

چرخ دنده (Gears)

وسیله‌ای است برای انتقال توان دَوَرانی از یک محور به محور دیگر که طی آن، مقدار گشتاور یا سرعت دَوَرانی یا جهت چرخش یا راستای محوری می‌تواند تغییر کند.

روی محیط چرخ دنده، دندانه‌هایی با فاصله مساوی ایجاد شده است. این دندانه‌ها پس از درگیر شدن با دندانه‌های چرخ دنده مجاور، نیرو را بین یکدیگر منتقل می‌کنند.

هنگامی که دو چرخ دنده در کنار هم به کار رود، چرخ دنده کوچکتر که تعداد دندانه کمتری دارد، معمولاً پینیون نامیده می‌شود.



انواع چرخنده - چرخ دنده ساده

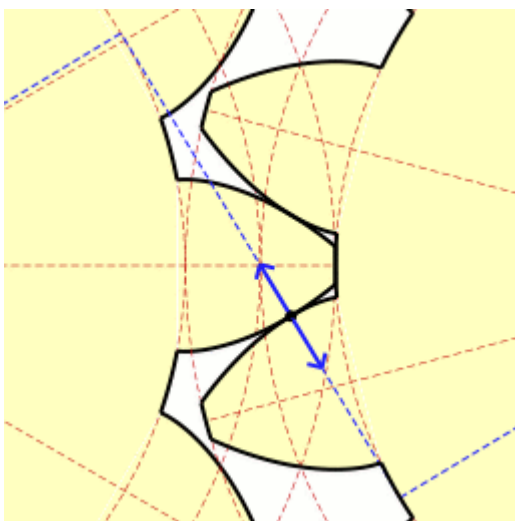
چرخ دنده ساده، یکی از پرکاربردترین انواع چرخ دنده ها است که دندانه‌های مستقیم دارد و روی محورهای موازی سوار می‌شود.

به محض اینکه دو دندانه از چرخ دنده مقابل با یکدیگر درگیر شوند، با نیروی زیادی به هم ضربه می‌زنند. این ضربه، موجب تولید صدا و تمرکز تنش روی دندانه‌ها می‌شود.

در دندانه‌های این چرخ دنده، در هر لحظه فقط یکی از دندانه‌ها از هر چرخ دنده متقابل، به طور کامل درگیر می‌شود.

در این گونه از چرخ دنده‌ها، هیچ نیرویی در جهت محور ایجاد نمی‌شود.

چرخ دنده ساده در کاربردهایی که نیاز به تغییرات زیاد سرعت و گشتاور باشد، مناسب است. در برخی موارد، تعداد زیادی از این چرخ دنده‌ها برای تغییر سرعت و گشتاور استفاده می‌شود.



انواع چرخ‌دنده - چرخ دنده مارپیچ

خطوط دندانه‌ها در این چرخ دنده‌های استوانه‌ای، به صورت مارپیچ هستند. در هر دو مورد محورهای موازی و غیر موازی می‌توان از آنها استفاده کرد.

به دلیل شکل مارپیچی دندانه‌ها، درگیر شدن چرخ‌دنده‌ها با تماس نقطه‌ای آغاز شده و تدریجاً افزایش می‌یابد. در نتیجه انتقال نیرو یکنواخت‌تر و ارتعاشات و سایش هم کمتر اتفاق می‌افتد. از طرفی، همواره بیش از یک دندانه از هر چرخ دنده درگیر است، در نتیجه نیروی وارد به هر دندانه کاهش و ظرفیت انتقال نیروی این نوع چرخ دنده افزایش می‌یابد.

این نوع چرخ دنده در مقایسه با نوع ساده، صدای کمتری تولید می‌کند. کمتر بودن صدا به خصوص در سرعت‌های بالا قابل درک می‌باشد.

البته زاویه‌دار بودن دندانه‌ها باعث ایجاد نیروی محرک محوری و گرما می‌شود و راندمان را کاهش می‌دهد. به منظور کاهش اثر نیروی محوری، باید از یاتاقان مناسب استفاده گردد.

یکی از روش‌های جلوگیری از ایجاد نیروی محوری، استفاده از چرخ‌دنده مارپیچ دابل (جناغی) است و دو چرخ دنده مارپیچ با جهت مخالف، در کنار هم قرار می‌گیرند تا نیروی های محرک ایجاد شده در راستای محوری، خنثی گردند.



