KOEPFER
EMAG

GEAR HOBBING MACHINE

ماشینکاری تخصصی (۲)

۳-۱۵- درس ماشین‌کاری تخصصی ۲

	نظری	عملی
تعداد واحد	۱	۱
تعداد ساعت	۱۶	۴۸

نوع درس: تخصصی

پیش‌نیاز: ماشین‌کاری تخصصی ۱

هم نیاز: -

هدف کلی درس: ساخت انواع چرخ‌دنده‌ها، مارپیچ و چرخ‌دنده مارپیچ، بادامک و کره و کار با دستگاه‌های خاص

الف- سرفصل آموزشی و رئوس مطالب

ردیف	رئوس محتوا	زمان یادگیری (ساعت)	
		نظری	عملی
۱	دانش: تراشیدن چرخ‌دنده ساده با روش‌های تقسیم غیرمستقیم و اختلافی مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، انواع وسایل اندازه‌گیری، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، انواع ماشین فرز، خصوصیات انواع ماشین فرز، نحوه انتخاب ماشین فرز جهت فرزکاری چرخ‌دنده ساده، انتخاب تعداد دور و مقدار پیشروی، نحوه تنظیم دور و پیشروی روی دستگاه، انواع روغن‌های صنعتی، مفهوم سرعت برش، عوامل مؤثر در سرعت برش، جداول سرعت برش، دستگاه تقسیم و نحوه بستن و تنظیم و محاسبات آن، انواع تیغه‌فرز و نحوه انتخاب آن، انواع ابزارگیر ها روی دستگاه فرز، روش بستن انواع تیغه‌فرز روی دستگاه فرز، تنظیم محور فرز، زوایای ابزار، اصول بستن تیغه‌فرز، تیغه‌فرز مدولی، نحوه انتخاب تیغه‌فرز مدولی، روش تنظیم تیغه‌فرز مدولی، وسایل بستن قطعه کار، نحوه بستن قطعه کار روی دستگاه تقسیم، تنظیم قطعه کار با ساعت اندازه‌گیری، اصول فنی بستن قطعه کار روی دستگاه تقسیم، فرایند فرزکاری چرخ‌دنده ساده، محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های ساده و محاسبات مربوط به تقسیم غیرمستقیم و اختلافی	۲	۶
	مهارت: تراشیدن چرخ‌دنده ساده با روش‌های تقسیم غیرمستقیم و اختلافی مطابق نقشه کنترل ابعاد قطعه کار بر اساس نقشه، کنترل جنس قطعه کار بر اساس نقشه، انتخاب ماشین فرز، روغن‌کاری دستگاه، تهیه آب صابون، تنظیم تعداد دوران و مقدار پیشروی، بستن دستگاه تقسیم و تنظیم آن، بستن تیغه‌فرز مدولی با رعایت اصول فنی، انتخاب تیغه‌فرز مدولی متناسب با قطعه کار، بستن قطعه کار روی دستگاه تقسیم با رعایت اصول مربوطه، محاسبات لازم جهت تقسیم اختلافی، روش‌های تقسیم اختلافی، فرزکاری چرخ‌دنده ساده بر اساس نقشه و محاسبات انجام‌شده، روش‌های تقسیم اختلافی و محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های تعویضی و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		
۲	دانش: تراشیدن چرخ‌دنده‌های خاص مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، خصوصیات انواع ماشین فرز، نحوه انتخاب ماشین فرز جهت تراشیدن چرخ‌دنده‌های خاص (مخروطی و چرخ حلزون)، انواع تیغه‌فرزهای مورداستفاده جهت تراشیدن چرخ‌دنده‌های خاص، انتخاب تعداد دور و مقدار پیشروی، تنظیمات خاص ویژه دنده‌های خاص، نحوه انجام تنظیمات روی دستگاه برای دنده خاص، انتخاب دور، انتخاب پیشروی، نحوه تنظیم دور و	۴	۱۲

	پیشروی روی دستگاه، انواع دستگاه تقسیم و خصوصیات آن، محاسبات لازم جهت تراشیدن چرخ‌دنده خاص، نحوه تنظیم دستگاه تقسیم برحسب تعداد دنده چرخ‌دنده، نحوه ساعت کردن دستگاه تقسیم و دستگاه مرغک مربوطه، فرایند فرزکاری چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون، اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری و کنترل و محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون		
	مهارت: تراشیدن چرخ‌دنده‌های خاص مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، انواع وسایل اندازه‌گیری، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، انتخاب ماشین فرز، انتخاب تیغه‌فرز، بستن تیغه‌فرز، تنظیم تعداد دور، تنظیم مقدار پیشروی، تنظیمات ویژه دستگاه برای چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون، انتخاب دستگاه تقسیم، تنظیم دستگاه تقسیم و متعلقات آن برای چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون، تنظیم دستگاه تقسیم و مرغک با ساعت و بستن آن‌ها، نصب متعلقات چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون، بستن انواع تیغه‌فرز با رعایت اصول فنی، انتخاب تیغه‌فرز مناسب، بستن قطعه کار، تنظیم قطعه کار، تنظیم عمق بار فرزکاری چرخ‌دنده‌های مخروطی و چرخ حلزون بر اساس نقشه و محاسبات انجام‌شده و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		
۳	دانش: تراشیدن شیارهای مارپیچ و چرخ‌دنده‌های مارپیچ مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری و کنترل، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، خصوصیات انواع ماشین فرز، نحوه انتخاب ماشین فرز جهت تراشیدن شیارهای مارپیچ، انواع تیغه‌فرزهای مورداستفاده جهت تراشیدن شیارهای مارپیچ، نحوه انتخاب تیغه‌فرز، وسایل بستن تیغه‌فرز، نحوه بستن تیغه‌فرز، انتخاب تعداد دور و مقدار پیشروی، تنظیمات ویژه شیارهای مارپیچ روی دستگاه، انتخاب پیشروی، نحوه تنظیم دور و پیشروی روی دستگاه، انتخاب دستگاه تقسیم، نحوه تنظیم دستگاه تقسیم و مرغک با ساعت و بستن آن‌ها، نحوه تنظیم دستگاه تقسیم و متعلقات مربوطه برای شیار مارپیچ، محاسبات و تنظیمات لازم جهت شیار مارپیچ و تعداد شیارها، انواع تیغه‌فرز و نحوه انتخاب آن‌ها، انواع ابزارگیر ها روی دستگاه فرز، روش بستن انواع تیغه‌فرز روی دستگاه فرز، تنظیم محور فرز، زوایای ابزار، نحوه تیزکاری ابزار، اصول بستن تیغه‌فرز، وسایل بستن قطعه کار، نحوه بستن قطعه کار، نحوه تنظیم عمق بار، تنظیم وسایل بستن و قطعه کار با ساعت اندازه‌گیری، فرایند فرزکاری شیار مارپیچ و چرخ‌دنده‌های مارپیچ، محاسبات مربوط به شیارهای مارپیچ و چرخ‌دنده‌های مارپیچ، محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های تعویضی و اصول کار با دستگاه‌های تقسیم	۲	۶
	مهارت: تراشیدن شیارهای مارپیچ و چرخ‌دنده‌های مارپیچ مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، انواع وسایل اندازه‌گیری، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، انتخاب ماشین فرز، انتخاب تیغه‌فرز، بستن تیغه‌فرز، تنظیم تعداد دور، تنظیم مقدار پیشروی، تنظیمات ویژه دستگاه برای شیار مارپیچ، انتخاب دستگاه تقسیم، تنظیم دستگاه تقسیم و متعلقات آن برای شیارهای مارپیچ، تنظیم دستگاه تقسیم و مرغک با ساعت و بستن آن‌ها، نصب متعلقات مارپیچ‌تراشی، بستن انواع تیغه‌فرز با رعایت اصول فنی، انتخاب تیغه‌فرز مناسب، بستن قطعه کار، تنظیم قطعه کار، تنظیم عمق بار فرزکاری شیار مارپیچ و چرخ‌دنده-های مارپیچ بر اساس نقشه و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		

وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری
شورای برنامه ریزی آموزشی فنی و حرفه ای

٤	دانش: تراشیدن بادامک‌های صفحه‌ای و پیشانی مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری و کنترل، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، خصوصیات انواع ماشین فرز، نحوه انتخاب ماشین فرز جهت تراشیدن بادامک صفحه‌ای و پیشانی، انواع تیغه‌فرزهای مورداستفاده جهت تراشیدن بادامک صفحه‌ای و پیشانی، انتخاب تعداد دور و مقدار پیشروی، تنظیمات خاص بادامک صفحه‌ای و پیشانی، نحوه انجام تنظیمات روی دستگاه برای بادامک صفحه‌ای و پیشانی، انتخاب دور، انتخاب پیشروی، نحوه تنظیم دور و پیشروی روی دستگاه، انواع دستگاه تقسیم و خصوصیات آن، محاسبات لازم جهت تراشیدن بادامک صفحه‌ای و پیشانی، نحوه تنظیم دستگاه تقسیم، نحوه ساعت کردن دستگاه تقسیم و دستگاه مرغک مربوطه، فرایند ماشین‌کاری بادامک صفحه‌ای و پیشانی و کنترل و نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری	٢	٦
	مهارت: تراشیدن بادامک‌های صفحه‌ای و پیشانی مطابق نقشه کنترل ابعاد قطعه کار بر اساس نقشه، کنترل جنس قطعه‌کار طبق نقشه، محاسبه ابعاد لازم، تراش‌کاری قطعه کار بر اساس نقشه، تنظیم عده دوران و پیشروی، انتخاب دستگاه، بستن قطعه کار، انتخاب ابزار، بستن ابزار، انتخاب عده دوران، تنظیم عده دوران روی دستگاه، انتخاب پیشروی، تنظیم پیشروی، محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های تعویضی، تنظیم حرکت نسبی دورانی بین محور کار و ابزار ماشین‌کاری بادامک صفحه‌ای و پیشانی با استفاده از دستگاه‌های فرز یا سایر ماشین‌های ابزار و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		
٥	دانش: تراشیدن کره و کره داخلی (کاسه) مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری و کنترل، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، خصوصیات انواع ماشین فرز، نحوه انتخاب ماشین فرز جهت تراشیدن کره خارجی و داخلی، انواع تیغه‌فرزهای مورداستفاده جهت تراشیدن کره خارجی و داخلی، انتخاب تعداد دور و مقدار پیشروی، تنظیمات خاص کره خارجی و داخلی، نحوه انجام تنظیمات روی دستگاه برای کره خارجی و داخلی، انتخاب دور، انتخاب پیشروی، نحوه تنظیم دور و پیشروی روی دستگاه، انواع دستگاه تقسیم میز گردان و خصوصیات آن‌ها، محاسبات لازم جهت تراشیدن کره خارجی و داخلی، نحوه تنظیم دستگاه تقسیم، نحوه ساعت کردن دستگاه تقسیم و دستگاه مرغک مربوطه، فرایند ماشین‌کاری کره داخلی و خارجی و کنترل و نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری	٢	٦
	مهارت: تراشیدن کره و کره داخلی (کاسه) مطابق نقشه کنترل ابعاد قطعه کار بر اساس نقشه، کنترل جنس قطعه کار طبق نقشه، محاسبه ابعاد لازم، تراش‌کاری قطعه کار بر اساس نقشه، تنظیم عده دوران و پیشروی، انتخاب دستگاه، بستن قطعه کار، انتخاب ابزار ایکس سنتر، بستن ابزار، تنظیم ابزار، انتخاب عده دوران، تنظیم عده دوران روی دستگاه، ماشین‌کاری کره داخلی و خارجی با استفاده از دستگاه‌های فرز یا سایر ماشین‌های ابزار و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		
٦	دانش: تولید چرخ‌دنده به روش هاب، روش شیپینگ و شیوینگ مطابق نقشه اصول نقشه‌خوانی، وسایل اندازه‌گیری و کنترل، نحوه استفاده از وسایل اندازه‌گیری، شناخت مواد، فرایند تراش‌کاری، نحوه استفاده از چرخ‌دنده‌های تعویضی و محاسبات آن‌ها، نحوه	٤	١٢

وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری
شورای برنامه ریزی آموزشی فنی و حرفه ای

	انتخاب و نحوه تنظیم عده دوران و پیشروی، انواع وسایل بستن قطعه کار، نحوه انتخاب وسایل بستن، نحوه استفاده از وسایل بستن قطعه کار، انواع ابزار هاب، شیپینگ و شیوینگ، نحوه انتخاب ابزار هاب، شیپینگ و شیوینگ، نحوه بستن ابزار هاب، شیپینگ و شیوینگ، انواع ماشین‌های چرخ‌دنده تراشی با هاب، نحوه انتخاب ماشین، نحوه انتخاب عده دوران، نحوه تنظیم عده دوران روی دستگاه، نحوه انتخاب پیشروی، نحوه تنظیم پیشروی مناسب روی دستگاه، حرکت نسبی دورانی بین محور کار و ابزار، نحوه تنظیم حرکت نسبی دورانی بین محور کار و ابزار روی دستگاه و فرایند هاب‌کاری، شیپینگ‌کاری و شیوینگ		
	مهارت: تولید چرخ‌دنده به روش هاب، شیپینگ و شیوینگ مطابق نقشه کنترل ابعاد قطعه کار بر اساس نقشه، کنترل جنس قطعه کار طبق نقشه، محاسبه ابعاد لازم، تراش‌کاری قطعه کار بر اساس نقشه، تنظیم عده دوران و پیشروی، انتخاب دستگاه، بستن قطعه کار، انتخاب ابزار، بستن ابزار، انتخاب عده دوران، تنظیم عده دوران روی دستگاه، انتخاب پیشروی، تنظیم پیشروی، محاسبات مربوط به چرخ‌دنده‌های تعویضی، تنظیم حرکت نسبی دورانی بین محور کار و ابزار، انجام عملیات هاب‌کاری، شیپینگ کاری و شیوینگ و کنترل و اندازه‌گیری ابعاد قطعه کار در مراحل تولید		
۷	بازدید از مراکز و کارخانه‌های تولیدی که در این زمینه فعالیت دارند.	–	–
	جمع	۱۶	۴۸

وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری
شورای برنامه ریزی آموزشی فنی و حرفه ای

ب- مهارت های عمومی و تخصصی مورد انتظار

مهارت های :

- ساخت انواع چرخ‌دنده، مارپیچ‌تراشی، بادامک‌تراشی و کره تراشی
- امانت‌داری، مسئولیت‌پذیری و شایستگی حل مسئله

ج - منبع درسی (حداقل سه مورد منبع فارسی و خارجی)

عنوان منبع	مؤلف	مترجم	ناشر	سال انتشار
فرزکاری ۱ و ۲	محمدتقی محمود زاده و سید مصطفی ضیایی		آذریون	۱۳۹۳
چرخ‌دنده تراشی	مهندس احد آشوبی		انتشارات فن	۱۳۶۲
ماشین‌های ابزار	محمدرضا شب‌گرد و الیاس		دانشگاه	۱۳۹۲
در پیرامون ماشین‌کاری و ماشین-های ابزار	جان والکر	اکبر خورشیدیان	طراح	۱۳۸۳
چرخ‌دنده تراشی مفاهیم و ابزارها	مهرداد مرادی		طراح	۱۳۹۵
Machining Fundamentals	John R.Walker		Willcox	۱۹۹۸

فهرست

بخش اول :
یادآوری ۹

بخش دوم :
فرزکاری شیارهای مارپیچ ۳۳

بخش سوم :
فرزکاری چرخ دنده مارپیچ ۴۱

بخش چهارم :
فرزکاری چرخ دنده مخروطی ۵۲

بخش پنجم :
فرزکاری چرخ حلزون ۶۶

بخش ششم :
فرزکاری سطوح کروی ۸۰

بخش هفتم :
فرزکاری بادامک ۸۹

پیوست ۱۰۱

مراجع ۱۲۵

نکته های ایمنی و فنی در فرزکاری

۱-قبل از انجام هر عملیاتی، نحوه کار با ماشین و دستورات ایمنی، نوبت سرویس و محل های گریس کاری و روغن کاری را به دقت مورد مطالعه قرار دهید و پس از اطلاع از تمام نکته های بالا با دستگاه شروع بکار نمایید. همچنین انتخاب ماشین، تیغ فرز، وسیله بستن و روش کار اهمیت زیادی دارد و بهتر است که پس از انتخاب درست این عوامل، با دستگاه کار کنید.

۲-همواره از روپوش مناسب، عینک ایمنی و کفش کار استفاده نمایید.

۳-برای تمیزکردن براده های جمع شده روی میز ماشین فرز، از برس استفاده کنید. براده ها تیز و برنده هستند نباید به آنها دست زد. هرگز از شلنگ باد برای تمیز کردن ماشین استفاده نکنید چون ممکن است براده ها پرتاب گردد و به شما یا اطرافیان آسیب برساند. همچنین فشار هوا براده ها را به قسمتهای لغزنده دستگاه هدایت می کند که باعث خراشیده شدن ریلها و خرابی دستگاه خواهند شد همچنین قبل از کنار زدن براده ها، ماشین را متوقف کنید.

۴-بستن و بازکردن کار را فقط در حالت توقف ماشین انجام دهید. پیش از تنظیمات یا اندازه گیری و کنترل قطعه کار، ماشین فرز را حتماً خاموش کنید. هنگام تنظیم کار جهت جلوگیری از بروز حوادث ناشی از برخورد دست با تیغ فرز، باید کار را به اندازه کافی از تیغ فرز دور نمود.

۵-قبل از توقف ماشین، اهرم پیشروی را قطع نمایید. جای اهرم توقف ماشین را دقیقاً شناسایی کنید.

۶- محدودکننده های حرکت خودکار میز ماشین را در محلهایی تنظیم کنید که در صورت غفلت، امکان ایجاد آسیب به ماشین وجود نداشته باشد.

۷- از نزدیک کردن دست به تیغ فرز در حال گردش جداً خودداری کنید. در این حالت حتی دورکردن براده ها از سطح کار نیز خطرناک است.

۸-برای حمل هر نوع وسیله سنگین مثل گیره، دستگاه تقسیم، میز گردان و یا قطعه کار بزرگ از تجهیزات مناسب نظیر جکها و جرثقیلها استفاده نمایید و از دیگران نیز کمک بگیرید.

۹-مطمئن شوید که گیره بروی میز ماشین فرز و قطعه کار در گیره محکم بسته شده اند و توجه کنید که هنگام کارکردن با تیغ فرزهای نازک به محض نوسان، تیغ فرز مثل تیغ اره خواهد شکست.

۱۰-هنگام کار با کسی صحبت نکنید و از کسی هم نخواهید ماشین شما را روشن کند. هرگز ماشین روشن و در حال کار را ترک نکنید.

۱۱-اطراف ماشین را تمیز نگاه دارید.

۱۲-به هنگام سوارکردن تیغ فرز بروی میل فرز از یک پارچه ضخیم برای برداشتن آن استفاده کنید و هرگز با دست برهنه به تیغ فرز دست نزنید.

۱۳-از قراردادن وسایل اندازه گیری، چکش و سایر وسایل اضافی بروی میز ماشین جداً خودداری کنید.

۱۴-هیچگاه با وسایلی مانند کولیس، پیچ گوشتی، آچار و.... براده ها را تمیز نکنید و یا از آنها به عنوان چکش یا زیرکاری استفاده ننمایید.

۱۵-قطعه کار را تا حد امکان کوتاه و محکم و نزدیک به بدنه ماشین ببندید در غیر این صورت به علت بروز لرزش، سطح خوبی تولید نمی گردد.

۱۶-قبل از سوارکردن وسایل بستن مانند گیره ها و دستگاه تقسیم همچنین تیغ فرز و قطعه کار، سطوح تکیه گاهی آنها را کاملاً تمیز کنید.

۱۷-تیغ فرز را تا حد امکان نزدیک به بدنه ماشین ببندید.

۱۸-تیغ فرز را باید به محض کند شدن تیز نمود در غیر این صورت احتمال شکستن آن افزایش می یابد. در مورد تیغ فرزهای اینسرت دار توجه نمایید که که نوک همه اینسرتها سالم باشد. همچنین هنگام جابه جایی آنها مراقب باشید که به آنها ضربه وارد نگردد.

۱۹-قبل از شروع به کار، عده دوران، جهت گردش، سرعت پیشروی و عمق براده را انتخاب و دستگاه را برمبنای آنها تنظیم کنید.

۲۰-جهت گردش تیغ فرزها را باید مشابه جهت لبه برنده آنها انتخاب کرد و جهت حرکت پیشروی را برحسب روش براده برداری (همراه یا معکوس) نسبت به آن تعیین نمود. در کارگاه از روش فرزکاری همراه (موافق) استفاده نکنید.

۲۱-در شروع براده برداری لازم است که برای تعیین عمق براده ابتدا تیغ فرز را در حال دوران به سطح کار مماس کنیم. در نهایت عمق براده را تنظیم نموده، فرزکاری را آغاز می کنیم.

۲۲-از مایع خنک کننده مناسب استفاده نمایید.

نکته : وظیفه سیالات خنک کننده دور کردن براده ها از موضع ماشین کاری و خنک کردن و همچنین تا حدودی روانکاری محل ماشین کاری می باشد. استفاده از مایع خنک کننده متناسب با جنس قطعه کار و ابزار و شرایط ماشین کاری تغییر می کند. بطور کلی برای فولادهای معمولی که ویژگیهای خاصی ندارند عموما از روغنهای حل شونده در آب استفاده می گردد. نفت مایع خنک کننده مناسبی برای آلومینیم است و برنج و چدن نیز بدون استفاده از مایع خنک کننده و یا با دمش هوا، ماشین کاری می شوند. نکته مهم آن است که مایع خنک کننده باید از همان ابتدای عملیات به موضع ماشین کاری (بطور پیوسته و به میزان کافی) هدایت گردد. هرگز خنک کاری را به صورت منقطع و لحظه به لحظه انجام ندهید چرا که گرم و سرد شدن مرتب ابزار و قطعه کار علاوه بر ایجاد تنشهای حرارتی باعث تغییر ساختار متالورژیکی ابزار و قطعه کار می گردد.

ابزارهای کاربیدی (اینسرتها) با تنظیم صحیح سرعتهای ماشین کاری معمولاً نیازی به خنک کننده ندارند اما توجه کنید که این نوع ابزار به شوک حرارتی حساس می باشد و چنانچه می خواهید از مایع خنک کاری استفاده نمایید از همان ابتدای ماشین کاری این کار را انجام دهید.

۲۳-هنگام کار بار فرز عمودی باید از اعمال بار زیاد و حرکت سریع ابزار خودداری کرد در غیر این صورت تیغ فرز شکسته می شود و ممکن است باعث ایجاد جراحاتی در بدن گردد.

۲۴-چناچه مهره میل محور فرز محکم شده باشد از نیروی گرداننده خود ماشین برای باز کردن آن استفاده نکنید بلکه پس از توقف کامل ماشین با آچار مخصوص آن را باز کنید. همواره برای تعمیر، اندازه گیری و تعویض ابزار دستگاه را خاموش کنید.

۲۵- آچار میل فرز را بروی دستگاه جا نگذارید.

۲۶- ایجاد اشکال، خرابی، شکستن ابزار و پیش آمدهایی از این گونه را به سرپرست کارگاه اعلام کنید.

