وزارت کار و امور اجتماعی

محاسبات ماشین فرزکاری

از انتشارات صندوق کارآموزی

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
شناسائی کسراعشاری ومتعارفی	۳
یادآوری کمی ازهندسه ومثلثات بدون استدلال	۵
ماشین فرز	۸
محاسبه تقسیم‌های‌ساده ومستقیم بادستگاه جعبه تقسیم	۸
تقسیم مستقیم	۸
تقسیم غیرمستقیم	۱۰
تقسیم اختلافی	۱۳
دستگاه تقسیم انیورسال	۱۶
چرخدنده های ساده	۱۶
محاسبه چرخدنده های ساده	۱۶
انتخاب تیغه فرز	۲۵
محاسبه چرخدندانه‌های‌متری برحسب گام‌وتعیین‌نوع‌چرخدندانه غیرمشخص	۲۶
فرمول‌محاسبات چرخدندانه متری برحسب گام	۲۷
طرزاستفاده ازجداول مثلثاتی	۳۱
سرعت برش	۳۱
جداول مثلثاتی	۳۵ تا ۳۲
سرعت برش‌در ماشینهای فرز	۳۶
مقادیرمبنابرای سرعت برش‌و بار	۳۷
آشنائی بابعضی ازجداول مختلف فرزکاری	۳۸
ماریچ تراشی (دنده های ماریچ روی ماشین فرز)	۴۲

عنوان	صفحه
محاسبه گام ماریچها وتعیین زاویه آنها	۴۲
محاسبه زاویه ماریچ	۴۴
محاسبه وطرق ساختن چرخ دندانه های ماریچی	۴۸
مـــدول	۴۹
جدول مربوط به برادهٔ برداری در ماشینهای فرز	۵۰
محاسبه قطرمتوسط	۵۱
محاسبه قطرخارجی وارتفاع دندهٔ درچرخدندهٔ های ماریچ	۵۱
انتخاب تیغه فرز	۵۱
محاسبه چرخدندهٔ های سوارشوندهٔ روی دستگاه جعبه تقسیم‌جهت	
تراشیدن چرخدندهٔ های ماریچی	۵۲
تعیین مدول چرخدندهٔ	۵۳
تعیین چرخدندهٔ های سوارشوندهٔ	۵۶
محاسبه زوایای چرخدندهٔ های ماریچی بامحورموازی وعمود برهم	۵۸
جدول فرمول محاسبات چرخدندهٔ های ماریچی	۶۴
تراش‌میله دندانه ای (دندهٔ شانه ای) بادستگاه تقسیم‌خطی	۶۵
محاسبه تراشیدن تقسیمات بشقابی (پره‌های‌کفی جهت کلاچ وغیره)	۶۵
روش‌تراشیدن پره های‌جفت	۶۷
کارهای استثنائی روی‌ماشین فرز	۶۹
طرزساخت ومحاسبه حلزون	۶۹
تراشیدن چرخ حلزون	۷۱
پیـــچ تراشـــی	۷۶
چرخدندانه مخروطـــی	۷۶

د رایجاد صنایع مطمئن وسالم که زیربنای اقتصاد هرجامعه رابمعنی وسیع کلمه تشکیل میدهد عواملی دخالت مؤثرومستقیم دارند که (ماشین ، مواد اولیه ونیروی انسانی) نمونه برجسته بشمار میروند ازاین سه عامل مهم ، نیروی انسانی ماهر، مرتبه وارزش اول راحائزاست ، زیرا درتهیه دوعامل دیگر (ماشین ومواد اولیه) نیزنیروی انسانی ماهر، عامل اصلی وعلت وجودی است .

صندوق کارآموزی وابسته به وزارت کاروامورا جتماعی برطبق قانون ، وظیفه تعلیم جوانان فاقد تخصص وکارگران شاغل راتاسطح استاندارد های مهارت ازطریق آموزش دردوره های تخصصی کوتاه مدت بعهده دارد وبرای این منظورازامکانات مراکزکارآموزی ثابت ، مراکزکارآموزی سیار، مربیان سیارتعلیمات ضمن کار وروش ارتقاء مهارت ازطریق مکاتبه استفاده میکند .

باتوجه به این امرکه مربی ، کتاب وتجهیزات آموزشی درسطح کارگران ماهرفراهم نیست صندوق کارآموزی برای تعلیم مربی وتهیه کتاب های فنی و جامع ودرعین حال ساده ومفهوم درمورد هریك ازحرفه های صنایع ، اولویت خاص قائل است .

کتاب حاضربمنظورآموزش کارگران وبراساس استاندارد مهارت برای کارگران فرزکار بشماره ۳۰ـ۳۳ـ۸ تهیه شده ودرد رجه اول جهت آموزش کارگرانیکه درنظام آموزشی وضوابط صندوق کارآموزی تحت تعلیم قرار میگیرند مورد استفاده قرارخواهد گرفت .

درتألیف وتدوین کتاب ، سعی شده که اساس کاربرپایه ساده نویسی قرارگرفته ومطالب فنی ، با کمك ازتصاویرونقشه های روشن گویا بشیوه ای بیان شودکه فراگیری آن برای توده کارگروعموم افراد آسان باشد .

صندوق کارآموزی درصدد است علاوه برتعلیم وتدارك مربیان حرفه ای وآموزش مداوم وهمه جانبه کارآموزان وکارگران ماهر، بانشراینگونه کتاب های ساده ومصور، امکان دانش اندوزی وحرفه آموزی همگان را (اعم ازافراد شاغل درصنایع یاعلاقمندان به فنون وحرف) فراهم وزیربنای آموزش مداوم غیرکلاسیك رابرای همگان ممکن سازد .

کتاب محاسبات فرزکاری که به کوشش ناصرناصحی تبریزی وجمعی دیگرازمتخصصان وصاحب نظران صندوق کاراموزی تهیه وتدوین گردیده گامی است درراه تحقق بخشیدن به تعمیم آموزش حرفه ای وپاسخی به خواست محسوس ومنطقی کسانی که چرخ های صنایع کشوررا بحرکت درمیاورند .

امیداست این اقدام که برای اولین بار درایران صورت میگیرد ، موردا ستقبال کارگران وسایرافراد فنی کشور قرارگیرد وبخاطرداشته باشندکه سرویس اطلاعات فنی صندوق کاراموزی آماده پاسخگوئی بهرگونه سئوالات فنی وحل مشکلات حرفه ای است .

مقـــــدمـــــه

ماشین فرزکه جزوماشینهای ابزارمحسوب میشود یکی ازدقیقترین وحساسترین ماشینهای ابـــزار است وبدون آن ساختن بعضی ازقطعات اغلب ماشین آلات ممکن نیست زیراهرنوع ماشین اعم ازماشینهای ابزاراتومبیل ها، جرثقیل هاوغیره دارای چرخ دنده هائیهستندکه بوسیله ماشینهای فرزساختـــه میشود .

میزماشین فرزدارای حرکات طولی ــعرضی ــعمودی ودورانی است ، که باسرعت کم یازیـــاد بطوراتومات یابادست کارمی کند . همچنین قسمت بالای ماشین فرزطوری ســـاخته شده کـــه میتوان میله مربوط به تیغه فرزهای معمولی رابرداشت وبجای آن دستگاه دیگری سوارکرد ، بااین عمل میتوان انواع تیغه فرزهای انگشتی وغیره رابه این دستگاه بســت ومورد استفاده قرار داد .

باماشین فرزساختن انواع دنده های ساده ــماریچ ــحلزونی ــمخروطی وکف تراشـــی و درآوردن انواع شیـــارد رفرمهای مختلف جای خارهاوغیره رامیتوان انجام داد .

این کتاب برای آموزش تمام افرادی که باماشین فرزبایستی کار کنند تهیه شده وابتدامقدمه ای در ــ مورد آشنائی کارگران باکسراعشاری ومتعارفی وتناسب نوشته شده که برای محاسبات اولیه فرزکـاری چرخ دنده هاضرروی است همچنین درقسمتهای دیگرکتاب جداولی مانندجدول سینوس ــکسینوس ــ تانژانت ــکتانژانت وجدولهای مخصوص سرعـت وبرادە برداری تهیه شده که میتواند افراد رابـــا محاسبات وسیستم کاربامامشینهای فرزراهنمائی نماید .

بین ماشینهای ابزاروسیستمهای فرعی سازنده قطعات مختلف صنعتی ،" ماشین فرز "جـــای ویژه وبرجسته ای دارد ، هیچیك ازماشین آلات وموتورهای کوچك وبزرگ ثابت وسیّار رانمی توان یافت که نمونه ای ازقطعات ساخته یامرمت شده فرزدرآن موجود نباشدچه ساده ترین مظاهـــــر وآثار" فرز "چرخ دنده است که هیچ ماشینی فاقدوبی نیازازآن نخواهد بود .

ماشین فرزبامکانیزم خاصی ساخته شده که انواع استفاده راازآن میتوان کرد مثلا" میزایـــن ماشین علاوه برحرکت دورانی درتمام جهات ششگانه باسیستم اتوماتیك یادستی وسرعتهای مختلـف حرکت کرده وتیغه های فرز، به نوع وشماره دیگریابه سایرادوات فنی (غیرفرز) قابل تعویـــض

است .

نکته مهم واساسی در فرزکاری محاسبات ومقیاسها ونسبت های مربوط باین رشته دقیق صنعتی است که هرکارگرماهرومتخصص فرزکاری باید دقیقا" بآن وارد وآگاه باشد .

دراین کتاب علاوه برذکرمکانیزم وسیستمهای مختلف ماشین فرزوانواع استفاده ای که ازآن بعمل میآید وهمچنین بیان طرزکارهریك ازقسمتها وقطعات مربوط بفرز، آموزشهای مختصری نیزازمقدمات این محاسبات بعمل آمده وتوضیحاتی درباره کسوراعشاری ومتعارفی وتناسب داده شده است ونیز جدولهای جامعی ازخطوط مثلثاتی واستاندارد سرعتها وعملیات برادە برداری ـ درقسمتهای مربوط درج گردیده است که خواننده یاکارآموزبامطالعه آن بهره کافی ازمطالب لازمه خواهد یافت که بازبانی ساده دراین کتاب تشریح ودردسترس علاقه مندان قرارداده میشود .

شناسائی کسراعشاری ومتعارفی :

اگرشیئی رابه پنج قسمت مساوی تقسیم کنید وسه قسمت آنرابردارید برای نشان دادن آن ، کسر $\frac{۳}{۵}$ راباید تشکیل دهید .

در ریاضی کسررابرای اعداد کوچکترازیك تشکیل میدهند اگرتقسیم کردن شیئی برمبنای عدد ده باشد آن کسررااعشاری یا دهدهی میگویند مانند (۰/۱ یا $\frac{۱}{۱۰}$) ولی اگرمبنای تقسیم دلخواه باشد ، آنرا کسرمتعارفی گویند مثل $\frac{۴}{۵}$ یا $\frac{۲}{۹}$ که عدد بالای خط کسری راصورت وعدد زیرخط کسری رامخرج مینامند .

ضرب وتقسیم :

اگرصورت ومخرج کسررادریك عدد ضرب ویابرعدد دیگری تقسیم کنید حاصل کسرتغییری نمیکند .

مثال :

$$\frac{۲}{۱۰} = \frac{۲ \times ۳}{۱۰ \times ۳} = \frac{۶}{۳۰}$$

$$\frac{۲}{۱۰} = \frac{۲ \div ۲}{۱۰ \div ۲} = \frac{۱}{۵}$$

مقایسه دو کسر برای مقایسه دوکسررصورتی که مخرج آنهامساوی باشدکسری که صورتش بیشترباشد بزرگتراست . هرگاه صورت دوکسرمساوی باشدکسری که مخرجش کوچکترباشد بزرگتراست .

جمع وتفریق :

کسرهای اعشاری یامتعارفی رامیتوان باهم جمع یاازهم کم کرد ، برای این کار یابایدمخرج آنها راباهم مساوی کرد ، یاکوچکترین عددی رابدست آوردکه برمخرج کسرهاقابل تقسیم باشد ، حال اگر این عدد رابرمخرج کسراول تقسیم کرده وحاصل رادرصورت همان کسرضرب کنیدکسردیگری بدست میآید . این کسررایادداشت کنید . برای کم کردن کسردوم ازکسراول بایدمخرج مشترك رابرمخرج کسردوم نیزتقسیم کرده وحاصل رادرصورت همان کسرضرب کنید .

دراین صورت دوکسربدست میآیدکه مخرجهای آنهامساوی است ، برای عمل تفریق فقط بایدصورتهارااازهم کم کرد ، حاصل کسرجدیدی است که صورتش ، تفاضل صورتهاومخرجش ، همان مخرج مشترك است .

مثـــال :

($\frac{3}{4} - \frac{7}{8}$) مخرج مشترك این دوکسرمیتواند اعداد (۳۲و۲۴و۱۶و۸) باشد ولی کوچکتریـــن مخرج مشترك عدد ۸ شده که برهردومخرج قابل تقسیم است پس طبـــق روش بالا :

($\frac{1}{8} = \frac{6-7}{8} = \frac{3}{4} - \frac{7}{8}$) عمل جمع نیزبهمین ترتیب است، ($\frac{13}{8} = \frac{7+6}{8} = \frac{3}{4} + \frac{7}{8}$)

ضرب وتقسیم : دوکسرراميتوان دریکدیگرضرب کرد به این ترتیب که حاصل ضرب صورتها راصورت ،- حاصل ضرب مخرجها را، مخرج کسرقرارداد . کسربدست آمده حاصلضرب دوکسرخواهد شـــد .

مثال : ($\frac{10}{21} = \frac{2}{3} \times \frac{5}{7}$) .

دوکسرراميتوان برهم تقسیم کرد . برای این کار باید صورت ومخرج کسردوم رامعکوس ودرکســـر اول ضرب کرد .

مثـــال : ($\frac{35}{24} = \frac{7}{4} \times \frac{5}{6} = \frac{4}{7} \div \frac{5}{6}$) کسراول رامقسوم وکسردوم رامقسوم علیه گویند .

نسبت : خارج قسمت دوعدد رانسبت آن دوعدد گویند . تساوی دونسبت راتناسب مینامند .

الف ـ تناسب عددی ۲+ ۶= ۳+ ۵

ب ـ تناسب هندسی $\frac{60}{12} = \frac{10}{2}$

درتناسب هندسی دوعدد راطرفین ، ودوعدد راوسطین ، گوینـــد .

مثلاً" درتناسب $\frac{60}{12} = \frac{10}{2}$ عدد ۱۰ (صورت کسرطرف اول) و۱۲ (مخرج کسرطرف دوم) را طرفین و عدد ۶۰ (صورت کسرطرف دوم) و۲ (مخرج کسرطرف اول) راوسطین مینامند .

همیشه درتناسب هندسی حاصل ضرب طرفین مساوی باحاصل ضرب وسطین است . هرگـــاه یکی ازعوامل طرفین یاوسطین نامعلوم باشد میتوان ازسه عامل دیگر، آن عدد راپیداکردعدد مجهـول رامعمولا" باحرف (x ایکس)نشان میدهنـــد .

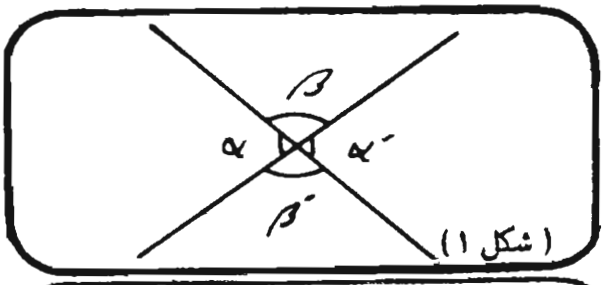
مثال : تساوی $\frac{60}{x} = \frac{10}{2}$ رادارید ومیخواهید x رامعلوم کنید .

حـل : ابتـداء طرفیـن وسطیـن کـــرده سپس طرفین رابرضریب عدد مجهول تقسیـــم کنید ($x = 12$ ، $x = \frac{2 \times 60}{10}$ ، $10x = 2 \times 60$) .

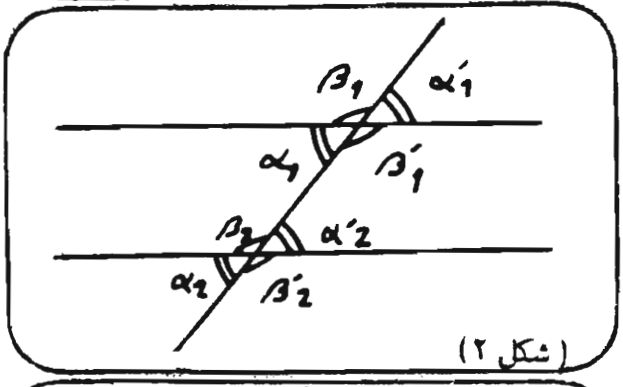
یادآوری کمی ازهندسه ومثلثات بدون استدلال :

۱ــ هرگاه دوخط یکدیگررا قطع کنند زاویه های مقابل یکدیگرا متقابل به راس گویند وباهم برابراست(شکل ۱) .

۲ــ هرگاه دوخط متوازی راخط دیگری قطع کنـــد زاویه های داخلی وخارجی بوجود آمده باهم برابر ــ است (شکل ۲) بطوریکه :



(شکل ۱)



(شکل ۲)

$\alpha_1 = \alpha'_1$ $\quad \beta_2 = \beta'_2$

$\alpha'_1 = \alpha'_2$ $\quad \alpha'_1 = \alpha_2$

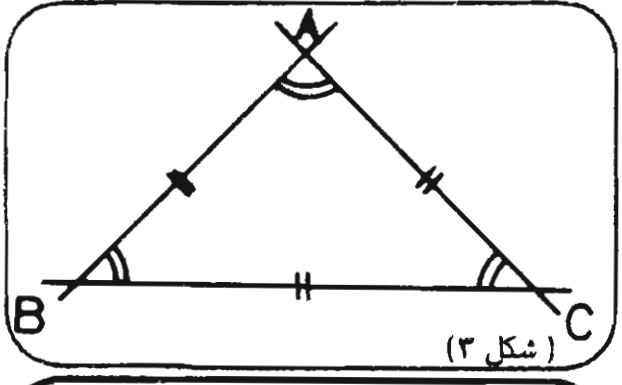
$\beta_1 = \beta'_1$ $\quad \beta_1 = \beta'_2$

$\beta'_1 = \beta'_2$

$\alpha_2 = \alpha'_2$

مثلـــــث :

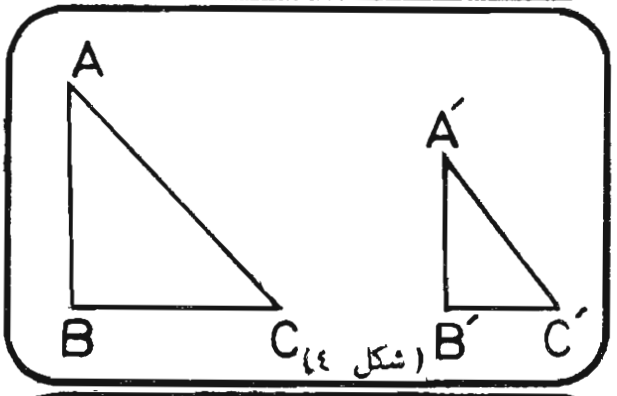
۳ــ هرگاه سه خط دوبدو یکدیگررا قطع کنند مثلـــث بوجود می آید .



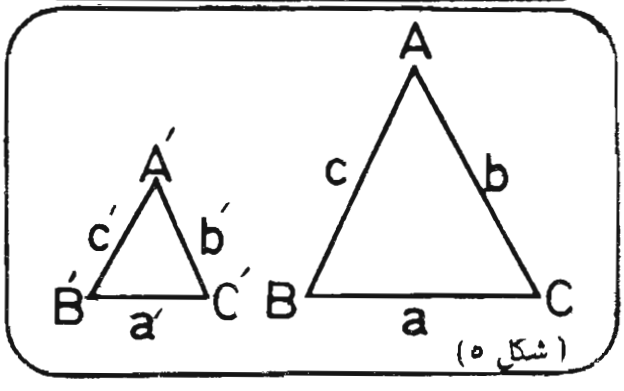
(شکل ۳)

بنابراین درهرمثلث سه زاویه وسه ضلع وجـــود دارد ،هرمثلث راباحروف سه راس آن میخواننـــــد مجموع زاویه های یک مثلث ۱۸۰ درجه است(شکل ۳) .

دومثلث راوقتی متشابه میگویندکه سه زاویه آن دو ــ باهم مساوی باشد . چون جمع زاویه های داخلی هرمثلث دوقائمه (۱۸۰ درجه) استواگردو مثلث فقط دوزاویه باهم مساوی باشد زاویه سوم شان هم بـــه ناچاربا هـــم مساوی می شود .



(شکل ٤)



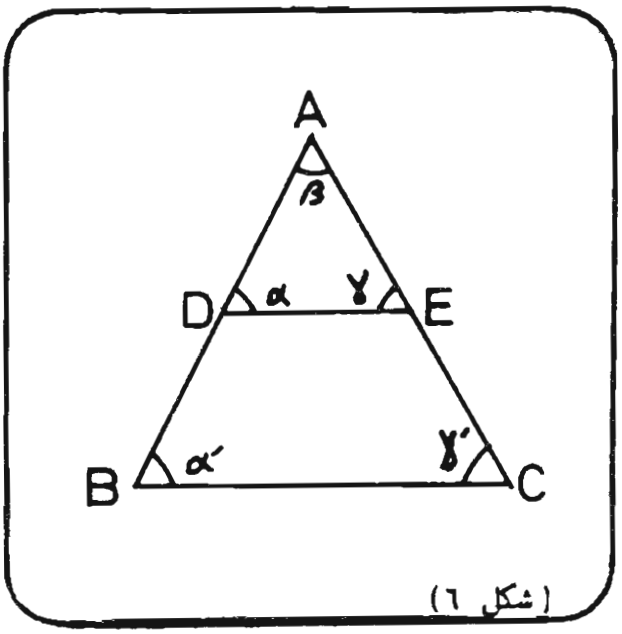
(شکل ٥)

دردومثلث متشابه نسبت اضلاع نظیربه نظیرباهـــم برابراست ، یعنی دردومثلث $A'B'C'$ ، ABC (شکل ٤ و ٥)

$$\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'} = \frac{c}{c'}$$

۴ــ وقتی د ریك مثلث خطی به موازات قاعده رسم کنید تا د وضلع دیگر مثلث را قطع کند مثلث بدست آمده جدید شبیه مثلث قدیم می شود (شکل ٦) زیرا طبق آنچه که برای د وخط موازی ویك خط قاطع گفته شد α با α' و γ با γ' مساوی خواهد شد وزاویه (β) هم د رد ومثلث مشترك است ونسبت تشابه بین اضلاع نیز وجود د ارد یعنی :

$$\frac{AD}{AB} = \frac{AE}{AC} = \frac{DE}{BC}$$



(شکل ٦)

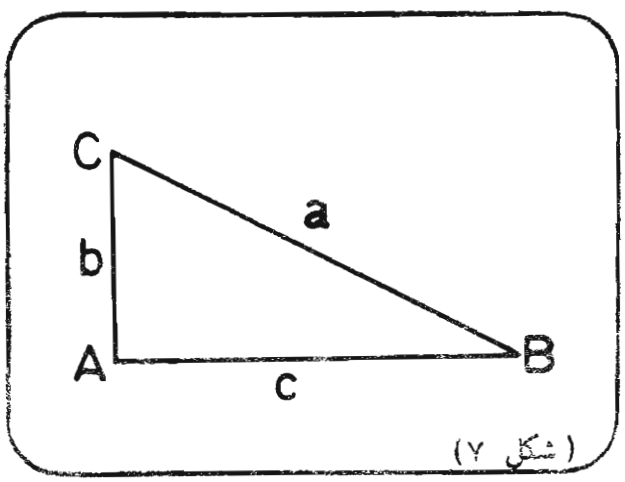
توضیح اینکه ،با بعضی عملیات روابط فوق بصورتهای گوناگونی تبدیل میشود ۰

مثلث قائم الزاویه : مثلث قائم الزاویه مثلثی است که یکی اززاویه های آن قائمه (۹۰ د رجه) باشد ۰ چون یکی اززاویه های مثلث قائم الزاویه ۹۰ د رجه است بنابراین مجموع د وزاویه د یگرش حتما" ۹۰ د رجه میشود تا مجموع سه زاویه ۱۸۰ د رجه شود ۰ همبستگی اضلاع وزاویه های مثلث قسمتی ازریاضیات است که مثلثات نامیده میشود ۰

ویژه گی های مثلث قائم الزاویه :

د راضلاع وزاویه های مثلث قائم الزاویه همبستگی هائی مشاهده میشود به شرح زیر:

۱ــ ضلع روبروی زاویه ۹۰ د رجه راوتر می نامند ۰ برای سهولت کار مثلث قائم الزاویه ای مانند ABC را د رنظر بگیرید واضلاع زاویه های آنرا نامگذاری کنید ۰ (شکل ۷)



(شکل ۷)

طول ضلع $C = AB$

" " $b = AC$

" " $a = CB$

زاویه $\alpha = \hat{B}$

" " $\beta = \hat{C}$

مهمترین رابطه د رمثلث قائم الزاویه :

مربع وترمجموع مربعات د وضلع د یگرمســـاوی است .

$$a^2 = b^2 + c^2$$

همبستگی هاواصطلاح ها :

(Sin) سینوس

(Cos) کسینوس

(Tg) تانژانت

(Cotg) کتانژانت

β مربوط به زاویه

$$\begin{cases} \frac{AB}{BC} = \frac{C}{a} = \text{Sin}\beta \\ \frac{AC}{BC} = \frac{b}{a} = \text{Cos}\beta \end{cases}$$

α مربوط به زاویه

$$\begin{cases} \frac{AC}{BC} = \frac{b}{a} = \text{Sin}\alpha \\ \frac{AB}{BC} = \frac{C}{a} = \text{Cos}\alpha \end{cases}$$

هرگاه سینوس‌زاویه ای رابرکسینوس‌همان زاویه تقسیم کنید . حاصل راتانژانت (Tg) آن زاویه می نامند .

هرگاه کسینوس‌زاویه ای رابرسینوس همان زاویه تقسیم کنید حاصل راکتانژانت (Cotg) آن زاویه می نامند .

