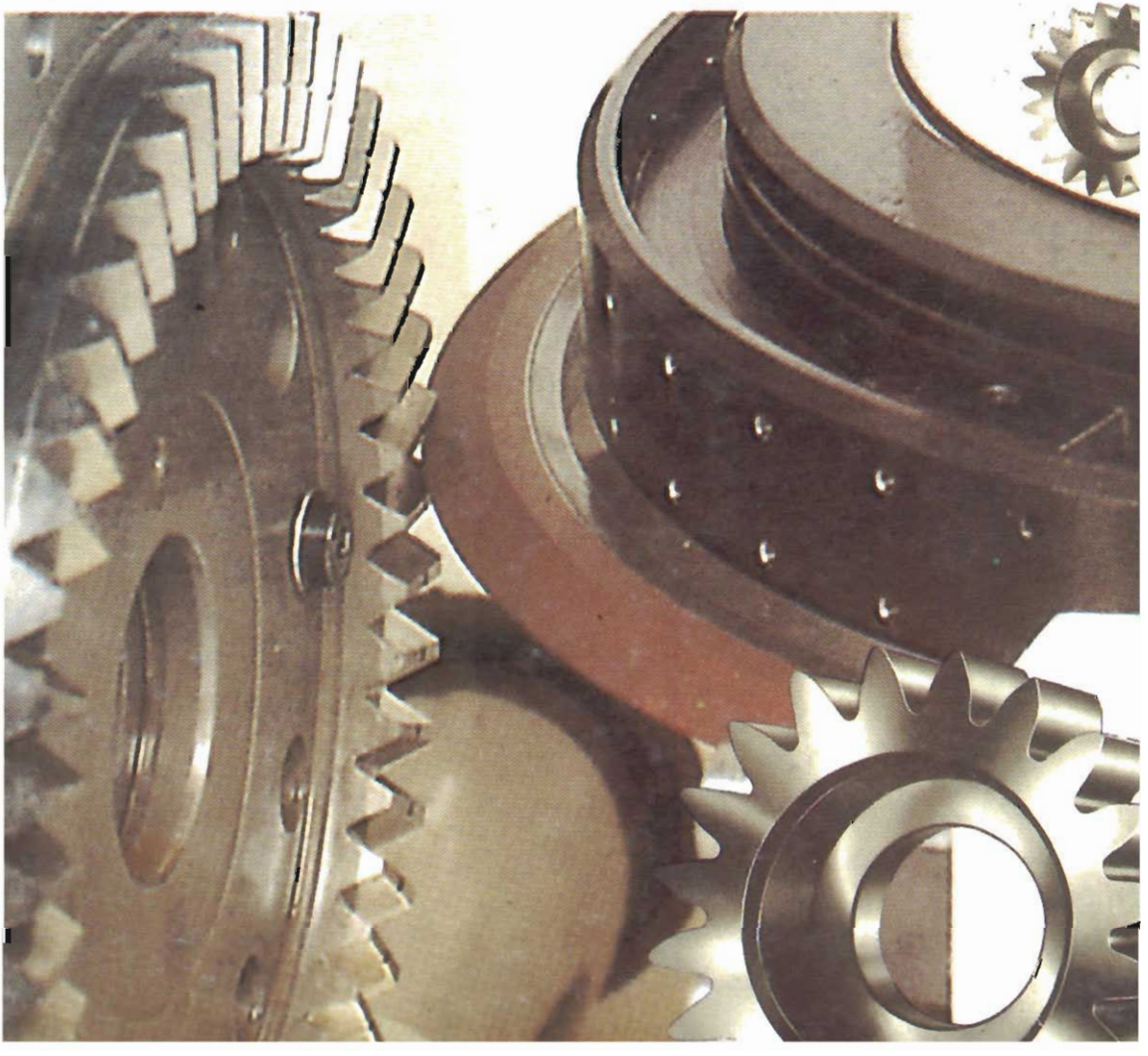
جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار و امور اجتماعی

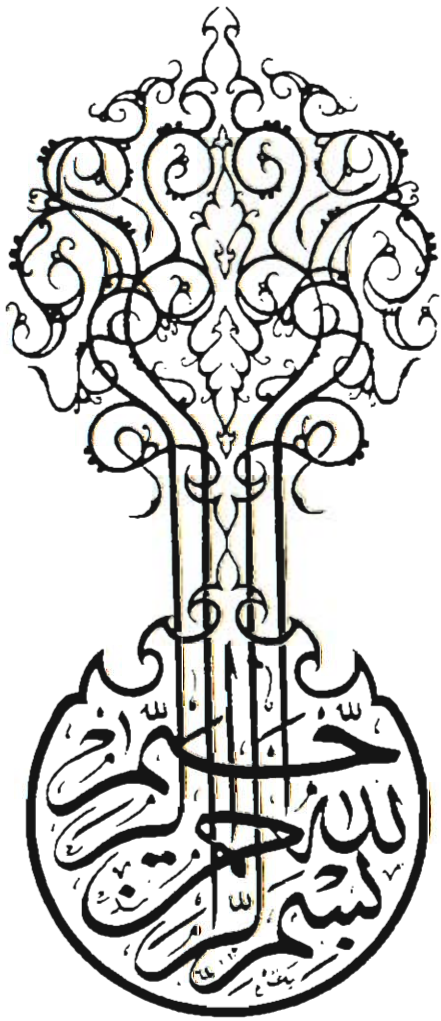
سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

کتاب درسی

محاسبه و ساخت چرخ دنده ها

مطابق با استاندارد ملی مهارت




بسم الله الرحمن الرحيم

نام کتاب : کتاب درسی محاسبات و ساخت چرخ دنده ها براساس استاندارد ملی مهارت

تهیه و تنظیم : سیدمسعود مظهری

طرح روی جلد : فریبا خدابخشی

حروفچین : لاله بهارلویی

صفحه آرا : زهره محمدحسینی

ناشر : سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور - مدیریت پژوهش

تیراژ : ۲۰۰۰ جلد

نوبت چاپ : اول

سال انتشار : تیرماه ۱۳۷۹

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

بسمه تعالی

مقدمه

اساسی ترین هدف هر دوره آموزشی تربیت افراد و متناسب ساختن شخصیت و قابلیت های آنان با دگرگونی و تحولات اجتماعی ـ اقتصادی و فرهنگی است. تا کارآیی لازم را برای پذیرش و ایفای نقشی که در پیشبرد وظایف اجتماعی و شغلی در جهت حفظ و حراست از ارزشهای جامعه که در آن زندگی می کنند ، کسب نمایند .

با توجه به اینکه رشد سریع تکنولوژی ، تغییرات و تأثیرات عمیقی در مسایل اجتماعی و اقتصادی بدنبال داشته ، اتخاذ روشهایی که هماهنگ کننده برنامه های آموزشی با توسعه تکنولوژی وتحول ومتضمن تأمین نیروی انسانی ماهرومتخصص مورد نیاز آن باشد ، اجتناب ناپذیر است .

تجربه و مطالعه نشان داده که مناسبترین روش آموزشی که جوابگوی امر مزبور می باشد « کارآموزی نیروی انسانی » است . این روش بدین لحاظ حائز اهمیت است که در ماهیت برنامه ها ، مطالب و محتوای درسی کارآموزان ویژگیهای زیر مشاهده می شود :

۱ - ملاک و معیاربرای انتخاب مواد و موضوعات دروس نظری و عملی کارآموزی ، با توجه به ایجاد مهارتها برای جوابگویی به نیازهای متنوع مشاغل و روشهای جدید و نوین کار و آماده ساختن افراد برای احراز شغلی مفید و انجام کار مناسب و درخور شخصیت والای انسان ، می باشد .

۲ - محتوای برنامه های کارآموزی ، سازگاری انسانها در مقابل زندگی عینی و شایستگی آنان را برای سازندگی ، تضمین می نماید .

۳ - ایجاد مهارتهای تخصصی از طریق کارآموزی

۴ - برنامه های آموزشی کارآموزان در دو جهت یادگیری مهارتها و تغییر رفتار موثر است و یادگیری را در جهت تغییر رفتار مطلوب ، تأمین می نماید .

۵ - هرچند که در کارآموزی ، آموزش مهارتها به افراد برای انجام کارهای محوله اهمیت دارد ، لیکن در برنامه های کارآموزی نکاتی منظور می شود تا کارآموزان با فراگیری آنها ضوابط و معیارهای سازمانی را رعایت نموده و تأثیرفعالیتهای آنان در جهت اهداف سازمان افزون گردد .

۶ - محتوای دروس کارآموزی ، نه تنها کارآموزان را با یافته های جدید علمی آشنا می نماید ، بلکه آنان را قادر می سازد تا خلاقیت و ابتکار تازه ای پدید آورند .

۷-از طریق کارآموزی و اثر آن در ایجاد مهارتهای قابل اشتغال و ارتقاء مهارت بر اساس تغییرات فرآیند کار ، اهداف و فعالیتهای تولید تحقق خواهند یافت ، که مهمترین این اهداف عبارتند از :

۷-۱ - افزایش میزان کمی و کیفی تولید .

۷-۲ - بهبود و روشهای عملیات پشتیبانی در امر تولید ، از قبیل برنامه ریزی دقیق برای روشهای برآوردقیمت ـ بازاریابی ـ خدمات مهندسی ـ تحقیقاتی و . . . .

۷-۳- بهبود روابط کار و ایجاد روحیه همکاری بین کارکنان .

۷-۴- تقلیل ضایعات در تولید و حوادث کار .

۷-۵- هموار شدن راه شغلی کارکنان و قبول مسئولیتهای بیشتر از طرف آنان .

۷-۶ - بهبود یافتن روشهای تولید و توزیع کالاها ـ ارائه خدمات مفید پس از فروش و تحویل به موقع سفارشات خریداران .

۷-۷- ایجاد همبستگی بیشتر کارکنان با سازمان و واحدهای تولیدی و رضایت شغلی در آنها به لحاظ مهارتهای اکتسابی .

۷-۸- از بین رفتن تعارض بین اهداف سازمانی و خواسته های کارکنان .

لازم به ذکراست که کارآموزی به منظور عام آن محدود به رشته های خاص و تحصیل در حرف مشخص برای افراد بخصوص نبوده و دامنه آن بسیار وسیع می باشد . بطوریکه تمامی حرفه ها و مشاغل را شامل گشته و ایجاد زمینه های اشتغال و کسب شرایط احراز شغل ، برای همگان حتی کسانی که دوره های آموزش عالی را گذرانیده اند ، ضروری است .

به موجب قانون کار جمهوری اسلامی ایران ، فراهم نمودن امکانات جهت برگزاری دوره کارآموزی و تربیت نیروی انسانی ماهر و متخصص و اجرای این دوره ها بعهده سازمان آموزش فنی و حرفه ای وابسته به وزارت کار و امور اجتماعی گذاشته شده است .

به منظورحصول به این هدف آنچه در گام اول مطرح می شود شناسایی صنایع و مهارتها و جمع آوری اطلاعاتی است که منجر به تهیه استانداردهای مهارت و آموزشی کتب و جزوات و وسایل کمک آموزشی توسط مدیریت پژوهش شده که گام موثری در شناخت عوامل و صفات مورد نیاز در واحد های تولیدی و صنعتی برداشته است .

حسین کمالی
وزیر کار و امور اجتماعی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
شرح کلی و محاسبات انواع چرخ دنده ها	۱
جنس چرخ دنده ها	۶
سخت کردن چرخ دنده ها	۱۰
سمانتاسیون یا سخت کردن سطحی فولاد	۱۰
چرخ دنده های غیرفلزی	۱۱
محاسن و معایب چرخ دنده ها	۱۲
عوامل شکست چرخ دنده ها	۱۴
محاسن چرخ دنده ها	۱۹
مشخصات کلی چرخ دنده ها	۲۰
فرم منحنی دندانه ها	۲۵
رسم منحنی سیکلویید	۲۷
چرخ دنده با فرم منحنی اولونت	۳۰
قانون مستند برای دنده های اولونت	۳۴
عملیات ریاضی درباره چرخ دنده های اولونت و سیکلویید	۳۴
روش ساخت چرخ دنده ها	۳۸
روش ساخت چرخ دنده ها	۳۹
انواع مختلف دستگاههای تقسیم	۴۴

عنوان	صفحه
دستگاههای تقسیم از نظر نوع استفاده	۴۴
دستگاه تقسیم ساده (تقسیم غیرمستقیم)	۴۷
محاسبات لازم جهت کار با دستگاه	۵۳
دستگاه تقسیم برای دیفرانسیل تراشی	۵۶
محاسبه چرخ دنده های سوارشونده روی دستگاه تقسیم	۵۸
راهنمایی جهت حل مسایل چرخ دنده های اختلافی	۶۰
روش دوم برای محاسبه تقسیمات دیفرانسیل	۶۱
دستگاه تقسیم اونیورسال (مارپیچ تراش)	۶۳
محاسبات دنده های شانه ای	۶۶
محاسبه چرخ دنده های ساده	۶۷
محاسبه گام دندانه	۷۲
محاسبه نیروی انتقالی در چرخ دنده های ساده	۷۹
چرخ دنده های مارپیچی	۸۲
محاسبه اجزاء مهم چرخ دنده مارپیچی	۸۵
محاسبه شماره تیغ فرز جهت تراشیدن چرخ دنده های مارپیچ	۸۸
نکات مهم در تراشیدن چرخ دنده مارپیچ	۹۵
نسبت چرخ دنده های سوار شونده	۹۷
مراحل ساخت چرخ دنده های مارپیچ	۹۷
محاسبات چرخ دنده های مارپیچی در سیستم اینچی	۱۰۲

عنوان	صفحه
چرخ دنده های مخروطی و محاسبات آن	۱۰۳
فرمول های لازم برای تراشیدن چرخ دنده های مخروطی	۱۰۵
محاسبه انتخاب تیغه فرز جهت تراشیدن چرخ دنده مخروطی	۱۱۴
مراحل ساخت چرخ دنده های مخروطی	۱۱۹

شرح کلی و محاسبات انواع چرخ دنده‌ها

در کارخانجات سازنده ماشین آلات صنعتی چرخ دنده ها را برحسب موارد استعمالشان در انواع مختلف زیر تهیه نموده و در دسترس سایرین قرار می دهند :

الف : انواع چرخ دنده‌ها

۱ ـ چرخ دنده‌های شانه ای :

این نوع چرخ‌دنده‌هامعمولاً برای دستگاههایی ساخته می شوند که بخواهندحرکت دورانی را به حرکت مستقیم تبدیل نمایند که خود به دو نوع ساخته می شوند .

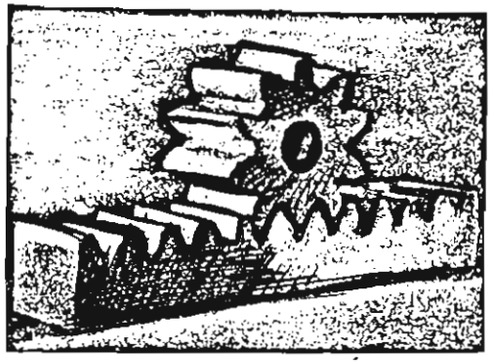
الف : با دندانه های ساده

ب : با دنده های کج و مارپیچ

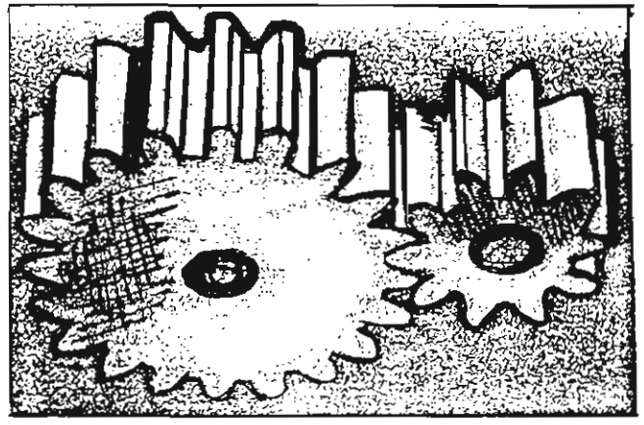
۲ ـ چرخ دنده‌های ساده :

از این چرخ دنده ها برای انتقال حرکت در محورهای موازی استفاده می شود . دنده های این چرخ دنده موازی محور چرخ دنده بوده و بر روی محیط استوانه ای ایجاد می گردد . هنگام کار در چرخ دنده های ساده روی محورهای موازی جهت حرکت یکی از چرخ دنده ها خلاف جهت حرکت چرخ دنده دیگری می باشد .

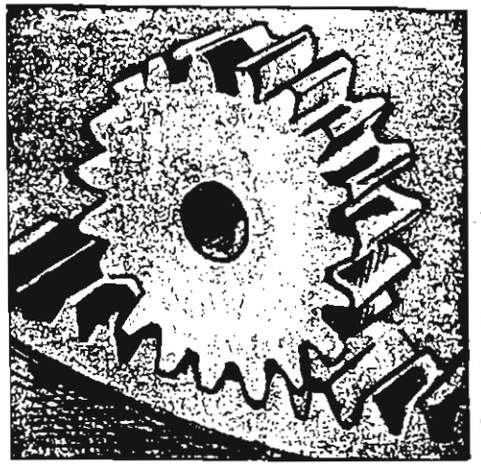
شانه ای ساده



شانه ای کج و مارپیچی



نمونه چرخ دنده های ساده



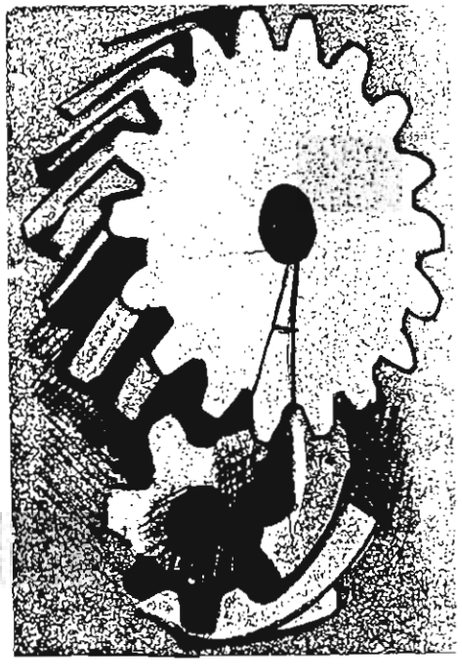
۳ـ چرخ دنده ساده داخلی :

این نوع چرخ دنده ها را در مواردی که دو محور نسبت به هم نزدیک بوده و امکان استفاده از دنده های ساده خارجی دیگر نباشد از چرخ دنده های ساده داخلی استفاده می شود. بدیهی است همانطوریکه می توان روی محیط استوانه ای

دندانه ایجاد نمود در داخل استوانه های داخلی نیز دندانه یا شیار ایجاد کرد این نوع چرخ دنده ها دارای استقامت و دوام بیشتری هستند .

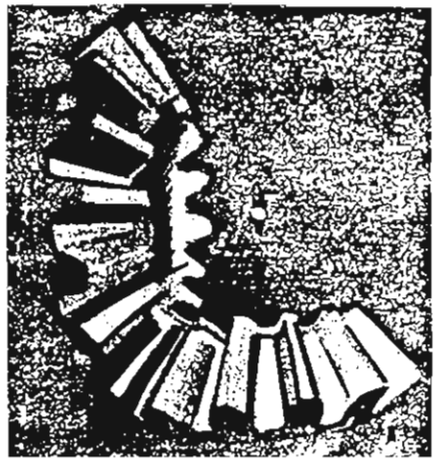
۴ـ چرخ دنده‌های مارپیچی :

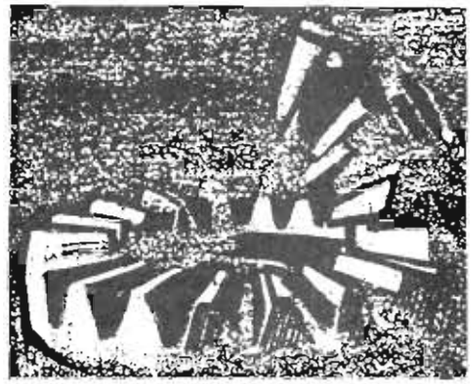
اکثر این نوع چرخ دنده ها برای انتقال نیرو در محورهایی که دارای زاویه بوده و نسبت بهم متنافر می باشند بکار می رود . در صفحه ۶ نمونه ای از چرخ دنده های مارپیچی نشان داده شده است .



۵ـ چرخ دنده‌های مخروطی :

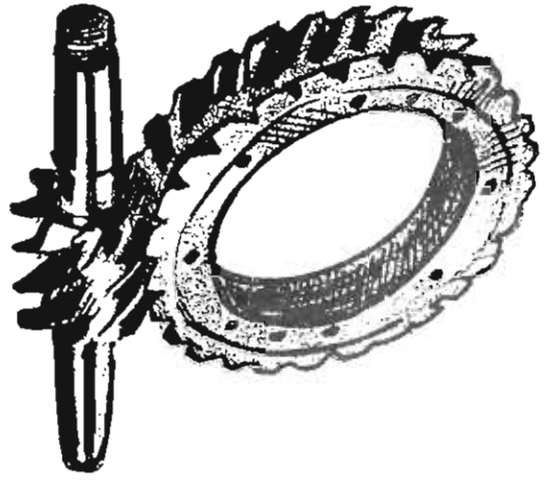
از این نوع چرخ دنده برای انتقال نیرو در محورهای عمود بر هم و یا محورهایی که با هم متقاطع بوده و زوایای آنها کمتر از ۹۰ درجه یا بیشتر از نود درجه است استفاده می گردد . دندانه های این نوع چرخ دنده ها روی محیط یک مخروط ناقص به صورت ساده و یا به صورت مارپیچ استفاده می شود .





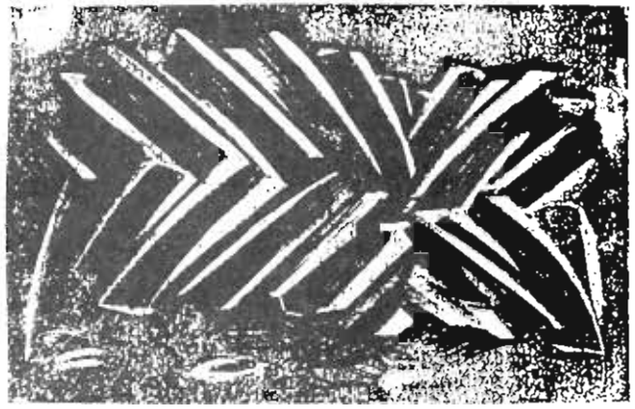
۶ـ چرخ دنده‌های حلزونی :

این نوع چرخ دنده ها را جهت تقلیل سرعت ها روی دو محور عمود برهم بکار می برند . این چرخ دنده ها از نظر ساختمان شبیه چرخ دنده های مارپیچی است ، با این تفاوت که این چرخ دنده ها با پیچ حلزون درگیر می شوند . به این جهت در سطح خارجی آن شکل قوس مانندی ایجاد می شود که بستگی به نوع پیچ دارد .



۷ـ چرخ دنده‌های جناقی :

دنده های این نوع چرخ دنده ها را طوری روی محیط استوانه ایجاد می کنند که دنده ها نسبت به هم دارای زاویه بوده و معمولاً این زاویه از ۹۰° درجه کمتر می باشد .



ب: موارد استفاده چرخ دنده‌ها

بطور کلی از چرخ دنده ها می توان بعنوان عامل مهم صنعتی در کلیه امور و دستگاههای عظیم صنعتی و کشاورزی استفاده نمود که از آن جمله می توان دستگاههای زیر را نام برد :

۱ـ کلیه ماشین های فلز تراشی و ابزار سازی از قبیل : ماشین های تراش ـ صفحه تراش (افقی و دروازه ای) ـ ماشینهای فرز (افقی ـ عمودی ـ یونیورسال) ماشینهای مته ـ ماشینهای سنگ زنی (کف سایی ـ میل لنگی ـ گردسایی ـ ابزارتیزکنی و غیره) .

۲ـ کلیه وسایط نقلیه و خودروهای کوچک و بزرگ

۳ـ انواع تراکتورها ، تراکتورهای کشاورزی ، خاک برداری وماشینهای جاده سازی .

۴ـ دستگاههای بالا برنده ـ ماشینهای نیرو (توربین ها ـ جرثقیل ها) .

۵ـ ماشین های غلتک کاری ـ ماشین های پرس لنگ داروپرس های هیدرولیکی .

۶ـ وسایل مورد استفاده نیروی دریایی و نیروهای زمینی و هواپیماهای مسافربری، جنگی و ترابری و باری.

۷ـ از چرخ دنده ها می توان در قطارها و کشتی ها بصورت عامل مهم نام برد.

بطور کلی چرخ دنده ها یکی از وسایل ضروری در امر صنعت می باشند که اهمیت روز افزون آن باعث ترقی جهان گردیده است، لذا ساخت و نگهداری و استفاده از آنها دارای اهمیت ویژه ای می باشد.

جنس چرخ دنده ها:

معمولاً فلزاتی در ساختن چرخ دنده باید مورد استفاده قرار گیرد که به سادگی با ماشینهای ابزار قابل تراش بوده و بتوان آنها را به شکل های خواسته شده درآورد و از طرفی باید قدرت و استقامت کافی در برابر نیروهای خارجی را داشته باشد، برای انتخاب فلز جهت ساختن چرخ دنده ها باید به نکات زیر توجه داشت:

۱ ـ ابتدا باید امکان لازم جهت ساخت مواد متشکله چرخ دنده‌ها را به ابعادلازم فراهم نموده که البته منظور در دسترس بودن دستگاههای ریخته گری و ماشینهای ابزار و کوره های آبکاری با تجهیزات کامل جهت آبکاری چرخ دنده می باشد.

۲ ـ جنس چرخ دنده ها را باید طوری انتخاب نمود که قادر به تحمل فشار و انتقال نیروی لازم باشند.

۳ـ مواد تشکیل دهنده چرخ دنده ها باید طوری انتخاب گردد که قابلیت تراشکاری را داشته تا پس از عمل تراش صاف و پرداخت گردد.

۴ ـ با توجه به اینکه با طرح چرخ دنده های مختلف برای کارهای مختلف خطر شکسته شدن دنده ها را کم نمود ولی باید شرایط کار و خواص فیزیکی فلزات مورد مصرف را در طرح چرخ دنده درنظر گرفت.

۵ـ در مورد اغلب چرخ دنده ها مخصوصاً چرخ دنده های حلزونی و پیچ حلزون که دارای طول زیاد می باشند. اعمال سرخوردن و یا لغزش بیشتری را که بین آنها بوجود می آید باید کاهش داد و از طرفی چون در هنگام آبکاری ممکن است

فلزات تا اندازه ای تغییر شکل دهند باید در انتخاب فلز بسیار سعی نمود که این خطرات (پیچیدگی و تاب و ترک خوردگی) کمتر اتفاق می افتد.

۶ـ برای مکان هایی که نیرو و استقامت زیاد لازم نیست می توان چرخ دنده ها را از نوع پلاستیک و یا پلاستیک هایی که دارای مواد شیمیایی فنولی می باشند انتخاب کرد. این نوع مواد بیشتر در چرخ دنده هایی که جهت دستگاههای الکترونیکی و برقی بکار برده می شود استفاده کرد.

۷ـ برای دستگاههایی که باید نیرو و فشارهای زیادی را تحمل کنند جنس چرخ دنده از فولاد و چدن و فولادهای معمولی نسبت به محل کار و نوع نیرو تهیه می گردد.

نوع فولادی که بکار می برند از فولاد کم کربن که مقدار کربن آن از ۰/۴ درصد تا یک درصد می باشد. انتخاب می کنند، زیرا هر چقدر مقدار کربن بیشتر باشد مقاومتش در برابر سایش زیادتر خواهد بود و علاوه بر آن می توان فولاد بهتری که دارای ۰/۳ درصد کربن و ۰/۳ درصد نیکل و ۰/۸ درصد کرم باشد استفاده نمود. این نوع فولاد معمولاً مقاومتش ۵۵ تن بر هر اینچ مربع می باشد، البته اگر مقدار کربن آن ۰/۶ درصد باشد مقاومتش در برابر سایش بیشتر می باشد.

۸ـ فولادهای ریختگی:

این نوع فولادها معمولاً دارای ۰/۳۵ تا ۰/۴۵ درصد کربن می باشد تا به اندازه کافی در برابر سایش مقاومت داشته باشند، در حالت نرم بودن مقاومت آن در مقابل ضربه ای برابر ۴ تا ۷ فوت پاند را دارا می باشد، ولی با توجه به کنترل اندازه ذرات حداقل مقاومت به ۲۰ فوت پاند می رسد و نیروی کششی آن برابر با ۳۵ تا ۴۰ تن براینچ مربع می باشد.

۹ـ فولادهای آلیاژی:

از این فولادها برای چرخ دنده هایی که باید تحمل بار زیاد و مقاومت در برابر

سایش را داشته باشند استفاده می شود. در این نوع فولادها معمولاً یک تا ۱/۵ درصد کربن، یک تا ۲ درصد نیکل، ۱ تا ۲ درصد کرم و صفر تا ۰/۳ درصد مولیبدن موجود می باشد، نیروی کششی آنها به مراتب بیشتر از فولادهای کربن دار است.

۱۰ ـ فولادهای نیکل و کرم دار:

در این فولادها ۲/۵ تا ۳/۵ درصد نیکل و ۰/۵ تا ۱ درصد کرم و ۰/۲ تا ۰/۶ درصد مولیبدن می باشد که بعد از عملیات حرارتی در ۲۰۰ درجه حرارت برگشت داده می شود. با چنین شرایطی استحکام چرخ دنده زیاد شده و موارد استعمال آن در کشتی ها بیشتر از مصارف دیگر است.

نیروی کششی آن ۴۵ تن بر اینچ مربع بوده و اگرچه در این حالت سایش آن کم می باشد، ولی بندرت در کار شکسته می شوند.

۱۱ ـ فولادهای نیکل کرم دار هوایی:

این نوع فولادها تا ۸۲۰ الی ۸۵۰ درجه سانتیگراد گرم و سرد کردن آن در هوا و دارای سختی زیاد می باشند و در این حالت نیروی کششی آن ۹۵ تا ۱۲۰ تن بر اینچ مربع بسته باندازه کار و نوع فولاد تغییر می کند. مزایا و برتری این نوع فولادها بیش از فولادهای نیکل کرم دار فرو برده در روغن می باشد.

۱۲ ـ دورآلومین:

دورآلومین ترکیبی از ۰/۴ درصد مس و ۰/۶ درصد منگنز و ۰/۳ درصد سیلیسیم و بقیه آن آلومینیوم می باشد که در سال های قبل از جنگ جهانی اول در کشور آلمان اختراع گردید. با تغییر دادن عناصر فلزی دیگر مانند نیکل و روی در آن شرکت های بزرگ اتومبیل سازی کشورهای آمریکا و انگلستان آلیاژهای متعددی تحت اسامی مختلف اختراع نموده اند.

خاصیت مهم دورآلومین اینست که می توان آنرا مانند فولادها آب داده و سخت کرد و درجه حرارت دادن آن برحسب ترکیب آن متغیر است و معمولاً بین ۴۸۰ تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد می باشد. خواص دیگر آن اینست که پس از عملیات حرارتی به مرور زمان خاصیت سخت شدن پیدا می کند. بدین معنی اگر سختی دورآلومین پس از آب دادن مقدار معینی باشد بعد از ۴۸ ساعت مقدار آن تدریجاً زیادتر می شود و بطور کلی سختی دورآلومین نزدیک به سختی فولادها بوده و بدین جهت است که با فولادها رقابت می نماید.

۱۳ ـ چدن:

یکی از معمولی ترین فلزاتی است که امروزه بیشتر برای ساخت چرخ دنده ها بکار برده می شود چدن هایی که درگذشته تهیه می شد دارای نیروی کششی ۹ الی ۱۱ تن بر اینچ مربع بوده ولی فلز شناسان در سالهای اخیر توانسته اند نیروی کششی آن را تا آنجا که ممکن است زیاد نمایند بطوریکه اکثر چدن هایی که تهیه می شود دارای نیروی کششی ۱۳ تا ۱۶ تن بر اینچ مربع بوده ولی گاهی اوقات هم تا حدود ۴۰ تن بر اینچ مربع می رسد.

علاوه بر چدن هایی که دارای کربن معمولی هستند که برای ساخت چرخ دنده ها استفاده می شوند. گاهی اوقات برای ساخت چرخ دنده هایی که نیرو و استقامت و استحکام بیشتر لازم می باشد از چدن هایی که دارای آلیاژ هستند مورد استفاده قرار می گیرد. در این چدن ها علاوه بر کربن، سیلیسیم، منگنز، فسفر و گوگرد که عناصر اصلی هستند مقادیر کمی هم نیکل، کرم و وانادیویم، مولیبدن و مس و هر یک به تنهایی یا گاهی اوقات چند عنصر با هم بکار می روند که در نتیجه خواص مکانیکی چدن را بهتر می کند.

بطوری که در برابر اثرات خورندگی فرسایش و از بین رفتن مقاومت بهتری را نشان می دهد، مثلاً چدن کرم نیکل دار یا چدن مولیبدن دار دارای نیروی کششی برابر با ۲۲ تا ۳۰ تن در هر اینچ مربع می باشند و بطور کلی سختی چدن را تا آنجایی

که قابلیت تراشکاری اجازه می دهد باید سخت باشد، به این معنی که سختی آن از ۱۷۰ برنیل و در بعضی از موارد نباید از ۲۳۰ برنیل تجاوز نماید.

