

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



معرفی انواع چرخ دنده - چرخ تسمه و چرخ زنجیر

تهیه و تنظیم:

خدیجه نوروزی - دبیر کار و فناوری

مرکز آموزشی فرزندگان - شهرستان نکا

استان مازندران

ساز و کار حرکتی چرخ دنده :

چرخ دنده‌ها، از پرمصرف‌ترین وسایل انتقال قدرت و حرکت هستند. مکانیزم چرخ دنده‌ها سیستمی است که حداقل از دو چرخ دنده تشکیل شده است که به صورت جفت کار می‌کنند. به همین دلیل آنرا مکانیزم چرخ دنده می‌نامند. از نظر انتقال قدرت، مکانیزم چرخ دنده، یک چرخ دنده محرک و یک یا چند چرخ دنده متحرک دارد. معمولاً به کوچک‌ترین چرخ دنده مکانیزم، پینیون و به چرخ دنده دیگر چرخ می‌گویند.



مفاهیم اساسی و ابعاد چرخ دنده ها :

◀ دایره گام (قطر گام): دایره گام، دایره نظری است که از اهمیت بالایی برخوردار است و تمام محاسبات بر اساس قطر گام انجام می‌پذیرد. دایره گام یک جفت چرخ دنده درگیر، همیشه مماس بر هم هستند.

◀ گام: فاصله بین فضای خالی بین دو دنده و ضخامت یکی از دندانه‌ها بر روی دایره گام را گام دنده می‌نامیم و آنرا با حرف p نشان می‌دهیم.

◀ مدول: نسبت قطر دایره گام هر چرخ دنده برحسب میلی‌متر بر تعداد دندانه چرخ دنده را مدول می‌نامند. مدول در چرخ دنده‌ها، اهمیت فوق‌العاده بالایی دارد و به صورت استاندارد بین‌المللی درآمده به صورت جداولی ارائه شده است که می‌توانیم مدول موردنظر را از این جدول‌ها انتخاب کنیم.

◀ ارتفاع دندانه: اندازه سر دنده، فاصله شعاعی بین سطح نوک دنده تا دایره گام است و اندازه پای دنده، فاصله شعاعی بین سطح پایین دنده تا دایره گام است. مجموع اندازه سر دنده با پای دنده، ارتفاع دندانه را تشکیل می‌دهد.

◀ دایره لقی دندانه: دایره مماس بر دایره سر چرخ دنده درگیر را دایره لقی

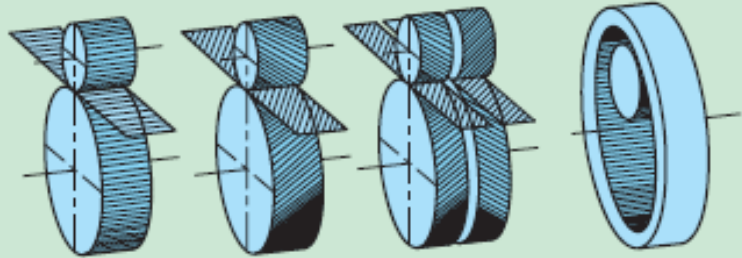
دندانه می‌گویند.

◀ لقی سر دنده: تفاوت اندازه پای دنده با اندازه سر دنده درگیر با آنرا لقی سر دنده می‌گویند.

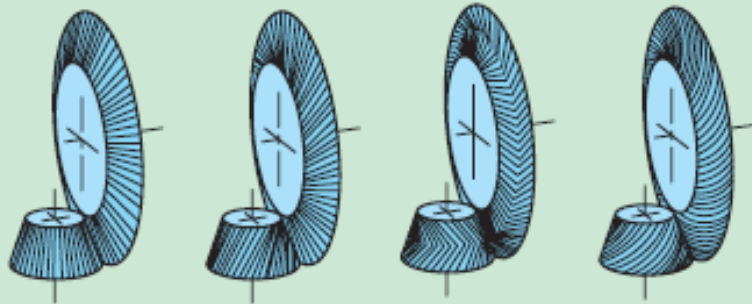
طبقه بندی چرخ دنده ها :

چرخ دنده ها بسته به موقعیت قرار گرفتن محورها طبقه بندی می شوند.

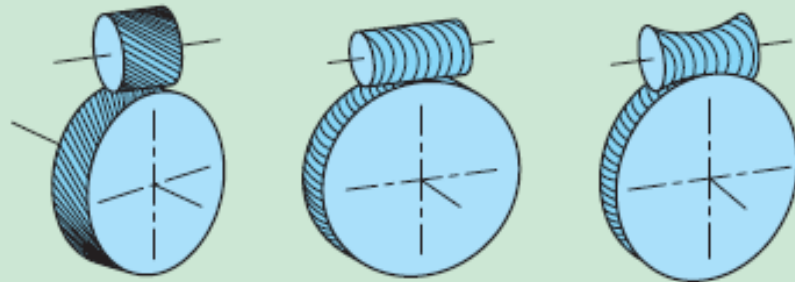
(الف) چرخ دنده هایی که محور آنها در یک صفحه و موازی هم هستند.