بخش اول

یادآوری

۱)مقدمه

طبق تعریف ارائه شده در استاندارد ISO 1121-1 هر قطعه دندانه داری که برای انتقال حرکت به قطعه ای مشابه یا دریافت حرکت از آن از طریق درگیری پیاپی دندانه‌ها به کار رود چرخ دنده نامیده می شود. قدمت چرخ دندها را می توان با قدمت اولین ماشین ساخته شده توسط بشر یعنی چرخ سفال گری برابر دانست. چرخ دنده های اولیه بیش از سه هزار سال قبل برای انتقال حرکت دورانی به کار گرفته می شدند. این چرخ دنده ها در حقیقت استوانه هایی از چوب بوده اند که میله های چوبی به عنوان دندانه بروی آنها نصب می شده است. چرخ دنده های چوبی، چرخهای آبی را به ماشینهایی متصل می کردند که برای آسیاب گندم و چکش زنی فلزها به کار می رفته اند. ظاهراً بعدها یونانیان چرخ دنده های فلزی با دندانه های گوه ای شکل را به کار برده اند.

نمونه ای از یک چرخ دنده اولیه از جنس چوب

با پیشرفت تکنولوژی، سیستمهای به کار رفته برای انتقال نیرو نیز پیشرفت کرده است. شاید بیشترین وسایل بکار برده شده در انتقال نیرو و گشتاور، چرخ دنده ها هستند. یکی از عوامل پیشرفت در ماشینها (ماشینهای صنعتی یا وسایط نقلیه) پیشرفت در چرخ دنده ها است و با توجه به همین موضوع سیستمهای انتقال نیرو از جمله سیستم های چرخ دنده ای در صنعت بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. از جمله کاربردهای چرخ دنده ها می توان به موارد زیر اشاره نمود :

الف)ماشینهای فلزتراشی و ابزارسازی از قبیل ماشینهای تراش، صفحه تراش، ماشینهای فرز و ...

ب)وسایط نقلیه، اتوبوسها، کامیونها، خودرو های کوچک

ج)انواع تراکتور ها، تراکتور های کشاورزی، خاک برداری، ماشینهای جاده سازی.

د)دستگاههای بالابرنده و ماشینهای نیرو (جرثقیل ها و توربین ها)

ه)ماشینهای غلتک کاری، ماشینهای پرس لنگ و پرسهای هیدرولیکی

و)وسایل مورد استفاده در نیروی دریایی و کشتیها

بطورکلی چرخ دنده از وسایل ضروری صنعت امروز می باشد که اهمیت روزافزون آن موجب شده است کشورهای پیشرفته جهان در ساخت و اندازه گیری آن دقت زیادی به کار برند.

۲) تعاریف

تعاریف زیر بر اساس استاندارد ISO 1121-1 (فرهنگ واژه های چرخ دنده) آورده شده است.

۱-چرخ دنده : هر قطعه دندانه داری که برای انتقال حرکت به قطعه ای مشابه یا دریافت حرکت از آن از طریق درگیری پیاپی دندانه‌ها به کار رود چرخ دنده نامیده می شود.

۲-چرخ دنده‌ی استوانه‌ای : چرخ دنده‌ای که سطح مرجع آن استوانه‌ای باشد.

۳-چرخ دنده‌ی مخروطی : چرخ دنده‌ای که سطح مرجع آن مخروطی باشد.

۴-چرخ دنده‌ی ساده : چرخ دنده‌ای استوانه‌ای که رد گام دندانه‌هایش خط راست و پدید آورنده استوانه‌ی مرجع آن باشد.

۵-چرخ دنده‌ی مارپیچ : چرخ دنده‌ای استوانه‌ای که رد گام دندانه‌هایش مارپیچ باشد.

۶-چرخ دنده‌ی مخروطی راست (چپ) دندانه : چرخ دنده‌ای مخروطی که رد گام دندانه‌هایش خط راست (چپ) و پدیدآور سطح مرجع مخروط مرجع آن باشد.

۷-حلزون : چرخ دنده‌ای استوانه‌ای یا چنبره‌ای که با چرخ حلزون درگیر باشد.

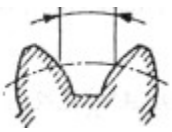
۸-چرخ حلزون : چرخ دنده‌ای که رویه دندانه‌هایش (سطح جانبی دندانه) بتوانند با رویه‌ی دندانه‌های حلزون درگیر و با آن روی محورهای متنافر تماس خطی پیدا کنند .

۹-دندانه‌ی چرخ دنده : هر یک از اجزاء برجسته‌ی چرخدنده که بر اثر تماس با اجزاء مشابه از چرخدنده‌ی دیگر موجب تأمین چرخش یکی توسط دیگری شود.

۱۰-دهانه‌ی دندانه : فضای بین دو دندانه‌ی مجاور چرخ دنده

۱۱-رخساره‌ی دندانه : خط یا خم حاصل از تقاطع رویه‌ی دندانه با هر صفحه که سطح مرجع را قطع کند(شکل روبرو).

۱۲-ضخامت دندانه : طول کمان دایره‌ی مرجع بین رخساره‌های دو طرف یک دندانه



۱۳-پهنای دهانه : طول کمان دایره‌ی مرجع بین دو رخساره‌ی روبرو به هم (شکل روبرو)

۱۴- دایره گام : دایره حاصل از تقاطع استوانه گام با صفحه‌ای عمود بر محور چرخ دنده

۱۵-قطر گام : قطر دایره‌ی گام

۱۶-دایره‌ی سر (یا بن) دندانه : خط تقاطع استوانه‌ی سر (یا بن) با صفحه‌ای عمود بر محور چرخ دنده

۱۷-قطر سر (یا بن) دندانه : قطر دایره‌ی سر (یا بن) دندانه

۱۸-گام : طول کمان دایره‌ی مرجع بین دو رخساره‌ی همسوی پیاپی

۱۹-مدول : نسبت گام بر حسب میلی متر بر عدد π یا نسبت قطر مرجع (به میلی متر) بر تعداد دندانه‌ها

۲۰-مارپیچ : خمی است بر روی هر استوانه که خطوط مماس بر همه‌ی نقاط آن نسبت به محور استوانه دارای شیب ثابت باشند.

۲۱-سیکلوییید : خمی است صفحه‌ای که از حرکت نقطه‌ای از دایره (دایره‌ای پدیدآور) در هنگام غلتش خالص (بدون لغزش) آن بر روی خط راست ثابت (خط مبنا) پدید می‌آید.

۲۲-اینولوت دایره‌ای : خمی است واقع در صفحه که از حرکت نقطه‌ای از خط راست (خط پدیدآور) در هنگام غلتش بدون لغزش آن بر روی دایره‌ای ثابت (دایره‌ی مبنا) پدید می‌آید.

۳)انواع چرخ دنده

۱-۳)بر اساس مسیر تماس یا شکل مقطع دندانه

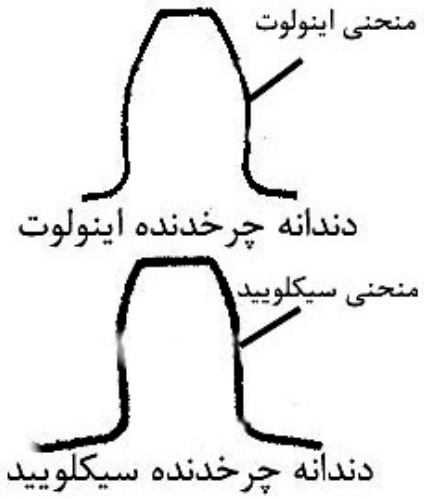
هنگامی که دو چرخ دنده درگیر می شوند، مسیر تماس یا درگیری معینی را طی می کنند. شکل این مسیر در هر جفت چرخ دنده ثابت است و البته به فرم دندانه ها بستگی دارد. تجربه و تحقیق نشان داده است که دو منحنی سیکلوئید و اینولوت، مناسب ترین مسیرهای تماس برای چرخ دنده ها می باشند و چرخ دنده هایی که بر اساس آنها ساخته می شوند مزایا و کاربردهای مختلف صنعتی دارند (کلمه **Cycloid** یعنی منحنی شبیه دایره و کلمه **Involute** به معنی پیچ دار یا تو در تو می باشد.).

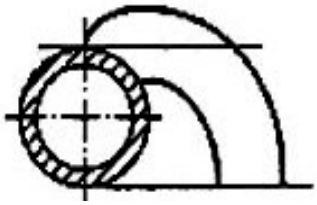
در چرخ دنده هایی که منحنی تماس آنها سیکلوئید است، پا یا ریشه دندانه کوچکتر می باشد و لذا این نوع چرخ دنده ها قادر به تحمل و انتقال نیروهای زیاد نیستند و عموماً در کارهای دقیق و ظریف مانند وسایل اندازه گیری یا ساعتها کاربرد دارند. اما چرخ دنده هایی که بر اساس منحنی تماس اینولوت ساخته می شوند ریشه دندانه ضخیمتری دارند در نتیجه مقاومت دندانه بیشتر بوده، در مقابل نیروهای ضربه ای، خمش و برشی مقاومت می نمایند. به همین دلیل کاربرد آنها در صنعت، عمومی تر و بیشتر است. انتخاب منحنی اینولوت جهت نمایش منحنی دندانهٔ چرخ دنده دو مزیت دارد :

۱)سرعت یک جفت چرخ دنده اینولوت بدون توجه به خطا ها یا تغییرات جزئی در فاصله مرکز تا مرکز دو چرخ دنده، ثابت است.

۲)یک چرخ دنده اینولوت دارای دندانه های مستقیم است به این ترتیب با یک تیغ فرز نسبتاً ساده می توان یک اینولوت با شکل پیچیده تولید کرد.

با توجه به اینکه چرخ دنده های اینولوت، بخش بزرگی از چرخ دنده های بکار رفته در صنعت را تشکیل می دهند متن حاضر نیز به بررسی این چرخ دنده ها اختصاص خواهد داشت.

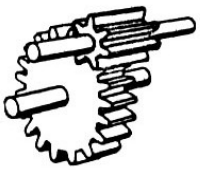




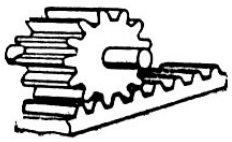
منحنی اینولوت

منحنی سیکلوئید

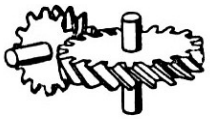
۲-۳)بر اساس کاربرد


چرخ دنده ساده

الف)چرخ دنده های ساده: از این چرخ دنده ها برای انتقال حرکت در محورهای موازی استفاده می گردد. دنده های این نوع چرخ دنده ها موازی محور آنها است و بروی محیط استوانه ای ایجاد می گردد.جهت دوران دو چرخ دنده ساده درگیر که بروی محورهای موازی قرار دارند، مخالف یکدیگر است.


چرخ وشانه

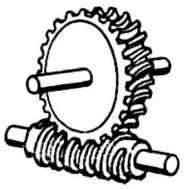
ب)چرخ دنده های شانه ای: این نوع چرخ دنده ها معمولاً برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت مستقیم بکار می روند (مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش و یا حرکت عمودی میز دریل رومیزی و ستونی) و بادندانه های ساده یا مورب ساخته می شوند.


چرخ دندهٔ مارپیچی

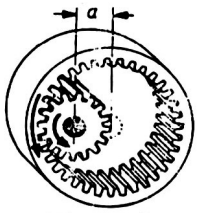
ج) چرخ دنده های مارپیچ: این نوع چرخ دنده ها برای انتقال نیرو در محور های موازی و محور های زاویه دار یا محورهایی که نسبت به هم متنافر می باشند بکار می روند.نسبت به چرخ دنده های ساده آرامتر بوده با سروصدای کمتری کار می کنند و مقاومت آنها بیشتر از چرخ دنده های ساده است.

چرخ دندهٔ مخروطی

ه)چرخ دنده های مخروطی: از این نوع چرخ دنده ها برای انتقال نیرو در محور های عمود برهم و یا محورهایی که با هم متقاطع بوده و زوایه بین آنها کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه است استفاده می گردد.دندانه های این نوع چرخ دنده ها بروی محیط یک مخروط ناقص به صورت ساده و یا به صورت مارپیچ ایجاد می شود.

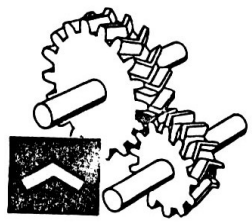

حلزون وچرخ حلزون

و)چرخ دنده های حلزونی: این نوع چرخ دنده ها جهت کاهش سرعت روی دو محور عمود برهم بکار می روند. ساختمان این چرخ دنده ها شبیه چرخ دنده های مارپیچ است، با این تفاوت که با پیچ حلزون درگیر می شوند و به همین دلیل در سطح خارجی آنها شکل قوس مانندی ایجاد می شود که به نوع پیچ بستگی دارد.



چرخ دنده داخلی

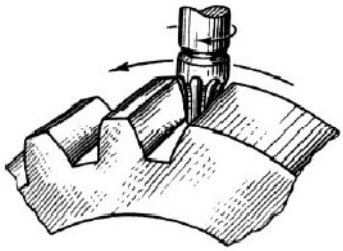
ح)چرخ دنده های ساده داخلی: این نوع چرخ دنده ها را در مواردی که دو محور نسبت به یکدیگر نزدیک هستند و امکان استفاده از دنده های ساده خارجی دیگر وجود ندارد مورد استفاده قرار می دهند. بدیهی است همانطور که می توان روی محیط استوانه ای دندانه ایجاد نمود در داخل استوانه ها نیز می توان دندانه ساده یا مارپیچ ایجاد کرد این نوع چرخ دنده ها دارای استقامت و دوام بیشتری می باشند.


چرخ دنده جناغی

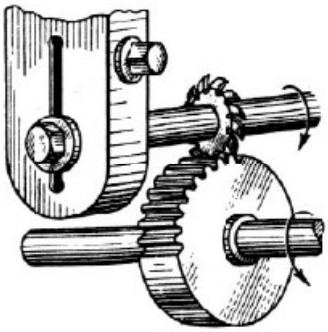
ط)چرخ دنده های جناغی: دندانه های این نوع چرخ دنده ها را طوری بروی محیط استوانه ایجاد می کنند که دندانه ها نسبت به هم زاویه دار باشند و معمولاً این زاویه از ۹۰ درجه کمتر است.

۴)روشهای تولید چرخ دنده

روشهای تولید چرخ دنده به دو گروه با براده برداری و بدون براده برداری قابل تقسیم است. در روشهای براده برداری توسط انواع ماشین ابزار عمومی و تولیدی می توان چرخ دنده های گوناگونی تولید نمود. ماشینهای فرز زانویی و یونیورسال از جمله ماشین ابزار عمومی هستند که به کمک دستگاه تقسیم می توانند انواع چرخ دنده ها را در تعداد کم تولید نمایند. در این ماشینها از تیغ فرزهای مدولی انگشتی یا پولکی استفاده می شود.

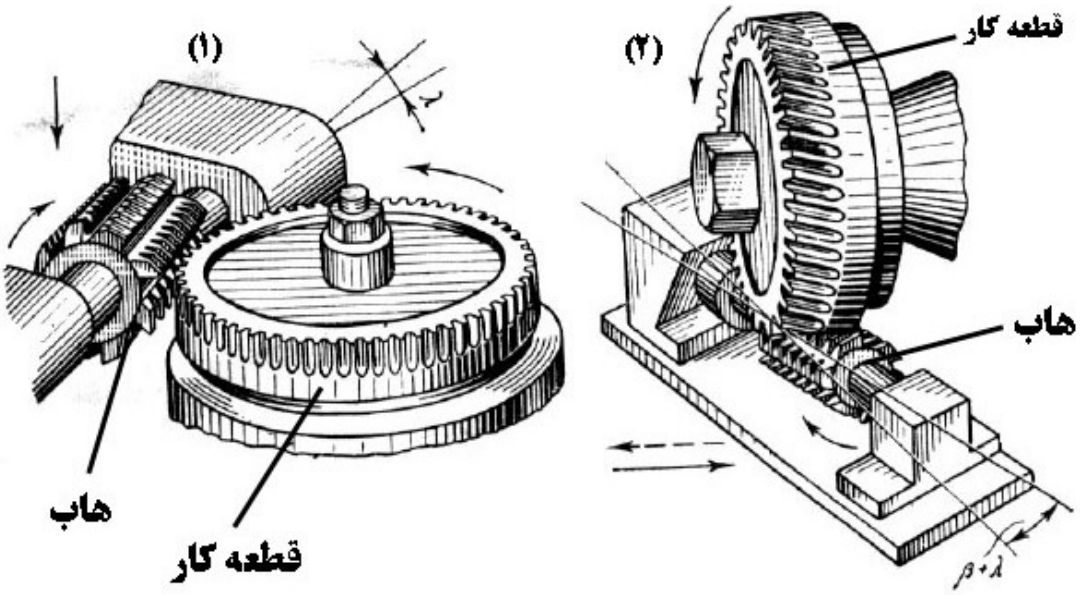


تیغ فرز انگشتی مدولی



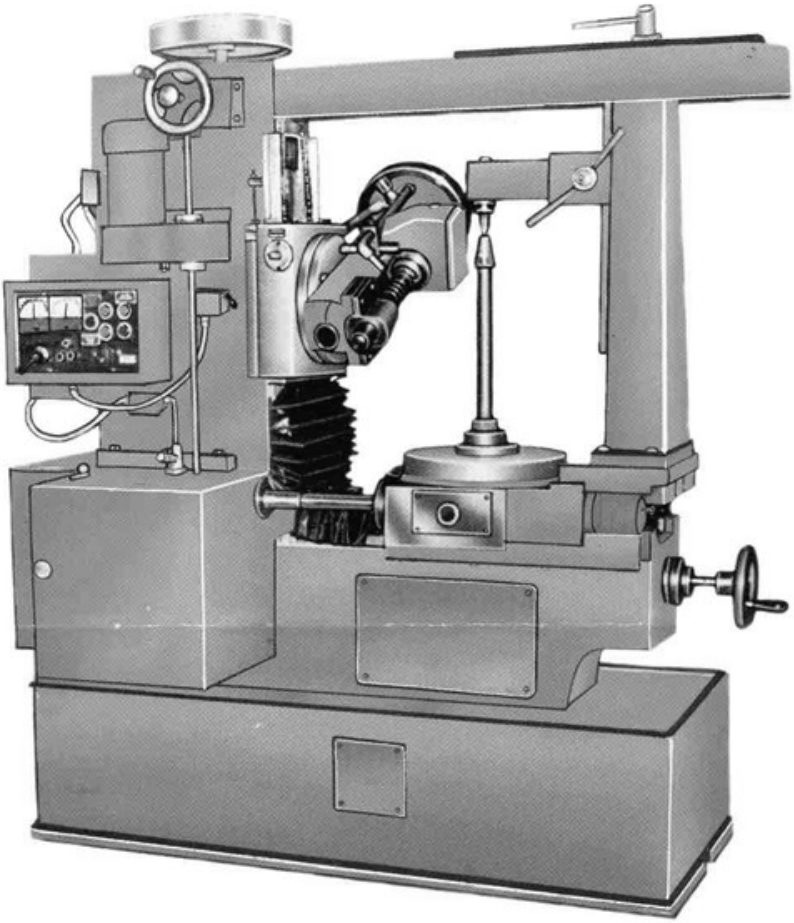
تیغ فرز پولکی مدولی

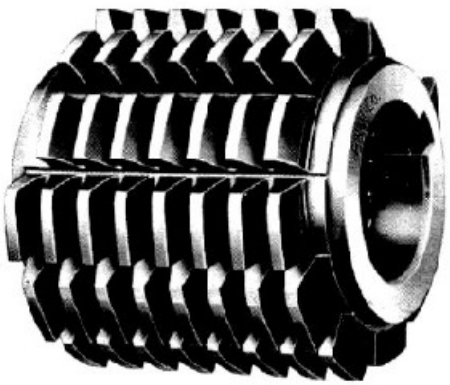
اما برای تولید در تعداد زیاد از ماشین ابزار تولیدی مخصوص چرخ دنده زنی یعنی هابینگ (چرخ دنده تراشی غلتی) و ماشین کله زنی (چرخ دنده تراشی رفت و برگشتی) استفاده می شود. برای تولید برخی از چرخ دنده ها مانند چرخ دنده های ساده ماشینهای خان کشی نیز بکار می روند.

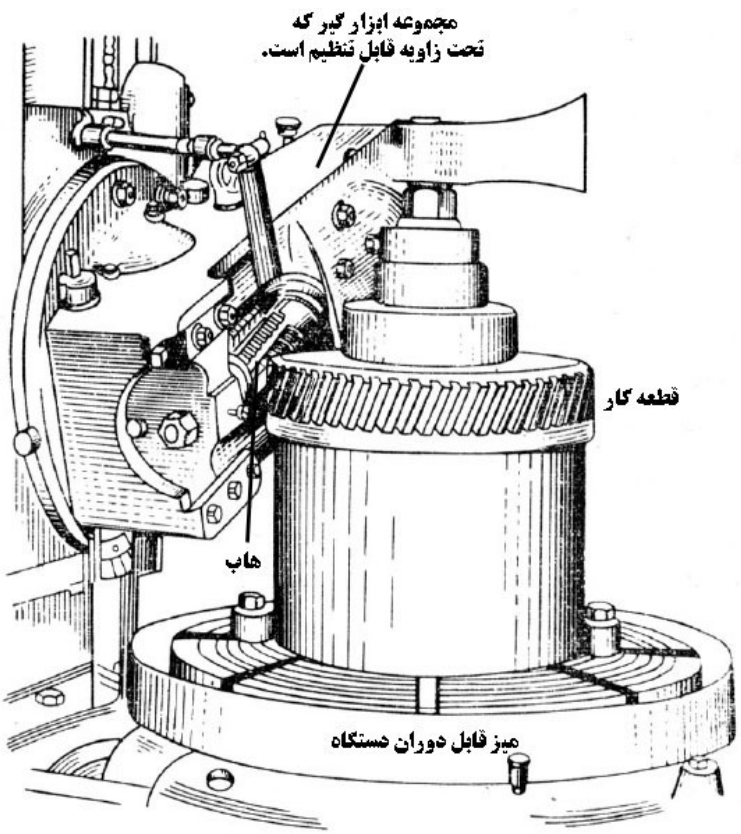


روش تولید چرخ دنده ساده (۱) و مارپیچ (۲) به کمک دستگاه هابینگ

در این روش ابزاری چند دندانه به نام هاب (Hob = ابزار مارپیچ یا فرز چرخ دنده زنی) که فرم دندانه های آن متناسب با فرم دندانه های چرخ دنده است (اینولوت) بروی محور دستگاه می چرخد و از روی قطعه کاری که با سرعتی مناسب دوران می کند بار برداری می نماید. فرز هابینگ نیازی به دستگاه تقسیم ندارد اما دندانه ها را با فاصله صحیح تولید می کند.

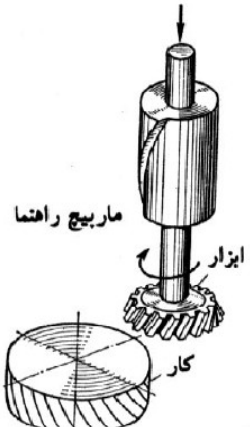


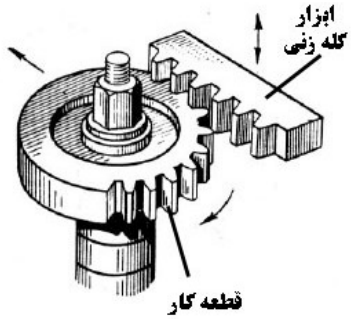


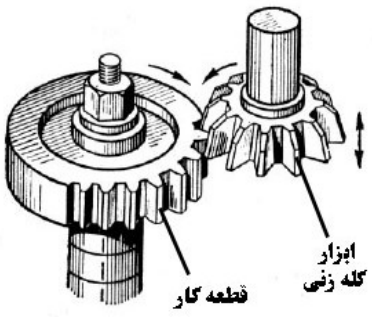


بالا : نمونه ای از ماشین هابینگ-پایین راست : نحوه تنظیم قطعه کار و ابزار-پایین چپ : هاب

در روش کله زنی ابزاری به نام ابزار کله زنی با یک حرکت رفت و برگشتی عمودی مداوم، روی قطعه کار بار داده می شود. قطعه کار نیز با سرعت مناسبی حول محور خود می چرخد. به این ترتیب دندانه ها بروی قطعه کار تولید می گردد.