برنز:

یکی دیگر از فلزاتی که برای ساختن چرخ دنده ها بکار می رود برنز است که تهیه آن جهت ساختن چرخ دنده ها نسبت به سایر مواد فلزی مستلزم صرف هزینه بیشتر خواهد بود بنابراین باید سعی کرد در حد امکان موقعی از این ماده استفاده کرد که فرسودگی و خورندگی هنگام کار پیش آید. در هر صورت بعلت دارا بودن ضریب اصطکاک کمتر در مقایسه با سایر مواد فلزی اغلب در ساختمان چرخ دنده های حلزونی بکار برده می شود. معمولاً برای تقلیل اصطکاک و خورندگی جنس چرخ دنده های بزرگ و حلزونی را فسفری و برنزی انتخاب می نمایند.

سخت کردن چرخ دنده‌ها

برای سخت کردن چرخ دنده های فولاد ریخته شده معمولاً از آب یا روغن استفاده می شود که ممکن است در ضمن عملیات آبکاری جنس ساخته شده پیچیدگی یا ترک در آن ایجاد شود. برای از بین بردن این خطرات بایستی سعی کرد که چرخ دنده را از فلزاتی ساخت که احتمالاً احتیاج به آبکاری نداشته باشد بخصوص چرخ دنده هایی که قطرشان بیشتر از ۲ تا ۳ فوت باشد.

به علت جلوگیری از پیچیدگی موقع آب دادن چرخ دنده ها معمولاً قسمت های مخصوص چرخ دنده را که باید درگیر شود و کار کند سخت می نمایند که این نوع سختی را «سمانتاسیون» گویند. لغت «سمانتاسیون» به معنی سخت کردن سطحی که بیشتر در مواقع ساخت چرخ دنده ها استفاده می شود، می باشد.

سمانتاسیون یا سخت کردن سطحی فولاد

برای اینکه بتوان فولادها را بهتر تراشید یا باصطلاح فولاد قابل تراشکاری باشد

باید فولادی را انتخاب کرد که مقدار کربن آن کم باشد و سپس برای آنکه کار حاصله یا چرخ دنده تراشیده شده بتواند مقاومت در برابر سایش و غیره را دارا باشد باید آن را به وسیله آبکاری سخت کرد.

از سویی چون آب دادن تمام قسمتهای چرخ دنده امکان پیچیدگی آن را بوجود خواهد آورد، از این رو قسمت های مخصوص از چرخ دنده را که باید کار کند سخت می نمایند که این نوع سختی را «سمانتاسیون یا سخت کردن سطحی» گویند.

هرگاه قطعه سمانته شده را بعد از اینکه عمل کربن دادن آن خاتمه یافت از لحاظ سختی بررسی کنیم خواهیم دید که قسمت درونی یا هسته فولاد با مقدار مختصری کربن و قسمت خارجی از نظر مقدار کربن در ترکیب شبیه به فولادهای ابزار می باشند و دارای مقدار کربنی برابر یک درصد گردیده و پس از آب دادن کاملاً سخت می شود. خاصیت این نوع سخت کردن در سطوح فلز سبب سخت شدن فولاد شده، در نتیجه ساییدگی و خورندگی آن کمتر خواهد بود و از طرفی چون ضمن هزینه کم و سرعت عمل زیاد سخت شدن با چرخ دنده های ساخته شده از فولادهای پرکربن با صرفه می باشند، از این روش بیشتر از روشهای دیگر استفاده می شود.

چرخ دنده های غیرفلزی

علاوه بر انتخاب چرخ دنده های فلزی انتخاب شده گاهی اوقات به علت آرام کار کردن و بی صدا بودن، چرخ دنده ها را از مواد نساجی، چوب، پوست خام و فیبر تهیه می کنند. وزن این نوع چرخ دنده کم بوده و چرخ دنده های تهیه شده از مواد نساجی نیز غیر قابل نفوذ آب می باشند و در مقابل روغن دوام دارند که معمولاً آنها به چرخ دنده های بی صدا معروفند.

کار چرخ دنده های ساخته شداز مواد نساجی مثل نوونکت Novotent و رزتیکت Reztiket که عبارتست از قشر نخ پهن متراکمی که با صمغ مصنوعی تحت

حرارت و فشار زیاد پرس شده رضایت بخش است و لنگ نوفل که عبارتست از الیاف چوبی که با صمغ مصنوعی تحت حرارت زیادپرس شده باشد .

چرخ‌دنده‌های نساجی وفیبری برای دستگاههای راه اندازی بکار برده نمی شود ، زیرا در غیراین صورت دنده های آنها خواهد شکست . موارد استعمال این چرخ دنده ها برای انتقال سرعت های زیاد و فشار که در حالیکه جنس چرخ دنده درگیر با آنها از فلز انتخاب گردد مناسب می باشد .

محاسن و معایب چرخ دنده‌ها

قبل از اینکه به تشریح انواع و اقسام چرخ دنده ها بپردازیم ، لازم است که به عیوب و محاسن موجود در چرخ دنده ها ذکر کنیم .

الف: معایب چرخ دنده‌ها

۱ ـ حرارت ایجاد شده بین دو چرخ دنده

بیشتر اوقات که دو چرخ دنده با هم درگیر بوده و علل انتقال نیرو را انجام می دهند در اثر گردش و تماس با یکدیگر و تاثیر نیروهای متقابل دو چرخ دنده بین آنها حرارت ایجاد شده و در اندک مدتی امکان شکستن و یا خراب شدن آنها وجود دارد ، برای جلوگیری از این عمل بایدسعی کرداولاً درمحل قرارگرفتن چرخ دنده ها روغن وجود داشته باشد ، ثانیاً باید بین دو چرخ دنده لقی موجود باشد تا از گرم شدن و خسارات ناگهانی جلوگیری شود .

۲ ـ صداهای ناهنجار و علل آن در هنگام کار :

دوچرخ دنده که با هم درگیرهستند دربعضی اوقات دستخوش صدا و ضربه های ناگهانی می‌شوند که این عمل باعث خراب شدن ویا کم شدن استقامت آنهامی شود . این صداها اغلب و گاهی اوقات در اثر نیروهای جنبی و ارتعاشی بوجود می آید . همچنین در بعضی از مواقع نیروهایی که توسط چرخ دنده ها منتقل می شود باعث

تغییر شکل دنده شده که در این هنگام در چرخ دنده های درگیر شونده ارتعاشاتی صورت گرفته و تولید صداهای ناهنجار می کند که برای چرخ دنده بسیار زیان آور خواهد بود .

بنابراین صداهای تولید شده در چرخ دنده ها را می توان به دو صورت زیر بیان کرد :

۱ ـ صداهای مستقیم

۲ ـ صداهای غیر مستقیم

۱ ـ صداهای مستقیم که در چرخ دنده ها بوجود می آید به علت آن است که چرخ دنده دو دنده در روی محورهای خود بخوبی محکم نشده و ممکن است چرخ دنده ها لغزش داشته باشند و این لغزش هاباعث صداهای مستقیم خواهدشد .

۲ ـ صداهای غیر مستقیم نیز در نتیجه اثر نیروهای وارد به چرخ دنده و یا خوردگی و شکستگی و اصطکاک و حرارت و یا طراحی نادرست و یا عدم دقت در ساختن آنها از نظر صاف بودن ، پرداخت نمودن و سنگ نزدن آنها باعث می شود در هر صورت با توجه به مطالب گفته شده فوق و شنیدن صدای چرخ دنده در ماشینها می توان اشکالات فوق را در آن مشخص کرده و در رفع آن کوشید .

بطور کلی صدا و حرارت ایجاد شده در چرخ دنده از نواقص مهم چرخ دنده ها است . بنابراین خواص یک چرخ دنده خوب آنست که بتواند نیروها را از محوری به محور دیگر بطور رضایت بخش انتقال دهد . از سوی دیگر اگر هنگام محاسبه و طرح چرخ دنده ها دقت زیاد نشود ممکن است در اندک مدتی چرخ دنده های مزبور ضعیف شوند و یا اینکه در روی چرخ دنده ها حفره هایی ایجاد شود که خود این حفره در اثر عوامل دیگری بزرگ شوند و چنانچه اندک نیرویی به دندانه چرخ دنده وارد شود دندانه ها خورد می شوند .

۳ ـ شکستن و خورد شدن دندانه های چرخ دنده و علل آن :

بطور کلی چرخ دنده در هنگام عمل در تحت تاثیر نیروهایی قرار می گیرند که این

نیروها باعث می شوند که دندانه ها در حال گردش بشکند که شکستن و خرد شدن آنها به دو صورت انجام می گردد .

الف : شکستگی ناگهانی در مقطع دنده

ب : شکستگی در اثر خورندگی و خرابی سطح دنده

عوامل شکست چرخ دنده ها

عوامل دیگری که در شکست چرخ دنده ها موثر است چه از لحاظ ترکیب مواد یا عوامل دیگر خارجی و یا طراحی نادرست بصورت زیر خلاصه می شود :

۱ ـ انتخاب غلط جنس چرخ دنده ها .

۲ ـ طراحی غلط و نادرست .

۳ ـ بارگیری زیاد در اثر عوامل خارجی .

۴ ـ بارگیری زیاد در اثر عوامل داخلی .

۵ ـ فشارهای اصلی (فشارهای اولیه) .

۶ ـ آبکاری غلط .

۷ ـ سخت کردن غلط سطح دنده های چرخ دنده .

۸ ـ سنگ زدن غیر صحیح و نادرست منحنی های دندانه ها .

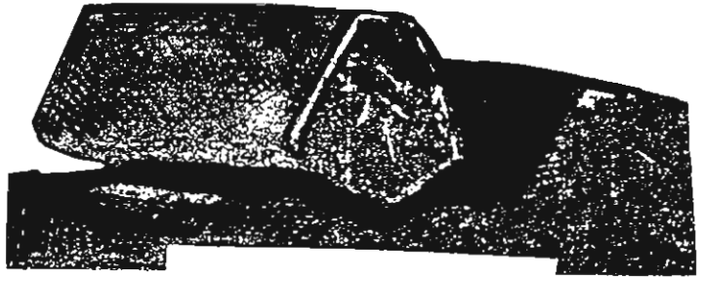
۹ ـ روغن کاری نامناسب چرخ دنده .

۱۰ ـ ایجاد حرارت بیش از حد در هنگام کار آنها .

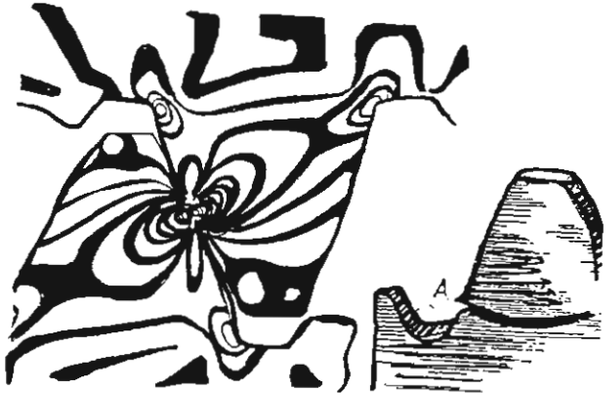
بطور کلی هر یک از عوامل بالا در شکست چرخ دنده ها موثر بوده و همچنین تشخیص و علل شکست دندانه ها چندان ساده نبوده و یا ناخالصی های موجود در فلز چرخ دنده نمی تواند شکست دندانه ها را عامل باشد، بلکه علت عمومی شکست محور گردیده ولی طبق آزمایشات فلز شناسی نمونه ای از دنده شکسته شده را مورد بررسی قرار داده و علت شکست را بهتر می توان تشخیص داد که بالاخره عمومی ترین علت شکست دندانه تمرکز فشار روی چرخ دنده است .

الف: شکستگی ناگهانی در مقطع دنده:

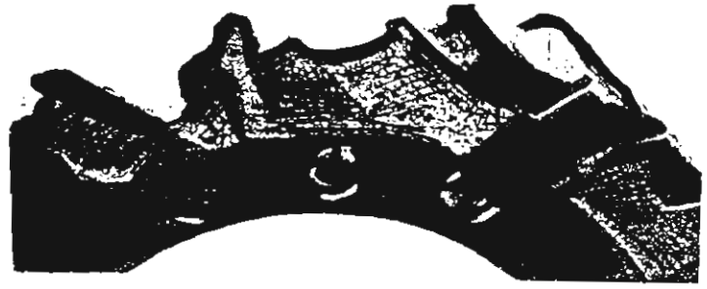
بطور کلی شکستن یک چرخ دنده بیشتر در اثر شرایط سخت کار ناشی می گردد که این عمل بیشتر در نتیجه شیاری است که در امتداد مقطع عرضی دندانه پیشروی کرده و دندانه ها به شکل v و با عمق کمتر مطابق شکل زیر (A) شکسته است . در شکل B پیشرفت و توسعه ترک خوردگی نشان داده شده و در شکل C چرخ دنده حلزونی شکل مشخص شده که در اثر کار زیاد و نیروی وارده به قسمتهای دنده ها شکسته شده و همچنین در سایر قسمت ها ترکهای ابتدایی که هنوز شکسته نشده اند نمایان می گردد .



A = دندانه شکسته شده



B = دندانه ترک خورده



C = چرخ دنده حلزونی شکسته شده

ب ـ شکست سطحی دندانه :

شکست سطحی دندانه ها ممکن است به روش های مختلف زیر به سه گروه تقسیم بندی می شوند .

۱ ـ شکستگی در اثر ایجاد ترک در سطح دنده

در اثر ایجاد ترک در سطح دنده و انتقال آن به قسمتهای تحتانی سطح دنده ها تا زمانیکه عمل شکست بطور کامل صورت نگیرد ادامه یافته و در نتیجه این عمل دندانه ها خراب شده که نشانه آن شامل گود شدن ، ترک خوردن و پوسته پوسته شدن می باشد .

۲ ـ شکستگی در اثر جوش خوردگی سطح دنده

در بعضی از موارد ممکن است که چرخ دنده ها را جوش دهند که این عمل بعد از ساییدگی و بریدگی دنده ها می باشد که ممکن است چرخ دنده را تعویض و یا دندانه های ساییده شده را جوش داد .

۳ ـ شکستگی در اثر اصطکاک و سایش یکنواخت دنده‌ها

اغلب چرخ دنده ها در اثر گردش زیاد با هم ساییده شده و گودی ها در دنده نمایان

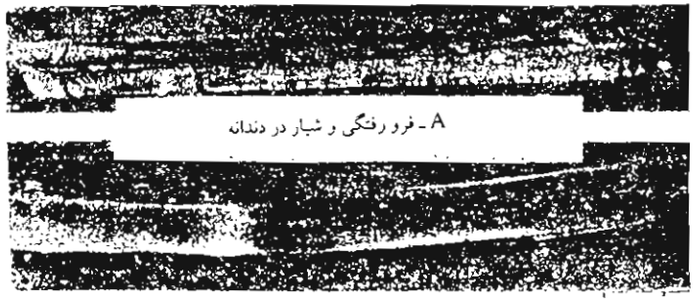
می شود که بطورمنظم افتادگیها زیادشده ودرنتیجه این عوامل چون دندانه ها ضعیف می شوند ، در اثر اندک نیرویی که به آن وارد شود دندانه شکسته می شوند و برای برطرف کردن آن باید حتماً از حرارت زیاد جلوگیری نموده و روغنکاری مرتب را انجام داد .

۴ ـ فرو رفتگی و ایجاد گودی در چرخ دنده‌ها

ایجادگودی و یافرو رفتگی در دندانه وچرخ دنده‌هابه صورت زیرظاهرمی شود .

الف : ابتدا در دندانه یک چرخ دنده در اثر کارکرد زیاد و با گردشهای بیش از حد ترک و یا شکافی در دندانه ها بوجود می آید که این ترک و یا شیار ممکن است درقسمتهای پایین چرخ دنده ظاهر شود و سپس شکاف حاصله در جهت مستقیم ادامه یافته و در آخرین مرحله امتداد شکاف برای تشکیل یک ناحیه محدود و در سطح دنده برگشته و درنتیجه یک تکه از سطح دنده شکسته و کنده می شود .

در شکل (A) ایجاد فرو رفتگی دنده شکسته شده دیده می شود و این گودی ها معمولاً در امتداد خط وسط دندانه ظاهر می شود .



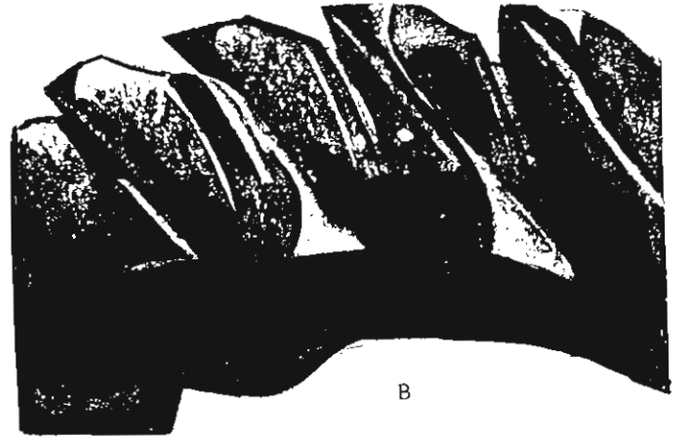
A ـ فرو رفتگی و شیار در دندانه

در شکل (B) گودی و خورندگی یک چرخ دنده حلزونی مشخص است که در روی آن هیچگونه سرخوردگی در جهت عکس وجود ندارد .

درشکل (C) خورندگی درنواحی خط وسط سطح دندانه یک چرخ دنده کوچک فولادی سخت شده را مشخص می کند و این گودی ها و خوردگی ها اغلب در اثر

عدم دقت روغنکاری می افتد و در صورتی که از روغن های سفت و غلیظ استفاده شود می توان گودی و خورندگی دنده ها را کاهش داد. اغلب مشاهده می شود که گودی بیشتر در قسمت های پای دنده ایجاد خواهد شد و اگر چرخ دنده ها بیش از حد زیر فشار قرار گیرند گودی ایجاد شده به مرور بیشتر شده و در سطح تمام دنده ها خورد می شود.

C



B

۵ـ ترک خوردن و پوسته پوسته شدن چرخ دنده

نواقص مهم دیگر چرخ دنده ها که همان ترک خوردن و پوسته پوسته شدن می باشد اغلب در چرخ دنده های آبکاری شده بوجود می آید، در بعضی از مواقع چون نوع آبکاری و یا نوع مواد چرخ دنده مناسب نبوده در اثر گردش و کار زیاد چرخ دنده ها ممکن است در سطح دندانه های آنها عمل پوسته پوسته شدن تکرار

شود. در شکل زیر یک پیچ حلزونی پوسته پوسته شده نشان داده شده است.

۶ـ ساییدگی دنده ها

این عمل ممکن است دراثر درگیری دو چرخ دنده ایجاد شود و بیشتر اوقات دو چرخ دنده که با هم درگیر می شوند چرخ دنده ای که قطر آن کوچکتر است زودتر ساییده شده و برای جلوگیری ازاین عمل بایدنوع جنس چرخ دنده کوچک را سخت تر انتخاب کردواز سویی پس ازآب دادن چرخ دنده می بایست سطح دنده ها را پرداخت نمود، زیرا در غیراین صورت ممکن است هنگام کار سطح دنده های چرخ دنده پوسته پوسته و یا ساییده شود.

محاسن چرخ دنده ها:

بطور کلی چرخ دنده ها را بر این مبنا ساخته اند که بتوانند برای انتقال نیروهای بیشتر بکار ببرند. یکی از خواص مهم آنها این است که نیروی زیادی را می توان به وسیله چرخ دنده انتقال داد و همچنین دستگاههای صنعتی را که قبلاً به وسیله تسمه کار می کردند و فضای بیشتری اشغال می نمودند بدین وسیله می توان با ساختن

جعبه دنده ها مکان کمتری را اشغال کرد. مزایای مهم چرخ دنده ها را می توان بصورت زیر بیان کرد:

۱ـ انتقال نیروی بیشتر:

اگر دودستگاه تراش را که یکی با چرخ دنده و دیگری با تسمه کار می کند مقایسه کنیم، مشاهده می شود که ماشین تراشی که با تسمه کار می کند به محض بارگیری زیاد تسمه سرخورده و ماشین از حرکت می ایستد و اگر بار زیادتر شود احتمال اینکه تسمه پاره شود زیاد است و یا برای اینکه دورهای زیادی در ماشین ایجاد نماییم باید ماشین دارای چندین فلکه چند پله ای باشد و این خود یکی از نواقص مهم ماشین بشمار می رود، زیرا با داشتن پله های زیاد ماشین به صورت یک دستگاه عظیم درمی آید، ولی در ماشینی که به چرخ دنده مجهز باشد می توان سرعت زیادتری را ایجاد نموده و به وسیله دستگاه جعبه دنده نیروی بیشتری را انتقال داد، بطور کلی دوام چرخ دنده ها به مراتب بیشتر از چرخ تسمه ها است.

۲ ـ انتقال نیرو روی محورهای مختلف:

از چرخ دنده ها می توان برای انتقال نیرو در محورهای موازی و متنافر و متقاطع استفاده کرد. دیگر اینکه برای حرکت دورانی نیز می توان با تبدیل حرکت مستقیم الخط استفاده نمود. مهمتر از همه می توان برای تقلیل سرعت های زیاد استفاده کرده و در صورتی که بخواهیم برای چنین مواردی از چرخ تسمه استفاده نماییم لازم است ازیک فلکه کوچک وفلکه بسیار بزرگ استفاده نمودکه چنین فلکه ای دستگاه را بی اندازه بزرگتر کرده و برای بحرکت درآوردن آن باید نیروی اولیه را افزایش داد.

مشخصات کلی چرخ دنده ها:

چرخ دنده از فلکه یا استوانه ای که ضخامت آن نسبت به قطرش کمتر می باشد

ساخته شده که درمحیط آن برآمدگی هایی به شکل معین به نام دندانه وفرورفتگی های مخصوص به نام شیار دنده که بین دنده ها واقع می شوند قرار دارند. بدین وسیله درگیر شدن دنده های یک چرخ دنده در شیار دنده های چرخ دنده دیگر انتقال حرکت از یک محور دیگر به وسیله این جفت چرخ دنده عملی می گردد.

اجزاء مهم یک چرخ دنده به صورت کلی زیر بیان می شود:

۱ ـ قطر خارجی چرخ دنده بزرگترین قطر قطعه استوانه ای که روی آن دندانه و شیار دنده ایجاد می شود قطر خارجی، یا به عبارت دیگر قطر بزرگ نامند که آن را با علامت dk نشان می دهند.

۲ ـ دایره تقسیم با قطر متوسط:

دایره فرضی که فقط دو چرخ دنده روی آن غلط زده و قطری که روی این دایره بوجود می آید قطر متوسط آن گویند که آن را با علامت do نشان می دهند.

۳ ـ قطر داخلی:

دایره ای که از کف دنده ها بوجود می آید دایره داخلی و قطر آنرا قطر داخلی نامیده و با حرف df علامت گذاری می کنند.

۴ ـ گام یا تقسیم دنده:

فاصله یک نقطه از دنده تا نقطه مجاور و قرینه از دنده دیگر را که بر روی دایره تقسیم اندازه گذاری می شود، تقسیم یا گام دنده گفته و با حرف t نشان می دهند.

۵ ـ عرض چرخ دنده:

اندازه پهنای چرخ دنده راپهنایاعرض چرخ دنده گفته وبا حرف B علامت گذاری می کنند.

۶ ـ ارتفاع دنده:

فاصله دایره خارجی را از دایره داخلی چرخ دنده را ارتفاع دنده گفته و با حرف h مشخص می کنند .

۷ ـ ارتفاع سردنده:

فاصله دایره خارجی و دایره تقسیم را ارتفاع سردنده گفته و با حرف hk نشان می دهند .

۸ ـ ارتفاع پای دنده:

ارتفاع پای دنده را با حرف hf و فاصله دایره تقسیم تا دایره داخلی را ارتفاع پای دنده گویند .

۹ ـ ضخامت دنده:

اندازه پر دنده در روی محیط متوسط را ضخامت دنده گویند که با حرف S مشخص می شود .

۱۰ ـ فاصله شیار:

اندازه شیار بین دو دنده در روی محیط متوسط را فاصله شیار گفته و آن را با S´ نشان می دهند .

۱۱ ـ تاج دنده:

فاصله برآمدگی پیشانی دنده تا کف شیار دنده را تاج گفته و با علامت e علامت گذاری می نمایند .

۱۲ ـ ناف دنده:

فاصله برآمدگی پیشانی دنده تا مرکز دنده را ناف آن نامیده و با علامت dn نشان داده می شود .

۱۳ ـ سوراخ ناف یا سوراخ چرخ دنده:

عبارتست از استوانه تو خالی که در مرکز چرخ دنده با قطر مشخص ایجاد شده و با حرف a مشخص می شود .

۱۴ ـ عرض ناف یا سوراخ چرخ دنده:

ضخامت استوانه تو خالی که در مرکز چرخ دنده ایجاد شده عرض یا پهنای ناف یا سوراخ چرخ دنده گفته که با حرف a نشان داده می شود .

۱۵ ـ جای خار:

شیار مستطیل شکلی است که در داخل استوانه تو خالی ایجاد می شود که به نام جای خارچرخ دنده معروف است ، این جای خاردارای پهنا وارتفاع معین می باشد .

۱۶ ـ دنده های چرخ دنده:

تعداد دندانه هایی که روی محیط خارجی چرخ دنده ایجاد می شود دنده های یک چرخ دنده نامیده شده و با علامت z یا n نام گذاری می شود .

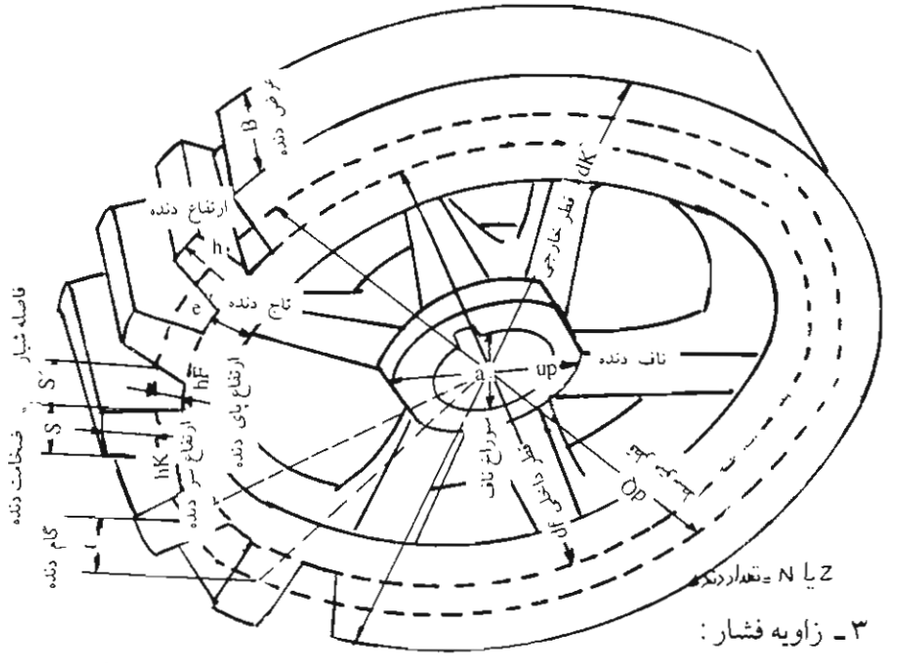
از سوی دیگر وقتی که دو چرخ دنده با هم کار می کنند دارای مشخصات دیگری می باشند که می توان آن را بصورت زیر تعریف نمود :

۱ ـ سرعت لغزش :

سرعتی است که منحنی دنده ها در روی هم می لغزند .

۲ ـ خط درگیری :

مکان هندسی نقاط تماس دو دنده را هنگام گردش خط درگیری دنده ها گویند ، در دنده های اولونت این خط در امتداد زاویه ۲۰° درجه نسبت به سطح افق می باشد .



۳ ـ زاویه فشار :

زاویه ای است که دنده در تحت آن به چرخ دنده دیگر فشار وارد می آورد و خط درگیری در امتداد این زاویه ۲۰° درجه می باشد .

۴ ـ فاصله دو محور چرخ دنده :

کوتاه ترین فاصله بین محورهای چرخ دنده هایی که با هم درگیر می باشند فاصله محوری آنها گویند ، یا به عبارت دیگر خط مرکزی دو چرخ دنده درگیر با هم را فاصله محوری نامند .

۵ ـ لقی بین دو چرخ دنده :

فاصله ازاولین سردنده وته دنده دوچرخ دنده ای که باهم‌درگیرهستندنامیده می شود .

۶ ـ لقی جنبی :

اختلاف ضخامت یک دندانه پر و خالی را لقی جنبی نامند .

فرم منحنی دندانه ها:

دوچرخ دنده ای که باهم کارمی کنندوعمل انتقال نیرو را انجام می دهند ، دندانه ها نیروهای لازم را از محوری به محور دیگر منتقل می کنند ، عملاً در این چرخ دنده ها هنگام کار و درگیری بر روی یکدیگر عمل غلتیدن و لغزش صورت می گیرد که بسته به نوع نسبت درگیری ساختمانی یا منحنی های متفاوت پیدا می کنند و از همه مهمتر برای طراح یک چرخ دنده طرح یک چرخ دنده عوامل مختلف را باید درنظر گرفته و مراعات نماید .

۱ ـ ارتفاع سردنده .

۲ ـ ارتفاع ته دنده .

۳ ـ ضخامت دنده .

۴ ـ منحنی یا انحنا جانبی دنده .

در آن اندازه ارتفاع سر و ته وضخامت دنده بستگی به محل کار و قدرتی که می بایست انتقال دهد محاسبه می شوند ، ولی انحنای جانبی دنده ها که مهمترین قسمتهای یک چرخ دنده را تشکیل می دهند بسیار حایز اهمیت است . برای ایجاد چنین منحنی هایی باید منحنی تیغ فرزها جهت ساعت چرخ دنده را درست به صورت منحنی چرخ دنده ها ساخته شوند .

بطور کلی و بطور مختصر انواع انحنا جانبی دنده ها را که به منحنی های صنعتی خوانده می شوند توضیح داده می شود . انحنا جانبی در تمام دنده ها به یکی از دو نوع زیر بستگی دارد :

۱ ـ فرم یا منحنی دنده های سیکلویید .

۲ ـ فرم یا منحنی دنده های اولونت .

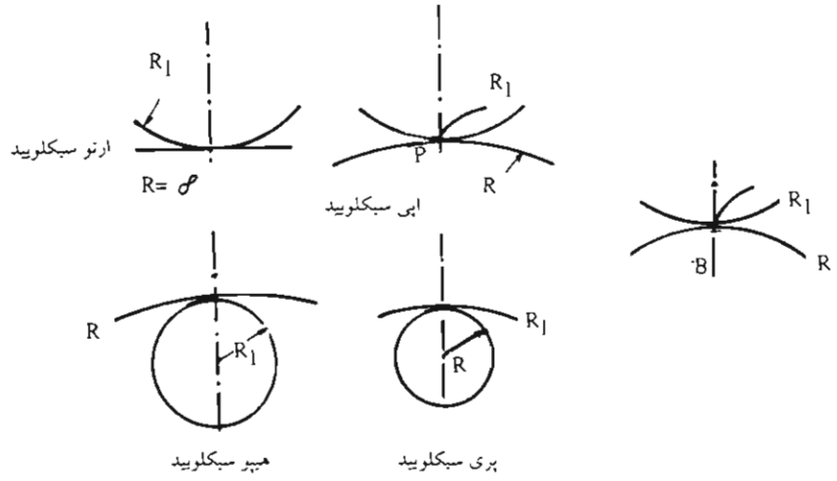
۱ ـ بطور کلی منحنی سیکلویید عبارتست از مکان هندسی یک نقطه مشخص از دایره غلتان R_1 که بر روی محیط دایره دیگری به نام دایره اصلی ثابت می غلتد . هر نقطه روی دایره متحرک یک مسیر سیکلویید را می پیماید . در اشکال ۱ تا ۴ همواره دایره R_1 را دایره غلتان و R را دایره ثابت اصلی گویند .

حالات زیر تنها حالات ممکن ایجاد منحنی سیکلویید می باشد .

الف : دایره اصلی به صورت یک دایره شعاع بزرگ (بی نهایت) می باشد که دراین صورت به شکل خط راست درمی آید که در روی آن دایره غلتان R_1 می غلتد . نقطه P شروع یک ارتوسیکلویید را نشان می دهد .

ب : دایره غلط R_1 روی محیط خارجی دایره اصلی R می غلتد ، نقطه شروع یک اپی سیکلویید را نشان می دهد .

ج : دایره غلتان R_1 روی محیط خارجی دایره اصلی R می غلتد نقطه P شروع یک هیپوسیکلویید را مشخص می کند .



د : دایره غلتان R_1 شعاعی بزرگتر از دایره اصلی داخلی R دارد و محیط داخلی آن در روی محیط خارجی دایره اصلی R_1 می غلتد . نقطه شروع یک منحنی پری سیکلویید را تعیین می نماید .

