به نام خدا

برابر با سر فصل درسی دوره کاردانی ماشین ابزار

فرزکاری (۱)

فهرست

۱) آشنایی با ساختمان و اجزای یک نمونه فرز زانویی عمودی (مدلFV-22) ۶

۲) یادآوری ۱۸

۲-۱) مقدمه ۱۹
۲-۲) انواع ماشین فرز ۲۰
۲-۳) ابزار فرزکاری ۲۴
۲-۴) وسایل بستن قطعه کار ۳۵
۲-۵) سرعت و نحوه انتخاب آن در فرزکاری ۳۶
۲-۶) فرزکاری سطح تخت و پله ها ۴۱
۲-۷) نکته های ایمنی در فرزکاری ۴۶

۳) فرزکاری شیارها ۴۸

۳-۱)شیار ناودانی ۴۹
۳-۲) شیار V شکل ۵۰
۳-۳) شیار T شکل ۵۵
۳-۴) شیار دم چلچله ۵۷

۴) فرزکاری جای خار ۶۳

۴-۱) خار، جای خار و کاربرد آنها ۶۴
۴-۲) انواع خار و جای خار آنها ۶۴
۴-۳) تیغ فرزهای ماشین کاری جای خار ۶۵
۴-۴) فرزکاری جای خار ۶۷
۴-۵) اصول کنترل کیفیت جای خار ۷۰
۴-۶) فرزکاری هزارخار ۷۱

۵) تقسیم تراشی در فرز ۷۶

۵-۱) بررسی دستگاه تقسیم (تایلکپف) ۷۷
۵-۲) محاسبه تعداد دور صفحه دستگاه تقسیم ۸۱
۵-۳) فرزکاری چند ضلعیهای منتظم ۸۲
۵-۴) تقسیم زاویه ای ۸۶
۵-۵) فرزکاری کوپلینگ پنجه ای ۸۸
۵-۶) فرزکاری چرخدنده ساده ۹۹
۵-۷) فرزکاری چرخدنده شانه ای ساده ۱۲۸

۶)پیوست ۱۳۳

بخش اول

آشنایی با فرز زانویی‌عمودی FV-22

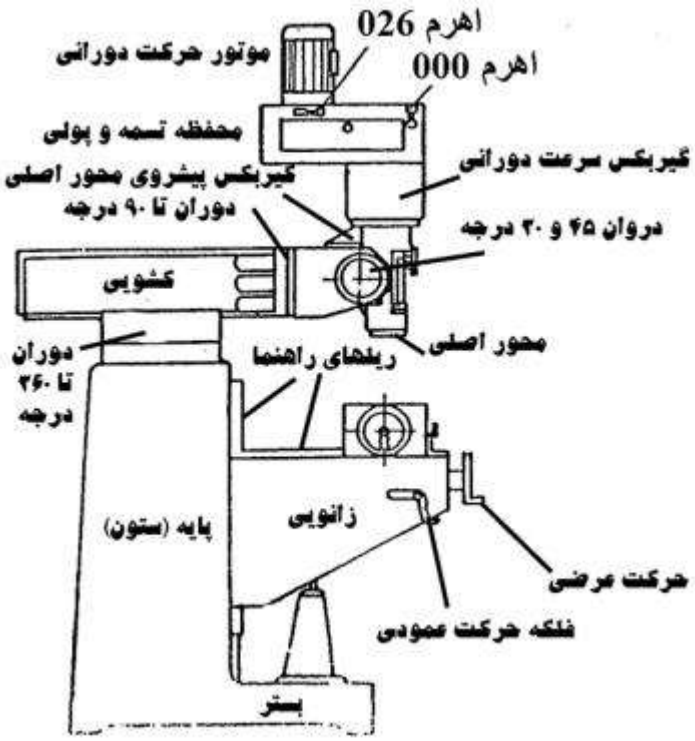
۱) ماشین فرز زانویی عمودی FV-22

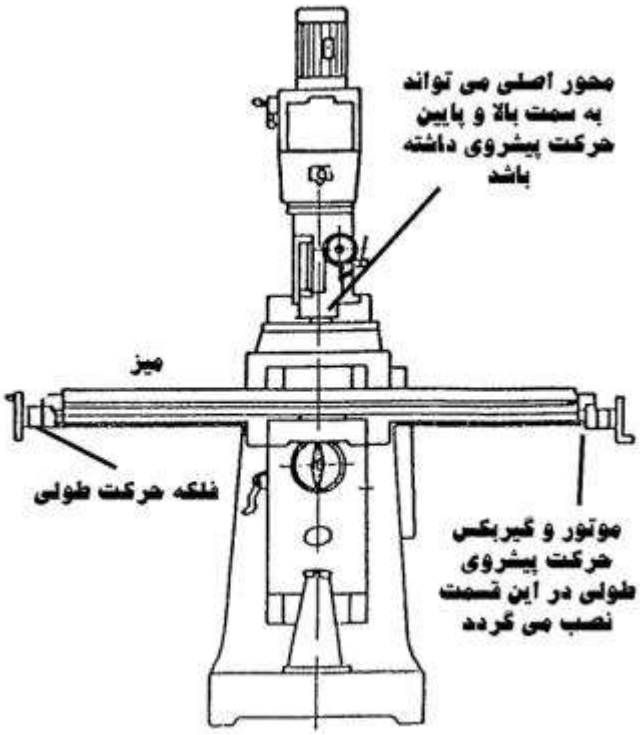
این ماشین فرز از انواع فرز زانویی است که برای تولید قطعه با تعداد کم یا زیاد قابل کاربرد می باشد.با توجه به انعطاف پذیری قسمتهای مختلف آن می توان قطعات پیچیده را نیزتوسط آن ماشینکاری نمود.

ستون و بستر ماشین بطور یکپارچه ریخته گریشده اند و لذا ماشین دارای استحکام زیادی است و همین ویژگی باعث میگردد تا بتوان سرعتهای ماشینکاری نسبتاً بالایی را به کمک این ماشین اجرا نمود.ریلهای راهنمای ماشین سنگ خورده و پرداخت شده اند و روغنکاری آنها توسط پمپ دستی انجام می شود.

کله گی فرز۴۵ درجه به جلو و ۳۰ درجه به عقب قابل انحراف است همچنین تا ۹۰ درجه به چپ و راست دوران می کند.مجموعه کله گی و کشویی نگاهدارنده آن می توانند روی پایه ماشین ۳۶۰ درجه دوران نمایند. کشویی و در نتیجه کله گی فرز را می توان بروی پایه تا ۴۰۰ میلیمتر جابجا نمود.

با سفارش مشتری ماشین در دو راستای طولی و عرضی مجهز به پیشروی خودکار می گردد.موتور و جعبه دنده حرکت طولی میز در کنار میز و سمت راست آن متصل می شود که به کمک سه سلکتور (اهرم انتخاب) عاج خورده موجود بروی آن می توان ۸ سرعت پیشروی (۲۸-۳۶-۷۵-۱۰۵-۱۵۰-۲۲۰-۴۲۴ و ۶۰۰ میلیمتر بر دقیقه) را انتخاب نمود.پیشروی سریع میز با سرعت ۷۱۰ میلیمتر بر دقیقه اجرا می گردد.محور اصلی یا اسپیندل نیز می تواند با سرعت پیشروی به میز نزدیک یا از آن دور شود.





همراه ماشین فرز ابزارهای زیر تحویل می گردد:

مجموعه آچارهای تخت ۸-۹ و ۱۰-۱۱ و ۱۲-۱۳ و ۱۴-۱۵ و ۱۶-۱۷ و ۱۸-۱۹ و ۲۰-۲۲ و ۲۴-۲۶

مجموعه آچارهای رینگی ۱۸-۱۹ و ۲۰-۲۲ و ۲۴-۲۶ و ۲۷-۳۲

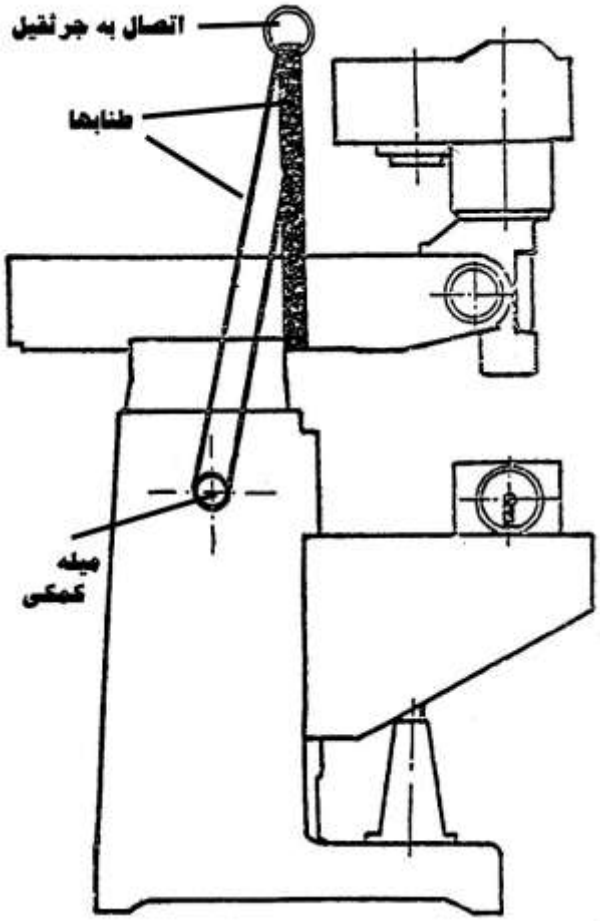
مجموعه آچارهای بکس برای پیچهای سر شش گوش ۴ و ۵ و ۶ و ۸ و ۱۰
آچار آلن پیچ سر فرز (برای بستن میل فرز به محور اصلی)
میل فرز فشنگی به همراه مجموعه فشنگیها
پمپ روغنکاری – جعبه ابزار –اهرم هندلی حرکت زانویی در راستای عمودی
لوازم انتخابی زیر نیز با درخواست مشتری تحویل می گردد :
پیچ شیارهای تی شکل-واحد پیشروی خودکار حرکت عرضی میز، میز گردان-دستگاه تقسیم-سه نظام یونیورسال با قطر کاری ۱۲۵ میلیمتر-گیره ۱۲۵ میلیمتر –روبند، آداپتور کوتاه ISO 40 برای مته-محور افقی ISO 40-آداپتورهای ISO 30 و ISO 40، مرغک، وسایل علامتگذاری روی قطعه کار، آداپتورهای کوتاه ISO 40 برای تیغ فرز، کابینت ابزار

مشخصات فنی این ماشین فرز در جدول زیر قید شده است.

نام	واحد	مشخصات فنی	ملاحظات
ابعاد سطح میز	mm	۲۲۰ در ۱۲۰۰	
کورس حرکت طولی میز	mm	۶۸۰	
کورس حرکت عرضی میز	mm	۴۰۰	
کورس حرکت عمودی میز	mm	۴۰۰	
دقت ورنیه فلکه دستی حرکت طولی	mm	۰/۰۲۵	
تعداد شیارهای تی شکل میز	عدد	۳	
عرض شیارهای تی شکل	mm	۱۴	
فاصله بین شیارهای تی شکل	mm	۶۳	
کورس حرک دستی کشویی	mm	۴۰۰	
دوران به چپ و راست کله گی	درجه	± ۹۰	
انحراف به جلو و عقب کله گی	درجه	+۴۵ -۳۰	به جلو به عقب
دوران مجموعه کشویی و کله گی	درجه	۳۶۰	
مخروط محور اصلی	-	ISO 40	
قطر بوش محور اصلی	mm	۹۰	
کورس حرکت دستی عرضی میز	mm	۱۵۰	
سرعتهای دورانی چپ و راستگرد			
محدوده سرعت دورانی		محدوده ۱ : ۸۰-۱۲۵-۱۸۰-۲۵۰و ۴۰۰ محدوده ۲ : ۶۳۰-۱۰۰۰-۱۴۰۰-۲۰۰۰ و ۳۱۵۰	پله ای با دو محدوده انتخاب
توان در حداکثر سرعت موتور	کیلو وات	۲/۲	
سرعت پیشروی بوش محور اصلی	mm/min	۰/۰۴ – ۰/۰۸ – ۰/۱۵	

پیشروی دستی محور اصلی	-	با اهرم ۸ وضعیتی یا اهرم دستی	
قفل حرکت پیشروی محور اصلی	-	با اهرم دستی	
بستن ابزار	-	به کمک میله رزوه شده	
ابعاد کلی دستگاه (طول)	mm	۱۶۷۵	
ابعاد کلی دستگاه (عرض)	mm	۱۶۳۵	
ابعاد کلی دستگاه (ارتفاع)	mm	۲۱۱۰	
وزن تقریبی ماشین	Kg	۱۳۱۵	
موتور حرکت پیشروی طولی	-	۰/۳۷ کیلو وات- ۳۰۰۰ دور بر دقیقه	
موتور محرک حرکت دورانی	-	۲/۲ کیلو وات- ۱۵۰۰ دور بر دقیقه	
سیستم انتقال حرکت دورانی	-	تسمه و پولی	
حداکثر نسبت انتقال دوران	-	۰/۰۵۷۳	
حداقل نسبت انتقال دوران	-	۲/۲۴۴۴	

۱-۱) حمل ونقل و زیرسازی



برای حمل و نقل آسان، یک پایه چوبی به ماشین پیچ شده است و برای مسافتهای طولانی ماشین درون یک جعبه چوبی نیز قرار می گیرد.تمام سطوح ماشین با یک روغن محافظ پوشانده شده است.توصیه میگردد قبل از باز کردن جعبه و پایه چوبی آن ماشین را به نزدیکی محل استقرار دائمی آن منتقل نمایید.برای انتقال دستگاه درمسافتهایکوتاه میتوانید از جرثقیل یا میله های غلتان استفاده نمایید.

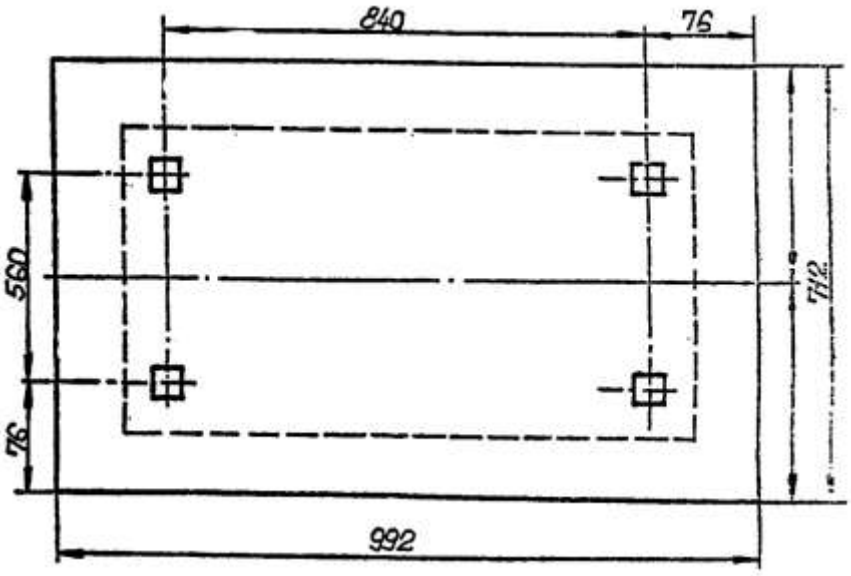
برای بلند کردن ماشین با جرثقیل از طنابهای محکم و مطابق شکل روبرو استفاده نمایید.بین ماشین و طنابها قطعات چوبی قرار دهید تا اجزای ماشین صدمه نبینند.

برای انتقال با میله های غلتانباید بسیار دقت نمود.

توجه کنید کهپایه چوبی ماشین حتماًبه آن متصل باشد.

زیرسازی (فونداسیون) ماشین برابر تصویر زیر است.بتن مورد استفاده در زیرسازی باید دارای چگالی۳۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد و عمق زیرسازی نیز به مقاومت زمین استقرار ماشین بستگی دارد.

ماشین بعد از بتن ریزی بروی زیرسازی قرار می گیرد و ریلهای افقی و عمودی آن تراز می شود (تلرانس موقعیت افقی ماشین ۰،۰۵ میلیمتر بر متر است).برای قرار دادن ماشین بروی فونداسیونپیچهای زیرسازی درون سوراخهای پایه ماشین قرار می گیرد و با مهره محکم می شود.

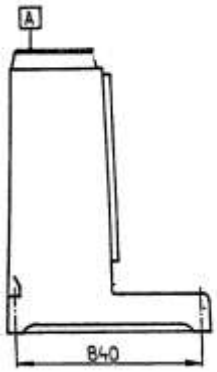


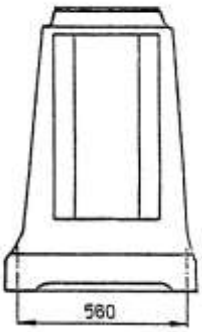
۲-۱) شرح ساختمان ماشین و نحوه کار با آن

این ماشین دارای نه بخش است :

- بسترو پایه
- موتور،جعبه دنده و سیستم انتقال حرکت سرعت دورانی
- موتور و جعبه دنده حرکت پیشروی
- زانویی
- میز
- کشویی افقی
- واحد خنک کاری
- واحد روغنکاری
- واحد الکتریکی

الف)بستر و پایه

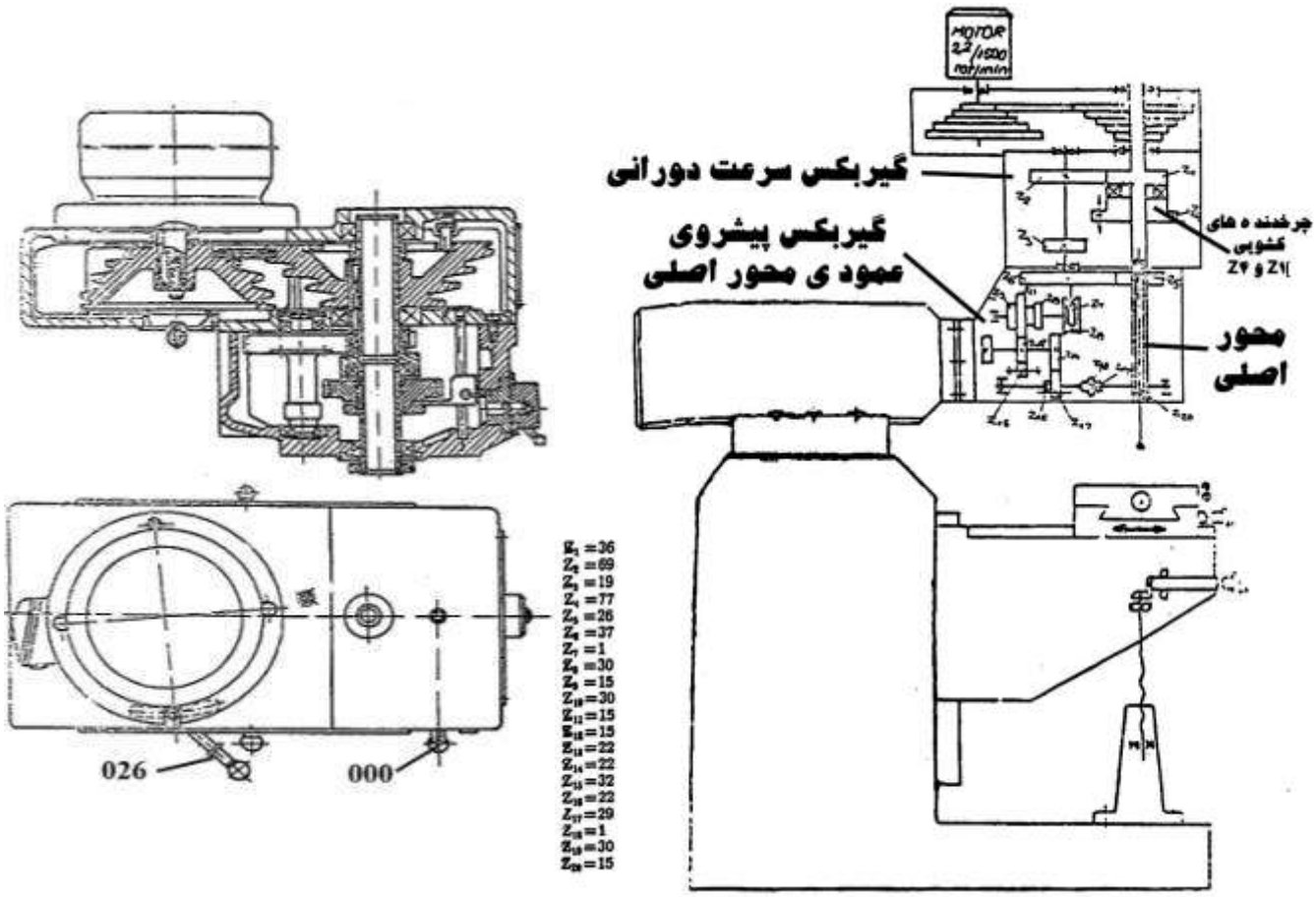




بستر (محل استقرار ماشین بروی فونداسیون) و پایه یا ستون بطور یکپارچه ریخته گری شده اند.بستر دارای چهار سوراخ است تا بتوان آنرا به پیچهای موجود در فونداسیون محکم کرد.سطح Aبرای قرار گرفتن تارت،پرداخت شده است.درون پایهمیله هایی کار گذاشته می شودکه باعث افزایش استحکام آن می گردد.

ب)موتور، جعبه دنده و سیستم انتقال حرکت سرعت دورانی

حرکت دورانی از طریق موتور ۲/۲ کیلو وات ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و به کمک یک سیستم تسمه و پولی به گیربکس سرعت دورانی منتقل می گردد.



در جعبه دنده سرعت دورانی چهار چرخدنده Z1, Z2 , Z3 , Z4 وجود دارند که دو چرخدنده Z1 , Z4 در روی یک کشویی و به کمک اهرم ۰۲۵ به طرف بالا و پایین حرکت کرده با چرخدنده Z2 , Z3درگیر می شوند. با این چهار چرخدنده دو سرعت مختلف حاصل می گردد.

با حرکت دادن تسمه و تنظیم آن بروی پنج پولی موجود می توان پنج سرعت مختلف به جعبه دنده منتقل نمود بنابراین بطورکلی ده سرعت دورانی در این ماشین فرز قابل تنظیم است. (پنج سرعت از پولیها که توسط جعبه دنده در دو محدوده سرعت تغییر می کنند)

برای تغییر محل تسمه، درپوش محفظه تسمه و پولی(سمت چپ کله گی) را بردارید و اهرم ۰۲۶ را آزاد کنید تا موتور جابجا شده تسمه نیز آزاد گردد. بعد از تنظیم تسمه، اهرم ۰۲۶ را محکم کنید و درپوش محفظه را ببندید.مقدار سرعتهای دورانی و موقعیت تنظیم آنها سمت راست کله گی نصب شده است.

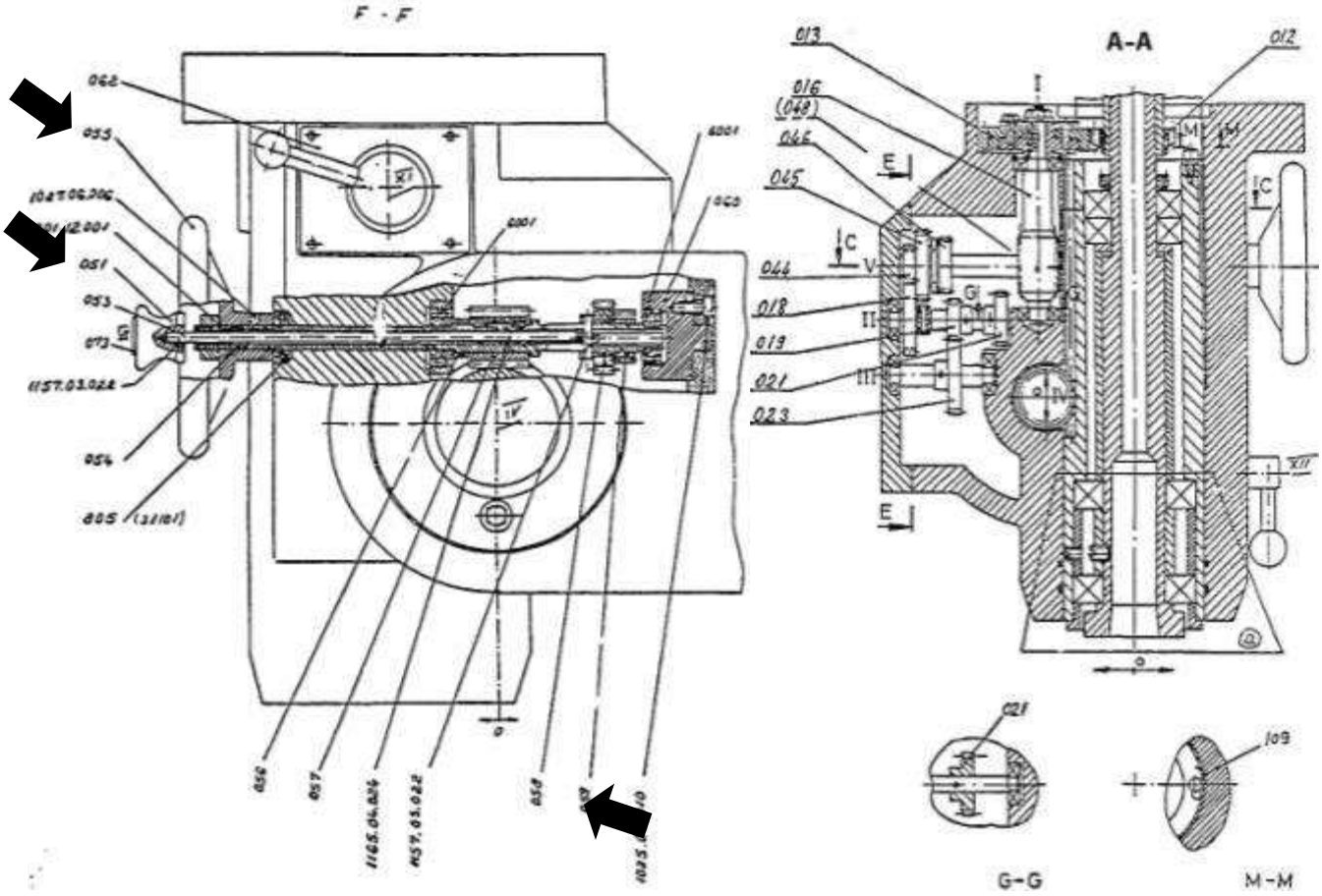
توجه نمایید که برای تغییر محل تسمه محور اصلی باید کاملاً متوقف گردد و برای احتیاط ماشین خاموش شود.برای متوقف کردن کامل محور اصلی اهرم000 را به بیرون بکشید و نگاه دارید.

ج)موتور و جعبه دنده حرکت پیشروی

۱)پیشروی عمودی محور اصلی

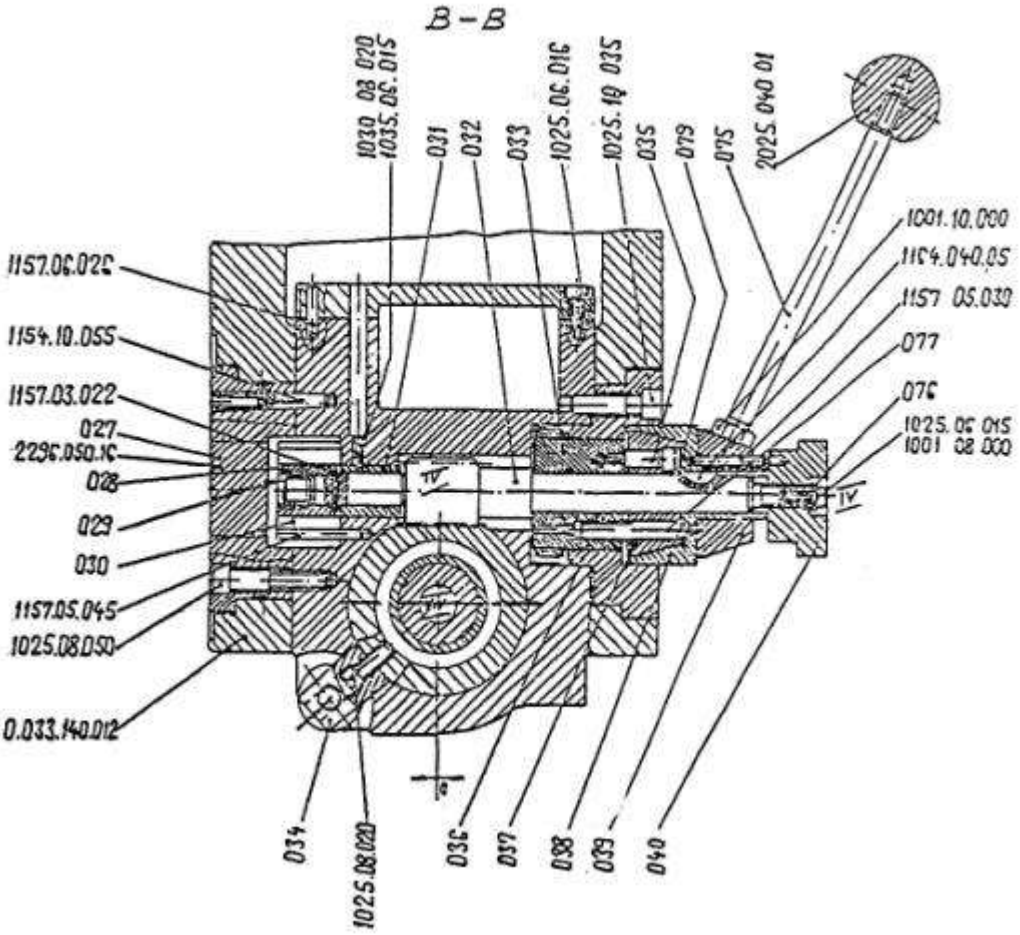
همانطور که در شکل زیر سمت راست دیده می شود چرخدنده ۰۱۲ که بروی محور خروجی جعبه دنده قرار دارد محرک پیشروی محور اصلی است.حرکت از این چرخدنده به چرخدنده ۰۱۳ و پیچ حلزون ۰۱۶ و

چرخدنده حلزونی ۰۴۸ منتقل می شود.سپس این حرکت به کمک چرخدنده های ۰۴۴ و ۰۴۵ و ۰۴۶ با یکی از نسبتهای ۱۵ به ۲۹ یا ۲۲ به ۲۲ یا ۲۹ به ۱۵ منتقل می گردد.چرخدنده ۰۲۱ با چرخدنده ۰۵۸ (در شکل زیر سمت چپ) که بروی یک کشویی قرار دارد درگیر میشود و حرکت را به پیچ حلزون ۰۵۷ و سپس چرخ حلزون ۰۳۷ می رساند و بالاخره از طریق محور عرضی IVپیشروی توسط چرخ حلزون روی این محور به دنده شانه ای بوش محور اصلی و در نتیجه محور اصلی منتقل می گردد.



جهت حرکت پیشروی محور اصلی توسط چرخدنده کشویی ۰۵۹ تنظیم میگردد. با جابجایی چرخدنده ۰۵۹ این چرخدنده با چرخدنده ۰۲۳ (بروی محور III) درگیر می شود.تبدیل جهت حرکت پیشروی با بیرون کشیدن یا داخل بردن محوری دکمه ۰۵۱ انجام می گردد (شکل بالا)

پیشروی دستی خشن با چرخاندن اهرم ۰۷۵ تأمین میشود که سمت چپ محور اصلی بروی محفظه جعبه دنده قرار دارد و دارای مهره قفل ۰۴۰ می باشد.در طول حرکت خودکار پیشروی اهرم ۰۷۵ نباید بچرخد برای همین آنرا به آرامی بیرون بکشید تا آزاد شود(شکل صفحه بعد).



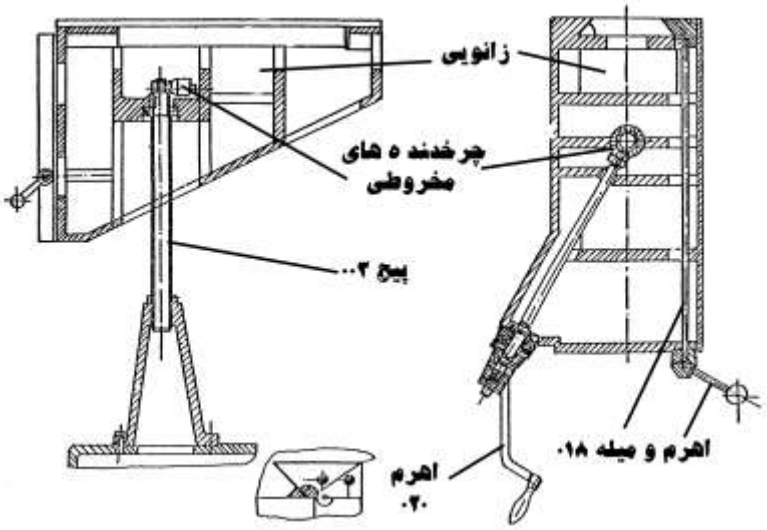
پیشروی دستی ظریف به کمک فلکه ۰۵۵(شکل صفحه قبل) تأمین می گردد و به کمک چرخ حلزون ۰۳۳(شکل بالا) به محور عرضی و از آنجا به بوش محور اصلی منتقل می گردد.

۲)پیشروی میز

این دستگاه در دو راستای طولی و عرضی میز قابل تجهیز به موتور و جعبه دنده سرعت پیشروی است.در مدلهای جدید هر دو جعبه دنده بروی دستگاه قرار داده شده است.این دو جعبه دنده به همراه موتور خود در کنار میز قرار داده می شوند.بروی هر جعبه دنده اهرم سه وضعیتی قرار دارد که وضعیت حرکت پیشروی را تعیین می کند.در جعبه دنده حرکت طولی این اهرم حرکت خرگوشی و حرکتهای پیشروی یک و دو را تعیین می کند.بروی این جعبه دنده جدول و سه کلید انتخاب گر وجود دارد که با تغییر این سه کلید برابر با جدول سرعتهای پیشروی مختلفی حاصل می گردد.پس از تعیین مقدار سرعت و قرار دادن اهرم سه وضعیتی جعبه دنده در وضعیت مورد نظر، دکمه راه انداز حرکت پیشروی را از روی صفحه کلید فشار دهید تا میز در راستای طول حرکت کند.در راستای عرضی نیز مشابه سیستم پیشروی طولی یک اهرم سه وضعیتی وجود دارد.همچنین دکمه ای برای روشن یا خاموش کردن موتور پیشروی تعبیه شده است. به عبارت دیگر روشن و خاموش کردن موتور پیشروی عرضی از روی خود جعبه دنده انجام می شود همچنین باچرخاندن یک کلید چرخشی مقدار سرعت پیشروی عرضی کم و زیاد می گردد.

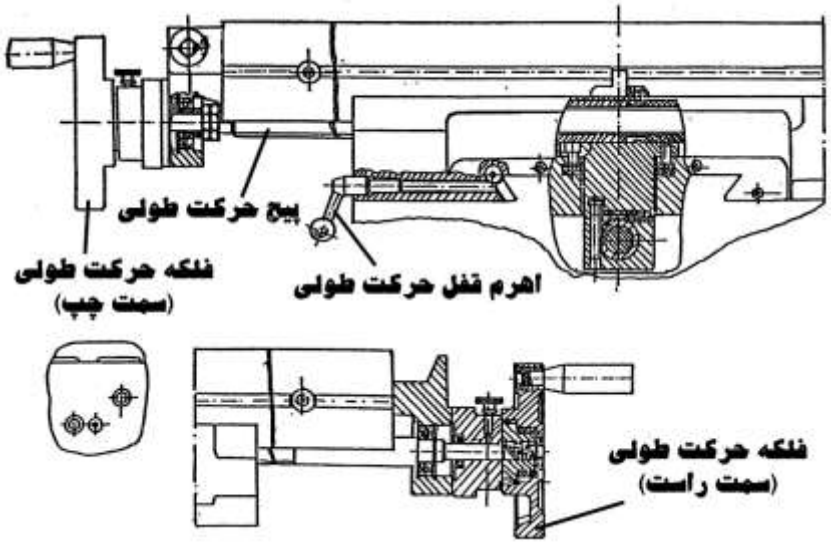
د)زانویی

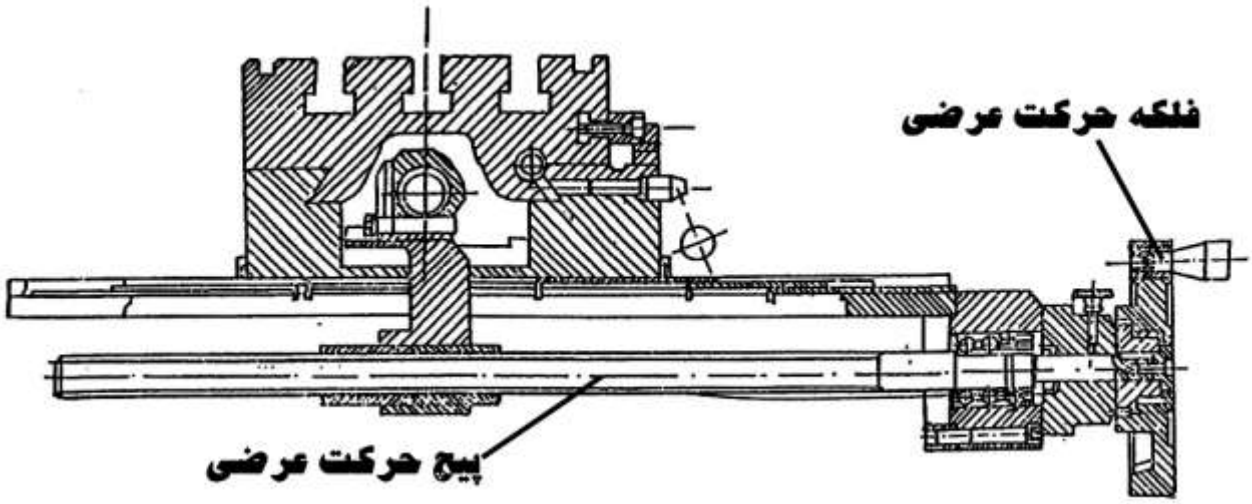
زانویی در حقیقت تکیه گاهی است که کشویی عرضی و میز روی آن قرار گرفته اند.زانویی می تواند بروی راهنماهای عمودی ماشین به بالا و پایین حرکت نماید.این کار با چرخاندن اهرم هندلی ۰۲۰ انجام می گردد که دوران را به چرخدنده های مخروطی و در نهایت به پیچ ۰۰۳ منتقل می کند.به کمک اهرم و میله ۰۱۸ زانویی بروی راهنماهای عمودی قفل می شود و جابجایی عمودی آن امکان پذیر نخواهد بود.



ه)میز

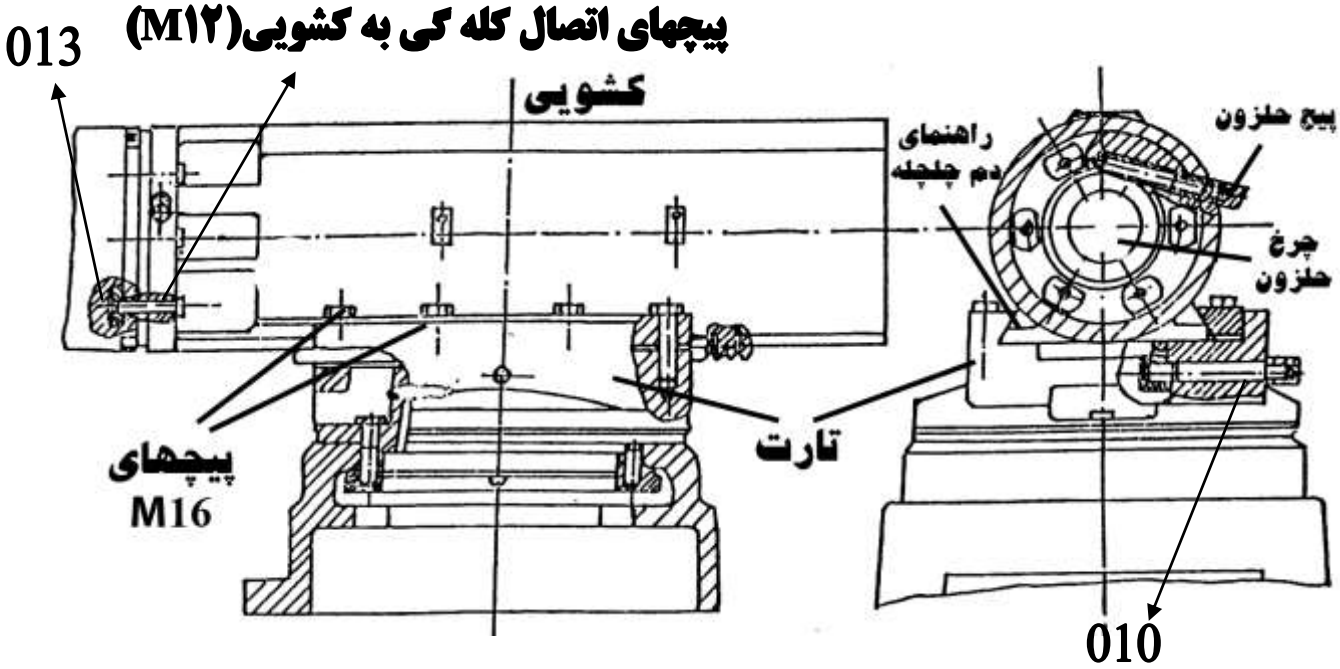
سطح کارگیر میز ماشین فرز ۲۲۰ در ۱۲۰۰ میلیمتر است و ۳ شیار تی شکل ۱۴ میلیمتری دارد که برای بستن قطعه کار استفاده می شوند.حرکت طولی میز به کمک مکانیزم پیچ و مهره انجام میشود.پیچ طولی میز به کمک فلکه خود یا با پیشروی خودکار می چرخد.در راستای عرضی نیز میز زمانی جابجا میشود که پیچ عرضی میز تحریک گردد.حرکت عرضی با واحد پیشروی خودکار نیز قابل اجرا است که به درخواست مشتری این واحد نصب می گردد.در هر دو جهت طولی و عرضی میله هایی برای قفل میز در هر دو راستا و در کنار ریلهای حرکتی وجود دارند. توجه کنید که قبل از حرکت میز اهرمهای قفل آزاد باشند تا به اجزای متحرک ماشین صدمه ای وارد نگردد.





و)کشویی افقی

کشویی بروی یک تارت قرار دارد.تارت نیز توسط پیچهای M16به پایه متصل شده است با باز کردن این پیچها تارت را می توان دوران و در موقعیت مناسب قرار داد.در بخش بالایی تارت راهنماهای دم چلچله وجود دارند که بروی آنها کشویی را می توان در موقعیت مورد نظر مقابل میز ماشین جابجا نمود.کشویی با اهرم ۰۱۰ و به کمک یک سیستم چرخ و شانه جابجا می گردد.پس از جابجایی کشویی باید پیچهای M16محکم شوند.