باتوجه به تعریف بالا :

$$\begin{cases} \text{Tg}\alpha = \frac{\text{Sin}\alpha}{\text{Cos}\alpha} = \frac{\frac{b}{a}}{\frac{c}{a}} = \frac{b}{c} \\ \text{Cotg}\alpha = \frac{\text{Cos}\alpha}{\text{Sin}\alpha} = \frac{\frac{c}{a}}{\frac{b}{a}} = \frac{c}{a} \end{cases}$$

باکمی دقت خواهید دید کـــه :

$$\begin{cases} \text{Tg}\beta = \frac{\text{Sin}\beta}{\text{Cos}\beta} = \frac{\frac{C}{a}}{\frac{b}{a}} = \frac{C}{b} \\ \text{Cotg}\beta = \frac{\text{Cos}\beta}{\text{Sin}\beta} = \frac{\frac{b}{a}}{\frac{C}{a}} = \frac{b}{c} \end{cases}$$

$$\text{Tg}\alpha = \frac{b}{c} \quad , \quad \text{Cotg}\beta = \frac{b}{c}$$

پـــــس : $\text{Tg}\alpha = \text{Cotg}\beta$, $\text{Cotg}\alpha = \text{Tg}\beta$

بابکاربردن روابطی که گفته شد می توان باداشتن بعضی مشخصات جزئیات د یگرمثلث قائم الزاویه رابدست آورد مثلا" فرض‌کنید اندازه وترویکضلع مثلث قائم الزاویه ای:

وتره = a میلیمتروضلع b = 4 میلیمترباشد طبق فرمول :

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$c^2 = a^2 - b^2$$

$$c^2 = ۲۵ - ۱۶$$

$$c^2 = ۹$$

$$c = ۳$$

$$Tg\,\beta = \frac{c}{b} = \frac{۳}{٤} = ۰/۷۵$$

بهمین ترتیب بامشخص‌بودن بعضی ازاضلاع‌وزاویه هامیتوان سایراجزای مثلث رامحاسبه کـرد ۰

ماشین فـــرز:

ماشین فرزکه‌برای کارهای مختلف بخصوص‌جهت درست کردن چرخ دنده های مختلف ساخته شده دارای دستگاه جعبه تقسیمی استکه روی میزماشین فرزسوارمیشود ۰

محاسبه تقسیم های‌ساده ومستقیم بادستگاه جعبه‌تقسیم :

عمل تقسیم توسط دستگاه جعبه تقسیم به سه طریق انجام میگیرد :

الف ــ تقسیم مستقیم ۰

ب ــ تقسیم غیرمستقیم ۰

ج ــ تقسیم اختلافی (دیفرانسیل) ۰

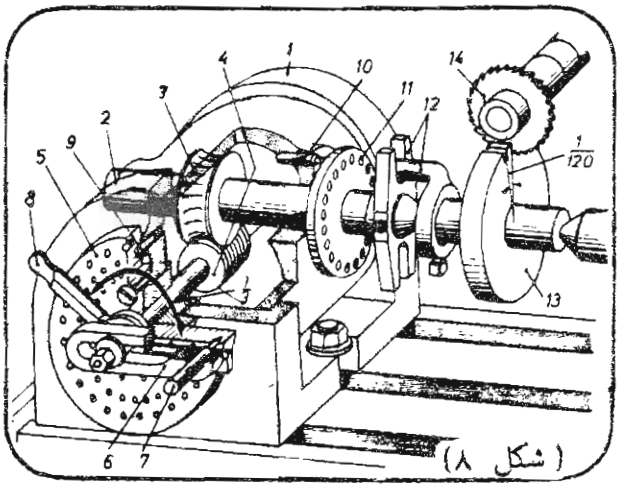
الف ــ تقسیم مستقیم:

دستگاه مربوط به این نوع‌تقسیم بسیارساده است وبرای سرعت‌عمل درکارهای سری مورد استفاده قرارمیگیرد ۰

دستگاه تقسیم مستقیم عبارت ازدستگاهی استکه روی قسمت جلوئی دستگاه جعبه تقسیم ســـوار میشود وازیك صفحه سوراخدار(۱۱) که روی‌محورد ستگاه (۲) نصب‌شده تشکیل یافته استویك ضامن (۱۰) روی بدنه آن(۱) محکم‌شده است که آنرادسته تقسیم‌مستقیم‌مینامند ۰قسمت داخلی ضامن‌دارای‌فنری‌اســت که نوك آن‌داخل سوراخهای صفحه تقسیم‌جای‌میگیرد وازحرکت آزادکاردرموقع‌فرزکاری‌جلوگیری میکند ۰

عمل‌تقسیم‌رانیز به کمـك آن انجام میدهندکه پس‌ازمحاسبه ومشخص‌شدن مقدارحرکت دستهٔ تقسیم

روی صفحه سوراخ دار باندازهٔ لزوم میگردانند برای این منظور ابتدا نوک ضامن را می گردانید دسته تقسیم را با فشار انگشت از سوراخ صفحه تقسیم خارج کرده ودسته را باندازهٔ میگردانند که نوک ضامن در سوراخی که بامحاسبه بدست آمده است قرار گیرد (شکل ۸) ۰



(شکل ۸)

جعبه تقسیم ازقطعات زیرتشکیل شده است :

۱ــ بدنه ۲ــ محورتقسیم ۳ــ چرخ حلزونی یاچهل دندانه ٤ــ حلزون یکراهه ٥ــ صفحه تقسیم برای تقسیمات مستقیم وغیرمستقیم (قابل تعویض) ٦ــ دسته تقسیم ۷ــ ضامن فنردار دسته تقسیم ۸ــ قیچی تنظیم ۹ــ ضامن پشت صفحه تقسیم ۱۰ــ ضامن صفحه تقسیم مستقیم ۱۱ــ صفحه تقسیم برای تقسیمات مستقیم ۱۲ــ گیره قلبی وصفحه مرغك ۱۳ــ محوروصل شونده به قطعه کار ۰

چون تمام تقسیمات مستقیم مورد نیازرانمیتوان بایك صفحه انجام داد بنابراین چند صفحه تقسیم با تعداد سوراخهای مختلف که اغلب ضمیمه دستگاه تقسیم است انتخاب کنید ۰ باهرصفحه فقط میتوان تقسیماتی راانجام دادکه تعداد سوراخهای حك شده روی آن صفحه برتعداد تقسیمات مورد نیاز قابل قسمت باشد مثلا" اگرصفحه ای دارای ۲٤ سوراخ باشد میتوان تقسیمات زیررا انجام داد ۰

تعداد تقسیم	مقدار گردش دسته	برای هر تقسیم
۲۴	۱ فاصله سوراخ	۱= ۲۴ ؛ ۲۴
۱۲	۲ " "	۲= ۱۲ ؛ ۲۴
۸	۳ " "	۳= ۸ ؛ ۲۴
۶	۴ " "	۴= ۶ ؛ ۲۴
۴	۶ " "	۶= ۴ ؛ ۲۴
۳	۸ " "	۸= ۳ ؛ ۲۴
۲	۱۲ " "	۱۲= ۲ ؛ ۲۴

ب ــ تقسیم غیرمستقیم :

درصورتیکه برای تقسیم کردن کارازدستگاه تقسیم مستقیم ذکرشده نتوانید استفاده کنید از ــ صفحات سوراخداریکه ضمیمه هرماشین فرزاست وروی پیچ حلزون نصب شده استفاده کنید .

صفحه تقسیم که ازصفحه فلزی دایرهٔشکلی تهیه شده ودارای دایره هائی متحدالمرکزاست که برروی هریك ازاین دایره هاسوراخهائی تعبیه شده که تعدادآنهابروی صفحهٔ حسك شده اســـت .

الف ــ صفحه شماره ۱ــ۱۵/ ۱۶/ ۱۷/۱۸ ۱۹/۲۰/

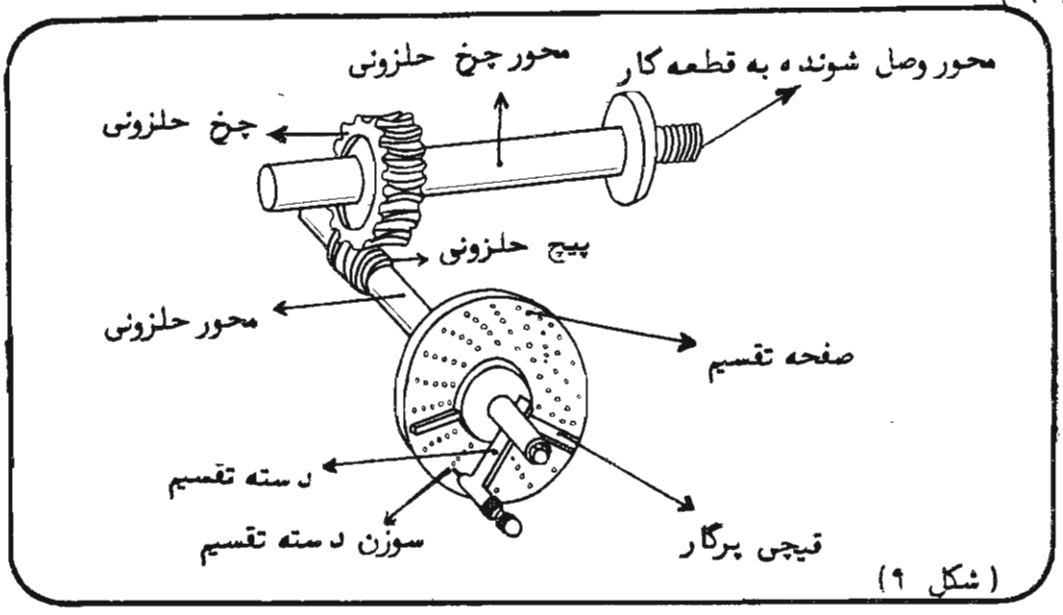
ب ــ صفحه " ۲ــ۲۱/ ۲۳/۲۷/۲۹/۳۱/۳۳/

پ ــ " " ۳ــ۳۷/ ۳۹/۴۱/۴۳/۴۷/۴۹/

برای انتقال تقسیمات ازصفحه تقسیم برروی محورکارمعمولا" دردستگاه تقسیم ازپیچ حلزون وچرخ حلزون که نسبت دورآنها $\frac{1}{40}$ یا $\frac{1}{60}$ میباشد استفاده میشود . نسبت $\frac{1}{40}$ به این معنی است که، اگردسته تقسیم را ۴۰ دوربگردانید محورکاریاقطعه‌کارشونده یکبار دورخواهدگشت . براین بنا برای هربارگردش دسته تقسیم، قطعه کاربانداز $\frac{1}{40}$ دورمیگردد .

گفته شد که تقسیمات مستقیم راهم میتوان ازطریق صفحات سوراخداروپیچ حلزون وچرخ ــ

حلزونی انجام داد ولیکن چنانچه گفته شد برای سهولت کار مخصوصا" در مورد کارهای سری اکثرا" از قسمت جلو دستگاه تقسیم که قبلا" شرح داده شد و برای تقسیمات مستقیم طرح شده است استفاده میشود (شکل ۹) .



(شکل ۹)

مثلا" برای تقسیم کاربه Z قسمت میتوان ازیك تناسب (معکوس) استفاده کرد .

تعداد دورمحوررا برای هرتقسیم میتوان ازفرمول زیربدست آورد .

$$\frac{40}{Z} \qquad \frac{1}{NK} = \frac{40 \times 1}{Z}$$

$$NK = \frac{40}{Z} \text{ یا، } \frac{40}{\text{تعداد تقسیمات مورد لزوم}} = \text{تعداد دور دسته جعبه تقسیم}$$

توضیح اینکه اگربخواهید قطعه کاری رابه Z قسمت تقسیم کنید باید دسته تقسیم رابرای هربار تقسیم یکدورکامل بگردانید تاکاربه ۴۰ قسمت تقسیم شود برای تقسیم کردن کاربه Z قسمت دسته تقسیم راباید چقدر بگردانید ؟

ولی اگرنسبت دستگاه تقسیم $\frac{1}{60}$ باشد درتناسب بالا بجای ۴۰ عدد ۶۰ راقراردادباید .

مثال : توسط دستگاه جعبه تقسیمی که نسبت آن $\frac{1}{60}$ است کاری رابه ۱۵ قسمت تقسیم کنید ومقدار گردش دسته تقسیم رابدست آورید .

دراینجا Z باتعداد دندانه های لازم مساوی ۱۵ میباشد دراین صورت : $NK = \frac{60 \times 1}{15} = 4$

بنابراین دسته تقسیم رابرای هردندانه یاشیاربایدچهاربارباگرداندن .

چنانچه Nkعدد اعشاری باشد لازم است آن رابصورت کسری درآورید تامخرجش باتعداد سوراخهای یکی ازدایره های صفحه تقسیم ، مساوی شود .

مثال : بکمك دستگاه جعبه تقسیم $\frac{1}{40}$ قطعه کاری رابه ۵۰ قسمت تقسیم کرده ومقدارگردش دسته تقسیم راحساب کنید .

۱	۴۰
X	$۵۰ = \frac{۱ \times ۴۰}{۵۰} = \frac{۴}{۵}$

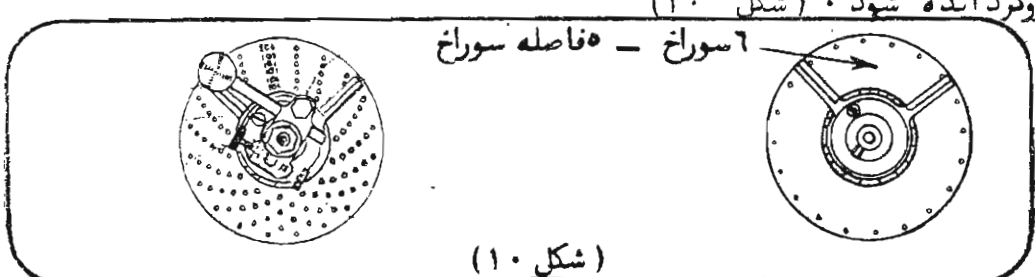
حالاصورت ومخرج کسر رادریك عدد ضرب کنید تامخرج کسرمساوی تعداد سوراخهای یکی از دایره های صفحه تقسیم شود .

$$NK = \frac{۴}{۵} \times \frac{۴}{۴} = \frac{۱۶}{۲۰}$$

کسر$\frac{۱۶}{۲۰}$ مشخص میکندکه دسته تقسیم ۱۶ فاصله سوراخ روی دایره ۲۰سوراخی بایدبچرخد تاهردندانه یاشیارتراشیده شود .

برای ازبین رفتن هرگونه اشتباه جهت شمارش تعداد سوراخهاازقیچی مخصوص یابازوهای صفحه تقسیم استفاده کنید . درمورد مثال بالاسوزن دسته تقسیم راروی دایره بیست سوراخی قرارداده وبازوهای صفحه تقسیم راباندازه ۱۶ فاصله(۱۷ سوراخ) بازکنید وپیچ محکم کننده بازوهارامحکم ببندید .

دراین صورت برای تراشیدن هردندانه یاشیارکافی است که دسته تقسیم هربارباندازه فاصله بین دوبازوگردانده شود . (شکل ۱۰)



(شکل ۱۰)

درصورتیکه تعداد دندانه های قطعه کارکمتراز۴۰باشدباین ترتیبمحاسبه میشود .

مثال : تعداد دندانه هایچرخ دنده مساوی۲۷تعیین کنید دسته صفحه تقسیم راچه مقداربایستی بگردانیم (نسبتدستگاه جعبه تقسیم $\frac{۱}{۴۰}$ میباشد) حل :

$$\frac{۱۳}{۲۷} + ۱ = \frac{۴۰ \times ۱}{۲۷}$$

بنابراین دسته صفحه تقسیم رایك دوربعلاوه ۱۳ سوراخ دردایره ۲۷سوراخی صفحه تقسیم بایستی بگردانیم .

ج ــ تقسیم اختلافی :

تقسیماتی که ازطریق تقسیم مستقیم وغیرمستقیم بدست نیاید بکمك چرخدنده اضافی وازطریق تقسیم اختلافی (دیفرانسیل) قابل تقسیم میشود .

درتقسیم دیفرانسیل یااختلافی ، صفحه تقسیم برخلاف حالات قبل بایدآزاد باشد زیراصفحه تقسیم بوسیله چرخدنده درجهت حرکت میله یادرخلاف جهت آن باید بگردد .

مثال : بکمك یك دستگاه تقسیم اختلافی که نسبت آن $\frac{1}{40}$ است یك چرخدندانه ۸۱ دنده ای ــ بتراشید . چون نسبت $\frac{40}{81}$ متباین است بجای ۸۱ دندانه نزدیك ترین عدد قابل تقسیم بآن را(که ممکن است کوچکتریابزرگترباشد) انتخاب کنید تاچرخدنده های انتخابی صحیح تروآسانتربدست آید چون درمثال بالاعدد ۸۰ راانتخاب کردید بنابراین میزان اشتباه خواهد شد :

$$\frac{A}{D}=\frac{40}{80}-\frac{40}{81}=\frac{40\times81-40\times80}{80\times81}=\frac{40\ (81-80)}{80\times81}=\frac{40}{80}\times\frac{1}{81}\Rightarrow\frac{A}{D}=\frac{10}{20}\times\frac{1}{81}$$

بنابراین علاوه برگردش $\frac{40}{80}$ ، حرکت اضافی $\frac{1}{81}\times\frac{40}{80}$ نیزبایدانجام شود واین اضافه گردش با سوارکردن چرخدنده های اضافی امکان پذیراست .

نسبت چرخدنده هائی که باید سوارشود به نسبت عکس $\frac{40}{80}=\frac{\frac{1}{81}\times\frac{40}{80}}{\frac{1}{81}}$ خواهد شد .

دراینجاتعداد دندانه هائی که بایدتقسیم شود باحرف Z وتعداد گردش دسته تقسیم باحروف MK وعدد انتخابی جهت تقسیم اختلافی باحروف ZI نمایش داده میشود .

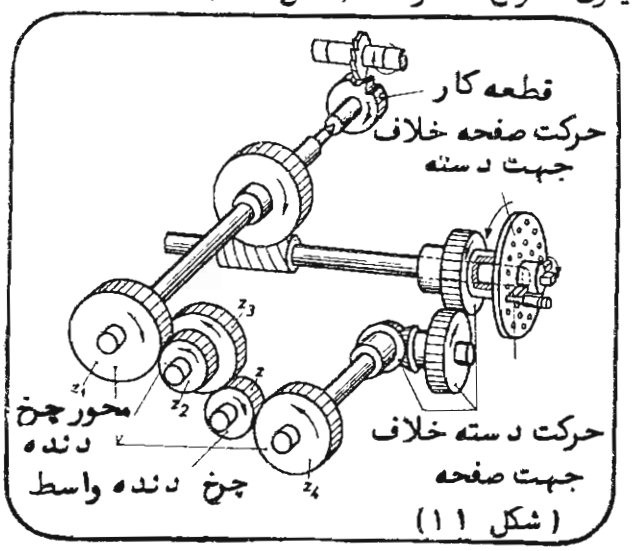
توضیح : اگرحاصل Z-ZI منفی وبعبارت دیگرعدد انتخابی کوچکترازعدد اصلی باشد حرکت صفحه تقسیم ودسته ، مخالف یکدیگرمیشود واگرحاصل Z - ZI مثبت بوده یعنی عدد انتخابی ازعدد اصلی بزرگترباشد دراین حالت حرکت صفحه ودسته باید موافق یکدیگرشود .

ممکن است تعداد دندانه های مورد نیازدرسری چرخدنده هاموجود نباشد ، چون تعداد دندانه چرخدنده هامحدود است وفقط طبق سری زیردرد ستگاههای $\frac{1}{40}$ یافت میشود .

۱۰۰ــ ۸۶ــ ۷۲ــ ۶۴ــ ۵۶ــ ۴۸ــ ۴۴ــ ۴۰ــ ۳۶ــ ۳۲ــ ۲۸ــ ۲۴

چنانچه تعداد دندانه چرخدنده ای درسری بالاموجودنباشد ، صورت ومخرج کسررادرعددی ضرب یاتقسیم کنیدکه حاصل آن یکی ازچرخدنده های سری بالاشود .

درمورد مثال گذشته اگرصورت ومخرج کسر $\frac{٤}{٨}=\frac{٤٠}{٨٠}$ دراعداد $\frac{٦}{٦}$ یا $\frac{٧}{٧}$ یا $\frac{٨}{٨}$ یا $\frac{٩}{٩}$ ضرب شودکسرهای $\frac{٢٤}{٤٨}$ یا $\frac{٢٨}{٥٦}$ یا $\frac{٣٢}{٦٤}$ یا $\frac{٣٦}{٧٢}$ بدست میآیدکه درسری چرخدنده هاموجوداست وضمنا" سوارکردن هرکدام ازآنهاروی دستگاه بادیگری تفاوتی ندارد . (شکل ١١)



(شکل ١١)

ازطرفی چون اختلاف Z_4 - Z منفی است پس بایدحرکت دسته وصفحه مخالف یکدیگرشود ، لذا بایدیك چرخدندهرابط بکاربرد .

برای اینکار، یك چرخدنده راباهرتعدادددانه ای که داشته باشدمیتوانیدبعنوان واسطه بین دوچرخدنده بدست آمده سوارکنید .

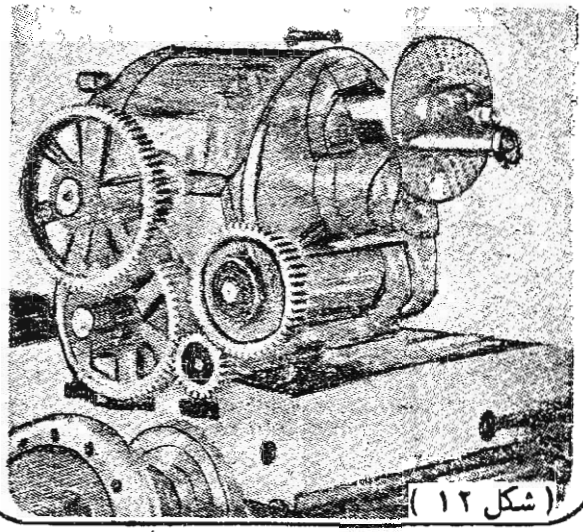
مثال : اگربخواهیدچرخدنده ٦٣ دندانه ای رابکمك دستگاه $\frac{١}{٤٠}$ بتراشید . تعداد تقسیم هردندانه آنراباید بصورت زیرمحاسبه کنید.

نظیرمثال گذشته عددنزدیك به ٦٣ مثلا" ٦٤ راانتخاب کنید . طبق محاسبات قبلی :

$$\frac{A}{D}=\frac{٤٠}{ZI}\left(ZI-Z\right)=\frac{٤٠}{٦٤}(٦٤-٦٣)=\frac{٤٠}{٦٤}$$

چون چرخدنده های ٤٠و٦٤ هردودرسری چرخدنده هاموجوداست به ترتیب ، آنهارادر محل های A و D سوارکنیدوبرای هم جهت بودن حرکت بین دسته وصفحه دوچرخدندهواسطه مانند E و C رابانسبت مساوی بین آنهاقراردهید (شکل ١٢) .

دستگاه دیفرانسیل تراش (اختلافی)



(شکل ۱۲)

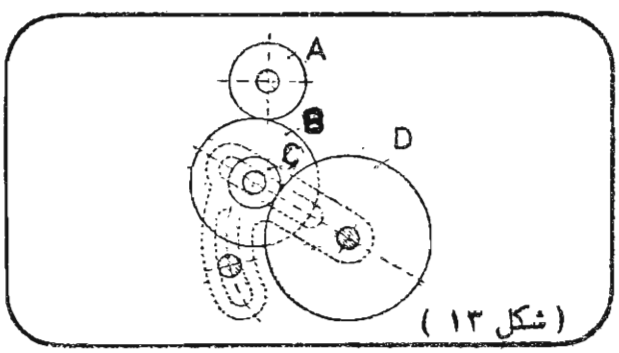
بعضی مواقع اتفاق میافتد که چرخدنده های متناسب با $\frac{A}{D}$ یافت نمیشود ، در این صورت چنین کسری را باید به حاصلضرب دو کسر تبدیل کنید .

مثال : میخواهید چرخدندانه ای را با دستگاه $\frac{1}{40}$ بتراشید ، طبق روش محاسبه در مثال گذشته نزدیکترین عدد مثلا" ٦٦ را انتخاب کنید در این صورت : $\frac{40}{66} - (66-67) = \frac{40}{66} = \frac{A}{D}$

باتوجه به سری چرخدنده ها ملاحظه میشود که چرخدنده ٤٠ موجود است ولی چرخدنده ٦٦ وجود ندارد چنانچه صورت ومخرج کسر را بر عدد ۲ تقسیم کنید کوچکترین کسر تبدیلی ، یعنی کسر $\frac{20}{33}$ بدست خواهد آمد که بازهم دندانه های ۲۰ و ۳۳ یافت نمیشود پس باید کسر $\frac{40}{66}$ را بصورت $\frac{4}{6} \times \frac{10}{11}$ در آورید . صورت ومخرج هریك از کسرهای فوق را میتوان در یك عدد ثابت ضرب کرد تا اعداد بدست آمده همان چرخدنده های موجود شود .

در نتیجه کسرهای $\frac{48}{72} \times \frac{40}{44} = \frac{4}{6} \times \frac{40}{44} = \frac{4}{6} \times \frac{10}{11}$ ویا $\frac{24}{36} \times \frac{40}{44}$ بدست خواهد آمد .

ترتیب قرارگرفتن چرخدنده ها طبق کسر $\frac{C}{D} \times \frac{A}{B}$ خواهد شد (شکل ۱۳) .



(شکل ۱۳)

چرخدنده A = ٤٠

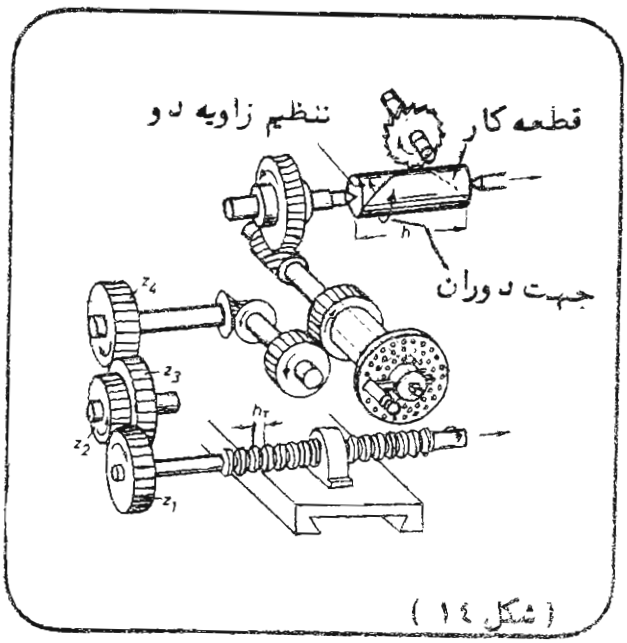
" B = ٤٤

" C = ٢٤ یا ٤٨

" D = ٣٦ یا ٧٢

دستگاه تقسیم انیورسال :

دستگاه تقسیم انیورسال که به آن دستگاه ماریچ تراشی نیز میگویند دستگاهی است که بکمک آن میتوان علاوه برکارهای عمومی وتقسیمات ساده برای تراشیدن چرخدنده های ساده، چرخدنده های ماریچ رانیز تراشید . لوازم موجود دراین دستگاه نظیرتمام دستگاههای مشابه دیگراست ولی محل قرارگرفتن آنها متغیراست ازجمله محل قرارگرفتن صفحه تقسیم که در دستگاههای دیگرمستقیما " روی بدنه دستگاه پیچ شده ، در دستگاه انیورسال برروی محوری قرارگرفته استکه ازکنار دستگاه خارج میشود و بوسیله چرخدنده ای که در داخل دستگاه قرار دارد (ازطریق گردش دسته تقسیم میگردد) صفحه تقسیم رامیگرداند . در دستگاه انیورسال صفحه تقسیم بوسیله پیچ بایک انگشتی مخصوص ازپشت نگهداشته میشود تابدورخود نچرخد . چون موقع تراشیدن چرخدنده ماریچ قطعه کارضمن حرکت پیشروی طولی بایدحرکت چرخشی نیزبدورخود داشته باشد ، لذا چرخدنده هائی راکه محاسبه شده در ریشت دستگاه تقسیم ومیزماشین سوارمیکنند وسپس چرخدنده لازم رامیتراشند (شکل ۱۴) .



(شکل ۱۴)

جهت آشنائی بادستگاه تقسیم انیورسال بااسامی زیرآشناشوید .

چرخدنده های ساده :

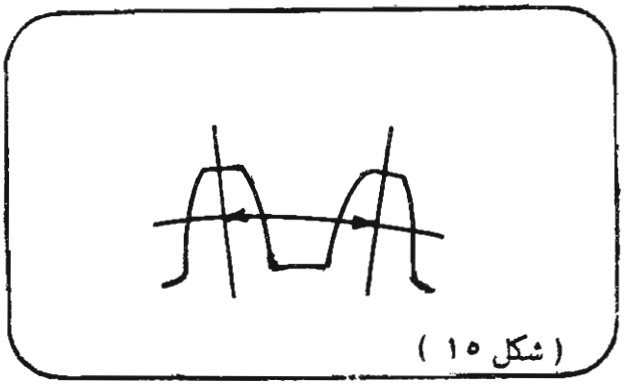
چرخدنده ساده عبارت ازاستوانه ای است که در پیرامون آن شیارهای یک شکل وبفاصله از یکدیگر بافاصله های معین توسط تیغه فرزمخصوص تراشیده شده است . جهت تراشیدن یک چرخدنده روی ماشین فرزاحتیاج به مطالبی است که ازطریق ریاضی وبکمک فرمولهای معین محاسبه میشود .

محاسبه چرخدنده های ساده :

جهت محاسبه یک چرخدنده ساده مشخصات زیرمورد نیازاست .

۱ــ گام دنده :

گام دنده عبارت ازفاصله یك نقطه ازدندانه تاهمان نقطه ازدندانه بعدی کـــــه روی ــ دایره متوسط باحرف T مشخص‌شده است .

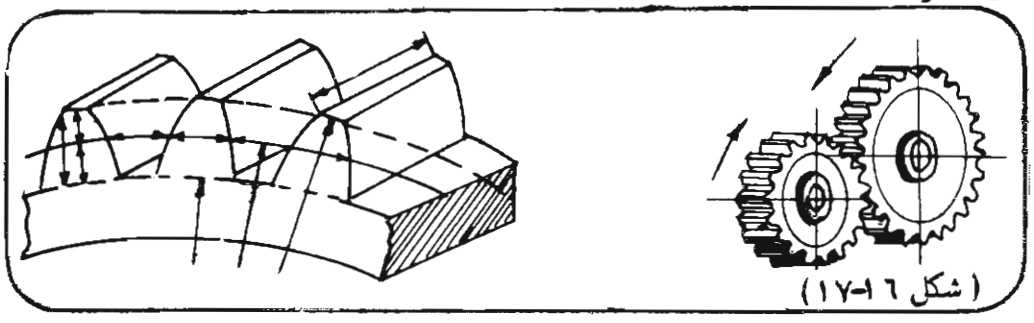


(شکل ۱۵)

(شکل ۱۵)

۲ــ قطرمتوسط:

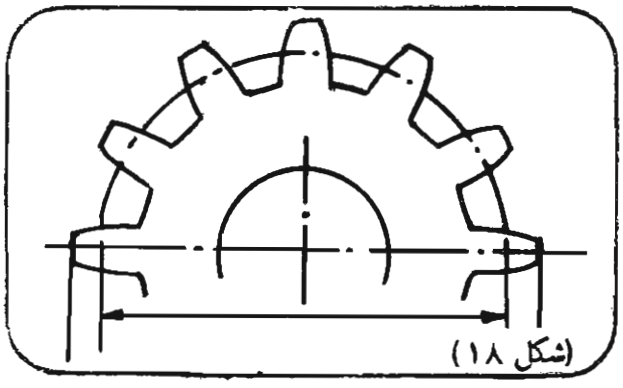
وقتی دوچرخدنده بایکدیگردرگیرشود سردندانه دریای دندانه دیگرقرارمیگیرد ودوچرخدنده در نقطه ای ازدوندهتماس‌پیدامی کند ، که آنرادایره میانه یاقطرمتوسط میگویند ، وحرف D_o نشـــان دهنده آنست .(شکل ۱۶و۱۷)



(شکل ۱۶-۱۷)

۳ــ قطرخارجی :

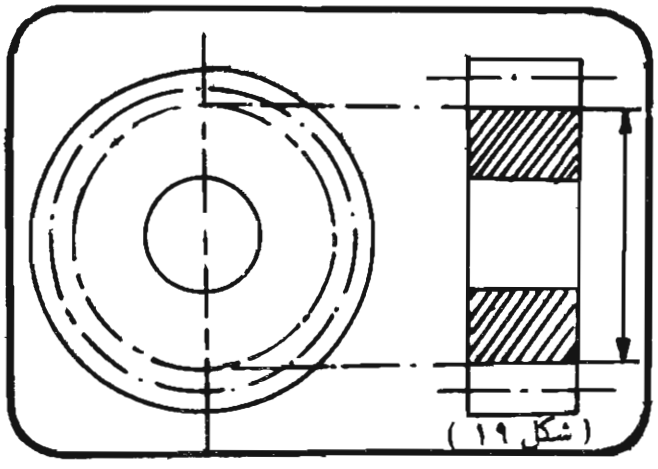
قطرخارجی یاقطرسرچرخدندانه عبارتازقطر استوانه ای است که روی محیط آن دندانه هـا تراشیده میشود . (شکل ۱۸)



(شکل ۱۸)

٤ــ قطرداخلی :

قطرداخلی یاقطرپای دنده عبارت ازقطـــر استوانه ای است که دندانه هاروی آن قرار ــ گرفته است . بعبارت دیگر فاصله بین پای یـك دنده تاپای دنده دیگردرطرف مقابل چرخدنّد راقطرداخلی گویند وآنراباحرف DI نمایـــــش میدهنـــــد . (شکل ۱۹)



(شکل ۱۹)

۵ــ مدول :

مدول عددی است که ازضرب کردن آن درعدد پی (۱۴/ ۳) گام چرخدنده بدست میآید وآنراباحرف m نمایش میدهند .