رسم منحنی سیکلویید:

منحنی سیکلویید که دایره غلتان بر روی خط مستقیمی (دایره ای است به شعاع بینهایت) گردش می کند به ترتیب زیر عمل می کنند :

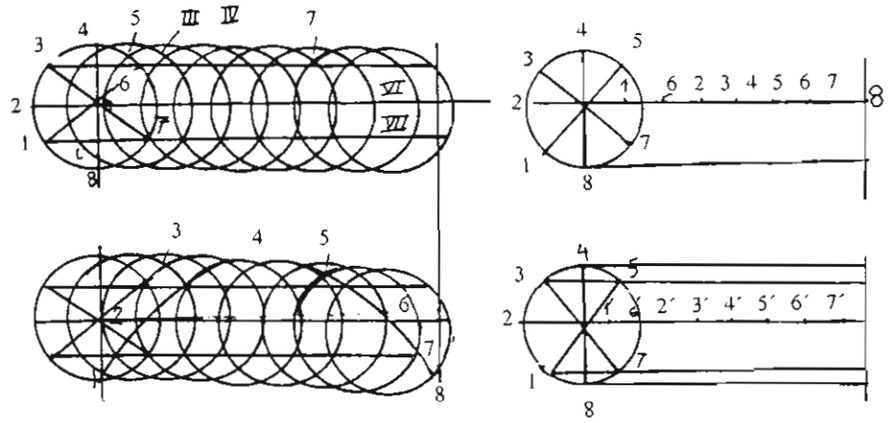
۱ ـ محیط دایره غلتان R_1 را به تعداد تقسیمات مساوی مثلاً ۸ قسمت تقسیم می کنند .

۲ ـ تقسیمات حاصله را روی خط $D\pi$ که از مرکز دایره غلتان R_1 می گذرد و در امتداد محور افقی آن است منتقل می نماییم D اندازه قطر خارجی دایره غلتان R_1 است .

۳ـ از تقسیمات ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ ، ۵ ، ۶ ، ۷ و ۸ دایره غلتان خطوطی موازی محور افقی چرخ غلتان رسم می شود .

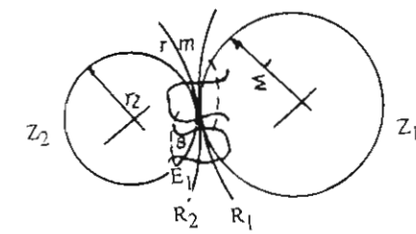
۴ ـ دوایری به شعاع دایره غلتان و به مراکز ۱' ، ۲' ، ۳' ، ۴' ، ۵' ، ۶' ، ۷' و ۸' رسم می نماییم .

۵ـ با درنظر گرفتن نقطه مشخص از دایره غلتان نقاط تلاقی آنها را با خطوط مربوطه که موازی محور دایره غلتان رسم شده به ترتیب ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ ، ۵ ، ۶ ، ۷ و ۸ می باشد مشخص می سازیم .



از وصل نقاط حاصل منحنی سیکلویید بدست می آید .

به تجربه ثابت شده است که بهترین نوع منحنی سیکلویـد برای استفـاده از چرخ دنده هاباشکل منحنی سیکلویید هنگامی مفیدوقابل استفاده است که دایره های تقسیم یک جفت چرخ دنـده را بعنوان دایره اصلی درنظر گرفته و دایره غلط را طوری درنظر بگیریم که قطرهای آنهـا ۰/۳ تا ۰/۴ قطر دایره اصلی تعیین دایره تقسیم خودشان باشد . با انتخاب چنین دوایری بین دایره اصلی و دایره غلتان فرم دو دنده ای که با هم درگیر می باشند بوجود می آید .



بطور کلی منحنی های چنین چرخ دنده هایی به صورت زیر بدست می آید .

۱ ـ با غلتیدن دایره غلط r_2 روی دایره تقسیم R_1 قوس سردنده چرخ دنده یک به نام اپی سیکلویید بدست می آید .

۲ ـ با غلتیدن دایره غلط r_1 داخل دایره R_1 قوس پای دنده چرخ به نام هیپوسیکلویید حاصل می شود .

۳ ـ با غلتیدن دایره غلط r_1R روی دایره تقسیم R_2 قوس سردنده چرخ دو به نام اپی سیکلویید حاصل می شود .

۴ ـ با غلتیدن دایره غلط r_2 داخل دایره تقسیم R_2 قوس پای دنده چرخ ۲ به نام هیپوسیکلویید بوجود می آید .

عیوب موجود در این چرخ دنده‌ها :

اگر تعداد دندانه روی محیط استوانه ای کم باشد پای دندانه باریک می شود و در نتیجه در صنعت ماشین سازی و کارهای تولیدی که احتیاج به مقاومت های زیاد می باشد ، این نوع چرخ دنده ها مقاوم نیستند و نمی توانند در مقابل نیروهای زیاد از خود مقاومت نشان دهد .

در شکل صفحه ۲۸ خط درگیری روی دایره غلط r_1 و r_2 نمایش داده شده و روی طول درگیری $E_1 B E_2$ قرار دارد و این خط مکان هندسی تمام نقاط درگیری و تماس ممکن دنده ها می باشد .

طول خط درگیری بین دو چرخ دنده محدودمی شود ، میان نقطه E_1 حاصل از تقاطع دایره سردنده از چرخ یک با دایره غلط r_2 و نقطه B_2 حاصل از تقاطع دایره سردنده چرخ دنده دو با دایره غلط r_1 و برای تعیین طول خط درگیری طبق این ۶۸۶ استاندارد متریک نسبت درگیری را بکار می بریم که بنا به تعریف نسبت درگیری عبارتست است از خارج قسمت طول درگیری به تقسیم دنده ای به نسبت درگیری که از فرمول زیر بدست می آید . که در چرخ دنده های سیکلویید از یک بزرگتر است .

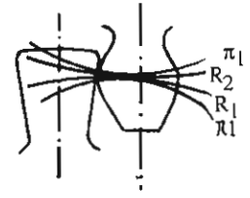
$$\frac{\text{طول درگیری}}{\text{تقسیم}} = \frac{E_1E_2}{T}$$

بطور کلی در چرخ دنده های سیکلویید دو حالت اتفاق می افتد :

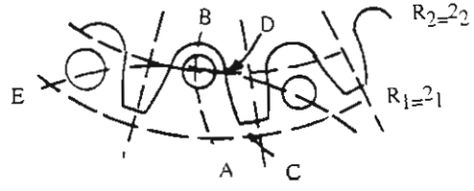
۱ ـ در حالتی که قطر دایره غلط کوچکتر از قطر دایره تقسیم خودش باشد .

۲ ـ در حالتی که قطر دایره غلط برابر دایره تقسیم همان چرخ انتخاب شود که در هر حالت نتیجه زیر حاصل می شود :

الف : در حالتی که قطر دایره غلط کوچکتر از قطر دایره تقسیم خودش باشد، در اندازه طول خط درگیری به صورت زیر می شود . یعنی سطوح چرخ دنده ای که قطر دایره غلتان نصف قطر دایره تقسیم خود می باشد، به صورت مستقیم و شعاعی درمی آید . (دنده با فرم مستقیم)



ب : در حالتی که قطر دایره غلط برابر دایره تقسیم همان چرخ انتخاب شود طول خط درگیری به صورت زیر است .



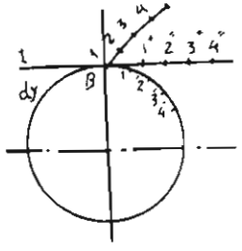
چرخ دنده با فرم منحنی اولونت:

الف : روش اول ـ این نوع چرخ دنده نواقص موجود در چرخ دنده های با منحنی سیکلویید را ندارند، همانطوری که گفته شد چرخ دنده هایی با منحنی سیکلویید که زاویه درگیری آنها ۲۰ می باشد پای دندانه ها باریک می شود که در اثر اندک نیروی وارده خواهد شکست .

دنده های اولونت توسط پرفسور گنینگر در سال ۱۹۳۵ ابداع شد و ساخت این

نوع چرخ دنده با ابزار بسیار ساده براحتی امکان پذیر است، از این چرخ دنده ها بر روی عموم ماشینها ـ موتورها و ماشینهای ابزار استفاده می شود . ساختمان آنها خیلی ساده تر از چرخ دنده های سیکلویید است و مثل آنها دارای چهار حالت نبوده و دارای ساختمان واحدی است، مطابق شکل زیر منحنی اولونت به روش زیر ایجاد می گردد :

ابتدا خط مماس بر دایره ای را بدون لغزش روی دایره اصلی می غلتانیم مسیری که مبداء (نقطه تماس اولیه) طی می کند رسم کرده و بدین صورت که نقاط تماس ایجاد شده روی دایره اصلی dy و خط مستقیم L را با فاصله های کوتاه و مساوی روی دایره و خط مستقیم انتقال داده، بطوری که در روی دایره اصلی ۱´ ، ۲´ ، ۳´ ، ۴´ و ۵´ و روی خط مستقیم نقاط ۱´ ، ۲´ ، ۳´ ، ۴´ و ۵´ را بدست می آوریم، حال پرگار را باندازه قطعه خط L باز کرده و نقطه ۱´ را مرکز قرار داده قوس می زنیم سپس پرگار را باندازه فاصله باز کرده نقطه B را مبداء و مرکز قرار داده طوری قوس می زنیم که کمان قبلی به مرکز ۱´ را قطع کند . این نقطه یک نقطه اولونت است این عملیات را برای نقاط ۲´ ، ۳´ ، ۴´ و ۵´ و ۲´ ، ۳´ ، ۴´ و ۵´ انجام می دهیم تا منحنی اولونت ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ بدست آید .



منحنی اولونت

برای ایجاد منحنی های اولونت دو چرخ دنده درگیر باید به نکات مهم زیر توجه داشت :

دایره های اصلی که خطوط غلط روی آنها می غلتند مانند مباحث سیکلویید همان دایره تقسیم نیستند، بلکه مطابق شکل A زیر این دوایر غیر از دوایر تقسیم می باشند .

از نقطه C (محل تماس دایره تقسیم) مماسی رسم می شود، این خط طبعاً بر

خط مرکزی دو دایره عمود خواهد بود . حال اگر خط مستقیم با زاویه ای نسبت به این مماس رسم شود این مماس، مماس مشترکی بین دو دایره مجهول dy و dy_2 خواهد بود . زاویه α طبق نرم 20° درجه می باشد و در این صورت قطرهای مجهول دو دایره dy و dy_2 از رابطه مثلثاتی زیر محاسبه می شود .

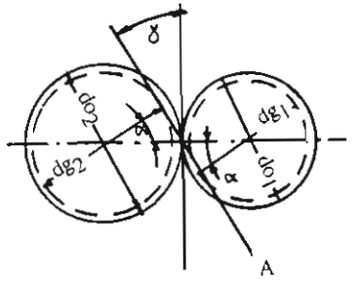
$$dy_1 = do_1 \cos\alpha$$

یا

$$\frac{dy_1}{2} = \frac{do_1 \cos\alpha}{2}$$

$$dy_2 = do_2 \cos\alpha$$

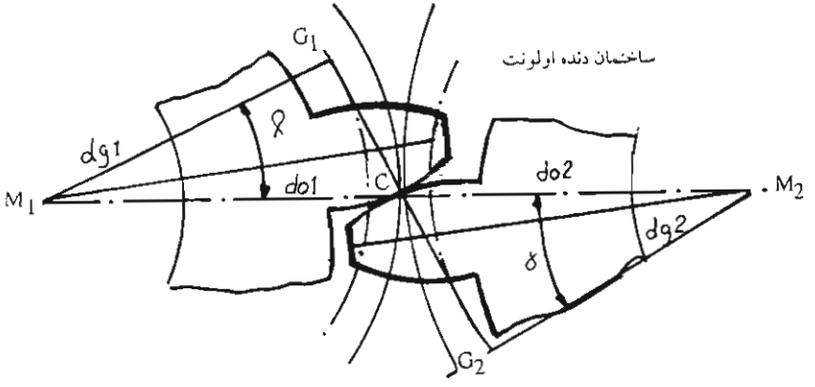
نسبت قطر دایره های اصلی dy_1 و dy_2 به یکدیگر مثل نسبت اقطار دوایر do_1 و do_2 به یکدیگر بوده و با تعیین قطر دوایر اصلی dy_1 و dy_2 بطوری که در شکل B دیده می شود .



منحنی اولونت

ساختمان دنده اولونت به آسانی حاصل می شود . شعاع هایی که از مرکز دایره ها حاصل برخورد خط تماس مشترک با دایره اصلی رسم شده اند، در نقطه G_1 و G_2 دایره های اصلی را قطع می کند که هر دو به پیدایش فرم دنده اولونت کمک می کند با غلتیدن خط مماس مشترک دو دایره اصلی حرکت نقطه تماس مشترک بین دو دایره تقسیم do_1 و do_2 عملی می شود، برای این منظور از طرف چپ و راست در نقطه

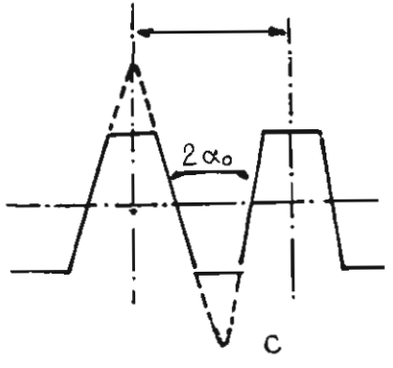
G_1 و G_2 روی خط مماس مشترک و محیط دوایر اصلی طول های مساوی را جدا کرده و با این عمل مسیر نقاط تماس C بدست می آید . سپس کمان ها و قطعه خط های سمت چپ نقطه G_1 منحنی اولونت سردنده چرخ ۱ و قطعه خطوط و کمان های سمت راست نقطه G_1 منحنی اولونت پای دنده چرخ راتشکیل می دهد . به همین روش خطوط و کمان های سمت راست نقطه G_2 اولونت سردنده چرخ ۲ و قطعه خطوط و کمان های سمت چپ نقطه G_2 منحنی اولونت پای دنده ۲ را تشکیل می دهد .



بطوریکه در شکل C دیده می شود با زیاد کرده قطر دایره اصلی همواره منحنی اولونت بزرگترمی شود ، یعنی شعاع خمیدگی آن همواره بزرگترشده وبه خط مستقیم نزدیکتر می شود و بالاخره دایره تقسیم و در نتیجه دایره اصلی بی نهای می شود .

$$do = \infty \quad dy = \infty$$

بدین صورت چرخ دنده ازشکل دنده خارج شده و دنده ها مطابق شکل C درمی آید .



قانون مستند برای دنده های اولونت:

کلیه دنده ها با مدولهای مساوی و تعداد دنده متفاوت که با یک چرخ دنده استاندارد با همان مدول بطور صحیح کار کنند با یکدیگر به همان صحت و دقت درگیر شده و کار می کنند. دراین قانون چرخ دنده های اولونت یکی از فواید آن معلوم می شود که استعمال این نوع دنده برای چرخ دنده های ثابت و تعویض شونده هر دوامکان پذیر می باشد.

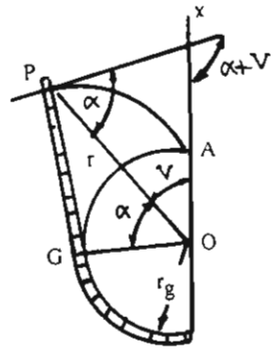
عملیات ریاضی درباره چرخ دنده های اولونت و سیکلویید

۱ ـ دنده های اولونت

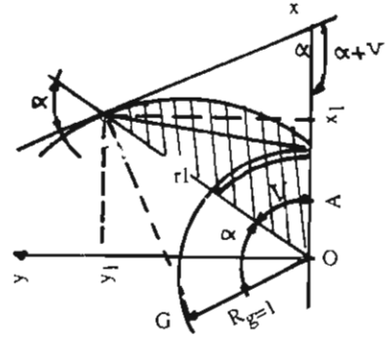
اولونت دایره = اولونت دایره در صنعت چرخ دنده ها مفهوم و معنی و اهمیت زیادی دارد، اولونت دایره که آن را اولونت نیز گویند به روش زیر حاصل می شود:

هرگاه منحنی را بحالت کشیده از روی دایره اصلی ۲ry باز کنیم هر نقطه واقع در روی نخ یک مسیر اولونت طی می کند (مطابق شکل A).

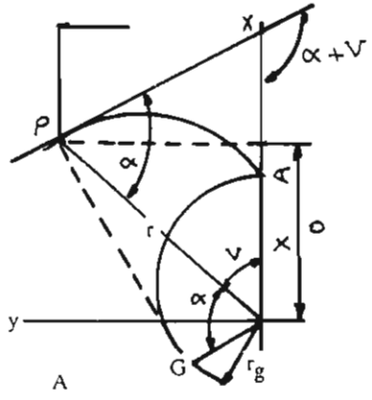
نخ کشیده Gp در هر لحظه و در هر حال مطابق شکل B نماینده شعاع خمیدگی منحنی اولونت b در آن نقطه می باشد.



B



C



A

در مختصات قطبی نقطه p از منحنی اولونت به وسیله زاویه قطبی v و شعاع حرکتی r تعیین می شود و برعکس در مختصات قائم با معلوم بودن x و y تعیین می شود که در اینجا زاویه فشار با اتصال می باشد که در حالت خاصی در صنعت چرخ دنده ها آن را زاویه درگیری می نامند که در این حالت خاص نماینده زاویه مماس مشترک دوایر اصلی ۲ چرخ دنده درگیر می باشد.

زوایای α و v زاویه غلط را تشکیل می دهند. $\varepsilon = \alpha + v$

اصل مهم در پیدایش منحنی اولونت آنست که طول نخ باز شده Gp در شکل B مساوی طول کمانی است، از دایره اصلی که نخ روی آن پیچیده شده است، یعنی:

$GP = GA$

$rg \text{ arc } (\alpha + v) = rg\,tg\alpha$

$rg \text{ arc} = rg(tg\alpha - arc\alpha)$

اولونت ها با دایره های اصلی به شعاع دلخواه از نظر هندسی به یکدیگر شبیه هستند.

بطوریکه جمع اولونت های واحد با شعاع دایره اصلی ۱ = rg بوجود می آید (شکل C) با فرض rg=1 می توان رابطه بالا را به صورت زیر نوشت:

$$\text{arc}(\alpha + v) = tg\alpha$$

$$\text{arc} = tg\alpha - \text{arc}\alpha$$

دراینجا حاصل $tg\alpha = \text{arc}\alpha$ تابعی است از اولونتی و در آن با علامت ev در رابطه قرارداده می شود .

$$\text{arc } v = ev\alpha = tg\alpha - \text{arc}\alpha \qquad r = \frac{rg}{\cos\alpha} = rg \text{ rec } \alpha$$

با توجه به شکل B می توان نوشت : $r = \frac{rg}{\cos\alpha} = 2g \sec \alpha$

طول نخ کشیده Gp با شعاع خمیدگی (b) اولونت در نقطه p طبق شکل B از مثلث OPG بدین طریق محاسبه می گردد .

$$b = rg \cdot tg\alpha$$

و برای اولونت های واحد در شکل C می شود . $b_1 = tg\alpha$

با قرار دادن $\cos^2\alpha + \sin\alpha = 1$ و $\frac{1}{\cos\alpha} = \sec \alpha$

می توان برای شعاع خمیدگی اولونت و حد نوشت یعنی

$$b = \sqrt{\text{rec}^2\alpha - 1} = tg\alpha$$

یا با استفاده از توابع مثلثاتی (سیکلومتری ـ توابع اندازه گیری کمان ها ـ با توابع معکوس) توابع زیر محاسبه می شود .

$$\text{aro}\alpha = \text{arctg}\sqrt{\sec^2\alpha - 1}$$

$y = \text{arc tg } x$ یا $x = tgy$

از معادلات بالا نتیجه می شود :

$$\text{arc}v = \sqrt{\sec^2\alpha - 1} - \text{arctg}\sqrt{\sec^2\alpha - 1}$$

جدول (صفحه بعد) برای اولونت های غیر مشخص بکار می رود . لازم به تذکر است که حروف با اندیکس نماینده اولونت های واحد است .

روابطی که درجدول بکاررفته است می توان به راحتی بااعمال ریاضی انتخاب نمود که به وسیله ۳ مثال کمان های اولونت طول وترها و سطوح وترهانشان داده می شود .

نام	علامت	فرمول
xها مختصات yها قایم	x	$x = rgx_1 = rgsic\alpha \cos v = 2g\sec\alpha$
		$\cos(ev\alpha) = [\sec(\alpha+ v) - ev(\alpha+ v)\sin(\alpha+r)]$
	y	$y = rgy_1 = rg(\sec\alpha.\ \sin v) = rg\sec\alpha$
		$\sin(ev\alpha) = 2g[ev(\alpha+v)\cos(\alpha+v)]$
شعاع خمیدگی	l	$l = rg\, l_1 = rg\sqrt{\sec^2\alpha - 1} = rgtg\alpha = 2gavc(\alpha + v)$
طول کمان اولونت	b	$b = rgb_1 = rg\ \frac{\sec^2\alpha - 1}{2} =$
		$rg\ \frac{tg^2\alpha}{2} = rg\ \frac{\text{arc}(\alpha + v)}{2}$
وتراولونت	a	$a = rg\, a_1 = rg\sqrt{1+ \sec^2\alpha - 2\sec\alpha\cos^2 v}$
سطح اولونت	f	$F = rg^2 \quad F_1 = \frac{rg^2}{6}\sqrt{(\sec^2\alpha - 1)^3}$
		$= rg^2\ \frac{tg^3\alpha}{6} = rg^2\ \frac{\text{arc}^3(\alpha + v)}{6}$
شعاع حرکتی	r	$r = rg_1 r_1 = rg\sec\alpha = rg\sqrt{1+ \text{arc}^2(\alpha+ v)}$

با محاسبه از طریق دیفرانسیال و انتگرال می توان اینطور بیان کرد که کمان یک منحنی با طول زیادازقطعه خطوط کوچکی تشکیل شده که بایکدیگر ترکیب شده اند و از جمع این طول های کوچک طول کامل قابل محاسبه است .

روش ساخت چرخ دنده‌ها

چرخ دنده ها برحسب موقعیت و کاربرد آنها در صنعت چه از نظر استحکام و چه از نظر مقاومت و یا کاری که انجام می دهند بطریق مختلف زیر ساخته می شوند .

۱ ـ به روش ریخته گری
۲ ـ به روش کشیدن
۳ ـ روش پرس یا منگنه کردن
۴ ـ به روش برادره برداری (فرزکاری)

۱ ـ روش ریخته گری

در این روش برای ساخت چرخ دنده هایی که دقت زیادی ندارند ابتدا مدل چرخ دنده مذکور را از چوب یا فلز ساخته سپس از همان مدل ساخته شده استفاده کرده و آن را قالب گیری کرده و مواد ذوب شده را در داخل قالب های ساخته شده می ریزندوسپس پس ازسردشدن چرخ دنده خواسته شده بدست می آید . ازاین روش هنگامی استفاده می شودکه دردرجه اول دقت زیادنداشته باشد ، دوم اینکه چرخ دنده بزرگ بوده و از نظر قیمت هم از سایر روش ها ارزانتر خواهد بود . چرخ دنده های تهیه شده از این طریق بیشتر در ماشینهای کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند . هرگاه در موادی که بخواهند ازچرخ دنده های ریخته شده استفاده نمایندکه علاوه بر ارزان بودن و داشتن قطر زیاد دارای استقامت خوبی هم باشد در چرخ دنده های مخروطی درپشت طوق چرخ دنده چدنی نامبرده شیارهای دم‌چلچله‌ای شکل ایجاد می کنند ، در این حالت دنده های فولادی در شیارهای ایجاد شده قرار می دهند . بدین روش یک چرخ دنده نسبتاً با استحکامی تولید می شود که می توان برای نیروهای نسبتاً زیادی از آن استفاده نمود .

۲ ـ تهیه چرخ دنده از طریق کشیدن

در این روش باید عرض (ضخامت) دنده تهیه شده بیشتر از قطر چرخ دنده

باشد ، این چرخ دنده ها معمولاً در ساعت سازی استفاده می شود .

۳ ـ تهیه چرخ دنده از طریق پرس (منگنه کردن)

در این روش ابتدا قالب چرخ دنده که عبارتند از سنبه و ماتریس که قبلاً ساخته شده تهیه می شود . در این نوع چرخ دنده سازی بایستی ضخامت چرخ دنده تا اندازه ای کم باشد تا بتوان به سادگی عمل پرسکاری را انجام داد .

۴ ـ تهیه چرخ دنده از طریق عملیات براده برداری

برای تهیه چرخ دنده علاوه به روشهای گفته شده می توان از ماشینهای فرز استفاده کرد . در این روش دقت چرخ دنده ها به مراتب بیشتر از سایر روشهای دیگر می باشد . در نتیجه چرخ دنده در هنگام کار تولید صدا و خشونت نکرده و راندمان کار نیز بیش از سایر چرخ دنده های دیگر است .

روش ساخت چرخ دنده ها

برای ساخت چرخ دنده بایستی به سه روش زیر عمل کرد :

۱ ـ با ماشین صفحه تراش .
۲ ـ ماشینهای سنگ زنی مخصوص چرخ دنده ها .
۳ ـ ماشینهای فرز .

۱ ـ تراشیدن چرخ دنده‌ها با ماشین صفحه تراش و کله زنی

الف : برای تراشیدن چرخ دنده ها می توان از صفحه تراش استفاده کرد ، بدین حالت که ابتدا محاسبات لازم را انجام داده سپس قطر چرخ دنده مورد نظر را با ماشین تراش تراشیده و آنگاه دستگاه تقسیم را روی میز ماشین صفحه تراش قرار می دهیم ، دراین صورت باید کار بین دو مرغک و سه نظام دستگاه تقسیم بسته و آن را کاملاً با کشاب ماشین موازی کرد . بعد از این عمل دنده مورد نظر را درست بفرم

دنده خواسته شده با سنگ تیز نموده و آنگاه قلم یا دنده را در قلم گیر صفحه تراش بسته و در اینصورت طول کورس ماشین صفحه تراش را بر مبنای پهنای چرخ دنده تنظیم نموده وبارعمقی رابا دستگاه بارعمق ماشین صفحه تراش را انجام می دهیم .

وقتی که یک دندانه تمام شد برای تراشیدن دندانه دوم دسته حلزون دستگاه تقسیم را باندازه محاسبه شده قبلی می گردانیم و باز هم عمل را مثل دندانه قبلی تکرار می نماییم ، ولی باید سعی کرد در این روش بار عمقی را هر لحظه کم کم انجام داد . همچنین نیز ماشین را هم قبلاً کاملاً محکم نماییم .

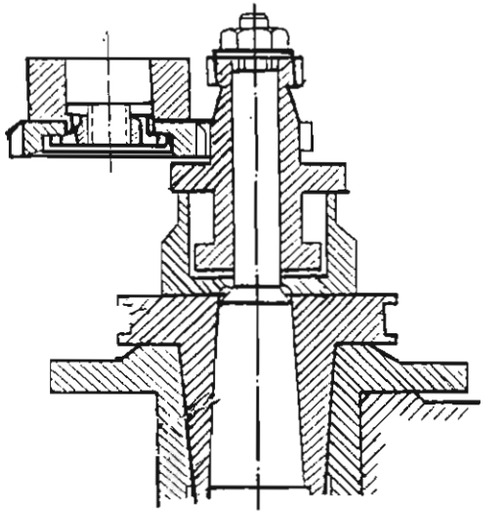
از این روش زیاد استفاده نمی شود ، مگر زمانی که دنده مورد نظر استاندارد نبوده و شیارهای آن برحسب سیستم مدولی یا اینچی نباشد و احتیاج به تیز کردن دنده باشد و یا اینکه نتوان چرخ دنده را با ماشین فرز انجام داد . در اینصورت مجبوریم با ماشین صفحه تراش بتراشیم ولی باز هم دقت تراش در این روش زیاد خوب نیست .

ب : تراشیدن چرخ دنده با ماشین کله زنی

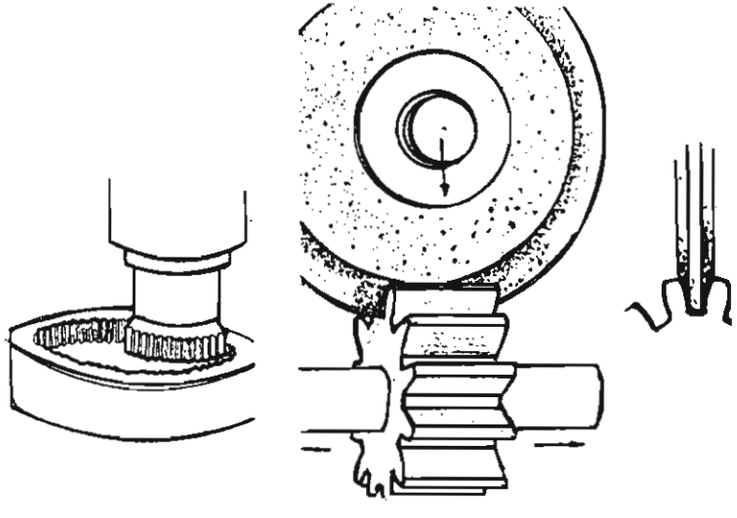
اغلب اوقات می توان چرخ دنده ها را با ماشین کله زنی ساخت . ساختن چرخ دنده ها را با این ماشین به مراتب ساده تر از تراشیدن چرخ دنده با ماشین صفحه تراش است ، زیرا در این ماشین دنده یا قلم بجای اینکه افقی حرکت کند دارای حرکت عمودی است و زمانی که از بالا به پایین میز ماشین نزدیک می شود عمل براده برداری صورت می گیرد و در زمان برگشت قلم یا دنده از کار جدا شده و براده برداری انجام نمی شود .

مزیت این ماشین به ماشین صفحه تراش این است که این ماشین دارای میز دواری است که می تواند حول محور خود حرکت دورانی داشته و همچنین با دستگاه تقسیم هم مجهز می باشد و از طرفی میز ماشین علاوه بر حرکت عرضی و طولی نیز هست . از این ماشین بیشتر برای تراشیدن چرخ دنده های داخلی استفاده می کنند . در این ماشینها کار روی میز دوار در مرکز میز ماشین بسته و باز هم مثل

ماشین صفحه تراش از قلم یا دنده های تیز شده استفاده می گردد .



تراش چرخ دنده با ماشین کله زنی



سنگ زدن چرخ دنده با ماشین سنگ

برای تهیه چرخ دنده اغلب اوقات می توان از ماشینهای سنگ استفاده کرد ،

بدین صورت که قبلاً چرخ دنده را یا از طریق ریخته گری یا از طریق تراش با ماشین فرز آماده کرده و چنانچه بخواهیم دقت این چرخ دنده زیاد باشد باید آن را قبلاً آب داده سپس با ماشی سنگ گردسایی که دارای سبک فرم دندانه روی آن را سنگ می زنند تا بتوانند از آن برای کارهای بسیار و دقیق استفاده می شود ولی در بیشتر چرخ دنده ها که دقت زیادی نیاز نباشد دیگر از ماشین سنگ استفاده نمی کند، بلکه فقط آن را با ماشین های فرز یا پیچ فرزهای فرم دار مدولی یا اینچی تراشند.

۳ ـ تراش چرخ دنده با ماشینهای فرز

برای تراشیدن چرخ دنده های خارجی می توان از ماشینهای فرز افقی یا انیورسال بدو روش زیر عمل کرد:

۱ ـ روش تقسیم

۲ ـ روش غلتکی

الف: تهیه چرخ دنده‌های ساده از روش غلتکی:

در این روش برای ساخت چرخ دنده چرخ آنرا روی یک محور که دو سر آن مته مرغک زده شده سوارمی شودوسپس در اثر گردش یک تیغ فرزغلتکی حلزون شکل فرم دنده لازم بدست می آید. دراین صورت فرم تیغ فرز درست شبیه یک پیچ ذوزنقه شکل می باشد که این فرم ذوزنقه باعث ایجاد شیارهایی روی محیط چرخ دنده می شود. برای تراشیدن چرخ دنده از این روش بستن تیغ فرز را روی محور اصلی ماشین سوار کرده و چرخ مورد نظر را روی میز ماشین قرار می دهند. البته باید سعی کرد تیغه فرز را باندازه گام چرخ دنده مایل قرار داد، در این هنگام در اثر گردش تیغه فرز باعث می شود که چرخ دنده هم بگردش درآید و از آن براده برداری صورت گیرد.

و بعد از اتمام یک دوره کامل مجدداً به چرخ دنده بطور عمودی بار داده می شود و عمل مجدداً تکرار شده تا اینکه چرخ دنده باندازه عمق لازم تراشیده شود.

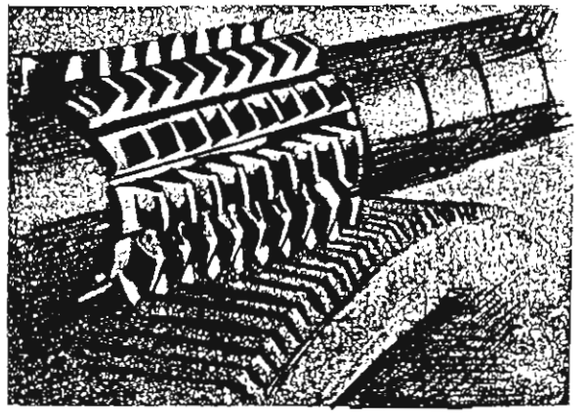
همچنین برای تراشیدن چرخ دنده های کج باید تیغه فرز را تحت زاویه تمایل آن قرار داده شود، در این روش چرخ دنده تراش نسبت به روش تقسیم محاسن زیادی دارد که عبارتست از:

۱ ـ سطح دندانه ها کاملاً دقیق تراشیده شده و تمام دندانه ها با هم مساوی خواهند بود.

۲ ـ به وسیله یک تیغ فرز می توان چرخ دنده های زیادی که دارای یک گام می باشند تراشید.

۳ ـ در این روش فرز کاری سریعتر صورت می گیرد.

۴ ـ به وسیله فرز کاری از طریق غلتکی نه تنهای می توان چرخ دنده های معمولی و کج را تراشید بلکه می توان چرخ دنده های حلزونی را هم تراشید. از این روش چرخ دنده تراشی بیشتر در سری سازی استفاده می شود.