(ب) چرخ دنده هایی که محور آنها در یک صفحه واقع است ولی همدیگر را قطع می کنند.



(پ) چرخ دنده هایی که محور آنها در یک صفحه واقع نشده اند و محورها نسبت به هم متناظرند.



طبقه بندی چرخ دنده ها

انواع چرخ دنده ها :

چرخ دنده ساده :

این چرخ دنده‌ها، ساده‌ترین نوع چرخ دنده‌ها به حساب می‌آیند، دندانه‌های مستقیمی دارند و با محور موازی هستند. برای کاهش سرعت و افزایش قدرت، در بسیاری از مواقع تعداد زیادی از آن‌ها را کنار هم قرار می‌دهند. روی محورهای موازی جهت حرکت یکی از آن‌ها خلاف جهت حرکت دیگری است. اگر بخواهند دو چرخ دنده درگیر در یک جهت حرکت کنند بین آن‌ها چرخ دنده سوم را قرار می‌دهند تا جهت حرکت ورود و خروج یکی شود.



به دلیل ساخت آسان ارزان است و به همین دلیل کاربرد زیادی در صنعت دارد. برای مثال در ساعت‌های کوکی و اتوماتیک، ماشین لباس شویی، پنکه و نمونه این‌ها کاربرد دارد. بزرگ‌ترین عیب آن‌ها سر و صدای زیاد است. هر بار که دندانه یک چرخ دنده به دندانه چرخ روبه‌رو می‌رسد، صدای کوچکی در اثر برخورد ایجاد می‌شود و زمانی که تعداد زیادی از این دندانه‌ها به هم برسند، صدا بیشتر می‌شود، تا جایی که حتی در دراز مدت، این برخوردها باعث شکستن دندانه‌ها می‌شود.

چرخ دنده های مارپیچ :

دندانه های این چرخ دنده ها مؤرب هستند و با محور چرخ دنده در حالت زاویه داری قرار گرفته اند. در هنگام چرخش یکی از چرخ دنده ها، ابتدا نوک دندانه ها با هم تماس می یابند، سپس به تدریج دو دندانه درگیر می شوند و این درگیری تدریجی باعث کاهش سر و صدا می شود. همچنین مکانیزم چرخ دنده، نرم کار می کند، سطح تماس پروفیل دنده ها نیز نسبت به چرخ دنده ساده بیشتر

است و انتقال قدرت بزرگی انجام شود.

این گونه چرخ دنده ها در صنعت خودروسازی کاربرد زیادی دارند.



مکانیزم چرخ دنده های مارپیچی

چرخ دنده های مخروطی :

انتقال نیرو توسط این چرخ دنده ها تحت زاویه ۹۰ درجه و یا کوچک تر از ۹۰ درجه و یا بزرگ تر از ۹۰ درجه امکان پذیر است، بنابراین برای انتقال قدرت تحت زاویه مورد نظر، بهترین چرخ دنده محسوب می شوند. البته در صنعت غالباً با محورهای عمود بر هم به کار می روند. دندانه های آنها بر روی مخروط

ناقص به صورت ساده و یا مارپیچ ساخته می شوند

این چرخ دنده ها در جعبه دنده ها و مخصوصاً دیفرانسیل ها کاربرد زیادی دارند.



مکانیزم چرخ دنده مخروطی

چرخ دنده حلزون و پیچ حلزون :

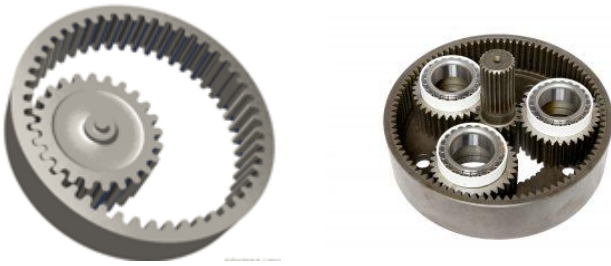
این چرخ دنده‌ها در صنعت جایگاه ویژه‌ای دارند. اگر بخواهیم تغییر زیادی در سرعت یا قدرت ایجاد کنیم، از این مکانیزم بهره می‌گیریم. بزرگ‌ترین مزیت جالب این مکانیزم این است که پیچ حلزون به راحتی می‌تواند چرخ دنده حلزونی را به حرکت درآورد، در صورتی که چرخ دنده حلزونی نمی‌تواند، پیچ حلزون را بچرخاند، زیرا زاویه دنده‌های پیچ حلزون به قدری کوچک است که وقتی چرخ دنده حلزون می‌خواهد آن را بچرخاند، اصطکاک بسیار بزرگی پدید می‌آید و مانع از حرکت پیچ حلزون می‌شود. این ویژگی به ما امکان می‌دهد تا در جاهایی که به یک قفل خودکار نیاز داریم از این چرخ دنده بهره بگیریم. این چرخ دنده‌ها در دستگاه‌هایی همچون بالابرها و جرثقیل‌ها کاربرد زیادی دارند. مثلاً در یک بالابر اگر موتور از کار بیفتد، چرخ دنده‌ها قفل می‌شوند و از پایین آمدن بار جلوگیری می‌شود. چرخ دنده پیچ حلزون در دیفرانسیل کامیون‌ها