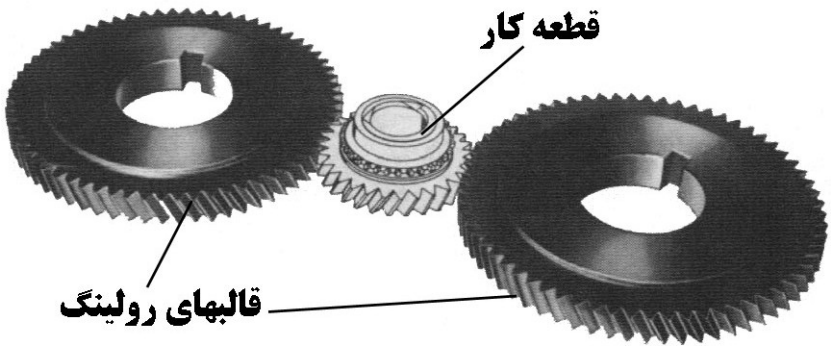


راست : چرخ دنده زنی با ماشین کله زنی و ابزار کله زنی پنجه ای (راست) و شمشی (چپ)
چپ : تولید چرخ دنده مارپیچ به روش کله زنی (ابزار کله زنی بروی مارپیچ راهنما هدایت می گردد)

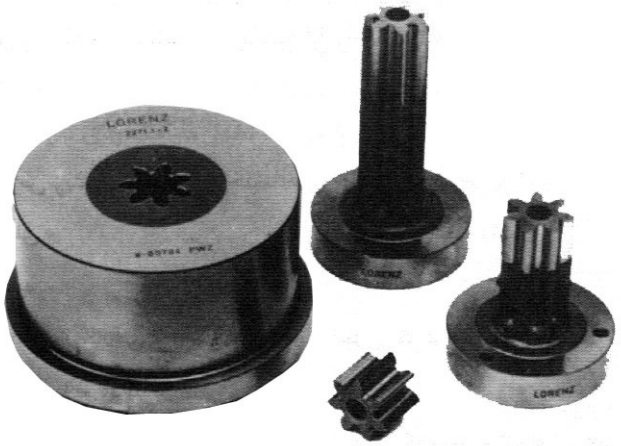
یک ابزار کله زنی دو تایی در آن واحد دو قطعه را ماشین کاری می کند.

روشهای تولید چرخ دنده بدون براده برداری به علت مزایای اقتصادی خوبی که دارند در تولید انبوه چرخ دنده ها به کار گرفته می شوند. از این فرایندها در تولید چرخ دنده هایی با دقت کم یا با استحکام کم بیشتر استفاده می گردد. از جمله این روشها می توان به رولینگ چرخ دنده، متالورژی پودر و پولک زنی اشاره نمود. تجربه نشان داده است که برای تولید چرخ دنده های دقیق بهتر است هر دو گروه فرایند با و بدون براده برداری به صورت ترکیبی بکار روند.

در روش رولینگ (غلتک کاری) ابتدا چرخ دنده، خشن تراشی می گردد و سپس تحت فشار زیاد و طی حرکتهای دورانی دو قالب رولینگ که روبروی یکدیگر قرار دارند قطعه کار غلتک زده می شود. در امتداد خط تماس چرخ دنده و قالب غلتک کاری یا رولینگ تغییر شکل پلاستیک اتفاق می افتد که سطح پرداختی بروی قطعه کار ایجاد می نماید. مدت زمان باردهی خودکار بین ۶ تا ۱۰ ثانیه است.



در روش متالورژی پودر که برای تولید انبوه چرخ دنده های با دقت کم و استحکام محدود بکار می رود در کوتاهترین زمان می توان چرخ دنده تولید نمود. در این روش درون قالبی فلزی به شکل چرخ دنده، پودر ماده خام (فلزی که به صورت پودر تبدیل شده است) تحت فشار زیاد و در دمای معین شکل داده می شود. شکل زیر قالب متالورژی پودر و سنبه آن را همراه یک چرخ دنده تولید شده نشان می دهد.



جهت تولید انبوه چرخ دنده های با دقت کم از روش پولک زنی نیز استفاده می گردد. در این روش باید قالب و پانچ مورد نظر متناسب با ابعاد چرخ دنده تهیه گردد.

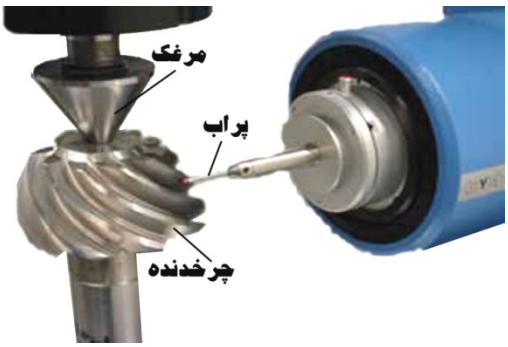
برای اطلاع بیشتر در زمینه روشهای تولید چرخ دنده به کتاب چرخ دنده تراشی ترجمه مهرداد مرادی انتشارات طراح مراجعه نمایید.

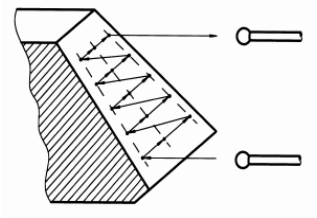
۵)اندازه گیری چر خ دنده ها

ماشین CNC با نرم افزار بازرسی چرخ دنده از رایجترین و دقیقترین روشهای بررسی چرخ دنده ها می باشد. این ماشینها بسته به مدل و مشخصاتی که دارند می توانند انواع چرخ دنده ها که قطر خارجی آنها به چند متر و وزنشان به چند تن می رسد را کنترل نمایند. اجزای تشکیل دهنده این ماشینها عبارتند از :

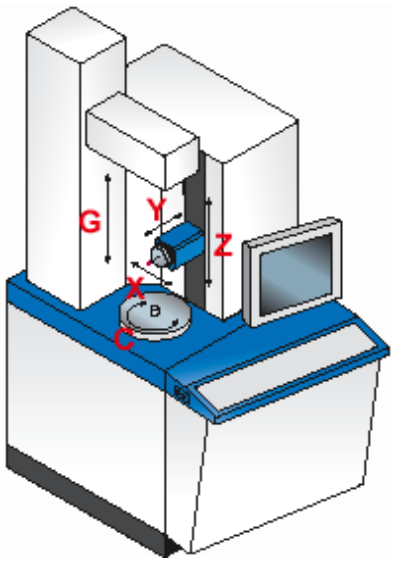
۱. چاپگر
۲. مجموعه تکیه گاه مرغک و مرغک
۳. سیستم تعویض خودکار پراب (حس گر)
۴. واحد کنترل CNC
۵. بستر ماشین که میز گردان قطعه کار روی آن قرار دارد.
۶. صفحه نمایش کامپیوتر
۷. صفحه کلید متصل به کامپیوتر
۸. محورهای اندازه گیری X,Y,Z
۹. سیستم سه بعدی پراب یا حس گر

نحوه کنترل سطح دندانه در این ماشینها به صورت نشان داده شده در شکلهای زیر است.



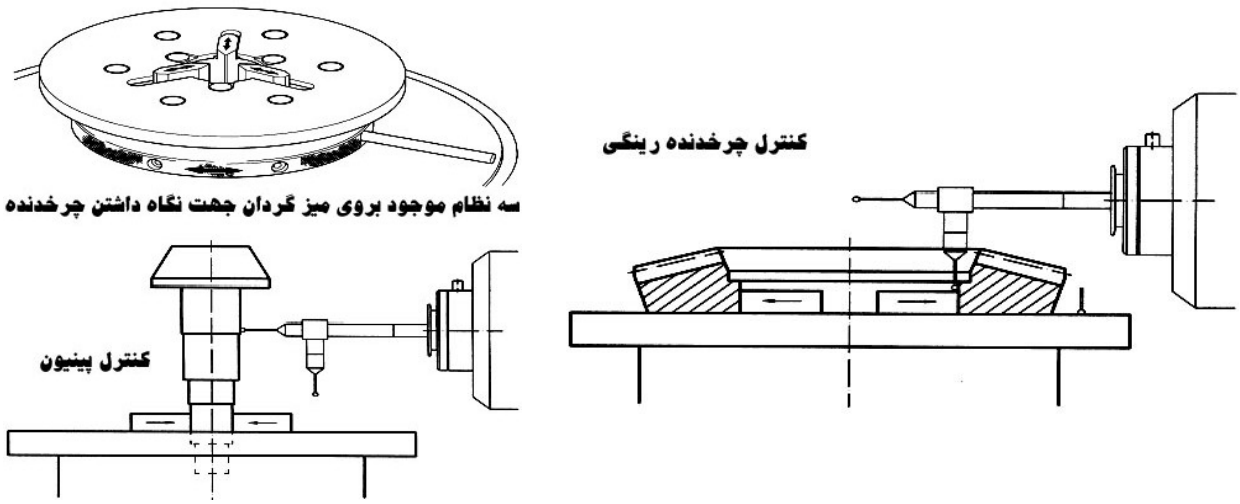


ترکیبهای گوناگونی از محورهای مرکز اندازه گیری چرخ دنده برای انواع اندازه گیری بکار می روند به عنوان مثال :



C,X,Y,Z برای بررسی پهلوی دندانه
Y و C برای بررسی پینیون
Z و C برای بررسی چرخ دنده رینگی

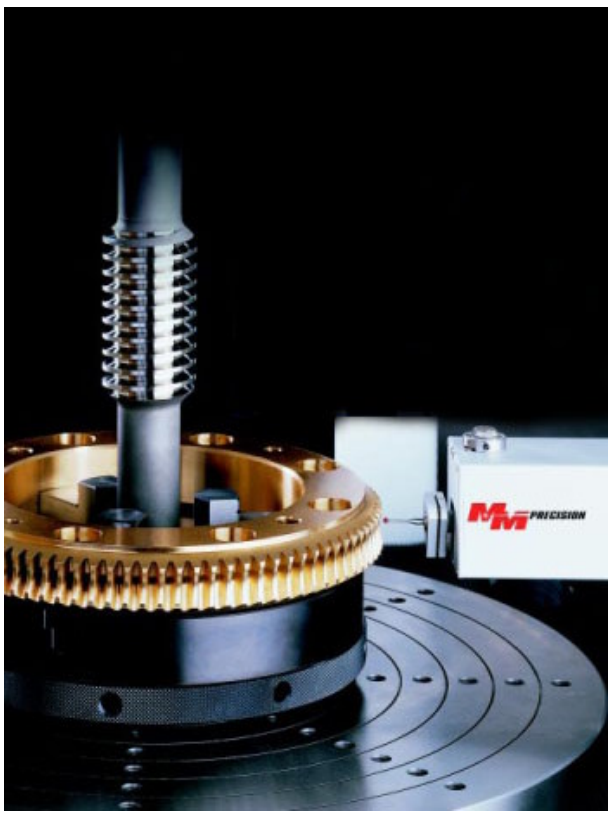
در شکلهای صفحه بعد نحوه نگاه داشتن انواع چرخ دنده (پینیون یا چرخ دنده کوچک و کرانویل یا چرخ دنده رینگی) بروی میز گردان و پراب بررسی چرخ دنده نشان داده شده است.



نمونه ای از کاربرد این دستگاه در بررسی چرخ دنده ها

همچنین دستگاه دارای برنامه محاسبه چرخ دنده با این ویژگیها می باشد :
طراحی چرخ دنده ها، محاسبه اجزای چرخ دنده، تحلیل نحوه تماس دندانه، نمایش منحنی مسیر تماس، نمایش شکل دندانه، تعیین مقدار پس زنی و زاویه آزاد نوک دندانه، رسم شکل مقطع دندانه، ارائه اندازه های اسمی چرخ دنده، محاسبه مقدار خطا در ساخت چرخ دنده
در شکلهای زیر اندازه گیری نمونه ای دیگر از چرخ دنده ها به کمک این نوع ماشینها دیده می شود.

اندازه گیری چرخ دنده مخروطی مارپیچ



اندازه گیری چرخ و پیچ حلزون

۶)استاندارد چرخ دنده ها

برای چرخ دنده ها استانداردهای تقریباً کاملی تدوین شده است. شماره و عنوان هر استاندارد در این بخش آورده می شود. به خواننده توصیه می گردد جهت بررسی متن این استانداردها به کتاب سه جلدی استانداردهای کامل چرخ دنده ها و گیربکسها ترجمه فتح ا... معروفی انتشارات پرتو علم مراجعه نماید.

ردیف	استاندارد	موضوع
۱	DIN 3998 بخش اول	نام گذاری و دسته بندی چرخ دنده های جفت-تعاریف عمومی
۲	DIN 3998 بخش دوم	نام گذاری و دسته بندی چرخ دنده های جفت-چرخ دنده های استوانه ای
۳	DIN 3998 بخش سوم	نام گذاری و دسته بندی چرخ دنده های جفت-چرخ دنده های مخروطی هیپوئید
۴	DIN 3998 بخش چهارم	نام گذاری و دسته بندی چرخ دنده های جفت-چرخ دنده های حلزونی
۵	DIN 3998 ضمیمه ۱	نام گذاری و دسته بندی چرخ دنده های جفت-اصطلاحات
۶	DIN 868	تعاریف عمومی و عوامل اختصاصی چرخ دنده های جفت و چرخ دنده های رشته ای (دنبال هم)
۷	DIN 867	پروفیل دندانه چرخ دنده شانه ای اینولوت
۸	DIN 3960	مفاهیم و پارامترهای چر خ دنده های استوانه ای جفت با دندانه های اینولوت
۹	DIN 3978	زوایای مارپیچ برای دندانه های چرخ دنده های استوانه ای
۱۰	DIN 3971	تعاریف و پارامترهای مربوط به چرخ دنده های مخروطی و چرخ دنده های مخروطی جفت
۱۱	DIN 3975	اصطلاحات و تعاریف مربوط به چرخ دنده های استوانه ای حلزونی با زاویه محور ۹۰ درجه
۱۲	DIN 3976	بررسی ابعاد، فاصله مرکز تا مرکز و نسبت چرخ دنده ها در پیچ حلزون استوانه ای محرک
۱۳	DIN 780 بخش اول	مدولهای مورد استفاده در چرخ دنده ها-مدول چرخ دنده های ساده
۱۴	DIN 780 بخش دوم	مدولهای مورد استفاده در چرخ دنده ها-مدول چرخ دنده های استوانه ای
۱۵	DIN 37	قواعد نمایش ساده و خلاصه شده چرخ دنده ها و چرخ دنده های جفت
۱۶	DIN 3966 بخش اول	اطلاعات نقشه کشی دندانه های چرخ دنده-دندانه های اینولوت چرخ دنده های استوانه ای
۱۷	DIN 3966 بخش دوم	اطلاعات نقشه کشی دندانه های چرخ دنده-دندانه های چرخ دنده مخروطی مستقیم
۱۸	DIN ISO 2203	فنون ترسیم و نمایش قرار دادی چرخ دنده ها
۱۹	ISO 9457 بخش اول	وسایل نقلیه جاده ای- کاربرد رایج پینیونهای متریک مرتبط با استارتر موتور
۲۰	ISO 9457 بخش دوم	وسایل نقلیه جاده ای- پینیونهای با زاویه فشار ۲۰ درجه
۲۱	ISO 1340	اطلاعات لازم چرخ دنده های استوانه ای برای سازنده
۲۲	DIN 3961	تلرانسهای دندانه های چرخ دنده استوانه ای پایه
۲۳	DIN 3967	سیستم فیت چرخ دنده، لقی بین دو دنده، تلرانسهای ضخامت دندانه، قواعد کلی
۲۴	DIN 3962 بخش اول	تلرانسهایی برای دندانه های چرخ دنده استوانه ای-تلرانس برای انحراف در پارامترهای اختصاصی
۲۵	DIN 3962 بخش دوم	تلرانسهایی برای دندانه های چرخ دنده استوانه ای-انحرافهای اثر دندانه
۲۶	DIN 3962 بخش سوم	تلرانسهایی برای دندانه های چرخ دنده استوانه ای-انحراف دهانه گام
۲۷	DIN 3963	تلرانسهایی برای دندانه های چرخ دنده استوانه ای و انحرافهای کارکرد
۲۸	DIN 3964	انحراف در فاصله مرکز تا مرکز و تلرانس موقعیت محور چرخ دنده استوانه ای
۲۹	DIN 3977	اندازه گیری اجزاء قطر و اندازه های قطری یا شعاعی برای بررسی ضخامت دندانه چرخ دنده استوانه ای
۳۰	DIN 3993 بخش اول	طراحی هندسی چرخ دنده های اینولوت زوج داخلی-قواعد کلی
۳۱	DIN 3993 بخش دوم	طراحی هندسی چرخ دنده های اینولوت زوج داخلی-نمودارهای حدود هندسی در درگیری با پینیون جفت
۳۲	DIN 3993 بخش سوم	طراحی هندسی چرخ دنده های اینولوت زوج داخلی-نمودارهای اندازه گیری ضریب اصلاح ادندوم
۳۳	DIN 3993 بخش چهارم	طراحی هندسی چرخ دنده های اینولوت زوج داخلی- نمودارهای حدود هندسی در درگیری با پینیون
۳۴	DIN 58405 ضمیمه ۱	چرخ دنده ساده دورانی در محدوده مکانیک ظریف-تعاریف، اطلاعات و قواعد طراحی و طبقه بندی
۳۵	DIN 58405 ضمیمه ۲	چرخ دنده ساده دورانی در محدوده مکانیک ظریف-انتخاب فیتها، تلرانسها و الوونسها
۳۶	DIN 58405 ضمیمه ۳	چرخ دنده ساده دورانی در محدوده مکانیک ظریف-نشانه های نقشه کشی و مثالهایی برای محاسبات
۳۷	DIN 58405 ضمیمه ۴	چرخ دنده ساده دورانی در محدوده مکانیک ظریف-جداول

ردیف	استاندارد	موضوع
۳۸	DIN 3965 بخش اول	تلرانس برای چرخ دنده های مخروطی-مفاهیم پایه
۳۹	DIN 3965 بخش دوم	تلرانس برای چرخ دنده های مخروطی-پارامترهای اختصاصی
۴۰	DIN 3965 بخش سوم	تلرانس برای چرخ دنده های مخروطی-خطاهای ترکیبی تماسی
۴۱	DIN 3965 بخش چهارم	تلرانس برای چرخ دنده های مخروطی-خطاهای زاویه محور و انحراف در نقاط تقاطع محورها
۴۲	DIN 5480 بخش ۱	اتصالات هزارخاری اینولوت-قواعد کلی
۴۳	DIN 5480 بخش ۲	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ -قواعد کلی
۴۴	DIN 5480 بخش ۳	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول ۱و۰/۸و۰/۷۵و۰/۶و۰/۵
۴۵	DIN 5480 بخش ۴	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول ۱/۲۵
۴۶	DIN 5480 بخش ۵	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول ۱/۵ و ۱/۷۵
۴۷	DIN 5480 بخش ۶	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۲
۴۸	DIN 5480 بخش ۷	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۲/۵
۴۹	DIN 5480 بخش ۸	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۳
۵۰	DIN 5480 بخش ۹	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۴
۵۱	DIN 5480 بخش ۱۰	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۵
۵۲	DIN 5480 بخش ۱۱	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۶
۵۳	DIN 5480 بخش ۱۲	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۸
۵۴	DIN 5480 بخش ۱۳	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ و مدول۱۰
۵۵	DIN 5480 بخش ۱۴	اتصالات هزارخاری اینولوت-زاویه فشار ۳۰ -فیتهای پهلو، تلرانسها
۵۶	DIN 5480 بخش ۱۵	اتصالات هزارخاری اینولوت-سنجش فیت پهلو
۵۷	DIN 5480 بخش ۱۶	اتصالات هزارخاری اسپلاین، نوع اینولوت، زاویه فشار ۳۰ درجه، هاب ها، تیغ فرزهای پینیون و خان کشها
۵۸	ISO 14	اندازه و تلرانسهای هزارخارهای راست گوشه
۵۹	DIN 5481 بخش اول	دندانه های داخلی و خارجی
۶۰	DIN 8196 بخش اول	دنده زنی در چرخ زنجیر برای زنجیرهای رولر-اندازه های مقطع برش یا پروفیل
۶۱	DIN 8196 بخش دوم	دنده زنی در چرخ زنجیر برای زنجیرهای رولر-اندازه های پروفیل و برش
۶۲	DIN 8164	زنجیرهای بوش دار
۶۳	DIN 8187	زنجیرهای رولر نوع اروپایی
۶۴	DIN 8187-1	زنجیرهای رولر نوع اروپایی-زنجیرهای یک، دو و چند راهه
۶۵	DIN 8188	زنجیرهای رولر نوع آمریکایی
۶۶	DIN 8188-1	زنجیرهای رولر نوع آمریکایی-زنجیرهای یک، دو و چند راهه
۶۷	DIN 8195	طراحی و انتخاب سیستمهای جلوبرنده دورانی با زنجیر
۶۸	DIN 3968	تلرانس هاب های تک استارت برای چرخ دنده های ساده اینولوت
۶۹	DIN 3972	پروفیلهای مرجع برای ابزار چرخ دنده تراشی در سیستم اینولوت
۷۰	DIN 8002	ابزار براده برداری چرخ دنده ساده با مدولهای ۱ تا ۲۰
۷۱	ISO 2490	هاب چرخ دنده زنی یک راهه و یک پارچه با جای زبانه یا جای خار
۷۲	ISO 10825	عبارات رایج در سایش چرخ دنده ها و تخریب دندانه های چرخ دنده

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز درباره چرخ دنده ها استاندارد ملی ایران (ISIRI) به شرح زیر را ارائه نموده است که متن آنها از سایت موسسه به آدرس www.isiri.ir در دسترس است :

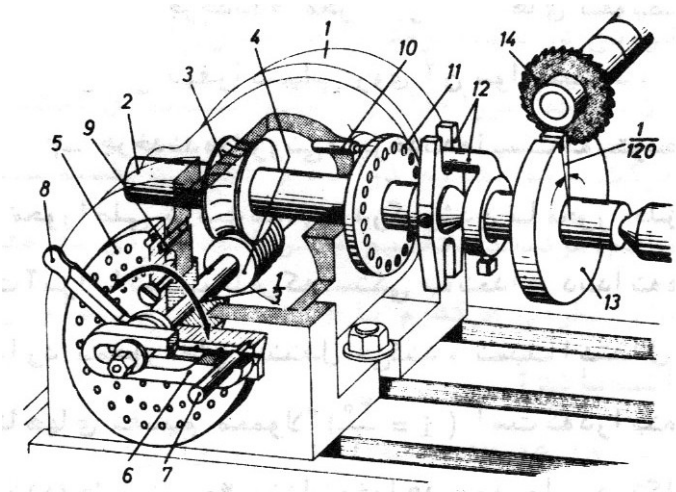
ردیف	استاندارد	موضوع	ردیف	استاندارد	موضوع
۱	ISIRI 4544	چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای برای مهندسی عمومی چرخ دنده های مبنا	۳	ISIRI 4546	دقت در چرخ دنده‌های اینولوت موازی
۲	ISIRI 4545	چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای برای مهندسی عمومی مدول و گام قطری	۴	ISIRI 4548	واژه‌های چرخ دنده‌ها

۷)تولید چرخ دنده به کمک ماشین فرز و دستگاه تقسیم

برای تولید انواع چرخ دنده ها در تعداد کم می توان از ماشین فرز، دستگاه تقسیم و تیغ فرزهای مدولی استفاده نمود.