کله گی فرز در قسمت جلوی کشویی با چهار پیچ محکم می گردد که در مهره های لقمه ای شکل۰۱۳ پیچ شده اند.برای چرخش کله گی فرز به چپ و راست ابتدا بایدهرچهار پیچM12پنجاه و پنج سانتی بطور یکسان و همزمان توسط آچار رینگی یا تخت آزاد شوند (آنها را زیاد شل نکنید چرا که احتمال جدا شدن کله گی وجود دارد) سپس پیچ حلزون ۰۰۶ با آچار رینگی دوران داده می شود.پیچ حلزون چرخ حلزون ۰۱۴ و در نتیجه کله گی فرز را به دوران وامی دارد.بعد از دوران به میزان معین مجددا پیچهای M12 را محکم

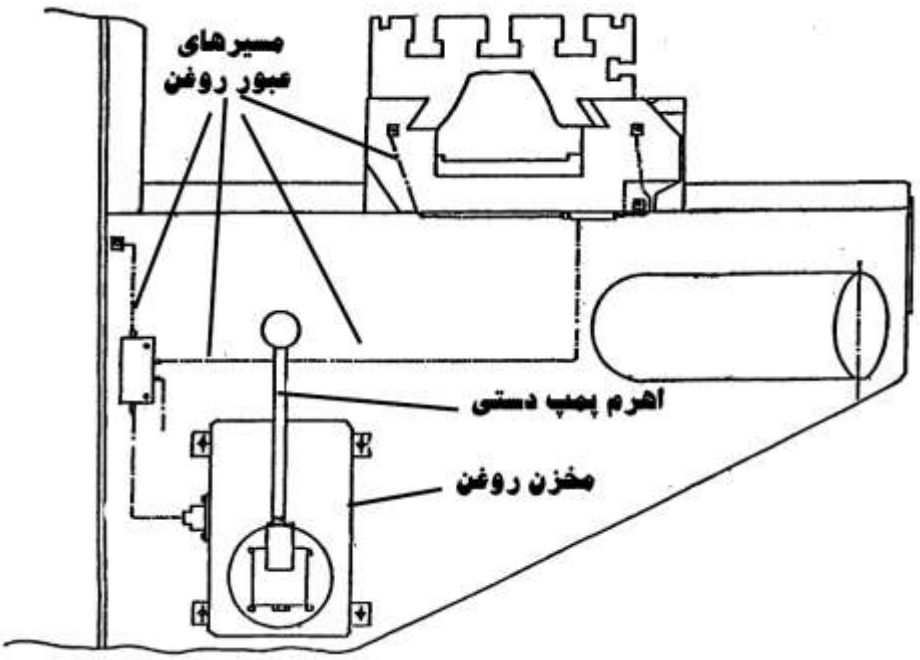
کنید.برای عمود کردن کله گی نیز ابتدا پیچها را آزاد کرده و پیچ حلزون را بچرخانید تا کله گی در موقعیت عمودی قرار گیرد. تعامد کله گی بر میز را با یک گونیای دقیق، بررسی و در نهایت پیچهای M12را محکم کنید.

ز)واحد خنک کاری

مخزن مایع خنک کننده در بستر دستگاه تعبیه شده است و پمپ مایع خنک کننده نیز درون بستر قرار دارد.با باز کردن پیچهای جعبه برق که در پشت ستون قرار دارد جعبه برق بروی دو لولا دوران کرده و کنار میرود.به این ترتیب دریچه مخزن مایع خنک کاری دیده می شود.هر شش ماه یکبار این مخزن را تمیز و مایع خنک کنندهرا تعویضنمایید.همچنین صافیهای موجود بروی بستر را تمیز کنید تا جریان مایع خنک کننده به راحتی امکان پذیر باشد.

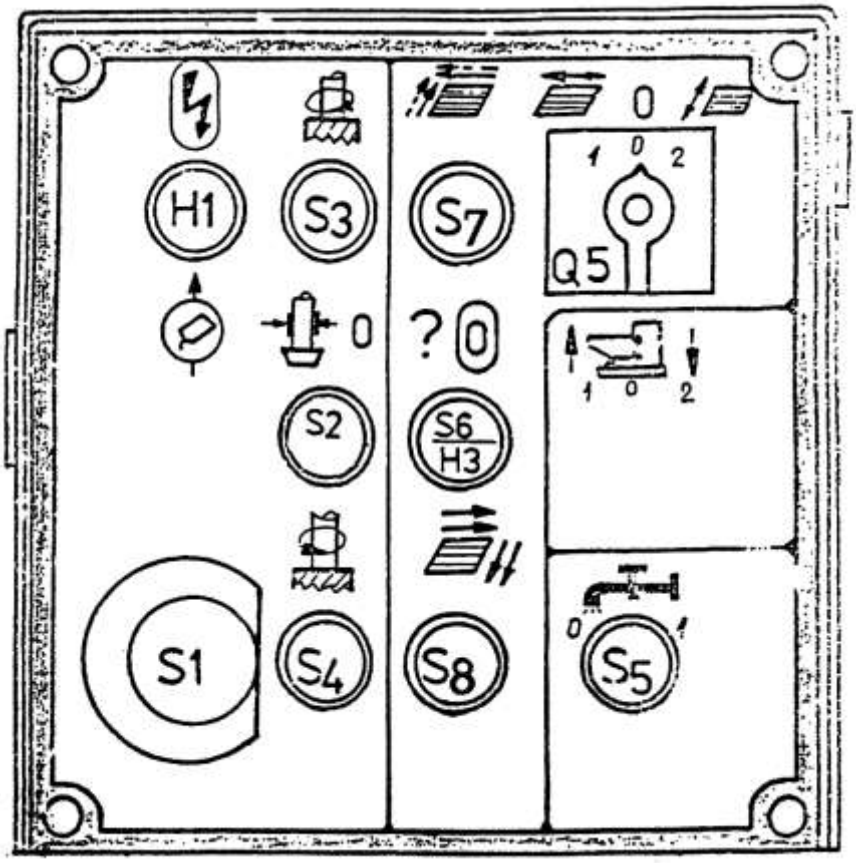
ح)واحد روغنکاری

این مجموعه شامل یک پمپ دستی و مخزن و لوله های انتقال دهنده روغن می باشد که سمت چپ میز بروی زانویی نصب شده اند. روغن بطور دستی پمپ می شود و به محلهای روغنکاری که اجزای متحرک ماشین هستند منتقل می گردد.روغنکاری راهنماها و پیچ ومهره ها نیز با پمپ دستی انجام می شود لذا هر روز قبل از آغاز به کار، دستگاه باید توسط پمپ دستی دستگاه روغنکاری شود.روغنکاری چرخدنده ها،یاتاقانها و کشوییها با پاشش روغن انجام می گردد.جعبه دنده حرکت دورانی و جعبه دنده حرکت پیشروی طولی میز هم نباید خالی از روغن باشند لذا بررسی روغن نماهای موجود بروی این دو جعبه دنده قبل از شروع بکار با دستگاه الزامی است.



ک)واحد الکتریکی

این واحد شامل تابلوی برق،الکتروموتورها و صفحه کلید کنترل است.با روشن کردن کلید اصلی **A1**که یک کلید سلکتوری است و بروی جعبه برق سمت چپ ماشین قرار داردبرق وارد ماشین می شود.دکمه های فشاری**S3 , S4**برای راه اندازی حرکت دورانی بصورت راستگرد و چپگرد هستند. سرعت دورانی با کلید **S2** متوقف می گردد. قبل از اتصال ماشین به برق، سیم اتصال به زمین را وصل کنید.



کلیدهای صفحه کنترل به شرح زیر می باشند :

H1 چراغ سیگنال که نشان دهنده ورود برق به ماشین فرز است.

S1 دکمه توقف اضطراری

S3 دکمه راه اندازی حرکت دوران محور اصلی در جهت عقربه های ساعت

S2 دکمه توقف حرکت دورانی محور اصلی

S4 دکمه راه اندازی حرکت دوران محور اصلی در جهت خلاف عقربه های ساعت

S7 دکمه راه اندازی حرکت پیشروی میز (از راست به چپ در طول و از جلو به عقب در عرض)

S6 دکمه توقف حرکت پیشروی میز

S8 دکمه راه اندازی حرکت پیشروی میز (از چپ به راست در طول و از عقب به جلو در عرض)

Q5 دکمه انتخاب کننده (سلکتور) راستای حرکت پیشروی میز (طولی یا عرضی)

H3 دکمه پیشروی سریع

S5 دکمه راه اندازی و توقف پمپ مایع خنک کاری

بخش دوم

یادآوری

۲) یادآوری

با توجه به اینکه مباحث کارگاه ساخت و تولید مقطع دیپلم پیش زمینه مباحث درس فرزکاری یک و دو مقطع کاردانی می باشند در این بخش یکبار دیگر این مطالب بطور خلاصه بررسی می گردند.

۱-۲) مقدمه

روشهای ساخت و تولید قطعات صنعتی را می توان به دو گروه با براده برداری و بدون براده برداری تقسیم نمود. در گروه اول به کمک ابزارهای ویژه، مقداری از ماده قطعه کار جدا یا بریده میشود تا قطعه صنعتی مورد نظر تولید گردد. این گروه که شاخه ماشین ابزار نیز در آن طبقه بندی می گردد شامل روشهای براده برداری دستی و ماشینی است که عموماً مباحث فلزکاری (اره کاری، سوهانکاری، قلاویزکاری و ...) در گروه روشهای دستی بررسی می شوند. اما روشهای براده برداری ماشینی از توان و قابلیت تولید بالاتری برخوردار هستند و لذا کاربرد گسترده ای نیز دارند.

در قرن هجدهم میلادی بیشتر قطعه هایی که ساخته می شدند از جنس چوب بودند و ماشینکاری فلز بسیار محدود و ابتدایی بود. تا قرن ۱۹ میلادی فلزکاری پیشرفت اندکی داشت تا اینکه با اختراع ماشین بخار و سپس الکتریسیته توان لازم برای ماشین کاری فلز در اختیار قرار گرفت. بعد از این دو اختراع بود که ماشینهای ابزار بطور قابل ملاحظه ای توسعه یافتند. در اوایل قرن ۱۹ ماشینکاری بسیار کند انجام می شد و مثلاً برای صفحه تراشی یک صفحه آهنی با مساحت ۱/۵ متر مربع یک روز کامل کاری وقت لازم بود.

در قرن ۲۱ با اطمینان میتوان گفت روشهای براده برداری ماشینی به دو گروه سنتی (قدیمی) و پیشرفته قابل تقسیم میباشند.

ماشینهای براده برداری سنتی ماشین های ابزار پایه ای هستند که بخصوص در طول قرن ۱۹ میلادی اختراع شده گسترش یافتند. ماشین تراش، صفحه تراش، مته کاری و فرز از جمله این ماشینها بحساب می آیند که بعلت کارایی بالا و قیمتهای نسبتا ارزان هنوز هم از ماشینهای اساسی کارگاههای براده برداری محسوب می گردند.

تفاوت اصلی بین ماشینهای ابزار قدیمی در نحوه حرکتهای اصلی ابزار و قطعه کار نسبت به یکدیگر است. بعنوان مثال در ماشینهای تراش، ابزار حرکت خطی و قطعه کار حرکت دورانی دارد اما در صفحه تراش، ابزار و قطعه کار هر دو دارای حرکت خطی هستند.

ساخت ماشین فرز در زمینه توسعه ماشین ابزار پیشرفت مهمی بحساب می آید.این ماشین که در اصل از تغییر طرح اولیه ماشین تراش بوجود آمد در بین ماشینهای ابزار سنتی از ماشینهای انعطاف پذیر و دقیق محسوب میشود. فرز لفظ آلمانی فرزکاری است که در فارسی نیز همین کلمه بکار میرود اما در انگلیسی به فرزکاری، **Milling** اطلاق میگردد و مطابق با آنچه که در تاریخچه ماشینهای ابزار ثبت شده است نسل های اول این ماشین در اواسط قرن ۱۸ میلادی عرضه شده اند.

ساختار ماشینهای فرز به گونه ای است که دهها نوع قطعه با طرحهای مختلف توسط آنها قابل تولید می باشد. همین محدوده وسیع تولید توسط ماشینهای فرز باعث شده است که از جمله ماشینهای ابزار پرکاربرد

و محبوب به حساب آیند. برخلاف ماشین تراش، در فرز ابزار (که به آن تیغ فرز گفته میشود) دارای حرکت اصلی دورانی است و حرکتهای اصلی خطی به قطعه کار داده میشوند. ماشینهای فرز انواع مختلفی دارند که امروزه تجهیزات جانبی متعددی نیز به آنها اضافه شده است و کارآیی آنها را افزایش داده است. پیش از بررسی انواع ماشین فرز بهتر است عملیات فرزکاری را بطور دقیق تعریف نماییم :

فرزکاری یکی از فرایندهای با براده برداری ساخت و تولید قطعات صنعتی توسط ماشینی تحت عنوان فرز است.

نمودار فرایند های ساخت و تولید قطعه های صنعتی به کمک براده برداری از ماده خام (فرایند های بدون براده برداری آورده نشده است.)

۲-۲) انواع ماشین فرز

ماشینهای فرزاز نظر فن آوری و تعداد تولید انواع متعددی دارند. فرزهای سنتی عمومی ماشینهای ساده ای هستند که برای تیراژ تولید کم یا متوسط مورد استفاده قرار می گیرند و ساختار آنها به گونه ای است که بسیاری از قطعه ها را در ابعاد معمولی ماشینکاری می کنند. اما فرزهای تولیدی به منظور تولید با تیراژ بالا یا تولید قطعه های خاص (از نظر ابعاد یا شکل) بکار می روند که قیمتهایی بیشتر از ماشینهای عمومی دارند و میتوان گفت که از ماشینهای فرز خاص محسوب میشوند. از جمله ماشینهای فرز تولیدی می توان به فرز بورینگ که برای سوراخ تراشی بکار می رود، فرز هابینگ که جهت تولید انواع چرخدنده کاربرد دارد، فرز کپی که برای کپی از روی مدل مورد استفاده قرار می گیرد و فرزهای دروازه ای که برای ماشینکاری قطعات بزرگ و حجیم کاربرد دارند اشاره نمود.

از نظر ساختمان می توان ماشینهای فرز را به دو گروه فرز با میز ثابت و فرز زانویی تقسیم کرد. در نوع اول میز ماشین تنها در راستای طولی حرکت می کند و بقیه حرکتها توسط محور اصلی اجرا می شود. اما در فرز زانویی یک ستون عمودی وجود دارد که میز ماشین می تواند بروی آن حرکت عمودی داشته باشد. فرزهای سنتی عمومی زانویی که بحث این متن هستند به سه گروه تقسیم می شوند :

الف) افقی: محور اصلی یا محور ابزار گیر آنها بصورت افقی یاتاقان بندی می شود.

ب) عمودی: محور اصلی یا محور ابزار گیر آنها بصورت عمودی یاتاقان بندی می شود.

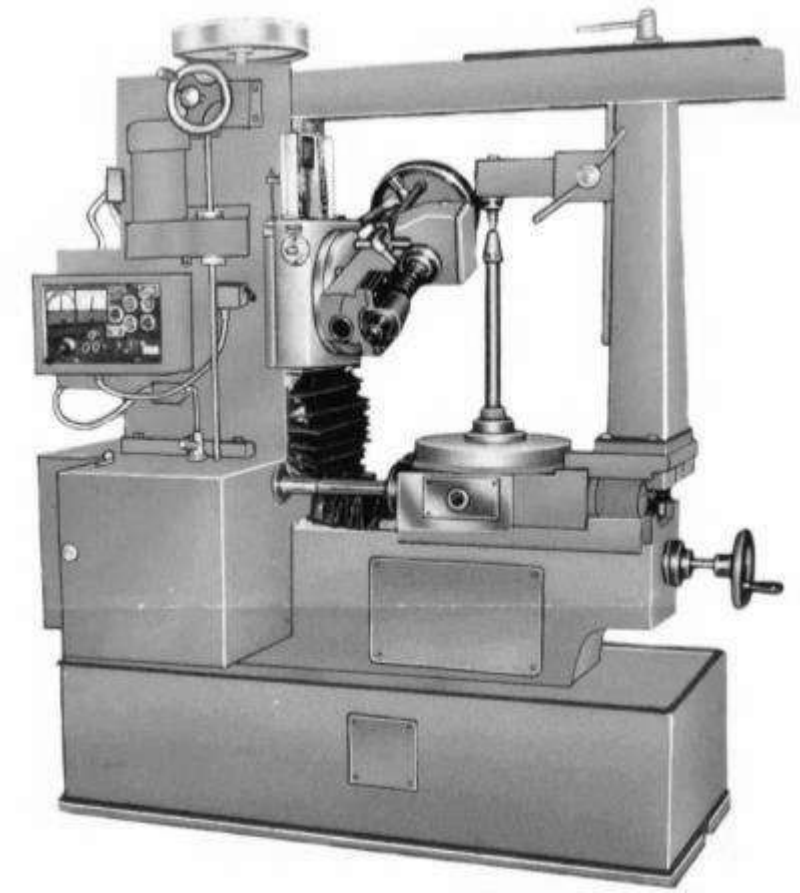
ج) یونیورسال: کلمه **Universal** به معنی عمومی و همه کاره است و علت این اسمگذاری در قابلیتهای متعدد آن نهفته است. نسل اولیه فرزهای یونیورسال در اواسط قرن ۱۹ میلادی ارائه شدند. این نوع ماشینهای فرز که امروزه بسیار بیشتر از دو نوع افقی و عمودی کاربرد دارند از قابلیتهای زیر برخوردار می باشند :

-کله گی ماشین و در نتیجه محور ابزار گیر را میتوان نسبت به میز تحت زاویه قرار داد.

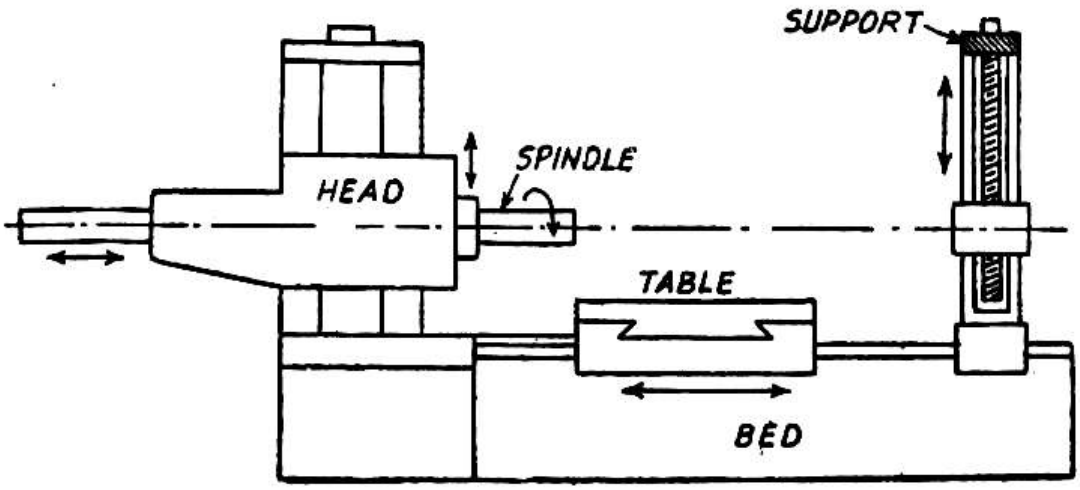
-این ماشینها در هر دو حالت افقی و عمودی قابل کاربرد می باشند.

- در مدلهای قدیمیتر، میز آنها تا ۴۵ درجه به چپ و راست قابل انحراف بود اما فرزهای یونیورسال امروزی مجهز به گیره های گردان هستند که حول محور عمود بر میز قابل تنظیم می باشند.

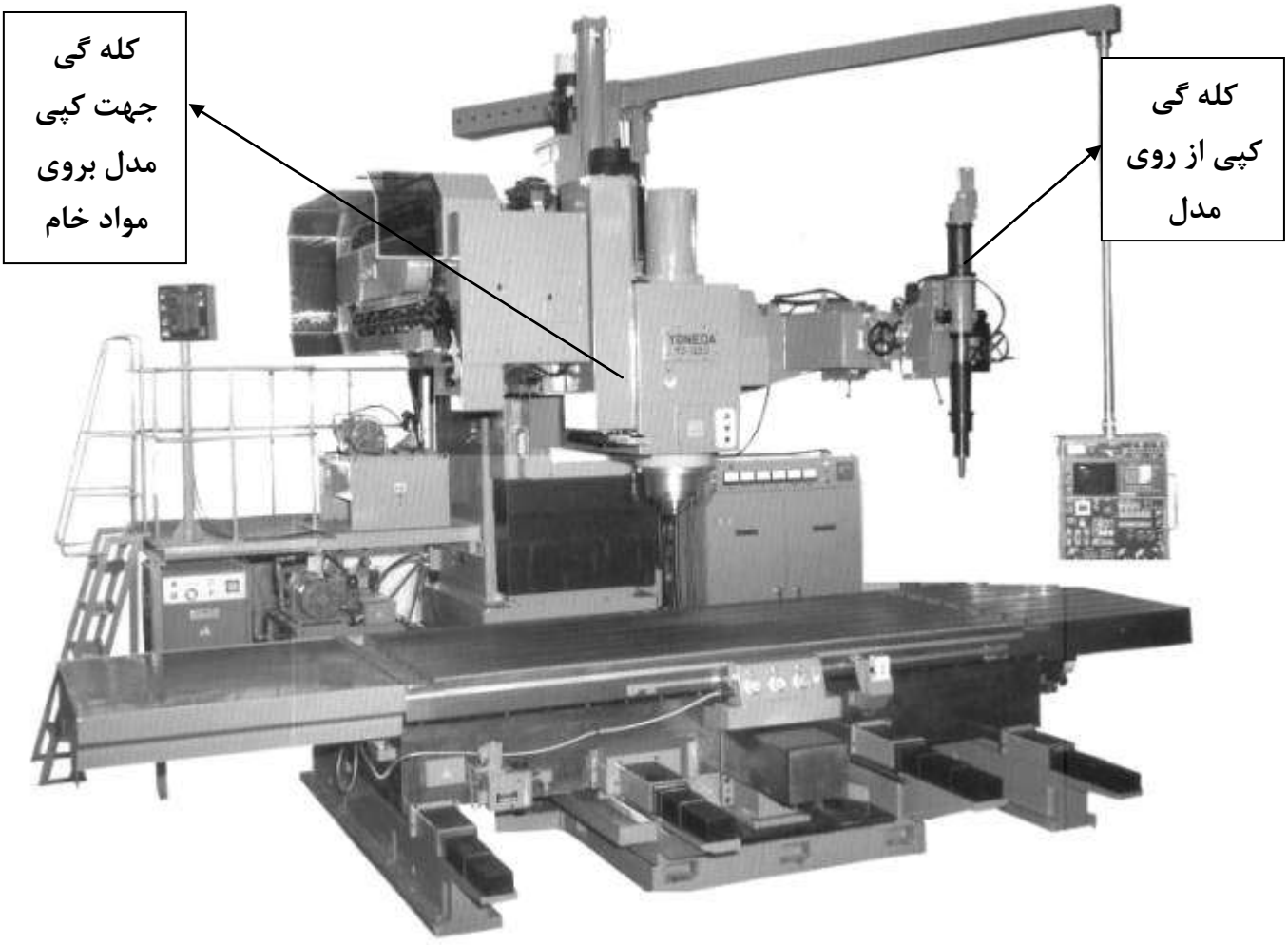
-تجهیزات جانبی مختلفی بروی فرزهای یونیورسال قابل نصب است که طیف قطعات قابل تولید توسط این ماشینها را افزایش می دهند.



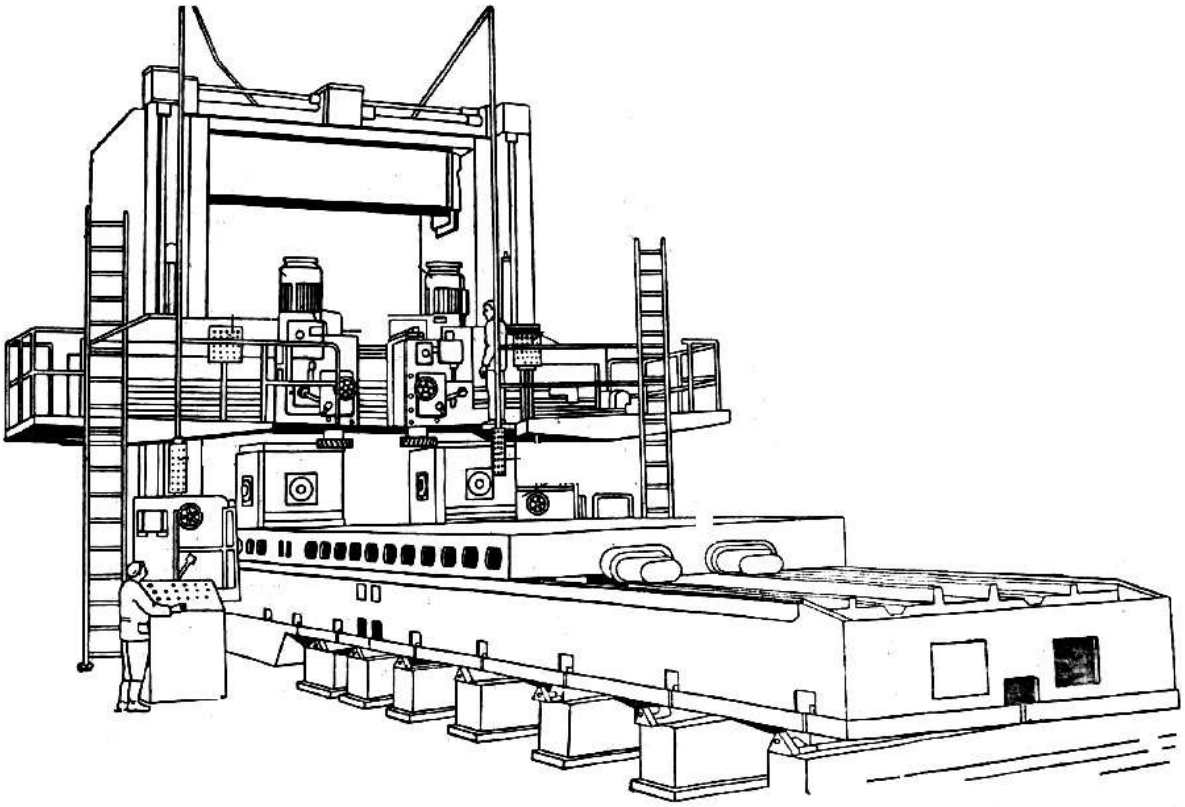
فرز هابینگ (چرخ دنده تراشی)



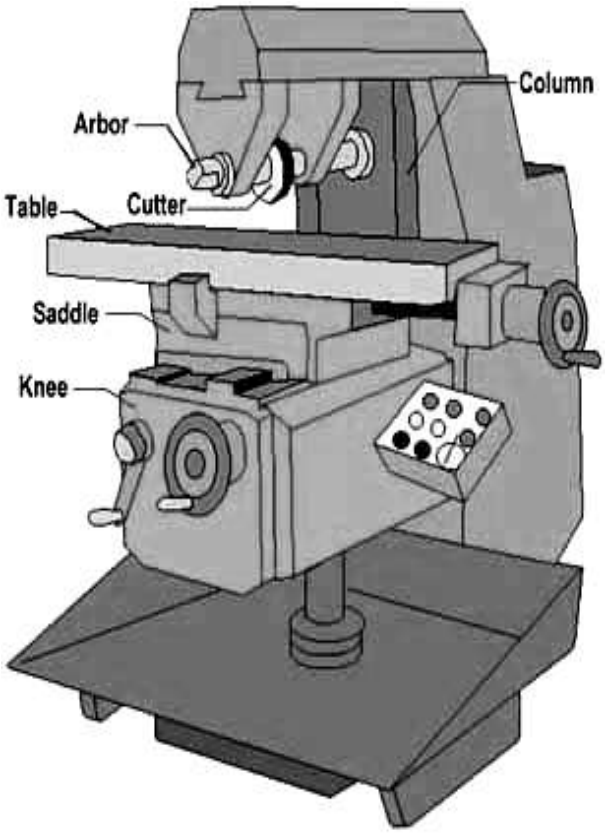
فرز بورینگ (سوراخ تراشی)



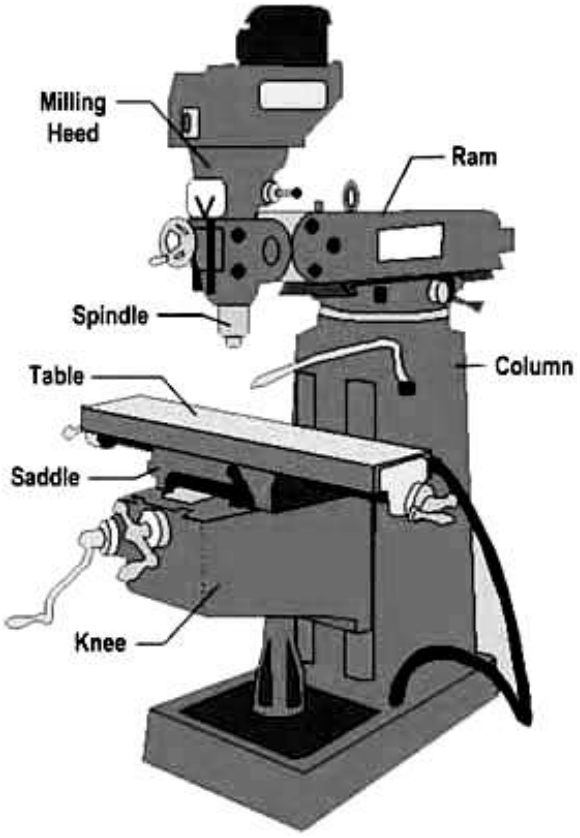
فرز کپی تراش



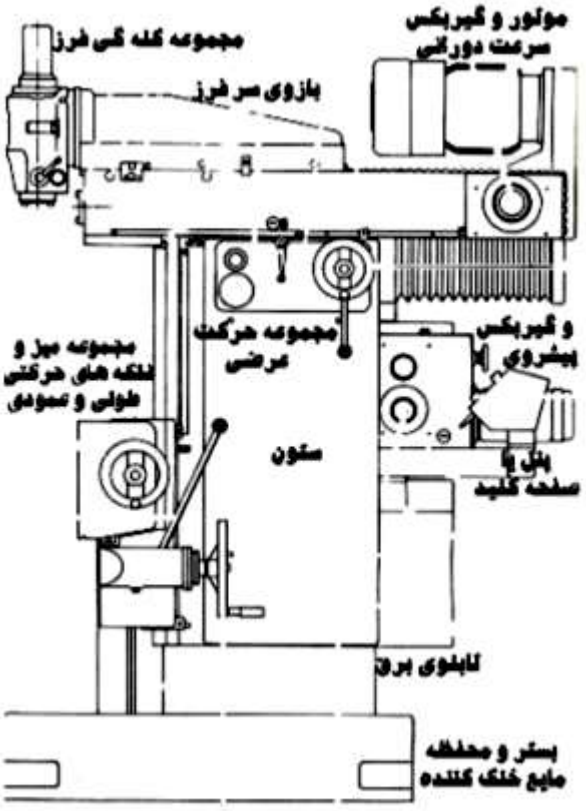
فرز دروازه ای



فرز زانویی افقی



فرز زانویی عمودی



فرز زانویی یونیورسال

۲-۳) ابزار فرزکاری

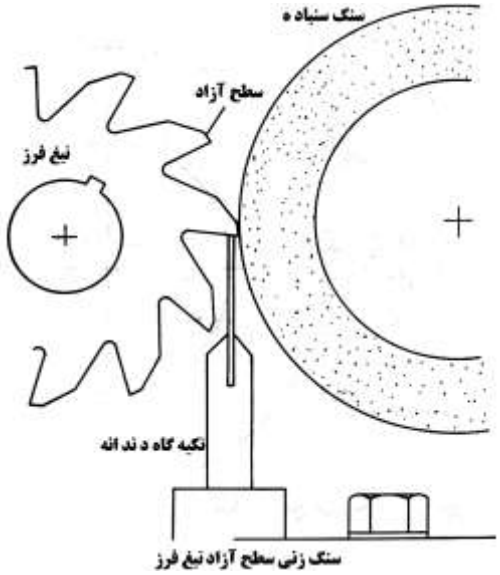
به ابزار فرزکاری تیغ فرز (Milling Cutter) گفته می شود. میتوان گفت تیغ فرز مشابه چند رنده تراشکاری است که بروی محیط یک استوانه چیده و متصل شده اند به عبارت دیگر برخلاف ابزار تراشکاری، تیغ فرز دارای چند لبه برش است و هر لبه بطور جداگانه از روی قطعه کار بار بر میدارد. این ویژگی باعث می شود که حجم کل براده برداری بروی چند لبه تقسیم گردد بعلاوه هر لبه برش پس از براده برداری در هر مرحله تا گردش کامل ابزار فرصت دارد تا در هوا خنک شود لذا عمر ابزار افزایش می یابد. البته برخورد مکرر هر لبه برش با قطعه کار جهت انجام عملیات براده برداری باعث افزایش لرزش و سر و صدا در ماشین فرز می گردد که با وجود استحکام و قدرت ماشینهای فرز امروزی، مشکل خاصی برای ماشینکاری به حساب نمی آید.

۱-۳-۲) انواع تیغ فرزها

تیغ فرزها را می توان از جنبه های گوناگون دسته بندی نمود. به عنوان مثال از نظر روش ساخت،تیغ فرزها به دو گروه تقسیم می شوند :

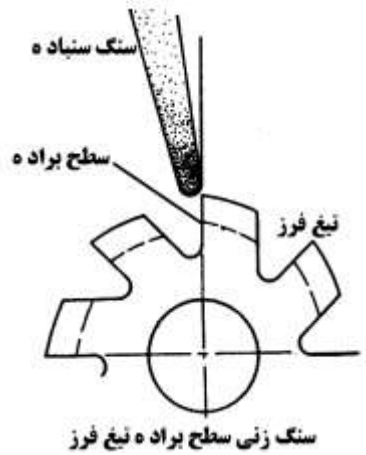
الف) فرزکاری شده

لبه های برنده این تیغ فرزها فرزکاری و سپس سنگ زده می شوند. از آنجا که برای تیز کردن این تیغ فرزها، سطح آزاد آنها سنگ زده می شود در هر مرحله از سنگ زنی قطر تیغ فرز کاهش می یابد.



ب)پشت تراشی شده

کاربرد این تیغ فرزها در فرم تراشی است و فرم آنها از قبل ماشینکاری می گردد و سپس با تیغ فرزهای زاویه دار، شیارهای براده بروی آنها ایجاد می گردد و در نهایت سطح براده آنها سنگ زده می شود تا تیغ فرز تیز شود. به همین دلیل تغییر شکلی در فرم دندانه یا قطر تیغ فرز ایجاد نمی گردد.(برخلاف تیغ فرزهای فرزکاری شده)



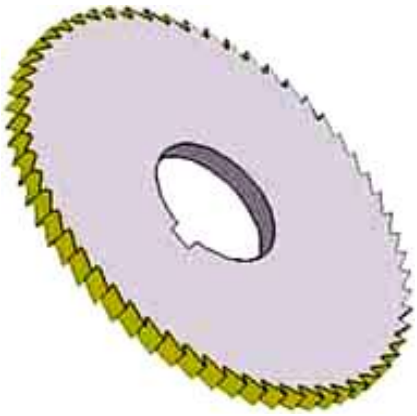
تیغ فرزها از نظر روش نصب آنها بروی محور اصلی دستگاه فرزعبارتند از :

الف)تیغ فرزهای افقی تراش

تیغ فرز غلتکی: که دارای لبه های برش محیطی مستقیم یا مارپیچ بوده در فرزکاری سطوح هموار کاربرد دارند.

تیغ فرزهای دیسکی یا پولکی: این تیغ فرزها عموماً برای بریدن، درآوردن شکافها، درآوردن لبه ها و شیارهای باریک مورد استفاده قرار می گیرند و قطر آنها نسبت به ضخامتشان زیاد است. از جمله این تیغ فرزها عبارتند از :

- تیغ فرز دندانه اره ای که دارای لبه های برش محیطی بوده و جهت برش قطعات یا ایجاد شیارهای باریک کاربرد دارد.
- تیغ فرزهای شکاف تراش که علاوه بر لبه های برش محیطی دارای لبه های برش پیشانی نیز هستند و از آنها برای فرزکاری شیارهای عمیق و جای خار استفاده می گردد.



تیغ فرز دندانه اره ای

تیغ فرزهای شکاف تراش

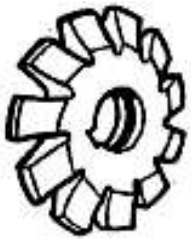
تیغ فرزهای فرم تراش: لبه های برش این تیغ فرزها فرم دار ساخته شده اند و از نوع تیغ فرزهای پشت تراشی شده هستند. پشت تراشی آنها باعث شده است که لبه برش در آنها زاویه آزاد پیدا کند. زاویه براده تیغ فرزهای فرم تراش صفر است و هنگام تیز کردن، آنها را تنها از سطح براده و در امتداد شعاع سنگ می زنند تا در فرم لبه برش تغییری ایجاد نگردد. تیغ فرزهای محدب و مقعر تراش، چرخ زنجیر تراش، چرخ دنده تراش، رزوه تراش و میل دنده تراش (هزار خار) از انواع تیغ فرزهای فرم تراش افقی محسوب می گردند. بعضی از این تیغ فرزها به صورت عمودی تراش نیز موجود هستند.

مقعر تراش

پیچ تراش

محدب تراش

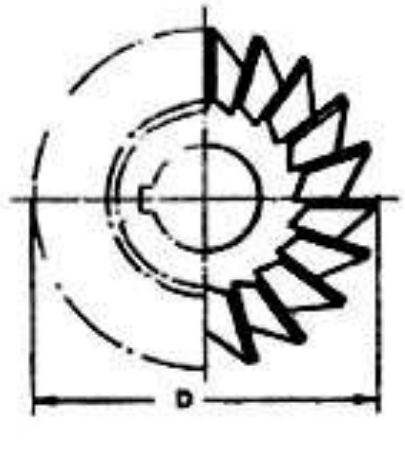
هزار خار (میل دنده) تراش



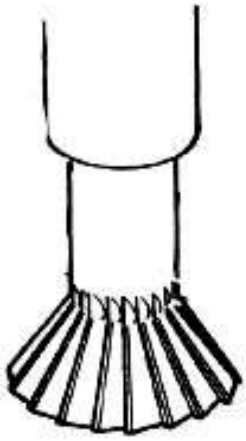
چرخ دنده تراش (مدولی)

تیغ فرزهای زاویه تراش : لبه های برش این تیغ فرزها نسبت به محور تیغ فرز دارای زاویه است و برای ایجاد سطوح و شیارهای زاویه دار کاربرد دارند و عموماً در دو نوع افقی تراش و عمودی تراش موجود می باشند.از

انواع معروف و رایج تیغ فرزهای زاویه تراش عمودی می توان به تیغ فرز چتری زاویه دار (دم چلچله تراش) اشاره نمود.

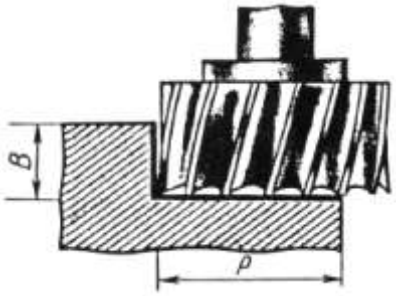


زاویه تراش افقی



زاویه تراش عمودی (دم چلچله)

ب) تیغ فرزهای عمودی تراش



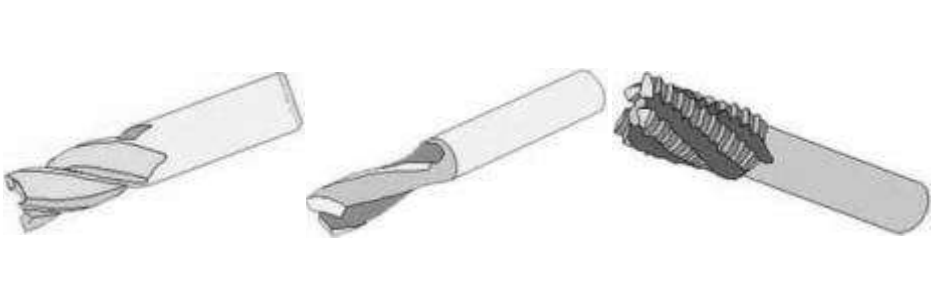
تیغ فرزهای پیشانی تراش: این تیغ فرزها علاوه بر لبه های برش محیطی در پیشانی خود نیز دارای لبه های برش هستند و از آنها در فرزکاری سطوح هموار و پله ها استفاده می گردد. فرزکاری سطوح هموار با این تیغ فرزها مناسبتر از فرزکاری با تیغ فرزهای غلتکی است چراکه لنگی محیطی را به قطعه کار منتقل نمیکنند و همچنین قدرت براده برداری آنها ۲۰ درصد بیشتر از تیغ فرزهای غلتکی می باشد. تیغ فرزهای غلتکی پیشانی تراش در دو نوع خشن تراش و معمولی ساخته می شوند که در نوع خشن تراش سطح لبه های برش تکه تکه ساخته می شوند تا هر لبه برش به اجزای کوچکتری تقسیم گردد و فشار کمتری به هر لبه وارد گردد.

تیغ فرزهای انگشتی: در اصل نوعی تیغ فرز پیشانی تراش با قطر کوچک هستند که دنباله آنها به فرم استوانه یا مخروطی ساخته می شود. لبه های برش آنها نیز بصورت مستقیم یا مارپیچ ساخته می شوند. در انواع مارپیچ این تیغ فرزها که به هنگام حرکت نیروی محوری تولید می کنند و سعی دارند از محور خارج شوند (مانند تیغ فرزهای انگشتی راست بر با مارپیچ راست و چپ بر با مارپیچ چپ) سوراخ رزوه شده ای در انتهای دنباله تیغ فرز وجود دارد که به کمک آن تیغ فرز با پیچی محکم می گردد تا نیروی محوری را خنثی کند. از چنین تیغ فرزهایی می توان در نیروهای برشی زیاد استفاده کرد.

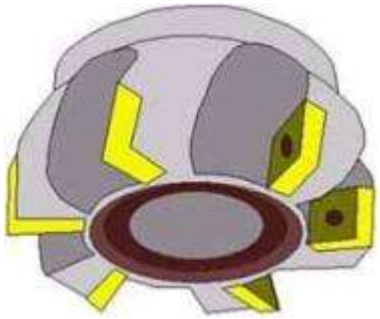
از تیغ فرزهای انگشتی برای تولید پله، شیار، جای خار و فرزکاری سطوح مستوی باریک و از انواع مدولی آنها میتوان در چرخدنده تراشی استفاده کرد. تیغ فرزهای انگشتی نیز وجود دارند که دارای دو یا سه لبه برش هستند و از آنها برای فرزکاری شیارهای عمیق و جای خار استفاده می گردد.

تیغ فرز T تراش از انواع تیغ فرزهای چتری (مانند دم چلچله) محسوب می گردد که برای تولید شیارهای T کاربرد دارد و از تیغ فرزهای عمودی تراش محسوب می گردد. این تیغ فرزها در محیط و پیشانی خود دارای لبه برش هستند.

تیغ فرزهای انگشتی سر کروی در فرزکاری کپی و فرم تراشی کاربرد دارند و از جمله تیغ فرزهای عمودی تراش هستند.



تیغ فرز T تراش انگشتی دو لبه انگشتی خشن تراش انگشتی معمولی



از نظر نوع لبه برش تیغ فرزها به دو گروه یکپارچه و تکه دار تقسیم می شوند. تیغ فرزهای یکپارچه دارای بدنه و لبه برش یک جنس و یک پارچه هستند. تیغ فرزهای تیغچه یا تکه دار متشکل از یک نگاهدارنده یا هولدر هستند که تعدادی اینسرت بروی آن بسته می شود (شکل روبرو). بنابراین تعویض هر اینسرت به راحتی امکان پذیر است. از این تیغ فرزها عمدتاً در فرزکاری سطوح بزرگ و تخت استفاده می شود.

از نظر تعداد دندانه یا لبه برش و زوایای لبه برش تیغ فرزها به سه گروه تقسیم می گردند که در جدول زیر قابل بررسی هستند.

تیپ (نوع)	تعداد دندانه	زاویه آزاد لبه برش	جنس قطعه کار قابل ماشینکاری	شکل
W	۴-۸	۸ درجه	فلزهای غیرآهنی با سختی متوسط فلزهای نرم مانند آلومینیم و مس	
N	۶-۱۰	۷ درجه	فولادهای ساختمانی چدن خاکستری	
H	۱۰-۱۶	۴ درجه	فولاد و مواد سخت	

۲-۳-۲) جنس تیغ فرزها

توسعه ابزارهای برش در سال ۱۹۸۰ به اوج خود رسید و بهبود جنس ابزارهای برشی در ابتدای قرن بیستم از فولادهای ابزار تا کاربیدهای سمانته روکش دار به میزان زیادی سرعتهای ماشینکاری را افزایش داد بطوریکه اگر ماشینکاری یک قطعه در سال ۱۹۰۰ صد دقیقه طول می کشید در سال ۱۹۸۰ با ابزارهای کاربید سمانته

این زمان به یک دقیقه کاهش یافته بود. از نظر عمر ابزار نیز میتوان گفت اگر در سال ۱۹۱۰ تعداد قطعات قابل تولید با یک لبه برش از جنس HSS تقریبا دو قطعه بوده است در سال ۱۹۸۰ با ابزارهای کاربید سمانته روکش دار به ۶۰ قطعه افزایش یافته است. با این توضیح تیغ فرزها را از نظر جنس می توان به سه گروه تقسیم نمود :

۱- تیغ فرزهایی که از فولاد ابزار سازی ساخته می شوند

فولاد ابزار سازی متشکل از آهن و ۱ تا ۱,۲ درصد کربن است و تا دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد قدرت برش خود را حفظ می نماید. قدرت براده برداری کم این ماده باعث حذف آن از صنعت گردید.