این اعداد معمولا" استاندارد شده است وعبارت است از:

۷/ ۰ــ۶/ ۰ــ۵/ ۰ــ۴/ ۰ــ۳/ ۰ــ۲۵ / ۰

۵/ ۱ــ۲۵/ ۱ــ۱ــ۹/ ۰ــ ۸/ ۰ ــ ۷۵/ ۰ ــ

۷۵/ ۳ــ۵/ ۳ــ۳ــ۷۵/ ۲ــ۵/ ۲ــ۲۵/ ۲ــ۲ــ ۷۵/ ۱

۱۲ــ۱۱ــ۱۰ــ۹ــ۸ــ۷ــ ۵/ ۶ــ۶ــ ۵/ ۵ــ۵ــ ۵/ ۴ــ۴ــ

۲۴ــ ۲۲ــ ۲۰ــ ۱۸ــ ۱۶ــ ۱۵ــ ۱۴ــ ۱۳ــ

۵۰ــ ۴۵ــ ۴۳ــ ۳۹ــ ۳۶ــ ۳۳ــ ۳۰ــ ۲۷

۷۵ــ ۷۰ــ ۶۵ ــ ۶۰ ــ ۵۵

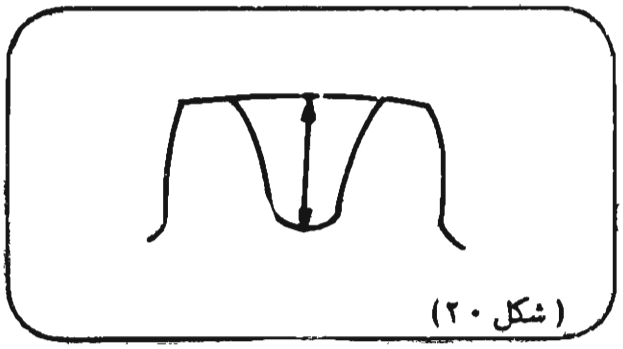
توضیح : مدولهای ۳۵/ ۰ــ۴۵/ ۰ــ۵۵/ ۰ ــ ۶۵/ ۰ نیزوجود دارندولی حتی الامکان باید ازاین مدولها استفاده نکرد .

۶ــ تعداد دندانه :

دریک چرخدنده تعداد دندانه های موجود راباحرف Z نمایش میدهند .

۷ــ ارتفاع دنده :

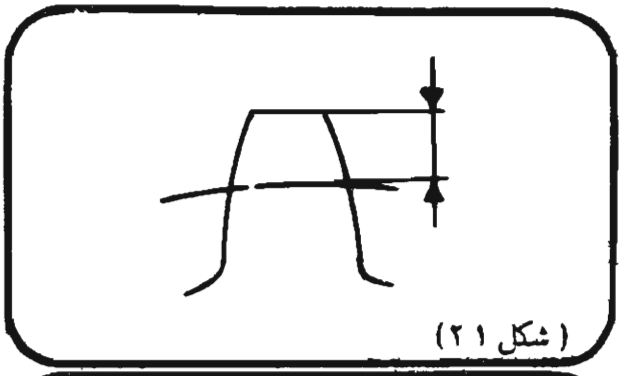
ارتفاع دنده عبارت ازفاصله بین سر دندانه تاپای همان دندانه که آنرابا حرف h نمایش میدهند (شکل ۲۰).



(شکل ۲۰)

۸ــ ارتفاع سردنده :

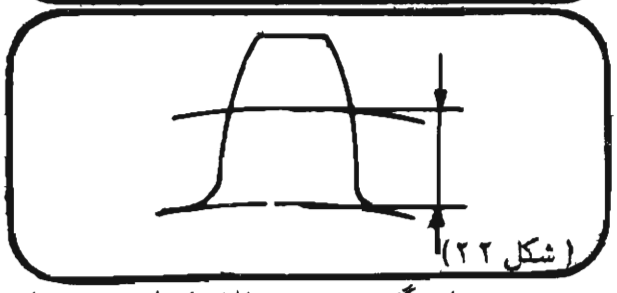
عبارت ازفاصله بین سردنده تادایره متوسط است ویابعبارت دیگر:



(شکل ۲۱)

قطرمتوسط ـ قطرخارجی / ۲ = ارتفاع سردنده ـ

وآنراباحرف K نمایش میدهند . (شکل ۲۱) .



(شکل ۲۲)

۹ـ ارتفاع پای دنده :

ارتفاع پای دنده فاصله بین پای دنده تا دایره متوسط است وآنراباحرف F نمایش میدهند (شکل ۲۲) ویابعبارت دیگر:

قطرکوچك ـ قطرمتوسط / ۲ = ارتفاع پای دنده . بین مشخصات گفته شده بالاروابط زیربرقرار میشود .

$$T = m \times \pi = \frac{do \times \pi}{Z} = \frac{dk \times \pi}{Z+2}$$

عدد پی × مدول = گام

مدول × تعداد دندانه = قطرمتوسط

$$do = Z \times m = \frac{t \times 2}{\pi} = \frac{d}{k} - 2 \times m$$

دوبرابرمدول + قطرمتوسط = قطرخارجی

$$dk = do + 2m = m\,(Z + 2)$$

دوبرابرارتفاع دنده ـ قطرخارجی = قطرداخلی

$$di = dk - 2h$$

$$\frac{\text{گام دنده}}{\text{عدد پی}} = \text{مدول} \qquad m = \frac{T}{\pi}$$

$$\frac{\text{قطرمتوسط}}{\text{تعداد دنده}} = \text{مدول} \qquad m = \frac{do}{Z}$$

$$\frac{\text{قطرخارجی}}{\text{تعداد دنده} + ۲} = \text{مدول} \qquad m = \frac{dk}{2+Z}$$

قطرمتوسط :
---- = تعداد دندانه
مدول

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

یك برابرمدول = ارتفاع سردنده

$K = 1xm$

ارتفاع پای دنده :

ارتفاع پای دنده برابربایك وشانزده صدم مدول میباشد (جدیدا" بجای ۱/۱۶ m مقدار ۱/۲m راقرارمیدهند) .

بنابراین : $F = ۱/۲ m$ میشود

ارتفاع کل دندانه :

این ارتفاع عبارت ازمجموع ارتفاع پای دنده وارتفاع سردنده.

$h = F + kh = ۱/۱۶m + ۱m = h = ۲/۱۶m$

طبق روش جدید $h = ۲/۲$

مثال : چرخدندانه ای بتراشیدکه ۴۲ دندانه بامدول ۲/۵ داشته باشد سایرمشخصات آنرابدست آورید .

حل : برای بدست آوردن قطرمتوسط : $do = Z \times m$

میلیمتر $do = ۱۰۵$ $do = ۴۲ \times ۲/۵$

برای بدست آوردن قطرخارجی ازرابطه : $dk = (Z + ۲) m$

میلیمتر $dk = ۱۱۰$ $dk = (۴۲+۲) ۲/۵ m$ استفاده کنید .

چنانچه ازرابطه $dk = do + 2m$ استفاده شود قطرخارجی چرخدنده :

میلیمتر $dk = ۱۱۰$ $dk = ۱۰۵ + (۲ \times ۲/۵)$ خواهد شد .

قطر داخلی چرخدنده بطریق زیرمحاسبه میشود : $di = do-2F$

میلیمتر $di = ۹۹$ $di = ۱۰۰ - ۲ (۱/۲ \times ۲/۵)$

ارتفاع کل دندانه : ازرابطه $h = 2/2\ m$ ارتفاع دندانه بدست میآید .

میلیمتر $h = 2/2 \times 2/5$ $h = 5/4$ $h = 2/2$

مثال ۲ : سایرمشخصات چرخدنده ۵۰ دنده ای بامدول ٤ رابدست آورید . ضمنا" تعداد گردش دسته تقسیم رابرای تراشیدن هردندانه محاسبه کنید .

قطرخارجی برحسب میلیمتر $dk = (Z + 2)\ m$ $dk = (50 + 2)4$ $dk = 208$ میشود .

قطرمتوسط برحسب میلیمتر $do = Z \times m$ $do = 50 \times 4$ $do = 200$ میشود .

ارتفاع کل دندانه $h = 2/2\ m$ $h = 2/2 \times 4$ $h = 8/8$ میشود .

تعداد گردش دسته تقسیم برای هردندانه ازرابطه زیربدست میآید :

$$I = \frac{40}{Z} = \frac{40}{50} = \frac{4}{5} .$$

چون دایره $\frac{5}{5}$ سوراخی روی صفحه تقسیم به تعداد پنج سوراخ موجود نیست ، بایدکسر $\frac{4}{5}$ را به کسری تبدیل کنیدکه مخرج کسرمساوی تعداد سوراخ یکی ازدایره های صفحه تقسیم شود .

بنابراین : $I = \frac{16}{20}$ $I = \frac{4}{5} \times \frac{4}{4}$

پس برای تراشیدن ۵۰ دندانه هریارباید دسته تقسیم راباندازه ۱+ ۱٦ سوراخ ویا ۱٦ فاصله سوراخ روی دایره ۲۰ سوراخی بگردانید .

مثال ۳ : چرخدنده ۹۸ دنده ای باقطرخارجی ۲۰۰ میلیمتربتراشید . مدول ارتفاع دنده ومقدارگردش دسته تقسیم رابدست آورید . $\text{مدول} = \frac{\text{قطرخارجی}}{\text{تعداد دندانه} + 2} = \frac{dk}{Z + 2}$

$m = 2$ $m = \frac{200}{98 + 2}$ میلیمتر $h = 4/4$ $h = 2/2 \times 2$ ارتفاع کل دنده

مدول × ۲/ ۲ = ارتفاع کل دنده $I = \frac{20}{49}$ $I = \frac{40}{98}$ $I = \frac{4}{Z}$ $\text{مقدارگردش دسته تقسیم} = \frac{40}{\text{تعداد دندانه}}$

بنابراین صفحه تقسیمی رابایدانتخاب کنیدکه دایره ٤۹ سوراخی داشته باشد ، سپس برای تراشیدن هردندانه بایددسته تقسیم راباندازه ۲۰ فاصله سوراخ روی دایره ٤۹ سوراخی بگردانید تاچرخداندانه ۹۸ دنده ای تراشیده شود .

مثال ٤ : از روی چرخدنده شکسته ای چرخدنده نظیرآنرابتراشیدکه تعداد

دنده های آن مشخص نیست وقطرسوراخ محورآن ۴۰ میلیمتراست وفاصله سردنده تامحیط سوراخ محور ۸۵ میلیمتروازسای دنده تامحیط سوراخ محورنیز ۷۹/۶ میلیمتراست . تعداد دنده هاومدول چرخدنده راتعیین کنید .

حل : برای تعیین ارتفاع کل دندانه بایداندازه پای دندانه تامحیط محوررا ازفاصله سردانه تامحیط محوررسم کنید بنابراین :

ارتفاع دندانه = قطرداخلی - قطرخارجی

$h = ۸۵ - ۷۹/۶ = ۵/۴$ میلیمتر

$m = \frac{h}{۲/۲}$ $m = \frac{۵/۴}{۲/۲} = ۲/۴۶$ نزدیکترین مدول تراشیده مدول ۲/۵است پس $m = ۲/۵$

میشود . برای بدست آوردن قطرخارجی فاصله سردندهٔ محیط محوررا بانصف شعاع محورجمع کرده درعدد ۲ ضرب کنید بنابراین :

$dk = (۸۵ + ۲۰) \times ۲$ قطرخارجی (عدد ۲۰ عبارت ازنصف قطرسوراخ چرخ دنده شکسته) .

$dk = ۲۱۰$

بنابراین تعداد دندانه ها :

$$Z = \frac{dk}{m} - ۲$$

تعداد دندانه $Z = \frac{۲۱۰}{۲/۵} - ۲$ $Z = ۸۲$

خواهد شد .

تعداد گردش دسته تقسیم برای تراشیدن هردندانه عبارت از :

$$I = \frac{۴۰}{Z}$$

$$I = \frac{۴۰}{۸۲} = \frac{۲۰}{۴۱}$$

پس برای تراشیدن هردندانه دسته تقسیم راباید باندازه ۲۰ فاصله سوراخ روی دایره ۴۱ سوراخی بگردانید .

مثال ۵ : قسمتی ازیك چرخدنده که فقط چند دندانه دارد موجود است حال باید

چرخدنده کاملی باهمان مشخصات بسازید .

درمرحلـه اول تنهاچیـزی راکـه ازاین چرخدنده میتوان اندازه گرفت ارتفاع کلـــــی دندانه است .

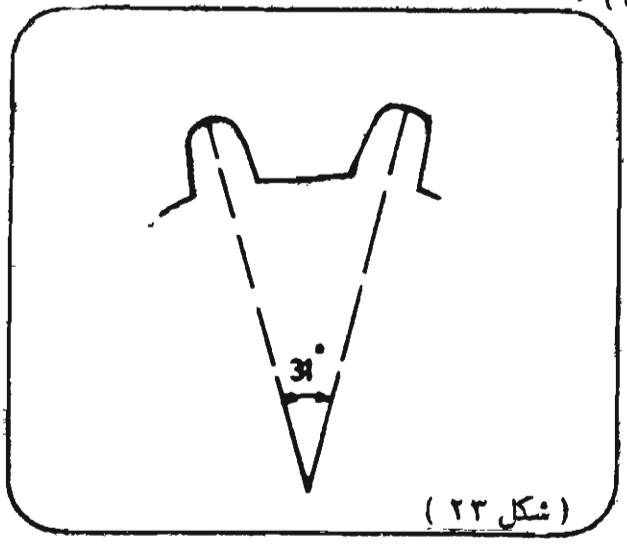
فرض کنید پس ازاندازه گیری $h = ۸/۶$ میلیمترشود مطابق فرمول ؛ $h = ۲/۲ m$

$$m = \frac{h}{۲/۲} \qquad m = \frac{۸/۶}{۲/۲} \qquad m = ۳/۹۰۹$$

چون چنین مدولی درجدول یافت نمیشود ، نزدیکتریـن مدول به ۳/۹۰۹ مدول ٤ اسـت .
این اختلاف یاازسائیدگـی دندانه ویاازعـدم دقت اندازه گیری است ؛

برای تعیین تعداد دندانه های چرخدنده ذکرشده میتوان به این ترتیب عمـل کرد کـــه خط وسط دندانه مجاورارسم کـرده وزاویه مابین آنهاراندازه گیری کنید سپـس بکمك یـــــك تناسب ، تعداد دندانه هارابرای ۳٦۰ درجه حساب کنیـد .

مثلا" اگرزاویه بین دودندانه ۳۱ باشد . (شکل ۲۳) .



(شکل ۲۳)

دندانه	درجه
۲	۳۱
$X = \frac{۳٦۰ \times ۲}{۳۱}$	۳٦۰

تعداد دندانـه $X = ۲۳/۲$ میشود .

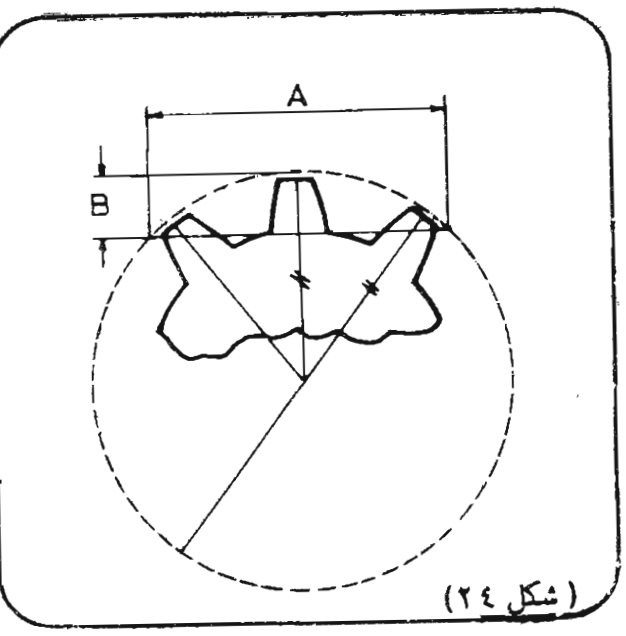
چون تعداد دندانه هاباید عدد صحیح باشـد ،

پس $X = ۲۳$ صحیح است .

حال برای اندازه گیـری قطرخارجـی دلخواه بطریق زیـرباید عمـل کـــرد .

$dk = (Z + 2)m = (۲۳ + ۲)$ ٤ $= ۱۰۰mm$

بنابراین قطرخارجی چرخ دنده موردنظر ۱۰۰ میلیمترخواهد شـد .



(شکل ۲٤)

طریقه دیگراینکه چنددندانه که تعداد آنهافرد باشد انتخاب کنید ومانند شکل زیربکمک کلیس ازگوشه تاگوشه دندانه آنرا اندازه بگیرید . دوگوشه راتوسط خطی بهم وصل کرده وارتفاع سردنده وسط راتاایـن خط اندازه بگیرید وآنراباحرف B مشخص کنید ازروی محاسبات هندسی چنین بدست میآید :(شکل ۲٤)

قطرخارجی $dk = \frac{A \times A}{4B} + B$

اثبات فرمول :

$$\frac{A}{2} = a$$

$$a^2 + \left(\frac{dk}{2} - B\right)^2 = \frac{dk^2}{4}$$

$$a^2 + \frac{dk^2}{4} + B^2 - B \times dk = \frac{dk^2}{4}$$

$$a^2 + B^2 = Bdk$$

$$dk = \frac{a^2}{B} + \frac{B^2}{B}$$

$$dk = \frac{a^2}{B} + B$$

باتوجه باینکه $a = \frac{A}{2}$ درنتیجه $a^2 = \frac{A^2}{4}$ و

$$dk = \frac{\frac{A^2}{4}}{B} + B = \frac{A^2}{4B} + B$$

$$dk = \frac{A \times A}{4B} + B$$

چنانچه فرض شود میلیمتر ۸۰ = A ومیلیمتر ۱۹/۵ = B باشد طبق فرمول فوق :

$$dk = \frac{A \times A}{4B} + B \qquad dk = \frac{80 \times 80}{4 \times 19/5} + 19/5$$

میلیمتر ۱۰۱/۵۵ = dk خواهد شد .

برای محاسبه تعداددندانه هاازرابطه : $Z = \frac{dk}{m} - 2$ نیزمیتوان استفاده کرد .

تعداد دندانه $Z = \frac{dk}{m} - 2 = Z = \frac{۱۰۱/۵۵}{٤} - ۲ = Z = ۲۳/۳۸$ است .

چون تعداد دندانه هاهمیشه بایدعدد صحیح باشد پس تعداد دندانه را ۲۳ فرض کرده و ۰/۳۸ آنرابعلت عدم دقت اندازه گیری یاسائیدگی سردنده هاحذف کنید .

حالاکه تعداد دندانه را ۲۳ قرارادیدپس ازرابطه $dk = (Z + ۲) m$ مقدارصحیح رامجددا" بدست آورید $dk = (23+ 2) 4 \Longrightarrow dk = ۱۰۰$

پس قطرخارجی $dk = ۱۰۰$ صحیح است .

تعدادگردش دسته تقسیم عبارت از: $I = \frac{٤۰}{۲} = \frac{٤۰}{۲۳} \Longrightarrow I = ۱ \frac{۱۷}{۲۳}$ خواهدشد .

یعنی سوزن دسته تقسیم رامقابل دایره ۲۳ سوراخی که روی صفحه تقسیم موجوداست قراردادده ودهانه پرگاریاقیچی دسته تقسیم راباندازه ۱۷ فاصله سوراخ ویا(۱+ ۱۷) سوراخ بازکنید وبرای هرتقسیم دسته تقسیم رایکدوربا ضافه ۱۷ فاصله سوراخ روی دایره ۲۳سوراخی بگردانید .

انتخاب تیغه فرز :

چون قوس پهلوی دندانه های چرخدنده نسبت به تعدادآنهافرق میکندوبعبارت دیگرنسبت به دایره ای که روی محیط آن دندانه هاقرارگرفته تفاوت دارد ، لذابهمین منظورتیغه فرزهای دندانه تراشی یکپارچه تهیه شده است . ازنظرمحدودکردن تیغه فرزهابرای هرچرخ دندانه که قوس بغلشان باهم تفاوت زیادی ندارد ، یك تیغه فرزدرنظرگرفته شده وبه این ترتیب ۸ عدد تیغه فرزازشماره ۱ تا ۸ بشرح زیرتهیه شده است .

تیغ شماره	۱	برای تراشیدن دندانه های	۱۲و ۱۳		
"	۲	"	"	"	۱٤تا ۱٦
"	۳	"	"	"	۱۷تا ۲۰
"	٤	"	"	"	۲۱تا ۲۵
"	۵	"	"	"	۲٦تا ۳٤
"	٦	"	"	"	۳۵تا ٥٤

تیـــــغ شماره ۷ برای تراشیدن دندانه های ۵۵تا ۱۳٤

" " ۸ " " " ۱۳٤ تابی نهایت است ۰

برای چرخدندانه های دقیقترسری ۱۵ عددی تهیه شده که بشرح زیراست :

تیغه فرزشماره	۱	برای تراشیدن دنده				۱۳
" " "	۲	"	"	"	"	۱٤
" " "	۳	"	"	"	"	۱۷و۱۸
" " "	٤	"	"	"	"	۲۱و۲۲
" " "	۵	"	"	"	"	۲٦تا۲۹
" " "	٦	"	"	"	"	۳۵تا٤۱
" " "	۷	"	"	"	"	۵۵تا۷۹
" " "	۸	"	"	"	"	۱۳۵ تابینهایت
" " "	۱/۵	"	"	"	"	۱۳
" " "	۲/۵	"	"	"	"	۱۵و۱٦
" " "	۳/۵	"	"	"	"	۱۹و۲۰
" " "	٤/۵	"	"	"	"	۲۳تا۲۵
" " "	۵/۵	"	"	"	"	۳۰تا۳٤
" " "	٦/۵	"	"	"	"	۴۲تا۵٤
" " "	۷/۵	"	"	"	"	۸۰تا۱۳٤

محاسبه چرخدندانه های متری برحسب گام وتعیین نوع چرخدندانه غیرمشخص:

سابقا" مبنای محاسبه چرخ دندانه هابجای مدول گام بود وهنوزهم گاهی چرخدندانه ها بر مبنای گام پیدا میشود اساس این نوع دندانه هابادندانه های مدولی فرقی ندارد ، فقط محاسبه برای گام صورت میگیرد وارتفاع دنده هاکمی بلندتر ازدندانه های مدولی میشود .

فرمول محاسبات چرخدندانه متری برحسب گام :

$\frac{T \times Z}{\pi}$	=	D_0	قطرمتوسط
۰/۳T	=	K	ارتفاع سردنده
۰/۴T	=	F	ارتفاع پای دنده
$D_0 + (۰/۶T)$	=	DK	قطرخارجی
$D_0 - (۰/۸T)$	=	DF	قطرپای دنده
۰/۷T	=	h	عمق کامل دنده

دراینجاهم چنانچه گام عدد صحیح انتخاب شود بامدول درست درنمیآید .

برای پیداکردن اختلاف بین دودندانه ، چرخ دندانه ای با $Z = ۲۰$ وگام میلیمتر $T = ۱۵/۷$ راکه معادل مدول ۵ است حساب کنید .

الف ـ برحسب مدول ب ـ برحسب گام

الف $D_0 = m \times Z = ۵ \times ۲۰ = ۱۰۰ mm$

ب $D_0 = \frac{T \times Z}{\pi} = \frac{۱۵/۷ \times ۲۰}{۳/۱۴} = ۱۰۰ mm$

الف $DK_1 = D_0 + (۲ \times m) = ۱۰۰ + ۱۰ = ۱۱۰ mm$

ب $DK_2 = D_0 + (۰/۶ T) = ۱۰۰ + ۹/۴۲ = ۱۰۹/۴۲ mm$

الف $h_1 = ۲/۱۶ \times m = ۲/۱۶ \times ۵ = ۱۰/۸ mm$

ب $h_2 = ۰/۷ T = ۰/۷ \times ۱۵/۷ = ۱۰/۹۹ mm$

بطوریکه دیده میشود درمحاسبه برحسب گام قطرمتوسط مساوی است ولی قطرخارجی کمی کمتروعمق دندانه کمی بیشترازمحاسبه برحسب مدول است . بنابراین بطورکلی چرخ دندانه کمی ـ کوچکترودندانه هاکمی بلندتراست وبراحتی این اختلاف رانمیتوان تشخیص داد .

چنانچه درمحاسبه چرخدندانه ای حتی بادرنظرگرفتن خطای احتمالی ، اندازه گیری بازهم درست درنیاید . باید ازطریق اینچ وازطریق گام ، چرخدنده مورد نظررامحاسبه کرد .