انواع چرخ‌دنده - چرخ دنده مخروطی

این چرخ دنده‌ها ظاهری مخروط مانند دارند و برای محورهای متقاطع مناسب هستند. چرخ دنده های مخروطی در جاهایی که زاویه بین دو محور متقاطع، ۹۰ درجه است، بیشترین کاربرد را دارند، ولی در زاویه‌های دیگر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از کاربردهای چرخ دنده مخروطی، در دیفرانسیل بسیاری از خودروهاست.



انواع چرخنده - چرخ دنده حلزونی

برای نسبت های کاهش سرعت زیاد از ۲۰:۱ تا ۳۰۰:۱ از چرخ دنده های حلزونی استفاده می شود. این چرخ دنده ها در نتیجه کاهش سرعت، گشتاور را نیز به مقدار زیادی افزایش می دهند.

با نصب مناسب و روغن کاری منظم، چرخنده حلزونی یکی از نرم ترین و کم صداترین انواع چرخ دنده ها خواهند بود.

ویژگی مهم این چرخ دنده ها این است که انتقال نیرو فقط از حلزون به چرخ حلزون انجام می شود. در بیشتر طراحی ها، چرخ حلزون قادر به چرخاندن حلزون نمی باشد که به عنوان ویژگی خودترمزی شناخته می شود. هرچه زاویه پیشروی در حلزون کمتر باشد، این خاصیت بیشتر می شود. از خاصیت خودترمزی برای جلوگیری از حرکت برعکس، بطور مثال در سیستم نوار نقاله، استفاده می گردد.



انواع چرخدنده - چرخ دنده شانه ای Rack & Pinion

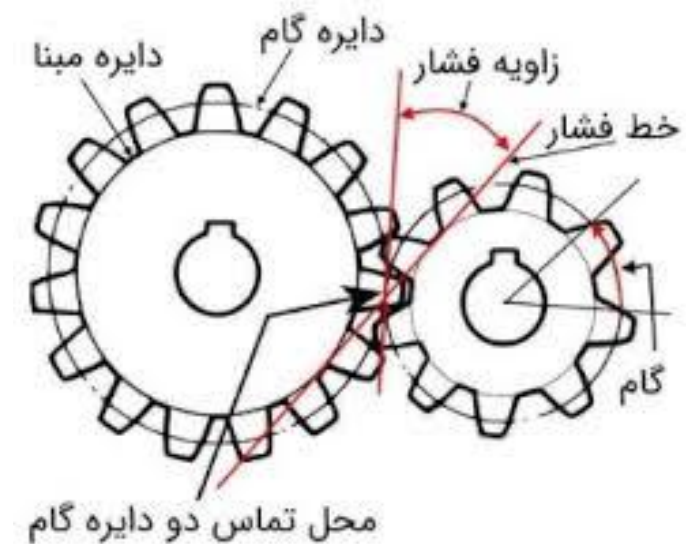
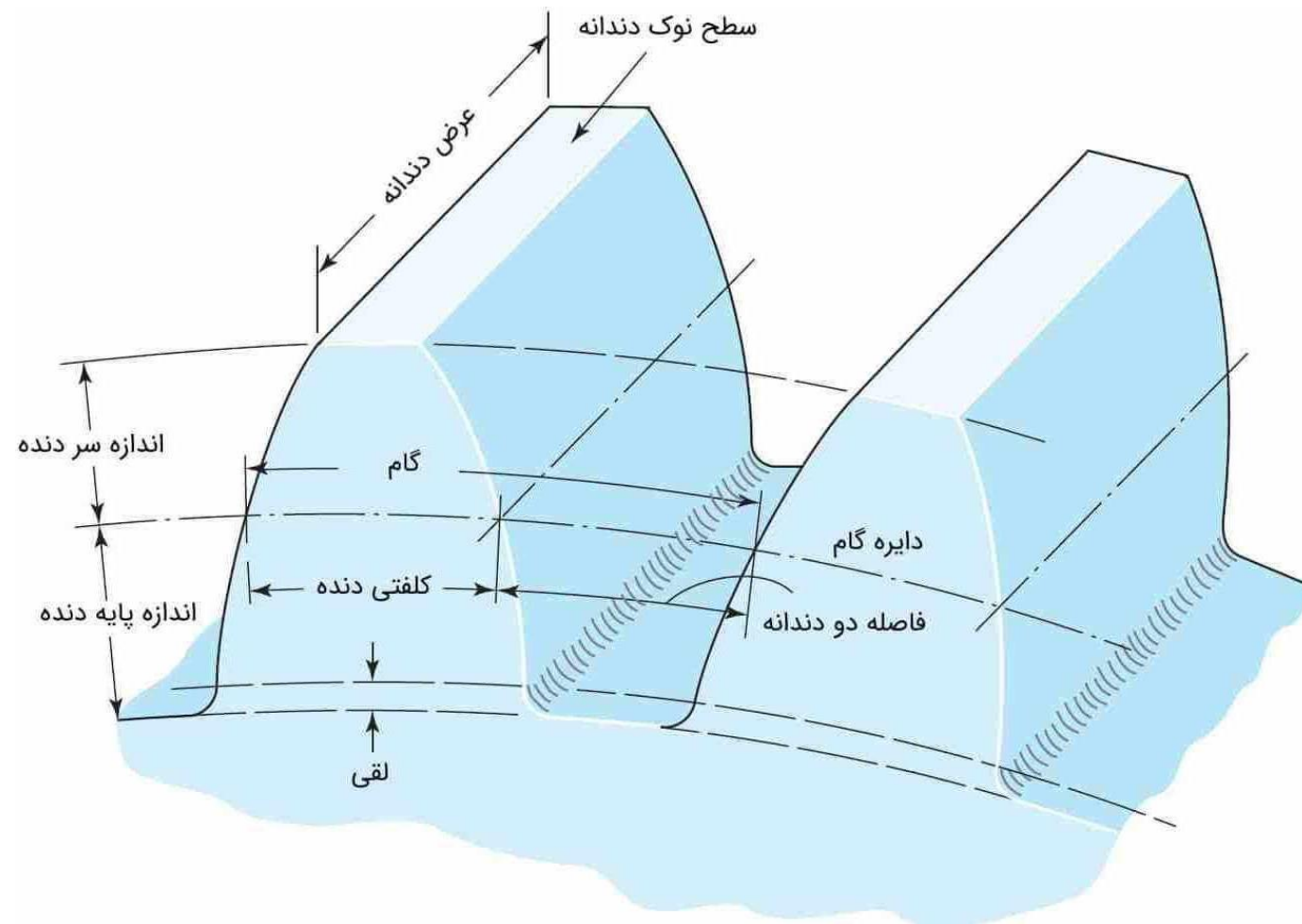
چرخ دنده شانه‌ای به منظور تبدیل حرکت دایره ای به حرکت خطی یا برعکس به کار می‌رود. معمولاً این چرخ دنده‌ها به همراه یک چرخ‌دنده ساده (پینیون) مورد استفاده قرار می‌گیرند. به همین دلیل به کل مجموعه، شانه و پینیون گفته می‌شود.