۷-۱)دستگاه تقسیم (Dividing head)

وسیله ای است برای انجام دقیق تقسیمات محیطی و سطحی روی قطعات مختلف. دستگاه تقسیم برای فرزکاری تمام انواع چرخ دنده ها مورد استفاده قرار می گیرد. مشخصات ساختمانی آن با توجه به شکل زیر عبارت است از :



۱-بدنه ثابت: که یاتاقان محور حلزونی و عامل اتصال حلزون به چرخ حلزونی در داخل آن قرار دارد و نیز تکیه گاهی است برای چرخش و تحت زاویه قرار گرفتن محور کار در فرزکاری تحت زاویه.

۲-محور کار (محور اصلی) : محور سوراخ داری است که چرخ دنده حلزونی و صفحه سوراخ دار یا شیار دار برای تقسیم مستقیم روی آن قرار می گیرد. سوراخ سرتاسری آن در یک طرف به صورت مخروط مرس ساخته می شود تا بتوان مرغک را در آن جای داد. محیط خارجی این قسمت پیچ دار است که سه نظام یا چهار نظام منظم دستگاه روی آن بسته می شود. سمت دیگر محور کار دارای سوراخ استوانه ای است که محور یدکی جهت سوار کردن چرخ دنده های تعویضی (مثلاً در چرخ دنده تراشی دیفرانسیلی) روی آن سوار می شود.

۳-چرخ دنده حلزونی : چرخ دنده ای است که با یک خار روی محور اصلی ثابت شده است. این چرخ دنده با محور حلزونی درگیر می شود و حرکت آن با نسبت خاصی که به تعداد دندانه های آن بستگی دارد به محور اصلی منتقل می گردد. نسبت انتقال حرکت دستگاه های تقسیم معمولاً $(i=\frac{40}{1})$ است که در این صورت چرخ دنده حلزونی ۴۰ دندانه خواهد بود ولی دستگاه های با نسبت ۶۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ به یک نیز وجود دارد که در این حالت تعداد دندانه چرخ دنده حلزونی به نسبت انتقال حرکت فرق خواهد داشت. در هر صورت اگر تعداد مارپیچ محور حلزونی را با g و تعداد دندانه چرخ دنده حلزونی را با Z_2 نشان دهیم نسبت انتقال حرکت بین حلزون و محور حلزون برابر است با : $(i=\frac{Z_2}{g})$

۴-محور حلزونی : محوری است که در قسمت مناسبی از آن پیچ مدولی (حلزون) ایجاد شده است. این پیچ در تقسیم غیر مستقیم با چرخ دنده حلزونی درگیر می شود. از دو قسمت در بدنه ثابت دستگاه

تقسیم یاتاقان بندی شده است و در ابتدای دسته دستگاه تقسیم روی آن سوار می شود. با حرکت این دسته، حرکت محور حلزونی، چرخ دنده حلزونی و در نتیجه چرخش قابل کنترل قطعه به وجود می آید.

۵-صفحه سوراخ دار : وسیله ای است برای کنترل مقدار حرکت دسته تقسیم در تقسیم غیرمستقیم. معمولاً هر دستگاه تقسیم سه صفحه سوراخ دار یک طرفی هر کدام با ۶ ردیف سوراخ به قرار زیر دارد :

I. ۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹-۲۰

II. ۲۱-۲۳-۲۷-۲۹-۳۱-۳۳

III. ۳۷-۳۹-۴۱-۴۳-۴۷-۴۹

همچنین ممکن است دستگاه تقسیم دارای یک صفحه سوراخ دار دو طرفی باشد که ردیف های هشت گانه آن دارای تعداد سوراخ هایی به قرار زیر هستند :

I. ۱۶-۱۸-۲۰-۲۲-۳۱-۳۷-۴۱-۴۷

II. ۱۷-۱۹-۲۱-۲۹-۳۳-۳۹-۴۳-۴۹

این صفحه در وسط دارای سوراخی است که با فشار کم دست روی محور حلزونی جا می گیرد. در برخی دستگاه های تقسیم این صفحه توسط ۲ یا ۳ پیچ بروی بدنه دستگاه ثابت می شود.

۶-بازوی دسته تقسیم : تسمه ای است شیار دار که می تواند در قسمت دو پهن شده محور حلزونی بلغزد و نسبت به ردیف سوراخ دلخواه در روی صفحه سواخ دار توسط مهره ای که در ابتدای محور حلزونی بسته می شود ثابت گردد.

۷-دسته ضامن دار: دسته ای است حامل پین ضامن دار که با کشیدن آن فنر مارپیچ داخلی جمع و پین ضامن از سوراخ صفحه سوراخ دار خارج می شود تا بتوان دسته را حرکت داد. پس از جابجایی دسته و برداشتن فشار دست، فشار فنر مارپیچ، پین ضامن دار را در سوراخ مورد نظر جا می دهد و از حرکت بی مورد و ناخواسته دسته جلوگیری می کند.

۸- قیچی (پرگار) : از دو بازو تشکیل شده است که با سطح صفحه سوراخ دار در تماس هستند. فاصله این دو بازو را می توان به کمک دست نسبت به هم تغییر داد و با سفت کردن یک پیچ چاک دار ثابت نمود. قیچی برای جلوگیری از اشتباه در جابجا کردن دسته در تقسیمهای مساوی و ایجاد سرعت عمل در کار استفاده می شود. ابتدا بازوها به اندازه مورد نظر و محاسبه شده تنظیم می گردند. یکی از بازوها به پین ضامن دار تماس داده می شود. در هر تقسیم پین توسط دسته از محل خود خارج می گردد و فاصله بین دو بازوی پرگار را طی می کند. هنگامی که ضامن در محل جدید خود مستقر شد پرگار جابجا و بازوی قبلی دوباره به پین ضامن دار مماس می شود و عملیات تقسیم به همین ترتیب ادامه می یابد.

۹-ضامن صفحه : خار ضامنی است که به وسیله دسته ای جابجا می شود و در یکی از سوراخ های محیطی صفحه ثابت شده، از حرکت صفحه هنگام جابجایی دسته جلوگیری می کند. در دستگاه های تقسیم نیمه یونیورسال به این ضامن احتیاج نیست چون صفحه ثابت است ولی در فرزکاری چرخ دنده های دیفرانسیلی و مارپیچی که صفحه باید حرکت کند از این ضامن استفاده می شود.

۱۰-پین ضامن صفحه تقسیم مستقیم : وقتی محور آزاد است (دسته حرکت داده نمی شود) و می خواهم تقسیم را به صورت مستقیم توسط چرخاندن محور اصلی انجام دهیم ضامن آزاد می شود.

۱۱-صفحه تقسیم مستقیم : معمولاً ۲۴ سوراخ دارد و برای اجرای تعداد تقسیمهای مستقیم قطعه که عدد ۲۴ به آن قابل قسمت است مانند (۲و ۳ و ۴ و ۶ و۸ و ۱۲ و۲۴ قسمتی) مورد استفاده قرار می گیرد. در دستگاه های تقسیم مستقیم تعداد این صفحه ها ۳ تا ۴ عدد است که می توان آنها را به دلخواه روی محور سوار کرد. تعداد سوراخ های صفحه دوم ۳۰ عدد است که برای اجرای تقسیمهای ۲ و۳ و۵ و۶ و۱۰ و ۱۵ و۳۰ بکار می رود. صفحه سوم نیز ۳۶ سوراخی است که برای انجام تقسیمهای مستقیم۲ و۳ و۴ و۶ و۹ و۱۲ و۱۸ و۳۶ مورد استفاده قرار می گیرد.

۱۲-صفحه مرغک و گیره قلبی : در صورتی که لازم باشد قطعه کار بین دو مرغک قرار گیرد از صفحه مرغک و گیره قلبی استفاده می شود در غیر این صورت سه نظام یا چهار نظام بکار می رود.

۱۳-قطعه کار : که در اینجا روی درن قرار گرفته و بین دو مرغک بسته شده است و در محیط آن باید ۱۲۰ شیار با فاصله مساوی ایجاد شود.

۱۴- تیغ فرز دندانه اره ای : که روی درن فرزگیر توسط بوش ها و پیچ و مهره ثابت شده است.

۱-۱-۷)محاسبات دستگاه تقسیم

حداقل تعداد دندانه چرخ دنده های صنعتی معمولاً بیش از ۱۲ عدد است لذا در چرخ دنده تراشی به ندرت از تقسیم مستقیم استفاده می شود. و این در حالتی است که تعداد دندانه های چرخ دنده ۱۲- ۱۵- ۱۸- ۲۴- ۳۰ و ۳۶ دندانه باشد که در چنین مواقعی عمل تقسیم مستقیم بسیار ساده است و از رابطه روبرو استفاده می شود : $(n_k = \frac{T}{Z})$

در این رابطه $\mathbf{n_k}$ تعداد سوراخهای جابه جا شونده برای هر تقسیم و $\mathbf{T}$ تعداد شیار یا سوراخ های صفحه تقسیم مستقیم و $\mathbf{Z}$ تعداد دندانه چرخ دنده مورد نظر است.

مثال : برای تراشیدن یک چرخ دنده ۱۸ دندانه از صفحه سوراخ دار تقسیم مستقیم ۳۶ سوراخی استفاده می شود. تعداد سوراخهای جا به جا شونده لازم نسبت به ضامن صفحه را حساب کنید.

حل:

$$n_k = \frac{T}{Z} = \frac{36}{18} = 2 \qquad \text{سوراخ}$$

پس برای گردش قطعه صفحه سوراخ دار که متصل به محور اصلی است باید به اندازه ۲ سوراخ نسبت به ضامن صفحه جا به جا شود.

در چرخ دنده تراشی اغلب از دستگاه های تقسیم غیر مستقیم استفاده می گردد که محاسبات و عملیات مربوط به تقسیم کردن ساده در مثال های زیر توضیح داده می $i = \frac{40}{1}$ شود.

مثال : مقدار گردش دسته دستگاه تقسیمی را که نسبت انتقال حرکت آن است برای چرخ دنده ۶۰ دندانه حساب کنید.

حل: می دانیم که در دستگاه تقسیمی که نسبت انتقال حرکت آن ۴۰ به ۱ است اگر دسته تقسیم ۴۰ دور بزند قطعه کار یک دور کامل خواهد چرخید. پس برای فرزکاری هر دندانه از چرخ دنده ۶۰ دندانه ای قطعه کار باید یک شصتم دور بچرخد و با یک تناسب ساده می توان مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را معلوم کرد.

تناسب :

تعداد دور قطعه کار	تعداد دور دسته دستگاه تقسیم
۱ دور	۴۰ دور

۶۰ : ۱ (یک شصتم) دور جواب = ۶۰ : ۴۰ (چهل شصتم) دور

اگر مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را با (n_k) و نسبت انتقال حرکت دستگاه تقسیم را با $\mathbf{I}$ و تعداد دندانه چرخ دنده را با $\mathbf{z}$ نشان دهیم با توجه به جواب به دست آمده فرمول محاسبه مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای انجام تقسیمات دقیق قطعه عبارتست از :

$$(n_k = \frac{i}{z})$$

پس:

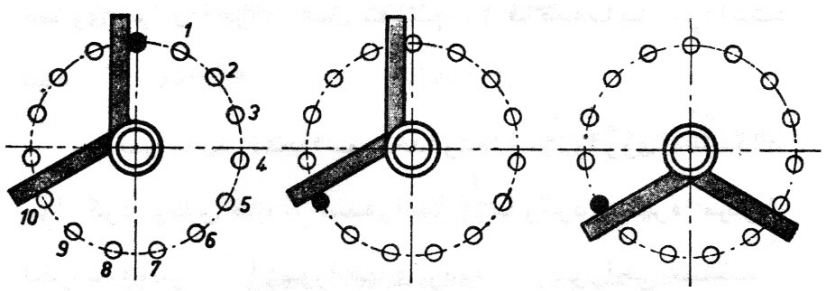
$$n_k = \frac{i}{z} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3}$$

برای تشخیص دقیق مقدار گردش دسته به اندازه $\frac{2}{3}$ دور از صفحه سوراخ دار استفاده می شود. برای این کار صورت و مخرج کسر را در عدد مناسب طوری ضرب می کنیم که به تعداد عدد مخرج کسر روی صفحه سوراخ دار ردیف سوراخ وجود داشته باشد مثلاً :

$$n_k = \frac{2}{3} = \frac{2\times5}{3\times5} = \frac{10}{15}$$

مخرج این کسر نشان می دهد که یک دور کامل دسته به۱۵ قسمت مساوی تقسیم شده است و صورت کسر نشان می دهد که از این۱۵ قسمت برای اجرای عمل تقسیم باید ۱۰ فاصله برداشته شود.

پس باید صفحه سوراخ دار شماره ۲ را روی دستگاه سوار کرد و پین ضامن دسته را پس از باز کردن مهره، لغزاند و در یکی از سوراخ های ردیف ۱۵ سوراخی مستقر نمود و مهره را سفت کرد. سپس یکی از بازوهای قیچی را با پین ضامن دسته مماس نموده تیغه دیگر را به اندازه ۱۱ سوراخ با احتساب سوراخی که پین ضامن در آن قرار دارد (یعنی کلاً ۱۰ فاصله) باز و پیچ بازوی قیچی را محکم می کنیم. پس از تراشیدن دندانه اول از چرخ دنده، ضامن دسته را بکشید و به اندازه فاصله دو بازوی قیچی آن را بچرخانید. سپس قیچی را روی صفحه دوران داده، بازوی اول را مجدداً با پین ضامن دسته مماس کنید. این عمل را تکرار نمایید تا تمام شیارهای چرخ دنده تراشیده شود.



توجه: روی همین صفحه برای فرزکاری چرخ دنده مثال بالا می توان عملیات را روی ردیف ۱۸ سوراخی انجام داد چون:

$$n_k = \frac{i}{z} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \times \frac{6}{6} = \frac{12}{18}$$

یعنی روی ردیف ۱۸ سوراخی برای تولید یک دندانه از چرخ دنده۶۰ دنده ای دسته دستگاه تقسیم باید ۱۲ فاصله جا به جا گردد. همچنین می توان از ردیف های مضرب ۳ صفحه های دیگر استفاده نمود.

مثال : مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ که صفحه شماره III روی آن قرار دارد را برای فرزکاری یک چرخ دنده ۱۲۰ دندانه حساب کنید.

حل:

$$nk = \frac{i}{z} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = \frac{13}{39}$$

یعنی دسته تقسیم باید روی ردیف ۳۹ سوراخی برای انجام یک تقسیم به اندازه ۱۳ فاصله حرکت کند.

مثال : برای تراشیدن یک چرخ دنده ۳۲ دندانه ای مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ را حساب کنید.

حل:

$$n_k = \frac{i}{z} = \frac{40}{32} = \frac{5}{4} = 1\frac{1}{4} = 1\frac{4}{16}$$

پس برای اجرای تقسیمات دسته دستگاه تقسیم روی صفحه شماره I باید یک دور کامل و ۴ فاصله روی ردیف ۱۶ سوراخی حرکت کرد.

مثال : مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم ۶۰ به ۱ را برای تراشیدن یک چرخ دنده ۲۴ دندانه ای حساب کنید.

حل:

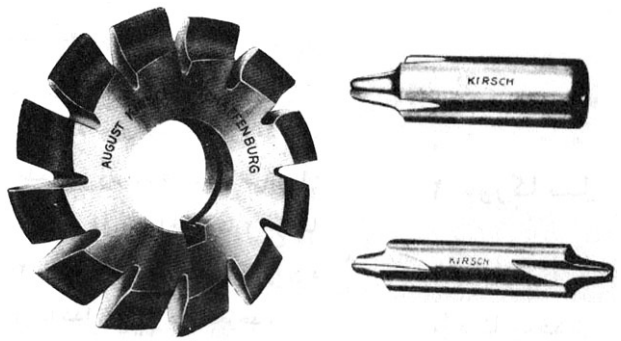
$$n_k = \frac{i}{z} = \frac{60}{24} = \frac{5}{2} = 2\frac{1}{2} = 2\frac{8}{16}$$

یعنی برای تراش این چرخ دنده بعد از تراشیدن هر دندانه، دسته تقسیم روی صفحه سوراخ دار شماره I دو دور کامل و ۸ فاصله روی ردیف ۱۶ سوراخی جا به جا می شود.

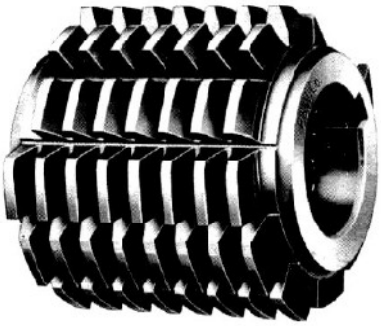
۲-۷) تیغ فرز های مدولی

برای تراشکاری چرخ دنده ها توسط ماشین های فرز می توان از سه نوع تیغ فرز مدولی پولکی، تیغ فرز مدولی انگشتی و تیغه فرز های غلتکی (هاب) استفاده نمود. از هر سه نوع تیغ فرز می توان برای فرزکاری تمام انواع چرخ دنده ها استفاده کرد ولی در کارگاهها معمولاً از تیغ فرز های مدولی پولکی استفاده می شود زیرا در صورت کند شدن به راحتی قابل تیز کردن هستند. برای فرزکاری چرخ دنده های جناغی یک تکه، باید از تیغ فرز های مدولی انگشتی استفاده کرد. از تیغ فرزهای غلتکی در ماشین های چرخ دنده تراش غلتی خودکار (هابینگ) برای فرزکاری انواع چرخ دنده ها به جز چرخ دنده های مخروطی استفاده می شود. فرم دنده تیغ فرز های مدولی پولکی که پس از این به آنها تیغ فرز های مدولی خواهیم گفت به فرم شیار دندانه چرخ دنده ساخته شده است. اگر بخواهیم در محیط یک چرخ دنده با قطر خارجی ثابت تعداد دندانه محیطی مختلفی با یک مدول خاص ایجاد کنیم فرم شیار دندانه ها و اندازه پهنای آنها تغییر خواهد کرد لذا کارخانه های سازنده تیغ فرزهای مدولی، بسته به دقت کار دو سری تیغ فرز ۸ تایی و ۱۵ تایی تهیه می کنند که دقت عمل سری ۱۵ تایی بیشتر از ۸ تایی است.

هر تیغ فرز برای فرزکاری یک سری چرخ دنده با تعداد دندانه معین استفاده می گردد. تیغ فرز بسته به تعداد دندانه چرخ دنده هایی که به وسیله آن تراشیده خواهد شد شماره گذاری می گردد. مثلاً از تیغ فرز شماره ۶ در سری ۸ تایی برای تراشیدن چرخ دنده هایی استفاده می گردد که تعداد دندانه آنها از ۳۵ تا ۴۵ دندانه باشد. در تیغ فرزهای سری ۱۵ تایی این تعداد دندانه با دو نوع تیغ فرز شماره ۶ و ۶/۵ تراشیده می شوند. تیغ فرز مدولی شماره ۶ برای تراشیدن چرخ دنده های از ۳۵ تا ۴۱ دندانه و تیغ فرز مدولی شماره ۶/۵ جهت تراشیدن چرخ دنده های از ۴۲ تا ۵۴ دندانه بکار می رود. مدول چرخ دنده ها که درشتی دندانه و قدرت انتقال حرکت چرخ دنده مربوط به آن است استاندارد شده اند.



تیغ فرز مدولی انگشتی (راست) و تیغ فرز مدولی پولکی (چپ)



تیغ فرز غلتکی چرخ دنده (هاب)

مدول های استاندارد	
اندازه تغییرات	مدول بر حسب میلی متر
۰/۱	۰/۳-۰/۴-۰/۵-۰/۶-۰/۷-۰/۸-۰/۹-۱
۰/۲۵	۱/۲۵-۱/۵-۱/۷۵-۲-۲/۲۵-۲/۷۵-۳-۳/۲۵-۳/۵-۳/۷۵-۴
۰/۵	۴/۵-۵-۵/۵-۶-۶/۵-۷
۱	۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳-۱۴-۱۵-۱۶
۲	۱۸-۲۰-۲۲-۲۴
۳	۲۷-۳۰-۳۳-۳۶-۳۹-۴۲-۴۵
۵	۵۰-۵۵-۶۰-۶۵-۷۰-۷۵

بروی تیغ فرزها، اندازه مدول و شماره تیغ فرز، تعداد دندانه هایی که می توان با آن تراشید، اندازه قطر درن فرزگیر، جنس تیغ فرز که اکثراً از نوع فولاد ابزار آلیاژی است و همچنین اندازه عمق دنده نوشته می شود. در انتخاب تیغ فرز حتماً باید مدول و شماره تیغ فرز را معین کرد.

خوبی تیغ فرزهای مدولی آن است که دندانه های آنها از نوع پشت تراشی شده است و در صورت کند شدن تنها کافی است پیشانی آنها سنگ زده شود. زاویه براده در این نوع تیغ فرزها برابر صفر است یعنی امتداد سطح براده از محور تیغ فرز عبور می کند در نتیجه زاویه گوه تیز کردن لازم ندارد. همیشه باید از تیغ فرز تیز و بدون اشکال استفاده نمود در غیر این صورت فرم دنده حالت استاندارد خود را از دست می دهد. اگر بخواهیم چرخ دنده های با مدول بزرگ را فرزکاری نماییم باید ابتدا از تیغ فرزهای خشن تراش و سپس از تیغ فرز اصلی استفاده نمود.

۳-۷)روش ساخت چرخ دنده های ساده

چرخ دنده های ساده یا دنده مستقیم به چرخ دنده هایی گفته می شود که امتداد دندانه های آنها در امتداد محور چرخ دنده باشند. برای فرزکاری چرخ دنده ها، محاسبه تمام مشخصات ساختمانی آنها لازم نیست بلکه کافی است مشخصات تراشکاری و فرزکاری آنها معلوم گردد. این مشخصات در چرخ دنده های ساده به قرار زیر می باشد :

قطر سر دنده یا قطر خارجی چرخ دنده $d_k = m(z+2)$

ضخامت چرخ دنده نرمال $b = 10 \times m$

عمق دنده یا عمق بار $h = 2/167 \times m = \frac{13}{6} \times m$

مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم $nk = \frac{i}{z}$

مثال : برای فرزکاری یک چرخ دنده ۳۴ دندانه ای از جنس st50 با مدول ۲ میلی متر توسط دستگاه تقسیم مراحل انجام کار را توضیح دهید (قطر تیغ فرز ۶۰ میلی متر است و ۱۲ لبه برش دارد).

۱-اندازه قطر خارجی چرخ دنده را حساب می کنیم. $dk = m(z+2) = 2(34+2) = 72mm$

۲-ماده اولیه را از لحاظ جنس و اندازه قطر (بزرگتر از ۷۲ میلی متر) انتخاب می کنیم. همچنین ضخامت آن را نیز حدود ۵ میلی متر بزرگتر از اندازه ضخامت چرخ دنده توسط ماشین اره می بریم. بریدن ماده اولیه توسط ماشین اره مقرون به صرفه است وگرنه می توان به وسیله ماشین تراش نیز این عمل را انجام داد. در صورتی که بخواهیم ضخامت چرخ دنده استاندارد باشد : $b = 10 \times m = 10 \times 2 = 20mm$

۳-ماده اولیه بریده شده را در ماشین تراش می بندیم و پیشانی تراشی می کنیم. سپس محل عبور محور را سوراخ کاری و به طور دقیق داخل تراشی می نماییم. در صورتی که طراحی اندازه سوراخ محور چرخ دنده به عهده سازنده باشد باید با توجه به قدرتی که توسط چرخ دنده منتقل خواهد شد از فرمول های مقاومت مصالح (قسمت پیچش) قطر محور مناسب و در نتیجه اندازه سوراخ چرخ دنده محاسبه گردد.