و خودروهای سنگین نیز کاربرد دارد



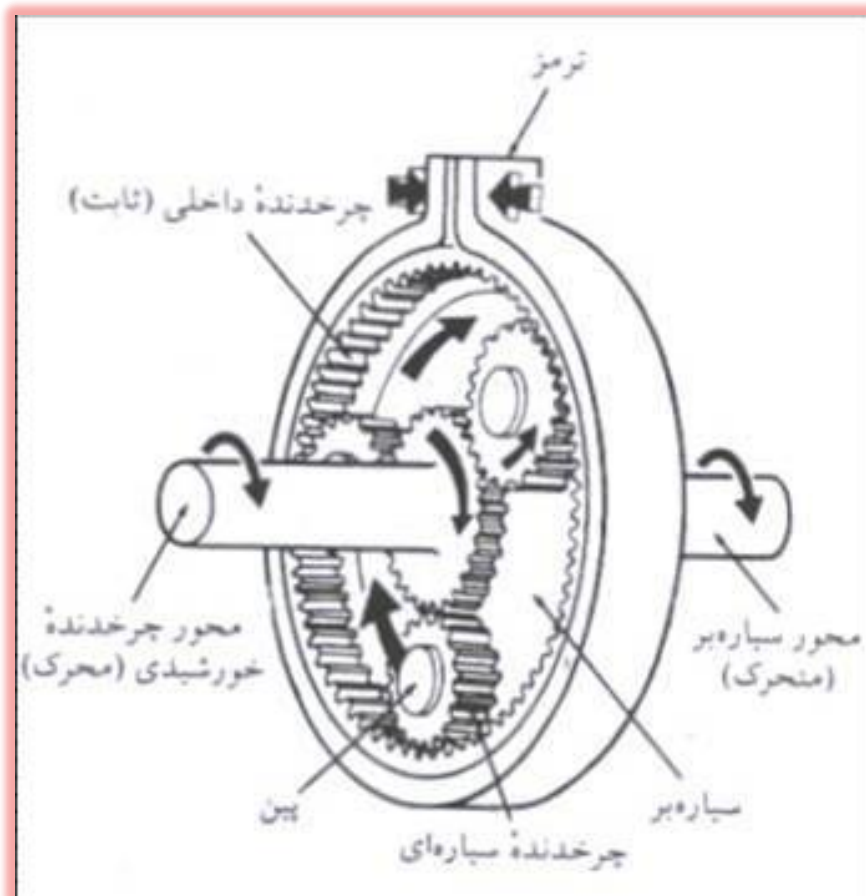
چرخ دنده های داخلی

(چرخ دنده خورشیدی - جعبه دنده ای) :



دو محور این چرخ دنده ها به همدیگر خیلی

نزدیک است. به این چرخ دنده ها، سیاره ای نیز می گویند. دندانه های آن ها می تواند هم ساده و هم مارپیچ باشد و در کوپلینگ های انعطاف پذیر (ارتجاعی) کاربرد دارند.



مکانیزم چرخ دنده های جناغی :

دندانه‌های این نوع چرخ دنده‌ها روی محیط استوانه نسبت به هم زاویه کوچک‌تر از ۹۰ درجه می‌سازند و به صورت عدد ۷ یا ۸ ساخته می‌شوند. این چرخ دنده‌ها در دستگاه‌های نورد غلتکی فولاد کاربرد دارند. همچنین دستگاه‌هایی که تحمل نیروی رانشی محوری را ندارند، از این چرخ دنده‌ها استفاده می‌کنند. به علت فرایند دشوار ساخت چرخ دنده‌های جناغی، امروزه بیشتر چرخ دنده‌های دو مارپیچ می‌سازند که در وسط دندانه‌ها یک شیار ایجاد می‌شود و روش ساخت را آسان می‌کند. چرخ دنده‌های جناغی در دستگاه‌های با سرعت بالا چندان رضایت‌بخش نیستند.

بیشتر تلمبه‌های میدان‌های نفتی از نوع دو مارپیچ یا جناغی هستند.