مثلا" ۳ چرخدنده موجود است که هرکدام دارای Z =۲۰ دندانه است ولی قطرخارجی آنها به ترتیب عبارت است از :

الف $DK_1 = ٤٤m$ m ϕ

ب $DK_2 = ٤٦/٥٦$ m ϕ

ج $DK_3 = ٤٥/٣٠$ m ϕ

میخواهید مدول هریك ازآنهارابدانید ۰

الف $M = \frac{DK_1}{Z+٢} = \frac{٤٤}{٢٠+٢} = ٢$

دراین محاسبه هیچ گونه اشکالی موجود نیست ومدول کاملا" درست ومطابق بامدولهای استاندارد شده است ۰

ب $M = \frac{DK_2}{Z+٢} = \frac{٤٦/٥٦}{٢٢} = ٢/١١٦٣$

چنین مدولی دراستاندارد مدولها وجود ندارد واگربرای آن مدول ۲ انتخاب شود ۲/۵۶ میلیمتر درقطراختلاف بوجود خواهد آمد که این مقدارنمیتواندخطای اندازه گیری باشد ۰ بنابراین باسیستم اینچی آنرامحاسبه کنید ۰

$DP = \frac{٢٥/٤}{M} = \frac{٢٥/٤}{٢/١١٦٣} = ١٢/٠٠٠٢$

بادرنظرگرفتن اینکه اینچ بامیلیمترکاملا" تطبیق نمی‌کند ، میتوان از۰/۰۰۰۲ میلیمترصرف نظرکرد وآنراچرخدنده سیستم اینچی با DP = ۱۲ بحساب آورد ۰ بعلاوه ۰/۰۰۰۲ میلیمتربا وسائل دقیق معمولی هم قابل اندازه گیری نیست ، حال محاسبه رااز روی محاسبه قطرچرخدنده ۲۰ دندانه ای با DP = ۱۲ انجام دهید ۰

$dk = \frac{Z+٢}{DP} \times ٣٥/٤ = \frac{٢٣}{١٢} \times ٣٥/٤ = ٤٦/٨٨٣٣$

همینطور که باقطراندازه گیری شده فقط ۰/۰۰۱۸ تفاوت دارد وباتوجه به

عدم امکان اندازه‌گیری این مقدار کم، با وسائل کارگاهی میتوان آنرا همان ٦/٥٦ قبول کرد ٠

ج : برای مثال سوم $M = \frac{dk3}{z+2} = \frac{٤٥/٣}{٢٢} = ٢/٠٥٩$

میدانید چنین مدولی نیز وجود ندارد بنابراین برحسب سیستم اینچی محاسبه کنید ٠

$$Dp = \frac{٢٥/٤}{M} = \frac{٢٥/٤}{٢/٠٥٩} = ١٢/٣٣$$

در اینحالت نیز $Dp = ١٢/٣٣$ استاندارد نیست واستاندارد بالاتر وپائین‌تر آن ١٢ و ١٤ است ٠

بنابراین چرخ دنده فوق برحسب مدول واینچ محاسبه نمیشود لذا از محاسبه با گام استفاده کنید ٠

$$Dk = D_o + (٠/٦\ T) = (\frac{T \cdot Z}{\pi}) + (٠/٦T) = (\frac{Z}{\pi} + ٠/٦)\ T$$

$$T = \frac{Dk}{\frac{Z}{\pi} + ٠/٦} = \frac{٤٥/٣}{\frac{٢٠}{٣/١٤} + ٠/٦} = \frac{٤٥/٣}{٦/٩٩٩٦} = ٦/٤٩٩\ mm$$

با در نظرگرفتن باقیمانده تقسیم بر π وخطای احتمالی اندازه‌گیری، میتوان از ٠/٠٠١ میلیمتر صرف نظر کرد وگام را $T = ٦/٥$ در نظرگرفت ٠ در این مورد نیز با محاسبه ، Dk را تعیین کنید یعنی :

$$Dk = (\frac{Z}{\pi} + ٠/٦)\ T = (\frac{٢٠}{٣/١٤} + ٠/٦)\ ٦/٥ = ٤٥/٣٠٣١$$

دیده میشود که اختلاف فقط ٠/٠٠٣١ است که با وسایل معمول کارگاهی قابل اندازه‌گیری نیست وباصرف نظر کردن از آن، کار خراب نخواهد شد ٠

: اویه وزاویه یابها بمنظور آشنائی برای تراشیدن دنده‌های ماریچ روی ماشینهای فرز:

تعریف : وقتی دو خط یکدیگر را قطع کنند زاویه بوجود میآید ، زاویه را برحسب درجه اندازه‌گیری میکنند و آن معادل $\frac{١}{٣٦٠}$ محیط دایره است به‌این معنی که اگر محیط دایره را به ٣٦٠ قسمت مساوی تقسیم کنند هرقسمت آنرا یک درجه گوئید ٠

هر درجه را به ٦٠ دقیقه وهر دقیقه را به ٦٠ ثانیه تقسیم کرده‌اند ٠

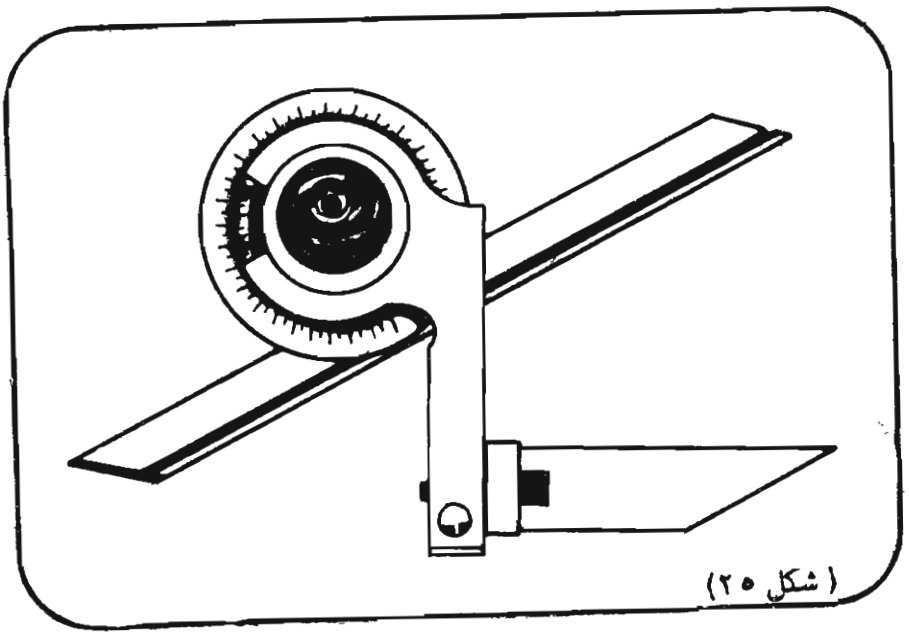
درجه را با علامت (°) ودقیقه را با علامت (′) وثانیه وا با علامت (″) نشان میدهند ٠

$$١^{\circ} = ٦٠' = ٣٦٠''$$

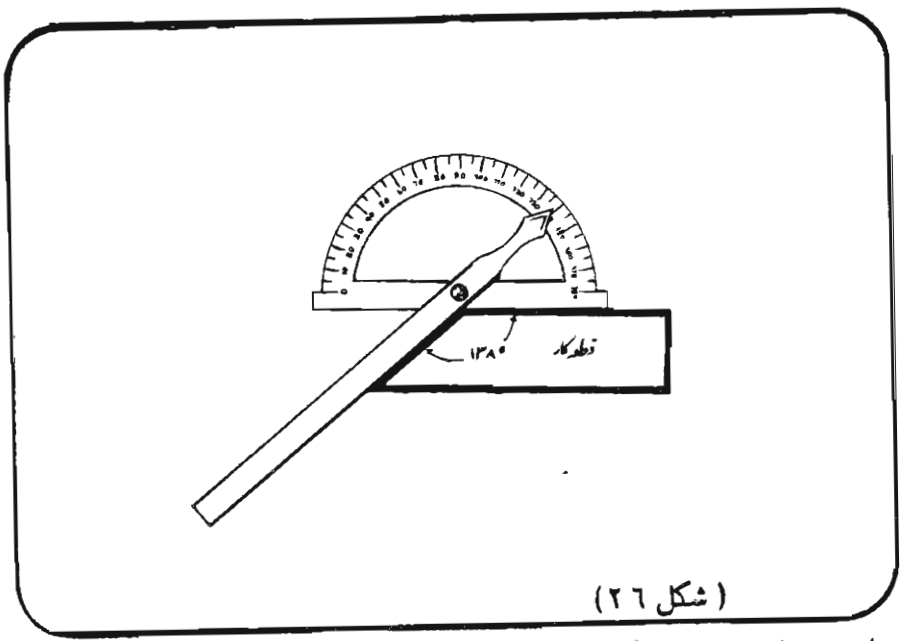
$$1' = \frac{1^\circ}{60} = 60''$$

$$1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3600}$$

وسائل اندازه گیری زاویه ، نقاله وزاویه سنـــج وزاویه یابهای ثابت است (شکل ۲۵ ــ ۲۶)



(شکل ۲۵)



(شکل ۲۶)

اززاویه یـــاب بـــرای اندازه گیـــری زاویه درکارهـــای مختلف مانند شکل بالا ، استفاده میشـــود .

طرزاستفاده ازجداول مثلثاتی (سینوس ـ کسینوس ـ تانژانت ـ کتانژانت) :

برای پیداکردن سینوس یک زاویه ازجدول سینوسها وکسینوسها استفاده کنید . دریکی ازجدولها سینوس ازصفرتا ٤٥ درجه ازبالابه پائین درسمت چپ جدول وکسینوس از ٤٥ تا ٩٠ درجه از پائین به بالادرسمت راست همان جدول نوشته شده درجدول دیگربرعکس آن یعنی سینوس از ٤٥ ـ تا ٩٠ درجه وکسینوس ازصفرتا ٤٥ درجه نوشته شده است .

طرزیافتن سینوس یک زاویه مثل ٢٠′ و ٣٠° به این ترتیب است که ابتدا زاویه ٣٠ درجه رادرسمت چپ جدول درستون عمودی درجه بدست آورده سپس برای پیداکردن زاویه ٣٠ درجه و ٢٠ دقیقه باید درقسمت دقیقه های سینوس ودرستون عمودی مربوط به ٢٠ دقیقه درمقابل سطرافقی ٣٠ درجه به عدد ٠/٥٠٥٠ برسید این عدد سینوس زاویه موردنظر است .

برای تعیین کسینوس متمم همین زاویه مانند پیداکردن سینوس زاویه فوق عمل کنید بااین تفاوت که درهمان جدول درستون عمودی درجه مربوط به کسینوس ٤٥° تا ٩٠° درمقابل ٥٩ درجه درسطرافقی مربوط به ٤٠ دقیقه به عدد ٠/٥٠٥٠ می رسید دیده میشودکه کسینوس ٥٩ درجه و ٤٠ دقیقه باسینوس ٣٠ درجه و ٢٠ دقیقه مساوی است لذااین دوزاویه و زاویه هائی ازاین قبیل راکه مجموع آنهایک قائمه یا ٩٠ درجه است متمم یکدیگرگویند .

سرعت برش :

مقداریراهی راکه یکی ازلبه های برنده تیغه فرزبرحسب متردردقیقه طی میکند سرعت برش گویند .

سرعت برش رابایدمتناسب باتیغه فرزانتخاب کرد چون اگرسرعت برش بیشترازحد مجازانتخاب شود لبه های تیزتیغه فرز، کند میشود واگرکمترانتخاب شود ، قدرت ماشین بهدر میرود .

برای انتخاب سرعت برش مجاز، باید ازتابلوهای مربوطه کمک گرفت .

سینوس ۰° ۰۰ ۴۵

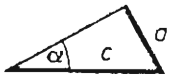
$$\sin\alpha = \frac{a}{c};\quad a = c.\ \sin\alpha;\quad c = \frac{a}{\sin\alpha}$$

درجه	دقیقه ۰°	۱۰°	۲۰°	۳۰°	۴۰°	۵۰°	۶۰°	
	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۵۸	۰.۰۰۸۷	۰.۰۱۱۶	۰.۰۱۴۵	۰.۰۱۷۵	۸۹
۱	۰.۰۱۷۵	۰.۰۲۰۴	۰.۰۲۳۳	۰.۰۲۶۲	۰.۰۲۹۱	۰.۰۳۲۰	۰.۰۳۴۹	۸۸
۲	۰.۰۳۴۹	۰.۰۳۷۸	۰.۰۴۰۷	۰.۰۴۳۶	۰.۰۴۶۵	۰.۰۴۹۴	۰.۰۵۲۳	۸۷
۳	۰.۰۵۲۳	۰.۰۵۵۲	۰.۰۵۸۱	۰.۰۶۱۰	۰.۰۶۴۰	۰.۰۶۶۹	۰.۰۶۹۸	۸۶
۴	۰.۰۶۹۸	۰.۰۷۲۷	۰.۰۷۵۶	۰.۰۷۸۵	۰.۰۸۱۴	۰.۰۸۴۳	۰.۰۸۷۲	۸۵
۵	۰.۰۸۷۲	۰.۰۹۰۱	۰.۰۹۲۹	۰.۰۹۵۸	۰.۰۹۸۷	۰.۱۰۱۶	۰.۱۰۴۵	۸۴
۶	۰.۱۰۴۵	۰.۱۰۷۴	۰.۱۱۰۳	۰.۱۱۳۲	۰.۱۱۶۱	۰.۱۱۹۰	۰.۱۲۱۹	۸۳
۷	۰.۱۲۱۹	۰.۱۲۴۸	۰.۱۲۷۶	۰.۱۳۰۵	۰.۱۳۳۴	۰.۱۳۶۳	۰.۱۳۹۲	۸۲
۸	۰.۱۳۹۲	۰.۱۴۲۱	۰.۱۴۴۹	۰.۱۴۷۸	۰.۱۵۰۷	۰.۱۵۳۶	۰.۱۵۶۴	۸۱
۹	۰.۱۵۶۴	۰.۱۵۹۳	۰.۱۶۲۲	۰.۱۶۵۰	۰.۱۶۷۹	۰.۱۷۰۸	۰.۱۸۳۶	۸۰
۱۰	۰.۱۷۳۶	۰.۱۷۶۵	۰.۱۷۹۴	۰.۱۸۲۳	۰.۱۸۵۱	۰.۱۸۸۰	۰.۱۹۰۸	۷۹
۱۱	۰.۱۹۰۸	۰.۱۹۳۷	۰.۱۹۶۵	۰.۱۹۹۴	۰.۲۰۲۳	۰.۲۰۵۱	۰.۲۰۷۹	۷۸
۱۲	۰.۲۰۷۹	۰.۲۱۰۸	۰.۲۱۳۶	۰.۲۱۶۴	۰.۲۱۹۳	۰.۲۲۲۱	۰.۲۲۵۰	۷۷
۱۳	۰.۲۲۵۰	۰.۲۲۷۸	۰.۲۳۰۶	۰.۲۳۳۴	۰.۲۳۶۳	۰.۲۳۹۱	۰.۲۴۱۹	۷۶
۱۴	۰.۲۴۱۹	۰.۲۴۴۷	۰.۲۴۷۶	۰.۲۵۰۴	۰.۲۵۳۲	۰.۲۵۶۰	۰.۲۵۸۸	۷۵
۱۵	۰.۲۵۸۸	۰.۲۶۱۶	۰.۲۶۴۴	۰.۲۶۷۲	۰.۲۷۰۰	۰.۲۷۲۸	۰.۲۷۵۶	۷۴
۱۶	۰.۲۷۵۶	۰.۲۷۸۴	۰.۲۸۱۲	۰.۲۸۴۰	۰.۲۸۶۸	۰.۲۸۹۶	۰.۲۹۲۴	۷۳
۱۷	۰.۲۹۲۴	۰.۲۹۵۲	۰.۲۹۷۹	۰.۳۰۰۷	۰.۳۰۳۵	۰.۳۰۶۲	۰.۳۰۹۰	۷۲
۱۸	۰.۳۰۹۰	۰.۳۱۱۸	۰.۳۱۴۵	۰.۳۱۷۳	۰.۳۲۰۱	۰.۳۲۲۸	۰.۳۲۵۶	۷۱
۱۹	۰.۳۲۵۶	۰.۳۲۸۳	۰.۳۳۱۱	۰.۳۳۳۸	۰.۳۳۶۵	۰.۳۳۹۳	۰.۳۴۲۰	۷۰
۲۰	۰.۳۴۲۰	۰.۳۴۴۸	۰.۳۴۷۵	۰.۳۵۰۲	۰.۳۵۲۹	۰.۳۵۵۷	۰.۳۵۸۴	۶۹
۲۱	۰.۳۵۸۴	۰.۳۶۱۱	۰.۳۶۳۸	۰.۳۶۶۵	۰.۳۶۹۲	۰.۳۷۱۹	۰.۳۷۴۶	۶۸
۲۲	۰.۳۷۴۶	۰.۳۷۷۳	۰.۳۸۰۰	۰.۳۸۲۷	۰.۳۸۵۴	۰.۳۸۸۱	۰.۳۹۰۷	۶۷
۲۳	۰.۳۹۰۷	۰.۳۹۳۴	۰.۳۹۶۱	۰.۳۹۸۷	۰.۴۰۱۴	۰.۴۰۴۱	۰.۴۰۶۷	۶۶
۲۴	۰.۴۰۶۷	۰.۴۰۹۴	۰.۴۱۲۰	۰.۴۱۴۷	۰.۴۱۷۳	۰.۴۲۰۰	۰.۴۲۲۶	۶۵
۲۵	۰.۴۲۲۶	۰.۴۲۵۳	۰.۴۲۷۹	۰.۴۳۰۵	۰.۴۳۳۱	۰.۴۳۵۸	۰.۴۳۸۴	۶۴
۲۶	۰.۴۳۸۴	۰.۴۴۱۰	۰.۴۴۳۶	۰.۴۴۶۲	۰.۴۴۸۸	۰.۴۵۱۴	۰.۴۵۴۰	۶۳
۲۷	۰.۴۵۴۰	۰.۴۵۶۶	۰.۴۵۹۲	۰.۴۶۱۷	۰.۴۶۴۳	۰.۴۶۶۹	۰.۴۶۹۵	۶۲
۲۸	۰.۴۶۹۵	۰.۴۷۲۰	۰.۴۷۴۶	۰.۴۷۷۲	۰.۴۷۹۷	۰.۴۸۲۳	۰.۴۸۴۸	۶۱
۲۹	۰.۴۸۴۸	۰.۴۸۷۴	۰.۴۸۹۹	۰.۴۹۲۴	۰.۴۹۵۰	۰.۴۹۷۵	۰.۵۰۰۰	۶۰
۳۰	۰.۵۰۰۰	۰.۵۰۲۵	۰.۵۰۵۰	۰.۵۰۷۵	۰.۵۱۰۰	۰.۵۱۲۵	۰.۵۱۵۰	۵۹
۳۱	۰.۵۱۵۰	۰.۵۱۷۵	۰.۵۲۰۰	۰.۵۲۲۵	۰.۵۲۵۰	۰.۵۲۷۵	۰.۵۲۹۹	۵۸
۳۲	۰.۵۲۹۹	۰.۵۳۲۴	۰.۵۳۴۸	۰.۵۳۷۳	۰.۵۳۹۸	۰.۵۴۲۲	۰.۵۴۴۶	۵۷
۳۳	۰.۵۴۴۶	۰.۵۴۷۱	۰.۵۴۹۵	۰.۵۵۱۹	۰.۵۵۴۴	۰.۵۵۶۸	۰.۵۵۹۲	۵۶
۳۴	۰.۵۵۹۲	۰.۵۶۱۶	۰.۵۶۴۰	۰.۵۶۶۴	۰.۵۶۸۸	۰.۵۷۱۲	۰.۵۷۳۶	۵۵
۳۵	۰.۵۷۳۶	۰.۵۷۶۰	۰.۵۷۸۳	۰.۵۸۰۷	۰.۵۸۳۱	۰.۵۸۵۴	۰.۵۸۷۸	۵۴
۳۶	۰.۵۸۷۸	۰.۵۹۰۱	۰.۵۹۲۵	۰.۵۹۴۸	۰.۵۹۷۲	۰.۵۹۹۵	۰.۶۰۱۸	۵۳
۳۷	۰.۶۰۱۸	۰.۶۰۴۱	۰.۶۰۶۵	۰.۶۰۸۸	۰.۶۱۱۱	۰.۶۱۳۴	۰.۶۱۵۷	۵۲
۳۸	۰.۶۱۵۷	۰.۶۱۸۰	۰.۶۲۰۳	۰.۶۲۲۵	۰.۶۲۴۸	۰.۶۲۷۱	۰.۶۲۹۳	۵۱
۳۹	۰.۶۲۹۳	۰.۶۳۱۶	۰.۶۳۳۸	۰.۶۳۶۱	۰.۶۳۸۳	۰.۶۴۰۶	۰.۶۴۲۸	۵۰
۴۰	۰.۶۴۲۸	۰.۶۴۵۰	۰.۶۴۷۲	۰.۶۴۹۴	۰.۶۵۱۷	۰.۶۵۳۹	۰.۶۵۶۱	۴۹
۴۱	۰.۶۵۶۱	۰.۶۵۸۳	۰.۶۶۰۴	۰.۶۶۲۶	۰.۶۶۴۸	۰.۶۶۷۰	۰.۶۶۹۱	۴۸
۴۲	۰.۶۶۹۱	۰.۶۷۱۳	۰.۶۷۳۴	۰.۶۷۵۶	۰.۶۷۷۷	۰.۶۷۹۹	۰.۶۸۲۰	۴۷
۴۳	۰.۶۸۲۰	۰.۶۸۴۱	۰.۶۸۶۲	۰.۶۸۸۴	۰.۶۹۰۵	۰.۶۹۲۶	۰.۶۹۴۷	۴۶
۴۴	۰.۶۹۴۷	۰.۶۹۶۷	۰.۶۹۸۸	۰.۷۰۰۹	۰.۷۰۳۰	۰.۷۰۵۰	۰.۷۰۷۱	۴۵
	۶۰°	۵۰°	۴۰°	۳۰°	۲۰°	۱۰°	۰°	درجه
	دقیقه							

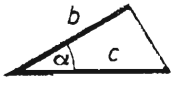
$$\cos\alpha = \frac{b}{c};\quad b = c.\ \cos\alpha;\quad c = \frac{b}{\cos\alpha}$$

۴۵ ۰۰ ۹۰° کسینوس

۴۵...۹۰° سینوس



درجه	دقیقه ۰°	۱۰°	۲۰°	۳۰°	۴۰°	۵۰°	۶۰°	درجه
۴۵	۰.۷۰۷۱	۰.۷۰۹۳	۰.۷۱۱۴	۰.۷۱۳۴	۰.۷۱۵۴	۰.۷۱۷۳	۰.۷۱۹۳	۴۴
۴۶	۰.۷۱۹۳	۰.۷۲۱۴	۰.۷۲۳۴	۰.۷۲۵۴	۰.۷۲۷۴	۰.۷۲۹۴	۰.۷۳۱۴	۴۳
۴۷	۰.۷۳۱۴	۰.۷۳۳۳	۰.۷۳۵۳	۰.۷۳۷۳	۰.۷۳۹۲	۰.۷۴۱۲	۰.۷۴۳۱	۴۲
۴۸	۰.۷۴۳۱	۰.۷۴۵۱	۰.۷۴۷۰	۰.۷۴۹۰	۰.۷۵۰۹	۰.۷۵۲۸	۰.۷۵۴۷	۴۱
۴۹	۰.۷۵۴۷	۰.۷۵۶۶	۰.۷۵۸۵	۰.۷۶۰۴	۰.۷۶۲۳	۰.۷۶۴۳	۰.۷۶۶۰	۴۰
۵۰	۰.۷۶۶۰	۰.۷۶۷۹	۰.۷۶۹۸	۰.۷۷۱۶	۰.۷۷۳۵	۰.۷۷۵۳	۰.۷۷۷۱	۳۹
۵۱	۰.۷۷۷۱	۰.۷۷۹۰	۰.۷۸۰۸	۰.۷۸۲۶	۰.۷۸۴۴	۰.۷۸۶۳	۰.۷۸۸۰	۳۸
۵۲	۰.۷۸۸۰	۰.۷۸۹۸	۰.۷۹۱۶	۰.۷۹۳۴	۰.۷۹۵۱	۰.۷۹۶۹	۰.۷۹۸۶	۳۷
۵۳	۰.۷۹۸۶	۰.۸۰۰۴	۰.۸۰۲۱	۰.۸۰۳۹	۰.۸۰۵۶	۰.۸۰۷۳	۰.۸۰۹۰	۳۶
۵۴	۰.۸۰۹۰	۰.۸۱۰۷	۰.۸۱۲۴	۰.۸۱۴۱	۰.۸۱۵۸	۰.۸۱۷۵	۰.۸۱۹۲	۳۵
۵۵	۰.۸۱۹۲	۰.۸۲۰۸	۰.۸۲۲۵	۰.۸۲۴۱	۰.۸۲۵۸	۰.۸۲۷۴	۰.۸۲۹۰	۳۴
۵۶	۰.۸۲۹۰	۰.۸۳۰۷	۰.۸۳۲۳	۰.۸۳۳۹	۰.۸۳۵۵	۰.۸۳۷۱	۰.۸۳۸۷	۳۳
۵۷	۰.۸۳۸۷	۰.۸۴۰۳	۰.۸۴۱۸	۰.۸۴۳۴	۰.۸۴۵۰	۰.۸۴۶۵	۰.۸۴۸۰	۳۲
۵۸	۰.۸۴۸۰	۰.۸۴۹۶	۰.۸۵۱۱	۰.۸۵۲۶	۰.۸۵۴۲	۰.۸۵۵۷	۰.۸۵۷۲	۳۱
۵۹	۰.۸۵۷۲	۰.۸۵۸۷	۰.۸۶۰۱	۰.۸۶۱۶	۰.۸۶۳۱	۰.۸۶۴۶	۰.۸۶۶۰	۳۰
۶۰	۰.۸۶۶۰	۰.۸۶۷۵	۰.۸۶۸۹	۰.۸۷۰۴	۰.۸۷۱۸	۰.۸۷۳۲	۰.۸۷۴۶	۲۹
۶۱	۰.۸۷۴۶	۰.۸۷۶۰	۰.۸۷۷۴	۰.۸۷۸۸	۰.۸۸۰۲	۰.۸۸۱۶	۰.۸۸۲۹	۲۸
۶۲	۰.۸۸۲۹	۰.۸۸۴۳	۰.۸۸۵۷	۰.۸۸۷۰	۰.۸۸۸۴	۰.۸۸۹۷	۰.۸۹۱۰	۲۷
۶۳	۰.۸۹۱۰	۰.۸۹۲۳	۰.۸۹۳۶	۰.۸۹۴۹	۰.۸۹۶۲	۰.۸۹۷۵	۰.۸۹۸۸	۲۶
۶۴	۰.۹۹۸۸	۰.۹۰۰۱	۰.۹۰۱۳	۰.۹۰۲۶	۰.۹۰۳۸	۰.۹۰۵۱	۰.۹۰۶۳	۲۵
۶۵	۰.۹۰۶۳	۰.۹۰۷۵	۰.۹۰۸۸	۰.۹۱۰۰	۰.۹۱۱۲	۰.۹۱۲۴	۰.۹۱۳۵	۲۴
۶۶	۰.۹۱۳۵	۰.۹۱۴۷	۰.۹۱۵۹	۰.۹۱۷۱	۰.۹۱۸۲	۰.۹۱۹۴	۰.۹۲۰۵	۲۳
۶۷	۰.۹۲۰۵	۰.۹۲۱۶	۰.۹۲۲۸	۰.۹۲۳۹	۰.۹۲۵۰	۰.۹۲۶۱	۰.۹۲۷۲	۲۲
۶۸	۰.۹۲۷۲	۰.۹۲۸۳	۰.۹۲۹۳	۰.۹۳۰۴	۰.۹۳۱۵	۰.۹۳۲۵	۰.۹۳۳۶	۲۱
۶۹	۰.۹۳۳۶	۰.۹۳۴۶	۰.۹۳۵۶	۰.۹۳۶۷	۰.۹۳۷۷	۰.۹۳۸۷	۰.۹۳۹۷	۲۰
۷۰	۰.۹۳۹۷	۰.۹۴۰۷	۰.۹۴۱۷	۰.۹۴۲۶	۰.۹۴۳۶	۰.۹۴۴۶	۰.۹۴۵۵	۱۹
۷۱	۰.۹۴۵۵	۰.۹۴۶۵	۰.۹۴۷۴	۰.۹۴۸۳	۰.۹۴۹۲	۰.۹۵۰۲	۰.۹۵۱۱	۱۸
۷۲	۰.۹۵۱۱	۰.۹۵۲۰	۰.۹۵۲۸	۰.۹۵۳۷	۰.۹۵۴۶	۰.۹۵۵۵	۰.۹۵۶۲	۱۷
۷۳	۰.۹۵۶۳	۰.۹۵۷۲	۰.۹۵۸۰	۰.۹۵۸۸	۰.۹۵۹۶	۰.۹۶۰۵	۰.۹۶۱۳	۱۶
۷۴	۰.۹۶۱۳	۰.۹۶۲۱	۰.۹۶۲۸	۰.۹۶۳۶	۰.۹۶۴۴	۰.۹۶۵۲	۰.۹۶۵۹	۱۵
۷۵	۰.۹۶۵۹	۰.۹۶۶۷	۰.۹۶۷۴	۰.۹۶۸۱	۰.۹۶۸۹	۰.۹۶۹۶	۰.۹۷۰۳	۱۴
۷۶	۰.۹۷۰۳	۰.۹۷۱۰	۰.۹۷۱۷	۰.۹۷۲۴	۰.۹۷۳۰	۰.۹۷۳۷	۰.۹۷۴۴	۱۳
۷۷	۰.۹۷۴۴	۰.۹۷۵۰	۰.۹۷۵۷	۰.۹۷۶۳	۰.۹۷۶۹	۰.۹۷۷۵	۰.۹۷۸۱	۱۲
۷۸	۰.۹۷۸۱	۰.۹۷۸۷	۰.۹۷۹۳	۰.۹۷۹۹	۰.۹۸۰۵	۰.۹۸۱۱	۰.۹۸۱۶	۱۱
۷۹	۰.۹۸۱۶	۰.۹۸۲۲	۰.۹۸۲۷	۰.۹۸۳۳	۰.۹۸۳۸	۰.۹۸۴۳	۰.۹۸۴۸	۱۰
۸۰	۰.۹۸۴۸	۰.۹۸۵۳	۰.۹۸۵۸	۰.۹۸۶۳	۰.۹۸۶۸	۰.۹۸۷۳	۰.۹۸۷۷	۹
۸۱	۰.۹۸۷۷	۰.۹۸۸۱	۰.۹۸۸۶	۰.۹۸۹۰	۰.۹۸۹۴	۰.۹۸۹۹	۰.۹۹۰۳	۸
۸۲	۰.۹۹۰۳	۰.۹۹۰۷	۰.۹۹۱۱	۰.۹۹۱۴	۰.۹۹۱۸	۰.۹۹۲۲	۰.۹۹۲۵	۷
۸۳	۰.۹۹۲۵	۰.۹۹۲۹	۰.۹۹۳۲	۰.۹۹۳۶	۰.۹۹۳۹	۰.۹۹۴۲	۰.۹۹۴۵	۶
۸۴	۰.۹۹۴۵	۰.۹۹۴۸	۰.۹۹۵۱	۰.۹۹۵۴	۰.۹۹۵۷	۰.۹۹۵۹	۰.۹۹۶۲	۵
۸۵	۰.۹۹۶۲	۰.۹۹۶۴	۰.۹۹۶۷	۰.۹۹۶۹	۰.۹۹۷۱	۰.۹۹۷۴	۰.۹۹۷۶	۴
۸۶	۰.۹۹۷۶	۰.۹۹۷۸	۰.۹۹۸۰	۰.۹۹۸۱	۰.۹۹۸۳	۰.۹۹۸۵	۰.۹۹۸۶	۳
۸۷	۰.۹۹۸۶	۰.۹۹۸۸	۰.۹۹۸۹	۰.۹۹۹۰	۰.۹۹۹۲	۰.۹۹۹۳	۰.۹۹۹۴	۲
۸۸	۰.۹۹۹۴	۰.۹۹۹۵	۰.۹۹۹۶	۰.۹۹۹۷	۰.۹۹۹۷	۰.۹۹۹۸	۰.۹۹۹۸۵	۱
۸۹	۰.۹۹۹۸۵	۰.۹۹۹۸۹	۰.۹۹۹۹۳	۰.۹۹۹۹۶	۰.۹۹۹۹۸	۰.۹۹۹۹۹	۱.۰۰۰۰	۰
	۶۰°	۵۰°	۴۰°	۳۰°	۲۰°	۱۰°	۰°	درجه
	دقیقه							



۰...۴۵° کسینوس

۰...۴۵° تانژانت

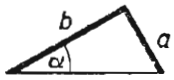
$$\tan\alpha=\frac{a}{b};\quad a=b.\ \tan\alpha;\quad b=\frac{a}{\tan\alpha}$$