۲- تیغ فرزهایی که از فولاد ابزار آلیاژی تندبر ساخته می شوند

متداولترین جنس مورد استفاده در ساخت تیغ فرزها است که علاوه بر کربن دارای عناصری نظیر ولفرام و کبالت می باشد. به همین دلیل به فولاد آلیاژی معروف است. قدرت برش خود را تا ۹۰۰ درجه سانتی گراد حفظ میکند و در سرعتهای برش بالا استفاده می شود. به همین جهت به تندبر معروف می باشد.

۳- تیغ فرزهایی که از کاربیدهای سمانته ساخته می شوند.

این مواد متشکل از کربن و یک فلز دیرگداز نظیر تنگستن (مانند کاربید تنگستن) یا تیتانیم (مانند کاربید تیتانیم) هستند و به همین دلیل به کاربیدهای سمانته (سخت) معروف شده اند. این مواد فاقد آهن هستند و با توجه به اینکه سختی ذاتی و فوق العاده بالایی دارند نیازی به سختکاری آنها نیست. اساساً به صورت تکه هایی ساخته می شوند که به آنها اینسرت (Insert) یا تکه های ویدیا اطلاق می گردد. اینسرتها بروی نگاهدارنده هایی تحت عنوان هولدر بسته می شوند و انواع تیغ فرزها با ابعاد و اشکال مختلف را تشکیل می دهند.

نحوه کدگذاری، شماره گذاری و شناسایی اینسرت های قابل تعویض فرزکاری

استخراج از ISO 1832-1985

S	P	K	N	12	03	ED	R
1	2	3	4	5	6	7	9

1 شکل هندسی اینسرت

H	O	P	R	S	T
80°	55°	75°	86°	35°	80°
C	D	E	M	V	W
L	A	B	K		
	85°	82°	55°		

2 زاویه آزاد لبه برنده اصلی

A	B	C	D
3°	5°	7°	15°
E	F	G	N
20°	25°	30°	0°
P	O		
11°	مشخص کننده سایر زوایای آزاد که احتیاج به توضیح مجزایی دارند.		

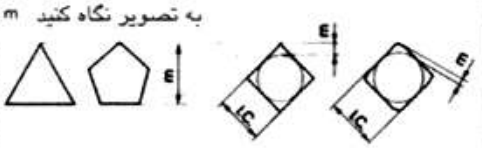
4 براده شکن و نوع گیرش

N	R
F	A
M	G
W	T
Q	U
X	???

3 تلرانسها

نماد	تلرانسها برحسب mm		
	m	s	I.C.
A[1]	±0.005	±0.025	±0.025
F[1]	±0.005	±0.025	±0.013
C[1]	±0.013	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.025	±0.013
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.13	±0.025
J[1]	±0.005	±0.025	±0.05[2] ±0.13[3]
K[1]	±0.013	±0.025	±0.05[2] ±0.13[3]
L[1]	±0.025	±0.025	±0.05[2] ±0.13[3]
M	±0.08[2] ±0.18[3]	±0.13	±0.05[2] ±0.13[3]
N	±0.08[2] ±0.18[3]	±0.025	±0.05[2] ±0.13[3]
U	±0.13[2] ±0.38[3]	±0.13	±0.08[2] ±0.25[3]

IC قطر تئوریک دایره محاطی
s ضخامت اینسرت
m به تصویر نگاه کنید



[1] این کلاسهای تلرانس معمولا برای اینسرتهای دارای سطح موازی به کار می روند

[2] تلرانسها وابسته به اندازه اینسرت هستند و باید برای هر اینسرت مطابق با تلرانس استاندارد و برحسب اندازه آن تعریف شوند، به جدول زیر مراجعه کنید

5 طول لبه برنده، a یا واحد mm

اعداد باید به صورت دو رقمی ذکر شوند به عنوان مثال 952/1 باید 0.9 ذکر کرد.

6 ضخامت اینسرت، s با واحد mm

01	s = 1.59	04	s = 4.76
T1	s = 1.98	05	s = 5.56
02	s = 2.38	06	s = 6.35
03	s = 3.18	07	s = 7.94
T3	s = 3.97	09	s = 9.52

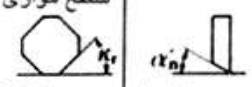
H, O, P, S, T, C, E, M, W, R اشکال هندسی اینسرتها

قطر دایره محاطی IC	تلرانس m		تلرانس IC	
	class M	class U	class M, J, K, L	class U
6.35	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08
9.525 (10)	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08
12.7 (12)	±0.13	±0.20	±0.08	±0.13
15.875 (16)	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18
19.05 (20)	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18
25.4	±0.18	±0.38	±0.13	±0.25

D شکل هندسی اینسرت

قطر دایره محاطی IC	تلرانس m	تلرانس IC
6.35	±0.11	±0.05
9.525	±0.11	±0.05
12.70	±0.15	±0.08
15.875	±0.18	±0.10
19.5	±0.18	±0.10

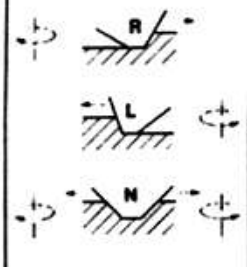
7 سطح موازی، زاویه آزاد



سطح موازی		شعاع دماغه، mm
A - 45°	A - 3°	00 - Sharp
D - 60°	B - 5°	02 - 0.2
E - 75°	C - 7°	04 - 0.4
F - 85°	D - 15°	08 - 0.8
P - 90°	E - 20°	12 - 1.2
Z - Others	F - 25°	16 - 1.6
	G - 30°	20 - 2.0
	N - 0°	24 - 2.4
	P - 11°	32 - 3.2
	Z - Others	X - Others

M0 برای اینسرتهای گرد

9 جهت پیشروی



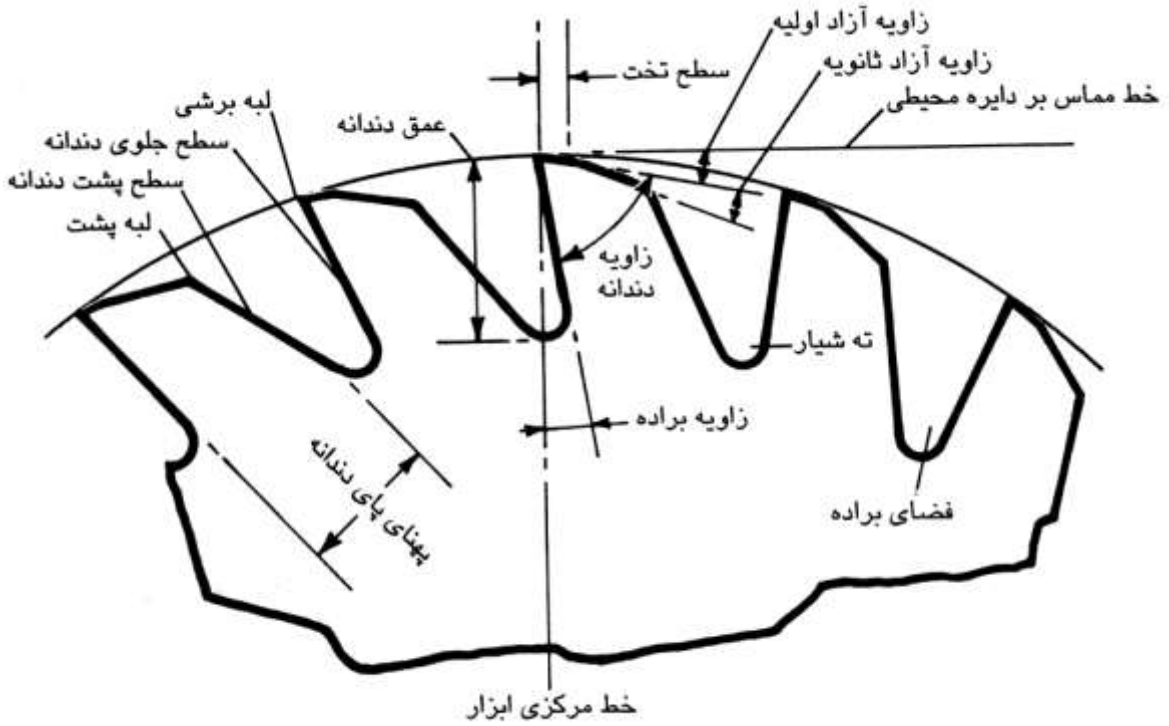
مطابقت طول لبه برنده برحسب mm (جز شماره 5) با قطر دایره محاطی I.C

	06	09	11	16	22	27	33	44
				09	12	15	19	25
55°			07	11	15	19	23	31
80°			06	09	12	16	19	25
I.C	5/32"	7/32"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"

کد ISO دارای نه شماره اصلی است که شماره های 8 و 9 آن در صورت لزوم ذکر می شوند. به علاوه سازنده می تواند یک نماد دیگر به کد ISO اضافه کند که با یک خط تیره از بقیه جدا خواهد شد به عنوان مثال 71- نمایانگر یک طرح خاص از براده شکن است.

۳-۳-۲) زوایا و سطوح تیغ فرزها

دندانه های برش تیغ فرزها به مانند دیگر ابزار ماشینکاری گوه ای شکل هستند و دارای سطوح و زوایای زیر می باشند :



۱) سطح براده

سطح جلوی دندانه که به هنگام فرزکاری، براده بروی این سطح قرار می گیرد.

۲) سطح آزاد

سطح تخت موجود در پشت لبه برش است که به آن سطح فاز تیغ فرز نیز گفته می شود.

۳) زاویه آزاد (α)

زاویه بین سطح آزاد و صفحه مماس بر لبه برش که معمولاً بین ۴ تا ۱۴ درجه است. همانطور که در شکل بالا دیده می شود دو زاویه آزاد وجود دارد که زاویه آزاد اولیه (α) بر توان براده برداری و عمر تیغ فرز تاثیر زیادی دارد. برای قطعه کار سخت هر چه این زاویه کوچکتر باشد استحکام دندانه بیشتر می شود.

۴) زاویه براده (γ)

زاویه بین سطح براده و سطح عمود بر لبه برش که معمولاً بین ۵ تا ۳۰ درجه است.

۵)زاویه گوه یا زاویه دندانه (β)

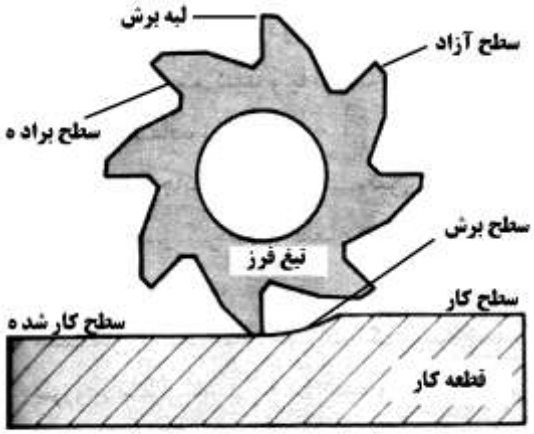
زاویه بین سطح براده و سطح آزاد که معمولاً بین ۵۶ تا ۸۱ درجه است. این زاویه در ارتباط مستقیم با جنس قطعه کار قرار دارد به این مفهوم که برای اجسام نرم مقدار آن کمتر و در اجسام سخت مقدار آن بزرگتر منظور می گردد.

۶) زاویه برش (δ)

مجموع زوایای آزاد و گوه را زاویه برش می گویند.

۷) زاویه مارپیچ (λ)

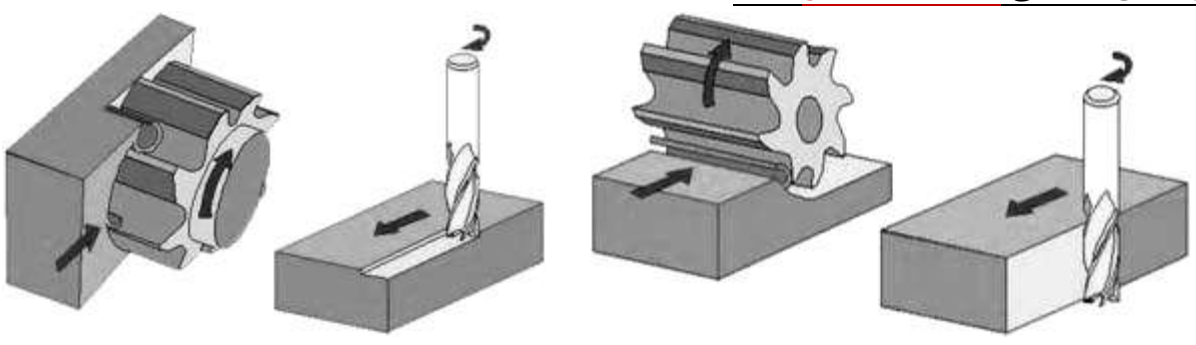
در تیغ فرزهای با لبه برش مارپیچ، زاویه ای که لبه برش با محور تیغ فرز می سازد زاویه مارپیچ گفته میشود. برای مواد سخت این زاویه ۱۰ تا ۳۵ درجه و در مواد نرم زیاد (۲۵ تا ۴۵ درجه) انتخاب می گردد.



سطحهای مختلف قطعه کار و تیغ فرز هنگام ماشین کاری

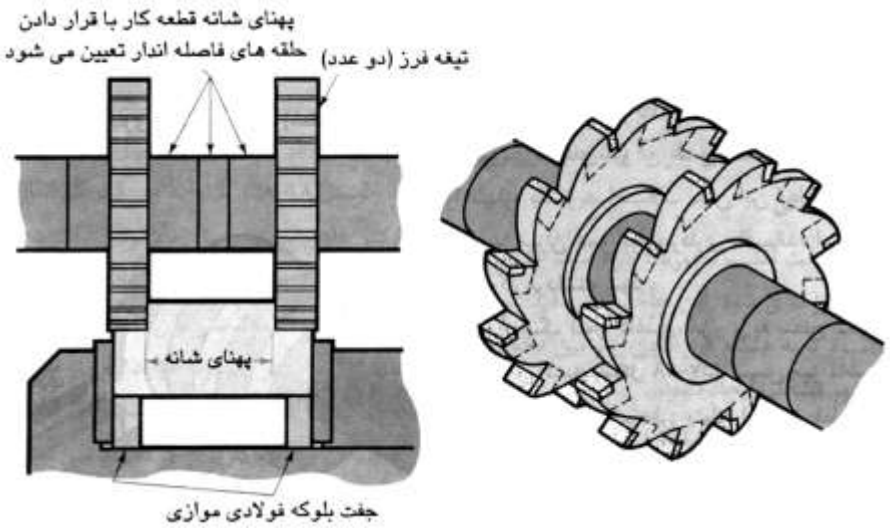
چند نکته :

- ✓ از آنجا که در تیغ فرزهای با لبه برش مارپیچ، تماس هر لبه با قطعه کار بصورت تدریجی است این تیغ فرزها آرامتر و با قدرت برش بیشتری کار می کنند (برخلاف تیغ فرزهای با لبه برش مستقیم). البته لبه های برنده مارپیچ به هنگام براده برداری نیروی محوری ایجاد می نمایند که جهت این نیرو باید به سمت یاتاقان محور اصلی باشد. در غیر این صورت میل فرز از محور ماشین به بیرون پرتاب خواهد شد. به همین دلیل است که جهت دوران تیغ فرزهای با مارپیچ راست به سمت چپ و تیغ فرزهای مارپیچ چپ به سمت راست انتخاب می گردد.
- ✓ از نظر نحوه قرار گرفتن تیغ فرز نسبت به قطعه کار فرزکاری، به دو صورت محیطی یا پیشانی تراشی انجام می شود. در حالت اول، محور تیغ فرز موازی با سطح قطعه کار حرکت و توسط لبه های برش محیطی خود از آن براده برداری می کند. اما در روش دوم محور تیغ فرز عمود بر سطح قطعه کار می باشد و تیغ فرز علاوه بر لبه های برش محیطی به کمک لبه های برش موجود بروی پیشانی خود نیز عمل براده برداری از قطعه کار را انجام می دهد.
- ✓ در پیشانی تراشی سطح مقطع براده یکنواخت بوده در نتیجه توان براده برداری در پیشانی تراشی از فرزکاری محیطی ۲۰ درصد بیشتر است.

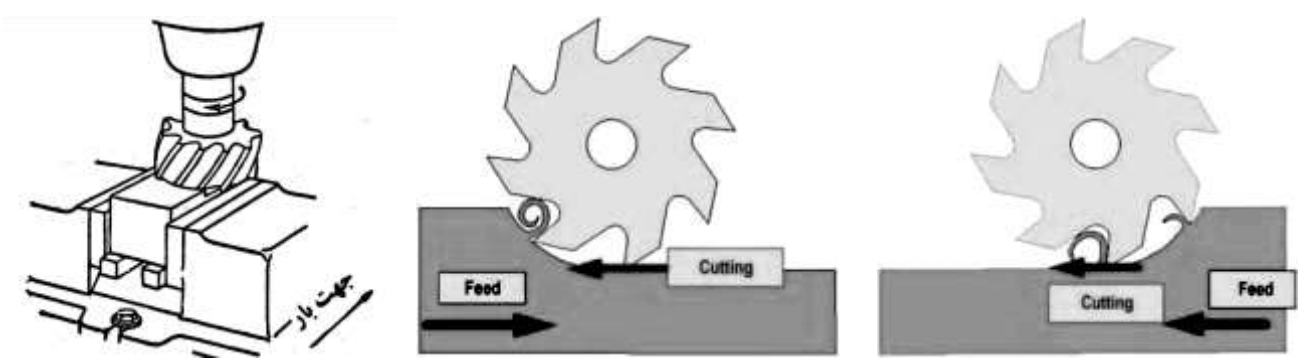


فرزکاری محیطی تراشی فرزکاری پیشانی تراشی

- ✓ گاهی چندین تیغ فرز را با هم بروی یک میل فرز نصب می کنند که همراه با هم فرم مرکبی را بروی قطعه کار تولید می نمایند. به این روش، فرزکاری مرکب گفته می شود.



- ✓ از نظر راستای حرکت تیغ فرز نسبت به قطعه کار، فرزکاری به دو گروه معروف مخالف و موافق تقسیم می گردد.
- ✓ در فرزکاری معکوس (غیر همراه یا مخالف) راستای حرکت پیشروی میز مخالف جهت دوران تیغ فرز است و لذا در اثر تماس تیغ فرز با قطعه کار براده برداری از ضخامت کم به زیاد افزایش می یابد. در حقیقت لبه برش ابتدا کمی بروی قطعه کار سر می خورد و سپس با آن درگیر شده براده برداری می کند و به همین دلیل سطح کار در این روش موج دار است همچنین نیروی برش سعی می کند تا قطعه کار را از روی میز به بالا پرتاب کند. فرزکاری مخالف باید برای قطعات ریخته شده و ماشینهای فرز فرسوده بکار رود.
- ✓ فرزکاری همراه یا موافق عکس فرزکاری مخالف است. برعکس روش مخالف تیغ فرز بروی کار سر نمی خورد و لذا سطح صافتری حاصل می گردد. همچنین تیغ فرز قطعه کار را به سمت میز فشار می دهد لذا این روش برای فرزکاری قطعات نازک نیز مناسب است. البته چون تیغ فرز تمایل دارد قطعه کار را به زیر خود بکشد و براده از مقطع بزرگ به کوچک برداشته می شود لرزش هنگام کار و همچنین احتمال شکستن تیغ فرز افزایش می یابد. به علاوه کاربرد فرزکاری موافق در ماشینهای فرز با ساختاری مستحکم و بدون لقی توصیه می شود.



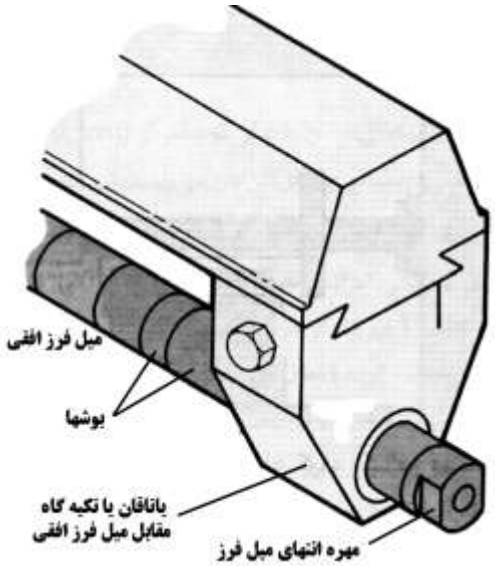
فرزکاری مخالف فرزکاری موافق

۴-۳-۲) وسایل بستن تیغ فرزها

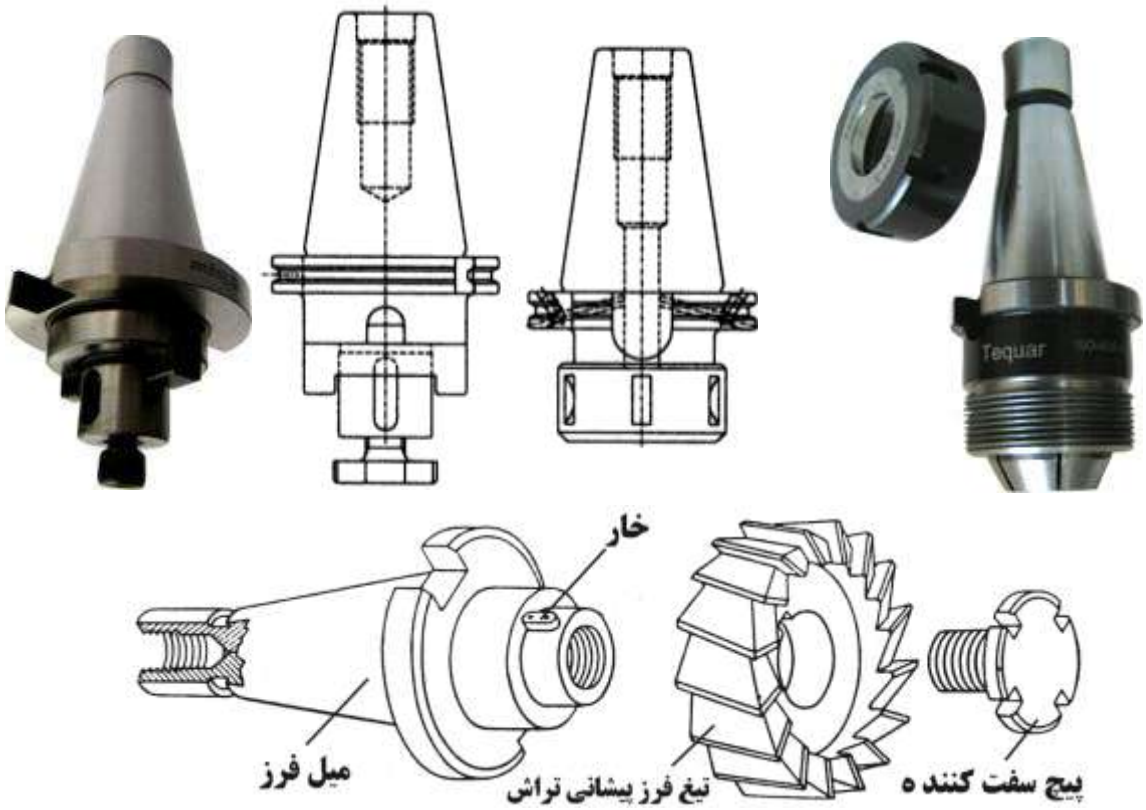
تیغ فرزها توسط میل فرز به ماشین فرز بسته می شوند. میل فرزها به دو گروه بلند (دوطرفه) و کوتاه (یکطرفه) تقسیم می شوند. از میل فرزهای بلند که یک سر آنها در محور اصلی ماشین و سر دیگر آنها بروی یاتاقان مخصوص جای می گیرند در عملیات فرزکاری افقی استفاده می شود. تیغ فرزهای غلتکی، پولکی و دندانه اره ای و بطور کلی تیغ فرزهای سوراخدار بروی این میل فرزها نصب می گردند. بروی این تیغ فرزها و همچنین بروی محور میل فرز جای خاری وجود دارد که به این ترتیب به کمک یک خار، تیغ فرز با محور میل فرز درگیر می شود. همچنین بوشهایی بروی محور میل فرز قرار می گیرند که موقعیت طولی تیغ فرز را تعیین کرده در موقعیت مورد نظر ثابت نگاه می دارند.

توصیه می شود که تا حد امکان تیغ فرز نزدیک به محور اصلی یا نزدیک به یاتاقان و بطور کلی نزدیک به یکی از دو سر میل فرز بسته شود تا از لرزش و لنگر انداختن آن به هنگام کار جلوگیری شود.

مجموعه بوشها و تیغ فرز به کمک مهره ای که در انتهای میل فرز بسته می شود محکم می گردند. به میل فرزهای افقی، دُرن نیز گفته می شود. میل فرزهای افقی دارای قطر معینی هستند. در استاندارد ایزو قطر میل فرزها ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۲، ۲۷ و ۳۲، ۴۰، ۵۰،۶۰، ۷۰، ۸۰، و ۱۰۰ میلیمتر می باشند که انواع ۲۲، ۲۷ و ۳۲ میلیمتری آنها رایج است.



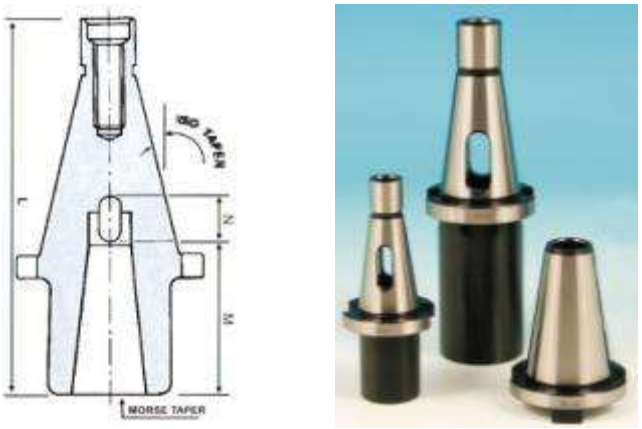
میل فرزهای کوتاه که فقط به محور اصلی دستگاه (اسپیندل) متصل می گردند عموما در عملیات فرزکاری عمودی کاربرد دارند و بسته به کاربرد به انواع متعددی تقسیم می شوند که در شکل زیر تعدادی از آنها نشان داده شده است. برای بستن تیغ فرز به این محورها از خار و مهره محکم کننده و یا قطعات قفل کننده تیغ فرز بروی محور و مهره سفت کننده استفاده می شود. همچنین یک نوع پرکاربرد این میل فرزها که به میل فرزهای کولت دار یا فشنگی دار معروف هستند وجود دارد که برای بستن تیغ فرزهای انگشتی دنباله استوانه ای بکار می روند و در آنها قطعه ای به نام فشنگی وجود دارد که با بستن مهره میل فرز جمع شده و تیغ فرز را محکم نگاه می دارد.



نمونه ای از میل فرزهای کوتاه فشنگی دار (۲ شکل راست بالا) و مرکب با پیچ سفت کننده و جای خار (۲ شکل بالا چپ و پایین)

توجه :

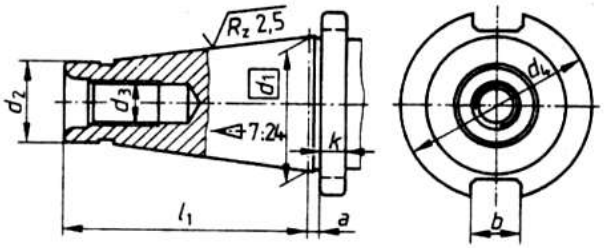
تیغ فرزهای انگشتی دنباله مخروطی که در انتهای دنباله آنها سوراخ رزوه شده وجود دارد بدون استفاده از میل فرز به محور اصلی فرز بسته می شوند. اگر شیب مخروط دنباله تیغ فرز با شیب مخروط محور اصلی برابر نباشد از کلاهکهای تطبیقی (آداپتورهای) مناسب استفاده می گردد (شکل زیر).



نکته :

همه میل فرزها برای قرار گرفتن در محور اصلی دارای سر مخروطی شکل می باشند. ابعاد و نسبت مخروطی این مخروطها استاندارد شده است و شماره استاندارد بروی آنها نوشته می شود. بعنوان مثال میل فرزهای با سر مخروطی ISO 40 و ISO 60 از رایجترین میل فرزها در ماشینهای فرز می باشند. در جدول زیر ابعاد انواع این مخروطها نشان داده شده است.

شافت مخروطی تند برای ابزار وفشنگی فرم A — مقایسه با DIN 2080 T1 (12.78)



Nr.	d_1	d_2a10	d_3	$d_{4-0,4}$	l_1	a ±0,2	b H12
30	31,75	17,4	M 12	50	68,4	1,6	16,1
40	44,45	25,3	M 16	63	93,4	1,6	16,1
50	69,85	39,6	M 24	97,5	126,8	3,2	25,7
60	107,95	60,2	M 30	156	206,8	3,2	25,7
70	165,1	92	M 36	230	296	4	32,4
80	254	140	M 48	350	469	6	40,5

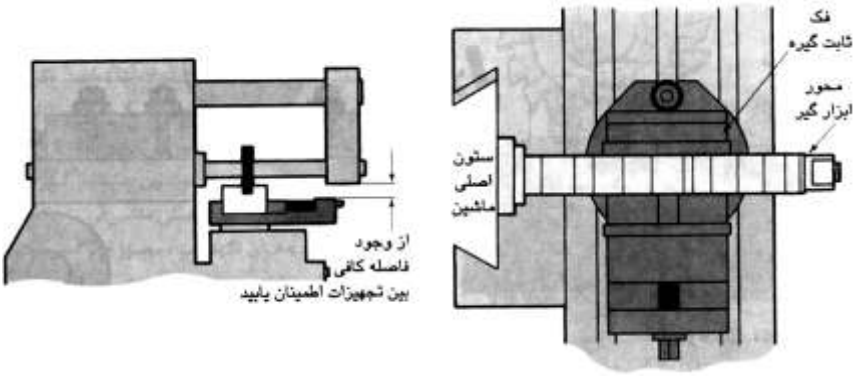
مشخصه ته مخروطی تندفرم A ، شماره 40 باکیفیت تلرانس - زاویه مخروط AT4 :

DIN 2080 – A 40 AT4 ته مخروطی تند

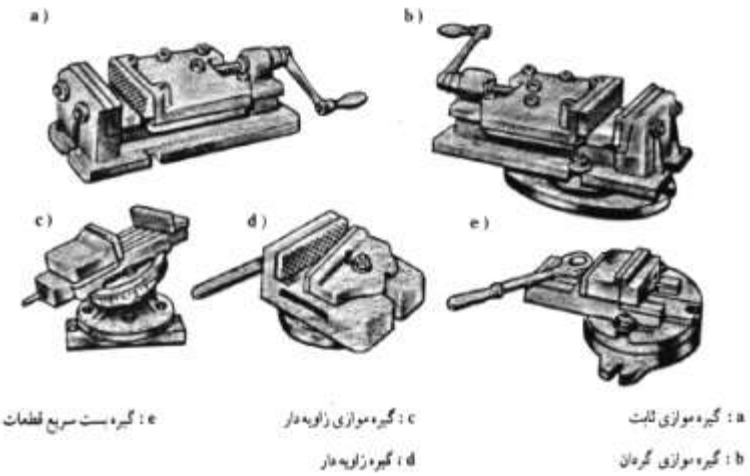
فرم B : ته مخروطی تند جهت محکم کردن ازجلو .

۴-۲) وسایل بستن قطعه کار

قطعه کار باید **محکم و مطمئن** بسته شود. عدم رعایت این اصل موجب بروز **لرزش** و افزایش **احتمال تغییر مکان** قطعه کار خواهد شد و در نهایت با افزایش نیروهای برش ممکن است قطعه کار **از موقعیت خود خارج** شده **خطرات فراوانی** را ایجاد نماید.

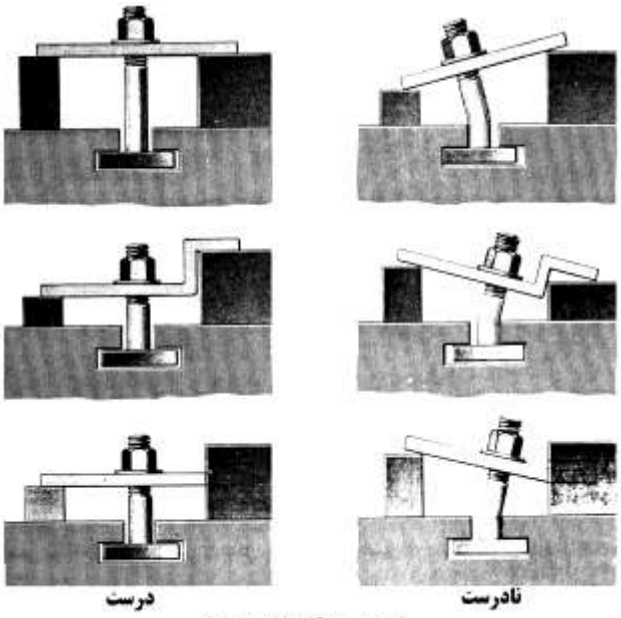


رایجترین وسایل بستن قطعه کار، **گیره** ها می باشند که معمولاً **برای بستن قطعات کوچک** مورد استفاده قرار می گیرند. **گیره های ساده فک موازی**، گیره های **فک موازی گردان**، گیره های **سینوسی** که در دو راستای **افقی و عمودی زاویه** می گیرند و گیره های **هیدرولیکی** از انواع رایج گیره ها می باشند.



قطعه کارهای بزرگتر را گاهی به کمک میزهای مخصوص که بروی میز ماشین فرز نصب می شوند ماشینکاری می کنند اما این نوع قطعات عمدتاً به کمک انواع روبند مستقیماً به میز فرز بسته میشوند. به هنگام بستن قطعه کار با روبند رعایت نکات زیر ضروری است :

- روبند باید استحکام کافی داشته باشد تا از جابه جا شدن قطعه کار به خوبی جلوگیری نماید.
- روبند را نباید آنقدر سفت کرد که به قطعه کار آسیب برساند و یا منجر به تغییر شکل آن شود.
- روبند باید در نقطه ای به قطعه کار نیرو وارد کند که قطعه کار در آنجا استحکام زیادی داشته باشد.
- روبند نباید مزاحم حرکت ابزار باشد.
- توجه کنید که ابزار هنگام براده برداری چگونه و در چه جهتی به قطعه کار نیرو وارد می کند. گاهی نیروی ابزار میتواند به نگاه داشتن قطعه کار کمک کند. به عبارت دیگر نحوه اعمال نیروی روبند و اندازه این نیرو به مقدار نیروی برش ابزار بستگی دارد.
- هرگز نباید تحمل نیروی عمده عملیات ماشینکاری را به عهده روبندها گذاشت.
- روبندها را تا حد امکان دو به دو و مقابل یکدیگر ببندید تا از ایجاد لنگر در کار جلوگیری شود. همچنین آنها را بطور همزمان محکم کنید تا از بروز تغییر شکل در کار جلوگیری گردد.



نحوه بستن قطعه کار با روبند

۵-۲) سرعت و نحوه انتخاب آن در فرزکاری

انواع سرعت در فرزکاری به شرح زیر می باشد :

الف) سرعت برش تیغ فرز (VC)

به سرعت محیطی تیغ فرز یعنی مسافتی که یک لبه برش از تیغ فرز در مدت زمان یک دقیقه طی می کند سرعت برش گفته می شود و بر حسب متر بر دقیقه اندازه گیری می گردد.

سرعت برش یا به عبارت دیگر سرعت بریدن قطعه کار توسط تیغ فرز به پنج پارامتر شکل تیغ فرز، نوع آن، جنس تیغ فرز، جنس قطعه کار و نوع عملیات فرزکاری یعنی خشنکاری یا پرداختکاری بستگی دارد. این سرعت اساس ماشینکاری است و تا زمانی که از جداول موجود انتخاب نگردد نمیتوان سرعتهای اصلی دیگر را تعیین کرد. در حقیقت سرعت دوران تیغ فرز و سرعت پیشروی قطعه کار به سرعت برش بستگی دارند. همانطور که گفته شد سرعت برش باید از روی جداولی انتخاب گردد که اطلاعات موجود در آنها از طریق تحقیق و آزمایش بروی مواد گوناگون جمع آوری شده اند.

ب) سرعت دوران تیغ فرز (n)

تعداد دوران تیغ فرز در هر دقیقه را سرعت دوران تیغ فرز می گویند که برحسب دور بر دقیقه سنجیده می شود. این سرعت با سرعت برش نسبت مستقیم دارد. برای یافتن سرعت دوران می توان از جداول موجود یا از فرمول زیر استفاده کرد :

$$n = \frac{V_c \times 1000}{d \times \pi}$$

که در آن V_c سرعت برش بر حسب متر بر دقیقه و d قطر تیغ فرز بر حسب میلی متر است.

نکته :با توجه به اینکه بروی ماشین فرز سرعتهای دوران محدود و معینی وجود دارد پس از پیدا کردن n باید نزدیکترین مقدار موجود بروی دستگاه به عنوان سرعت دورانی انتخاب و تنظیم گردد.

- توجه به این نکته مهم است که بدون تعیین سرعت برش نمی توان سرعت دوران را تعیین کرد. به عبارت دیگر با تغییر V_c (یعنی تغییر هر یک از پنج پارامتر مرتبط با آن) یا قطر تیغ فرز (که در فرمول سرعت دوران دخالت دارد) سرعت دوران تیغ فرز باید تغییر داده شود.
- عموما فرزکاری با تیغ فرزی که قطر کوچکتر داشته باشد مناسبتر است چراکه طول پیشروی آنها کوتاهتر می باشد و گشتاور کمتری به محور اصلی فرز وارد می کنند.

ج) سرعت پیشروی (Vf)

مقدار حرکت میز ماشین فرز در مدت یک دقیقه را سرعت پیشروی یا سرعت بار می نامند و آنرا برحسب میلیمتر بر دقیقه می سنجند. این سرعت در فرزکاری از فرمول زیر بدست می آید :

$$V_f = f_Z \times Z \times n$$

که در آن V_f سرعت پیشروی بر حسب میلیمتر بر دقیقه، f_Z مقدار باری که هر لبه برش بر میدارد بر حسب میلیمتر، Z تعداد دندانه تیغ فرز و n سرعت دوران تیغ فرز برحسب دور بر دقیقه می باشد. بنابراین بدون تعیین سرعت دوران تیغ فرز نمیتوان سرعت پیشروی قطعه کار را محاسبه نمود (برای تعیین سرعت پیشروی نمودارهایی نیز وجود دارد).

با توجه به اینکه بروی ماشین فرز سرعتهای پیشروی محدود و معینی قابل تنظیم است پس از پیدا کردن سرعت از دیاگرام یا محاسبه آن باید نزدیکترین مقدار موجود بروی دستگاه به عنوان سرعت پیشروی انتخاب و تنظیم گردد.

توجه :با توجه به اینکه n با V_f و V_c با n نسبت مستقیم دارد میتوان نتیجه گرفت که V_c و V_f بـا یکـدیگر نسبت مستقیم دارند یعنی افزایش V_c باعث افزایش V_f میشود و برعکس.

عامل بسیاری از مشکلات در فرزکاری انتخاب نادرست سرعتهای مذکور است. پرداخت نامناسب سطح کار و سوختن سطح آن (سیاه شدن براده ها)، لرزش تیغ فرز و قطعه کار حین ماشینکاری، شکستن یـا فرسـایش سریع تیغ فرز و موارد دیگر از این قسم عمدتاً به دلیل انتخاب نادرست سرعتهای فرزکاری حاصل می شود. بنابراین هرقدر که در انتخاب این سرعتها حساسـیت بیشـتری داشـته باشـیم بـه همـان میـزان کیفیـت ماشینکاری را نیز افزایش داده ایم.

تغییر سرعتها با تغییر تیغ فرز امری است که کمتر به آن توجه می شود در حالیکه که تیغ فرزهای گوناگون سرعتهای کار متفاوتی دارند.

مسئله نمونه : سرعت پیشروی میز ماشین فرز را برای فرزکاری با تیغ فرزی بـه قطـر $d = 75mm$ و تعـداد دندانه $Z = 8$ و $f_z = 0.2mm$ و عده دوران $n = 63\frac{u}{min}$ بدست آورید.

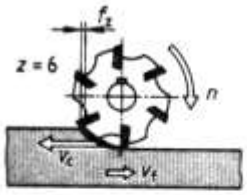
حل :

$$V_f = f_z \times z \times n = 0/2 \times 8 \times 63 = 101mm/min$$

سرعت برش مناسب و همچنین مقدار f_z (باری که هر لبه برش از تیغ فرز در هر مرحله برمی دارد) برای کار با انواع تیغ فرزها و جنس کارهای مختلف در جدول صفحه بعد داده شده است.