چرخ دنده دو مارپیچ



چرخ دنده های جناغی

چرخ دنده شانه ای :

از این چرخ دنده ها برای تبدیل حرکت گردشی به خطی یا بالعکس استفاده می شود. در واقع چرخ دنده شانه ای (Rack) را می توان یک چرخ دنده ساده با بی نهایت دندانه در نظر گرفت، که شعاع آن بی نهایت بزرگ است. دندانه های یک چرخ دنده شانه ای ممکن است مستقیم یا مورب باشند.

چرخ دنده شانه ای دندانه مستقیم (Spur Rack) به شکل یک خط کش است که روی یکی از وجوه آن دندانه هایی عمود بر محور طولی ایجاد شده است. این نوع چرخ دنده شانه ای با یک چرخ دنده ساده درگیر می شود و با این جفت چرخ دنده می توان حرکت گردشی را به حرکت خطی تبدیل کرد.

ساخت این نوع چرخ دنده شانه ای، ساده تر از ساخت چرخ دنده شانه ای دندانه مورب است . در چرخ دنده های شانه ای دندانه مورب (Helical Rack) دندانه ها نسبت به محور طولی به صورت زاویه دار ایجاد می شوند. این نوع چرخ دنده شانه ای با یک چرخ دنده مارپیچ درگیر می شود. این جفت چرخ دنده نیز برای تبدیل حرکت گردشی به حرکت خطی به کار می روند، ولی ظرفیت انتقال بار آنها بیشتر از نوع قبلی است.



چرخ دنده شانه ای مورب



چرخ دنده شانه ای ساده

جنس چرخ دنده ها :

چرخ دنده‌ها از مواد مختلفی مانند چدن خاکستری و آلیاژی، فولادهای ریخته شده، برنج، برنز، مواد کائوچونی و پلاستیک ساخته می‌شوند. خاصیت چدن در مقابل عوامل استهلاکی و اصطکاکی خوب است، ولی مقاومت آن در مقابل نیروهای ضربه‌ای و خم کننده کم است و همین عامل باعث می‌شود دندانه‌های چرخ دنده‌های چدنی نسبتاً بزرگ انتخاب شوند. فولاد کم کربن سخت نشده می‌تواند در ساخت چرخ دنده‌ها مورد استفاده قرار گیرد، ولی از این فولادها باید در جاهایی که نیاز به استحکام متوسط و مقاومت در مقابل ضربه داریم، استفاده شود. نکته حائز اهمیت این است که سخت کاری سطح دنده‌ها، مقاومت آن‌ها را در مقابل سایش زیاد می‌کند.

امروزه از چرخ دنده‌هایی از جنس مواد مصنوعی مانند مواد لایه‌ای پرسی، بافته‌های سخت و پلی آمیدها به خاطر کار آرام، صدای کم و خاصیت ضربه‌گیری شان استفاده می‌شود. خصوصاً در مواردی که وزن پایین و انتقال نیروی کم نیز مطرح است. مواردی نظیر دستگاه‌های خانگی، ماشین‌های دفتری، ماشین‌های نساجی، بافندگی، ابزار الکتریکی و اسباب بازی‌ها بیشترین کاربرد را دارند



کاربرد چرخ دنده ها :

در حالت کلی بیشتر دستگاه‌های موجود در دنیا دارای چرخ دنده هستند، و به ویژه در انواع گیربکس‌ها کاربرد فراوانی دارند.

ساز و کار حرکتی چرخ تسمه :

مکانیزم‌های چرخ و تسمه انتقال حرکت و نیرو را در فاصله محوری بزرگ انجام می‌دهند. این انتقال بین دو و یا چند محور امکان‌پذیر است. اصطکاک ایجاد شده بین تسمه و چرخ باعث انتقال حرکت و نیرو می‌شود. تسمه‌ها خاصیت انعطاف‌پذیری بالایی دارند، به همین دلیل خیلی نرم کار می‌کنند، سرو صدا نمی‌کند و به دلیل الاستیک بودن تسمه ضربه‌پذیری ایده‌آلی دارند.