دندانه‌های روی چرخ دنده می‌تواند مستقیم یا مارپیچ باشد.

یکی از کاربردهای این نوع چرخ دنده‌ها در ترازوهای عقربه‌ای است. مثال دیگر چرخ‌دنده شانه‌ای، فرمان اتومبیل است. با چرخاندن فرمان، پینیون متصل به آن شروع به چرخش می‌کند. در نتیجه این حرکت دایره‌ای، چرخ‌دنده شانه‌ای در جهت طولی (چپ یا راست)، به حرکت درمی‌آید.



پارامترهای هندسی چرخ دنده ساده



گام: فاصله یک نقطه روی دندان تا نقطه متناظرش در دندان مجاور بعدی را گام (Pitch) چرخ دنده می‌نامند. این فاصله با p نشان داده می‌شود. مجموع کلفتی دنده و فاصله دو دندان مجاور برابر با گام است.

• **دایره مبنا:** دایره مبنا دایره‌ای است که دندانها روی آن قرار گرفته‌اند.

• **دایره گام:** هنگامی که دو چرخ دنده باهم درگیر می‌شوند، دو دایره فرضی وجود دارد که به هم مماس هستند. این دو دایره، دایره گام و قطر آنها نیز، قطر گام نامیده می‌شوند. برای به دست آوردن گام، محیط دایره گام را به تعداد دندانها تقسیم می‌کنیم.

• **خط فشار:** خطی که به هر دو دایره مبنا مماس است، خط فشار نامیده می‌شود. زاویه بین خط فشار و خط تماس دایره‌های گام، به عنوان زاویه فشار شناخته می‌شود. در طراحی‌ها، زاویه فشار معمولاً 14.5 ، 20 و 25 درجه در نظر گرفته می‌شود.