فرزکاری

محاسبه دور و سرعت پیش روی

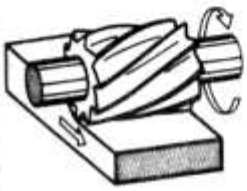
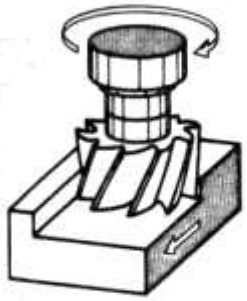
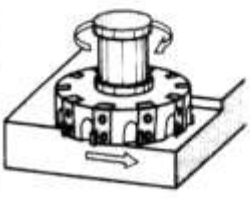


v_c	سرعت براده برداری
v_f	سرعت پیش روی
d	قطر تیغه فرز
n	دور تیغه فرز
f_z	پیش روی هرلبه تیغه فرز
z	تعداد لبه براده برداری

دور تیغه فرز: $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$

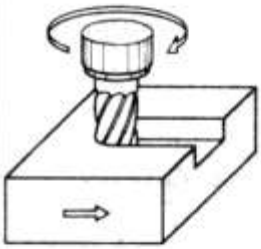
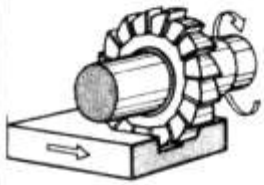
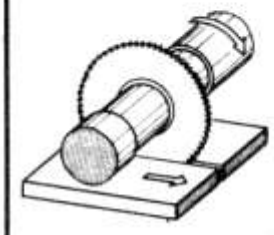
سرعت پیش روی: $v_f = f_z \cdot z \cdot n$

مقادیر حدودی سرعت براده برداری v_c به *m/min* و پیش روی f_z به *لبه تیغه فرز/ mm*

تیغه فرز	نوع ماشینکاری		مواد غیر آلیاژی تا R_m 700N/mm²	فولاد آلیاژی تا R_m 750N/mm²	فولاد آلیاژی تا R_m 1000N/mm²	چدن سختی تا 180 HB	آلیاژهای مس	فلزات سبک
تیغه فرز غلتکی 	تیغه فرزهای از جنس فولاد تند بر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...210
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,1...0,15	0,1...0,3	0,1...0,25	0,15...0,2
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	200...300
		f_z	0,.05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0,1...0,15	0,1...0,15	0,1...0,15
	تیغه فرز با لبه های براده برداری فلز سخت							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,2...0,4	0,1...0,2	0,15
	پرداخت	v_c	100...200	100...200	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0,.05...0,15	0,05...0,15	0,03...0,1	0,1...0,2	0,05...0,1	0.08
تیغه فرز پیشانی 	تیغه فرزهای از جنس فولاد تند بر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,15	0,15...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	200...300
		f_z	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0.1...0.2	0,1...0,2	0,1...0,2
	تیغه فرز با لبه های براده برداری فلز سخت							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,08...0,15	0,1...0,2
	پرداخت	v_c	100...300	100...300	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,06...0,15	0,1...0,2	0,05...0,1	0,08...0,15
تیغه فرز کاسگی 	تیغه فرز با لبه های براده برداری تکه وید یایی							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,08...0,15	0,1...0,2
	پرداخت	v_c	100...300	100...300	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,06...0,15	0,1...0,2	0,05...0,1	0,08...0,15

فرزکاری

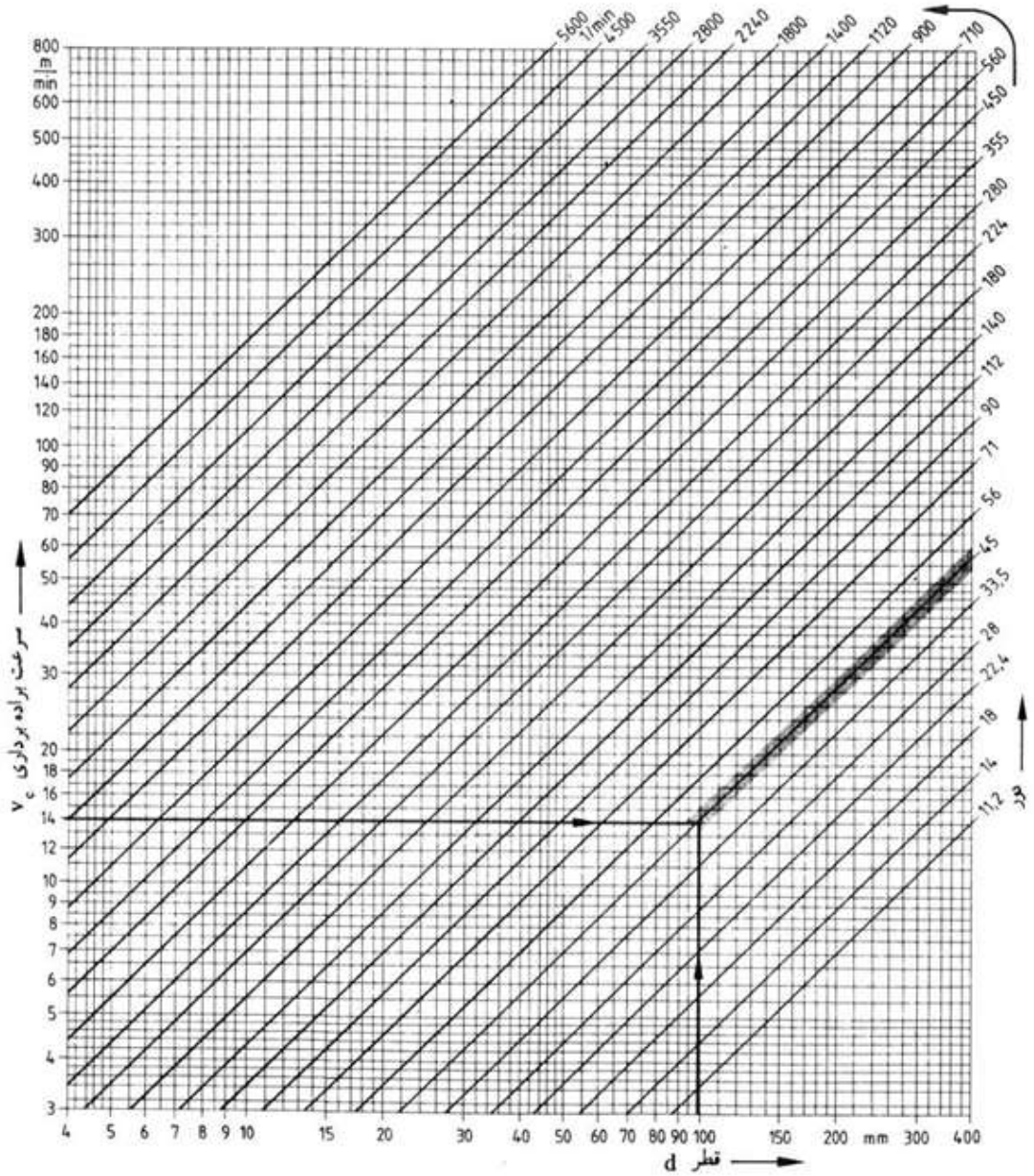
مقادیر حدودی سرعت براده برداری v_c به m/min ، پیش روی f_z به *لبه تیغه فرز/ mm* وسرعت پیش روی v_fبه mm/min

ابزار فرزکاری	نوع ماشینکاری		فولاد R_m تا 700 N/mm²	فولاد R_m تا 750 N/mm²	R_m تا 1000 N/mm²	چدن، سختی 180 HB	آلیاژهای مس	فلزات سبک
تیغه فرز انگشتی 	تیغه فرزهای فولاد تندبر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,05...0,1	0,15..0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,04...0,1	0,04...0,1	0,02...0,1	0,07...0,2	0,05...0,2	0,04...0,2
	تیغه فرزهای فلزات سخت							
	خشن تراشی	v_c	80...120	80...120	60...100	80...120	120...300	200...800
		f_z	0,04...0,15	0,04...0,15	0,04...0,1	0,06...0,15	0,08...0,15	0,60...0,1
	پرداخت	v_c	100...150	100...150	80...120	80...120	150...300	1200
		f_z	0,04...0,1	0,04...0,1	0,04...0,1	0,04...0,1	0,06...0,1	0,06...0,1
تیغه فرز پولکی 	تیغه فرزهای فولاد تندبر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,1...0,15	0,15...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0,07...0,2	0,07...0,2	0,07...0,2
	تیغه فرزهای با صفحات الماسه							
	خشن تراشی	v_c	100...180	100...160	80...120	80...120	120...300	200...800
		f_z	0,15...0,3	0,15...0,3	0,15...0,3	0,15...0,3	0,15...0,3	0,1...0,2
	پرداخت	v_c	120...250	120...250	100...150	100...160	150...300	300...800
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,3	0,1...0,2
تیغه فرز اره‌ای 	تیغه فرزهای اره ای فولاد تندبر							
	عمق براده برداری <5 mm	v_c	45...50	35...40	25...40	25...45	100...200	200...400
		f_z	80...160	80...160	63...100	80...200	100...1000	-
	عمق براده برداری 5...10mm	v_c	40...45	30...35	20...25	30...35	300...400	300...350
		f_z	63...250	63...200	40...80	80...125	400...800	320...1600
	عمق براده برداری 10...15mm	v_c	35...40	25...30	15...20	20...30	300...350	200...300
		f_z	40...63	40...63	32...63	50...63	80...360	250...1000

نمودار دور

درماشینهای ابزار اغلب باید با داشتن قطر d قطعه کار و سرعت براده برداری ممکن v_c ، دور محور n ماشین ابزار تعیین گردد . این کار را می‌توان به طور محاسباتی به کمک فرمول $v_c = \pi \cdot d \cdot n$ و یا گرافیکی و به وسیله نمودار دور یا نوموگرام انجام داد ، که غالباً روی ماشینهای ابزار با دورقابل تنظیم موجود می باشد . دور محور کار با پرش هندسی یا پیوسته قابل تنظیم می باشند .

نمودار دور با محورهای تقسیماتی لگاریتمی



مثال خواندن نمودار: $d = 100\ mm$; $v_c = 14\ \frac{m}{min}$; $n = ?$: به دست آمده $n \approx 45\ min^{-1}$

مسئله نمونه: با تیغ فرز انگشتی به قطر $d = 20mm$ قطعه کاری از جنس st60 را فرزکاری خـواهیم کـرد. اگر عمق بار $a = 3mm$ و نوع کار خشن تراشی باشد تعیین کنید:

الف- مقدار سرعت برش مجاز، اگر جنس تیغ فرز فولاد تند بر (HSS) باشد.

ب-سـرعت دوران ماشـین اگـر عـده دورانهـای قابـل تنظـیم بـر روی ماشـین 16-22-32-45-63-90-125-180-250-355-500-710 دور در هر دقیقه باشد.

ج- مقدار f_Z از جدول

د- سرعت پیشروی در صورتی که تعداد دنده تیغه فرز $Z = 6$ باشد.

پاسخ:

الف- از جدول صفحه ۳۸ سرعت برش برابر است با $Vc = 30 \frac{m}{min}$ (St60 = استحکام کششی ۶۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع است)

ب-

$$n = \frac{Vc \times 1000}{d \times \pi} = \frac{30 \times 1000}{20 \times 3.14} = 477.7 \frac{U}{mm}$$

با توجه به عده دورانهای قابل تنظیم ماشین عده دوران انتخابی $n = 500 \frac{u}{min}$ خواهد شد.

ج- مقدار f_z از جدول برابر است با $0.1mm$

توجه : مسئله مهم در فرزکاری، حفظ ضخامت متوسط براده است. اپراتور باید طوری سرعت برش و پیشروی را بهینه کند که ضخامت متوسط براده همواره در محدوده معینی قرار گیرد. این محدوده توسط شرکتهای سازنده مشخص می شود. فرمول ضخامت متوسط براده عبارت است از :

$$h_m = f_z \times \sqrt{\frac{a_e}{d}}$$

h_m ضخامت متوسط براده، f_z بار پره ای، a_e عمق بار، و d قطر تیغ فرزاست (همه به میلی متر).

یکی دیگر از مسائل مهم در فرزکاری، انتخاب ابزار با توان مصرفی متناسب با توان دستگاه فرز مورد استفاده است. شرکتهای سازنده ابزار، معمولاً توان مصرفی ابزار را در جداولی ارائه می دهند.

برای کاهش ارتعاش به هنگام فرزکاری:

۱-قطعه کار و ابزار را بطور مناسب مهار کنید.

۲-موقعیت ابزار را تغییر دهید. با این کار معمولاً ارتعاش کاهش می یابد.

۳-ابزار را کوتاه ببندید.

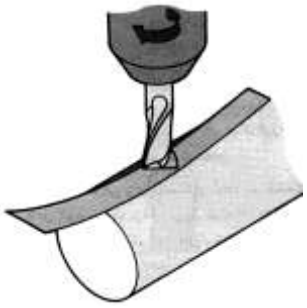
۴-سرعت برش را کاهش دهید.

۵-سرعت پیشروی را افزایش دهید.

۶-عمق براده برداری را کاهش دهید.

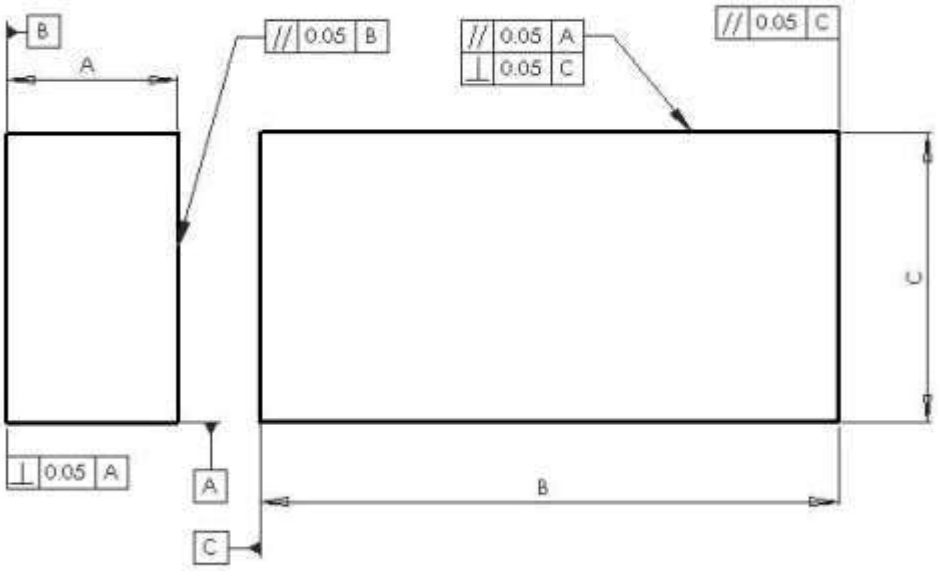
۶-۲) فرزکاری سطح تخت و پله ها

۶-۲-۱) اصول مماس کردن تیغ فرز با قطعه کار

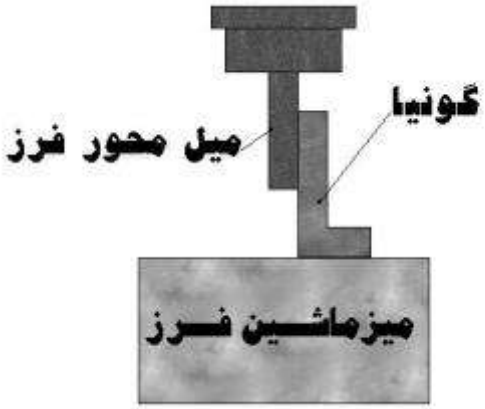
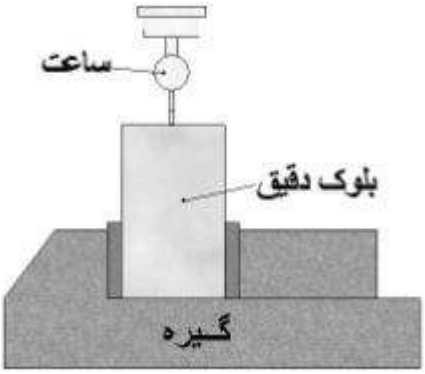
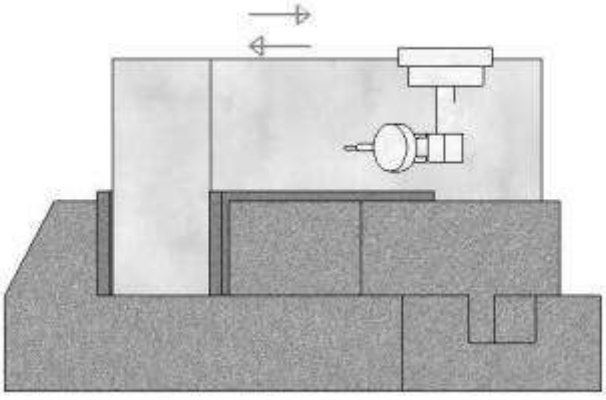
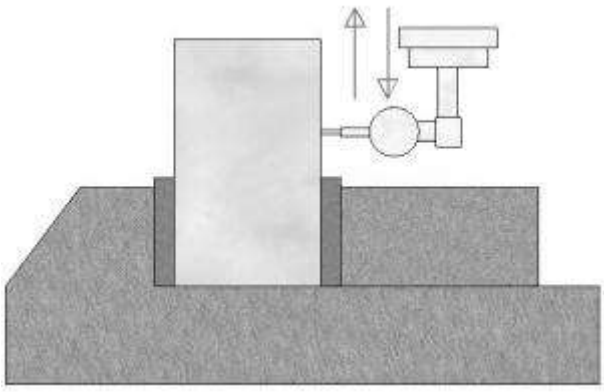


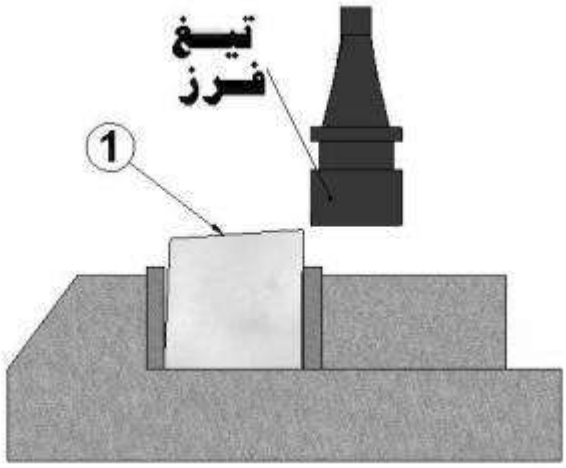
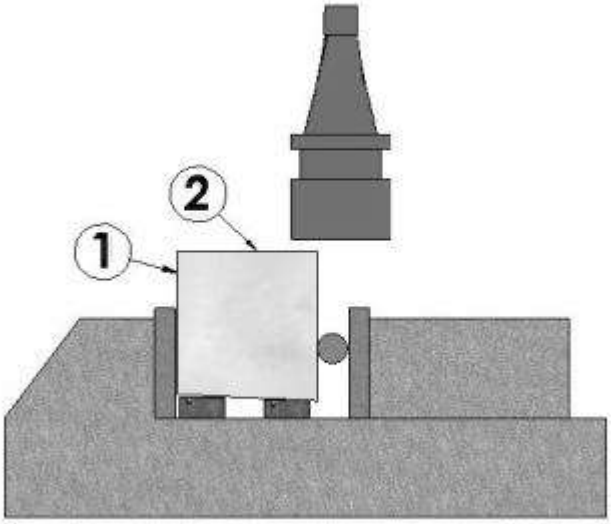
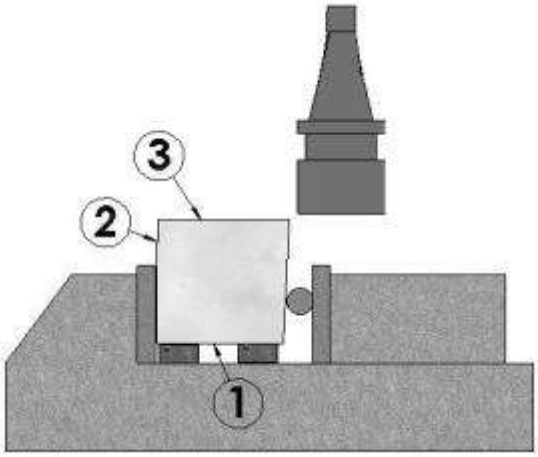
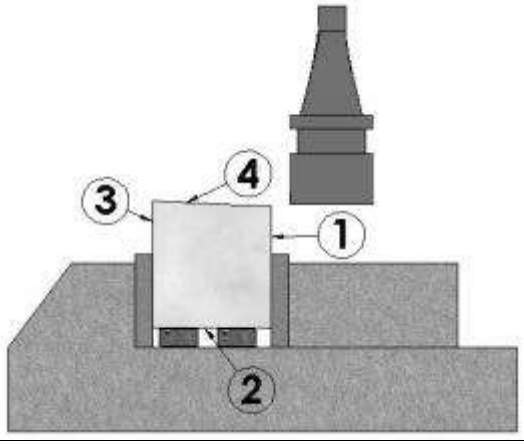
یک نوار کاغذی بلند تهیه کرده و آن را طوری بگیرید که سرآزاد آن بین تیغ فرز و قطعه کار قرار گیرد. میز را آنقدر بالا بیاورید که تیغ فرز کاغذ را از دست شما بکشد (مماس شود). ورنیه دسته میز فرز را بروی صفر تنظیم نمایید. با استفاده از نوار کاغذی می توانید تیغ فرز پولکی سه بر تراش (شیار تراش) را نیز با کنار قطعه کار مماس کنید. برای این کار از یک نوار کاغذی بلند استفاده نمایید تا بتوانید انگشتان خود را دورتر از تیغ فرز نگاهدارید. تیغ فرز یا میز را حرکت دهید تا کاغذ توسط تیغ فرز از دست شما کشیده شود.

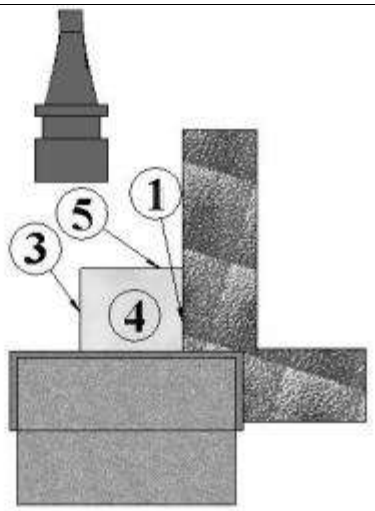
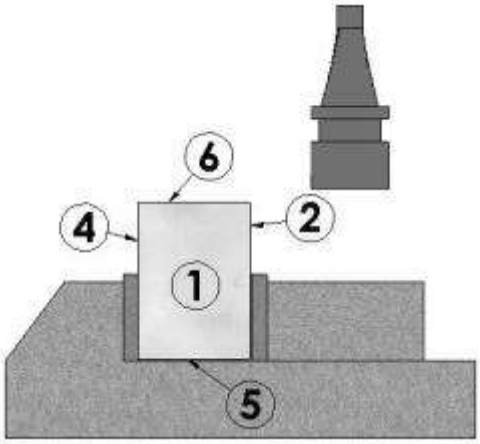
۶-۲-۲) اصول گونیا کاری قطعه کار در فرزکاری



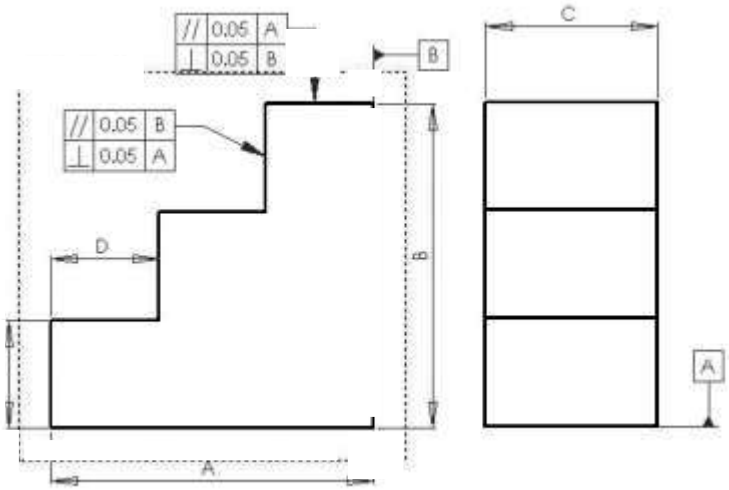
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

توضیحات مختصر	شکل	ترتیب اجرای عملیات
با استفاده از گونیا، میل محور را عمود بر میز تنظیم می کنیم. (طبق شکل)		۱
با استفاده از ساعت اندازه گیری و یک بلوک دقیق، کف گیره را ساعت می کنیم. (بررسی افقی بودن گیره)		۲
با استفاده از ساعت اندازه گیری و بلوک دقیق فک ثابت گیره را ساعت می کنیم. طبق شکل		۳
با استفاده از بلوک دقیق عمود بودن فک گیره را بررسی می کنیم. طبق شکل		۴

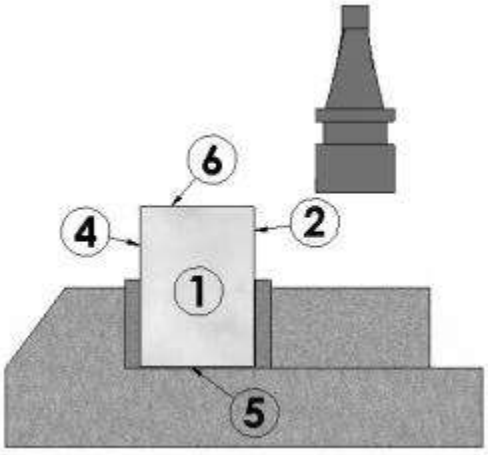
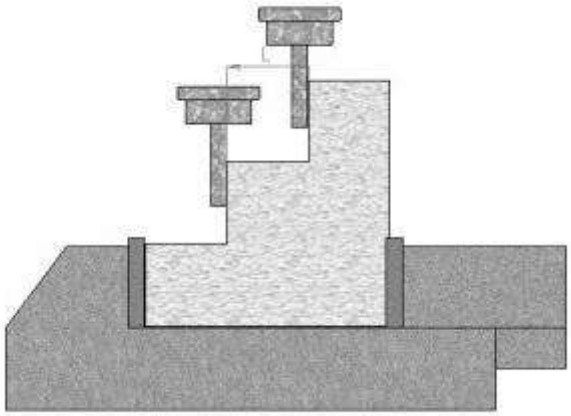
قطعه کار را به گیره بسته اولین سطح را می تراشیم.		۵
سطح تراش خورده را به فک ثابت گیره تکیه داده و بین سطح مقابل قطعه و فک متحرک گیره، میله کمکی قرار می دهیم و سطح ۲ را فرزکاری می کنیم.		۶
قطعه کار را طبق شکل به گیره می بندیم و سطح ۳ را فرزکاری می کنیم. (اول براده برداری سبک سپس اندازه کردن قطعه کار)		۷
عملیات فوق را برای فرزکاری سطح چهارم تکرار می کنیم.		۸

با استفاده از گونیا سطح ۵ را فرزکاری می کنیم. (شکل روبرو)		۹
سطح فرزکاری شده را به کف و فک های گیره بسته سطح ۶ را فرزکاری می کنیم. (طبق شکل)		۱۰

۳-۶-۲)اصول پله تراشی در فرزکاری



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

ترتیب اجرای عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		قطعه کار را به گیره بسته، گونیا کنید و به اندازه برسانید.
۲		برای فرزکاری قطعه کار پله ای، تیغ فرز را برابر با اندازه هر پله، جابجا می کنیم و عملیات فرزکاری را انجام می دهیم. (طبق شکل)

۷-۲) 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 بروی میز ماشین فرز، از برس استفاده کنید. براده ها تیز و برنده هستند نباید به آنها دست زد. هرگز از هوای فشرده 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 های آموزشی 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 عموماً 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 سوم

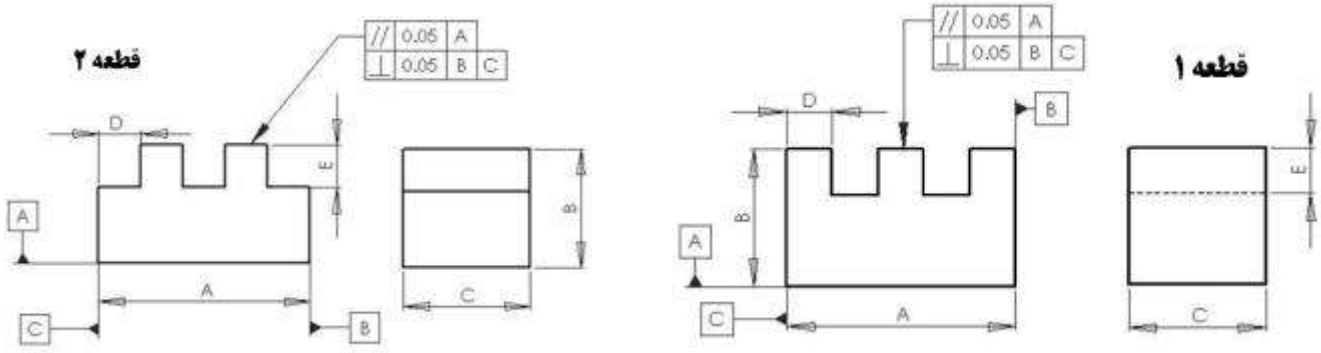
فرزکاری
شیارها

۳) فرزکاری شیارها

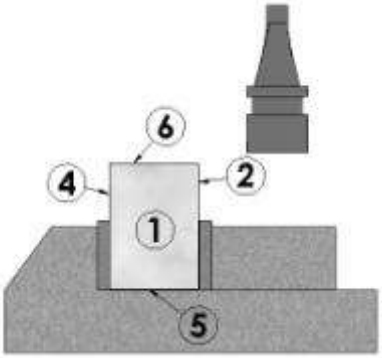
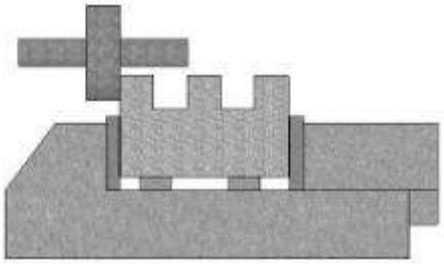
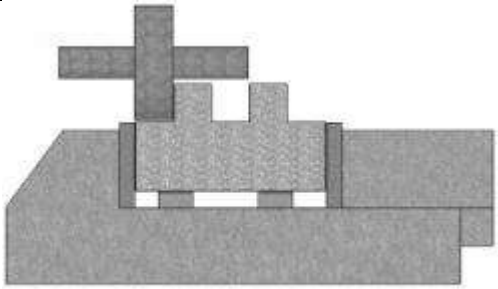
معمولاً شیارها یا برای موقعیت دهی و ساکن کردن قطعه کارمورد استفاده قرار می گیرند (مانند شیارهای T شکل میز ماشینهای ابزار یا تکیه گاههای V شکل) یا به عنوان راهنمای حرکت قطعه ها بکار می روند (مانند ریلهای راهنمای ماشین ابزار). کاربرد شیارها به عنوان راهنما در سیستمهای حرکتی مکانیکی بسیار رایج است. نکته مهم در فرزکاری شیار، توجه به هم راستایی ابتدا و انتهای آن در طول قطعه کار است. هم راستا نبودن شیار به ویژه در شیارهایی که راهنمای حرکت می باشند خطای موقعیت دهی ایجاد می نماید. بنابراین بهتر است علاوه بر تنظیم دقیق قطعه کار در گیره (به کمک ساعت اندازه گیری) در زمان ماشین کاری نیز هم راستایی شیار را بررسی نمود. همچنین تلرانس هندسی مانند تختی، توازی، تعامد و تقارن در شیار تولید شده اهمیت دارد.

۳-۱) شیار ناودانی

یکی از کاربردهای این نوع شیار، هدایت قطعه کار متحرک در مسیر مناسب است. به عنوان مثال در شکل زیر دو قطعه کار نشان داده شده را می توان بروی یکدیگر سوار کرد و یکی را موازی دیگری در راستای طول حرکت داد. در بعضی انواع گیره ها از همین شیار برای هدایت فک متحرک گیره استفاده می شود. ابزار ماشین کاری، مراحل فرزکاری، اندازه گیری، تنظیم و کاربرد این شیار ساده تر از انواع دیگر می باشد اما از آنجا که این شیارها راست گوشه هستند گوشه های آنها محل تمرکز تنش خواهد بود و در نتیجه استحکام آنها در گوشه ها کاهش می یابد. در ساخت قید و بستها می توان از این شیار برای حذف ۹ درجه آزادی حرکت استفاده نمود. در مثال شکل زیر روش فرزکاری دو قطعه کار با شیار ناودانی شرح داده شده است.



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه۱														
قطعه۲														

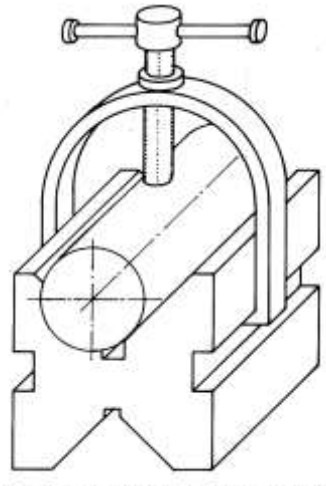
ترتیب عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		قطعه کار را به گیره بسته، گونیا کنید و به اندازه برسانید.
۲		تیغ فرز را طبق شکل روبرو با قطعه کار مماس کرده و آنرا به اندازه پله اول جابجا نموده، فرزکاری می کنیم.
۳		عملیات فرزکاری قطعه دوم را مانند قطعه اول انجام می دهیم ، شکل روبرو

۱-۱-۳)کنترل کیفیت شیار ناودانی

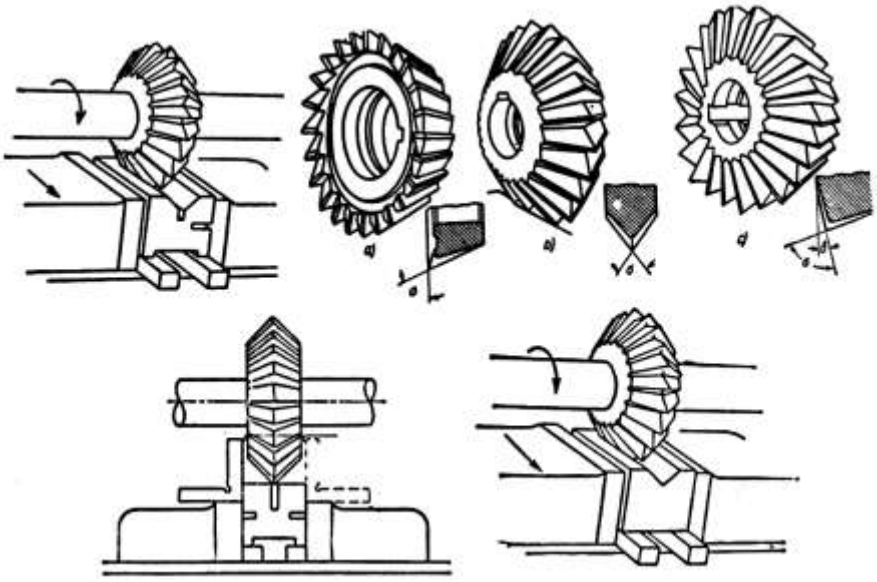
به کمک کولیس یا میکرومتر می توان ابعاد و تلرانس انطباق این شیار را به راحتی اندازه گیری و درستی آن را بررسی نمود.

۲-۳)شیار V شکل

این شیارها عموماً به عنوان تکیه گاه قطعه کارهای گرد در صنعت کاربرد دارند. در بعضی از ماشینهای اندازه گیری برای موقعیت دهی دقیق اجزاء نسبت به یکدیگر بروی تکیه گاهها شیارهای V شکل ایجاد می کنند و قطعه کارهای متحرک را با پایه های سر کروی بروی این شیارها قرار می دهند. این شیارها ۷ درجه آزادی را حذف می کنند.

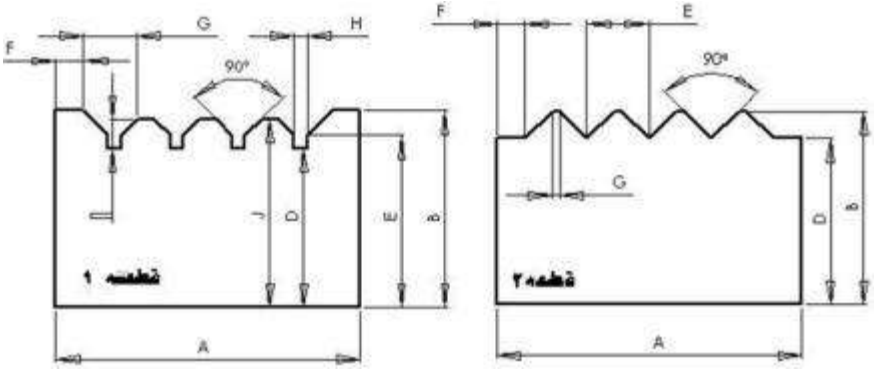

کاربرد گیره با شیار وی شکل برای بستن قطعه های گرد

برای فرزکاری این نوع شیارها عموماً از تیغ فرز زاویه تراش دو طرفه استفاده می شود. مقدار زاویه این تیغ فرزها استاندارد است اگرچه می توان آنها را با زاویه های خاص نیز سفارش داد. همانطور که در شکل زیر دیده می شود تیغ فرزهای زاویه تراش را به دو صورت یک طرفه یا دو طرفه می سازند و زاویه ای که لبه برش تحت آن زاویه سنگ خورده است بروی تیغ فرز حک می گردد.

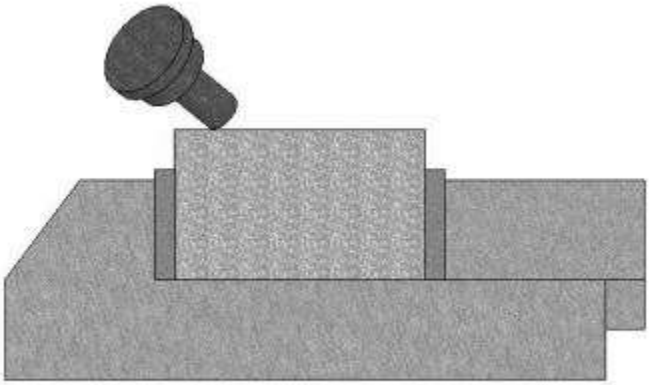
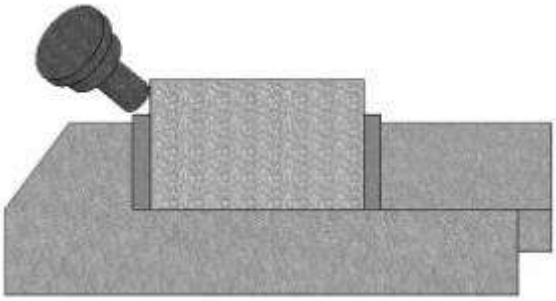
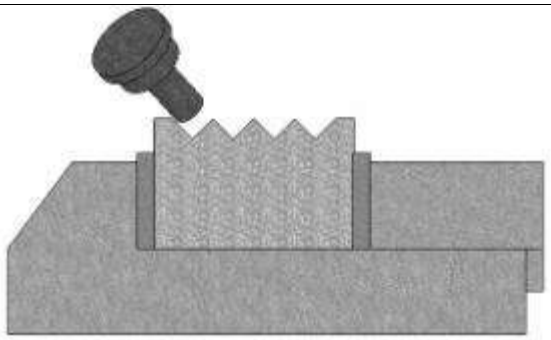
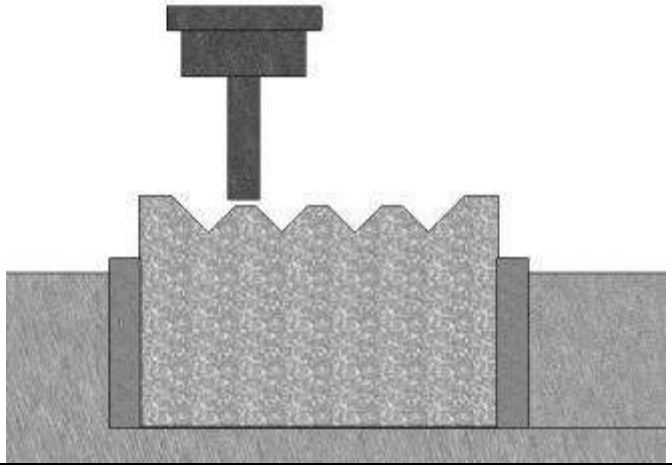


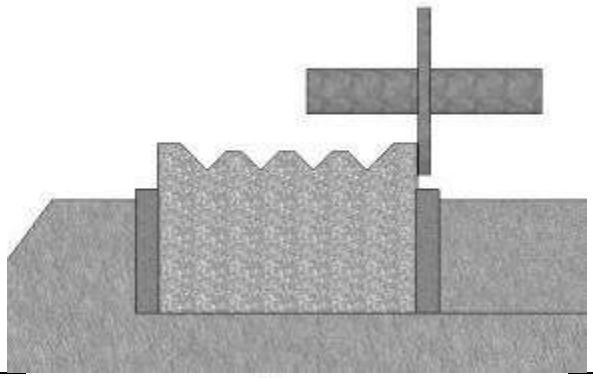
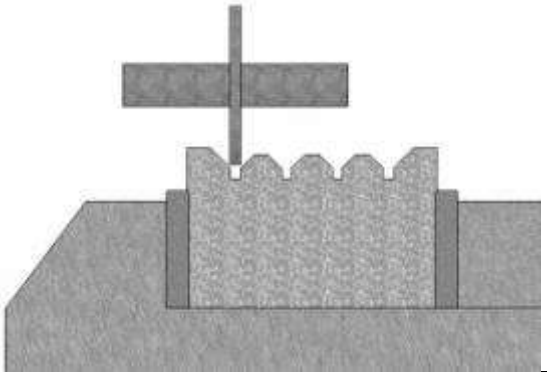
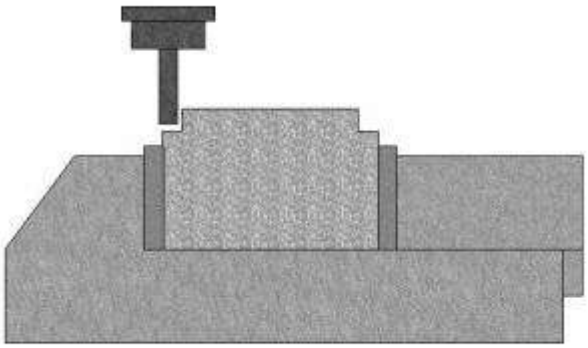
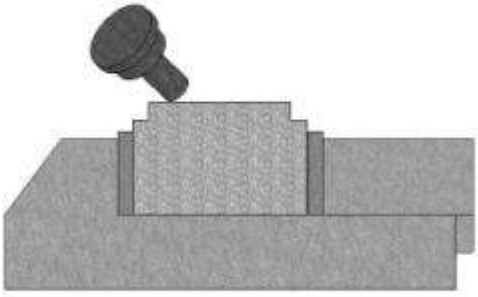
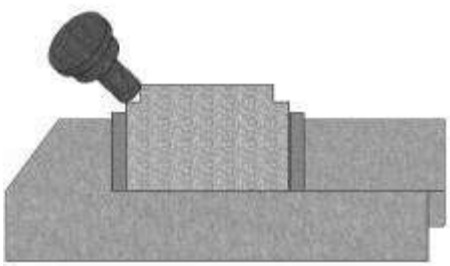
تیغ فرز زاویه تراش برای فرزکاری شیار V شکل

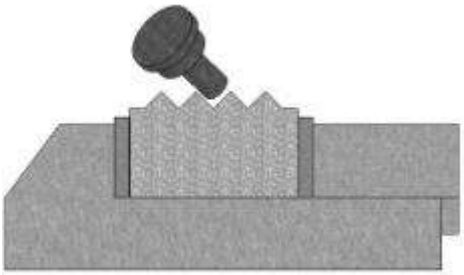
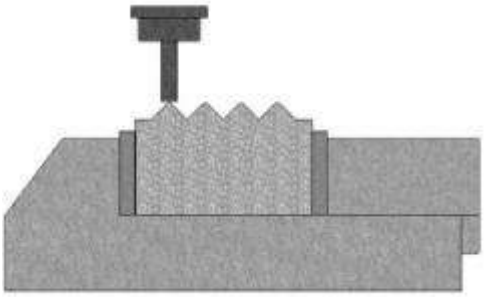
علاوه بر استفاده از تیغ فرز زاویه تراش، جهت فرزکاری شیارهای V شکل می توان از تیغ فرز انگشتی و انحراف کله گی فرز (متناسب با زاویه شیار) استفاده نمود. در مثال شکل زیر فرزکاری شیار Vشکل به کمک انحراف کله گی فرز شرح داده شده است.



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه۱														
قطعه۲														

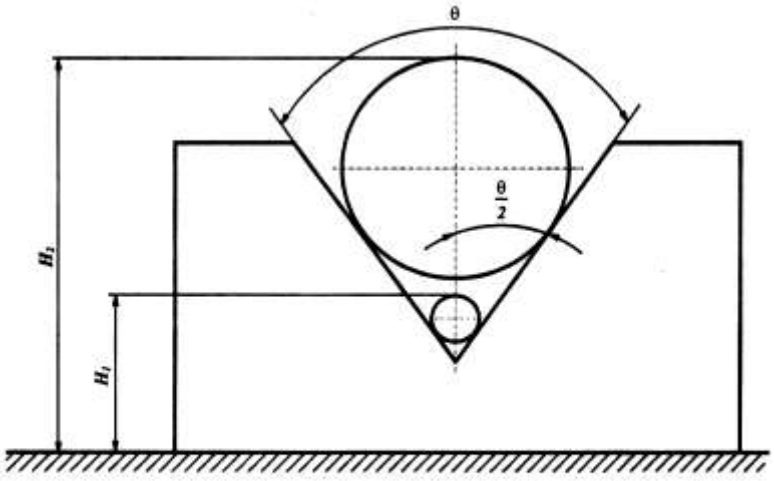
ترتیب اجرای عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		قطعه کار گونیا شده را به گیره می بندیم و به کلگی فرز زاویه ۴۵ درجه می دهیم و تیغ فرز را طبق شکل بر سطح آن مماس می کنیم.
۲		تیغ فرز را از روی قطعه کار بیرون می آوریم و ارتفاع را کامل نموده، طبق شکل تیغ فرز را بر قطعه کار مماس می کنیم.
۳		مطابق با اندازه نقشه، شیارها را فرزکاری می کنیم.
۴		پله وسط را طبق نقشه فرزکاری کرده به اندازه می رسانیم.