ب: تهیه چرخ دنده ها از طریق تقسیم:

اغلب اوقات چرخ دنده ها را بیشتر از طریقه تقسیم تهیه می نمایند، بدین صورت که قطر چرخ دنده مورد نظر را به وسیله ماشین تراش آماده نموده و سپس آن را روی میز ماشین فرز افقی اگر چرخ دنده ساده باشد و چنانچه مارپیچ باشد آن را روی میز ماشین فرز انیورسال بین دو مرغک یا سه نظام تقسیم و مرغک بسته و پس از تنظیم

آن را می تراشند، در این روش چرخ دنده تراشی باید حتی از دستگاههای تقسیم مربوطه استفاده کردکه مسلماً برای هر نوع چرخ دنده دستگاههای تقسیم مخصوص بخود لازم است، پس بطور کلی قبل از تشریح و محاسبه چرخ دنده ها لازم است که دستگاههای تقسیم موردنیاز را بصورت زیر توضیح دهیم.

انواع مختلف دستگاههای تقسیم:

هدف از بکار بردن دستگاه تقسیم اینکه بتوانیم محیط استوانه ها را بطور دقیق به قسمتهای جزیی تقسیم نمود از این دستگاهها می توان برای تراشیدن و گرداندن قطعات کار تحت زوایای مختلف استفاده کرد.

قسمتهای عمده تشکیل دهنده دستگاه تقسیم عبارتند از :

۱ ـ پیچ حلزون

۲ ـ چرخ دنده حلزون (۴۰ ـ ۶۰ ـ ۱۲۰) قسمتی

۳ ـ دسته حلزون

۴ ـ صفحه تقسیم

۵ ـ صفحه شیاردار

۶ ـ وسایل مختلف جهت کنترل دستگاههای تقسیم که شرح هر یک تا آنجا که لازم باشد بعداً داده خواهد شد.

دستگاههای تقسیم از نظر نوع استفاده:

۱ ـ دستگاه تقسیم ساده با حرکت مستقیم (تقسیم مستقیم)

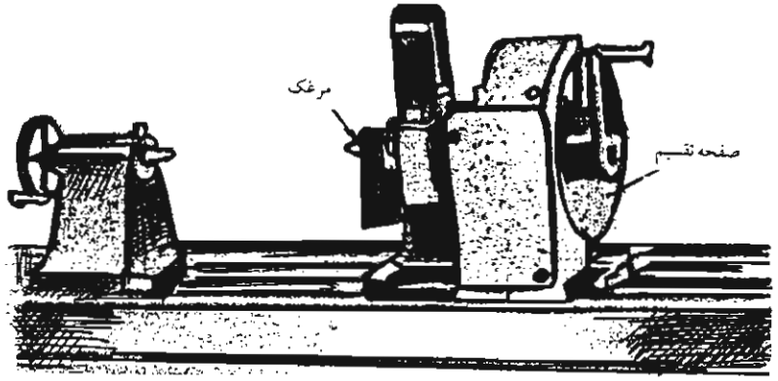
۲ ـ دستگاه تقسیم ساده با حرکت غیر مستقیم (تقسیم غیر مستقیم)

۳ ـ دستگاه تقسیم ساده مخصوص دیفرانسیل تراشی

۴ ـ دستگاه تقسیم ساده مخصوص مارپیچ تراشی

۱ ـ تقسیم مستقیم :

ساختمان این دستگاه بسیار ساده بوده و کار با آن به راحتی صورت می گیرد، از این دستگاه بیشتر برای کارهای سری استفاده می شود(قسمتهای تشکیل دهنده دستگاه مطابق شکل زیر)عبارتند از :



دستگاه تقسیم ساده با حرکت مستقیم

۱ـ بدنه با پایه دستگاه

۲ ـ محور دستگاه تقسیم

۳ ـ دسته صفحه تقسیم

۴ ـ صفحات شیاردار (صفحات تقسیم) صفحاتی که برای این نوع دستگاهها مورد استفاده قرار می گیرند. اصولاً روی محیط خارجی صفحه شیارهای ذوزنقه شکل ایجاد نموده و این صفحات جلو یا پشت پوسته اصلی دستگاه تقسیم روی محور اصلی ثابت و یا به حرکت درمی آید و می توان صفحات را عوض نمود، برای اینکه بتوان تقسیمات بیشتری را با این دستگاه انجام داد. معمولاً بجای یک یا دو صفحه ممکن سه یا چهار صفحه شیاردار همراه دستگاه موجود باشد ولی بیشتر صفحات مورد نظر صفحاتی می باشند که دارای ۲۴، ۳۰ و ۳۶ شیار می باشد که با این صفحات می توان تقسیماتی را تراشید که اعداد بالا بر تقسیمات خواسته شده قابل قسمت باشد بنابراین تقسیمات زیر را می توان توسط این دستگاه تراشید.

۵ ـ صفحه اول دارای ۲۴ شیار تقسیمات قابل تراش با این صفحه عبارتند از :

۲۴ ـ ۸ ـ ۶ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱ ⟵ صفحه اول

صفحه دوم دارای ۳۰ شیار تقسیمات قابل تراش با این صفحه به شرح زیر :

۳۰ ـ ۱۵ ـ ۱۰ ـ ۶ ـ ۵ ـ ۳ ـ ۲ ⟵ صفحه دوم

صفحه سوم دارای ۳۶ شیار تقسیمات قابل تراش با صفحه فوق عبارتست از :

۳۶ ـ ۱۸ ـ ۱۲ ـ ۹ ـ ۶ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۲ ⟵ صفحه سوم

۶ ـ خار متحرک (موشک)

این خار عموماً به صورت ذوزنقه بوده و روی پوسته دستگاه بصورت لولا قرار دارد که می تواند به وسیله پیچی به صورت زاویه ای حرکت کرده و در داخل شیارهای ذوزنقه که روی صفحه شیار قرار دارد جای بگیرد و از گردش صفحه با محور اصلی جلوگیری نماید .

طرز کار دستگاه :

ابتدا کار را روی سه نظام و یا بین دو مرغک دستگاه سوار کرده و سپس محاسبات لازم را برای تقسیمات خواسته شده انجام میدهیم و آنگاه صفحات مورد لزوم را که قبلاً محاسبه شده بود روی دستگاه سوارمی کنیم ، در این هنگام روی کار مورد تراش یک شیار با دندانه ایجاد نمود و برای شیار بعدی قبلاً خار (موشک) را به وسیله پیچ مربوطه از داخل شیار خارج نموده تابتوان محور اصلی را با دسته مربوطه برای تقسیم شیار بعدی آماده کرد . باز هم مانند حالت قبل برای اینکه بتوان شیار مورد نظر را بسادگی تراشید بایستی محور اصلی را با همان خار ثابت نگهداشته و بالاخره عمل را تا آخر ادامه داد تا تمام صفحات خواسته شده به اتمام برسد .

فرمول برای محاسبه مقدار گردش دسته محور اصلی به صورت زیر نوشته می شود .

$$I = \frac{۲۴}{N} \text{ یا } \frac{۳۰}{N} \text{ یا } \frac{۳۶}{N}$$

مثال ۱ ـ می خواهیم روی محیط استوانه ای ۶ عدد شیار ایجاد کنیم مطلوبست محاسبه مقدار گردش دسته محور اصلی دستگاه $I = \frac{۲۴}{N} = \frac{۲۴}{۶} = ۴$ پس دسته محور اصلی را باید آنقدر بچرخانیم تا ۴ شیار از صفحه شیار دار از مقابل خار عبور نماید، در این حالت می توان دندانه ، سطح یاشیار بعدی را که لازمست تراشید و عمل را تا آخر به همین روش انجام داد تا تمام تقسیمات لازم تراشیده شود .

دستگاه تقسیم ساده (تقسیم غیرمستقیم)

با این دستگاه تقسیم می توان تمام تقسیمات بجز تقسیمات اختلافی را انجام داد و ساختمان آن تقریباً ساده بوده و برای تراشیدن چرخ دنده های ساده استفاده می شود ، اجزاء متشکله آن عبارتند از :

۱ـ پوسته یا بدنه ثابت دستگاه:

این قسمت تشکیل شده از پوسته تو خالی که جنس آن از چدن بوده و کف آن کاملاً به صورت دقیق تراشیده شده ودردوطرف آن دوسوراخ جای یاتاقان دستگاه را تشکیل می دهد که این سوراخها یا بعبارت دیگر جای یاتاقان پوسته متحرک دستگاه با کف دستگاه کاملاً موازی بوده و بسیار دقیق می باشد و کلیه قسمتهای دیگر دستگاه تقسیم مانند پیچ حلزون و چرخ حلزون در داخل این پوسته قرار می گیرد .

۲ـ محور اصلی:

محور دستگاه تقسیم از یک میله تو خالی استوانه ای است که روی آن چرخ حلزون (۴۰ یا ۶۰ و گاهی وقت ۱۲۰ دنده ای) قرار گرفته است و این میله از یک طرف دارای سوراخ مخروطی شکل به شکل مخروط های مورس ایجاد شده و روی همان سوراخ مخروطی شکل دارای پیچی مثلثی شکل است که می توان سه نظام و صفحه مرغک و گاهی اوقات اگر لازم باشد چهار نظام را بست و قسمت سوراخ مخروطی شکل برای قرار دادن مرغک های مورس درست شده که این محور روی پوسته یاتاقان بندی شده است .

۳ ـ پوسته متحرك:

این پوسته جایگاه محور اصلی دستگاه است . روی محیط پوسته را از صفر تا ۹۰ درجه بطرفین محیط آن مدرج نموده اند تا بتوان با تغییر درجه پوسته نامبرده قطعات کارها را بصورت مخروط و یا تحت زوایای مختلف تراشید . اتصال پوسته متحرک روی تنه ثابت به وسیله دو صفحه طرفین (۳ و ۴) به وسیله پیچهای شماره ۵ تامین می شود و هنگامی که بخواهیم دستگاه را تحت زاویه قرار دهیم پیچها را باز کرده و پوسته متحرک را به هر زاویه ای که بخواهیم منحرف می کنیم و بعد از انحراف مجدداً پیچ ها را محکم می نماییم .

۴ ـ چرخ دنده حلزونی:

این چرخ دنده که بصورت چرخ دنده حلزونی می باشد دارای ۴۰ یا ۶۰ و گاهی ۱۲۰ دنده ای است و روی محور اصلی دستگاه تقسیم قرار گرفته است ، البته چرخ دنده ۱۲۰ قسمتی بیشتر برای تقسیمات میز ماشینی مثل ماشین کله زنی (صفحه تراش عمودی) مورد استفاده قرار می گیرد .

۵ ـ دسته حلزون (دسته تقسیم):

دنباله پیچ حلزون میله ای است که می توان در روی آن دسته ای قرار داد . کار این دسته بحرکت درآوردن پیچ حلزون و سپس گردش محور اصلی می باشد .

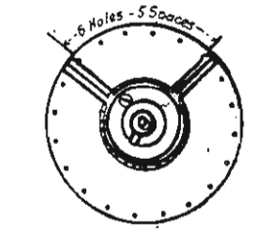
۶ ـ پیچ حلزون:

پیچ حلزون که در داخل پوسته متحرک قرار گرفته عمود در محور اصلی است و معمولاً این پیچ به صورت پیچ حلزون یک راهه می باشد که با چرخ دنده حلزونی درگیر می شود .

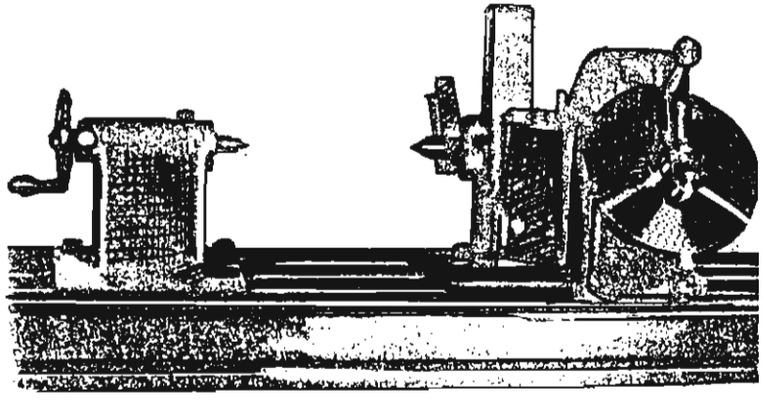
۷ ـ صفحه تقسیم:

هر دستگاه تقسیم معمولاً دارای ۲ یا ۳ صفحه تقسیم است که در مرکز این

صفحه سوراخی است برای قرار گرفتن آن روی انتهای پیچ حلزون . این صفحه دارای ۶ تا ۱۲ ردیف سوراخ بوده و تعداد سوراخهای هر یک از این ردیف ها که بر محیط دوایر متحدالمرکزی قرار گرفته اند با یکدیگر متفاوت هستند . بعضی از دستگاههای تقسیم دارای یک صفحه تقسیم بزرگ بوده که سوراخها از دو طرف بصورت بن بست ایجاد شده و تمام ردیف سوراخهای لازم را دارا می باشد .



صفحه تقسیم



دستگاه تقسیم ساده

سوراخهای متداول روی صفحات تقسیم عبارتند از :

۲۰ ـ ۱۹ ـ ۱۸ ـ ۱۷ ـ ۱۶ ـ ۱۵ ← صفحه اول

۳۳ ـ ۳۱ ـ ۲۹ ـ ۲۷ ـ ۲۳ ـ ۲۱ ← صفحه دوم

۴۹ ـ ۴۷ ـ ۴۳ ـ ۴۱ ـ ۳۹ ـ ۳۷ ← صفحه سوم

همچنین ممکن است صفحات تقسیم را هر دو طرف شماره بندی نمایند که سوراخهای موجود در آن عبارتند از :

۴۱ ـ ۳۹ ـ ۳۸ ـ ۳۷ ـ ۳۴ ـ ۳۰ ـ ۲۸ ـ ۲۵ ـ ۲۴ ← طرف اول

۶۶ ـ ۶۳ ـ ۵۹ ـ ۵۸ ـ ۵۷ ـ ۵۴ ـ ۵۱ ـ ۴۹ ـ ۴۷ ـ ۴۶ ← طرف دوم

علاوه بر صفحه تقسیمات بالا بعضی از کارخانجات صنعتی اقدام به ساختن صفحه تقسیم های زیر کردند که این صفحات را از دو طرف سوراخ ایجاد نموده اند.

صفحه اول ←
۱۸۹ـ ۱۷۱ـ ۱۴۷ـ ۱۲۹ـ ۱۱۷ـ ۹۹ـ ۹۱ـ ۶۹ـ ۴۸ـ ۳۰
۱۹۹ـ ۱۸۳ـ ۱۶۹ـ ۱۵۷ـ ۱۴۱ـ ۱۲۷ـ ۱۱۱ـ ۹۷ـ ۸۱ـ ۳۷ـ ۳۶

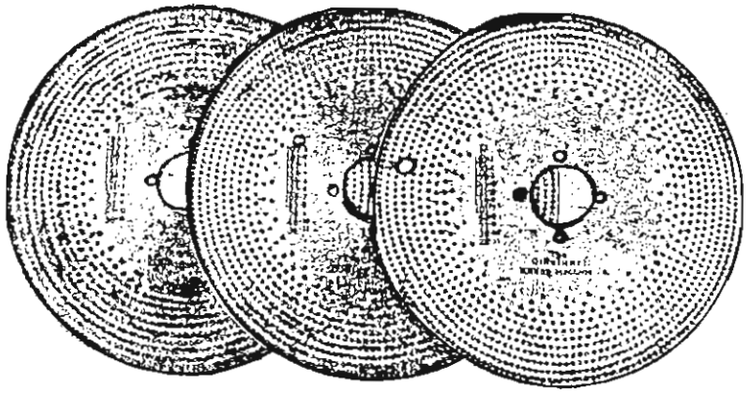
صفحه دوم ←
۱۹۷ـ ۱۸۱ـ ۱۶۷ـ ۱۵۳ـ ۱۳۹ـ ۱۲۳ـ ۱۰۹ـ ۹۳ـ ۷۹ـ ۴۶ـ ۳۴
۱۹۳ـ ۱۷۹ـ ۱۶۳ـ ۱۵۱ـ ۱۳۷ـ ۱۲۱ـ ۱۰۷ـ ۸۹ـ ۷۷ـ ۴۴ـ ۳۲

صفحه سوم ←
۱۹۱ـ ۱۷۵ـ ۱۶۱ـ ۱۴۹ـ ۱۳۳ـ ۱۱۹ـ ۱۰۳ـ ۸۷ـ ۷۳ـ ۴۲ـ ۲۶
۱۸۷ـ ۱۷۳ـ ۱۵۹ـ ۱۴۳ـ ۱۳۱ـ ۱۱۲ـ ۱۰۱ـ ۸۳ـ ۷۱ـ ۳۸ـ ۲۸

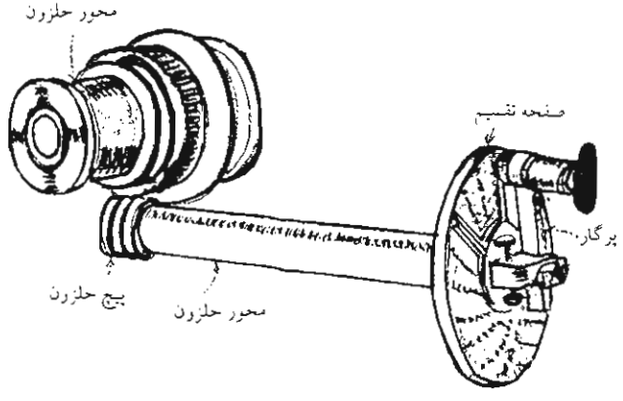
۸ ـ قیچی یا پرگار :

برای تعیین سوراخهای حساب شده ای است که پس از یک بار محاسبه و شمارش برای تقسیمات خواسته شده احتیاج بشمارش ثانی نباشد، دراین صورت پیچ روی پرگار را محکم کرده تا دهانه پرگار ثابت بماند ولی دو پایه آن با هم روی صفحه تقسیم حول محور دسته تقسیم گردش می نمایند و در هر نقطه که بخواهیم قرار خواهند گرفت، بدون اینکه فاصله دو پایه آن تغییر نماید.

برای تراشیدن شیارها و دندانه های چرخ دنده ها پایه چپ پرگار همیشه باید در پشت پین دسته حلزون و پایه سمت راست آن جلوتر از پین باندازه فاصله سوراخهای حساب شده قرار گیرد.



انواع صفحه تقسیم ها



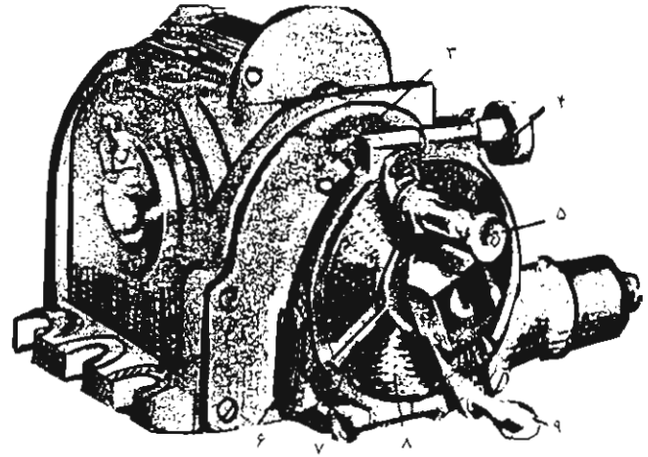
ساختمان داخلی دستگاه تقسیم ساده

۹ ـ انگشتی نگهدارنده صفحه

۱۰ ـ یاتاقان میله گرداننده صفحه

۱۱ ـ پیچ محکم کننده صفحه

۱۲ و ۱۳ ـ پیچ و مهره جهت جدا نمودن و یا درگیر کردن پیچ حلزون با چرخ حلزون



۱۴ ـ فنر تنظیم درگیری پیچ حلزون و چرخ حلزون

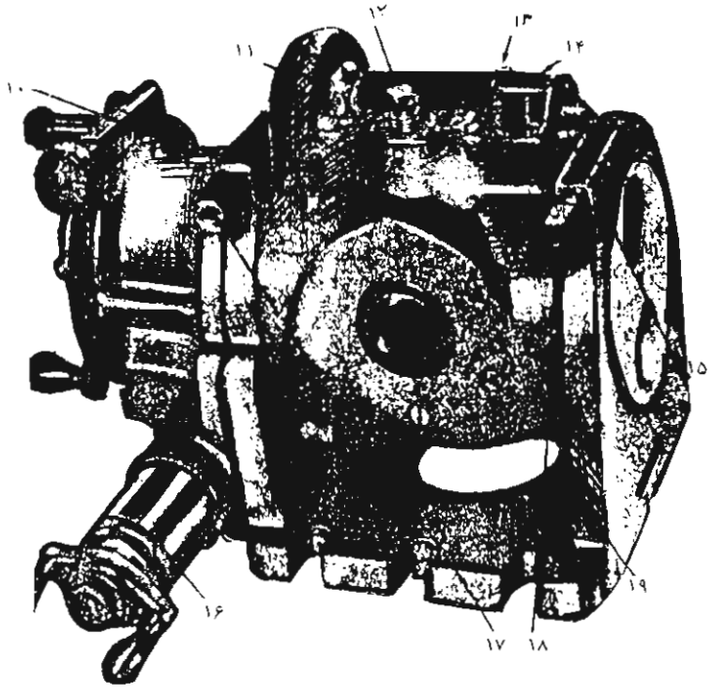
۱۵ـ پیچ و مهره جهت بستن دستگاه تقسیم روی میز ماشین فرز

۱۶ ـ صفحه شیار دار برای تقسیمات ساده

۱۷ـ پیچ ترمز محور سه نظام

۱۸ ـ مرغك دستگاه تقسیم

۱۹ ـ دستگیره یا حلقه اصلی حمل و نقل دستگاه



محاسبات لازم جهت کار با دستگاه

نسبت دستگاه تقسیم معمولاً $\frac{۱}{۴۰}$ و گاهی $\frac{۱}{۶۰}$ می باشد، یعنی اگر دسته حلزون را یک دور بگردانیم چرخ حلزون $\frac{۱}{۴۰}$ یا $\frac{۱}{۶۰}$ محیط خود را خواهد گشت و برای گردش یک دور کامل محور اصلی چرخ حلزون باید دسته حلزون را ۴۰ یا ۶۰ دور بگردانیم، پس اگر در هر دور دسته حلزون بوسیله تیغه فرز روی محیط کار یک شیار ایجاد شود مشاهده می شود که با ۴۰ دور یا ۶۰ دور گردش دسته حلزون ۴۰ یا ۶۰ شیار روی قطعه کار ایجاد خواهد شد، همچنین اگر بخواهیم روی قطعه کار شیار یا دندانه ایجاد کنیم باید از یک تناسب ساده استفاده کنیم، یعنی:

محوراصلی $\frac{۱}{۴۰}$ ۱ دور گردش دسته حلزون

$\frac{۱}{Z}$ I دور $\qquad I = \frac{\frac{۱}{Z}}{\frac{۱}{۴۰}} = \frac{۴۰}{Z}$

در نتیجه فرمول کلی برای گردش دسته حلزون جهت تراشیدن هر دنده برابر است با : $I = \frac{۴۰}{N}$

اگر دستگاه تقسیم ۴۰ قسمتی و $I = \frac{۶۰}{N}$ در صورتیکه تقسیم ۶۰ قسمتی باشد .

$I = \frac{۶۰}{N}$

مثال ۱ = اگر بخواهیم چرخ دنده ای بتراشیم که تعداد دنده آن ۲۰ دنده باشد ، برای تراشیدن هر دنده آن لازم است از فرمول زیر استفاده نماییم .

$I = \frac{۴۰}{N} = \frac{۴۰}{۲۰} = ۲$

بر طبق محاسبه بالا برای تراشیدن هر دنده بایستی دسته حلزون را از یک نقطه مشخص شده ۲ دور بچرخانیم تا یک دنده را بتراشیم .

ولی گاهی اوقات تقسیمات خواسته شده طوری است که عدد ۴۰ یا ۶۰ بر آن قابل تقسیم نیست مثل عدد ۶ که در این صورت بایستی طبق قواعد زیر عمل نمود .

$I = \frac{۴۰}{N} = \frac{۴۰}{۶} = ۶\frac{۲}{۳}$

یعنی باید دسته حلزون را ۶دور $\frac{۲}{۳}$ دور برای هردنده بگردانیم . ازسویی می دانیم گرداندن پیچ حلزون (دسته حلزون) باندازه $\frac{۲}{۳}$ دور محیط دایره بطور دقیق امکان ندارد ، برای این منظورازصفحات تقسیم استفاده می شود . پس برای تقسیم بالا باید کسر $\frac{۲}{۳}$ را در عددی ضرب کنیم که مخرج کسر عددی شود که در صفحات تقسیم استاندارد شده موجود باشد ، یعنی می توان کسر $\frac{۲}{۳}$ را در کسر $\frac{۵}{۵}$ ضرب کرده تا مخرج کسر ۱۵ شود .

مثال : می خواهیم روی محیط میل محوری ۲ عددجاخارکه زاویه بین آنها $۵\frac{۱}{۲}^\circ$ باشد ایجاد کنیم . مقدار گردش دسته حلزون را برای تراشیدن شیارهای لازم حساب کنید .

$I = \frac{\alpha}{۹} = \frac{۵\frac{۱}{۲}}{۹} = \frac{\frac{۱۱}{۲}}{۹} = \frac{۱۱}{۱۸}$

در اینجا باید دسته حلزون را از دایره ۱۸ قسمتی ۱۱ سوراخ تغییر مکان دهیم .

گرداندن محور اصلی برحسب دقیقه بطور تقریب:

برای گرداندن کارها برحسب زاویه که تعداد زاویه خواسته شده به دقیقه باشد می توان از دستگاه تقسیم ساده استفاده کرد ، بطوریکه گفته شد با گردش یک دور دسته حلزون محور چرخ حلزون ۹ درجه یا ۵۴۰ = ۶۰ × ۹ دقیقه خواهد گشت پس اگر بخواهیم کار را برحسب دقیقه مدرج کنیم لازم است از فرمول زیر استفاده نماییم .

$I = \frac{\text{زاویه برحسب دقیقه}}{۵۴۰} = \frac{\beta}{۵۴۰}$

مثال : اگر بخواهیم کاری را باندازه ۴۰ دقیقه بگردانیم لازم است از فرمول زیر برای برگرداندن دسته حلزون استفاده کنیم .

$I = \frac{۴۰}{۵۴۰} = \frac{۴}{۵۴} = \frac{۲}{۲۷}$

در این صورت باید دسته حلزون را برای گرداندن کار تحت زاویه ۴۰ دقیقه از دایره ۲۷ سوراخی ۲ سوراخ تغییر مکان داده شود .

گرداندن کار(محور اصلی) برحسب ثانیه:

گاهی اتفاق می افتد که برای تعیین سوراخها روی محیط دوایر یا ایجاد شیارها تحت زاویه ای بسیار کوچک و دقیق از دستگاه تقسیم استفاده نمود . برای این منظور می توان از دستگاه تقسیم برای این عمل استفاده کرد . باز هم چون در قبل مشاهده شد که با گردش یک دور گردش دسته حلزون محور ۵۴۰ دقیقه یا ۳۲۴۰۰= ۶۰ × ۵۴۰ ثانیه خواهد گشت ، پس اگر بخواهیم کاری را تحت زاویه ۴° درجه و $۲'$ دقیقه و $۴۰''$ ثانیه بگردانیم ابتدا باید درجه و دقیقه را به ثانیه تبدیل نمود آنگاه از فرمول کلی زیر استفاده کرد .

$I = \frac{۷}{۵۴۰ \times ۶۰} = \frac{۷}{۳۲۴۰۰} = ۴ \times ۳۶۰۰ + ۴ \times ۶۰ + ۴۰ = ۱۴۵۶۰$

$I = \frac{۱۴۵۶۰}{۳۲۴۰۰} = \frac{۱۸۲}{۴۰۵}$

با اضافه کردن یک رقم بصورت کسر نسبت به صورت زیر خواهد شد .

$$I = \frac{۱۸۲ + ۱}{۴۰۵} = \frac{۱۸۳}{۴۰۵} = \frac{۶۱}{۱۳۵}$$

با کم نمودن یک از صورت کسر فوق فرمول به صورت زیر بدست می آید :

$$I = \frac{۶۱ - ۱}{۱۳۵} = \frac{۶۰}{۱۳۵} = \frac{۲۰}{۴۵} = \frac{۴}{۹}$$

$$I = \frac{۴}{۹} \times \frac{۲}{۲} = \frac{۸}{۱۸}$$

پس برای تراشیدن کار تحت زاویه بالا باید دسته حلزون را از دایره ۱۸ سوراخی ۸ فاصله تغییر مکان داد ، البته در موارد فوق می توان چند رقم به صورت یا مخرج کسر اضافه یا کم نمود تا بتوان سوراخهای لازم را جهت تراشیدن کار مورد نظر بدست آورد .

دستگاه تقسیم برای دیفرانسیل تراشی:

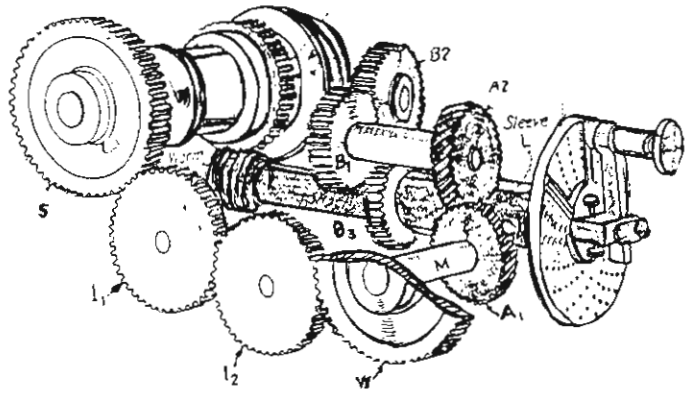
از این دستگاه می توان برای تقسیماتی که توسط دستگاه تقسیم ساده قابل اجرا نمی باشد استفاده کرد ، زیرا چون صفحات تقسیم که در دستگاه تقسیم ساده وجود دارد فقط تا ۴۹ سوراخی می باشند ، پس تمام اعداد تا ۴۹ که قابل تقسیم می باشند ولی در صورتیکه اعداد بزرگتر از ۴۹ بعضی قابل قسمت و برخی دیگر غیر قابل تقسیم است یعنی با صورت کسر که عدد ۴۰ یا ۶۰ می باشد متباین بوده و بر اعدادی قابل تقسیم نمی باشند . یا بطور کلی اعداد بزرگتر از ۴۹ را که جزء اعداد اول باشند در اینصورت امکان تراش چنین تقسیماتی با دستگاه تقسیم ساده نمی باشد مانند اعداد ۵۱ و ۶۱ که عدد ۵۱ جزء اعداد اول نبوده ولی با ۴۰ متباین است و نمی توان کسر $\frac{۴۰}{۵۱}$ را کوچک کرد ، ولی عدد ۶۱ جزء اعداد اول می باشد که باز هم نمی توان کسر $\frac{۴۰}{۶۱}$ را کوچکتر نمود .

بدین منظور برای چنین تقسیماتی که اصطلاحاً آن را اختلافی می گویند ،

دستگاه تقسیم اختلافی یا دستگاه تقسیم انیورسال تراش ساخته شده است . ساختمان این دستگاه طوری است که می توان تقسیمات خواسته شده را از ترکیب دو حرکت بدست آورد که این دو حرکت عبارت است از :

۱ ـ حرکت ساده از دسته حلزون به چرخ حلزون

۲ ـ حرکت صفحه تقسیم به وسیله چرخ دنده های واسطه که این دو حرکت در یک زمان و با هم صورت می گیرد .



دستگاه تقسیم اختلافی (دیفرانسیل تراشی)

روش دیفرانسیل برای تقسیماتی است که امکان عمل بوسیله تقسیم ساده نباشد . برای استفاده از این روش باید یک یا چند تقسیم به تقسیمات خواسته شده اضافه یا کم کرد تا تقسیماتی بدست آید که قابل اجرا با دستگاه تقسیم باشد ، در این حالت است که تقسیماتی که در روی محیط دایره بدست می آید تقسیمات قبلی نبوده ، بلکه زیادتر و کمتر از آن مقدار اصلی خواهد بود .

حال اگر بخواهیم همان تقسیمات اولیه را داشته باشیم باید دسته حلزون را هر با مقداری کمتر یا بیشتر از آنچه در محاسبه با عدد فرضی بدست آمده بگردانیم و این عمل جز با گرداندن صفحه تقسیم در جهت مخالف یا موافق گردش دسته حلزون امکان پذیر نمی باشد . (شکل بالا)

در پشت دستگاه تقسیم، محوری است که به صفحه تقسیم و همچنین محور دیگری مخصوص محور خود دستگاه چرخ حلزون می باشند، با سوار کردن چرخ دنده های محاسبه شده در روی محور چرخ حلزون و محور صفحه تقسیم در هر بار گردش دسته حلزون صفحه تقسیم مقداری گردش خواهد کرد که تا به تدریج مقدار تقسیمات اضافه شده به تقسیمات اصلی را از بین ببرد.

محاسبه چرخ دنده های سوارشونده روی دستگاه تقسیم

چون دستگاه تقسیم ۴۰ قسمتی است، برای اینکه محور اصلی را یک دور بگردانیم بایستی دسته حلزون را ۴۰ دور بگردانیم حال اگر D تعداد دور دسته حلزون را از یک سوراخ تا همان سوراخ برای گرداندن یک دور چرخ حلزون برابر D درنظر بگیریم برای محاسبه مقدار D می توان از رابطه زیر استفاده کرد.