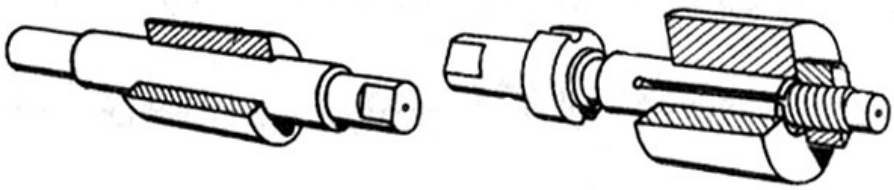
۴-چرخ دنده پیشانی تراشی و سوراخ شده را از روی ماشین تراش باز کرده با فشار پرسی، دُرن را که محوری کمکی است در داخل سوراخ محکم می کنیم. دُرن ها بر دو نوع اند :

دُرن ساده : محور فولادی آب داده شده ای می باشد و در هر ۱۰۰ میلی متر ۰/۰۵ میلی متر مخروطی است. در نتیجه براحتی در سوراخ محور چرخ دنده وارد شده با اعمال نیروی پرسی با قطعه به صورت تقریباً یک تکه در می آید.

دُرن متغیر : یک بوش چاک دار فنری می باشد و دارای چاک های محیطی یک طرفی یا دو طرفی با سوراخ داخلی مخروطی و یک محور مخروطی مشابه است. دُرن اصلی در آن قرار می گیرد و با فشار پرسی یا نیروی کشش پیچ و مهره قطعه را محکم می گیرد. از این نوع درن در مواقعی استفاده می شود که اندازه سوراخ دقیق نیست به طوری که امکان گرفتن آن توسط درن ساده وجود ندارد.

هر دو نوع دُرن در پیشانی دارای جای مرغک هستند و اصولاً باید بین دو مرغک بسته شوند ولی در بیشتر کارگاه ها به جهت صرفه جویی در وقت، دُرن ها را بین سه نظام و مرغک می بندند که در این

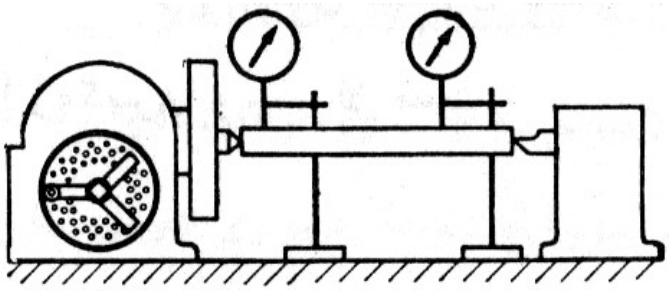
صورت باید دو نکته رعایت گردد. اول این که دقت گردد تا فک سه نظام در قسمت دو پهن شده انتهای دُرن قرار نگیرد و دوم این که لنگی دُرن به وسیله ساعت اندازه گیری کنترل شود.



دُرن متغیر (راست) و دُرن ساده (چپ)

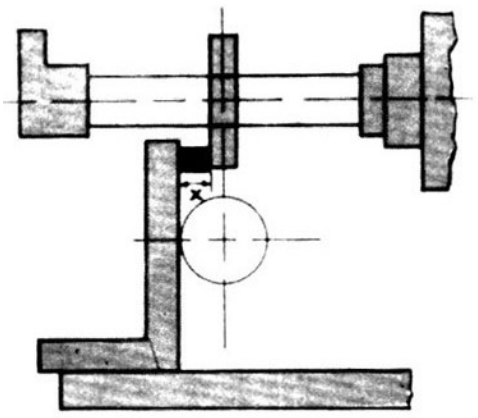
۵-دُرن حامل قطعه کار را با توجه به تذکرات فوق طوری روی ماشین سوار می کنیم که نیروی پیشروی رنده تراش کاری به طرف قطر بزرگ دُرن باشد تا قطعه کار روی درن شل نشود. سپس با استفاده از رنده های مناسب قطر خارجی و ضخامت چرخ دنده را به اندازه می رسانیم.

۶-دُرن حامل چرخ دنده را با توجه به تذکرات فوق بین دو مرغک و سه نظام دستگاه تقسیم روی ماشین فرز می بندیم. برای اطمینان از دقت بستن، می توان از یک استوانه دقیق و ساعت اندازه گیری استفاده کرد.



۷-با توجه به مدول چرخ دنده و تعداد دندانه چرخ دنده، تیغ فرز مناسب را انتخاب نمایید. با توجه به قطر سوراخ تیغ فرز محور یا درن فرز گیر لازم را نیز تعیین می کنیم.

۸-هنگامی که قطعه کار و تیغ فرز بسته شدند قطعه کار را به تیغ فرز نزدیک کرده، امتداد تیغ فرز را با استفاده از گونیا و پرگار یا بلوک اندازه گیری با محور چرخ دنده هم امتداد می کنیم. برای این کار گونیا و سطح میز ماشین باید تمیز باشد و کار با دقت انجام گیرد چون در غیر این صورت امتداد دندانه ها نسبت به محور چرخ دنده کج و چرخ دنده در ضمن کار زود مستهلک خواهد شد.



۹- مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب می کنیم. پس برای انجام هر تقسیم، دسته دستگاه تقسیم باید ۱ دور کامل و ۳ فاصله روی ردیف ۱۷ سوراخی گردش کند.

$$n_k = \frac{i}{z} = \frac{40}{34} = 1\frac{3}{17}$$

۱۰- صفحه شماره **I** را روی دستگاه تقسیم سوار می کنیم و پین ضامن دسته را روی ردیف ۱۷ سوراخی قرار می دهیم. قیچی دستگاه را به فاصله ۴ سوراخ (یا ۳ فاصله) تنظیم می کنیم.

۱۱- سرعت برشی (و در نتیجه تعداد دور تیغ فرز) و مقدار پیشروی میز ماشین را با توجه به عمق براده و جنس قطعه از جداول استاندارد (پیوست انتهای جزوه) یافته بروی فرز تنظیم می کنیم.

چون جنس چرخ دنده از فولاد **st50** است استحکام کششی آن (R_m) تقریباً ۵۰ کیلو گرم بر میلی متر مربع می باشد. البته با توجه به جداول کلید فولاد استحکام کششی **st50** (فولاد ساختمانی غیر آلیاژی) بطور کلی بین ۴۷۰ تا ۶۱۰ نیوتن بر میلی متر مربع (حدوداً ۴۷ تا ۶۱ کیلو گرم بر میلی متر مربع) می باشد. با توجه به جدول پیوست در صفحه ۱۰۲ برای فولاد غیر آلیاژی با استحکام کششی(R_m) تا ۷۰۰ نیوتن بر میلی متر مربع و تیغ فرز پولکی از جنس فولاد تندبر، سرعت برش برای خشن کاری بین ۳۰ تا ۴۰ متر بر دقیقه می باشد. حال با داشتن قطر تیغ فرز (۶۰ میلی متر) و سرعت برش (مثلاً ۳۰ متر بر دقیقه) به نمودار صفحه ۱۰۳ مراجعه و سرعت دوران تیغ فرز را معین می کنیم. این سرعت بین ۱۴۰ تا ۱۸۰ دو بر دقیقه می باشد که می توان نزدیک ترین تعداد دور عملی را که روی ماشین قابل تنظیم است انتخاب و دستگاه را برای اجرای همان دوران تنظیم نمود. برای محاسبه سرعت پیشروی نیز از جدول صفحه ۱۰۲ مقدار **fz** بار به ازاء هر لبه برش از تیغ فرز فولاد تندبر برای خشن کاری بین ۰/۱ الی ۰/۲ میلی متر است. **Z** تعداد لبه برش تیغ فرز نیز معین می باشد. بنابراین از رابطه زیر سرعت پیشروی حاصل می گردد : $Vf=fz\times Z\times n$

۱۲-موتور ماشین فرز را با سرعت دورانی تعیین شده روشن می کنیم و میز ماشین را آن قدر بالا می آوریم تا تیغ فرز با قطعه کار بطور جزئی تماس یابد.

۱۳-میز ماشین را در جهت موافق گردش تیغ فرز به طور طولی حرکت داده، قطعه کار را از زیر تیغ فرز کنار می کشیم.

۱۴-عمق بار (ارتفاع دندانه) را به صورت زیر محاسبه می کنیم :

$$h = 2.167 \times m = 4.33mm$$

۱۵-میز ماشین را به اندازه ۴/۳۳ میلی متر بالا می آوریم. (عمل بار دادن را می توان در چند مرحله انجام داد ولی باید به این نکته توجه کرد که هر چه تعداد دندانه در محیط چرخ دنده کمتر باشد به جهت تغییر شکل شیار دندانه و بزرگ شدن ته شیار، تا حد امکان باید سعی کرد که با تنظیم مناسب سرعت پیشروی عمق تمام دنده را در یک یا دو مرحله ایجاد نمود.)

۱۶-با محکم کردن پیچ های مربوط به حرکت عمودی، میز ماشین را متوقف می کنیم. میز ماشین را با دست حرکت داده به تیغ فرز نزدیک می نماییم و با پیشروی خودکار در خلاف جهت چرخش تیغ فرز عمل براده برداری را آغاز می کنیم. ضمن براده برداری باید از ماده خنک کننده متناسب با جنس قطعه کار استفاده شود.

ماده خنک کاری و چرب کاری

جنس قطعه ای که باید فرز کاری شود.	ماده خنک کاری و چرب کاری
فولاد غیر آلیاژی و آلیاژدار با استحکام متوسط	آب روغن
فولاد با استحکام زیاد– فولاد سخت ریختگی	روغن برش
چدن خاکستری– مواد مصنوعی و پرس شده	خشک
برنج - برنز	آب روغن یا روغن برش
آلومینیم – آلیاژ های آلومینیم	خشک

۱۷-پس از اتمام عمل براده برداری اولین دندانه، میز را از حالت خودکار آزاد کرده آن را با دست حرکت می دهیم تا قطعه کار از زیر تیغ فرز بیرون بیاید و به محل شروع ماشین کاری منتقل گردد.

۱۸-تعداد دور دسته دستگاه تقسیم را محاسبه می کنیم :

$$nk = \frac{i}{z} = \frac{40}{34} = 1\frac{3}{17}$$

دسته دستگاه تقسیم که قبلاً آماده شده است را به اندازه یک دور کامل و ۳ فاصله روی ردیف ۱۷ سوراخی حرکت می دهیم. پرگار را جا به جا و دندانه دوم را فرزکاری می کنیم.

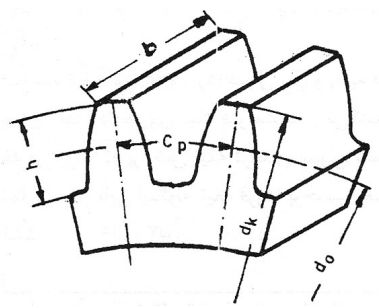
۱۹-کار را به همین ترتیب ادامه می دهیم تا چرخ دنده کامل شود.

۲۰-چرخ دنده را از روی ماشین فرز باز و پلیسه گیری می کنیم و دُرن را از داخل آن بیرون می آوریم.

توجه ۱ :

در کشورهایی که با سیستم اینچی کار می کنند، چرخ دنده های اینچی استفاده می شوند. در چرخ دنده های اینچی به جای گام (P) از عبارت CP یعنی گام دایره ای (سیرکولار پیچ Circular pitch) که همان مفهوم گام را دارد استفاده می نمایند. همچنین به جای مدول که در سیستم چرخ دنده زنی متریک از رابطه $m=p/\pi$ به دست می آید عبارت گام قطری (دیامترال پیچ Diametral pitch) به کار می رود که از رابطه $DP=\pi/CP$ یعنی عکس مدول در سیستم متریک محاسبه می گردد. دیامترال پیچ یا گام قطری برابر تعداد دندانه ای است که در طول یک اینچ از قطر متوسط وجود دارد. گام قطری مانند مدول نشان دهنده بزرگی و کوچکی اندازه دندانه هاست بطوری که هرچه گام قطری بزرگتر شود اندازه دندانه کوچکتر می شود. به این ترتیب فرمولهای چرخ دنده ساده اینچی با قرار دادن $1'/DP$ به جای m در فرمولهای چرخ دنده ساده متریک به دست می آیند. توجه شود که در این فرمولها واحد اندازه گیری اینچ است و برای تبدیل مقادیر به میلی متر می توان از فرمول $25.4/DP$ استفاده نمود.

$$DP = \frac{\pi}{CP} \quad , \quad do = \frac{Z}{DP} \quad , \quad dk = \frac{Z+2}{DP}$$



$$hf = \frac{1.167}{DP} \quad , \quad hk = \frac{1''}{DP} \quad , \quad h = \frac{2.167}{DP} \, , b = \frac{10}{DP}$$

$$nk = \frac{i}{Z} \quad , \quad a = \frac{Z1 + Z2}{2 \times DP}$$

DP گام قطری یا دیامترال پیچ، CP گام دایره ای یا سیرکولار پیچ، do قطر متوسط، Zتعداد دندانه، dk قطر خارجی، hk ارتفاع سر دندانه، hf ارتفاع پای دندانه، h ارتفاع کل دندانه، b ضخامت چرخ دنده، nk تعداد دور دسته دستگاه تقسیم، i نسبت انتقال دستگاه تقسیم و a فاصله بین محور دو چرخ دنده درگیر با تعداد دندانه Z1 و Z2

بروی تیغ فرزهای مدولی چرخ دنده های اینچی علاوه بر گام قطری و زاویه درگیری چرخ دنده ها، شماره تیغ فرز بر مبنای تعداد دندانه تیغ فرز معین می گردد. همانطور که در جدول زیر دیده می شود ترتیب شماره گذاری تیغ فرزها عکس تیغ فرزهای مدولی چرخ دنده های متریک می باشد.

جدول تیغ فرزهای سری ۸ تایی چرخ دنده های اینچی

تعداد دندانه چر خ دنده(Z)	۱۳۵ تا بی نهایت	۵۵-۱۳۴	۳۵-۵۴	۲۶-۳۴	۲۱-۲۵	۱۷-۲۰	۱۴-۱۶	۱۲-۱۳
شماره تیغ فرز(nr)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸

جدول تیغ فرزهای سری ۸ تایی چرخ دنده های متریک

تعداد دندانه چر خ دنده(Z)	۱۳۵ تا بی نهایت	۵۵-۱۳۴	۳۵-۵۴	۲۶-۳۴	۲۱-۲۵	۱۷-۲۰	۱۴-۱۶	۱۲-۱۳
شماره تیغ فرز(nr)	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

مثال :

تمام اطلاعات لازم برای فرزکاری چرخ دنده اینچی با ۴۲ دندانه و گام قطری۱۶ را محاسبه نمایید. نسبت انتقال دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ است.

$$DP = \frac{\pi}{CP} \rightarrow CP = \frac{3.14}{16} = 0.1962\ in \quad , \quad dk = \frac{Z+2}{DP} = \frac{42+2}{16} = 2.75\ in$$

$$h = \frac{2.167}{DP} = \frac{2.167}{16} = 0.1354\ in \qquad b = \frac{10}{DP} = \frac{10}{16} = 0.625\ in$$

$$nk = \frac{i}{Z} = \frac{40}{42} = \frac{20}{21}$$

همچنین با توجه به جدول تیغ فرزهای سری ۸ تایی چرخ دنده های اینچی، تیغ فرز مدولی شماره ۳ برای تولید این چرخ دنده مناسب است.

توجه ۲ :

در درس فرزکاری (۱)، روش فرزکاری چرخ دنده های اینولوت ساده، ساده اختلافی و چرخ و شانه در سیستم متریک بررسی شد. در ادامه و در درس فرزکاری (۲) نیز روش فرزکاری چرخ دندهای اینولوت مارپیچ، مخروطی و حلزونی در سیستم متریک بررسی می گردد.

آغاز سرفصل
دوره کاردانی

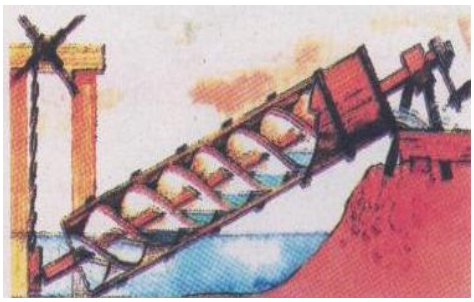
بخش دوم

فرزکاری شیارهای مارپیچ

۱)مقدمه

در تاریخ آمده است که ارشمیدس دانشمند و مخترع یونانی وسیله ای اختراع کرده بود که به کمک آن با کم ترین زحمت آب از پایین به بالا انتقال داده می شد. این وسیله که شکل آن در تصویر زیر دیده می شود به مارپیچ ارشمیدس معروف گردید. امروزه از روش کار مارپیچ ارشمیدس در ابزار هایی مانند مته و کامیون مخلوط کن سیمان استفاده می شود. وقتی با دستگاه مته، جسم سختی را سوراخ می کنید شیار مارپیچ مته به مواد زائد اجازه می دهد که از حفره ی ایجاد شده خارج شوند. اگر مته شیار مارپیچ نداشته باشد با افزایش عمق سوراخ، مواد زائد حفره را مسدود می کنند.

مثال دیگر از کاربرد شیار مارپیچ کامیون مخلوط کن سیمان است که درون بخش استوانه ای شکل خود مارپیچ بزرگی دارد. با چرخیدن استوانه و مارپیچ درون آن بتن سنگین و آب دار به سمت عقب کامیون هدایت و بدون صرف نیروی زیادی به تدریج از آن سرازیر می شود.

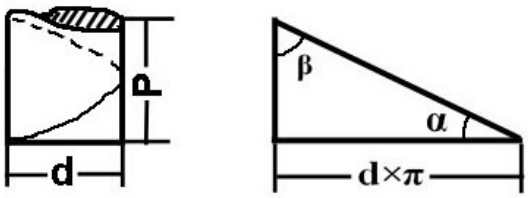


۲)مشخصات شیار مارپیچ

شیار مارپیچ شیاری است که ضمن چرخش حول محیط یک استوانه، بطور یکنواخت و هماهنگ در امتداد محور استوانه نیز ادامه می یابد. برای فرزکاری یک شیار مارپیچ بروی محیط قطعه کار لازم است که قطعه کار هم زمان دارای دو حرکت طولی و دورانی باشد. حرکت طولی قطعه کار به وسیله پیچ هادی میز ماشین فرز تأمین می گردد و حرکت دورانی قطعه کار به وسیله چرخ دنده تعویضی که بین پیچ هادی میز ماشین فرز و محور فرعی دستگاه تقسیم سوار می شوند، تأمین می گردد. نسبت حرکت طولی قطعه کار به مقدار گردش دورانی آن متأثر از گام مارپیچ و گام میز ماشین است که دقیقاً باید محاسبه گردد. با این توضیح روشن است که برای فرزکاری شیار مارپیچ ابتدا باید گام مارپیچ و سپس چرخ دنده های تعویضی تعیین گردند.

۳)محاسبات مربوط به مارپیچ تراشی

شکل زیر گسترش مسیر یک شیار مارپیچ که روی محیط استوانه قرار دارد را نشان می دهد.



در مثلث قائمه به وجود آمده ضلع افقی مثلث محیط استوانه یعنی $d\times\pi$ و ضلع عمودی آن فاصله گام مارپیچ یعنی **p** و وتر مثلث مسیر پیچش شیار مارپیچ را نشان می دهد. از آن جا که شیار مارپیچ عمق دارد، در محاسبه طول محیط استوانه مخصوصاً در چرخ دنده تراشی به جای استفاده از قطر خارجی استوانه **(d)** از قطر متوسط آن روی شیار مارپیچ**(do)** استفاده می گردد. در این مثلث زاویه گام یا زاویه مارپیچ **α** و زاویه انحراف یا زاویه تنظیم میز ماشین فرز **β** نام گذاری می شوند. به این ترتیب روابط زیر بین اضلاع و زوایای مثلث برقرار است :

$$\alpha+\beta=90^\circ \qquad Cotg\,\beta=\frac{p}{d.\pi}\ (tg\,\alpha=\frac{p}{d.\pi}) \qquad p=d.\pi.Cotg\,\beta\ (p=d.\pi.tg\,\alpha)$$

۴)اصول سوار کردن چرخ دنده های تعویضی

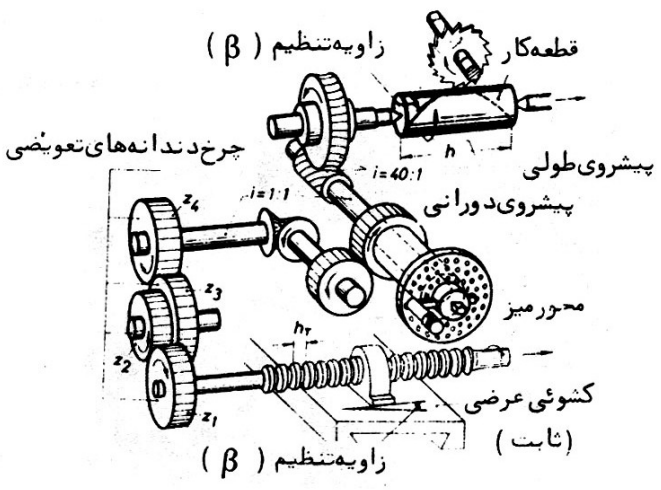
به طوری که گفته شد شیار مارپیچ دارای دو مسیر هماهنگ یکی طولی، در امتداد محور استوانه و دیگری دورانی، حول محیط استوانه است. در مارپیچ تراشی حرکت طولی به کمک میز ماشین فرز و حرکت دورانی به کمک محور کار دستگاه تقسیم که قطعه به آن متصل شده است ایجاد می گردند. برای این که بین این دو حرکت نسبت درستی برقرار باشد، محور کار دستگاه تقسیم باید توسط چرخ دنده های تعویضی به پیچ هادی میز ماشین فرز متصل گردد. در نتیجه عامل انتقال حرکت هماهنگ از محور پیچ میز ماشین فرز به محور کار دستگاه تقسیم یک سری چرخ دنده قابل تعویض است که بین این دو محور سوار می شوند. برای محاسبه این چرخ دنده ها از رابطه زیر استفاده می شود.

$$\frac{zt}{zg}=\frac{i.p_T}{p}$$

در این رابطه **zt** چرخ دنده محرک، **zg** چرخ دنده متحرک، **i** نسبت کل دستگاه تقسیم، **p** گام مارپیچ شیار مارپیچ و P_T گام پیچ هادی میز ماشین فرز است. برای اندازه گیری گام پیچ هادی می توان یک کاغذ را روی آن فشار داد و سپس به وسیله خط کش یا کلیس فاصله بین اثر دو دندانه مجاور روی کاغذ را اندازه گیری نمود. اگر نسبت بین چرخ دنده های موجود در داخل دستگاه تقسیم ۱:۱ نباشد در این صورت رابطه بالا به صورت زیر خواهد بود :

$$\frac{zt}{zg}=\frac{i.i_1.P_T}{p}$$

که i_1 نسبت بین چرخ دنده های موجود در داخل دستگاه تقسیم می باشد. در حالت عادی نسبت i_1 یک به یک است یعنی i_1 =۱ مگر آنکه غیر از این گفته شود. روش سوار کردن چرخ دنده های تعویضی محاسبه شده در شکل روبرو نشان داده شده است.