مکانیزم چرخ تسمه

مکانیزم های چرخ تسمه انواع گوناگونی دارند و دارای مزایا و معایبی هستند :

◀ مزایا:

۱. به دلیل ساده بودن مکانیزم، نسبت به همه مکانیزم های دیگر ارزان هستند.
۲. به دلیل بالا بودن خاصیت الاستیکی تسمه، توانایی مقابله با ضربه دارند و آن را مستهلک می کنند.
۳. افزایش آنی نیرو و انتقال نمی دهند، بنابراین جزو اجزاء امنیتی محسوب می شوند.
۴. معمولاً سر و صدای کمتری دارند.
۵. نیازی به روانکاری ندارند.
۶. انتقال حرکت و قدرت را در فاصله محوری زیاد ممکن می سازند که با چرخ دنده امکان پذیر نیست.
۷. در صنعت امروز راندمان بالایی دارند. (۹۵٪ تا ۹۸٪)

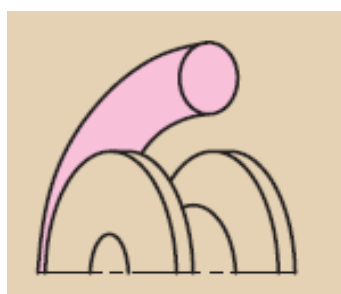
◀ معایب:

۱. در اثر نیروهای سفتی، محورها تحت تأثیر نیروی بزرگی قرار می گیرند که گاهی اوقات، این نیرو $2/5$ برابر نیروی سفتی می شود و یاتاقان ها را تحت تأثیر خود قرار می دهند.
۲. بعضاً بین تسمه و چرخ سرخوردگی پدید می آید. در این صورت انتقال حرکت و نیرو را تحت تأثیر خود قرار می دهد که با استفاده از تسمه های دنده ای این مشکل را حل می کنند.
۳. با توجه به جنس تسمه، دمای مورد مصرف بین 50°C الی 60°C و بعضاً $80^{\circ}\text{C}+$ محدود می شود. اگر دما بیشتر از این باشد، مثلاً به 140°C برسد، خرابی در تسمه شروع می شود.
۴. به مرور زمان تسمه ها کش می آیند که همین موضوع، حرکت را تحت تأثیر خود قرار می دهد. برای جلوگیری از این مسئله، بایستی از چرخ های سفت کن رگلاژ استفاده کرد.
۵. حرارت، رطوبت، روغن و گرد و خاک محیط باعث کش آمدن تسمه ها می شوند. حتی اگر این عوامل در حد خیلی کوچکی هم باشند، ضریب اصطکاک را تغییر خواهند داد.
۶. در اثر اصطکاک، الکتریسیته استاتیکی به وجود می آید.

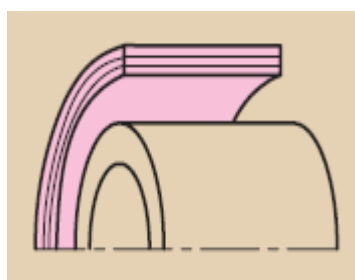
انواع تسمه ها :

امروزه در صنعت، تسمه‌ها از نظر جنس، مقاومت و عمر، پیشرفت بسزایی دارند و با توجه به شکل مقاطع آن‌ها دسته‌بندی می‌شوند.

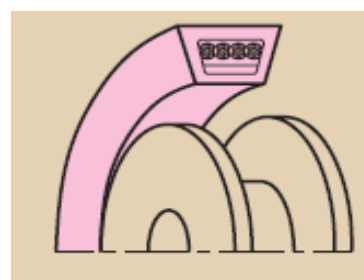
- ۱- تسمه گرد
- ۲- تسمه تخت
- ۳- تسمه دوزنقه‌ای و یا V شکل
- ۴- تسمه دوزنقه‌ای یکپارچه
- ۵- تسمه دوزنقه‌ای بند بند
- ۶- تسمه تایمینگ
- ۷- تسمه تخت با شیارهای V شکل.



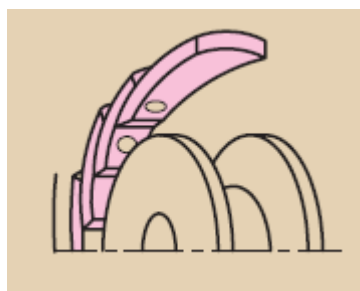
تسمه گرد



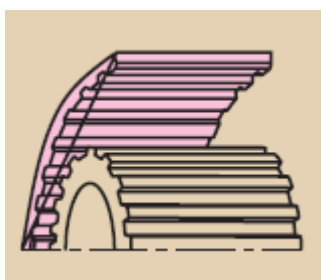
تسمه تخت



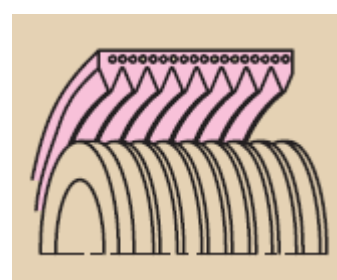
تسمه دوزنقه ای



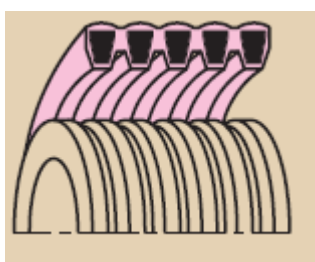
تسمه دوزنقه ای یکپارچه



تسمه دوزنقه ای بند بند



تسمه تایمینگ



تسمه تخت با شیار V شکل

جنس تسمه ها :

از چرم ، پارچه ، لاستیک ، پلیمر که نوع لاستیکی بیشتر دیده می شود ، که از قابلیت انعطاف خوبی هم دارد ، که برای مقام تر شدنش در برابر کشش در داخل آن از مواد مانند نایلون ، پلی استر ، سیم و غیر استفاده می شود.