تعداد دور دسته حلزون در حالت اختلافی $D = \frac{۴۰ \times N}{N1}$

N= تعداد تقسیمات خواسته شده

N1= تعداد تقسیمات فرضی

در صورتی که D بزرگتر از ۴۰ باشد، نسبت چرخ دنده های سوار شونده بصورت زیر خواهد بود: $D > ۴۰$ نسبت چرخ دنده ها $x = \frac{D - ۴۰}{۱}$

در صورتی که D کوچکتر از ۴۰ باشد، می توان فرمول را بصورت زیر نوشت:

$D < ۴۰$ نسبت چرخ دنده ها $x = \frac{۴۰ - D}{۱}$

حال اگر نسبت چرخ دنده ها راحساب کرده ودراعدادی ضرب شودکه دنده های بدست آمده در کارگاه موجود باشد می توان چرخ دنده ها را روی دستگاه تقسیم بصورت زیر در صورتیکه دنده گذاری ساده باشد، قرار داد.

$x = \frac{\text{چرخ دنده های روی محورسه نظام}}{\text{چرخ دنده های مربوط به صفحه تقسیم}} = \frac{S}{W}$ $\qquad x = \frac{S}{W}$

درصورتی که دنده گذاری بصورت مرکب باشدنسبت بطریق زیرانجام می شود.

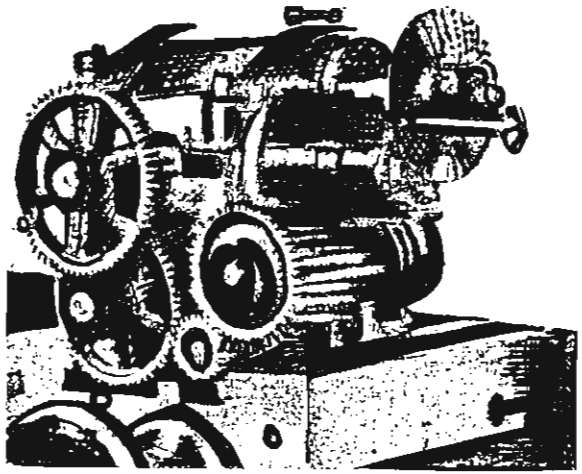
$x = \frac{S \cdot G1}{G2 \cdot W}$

که در فرمول فوق:

S = چرخ دنده روی محور سه نظام و G_1 و G_2 هر دو چرخ دنده های واسطه بوده که دور را از چرخ دنده S به چرخ دنده W که روی محور فرعی صفحه تقسیم سوار شده منتقل می نماید. البته باید دقت شود که نسبت های محاسبه شده نباید از $\frac{۶}{۱}$ تجاوز نماید زیرا فشار اضافی در میان چرخ دنده ها زیاد شده و ایجاد خطر خواهد کرد.

در صورتیکه در تقسیمات دیفرانسیل تعداد تقسیمات خواسته شده از ۴۰ کمتر باشد فقط یک چرخ دنده واسطه روی محور فرعی سوار خواهد شد.

چنانچه تعداد تقسیمات لازم از ۴۰ بیشتر باشد از چرخ دنده واسطه می توان استفاده کرد. در اینجا است جهت حرکت صفحه تقسیم با جهت حرکت دسته حلزون مخالف خواهد شد.



دستگاه دیفرانسیل تراشی(اختلافی)

از سویی می توان جهت گردش صفحه تقسیم را همیشه توسط اضافه کردن چرخ دنده های واسطه تعویض نمود. با سوار کردن چرخ دنده ها دستگاه برای تراشید چرخ دنده اختلافی آماده خواهد بود، حال باید مقدار گردش دسته حلزون را برای چرخ دنده فرضی حساب نماییم.

مقدار گردش دسته حلزون رابرای چرخ دنده در روش اختلافی یعنی ← $I=\frac{۴۰}{N_1}$ که N_1 تعداد تقسیمات فرضی است .

راهنمایی جهت حل مسایل چرخ دنده های اختلافی

۱ ـ مقدار N_1 را کمتر یا بیشتر از تقسیمات خواسته شده انتخاب کنید .

۲ ـ مقدار D را از روی فرمول داده شده حساب نمایید . $\frac{D}{۴۰}=\frac{N}{N_1}$

۳ ـ نسبت چرخ دنده های سوار شونده را محاسبه کنید .

$x=\frac{D-۴۰}{۱}$ یا $x=\frac{۴۰-D}{۱}$

۴ ـ اگر نسبت عملی نبود یک مقدار دیگر برای N_1 انتخاب نمایید .

۵ ـ با بدست آوردن نسبت چرخ دنده ها بطور ساده و یا مرکب آنها را روی دستگاه تقسیم سوار کنید .

۶ ـ نسبت و یا مقدار گردش دسته حلزون را حساب کرده و چرخ دنده را بتراشید .

مثال ۱ : اگر بخواهیم چرخ دنده ۵۹ دنده ای را با دستگاه اختلافی بتراشیم محاسبه لازم را به روش زیر انجام می دهیم :

$\frac{D}{۴۰}=\frac{N}{N_1}$ یا $D=\frac{۴۰\times N}{N_1}=\frac{۴۰\times ۵۹}{۶۰}=۳۹\frac{۱}{۳}$

تقسیمات اصلی $N=۴۹$

تقسیمات فرعی $N_1=۶۰$

چون تعداد D از ۴۰ کوچکتر است از رابطه زیر می توان استفاده کرد :

$x=\frac{۴۰-D}{۱}=\frac{۴۰-۳۹\frac{۱}{۳}}{۱}=\frac{\frac{۲}{۳}}{۱}=\frac{۲}{۳}$

نسبت چرخ دنده های سوار شوند :

$x=\frac{۲}{۳}=\frac{S}{W}$

حال صورت و مخرج کسر $\frac{۲}{۳}$ را در عددی ضرب می کنیم تا چرخ دنده های موجود در کارگاه بدست آید .

$x=\frac{۲}{۳}\times\frac{۲۰}{۲۰}=\frac{۴۰}{۶۰}$

که در رابطه فوق ۴۰ دنده ای است که روی محور سه نظام و ۶۰ دنده ای است که روی محورفرعی دستگاه تقسیم سوارمی شود . اکنون باسوار کردن چرخ‌دنده های محاسبه شده می توان چرخ دنده لازم را روی دستگاه تقسیم سوار کرده و با محاسبه مقدار گردش دسته حلزون برای تقسیمات فرعی باید تراشیدن چرخ دنده را شروع کرد و مقدار گردش دسته حلزون از رابطه زیر بدست می آید :

$I=\frac{۴۰}{N_1}=\frac{۴۰}{۶۰}=\frac{۲}{۳}\times\frac{۶}{۶}=\frac{۱۲}{۱۸}$

برای تراشیدن هر تقسیم لازم است که دسته حلزون را باندازه ۱۲ فاصله یا ۱۳ سوراخ از دایره ۱۸ سوراخی گرداند ، به همین نحو عمل را تا آخر ادامه می دهیم تا چرخ دنده کامل شود .

روش دوم برای محاسبه تقسیمات دیفرانسیل:

مثال ۲ : می خواهیم چرخ دنده ۲۷۱ دنده ای را از روش دیفرانسیل محاسبه کنیم .

۱ ـ تقسیمات فرضی N_1 را برای ۲۸۰ دنده درنظر بگیرید .

۲ ـ نسبت چرخ دنده های سوار شده را طبق فرمول زیر محاسبه کنید .

۳ ـ مقدار گردش دسته حلزون را پیدا کنید .

$R=X=(N_1-N)\frac{۴۰}{N_1}$

$R=X=(۲۸۰-۲۷۱)\frac{۴۰}{۲۸۰}=۹\times\frac{۱}{۷}$

$R=X=\frac{۹}{۷}\times\frac{۸}{۸}=\frac{۷۲}{۵۶}=\frac{S}{W}$ دنده گذاری ساده

مثال ۳ : اگر بخواهیم چرخ دنده ۶۱ دنده ای را بتراشیم لازم است که از دستگاه تقسیم اختلافی استفاده نماییم برای این منظور لازم است که محاسبات لازم را انجام دهیم .

$$N = ۶۱ \qquad D = \frac{۴۰ \times ۶۱}{۶۰} = \frac{۲ \times ۶۱}{۳} = \frac{۱۲۲}{۳} = ۴۰\frac{۲}{۳} \quad \text{یا} \quad \frac{D}{۴۰} = \frac{۴۰N}{N_1}$$

$$N_1 = ۶۰ \qquad X = \frac{D - ۴۰}{۱} = ۴۰\frac{۲}{۳} - ۴۰ = \frac{۱۲۲ - ۱۲۰}{۳} = \frac{۲}{۳}$$

چون D از ۴۰ بزرگتر است پس :

صورت و مخرج کسر را در عددی ضرب می نماییم .

$$X = \frac{۲}{۳} \times \frac{۱۰}{۱۰} = \frac{۲۰}{۳۰}$$

مثال ۴ : می خواهیم چرخ دنده ۳۱۹ دنده ای را بتراشیم، مطلوبست محاسبه تعداد گردش دسته حلزون و چرخ دنده های لازم :

چرخ دنده های $N = ۳۱۹$ و $N_1 = ۲۹۰ \rightarrow$ یا $X=(N - N1)\frac{۴۰}{N}$ یا $(N - N_1)\frac{۴۰}{N}$

$$X = (۳۱۹ - ۲۹۰)\frac{۴۰}{۲۹۰} = ۲۹ \times \frac{۴}{۲۹} = \frac{۴}{۱}$$

$$\frac{G}{W} = \frac{۴}{۳} \times \frac{۱۶}{۱۶} = \frac{۶۴}{۴۸} \qquad \text{و} \qquad \frac{S}{G} = \frac{۳}{۱} \times \frac{۲۴}{۲۴} = \frac{۷۲}{۲۴}$$

$$\frac{۴}{۱} \times \frac{۳}{۳} = \frac{۱۲}{۳} = \frac{۳ \times ۴}{۱ \times ۳}$$

از سویی در بعضی از مواقع ممکن است وضع چرخ دنده ها طوری باشد که نتوان آنها را در محل خود سوار کرد . در نتیجه می توان جای چرخ دنده ها را روی دستگاه تقسیم به یکی از اصول زیر سوار کرد .

$$X = \frac{S}{W} \times \frac{G_2}{G_1} = \frac{۷۲}{} \times \frac{۶۴}{} \quad \text{یا} \quad N = \frac{S}{G_1} \times \frac{G_2}{W} = \frac{۷۲}{} \times \frac{۶۴}{}$$

$$X = \frac{G_2}{G_1} \times \frac{S}{W} = \frac{۶۴}{۲۴} \times \frac{۷۲}{۴۸} \quad \text{یا} \quad X = \frac{G_2}{W} \times \frac{S}{G_2} = \frac{۶۴}{۴۸} \times \frac{۷۲}{۲۴}$$

$$S = ۷۲ \qquad G_1 = ۲۴ \qquad G_2 = ۶۴ \qquad W = ۴۸$$

تذکر :

چرخ دنده های مارپیچ با مخروط مارپیچ را نمی توان بصورت دیفرانسیل تراشید، چون چرخ دنده های مارپیچ ضمن تراشیدن علاوه بر اینکه کار دارای حرکت دورانی است واین مقدارحرکت توسط پیچ میزماشین بوسیله چرخ دنده های محاسبه شده بداخل دستگاه تقسیم منتقل می شود، ضمناً صفحه تقسیم هم که بین دسته حلزون در داخل سوراخ صفحه تقسیم می باشد دارای حرکت دورانی است و از سویی طبقه بحث های قبلی در چرخ دنده های دیفرانسیل هم ضمن حرکت دسته حلزون صفحه تقسیم نیز دارای حرکت دورانی مخالف دسته حلزون یا موافق دسته حلزون می باشد و این مقدار حرکت بوسیله چرخ دنده های سوار شونده روی دستگاه نیز باعث می شود که صفحه تقسیم نیز دارای گردش باشد و به همین دلیل می توان نتیجه گرفت که این دو حرکت با هم مغایرت دارند و نیز می توان چنین دستگاهی ساخت که هر دو حرکت را به دستگاه بدهد و برای چنین منظور ابتدا باید صفحه سوراخ داری که بتوان با آن چرخ دنده اختلافی را ترشید، تهیه نموده سپس با آن می توان چرخ دنده مارپیچ اختلافی را تراشید .

۳ ـ دستگاه تقسیم اونیورسال (مارپیچ تراش)

دستگاه تقسیم اونیورسال یا دستگاه مخصوص مارپیچ تراشی بدو صورت شکل نشان داده شده است که بااین دستگاه می توان علاوه برتقسیمات ساده(چرخ دنده های ساده) چرخ دنده های مارپیچ را تراشید، ضمناً باید دانست که در دستگاه تقسیم اونیورسال صفحه تقسیم مستقیماً روی بدنه دستگاه پیچ نشده، بلکه توسط چرخ دندانه و میله ای که از کنار دستگاه خارج شده قابل گردش می باشد و در حال عادی چون صفحه تقسیم بوسیله پیچ یا قفل انگشتی مخصوص از پشت نگهداری می شود که بدور خود می چرخد . برای تراشیدن چرخ دنده های مارپیچی بایدجهت گردش دادن کار ضمن پیشروی میز چرخ دنده ای نیز محاسبه شود و سپس در پشت دستگاه تقسیم و میز ماشین سوار نموده و آنگاه اقدام به تراشیدن چرخ دنده لازم نمود .

شناسایی دستگاه تقسیم اونیورسال :

۱ ـ تنظیم کننده مربوط به سه نظام

۲ ـ میل محور دستگاه

۳ ـ تقسمات محور سه نظام (محور اصلی)

۴ ـ پیچ مربوط به ثابت کردن صفحه تقسیم

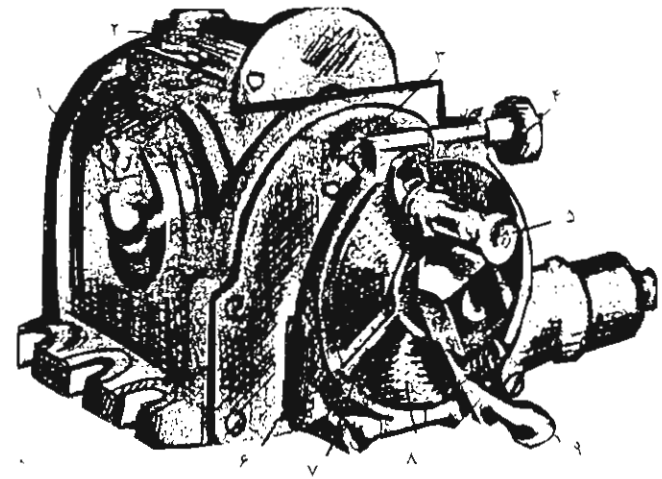
۵ ـ انگشتی یا پین دسته حلزون

۶ ـ مخزن روغن جهت چرخ دنده ها

۷ ـ قیچی صفحه تقسیم

۸ ـ صفحه تقسیم

۹ ـ دسته گرداننده محور اصلی (دسته حلزون)



۱۰ ـ مخزن روغن

۱۱ ـ روغن دهنده

۱۲ ـ پیچ ترمز محور اصلی

۱۳ ـ روغن دهند

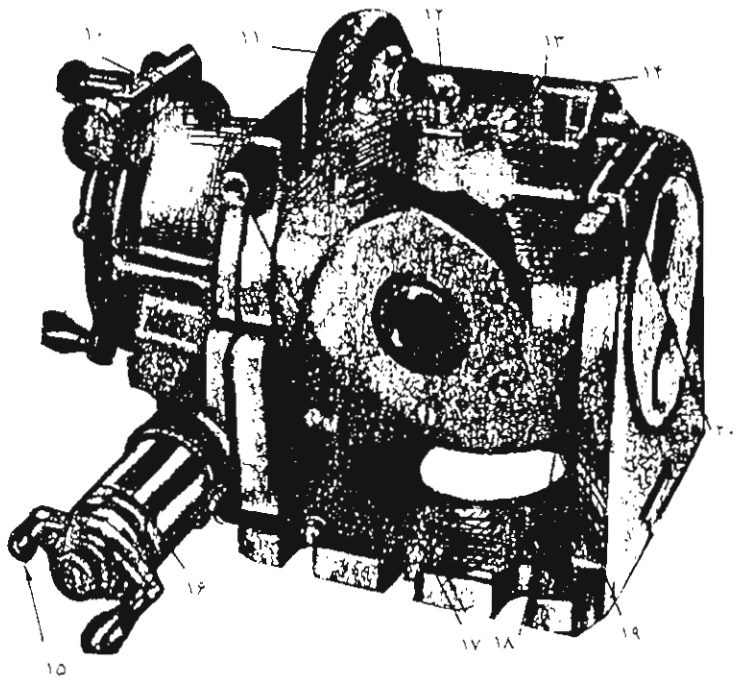
۱۴ ـ پیچ محکم کننده درپوش دستگاه تقسیم

۱۵ ـ دسته گرداننده صفحه تقسیم

۱۶ ـ تقسیمات دسته گردان

۱۷ ـ ۱۸ ـ پیچ ثابت کننده دستگاه تقسیم بین دو یاتاقان

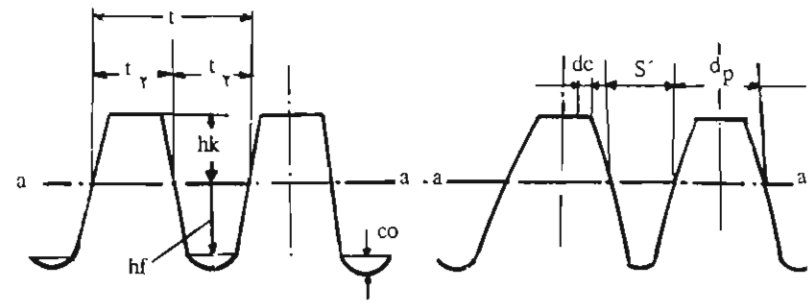
۱۹ ـ پیچ مربوط به بستن پشت بند محور کار



محاسبات دنده های شانه ای

این نوع دنده ها بیشتر در ساختمان ماشینهای ابزار مورد استفاده قرار می گیرند و از آنها برای انتقال حرکت دورانی به حرکت مستقیم می باشد، مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش که معمولاً این نوع دنده ها با یک چرخ دنده ساده یا مارپیچ درگیر می شوند، بطوریکه در شکل زیر دیده می شود خط aa نشان دهنده قطر متوسط دنده است که ضخامت دنده در این محل با هم برابر هستند و این نوع دنده ها از یک قطعه آهن مکعب مستطیل شکل ساخته می شود.

در فرمول زیر C تعداد تلرانس یا فاصله آزاد ته دنده است و معمولاً می تواند از ۰/۱ تا ۰/۲۵ متغیر باشد.



مدول = M گام دنده $T = M\pi$

F = ضریب اطمینان و ثابت برابر با واحد ارتفاع سردنده $hk = F \times M$

ارتفاع ته دنده $h_f = (F + C) \times M = (۱ - ۰/۲۵) \times M = ۱/۲۵\,M$

ضخامت دنده $D_p = \frac{\pi}{2} M$ $E = ۰/۴$

قوس ته دنده :

چون نوک تیغه فرزها معمولاً دارای انحنای مخصوصی است لذا ته دنده هم بصورت منحنی یا قوس ایجاد می شود که شعاع این قوس را معمولاً برابر ۰/۴

میلیمتر درنظر گرفته شده و با E نشان نمی دهند. دندانه های شانه ای معمولاً دارای زاویه فشاری برابر با ۲۰ الی ۲۵ درجه که ارتفاع سر دنده این دنده ها کمتر و معمولاً $\frac{۰/۸}{DP}$ خواهد بود، ولی گاهی اوقات زاویه فشاراین دنده های شانه ای ۱۴$\frac{۱}{۲}$ خواهد بود که در این دنده ها ارتفاع سر دنده بیشتر از نوع اول بوده برابر است با $\frac{۱}{DP}$ و منحنی اولونت خواهد بود.

محاسبه چرخ دنده های ساده

از چرخ دنده های ساده معمولاً برای انتقال حرکت در محورهای موازی استفاده می شود و از سویی باید دانست که اگر بخواهیم دو چرخ دنده با هم کار کنند لازم است که فاصله بین دو دنده یعنی فاصله گام دو چرخ دنده با هم برابر باشند، زیرا درغیراینصورت تطبیق آنها با هم غیر ممکن خواهد بود.

اگر سرعت محیطی دو چرخ دنده برابر V_1 و V_2 با قطر متوسط do_1 و do_2 تعداد دوری برابر n_1 و n_2 باشد چون این دو چرخ دنده با هم کار می کنند سرعت محیطی هر یک را طبق فرمول زیر می توان حساب نمود.

۱) $V_1 = V_2 = \frac{do_1 \times \pi \times n_1}{۱۰۰۰ \times ۶۰}$ متربرثانیه

$$V_1 = V_2 = \frac{do_1 \times \pi \times n_1}{۱۰۰۰ \times ۶۰} = \frac{do_2 \times \pi \times n_2}{۱۰۰۰ \times ۶۰}$$

$do_1 \times \pi \times n_1 = do2 \times \pi \times n2$

$do_1 n_1 = do_2 n_2$ N_1 = تعداد دور چرخ دنده محرک

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{do_2}{do_1}$ N_2 = تعداد دور چرخ دنده متحرک

do_1 = قطر متوسط محرک do_2 = قطر متوسط متحرک

محیط متوسط چرخ دنده = $Z \,.\, t = do \times \pi$

$\frac{t}{\pi} = \frac{do}{Z}$ $t = \frac{do\pi}{Z}$ گام دنده

که طبق تعریف حاصل تقسیم $\frac{t}{\pi}$ رامدول نامیده وآن راباحرف a نشان می دهند، در بعضی از محاسبات مدول چرخ دنده ها را با علامت و حرف M مشخص می نمایند.

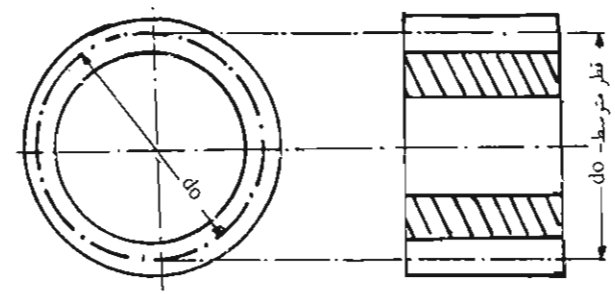
$$M = \frac{t}{\pi} \qquad t = M \cdot \pi \qquad do\pi = Z \cdot t$$

$$do\pi = Z \cdot M \cdot \pi$$

$$do = M \cdot Z \quad و \quad M = \frac{do}{Z} \quad و \quad do = \frac{t \cdot Z}{\pi} \quad و \quad do = \frac{dk\,\pi}{Z+2}$$

$$dk = do + 2M$$

قطر متوسط



مدول

مدول ضریبی است که اگردرعدد π ضرب شود گام چرخ دنده حاصل می شود، یعنی هر چه مدول بزرگتر باشد گام چرخ دنده ها بزرگتر خواهد بود، پس در حقیقت مدول نشان دهنده بزرگی و کوچکی دندانه ها را می دهد که از حیث انتقال نیرو رل مهمی را بازی می کند و از سویی دیگر می توان مدول را اعداد حساب شده ای که از نتیجه نیروهای انتقالی و نیروهایی که به دنده ها وارد می شود گرفت یعنی حاصل

عبارت زیر را که برای کلیه نیروهای قابل انتقال بوسیله چرخ دنده چه از نظر سرعت محیطی و چه از نظر نوع جنس فلز چرخ دنده بدست آمده است. پس برای کلیه نیروهای منتقل شده بوسیله چرخ دنده ها اعدادی حاصل شده است که آنها را در اصطلاح مدول چرخ دنده ها نام گذاری کردند، اگر نیروی انتقالی را که برحسب اسب بخار با N و سرعت چرخ دنده را با V نشان دهیم نیروی که بر هر دنده وارد می شود و این نیرو معمولاً در امتداد خط عمل صورت می گیرد برابر است با:

$$P = \frac{N \times ۷۵}{V} = CBT$$

وچون مقدار P حساب شودمی توان آن رابرابر CBT درنظرگرفت که دررابطه

فوق C = ضریب استحکام فلز

B = مقدار پهنای چرخ دنده

t = گام چرخ دنده

پهنای چرخ دنده برابر ۵ الی ۱۰ مدول و گام چرخ دنده برابر مدول ضرب در π خواهد بود و چون به جای C, T, B مقدارشان را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$P = e \cdot 5 \cdot M \cdot \pi \cdot M \qquad P = 5\,M^2 C\pi$$

$$M^2 = \frac{P}{5\pi \cdot C} \qquad M = \sqrt{\frac{P}{5.\pi \cdot C}}$$

چون حاصل رادیکال که برای هر نیرو متغیر است بدست آید اعدادی خواهد بود برحسب سانتیمتر که نام این اعداد را مدول برای انتقال هر نیروی لازم توسط چرخ دنده نامگذاری نموده اند و به همین جهت اعداد حاصله برای کلیه نیروهای منتقله بوسیله چرخ دنده ها اعداد روند و صحیح نخواهد بود، بلکه ممکن است یک رقم و یا دو رقم و یا بیشتر اعشاری داشته باشد و در اینصورت برای اینکه دارای مدول های زیادی نباشند حدی برای مدول درنظر گرفته شده که بصورت جدولی در صفحه بعد نوشته شده است.

تهیه تیغه فرزها از هر مدول به علت صرف زیاد هزینه ممکن است با مشکلاتی روبرو شده و نتوان بعلت گران بودن آنها را تهیه کرد، بنابراین در صنعت امروزی

تیغه فرزهایی از مدول هایی از ۰/۳ تا ۷۵ میلیمتری را انتخاب و مورد استفاده قرار می دهند. کلیه چرخ دنده ها را نیز نمی توان خارج از این مدول ها ساخت، با مشاهده به انحنای جانبی دندانه های مختلف از چرخ دنده هایی که دارای مدول مساوی می باشند خواهیم دید که قوس بغل دنده ها که مطابق منحنی های اولونت ساخته شده اند یکی نبوده بلکه با هم تفاوت کلی دارند، از این رو تهیه تیغ فرز از هر مدول با تعداد دندانه مختلف بصرفه نمی باشد و به خاطر همین امر از هر مدول چند تیغه فرز ساخته می شود تا با هر یک از آنها بتوان چرخ دنده ها را که انحنای جانبی دندانه هایشان نزدیک بهم هستند تراشید.

حد مدولهای چرخ دنده ها									
۰/۸	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۳۵	۰/۳
۳/۲۵	۳	۲/۷۵	۲/۲۵	۲	۱/۷۵	۱/۵	۱/۲۵	۱	۰/۹
۸	۷	۶/۵	۶	۵/۵	۵	۴/۵	۴	۳/۷۵	۳/۵
۲۰	۱۸	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹
۵۰	۴۵	۴۲	۳۹	۳۶	۳۳	۳۰	۲۷	۲۴	۲۲
					۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۵۵

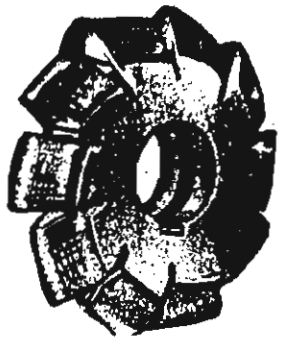
طبقه بندی تیغ فرزها از هر مدول بدو صورت زیر می باشد:

۱ ـ بعضی از تیغه فرزها را بصورت دسته های ۸ تایی یعنی از هر مدول ۸ تیغ فرز ازنمره یک تا ۸ ساخته شده است که این نوع تیغ فرزهارابرای تراشیدن چرخ دنده های معمولی که دارای دقت زیادی نمی باشد به کار برده می شوند.

۲ ـ گاهی اوقات لازم می شود که چرخ دنده ها را بصورت دقیق تر تراشید، برای این منظور بایدحد تیغ فرزها را کمتر درنظر گرفت یعنی بجای سری ۸ تایی سری ۱۵ تایی تهیه می نمایند که بصورت جدول صفحه بعد دسته بندی می شود.

تعداد دنده	شماره
۱۳ الی ۱۲	1
۱۶ الی ۱۴	2
۲۰ الی ۱۷	3
۲۵ الی ۲۱	4
۳۴ الی ۲۶	5
۵۴ الی ۳۵	6
۱۳۴ الی ۵۵	7
الی ۱۳۵	8

جدول دسته بندی تیغ فرزهای ۸ تایی



تیغ فرز مدولی

	شماره		شماره
۲۹ الی ۲۶	۵	۱۲	۱
۳۴ الی ۳۰	۵/۵	۱۳	۱/۵
۴۱ الی ۳۵	۶	۱۴	۲
۵۴ الی ۴۲	۶/۵	۱۶ الی ۱۵	۲/۵
۷۹ الی ۵۵	۷	۱۸ الی ۱۵	۳
۱۳۴ الی ۸۰	۷/۵	۲۰ الی ۱۹	۳/۵
الی ۱۳۵	۸	۲۲ الی ۲۱	۴
دنده های شانه ای		۲۵ الی ۲۳	۴/۵

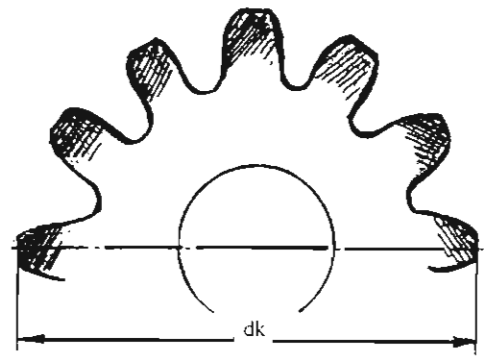
جدول دسته بندی تیغ فرزهای ۱۵ تایی

بطور کلی کلیه تیغ فرزهای مدولی را طبق قواعد بالا ساخته و در دسترس صنعت قرار می دهند. در این صورت روی هر تیغ فرز را با علامت مدول و شماره تیغ فرز

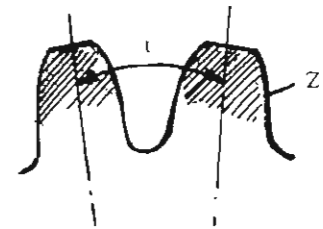
که مشخص کننده حد دندانه هاست ، مشخص کرده اند . البته جنس تیغ فرزها معمولاً از فولاد ابزار آلیاژی و گاهی اوقات تیغ های الماسه در روی محیط تیغ فرز قرار می دهند و کلیه این نوع تیغ فرزها استاندارد شده و در سیستم متریک از این نوع تیغ فرزها استفاده می شود . پس فرمول های لازم برای محاسبه مدول عبارت از :

۱ مدول $M = \frac{t}{\pi} = \frac{do}{Z}$ ۲ مدول $M = \frac{dk}{Z+2} = \frac{2e}{Z_1 + Z_2}$

محاسبه گام دندانه



گام دندانه برابر است با فاصله بین دو دنده پر و خالی روی محیط دایره متوسط در صورتیکه مدول معلوم باشد، می توان گام چرخ دنده را از رابطه زیر بدست آورد .



$t = M\pi$

$t = \frac{do\pi}{Z}$ $M = \frac{do}{Z}$

$t = \frac{2e\pi}{Z_1 + Z_2}$ $t = \frac{dk\pi}{Z-2}$

محاسبه قطرخارجی چرخ دنده

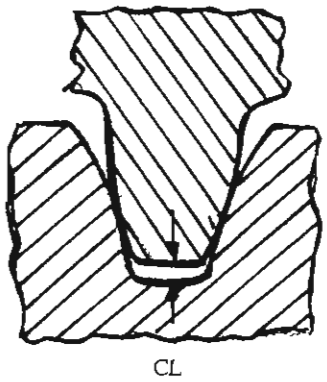
قطر خارجی چرخ دنده عبارتست از بزرگترین قطر دنده که با حرف dk نشان داده شده و این قطربرای آماده کردن دنده جهت فرزکاری می باشد که ابتدا قطر خارجی چرخ دنده بوسیله ماشین تراش به اندازه محاسبه شده تراشیده می شود و کاملاً باید سعی کرد که چرخ دنده تراشیده شده دقیق باشد . مقدار قطر بزرگ از رابطه زیر بدست می آید :

$dk = do + 2M = M(Z+2)$ 1

$dk = do + 2hk$ 2

$dk = \frac{(Z+2)}{\pi} \times t$ 3

فاصله آزاد ته دنده



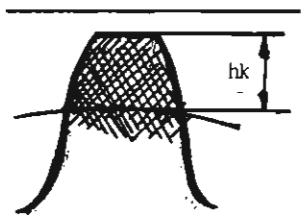
دو چرخ دنده که با هم درگیر می شوند معمولاً نوک دندانه اول با ته دندانه دوم اصابت نمی کند . این عمل برای این است که بر اثر ضربه های ناگهانی نوک دندانه با ته دندانه دیگر عمل سایش یا اصطکاک را نداشته و این مقدار فاصله را می توان از رابطه زیر حساب کرد .

$CL = hk - hf$

$CL = \frac{۷}{۶} M - M$ $= \frac{۱}{۶} M$ $M = 0/16M$ $CL = 0/16M$

ارتفاع سر دنده

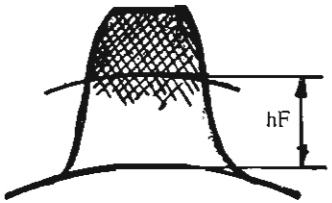
ارتفاع سر دنده عبارتست از فاصله عمودی قطر متوسط چرخ دنده و قطر خارجی آن که می توان از رابطه زیر حساب نمود .