درجه	دقیقه ۰°	۱۰°	۲۰°	۳۰°	۴۰°	۵۰°	۶۰°	
۰	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۵۸	۰.۰۰۸۷	۰.۰۱۱۶	۰.۰۱۴۵	۰.۰۱۷۵	۸۹
۱	۰.۰۱۷۵	۰.۰۲۰۴	۰.۰۲۳۳	۰.۰۲۶۲	۰.۰۲۹۱	۰.۰۳۲۰	۰.۰۳۴۹	۸۸
۲	۰.۰۳۴۹	۰.۰۳۷۸	۰.۰۴۰۷	۰.۰۴۳۷	۰.۰۴۶۶	۰.۰۴۹۵	۰.۰۵۲۴	۸۷
۳	۰.۰۵۲۴	۰.۰۵۵۳	۰.۰۵۸۲	۰.۰۶۱۲	۰.۰۶۴۱	۰.۰۶۷۰	۰.۰۶۹۹	۷۶
۴	۰.۰۶۹۹	۰.۰۷۲۹	۰.۰۷۵۸	۰.۰۷۸۷	۰.۰۸۱۶	۰.۰۸۴۶	۰.۰۸۷۵	۸۵
۵	۰.۰۸۷۵	۰.۰۹۰۴	۰.۰۹۳۴	۰.۰۹۶۳	۰.۰۹۹۲	۰.۱۰۲۲	۰.۱۰۵۱	۸۴
۶	۰.۱۰۵۱	۰.۱۰۸۰	۰.۱۱۱۰	۰.۱۱۳۹	۰.۱۱۶۹	۰.۱۱۹۸	۰.۱۲۲۸	۸۳
۷	۰.۱۲۲۸	۰.۱۲۵۷	۰.۱۲۸۷	۰.۱۳۱۷	۰.۱۳۴۶	۰.۱۳۷۶	۰.۱۴۰۵	۸۲
۸	۰.۱۴۰۵	۰.۱۴۳۵	۰.۱۴۶۵	۰.۱۴۹۵	۰.۱۵۲۴	۰.۱۵۵۴	۰.۱۵۸۴	۸۱
۹	۰.۱۵۸۴	۰.۱۶۱۴	۰.۱۶۴۴	۰.۱۶۷۳	۰.۱۷۰۳	۰.۱۷۳۳	۰.۱۷۶۳	۸۰
۱۰	۰.۱۷۶۳	۰.۱۷۹۳	۰.۱۸۲۳	۰.۱۸۵۳	۰.۱۸۸۳	۰.۱۹۱۴	۰.۱۹۴۴	۷۹
۱۱	۰.۱۹۴۴	۰.۱۹۷۴	۰.۲۰۰۴	۰.۲۰۳۵	۰.۲۰۶۵	۰.۲۰۹۵	۰.۲۱۲۶	۷۸
۱۲	۰.۲۱۲۶	۰.۲۱۵۶	۰.۲۱۸۶	۰.۲۲۱۷	۰.۲۲۴۷	۰.۲۲۷۸	۰.۲۳۰۹	۷۷
۱۳	۰.۲۳۰۹	۰.۲۳۳۹	۰.۲۳۷۰	۰.۲۴۰۱	۰.۲۴۳۲	۰.۲۴۶۳	۰.۲۴۹۳	۷۶
۱۴	۰.۲۴۹۳	۰.۲۵۲۴	۰.۲۵۵۵	۰.۲۵۸۶	۰.۲۶۱۷	۰.۲۶۴۸	۰.۲۶۷۹	۷۵
۱۵	۰.۲۶۷۹	۰.۲۷۱۱	۰.۲۷۴۲	۰.۲۷۷۳	۰.۲۸۰۵	۰.۲۸۳۶	۰.۲۸۶۷	۷۴
۱۶	۰.۲۸۶۷	۰.۲۸۹۹	۰.۲۹۳۱	۰.۲۹۶۲	۰.۲۹۹۴	۰.۳۰۲۶	۰.۳۰۵۷	۷۳
۱۷	۰.۳۰۵۷	۰.۳۰۸۹	۰.۳۱۲۱	۰.۳۱۵۳	۰.۳۱۸۵	۰.۳۲۱۷	۰.۳۲۴۹	۷۲
۱۸	۰.۳۲۴۹	۰.۳۲۸۱	۰.۳۳۱۴	۰.۳۳۴۶	۰.۳۳۷۸	۰.۳۴۱۱	۰.۳۴۴۳	۷۱
۱۹	۰.۳۴۴۳	۰.۳۴۷۶	۰.۳۵۰۸	۰.۳۵۴۱	۰.۳۵۷۴	۰.۳۶۰۷	۰.۳۶۴۰	۷۰
۲۰	۰.۳۶۴۰	۰.۳۶۷۳	۰.۳۷۰۶	۰.۳۷۳۹	۰.۳۷۷۲	۰.۳۸۰۵	۰.۳۸۳۹	۶۹
۲۱	۰.۳۸۳۹	۰.۳۸۷۲	۰.۳۹۰۶	۰.۳۹۳۹	۰.۳۹۷۳	۰.۴۰۰۶	۰.۴۰۴۰	۶۸
۲۲	۰.۴۰۴۰	۰.۴۰۷۴	۰.۴۱۰۸	۰.۴۱۴۲	۰.۴۱۷۶	۰.۴۲۱۰	۰.۴۲۴۴	۶۷
۲۳	۰.۴۲۴۵	۰.۴۲۷۹	۰.۴۳۱۴	۰.۴۳۴۸	۰.۴۳۸۳	۰.۴۴۱۷	۰.۴۴۵۲	۶۶
۲۴	۰.۴۴۵۲	۰.۴۴۸۷	۰.۴۵۲۲	۰.۴۵۵۷	۰.۴۵۹۲	۰.۴۶۲۸	۰.۴۶۶۳	۶۵
۲۵	۰.۴۶۶۳	۰.۴۶۹۹	۰.۴۷۳۴	۰.۴۷۷۰	۰.۴۸۰۶	۰.۴۸۴۱	۰.۴۸۷۷	۶۴
۲۶	۰.۴۸۷۷	۰.۴۹۱۳	۰.۴۹۵۰	۰.۴۹۸۶	۰.۵۰۲۲	۰.۵۰۵۹	۰.۵۰۹۵	۶۳
۲۷	۰.۵۰۹۵	۰.۵۱۳۲	۰.۵۱۶۹	۰.۵۲۰۶	۰.۵۲۴۳	۰.۵۲۸۰	۰.۵۳۱۷	۶۲
۲۸	۰.۵۳۱۷	۰.۵۳۵۴	۰.۵۳۹۲	۰.۵۴۳۰	۰.۵۴۶۷	۰.۵۵۰۵	۰.۵۵۴۳	۶۱
۲۹	۰.۵۵۴۳	۰.۵۵۸۱	۰.۵۶۱۹	۰.۵۶۵۸	۰.۵۶۹۶	۰.۵۷۳۵	۰.۵۷۷۴	۶۰
۳۰	۰.۵۷۷۴	۰.۵۸۱۲	۰.۵۸۵۱	۰.۵۸۹۰	۰.۵۹۳۰	۰.۵۹۶۹	۰.۶۰۰۹	۵۹
۳۱	۰.۶۰۰۹	۰.۶۰۴۸	۰.۶۰۸۸	۰.۶۱۲۸	۰.۶۱۶۸	۰.۶۲۰۸	۰.۶۲۴۹	۵۸
۳۲	۰.۶۲۴۹	۰.۶۲۸۹	۰.۶۳۳۰	۰.۶۳۷۱	۰.۶۴۱۲	۰.۶۴۵۳	۰.۶۴۹۴	۵۷
۳۳	۰.۶۴۹۴	۰.۶۵۳۶	۰.۶۵۷۷	۰.۶۶۱۹	۰.۶۶۶۱	۰.۶۷۰۳	۰.۶۷۴۵	۵۶
۳۴	۰.۶۷۴۵	۰.۶۷۸۷	۰.۶۸۳۰	۰.۶۸۷۳	۰.۶۹۱۶	۰.۶۹۵۹	۰.۷۰۰۲	۵۵
۳۵	۰.۷۰۰۲	۰.۷۰۴۶	۰.۷۰۸۹	۰.۷۱۳۳	۰.۷۱۷۷	۰.۷۲۲۱	۰.۷۲۶۵	۵۴
۳۶	۰.۷۲۶۵	۰.۷۳۱۰	۰.۷۳۵۵	۰.۷۴۰۰	۰.۷۴۴۵	۰.۷۴۹۰	۰.۷۵۳۶	۵۳
۳۷	۰.۷۵۳۶	۰.۷۵۸۱	۰.۷۶۲۷	۰.۷۶۷۳	۰.۷۷۲۰	۰.۷۷۶۶	۰.۷۸۱۳	۵۲
۳۸	۰.۷۸۱۳	۰.۷۸۶۰	۰.۷۹۰۷	۰.۷۹۵۴	۰.۸۰۰۲	۰.۸۰۵۰	۰.۸۰۹۸	۵۱
۳۹	۰.۸۰۹۸	۰.۸۱۴۶	۰.۸۱۹۵	۰.۸۲۴۳	۰.۸۲۹۲	۰.۸۳۴۲	۰.۸۳۹۱	۵۰
۴۰	۰.۸۳۹۱	۰.۸۴۴۱	۰.۸۴۹۱	۰.۸۵۴۱	۰.۸۵۹۱	۰.۸۶۴۲	۰.۸۶۹۳	۴۹
۴۱	۰.۸۶۹۳	۰.۸۷۴۴	۰.۸۷۹۶	۰.۸۸۴۷	۰.۸۸۹۹	۰.۸۹۵۲	۰.۹۰۰۴	۴۸
۴۲	۰.۹۰۰۴	۰.۹۰۵۷	۰.۹۱۱۰	۰.۹۱۶۳	۰.۹۲۱۷	۰.۹۲۷۱	۰.۹۳۲۵	۴۷
۴۳	۰.۹۳۲۵	۰.۹۳۸۰	۰.۹۴۳۵	۰.۹۴۹۰	۰.۹۵۴۵	۰.۹۶۰۱	۰.۹۶۵۷	۴۶
۴۴	۰.۹۶۵۷	۰.۹۷۱۳	۰.۹۷۷۰	۰.۹۸۲۷	۰.۹۸۸۴	۰.۹۹۴۲	۱.۰۰۰۰	۴۵
	۶۰°	۵۰°	۴۰°	۳۰°	۲۰°	۱۰°	۰°	
	دقیقه							

$$\cot\alpha=\frac{b}{a};\quad b=a.\cot\alpha;\quad a=\frac{b}{\cot\alpha}$$

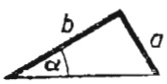
۴۵...۹۰° کتانژانت

۴۵...۹۰° تانژانت



درجه	دقیقه ۰°	۱۰°	۲۰°	۳۰°	۴۰°	۵۰°	۶۰°	درجه
۴۵	۱.۰۰۰۰	۱.۰۰۵۸	۱.۰۱۱۷	۱.۰۱۷۶	۱.۰۲۳۵	۱.۰۲۹۵	۱.۰۳۵۵	۴۴
۴۶	۱.۰۳۵۵	۱.۰۴۱۶	۱.۰۴۷۷	۱.۰۵۳۸	۱.۰۵۹۹	۱.۰۶۶۱	۱.۰۷۲۴	۴۳
۴۷	۱.۰۷۲۴	۱.۰۷۶۸	۱.۰۸۵۰	۱.۰۹۱۳	۱.۰۹۷۷	۱.۱۰۴۱	۱.۱۱۰۶	۴۲
۴۸	۱.۱۱۰۶	۱.۱۱۷۱	۱.۱۲۳۷	۱.۱۳۰۳	۱.۱۳۶۹	۱.۱۴۳۶	۱.۱۵۰۴	۴۱
۴۹	۱.۱۵۰۴	۱.۱۵۷۱	۱.۱۶۴۰	۱.۱۷۰۸	۱.۱۷۷۸	۱.۱۸۴۷	۱.۱۹۱۸	۴۰
۵۰	۱.۱۹۱۸	۱.۱۹۸۸	۱.۲۰۵۹	۱.۲۱۳۱	۱.۲۲۰۳	۱.۲۲۷۶	۱.۲۳۴۹	۳۹
۵۱	۱.۲۳۴۹	۱.۲۴۲۳	۱.۲۴۹۷	۱.۲۵۷۲	۱.۲۶۴۷	۱.۲۷۲۳	۱.۲۷۹۹	۳۸
۵۲	۱.۲۷۹۹	۱.۲۸۷۶	۱.۲۹۵۴	۱.۳۰۳۲	۱.۳۱۱۱	۱.۳۱۹۰	۱.۳۲۷۰	۳۷
۵۳	۱.۳۲۷۰	۱.۳۳۵۱	۱.۳۴۳۲	۱.۳۵۱۵	۱.۳۵۹۷	۱.۳۶۸۰	۱.۳۷۶۴	۳۶
۵۴	۱.۳۷۶۴	۱.۳۸۴۸	۲.۳۹۳۴	۱.۴۰۱۹	۱.۴۱۰۶	۱.۴۱۹۳	۱.۴۲۸۱	۳۵
۵۵	۱.۴۲۸۱	۱.۴۳۷۰	۱.۴۴۶۰	۱.۴۵۵۰	۱.۴۶۴۱	۱.۴۷۳۳	۱.۴۸۲۶	۳۴
۵۶	۱.۴۸۲۶	۱.۴۹۱۹	۱.۵۰۱۳	۱.۵۱۰۸	۱.۵۲۰۴	۱.۵۳۰۱	۱.۵۳۹۹	۳۳
۵۷	۱.۵۳۹۹	۱.۵۴۹۷	۱.۵۵۹۷	۱.۵۶۹۷	۱.۵۷۹۸	۱.۵۹۰۰	۱.۶۰۰۳	۳۲
۵۸	۱.۶۰۰۳	۱.۶۱۰۷	۱.۶۲۱۳	۱.۶۳۱۸	۱.۶۴۲۶	۱.۶۵۳۴	۱.۶۶۴۳	۳۱
۵۹	۱.۶۶۴۳	۱.۶۷۵۳	۱.۶۸۶۴	۱.۶۹۷۷	۱.۷۰۹۰	۱.۷۲۰۵	۱.۷۳۲۱	۳۰
۶۰	۱.۷۳۲۱	۱.۷۴۳۸	۱.۷۵۵۶	۱.۷۶۷۵	۱.۷۷۹۶	۱.۷۹۱۷	۱.۸۰۴۱	۲۹
۶۱	۱.۸۰۴۱	۱.۸۱۶۵	۱.۸۲۹۱	۱.۸۴۱۸	۱.۸۵۴۶	۱.۸۶۷۶	۱.۸۸۰۷	۲۸
۶۲	۱.۸۸۰۷	۱.۸۹۴۰	۱.۹۰۷۴	۱.۹۲۱۰	۱.۹۳۴۷	۱.۹۴۸۶	۱.۹۶۲۶	۲۷
۶۳	۱.۹۶۲۶	۱.۹۷۶۸	۱.۹۹۱۲	۲.۰۰۵۷	۲.۰۲۰۴	۲.۰۳۵۳	۲.۰۵۰۳	۲۶
۶۴	۲.۰۵۰۳	۲.۰۶۵۵	۲.۰۸۰۹	۲.۰۹۶۵	۲.۱۱۲۳	۲.۱۲۸۳	۲.۱۴۴۵	۲۵
۶۵	۲.۱۴۴۵	۲.۱۶۰۹	۲.۱۷۷۵	۲.۱۹۴۳	۲.۲۱۱۳	۲.۲۲۸۶	۲.۲۴۶۰	۲۴
۶۶	۲.۲۴۶۰	۲.۲۶۳۷	۲.۲۸۱۷	۲.۲۹۹۸	۲.۳۱۸۳	۲.۳۳۶۹	۲.۳۵۵۸	۲۳
۶۷	۲.۳۵۵۹	۲.۳۷۵۰	۲.۳۹۴۵	۲.۴۱۴۲	۲.۴۳۴۲	۲.۴۵۴۵	۲.۴۷۵۱	۲۲
۶۸	۲.۴۷۵۱	۲.۴۹۶۰	۲.۵۱۷۳	۲.۵۳۸۷	۲.۵۶۰۵	۲.۵۸۲۶	۲.۶۰۵۱	۲۱
۶۹	۲.۶۰۵۱	۲.۶۲۷۹	۲.۶۵۱۱	۲.۶۷۴۶	۲.۶۹۸۵	۲.۷۲۲۸	۲.۷۴۷۵	۲۰
۷۰	۲.۷۴۷۵	۲.۷۷۲۵	۲.۷۹۸۰	۲.۸۲۳۹	۲.۸۵۰۲	۲.۸۷۷۰	۲.۹۰۴۲	۱۹
۷۱	۲.۹۰۴۲	۲.۹۳۱۹	۲.۹۶۰۰	۲.۹۸۸۷	۳.۰۱۷۸	۳.۰۴۷۵	۳.۰۷۷۷	۱۸
۷۲	۳.۰۷۷۷	۳.۱۰۸۴	۳.۱۳۹۷	۳.۱۷۱۶	۳.۲۰۴۱	۳.۲۳۷۱	۳.۲۷۰۹	۱۷
۷۳	۳.۲۷۰۹	۳.۳۰۵۲	۳.۳۴۰۲	۳.۳۷۵۹	۳.۴۱۲۴	۳.۴۴۹۵	۳.۴۸۷۴	۱۶
۷۴	۳.۴۸۷۴	۳.۵۲۶۱	۳.۵۶۵۶	۳.۶۰۵۹	۳.۶۴۷۰	۳.۶۸۹۱	۳.۷۳۲۱	۱۵
۷۵	۳.۷۳۲۱	۳.۷۷۶۰	۳.۸۲۰۸	۳.۸۶۶۷	۳.۹۱۳۶	۳.۹۶۱۷	۴.۰۱۰۸	۱۴
۷۶	۴.۰۱۰۸	۴.۰۶۱۱	۴.۱۱۲۶	۴.۱۶۵۳	۴.۲۱۹۳	۴.۲۷۴۷	۴.۳۳۱۵	۱۳
۷۷	۴.۳۳۱۵	۴.۳۸۹۷	۴.۴۴۹۴	۴.۵۱۰۷	۴.۵۷۳۶	۴.۶۳۸۳	۴.۷۰۴۶	۱۲
۷۸	۴.۷۰۴۶	۴.۷۷۲۹	۴.۸۴۳۰	۴.۹۱۵۲	۴.۹۸۹۴	۵.۰۶۵۸	۵.۱۴۴۶	۱۱
۷۹	۵.۱۴۴۶	۵.۲۲۵۷	۵.۳۰۹۳	۵.۳۹۵۵	۵.۴۸۴۵	۵.۵۷۶۴	۵.۶۲۱۳	۱۰
۸۰	۵.۶۲۱۳	۵.۷۶۹۴	۵.۸۷۰۸	۵.۹۷۵۸	۶.۰۸۴۴	۶.۱۹۷۰	۶.۳۱۳۸	۹
۸۱	۶.۳۱۳۸	۶.۴۳۴۸	۶.۵۶۰۵	۶.۶۹۱۲	۶.۸۲۶۹	۶.۹۶۸۲	۷.۱۱۵۴	۸
۸۲	۷.۱۱۵۴	۷.۲۶۸۷	۷.۴۲۸۷	۷.۵۹۵۸	۷.۷۷۰۴	۷.۹۵۳۰	۸.۱۴۴۴	۷
۸۳	۸.۱۴۴۴	۸.۳۴۵۰	۸.۵۵۵۶	۸.۷۷۶۹	۹.۰۰۹۸	۹.۲۵۵۳	۹.۵۱۴۴	۶
۸۴	۹.۵۱۴۴	۹.۷۸۸۳	۱۰.۰۷۸۰	۱۰.۳۸۵۴	۱۰.۷۰۱۹	۱۱.۰۵۹۴	۱۱.۴۳۰۱	۵
۸۵	۱۱.۴۳۰۱	۱۱.۸۲۶۲	۱۲.۲۵۰۵	۱۲.۷۰۶۲	۱۳.۱۹۶۹	۱۳.۷۲۶۷	۱۴.۳۰۰۷	۴
۸۶	۱۴.۳۰۰۷	۱۴.۹۳۴۴	۱۵.۶۰۴۸	۱۶.۳۴۹۹	۱۷.۱۶۹۳	۱۸.۰۷۵۰	۱۹.۰۸۱۱	۳
۸۷	۱۹.۰۸۱۱	۲۰.۲۰۵۶	۲۱.۴۷۰۴	۲۲.۹۰۳۸	۲۴.۵۴۱۸	۲۶.۴۳۱۶	۲۸.۶۳۶۳	۲
۸۸	۲۸.۶۳۶۳	۳۱.۲۴۱۶	۳۴.۳۶۷۸	۳۸.۱۸۸۵	۴۲.۹۶۴۱	۴۹.۶۰۳۹	۵۷.۲۹۰۰	۱
۸۹	۵۷.۲۹۰۰	۶۸.۷۵۰۱	۸۵.۹۴۹۸	۱۱۴.۵۸۸۷	۱۷۱.۸۸۵	۳۴۳.۷۷۴	∞	۰
درجه	۶۰°	۵۰°	۴۰°	۳۰°	۲۰°	۱۰°	۰°	درجه

دقیقه



۰...۴۵° کتانژانت

سرعت برش د رماشینهای فـرز :

بطورکلی سرعت برش به جنس تیغه برنده وجنس قطعـه کاروعمق شیـارفرزشونده بستگـی دارد . ازروی جدول صفحه بعـد باد رد ست داشتن قطـرتیغه فرزوسرعت بـرش تعـداد دور تیغه فرزرامیتوان بد سـت آورد .

تیغه فرزهاازفولاد تند بر، ساخته‌میشـود تا هنگام کـاریاموقع تیـزکردن بعلت گرم شـد ن ، آب خود راازد ست ند هند ، زیـراآب د ادن تیغه های فـرز کارساده ای نیسـت وفقط د ر کارگاههای مخصوص آبکـاری امکان پذیراست . برای مثال اگـرفولادی بامقاومـت (۷۵ کیلوگـرم برمیلیمترمربع) راباتیغه فرزپیشانی تراش ، خشن تراشی کنید میتوانید آنراباسرعـت ۱۴ متـرد رهـر د قیقـه برش د هید، وتا ۹۰ میلیمتـرد رهرد قیقـه بارطولی یاعرضی بد هید .

برای حفاظت ماشیـن وتیغه فرزبهتراست همیشه سرعـت یاد ورویا هرد وی آنهـارا د رحـد پائین تری اختیارکرد مشروط براینکه تفاوت زیاد نباشد ومد ت کاربرش راطولانی نکند .

برای د قت بیشترمیتوان ازراه محاسبه زیرانتخاب صحیح رابد ست آورد .

$$\text{سرعت بـرش} = \frac{\text{قطرتیغه فـرز} \times \text{پی} \times \text{تعداد دور}}{1000} \quad \text{مترد رد قیقـه}$$

$$V = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \ {}^{m}/_{min}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{d \times \pi} \ {}^{R}/_{min}$$

V = سرعت برش مجازبرحسب مترد رد قیقـه .

n = تعد اد گرد ش تیغه فرزد رهرد قیقه .

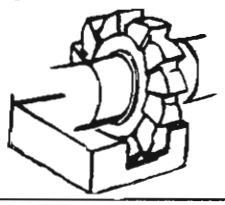
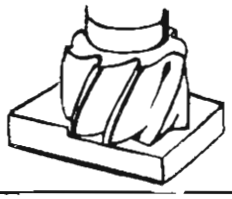
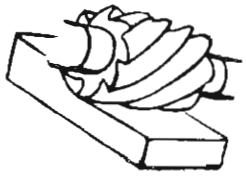
d = قطرتیغه فرزبرحسب میلیمتـر .

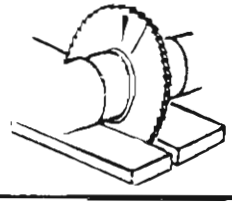
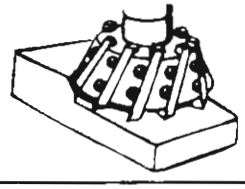
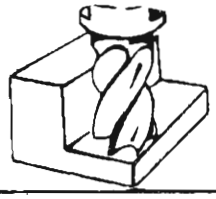
π = عد د ثابت = ۳/۱۴

د رفرمول بالا V و n رامیتوان ازروی‌فرمـول بد سـت آورد .

فرض‌کنید د رمثال مذکورسرعت بـرش $V = 14 \ {}^{m}/_{min}$ مترد رد قیقه قطرتیغه فـرز $d = 60 \ mm$ میلیمترباشـد .

مقادیر مبنا برای سرعت برش و بار

	فرزپولکی				پیشانی تراش‌غلتکی				فرزغلتکی			
												
عرض فرز b	b=20 mm				b=70 mm				b=100 mm			
	تکمیل خشن		خشن		پرداخت		خشن		پرداخت		خشن	
عمق برش a					a=0.5mm		a=5mm		a=0.5mm		a=5mm	
	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min	سرعت برش m/min	بار mm/min
فولاد ساده تا 65Kg/mm²	۴۰	۲۲	۰۰	۱۸	۷۰	۲۲	۱۰۰	۱۷	۶۰	۲۲	۱۰۰	۱۷
فولاد آلیاژتاباند ه 75kg/mm²	۳۰	۱۸	۸۰	۱۴	۵۵	۱۸	۹۰	۱۴	۵۰	۱۸	۸۰	۱۴
فولادالیاژاحیا 100Kg/mm²	۲۵	۱۴	۵۰	۱۲	۴۲	۱۴	۵۵	۱۰	۳۶	۱۴	۵۰	۱۰
چدن سیاه‌تا ۱۸۰ برنیل	۴۰	۱۸	۱۲۰	۱۴	۷۰	۱۸	۱۴۰	۱۲	۶۰	۱۸	۱۲۰	۱۲
برنج Ms 58	۷۵	۵۵	۱۵۰	۳۶	۱۵۰	۵۵	۱۹۰	۳۶	۵۰	۳۵	۷۰	۳۵
فلزات‌سبک	۱۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۱۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۲۰۰

	فرزاره‌ای		فرزتیغه‌ای		فرزانگشتی	
						
عرض فرز b					b=25mm	
	خشن		پرداخت		خشن	پرداخت
عمق فرز a	a=10mm		a=½mm		a=5mm	a=½mm
	سرعت u m/min	بار s mm/min	سرعت u m/min	بار s mm/min	سرعت u m/min	بار s mm/min	سرعت u m/min	بار s mm/min
فولاد ساده‌تا 65Kg/mm²	۴۵	۵۰	۵۰	۳۰	۶۵	۲۰	۱۲۰	۲۲	۱۲۰	۱۷
فولادالیاژتاباند ه‌تا 100Kg/mm²	۳۵	۴۰	۴۰	۲۳	۳۶	۱۶	۱۰۰	۱۹	۴۰	۱۵
فولادالیاژاحیاتا 100Kg/mm²	۲۵	۳۰	۳۰	۱۸	۲۰	۱۴	۶۵	۱۷	۲۰	۱۳
چدن سیاه‌تا ۱۸۰ برینل	۳۵	۵۰	۹۰	۲۴	۱۰۰	۱۶	۱۲۰	۱۹	۶۰	۱۵
برنج Ms 58	۳۵۰	۱۲۰۰	۱۲۰	۶۰	۲۰۰	۵۰	۱۲۰	۵۵	۸۰	۳۵
فلزات سبک	۳۲۰	۱۸۰	۹۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۲۰	۱۸۰	۹۰	۱۶۰

پس طبق رابطه بالا داریـــــد :

$$N = \frac{V \times 1000}{60 \times 3/14} = 74$$ دوردر دقیقـــه

حال چنانچه ۷۴ دوردر دقیقه ویاعـــددی درحدود آن درجدول پیدا شدکـــــاررا انجـــام دهید درغیراینصورت دورکمتریا بیشترنزدیك بآن راانتخاب کرده وبارعرض یاطولی رااز ۹۰ میلیمترکمترپگیریـــد وچنانچه این تـعداد هم درماشین پیدانشود بهتراست باركمتـــررا انتخاب کنید .

برای سهولت کارازطریق لگاریتم، جدولی نوشته شده که روی بدنه هرماشین فرزیاتراش نصـــب شده است وازآن میتوان به آسانی استفاده کـــرد .

آشنائی بابعضی ازجدول های مختلف فرزکـــــاری :

بعلت محاسبات زیاد مورد لزوم فرزکاری واشکال واشتباهاتی که درمحاسبـــات پیش میآید ونیـــــز برای آسان کردن محاسبـــــات جدولهائی تهیه کـرده اندکه بوسیله آن احتیاجی به محاسبـــــه پیدانمی شود .

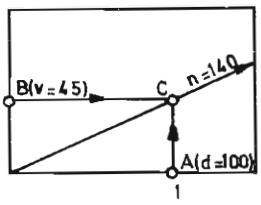
مثلا" برای تعیین سرعت دورانی N متناسب باسرعت برش V وتعیین قطرتیغه فرز d جدولی موجود است که مشاهده می کنید این نوع جدولهارا دیاگرام میگویند .

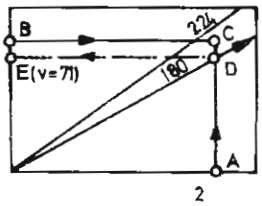
برای استفاده ازاین دیاگرام بطریـــق زیرعمل کنید ، قطرتیغه فرزراروی خـــط عمودی وسرعـــت برش راروی خط افقی امتداد دهید تایکدیگرراقطع کنند .