- تسمه از اجزاء مهم مکانیزم هاست و بایستی خواص زیر را دارا باشد:
- قابلیت خم شدن را دارا باشد و مقاومت کششی زیادی را داشته باشد.
- دارای عمر مناسب و در برابر خستگی مقاوم باشد.
- قیمت پایینی داشته باشد.

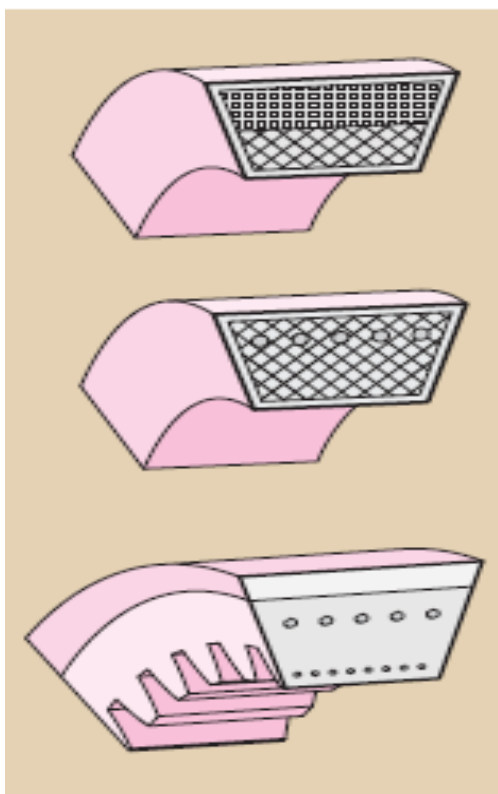
◀ تسمه های تخت: تسمه های تخت بیشتر در مکانیزم هایی به کار می روند که توان زیادی را به دستگاه دیگر انتقال دهند، مانند آسیاب های قدیم، دستگاه های چوب بری و خرمن کوب ها. تسمه ها معمولاً از پوست های دباغی شده گاو ساخته می شوند. این تسمه ها یک لایه، دو لایه و یا چند لایه هستند و امکان دارد با مواد دیگری همچون رشته ها ، بافته ها و پلیمرها ترکیب شوند. تسمه های چرمی را به صورت بندبند نیز می سازند که در سرعت های پایین و در شرایط لغزش زیاد، مورد استفاده قرار می گیرند.

تسمه های تخت لاستیکی از بافته ها یا رشته های آمیخته با لاستیک طبیعی و مصنوعی ساخته می شوند.

تسمه های تخت بافته شده از جنس کتان یا الیاف مصنوعی با پوشش لاستیکی و بعضاً بدون پوشش لاستیکی نیز تولید می شوند.

◀ **تسمه‌های V شکل:** این تسمه‌ها در مقابل کشش مقاوم هستند، قابلیت خم شدن دارند و نرم کار می‌کنند. تسمه‌های V شکل از دو جنس اصلی تشکیل شده‌اند. برای این که از تأثیر محیط جلوگیری شود توسط پارچه کائوچویی پوشش داده شده است. معمولاً به عنوان جسم نرم از کائوچو و به عنوان جنس مقاوم از کتان بافته شده و طناب‌های محکم حریر یا مفتول‌های فلزی مورد بهره می‌گیرند. با توجه به شکل دهی این دو جنس تسمه‌های V شکل متفاوتی وجود

دارد.

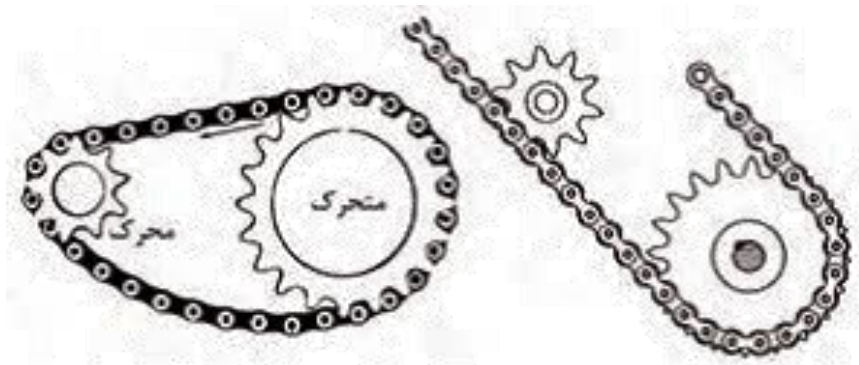


مقاطع انواع تسمه های V شکل

ساز و کار حرکتی چرخ زنجیر:

مکانیزم‌های زنجیری بین مکانیزم‌های چرخ‌دنده و چرخ‌تسمه، یک مکانیزم

میانی محسوب می‌شوند



مکانیزم زنجیر

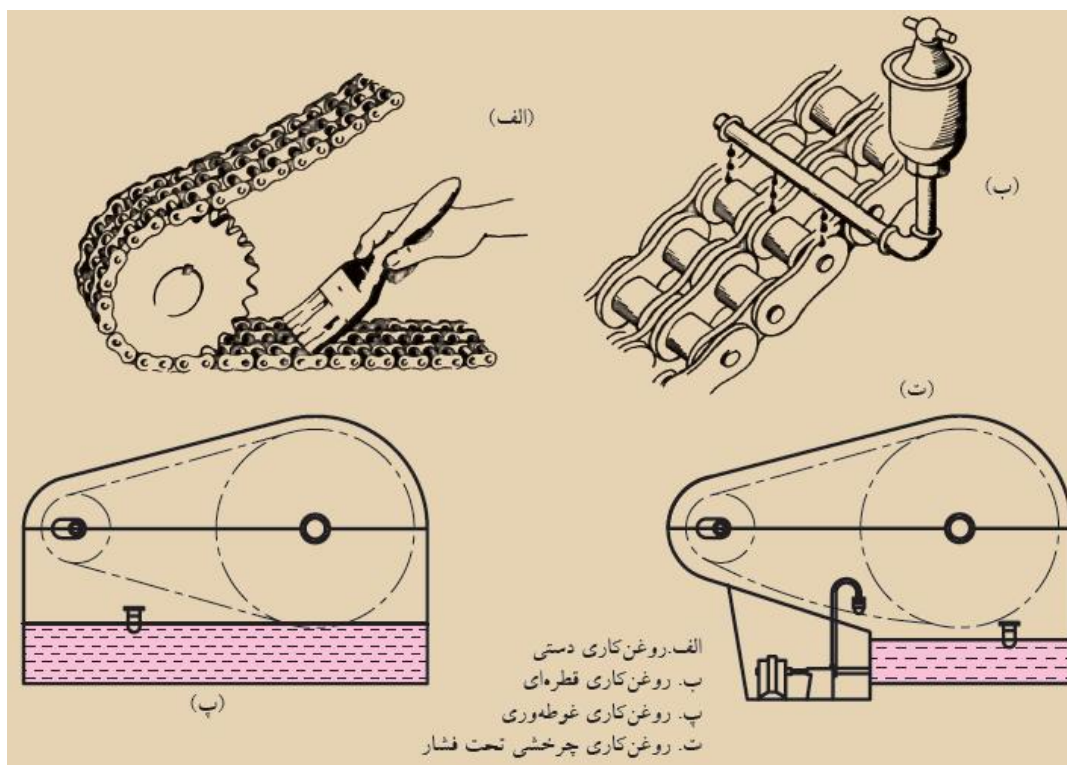
◀ مزایا:

۱. امکان انتقال حرکت و قدرت در فاصله محوری زیاد تا ۸ متر
۲. چون حرکت وابستگی شکلی دارد. هر نسبت انتقال را می‌توان ایجاد کرد.
۳. از یک محور در حالت آنی امکان انتقال حرکت به چند محور ممکن است.
۴. در محیط‌های مختلف، قابلیت کار خوبی از خود نشان می‌دهند، یعنی به حرارت حساسیت ندارند، کثیفی محیط مهم نیست و رطوبت و گرد و غبار از کار آنها جلوگیری نمی‌کنند.
۵. از راندمان بسیار خوبی برخوردار هستند.

◀ معایب:

۱. سازه مکانیکی سنگین و گرانی دارند.
۲. به علت ثابت نبودن سرعت انتقالی، نیروی جرمی، ضربه و ارتعاشاتی به وجود می‌آید که باعث سر و صدای زیادی می‌شود.
۳. به مونتاژ دقیق، نگهداری مناسب و روغن کاری مداوم نیاز دارند.