۵		تیغ فرز اره ای را به محور فرزکاری می بندیم و طبق شکل تیغ فرز را بر قطعه کار مماس می کنیم.
۶		طبق نقشه، تیغ فرز را جابجا و فرزکاری می کنیم.
۷		قطعه کار شماره ۲ را به گیره بسته طبق شکل پله های دو طرف را فرزکاری می کنیم.
۸		تیغ فرز را تحت زاویه ۴۵ درجه بر قطعه کار مماس می کنیم.
۹		تیغ فرز را از روی قطعه کار بیرون آورده ارتفاع را کامل می کنیم. سپس تیغ فرز را بر قطعه کار مماس می نماییم. مانند شکل

به اندازه محاسبه شده تیغ فرز را جابجا و فرزکاری می کنیم. طبق شکل		۱۰
پله وسط را طبق شکل فرزکاری کرده به اندازه می رسانیم.		۱۱

۱-۲-۳) کنترل کیفیت شیار V شکل

برای کنترل زاویه یک شیار V شکل ابتدا میله اندازه گیری کوچکی به قطر d_1 درون شیار قرار داده می شود و ارتفاع سر میله تا کف کار H_1 اندازه گیری می گردد. همین کار با میله اندازه گیری بزرگ به قطر d_2 انجام شده، ارتفاع سر میله تا کف کار H_2 اندازه گیری می گردد. زاویه شیار از فرمول زیر محاسبه می شود:



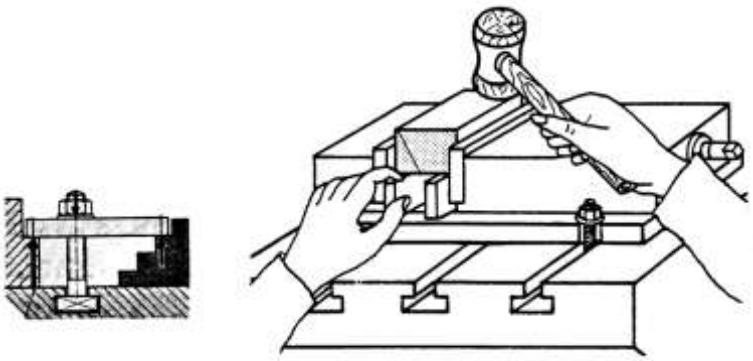
$$\sin\frac{\theta}{2}=\frac{(d_2-d_1)}{2(H_2-H_1)-(d_2-d_1)}$$

اگر ارتفاع قطعه کار H_3 باشد ارتفاع شیار (H) عبارت است از :

$$H=\frac{d_1}{2}\times\left(\frac{1}{\sin\frac{\theta}{2}}+1\right)+H_3-H_1$$

۳-۳) شیار Tشکل

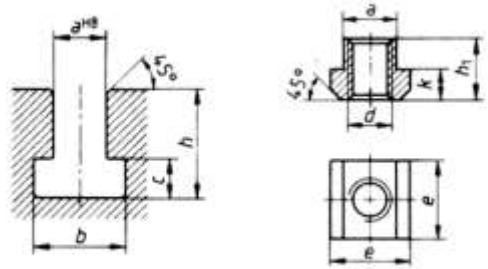
این شیارها عمدتاً برای بستن و محکم کردن قطعه کارها مورد استفاده قرار می گیرد. به این صورت که قطعه ای Tشکل درون شیار Tشکل قرار گرفته به کمک پیچ و مهره محکم می شود. این شیارها به عنوان راهنمای حرکت در سیستمهایی با کورسهای حرکتی کوتاه نیز بکار می رود. (مانند بعضی انواع گیره ها).در ساخت قید و بست به کمک این شیارها می توان ۱۰ درجه آزادی حرکت را حذف نمود.



کاربرد شیار تی شکل برای بستن گیره و رویند

در جدول زیر برابر با استاندارد ملی کشور آلمان شماره DIN 650 اندازه های استاندارد شیار و لقمه Tشکل نشان داده شده است.

شیار T - شکل ومهره شیار — مقایسه با DIN 650 (3.77) و 508 (2.79)

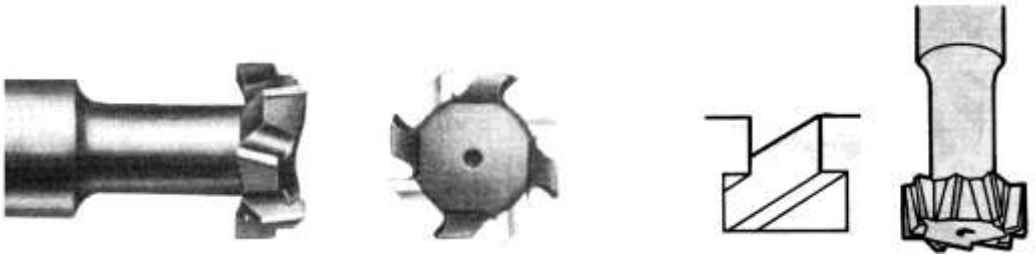


عرض	a	8	10	12	14	18	22	28	36	42
	b	14,5	16	19	23	30	37	46	56	68
	c	7	8	9	10	12	16	20	25	29
h	max.	18	21	25	28	36	45	56	71	85
	min.	15	17	20	23	30	38	48	61	74
رزوه	d	M6	M8	M10	M12	M16	M 20	M 24	M 30	M 36
	e	13	15	18	22	28	35	44	54	65
	h_1	10	12	14	16	20	28	36	44	52
	k	6	6	7	8	10	14	18	22	26

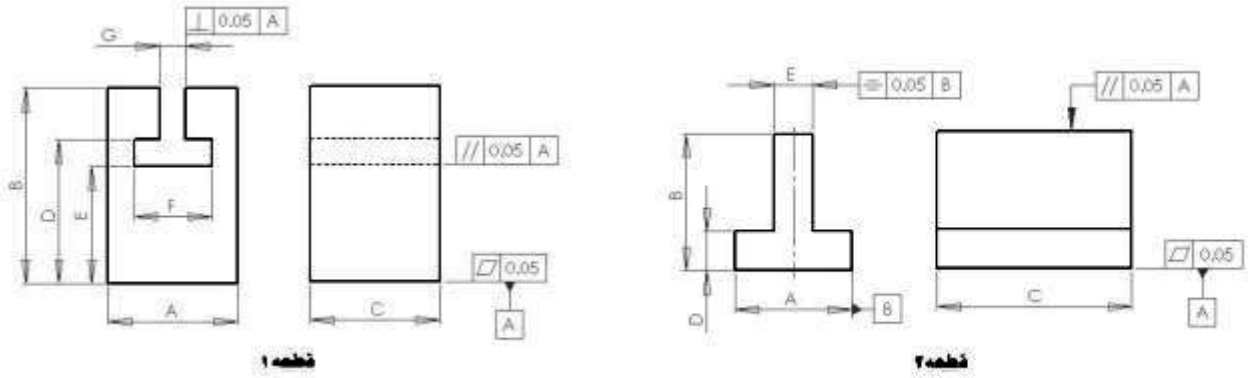
مشخصه مهره برای شیار T- شکل با d = M10 و a = 12 mm :

مهره DIN 508 – M 10 × 12

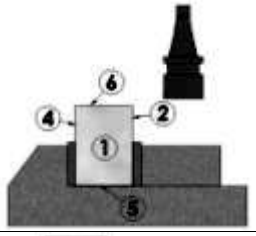
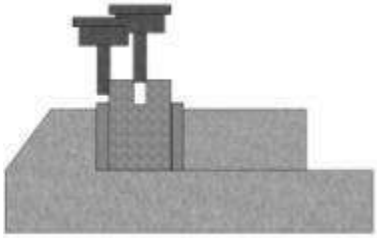
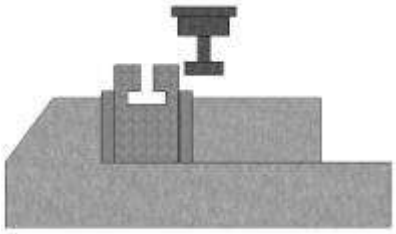
برای فرزکاری شیار Tشکل نیاز به تیغ فرز خاصی است که به تیغ فرزی چتری (T شکل) معروف می باشد. همانطور که در شکل زیر می بینید فاصله لبه برش تا دنباله تیغ فرز زیاد است تا تیغ فرز بتواند وارد شیار شده عملیات ماشین کاری را انجام دهد. از آنجا که درون شیار حین فرزکاری براده زیادی جمع می شود دندانه های این تیغ فرز را به صورت چپ و راست می سازند تا براده ها به راحتی خرد شده مانع حرکت تیغ فرز نباشند. قطر و ضخامت این تیغ فرز برای شیارهای معین استاندارد شده است.



در مثال شکل زیر روش فرزکاری یک شیار و لقمه T شکل شرح داده شده است.



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه۱														
قطعه۲														

ترتیب عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		قطعه کارها را یکی یکی به گیره بسته، گونیا کنید و به اندازه برسانید.
۲		قطعه کار شماره یک را به گیره بسته تیغ فرز انگشتی را به آن مماس نموده شیار مورد نظر را فرزکاری می کنیم.
۳		تیغ فرز انگشتی را باز کرده، تیغ فرز Tتراش را به کولت می بندیم و شیار را فرزکاری می کنیم.
۴		قطعه شماره دو را به گیره بسته و طبق شکل با محاسبه فواصل پله ها، آنها را فرزکاری می کنیم.

۱-۳-۳) کنترل کیفیت شیار T شکل

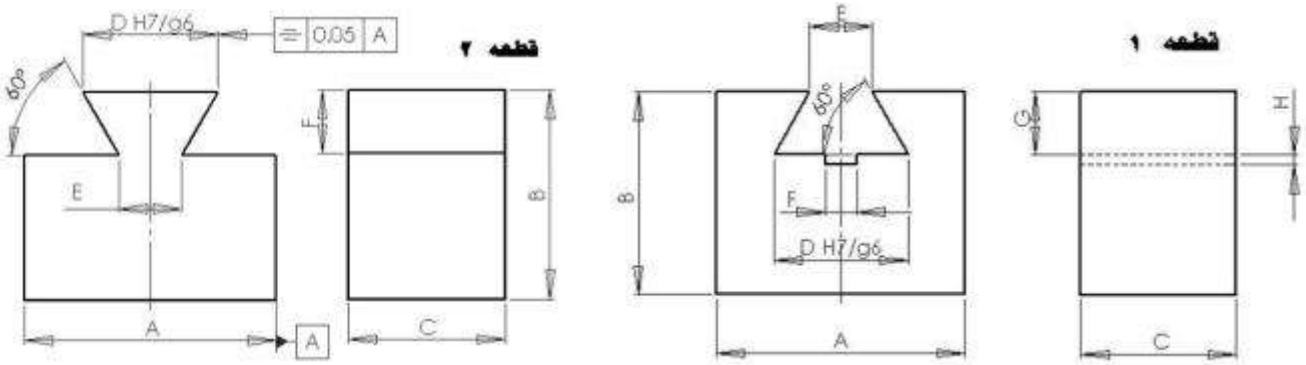
به کمک کولیس یا میکرومتر می توان ابعاد و تلرانس انطباق این شیار را به راحتی بررسی نمود.

۴-۳)شیار دم چلچله

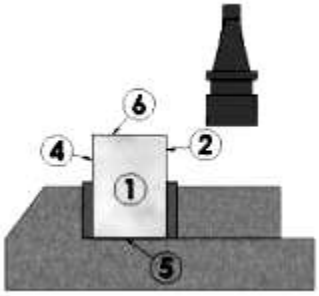
از پرکاربردترین شیارها در تولید سیستمهای حرکتی مکانیکی هستند. دقت و نرمی حرکتی که این شیارها ارائه می کنند باعث شده است که کاربرد فراوانی در ساخت انواع تجهیزاتی که در آنها قطعات بروی یکدیگر حرکت می کنند داشته باشند. استفاده از این شیارها به عنوان راهنما بسیار رایج است (مانند انواع ماشینهای ابزار). این شیار می تواند ۱۰ درجه آزدای حرکت را حذف نماید.

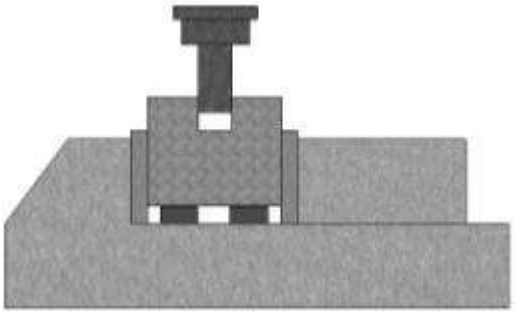
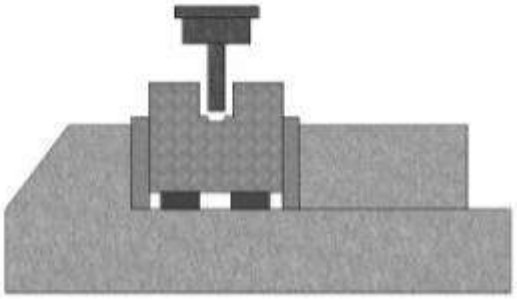
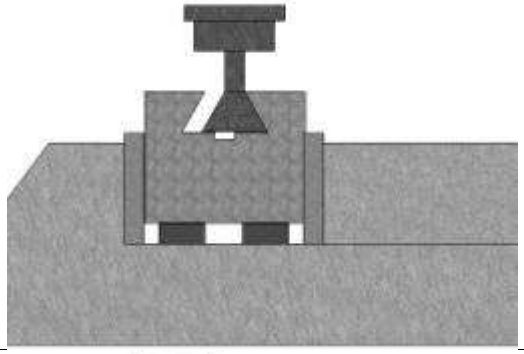
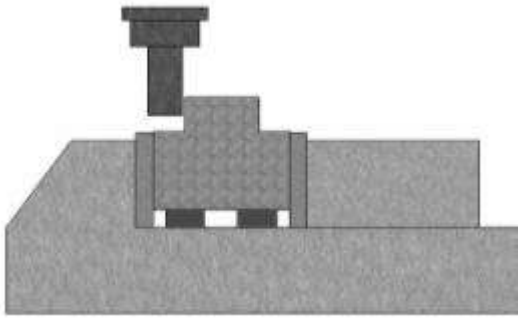
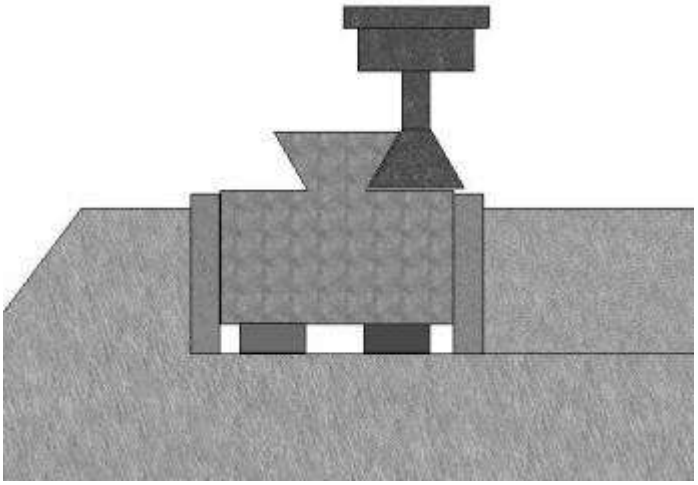
برای فرزکاری این شیار، تیغ فرز ویژه ای به نام تیغ فرز چتری زاویه دار که در ایران به تیغ فرز دم چلچله تراش معروف است نیاز می باشد. زاویه و ابعاد این تیغ فرز استاندارد شده است به عنوان مثال در شکل زیر سمت چپ بروی تیغ فرز زاویه ۶۰ درجه و عبارت H.S.S به معنی فولاد تندبر حک شده است. این تیغ فرزها با تکه های تعویضی (اینسرتها) نیز ارائه می شوند.

در مثال شکل زیر روش فرزکاری یک شیار و لقمه دم چلچله شرح داده شده است.

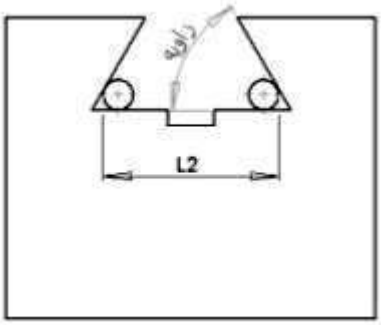


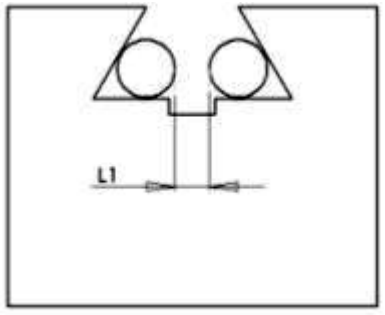
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه۱														
قطعه۲														

توضیحات مختصر	شکل	ترتیب عملیات
قطعه کار را به گیره بسته، گونیا کنید و به اندازه برسانید.		۱

قطعه کار را با استفاده از زیر سَری به گیره می بندیم و شیار مورد نظر را فرزکاری می کنیم.		۲
شیار دوم را فرزکاری می کنیم.		۳
تیغ فرز دم چلچله را به کولت فرز می بندیم و طبق شکل روبرو فرزکاری می کنیم و با استفاده از دو عدد میله کنترل، اندازه می گیریم.		۴
قطعه کار دوم را با استفاده از زیر سَری به گیره می بندیم و پله های طرفین را فرزکاری می کنیم.		۵
تیغ فرز دم چلچله را می بندیم و فرزکاری می نماییم و با دو میله کنترل، ابعاد شیار را بررسی می کنیم.		۶

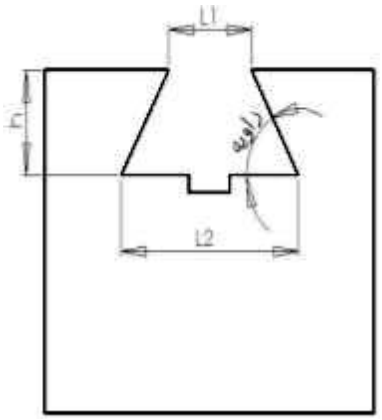
۱-۴-۳) کنترل شیار دم چلچله





شیارهای دم چلچله توسط میله های اندازه گیری و از طریق محاسبه کنترل می شوند. برای تعیین زاویه شیار دم چلچله (θ) ابتدا دو میله اندازه گیری هم قطر ($d1$) و کوچک درون شیار قرار داده فاصله پشت تا پشت آنها را اندازه گیری می نماییم ($L2$). همین کار را با دو میله دیگر که قطرهای بزرگتری دارند ($d2$) تکرار می کنیم تا $L1$ معین گردد زاویه θ از فرمول زیر محاسبه و با اندازه های نقشه (در محدوده تلرانس) مقایسه می گردد (شکلهای اول و دوم).

$$tg\frac{\theta}{2}=\frac{(d2-d1)}{(L2-L1)-(d2-d1)}$$



برای محاسبه طول قاعده بزرگ شیار نیز می توان از فرمول زیر استفاده نمود (شکل سوم) :

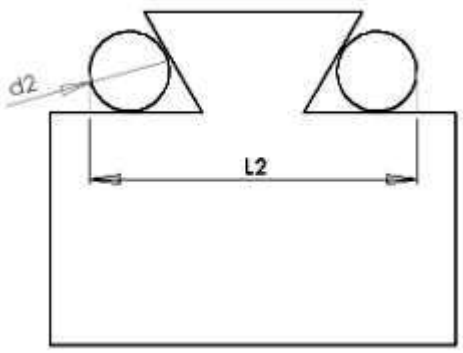
$$L2=L1+\frac{2\times h}{tg\theta}$$

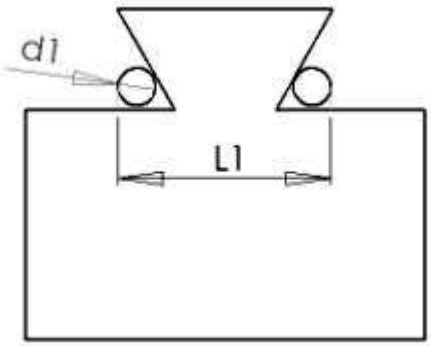
مثال: در شیار دم چلچله ای با مشخصات $L1=120mm$ و ارتفاع $h=20mm$ و زاویه دم چلچله $y=60^{o}$ مقدار $L2$ را محاسبه کنید.

حل: $$L2=L1+\frac{2\times h}{tg\theta}=120+\frac{2\times 20}{tg60}=143.096$$

این اندازه باید با اندازه نقشه (در محدوده تلرانس تعریف شده) برابر باشد.

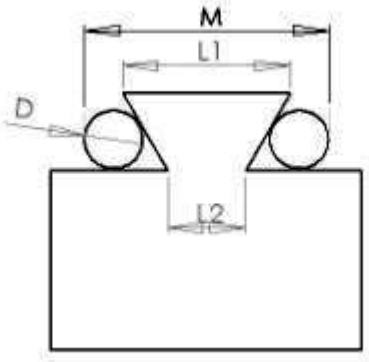
برای کنترل قطعه کارهای دم چلچله همیشه می توان قاعده بزرگ دم چلچله را با وسایل اندازه گیری اندازه گرفت اما برای اندازه گیری قاعده کوچک و زاویه دم چلچله با مشکل مواجه خواهیم بود. برای حل این مشکل از میله های اندازه گیری و فرمولهای زیر استفاده می گردد.





$$tg\frac{\theta}{2}=\frac{(d2-d1)}{(L2-L1)-(d2-d1)}$$

برای تعیین طول قاعده کوچک از این فرمول استفاده می شود :



$$L2 = M - D \times (1 + \frac{1}{tg(\frac{\theta}{2})})$$

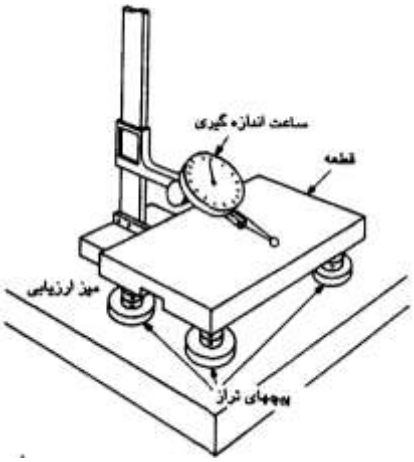
مثال: در قطعه دم چلچله ای مقدار $M = 127.32mm$ و زاویه دم چلچله ۶۰ درجه و قطر میله های کنترل استفاده شده $d = 10mm$ می باشند. طول قاعده کوچک را بدست آورید.

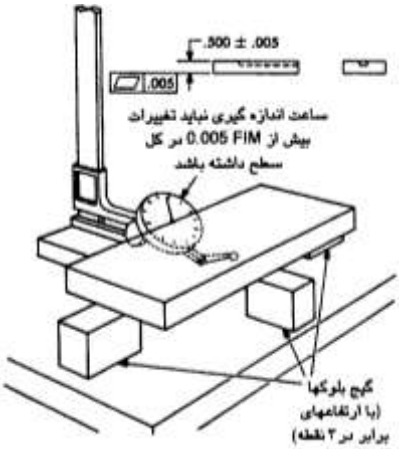
$$L2 = M - D \times (1 + \frac{1}{tg(\frac{\theta}{2})}) = 127.32 - 10 \times (1 + \frac{1}{tg30}) = 100mm$$

۳-۵) بررسی دقت هندسی قطعه کار

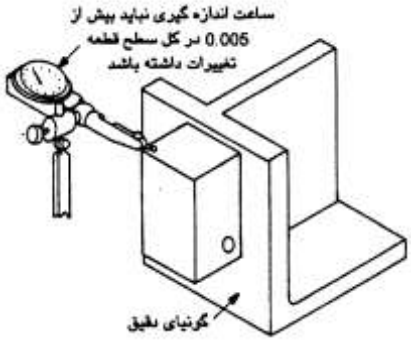
۳-۵-۱) اندازه گیری تختی

برای اندازه گیری تختی باید قطعه کار بروی سه بلوک هم اندازه قرار گیرد (این سه بلوک بروی صفحه صافی هستند) سپس به کمک ساعت اندازه گیری کل سطح مورد نظر پیمایش می شود در هیچ حالتی نباید حرکت کامل ساعت (مجموع حرکت مثبت و منفی عقربه ساعت) از عدد تلرانس تختی بیشتر گردد. تراز بودن سطح مورد بررسی دارای اهمیت زیادی است چرا که در غیر این صورت ممکن است عدم توازی سطح زیرین باعث خروج از تختی سطح مورد بررسی گردد. برای همین توصیه می شود در زیر قطعه کار به جای بلوک از پایه های پیچی استفاده شود تا کار قابل تراز کردن باشد.



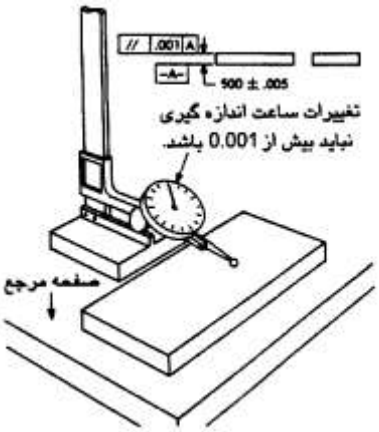


۳-۵-۲) اندازه گیری تعامد



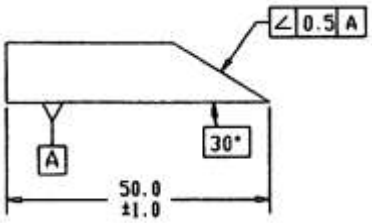
به منظور ایجاد راستای درست قطعه کار مورد بررسی، سطح مبنا بروی یک صفحه گونیایی قرار می گیرد و ساعت اندازه گیری روی سطح مورد نظر حرکت داده می شود. چنانچه در حرکت کامل ساعت روی سطح، عددی بیشتر از عدد تلرانس قرائت نگردد، قطعه کار مورد قبول می باشد.

۳-۵-۳) اندازه گیری توازی

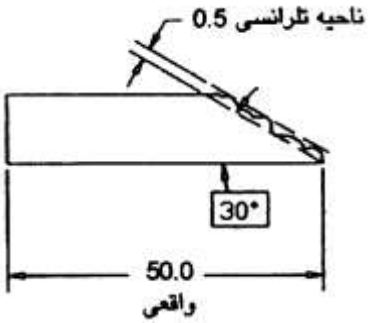


با توجه به شکل روبرو سطح مبنای A بروی صفحه صافی قرار داده می شود و سطح مورد بررسی توسط ساعت پیمایش می شود.حرکت کامل ساعت نباید بیشتر از عدد تلرانس هندسی باشد.

۳-۵-۴) زاویه دار بودن

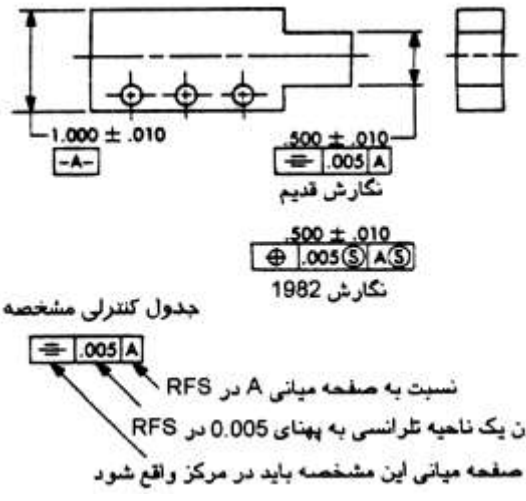


در مثال روبرو سطح مورد نظر باید در محدوده تلرانسی به ضخامت ۰/۵ میلی متر قرار گیرد به این صورت که از بالاترین نقطه سطح کار، صفحه ای موازی صفحه مورد بررسی رسم شده و صفحه دوم (داخلی) به فاصله اندازه تلرانس (در اینجا ۰/۵ میلی متر) موازی با صفحه اول رسم می گردد. سطح واقعی باید در این محدوده (بین دو صفحه ۱ و ۲) قرار گیرد تا



تلرانس زاویه دار بودن رعایت شده باشد. این تلرانس مستقل از اندازه زاویه است. برای اندازه گیری این تلرانس، قطعه کار از سطح مبنا بروی صفحه صافی قرار می گیرد. سپس با ساعت اندازه گیری تمام سطح مورد نظر پیمایش می شود. مقدار حرکت کامل ساعت نباید بیشتر از مقدار تلرانس هندسی زاویه دار بودن باشد.

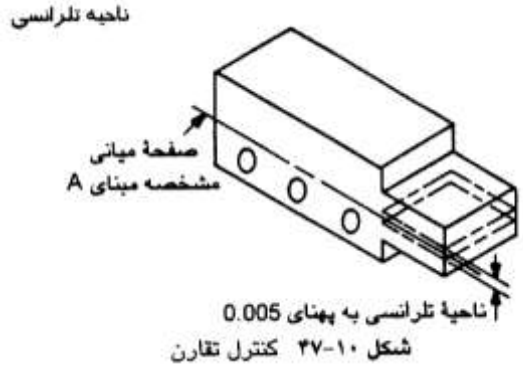
۳-۵-۵) تلرانس تقارن



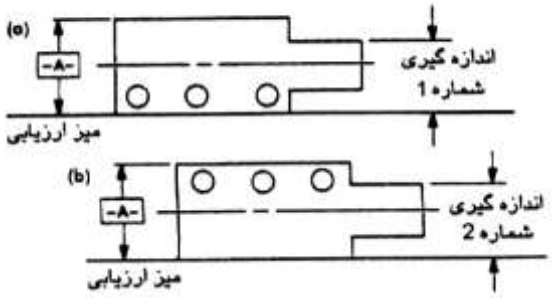
ناحیه تلرانسی، یک ناحیه متقارن در دو طرف محور تقارن سطح مبنا است. محور تقارن سطح مورد بررسی باید درون این ناحیه تلرانسی قرار گیرد. به عنوان مثال در شکل روبرو محور تقارن جزء مورد بررسی می تواند حداکثر ۰/۰۰۵ میلی متر به طرفین انحراف داشته باشد.

در شکل زیر نحوه اندازه گیری تقارن نشان داده شده است. برای این کار، قطعه کار باید بروی صفحه صافی قرار

گیرد. اگر سطح مبنا، موازی نباشد باید زیر قطعه کار با زیرسری پر شود تا سطح مبنا موازی صفحه صافی قرار گیرد. سپس فاصله صفحه صافی تا صفحه بالایی، اندازه گیری و مقدار حداکثر آن ثبت می شود. برای اینکه طرف دیگر سطح مبنا روی سطح میز قرار گیرد، قطعه کار را مانند تصویرb بچرخانید. مجدداً باید حداکثر فاصله از صفحه صافی تا صفحه بالایی اندازه گیری و ثبت شود. اختلاف بین دو مقدار ثبت شده مقایسه می گردد. اگر این اختلاف از مقدار تلرانس مجاز تجاوز نکند، تقارن قطعه کار مورد قبول است.



شکل ۱۰-۴۷ کنترل تقارن



بخش چهارم

فرزکاری
جای خار

۴) فرزکاری جای خار

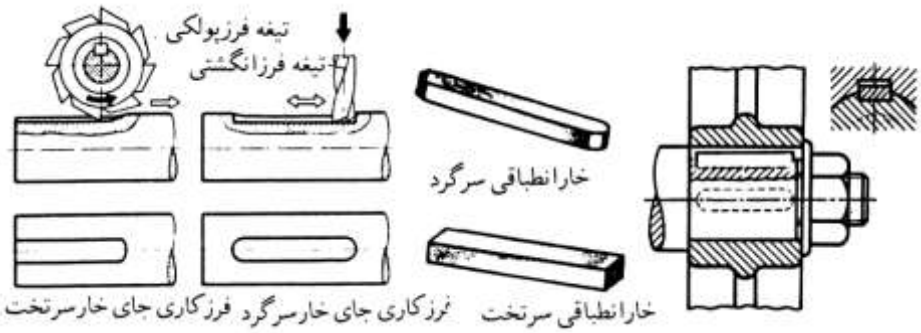
۴-۱) خار، جای خار و کاربرد آنها

خارها برای ایجاد اتصال موقت بین محورها و قطعه کارهایی که روی آنها سوار می شوند کاربرد دارند و انتقال حرکت و نیروی گردشی را از یک قطعه به قطعه دیگر امکان پذیر می سازند خارها فقط وظیفه همراه بـری را به عهده دارند. جنس خارها باید محکم تر از جنس قطعات در حال حرکت باشد به همین دلیل آنها را معمولاً از فولاد انتخاب می کنند. ابعاد خارها را برحسب قطر محوری که بروی آن سوار می شوند اسـتاندارد کـرده اند. از خارها زمانی استفاده می شود که حرکت همراه بری قطعات باید نسبت به محـور دوران بـدون لنگـی باشد و یا ضمن انتقال حرکت دورانی،حرکت طولی قطعه سوارشده نسبت به محور مورد نظر باشد.

خار معمولاً در داخل شیاری که به همین منظور بین فصل مشترک محور و قطعه کار سـوار شـده بـروی آن ایجاد شده است (جای خار) قرار می گیرد. خار باید در داخل شیار محور بدون لقی باشد اما با شیار قطعه کار سوارشده به میزان ۰/۲ تا ۰/۳ میلی متر لقی داشته باشد.

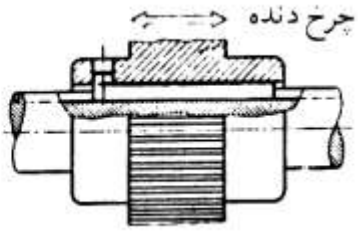
۴-۲)انواع خار و جای خار آنها

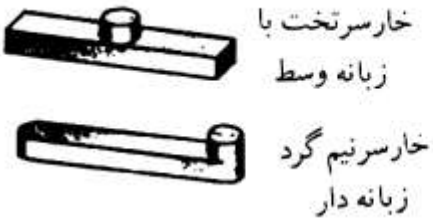
الف)خار انطباقی: این خار درون جای خار با کمی سفتی جازده می شود و فقط از بالا دارای لقی مـی باشـد. طول آنها کوتاهتر از شیار روی قطعه سوار شونده است و باید از حرکت طولی قطعه کار سوار شونده در روی محور به کمک پیچ و مهره جلوگیری نمود.



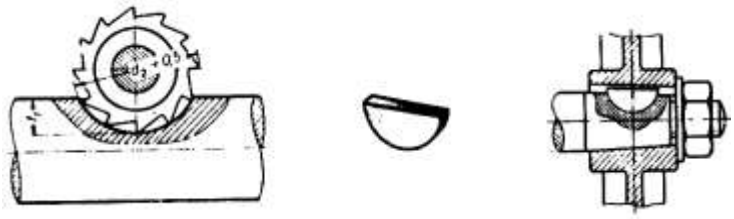
ب)خار لغزشی: از این خارها در دستگاههای انتقـال حرکـت و تغییـر دور اسـتفاده مـی کننـد کـه قطعـه سوارشونده باید در امتداد محور، حرکت طولی داشته باشد (مانندچرخ دنده هـای تعویضـی، قسـمت هـای متحرک کلاچ و غیره). برای جلوگیری از حرکت ناخواسته اینگونه خارها معمولاً آنها را به کمک پیچ به محور محکم می کنند در بعضی از خارهای لغزشی، سوراخ قلاویز شده ای جهت خارج کردن خـار از داخـل شـیار محور در نظر گرفته می شود.

ج)خار زبانه دار : این خار با جای خار مقدار کمی لقی دارد. در داخل جای خار قطعه سوار شونده با کمی سفتی جازده می شود و به وسیله زبانه ای که بروی آن وجود دارد میتواند حرکت طولی قطعه کار سوارشونده را نیز به همراه خود امکان پذیر سازد.





د)خار ماهکی (ناخنی یا پولکی): مورد استفاده این نوع خار در محورهای مخروطی است و از آنها می توان فقط در انتقال نیروهای کم استفاده نمود. ماشینکاری جای خارآنها ساده تر از شیارهای طولی میباشد، این خارها در اثر تماس با شیار داخل قطعه کار سوارشونده خود بخود می لغزند و بر آن منطبق میشوند.

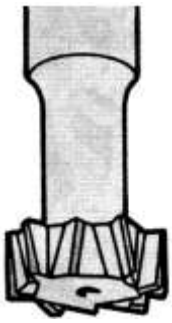


۳-۴) تیغ فرزهای ماشین کاری جای خار

الف)تیغ فرزهای پولکی و انگشتی دو لبه

تیغ فرزهای دو لبه معمولاً دارای دو یا سه لبه برنده هستند و از آنها برای فرزکاری شکافها و شیارهای عمیق و جای خارها در فرزکاری عمودی استفاده می گردد. تیغ فرزهای شکاف یا شیار تراش نیز از تیغ فرزهای سوراخدار هستند که در عملیات جای خار تراشی افقی بکار میروند.

ب)تیغ فرز چتری مخصوص تراشیدن جای خار گرد



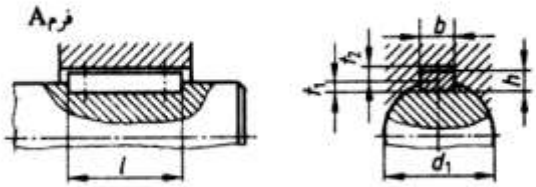
همانطور که در شکل زیر می بینید این تیغ فرز بسیار شبیه تیغ فرز چتری یا T است. تیغ فرز T شکل (سمت چپ) برای فرزکاری شیارهای T شکل مورد استفاده قرار می گیرد. برای ورود به شیار فاصله لبه های برش از دنباله زیاد است و لبه های برش آن به شکل چپ و راست ساخته می شوند.

در تیغ فرز چتری مخصوص فرزکاری جای خار ماهکی (سمت راست) بین لبه های برش و دنباله فاصله چندانی وجود ندارد و دندانه ها به صورت مستقیم ساخته می شوند. قطر این نوع تیغ فرز متناسب با ابعاد خار ماهکی استاندارد شده است.

در جدولهای زیر ابعاد خار انطباقی و ماهکی بر اساس استاندارد ملی آلمان DIN 6888 دیده می شود.

خارهای تخت (نوع بلند) ، جای خارها

مقایسه با DIN 6885 T1 (8.68)



فرم A ، با انتهای جای خار قوسی شکل
فرم B ، با انتهای جای خار تخت

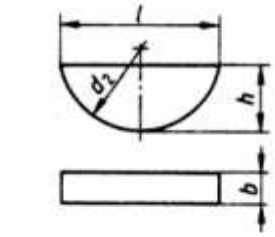
تلرانس جای خار		
b عرض جای خار محور	نشیمن محکم	P 9
	نشیمن آزاد	N 9
b عرض جای خار توپی	نشیمن محکم	P 9
	نشیمن آزاد	JS 9
t_1 عمق جای خار محور	تلرانس مجاز	+ 0,1...0,2
t_2 عمق جای خار توپی	تلرانس مجاز	+ 0,1...0,2

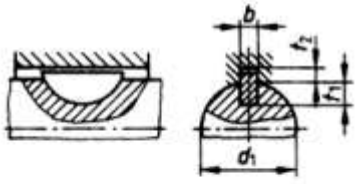
از d_1	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110
تا	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18
t_1	1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11
t_2	1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4
از l	6	6	8	10	14	18	20	28	36	45	50	56	63	70	80	90
تا	20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360
طول l نامی	6,8,10,12,14,16,18,20,22,25,28,32,36,40,45,50,56,63,70,80,90,100,110,125,140,160,180 200, 220, 250, 280, 320mm															

مشخصه خار تخت فرم A , b =12 mm , l =56 mm : DIN 6885 - A 12 × 8 × 56 خار تخت

خار ناخنی

مقایسه با DIN 6888 (8.56)





از d_1	8				10			12			17		
تا	10				12			17			22		
b h9	2,5	3			4			5			6		
h h12	3,7	3,7	5	6,5	5	6,5	7,5	6,5	7,5	9	7,5	9	11
d_2	10	10	13	16	13	16	19	16	19	22	19	22	28
t_1	2,9	2,5	3,8	5,3	3,5	5	6	4,5	5,5	7	5,1	6,6	8,6
t_2	1	1,4			1,7			2,2			2,6		

تلرانس محور			تلرانس توپی		
تلرانس	اندازه	نوع نشیمن	تلرانس	اندازه	نوع نشیمن
P9 (P8) (2	b	نشیمن ثابت	P9 (P8) (2	b	نشیمن ثابت
N9(N8) (2	b	نشیمن آزاد	J9 (J8) (2	b	نشیمن آزاد
+0,1...+0,2	t_1	—	+0,1	t_2	—

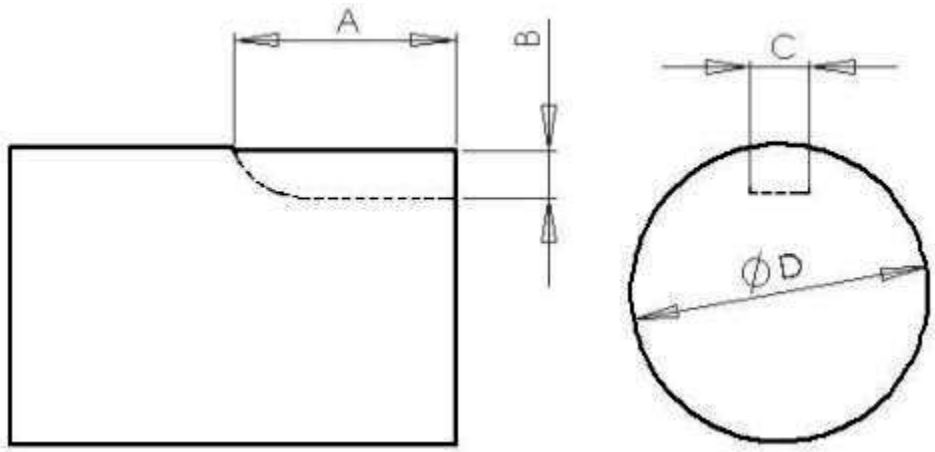
(2 درجای خارهای خان کشی شده

مشخصه خار ناخنی با b = 6 mm و h = 9 mm :

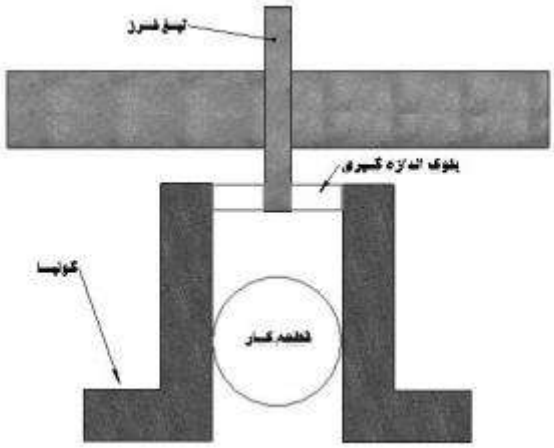
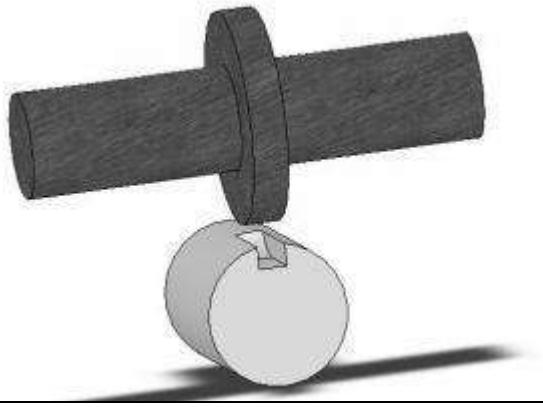
DIN 6888 - 6 × 9 خارناخنی

۴-۴)فرزکاری جای خار

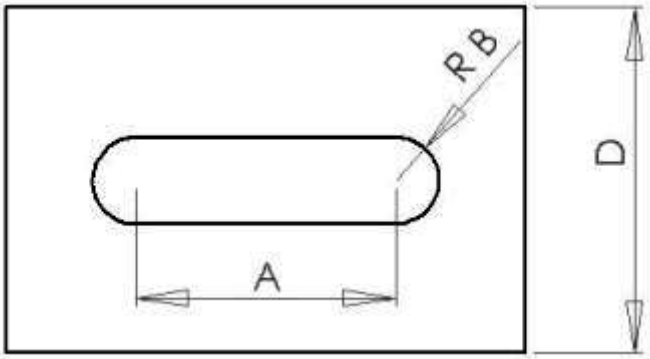
۴-۴-۱) اصول فرزکاری جای خار انطباقی سرتخت



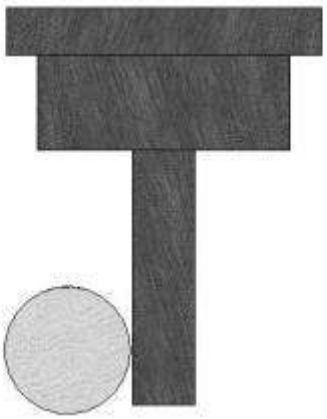
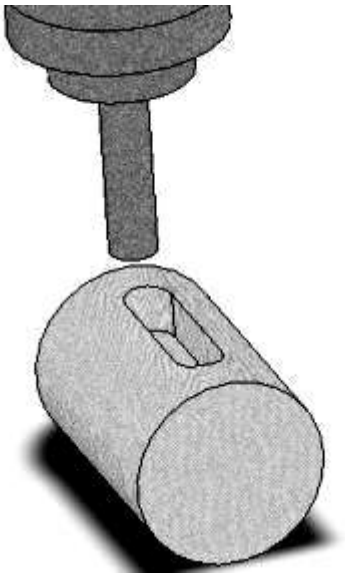
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

توضیحات مختصر	شکل	ترتیب عملیات
با استفاده از گونیا و بلوک اندازه گیری، تیغ فرز را با قطعه کار هم مرکز می کنیم.		۱
تیغ فرز را جابجا کرده عملیات فرزکاری جای خار را انجام می دهیم.		۲

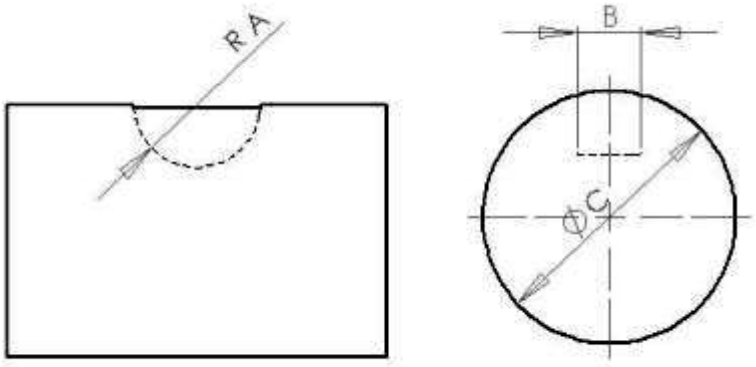
۲-۴-۴) اصول فرزکاری جای خار انطباقی سر گرد



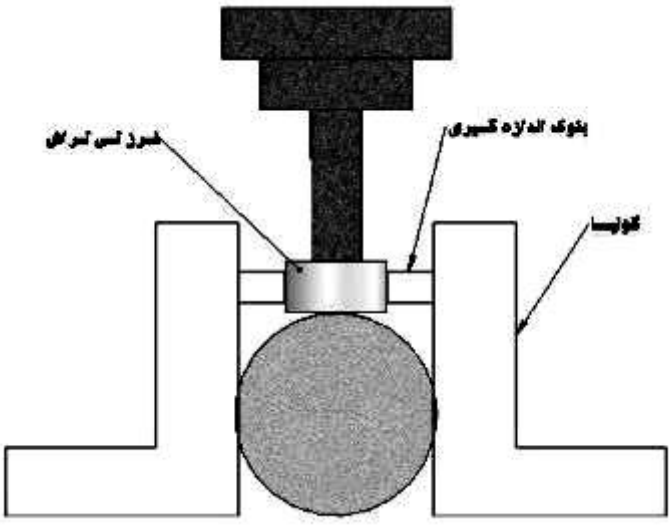
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

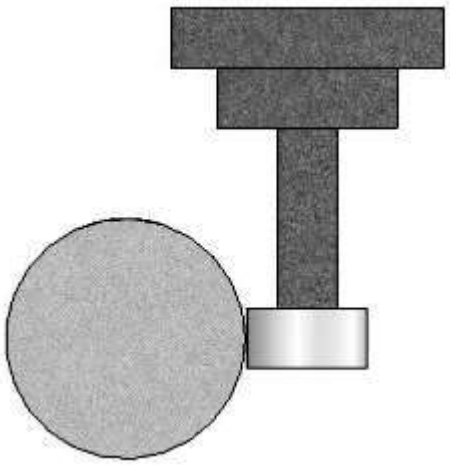
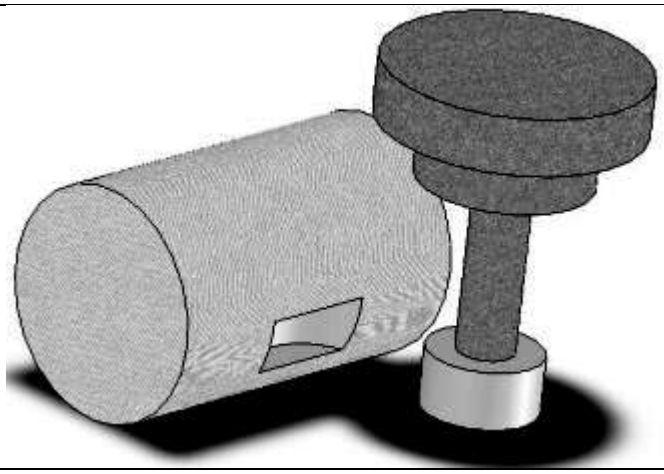
ترتیب عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		تیغ فرز را با استفاده از یک تکه کاغذ با قطعه کار مماس کرده، آنها را هم مرکز می نماییم.
۲		با استفاده از تیغ فرز انگشتی و اندازه نقشه، جای خار را فرزکاری می کنیم.