که در فرمول فوق C_0 مقدار تلرانس بوده و برابر است با صفر و $f_0 = ۱$ که مضرب یا ضریب ثابتی است :

$hk = M \times (f_0 + C_0)$ $hk = M \times (f + C)$ $hk = M$

ارتفاع ته دنده



ارتفاع ته دنده مقدار فاصله ایست که بین قطر متوسط و قطر داخلی محاسبه می شود .

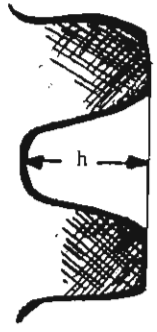
C_0 می تواند از ۰/۱ تا ۰/۲۵ تغییر کند.

$C_0 = \frac{۱}{۶} M$ $\quad hf = M + \frac{۱}{۶} M = \frac{۷}{۶} M$

$hf = 1/25\ M$

ارتفاع دندانه

ارتفاع تمام دندانه برابر است با مجموع ارتفاع سر دنده و ارتفاع ته دنده و یا می توان مقدار آن را از فرمول زیر حساب کرد:



$h = (F_0 + C_0) . M$

$h = (2 + \frac{۱}{۶}) . M = \frac{۱۳}{۶} M$

$h = 2/25M = 2/2M$ $\quad F_0 = 1$ $\quad C_0 = \frac{۱}{۶} = 0/22$

$h = 2/2M$

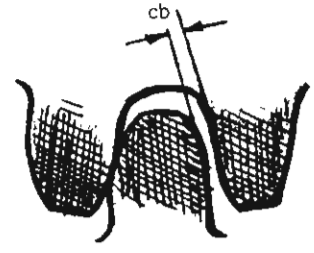
فاصله آزاد پشت دو دندانه درگیر شونده

اصولاً وقتی که دو چرخ دنده با هم درگیر می شوند بنابر جهت حرکت آنها در پشت دو دنده فاصله آزادی ایجاد خواهد شد و دو دنده در قسمت جلو با هم در تماس بوده و عمل انتقال نیرو با فشار در قسمت جلو دندانه صورت می گیرد که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید.

$Cb = \frac{۱}{۴۰} . t$

$t = M . \pi$

$Cb = \frac{۱}{۴۰} M . \pi$



مقدار اضافی ته دنده

مقدار فاصله آزاد را می توان بوسیله تراشیدن عمق دنده درنظر گرفت، بنابراین برای انجام عمل باید طبق قوانین زیر عمل کرد.

الف: اگر دنده ای دو چرخ دنده درگیر شونده عمیق تر تراشیده شده باشند، مقداراضافی ته دنده برابراست بامقدار اضافی پشت دنده، این مقداربرای دنده هایی است که زاویه فشار آنها برابر ۱۴/۵° درجه باشد.

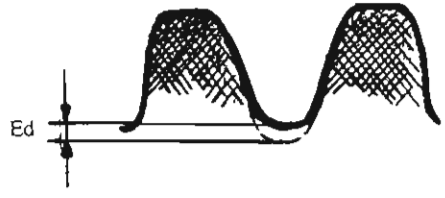
ب: اگر دنده بزرگتر که با یک دنده کوچک درگیر است، چرخ دنده کوچک بطور استاندارد تراشیده شده باشد، دراینصورت مقدار عمق اضافی ته دنده برابر است با دو برابر فاصله آزاد پشت دندانه.

ج: اگر زاویه فشار دنده ۲۰° درجه باشد مقدار عمق اضافی ته دنده که با حرف Ed نشان داده شده است برابر است با:

$Ed = \frac{۰/۷۳}{۴۰} . t$

د: اگر عمق اضافی ته دنده فقط برای دنده بزرگتر درنظر گرفته شود در اینصورت زاویه فشار ۲۰° درجه باشد، مقدار عمق اضافی ته دنده برابر است با:

$Ed = \frac{۱/۴۳}{۴۰} . t$

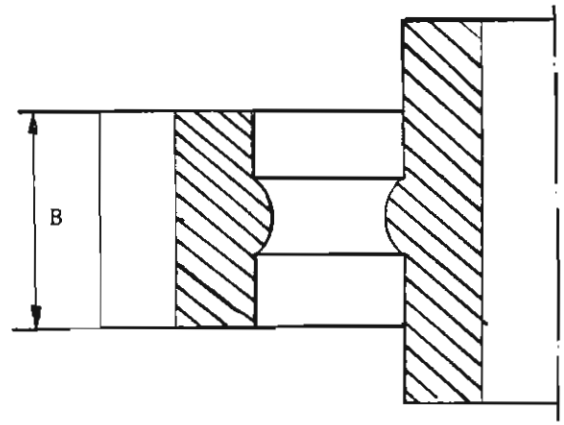


پهنای چرخ دنده

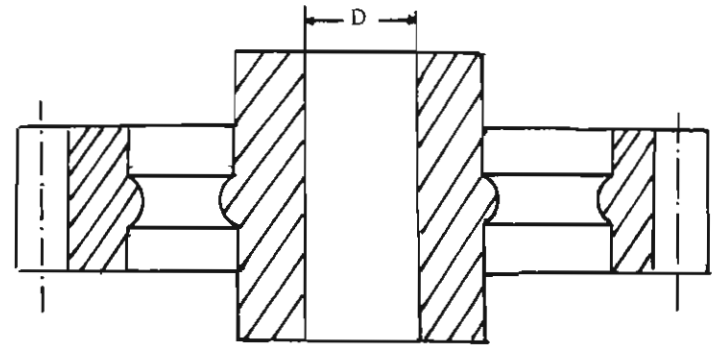
معمولاً پهنای چرخ دنده باید متناسب باشد با نوع دنده ها و جنس چرخ دنده و قطر خارجی و نیروهایی که باید تحمل کند و برای این عمل ماگزیمم و مینیموم برای پهنای چرخ دنده درنظر گرفته شده است.

$D_{min} = \frac{۳}{۲} . t = \frac{۳}{۲} \pi M = ۵M = B_{min}$

$$D_{max} = ۴ \times t = ۴\pi M = ۱۲ M = B_{max}$$



سوراخ چرخ دنده:



اصول کلی برای محاسبه یک چرخ دنده بدین صورت است که چرخ دنده مزبور باید از لحاظ مقاومت در برابر فشار و ضربه های ناگهانی دستگاه بتواند بخوبی تحمل کند، از طرفی چون نیرویی که به دنده ها وارد می شود مستقیماً به محور چرخ دنده منتقل می شود. باید سعی کرد که سوراخ چرخ دنده را برای محور مناسبی بطور دقیق محاسبه کرد که میل محور بتواند در مقابل نیروهای وارده مقاومت کند، پس بطور کلی می توان بدو صورت قطر سوراخ چرخ دنده را حساب کرد.

۱ ـ چرخ دنده باید روی نیروی t متوسطی را تحمل کند که فرمول زیر است:

$$D = \sqrt[۳]{\frac{۶۰N}{n}}$$

N= قدرت منتقله برحسب اسب بخار

n= تعداد دور چرخ دنده

۲ ـ اگر بار سنگین باشد یعنی نیرو به حد ماگزیمم برسد فرمول زیر خواهد بود:

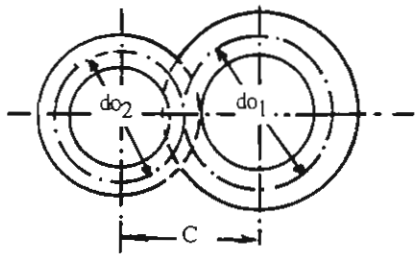
$$D = \sqrt[۳]{\frac{۱۲۰N}{n}}$$

فاصله مرکز دو چرخ دنده درگیر شده

برای محاسبه این مقدار لازم است که تعداد دنده و مدول آنها درست باشد دراینصورت فاصله مرکز دو چرخ دنده را می توان محاسبه نمود:

$$C = \frac{do_1 + do_2}{۲}$$

$$C = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot M}{۲}$$



محاسبه نیم زاویه و ربع زاویه دندانه یا تقسیم:

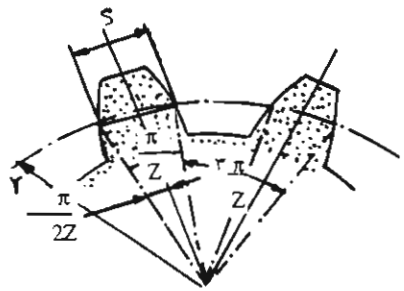
$$\overset{\frown}{DF} = t = \pi \cdot M$$

$$R = \frac{Z \cdot M}{۲} = \frac{do}{۲}$$

$$\alpha = \frac{۳۶۰}{Z} = \frac{۲\pi}{Z}$$

$$\frac{\alpha}{۲} = \frac{۱۸۰}{۲} = \frac{۲\pi}{۲Z} = \frac{\pi}{Z}$$

$$\frac{\alpha}{۴} = \frac{۹۰}{Z} = \frac{\pi}{۲Z}$$



$$\widehat{CD} = \widehat{S} = \left(\frac{۱۸۰}{Z}\right) = \frac{\pi}{۲}\ m$$

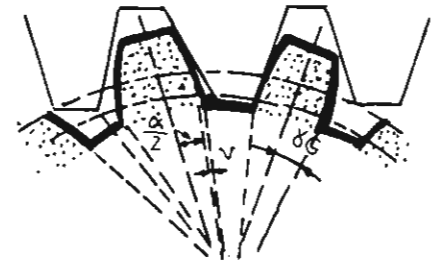
$$\widehat{CD} = \frac{\pi \cdot \sin\frac{t}{do}}{۱۸۰^{\circ}} \qquad \widehat{CD} = \sin\frac{\alpha}{۲} \times ۲R = \text{arc}\sin\frac{\alpha}{۲}$$

$$D = \frac{۱/۵۷۰۸}{Dp}$$

محاسبه نیم زاویه ضخامت دنده:

$$\gamma y = \frac{۹۰^{\circ}}{Z} + v_0$$

$$\text{arc}\gamma y = \frac{\pi}{۲Z} + ev\alpha$$



تاج چرخ دنده:

تاج چرخ دنده که معمولاً با e نشان داده می شود برابر $e = ۱/۶M$ درنظر گرفته خواهدشد . اصولاً کمتر ازاین مقدارچرخ دنده ضعیف شده وزودترخواهد شکست ، ولی بیشتر از آن در صورت سنگین نبودن چرخ دنده اشکالی دربرنخواهد داشت .

پره های چرخ دنده:

بطور کلی چرخ دنده ها از زمان ساخت تاکنون بدو صورت ساخته می شود که عبارتند از چرخ دنده هایی که سطح آن توپر بوده ولی بعضی از آنها را برای اینکه زیاد سنگین نشود توخالی می سازند .

برحسب اینکه چرخ دنده بزرگ یا کوچک باشد در سطح پیشانی آن تعدادی پره ایجاد می کند . این عمل بیشتر در چرخ دنده هایی که از چدن بوسیله ریخته گری ساخته می شودصورت می گیرد و تعداد پره هایی که در این نوع چرخ دنده ها ایجاد

می شود از فرمول زیر بدست می آید :

$n = \frac{۱}{۷}\sqrt{dk}$ تعداد پره ها dk= قطر بزرگ چرخ دنده

n= تعداد پره های لازم

در صورتی که مقدار n در محاسبه با فرمول بالا از سه کمتر شود چرخ دنده را توپر می سازند .

محاسبه نیروی انتقالی در چرخ دنده های ساده

در چرخ دنده های ساده که روی دو محور موازی در حال گردش هستند قدرت توسط نیروهایی که یکی از چرخ دنده ها بر چرخ دنده دیگری که متحرک است وارد آورده انتقال می یابد که این نیرو در جهت زاویه فشار دو چرخ دنده اثر نموده و از فرمول زیر بدست می آید .

$V_b = \frac{db \cdot \pi \cdot n\cos\alpha}{۱۰۰۰}$ مقدار سرعت مماسی بردایره اصلی

و گشتاور نیروی P نسبت به مرکز دایره را Mt نامیده و فقط مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید :

$$Mt = P \cdot \frac{do}{۲} = P \cdot R0$$

$P = \frac{۲Mt}{do}\ kg$ نیروی محیطی $\qquad P = \frac{Mt}{Ro}\ kg$

$$P = \frac{۷۵ \times N}{۷}\ kg$$

$P\varepsilon = \frac{۷۵ \times N}{۷}\ tg\alpha\ kg$ نیروی عمودی

N= قدرت انتقالی برحسب اسب بخار

V= سرعت محیطی برحسب متر در ثانیه

برای محاسبه قدرت انتقالی درچرخ دنده می توان ازرابطه ← اسب بخار $N=P \cdot V$ استفاده کرد و از طرفی چون $v = \frac{do\pi.n}{۶۰ \times ۱۰۰۰}$ متر درثانیه پس

$N = \frac{P \cdot do\pi n}{۶۰ \times ۱۰۰۰}$ قدرت برحسب اسب بخار

n = دور در دقیقه قدرت برحسب کیلوگرم $N = \frac{P \cdot do\pi n}{۱۰۰۰ \times ۶۰ \times ۷۵}$

با داشتن گشتاور در چرخ دنده $Mt = \frac{do}{۲} P$ اگر P برحسب گشتاور محاسبه شود $P = \frac{۲Mt}{do}$ که با قرار دادن مقدار P در رابطه قدرت مقدار قدرت انتقالی بصورت زیر خواهد بود:

$$Mt = \frac{۶۰ \times ۱۰۰۰ \times ۷۵ \times N}{۲\pi n} \qquad N = \frac{۲\,Mt \cdot do \cdot \pi \cdot n}{do \times ۶۰ \times ۱۰۰۰ \times ۷۵}$$

$Mt = ۷۱۶۲۰ \frac{N}{n}$ پس $Mt = \frac{۶۰ \times ۱۰۰۰ \times ۷۵}{۲} = ۷۱۶۲۰$

جدول فرمولهای مربوط به محاسبه چرخ دنده های ساده

نام	علایم	فرمول
تعداد دور در دقیقه	n1	$n_1 = n_2 \frac{Z_2}{Z_1}$
تعداد دندانه	Z1	$Z_1 = \frac{Z_2}{I} = \frac{do_1}{M}$
گام دنده	T	$T = M \cdot \pi = S + S'$
ضخامت شیار	S'	$S' = \frac{۲۱}{۴۰} t$
ضخامت دنده	S	$S = \frac{۱۹}{۴۰} t$
ضخامت شیار دنده	S و S'	$S = S' = \frac{t}{۲}$
مدول	M	$M = \frac{t}{\pi} = \frac{do_1}{Z_1}$
ارتفاع سردنده	hk	$hk = M$
ارتفاع ته دنده	hf	$hf = \frac{۷}{۶} N$

ادامه جدول صفحه قبل

نام	علایم	فرمول
ارتفاع دندانه	h	$h = hk + hf = M + \frac{۷}{۶} . M = \frac{۱۳}{۶} M$
لقی سردنده	c	$C = \frac{۱}{۶} M$
قطرمتوسط چرخ دنده	do_1	$do = Z_1 . M$
قطربزرگ چرخ دنده	dk	$dk = do_1 + 2M$
پهنای چرخ دنده	B	$B = ۵ - ۱۰ M$
تعداد پره ها	n	$n = \frac{۱}{۷} dk_1$
قطرناف	dh	$dh = ۲a + ۵$
تاج دنده	e	$e = ۱/۶ M$
عرض ناف	b_1	$b_1 = B$
فاصله محورها	A	$A = \frac{do_1 + do_2}{۲} = \frac{M(Z_1 + Z_2)}{۲}$
نیروی محیطی	P	$P = \frac{۷۵ \times N}{V} = c . B . t \ kg$
گشتاور	Mt	$Mt = ۷۱۶۲۰ \frac{N}{n}$
ضریب استحکام	c	مطابق جدول برحسب کیلوگرم برسانتیمترمربع است.

جدول مقادیر ضریب استحکام c برای چرخ دنده های ساده با محور موازی

جنس چرخ دنده	سرعت محیطی چرخ دنده برحسب متر بر ثانیه												
	۰/۲۵	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	
چدن	۲۸	۲۷	۲۶	۲۳	۲۱	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۴	۱۳	۱۲	
فولادریخته گری	۵۶	۵۴	۵۲	۴۶	۴۲	۳۸	۳۶	۳۴	۳۲	۲۸	۲۶	۲۴	
برنزفسفردار	۴۸	۴۶	۴۴	۳۹	۳۶	۳۲	۳۱	۲۹	۲۷	۲۴	۲۲	۲۰	
فولاد هوایی	۱۶۸	۱۶۲	۱۵۶	۱۳۸	۱۱۶	۱۱۴	۱۰۸	۱۰۲	۹۶	۸۴	۷۸	۷۲	
چوب سخت	۱۷	۱۶	۱۶	۱۴	۱۳	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۸	۸	۷	
فیبر	۹	۸	۸	۸	۷	۷	۶	۶	۵	۴	۴	۴	۴

چرخ دنده های مارپیچی:

چرخ دنده های مارپیچی شبیه چرخ دنده های ساده است و اختلافی که بین این دو نوع وجود دارد این است که در چرخ دنده های ساده دنده ها بطور مستقیم روی استوانه ای قرار می گیرند ولی در چرخ دنده های مارپیچی دنده ها بطور مایل و پیچیده در روی سطح استوانه قرار می گیرد.

در چرخ دنده های مارپیچی حرکت بطور نرم و راحت تر صورت می گیرد، خشونت و صداهای زیادی مانند دنده های ساده را ندارند ولی از سویی چون سطح مقطع هر دنده در روی سطح استوانه از چرخ دنده های ساده بیشتر است بدین جهت قدرت انتقال نیرو بیشتر خواهد بود.

مزایای دیگر این چرخ دنده ها انتقال نیرو در محورهای متنافر می باشد که تماماً می توانندنسبت بهم دارای زوایای مختلف باشند. هنگام سوارکردن چرخ دنده های مارپیچی روی یکدیگر همیشه فشار جنبی چرخ دنده ها را باید کاملاً درنظر گرفت. این فشار مستقیماً در نتیجه زاویه دو چرخ دنده ایجاد می شود و جهت آن به سه

عامل زیر بستگی دارد:

۱ ـ جهت زاویه دنده ها

۲ ـ طرز قرار گرفتن چرخ دنده های گرداننده و گردانده شده

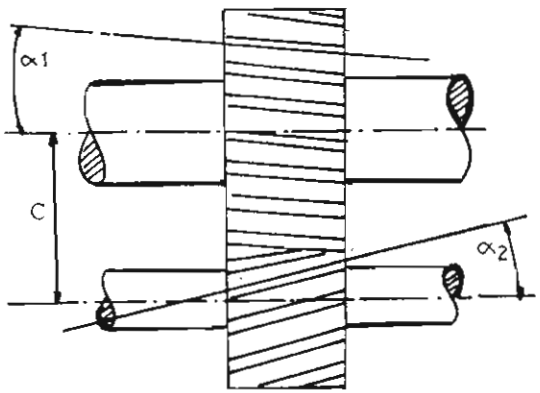
۳ ـ جهت گردش میله محورها

درطرح ریزی چرخ دنده ها سه اصول ذکرشده را رعایت کرده وموقعیت محورها و بلبرینگ ها را باید طوری درنظر بگیرند تا فشارهای جنبی را کاملاً خنثی نماید.

چرخ دنده های مارپیچی را برای دو منظور زیر می سازند:

۱ ـ چرخ دنده های مارپیچی برای محورهای موازی.

از چرخ دنده های مارپیچی می توان برای انتقال نیرو در محورهای موازی استفاده کرد، در اینصورت هنگام عمل نیرویی که به چرخ دنده وارد می شود بطور کلی بر روی یک دندانه اثر نمی کند بلکه مانند تمام غلتک ها نیرو به کلیه دنده ها وارد می شود و احتمال خم شدن محورها کمتر از چرخ دنده های ساده است، زیرا خط عمل در هنگام درگیر بودن دنده ها با آن اندازه مورب نخواهد بود.



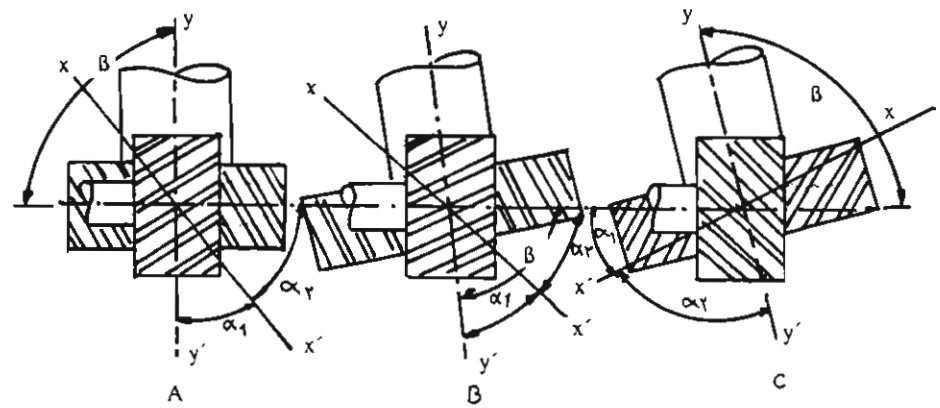
۲ ـ چرخ دنده های مارپیچی برای محورهای متنافر .

از چرخ دنده های مارپیچی می توان برای محورهای که دارای زوایای مختلف از صفر تا ۹۰ درجه نسبت بهم بوده و متنافر می باشند ، استفاده کرد .

در شکل A صفحه بعد ملاحظه می شود که دو دنده روی محورهایی که عمود بر هم می باشند سوار شده اند .

در شکل B زاویه دو محور از ۹۰ درجه کمتر است .

در شکل C زاویه دو محور از ۹۰ درجه بیشتر است .



محاسبه اجزا ء مهم چرخ دنده مارپیچی

۱ـ گام نرمال:

اگر در امتداد شیارهای دنده های ایجاد شده نگاه کنیم دنده ها جمع تر و فاصله بین دنده ها کوچکتر به نظر می رسد که این فرم درست شبیه فرم تیغ فرزی است که آن را تراشیده است و فاصله عمودی بین مرکز این دو دندانه را گام نرمال گویند و آن را با حرف tn نشان می دهند .

بطوری که در شکل زیر ملاحظه می شود طول گام نرمال از طول گام ظاهری که بعداً بحث خواهد شد کمتر است . درنظر گرفتن گام نرمال در تراشیدن چرخ دنده اهمیت زیادی دارد که مقدار گام نرمال را می توان بصورت زیر محاسبه کرد :

$$tn = Mn \cdot \pi = ts \cos\alpha = \frac{ts \cos\alpha}{\pi}$$

$$tn = \frac{ts \cos\alpha}{\pi}$$

۲ ـ گام ظاهری

اگر در امتداد محور چرخ دنده مارپیچ به دندانه های آن نگاه کنیم فرم شیارهای دنده تراشیده شده شبیه فرم تیغ فرزی که آن را تراشیده است نیست . فاصله مرکز این دو دنده را در سطح پیشانی دنده که همان مثلث قائم الزاویه در شکل می باشد گام ظاهری نامند و به حرف ts نام گذاری شده است . و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید .

$$ts = Ms \cdot \pi = \frac{tn}{\cos\alpha} \qquad ts = \frac{Mn}{\cos\alpha}$$

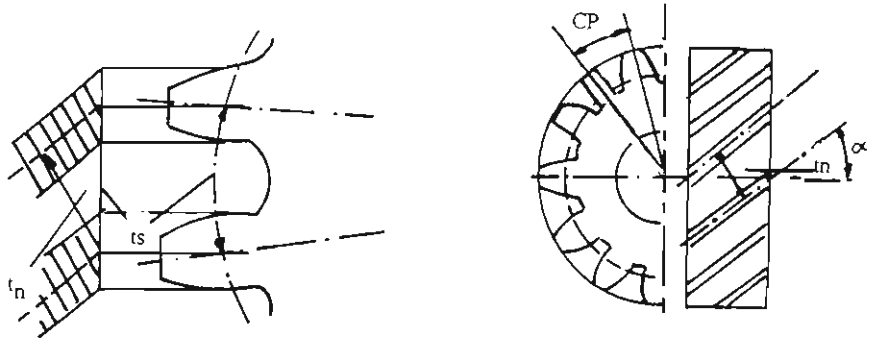
مدول ظاهری و نرمال:

الف) مدول ظاهری .

در چرخ دنده های مارپیچی چون دارای گام ظاهری می باشند در نتیجه دارای مدول دیگری به نام مدول ظاهری خواهد بود که چون در عدد π ضرب شود گام ظاهری بدست آمده و مقدار آن از رابطه صفحه بعد محاسبه می شود .

$$Ms = \frac{Mn}{\cos\alpha} = \frac{ts}{\pi} = \frac{tn}{\pi\cos\alpha} = \frac{do}{Z}$$

$$Ms = \frac{do}{Z}$$



ب) گام نرمال :

همان گام حقیقی یا گام اصلی در چرخ دنده های ساده می باشد و این مقدار در فاصله عمودی مرکز دو دندانه یا بعبارت دیگر ضلع بزرگ مثلث قائم الزاویه می باشد. که برای انتخاب تیغ فرز لازم همیشه از مدول نرمال استفاده می شود و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$Mn = \frac{ts\cos\alpha}{\pi} \qquad Mn = \cos\alpha = \frac{tn}{\pi} = \frac{ts.\cos\alpha}{\pi}$$

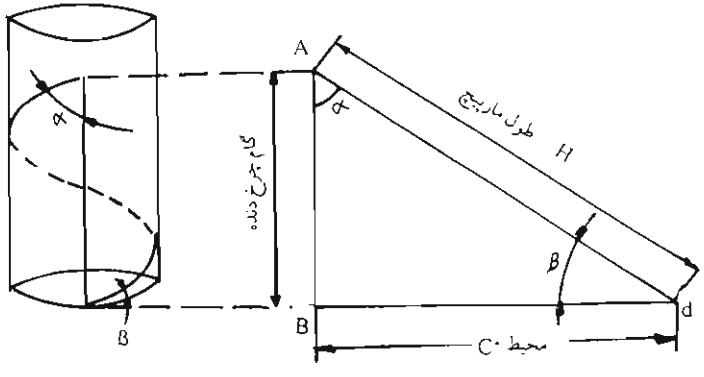
زاویه مارپیچ و محاسبه آن:

زاویه مارپیچ برای تنظیم میز ماشین فرز بسیار لازم می باشد و برای تراشیدن چرخ دنده ابتدا باید میز ماشین را به اندازه زاویه خواسته شده منحرف کرده و اغلب برای محاسبه زاویه مارپیچ بایدگام چرخ دنده موجودباشد، این گام نیزبرای محاسبه چرخ دنده های لازم جهت تراشیدن چرخ دنده مارپیچ مورداهمیت است. اگر مارپیچ کاملی را که مورد نظر است بصورت یک صفحه باز کنیم یک مثلث قائم الزاویه ای را تشکیل می دهد که ارتفاع مثلث گام چرخ دنده را تشکیل داده و بحرف L نشان

داده می شود و وتر مثلث مسیر منحنی یا طول مارپیچ را بوجود می آورد که با حرف H مشخص شده است. قاعده مثلث محیط استوانه ای است که مارپیچ در حول آن ایجاد شده و با حرف C نشان داده می شود.

حال اگر محیط چرخ دنده و گام آن موجود باشد مقدار زاویه مارپیچ را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد.

$$tg\alpha = \frac{C}{L} = \frac{\text{محیط خارجی چرخ دنده}}{\text{گام مارپیچ}}$$



مثال: قطر چرخ دنده مارپیچی برابر ۶۰ میلیمتر و طول گام مارپیچ برابر ۵۰۰ میلیمتر است مقدار زاویه مارپیچ را محاسبه نمایید.

$$tg\alpha = \frac{C}{L} = \frac{Dk\,.\,\pi}{L} = \frac{۶۰ \times ۳/۱۴}{} = \frac{۱۸/۸۴}{} = ۰/۳۷۵$$

$$tg\alpha = ۰/۳۷۵ \qquad \alpha = ۲^\circ \text{ و } ۳۵'$$

یعنی برای تراشیدن چرخ دنده فوق باید میز ماشین را باندازه زاویه ۲۰ درجه و ۳۵ دقیقه منحرف کرد. البته در مورد مارپیچ های راست میز را بطرف راست و برای مارپیچهای چپ میز را بطرف چپ منحرف می نماییم. بعضی مواقع که مقدار زاویه زیاد و امکان گردش میز تا آن حدودوجود ندارد از دستگاه سر عمودی ماشین فرز استفاده کرده و به جای منحرف کردن میز کافی است که تیغ فرز را تحت زاویه

خواسته شده انحراف داده و سپس چرخ دنده را تراشید. البته چون اندازه گیری و دقت روی قطر متوسط می باشد به جای محیط بزرگ باید برای دقت بیشتر از محیط متوسط چرخ دنده استفاده نموده و برای محاسبه چرخ دنده های واسطه گام مارپیچ مورد نظر خواهد بود پس باید ابتدا گام مارپیچ را از روی فرمول زاویه مارپیچ بدست آورد، یعنی:

$$L = \frac{do \cdot \pi}{tg\alpha} = \frac{\text{محیط متوسط}}{\text{زاویه مارپیچ}}$$

محاسبه شماره تیغ فرز جهت تراشیدن چرخ دنده های مارپیچ:

همانطوری که در چرخ دنده های ساده بیان شد در انتخاب تیغ فرز دو عامل مهم مورد اهمیت است:

۱ ـ شماره مدول یا مارپیچ.

۲ ـ تعداد دنده های لازم در محیط چرخ دنده.

با داشتن این دو عامل می توان تیغ فرز را برای تراشیدن چرخ دنده های ساده انتخاب کرد ولی در مورد انتخاب تیغ فرز برای ساختن چرخ دنده های مارپیچی با آنچه که در مورد چرخ دنده های ساده گفته شد به کلی متفاوت است. زیرا در چرخ دنده های مارپیچی شماره تیغه فرز از روی تعداد دندانه های حقیقی بدست نمی آید، بلکه شماره تیغه فرز مورد نیاز از روی مدول نرمال و عدد دنده هایی که فرضی Z_1 است محاسبه می شود. برای تعیین تعداد دنده های فرضی (ایده آلی) باید قطر فرضی di را بدست آورد. هرگاه چرخ دنده مارپیچی به قطر متوسط do را با صفحه ای عمود بر دنده های مارپیچ بریده شود مقطع استوانه بریده شده به شکل بیضی خواهدبود(شکل زیر)که درآن b شعاع کوچک و a شعاع بزرگ و $\frac{di}{2}$ شعاع انحنای بیضی می باشد که از شعاع کوچک b می گذرد و شعاع ایده آلی نامیده می شود و از فرمول زیر محاسبه می گردد:

اگر نقطه M روی بیضی به مختصات $M\left|\begin{matrix}a\\b\end{matrix}\right.$ باشد و معادله بیضی را بنویسیم

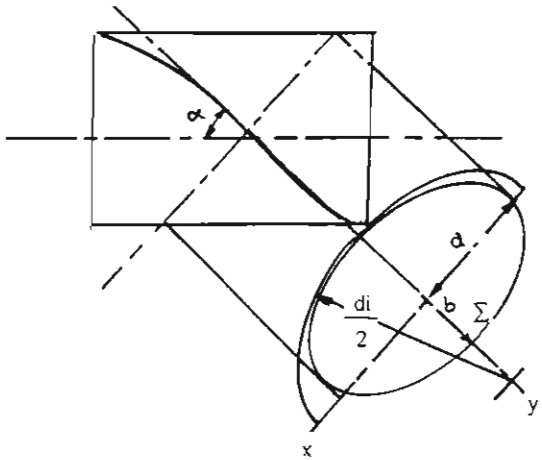
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = ۱$$

و معادله بیضی را در b^2a^2 ضرب کنیم، حاصل می شود:

$$\frac{a^2b^2x^2}{a^2} = \frac{a^2b^2y^2}{b^2} = a^2b^2$$

$$b^2x^2 = a^2y^2 = a^2b^2 \qquad y^2 = \frac{a^2b^2 - b^2x^2}{a^2}$$

$$y = \sqrt{\frac{a^2b^2 - b^2x^2}{۲}} \qquad M\left|\begin{matrix}x=0\\y=b\end{matrix}\right.$$



و چون مشتق اول و دوم رابطه بالا محاسبه شود.

$$y'_x = \frac{-b^2x}{\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2}}$$

$$y''_x = \frac{ab^2\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2} - \frac{ab^4x^2}{\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2}}}{a^2(a^2b^2 - b^2x^2)}$$

طبق اثبات ریاضی شعاع خمیدگی برابر است با $R = \frac{(۱+ y'^2_x)^{\frac{۲}{۳}}}{y''_x}$ وچون بجای

$y'x$ و $y''x$ مقدار مساویشان را در رابطه فوق قرار دهیم خواهیم داشت :

$$R = \frac{[1+(\frac{-b^2x}{\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2}})^2]^{\frac{3}{2}} \times a^2(a^2b^2 - b^2x^2)}{-ab^2\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2} - \frac{ab^4x^2}{\sqrt{a^2b^2 - b^2x^2}}}$$

در نتیجه شعاع فرضی (ایده آلی) برابر است با :

رابطه (۱) $R = \frac{di}{2} = \frac{a^2}{b}$

رابطه (۲) $2b = do \qquad b = \frac{do}{2}$

رابطه (۳) $2a = \frac{do}{\cos\alpha}$ و $a = \frac{do}{2\cos\alpha}$

با قرار دادن مقدار مساوی رابطه ۲ و ۳ در رابطه یک شعاع فرضی یا ایده آلی برابر خواهد بود با :

$$R = \frac{di}{2} = \frac{\frac{do^2}{4\cos^2\alpha}}{\frac{do}{2}} = \frac{2do^2}{4do\cos^2\alpha} = \frac{do}{2\cos^2\alpha}$$

در نتیجه قطر ایده آل di برابر است با : $di = \frac{do}{\cos^2\alpha} \qquad \frac{di}{2} = \frac{do}{3\cos^2\alpha}$

و از طرفی تعداد دنده فرضی چرخ دنده برابر است با :

رابطه (۴) $Z_1 = \frac{di}{Mn} = \frac{do}{Mn\cos^2\alpha}$

$M_s = \frac{Mn}{\cos\alpha}$, $Mn = M_s\cos\alpha$

و اگر بجای مدول نرمال در رابطه ۴ مقدار مساویش قرار گیرد .

