجی که وزن شما را نشان می دهد به کار می رود.

### نسبت های چرخ دنده ها

هر ترکیب از چرخ دنده های فولادی در سیستم انتقال قدرت به یک چندشاخه منصوب می شود. در هر خوشه یا چند شاخه یک چرخ دنده قطورتر با یک چرخ دنده کم قطرتر درگیر می شود. اختلاف در اندازه این دو دنده یک نسبت دنده را ایجاد می کند. مقدار گشتاور عامل بر محور برون داد به این نسبت بستگی دارد.

در پایین ترین دنده (معمولا اولین دنده خوانده می شود)، یک چرخ دنده کوچکتر، چرخ دنده بزرگتری را می چرخاند. این نسبت سبب می شود که محور برون داد با سرعت کمتری نسبت به محور درون داد اما با گشتاور یا قدرت بیشتری بچرخد. در سومین یا چهارمین دنده،

بسته به سیستم انتقال قدرت، میله دنده، دو دنده را که هم اندازه اند را درگیر می کند که هیچ تغییری در گشتاور و یا سرعت محورا ایجاد نمیکند. در اوردرایو که ممکن است دنده پنجم خوانده شود، یک چرخ دنده بزرگتر، چرخ دنده کوچکتری را به حرکت در می آورد. این نسبت، گشتاور را کاهش میدهد اما محور درونداد را قادر می سازد که آرامتر از محور برون داد بچرخد. اوردرایو، زمانی که سرعت زمینی وسیله نقلیه به طور مساعد زیاد است و به قدرت کمی برای نگه داشتن آن نیاز دارد، بسیار مفید است.

در دنده عقب، یک ترکیب دنده مخصوص سیستم انتقال قدرت را قادر به چرخاندن محور برون داد در جهت وارونه، می سازد که وسیله نقلیه را به عقب حرکت می دهد. همچنین سیستم های انتقال قدرت یک وضعیت خلاص دارند که در آن هیچ گشتاوری به محور برون داد انتقال نمی یابد.

## همزمان سازی

سیستم های انتقال قدرت دستی نوین کاملاً همگام شده هستند؛ یعنی آنها به گونه ای طراحی شده اند که دنده ها زمانی که جابجا میگردند به آرامی درگیر می شوند. این موضوع با سرعت یکسان دنده ها پیش از درگیر شدن یا با درگیری همیشگی دنده ها استفاده از انتخابگری از چند نوع برای انتخاب یک دسته دنده اختصاص یافته، انجام می شود. همگام سازی تغییر مکان دهی دنده ها را آسان تر ساخته و طول عمر دنده های چرخ دنده را افزایش می دهد.

## دنده های چندگانه

تمام سیستم های انتقال دستی مدرن دارای چهار یا پنج تندی و برخی نیز بیشتر می باشند. کامیون های مخصوص کار سنگین ، برای بدست آوردن بیشترین مقدار قدرت کشنده از

موتور، به تعداد دنده بسیار بیشتری نیاز دارند. بسیاری تا بیست دنده حرکت به جلو و چند دنده عقب دارند.

### مواد به کار رفته در ساخت چرخ دنده و ماردون و علت آنها :

بطور کلی دنده ها باید از موادی تشکیل شده باشند که بتوانند برخورد دائمی با یکدیگر را تحمل کنند. در مورد دنده های مارپیچی از آنجائی که به مقدار زیادی حرکت لغزیدن اتفاق می افتد مواد تشکیل دهنده دنده و ماردون باید به گونه ای باشد که اصطحکاک کمی ایجاد کند در نتیجه جنس آن ها باید در ارتباط با یکدیگر مشخص شود. برای این منظور جنس تمام قطعات در جدول ۱ آورده شده است. تجربه نشان داده است که استفاده از مارپیچی با جنس فولاد برون سخت و چرخ دنده ای با جنس فسفر برنز ترکیب بسیار مناسبی است.

### محل قرار گرفتن ماردون نسبت به چرخ دنده ، محاسن و معایب :

ماردون روی چرخ دنده : با برداشتن صفحه بازرسی ماردون به خوبی دیده شده و بازبینی برخی از دندانه های چرخ دنده نیز ممکن می باشد. روغن کاری مستقیماً و به راحتی نخواهد بود.

چون محور گیربکس در سطح نسبتاً پایین تری قرار می گیرد در اندازه طول گیربکس تا حدودی صرفه جویی می شود.

ماردون زیر چرخ دنده : با برداشتن صفحه بازرسی به خوبی می توان چرخ دنده را بازبینی کرد ولی ماردون به کلی ناپیدا است.

کف جعبه در حکم بستر روغنی است و ماردون و دندان‌های چرخ دنده در روغن شناورند در نتیجه روغن کاری بسیار راحت است .

در سرعت‌های بالا امکان نشتی روغن نیز وجود دارد .

### استفاده‌ها و مشخصات چرخ دنده ها

وقتی که فرستادن یا انتقال یک توان یا حرکت از یک شفت چرخنده به دیگری مورد نظر ماست تعدادی راه برای یک طراح قابل دسترسی است که این راهها شامل تسمه های تخت - تسمه ۷ شکل - تسمه های دنداندار - زنجیره های محرک - چرخهای محرک اصطکاکی و چرخ دنده‌ها می شود . اگر حرکت لغزشی نرم و آرام - سرعت بالا - با دقت زمانی بالا - راندمان بالا یا طراحی با حجم کم از معیارهای مهم طراح باشد با انتخاب یک سیستم چرخ دنده ای به معیارهای بالا نزدیک می شوید و انجام شدن این معیارها در این سیستم از دیگر سیستم ها بهتر انجام می شود . از طرف دیگر زنجیره‌های چرخنده و تسمه ها از نظر کارکردی کم ارزش می باشند و موقعی استفاده از آنها به صرفه است که شفت های ورودی و خروجی پهنای زیادی دارند . چرخهای دوار اصطکاکی ساده مانده چرخهای داخلی و خارجی که در شکل  $15-1 a$  و  $b$  کشیده شده‌اند ممکن است انتقال یک توان از استوانه شماره ۱ (چرخان) به استوانه شماره ۲ (چرخنده) را به صورت نرم و آرام مهیا کند . اگر در محل اتصال  $p$  هیچ گونه لغزشی صورت نگیرد .

برای حالت بدون لغزش بزرگی سرعت مماسی برای دو عضو در تماس برابری باشند بنابراین

داریم

مجموعه چرخ دنده ها - نسبت های تبدیل.

در زیر این وضعیت‌ها مشخصات سرعت‌های دو زاویه‌ای ( دانستن یا مشخص کردن ورودی‌ها )  
اجازه می‌دهد که سومین را مشخص کنیم .

برای مثال یک چیدمان معمولی این است که چرخ دنده خورشیدی را ثابت می‌کنیم و بازوی  
حمال را با یک منبع نیروی انتخابی حرکت می‌دهیم و خروجی را از یک چرخ دنده مخروطی  
می‌گیریم. اما دیگر چیدمان‌ها نیز همچنین کاربرد دارند .