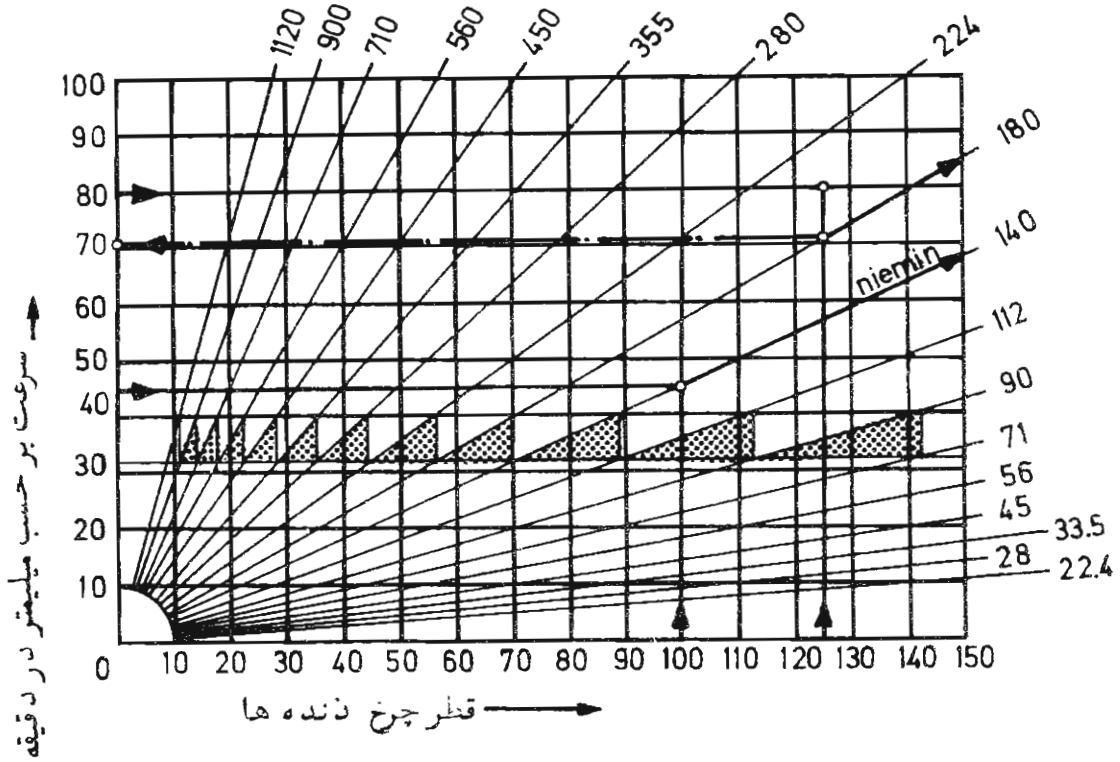
ازمحل تقاطع آندوبه نقطه صفـــرخطی وصل کنید ، امتداد این خط تعیین کننده تعـــــداد دوران اســـــت .

مثلا" ازقطر d = ۱۰۰ میلیمتری خطی عمودی بکشید وازسرعت V = ۴۵ مترردقیقـــه نیـــز خطی افقی رسم کنیـــــــد .

این دوخط یکدیگرراد رنقطه ای قطع می کنند، امتدادخط موربی که ازمحل تقاطع میگـــــذرد عدد ۱۴۰ رانشان خواهد داد این عدد تعداد دوران درهردقیقـــه خواهد بود .







بهمین ترتیب برای سرعت ۷۱ متر در دقیقه باتیغه فرزی بقطر d = ۱۳۵ میلیمتر ۱۸۰ دور در دقیقه لازم میشود .

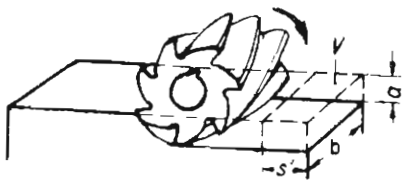
همیشه تمام دورهای لازم در ماشین پیدا نمیشود و باید آنرا تعدیل کرد . مثلا" اگر خط عمودی ازقطر ٤٠ میلیمتری را رسم کنید تا به منحنی سرعت مورد نظر مثلا" ۸۰ متر در ثانیه برسد و از آنجا نیز اگر خطی مورب به نقطه صفر رسم کنید ، عدد ٦٥٠ بدست میآید ، یعنی تیغه فرزی بقطر ٤٠ میلیمتر با سرعت ۸۰ متر در ثانیه باید در دقیقه ٦٥٠ دور گردش کند ، یا اگر بخواهید با همان تیغه فرز با قطر ٤٠ میلیمتر و سرعت ۱۰۰ متر در ثانیه بتراشید ، باید ۸۰۰ دور در دقیقه بگردد .

ولی بطوریکه مشاهده میشود چنین دورهائی در دیاگرام ماشین پیدا نمیشود . برای مثال اول ، دورکمتر ۵۶۰ دور در دقیقه ودوربیشتر ۷۱۰ دور در دقیقه است وبرای مثال دوم ، دورکمتر ۷۱۰ دور در دقیقه ودوربیشتر ۹۰۰ دور در دقیقه است ولی اصولا" بهتراست درموقع فرزکاری همیشه سرعت بیشتر رابرای تیغه فرزانتخاب کنید ، مگردرمواقعی که اختلاف دوربدست آمده باد ورکمترموجود درماشین خیلی کم باشد مثلا" اگرقطرتیغه فرز d = ۷۰ وسرعت برش V = ۸۰ باشد تعداد دورلازم ۳۶۵ — دوردر دقیقه میشودکه اختلاف این عدد باد ورموجودکه ۳۳۵ است ۱۰ دور در دقیقه خواهد شد که دراینجادور ۳۳۵ رابایدانتخاب کنید .

دیاگرامی که داده شده است فقط برای نمونه است زیرااغلب برای هرماشین دیاگرامی مطابق قدرت ماشین ودورهای موجود درآن تنظیم میشودکه اختصاص به همان ماشین دارد ونمیتوان ازآن — برای ماشین دیگراستفاده کرد . دیاگرامهای دیگری نیزموجود است که اصول کارشان باکمی تفاوت مانند دیاگرام ذکر شده است .

نوع تیغ فرز	فولاد ساده با استحکام 35 60 Kg/mm²	فولاد الیاژ (تابانده) 60 80 Kg/mm²	فولاد الیاژ بهسازی 100 Kg/mm²	چدن سیاه (نیمسخت)	برنج و مسوار	فلزات سبک
غلطی	12	10	8	22	30	60
پیشانی تراش	15	12	10	18	40	75

مقدار مجاز براده به kW min/cm³ توان محرک ماشین



د وجد ول زیرمقد اربراده برد اری مجازازقرارسانتیمترمکعب برای هرکیلووات توان ماشین نشان ـ داده شده است ۰

مثلا" اگربخواهیدچدن سیاه راباتیغه فرزغلطکی کف تراشی کنید ، باید باماشینی که یک کیلو وات قدرت دارد د رهرد قیقه ۲۲ سانتی مترمکعب براده برد اری کنید ۰

برای بد ست آوردن سرعت بار، جد ول زیرمورد استفاده قرارمیگیرد یعنی د رستون ، مقد ارمجاز براده V مقابل عدد ۲۲ سه رقم د رستون عمق برش د یده میشود مثلا" اگرعمق برش ۵ میلیمتررا انتخاب کنید وعرض تیغه فرزهم ۱۰۰ میلیمترباشد د رمحل تقاطع ستون ۱۰۰ میلیمترعرض تیغه فرزه۵ میلیمتر عمق بارباعدد ٤٤ مواجه میشوید ، یعنی میتوانید بارماشین رابرای سرعت ٤٤ میلیمترد رهرد قیقه میزان کنید ۰

چنانچه باشرایط بالا ، ماشینی دارای ۲ کیلووات توان باشد ، د رهرد قیقه ۸۸ میلیمتربار میتوان داد ۰ البته بازهم متذکرباید شدکه تمام این سرعتهاممکن است د رهیچ ماشین وجود نداشته باشد وباید تعدیل شود ۰

سرعت‌بار 'S برطبق مقدار مجازبراده 'V										
مقدارمجاز براده V' cm³/kwmm	عمق برش a mm	درتوان محرك‌ماشین P = ۱ kw*								
		عرض فرز b به mm								
		۴۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۰
۸	۳	۶۶	۵۳	۴۴	۳۳	۲۶	۲۲	۱۹	۱۶	۱۵
	۵	۴۰	۳۲	۲۷	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۱۰	۹
	۸	۲۵	۲۰	۱۶	۱۲	۱۰	۸	۷	۶	۵.۵
۱۰	۳	۸۲	۶۶	۵۵	۴۱	۳۳	۲۷	۲۳	۲۰	۱۸
	۵	۵۰	۴۰	۳۳	۲۵	۲۰	۱۶	۱۴	۱۲	۱۱
	۸	۳۱	۲۵	۲۱	۱۵	۱۲.۵	۱۰	۹	۸	۷
۱۳	۳	۱۰۰	۸۰	۶۷	۵۰	۴۰	۳۳	۲۹	۲۵	۲۲
	۵	۶۰	۴۸	۴۰	۳۰	۲۴	۲۰	۱۷	۱۵	۱۳
	۸	۳۷	۳۰	۲۵	۱۹	۱۵	۱۲	۱۰	۹	۸
۱۵	۳	۱۲۵	۱۰۰	۸۴	۶۲	۵۰	۴۲	۳۶	۳۱	۲۸
	۵	۷۵	۶۰	۵۰	۳۷	۳۰	۲۵	۲۱	۱۹	۱۶
	۸	۴۷	۳۷	۳۱	۲۱	۱۹	۱۵	۱۳	۱۱	۱۰
۲۲	۳	۱۸۴	۱۴۶	۱۲۱	۹۲	۷۳	۶۱	۵۲	۴۶	۴۱
	۵	۱۱۰	۸۸	۷۳	۵۵	۴۴	۳۷	۳۱	۲۷	۲۴
	۸	۶۹	۵۵	۴۶	۳۴	۲۷	۲۳	۱۹	۱۷	۱۵
۲۸	۳	۲۳۰	۱۸۵	۱۵۵	۱۱۶	۹۴	۷۸	۶۷	۵۸	۵۲
	۵	۱۴۰	۱۱۰	۹۳	۷۰	۵۶	۴۷	۴۰	۳۵	۳۱
	۸	۸۷	۷۰	۵۸	۴۴	۳۵	۲۹	۲۵	۲۲	۱۹
۶۰	۳	۵۰۰	۴۰۰	۳۳۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۵	۱۴۲	۱۲۵	۱۱۰
	۵	۳۰۰	۲۴۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۶	۷۵	۶۷
	۸	۱۸۵	۱۵۰	۱۲۵	۹۴	۷۵	۶۳	۵۳	۴۷	۴۲
۷۵	۳	۶۲۵	۵۰۰	۴۱۵	۳۱۰	۲۵۰	۲۰۵	۱۷۸	۱۵۶	۱۴۰
	۵	۳۷۵	۳۰۰	۲۵۰	۱۸۵	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۵	۹۴	۸۲
	۸	۲۳۵	۱۸۵	۱۵۵	۱۱۵	۹۴	۷۸	۶۷	۵۸	۵۲

*در مورد توان‌محرك P = ۲/۵kw یا ۵kw مقدار تابلو در ۲/۵ یا ۵ ضرب‌خواهدشد

جدول صفحه بعد زاویه های مختلف وتعداد دندانه های تیغه فرزوقطرهای استاندارد شده آنها رابرای کارهای مختلف وفلزات مختلف نشان میدهد .

مثلا" تیغه فرزپولکی ازقطر ۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر در تابلو دیده میشودکه دارای ۱۰ تا ۴۰ دندانه درروند ایره خود است .

زاویه های آزاد α وزاویه γ وزاویه انحراف λ درمورد بارمخالف به ترتیب 7° و 12° و 15° درجه وبرای بارموافق یاهمراه 12° و 15° و 18° درجه است . همچنین برای فلزات سخت یانرم تعداد دندانه هاوزاویه هافرق میکند .

ازاینجامیتوان نتیجه گرفت که یك تیغه فرزبرای هرکاری مناسب نیست وباید تیغه فرزصحیح ومناسب برای کارانتخاب کرد ، که باسختی فلزونوع کارومقداربارتناسب داشته باشد . امروزه بیشتر تیغه فرزها رابعلت دوام وخاصیت خوب فولاد های تند برازاین نوع فولاد میسازند وجدول فوق براساس فولاد تند برتهیه شده است .

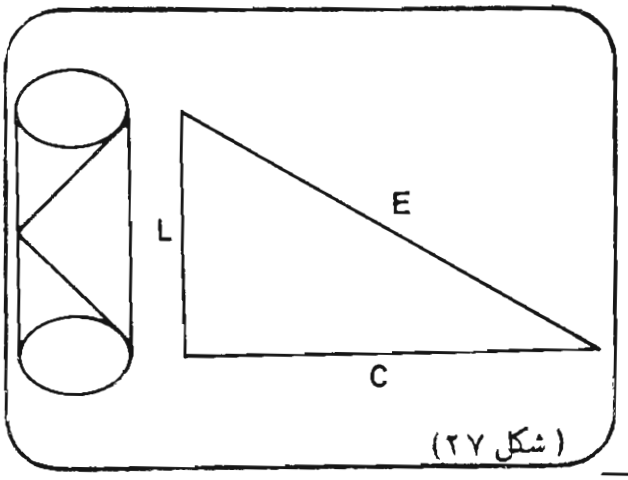
ماریچ تراشی (دندانه های ماریچ روی ماشین فرز):

محاسبه گام ماریچها وتعیین زاویه آنها :

ماریچ کاملی راکه یکدوربدوراستوانه پیچیده شده است ، درنظرگرفته واستوانه رادرطول مولدی که ابتدا وانتهای ماریچ رابهم وصل میکند بصورت یك صفحه بازکنید .

ماریچ ومولدودایره قاعده استوانه تشکیل یك مثلث قائم الزاویه رامیدهندکه ارتفاع مثلث ، گام چرخدنده است وآن راباحرف L نشان میدهند .

وترمثلث مسیرمنحنی یاطول ماریچ است که با حرف E نامیده میشود وقاعده مثلث محیط استوانه استکه ماریچ دیجول آن بوجودآمده است وبا حرف C نشان داده میشود (شکل ۲۷) .



(شکل ۲۷)

عرض فرز b / عمق فرز a	فرز پولکی b=20 mm				فرز غلطکی پیشانی تراش b=70 mm				فرز غلطکی b=100 mm			
	روتراشی a=10 mm		پرداخت a=10 mm		روتراشی a=5mm		پرداخت a=50,5mm		a=0,5mm		a=5mm	
	u	s	u	s	u	s	u	s	u	s	u	s
فولاد بیالیاژتا استحکام 65Kg/mm²	۱۷	۱۰۰	۲۲	۶۰	۲۲	۷۰	۱۷	۱۰۰	۱۸	۱۰۰	۲۲	۴۰
فولاد باالیاژتا استحکام 75Kg/mm²	۱۴	۸۰	۱۸	۵۰	۱۸	۵۵	۱۴	۹۰	۱۴	۸۰	۱۸	۳۰
فولاد الیاژتجزید شده تا استحکام 100Kg/mm²	۱۰	۵۰	۱۴	۳۶	۱۴	۴۲	۱۰	۵۵	۱۲	۵۰	۱۴	۲۵
چدن خاکستری تا ۱۸۰ برینل	۱۲	۱۲۰	۱۸	۶۰	۱۸	۷۰	۱۲	۱۴۰	۱۴	۱۲۰	۱۸	۴۰
برنج (Mg58)	۳۵	۷۰	۳۵	۵۰	۵۵	۱۵۰	۳۶	۱۹۰	۳۶	۱۵۰	۵۵	۷۵
فلز سبک	۲۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۱۱۰	۲۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۱۰۰

عرض فرز b= / عمق فرز a=	فرز انگشتی b=25mm				فرز تیغه دار				اره کردن b=2,5 mm			
	a=5mm		a=.,5mm		a=5mm		a=.,5mm		a=10mm			
فولاد بی الیاژتا استحکام 65Hg/mm²	۱۷	۵۰	۲۲	۱۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۵۰	۴۵	۵۰		
فولاد باالیاژتا استحکام 75Kg/mm²	۱۱	۴۰	۱۹	۱۰۰	۱۶	۶۵	۲۳	۴۰	۳۵	۴۰		
فولاد الیاژتجدید شده تا استحکام 110Kg/mm²	۱۲	۲۰	۱۷	۶۵	۱۴	۳۶	۱۸	۳۰	۲۵	۳۰		
چدن خاکستری تا ۱۸۰ برینل	۱۵	۶۰	۱۹	۱۲۰	۱۶	۱۰۰	۲۴	۹۰	۳۵	۵۰		
برنج (Ms ۵۸)	۳۵	۸۰	۵۵	۱۲۰	۱۵۰	۲۰۰	۶۰	۱۲۰	۳۵۰	۲۰۰		
فلز سبک	۱۶۰	۹۰	۱۸۰	۱۲۰	۲۵۰	۳۵۰	۳۰۰	۹۰	۳۲۰	۱۸۰		

محاسبه زاویه مارپیـــچ :

برای محاسبه زاویه مارپیچ طبق قواعدی که درمثلث قائم الزاویه گفته شد ، تانژانت زاویـــه مارپیچ برابراست بامحیط خارجی چرخدنده که تقسیم برگام مارپیچ شده باشد .

$$Tg\alpha = \frac{C}{L} = \frac{\text{محیط}}{\text{گـــام}}$$

می دانیدکه محیط دایره برابراست باقطر، ضربدرعدد ثابت π (پی) که مقدارآن ۳/۱٤ است .

مثال ۱: اگربخواهید روی قطعه کاربقطر ۵۰ میلیمترشیارمارپیچی باگام ۳۰۰ میلیمتردرآورید ـ زاویه انحراف میزچه اندازه میشود ؟

$$Tg\alpha = \frac{\text{محیط}}{\text{گـام}} = \frac{C}{L} = \frac{۵۰ \times ۳/۱٤}{۳۰۰} = ۰/۵۲۳$$

ازروی جدول مثلثاتی همانطورکه قبلا" توضیح داده شدمقدارزاویه α راکه برابراست بـــا ۲۷° و $٤۰'$ بدست آورید .

Tg زاویه بدست آمده ممکن است همیشـه درتابلوبید انشود بنابراین نزدیکترین عدد راانتخاب کنید (این عدد صددرصد دقیق نیست) . درصورت احتیاج میتوان بکمك تناسب اعشاری مقدارد قیقـــه راکه درجدول نیست بدست آورد .

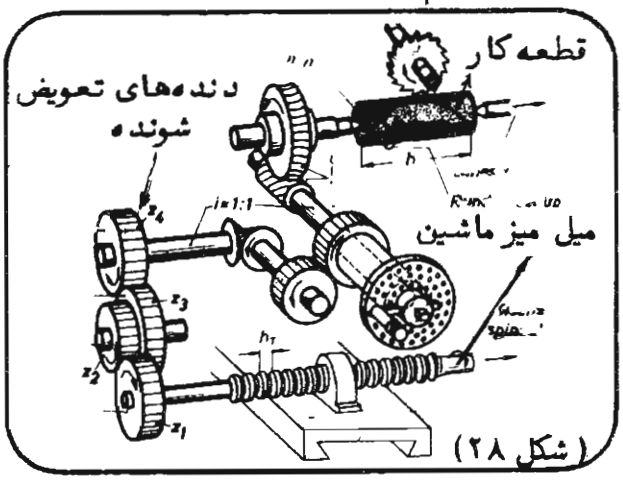
مثـال ۲: میخواهید روی استوانه ای ، قطر ۵۰ میلیمترشیارمارپیچی بازاویه ۹ درجه بتراشید ، گام آنرامحاسبه کنید ؟

$$L = \frac{C}{Tg\alpha} \qquad \text{گام} = \frac{\text{محیـــط}}{\text{تانژانت زاویـــه}}$$

ازروی جدول مثلثاتی باید تانژانت زاویه ۹ درجه رابدست بیاوریـــدکه مقدارآن برابـــر $Tg\ ۹^{\circ} = ۰/۱۵۸٤$ میشود .

$$L = \frac{۵۰ \times ۳/۱٤}{۰/۱۵۸٤} = ۹۹۱/۱٦\ mm$$

همانطورکه در شکل ۲۸ ملاحظه میشود هرگاه میل هدایت L یک دوربدورخودش بگردد میز ماشین وبالاخره قطعه کاربه اندازه یک گام پیچ میل هدایت S به جلوخواهد رفت.



(شکل ۲۸)

درصورتیکه نتیجه نسبت چرخ دندانه ها Z_1 تا Z_4 جمعاً $\frac{1}{1}$ باشد $\frac{1}{40}$ دورگردش میکند پس درکارهای معمولی ماریچ تراشی ، نسبت دنده های روی میل هدایت که باحرف L مشخص شده است ومیل گرداننده صفحه که آنراباحرف A نام گذاری کرده اند ، سواربشود چنین خواهد شد :

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times 40}{H}$$

مثلاً" اگربخواهید روی استوانه ای بقطر $d = 50\ mm$ ماریچی باگام $H = 300\ mm$ را بتراشید برطبق محاسبات قبلی باید میزراتحت زاویه $\alpha = 27^\circ\ 40'$ کج کرده وآنرابرطبق محاسبه زیردنده ، سوارکنید (فرض میشود گام میل هدایت $S = 6$ است) .

$$\frac{L}{A} = \frac{6 \times 40}{300} = \frac{24}{30} = \frac{4}{5}$$

همانطورکه قبلاً" گفته شد برای بعضی دنده های لازم میتوان صورت ومخرج کسررا راعدادی ضرب کرد تاعددی که متشابه دنده های مورد نظراست ودردسترس قراردارد بدست آید .

دراینجاکسر $\frac{4}{5}$ رادرکسر $\frac{8}{8}$ ضرب کنید . حاصل کسر $\frac{32}{40}$ خواهد شدکه درسری دنده های موجود ، هم دنده ۳۲ وهم دنده ۴۰ پیدامیشود .

درمثال فوق ، باید روی محورمیل هدایت L ، چرخ دنده ۳۲ دنده ای وروی محور گرداننده صفحه (پیچ میزماشین) چرخ دنده ۴۰ دنده راسوارکنید .

بطوری که قبلا" هم گفته شد برای انتقال دادن حرکت این دوچرخ دنده بیکدیگر، چرخ دنده واسطه لازم است وباید نسبت به چپ گردی یا راست گردی ماریچ موردنظر، وتعداد چرخ دنده های آن فرد یا زوج باشد .

گاهی ممکن است که نسبت دنده ها بسادگی مثال فوق نباشد ونسبت مرکب لازم شود.

مثال ــ اگربه خواهید باماشین فوق الذکر، ماریچی باگام $H = ۷۰۰ mm$ روی قطعه ای بقطر $d = ۷۵ mm$ بتراشید بنابرآنچه گفته شد انحراف میز:

$$tg\alpha = \frac{d \times \pi}{H} = \frac{۷۵ \times ۳/۱۴}{۷۰۰} = ۰/۳۳۶$$ می شود .

وازروی جدول مثلثاتی زاویه $\alpha = ۱۸^{\circ}۳۰'$ بدست میآید ونسبت دنده های لازم:

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H} = \frac{۶ \times ۴۰}{۷۰۰} = \frac{۲۴}{۷۰}$$ می شود .

چون دنده های ۲۴ و۷۰ وجود ندارد آنهارابصورت :

$$\frac{۴۰}{۱۰۰} \times \frac{۴۸}{۵۶}$$ یا $$\frac{۴۰}{۱۰۰} \times \frac{۲۴}{۲۸} = \frac{۴}{۱۰} \times \frac{۶}{۷} = \frac{۲۴}{۷۰}$$ درمی آورند .

یعنی دنده های لازم :

$Z_۱ = ۴۸$ $Z_۲ = ۵۶$ $Z_۳ = ۴۰$ $Z_۴ = ۱۰۰$ اول یا:

$Z_۱ = ۲۴$ $Z_۲ = ۲۸$ $Z_۳ = ۴۰$ $Z_۴ = ۱۰۰$ دوم است .

تذکر: علامت فلش، چگونگی سوارکردن دنده هارایکی پس ازدیگری نشان میدهد. (شکل ۲۸) .

توضیح : انتخاب چرخدنده های نوع اول بهتراست، زیراهرقدرچرخ دنده ها بزرگتر باشد احتیاج کمتری به واسطه اضافی خواهد داشت .

درصورتیکه بخواهید ماریچ چنددندانه ای بتراشید (مثلا" چرخدنده ماریچی) باید دسته تقسیم رابس ازتراش هرماریچ باندازه لازم (که محاسبه شده است) بگردانید وماریچ جدیدی رابتراشید .

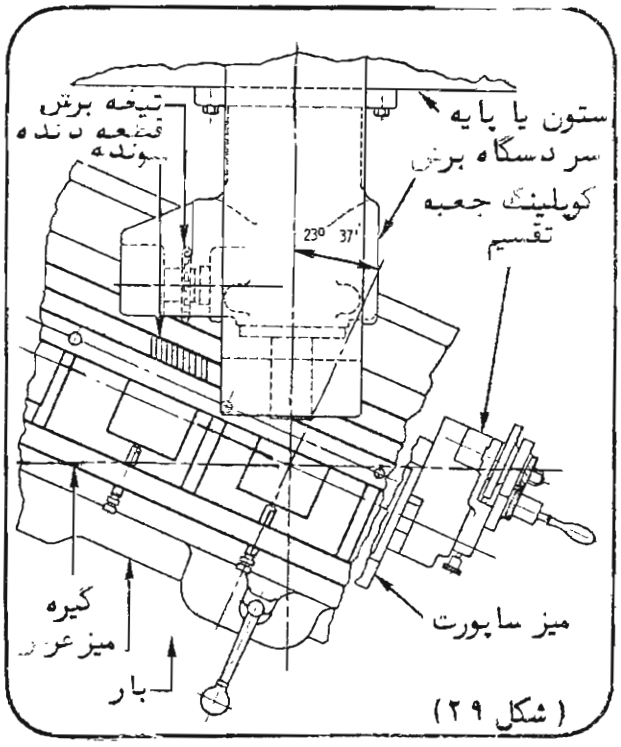
دربعضی مواقع میتوان حلزون راازچرخ حلزون خارج کرده ومستقیما" ازمیل محورماشین به میل محوردستگاه تقسیم دنده سوارکرد ، دراین صورت وجود نسبت $\frac{۱}{۴۰}$ وسایرقسمتهای ساختمانی مربوط به

این قسمت دستگاه تقسیم ، کنارگذاشته شده وبی اثرخواهد بود .

ازاین حالت بیشتربرای تراشیدن گامهای کوچك مثل ماریچها (وقتی که یك دنده ای باشد و احتیاجی به تقسیم آنهانباشد) استفاده می کنند .

بنابراین : $\frac{L}{A} = \frac{S}{H}$

ودراین صورت نسبت دنده ها نسبت در ۴۰ نمیشود مثلا" اگربخواهید ماریچی باگام ۱۲ میلیمتر



(شکل ۲۹)

بتراشید کافی است که به نسبت زیردنده سوارکنید (شکل ۲۹) . $\frac{L}{A} = \frac{S}{H} = \frac{۶}{۱۲} = \frac{۲۴}{۴۸}$

گام میل هدایت $S = ۶$ است . $\frac{L}{A} = \frac{S}{H}$ ، $\frac{L}{A} = \frac{۲۴}{۴۸}$ یعنی $\frac{L}{A} = \frac{۶}{۱۲}$

$Z_1 = ۲۴$ و $Z_2 = ۴۸$ دراینجانیزلزوم واسطه ، بستگی به چپ گرد یاراست گرد بودن ماریچ داشته وبه ساختمان دستگاه ربطی نخواهد داشت .

مثال : میخواهید ماریچی باگام $H = ۲۱$ بتراشید ونسبت گام میل هدایت $S = ۶$ استبنابراین

$\frac{L}{A} = \frac{S}{H}$ پس $\frac{L}{A} = \frac{۶}{۲۱} = \frac{۲}{۷} = \frac{۱۶}{۵۶} = \frac{۳۲}{۵۶} \times \frac{۱}{۲} = \frac{۳۲}{۵۶} \times \frac{۲۴}{۴۸}$

یعنی $Z_۴ = ۴۸$ $Z_۳ = ۲۴$ $Z_۲ = ۵۶$ $Z_۱ = ۳۲$ می شوند .

باید یادآورشدکه برای تراش این قبیل ماریچهاچون اندازه زاویه انحراف خیلی است ومیز ماشین معمولا" بیش از ۴° کج نمیشود احتیاج به دستگاه کمکی ، یعنی به کله گی عمودی یا افقی احتیاج دارید مثلا" زاویه انحراف ماریچ فوق چنانچه قطرآن ۷۵ میلیمتر باشد چنین خواهد شد :

$$tg\alpha = \frac{d_0 \pi}{H} = \frac{75 \times 3/14}{21} = 11/2142$$

$$\alpha = 84^\circ \quad 50' \quad 6''$$

البته درفرزکاری های معمولی دقت تا" ۶ لازم نیست وهمان ۵۰′ ۸۴° کافی است .

بطوریکه ملاحظه میشود چون میزباین مقدارکج نخواهدشد وبااستفاده ازکله گی افقی ، تیغه فرز ۹۰° منحرف میشود پس لازم است میزباندازه ۱°-۵° = ۵۰′ و ۸۴° - ۹۰° کج شودکه کاملا" امکان پذیراست .

محاسبه وطرق ساختن چرخدندانه های ماریچی :

اگربیك چرخدنده ساده نگاه کنیدمتوجه خواهیدشدکه گام درتمام ضخامت دنده هامساوی است یعنی مقدار T درتمام طول دنده هایکسان وبرابراست .

بنابراین محیط متوسط چرخدنده مساوی ، معادل جمع گامهایا $T \times Z$ است.

پیدایش مدول نیزبرهمین اساس است یعنی گام راهمیشه حاصل ضرب عددی در π انتخاب میکنندتادرپیداکردن قطریعنی :

$$do = \frac{a}{\pi} = \frac{T \quad Z}{\pi} = \frac{m \times \pi \times Z}{\pi} = m \times Z$$

مقدار π ازصورت ومخرج کسرحذف شده ومحاسبه ساده ترشود .