رابطه (۵) $Z_1 = \frac{do}{M_s\cos^3\alpha}$

چون تعداددنده درچرخ دنده های مارپیچی برابر است با $Z = \frac{do}{M_s}$ دراینصورت

می توان بجای نسبت $\frac{do}{M_s}$ در رابطه ۵ مقدار مساویش را قرار داد، در این حالت فرمول کلی انتخاب تیغ فرز بصورت زیر نوشته می شود :

تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیغ فرز $Z_1 = \frac{Z}{\cos^3\alpha}$

برای سهولت درمحاسبات در ازاء $\frac{1}{\cos^3\alpha}$ فاکتور(ضریب) k را قرارمی دهند . ضریب k را در ازاء زوایای مختلف در جدول های مخصوصی که مشخص شده است تعیین و در فرمول دنده های فرضی بصورت زیر نوشته می شود .

$Z_1 = Z \cdot K$

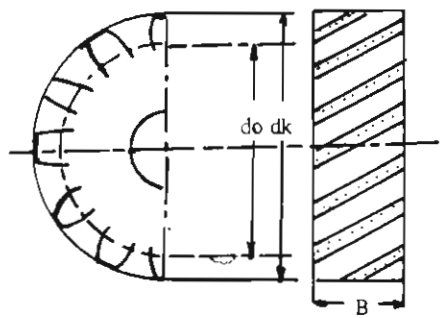
محاسبه قطر متوسط:

برای محاسبه قطر متوسط در چرخ دنده های مارپیچی بایستی از مدول ظاهری استفاده کرد چون در مدول ظاهری همیشه COS دخالت دارد و (COS کسینوس) هر زاویه از واحد می باشد ، بنابراین مدول ظاهری بیشتر از مدول نرمال بوده و در نتیجه مقدار قطر متوسط در چرخ دنده های مارپیچی همیشه بیشتر از قطر متوسط چرخ دنده های ساده با همان مدول و تعداد دنده مساوی می باشند که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید :

$do = M_s \cdot Z = \frac{Mn}{\cos\alpha} \cdot Z$

$do = \frac{tn \cdot Z}{\cos\alpha}$

$do = \frac{Zdk}{Z + 2\cos\alpha}$



محاسبه قطر بزرگ:

قطر خارجی چرخ دنده مارپیچی عبارت است از بزرگترین استوانه خارجی که بایستی برای فرزکاری قبلاً با ماشین تراش تراشیده و سپس آن را با فرز بصورت چرخ دنده مارپیچ تراشید که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید :

$$dk = do + ۲Mn$$

$$dk = Mn\ (\frac{Z}{Cos\alpha} + ۲)$$

ضخامت دنده در قطر متوسط:

$$S = do\ .\ Cos\frac{۹۰}{Z} \qquad S = \frac{۱۹}{۴۰}.t$$

ارتفاع دنده مارپیچ:

ارتفاع دنده عبارت است از فاصله دو قطر خارجی دنده و یا برابر است با مجموع ارتفاع سر و ته دنده مارپیچی :

$$h=(fon + con)\ .\ Mn = \frac{۱۳}{۶}\ Mn \qquad h = ۲/۲\ Mn$$

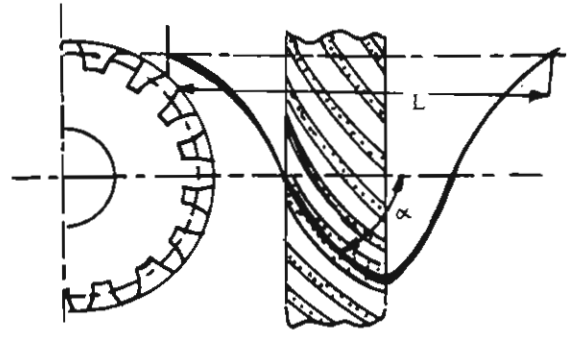
گام مارپیچ:

گام مارپیچ عبارت است از طول دنده در یک دور محیط استوانه ای که بطور مارپیچ پیچیده شده است و آن را با حرف L نمایش می دهند :

$$L = do\pi\ Cotg\alpha$$

$$L = \frac{do\pi}{tg\alpha}$$

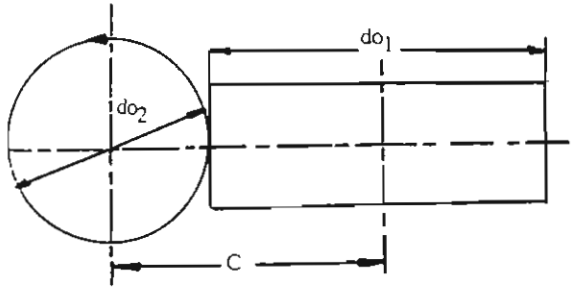
$$L = M_S\ .\ Z\ Cotg\alpha$$



فاصله مرکز دو چرخ دنده مارپیچ

برای محاسبه فاصله دومرکز درچرخ دنده مارپیچ می توان ازرابطه زیراستفاده کرد :

$$C = \frac{do_2 + do_1}{۲} \qquad C = Mn(\frac{Z_1}{Cos\alpha_1} + \frac{Z_2}{Cos\alpha_2})$$



زاویه بین دو محور:

چون اغلب اوقات چرخ دنده های مارپیچی را برای محورهای متنافر می سازند از این رو دو محور نسبت به هم دارای زاویه ای بوده که برابر است با مجموع یا تفاضل دو زاویه مارپیچ که برای محاسبه هر یک می توان ازقوانین زیر استفاده کرد .

۱ ـ اگر زاویه چرخ دنده مارپیچی کمتر از زاویه محورها باشد مجموع زوایای آن دو چرخ دنده بایستی برابر زاویه ما بین دو محور باشد .

$$\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 = \hat{\beta} \qquad \alpha_1 > \beta$$

۲ ـ اگر زاویه مارپیچ چرخ دنده ای بزرگتر از زاویه مابین دو محور باشد تفاضل دو زاویه مارپیچ برابر با زاویه دو محور می باشد .

$$\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2 = \hat{\beta} \qquad \alpha_1 < \beta$$

۳ ـ در صورتی که دو محور با هم موازی باشند زاویه بین دو محور یعنی دو برابر صفر خواهد بود ، در نتیجه فرمول قبلی بصورت زیر نوشته می شود :

$$\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 = \hat{\beta}$$

$\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2 = ۰$ چون دو برابر صفر است $\qquad \hat{\alpha}_1 = -\hat{\alpha}_2$

α_1 و α_2 هر یک زوایای مارپیچ دو چرخ دنده بوده و علامت منفی مشخص کننده جهت دنده‌های چرخ‌دنده هامی باشدکه دراینصورت چون $\hat{\alpha_1}=-\hat{\alpha_2}$ است، پس باید دنده های چرخ دنده اول مخالف دنده های چرخ دنده دوم باشد، یعنی دنده های یک راست ودیگری چپ تراشیده می شود. اگرفرمول سرعت لغزشی چرخ دنده را نوشته و زاویه بین دو محور که $\hat{\beta}$ صفر است بجای زاویه $\hat{\beta}$ مقدارش را قرار دهیم نتیجه می شود که سرعت لغزشی در چرخ دنده های مارپیچی که روی دو محور موازی سوار می شوند برابر صفر است ولی اگر چرخ دنده ها روی دو محور متنافر سوار شوند فرمول سرعت لغزشی برابر است با :

v_g = سرعت لغزشی v_1 = سرعت محیطی α_2 = زاویه مارپیچ β = زاویه بین دومحور

$$v_g = \frac{v_1 \cdot S \cdot \beta}{Cos\alpha_2}$$

نسبت گردش:

گاهی اوقات ممکن است دو چرخ دنده درگیر دارای شرایطی بصورت زیر باشند :

$$I = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$Z_1 = \frac{do_1}{Ms_1} \qquad Z_2 = \frac{do_2}{Cos\alpha_2} \qquad I = \frac{Z_2}{Z_1} \qquad I = \frac{do_2 Ms_1}{do Ms_2}$$

نسبت دو چرخ دنده $I = \frac{do_1 Cos\alpha_2}{do_1 Cos\alpha_1}$

۱ ـ زوایای دو چرخ دنده مساوی ولی قطرها مختلف باشند.

$\hat{\alpha}_1 = \hat{\alpha}_2 = \hat{\alpha}$

۲ ـ قطرهای دو چرخ دنده برابر ولی زوایای مختلف دارند.

$do_1 = do_2 = do$

۳ـ قطرها و زویای هر دو چرخ دنده مختلف می باشند، در اینصورت نسبت گردش دو چرخ دنده به صورت صفحه بعد نوشته می شود.

حالت اول زوایا برابر قطرها مختلف $I = \frac{do_2}{do_1}$

حالت دوم زوایا مختلف قطرها برابر $I = \frac{Cos\alpha_2}{Cos\alpha_1}$

حالت سوم زوایا قطرها مختلف $I = \frac{do_2 Cos\alpha_2}{do_1 Cos\alpha_1}$

در حالت دوم اگر زاویه محوری $\beta = ۹۰^\circ$ شود $\alpha_1 + \alpha_2 = ۹۰^\circ$ و چون زوایای α_1 و α_2 متمم هم هستند، بنابراین $\alpha_2 = (۹۰ - \alpha_1)$ چنانچه از طرفین رابطه یک cos بگیریم پس :

$$Cos\alpha_2 = Cos(۹۰ - Cos\alpha_1)$$
$$Cos\alpha_2 = Cos. Cos\alpha_1 + sin۹۰^\circ sin\alpha_1$$

و اگر بجای $sin ۹۰^\circ$ و $cos۹۰^\circ$ مقدارش را قرار دهند :

حال با قرار دادن $Cos\alpha_1$ در فرمول نسبت انتقال حرکت در حالت دوم نسبت انتقال بصورت فرمول زیر درمی آید.

$$Cos\alpha_2 = ۰ \times Cos\alpha_1 + ۱ \times Sin\alpha_1$$
$$Cos\alpha_2 = Sin\alpha_1 \qquad I = \frac{Sin\alpha_1}{Cos\alpha_1} \qquad I = tg\alpha_1$$

نکات مهم در تراشیدن چرخ دنده مارپیچ

۱ ـ محاسبه چرخ دنده های لازم برای تراشیدن گام لازم جهت سوار کردن مارپیچ میز ماشین و محور چرخ حلزون دستگاه تقسیم.

۲ ـ درنظر گرفتن جهت مارپیچ که ممکن است راست یا چپ تراشیده شود.

۳ ـ قرار دادن میز تحت زاویه مشخص.

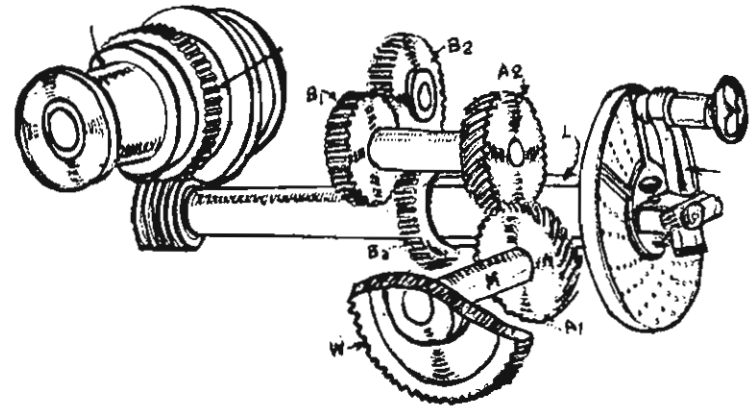
۴ ـ برای تراشیدن یک شیار قائم (راست) بطور مارپیچ در محیط یک استوانه استفاده کردن از تیغ فرز انگشتی که می توان آنرا بصورت عمودی یا افقی قرار داد.

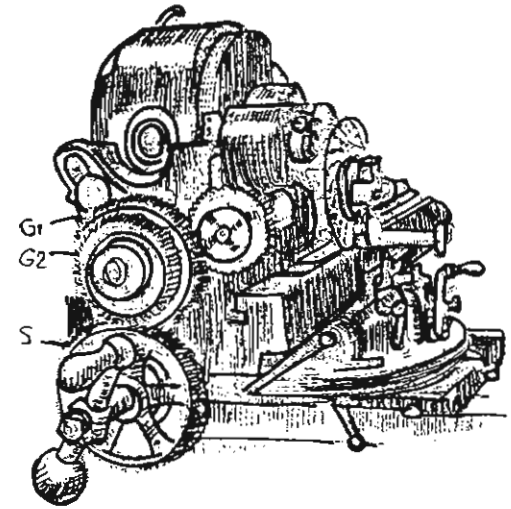
۵ ـ برای تراشیدن شیار مارپیچ فرم دار استفاده از تیغ فرزهای پولکی که سطوح بغل آن بداخل فرو رفتگی داشته و دارای کوره مشخصی باشد.

۶ ـ استفاده از دستگاه تقسیم مارپیچ تراشی

۷ ـ رعایت دقیق فرمول های بکار رفته در محاسبات قسمت های مختلف تراشیدن چرخ دنده های مارپیچی

۸ ـ استفاده از مواد خنک کننده در موقع تراشیدن چرخ دنده ها





نسبت چرخ دنده های سوار شونده:

از رابطه وفرمول زیرجهت بدست آوردن چرخ دنده های تعویض شونده می توان استفاده کرد :

$$\frac{\text{چرخ دنده های گرداننده}}{\text{چرخ دنده های گردانده شده}} = \frac{\text{۴۰ × گام میز ماشین}}{\text{طول گام مارپیچ}} = Q$$

مثال : می خواهیم چرخ دنده مارپیچی با گامی برابر" ۱۲ اینچ بتراشیم، چرخ دنده های لازم را حساب کنید. در صورتی که گام پیچ ماشین $\frac{۱}{۴}$" اینچ باشد.

$$P = \frac{۱"}{۴} \qquad G = \frac{P \times ۴۰}{L} = \frac{\frac{۱}{۴} \times ۴۰}{۱۲} = \frac{۱۰}{۱۲}$$

$$G = \frac{۱۰}{۱۲} \qquad L = ۱۲"$$

اگرنسبت $\frac{۱۰}{۱۲}$ را در $\frac{۴}{۴}$ ضرب کنیم :

$$G = \frac{۱۰}{۱۲} \times \frac{۴}{۴} = \frac{۴۰}{۴۸}$$

در صورت درگیر نشدن دو چرخ دنده ۴۰ تا ۴۸ می توان از چرخ دنده واسطه استفاده نمود .

۴۰ = چرخ دنده گرداننده

۴۸ = دنده ای در روی محور فرعی دستگاه تقسیم

مراحل ساخت چرخ دنده های مارپیچ

برای اینکه بتوان چرخ دنده های مارپیچ را بطور صحیح تراشید، باید مراحل زیر را رعایت نمود :

۱ ـ مانند چرخ دنده های ساده ابتدا محاسبات لازم را انجام دهید .

۲ ـ قطر خارجی چرخ و سایر ابعاد چرخ دنده را طبق محاسبات لازم با ماشین تراش جهت فرزکاری آماده نمایید .

۳ ـ چرخ دنده را روی درن (ماندرا) و درن را بین مرغک سوار کنید .

۴ ـ عملیات لازم را مثل چرخ دنده های ساده انجام دهید .

۵ ـ چرخ دنده های لازم جهت مارپیچ تراشی را روی دستگاه تقسیم و پیچ میز ماشین سوار نمایید .

۶ ـ برای آماده کردن چرخ دنده جهت ایجاد دومین شیار مارپیچ بهتر است ابتدا کار را توسط حرکت عمودی میز ماشین فرز باندازه ارتفاع کامل دنده پایین آورده، سپس میز را موافق با جهت گردش تیغه فرز حرکت دهید (چون بعلت وجود لقی بین پیچ و مهره میز ماشین فرز ممکن است تیغه فرز موقع برگشت دقیقاً در روی شیار ایجاد شده حرکت ننماید که باعث خرابی دنده گردد).

۷ ـ چرخ دنده را باندازه ارتفاع دنده بالا آورده و ضمن گردش تقسیم عمل تراش را مجدداً شروع کنید.

۸ ـ اگر چرخ دنده از آهن یا فولاد باشد بجای دو بار بهتر است ۳ یا ۴ مرتبه چرخ دنده را بتراشید.

۹ ـ ضمن تراش چرخ دنده سعی کنید دستگاه تقسیم و حتی چرخ دنده روی دستگاه کاملاً بسته شده باشد. مخصوصاً باید سعی کرد چرخ دنده را روی درن کاملاً بسته شود، زیرادر غیر اینصورت ضمن تراش چرخ دنده ممکن است روی درن بچرخد که در این حالت شیار چرخ دنده پهن شده و خراب می شود.

جدول فرمولهای محاسبه چرخ دنده های مارپیچی (سیستم مدولی)

نام	علامت	فرمول
تعداددنده فرضی برای انتخاب تیغ فرز	Z_1	$Z_1 = \frac{Z}{Cos^3\alpha}$
ارتفاع سردنده	hk	$hk = Mn$
ارتفاع ته دنده	hf	$hf = 1/16Mn = \frac{17}{6} Mn$
ارتفاع دنده	h	$h = 2/16\ Mn = \frac{13}{6} Mn$
قطرمتوسط	do	$do = Mn\ .\ Z = \frac{Mn}{Cos\alpha}\ .\ Z$
قطرمتوسط	do	$do = \frac{tn\ .\ Z}{\pi\ Cos\alpha}$

ادامه جدول صفحه قبل

نام	علامت	فرمول
قطرمتوسط	do	$do = \frac{Z\ .\ dk}{Z+2\ Cos\alpha}$
قطربزرگ چرخ دنده	dk	$dk = do + 2Mn$
قطربزرگ چرخ دنده	dk	$dk = Mn\ (\frac{Z}{Cos\alpha} + 2)$
ضخامت دنده درقطر متوسط	S	$S = do\ .\ Cos\ \frac{90}{Z}$
ضخامت دنده در روی محیط متوسط	S	$S = \frac{19}{40}\ .\ t$
ضخامت بافاصله شیار دنده روی محیط متوسط	S	$S = \frac{21}{40}\ .\ t$
فاصله مرکزدو محورچرخ دنده	C	$C = \frac{do_1 + do_2}{2}$
فاصله مرکزدو محورچرخ دنده	C	$C = Mn\ (\frac{Z_1}{Cos_1\alpha_1} + \frac{Z_2}{Cos_2\alpha_2})$
زاویه اصطکاک	φ	$s = \frac{1 - \mu\ tg\alpha_2}{1 + \mu\ tg\alpha_1} = \frac{Cos\alpha_1 Cos(\alpha_2 + \mu)}{Cos\alpha_2 Cos(\alpha_1 - \mu)}$
ضریب اصطکاک	μ	$\varphi = 5°, 45'$ و $\mu = \%1$
نیروی محیطی	P	$P = \frac{2M.t}{do}$
نیروی شعاعی	Pr	$P2 = P\ .\ tg\alpha = \frac{2M.t}{do}\ tg\alpha$
نیروی محوری	Pa	$Pa = P.tg\beta = \frac{2M.t}{do}\ tg\beta$
نیروی عمودی	Po	$Po = Pn.\ Cos\ \beta$
برآیند نیروها	Pn	$Pn = \frac{2M.t}{doCos\alpha Cos\beta}$
ضریب استحکام	C	مطابق جدول صفحه بعد

جدول مقادیر **C** (ضریب استحکام) جهت دنده های مارپیچی با محور متنافر

جنس چرخ دنده	سرعت محیطی برحسب متر بر ثانیه							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فولاد (چرخ دنده متحرک)	۲۳	۱۷	۱۴	۱۲	۱۰	۹	۸	۷
برنز (چرخ دنده متحرک)	۲۳	۱۷	۱۴	۱۲	۱۰	۹	۸	۷
چدن	۱۳	۱۰	۸	۷	۶	۵	۵	۴

مثال ۱ : می خواهیم چرخ دنده ای به شکل مارپیچ با مشخصات زیر بتراشیم . مطلوبست کلیه محاسبات لازم جهت تراشید چرخ دنده .

معلومات : ۱ـ تعداد دنده $Z = ۳۲$ ۳ـ زاویه مارپیچ $\alpha = ۳۰^\circ$

۲ـ مدول نرمال $Mn = ۳$ ۴ـ گام میز ماشین $P = ۶$

حل مسئله :

مدول ظاهری $Ms = \frac{Mn}{Cos\alpha} = \frac{۳}{۰/۸۶۶۰۳} = ۳/۴۷$

قطر متوسط چرخ دنده $do = Ms \times Z = ۳۲ \times ۳/۴۷ = ۱۱۱/۰۴$

قطر بزرگ $dk = do + Mn = ۱۱۱/۰۴ + ۲ \times ۳ = ۱۱۷/۰۴$

تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیغ فرز $Z1 = \frac{Z}{Cos^3\alpha} = Z \times K = ۳۲ \times ۱/۵۴ = ۴۹$

طول گام مارپیچ $L = \frac{do.\pi}{tg\alpha} = \frac{۱۱۱ \times ۳/۱۴}{۰/۵۷۷۳۵} = ۶۰۰$

$G = \frac{P \times ۴۰}{L} = \frac{۶ \times ۴۰}{۶۰۰} = \frac{۴۰}{۱۰۰} = \frac{\text{چرخ دنده روی پیچ میز ماشین}}{\text{چرخ دنده روی محور دستگاه تقسیم}}$

مقدار گردش دسته حلزون $I = \frac{۴۰}{Z} = \frac{۴۰}{۳۲} = ۱\frac{۸}{۳۲} = ۱\frac{۴}{۱۶}$

ارتفاع $h = \frac{۱۳}{۶} Mn = \frac{۱۳}{۶} \times ۳ = ۶/۵$

مثال ۲ : دو چرخ دنده مارپیچ روی دو محور موازی قرار گرفته اند، اگر فاصله مرکز دو محور ۱۷ اینچ و دیامترال پیچ آنها ۲ و تعداد دنده چرخ دنده بزرگ ۴۸ و چرخ دنده کوچک ۲۰ دنده وزاویه مارپیچ دنده هریک برابر ۲۰° باشدمطلوبست محاسبه :

۱ ـ قطر متوسط در چرخ دنده

۲ ـ قطر بزرگ آنها

۳ ـ تیغ فرز لازم

۴ ـ گام مارپیچ هر یک

حل مسئله :

قطرمتوسط چرخ دنده بزرگ $PD = \frac{N}{dpnCos\alpha} = \frac{۴۸}{۲ \times ۰/۹۳۹۷} = ۲۵/۵۴۱$

قطرمتوسط چرخ دنده کوچک $Pd = \frac{n}{PdnCos\alpha} = \frac{۲۰}{۲ \times ۰/۹۳۹۷} = ۱۰/۶۴۲$

قطربزرگ چرخ دنده بزرگ $OD = PD + \frac{۲}{Dpn} = ۲۵/۵۴۱ + \frac{۲}{۲} = ۲۶/۵۴۱$

قطربزرگ چرخ دنده کوچک $od = Pd + \frac{۱}{Dpn} = ۱۰/۶۴۲ + ۱ = ۱۱/۶۴۲$

تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیغ فرز چرخ دنده بزرگ $N_1 = \frac{N}{Cos^3\alpha} = \frac{۴۸}{(۰/۹۳۹۷)^۳} = ۵۸$

تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیغ فرز چرخ دنده کوچک $n_1 = \frac{N}{Cos^3\alpha} = \frac{۲۰}{(۰/۹۳۹۷)^۳} = ۲۴$

طول گام چرخ دنده بزرگ $L = PD.\pi.Cotg\alpha = ۲۵/۵۴۱ \times ۳/۱۴ \times ۲/۷۴۷ \quad L = ۳۲۰/۴۲$

طول گام مارپیچ چرخ دنده کوچک $L = Pd.\pi.Cotg\alpha = ۱۰/۶۴۲ \times ۳/۱۴ \times ۲/۷۴۷ = ۹۱/۸۴$

فاصله دومحور چرخ دنده : $C = \frac{PD + Pd}{۲} = \frac{۲۵/۵۴۱ + ۱۰/۶۴۲}{۲} = ۱۸/۰۹۱$

مثال ۳ : مطلوب است محاسبه نسبت گردش دو چرخ دنده ای که دارای زوایای ۳۰° و ۲۰° و قطر متوسطی برابر ۹۲ و ۶۳/۶ میلیمتر می باشند .

$I = \frac{do_2.Cos\alpha_2}{do_1.Cos\alpha_1} = \frac{۶۳/۶ \times ۰/۹۳۹۶۹}{۹۲ \times ۰/۸۶۶۰۳} = \frac{۱۵}{۹۰} = \frac{۳}{۴}$

محاسبات چرخ دنده های مارپیچی در سیستم اینچی:

برای ساخت چرخ دنده های مارپیچی در سیستم اینچی مراحل ساخت درست مانندچرخ دنده های مارپیچی مدولی عملی است، ولی فرمول های لازم جهت محاسبه چرخ دنده درسیستم اینچی فرق خواهد کرد، زیراطبق شرح چرخ دنده های ساده در سیستم اینچی بجای مدول دیاترال اینچ و بجای گام سیرکولارپیچ مورد استفاده قرار می گیرد که شرح و تبدیل آنها به یکدیگر در بحث چرخ دنده های ساده ذکر شده است.

$$cpn = eps\ Cos\alpha = \frac{N_1 + N_2 \cdot tv0^2}{2\sin^2\alpha_2}$$

e = فاصله مرکز دومحور سیرکولارپیچ (گام ظاهری) درسیستم اینچی

جدول فرمول های لازم در سیستم اینچی چرخ دنده های مارپیچی

نام	معلومات	فرمول
قطردایره تقسیم (دایره متوسط)	N و Dps	$PD = \frac{N}{Dps}$
قطردایره تقسیم (دایره متوسط)	N و Dpn	$PD = \frac{N}{Dpn\ Cos\alpha}$
سیرکولار پیچ ظاهری (گام ظاهری)	cps	$cpn = eps\ Cos\alpha = \frac{N_1 + N_2 \cdot tg\alpha^2}{2\sin^2\alpha_2}$
دیامترال پیچ نرمال (مدول نرمال)	Dps	$Dpn = Dps \cdot Cos\alpha$
ارتفاع سردنده	Dpn	$y = \frac{1}{Dpn}$
ارتفاع ته دنده	Dpn	$k = \frac{1/16}{Dpn}$
فاصله مرکزدوچرخ دنده		$e = \frac{Dp_2 + PD_1}{2}$
ارتفاع دندانه	Dpn	$h = \frac{2/16}{DPn}$
قطربزرگ چرخ دنده	PD, Dpn Z	$OD = PD + \frac{Z}{Dpn}$
قطربزرگ چرخ دنده	N, Dpn	$OD = \frac{N + Cos\alpha}{Dpn\ Cos\alpha}$
طول گام مارپیچ	PD	$T = PD. \pi \cdot Cotg\alpha$

چرخ دنده های مخروطی و محاسبات آن

اصولاً چرخ دنده ها را برای انتقال نیرو از محوری به محور دیگر طرح می کنند. بطوریکه قبلاً گفته شد چرخ دنده های ساده فقط برای انتقال نیرو یا روی محورهای موازی ساخته شده اند ولی چرخ دنده های مخروطی برای انتقال نیرو روی محورهای غیر موازی مانند محورهای عمود بر هم و یا زوایای مختلف یعنی از صفر تا ۱۸۰ درجه که محورها متقاطع می باشند ساخته می شوند.

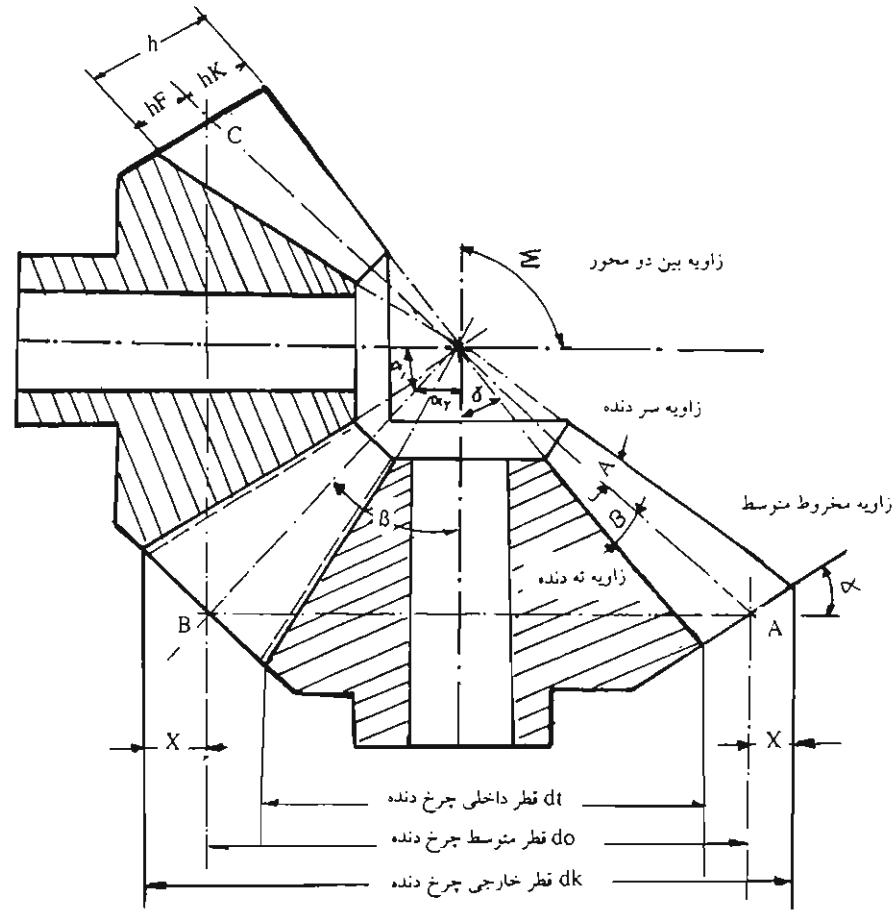
شکل دنده ها:

شکل دنده ها بر روی محیط مخروطی چرخ دنده مستقیم و یا دارای زاویه بوده که آنرا مخروط مارپیچ می خوانند. چرخ دنده های مخروطی دارای قطر متوسط بیشماری در طول دنده مخروطی است، لذا هنگام محاسبات بزرگترین قطر متوسط چرخ دنده را ملاک عمل قرار می دهند. برای نشان دادن و تعیین اندازه های مختلف چرخ دنده مخروطی باید ابتدا آن را رسم و سپس به محاسبه آن پرداخت.

رسم چرخ دنده های مخروطی

برای رسم این نوع چرخ دنده ها باید بزرگترین قطر متوسط و ارتفاع دندانه را داشته باشیم. در این حالت برای رسم آن محور x و y دو چرخ دنده را با زاویه بین دو محور که در این حالت ۹۰° درجه است رسم کرده، سپس دو خط به موازات محورهای x و y به فاصله $y = \frac{do}{2} Cotg\alpha$ را رسم کرده ومحل تقاطع خطوط رسم شده را با مولدهای دو چرخ دنده با حروف A و B و C مشخص کرده، در اینصورت مخروط متوسط دو چرخ دنده بوجود می آید، یعنی AB=do و BC=do بزرگترین قطرمتوسط دوچرخ‌دنده می باشد وهریک ازدومخروط AOB و BOC رانیز مخروط غلیظ دو چرخ دنده می نامند. هرگاه از نقاط A، B و C عمودهایی به فاصله F (عرض چرخ دنده مخروطی) از آنها بر مولد مخروط متوسط رسم شود بطوری که از نقاط مذکور باندازه ارتفاع سر دنده hk بطرف بالا و باندازه hf ارتفاع ته دنده

بطرف پایین جدا کنیم . از اتصال نقاط جدا شده به نقطه رأس مخروط اندازه قطر بزرگ و اندازه قطر کوچک و همچنین زاویه سر دنده A و زاویه ته دنده بدست می آید ، زوایای α_1 و α_2 زوایای متوسط دو چرخ دنده ۱ و ۲ می باشد .



درگیری دوچرخ دنده مخروطی با زاویه ۹۰° درجه

تذکر : در ترسیم چرخ دنده هایی که محور آنها غیر از ۹۰° درجه باشد ، روش ترسیم یکی بوده با این تفاوت که قطرهای متوسط دو چرخ دنده بر هم عمود نخواهند بود و بقیه مشخصات آنها به همان ترتیبی که گفته شد رسم می شوند .