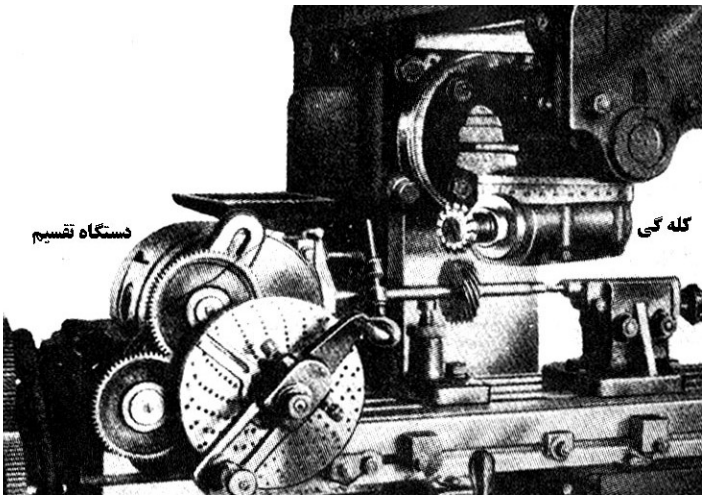
تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

۵)اصول تنظیم میز بر مبنای زاویه محاسبه شده

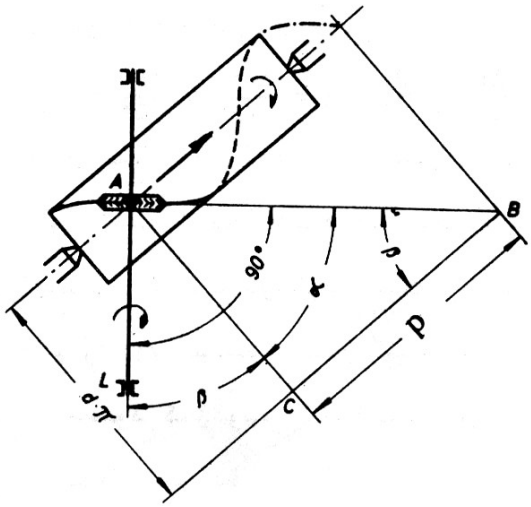
چون شیار مارپیچ نسبت به محور قطعه کار تحت زاویه قرار دارد برای این که تیغ فرز بتواند در داخل شیار قرار گیرد و عمل براده برداری را بدون پهن کردن شیار انجام دهد باید یا تیغ فرز و یا میز ماشین فرز یونیورسال تحت زاویه انحراف β قرار گیرد. علاوه بر این که میز فرز می تواند به طور افقی بچرخد و قطعه را تحت زاویه دلخواه قرار دهد با سوار کردن کله گی مخصوص می توان ابزار را نیز تحت هر زاویه دلخواه تنظیم نمود. با استفاده از این کله گی می توان به جای میز ماشین فرز تیغ فرز را منحرف کرد و در مسیر شیار مارپیچ قرار داد.

توجه :

تراشیدن شیار مارپیچ روی استوانه هم توسط تیغ فرز پولکی و هم توسط تیغ فرز انگشتی امکان پذیر است. در هر صورت حالت تنظیم شده تیغ فرز و قطعه نسبت به هم مانند شکل زیر خواهد بود.



انحراف کله گی مخصوص



انحراف میز و قطعه کار

۶)اصول فرزکاری شیارهای مارپیچ

می خواهیم روی استوانه ای به قطر ۶۱ میلی متر توسط ماشین فرز یونیورسال که دارای گام پیچ هادی ۴ میلی متر است سه شیار مارپیچ راست گرد با زاویه انحراف میز ۱۴ درجه ایجاد نماییم. برای این کار از دستگاه تقسیم یونیورسال با نسبت i=40:1 استفاده می کنیم. مراحل کار به شرح زیر خواهد بود :

۱)پس از محاسبه گام مارپیچ چرخ دنده های تعویضی را به ترتیب زیر معلوم می کنیم :

$$p = d.\pi.Cotg\,\beta$$

با مراجعه به جدول های مثلثاتی $Cot\,g14^\circ = 4$

$$p = 61\times 3/14\times 4 = 766/16 mm$$

برای محاسبه چرخ دنده های تعویضی خواهیم داشت :

$$\frac{zt}{zg} = \frac{p_t \times i}{p} = \frac{4\times 40}{766/16} = \frac{160}{766/16}$$

کسر حاصل قابل ساده کردن نیست. برای حل این مشکل می توان اندازه گام مارپیچ را کمی بیشتر یا کمتر منظور کرد. مثلاً در اینجا اگر اندازه گام را ۷۶۸ میلی متر منظور کنیم با یک تناسب ساده معلوم می شود که زاویه انحراف میز در حدود ۱۴ ثانیه فرق خواهد کرد و این تقریب با دقت ماشین های فرز معمولی که بر حسب درجه است و با چشم کنترل و تنظیم می شوند قابل قبول است حتی می توان ۴ تا ۵ میلی متر اختلاف را در اندازه گام منظور نمود. حال با گام ۷۶۸ میلی متر محاسبه را ادامه می دهیم :

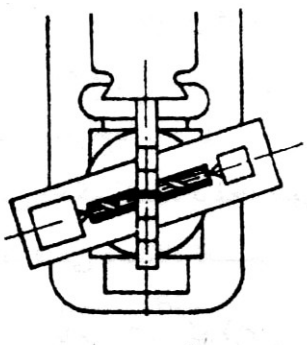
$$\frac{zt}{zg}=\frac{p_T}{p}\times i=\frac{4\times 40}{768}=\frac{40\times 24}{72\times 64}=\frac{40}{72}\times\frac{24}{64}=\frac{z1}{z2}\times\frac{z3}{z4}$$

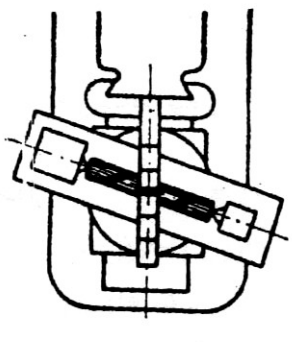
۲)چون چرخ دنده ها باید به صورت مرکب سوار شوند امکان درگیری چرخ دنده ها را به کمک شرایط امکان مونتاژ بررسی می نماییم.

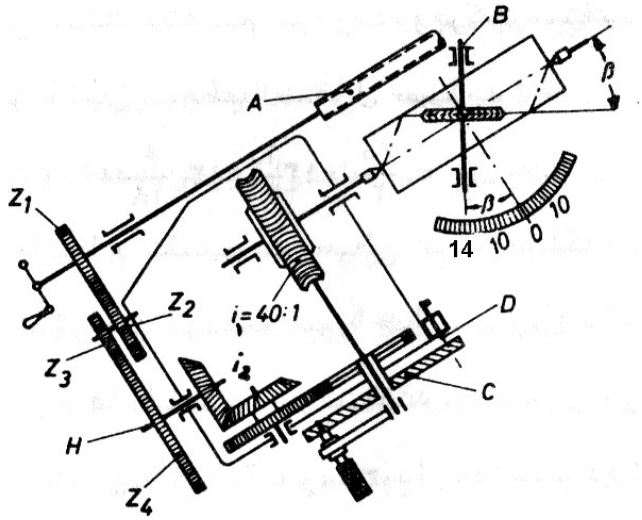
$$\mathbf{Z_1+Z_2>15+Z_3}\ ,\ \mathbf{Z_3+Z_4>15+Z_2}$$
$$\mathbf{40+72}>15+24\ ,\ 24+\mathbf{64}>15+\mathbf{72}$$
$$\mathbf{112}>\mathbf{39}\ ,\ \mathbf{88}>87$$

۳)دستگاه تقسیم یونیورسال را بروی میز ماشین در محل مناسبی کنار میز قرار می دهیم.

۴)چرخ دنده ها را با استفاده از بازوی کمکی مانند شکل زیر طوری روی دستگاه سوار می کنیم که چرخ دنده z1 روی محور پیچ هادی میز ماشین (محور A) قرار گیرد و با چرخ دنده z2 که با چرخ دنده z3 روی محور فرعی بازوی کمکی سوار شده است درگیر شود. چرخ دنده z4 روی محور مربوط به صفحه سوراخ دار (محور H) سوار و با چرخ دنده z3 درگیر می شود.


مارپیچ راست


مارپیچ چپ



۵)در صورتی که چرخ دنده ها از هم فاصله داشته باشند و یا نسبت به جهت چرخش شیار مارپیچ روی استوانه (راست یا چپ) از یک یا دو چرخ دنده واسطه استفاده می کنیم و پس از درگیری کامل چرخ دنده های تعویضی پیچ های مربوطه را کاملا محکم می کنیم.

۶)چون سه شیار باید در محیط قطعه ایجاد شود مقدار گردش دسته تقسیم را برای ایجاد تقسیمات محیطی محاسبه می کنیم . (اگر فقط یک شیار مارپیچ در محیط قطعه ایجاد می شود چرخ دنده های تعویضی بدون دخالت دادن نسبت دستگاه تقسیم از رابطه $(\frac{zt}{zg}=\frac{pT}{p})$ محاسبه می گردند. به این ترتیب این چرخ دنده ها بین محور پیچ هادی میز ماشین و محور یدکی دستگاه

تقسیم سوار می شوند و حرکت مستقیماً از پیچ هادی میز ماشین به قطعه انتقال می یابد).

$$nk=\frac{i}{T}=\frac{40}{3}=13\frac{1}{3}=13\frac{6}{18}$$

پس برای انجام تقسیمات محیطی دسته دستگاه تقسیم روی ردیف ۱۸ سوراخی از صفحه سوراخ دار به اندازه ۱۳ دور کامل و ۶ فاصله باید حرکت کند. (می توان از صفحه های دیگر که ردیف سوراخی با مضرب ۳ دارند نیز استفاده کرد.)

۷)صفحه سوراخدار مناسب (C) را روی دستگاه تقسیم سوار و پین ضامن دسته تقسیم و پرگار را به ترتیبی که بیان شد تنظیم می کنیم.

۸)تیغ فرز لازم را روی محور B و قطعه کار را بین دو مرغک یا بین سه نظام و مرغک دستگاه تقسیم سوار می کنیم.

۹)امتداد تیغ فرز را با امتداد قطعه میزان می کنیم.

۱۰)پیچ های میز ماشین را باز کرده میز را به همراه تجهیزات سوار شده روی آن تحت زاویه $\beta=14^\circ$ به سمت راست منحرف می کنیم (جهت انحراف میز ماشین مانند جهت انحراف مارپیچ است) و بلافاصله پیچ ها را می بندیم.

۱۱)سرعت برش تیغ فرز و سرعت پیشروی میز ماشین را تنظیم می کنیم و ماشین را به کار می اندازیم.

۱۲)میز ماشین را بالا آورده با تیغ فرز در حال دوران مماس می کنیم.

۱۳)ضامن صفحه سوراخ دار (D) را آزاد کرده با چرخاندن دسته پیچ میز فرز، قطعه را از زیر تیغ فرز در جهت موافق حرکت تیغ فرز خارج می کنیم.

۱۴)با بالا آوردن میز ماشین، عمق فرز کاری لازم را با توجه به حلقه مدرج دسته، تنظیم می کنیم. (بهتر است فرزکاری شیار در چند مرحله باردهی شود.)

۱۵)حرکتهای عمودی و عرضی (عمقی) میز ماشین را ترمز می کنیم.

۱۶)قطعه کار را با چرخش دسته پیچ میز فرز با دست به تیغ فرز نزدیک کرده با روشن نمودن پیشروی خودکار عمل براده برداری را با استفاده از مایع خنک کننده مناسب انجام می دهیم.

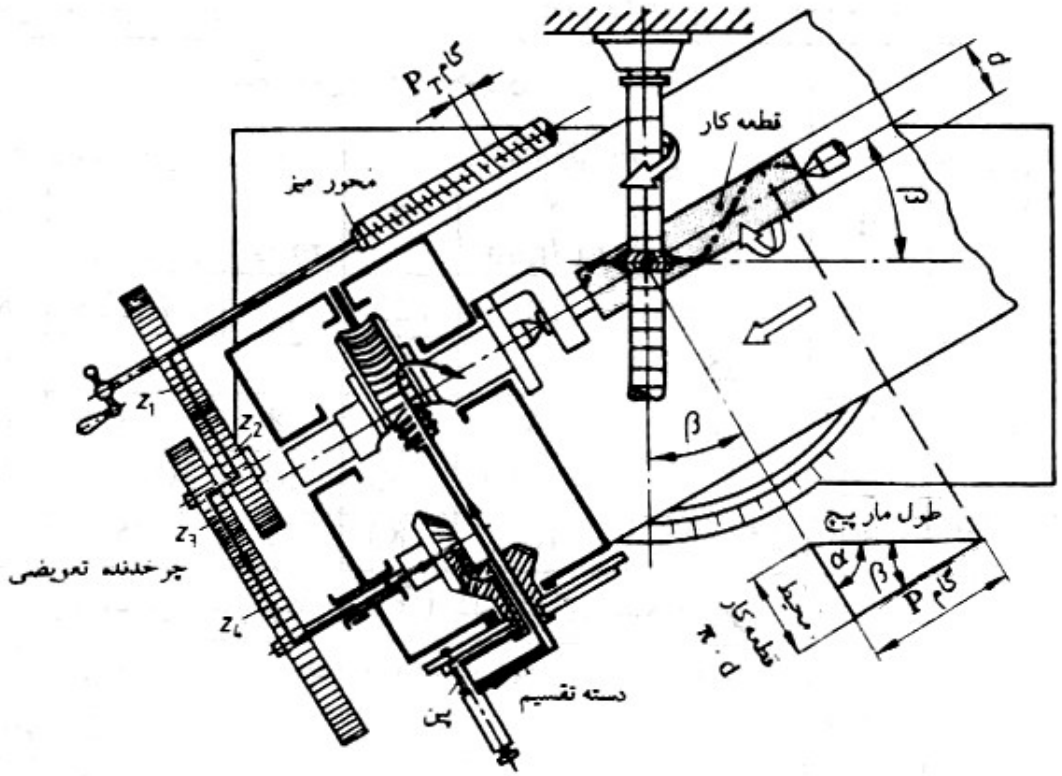
۱۷)پس از پایان کار یک شیار، حرکت خودکار میز را قطع می نماییم و در حالی که تیغ فرز می گردد قطعه کار را از زیر آن خارج و به محل قبلی منتقل می کنیم. در صورتی که اندازه شیار و صافی سطح آن دارای دقت زیادی می باشد بهتر است در حرکت برگشت، میز را پایین آورده تیغ فرز را از شیار خارج کنیم تا لقی پیچ و مهره میز ماشین کیفیت شیار را خراب نکند.

۱۸)ضامن صفحه سوراخ دار را با صفحه درگیر می کنیم و به وسیله دسته تقسیم یک تقسیم محیطی را مانند آن چه در مرحله ۶ محاسبه شد انجام داده پرگار را روی صفحه جابجا می نماییم.

۱۹)ضامن صفحه را آزاد کرده عمل فرزکاری را ادامه می دهیم.

۲۰)با تکرار عملیات بالا، مارپیچ تراشی قطعه را به پایان می رسانیم.

۷)خلاصه روابط محاسبه شیارهای مارپیچ :



ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱	گام شیار مارپیچ	P	$P = \pi \times d \times tg\alpha = \pi \times d \times Cotg\beta$
۲	زاویه گام	α	$tg\alpha = \frac{P}{\pi \times d}$
۳	زاویه تنظیم	β	$\beta = 90 - \alpha$
۴	چرخ دنده های تعویضی		$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{P_T \times i \times i_1}{P}$

۸)تمرین :

۱)تیغ فرز مارپیچی به قطر ۸۰ میلی متر باید زاویه تنظیم $\beta = ۲۵$ درجه و ۹ دندانه داشته باشد. $Pt = ۶$ میلی متر و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ است.گام مارپیچ، میزان چرخش دسته دستگاه تقسیم و چرخ دنده های تعویضی را محاسبه نمایید.

۲)قطعه کاری به قطر ۱۲۰ میلی متر باید ۶ شیار مارپیچ با گام ۲۰۰ میلی متر داشته باشد. $i_1=۲$ و $Pt = ۴$ و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ است. زاویه تنظیم، میزان چرخش دسته دستگاه تقسیم و چرخ دنده های تعویضی را محاسبه نمایید.

۳)مته مارپیچی به قطر ۱۲ میلی متر دارای دو شیار است. اگر زاویه تنظیم ۳۰ درجه و نسبت حلزون و چرخ حلزون دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ و نسبت چرخ دنده های موجود در داخل دستگاه تقسیم ۱ به ۱ باشد مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم، گام مارپیچ و چرخ دنده های تعویضی را محاسبه نمایید. گام پیچ هادی میز ماشین فرز ۶ میلی متر می باشد.

۴)به وسیله ماشین فرز یونیورسال شیار مارپیچی با گام ۱۵۰۰ میلی متر بروی استوانه ای به قطر ۱۲۰ میلی متر فرزکاری خواهد شد. اگر گام میز ماشین فرز ۵ میلی متر و نسبت پیچ و چرخ حلزون دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ و نسبت چرخ دنده های موجود در داخل دستگاه تقسیم ۱ به ۱ باشد، زاویه تنظیم و چرخ دنده های تعویضی را محاسبه نمایید.

توجه

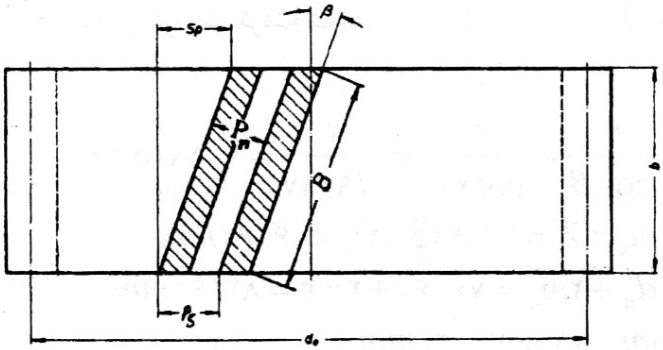
تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

بخش سوم

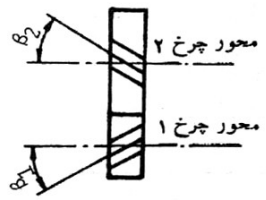
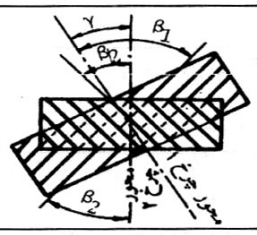
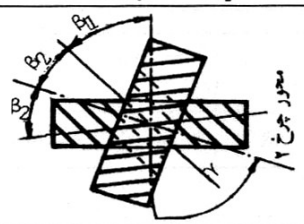
فرزکاری چرخ دنده مارپیچ

۱)قسمتهای مختلف چرخ دنده مارپیچ

امتداد دندانه های این چرخ دنده ها نسبت به محور آنها تحت زاویه قرار دارد و برای انتقال حرکت بین محورهای موازی و متعامد و متنافر مورد استفاده قرار می گیرد. شکل روبرو نمونه ای از درگیری این نوع چرخ دنده ها را با زاویه محوری ۹۰ درجه نشان می دهد. در شکل زیر مقدار انحراف دنده (SP) و زاویه انحراف آن نسبت به محور چرخ دنده β نشان داده شده است.



صرف نظر از زاویه انحراف β که نسبت به مقدار نیروی انتقالی قابل محاسبه است جهت انحراف دنده چرخ دنده های مارپیچ نسبت به زاویه بین محور های دو چرخ دنده مارپیچ درگیر با هم (γ) ممکن است به طرف راست یا چپ باشد. جدول زیر چگونگی تشخیص جهت انحراف دنده لازم را معلوم می کند.

وضعیت محورها نسبت به هم	زاویه محوری γ	زاویه انحراف β	جهت انحراف دندانه‌ها	شکل شماتیک
محورهای موازی	$\gamma = 0$	$\beta_1 = \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
محورهای متنافر	$\gamma < 45^\circ$ $\gamma = \beta_1 - \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
	$45^\circ < \gamma < 90^\circ$ $\gamma = \beta_1 - \beta_2$ $\gamma = \beta_1 + \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	هر دو چپ و یا هر دو راست	

توجه : اگر چرخ دنده را از پیشانی روی سطح افقی قرار دهیم راست یا چپ بودن دنده معلوم می شود.

۲)محاسبه اجزای چرخ دنده مارپیچ و چرخ دنده های تعویضی

چون امتداد دندانه ها به محور چرخ دنده مایل قرار گرفته اند مطابق شکل ۳۱ دو نوع گام در این چرخ دنده ها قابل تشخیص است : گام نرمال یا حقیقی (pn) عمود بر امتداد دنده و گام پیشانی یا ظاهری (ps) بزرگتر از گام نرمال. از اندازه این دو گام و زاویه انحراف دنده ها β می توان از مثلث ABC رابطه بین گامها و زاویه β را با توجه به این که $p=m\times\pi$ است محاسبه نمود :

$$Cos\beta=\frac{p_n}{p_s}=\frac{m_n.\pi}{m_s.\pi}=\frac{m_n}{m_s}$$

که در این رابطه m_n مدول نرمال یا مدول حقیقی (مدول تیغ فرز لازم) و m_s مدول پیشانی یا مدول ظاهری است :

$$m_s=\frac{m_n}{Cos\beta} \qquad (۱)$$

و چون محیط متوسط چرخ دنده از مجموع گام های پیشانی حاصل می شود پس :

$$Uo=p_s.z\Rightarrow do.\pi=p_s.z$$

$$p_S=m_S\times\pi \qquad \Rightarrow \qquad do=m_S\times z \qquad (۲)$$

با در نظر گرفتن دو رابطه ۱ و۲ سایر مشخصات چرخ دنده های مارپیچ همانند چرخ دنده های ساده به قرار زیر محاسبه می شود :

قطر خارجی یا قطر تراش چرخ دنده $dk=do+2mn$

ضخامت چرخ دنده نرمال $b=10\times mn$

عمق دنده یا عمق بار $h=\frac{13}{6}\times mn=2.167\times mn$

گام مارپیچ چرخ دنده $p=do.\pi.Cot\,g\,\beta$

چرخ دنده های تعویضی $\frac{zt}{zg}=\frac{i.p_T}{p}$

مقدار گردش دسته تقسیم $nk=\frac{i}{z}$

تعداد دندانه فرضی برای انتخاب تیغ فرز $z_i=\frac{z}{(Cos\beta)^3}$

توجه :

تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

مثال : محاسبات لازم برای فرزکاری یک چرخ دنده مارپیچ ۴۴ دندانه ای چپ دنده با مدول نرمال ۲/۵ میلی متر و زاویه پیچش مارپیچ ۷۰ درجه را حساب کنید در صورتی که نسبت دستگاه تقسیم ۱: ۴۰ = i و گام میله هادی میز ماشین فرز ۶ میلی متر باشد .