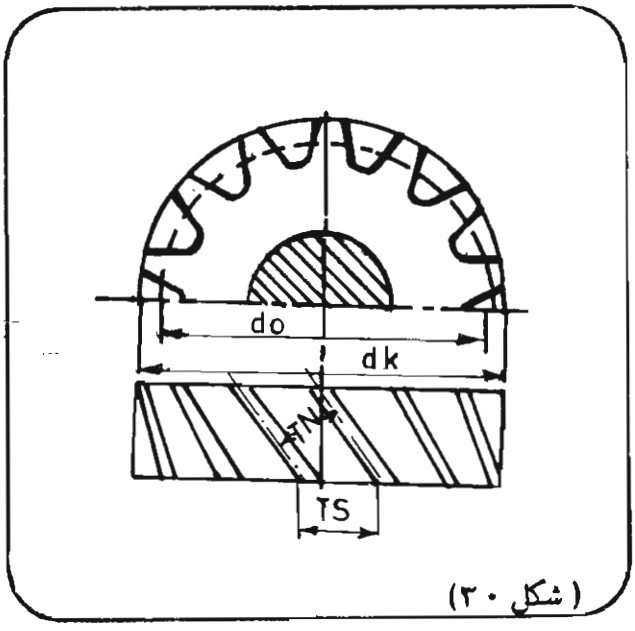
درمحاسبه چرخدنده های ساده نیز، محیط ازجمع گامهاوقطربهمان طریق بدست میآید : ($do = m \times Z$)

ولی درچرخ دنده های ماریچی دوگام موجوداست بشرح زیر:

الف : گامیکه درتمام ضخامت دنده یکسان نیست وگام پیشانی نامیده میشود (T_s) .

ب : گامیکه روی خط عمود بین دو دندانه اندازه گیری شده وبگام نرمال معروف است وبا T_n نمایش داده میشود .

بنابراین گام واقعی دردنده های مارپیچی گامی است که شیارآن برابرتیغه فرزبامدول مورد نظرباشد وگام پیشانی فقط درتعیین قطرچرخدنده موثرواقع شود .



(شکل ۳۰)

بطوریکه درشکل ۳۰ دیده میشود گام پیشانی (T_s) باگام واقعی (T_n) مثلث قائم الزاویه ای تشکیل داده که یک ضلع آن گام واقعی T_n ووترآن گام پیشانی T_s است .

همانطورکه گفته شد درمارپیچ تراشی و چرخ دنده های مارپیچی میزراباندازه زاویه α (که درمحاسبه بدست میآید) کج کنید تاتیغه فرزدرامتداد مارپیچ قرارگیرد وشیار مارپیچ درست معادل عرض تیغه فرزدرآید .

اگرگام واقعی رابه گام پیشانی تقسیم کنید $\cos\alpha$ بدست میآید یعنی $\frac{Tn}{Ts} = \cos\alpha$ میشود .

وبرای بدست آوردن مقدار α ازجدول کسینوسها استفاده کنید .

مدول :

درچرخدنده های ساده برای بدست آوردن مدول ، گام بعددپی تقسیم میشد $m = \frac{T}{\pi}$

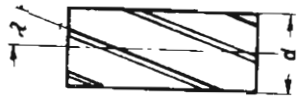
ولی درچرخدنده های مارپیچی بواسطه وجود دوگام ،دومدول موجود است .

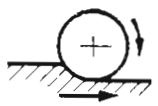
الف : مدول ظاهری که ازتقسیم گام پیشانی بر π بدست میآید یعنی $m_s = \frac{Ts}{\pi}$ میشود .

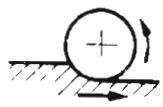
ب : مدول نرمال که ازتقسیم گام نرمال برعدد π بدست میآید :

$$m_n = \frac{T}{\pi}$$

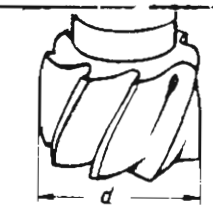
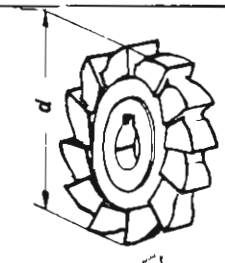
جدول مربوط به برادهٔ برداری در ماشینهای فرز







فرزکردن همراه — فرزکردن مخالف — λ = زاویه انحراف زاویه تمایل لبه برنده با محور — α = زاویه آزاد — γ = زاویه براد

نوع تیغ فرز	فولاد معمول تا استحکام 75Kg/mm²				مواد پراستقامت تا استحکام 100Kg/mm²				فلزات سبک			
	قطر	تعداد دندانه	زاویه برش		قطر	تعداد دندانه	زاویه برش		قطر	تعداد دندانه	زاویه برش	
	d	z	α γ λ		d	z	α γ λ			z	α γ λ	
فلزکی	40	6	مخالف		40	10	مخالف		40	4	مخالف	
	50	6	7° 10° 38°		50	10	4° 5° 35°		50	4	8° 25° 45°	
	60	6	همراه		60	10	همراه		60	4	همراه	
	75	6	12° 16° 35°		75	12	8° 12° 30°		75	5	14° 30° 45°	
	90	8			90	14			90	5		
	110	8			110	16			110	6		
	130	10			130	16			130	6		
	150	10			150	18			150	8		
 فلزکی بینانی	40	8	مخالف		40	12	مخالف		40	4	مخالف	
	50	10			50	14			50	5		
	60	10			60	14			60	6		
	75	10	7° 10° 20°		75	16	4° 5° 20°		75	6	8° 25° 35°	
	90	12			90	18			90	6		
	110	12			110	20			110	7		
	130	14			130	22			130	8		
	150	16			150	24			150	10		
 پولکی	50	10	مخالف		50	16	مخالف		50	4	مخالف	
	60	10	α γ λ		60	16	α γ λ		60	6	α γ λ	
	75	12	7° 12° 15°		75	18	5° 6° 10°		75	6	8° 25° 30°	
	90	12			90	20			90	8		
	110	14	همراه		110	22	همراه		110	10	همراه	
	130	16			130	24			130	10		
	150	18	α γ λ		150	26	α γ λ		150	12	α γ λ	
	175	18			175	28			175	12		
	200	20	12° 18° 15°		200	30	8° 14° 12°		200		14° 30° 30°	
انگشتی	10	4			10	6			10	3		
	12	4			12	6			12	3		
	14	5			14	6			14	3		
	16	5	مخالف		16	8	مخالف		16	3	مخالف	
	20	6			20	8			20	4		
	24	6	8° 20° 25°		24	8	4° 6° 15°		24	4	8° 20° 25°	
	30	6			30	10			30	4		
	36	6			36	10			36	5		
	40				40	10			40	5		

محاسبه قطرمتوسط :

ازطرفی گفته شدکه محیط چرخ دنده وبالاخره قطرآن بگا پیشانی بستگی دارد بنابراین قطر متوسط درچرخ دندانه ماریچی معادل است با:

$$do = \frac{Ts \times Z}{\pi} = \frac{ms \times \pi \times Z}{\pi} = m_s \times Z$$

بعلاوه می دانیدکه $\frac{Tn}{Ts} = Cos\alpha$ پس $Ts = \frac{Tn}{Cos\alpha}$ است .

ازتقسیم طرفین بر π بدست میآید .

$$\frac{Ts}{\pi} = \frac{Tn}{\pi Cos\alpha}$$

$$\frac{m_s \times \pi}{\pi} = \frac{m_n \times \pi}{\pi Cos\alpha}$$

$$m_s = \frac{m_n}{Cos\alpha}$$

پس قطرمتوسط معادل است با:

$$do = m_s \times Z = \frac{m_n \times Z}{Cos\alpha}$$

$$do = \frac{Zd_k}{Z + ۲ m_n}$$

محاسبه قطرخارجی وارتفاع دنده درچرخ دنده های ماریچ :

قطرخارجی :

$$d_k = d + m_n$$

$$d_k = m_n \left(\frac{Z}{Cos} + ۲\right)$$

ارتفاع دنده :

$$h = ۲/۱۶ m_n = \frac{V}{S} m_n$$

انتخاب تیغه فرز:

انتخاب تیغه فرزبرای چرخدنده های ساده ازروی شماره بندی آن (که روی تیغه فرز حك شده است) معلوم میشود ولی دردنده های ماریچی بعلت خصوصیت فنی آن ، تیغه فرزازفرمول زیربدست میآید . Zi تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیغهٔ فرزاست $Zi = \frac{Z}{Cos\alpha}$

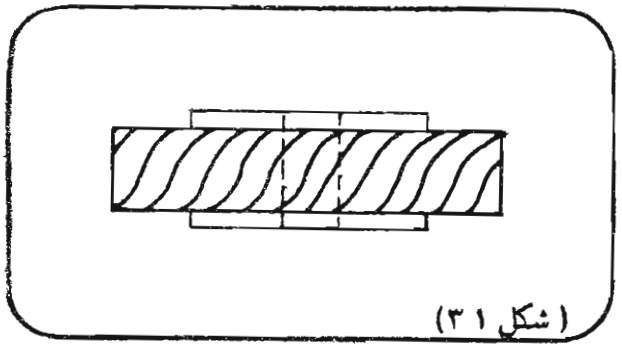
مثلا" برای تراشیدن چرخدنده ماریچی با $Z = ۲۰$ دندانه وزاویه $\alpha = ۶۰^\circ$ چه تیغهٔ فرزی باید انتخاب کرد .

$$Zi = \frac{Z}{Cos^۳\alpha} = \frac{۲۰}{۰/۵^۳} = \frac{۲۰}{/۱۲۵} = ۱۶۰$$

طبق جدول باید ازتیغه فرزشماره ۸ استفاده کرد .

محاسبه چرخ دنده های سوارشونده روی دستگاه جعبه تقسیم جهت تراشیدن چرخدنده های مارپیچی :

باید توجه داشت که تراشیدن چرخدنده های مارپیچی باروش تقسیم اختلافی خالی ازاشکال نخواهد بود زیرامیل محورگرداننده صفحه برای تراشیدن مارپیچ، به محورمیل هدایت وصل است و نمیتواند درعین حال بمحورد ستگاه تقسیم هم وصل باشد ، یعنی دریك زمان نمیتواند دوحرکت متفاوت ویامخالف جهت یکدیگرداشته باشدوهراه موردی پیش آیدکه مجبوربه اینکارشوید ، باید ابتداء صفحه تقسیم مخصوص باتعداد سوراخهای لازم رابه طریق اختلافی ، درصورت امکان ساده تهیه وروی دستگاه تقسیم سوارکرد وسپس دنده راتراشید .



(شکل ۳۱)

بطوریکه درشکل ۳۱ شکل خارجی یك چرخدنده مارپیچ دیده میشود روی استوانه چرخ چندین مارپیچ ، به موازات هم تراشیده شده که شیاردندانه ها راتشکیل میدهد ولی مارپیچ ،یك دورتمام بدوراستوانه نمی پیچد ، بلکه فقط قسمتی ازآن روی استوانه قرارمیگیرد . دراینصانیزمثل مارپیچ تراشی عمل میشود ، یعنی استوانه چرخدنده تاحدی که دنده مارپیچ یکدورکامل بگرددادامه می یابد .

حال اگرمانند مارپیچ تراشی آنراگسترش دهید (مثل آنچه که بیان شد) وزاویه انحراف ومحیط استوانه راداشته باشید بنابراین گام مارپیچ دنده معادل با : $H = \frac{d_o \times \pi}{tg\,\alpha}$ خواهد شد .

برای تراشیدن یك مارپیچ ساده فقط قطراستوانه رادرنظربگیرید ولی اینکاربنابه موارد مختلف معمول نیست زیراقطراستوانه دربالای شیار بزرگترود رکف شیارکوچکتراست درحالیکه مقدارگام تغییرنمی کند . بنابراین طبق فرمول $tg\,\alpha = \frac{d_o \times \pi}{H}$ مقدار α درهرعمقی ازشیار، باجاهای دیگر

آن تفاوت خواهد داشت .

بنابراین برای تراشیدن این نوع دنده های مارپیچ قطرمتوسط رابحساب میآورند (یعنی d_o) .

مثال : حال اگربخواهید چرخدنده مارپیچی با $Z = ۲۵$ و $m = ۲/۵$ و $\alpha = ۲۰^\circ$ بتراشید بنابر آنچه گفته شد :

$$do = \frac{Z \times m_n}{\cos\alpha} = \frac{۲۵ \times ۲/۵}{۰/۹۳۹۶۹} = ۶۶/۵$$ میلیمتر میشود .

چون چرخ دندانه باید قبلا" روی ماشین تراش(باتوجه به قطرخارجی معین) تراشیده شود ـ بنابراین : $d_k = do + ۲m = ۶۶/۵ + (۲ \times ۲/۵) = ۷۱/۵$ میشود .

برای انتخاب تیغه فرزازفرمول زیراستفاده کنید :

$$Z_i = \frac{Z}{\cos^3\alpha} = \frac{۲۵}{۰/۹۳۹۶۹^3} = ۳۰$$

Z_i تقریبا" برابر ۳۰ است بنابراین طبق جدول تیغه فرزها،بتیغه فرز شماره ۵ احتیاج دارید .

گام چرخدنده رابطریق زیرمحاسبه کنید : $H = \frac{D_o \times \pi}{tg\alpha} = \frac{۶۶/۵ \times ۳/۱۴}{۰/۳۶۳۹۷}$

که تقریبا" میلیمتر $H = ۵۷۳/۶$ میشود .

حال اگرگام میل هدایت $S = ۶$ میلیمترونسبت دستگاه تقسیم $\frac{۱}{۴۰}$ باشد ، نسبت سوارکردن دنده ها چنین میشود :

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H} = \frac{۶ \times ۴۰}{۵۷۳/۶} = \frac{۲۴۰}{۵۷۳/۶}$$

برای تجزیه عدد ۵۷۳/۶ بهتراست آنرابه عوامل اول تجزیه کرد یعنی :

۲	۵۷۳/۶
۲	۲۸۶/۸
۲	۱۴۳/۴
۳	۷۱/۷
۲۳/۹	۲۳/۹
۱	۱

ملاحظه میشود که عدد ۹/ ۲۳ یا ۱۰ برابرآن ۲۳۹ عدد اول است وقابل تجزیه نیست وازطرفی چنین چرخدنده ای موجود ندارید حال بجای ۹/ ۲۳ عدد ۲۴ راانتخاب کرده وازاختلاف آن صرفنظر کنید .

معمولا" عرض دندانه های تیغه فرزبین ۶تا ۱۰ برابرمدول است ودر دندانه هایی که فشارزیادی رابایدتحمل کنند تا ۱۵ برابرمدول میرسد .

مقدارقابل اغماض طبق حساب زیردرعرض دندانه هائی که حداکثره ۲ میلیمتراست تا ۰/۱ میشود زیراگام جدید درمحاسبه ۵۷۶ میلیمترومقداراختلاف درعرض ۲۵ میلیمترعبارت خواهد بود از:

میلیمتر	میلیمتر
۲/۴	۵۷۶
$X = \frac{۲/۴ \times ۲۵}{۵۷۶} =$ میلیمتر ۰/۱۰۴	۲۵

بنابراین ملاحظه میشود که در ۲۵ میلیمترخطا ، ۱۰۴ هزارم میلیمتر اختلاف وجود دارد . حال میخواهید همان چرخدنده راروی ماشین فرزی که میل هدایتش ۴ دنده درهراینچ دارد ، بتراشید یعنی $S = \frac{۱''}{۴}$ برای حل این مسئله اول گام رابرحسب اینچ تعیین کنید :

$$H = \frac{۵۷۶}{۲۵/۴} = ۲۲/۵''$$ اینچ

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H} = \frac{\frac{۱}{۴} \times ۴۰}{۲۲/۵} = \frac{۴۰}{۲۲/۵ \times ۴} = \frac{۴۰}{۹۰} = \frac{۴}{۹} \times \frac{۶}{۶} = \frac{۲۴}{۵۴}$$ یا $\frac{۴}{۹} \times \frac{۸}{۸} = \frac{۳۲}{۷۲}$

روش واسطه اضافی برای چپ گردی یاراست گردی ماریچ قبلا" بررسی شدود راصطلاح ، راست گردی یاچپ گردی به ماریچی گفته میشود ، که اگرازپیشانی چرخ به آن نگاه کنیم دندانه هابطرف چپ یاراست گشته باشد .

مثال : برای نوسازی یک چرخدنده ماریچ وتشخیص مشخصات آن بشرح زیرباید محاسبه کرد .

فرض کنید چرخدندانه ای راباقطرخارجی میلیمتر ۲۶۳/۱۶ = d_k وقطرداخلی :

میلیمتر ۲۵۳/۴۴ = d_f وتعداد دندانه ها ۱۰۰ = Z رادردست داشته وبخواهید سایرمشخصات آنراحساب کنید .

۱ــ تعیین مدول چرخدنده :

اگرقطرداخلی راازقطرخارجی کم کنید دوارتفاع دندانه یعنی h ۲ بدست میآید ومسلما" نصف آن h ارتفاع یک دندانه خواهد شـــد .

$$h = \frac{d_k - d_f}{۲} = \frac{۲۶۳/۱۶ - ۲۵۳/۴۴}{۲} = ۴/۸$$

پس : میلیمتر $h = ۴/۸$ میشود .

وازطرفی میدانیم $h = ۲/۱۶$ پس $m = \frac{h}{۲/۱۶}$ میشود .

بنابراین : $m = \frac{۴/۸}{۲/۱۶} = ۲/۲۵$ بدست می آیـــد .

چون قطرخارجی $d_k = d_o + (۲ \times m)$ است بنابراین :

$$do = d_k - ۲ \quad m = ۲۶۳/۱۶ - ۴/۵$$

ϕ میلیمتر $do = ۲۵۸/۶۶$ قطرمتوسط میشود .

برای بدست آوردن زاویه انحراف ازفرمول $do = \frac{Z \times m}{\cos \alpha}$ استفاده کنید .

ازاینرو $\cos\alpha = \frac{Z \times m}{do}$ یا $do = \frac{Z \times m}{\cos \alpha}$ میشود .

پس $\cos\alpha = \frac{۱۰۰ \times ۲/۲۵}{۲۵۸/۶۶} = ۰/۸۶۶$ و $\alpha = ۳۰^\circ$

شماره تیغه فرز : $zi = \frac{z}{\cos^۳ \alpha} = \frac{۱۰۰}{۰/۸۶۶^۳} = ۲۰۰$ است

مطابق جدول تیغه فرزشماره ۸ لازم است که :

$H = \frac{Do \times \pi}{Tg\ \alpha} = \frac{۲۵۸/۵۵ \times ۳/۱۴}{۰/۵۷۷} = ۱۴۰۷/۶$ شود .

باتوجه به طول گام بجای عدد ۱۴۰۷/۶ عدد ۱۴۰۰ راانتخاب کنید این اختلاف زیاد نیست زیراحداکثرعرض دندانه ۲۲/۵ وتفاوت گام برطبق محاسباتی که قبلا" بعمل آمده دراینحالت فقـــط ۰/۰۱۲ شده است .

تعییـــن چـــرخ دنـــده های سوارشونـــده :

اگرگام میل هدایت ماشین S = ۵ باشد :

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H} = \frac{۵۰ \times ۴۰}{۱۴۰۰} = \frac{۲۰۰}{۱۴۰۰} = \frac{۸}{۵۶}$$

یا

$$\frac{۲۴}{۵۶} \times \frac{۱}{۳} = \frac{۲۴}{۵۶} \times \frac{۲۴}{۷۲}$$

$$\frac{۲۴}{۱۰۰} \times \frac{۴۰}{۵۶} \quad \text{یااگر} \; S = ۶ \; \text{باشد} \; : \; \frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H} = \frac{۲۴۰}{۱۴۰۰} = \frac{۴۰}{۵۶} \times \frac{۶}{۲۵}$$

درصورتیکه $S = \frac{۱}{۴}''$ باشد :

۱۴۰۰ تقریبا" برابره ۵ اینچ می شود (۵۵ اینچ معادل ۱۳۹۷ میلیمتر است واختلاف آن فقـــط ۰/۰۰۴ می شود) دراینصورت

$$\frac{L}{A} = \frac{\frac{۱}{۴} \times ۴۰}{۵۵} = \frac{۴۰}{۵۵ \times ۴} = \frac{۴۰}{۲۲۰} = \frac{۲}{۱۱}$$

$$\frac{۲}{۱۱} \times \frac{۱۲}{۱۲} = \frac{۲۴}{۱۱} \times \frac{۱}{۴ \times ۳} \quad \text{یا}$$

$$\frac{۲۴}{۴۴} \times \frac{۱}{۳} \quad \text{یا} \quad \frac{۲۴}{۴۴} \times \frac{۲۴}{۷۲}$$

برای آزمایش درست بودن دندههای حساب شده کافی است که فقط کسراصلی رادرمعکوس نسبت دندهها ضرب کنید وجواب باید ۱ شود .

$$\frac{۲۴}{۴۴} \times \frac{۲۴}{۷۲} \times \frac{۱۱}{۲} = ۱ \qquad \text{یعنی}$$

برای زودتردست آوردن چرخدنده برای گامیکه به تعدیل احتیاج داشته باشد به طریق زیرعمل کنید .

میدانیـــدکه $\frac{L}{A} = \frac{S \times ۴۰}{H}$ و $H = \frac{D_o \times \Pi}{Tg \alpha}$ و $D_o = \frac{Z \times M}{\cos \alpha}$ اســـت .

بنابراین می توان نوشت :

چون $tg\alpha = \frac{Sin\alpha}{Cos\alpha}$ پس $tg\alpha \times Cos\alpha$ مساوی است با $Sin\alpha$ پس میتوانید بنویسید که :

$$\frac{L}{A} = \frac{Sin\alpha \times S \times 40}{Z \times m \times \pi}$$ است .

ازطرفی عدد ۴۰ و π ثابت است و S هم درماشینها قابل تغییرنیست پس میتوان $\frac{S \times 40}{\pi}$ راحساب کرد وباحرف C نشان داد .

بنابراین فرمول فوق بصورت $\frac{L}{A} = \frac{C \times Sin\alpha}{Z \times m}$ درمیآید .

مقدار C برای گام میل هدایت $S = 5$ میلیمتری ودستگاه تقسیم $\frac{1}{40}$ برابر $C = 63/72$

" C " $S = 6$ " " " " $C = 76/43$

" C " $S = \frac{1}{4}$ " " " " $C = 80/89$

میباشد .

مثال : اگربخواهید چرخ دندانه ای با $Z = 50$ ومدول $m = 2$ وزاویه $\alpha = 20^{o}$ بتراشید باید طبق معمول قطرخارجی شماره تیغه فرزعمق دندانه هاوگام آنرابدست آورید تابتوانید چرخ دنده های لازم راپیداکنید .

بنابراین $H = \frac{Z \times m \times \pi}{Cos\alpha \times tg\alpha} = \frac{50 \times 2 \times 3/14}{0/94 \times 0/36} = 927/89$

برای پیداکردن دنده های لازم ازفرمول جدید استفاده کنید .

بنابراین پس ازمقایسه اختلافش باگام اصلی ، مشاهده میشودکه :

الف : گام میل هدایت ماشین $S=5$ و $C = 63/72$ است .

$$\frac{L}{A} = \frac{C \times Sin\alpha}{Z \times m} = \frac{63/72 \times 0/34}{50 \times 2} = 0/216648 = \frac{216}{1000} = \frac{24}{100} \times \frac{9}{10}$$

$$= \frac{24}{100} \times \frac{36}{40}$$ است .

بابکاربردن این دنده هاگامی معادل ۹۲۵/۹ بدست خواهدآمدکه تفاوت زیادی باگام اصلی

نخواهد داشت در عرض دنده تفاوت بسیار ناچیز پیدا خواهد کرد .

ب : حال با ماشینی که گام میل هدایتش S = ٦ و C = ٧٦/٤٣ است عمل کنید .

$$\frac{L}{A} = \frac{٧٦/٤٣ \times ٠/٣٤}{٥٠ \times ٢} = ٢٥٩٨٢ = ٠/٢٦ = \frac{٢٦}{١٠٠}$$

چون تبدیل کسر $\frac{٢٦}{١٠٠}$ برای پیدا کردن دندانه های لازم باشکال برمیخورد بنابراین کسررا بصورت $\frac{٢٨ \times ١١}{١٠٠ \times ١٢}$ در بیاورید جواب این کسر با $\frac{٢٦}{١٠٠}$ تفاوت چندانی نخواهد داشت .

بنابراین میشود از اختلاف کم آن چشم پوشی کرد وجواب کسر جدید برابر ٠/٢٥٦٦٦ خواهد شد .

بنابراین انتخاب دنده ها بصورت زیراست :

$$\frac{L}{A} = \frac{٢٨}{١٠٠} \times \frac{٤٤}{٤٨}$$

وگام بصورت میلیمتر H = ٩٢٢/٠٧ در خواهد آمد .

ج : با ماشینی که گام میل هدایتش $S = \frac{١}{٤}''$ و C = ٨٠/٨٩ است عمل کنید .

$$\frac{L}{A} = \frac{C \times \sin\alpha}{Z \times m} = \frac{٨٠/٨٩ \times ٠/٣٤}{٥٠ \times ٢} = ٠/٢٧٥٤٦ = ٠/٢٧٥$$

$$\frac{٤٠}{٦٤} \times \frac{٤٤}{١٠٠} = \frac{١/٦}{١/٦} \times \frac{٢٥}{٤٠} = \frac{٤٤}{١٠٠} \times \frac{٢٥}{١٠} = \frac{١١}{١٠٠} \times \frac{٢٥}{١٠} = \frac{٢٧٥}{١٠٠٠}$$

وگام آخ میلیمتر H = ٩٢٣/٦٣٦٣ است .

ملاحظه شد که ازاین طریق نتیجه زود تر بدست میآید .

محاسبه زوایای چرخ دنده های مارپیچی با محور موازی وعمود برهم :

چرخ دنده های مارپیچ میتوانند با محورهای موازی یا متقاطع با هم کار کنند . در اینصورت :

١ــ هرگاه محورها موازی باشد زاویه های دو چرخ دندانه مساوی میشود ولی مخالف جهت یکدیگر قرار خواهد گرفت .

٢ــ هرگاه محورها عمود برهم باشد زاویه های دو چرخ دندانه متمم یکدیگر میشود .

مثلا" هرگاه دوچرخ دندهٔ عمود برهم داشته باشیم که زاویه یکی ازآنها α وزاویه چرخدنده دیگر β باشد مقدارآن $\beta = 90^\circ - \alpha$ خواهد شد زیراجمع زاویه های دوچرخ دندانه باید ۹۰ درجه شود ۰ دراینجاباید توجه داشت ، چرخ دنده ای که دارای زاویه بزرگتراست باید باچرخ دنده ای بازاویه کوچکتربگردد ۰ یعنی چرخ دنده بازاویه بزرگتروی محورمحرك باید سوارشود ۰

درچرخدنده های مارپیچی عمود برهم چون دوزاویه مساوی هم نیست نسبت قطرهابانسبت دندانه هافرق میکند ۰

مثلا" اگردوچرخدنده یکی با $Z_2 = 30$ و $Z_1 = 20$ دندانه وبامدول $m=2$ داشته باشید وزاویه انحراف آنها $\alpha = 60^\circ$ باشد درصورت موازی بودن بایکدیگر قطرها ، بصورت زیربدست میآید :

$$d_{o1} = \frac{Z_1 \times m}{\cos 60^\circ} = \frac{20 \times 2}{0/5} = 80 \text{ mm}$$ میلیمتر ⌀

$$d_{o2} = \frac{Z_2 \times m}{\cos 60^\circ} = \frac{30 \times 2}{0/5} = 120 \text{ mm}$$ میلیمتر ⌀

ملاحظه میشودکه نسبت دندانه هایعنی $\frac{20}{30}$ مثل نسبت قطرهایعنی $\frac{80}{120}$ است ۰

ولی درچرخدنده های عمود برهم چون زاویه هامتفاوت است این نسبت باهم یکی نمی شود ۰

مثلا" اگر α درچرخدنده دوم ۳۰ درجه باشد ۰

$$d_{o1} = \frac{Z_1 \times m}{\cos \alpha_1} = \frac{20 \times 2}{0/5} = 80$$ میلیمتر ⌀ mm

$$d_{o2} = \frac{Z_2 \times m}{\cos \alpha_2} = \frac{30 \times 2}{0/866} = 67/7$$ میلیمتر ⌀ mm خواهید داشت ۰

ملاحظه میشودکه نسبت قطرها $\frac{80}{67/7}$ بانسبت دنده ها $\frac{30}{20}$ یکی نیست ۰ همچنین دیده میشودکه قطرچرخدندانه ۲۰ دنده ای بزرگترازقطرچرخدندانه ۳۰ دنده ای است ۰ بنابراین میتوان باانتخاب زاویه های مناسب،نسبت دنده وقطرهارابطورد لخواه انتخاب کرد ۰

مثال : اگربخواهید دوچرخدنده داشته باشید که تعداددنده های آنها $Z_1 = 30$ و $Z_2 = 50$ یعنی $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{3}{5}$ باشد وقطرهای آنهاباهم برابر، یامثلا" $\frac{d_{o1}}{d_{o2}} = \frac{2}{1}$ باشد ۰ دراینصورت زاویه α برای چرخدنده اول عبارت خواهد بود از:

$$tg\alpha_1 = \frac{Z_2}{Z_2} \times \frac{do_1}{do_2}$$

$$tg\alpha_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{do_2}{do_1}$$

وباتوجه به نسبت های داده شده :

$$tg\alpha_1 = \frac{5}{3} \times \frac{1}{1} = 1/666$$

درنتیجه : $\alpha_1 = 59^\circ$

$$\beta = 90 - \alpha = 90 - 59 = 31^\circ$$

α_2 یا $\beta = 31^\circ$

واگرنسبت قطرها $\frac{2}{1}$ باشد .

$$Tg\alpha_1 = \frac{do_1}{do_2} \times \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{2}{1} \times \frac{5}{3} = \frac{10}{3} = 3/333$$

$\alpha_1 = 72^\circ 15' 0''$ و $\beta = 90 - \alpha_1 = 90 - 72^\circ 15' 0''$ درنتیجه $\beta = 17^\circ 45''$ میشود .

حال فرضکنیدکه مدول این دنده $m = 2$ باشد برای بررسی درست بودن محاسبات باید آزمایشی انجام دهید .