روغن کاری مکانیزم‌های زنجیری



نمونه هایی از ساز و کار حرکتی چرخ دنده- چرخ تسمه و چرخ زنجیر

چرخ دنده ساده در ماشین آلات کشاورزی



چرخ دنده مخروطی در آچار سه نظام دریل و دریل دستی



دریل دستی



آچار سه نظام دریل

چرخ دنده پیچ حلزون در دیفرانسیل خودرو و گیربکس بالابر



گیربکس بالابر

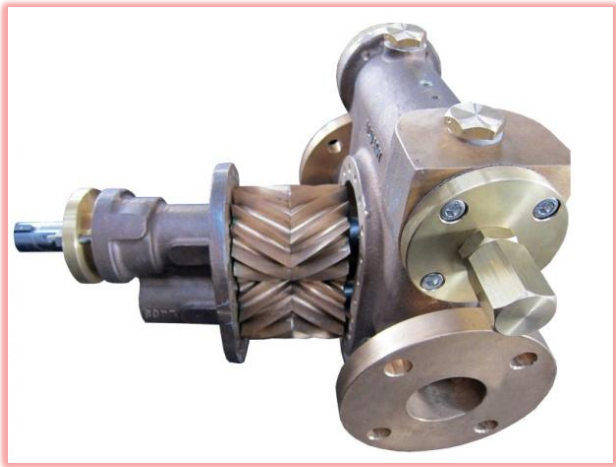


دیفرانسیل

چرخ دنده شانه ای ساده در کار پیش بر ماشین دوخت



چرخ دنده جناغی و دو مارپیچ در پمپ دنده ای و ماشین آلات صنایع



پمپ دنده جناغی در پمپ دنده ای

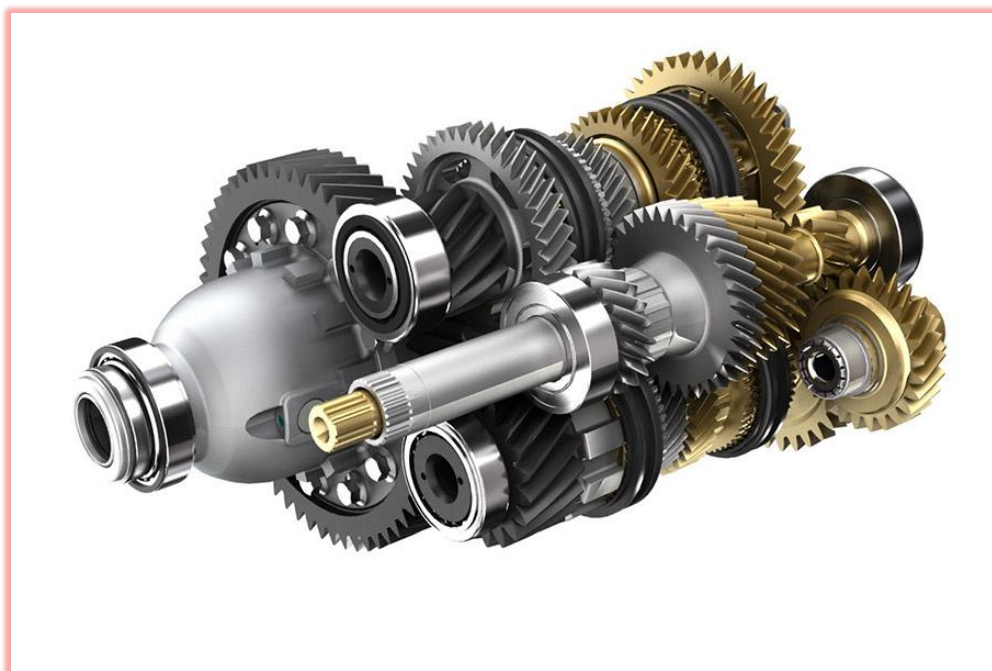


چرخ دنده دو مارپیچ

چرخ دنده داخلی در گیربکس خورشیدی



چرخ دنده ماریج در گیربکس خودرو



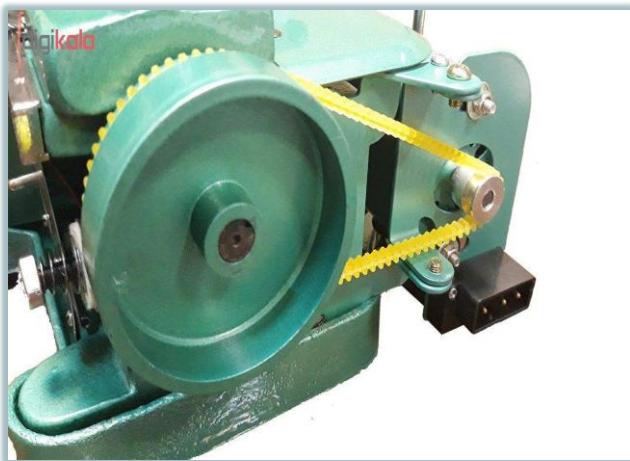
چرخ زنجیر در دوچرخه و لودر





لودر چرخ زنجیری

چرخ تسمه در ماشین سردوز و کولرآبی



ماشین سردوز



کولر آبی

تسمه تایم در خودرو



چرخ زنجیر و چرخ تسمه در گیربکس بالابر