حل:

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$$

$$ms = \frac{mn}{Cos\,\beta} = \frac{2.5}{0.94} = 2.66\ mm$$

$$do = ms\,.\,z = 2.66 \times 44 = 117\,mm$$

$$dk = do + 2mn = 117 + 2 \times 2.5 = 122\,mm$$

$$b = 10 \times mn = 10 \times 2.5 = 25\,mm$$

$$h = \frac{13}{6} \times mn = \frac{13}{6} \times 2.5 = 5.4\,mm$$

$$zi = \frac{z}{Cos^3\beta} = \frac{44}{0.94^3} = 53$$

مدول تیغ فرز ۲/۵ میلی متر و شماره تیغ فرز $nr = 6$

$$p = do.\pi.Cot\,g\,\beta = 117 \times 3.14 \times 2.74 = 1006\,mm$$

اگر p = 1000 mm در نظر بگیریم به علت کم بودن ضخامت چرخ دنده (b = 25 mm) در مقابل گام مارپیچ اختلاف دو سر دنده (Sp) نسبت به گام اصلی بسیار ناچیز و در حدود ۰/۱۵ میلی متر خواهد بود ولی انتخاب چرخ دنده به ترتیب زیر راحت تر انجام خواهد گرفت :

$$p = 1000\,mm \qquad \frac{zt}{zg} = \frac{i \times p_T}{p} = \frac{40 \times 6}{1000} = \frac{6}{25} = \frac{24}{100} = \frac{z_1}{z_2}$$

$$nk = \frac{i}{z} = \frac{40}{44} = \frac{10}{11} = \frac{30}{33}$$

۳)مراحل فرزکاری چرخ دنده مارپیچ

۱)محاسبه قطر خارجی چرخ دنده از رابطه $dk = \frac{mn}{Cos\,\beta}.z + 2mn$ **و اندازه ضخامت آن و انتخاب ماده اولیه لازم و بریدن آن.**

۲)اجرای عملیات تراش کاری روی ماشین تراش همانند مراحل ۲، ۳ و ۴ ساخت چرخ دنده های ساده و بستن قطعه به کمک دستگاه تقسیم روی ماشین فرز. نکته قابل ذکر این است که چون امتداد دندانه ها مایل هستند برای جلوگیری از چرخش چرخ دنده ضمن تراش در روی درن نیروی پرسی درگیری درن و سوراخ محور چرخ دنده باید بیشتر باشد .

۳)انتخاب تیغ فرز مناسب با توجه به مدول نرمال چرخ دنده و تعداد دنده از فرمول $zi = \frac{z}{Cos^3\beta}$

۴)بستن تیغ فرز و تنظیم مشخصات فنی ماشین مانند مراحل ساخت چرخ دنده های ساده.

۵)محاسبه گام مارپیچ چرخ دنده از رابطه $p = \frac{mn}{Cos\,\beta}.z.\pi.Cot\,g\,\beta$

۶)محاسبه چرخ دنده های تعویضی لازم

با توجه به گام پیچ هادی میز ماشین (Pt) و گام مارپیچ چرخ دنده (p) و نسبت دستگاه تقسیم (i) از رابطه $\frac{zt}{zg}=\frac{p_T.i}{p}$

۷)آزمایش امکان درگیری چرخ دنده های تعویض از روابط $z_1+z_2>15+z_3$ و $z_3+z_4>15+$ (در صورت مرکب بودن نسبت چرخ دنده ها).

۸)سوار کردن چرخ دنده های حساب شده با یا بدون استفاده از چرخ دنده های واسطه با توجه به جهت چرخش قطعه کار به کمک بازوی کمکی دستگاه تقسیم.

۹)محاسبه مقدار گردش دسته تقسیم برای اجرای تقسیمات محیطی از رابطه $nk=\frac{i}{z}$

۱۰)مونتاژ صفحه سوراخ دار مورد نیاز روی دستگاه تقسیم و تنظیم دسته تقسیم و پرگار در حالی که ضامن صفحه با صفحه درگیر است.

۱۱)تنظیم امتداد تیغ فرز با محور چرخ دنده

۱۲)تحت زاویه در آوردن میز ماشین به اندازه زاویه β (زاویه انحراف)

۱۳)به کار انداختن ماشین فرز و مماس کردن تیغ فرز با محیط چرخ دنده

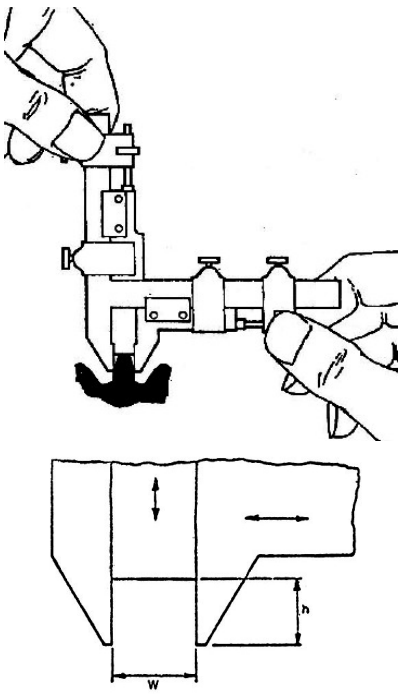
۱۴)آزاد کردن ضامن صفحه و کنار کشیدن قطعه کار از زیر تیغ فرز با چرخاندن دسته میز با دست

۱۵)بالا آوردن میز ماشین به مقدار لازم و نزدیک کردن چرخ دنده به تیغ فرز با چرخش دسته میز با دست (برای اطمینان از آزاد بودن ضامن صفحه، حرکت دادن میز ماشین با دست لازم است) و شروع عمل فرزکاری با پیشروی خودکار با استفاده از جریان ماده خنک کننده

۱۶)انتقال چرخ دنده به محل شروع ماشین کاری پس از اتمام تراش اولین شیار و جا انداختن ضامن صفحه و اجرای عمل تقسیم و جابجا کردن پرگار و آزاد کردن ضامن صفحه

۱۷)ادامه عملیات فرزکاری تا پایان کار چرخ دنده تراشی

۱۸)باز کردن چرخ دنده از ماشین فرز و اندازه گیری و بررسی آن



۴)کنترل کیفیت چرخ دنده های مارپیچ

در ساخت چرخ دنده های دقیق لازم است تک تک اجزاء چرخ دنده بررسی شوند. یکی از این اجزاء که بررسی آن اهمیت زیادی دارد ضخامت دندانه است. وسیله ای که اغلب برای اندازه گیری ضخامت دندانه بکار می رود کولیس چرخ دنده است. این کولیس یک ورنیه برای اندازه گیری ضخامت دندانه w و یک عمق سنج ورنیه دار برای تنظیم کولیس در ارتفاع h (به هنگام اندازه گیری w) دارد. برای محاسبه مقدار w و h از روابط زیر استفاده می شود :

$$Z_i=\frac{Z}{Cos^3\beta}$$

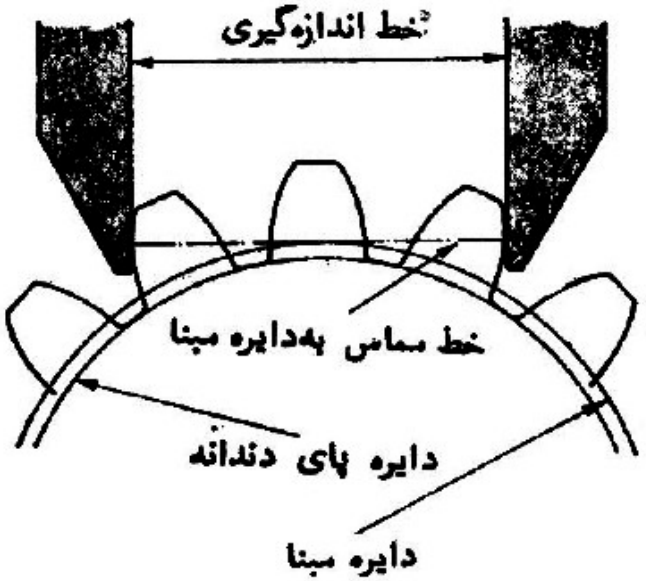
$$w=do\times Sin\left(\frac{90}{Z_i}\right)$$

$$h=m_n\times\left(1+Z_i\times\left(\frac{1-Cos(\frac{90}{Z_i})}{2}\right)\right)$$

لازم به ذکر است که در چرخ دنده های مارپیچ ضخامت دندانه در صفحه عرضی در خط گام به آسانی قابل اندازه گیری نیست ولی ضخامت عمودی دندانه قابل تعیین می باشد. با محدود کردن دقت کولیس چرخ دنده ضخامت عمودی دندانه یعنی W_n را می توان برابر با ضخامت دندانه یک چرخ دندهٔ ساده که دارای مشخصاتی مشابه با چرخ دنده مارپیچ است فرض کرد اما به جای **Z** باید مقدار Zi در روابط قرار گیرد که در آن **β** (بتا) زاویه مارپیچ چرخ دنده مارپیچ است. در این روابط **Z** تعداد دندانه های چرخ دنده، $\mathbf{m_n}$ مدول نرمال چرخ دنده بر حسب میلی متر و $\mathbf{d_o}$ قطر متوسط بر حسب میلی متر می باشد.

برای بررسی چرخ دنده به کمک کولیس چرخ دنده، پس از محاسبه **h** و **w** تیغه عمودی کولیس را به ارتفاع محاسبه شده **h** تنظیم کرده کولیس را روی دندانه قرار می دهیم و ضخامت عمودی آن را اندازه گیری می نماییم. ضخامت تمام دندانه ها در محدوده تلرانس باید برابر با مقدار محاسبه شده **w** باشد.

روش اندازه گیری ضخامت دندانه با کولیس چرخ دنده دقت کمی دارد. برای حل این مشکل به جای اندازه گیری ضخامت هر دندانه، می توان فاصلهٔ بین تعداد مناسبی از دندانه ها را به صورتی که در شکل زیر نشان داده شده است به دست آورد. اندازه گیری با این روش را می توان با استفاده از یک میکرومتر فک بشقابی انجام داد.



اندازه گیری فاصلهٔ بین چند دندانه با میکرومتر فک بشقابی

Ψ = 14?			Ψ = 20?			k
12	≤ Z ≤	25	12	≤ Z ≤	18	2
26	≤ Z ≤	37	19	≤ Z ≤	27	3
38	≤ Z ≤	50	28	≤ Z ≤	36	4
51	≤ Z ≤	62	37	≤ Z ≤	45	5
63	≤ Z ≤	75	46	≤ Z ≤	54	6
76	≤ Z ≤	87	55	≤ Z ≤	63	7
88	≤ Z ≤	100	64	≤ Z ≤	78	8

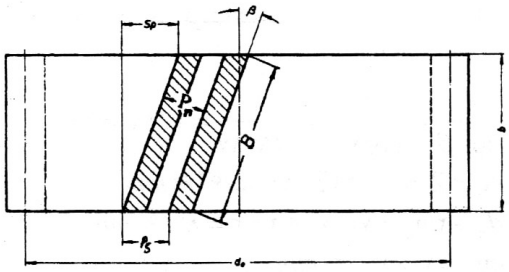
جدول انتخاب **k**

فرمول محاسبه فاصله بین چند دندانه برای چرخ دنده های مارپیچ عبارت است از :

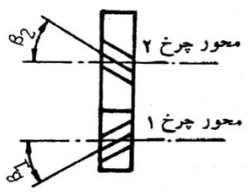
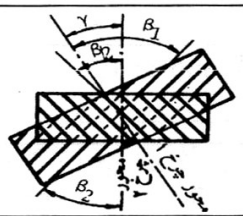
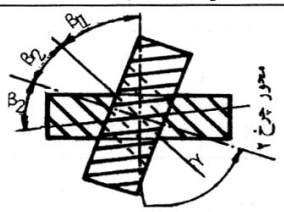
$$W_N = Z \times m_n \times Cos\psi_n \times \left[inv\psi_n + \frac{\pi}{2 \times Z} + \frac{\pi \times k}{Z} \right]$$

در این معادله، تعداد دندانه ها = **Z**، مدول نرمال = $\mathbf{m_n}$، زاویه فشار در صفحه عمودی بر حسب رادیان=ψ_n و **k** = تعداد دندانه هایی که در فاصله **Wn** بین فکهای میکرومتر قرار گرفته اند و بسته به تعداد دندانه های چرخ دنده از جدول بالا بدست می آید. توجه کنید که برای چرخ دنده های مارپیچ فاصله بین دندانه ها در صفحه عمودی بررسی می گردد.

۵)خلاصه روابط محاسبه چرخ دنده های مارپیچ :



ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱	مدول نرمال	m_n	$m_n = \frac{P_n}{\pi}$
۲	مدول ظاهری	m_S	$m_S = \frac{P_S}{\pi}$
۳	زاویه انحراف دندانه	β	$Cos\beta = \frac{m_n}{m_S}$
۴	قطر دایره تقسیم	d_O	$d_O = Z \times m_S$
۵	قطر خارجی	d_k	$d_k = d_O + 2 \times m_n$
۶	قطر داخلی	d_f	$d_f = d_O - \frac{14}{6} \times m_n$
۷	گام مارپیچ چرخ دنده (گام پیچش دندانه)	P	$P = \pi \times d_O \times Cotg\beta$
۸	تعداد دندانه فرضی برای انتخاب تیغ فرز	Z_i	$Z_i = \frac{Z}{(Cos\beta)^3}$
۹	ارتفاع کل دندانه	h	$h = h_k + h_f = m_n + \frac{7}{6}m_n = \frac{13}{6} \times m_n$
۱۰	پهنا یا ضخامت چرخ دنده	b	$b = 10 \times m_n$
۱۱	پهنا یا ضخامت دندانه	B	$B = \frac{b}{Cos\beta}$
۱۲	فاصله بین دو محور چرخ دنده ۱ و ۲	a	$a = \frac{d_{O1} + d_{O2}}{2}$

وضعیت محورها نسبت به هم	زاویه محوری γ	زاویه انحراف β	جهت انحراف دندانه‌ها	شکل شماتیک
محورهای موازی	$\gamma = 0$	$\beta_1 = \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
محورهای متنافر	$\gamma < 45^\circ$ $\gamma = \beta_1 - \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
	$45^\circ < \gamma < 90^\circ$ $\gamma = \beta_1 - \beta_2$ $\gamma = \beta_1 + \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	هر دو چپ و یا هر دو راست	

۶)پرسش و پاسخ :

۱)دو چرخ دنده مارپیچ با هم کار می کنند. قطر متوسط چرخ دنده محرک ۹۶ میلی متر، تعداد دندانه آن ۳۰ و زاویه انحراف آن ۲۰ درجه و ۶ دقیقه می باشد. قطر متوسط چرخ دنده متحرک ۲۰۸ میلی متر و زاویه انحراف آن ۳۰ درجه است. تعداد دندانه چرخ دنده متحرک را تعیین کنید.

$Cos30 = 0.866, Cos20^{o}, 6' = 0.938$

۲) قطر متوسط دو چرخ دنده مارپیچ که باهم کار می کنند برابر است. زاویه انحراف چرخ دنده محرک ۳۰ و متحرک ۴۵ درجه می باشد. اگر چرخ دنده محرک ۷۳۰ دور بر دقیقه بزند تعداد دوران چرخ دنده متحرک را محاسبه نمایید.

$Cos45 = 0.707, Cos30^{o} = 0.866$

۳)دو چرخ دنده مارپیچ با قطرهای برابر که زاویه انحراف چرخ دنده محرک ۳۰ و متحرک ۶۰ درجه است با هم کار می کنند. اگر تعداد دندانه چرخ دنده متحرک ۳۷ عدد باشد تعداد دندانه چرخ محرک را معین کنید.

$tg30 = 0.577, tg60 = 1.7, Sin60 = Cos30 = 0.86$

۴)کدام گزینه نادرست است؟

۱)گام نرمال کوچکترین فاصله بین دو دندانه از دندانه های چرخ دنده مارپیچ است.

۲)گام پیشانی فاصله بین دو دندانه چرخ دنده مارپیچ در سطح پیشانی ا ست.

۳)گام نرمال بزرگتر از گام پیشانی است.

۴)برای فرزکاری چرخ دنده مارپیچ، مدول تیغ فرز مدولی باید برابر مدول نرمال باشد.

۵)چرا چرخ دنده های مارپیچ نسبت به چرخ دنده های ساده آرامتر کار می کنند؟

۱)سطح تماس دندانه ها در چرخ دنده های مارپیچ بیشتر است.

۲)چرخ دنده های مارپیچ دارای نیروی محوری هستند.

۳)چرخ دنده های مارپیچ تعداد دور کمتری دارند.

۴)در چرخ دنده های مارپیچ دندانه ها به صورت تدریجی با هم تماس پیدا می کنند.

۶)دو چرخ دنده مارپیچ که هر دو دارای زاویه محوری یکسان هستند حرکت دورانی را با نسبت ۲/۵ به ۱ منتقل می کنند. اگر قطر متوسط چرخ دنده محرک ۹۶ و مدول پیشانی آن ۳/۲ میلی متر باشد تعداد دندانه چرخ دنده متحرک را محاسبه کنید.

۷)یک چرخ دنده مارپیچ با مدول نرمال ۲ و قطر خارجی ۸۹ میلی متر و زاویه انحراف ۲۰ درجه باید فرزکاری شود. تعداد دندانه این چرخ دنده، تعداد دندانه تیغ فرز مدولی مورد نیاز و عمق فرزکاری آن را تعیین کنید.

$Cos20 = 0.94$

۸)هنگامی که از دو چرخ دنده مارپیچ برای انتقال حرکت بین دو محور موازی استفاده می شود مناسب ترین زاویه انحراف دندانه ها چند درجه است؟

۱)بین ۲۰ تا ۳۰ درجه ۲)بین ۱۰ تا ۲۰ درجه

۳)حدود ۲۰ درجه ۴)بین ۵ تا ۵۰ درجه

۹)برای انتقال حرکت بین دو محور متنافر توسط چرخ دنده های مارپیچ، مناسبترین زاویه انحراف برای دو چرخ دنده محرک و متحرک چیست؟

۱)زاویه انحراف هر دو برابر باشند.

۲)زاویه انحراف دندانه چرخ دنده محرک بیشتر از متحرک باشد.

۳)زاویه انحراف چرخ دنده متحرک بیشتر از محرک باشد.

۴)به نسبت انتقال بستگی دارد.

۱۰)منظور از تعداد دندانه ایده آل در چرخ دنده های مارپیچ چیست؟

۱)تعداد دندانه چرخ دنده ای که بتواند نیروی بیشتری را منتقل کند.

۲)تعداد دندانه ای است که با ایجاد آن در محیط چرخ دنده فرم دندانه ها کامل می گردد.

۳)تعداد دندانه مناسب برای انتخاب تیغ فرز لازم برای تراش چرخ دنده

۴)تعداد دندانه فرضی است که برای انجام محاسبات چرخ دنده های مارپیچ اختلافی به کار می رود.

پاسخ پرسش ۱ :

$$i=\frac{z_2}{z_1}=\frac{\frac{do_2}{m_s}}{\frac{do_1}{m_s}}=\frac{\left(\frac{do_2}{\frac{mn}{\cos\beta_2}}\right)}{\left(\frac{do_1}{\frac{mn}{\cos\beta_1}}\right)}=\frac{do_2.\cos\beta_2}{do_1.\cos\beta_1}=\frac{208\times0.866}{96\times0.938}=2$$

$$i=\frac{z_2}{z_1}\longrightarrow 2=\frac{z_2}{30}\longrightarrow z_2=2\times30=60$$

پاسخ پرسش ۲ :

$$i=\frac{do_2.\cos\beta_2}{do_1.\cos\beta_1}\xrightarrow{(do_2=do_1)} i=\frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1}=\frac{0.707}{0.866}=0.816$$

$$i=\frac{n_1}{n_2}\longrightarrow 0.816=\frac{730}{n_2}\longrightarrow n_2=\frac{730}{0.816}\simeq 894\frac{u}{min}$$

پاسخ پرسش ۳ : اگر قطر متوسط دو چرخ دنده مارپیچ برابر باشد و زوایای انحراف آنها متمم باشد یعنی $\beta_1+\beta_2=90$ در این صورت :

$$\boxed{\cos\beta_2=\sin\beta_1}$$

$$i=\frac{do_2.\cos\beta_2}{do_1.\cos\beta_1}=\frac{\sin\beta_1}{\cos\beta_1}=tg\beta_1\longrightarrow i=tg\beta_1=tg30^\circ=0.577$$

$$i=\frac{z_2}{z_1}\longrightarrow 0.577=\frac{37}{z_1}\longrightarrow z_1=\frac{37}{0.577}=\boxed{64}$$

پاسخ پرسش ۴ :

از آنجا که در چرخ دنده های مارپیچ دندانه ها به صورت مورب قرار گرفته اند گامی که در پیشانی چرخ دنده وجود دارد یعنی Ps بزرگتر از گام نرمال یعنی Pn است.

پاسخ پرسش ۵ : گزینه ۴

پاسخ پرسش ۶ :

$$i=\frac{do_2}{do_1} \longrightarrow 2.5=\frac{do_2}{96} \longrightarrow do_2=2.5\times 96=240^{mm}$$

$$do_2=m_s.z_2 \longrightarrow z_2=\frac{do_2}{m_s}=\frac{240}{3.2}=75$$

پاسخ پرسش ۷ :

$$m_s=\frac{m_n}{\cos\beta}=\frac{2}{0.94}=2.127^{mm}$$

تعداد دندانه چرخ دنده

$$z=\frac{d_k-2m_n}{m_s}=\frac{89-2(2)}{2.127}=40$$

تعداد دندانه تیغ فرز

$$z_i=\frac{z}{(\cos\beta)^3}=\frac{40}{(0.94)^3}=48$$

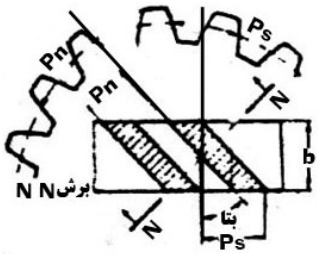
عمق فرزکاری

$$h=2.167\ m_n=2.167\times 2=4.334^{mm}$$

پاسخ پرسش ۸ : گزینه ۳ - در چرخ دنده های مارپیچ برای آن که در یک لحظه دندانه های بیشتری با هم درگیر شوند لازم است که دندانه ها نسبت به محور چرخ دنده انحراف داشته باشند. همچنین برای آن که در اثر انحراف، مولفه نیروی محوری وارد بر دندانه ها زیاد نباشد این مقدار انحراف را برابر فاصله تقسیم نرمال در پهنای چرخ دنده در نظر می گیرند. به همین دلیل زاویه انحراف در چرخ دنده های مارپیچ را زمانی که برای محورهای موازی بکار روند حدود ۲۰ = β۲ = β۱ درجه انتخاب می نمایند.

پاسخ پرسش ۹ : گزینه ۲ - زاویه انحراف در چرخ دنده های مارپیچ با محور متنافر به نسبت انتقال حرکت آنها بستگی دارد و معمولاً زاویه انحراف چرخ دنده محرک را از متحرک بزرگتر انتخاب می کنند ($\beta_1 > \beta_2$).

پاسخ پرسش ۱۰ : گزینه ۳ - در چرخ دنده ساده برای انتخاب شماره تیغ فرز داشتن دو عامل مدول و تعداد دندانه موجود در محیط چرخ دنده ضروری است. در چرخ دنده های مارپیچ مدول انتخابی مدول نرمال است اما چون شکل دندانه ها در این چرخ دنده ها در مقطع عمود بر مارپیچ با شکل آنها در مقطع عمود بر محور چرخ دنده (پیشانی چرخ دنده) تفاوت دارد (شکل زیر) بنابراین شماره تیغ فرز از روی تعداد دندانه حقیقی انتخاب نمی شود بلکه به کمک تعداد دندانه ایده آل (Z_{ideal} یا Z_i) که بیشتر از تعداد دندانه حقیقی است و به زاویه انحراف β بستگی دارد از رابطه زیر محاسبه می گردد :



$$\boxed{z_i=\frac{z}{(\cos\beta)^3}}$$

۷)تمرین :

۱)برای فرزکاری چرخ دنده مارپیچ با ۲۴ دندانه، مدول حقیقی ۳ میلی متر و زاویه انحراف ۲۰ درجه با ماشین فرزی که گام پیچ هادی آن ۶ میلی متر و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ است محاسبات لازم را انجام دهید.