فرمول های لازم برای تراشیدن چرخ دنده های مخروطی

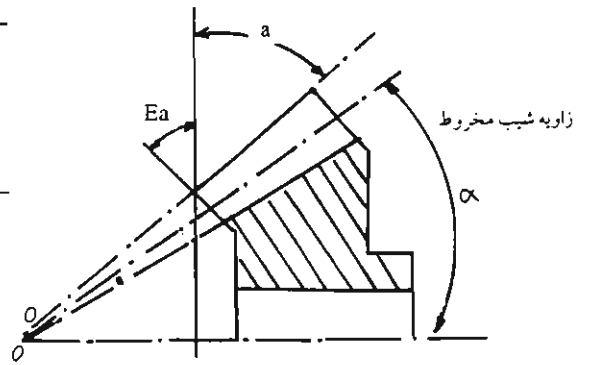
برای تراشیدن چرخ دنده های مخروطی باید در صورت لزوم از ماشینهای مخصوص استفاده کرد ولی اگر تعداد کمی لازم باشد می توان از ماشین های فرز معمولی که میزآنها گردان است استفاده نمود . درصورتی که بخواهیم چرخ دنده های مخروطی را با فرزهای معمولی بتراشیم لازمست که محاسبات مربوطه را به صورت دقیق انجام داد . برای این منظور بهتر است هنگام محاسبه و ساخت چنین چرخ دنده هایی تعداد دندانه ها را از ۰/۲۵ کمتر و پهنای چرخ دنده را از $\frac{1}{3}$ طول مولد مخروط متوسط بیشتر انتخاب نشود .

زاویه مخروط متوسط (زاویه شیب متوسط)

الف : اگر زاویه بین دو محور کمتر یا بیشتر از ۹۰° باشد .

$$tg\alpha_1 = \frac{Sin\,\Sigma}{Cos\Sigma + \frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{Sin\,\Sigma}{Cos\Sigma + \frac{Z_2}{Z_1}}$$



ب : در صورتی که زاویه بین دو محور ۹۰ درجه باشد فرمول به صورت زیر درمی آید :

$$tg\alpha_1 = \frac{Sin\,\Sigma}{Cos\Sigma + \frac{Z_2}{Z_1}} = \frac{\frac{1}{Z_2}}{\frac{Z_1}{Z_2}} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

در هر صورت پیدا کردن یکی از زوایا کافی است ، زیرا می توان نوشت :

$\alpha_1 + \alpha_2 = \Sigma$ $\qquad$ $\alpha_1 = \Sigma - \alpha_2$

$\alpha_2 = \Sigma - \alpha_1$

ج : در صورتی که زاویه بین دومحوراز ۹۰ درجه بیشتر باشد تانژانت و کتانژانت زاویه آن بصورت منفی محاسبه می شود ، زیرا توابع مثلثاتی بین ۹۰ تا ۱۸۰ درجه به صورت زیر نوشته می شود :

$\text{Sin } ۴ = \text{Sin } (۱۸۰ - \Sigma)$ $\qquad$ $\text{tg } ۴ = - \text{tg } (۱۸۰ - \Sigma)$

$\text{Cos } ۴ = \text{Cos } (۱۸۰ - \Sigma)$ $\qquad$ $\text{Cotg } ۴ = - \text{Cotg } (۱۸۰ - \Sigma)$

برای مثال $\text{Sin } ۱۲۰^\circ$ برابر است با $\text{Sin } (۱۸۰ - ۱۲۰) = \text{Sin } ۲۰^\circ$

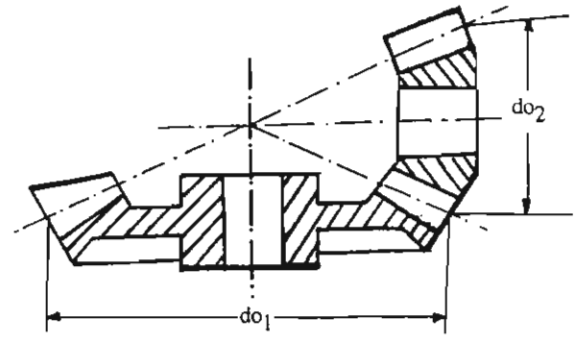
$$\text{Cotg}\alpha = \frac{Z_1}{Z_2 \text{ Sin } (۱۸۰ - \Sigma)} = \frac{Z_1}{Z_2 \text{ Sin } (۱۸۰ - \Sigma)} + [- \text{Cotg } (۱۸۰ - \Sigma)]$$

قطر متوسط چرخ دنده در قسمت بزرگ مخروط

$do = M.Z$

M= مدول

Z= تعداد دندانه



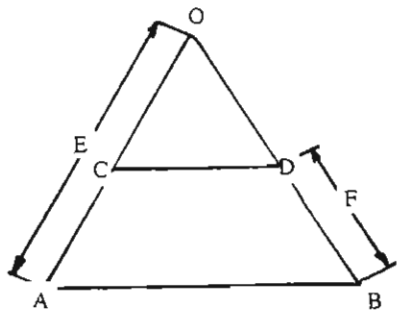
مدول : عبارتست از ضریبی که بزرگی و کوچکی دندانه را نشان می دهد ، این مدول درچرخ دنده های ساده یکی بوده وچرخ دنده های مخروطی دارای مدول های بیشتری هستند که مهمترین آنها عبارتند از : مدول بزرگ متوسط مدول کوچک که هر یک به تنهایی قابل محاسبه بوده ، ولی در عمل مدول بزرگ و کوچک احتیاج است :

$$M = \frac{t}{\pi}$$

فرمول محاسبه مدول بزرگ

$$M = \frac{do}{Z}$$

مدول کوچک : Mm



برای بدست آوردن مدول کوچک باید کوچکترین قطر متوسط چرخ دنده را محاسبه کرد چون اندازه گیری قطر متوسط در قسمت کوچک آن امکان پذیر نیست ، لذا مطابق شکل از تشابه دو مثلث AOB و COD می توان مقدار قطر متوسط را در قسمت کوچک چرخ دنده مخروطی حساب کرد .

$\frac{AB}{CD} = \frac{OA}{OC}$ از تشابه دو مثلث

حال اگر بجای آنها مقدار قطر متوسط و طول مولد را قرار دهیم خواهد شد :

$$\frac{do}{do_1} = \frac{E}{E - F} \quad \text{یا} \quad do_1 E = do(E - F) \qquad do_1 = \frac{do\,(E - F)}{F}$$

Do = بزرگترین قطر متوسط

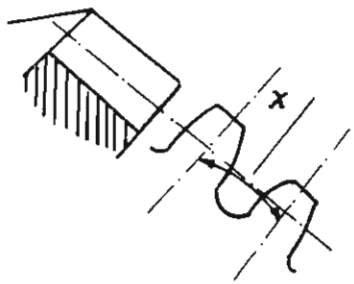
E = طول مولد

F = عرض چرخ دنده

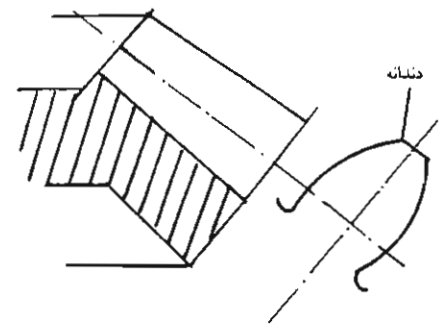
$$M_m = \frac{do_1}{Z} = \frac{\frac{do\,(E - F)}{F}}{Z}$$

$$M_m = \frac{do\,(E - F)}{EZ}$$ فرمول مدول کوچک

گام دندانه :



$t = \frac{do \,.\, \pi}{Z} = M.\pi$ گام در قسمت بزرگ چرخ دنده



گام در قسمت میانه چرخ دنده $ti = MI\pi$

طول مولد مخروط متوسط:

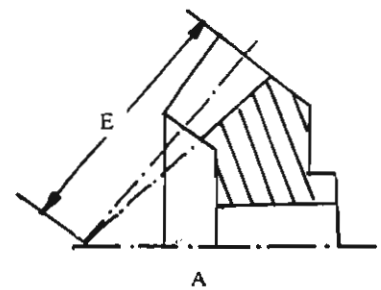
طول مولد مخروط متوسط عبارتست از فاصله عمودی کف دنده تا رأس آن که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید. (شکل A)

$$E = \frac{do}{Sin\alpha}$$

$$E = \frac{do}{2Sin\alpha}$$

ارتفاع دندانه:

ارتفاع تمام دندانه در قسمت قطر بزرگ وکوچک به ترتیب برابر است با (شکل B)



ارتفاع دندانه در قسمت قطر بزرگ $h = \frac{13}{6} M$

ارتفاع دندانه در قسمت قطر کوچک

$hm = \frac{13}{6} Mm$

ارتفاع سر و ته دنده

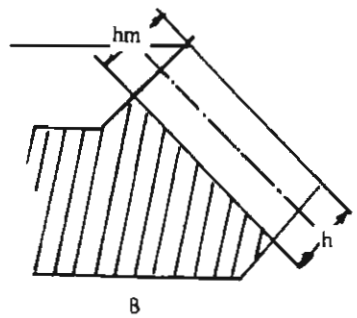
ارتفاع سر و ته دنده در قسمت قطر بزرگ و کوچک برابر است با

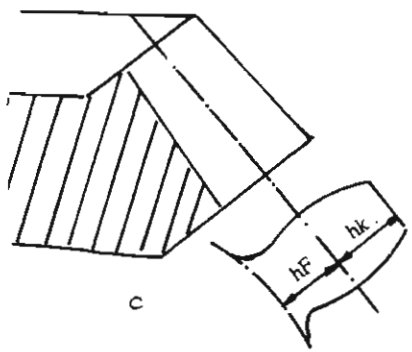
ارتفاع سر دنده در قسمت بزرگ $hk=M$

ارتفاع ته دنده در قسمت بزرگ $hf = \frac{7}{6} M$

ارتفاع سر دنده در قسمت کوچک $hkm = Mm$

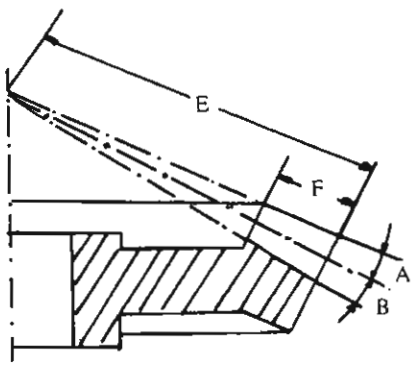
ارتفاع ته دنده در قسمت کوچک $hfm = \frac{7}{6} Mm$





زاویه سر و ته دنده

زاویه ای که مولد از مخروط متوسط با مولد مخروط کوچک می سازد زاویه ته دنده و زاویه ای که مولد مخروط بزرگ با مولد مخروط متوسط می سازد زاویه سر دنده گویند و مقادیر آنها از روابط زیر محاسبه می شود.

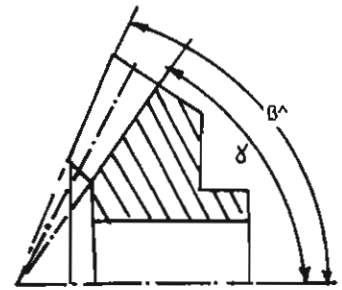


$tg\hat{A} = \frac{hk}{E}$ $tg\hat{A} = \frac{M}{E}$

$tg\hat{B} = \frac{hf}{E}$ $tg\hat{B} = \frac{7M}{6E}$

زاویه پیشانی (زاویه مخروط بزرگ)

زاویه ای که مولد مخروط بزرگ با محور چرخ دنده می سازد زاویه پیشانی با زاویه تراش با ماشین تراش نامند که آن را با حرف B نمایش داده و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید.



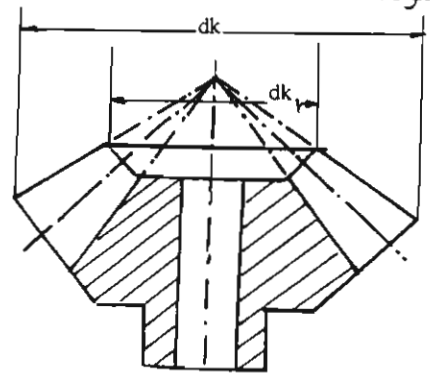
$$\beta = \alpha + A$$

زاویه کف دنده با زاویه تراش فرز:

زاویه ای که مولد مخروط کوچک با محور چرخ دنده می سازد زاویه کف با زاویه تراش با فرزمی نامند، که با حرف γ نشان داده شده ومقدارآن از $\hat{\gamma} = \hat{\alpha} - \hat{\beta}$ بدست می آید.

قطر خارجی چرخ دنده:

در چرخ دنده های مخروطی بر خلاف چرخ دنده های ساده دارای دو قطر بزرگ و کوچک در قسمت بزرگ و کوچک مخروط می باشد که آنها را با حروف dk و dk_1 علامت گذاری می نمایند. برای محاسبه قطر بزرگ ابتدا لازم است که مقدار x را از طرفین قطر متوسط محاسبه کرده و به قطر متوسط اضافه می کنیم، در این صورت فرمول به صورت زیر نوشته می شود:



$$x = hk\ Cos\alpha$$

$$dk = do + 2hk\ Cos\alpha$$

$$dk = do + 2M\ Cos\alpha$$

$$dk = MZ + 2M\ Cos\alpha$$

$$dk = M\ (Z + 2Cos\alpha)$$

پهنای چرخ دنده

معمولاً پهنای چرخ دنده را بر مبنای قدرت و نیرویی که بر آن وارد می شود محاسبه می کنند. همانطوری که قبلاً درباره چرخ دنده های ساده گفته شد پهنای چرخ دنده برابر ۵ الی ۱۰ مدول درنظر گرفته می شود.

ولی در چرخ دنده های مخروطی معمولاً این مقدار را برابر یک سوم طول مولد مخروط متوسط در نظر می گیرند.

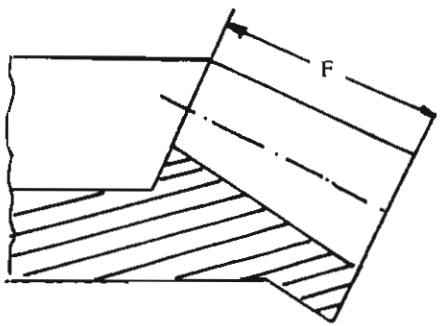
پهنای چرخ دنده $F = \frac{۱}{۳} E$

و اگر دو چرخ دنده با هم درگیر باشند باز دارای نسبت گردشی خواهند بود که برابر است با:

نسبت انتقال $I = \frac{h_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{do_2}{do_1}$

محاسبه سایر ابعاد چرخ دنده:

یک چرخ دنده مخروطی را درنظر بگیرید و ابعاد لازم را حروف گذاری کرده، فاصله قطر بزرگ را تا رأس آن y و از y تا کف دنده را z نشان دهید. ارتفاع تمام چرخ دنده را با مخروط بزرگ x فاصله قطر کوچک چرخ دنده را تا رأس آن را y می نامیم، محاسبات این ابعاد طبق قوانین زیر صورت می گیرد:



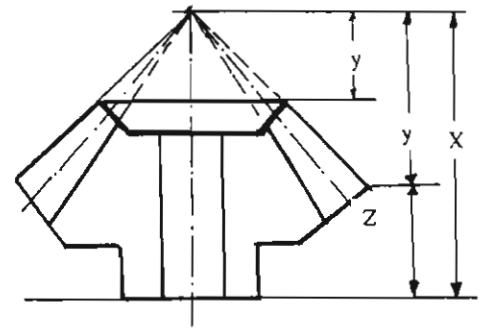
ارتفاع مخروط بزرگ $y = \frac{dk}{۲} Cotg\beta$

فاصله قطربزرگ در سر کوچک تا رأس مخروط

$$y = dk \frac{۱}{۲} Cotg\ \beta$$

فاصله قطر بزرگ در سر بزرگ تا کف چرخ دنده

$$dh_1 = do + 2Mm\ Cos\alpha$$



محاسبه مقدار اضافی کنار دندانه ها

مقدار اضافی کنار دندانه ها بر روی بزرگترین قطر متوسط چرخ دنده از رابطه زیر محاسبه می شود :

مقدار اضافی که باید از طرفین دندانه تراشید $H = \frac{S' - S}{۲}$

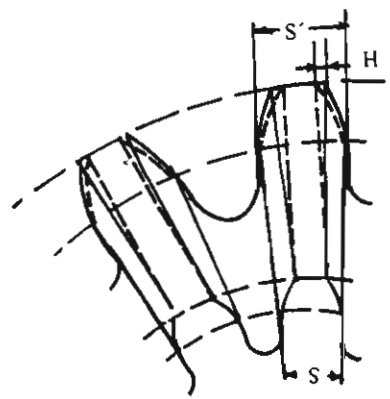
S'= اندازه بزرگترین ضخامت دندانه تراشیده شده با مدول کوچک

S= اندازه بزرگترین ضخامت دنده

مقدار S´را به وسیله کلیس مخصوص اندازه گیری می شود و مقدار S از فرمول زیر بدست می آید .

$S = \frac{۱۹}{۴۰} t$ $\qquad$ $S = \frac{۱۹}{۴۰} Mm . \pi$

با قرار دادن S و S´در رابطه بالا مقدار اضافی که باید تراشیده شود محاسبه و بدست می آید .



بغل تراشی دندانه های چرخ دنده مخروطی

بطوری که گفته شد در صورتی که مجبور شویم چرخ دنده های مخروطی را با ماشین فرز معمولی بتراشیم بدیهی است که این چرخ دنده ها به مراتب با چرخ دنده هایی که مخروطی بوده و با ماشین مخصوص تراشیده می شود نمی رسند . برای تکمیل این چرخ دنده ها باید بغل دندانه ها را در قسمت قطر بزرگ طبق قواعد زیر تراشید .

۱ ـ بغل تراشی با گردش دورانی دستگاه تقسیم روی صفحه مدرج .

در این رابطه باید ابتداء زاویه انحراف دستگاه را طبق زیر محاسبه کرد :

$$tg\alpha_1 = \frac{H}{F} = \frac{\frac{S' - S}{۲}}{F} = \frac{S' - S}{۲F}$$

H مقدار اضافی است که قبلاً محاسبه شده و F پهنای چرخ دنده است در این حالت پس از محاسبه زاویه α_1 باید دستگاه تقسیم را در محل خود باندازه زاویه مذکور منحرف نماییم آنگاه تیغ فرز مدول کوچک را پس از مماس کردن بکنار دنده کوچکتر قطر متوسط چرخ دنده به وسیله حرکت طولی میز ماشین فرز مقدار اضافی بغل دنده را تراشید ، پس از بغل تراشی کلیه دنده ها به مقدار H دستگاه را به اندازه $۲\alpha_1$ برخلاف جهت گردش اول دستگاه تقسیم نسبت به وضع قبلی خودچرخانیده ، سپس به ترتیبی که گفته شد کناره های اضافی طرف دیگر دنده ها را بتراشید .

۲ ـ بغل تراشی دندانه ها از طریق گردش دسته تقسیم (روش انحرافی)

در این حالت دستگاه تقسیم نسبت به محور خود ثابت بوده و از روی گردش دسته حلزون استفاده می شود . مقدار گردش دسته حلزون برای این مقدار برابر است با :

$$n = \frac{H. 40}{do\pi}$$

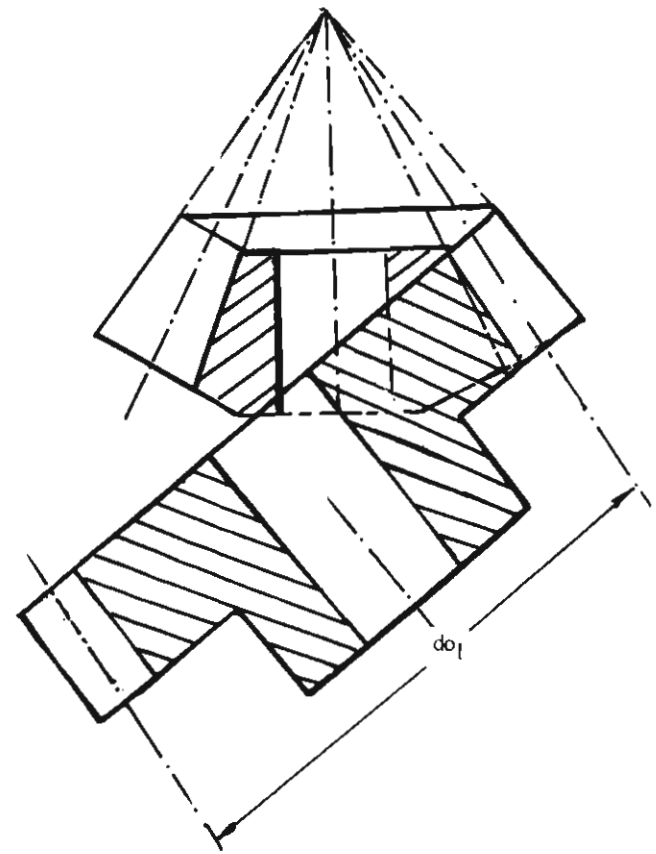
H = مقدار اضافی محاسبه شده

do = بزرگترین قطر متوسط چرخ دنده مخروطی

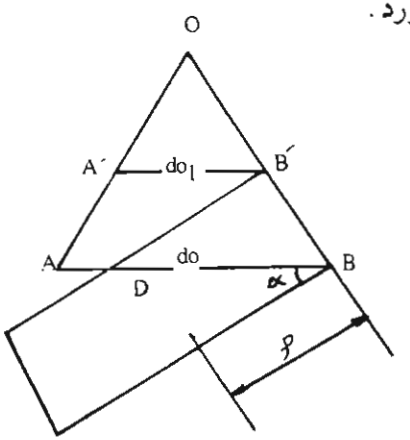
n = مقدار سوراخهای قابل انحراف جهت بغل تراشی

در این طریق پس از تراشیدن کلیه دندانه های چرخ دنده مخروطی با مدول کوچک دسته تقسیم را باندازه N سوراخ از محل خود منحرف ساخته و سپس به وسیله حرکت عرضی میز ماشین فرز (خلاف جهت حرکت کار) کناره کوچک دنده را با تیغه فرز مماس کرده و با حرکت طولی میز ماشین فرز دندانه را بطرف قطر بزرگتر بار داد، پس ازعمل بغل تراشی به مقدار H محاسبه را بطور عکس و به مقدار دو برابر جهت بغل تراشی دنده های طرف دیگر آماده ساخت.

محاسبه انتخاب تیغه فرز جهت تراشیدن چر خ دنده مخروطی



همانطوری که قبلاً متذکر شدیم برای تراشیدن چرخ دنده های ساده بامدول معلوم و تعداد دنده لازم تیغ فرزی انتخاب می کردیم که بتواند چرخ دنده مزبور را با منحنی های مشخص بتراشد. قبلاً برای تراشیدن چرخ دنده ۲۳ دنده ای از تیغ فرز شماره ۵ مدول ۱/۷۵ که می تواند دنده هایی از ۲۱ تا ۲۵ دندانه را بتراشد، استفاده می شود. ولی در چرخ دنده های مخروطی چون امتداد دندانه ها بامحور چرخ موازی نیست نمی توان از تیغ فرز برای تراشیدن چرخ دنده های ساده بکار می رود استفاده نمود. برای تعیین فرز انتخابی باید برای چرخ دنده مذکور شعاع انتخابی بدست آورده که در حکم چرخ دنده ساده باشد با بدست آوردن شعاع انتخابی می توان تیغ فرز را با توجه به شکل بدست آورد.



ابتدا مخروط متوسط چرخ دنده به صورت یک مثلث متساوی الساقین AOB را رسم کرده، حال باندازه پهنای چرخ دنده F=BB´ را روی مولد مخروط متوسط بدست می آوریم و از انتهای این طول خط do_1 قطر متوسط را در سر کوچک مخروط رسم می نماییم. در این حالت دو مثلث متساوی الساقین متشابه تشکیل می شود.

اگر از نقاط B و B' دو خط موازی یکدیگر و برمولد مخروط متوسط رسم شود تا خط عمودی BB´ محور چرخ دنده را در نقطه C قطع کند. حال طول وتر مثلث DBC را شعاع چرخ دنده انتخابی (ایده آل) نامید و آن را با حرف ρ نمایش می دهند. با داشتن قطر متوسط و زاویه شیب مخروط می توان مقدار ρ را از فرمول زیر حساب کرد:

do = قطر متوسط

ρ = شعاع انتخابی برای چرخ دنده ساده

$$\cos\alpha = \frac{\frac{do}{2}}{\rho} = \frac{do}{2\rho}$$

$$\rho = \frac{do}{2\cos\alpha}$$

چنانچه قطر چرخ دنده انتخابی را با di نمایش دهند، دراین صورت $\delta = ۲$ di و اگر بجای δ مقدارش را قرار دهیم برابر خواهد بود با:

$$di = \frac{۲\,do}{۲Cos\alpha} = \frac{do}{Cos\alpha}$$

حال برای تعیین تیغ فرز انتخابی باید دندانه های انتخابی (فرضی) را بدست آورد.

$$di = MZ_1 \qquad Z_1 = \frac{di_1}{M}$$

با قرار دادن مقدار انتخابی di_1 در رابطه بالا مقدار دنده های فرضی (انتخابی) بدست می آید.

$$Z_1 = \frac{Z}{Cos\alpha} \qquad Z_1 = \frac{ZM}{Cos\alpha M}$$

Z_1= تعداد دنده های انتخابی

Z= تعداد دنده های حقیقی

محاسبه زوایای شیب مخروط متوسط چرخ دنده های مخروطی

دو چرخ دنده مخروطی که با هم درگیر شوند ممکن است زاویه بین محورهای دو چرخ دنده برابر ۹۰° درجه کمتر و یا بیشتر از ۹۰° درجه باشند. دراین صورت زاویه مخروط متوسط (زاویه شیب مخروط متوسط) هر یک را می توان به روش زیر محاسبه کرد.

$$tg\alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (۱) \qquad tg\alpha_2 = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (۲)$$

در صورتی که زاویه بین دو محور کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه باشد می توان طبق روابط زیر زاویه مخروط متوسط را (زاویه شیب متوسط) محاسبه کرد. در شکل زیر مثلث OCD زاویه $\hat{D}$ مساوی است با $\hat{D} = \hat{\Sigma} + \hat{C}$ و $\hat{C} = \hat{D} - \hat{\Sigma}$

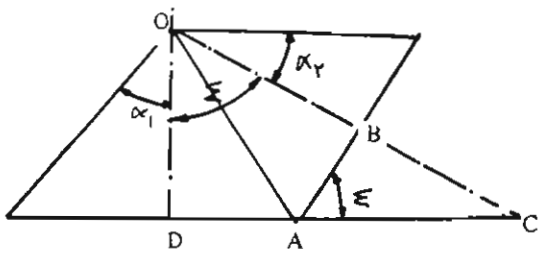
از طرفی در مثلث OAD برابر است با:

$$Cotg\alpha_1 = \frac{OD}{AD} = \frac{OD}{\frac{DO_1}{۲}} = \frac{۲OD}{DO_1} = \frac{۲OD}{Z_1M}$$ رابطه (۱)

در مثلث OCD

$OD = CD\,Cot g\Sigma$ رابطه (۲)

$CD = AD + AC$ یا $CD = \frac{MZ_1}{۲} + AC$



چون در مثلث ACB مقدار $AC = \frac{AB}{Cos\Sigma}$ می باشد، می توان به جای AB شعاع متوسط چرخ دنده ۲ را قرار داده و فرمول را بصورت زیر درآورد.

$$AC = \frac{AB}{Cos\Sigma} = \frac{\frac{do_2}{۲}}{Cos\Sigma} = \frac{do_2}{۲Cos\Sigma} = \frac{MZ_2}{۲Cos\Sigma}$$

$$CD = \frac{MZ_1}{۲} = \frac{MZ_2}{۲Cos۴}$$

$$CD = (\frac{MZ_1}{۲} = \frac{MZ_2}{۲Cos\Sigma})\,Cotg\Sigma$$

در صورتی که بجای $Cotg\Sigma$ مقدار $\frac{Cos\Sigma}{Sin\Sigma}$ را قرار دهیم، رابطه فوق بصورت زیر نوشته می شود:

$$Cotg\alpha_1 = Cotg\Sigma + \frac{Z_2 \times \frac{Cos\Sigma}{Sin\Sigma}}{Z_1\,Cos\Sigma} = \frac{Z_2\,Cos\Sigma}{Z_1\,Cos\Sigma\,Sin\Sigma}$$

$$Cotg\alpha_1 = Cotg\Sigma + \frac{Z_2}{ZSin\Sigma}$$

چون زاویه بین دو محور معلوم می باشد می توان زاویه شیب متوسط چرخ دنده دوم را بطریق زیر محاسبه کرد:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \Sigma$$

$$\alpha_2 = \Sigma - \alpha_1$$

زاویه مخروط متوسط چرخ دنده دوم:

مثال : مطلوبست محاسبه ساخت چرخ‌دنده مخروطی که دارای مدول ۳ و تعداد دنده آن ۳۰ و زاویه مخروط متوسط (زاویه شیب متوسط) آن ۳۰° درجه باشد .

قطر متوسط در قسمت بزرگ چرخ دنده $do = M . Z$ $do = ۳ \times ۳۰ = ۹۰$

قطر بزرگ چرخ دنده $dk = do + 2MCos\alpha$

$dk = ۹۰ + ۲ \times ۳۰ \times ۰/۸۶۶۰۳$ $dk = ۹۵/۲$

طول مولد متوسط $E = \frac{do}{۲ Sin\alpha} = \frac{۹۰}{۲ \times \frac{۱}{۲}} = ۹۰$ $E = ۹۰$

$tgA = \frac{hk}{E} = \frac{M}{E}$ $tgA = \frac{۳}{۹۰} = \frac{۱}{۳} = ٪۳۳$ $A = ۱°$ و $۵۶'$

$tgB = \frac{hf}{E} = \frac{۷M}{۶E} = \frac{۷ \times ۳}{۶ \times ۹۰} = \frac{۷}{۱۸۰} = ٪۳۹$ $B = ۲°$ و $۱۴'$

زاویه پیشانی : $\hat{\beta} = \hat{\alpha} + \hat{A}$ $\beta = ۳۰ + ۱/۵۶°$ $\beta = ۳۱/۵۶°$

جدول فرمول های محاسبات چرخ دنده های مخروطی

نام	فرمول	نام	فرمول
ارتفاع دنده	$h = \frac{۱۳}{۶} \times M$	زاویه متوسط مخروط	$tg\alpha = \frac{Sin\Sigma}{Cos\Sigma + \frac{z_2}{z_1}}$
ارتفاع سر وته دنده	$hk = M$	قطر متوسط	$do = M . Z$
ارتفاع متوسط	$hf = \frac{۷}{۶} M$	مدول چرخ دنده	$M = \frac{t}{\pi}$ یا $\frac{do}{Z}$
زاویه سر و ته دنده	$tgA = \frac{M}{E}$	گام دندانه	$t = \frac{do . \pi}{Z} = M . \pi$
	$tgB = \frac{۷}{۶} . \frac{M}{E}$	گام متوسط	$ti = Mi \times \pi$
قطر خارجی	$dk = M (Z + 2Cos\alpha)$	گام کوچک	$tm = Mm \times \pi$
پهنای دنده	$F = \frac{۱}{۳} E$	طول مولد مخروط	$E = \frac{do}{۲ sin\alpha}$
شعاع انتخابی	$= \frac{do}{۲ Cos\alpha}$	زاویه پیشانی	$\alpha 1 + \alpha 2 = \Sigma$

مراحل ساخت چرخ دنده های مخروطی

۱ ـ جنس چرخ دنده را انتخاب نمایید .

۲ ـ محاسبات لازم را برای تراش انجام دهید .

۳ ـ چرخ مذکور را به سه نظام ماشین تراش بسته و تراش لازم را انجام دهید .

۴ ـ بوسیله مته روی ماشین تراش در مرکز چرخ دنده سوراخی را ایجاد کنید .

۵ ـ توسط انحراف سوپرت دستی ماشین مخروط خارجی (مخروط کامل) را مخروط تراش کنید .

۶ ـ پیشانی مخروط کامل را آن قدر پیشانی تراشی کنید تا عرض دنده مساوی $\frac{۱}{۳}$ طول مولد مخروط متوسط گردد .

۷ ـ پشت چرخ دنده مخروطی شده را تا حد امکان تراشیده، تا از خمش میله محور مربوط به آن در موقع کار کاسته شود .

۸ ـ پشت چرخ دنده مذکور را مخروطی کنید، بطوری که زاویه مخروط با محور چرخ دنده برابر زاویه C متمم زاویه α شود .

۹ ـ چرخ مخروطی آماده شده را بر روی میله ای بسته و در یک سر میله از طرف قطر کوچک کمی بیرون آورده مهره‌ای را محکم ببندید، آنگاه آن را درداخل سه نظام دستگاه تقسیم ماشین فرز ببندید .

۱۰ ـ دستگاه تقسیم را باندازه زاویه γ زاویه کف دنده منحرف کنید .

۱۱ ـ تیغه فرز مدول کوچک را که قبلاً محاسبه شده به محور فرضی بسته و چرخ دنده را با تیغ فرز هم مرکز نمایید .

۱۲ ـ میز ماشین فرز را باندازه ارتفاع سر کوچک دنده از مبداء قطر کوچک و یا باندازه ارتفاع سر بزرگ دنده از مبداء قطر بزرگ بار دهید .

۱۳ ـ با حرکت طول میز ماشین فرز (خلاف جهت گردش تیغه فرز) شیاری برروی چرخ دنده ایجاد کنید .

۱۴ ـ پس از خارج شدن تیغه فرز از کار با حرکت طولی ماشین (عکس حرکت قبلی) کار را برای ایجاد دومین شیار آماده سازید .

۱۵ ـ با گردش دسته حلزون دستگاه تقسیم به اندازه I و حرکت طولی میز ماشین فرز شیار دیگری بر روی چرخ دنده ایجاد کنید .

۱۶ ـ با توجه به مراحل فوق کلیه دنده های چرخ دنده مخروطی را بتراشید .

۱۷ ـ پس از پایان چرخ دنده تراشی با مدول کوچک Mm دندانه ها را مطابق آنچه که قبلاً گفته شد بغل تراشی کنید .

۱۸ ـ در خاتمه پلیسه های اطراف و کنار چرخ دنده را تمیز نمایید .