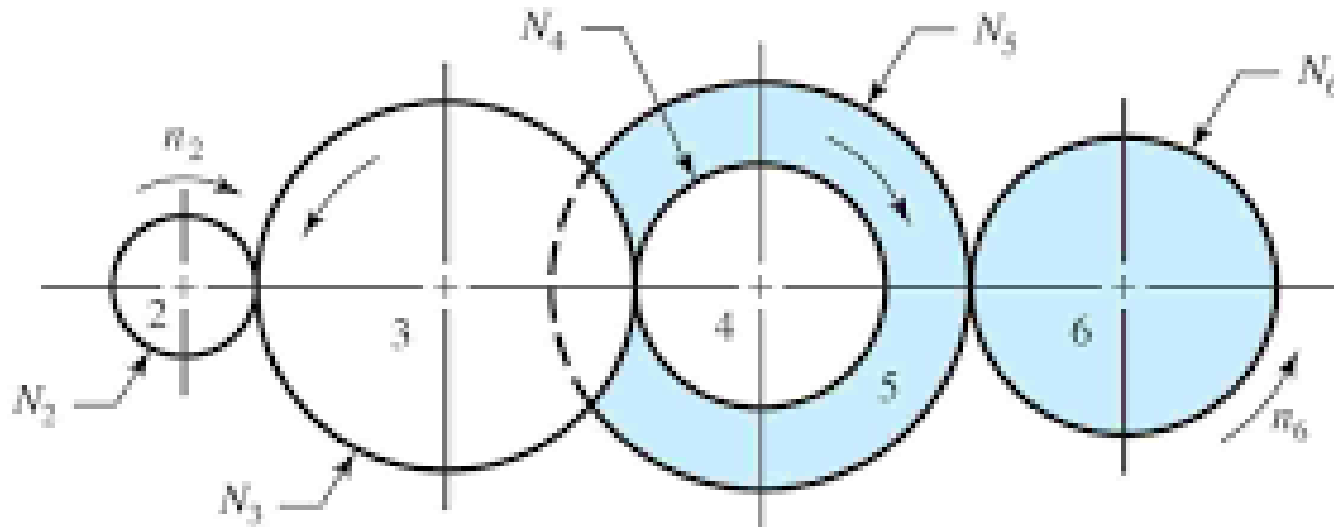
• **مدول چرخ دنده:** یکی از مهمترین مشخصه‌های هر چرخ دنده که معیاری از سائز آن چرخ دنده را بیان می‌کند، مدول (Module) چرخ دنده نامیده می‌شود. مدول چرخ دنده به صورت نسبت قطر دایره گام (برحسب میلی‌متر) به تعداد دندانها تعریف می‌شود. مدول چرخ دنده را همچنین می‌توان با تقسیم گام به عدد پی محاسبه کرد. این مشخصه، عموماً عددی بین 0.3 تا 25 میلی‌متر است. شرط اینکه دو چرخ دنده با هم درگیر شوند، این است که مدول یکسان داشته باشند.

هنگامی که دو چرخ دنده باهم درگیر می‌شوند، دایره‌های گام آنها بدون لغزش روی هم می‌غلطند. بنا به قرار داد، در نام‌گذاری‌ها عدد ۱ به قاب و چهارچوب ماشین اختصاص داده می‌شود. پس از آن، چرخ دنده‌ها با شروع از عدد ۲ نام‌گذاری می‌شوند. شعاع دایره گام هریک از دو چرخ دنده را r_2 و r_3 می‌نامیم. هر دو دایره به ترتیب با سرعت زاویه‌ای ω_2 و ω_3 در حال چرخش هستند. رابطه کلی زیر در درگیری بین چرخ دنده‌ها حاکم می‌باشد.

n سرعت برحسب دور در دقیقه، N تعداد دندانه و d هم قطر دایره گام را نشان می‌دهد.

و T گشتاور انتقالی می‌باشد.

$$\frac{n_3}{n_2} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{d_2}{d_3} = \frac{T_2}{T_3}$$



تمرین ۱:

اگر در شکل صفحه قبل تعداد دندانه ها به ترتیب برابر باشد با :

چرخ دنده شماره ۲ ۲۰ دندانه

چرخ دنده شماره ۳ ۵۰ دندانه

چرخ دنده شماره ۴ ۳۰ دندانه

چرخ دنده شماره ۵ ۵۰ دندانه

چرخ دنده شماره ۶ ۳۰ دندانه

و چرخدنده شماره ۲ یا سرعت ۱۰۰ دور بر دقیقه و ساعتگرد بچرخد،
الف) سرعت و جهت چرخش چرخ دنده ۶ را محاسبه کنید.

اگر گشتاور ۱۰۰ نیوتن.متر برچرخدنده شماره ۲ اعمال شود،
ب) گشتاور موجود در چرخ دنده ۵ چقدر است.