۲)برای کنترل چرخ دنده مثال قبل از هر دو روش کولیس چرخ دنده و میکرومتر فک بشقابی محاسبات لازم را انجام دهید.

۳)قطر خارجی چرخ دنده مارپیچی ۶۰، مدول نرمال آن ۳ و طول گام مارپیچ آن ۵۰۰ میلی متر است. زاویه مارپیچ را محاسبه نمایید.

۴)محاسبات لازم برای فرزکاری چرخ دنده مارپیچ با مشخصات زیر را بنویسید. گام پیچ هادی فرز ۶ میلی متر و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ می باشد.

$Z = ۳۲$ و $\beta = ۳۰$ و $m_n = ۳$

۵)برای کنترل چرخ دنده مثال قبل از هر دو روش کولیس چرخ دنده و میکرومتر فک بشقابی محاسبات لازم را انجام دهید.

۶)دو چرخ دنده مارپیچ بروی دو محور موازی قرار گرفته اند. فاصله مرکز دو محور آنها ۴۳۲ و گام نرمال آنها ۲ میلی متر می باشد. چرخ دنده بزرگ ۴۸ دندانه و چرخ دنده کوچک ۲۰ دندانه دارد و زاویه مارپیچ آنها ۲۰ درجه است. موارد زیر را محاسبه کنید :

الف)قطر بزرگ هر چر خ دنده

ب)شماره تیغ فرز برای فرزکاری این دو چرخ دنده

ج)گام مارپیچ هر چرخ دنده

۷)با توجه به فرمول زاویه انحراف دندانه تحقیق کنید که کدام یک از روابط زیر همواره درست است؟

الف) $mn=ms$

ب) $mn<ms$

ج) $mn>ms$

توجه

تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

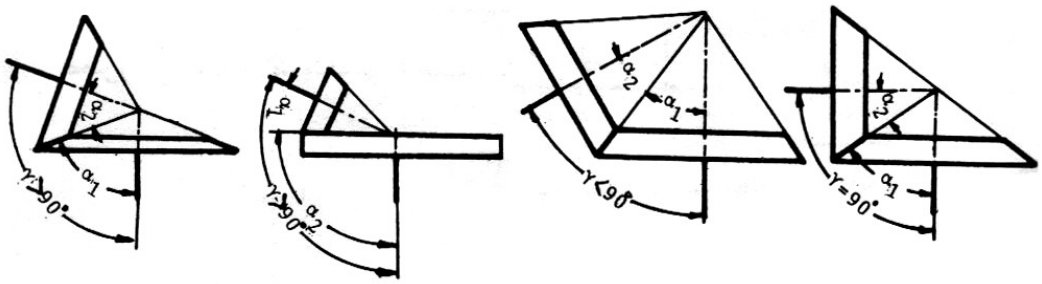
بخش چهارم

فرزکاری چرخ دنده مخروطی

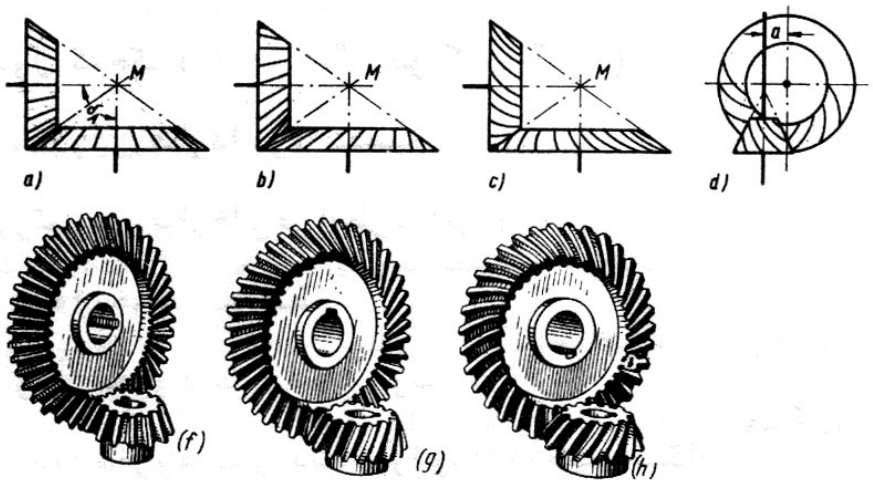
۱)مقدمه

از چرخ دنده های مخروطی برای انتقال حرکت بین محورهای غیر موازی و متقاطع استفاده می شود. اغلب زاویه بین محورهای دو چرخ دنده مخروطی ۹۰ درجه است (شکل زیر) اما بسته به نیاز ممکن است چرخ دنده های مخروطی با زاویه بین محوری بیشتر یا کمتر از ۹۰ درجه نیز ساخته شده و مورد استفاده قرار گیرند.

شکل زیر چند نوع درگیری چرخ دنده های مخروطی را از لحاظ زاویه بین محورهای آنها نشان می دهد.



در هر صورت رئوس مخروط های دو چرخ دنده در محل تلاقی محورهای دو چرخ دنده باید به یکدیگر برسند یعنی L1 = L2 که L طول مولد مخروط چرخ دنده است. در غیر این صورت درگیری دو چرخ دنده توأم با صدا بوده خیلی زود مستهلک خواهند شد. البته نوعی چرخ دنده مخروطی با دندانه های قوس دار و انحراف محوری به نام پینیون و کرانویل برای جاگیری در حجم کمتر و انتقال قدرت بیشتر در ساختمان دیفرانسیل اتومبیل ها به کار برده می شود. انحراف محوری این نوع چرخ دنده ها در حدود یک هشتم قطر دایره تقسیم کرانویل است. (شکل زیر قسمت d) چرخ دنده های مخروطی از لحاظ فرم دندانه به سه گروه با دندانه های مستقیم، مارپیچ و قوس دار ساخته می شوند. در این جزوه روش ساخت چرخ دنده های مخروطی با دندانه مستقیم توضیح داده می شود.



۲) شناسایی اجزاء چرخ دنده مخروطی

با توجه به شکل زیر نام قسمت های مختلف یک چرخ دنده مخروطی که در محاسبات به کار برده می شوند عبارت است از :

مدول بزرگ (مدول قسمت بزرگ دندانه)..... m_a

مدول کوچک (مدول قسمت کوچک دندانه)..... m_i

بزرگترین قطر دایره تقسیم..... d_o

بزرگترین قطر خارجی (قطر تراش)..... d_k

زاویه مخروط متوسط..... α

زاویه مخروط سر دنده (زاویه تراش)..... α_k

زاویه مخروط پای دنده (زاویه تنظیم دستگاه تقسیم)..... α_f

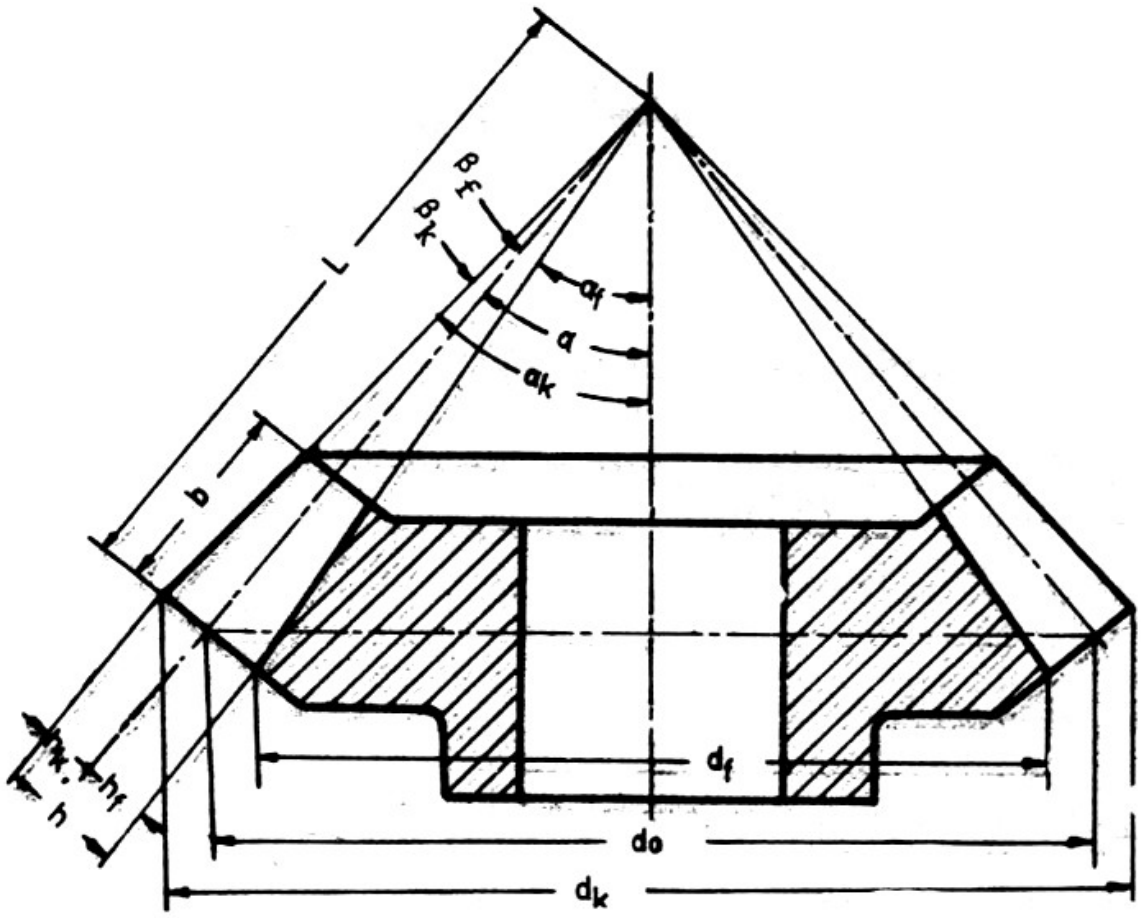
زاویه سر دنده..... β_k

زاویه پای دنده..... β_f

ارتفاع دنده..... h

طول مولد مخروط کامل چرخ دنده..... L

پهنای دنده..... b



۳)محاسبه اجزاء چرخ دنده مخروطی

$$do = m_a \times z$$

$$dk = do + 2m_a \times Cos\alpha = m_a (Z + 2Cos\alpha)$$

$$L = \frac{do}{2Sin\alpha} = \frac{m_a \times Z}{2Sin\alpha}$$

$$b = \frac{L}{3} = \frac{do}{6Sin\alpha}$$

$$tg\,\beta_k = \frac{2Sin\alpha}{Z}$$

$$\alpha_k = \alpha + \beta_k$$

$$tg\,\beta_f = \frac{2.33\ Sin\alpha}{Z} = 1/167\, tg\,\beta k$$

$$\alpha_f = \alpha - \beta_f$$

$$h = \frac{13}{6} \times m_a$$

محاسبه زاویه مخروط متوسط به تعداد دندانه دو چرخ دنده مخروطی درگیر با هم (Z1 , Z2) و زاویه محوری آنها γ بستگی دارد و از روابط زیرحاصل می شوند : $\alpha_2 = \gamma - \alpha_1$

$$tg\,\alpha_1 = \frac{Sin(180-\gamma)}{\frac{z_2}{z_1} - Cos(180-\gamma)}$$

زاویه مخروط متوسط برای انواع زاویه محوری به ترتیب زیر محاسبه می گردد :

$$\gamma = 90^\circ \quad tg\,\alpha_1 = \frac{Z1}{Z2} = \frac{1}{i} \qquad \gamma < 90^\circ \quad tg\,\alpha_1 = \frac{Sin\gamma}{\frac{Z_2}{Z_1} + Cos\gamma} \qquad \gamma > 90^\circ \quad tg\,\alpha_1 = \frac{Sin(180-\gamma)}{\frac{z_2}{z_1} - Cos(180-\gamma)}$$

مثال : مشخصات ساختمانی دو چرخ دنده مخروطی که باید با زاویه محوری ۹۰ = γ کار کنند را حساب کنید. (ma = 3 mm , Z2 = 32 , Z1 = 24)

$$tg\,\alpha_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{24}{32} = 0.75 \qquad \alpha_1 = 36^\circ, 52$$

حل : مشخصات چرخ دنده محرک : (۹۰ = γ)

$$do_1 = m_a \times Z_1 = 3 \times 24 = 72mm$$

$$d_{k1} = d_{o1} + 2m_a \times Cos\alpha_1 = 72 + 2 \times 3 \times 0.8 = 76.8\,mm$$

$$b_1 = \frac{d_{o1}}{6Sin\alpha_1} = \frac{72}{6 \times 0.7} = 20\ mm$$

$$tg\beta_{k1} = \frac{2Sin\alpha_1}{Z_1} = \frac{2 \times 0.6}{24} = 0.05 \qquad \beta_k = 2^\circ\ ,\ 51'$$

$$\alpha_{k_1} = \alpha_1 + \beta_{k_1} = 36^\circ\ ,\ 52' + 2^\circ\ ,\ 51' = 39^\circ\ ,\ 43'$$

$$tg\beta_{f_1} = 1.167 \times tg\beta_{k_1} = 1.167 \times 0.05 = 0.058 \qquad \beta_{f_1} = 3^\circ\ ,\ 20'$$

$\alpha_{f_1}=\alpha_1-\beta_{f_1}=36^\circ,52'-3^\circ,20'=33^\circ,32'$

$h_1=\frac{13}{6}\times m_a=\frac{13}{6}\times 3=6.5mm$

مشخصات چرخ دنده متحرک :

$\alpha_2=\gamma-\alpha_1=90^\circ-36^\circ,52'=53^\circ,8'$

$d_{o2}=m_a\times Z_2=3\times 32=96\ mm$

$d_{k2}=d_{o2}+2m_a\times Cos\alpha_2=96+2\times 3\times 0.6=99.6\ mm$

$b_2=\frac{d_{o2}}{6Sin\alpha_2}=\frac{96}{6\times 0.8}=20\ mm$

$tg\beta_{k2}=\frac{2Sin\alpha_2}{Z_2}=\frac{2\times 0.8}{32}=0.05 \quad \beta_{k2}=2^\circ,51'$

$\alpha_{k2}=\alpha_2+\beta_{k2}=53^\circ,8'+2^\circ,51'=55^\circ,59'$

$tg\beta_{f_2}=1.167\ tg\beta_{k2}=1.167\times 0.05=0.058 \quad \beta_{f_2}=3^\circ,20'$

$\alpha_{f_2}=\alpha_2-\beta_{f_2}=53^\circ,8'-3^\circ,20'=49^\circ,48' \qquad h_2=\frac{13}{6}\times m_a=6.5\ mm$

همانطور که دیده می شود دو چرخ دنده محرک و متحرک دارای مشخصات مشترکی هستند :

$b_1=b_2 \quad / \quad h_1=h_2 \quad / \quad \beta_{k1}=\beta_{k2} \quad / \quad \beta_{f_1}=\beta_{f_2}$

مدول دو چرخ دنده نیز که باید با یکدیگر برابر باشد.

مثال : در مثال قبل اگر زاویه بین محور های دو چرخ دنده مخروطی ۶۰ درجه باشد مشخصات ساختمانی دو چرخ دنده را معلوم کنید. حل : مشخصات چرخ دنده محرک :

$tg\alpha_1=\frac{Sin\gamma}{\frac{z_2}{z_1}+Cos\gamma}=\frac{0.866}{\frac{32}{24}+0.5}=0.4723 \quad \alpha_1=25^\circ,17'$

از مثال قبل:

$d_{o1}=72\ mm$

$d_{k1}=d_{o1}+2\times m_a\times Cos\alpha_1=72+2\times 3\times 0.9=77.42mm$

$b_1=b_2=\frac{d_{o1}}{6Sin\alpha_1}=\frac{72}{6\times 0.427}=28mm$

$tg\beta_{k1}=tg\beta_{k2}=\frac{2Sin\alpha_1}{z_1}=\frac{2\times 0.428}{24}=0.035 \quad \beta_{k1}=2^\circ,2'$

$\alpha_{k1}=\alpha_1+\beta_{k1}=25^\circ,17'+2^\circ,2'=27^\circ,19'$

$tg\beta_{f_1}=tg\beta_{f_2}=1.167\ tg\beta_{k1}=1.167\times 0.035=0.041$

$\alpha_{f_1}=\alpha_1-\beta_{f_1}=25^\circ,17'-2^\circ,22'=22^\circ,55' \quad \beta f_1=2^\circ,22'$

$h_1=h_2=\frac{13}{6}\times m_a=6.5mm$

مشخصات چرخ دنده متحرک:

$\alpha_2=\gamma-\alpha_1=60^\circ-25^\circ,17'=34^\circ,43$

از مثال قبل:

$d_{o2}=96\ mm$

$d_{k2}=d_{o2}+2m_a\times Cos\alpha_2=96+2\times3\times0.82=101mm$

$b_2=b_1=28mm$

$\beta_{k2}=\beta_{k1}=2^\circ,2'$

$\alpha_{k2}=\alpha_2+\beta_{k2}=34^\circ,43'+2^\circ,2'=36^\circ,45$

$\beta_{f2}=\beta_{f1}=2^\circ,22'$

$\alpha_{f2}=\alpha_2-\beta_{f2}=34^\circ,43'-2^\circ,22'=32^\circ,21'$

$h_2=h_1=6.5mm$

۴)مراحل فرزکاری چرخ دنده مخروطی با دندانه مستقیم

اصولا چرخ دنده های مخروطی که به وسیله ماشین های فرز تراشیده می شوند دقت زیادی نخواهند داشت و از این روش در موارد ضروری استفاده می گردد. همچنین باید توجه داشت که روش زیر در حالتی درست می باشد و دقت نسبتا خوبی دارد که پهنای دنده چرخ دنده $b=\frac{L}{3}=\frac{do}{6Sin\alpha}$ **و تعداد دندانه بیش از ۲۴ دندانه باشد.**

مثال :

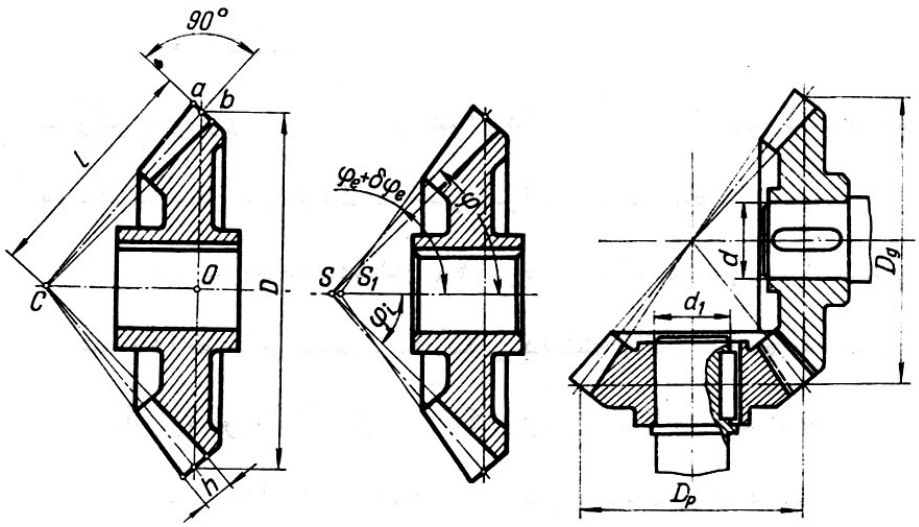
روش ساخت چرخ دنده مخروطی ۴۰ دندانه ای که دارای مدول بزرگ ma = 1.5 mm و زاویه مخروط متوسط α=۴۵ می باشد را با استفاده از ماشین تراش و فرز توسط دستگاه تقسیم با نسبت i = 40:1 توضیح دهید.

حل :

۱-قطر تراش چرخ دنده را حساب می کنیم :

$dk=ma(z+2Cos\alpha)=1.5(40+2\times0.707)=62mm$

۲-ضخامت چرخ دنده را نسبت به فرم چرخ دنده معلوم می کنیم. چرخ دنده های مخروطی نسبت به قدرت انتقالی و مقاومت محور چرخ دنده در مقابل نیروهای خمشی و محل مونتاژ و نظر طراح به فرم های مختلف ساخته می شوند که نمونه هایی در شکل زیر ملاحظه می گردد.



۳-ماده اولیه چرخ دنده را بریده آن را بروی ماشین تراش می بندیم و به میزان بزرگترین قطر خارجی (dk = 62 mm) رو تراشی و پیشانی تراشی می نماییم. سپس سوراخ جای محور را ایجاد می کنیم.

۴-زاویه مخروط سر دنده یا زاویه تراش را حساب می کنیم :

$$tg\beta_k=\frac{2Sin\alpha}{Z}=\frac{2\times0.707}{40}=0.035 \qquad \beta_k\cong2^\circ$$

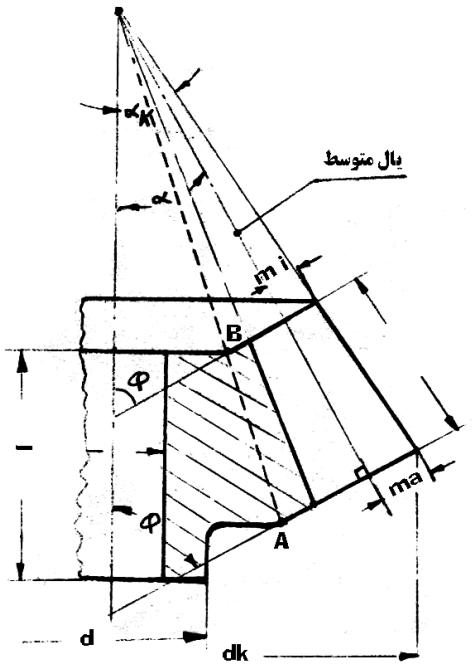
$$\alpha_k=\alpha+\beta_k=45+2=47^\circ$$

۵-سوپرت ماشین تراش را به اندازه α_k منحرف می نماییم و مخروط دنده های چرخ دنده را تا حدی تراش کاری می کنیم که اندازه **b** برابر شود با :

$$b=\frac{do}{6Sin\alpha}=\frac{ma\times Z}{6Sin\alpha}=\frac{1.5\times40}{6\times0.707}\cong14.2mm$$

۶-در صورتی که امکان تراش کاری پشت چرخ دنده در همان حالتی که بسته شده است وجود نداشته باشد آن را از روی ماشین تراش باز کرده روی درن قرار می دهیم. سپس درن را بین سه نظام و مرغک یا بین دو مرغک ماشین تراش می بندیم.

۷-با توجه به شکل زیر در صورتی که پشت و پیشانی چرخ دنده احتیاج به باریک شدن داشته باشد با توجه به طول (l) و قطر (d) عمل تراش کاری را انجام می دهیم.



۸-اندازه زاویه پیشانی و پشت چرخ دنده را که باید متمم زاویه φ باشد حساب می کنیم :

$$\varphi=90^\circ-\alpha=90^\circ-45^\circ=45^\circ$$

سپس با انحراف سوپرت، مخروط پشت و پیشانی چرخ دنده را می تراشیم. (اگر از درن استفاده کرده باشیم در بار دادن باید به جهت شیب مخروط درن توجه کنیم تا نیروی بار موجب شل شدن قطعه در روی درن نشود.)

۹-دستگاه تقسیم یونیورسال را در محل مناسبی از میز ماشین فرز قرار می دهیم و چرخ دنده تراش کاری شده را در سه نظام آن محکم می کنیم سپس دور بودن آن را می سنجیم.