۳-۴-۴) اصول فرزکاری جای خار ماهکی



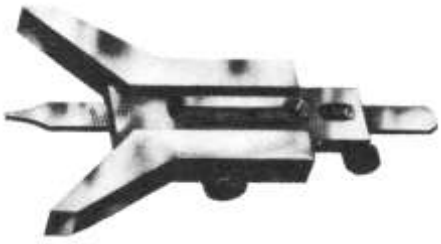
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

توضیحات مختصر	شکل	ترتیب عملیات
تیغ فرز را بروی سطح فوقانی قطعه کار مماس کنید.		۱
با استفاده از دو عدد گونیا و بلوک اندازه گیری تیغ فرز را با قطعه کار هم مرکز می کنیم.		۲

تیغ فرز را در راستای افقی به میزان مجموع شعاع قطعه کار و تیغ فرز و در راستای عمودی به میزان مجموع شعاع قطعه کار و نصف عرض تیغ فرز جابجا کنید تا با کنار قطعه کار مماس گردد.		۳
به تیغ فرز برابر عمق جای خار ماهکی، بار دهید تا عملیات فرزکاری جای خار انجام شود.		۴

۵-۴) اصول کنترل کیفیت جای خار

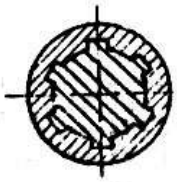
قبل از اندازه گیری جای خار درون آنرا به خوبی تمیز کنید. بهتر است هنگام اندازه گیری، قطعه کار بروی پایه های نگاهدارنده (Stand) ثابت شود. برای اندازه گیری عمق جای خار بروی محورها از کولیس اندازه گیر عمق جای خار استفاده میگردد. این کولیس دارای دو بازوی تکیه گاهی است که بروی قطعه کار مماس می شود و فک متحرک آن به سادگی درون جای خار قرار می گیرد.



کولیس اندازه گیری عمق جای خار

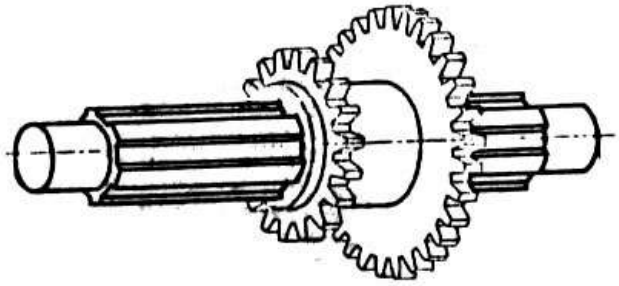
برای اندازه گیری طول و عرض خار از کولیس یا میکرومتر مناسب استفاده نمایید. چنانچه یک سر جای خار باز بود بهتر است یک بلوک اندازه گیری به سر باز قطعه کار مماس کنیم تا مبنای اندازه گیری محسوب گردد.

۶-۴)فرزکاری هزارخار



محورخاردار(هزارخار)

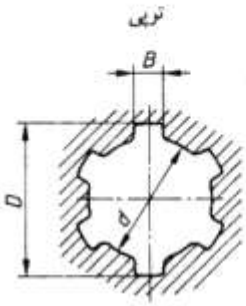
از اتصالات دیگری که به گروه خارها تعلق دارد می توان **محور هزار خار** را مثـال زد. بدیهی است که قسمت داخلی قطعه سوارشونده بروی این محور بایـد فرمـی متناسب با شکل محور داشته باشد. از این محورها در مواردی که **نیروی انتقـالی زیاد** است و **دوربودن قطعه کارها** نسبت به محور دوران موردنظر باشد و همچنین در مواردی که **جهت حرکت بطور متناوب تغییر کند** استفاده مـی شـود. حُسْـن دیگر اینگونه محورها **استحکام** آنها و **عدم نیاز به استفاده از قطعه اتصال دهنده** دیگر می باشد. از جمله کاربردهای هزار خار (محور خاردار) زمانی است که **قطعه های لغزان** مانند چرخدنده ها **بروی یک محور مانند کشویی می لغزند**.

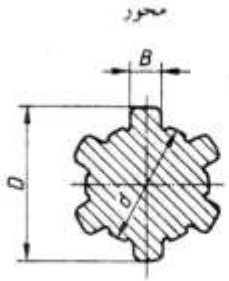


در جدول زیر ابعاد هزار خار بر اساس استاندارد **DIN ISO 14** دیده می شود.

اتصالات هزارخاری

اتصال هزارخاری با جناح تخت — مقایسه با DIN ISO 14 (12.86)





d	سری سبک N	سری سبک D	سری سبک B	سری سنگین N	سری سنگین D	سری سنگین B
21	–	–	–	6	25	5
23	6	26	6	6	28	6
26	6	30	6	6	32	6
28	6	32	7	6	34	7
32	8	36	6	8	38	6
36	8	40	7	8	42	7
42	8	46	8	8	48	8
46	8	50	9	8	54	9
52	8	58	10	8	60	10
56	8	62	10	8	65	10
62	8	68	12	8	72	12
72	10	78	12	10	82	12
82	10	88	12	10	92	12
92	10	98	14	10	102	14
102	10	108	16	10	112	16
112	10	120	18	10	125	18

ترانس توپی

بعد ازخان کشی

با عملیات حرارتی d	با عملیات حرارتی D	با عملیات حرارتی B	بدون عملیات حرارتی d	بدون عملیات حرارتی D	بدون عملیات حرارتی B
H7	H10	H11	H 7	H10	H 9

ترانس محور

نوع نشیمن	d	D	B
نشیمن لغزشی	f7	a11	d10
نشیمن جذب	g7	a11	f 9
نشیمن ثابت	h7	a11	h10

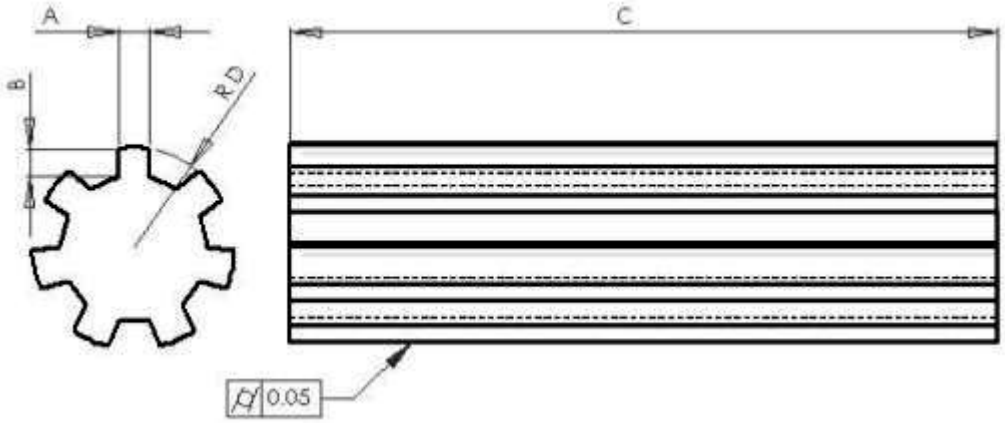
$N^{(1)}$ تعداد خار

مشخصه پروفیل محور وتوپی هزارخار باتعداد خار N=6 ، قطرداخلی d=23mm وقطرخارجی D = 26mm :

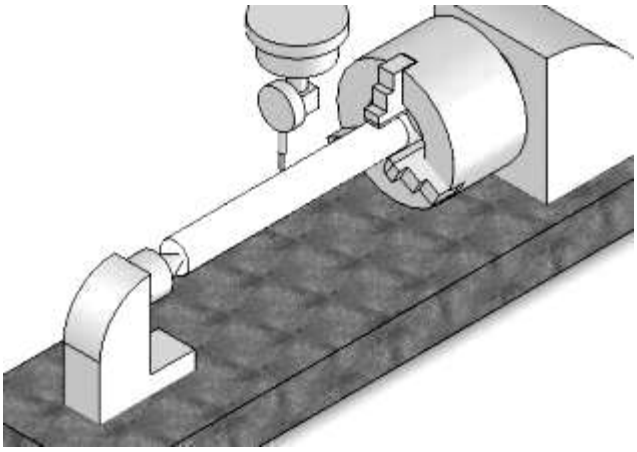
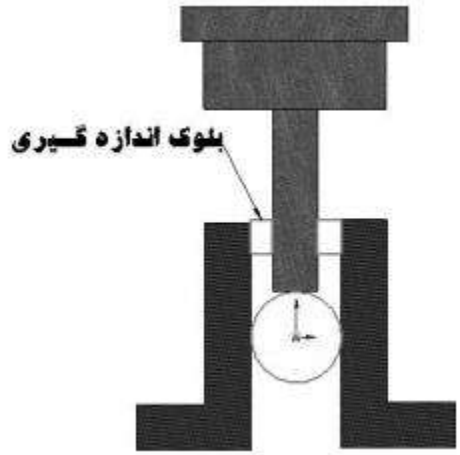
6×23×26 (باتوپی) محور

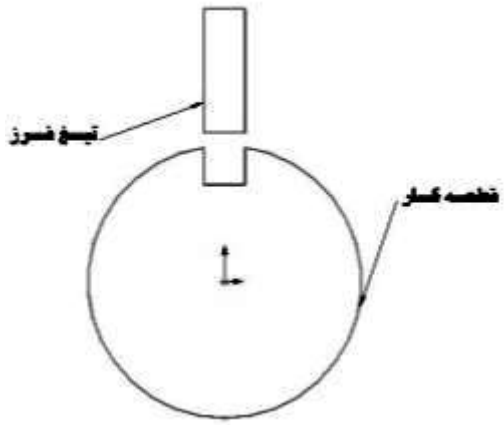
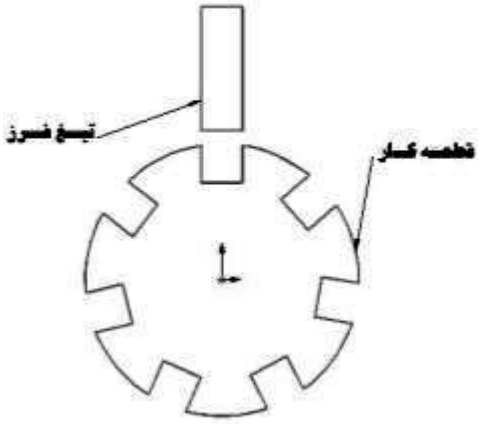
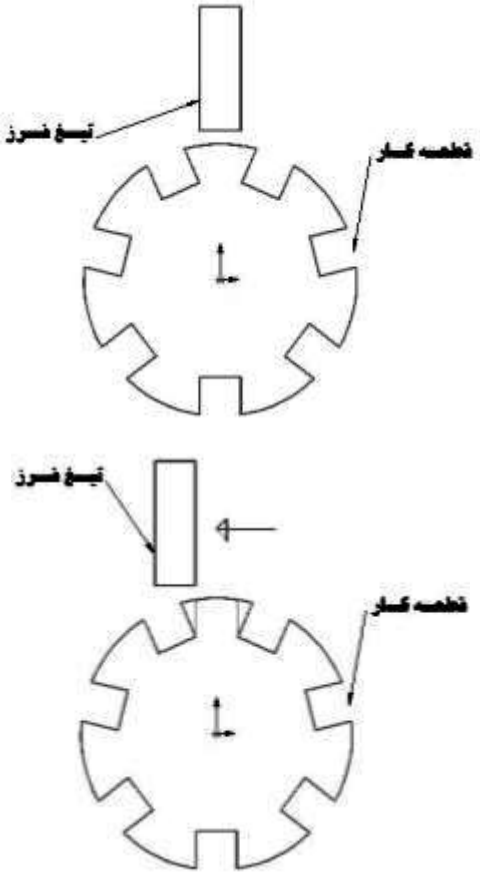
۱-۶-۴)اصول فرزکاری محورهای هزار خار

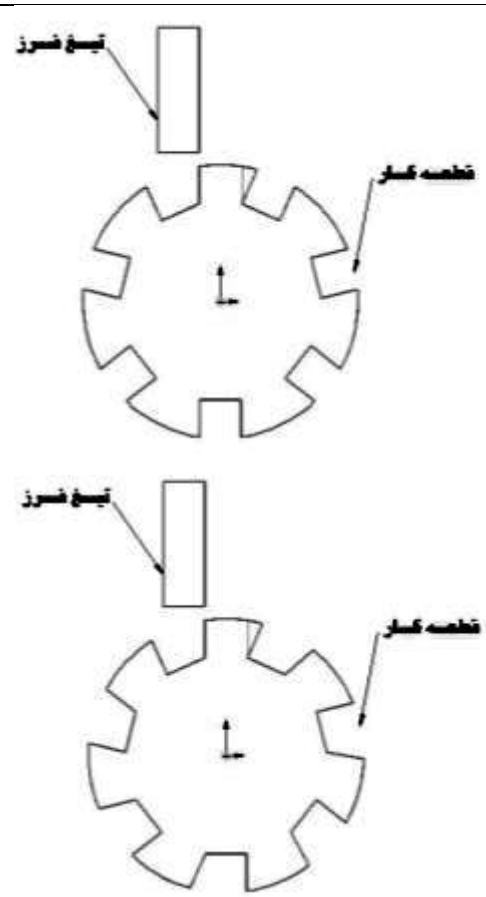
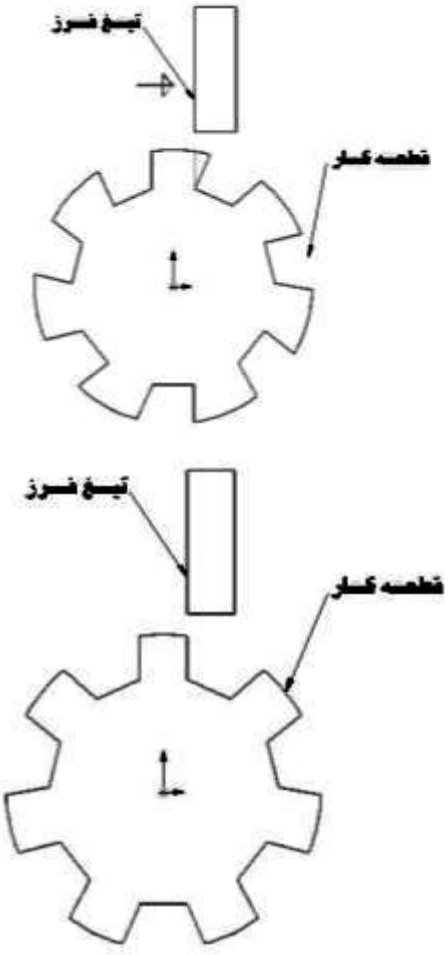
برای فرزکاری محورهای هزار خار روشهای گوناگونی وجود دارد. در اینجا ساده ترین روش ذکر میگردد.



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

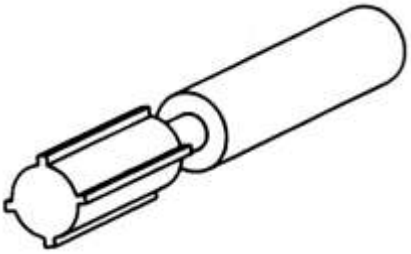
توضیحات مختصر	شکل	ترتیب عملیات
محور مورد نظر را بین سه نظام دستگاه تقسیم و مرغک آن ببندید و به کمک ساعت اندازه گیری افقی بودن کار را بررسی نمایید.		۱
فرز را با قطعه کار هم مرکز می کنیم و سپس تیغ فرز را به کار مماس می نماییم. توجه کنید که قطر تیغ فرز باید برابر ضخامت دندانه هزارخار باشد.		۲

تیغ فرز را خارج از قطعه کار تا عمق مورد نظر بار می دهیم و سپس آن را وارد کار کرده طول کار را طی می کنیم تا اولین شیار تولید شود.		۳
به مقدار $n_k = \frac{i}{n}$ دسته دستگاه تقسیم را می چرخانیم و شیار دوم را ماشینکاری می کنیم و این عمل را ادامه می دهیم تا تمام شیارها تولید گردد.		۴
تیغ فرز را بروی اولین دندانه و در راستای قطر مقطع آن قرارمی دهیم. برای تبدیل مقطع ذوزنقه ای شیارها به مقطع مستطیلی ابتدا تیغ فرز را به اندازه قطر خود به سمت چپ قطر قطعه کار می کشیم و با حرکت دادن تیغ فرز درون شیار، گوشه های اضافی سمت چپ دندانه ها را ماشین کاری می کنیم. با چرخاندن دسته دستگاه تقسیم این کار را برای بقیه شیارها تکرار می نماییم.		۵

		
مجدداً تیغ فرز را بروی اولین دندانه و در راستای قطر قطعه کار قرار می دهیم و این بار تیغ فرز را به اندازه قطر خود به سمت راست قطر قطعه کار می کشیم و با حرکت دادن تیغ فرز درون شیار گوشه های اضافی سمت راست دندانه ها را نیز ماشین کاری می کنیم. این کار را برای بقیه شیارها تکرار می نماییم.		۶

۲-۶-۴)کنترل هزارخار

برای کنترل سوراخها یا محورهای هزارخار از فرمان کنترل داخلی و خارجی هزارخار استفاده می شود.



فرمان سوراخ هزار خار

بخش پنجم

تقسیم تراشی در فرز

۵) تقسیم تراشی در فرز

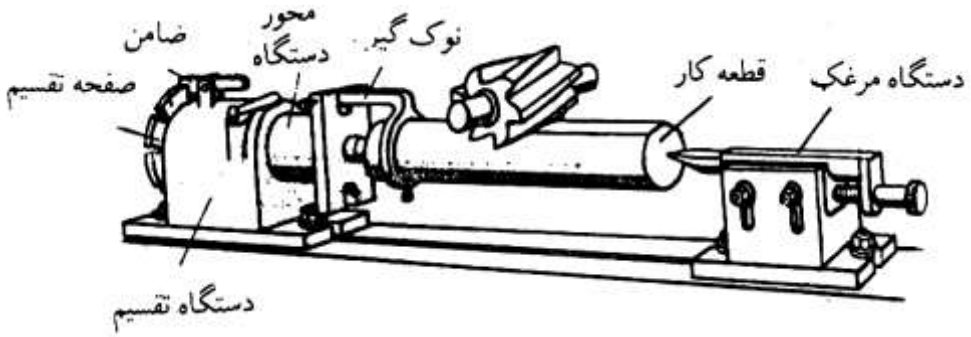
۵-۱) بررسی دستگاه تقسیم (تایلکپف)

در مواردی که لازم باشد عمل فرزکاری بروی سطح جانبی و یا پیشانی قطعه کار **بدون نیاز به خط کشی** در فواصل معینی انجام گردد (چهارگوش، شش گوش، چرخدنده ها، و.....) از این وسیله استفاده می شود دستگاههای تقسیم را در سه نوع **مستقیم**، **غیرمستقیم** و **یونیورسال** می سازند. بنابراین انواع دستگاه تقسیم از نظر عملکرد عبارتند از :

الف) دستگاه تقسیم مستقیم

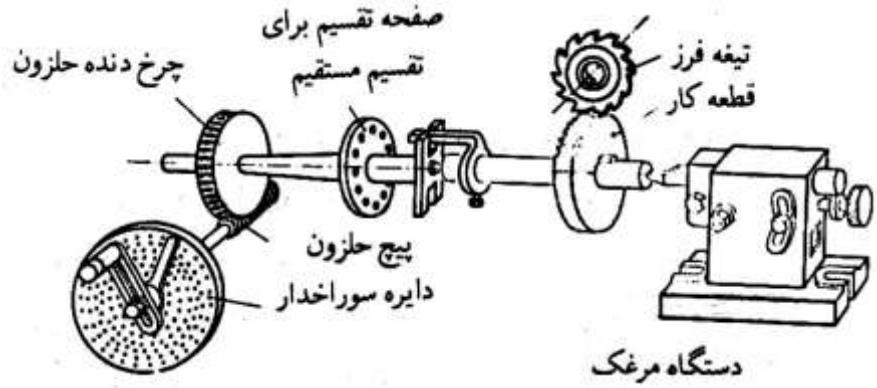
از این دستگاه که بروی میز ماشین فرز سوار می شود برای تقسیم محیط کار به **تعداد تقسیمهای محدود** استفاده می گردد. بروی محور کار این دستگاه **صفحه سوراخدار** و یا **شیار داری** سوار شده است که تقسیم کردن محیط کار را بطور مستقیم امکان پذیر می نماید.

در این دستگاه **ضامنی** پیش بینی شده است که با **درگیر شدن آن با شیارها و یا سوراخهای صفحه** تقسیم می **توان از گردش ناخواسته** دستگاه جلوگیری نمود.



ب) دستگاه تقسیم غیرمستقیم

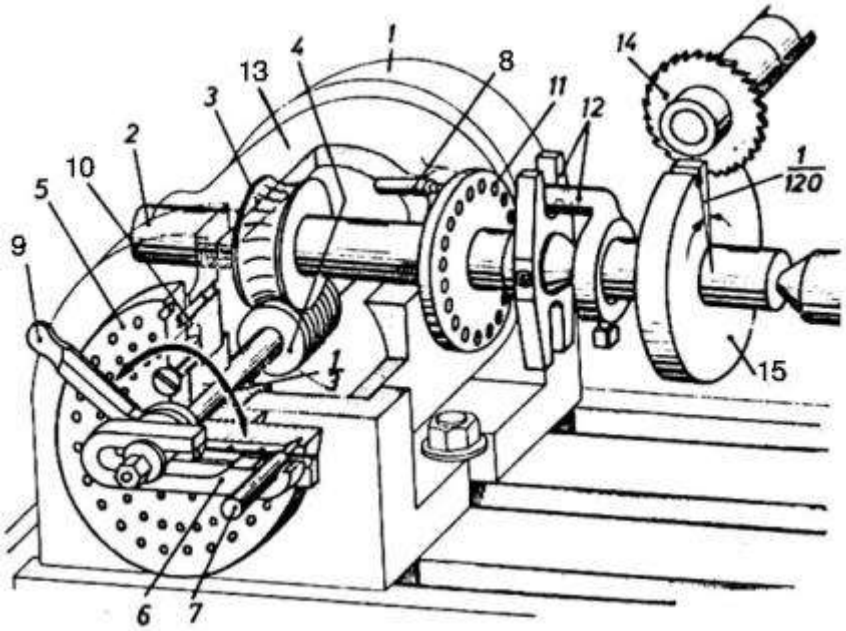
در مسیر انتقال حرکت این دستگاه از دسته دستگاه تقسیم به محور کار،**پیچ و چرخ حلزونی** با نسبت دور $i = \frac{40}{1}$ و در بعضی موارد $i = \frac{60}{1}$ قرار داده شده است. این مکانیزم باعث می شود تا بتوان با کمک صفحه های سوراخ داری که قابل انتقال می باشند **تعداد تقسیمات متعددی** را بطور غیرمستقیم انجام داد. این دستگاههای تقسیم را نیز برروی میز ماشین فرز نصب می کنند و در قست **کار گیر** آنها می توان **سه نظام و یا صفحه مرغک** سوار نمود.



تقسیمهایی که از طریق مستقیم قابل اجرا نیست از روش تقسیم غیرمستقیم و با استفاده از صفحه های سوراخ دار که همراه هر دستگاه تقسیم عرضه می گردد قابل اجرا می باشد. این صفحه ها بروی دستگاه تقسیم سوار می شود. صفحه سوراخ دار صفحه مدوری است که بروی دایره های هم مرکز آن سوراخهایی با فواصل معین وجود دارد و برحسب تعداد تقسیم و با توجه به محاسبه انجام شده می توان از دایره های سوراخدار مورد نیاز استفاده کرد.

ج) دستگاه تقسیم یونیورسال

دستگاه تقسیمی است که علاوه بر عملیات تقسیم مستقیم و غیرمستقیم تقسیم اختلافی و تقسیم شیارهای مارپیچ را نیز انجام می دهد.



قسمت های مختلف این دستگاه که در شکل بالا دیده می شود عبارتند از :

۱- بدنه دستگاه تقسیم: قسمتی است که بعضی از قطعه ها مانند حلزون و پیچ حلزون، محور اصلی کار و غیره در داخل آن قرار دارد.

۲- محور اصلی کار (محور سه نظام): قطعه ای است که چرخ حلزون و صفحه تقسیم مستقیم و سه نظام به آن متصل می گردد.

۳- چرخ حلزون: با تعداد دندانه ها 40 یا $z=60$ در داخل بدنه دستگاه بروی محور اصلی کار قرار دارد واز پیچ حلزون با نسبت محاسبه شده، حرکت را به محور اصلی کار منتقل می کند.

۴- پیچ حلزون: از مهمترین قسمتهای دستگاه محسوب می شود که از یک پیچ تک راهه ساخته و بروی محور صفحه تقسیم سوار شده است.

۵- صفحه تقسیم (صفحه سوراخ دار): که بنا بر توضیحات داده شده برای تقسیمهای غیرمستقیم استفاده می شود.

۶- دستهٔ تقسیم: این دسته بروی محور صفحه تقسیم قراردارد و با بازکردن مهره آن می توان دسته را در راستای قطر صفحه سوراخدار تغییر مکان داد.

۷- پین ضامن: در یک طرف دسته تقسیم قراردارد و برای ثابت کردن دسته تقسیم بروی سوراخ دلخواه بکار می رود.

۸- پین ضامن صفحه تقسیم مستقیم: در مواقعی که از تقسیم مستقیم استفاده می شود این پین برای ثابت کردن صفحه بکار می رود.

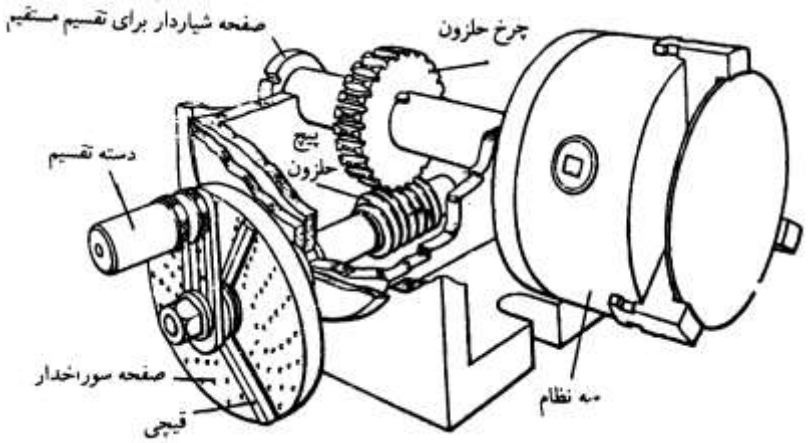
۹- قیچی: برای مشخص کردن تعداد فاصله دلخواه در تقسیمها بکار می رود. به عبارت دیگر فاصله اولین و آخرین سوراخ دایره تقسیم میان دو بازوی قیچی تنظیم می شود.

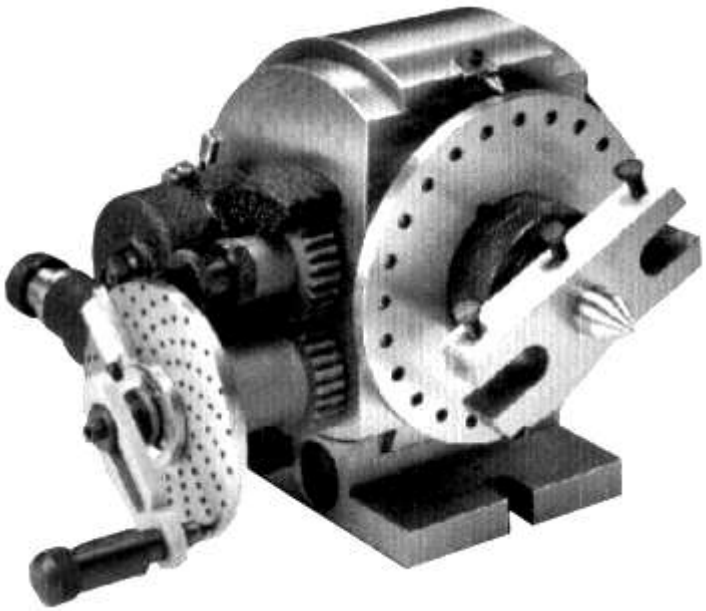
۱۰- پین ضامن صفحه سوراخ دار: برای ثابت کردن صفحه سوراخ دار در حالتی که بخواهیم صفحه ثابت باشد بکار می رود (در غیر این صورت باید پین را آزاد کرد).

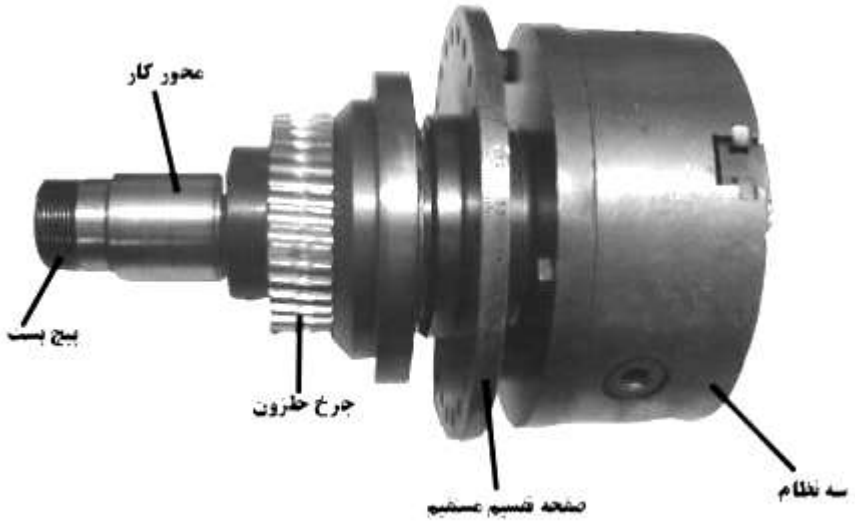
۱۱- صفحه تقسیم مستقیم: این صفحه معمولاً دارای ۲۴ شیار سوراخدار است و برای انجام تقسیمهایی که به این عدد قابل تقسیم باشند استفاده می شود.

۱۲-گیره قلبی: اگر بخواهیم قطعه کار را بین دو مرغک فرزکاری کنیم از این قطعه استفاده می شود.

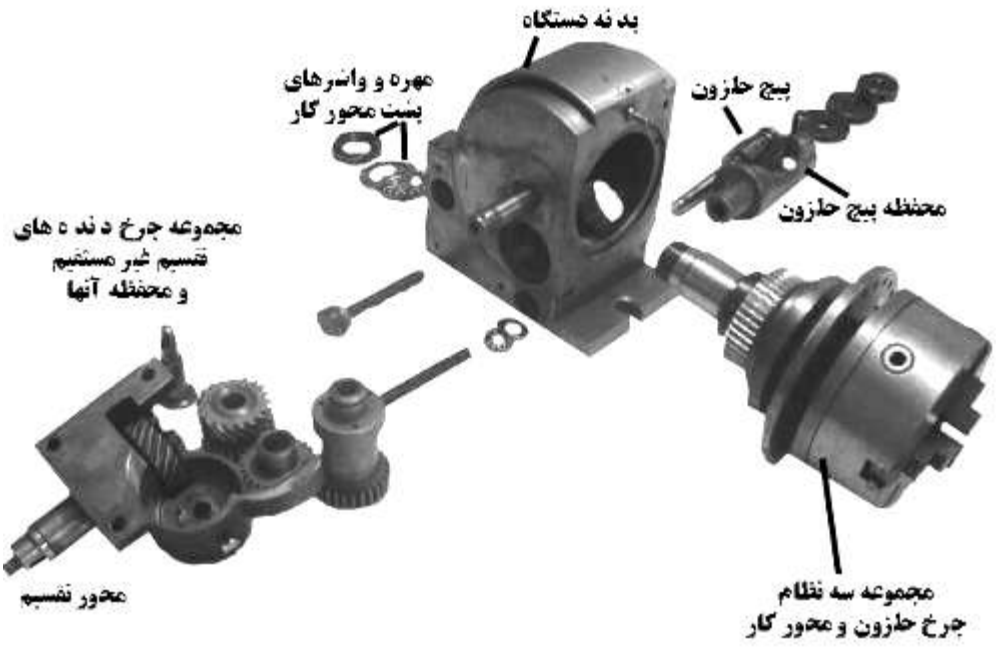
۱۳- بدنه متحرک: که هنگام فرزکاری چرخ دنده های مخروطی یا قطعه کارهای زاویه دار می توان آن را به اندازه زاویه مورد نیاز تغییر مکان داد.







نمایی از اجرای محور کار یک د ستگاه تقسیم یونیورسال

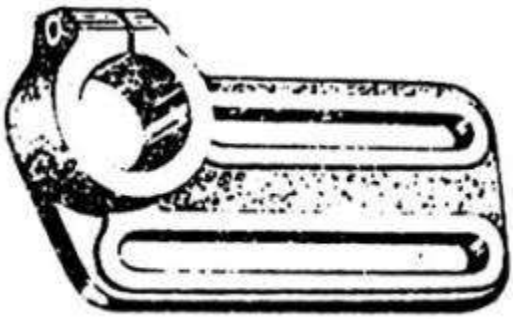


نمایی از تمام اجزای یک دستگاه تقسیم یونیورسال

۱-۱-۵) متعلقات دستگاه تقسیم

برای آن که دستگاه تقسیم کارهای مختلف و متنوعی انجام دهد احتیاج به قطعه هـای جـانبی دارد تـا بـه کمک آنها بتواند کارهای گوناگون را فرزکاری نماید. این قطعه ها جزء متعلقات دستگاه تقسیم می باشند. در شکل صفحه بعد محورهایی که چرخدنده های تعویضی به کمک آنها بروی دستگاه تقسیم نصب می گردنـد مشاهده می شود.

متعلقات دستگاه تقسیم یونیورسال



صفحه نگاه دارنده ه چرخ د نده ه تعویضی

مرغک و پایه آن

چرخ د نده ه های تعویضی

صفحه نگاه دارنده ه صفحه سوراخ د ار

صفحه سوراخ د ار

محور نصب چرخد نده ه تعویضی

پایه های نصب چرخ دنده ه تعویضی

در تعدادی از دستگاه های تقسیم یونیورسال به جای پایه های نگاه دارنده چرخ دنده های تعویضی از صفحه نگاه دارنده چرخ دنده های تعویضی (که در ایران بطور عامیانه به آن گیتار گفته می شود) استفاده می گردد.

۲-۵)محاسبه تعداد دور دسته صفحه تقسیم

در مواردی که ازتقسیم با روش غیرمستقیم استفاده می کنیم باید به مکانیزم اصلی که از یک پیچ حلزون و یک چرخدنده حلزون تشکیل شده است توجه نماییم. نسبت حرکت بین پیچ حلزون و چرخ دنده حلزون اغلب $i=40:1$ و در بعضی موارد $i=60:1$ می باشد.

در این روش چون بین محور کار و محور تقسیم، پیچ حلزون و چرخ حلزون قرار گرفته است بنابراین حرکت بطور غیرمستقیم ازمحور تقسیم به محور کار منتقل می گردد و نسبت بین پیچ حلزون و چرخ حلزون $(i=40:1)$ در محاسبه دخالت داده می شود.

اگر نسبت حرکت بین پیچ حلزون وچرخ حلزون $i=40:1$ باشد با یک دور کامل پیچ حلزون(دسته تقسیم) محیط کار به اندازه یک دنده چرخ حلزون($\frac{1}{40}$ دور) دوران می کند و اگر بخواهیم محیط کار یک دور کامل دوران نماید دسته تقسیم باید **40** دور بچرخد. با توجه به مطالب گفته شدهفرموللازم برای تقسیم غیرمستقیم عبارت است از :

$$nk=\frac{i}{n}$$

nk= مقدار گردش دسته تقسیم

i= نسبت حرکت بین پیچ و چرخ حلزون

n= تعداد تقسیمات قطعه کار

برای تقسیم محیط کار به **40** قسمت مساوی، تعداد گردش دسته تقسیم برای هر تقسیم $(\frac{40}{40}=1)$ یک دور کامل خواهد بود.برای تقسیم محیط کار به **20** قسمت مساوی، تعداد گردش دسته تقسیم برای هر تقسیم $(\frac{40}{20}=2)$ در دور کامل خواهد بود. برای تقسیم محیط قطعه کار به **5** قسمت مساوی مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم در صورتی که نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد عبارت است از :

هشت دور کامل $= \frac{40}{5} = \frac{i}{T} = nk$

معمولاً صفحه های سوراخ دار موجود عبارتند از :

۱- صفحه سوراخ با ردیفهای ۳۷-۳۹-۴۱-۴۳-۴۷-۴۹ سوراخ

۲- صفحه سوراخ با ردیفهای ۲۷-۳۱-۳۴-۴۱-۴۳ سوراخ

۳-صفحه سوراخ با ردیفهای ۳۳-۳۸-۳۹-۴۲-۴۶ سوراخ

۴- صفحه سوراخ با ردیفهای ۲۱-۲۳-۲۷-۲۹-۳۱-۳۳ سوراخ

۵- صفحه سوراخ با ردیفهای ۳۶-۳۷-۴۰-۵۸ سوراخ

۶- صفحه سوراخ با ردیفهای ۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹-۲۰ سوراخ

۳-۵) فرزکاری چند ضلعیهای منتظم

الف)محاسبه طول ضلع(L)

از فرمول زیر طول ضلع یک چند ضلعی محاسبه می گردد :

$$L = \sin\frac{\alpha}{2} \times D$$

D= قطر دایره محیطی یا قطر بزرگ بر حسب میلی متر

L= طول ضلع بر حسب میلی متر

α = زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع بر حسب درجه

ب) محاسبه قطر دایره محاطی یا طول آچارخور(sw)

از فرمول زیر قطر دایره محاطی**d** یا طول آچارخور(sw) یک چند ضلعی محاسبه می گردد :

$$d = sw = D \times \cos\frac{\alpha}{2}$$

ج)محاسبه مقدار ریزش بار(t)

با داشتن مقدار قطر خارجی **D** و قطر داخلی **d** مقدار بار از فرمول زیر بدست می آید :

$$t = \frac{D-d}{2}$$

مثال :

در یک هشت ضلعی منتظم که قطر دایرهٔ محیطی آن۱۲۰ میلیمتر می باشد حساب کنید:
زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع، طول یک ضلع، قطر دایره محاطی و مقداراریزش بار
الف- زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{8} = 45$$

ب- طول یک ضلع

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{45}{2} = 22.5^\circ$$

$$L = D \times \sin\frac{\alpha}{2} = \sin 22.5^\circ \times 120$$

$$\sin 22.5 = 0.3827$$

$$L = 0.3827 \times 120 = 45.92mm$$

ج- قطر دایره محاطی

$$d = sw = D \times \cos\frac{\alpha}{2} = \cos 22.5^\circ \times 120$$

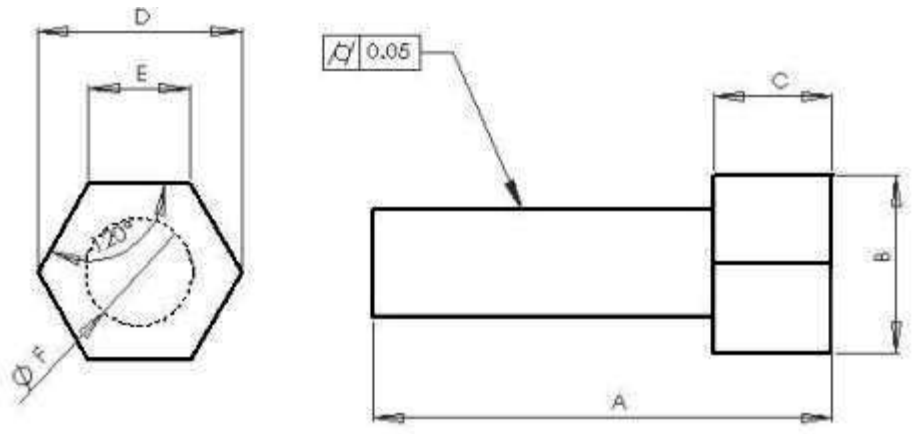
$$Cos\,22.5^\circ = 0.9239$$

$$d = sw = 0.9239 \times 120 = 110.86mm$$

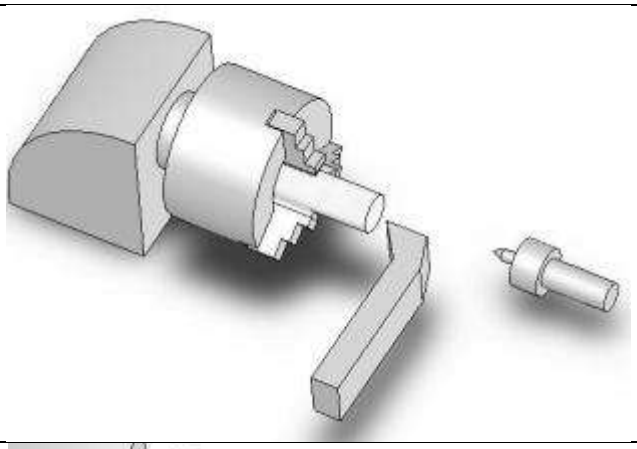
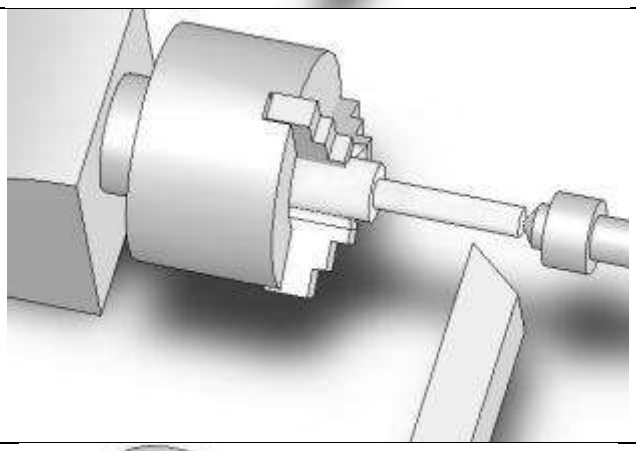
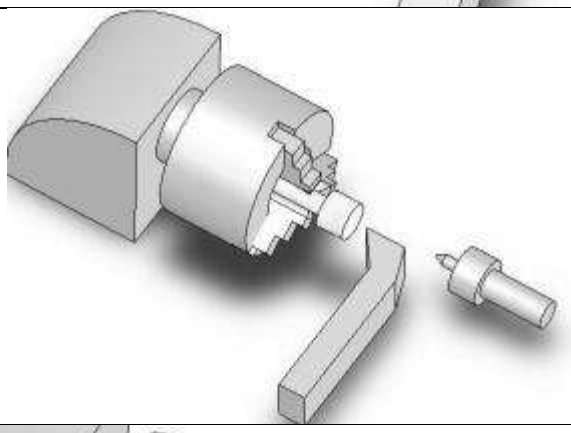
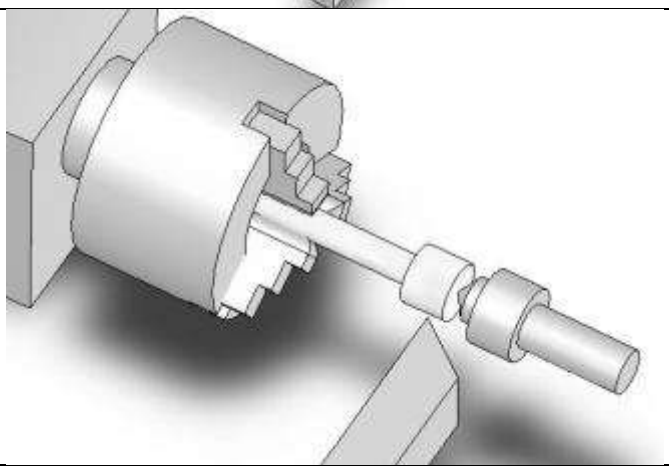
د-مقداراریزش بار

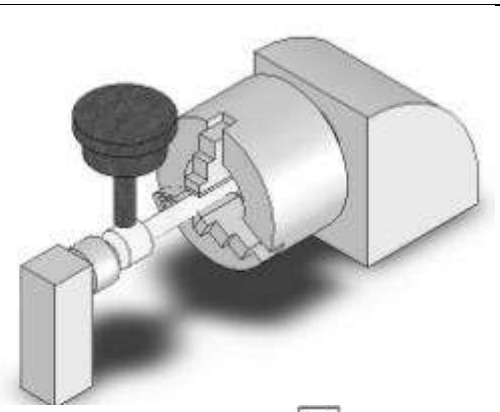
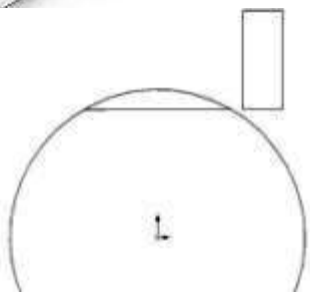
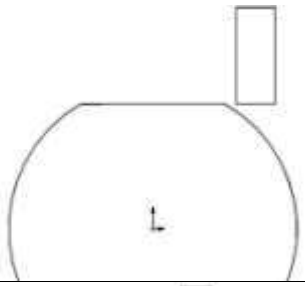
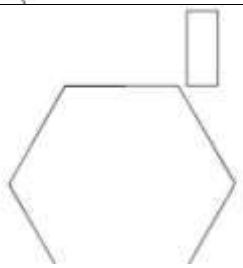
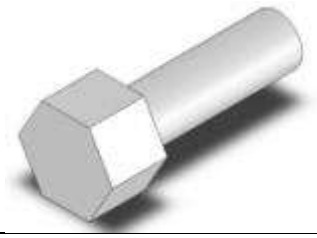
$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{120-110.86}{2} = \frac{9.14}{2} = 4.57mm$$

۱-۳-۵)اصول چند ضلعی کردن قطعه کار با دستگاه فرز



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

ترتیب عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		- بستن قطعه کار به سه نظام - پیشانی تراشی قطعه کار - مته مرغک زدن قطعه کار
۲		- بستن قطعه کار بین سه نظام تراش و دستگاه مرغک و رو تراشی قطعه کار به اندازه مورد نیاز
۳		- بستن کار به سه نظام تراش - پیشانی تراشی طرف دوم قطعه کار - مته مرغک زدن قطعه کار
۴		- بستن قطعه کار بین سه نظام تراش و دستگاه مرغک روتراشی قطعه کار به اندازه مورد نیاز

۵	  	- بستن کار بین دستگاه تقسیم فرز و مرغک -بار دادن به ابزار به میزان محاسبه شده و فرزکاری اولین ضلع
۶	 	گردش دسته دستگاه تقسیم به میزان nk و تکرار عملیات باردهی و فرزکاری تا پایان فرزکاری تمام اضلاع چند ضلعی

۲-۳-۵)اصول کنترل کیفیت چند ضلعی

به کمک کولیس یا میکرومتر طول آچار خور چند ضلعی (d یا sw) را در چند نقطه اندازه گیری نمایید.همین کار را برای قطر بزرگ یا قطر دایره محیطی (D) انجام دهید. چنانچه این دو مقدار درست باشند L طول ضلع چند ضلعی و α زاویه مرکزی مقابل به یک ضلع نیز درست خواهند بود. همچنین برابر آنچه در بخش ۵-۳ گفته شد می توان دقت تختی، توازی و زاویه دار بودن هر ضلع را بررسی نمود.

۴-۵) تقسیم زاویه ای

برای تقسیم قطعه کار تحت زوایای معین نیز می توان از دستگاه تقسیم استفاده کرد. اگر نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد با گردش ۴۰ دور دسته تقسیم، قطعه کار یک دور کامل(۳۶۰ درجه) جابجا می شود. پس برای یک درجه جابجایی قطعه کار، دسته تقسیم باید به اندازه $\frac{40}{360}$ دور بزند و اگر لازم باشد قطعه کار αدرجه جابجا شود باید دسته تقسیم به اندازه $\frac{40\times\alpha^\circ}{360}$ حرکت نماید. بنابراین فرمول لازم برای گرداندن قطعه کار تحت زاویه αعبارت است از :

$$nk=\frac{i\times\alpha^\circ}{360}$$

در رابطه بالا اگر نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد مقدار گردش دسته تقسیم از رابطه زیر بدست می آید:

$$nk=\frac{\alpha'}{540} \quad \text{یا} \quad nk=\frac{\alpha^\circ}{9^\circ} \quad nk=\frac{i\times\alpha}{360^\circ}=\frac{40\times\alpha}{360^\circ}$$

i= نسبت دستگاه تقسیم

α°= زاویه جابجایی برحسب درجه

α'= زاویه جابجایی برحسب دقیقه

nk= مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم

پرسش نمونه:

برای تقسیم زاویه صفحه شیارداری مطابق شکل مطلوبست محاسبه :

الف) مقدار گردش دسته تقسیم اگر نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد.

ب) دایره سوراخ دار انتخابی در صورتی که دایره سوراخهای موجود به قرار زیر باشد :

$$24-25-27-28-30-34$$

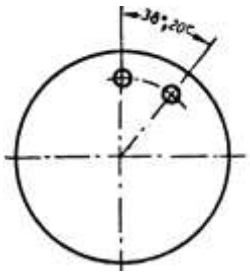
ج) تعداد سوراخ تنظیمی بین دو بازوی قیچی.

الف) $nk=\frac{\alpha}{9^\circ}=\frac{15}{9}=1\frac{6}{9}=1\frac{2}{3}=1\frac{2\times8}{3\times8}=1\frac{16}{24}$

ب)دایره سوراخ انتخابی = ۲۴

ج)تعداد سوراخ موجود بین دو بازوی قیچی = ۱۶

پرسش نمونه :



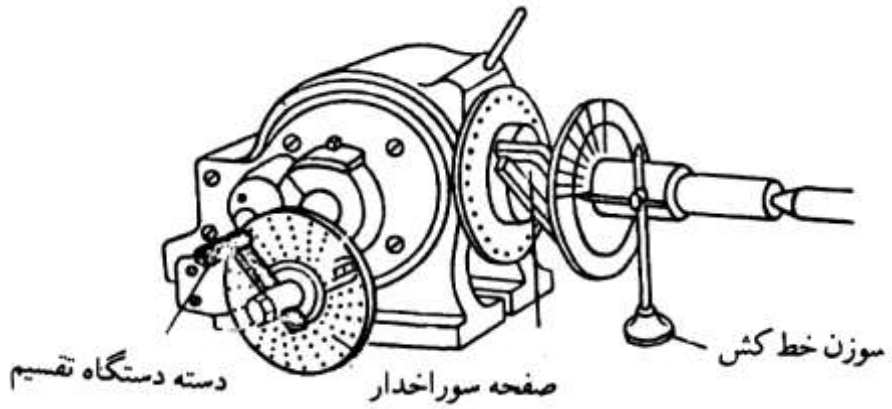
فاصله دو سوراخ بروی صفحه ای مطابق شکل به وسیله دستگاه تقسیم غیرمستقیم تنظیم می شود. مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید.(نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ می باشد.)

$$\alpha = 38^\circ \times 60^\circ + 20' = 2300'$$

$$nk = \frac{\alpha'}{540} = \frac{2300'}{540}$$

$$nk = \frac{2300'}{540} = \frac{230}{54} = 4\frac{41}{54}$$

بااستفاده از دستگاه تقسیم غیرمستقیم می توان تقسیم زاویه ای را به اندازه دلخواه و با استفاده از سوزن خط کش پایه دار محاسبه و خط کشی نمود.



پرسش نمونه :

مطابق شکل می خواهیم به وسیله دستگاه تقسیم با نسبت $i = 40:1$ برقویی را فرزکاری کنیم. در صورتی که دایره سوراخهای موجود به قرار زیر باشد، مقدار گردش دسته تقسیم را حساب کنید.

$$24-25-27-28-30-34-38-39-41-42-43$$

$$46-47-49-51-53-54-57-58-59-62-66$$

حل :

برای α بروی دایره ۵۴ سوراخ، ۶ دور کامل و ۲۴ سوراخ :

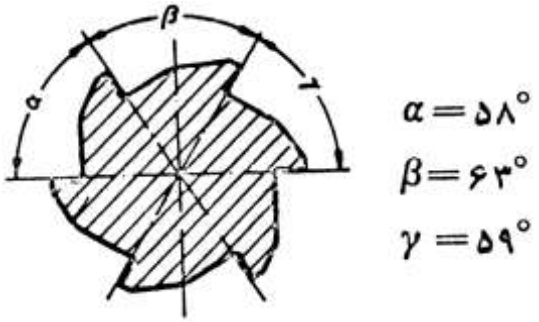
$$nk = \frac{\alpha^\circ}{9} = \frac{58}{9} = \frac{348}{54} = 6\frac{24}{54}$$

برای β، ۷ دور کامل بروی هر دایره دلخواه :

$$nk = \frac{\beta^\circ}{9} = \frac{63}{9} = \frac{7}{1} = \frac{168}{24} = 7$$

برای γ بروی دایره ۵۴ سوراخ، ۶ دور کامل و ۳۰ سوراخ :

$$nk = \frac{\gamma^\circ}{9} = \frac{59}{9} = 6\frac{5}{9} = 6\frac{30}{54}$$



$\alpha = ۵۸^\circ$

$\beta = ۶۳^\circ$

$\gamma = ۵۹^\circ$

۵-۵) فرزکاری کوپلینگ پنجه ای

۵-۵-۱) مقدمه

کوپلینگها از اجزای ماشین محسوب می گردند که محورها را در جهت محوری به یکدیگر ارتباط و گشتاور را انتقال می دهند.از آنجا که محورها به دلایل مختلفی (مانند ساخت و مونتاژ، ازدیاد طول در اثر حرارت، استهلاک ناهمسان یاتاقانهای دو محور و وجود ارتعاش به هنگام حرکت) کاملاً در امتداد یکدیگر قرار نمی گیرند در تعیین نوع کوپلینگها مهمترین نکته، وضعیت قرار گرفتن محورها نسبت به یکدیگر و نوع راستای درگیری آنها می باشد.محورها ممکن است نسبت به یکدیگر دارای زاویه باشند یا در یک امتداد قرار نگیرند و یا هم زاویه دار و هم در امتداد یکدیگر قرار نداشته باشند.برای ارتباط دادن محورهایی که در امتداد یکدیگر نیستند از کوپلینگهای ارتجاعی استفاده می شود اما برای ارتباط محورهایی که نسبت به هم انحراف دارند از کوپلینگهای سخت (ثابت) استفاده می گردد.

کوپلینگهای ارتجاعی به دو گروه کلی کوپلینگهای متحرک و کوپلینگهای الاستیکی تقسیم بندی می شوند.کوپلینگهای ارتجاعی متحرک پنج نوع هستند که عبارتند از:

کوپلینگهای پنجه ای، کوپلینگهای اولدهام، کوپلینگهای گاردان، کوپلینگهای دنده ای و کوپلینگهای باوکس (**Bowex**).

۵-۵-۲) کوپلینگ پنجه ای

این کوپلینگها دارای پنجه هایی هستند که در یکدیگر فرو رفته و گشتاور را از این طریق منتقل می کنند.ساختار ساده ای دارند و از آنها به عنوان کلاچ استفاده می شود.کوچکترین نوع این کوپلینگها انبساط طولی ۱۰ تا ۱۵ میلیمتر و بزرگترین آنها که برای محورهای تا قطر ۲۰۰ میلیمتر بکار می روند انبساط طولی تا ۲۵ میلیمتر را تحمل می کنند.در بعضی انواع آنها از یک بوش برنجی در وسط دو تکه کوپلینگ استفاده می شود تا هم مرکزی آنها راحت تر و دقیقتر باشد.

۵-۵-۳) محاسبه و روش ساخت کوپلینگهای پنجه ای

الف)کوپلینگ پنجه ای با تعداد پنجه فرد

با مشخص بودن قطر سوراخ کوپلینگ (قطر محور) و تعداد پنجه آن می توان از فرمول زیر قطر تیغ فرز انگشتی یا ضخامت تیغ فرز شیارتراش برای ساخت کوپلینگ را تعیین نمود :

$$b = \frac{d \times 3.14}{2 \times n}$$

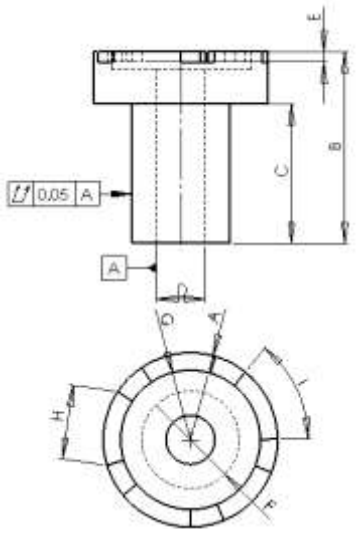
d قطرسوراخ کوپلینگ بر حسب میلی متر، b قطر تیغ فرز انگشتی یا ضخامت تیغ فرز شیار تراش بر حسب میلی متر و n تعداد پنجه کوپلینگ است.

با معلوم بودن نسبت انتقال حرکت دستگاه تقسیم از فرمول زیر تعداد چرخش دسته دستگاه تقسیم و ردیف سوراخ بروی صفحه سوراخدار برای تولید پنجه ها محاسبه میگردد :

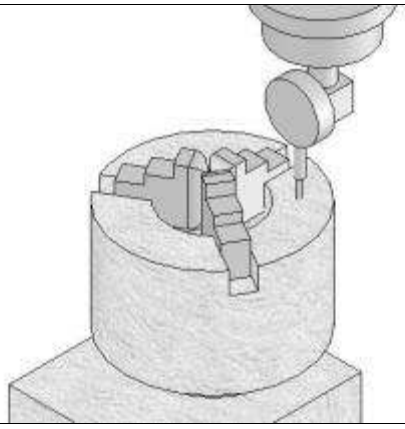
$$n_k = \frac{i}{n}$$

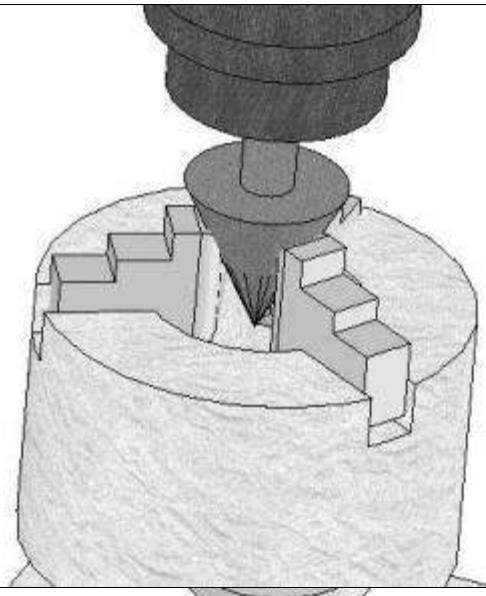
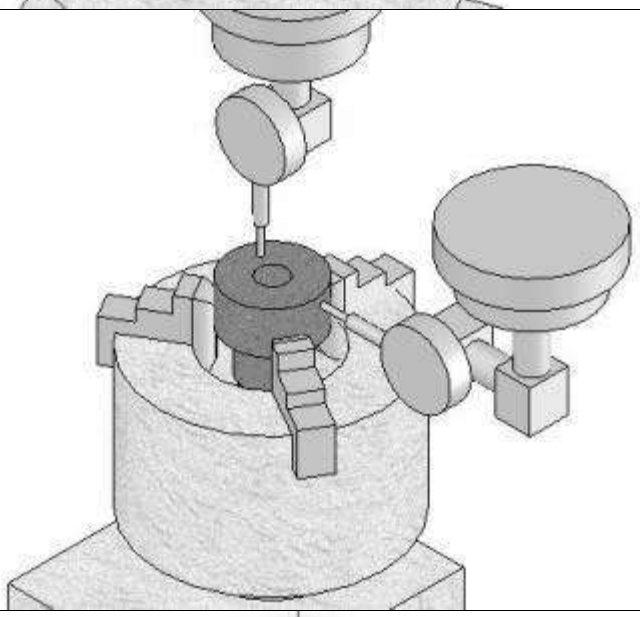
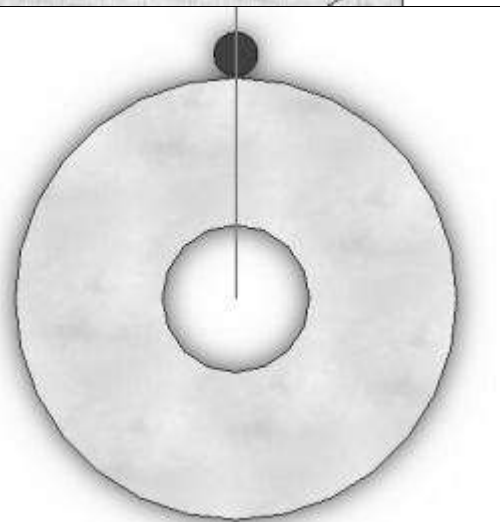
۴-۵-۵)اصول فرزکاری کوپلینگ پنجه ای با تعداد پنجه فرد

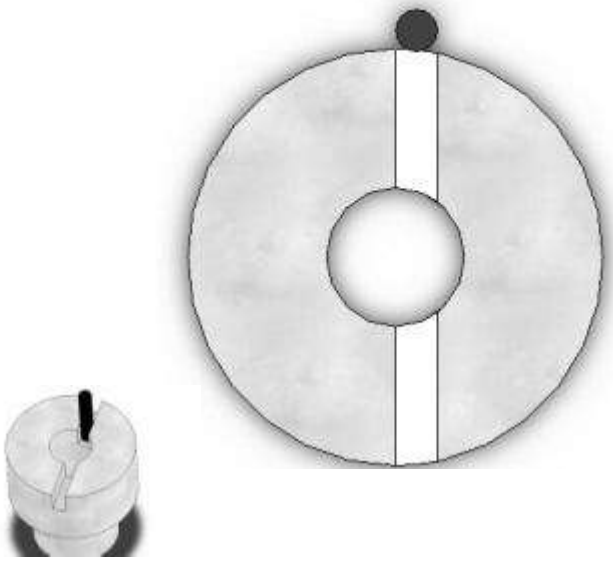
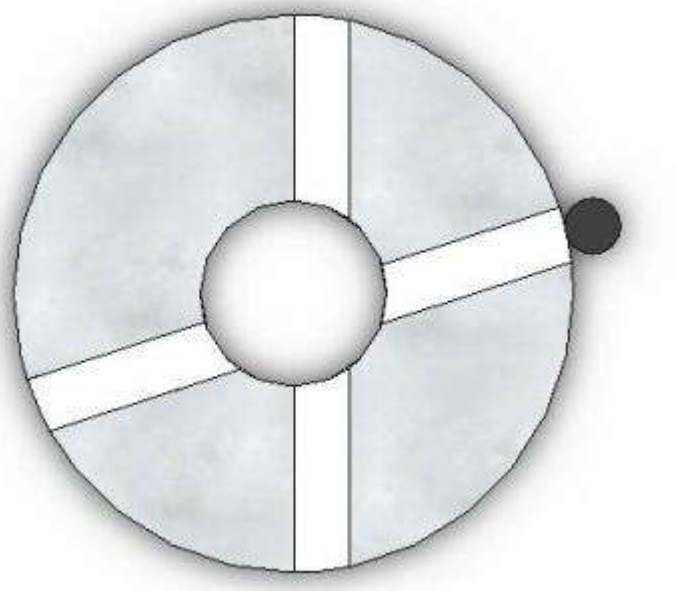
اصلاح : در شکلهای نشان داده شده، ابزار، حول قطعه کار چرخانده شده است در حالی که هنگام کوپلینـگ تراشی، قطعه کار با دستگاه تقسیم دوران داده می شود که به این وسیله اصلاح می گردد.



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

ترتیب اجرای عملیات	شکل	توضیحات مختصر
۱		مطابق با قطر خارجی مورد نظر و ارتفاع مورد نیاز، از یک میل گرد، کوپلینگ را تراش کاری نمایید.
۲		دستگاه تقسیم یونیورسال را به صورت موازی با میز ماشین تنظیم نمایید سپس آن را بروی میز نصب نموده مانند شکل

ساعت کنید.		
یک مخروط دقیق را به محور اصلی متصل نموده مانند شکل با فکهای سه نظام مماس کنید تا محور اصلی در مرکز دستگاه تقسیم قرار گیرد.		۳
قطعه کار را بروی دستگاه تقسیم یونیورسال نصب و مانند شکل در دو راستا ساعت کنید.		۴
بدون این که محور اصلی را از مرکز دستگاه تقسیم خارج کنید تیغ فرز انگشتی با قطر محاسبه شده را به آن متصل نمایید و در راستای قطر حرکت دهید تا بر قطعه کار مماس گردد.		۵

۶		ابزار را به اندازه شعاع یا نصف ضخامتش از مرکز قطعه کار به سمت راست خارج کنید و آن را به اندازه عمق پنجه به داخل کار بار دهید.
۷		ابزار را بطور کامل از روی قطعه کار عبور دهید تا از طرف دیگر کار خارج گردد و مجدداً آن را به موقعیت اولیه خود بازگردانید.
۸		دسته دستگاه تقسیم را به اندازه nk بچرخانید تا قطعه کار در جهت عقربه های ساعت دوران کند و تیغ فرز در موقعیت دوم قرار گیرد.ابزار را از روی قطعه کار کاملاً عبور داده مجدداً به موقعیت

اولیه بازگردانید.		
مرحله قبل را تکرار کنید تا دندانه های کوپلینگ بطور کامل تولید شود.		۹
در فرمول محاسبه قطر ابزار معمولاً قطر به صورت یک عدد کامل بدست نمی آید.طبیعی است که باید عدد محاسبه شده به نزدیکترین قطر ممکن گرد شود.اگر ابزار کوچکتر از آنچه محاسبه شده است انتخاب گردد در انتها، بین پنجه های کوپلینگ بخش اضافه مثلثی شکلی باقی می ماند که باید مجددا ماشین کاری شده، حذف گردد.	 	۱۰

۳-۵-۵)کوپلینگ پنجه ای با تعداد پنجه زوج

با مشخص بودن قطر سوراخ کوپلینگ (قطر محور) و تعداد پنجه آن می توان از فرمول زیر قطر تیغ فرز انگشتی یا ضخامت تیغ فرز شیار تراش برای ساخت کوپلینگ را تعیین نمود :

$$b = \frac{d \times 3.14}{2 \times n}$$

d قطر سوراخ کوپلینگ بر حسب میلی متر، **b** قطر تیغ فرز انگشتی یا ضخامت تیغ فرز شیار تراش بر حسب میلی متر و **n** تعداد پنجه کوپلینگ است.

با معلوم بودن نسبت انتقال حرکت دستگاه تقسیم از فرمول زیر تعداد چرخش دسته دستگاه تقسیم و ردیف سوراخ روی صفحه سوراخ دار برای تولید پنجه ها محاسبه می گردد :

$$n_k = \frac{i}{n}$$

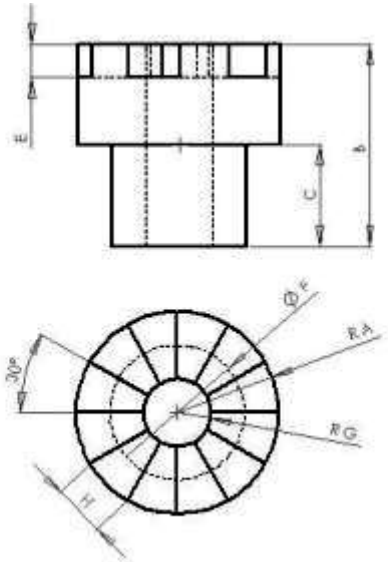
از فرمول زیر تعداد دوران دسته دستگاه تقسیم را برای انجام مرحله دوم عملیات بدست می آوریم.

$$n_k = \frac{i}{2 \times n}$$

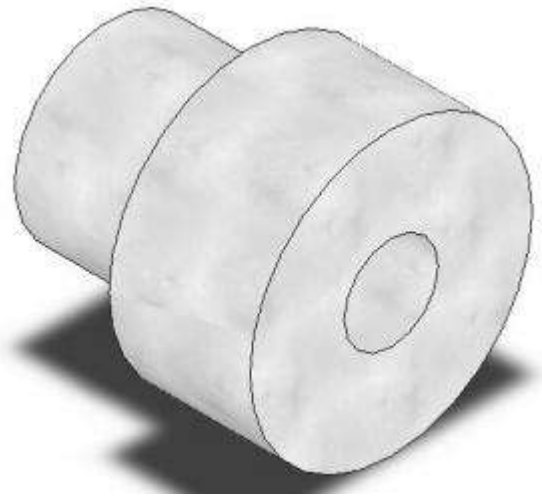
توجه کنید که برخلاف حالت قبل، در کوپلینگ با تعداد دندانه زوج نباید تیغ فرز را جلوتر از مرکز قطعه کار برد و در هر مرحله تنها تیغ فرز از روی کار تا مرکز عبور می کند و مجدداً به موقعیت اولیه باز می گردد.پس از یک دور کامل چرخش با **nk**، ابزار به سمت چپ مرکز کار برده می شود و یک دور کامل مراحل ماشینکاری طی می گردد اما اینبار دسته دستگاه تقسیم به میزان n_k دوران داده می شود.

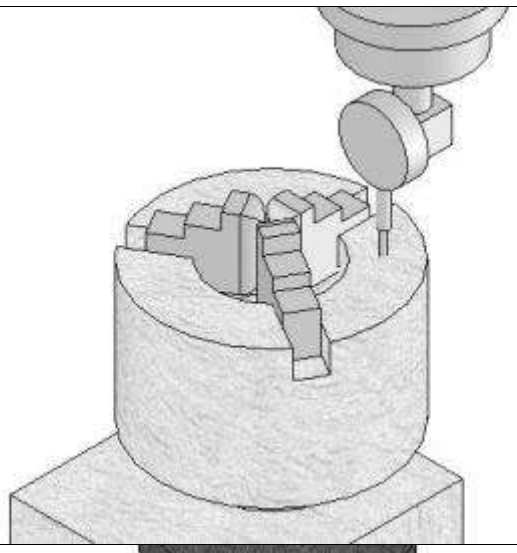
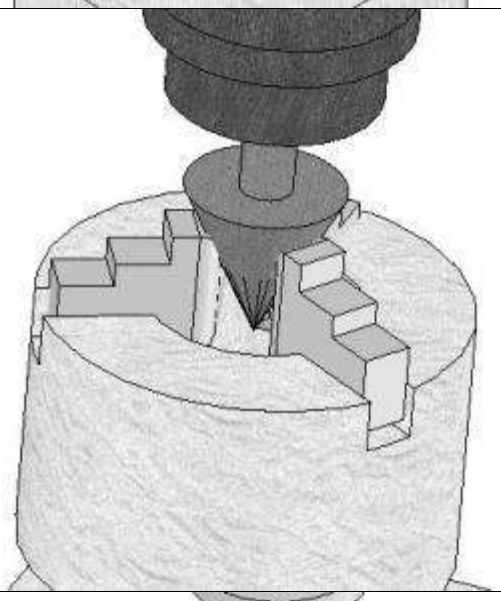
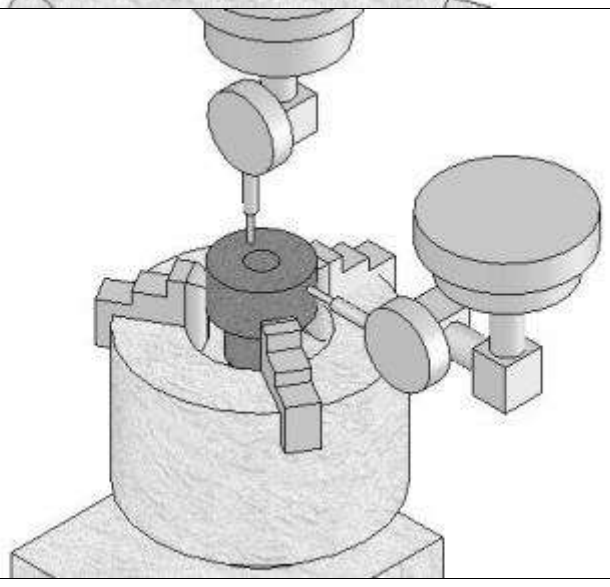
۴-۵-۵)اصول فرزکاری کوپلینگ پنجه ای با تعداد پنجه زوج

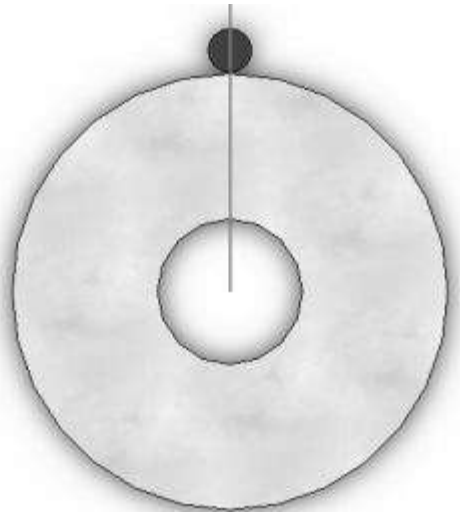
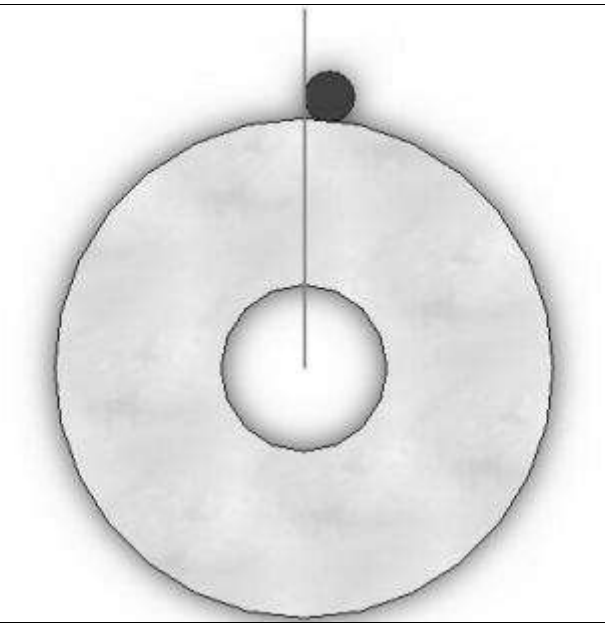
اصلاح : در شکلهای نشان داده شده، ابزار، حول قطعه کار چرخانده شده است در حالی که هنگام کوپلینگ تراشی، قطعه کار با دستگاه تقسیم دوران داده می شود که به این وسیله اصلاح می گردد.

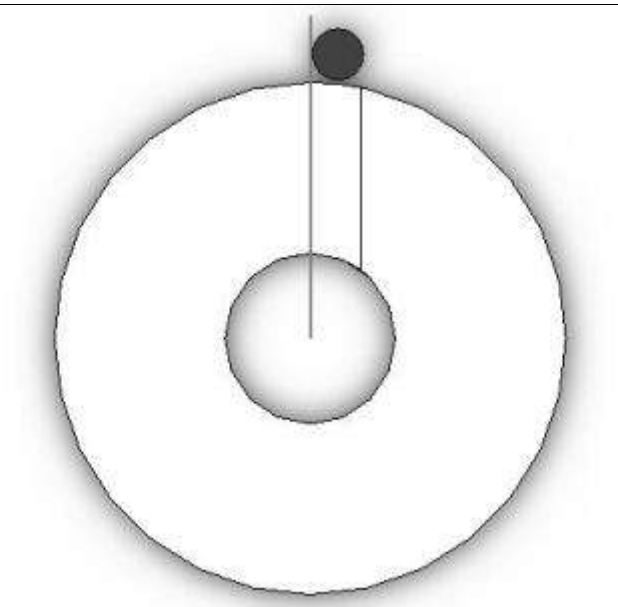
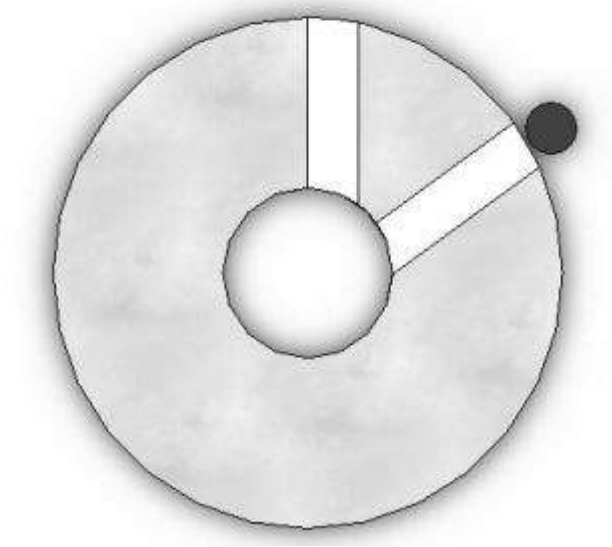


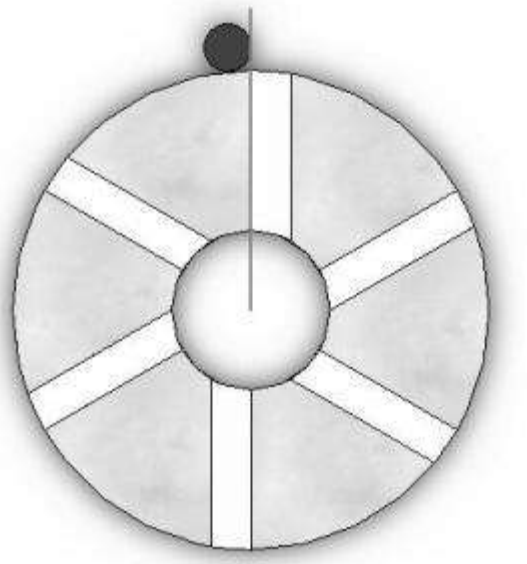
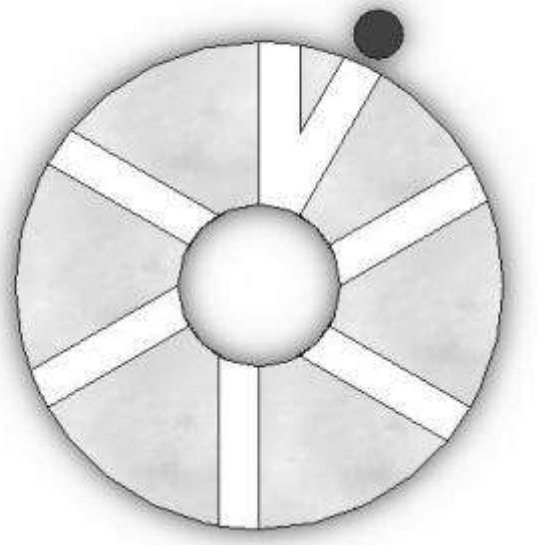
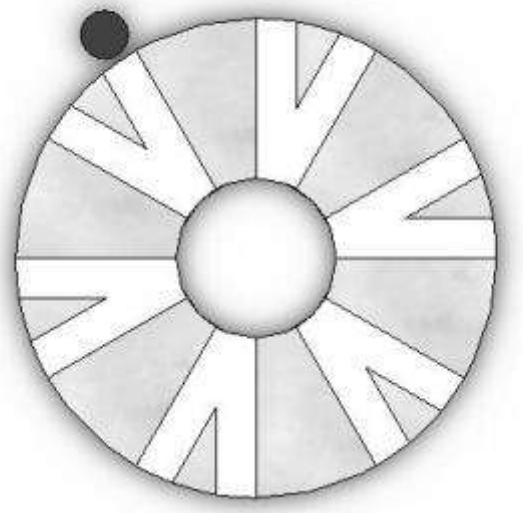
اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

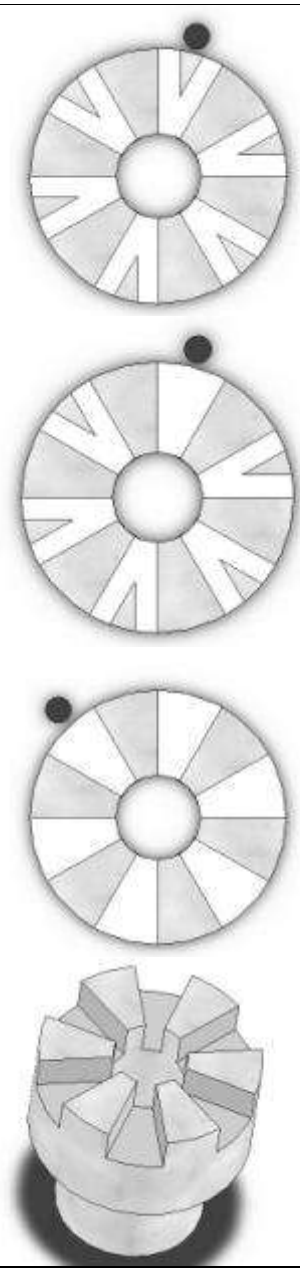
توضیحات مختصر	شکل	ترتیب اجرای عملیات
برابر با قطر خارجی مورد نظر و ارتفاع مورد نیاز از یک میل گرد ماده خام کوپلینگ را تراش کاری نمایید و سوراخ وسط آنرا مته بزنید.		۱

دستگاه تقسیم یونیورسال را به صورت موازی با میز ماشین تنظیم نمایید. سپس آن را بروی میز نصب نموده ساعت کنید.		۲
یک مخروط دقیق را با فکهای سه نظام مماس کنید تا محور اصلی در مرکز دستگاه تقسیم قرار گیرد.		۳
قطعه کار را بروی دستگاه تقسیم یونیورسال نصب و در دو راستا ساعت کنید.		۴

۵		بدون اینکه محور اصلی را از مرکز دستگاه تقسیم خارج کنید تیغ فرز انگشتی با قطر محاسبه شده را به آن متصل نمایید و در راستای قطر حرکت دهید تا بر قطعه کار مماس گردد.
۶		ابزار را به اندازه شعاع یا نصف ضخامتش از مرکز قطعه کار به سمت راست خارج کنید و آنرا به اندازه عمق پنجه به داخل کار بار دهید.

ابزار را از روی قطعه کار عبور دهید تا به مرکز کار برسد و مجدداً آن را به موقعیت اولیه خود بازگردانید.		۷
دسته دستگاه تقسیم را به اندازه nk بچرخانید تا قطعه کار در جهت عقربه های ساعت دوران کند و تیغ فرز در موقعیت دوم قرار گیرد. سپس ابزار را تا مرکز کار حرکت داده مجدداً به موقعیت اولیه بازگردانید و این کار را تکرار کنید تا ابزار یک دور کامل پیرامونقطعه کار بچرخد.		۸

۹		ابزار را از مرکز قطعه کار به میزان شعاع خودش به سمت چپ منتقل کنید.
۱۰		دسته دستگاه تقسیم را به اندازه n_k بچرخانید تا ابزار در موقعیتی مانند شکل مقابل قرار گیرد.ابزار را تا مرکز کار حرکت دهید و به موقعیت اولیه بازگردانید.
۱۱		برای رفتن به موقعیت دوم و تا انتهای ماشینکاری کوپلینگ، دسته دستگاه تقسیم را به میزان nk بچرخانید.

در فرمول محاسبه قطر ابزار معمولاً قطر یک عدد کامل بدست نمی آید و باید عدد محاسبه شده به نزدیکترین قطر ممکن، گرد شود.اگر ابزار کوچکتر از آنچه محاسبه شده است انتخاب گردد، بین پنجه های کوپلینگ بخش اضافه مثلثی شکلی باقی می ماند که باید مجدداً ماشینکاری شده، حذف گردد.		۱۲

۵-۵-۵)کنترل کوپلینگ پنجه ای

طول ضلع (وتر) بزرگ پنجه کوپلینگ از فرمول $L = D \times Sin(\frac{90}{n})$ قابل محاسبه است. که در آن L طول ضلع یا وتر بزرگ هر پنجه از کوپلینگ بر حسب میلیمتر، D قطر خارجی کوپلینگ بر حسب میلیمتر و n تعداد دندانه کوپلینگ است.زاویه مقابل به هر پنجه از کوپلینگ نیز از فرمول $\alpha = \frac{180}{n}$ محاسبه می گردد.

در یک کوپلینگ پنج دندانه با قطر خارجی ۵۵ میلیمتر طول ضلع بزرگ هر پنجه ۱۶/۹۹ میلیمتر و زاویه مقابل به هر پنجه ۳۶ درجه می باشد.با توجه به اینکه تلرانس ماشینکاری برابر سرفصل ۰/۰۵± میلیمتر است بنابراین میتوان گفت طول ضلع پنجه باید بین ۱۶/۹۴ الی ۱۷/۰۴میلی متر باشد.

۶-۵) فرزکاری چرخدنده های ساده

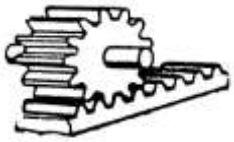
۱-۶-۵) انواع چرخ دنده ها

چرخ دنده ها برحسب کاربرددر انواع مختلفی ساخته می شوند.

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

چرخ دنده ساده

ب)چرخدنده های شانه ای: این نوع چرخدنده ها معمولاً برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت مستقیم بکـار می روند (مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش و یا حرکت عمودی میز دریل رومیـزی و سـتونی) و بـا دندانه های ساده یا مورب ساخته می شوند.



چرخ وشانه

ج) چرخدنده های مارپیچ: این نوع چرخدنده ها برای انتقال نیرو در محور های موازی و محورهای زاویـه دار یا محورهایی که نسبت به هم متنافر می باشند بکار می روند.نسبت به چرخدنده های ساده آرامتر بـوده بـا سروصدای کمتری کار می کنند و مقاومت آنها بیشتر از چرخدنده های ساده است.

چرخ دندهٔ مارپیچی

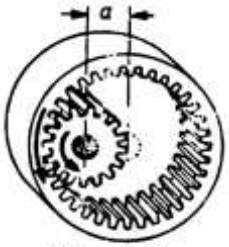
ه)چرخدنده های مخروطی: از این نوع چرخدنده هـا بـرای انتقـال نیـرو در محـور هـای عمـودبرهم و یـا محورهاییکه با هم متقاطع بوده، زوایه بین آنها کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه است استفاده می گـردد. دندانـه های این نوع چرخدنده ها بروی محیط یک مخروط ناقص به صورت ساده و یا به صورت مـارپیچ ایجـاد مـی شود.

چرخ دندهٔ مخروطی

و)چرخدنده های حلزونی: این نوع چرخدنده ها جهت کاهش سرعت بروی دو محور عمود بر هم بکار می روند. ساختمان این چرخدنده ها شبیه چرخدنده 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.

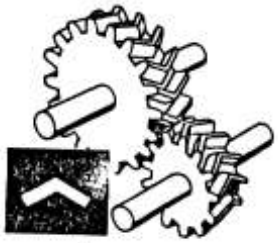
حلزون وچرخ حلزون

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



چرخ دنده داخلی

ط)چرخدنده های جناقی: دندانه های این نوع چرخدنده ها را طوری بروی محیط استوانه ایجاد میکنند که دندانه ها نسبت به هم زاویه دار باشند و معمولاً این زاویه از ۹۰ درجه کمتر است.



چرخ دنده جناغی

۲-۶-۵) کاربرد چرخدنده ها

چرخدنده ها به عنوان عامل مهم انتقال حرکت کاربردهای گوناگونی دارند :

الف) تمامی ماشینهای فلزتراشی و ابزارسازی از قبیل ماشینهای تراش، صفحه تراش (افقی و دروازه ای) ماشینهای فرز (افقی، عمودی، انیورسال)، ماشینهای مته، ماشینهای سنگ زنی، (کف سابی، گردسابی، میل لنگ سنگ زنی، ابزارتیزکنی).

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

ج) انواع تراکتورها، تراکتورهای کشاورزی، خاک برداری، ماشینهای جاده سازی.

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

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

و) وسایل مورد استفاده نیروی دریایی و کشتیها

بطورکلی چرخدنده 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.

۳-۶-۵) جنس چرخدنده ها

در ساختن چرخدنده باید موادی مورد استفاده قرار گیرد که به سادگی با ماشینهای ابزار قابل تراش باشند تا بتوان آنها را به فرم و شکل مورد نظرتبدیل کرد. در این مورد توجه به نکته های زیر ضروری است:

الف) امکانات لازم جهت ساخت مواد تشکیل دهنده چرخدنده ها، باید فراهم گردد (از جمله این امکانات می توان به دستگاههای ریخته گری، ماشین های ابزار و کوره های آبکاری با تجهیزات کامل جهت آبکاری چرخدنده ها اشاره نمود).

ب) جنس چرخدنده ها را باید طوری انتخاب نمود که فشار و نیروی انتقال را تحمل کنند.

ج) مواد باید طوری انتخاب شود که قابل ماشینکاری و پرداختکاری باشد.

د) شرایط کار و خواص فیزیکی فلز مورد استفاده در چرخدنده ها باید مورد توجه قرار گیرد.

ه) در انتخاب فلز باید دقت شود (به خصوص در پیچ و چرخ حلزون)، تا مشکلاتی مانند پیچیدگی، تاب و ترک خوردگی کمتر اتفاق بیافتد.

و) برای مواردی که نیرو و استقامت زیاد لازم نیست می توان چرخدنده ها را از جنس پلاستیک انتخاب کرد. چرخدنده های حاصل از این مواد بیشتر در دستگاههای برقی بکار برده می شود.

ز) برای دستگاه هایی که باید نیرو و فشار زیاد را تحمل کنند جنس چرخدنده ها از فولاد، چدن و فولادهای معمولی (بسته به محل کار و نوع نیرو) انتخاب می گردد.

ح) علاوه بر انتخاب چرخدنده های فلزی، گاهی اوقات برای آرام و بی صدا کارکردن چرخدنده ها آنها را از جنس مواد نساجی، چوب و فیبر تهیه می نمایند. وزن این نوع چرخدنده ها اندک است. چرخدنده های تهیه شده از مواد نساجی ضد آب بوده، در مقابل روغن دوام دارند و معمولاً به چرخدنده های بی صدا معروف هستند.

ط) برنز به علت دارابودن ضریب اصطکاک کمتر در مقایسه با سایر مواد فلزی اغلب در ساختمان چرخدنده های حلزونی بکار می رود. معمولاً برای کاهش اصطکاک و خورندگی و فرسودگی، جنس چرخدنده های حلزونی را فسفر برنز انتخاب می کنند.

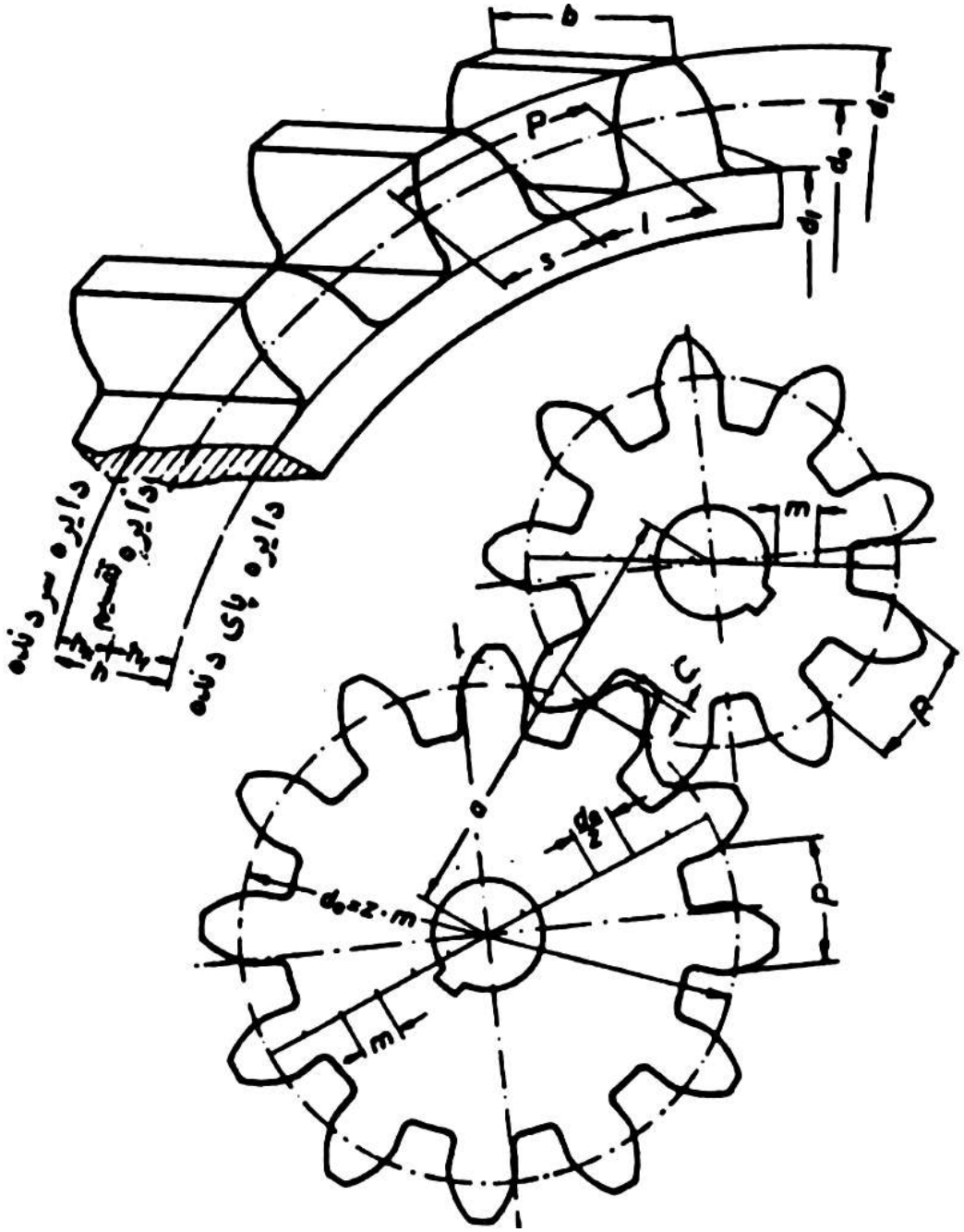
ک) معمولاً جنس چرخدنده ها را از فولادهایی که بطور سطحی سخت می شوند انتخاب می نمایند.

۴-۶-۵) تعریف چرخدنده های ساده و اجزای آن

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.

چرخدنده از استوانه ای که ضخامت آن نسبت به قطرش کمتر می باشد ساخته شده است کـه در محـیط آن برآمدگی هایی به شکل معین به نام دندانه و فرورفتگی های مخصوصی به نام شیار دندانه (که بین دندانه هـا واقع می شوند) وجود دارد. با درگیرشدن دندانه های یک چرخدنده در شیار دندانه های چرخدنـده دیگـر، انتقال حرکت از یک محور به محور دیگر به وسیله یک جفت چرخدنده عملی می گردد. اجزای مهـم یـک چرخدنده ساده عبارتند از :

۱- قطرخارجی=dk
۲- قطر متوسط=do
۳- قطر داخلی=df
۴- گام =p
۵- پهنای چرخدنده =b
۶- ارتفاع=h
۷- ارتفاع سر دندانه =hk
۸- ارتفاع پای دندانه =hf
۹- ضخامت دندانه =s
۱۰- اندازه شیار بین دو دندانه =sI
۱۱- (z) تعداد دندانه =z
۱۲- لقی =c
۱۳- مدول =m
۱۴- فاصله بین دو محور =a



توجه: شرط لازم برای درگیری چرخدنده ها برابری مدول و زاویه فشار آنها است.

۱- قطر خارجی: بزرگترین قطر چرخدنده ها را قطر خارجی یا قطرتراش آنها می گویند.برای چرخدنده هـای ساده مقدار آن با یکی از فرمولهای زیر محاسبه می شود :

$$dk = do + 2m$$

$$dk = m(z + 2)$$

۲- قطر متوسط: حاصل ضرب مدول در تعداد دندانه

$$do = m \times z$$

۳- قطر داخلی:

$$df = do - 2.33m$$

$$df = m(z - 2.33)$$

۴- گام(p) : عبارت است از فاصله بین دو دندانه روی دایره گام (مجموع اندازه یک شیار دندانـه و ضـخامت دندانه مجاور بروی دایره گام)

$$p = m \times \pi$$

۵- پهنای چرخدنده (b)

$$b \approx 10m$$

۶- ارتفاع دندانه: عبارت است از مجموع ارتفاع سرو پای دندانه

$$h = 2.167m$$

۷- ارتفاع سر دندانه :عبارت است از فاصله شعاعی بین سطح فوقانی دندانه و دایره گـام ومقـدار آن برابـر مدول می باشد.

$$hk = m$$

۸- ارتفاع پای دندانه: عبارت است از فاصله شعاعی بین سطح تحتانی دندانه و دایره گام و مقدار آن با توجه به تعریف مقدار لقی برابر است با:

$$hf = hk + c = m + 0.167m \Rightarrow hf = 1.167m$$

۹- ضخامت دندانه: اندازه ضخامت دندانه در قطر متوسط را ضخامت دندانه گویند.

$$s = \frac{p}{2}$$

۱۰- اندازه(فاصله) شیار دندانه

$$s' = \frac{p}{2}$$

۱۱- تعداد دندانه: تعداد دندانه موجود بروی استوانه چرخدنده :

$$z = \frac{do}{m}$$

۱۲- لقی : در دو چرخدنده درگیر، بین سر دندانه یک چرخدنده و ریشه دندانه چرخدنده دوم، فاصله معینی وجود داردکه آنرا لقی بین دو دندانه گویند. مقدار آن را در موارد مختلف بین **0.1** تا **0.3** مدول در نظر می گیرند، ولی این مقدار را در ماشین سازی $c=\frac{1}{6}m=0.167\times m$ انتخاب می کنند.

۱۳- مدول: نشان دهنده **بزرگی و کوچکی دندانه** چرخدنده می باشد و برحسب میلیمتر (در سیستم متریک) محاسبه می شود، که از تقسیم گام بر عدد π و یا از تقسیم قطر متوسط بر تعداد دندانه بدست می آید.

$$m=\frac{p}{\pi}$$

$$m=\frac{do}{z}$$

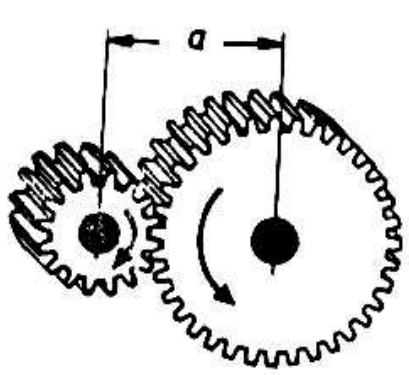
۱۴- فاصله بین دو محور: این فاصله در چرخ دنده های **داخلی** از رابطهٔ زیر بدست می آید:

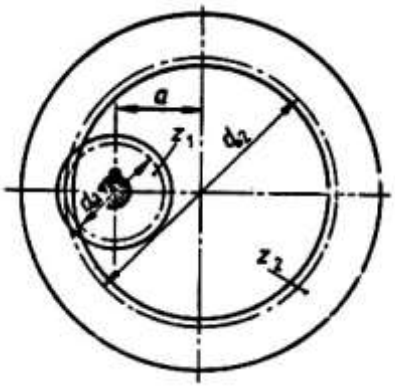
$$a=\frac{do_2-do_1}{2}=\frac{m(z_2-z_1)}{2}$$

فاصله بین دو محور در چرخ دنده های **خارجی** از رابطه زیر بدست می آید:

$$a=\frac{do_2+do_1}{2}=\frac{m(z_2+z_1)}{2}$$

چرخدنده های **کوچک یا متوسط** را می توان بروی ماشین فرز توسط **تیغ فرزهای مدولی** تراشید. تیغ فرز مدولی ممکن است از نوع **پولکی یا انگشتی** باشد. روش کار به این ترتیب است که پس از فرزکاری شیار هر دندانه، چرخدنده را به کمک **دستگاه تقسیم** به اندازه **یک دندانه دوران داده**، شیار بعدی را فرزکاری می کنیم و این کار را ادامه می دهیم تا تمام دندانه ها تراشیده شود.





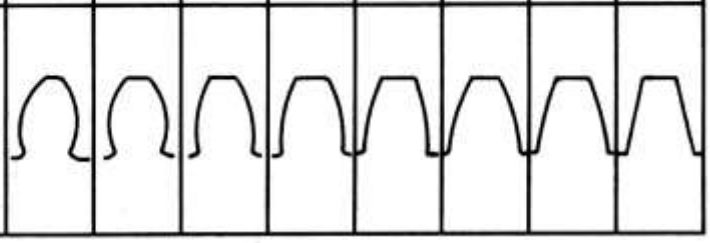
۵-۶-۵) جدول مدول های استاندارد

یکی از شرایط درگیری دو چرخ دنده با یکدیگر داشتن مدول مساوی می باشد. چون تهیه تیغ فرزهای مدولی با هر مدول دلخواه، نیازمند صرف هزینه زیادی است لذا کارخانه های سازنده، تنها تیغ فرزهای مدولی استاندارد را می سازند. فرم دندانه های برندهٔ تیغ فرزهای مدولی شبیه شیار بین دندانه های چرخ دنده تولید می شود. در جدول زیر مدولهای استاندارد متریک داده شده است.

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

از آنجا که فرم منحنی دندانه ها برحسب تعداد دندانه (حتی با داشتن مدول مساوی) فرق می کند بنابراین کارخانه های سازنده تیغ فرز های مدولی را در سری های ۸ تایی و ۱۵ تایی می سازند. در جدول زیر فرم پروفیل دندانه (منحنی جانبی دندانه)، تعداد دندانه و شماره مربوط به آنها داده شده است.

سری هشت تایی تیغ فرزهای مدولی

شماره تیغه فرز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تعداد دنده	۱۲_۱۳	۱۴_۱۶	۱۷_۲۰	۲۱_۲۵	۲۶_۳۴	۳۵_۵۴	۵۵_۱۳۴	۱۳۵_∞
فرم دنده تراشیده شده								

سری پانزده تایی تیغ فرزهای مدولی

شماره تیغ فرز	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
تعداد دندانه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵-۱۶	۱۷-۱۸	۱۹-۲۰	۲۱-۲۲	۲۳-۲۵
شماره تیغ فرز	۵	۵/۵	۶	۶/۵	۷	۷/۵	۸	---
تعداد دندانه	۲۶-۲۹	۳۰-۳۴	۳۵-۴۱	۴۲-۵۴	۵۵-۷۹	۸۰-۱۳۴	135 - ☐	---

پرسش نمونه: برای فرزکاری چرخ دنده ای که ۴۸ دندانه دارد و مدول آن $m=3mm$ است حساب کنید:

الف)قطر متوسط، قطر خارجی، قطر داخلی و ارتفاع دندانه

ب)مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را چنانچه نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد.

ج)شماره تیغ فرز مدولی از سری ۸ تایی

الف) $do=m\times z$

$do=3\times 48=144mm$

$dk=do+2m=144+(2\times 3)=150mm$

$df=do-2.33m=144-(2.33\times 3)=137.01mm$

$h=2.167m=2.167\times 3=6.501mm$

ب) $nk=\frac{i}{z}=\frac{40}{48}=\frac{20}{24}$

یعنی برای تراشیدن هر دندانه باید دسته دستگاه تقسیم به اندازه ۲۰ فاصله روی صفحه سوراخ دار۲۴ تـایی حرکت کند. شمارهٔ تیغ فرز با توجه به جدول سری ۸ تایی برابر است با:

ج) $Nr=6$

۶-۶-۵) ساخت چرخدنده ساده

برای عملیات ساخت چرخدنده ها باید به نکته های زیر توجه کرد:

۱- مواد اولیه چرخدنده را تهیه نمایید و پس از انجام محاسبه لازم جهت ساخت، برشکاری ماده خام آن را با دست یا با ماشین اره لنگ انجام دهید.

۲- قطر و عرض مواد بریده شده را قدری بزرگتر از اندازه اصلی درنظر بگیرید یعنی حدود ۳ الی ۴ میلی متر از اندازه اصلی بزرگتر باشند.

۳-توسط ماشین تراش، سوراخی در مرکز قطعه کار ایجاد کنید (جهت بستن روی دُرن).

۴- یکطرف استوانه یا قطعه کار را پیشانی تراشی نمایید و آنرا طوری برگردانید که طرف تراشیده شـده بـه کف سه نظام تراش تکیه کند سپس سه نظام را می بندیم و پیشانی طرف دوم را می تراشیم.

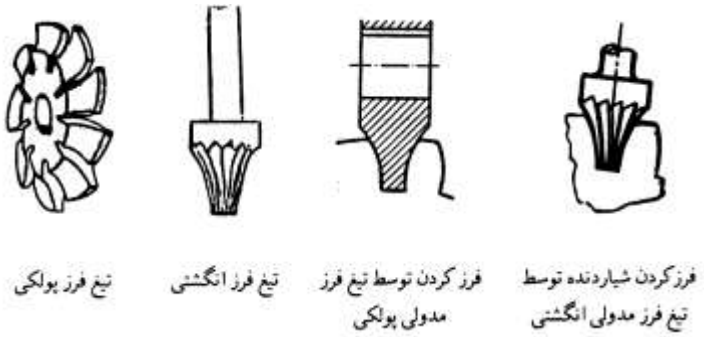
۵- قطعه کار را بروی دُرن سوار کرده، مجموعه آنها را بین دو مرغک یا سه نظام تراش و مرغک می بندیم و قطر خارجی را به اندازه محاسبه شده می تراشیم. به این دلیل قطر خارجی را روی دُرن می تراشیم تا قطعـه کار لنگ نشود. هنگام بستن قطعه کاربروی فرز برای دقت بیشتر با ساعت اندازه گیری چرخدنده را دور می کنیم.

۶- صفحه سوراخ دار محاسبه شده را بروی دستگاه تقسیم قرار می دهیم و سوراخها را بین دو بازوی قیچی تنظیم می کنیم (در صورتی که دور کامل نباشد باید تعداد سوراخها محاسبه گردد).

۷-تیغ فرز مدولی محاسبه شده انتخاب و به محور فرزگیر افقی یا عمودی بسته می شود. جهت دوران تیـغ فرز (چپ گرد یا راست گرد) تنظیم می گردد.

۸- تیغ فرز مدولی در مرکز قطعه کار تنظیم می شود.

۹- تیغ فرز را بروی قطعه کار مماس کنید و به اندازه ارتفاع دندانه(h) بار دهید.



۱۰- در صورتیکه جنس قطعه کار سخت باشد عمل باردادن را در چند مرحله انجام دهید.

۱۱- به وسیله پیچهای مخصوص ماشین فرز، حرکت عرضی و عمودی میز ماشین را متوقف نمایید. (در حالت قفل قرار دهید.)

۱۲- با حرکت طولی میز ماشین (در خلاف جهت دوران تیغ فرز) اولین شیار دندانه چرخ دنده را فرزکاری کنید.

۱۳- با حرکت طولی میز (موافق جهت دوران تیغ فرز) تیغ فرز را از روی قطعه کار خارج نموده میز را به حالت اول بازگردانید.

۱۴- دسته دستگاه تقسیم را به اندازه محاسبه شده (nk) بچرخانید و شروع به فرزکاری شیار دوم نمایید. این عمل را آنقدر تکرار کنید تا چرخ دنده کامل شود.

۱۵- برای طولانی شدن عمرتیغ فرز از مواد خنک کاری مناسب استفاده نمایید.

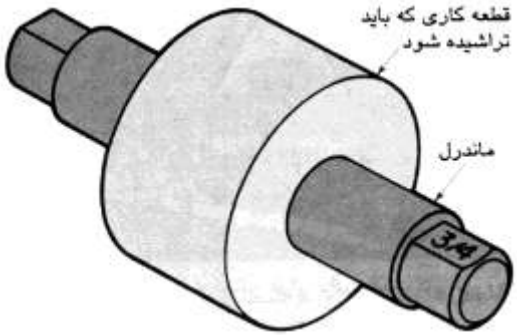
۷-۶-۵) معرفی دُرنهای ماشین کاری

گاهی لازم است سطح خارجی یک استوانه، هم محور با سوراخ داخلی آن که قبلاً سوراخ کاری و برقوکاری شده است ماشین کاری گردد (مانند چرخ دنده تراشی). اگر بتوان این قطعه کار را مستقیم بروی تجهیزات استاندارد ماشین ابزار مانند سه نظام تنظیم نمود و بست ماشین کاری آن ساده تر خواهد بود. اما گاهی نمی توان چنین قطعه هایی را به خوبی بروی گیره نظامها مهار نمود یا نسبت به محور اصلی موقعیت دهی کرد. در چنین مواردی لازم است قطعه کار بروی یک میله مخروطی که به آن ماندرل یا دُرن (Mandrel) گفته می شود بسته شود و دُرن را بین دو مرغک یا بین مرغک و گیره نظام مهار نمود و قطعه کار را ماشین کاری کرد. یک دُرن صلب از یک میله استوانه ای فولادی سخت شده ساخته می شود که روی آن با شیب اندکی (۰/۰۵ میلی متر در هر ۱۰۰ میلی متر) سنگ خورده است. این دُرن ها در اندازه های استاندارد ساخته می شود و اندازه هر کدام در انتهای آن حک می گردد. دنباله طرف دیگر دُرن کمی کوچکتر ساخته می شود و قطعه کار از سمت کوچک بروی دُرن سوار و محکم می گردد.

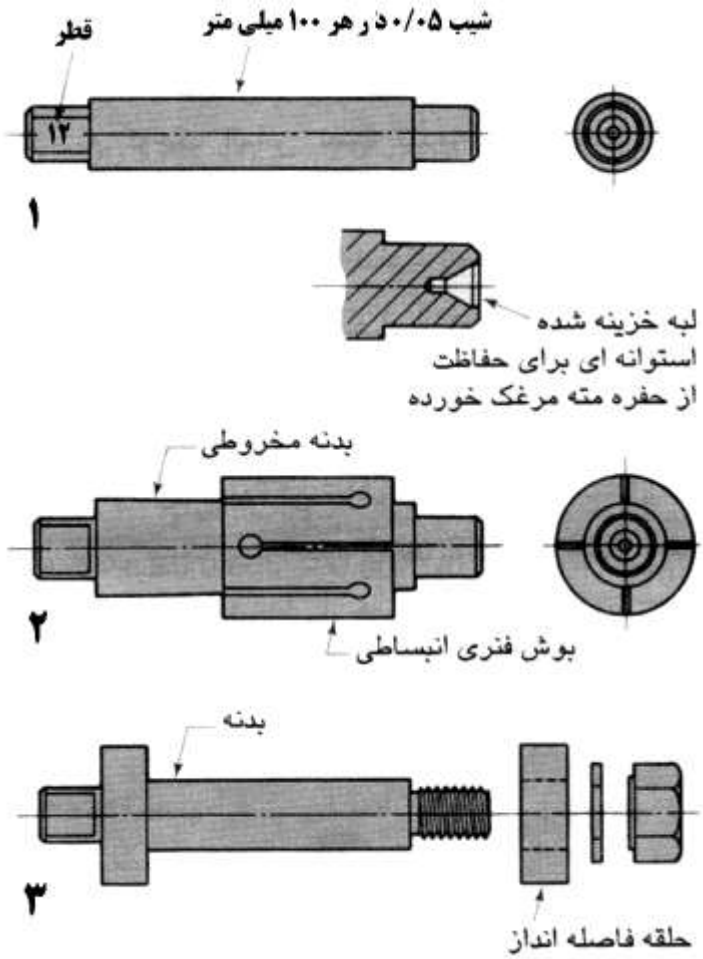
بروی بعضی از این دُرنها یک بوش فنری انبساطی با قطر استاندارد وجود دارد. بدنه دُرن و سطح داخلی بوش انبساطی شیب یکسانی دارند و از فولاد سخت کاری شده ساخته می شوند. بوش انبساطی، شیاردار است و به همین دلیل قابلیت انبساط و انقباض دارد. با حرکت طولی بوش بروی بدنه دُرن، قطر بوش کمی انبساط می

یابد. برای نصب قطعه کار بروی دُرن ابتدا باید هر دو را تمیز کرد و کمی روان کاری نمود تا قطعه کار در محور گیر نکند.

در دُرن هایی مانند شکل زیر که قطعه کار به صورت اصطکاکی محکم می شود باید سمت بزرگ دُرن بـروی مرغک محور اصلی یا سه نظام بسته شود و جهت پیشروی ابزار از سمت قطر کوچـک دُرن بـه سـمت قطـر بزرگ آن باشد تا به این ترتیب قطعه کار به دُرن فشار داده شود و در اثر نیروی براده برداری محکمتر گردد.



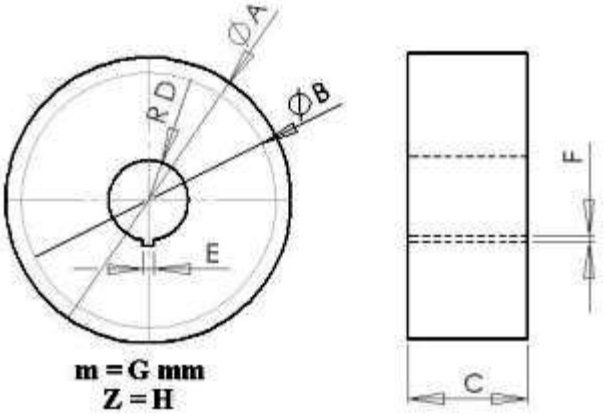
یک محور با قطر ۱۹ میلی متر که قطعه کار به صورت اصطکاکی بروی آن محکم شده است.



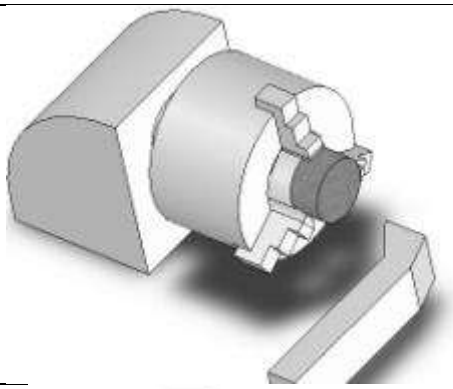
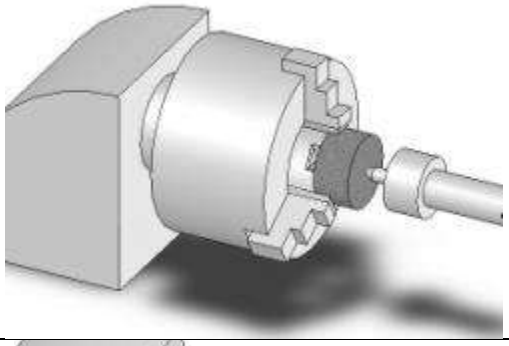
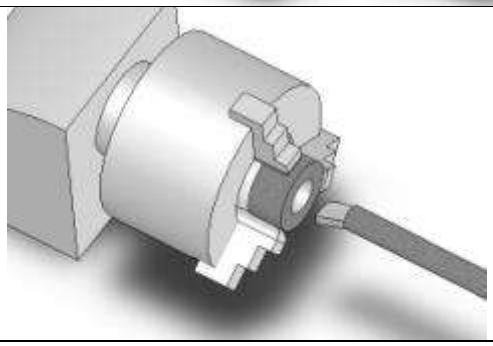
محورهای ۲ و ۳ به ترتیب با بوش فنری انبساطی و پیچ و مهره قطعه کار را محکم نگاه می دارند.

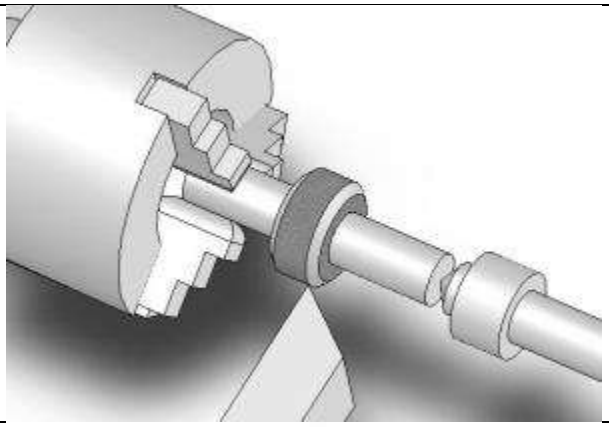
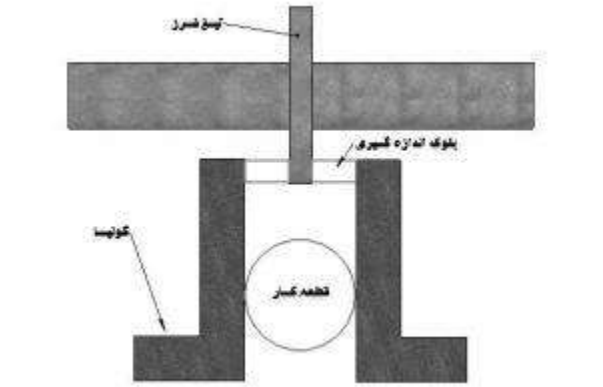
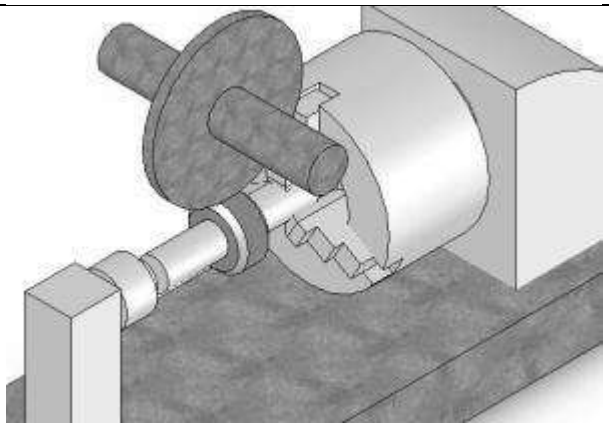
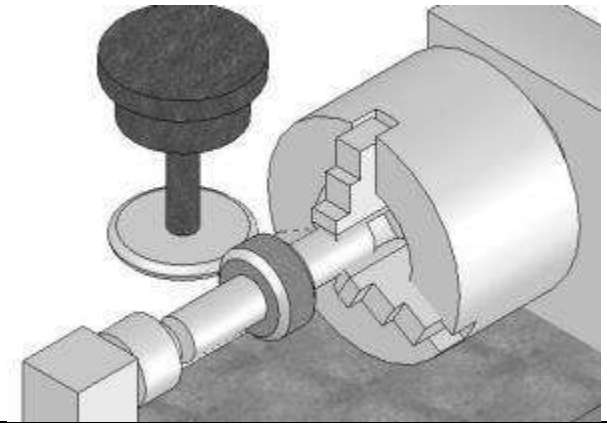
در صورتی که برای یک کار خاص دُرن استاندارد در دسترس نبود می توان از فولاد نَرم یک دُرن خاص، تراش کاری نمود. در دُرنهای گروهی می توان چند قطعه کار را بروی یک دُرن سوار و ماشین کاری نمود.

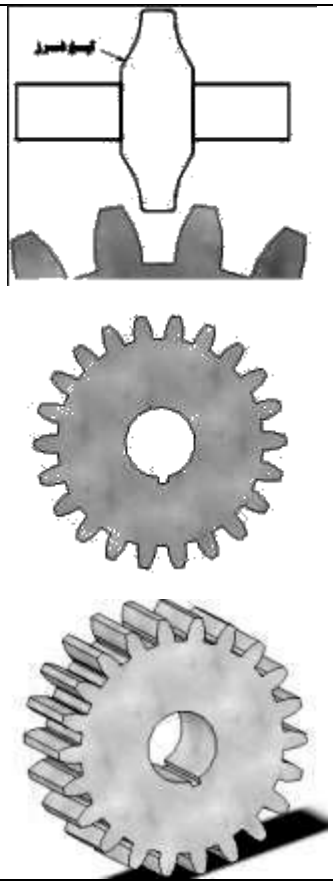
۸-۶-۵)اصول فرزکاری چرخ دنده ساده



اندازه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
قطعه														

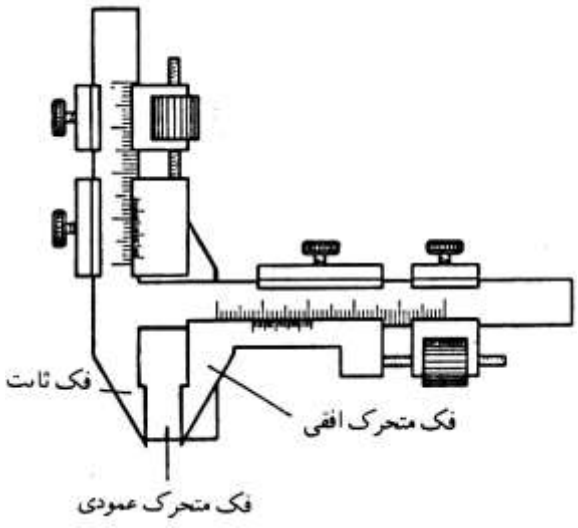
توضیحات مختصر	شکل	ترتیب اجرای عملیات
پیشانی تراشی دو طرف قطعه کار تا اندازه مورد نیاز		۱
سوراخکاری مقدماتی با مته مورد نیاز		۲
داخل تراشی به اندازه مورد نیاز		۳

بستن کار روی درن و تراش قطر آن تا اندازه مورد نیاز و تراش پخ دو طرف قطعه کار		۴
تنظیم تیغ فرز نسبت به مرکز قطعه کار		۵
باردادن به میزان ارتفاع دندانه چرخ دنده و فرزکاری اولین شیار (مانند شکلهای روبرو) می توان تیغ فرز مدولی را افقی یا عمودی بست البته در فرز کاری عمودی معمولاًاز تیغ فرزهای انگشتی مدولی استفاده می گردد.	 	۶

ادامه تقسیم به اندازه nk و ادامه عملیات تا فرزکاری تمام دندانه ها		۷

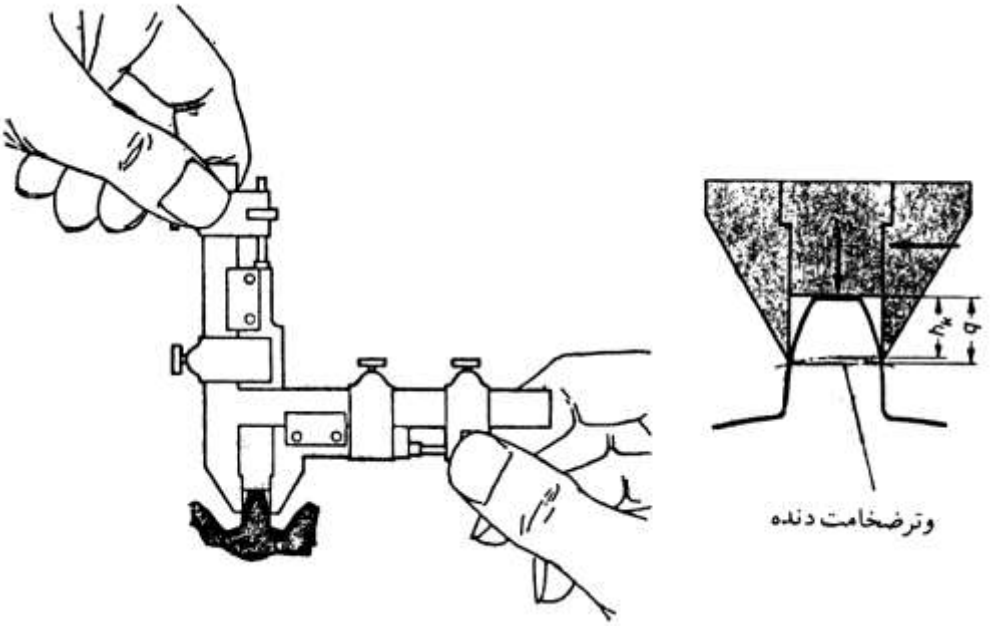
۹-۶-۵) اصول کنترل کیفیت چرخدنده های ساده متریک توسط کولیس مخصوص

اصولاً هنگام تراشیدن چرخدنده ها گاهی اتفاق می افتد که ارتفاع شیار دندانه بیشتر و یا کمتر از مقدار ارتفاع خواسته شده یعنی $h = 2.167m$ می شود. برای بررسی درستی چرخدنده تراشید شده کافی است که ضخامت دندانه را بروی دایره متوسط اندازه گیری نمود. برای انجام این عمل می توان از کولیس مخصوص اندازه گیری دندانه های چرخدنده استفاده کرد. این کولیس از دو قسمت مدرج (ورنیه) به صورت افقی و عمودی و یک تیغه (زبانه) تشکیل شده است. که قسمت مدرج افقی برای اندازه گیری ضخامت و قسمت مدرج عمودی برای تنظیم ارتفاع سردندانه می باشد.



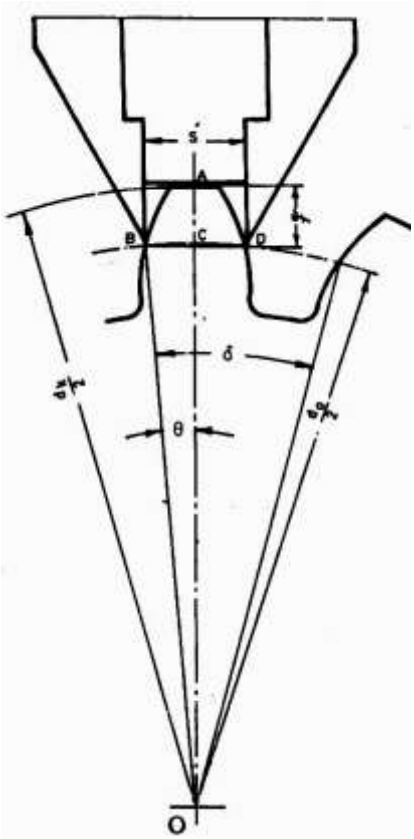
الف)روش اندازه گیری ارتفاع سردندانه

هنگام اندازه گیری، تیغه عمودی که بین دو فک کولیس قرار دارد باید طوری روی دندانه قرار گیرد که دو فک کولیس در محل تلاقی دایره متوسط بر دندانه مماس شوند. فاصله نقطه تماس فک ها با دندانه بروی دایره متوسط تا محل تماس تیغه بروی دندانه را ارتفاع اندازه گیری کولیس می گویند.



ب) محاسبه عمق اندازه گیری

هنگام اندازه گیری با این کولیس ابتدا فک متحرک عمودی را به اندازه (q) تنظیم می کنیم این مقدار بزرگتر از ارتفاع سردنده یعنی (hk) می باشد و برای مدولها و تعداد دندانه های مختلف به شرح زیر محاسبه می گردد. مقادیر q و S' جهت کنترل چرخ دنده ها عبارتند از :



$$q = m \times (1 + z \frac{1-\cos\theta}{2})$$

$$S' = m \times z \times \sin\theta$$

m= مدول چرخدنده برحسب میلی متر

z= تعداد دندانه چرخدنده

S'= وتر ضخامت دندانه برحسب میلی متر

q= عمق اندازه گیری برحسب میلی متر

θ= زاویه گام برحسب درجه

پرسش نمونه

برای کنترل چرخدنده ساده ای با تعداد دندانه $z=45$ و مدول ۳/۵ میلی متر می خواهیم از کولیس مخصوص چرخدنده استفاده کنیم. اندازه عمق تنظیم وسیله اندازه گیری (q) و وتر ضخامت دندانه (S') را محاسبه کنید.

$$\theta = \frac{90}{z} = \frac{90}{45} = 2^\circ$$

$$\cos 2^\circ = 0.9994$$

$$\sin 2^\circ = 0.0349$$

$$q = m(1 + z\ \frac{1-\cos\theta}{2})$$

$$q = 3.5(1 + 45\frac{1-0.9994}{2}) = 3.54725mm$$

$$S' = m \times Z \times Sin\theta = 3.5 \times 45 \times 0.0349 = 5.49675mm$$