درمورد حالت اول تساوی قطرها :

$$\alpha_1 = 59^\circ \text{ و } \alpha_2 = 31^\circ \quad \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{3}{5} \text{ و } \frac{do_1}{do_2} = \frac{1}{1}$$

$$do_1 = \frac{Z_1 \times m}{Cos\alpha_1} = \frac{30 \times 2}{0/515} = 116/6 \text{ میلیمتر}$$

$$do_2 = \frac{Z_2 \times m}{Cos\alpha_2} = \frac{50 \times 2}{0/857} = 116/6 \text{ میلیمتر}$$

بنابراین محاسبات کاملا" درست بوده است.

درصورتیکه زاویه بین دودندانه بامحورمتقاطع 90° نباشدفرمول زیربرای پیداکردن زاویه آنهابانسبت قطرهاودندانه های دلخواه وجود دارد ودرموارد بسیارکم بکارمیرود .

جمع دوزاویه بتا β + آلفا α را گاما γ میگیریم $\gamma = \alpha + \beta$

$$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1 - \cos^2}{\left(\frac{do1}{do2}\ \frac{Z2}{Z1}\right)^2 + 1 - \left(2\ \frac{do1}{do2}\ \frac{Z2}{Z1} + \cos\ \right)}}$$

حالا فرض کنید طبق مسئله قبلی $\frac{do1}{do2} = \frac{1}{2}$ و $\frac{Z1}{Z2} = \frac{3}{5}$ باشد و $\gamma = \alpha + \beta = 60$

$$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1 - 0/5^2}{\left(\frac{1}{2} \times \frac{5}{3}\right)^2 + 1 - \left(2 \times \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} \times 0/5\right)}}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{\frac{0/75}{\frac{19}{9}}} = \frac{0/75 \times 9}{19} = 0/6$$

$$\alpha_1 = 53^\circ \qquad \gamma = \alpha + \beta$$

$$60 = 53^\circ + \beta \qquad \beta = 60 - 53^\circ = 7^\circ$$

حال آزمایش کنید تا متوجه شوید که محاسبات درست است یا خیر:

$$\cos\alpha 1 = \cos 53^\circ = 0/6$$

$$\cos\alpha 2 = \cos 7^\circ = 0/9925$$

$$do_1 = \frac{Z1\ m}{\cos\ 1} = \frac{30 \times 2}{0/6} = 100\ mm\ \phi$$

$$do_2 = \frac{Z2\ m}{\cos\ 2} = \frac{50 \times 2}{0/992} = 100/7\ mm\ \phi$$

این اختلاف بعلت دقیق نبودن محاسبه است وهرقدر دقت بیشتر باشد رابطه عددها نسبت به هم نزدیکتر خواهد شد.

حال مثالی راکه زاویه در جهت عکس باشد بررسی کنید :

بافرض اینکه : $Z_1=۲۰$ و $Z_2=۴۰$ و $\gamma=۶۰^\circ$ و $\frac{d1}{d2}=\frac{۲}{۱}$ باشد

$$\cos\alpha_1=\sqrt{\frac{1-\cos^2\gamma}{\left(\frac{do1}{do2}\frac{Z_2}{Z_1}\right)^2+1-\left(2\ \frac{do1}{do2}\frac{Z_2}{Z_1}\cos\gamma\right)}}$$

$$\cos\alpha_1=\sqrt{\frac{1-\left(۰/۵\right)^۲}{\left(\frac{۲}{۱}\times\frac{۲}{۱}\right)^۲+1-\left(۲\times\frac{۲}{۱}\times\frac{۲}{۱}\times۰/۵\right)}}$$

بنابراین :

$$\cos\alpha_1=\sqrt{\frac{۰/۷۵}{۱۳}}=۰/۲۴ \qquad \alpha_1=۷۶^\circ ۰' \ \# \ \alpha_1=۷۶^\circ$$

چون این زاویه بیش از ۶۰ درجه است و داریم $\gamma=\alpha_1+\alpha_2$ در نتیجه :

$$\alpha_2=\gamma-\alpha_1=۶۰^\circ-۷۶^\circ ۰'$$

$$\alpha_2=-۱۶^\circ ۱۰' \ \# \ -۱۶^\circ$$ میشود .

باید دنده دوم یامقابل رابه مقدار ۱۶ درجه عکس کج کرده وتراشید . حال آزمایش کنید که آیانسبت قطرهابه هم $\frac{۲}{۱}$ خواهد شد یانه ؟

فرض کنید مدول $m=۶$ باشد .

$$do_1=\frac{Z_1\times m}{\cos\alpha_1}=\frac{۲۰\times۶}{۰/۲۴}=۵۰۰\ mm$$ میلیمتر

$$do_2=\frac{Z_2\times m}{\cos\alpha_2}=\frac{۴۰\times۶}{۰/۹۶}=۲۵۰\ mm$$ میلیمتر

ملاحظه میشود که نتیجه درست است .

ازمقایسه دوچرخدنده ساده ومارپیچی باتعداد دندانه های مساوی ومدول مساوی دیده میشود که قطرچرخدندهٔ مارپیچی بیشتراست وعلت آن زاویه انحراف دنده های مارپیچی است . مثلا" اگربخواهید سه چرخدنده بامشخصات زیربتراشید باید :

۱ــ چرخدنده ساده باتعداد دنده های : $Z = ۳۰$ ومدول $m_n = ۲$ وزاویه $\alpha = ۰$

۲ــ چرخدنده مارپیچی باتعداد دنده های : $Z = ۳۰$ ومدول $m_n = ۲$ وزاویه $\alpha = ۶۰$

۳ــ چرخدنده مارپیچی باتعداد دنده های : $Z = ۳۰$ ومدول $m_n = ۲$ وزاویه $\alpha = ۳۰$

قطرمتوسط آنهاچنین خواهد شـــــد :

۱ــ چرخدنده ساده $do = \frac{Z \times m_n}{Cos\alpha} = \frac{۳۰ \times ۲}{۱} = ۶۰$ میلیمتر ϕ mm

۲ــ چرخدنده مارپیچی $do = \frac{Z \times m_n}{Cos\alpha} = \frac{۳۰ \times ۲}{۰/۵} = ۱۲۰$ میلیمتر ϕ mm

۳ــ چرخدنده مارپیچی $do = \frac{Z \times m_n}{Cos\alpha} = \frac{۳۰ \times ۲}{۰/۸۶۶} = ۶۹/۳۸۴$ میلیمتر ϕ mm

ملاحظه میشودکه هرچه زاویه انحراف زیادترباشد یعنی دندانه هـــانسبت به پیشانـی چرخدنده کج ترباشـــــد قطرچرخـدنده مارپیچـی زیادترخواهد شـد ۰

قسمت دیگر دنده های مارپیچی که بـــــا دنده های ساده فرق دارد درانتخاب نـوع ـ تیغه فرزاست ۰

نام	علامت	فرمول محاسبات چرخ دنده های مارپیچی
مدول نرمال	m_n	$m_n = \frac{T_n}{\pi}$
مدول پیشانی	m_s	$m_s = \frac{T_n}{Cos\alpha} = \frac{m_n}{Cos\alpha} = \frac{T_s}{\pi}$
تقسیم نرمال (گام)	T_n	$T_n = T_s \times Cos\alpha = m_n \times \pi$
تقسیم پیشانی (گام)	T_s	$T_s = \frac{T_n}{Cos\alpha} = \frac{m_n \times \pi}{Cos\alpha} = \frac{do \times \pi}{Z}$
تعداد دندانه	Z	$Z = \frac{do}{m_s} = \frac{do \times \pi}{T_s} = \frac{do \times Cos\alpha}{m_n}$
قطرمتوسط	d_o	$d_o = Z \times m_s = \frac{Z \times T_n}{Cos\alpha} = \frac{Z \; m_n}{Cos\alpha}$
قطرخارجی	d_k	$d_k = d_o + 2m_n$
قطرداخلی (کوچک)	d_f	$d_f = d_o - 2m_n$
ارتفاع دندانه	h	$h = 2/16 m_n = 2/16 \frac{T_n}{\pi}$
ارتفاع سردندانه ازمحیط متوسط	K	$K = m_n = \frac{T_n}{\pi}$
ارتفاع پای دنده	F	$F = 1/16 m_n = 1/16 \frac{T_n}{\pi}$
گام مارپیچ	L	$L = \pi \times d_o \times Cotg\alpha = \frac{d_o \times \pi}{tg\alpha}$
نسبت حرکت	I	$I = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{do_2 \times Cos\beta}{do_1 \times Cos\alpha}$
زاویه بین دومحور	γ	$\gamma = \alpha + \beta$
فاصله دومحور	a	$a = \frac{do_1 + do_2}{2}$
عرض دنده	b	$b = 10 m_n$
شماره تیغه فرز	Zi	$Zi = \frac{Z}{Cos^3\alpha}$

تراش میله دندانه ای (دنده شانه ای) با

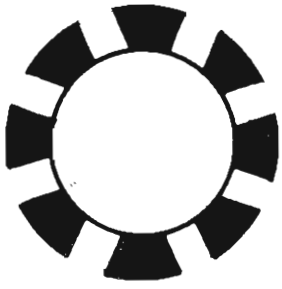
دستگاه تقسیم خطی :

(شکل ۳۲)

گاهی لازم میشود که روی طول کار تقسیمات دقیقی انجام شده و یا دندانه در آورده شود مانند دنده شانه ای زیر ماشین تراش که جهت حرکت افقی سوپرت بطرف چپ و راست یا در ماشینهای مته و یا در پرسهای دستی برروی حرکت عمودی از این نوع دنده استفاده میشود (شکل ۳۲)

برای این منظور دستگاهی با دقت $\frac{1}{100}$ میلیمتر ساخته شده است که پشت میز ماشین به انتهای میل هدایت سوار میشود .

معمولاً این دستگاه برای هر ماشین بطور اختصاصی ساخته میشود زیرا با گام میل هدایت دستگاه رابطه مستقیم دارد بطوریکه اگر دسته تقسیم آنرا یک دور بگردانید میز فقط یک میلیمتر به جلو میرود و زیر دسته تقسیم صفحه ای ثابت (با خانه من ثابت میشود) که دارای ۱۰۰ سوراخ است قرار میگیرد . انحراف هر سوراخ ، میزرا $\frac{1}{100}$ میلیمتر جلو می برد باین ترتیب تقسیمی خطی با دقتی برابر $\frac{1}{100}$ میلیمتر انجام میشود . مثلاً" ؛ اگر گام دندانه ای ۷۵/ ۱ میلیمتر باشد ، برای هر تقسیم دسته را برابر یک دور و ۷۵ سوراخ — بگردانید و اگر میل دنده ای با مدول ۵ لازم باشد گام دنده معادل ۷۰/ ۱۵ = ۱۴/ ۳ × ۵ = گام میشود و باید دسته را برابر ۱۵ دور و ۷۰ سوراخ گرداند .



(شکل ۳۳)

محاسبه تراشیدن تقسیمات بشقابی (پره های کفی جهت کلاچ وغیره) :

قاعده ، لوله ای را بچند قسمت مساوی تقسیم کنید . هرکدام از تقسیمات به شکل ذوزنقه با قاعده های قوسی دیده میشود (شکل ۳۳) .

هنگام فرزکرد ن این قطعات باید دستگاه تقسیم را ۹۰ درجه منحرف ساخت بطوریکه کف مورد تقسیم موازی میزماشین قرارگیرد ود رموقع فرزکاری شیاری بااضلاع موازی دیده شود ۰

پهنای تیغه فرزمناسب وصحیح ، ازطریق زیرمحاسبه میشود ۰ اگر:

b = عرض تیغه فرز

n = تعداد دایره ها

$$\alpha = \frac{۳۶۰}{۲n}$$

d = قطرداخلی لوله باشد

$$b = \frac{d}{2} \times Sin\left(\frac{۳۶۰^{o}}{۲n}\right)$$

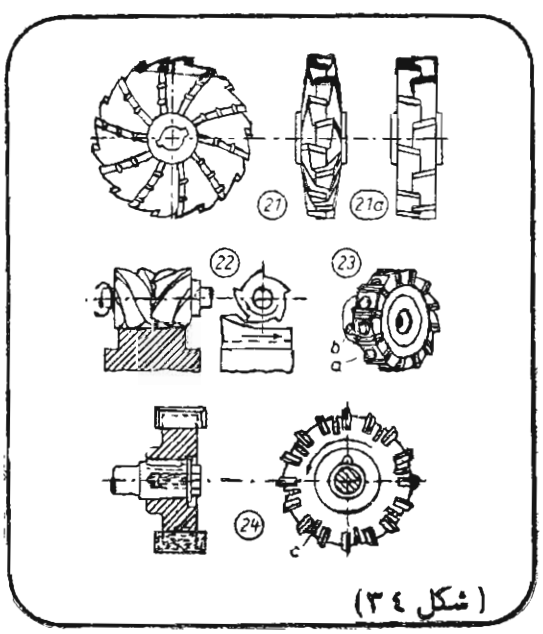
مثلا" برای کف تراشی ۵ پره ای باقطرداخلی $d=۲۵\ mm$ عرض تیغه فرزبرابرخواهد بود با:

$$b = \frac{d}{۲} \times Sin\left(\frac{۳۶۰^{\circ}}{۲n}\right) = \frac{۲۵}{۲} \times Sin\left(\frac{۳۶۰^{\circ}}{۱۰}\right) = ۱۲/۵ \times Sin\ ۳۶^{\circ} =$$

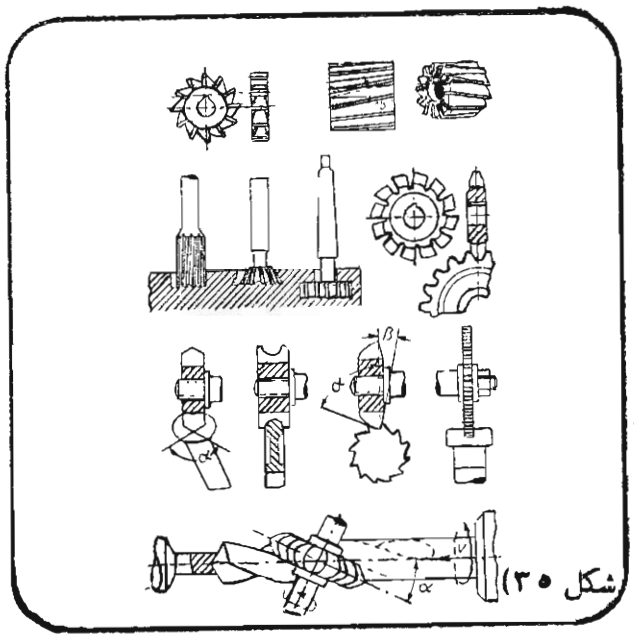
$$b = ۱۲/۵ \times ۰/۵۸۸ = ۷/۳۵\ mm$$

اگرپره هازوج باشد ، تراشیدن آنهاآسان است ۰ هردودندانه مقابل رابایکمرتبه گرداندن دسته تقسیم میتوان تراشید ۰

یعنی بایك تیغه فرزپولکی ازیك طرف فرزکاری را شروع وبطرف دیگرختم کرد واین عمل راادامه داد تاتمام پرهاتراشیده شود ۰ مطابق شکل ۳۳ قسمت سایه خورده ، پره وقسمت سفید محل تراشیدن یعنی شیاراست ۰ (شکل ۳۴)



(شکل ۳۴)



(شکل ۳۵)

چنانچه تیغه فرزباندازه لازم پیدانشود میتوان ازتیغه فرزهای دوپارچه متغیراستفاده کرد و درصورت موجود نبودن فرزهای دوپارچه نیزمیتوان شیاررارابادوبارتراشیدن (چنانچه ذکرشد) تمام کرد. درهرحال عرض تیغه فرزنباید زیادترازاندازه حساب شده باشد زیراشیارهاگشاد خواهد شد (شکل ۳۵).

گاهی بعلت بزرگ بودن قطرتیغه فرزیاکوچك بودن دایره داخلی، تراش باتیغه فرزپولکی امکان ندارد دراین حالت ازتیغه فرزانگشتی بادستگاه کمکی (کله گی عمودی) استفاده میشود.

روش تراشیدن پره های جفت بترتیب زیراست:

پس ازتعیین عرض تیغه فرزبنابرآنچه قبلا" بیان شداگر $n=6$ و $d=25\ mm$ باشد.

$$b=\frac{d}{2}\sin\left(\frac{360}{2n}\right)=\frac{25}{2}\times\sin\left(\frac{360}{12}\right)=\frac{25}{2}\times\sin 30^{\circ}=12/5\times 0/5=6/25\ mm$$

میشود.

برای اینکه کاربهترانجام شود اول درتمام دورقطعه کارشیار b رابتراشید بعددسته تقسیم رابه اندازهٔ نصف دورحساب شده بگردانید تانقطه A درمحل B یعنی روی محورقرارگیرد دراین حال تیغه فرزرادرمحل b_2 قرارداده وقسمت مثلثی شکل باقی مانده رادرتراش دوم یعنی باشیار b_2 تراش دهید. دراینحال اگرعرض تیغه فرزباعرض حساب شده اختلاف زیادتری داشته باشد اشکالی پیش نمیآید ولی درمورد پره های فرد باید سعی شودکه تیغه فرزدرست وباندازه باشد و یااختلاف تاآنجائیکه ممکن است کم شود.

زیراچون این قبیل کارهااغلب به سه نظام دستگاه تقسیم بسته میشودوسه نظام هم معمولا" روی گلوئی دستگاه پیچ شده است، بنابراین بهتراست عمل تراش طوری انجام شودکه تراش دوم فشارجنبی، باعث بازشدن پارچه های سه نظام نشود. البته انتخاب طرف شروع کار، به چپ پیچ

ویاراست پیچ بودن سه نظام بستگی دارد .

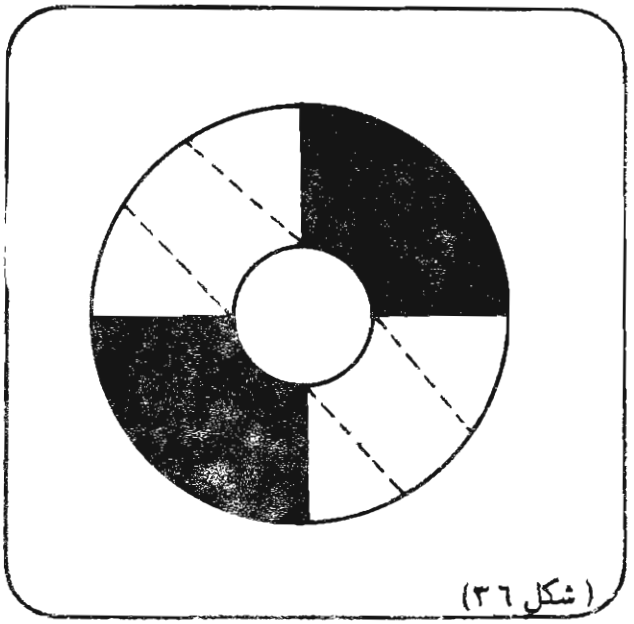
برای تعیین تعداد گرد شر دسته تقسیم برطبق مثال زیرعمل میشود :

میخواهید پره کفی راباتعداد $n = ٦$ بتراشید قطرد اخلی $d = ٢٥$ است ، گرد شر دسته تقسیم رامحاسبه کنید ؟

گرد شر دسته تقسیم برابراست با $\frac{٢}{٣} ٦ = \frac{٤٠}{٦} = nk$

د راینجامیتوان کسررابصورت $\frac{١٤}{٢١} ٦$ د رآورد یعنی صفحه ایکه ٢١سوراخ دارد سوارکرد و٦ د ور- باضافه ١٤ فاصله سوراخ ازدایره ٢١ سوراخ دسته را گرداند .

نکته قابل توجه دیگراین است که هرگاه تعداد پره هاکم مثلا" ٢ یا ٣ یا ٤ پره ، ویااختلاف بین قطرد اخلی وقطرخارجی زیاد باشد ، بطوریکه b خیلی کم شود وبطورکلی طول قوس د اخلی پره کمتر ازنصف طول قوس خارجی آن باشد ممکن است پس ازتراش د وطرف شیارد رقسمت خارجی یك مثلث د رشیار باقی بماندکه باتراش د ومرتبه ای برطرف میشود وچنانچه خیلی کوچکترباشد بآسانی بانوك سوهان اصـــلاح میشود .



(شکل ٣٦)

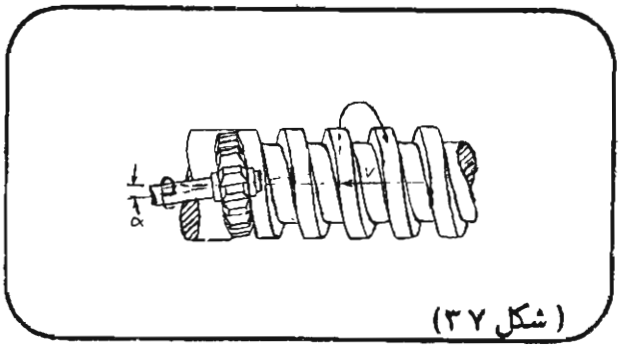
د رشکل ٣٦ چنین حالتی نشان داده شده است که یك تقسیم د وپره ای کفی بااختلاف قطرد اخلی وخارجی زیاد د رسه حرکت تراشیده شده ولی قسمت مثلثی شکل ٣٦ باقی مانده است . بطورکلی روی ماشین فرزمیتوان خیلی ازکارهائی راکه معمولا "احتیاج به ماشین های مخصوص دارد انجام داد .

انجام بعضی ازکارهاروی ماشین فرزمانند پیچ کفی یاصفحه های پیچ دارسه نظام یاحلزون وچرخ حلزون پیچ ودنده شانه تراشی عملی صحیح ولی خالی ازاشکال نیست ، د رصورتیکه بعضی عملیات د یگر ازنظرفنی غلط است مانند چرخدنده های مخروطی که ازنظرعلمی ناقص است ود رنتیجه دنده هابسیارکم د وام خواهد بود غالبا" هم احتیاج دارد که بوسیله د ست اصلاح شود .

کارهای استثنائی روی ماشین فرز :

الف : طرزساخت ومحاسبه حلزون :

حلزون عبارت است ازیک پیچ ذوزنقه ای یک یاچند راهه (معمولا" تا ٤ راهه) که برحسب مدول سنجیده میشود وگام آن $H = m \times \pi$ است .



(شکل ۳۷)

معمولا" حلزون های یکدنده ای را روی ماشین تراش میتراشند . ولی روی ماشین فرزهم میتوان با استفاده ازتیغه فرزشماره ۸ این عمل راانجام داد (شکل ۳۷) .

درمورد حلزون یکدنده برای سهولت درسوارکردن چرخ دندانه ها ، حلزون دستگاه تقسیم راخارج کرده ومستقیما" دنده راروی محورهای متحرک سوارکنید . ازطرفی درصورت کوچک بودن قطرحلزون وکوچک بودن قطرتیغه فرزممکن است زیردستگاه کمکی افقی که برای تراشیدن حلزون لازم است سوارشود . در اینصورت برای تراشیدن به سوارکردن دستگاه کمکی (کله گی عمودی) ازپهلواحتیاج دارید ویا لازم میشود که تیغه فرزمخصوص تهیه کنید .

درتراش حلزون ، محاسبه گام وزاویه حلزون وعمق دندانه وقطرمتوسط وسایرمحاسبات عینا" مثل چرخ دندانه ماریچ انجام میشود .

برای محاسبه معمولا" قطرمتوسط حلزون درست است وسایرمشخصات راباید حساب کرد ودر بعضی مواقع هم ممکن است گام وزاویه درست باشد وبخواهید مشخصات دیگررا محاسبه کنید .

مثلا" : حلزونی باقطرمتوسط میلیمتر $do = ٥٠$ ومدول $m = ٥$ لازم است،گام برابر است با :

$$H = m \times \pi$$

$$H = ٥ \times ٣/١٤ = ١٥/٧ \text{ میلیمتر}$$

زاویه انحراف $\alpha = ٨٤^\circ\ ٢'\ ٠$

$$tg\,\alpha = \frac{D \times \pi}{H} = \frac{٥٠ \times ٣/١٤}{١٥/٧} = \frac{١٥٧}{١٥/٧} = ١٠$$

چون میزماشین باندازه $٨٤^\circ\ ٢'\ ٠$ کج نمیشود لازم است که دستگاه کمکی (کله گی افقی) سوارکرده ومیزرا باندازه $\beta = ٩٠ - \alpha = ٩٠ - ٨٤^\circ\ ٢'\ ٠$ درجهت مناسب کج کنید .

$$\beta = ٥^\circ - ٤'\ ٠$$

اگرحلزون یک دنده ای باشد وبتوانید دنده ها رامستقیما" وبدون واسطه حلزون دستگاه تقسیم دنده سوارکنید وگام میل هدایت S = ٦ باشد خواهید داشت :

$$\frac{L}{A} = \frac{S}{H} = \frac{٦}{١٥/٧} \text{ یا } \frac{٦}{٥ \times ٣/١٤}$$

بهتراست بجای $\pi = ٣/١٤$ مقدار دقیق تراآنرایعنی $\frac{٢٢}{٧}$ راانتخاب کنید . دراینصورت:

$$\frac{L}{A} = \frac{S}{H} = \frac{٦ \times ٧}{٥ \times ٢٢} = \frac{٣}{٥} \times \frac{٧}{١١}$$

یا: $\frac{٢٤}{٤٠} \times \frac{٢٨}{٤٤}$ یا $\frac{L}{A} = \frac{S}{H} = \frac{٦ \times ٧}{٥ \times ٢٢} = \frac{٣}{٥} \times \frac{٧}{١١}$

حال اگرحلزون ٣ راهه باشد . گام واقعی سه برابرگام ظاهری یعنی

$H = m \times \pi \times ٣ = ٥ \times ٣/١٤ \times ٣ = ٤٧/١$ میلیمتر

مقدارزاویه انحراف نیزازفرمول زیربدست می آید :

$$tg\,\alpha = \frac{D \times \pi}{H} = \frac{٥ \times ٣/١٤}{٤٧/١} = \frac{١٥/٧}{٤٧/١} = ١/٣٣٣$$

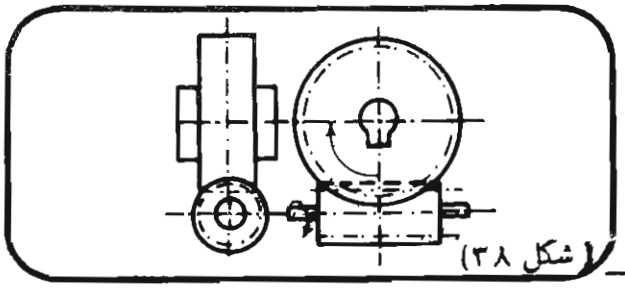
بنابراین $\alpha = ٥٣^{\circ}$ و $١٠'$

ونسبت‌چرخدنده ها:

$$\frac{L}{A} = \frac{S \times ٤٠}{H} = \frac{٦ \times ٤٠}{٤٧/١} = \frac{٦ \times ٤٠}{٥ \times ٢٢ \times ٣} = \frac{٦}{٥} \times \frac{٤٠}{٢٢} \times \frac{٧}{٣}$$

$$\frac{L}{A} = \frac{١٠٠}{٢٥} \times \frac{٥٦}{٤٤} \times \frac{٣٢}{٣٢} = \frac{١٠٠}{٢٥} \times \frac{٥٦}{٣٢} \times \frac{٣٢}{٤٤}$$

درسری دنده های موجود ممکن است بعضی ازدنده هادر دسترس نباشد ، باید برای‌تراشیدن حلزون موزد نظردنده راقبلا" تهیه کرد . مثلا" درسری دنده های بالادنده ٢٥موجود نیست وباید آنراساخت . دربرخورد بااین موانع بهتراست‌حلزون باماشین‌تراش‌تراشیده شود .در شکل ٣٨شمای‌میل ودنده حلزونی که‌بایکدیگرکار


(شکل ٣٨)

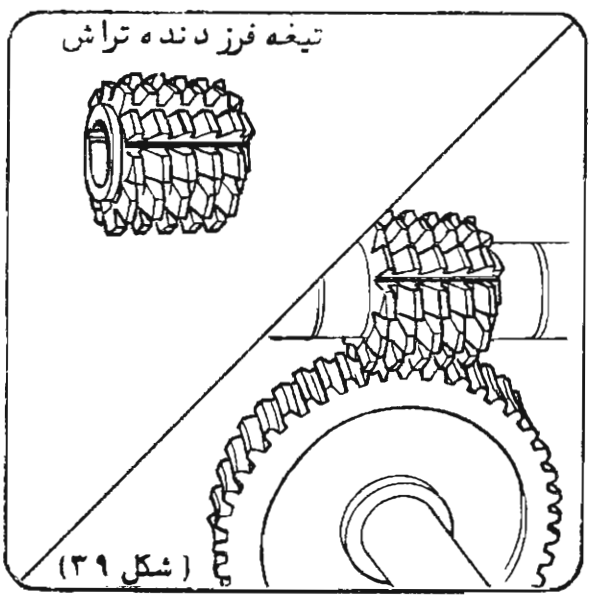
میکند مشاهده میشود .

ب ــ تراشیدن چرخ حلزون :

چرخ حلزون چرخدنده ای است که فرم دندانه آن کاملا" ازنظر اندازه مانند دندانه های ــ معمولی (مدولی یا اینچی) است .

شکل وعرض وچرخ حلزون بصورتی است که حلزون مربوطه بتواند باعرض بیشتری کار کند .

چرخ حلزون روی ماشین فرزتراشیده میشود وتیغه فرزی که چرخ دنده حلزون رامیتراشد باید کاملا" مطابق میله حلزونی که باآن درتماس است، باشد . برای ساختن چرخ حلزون ابتدا فرم خارجی را ــ مطابق ابعاد لازم میتراشند سپس توسط محورمخصوص ، مابین دومرغك بطورآزاد می بندند بطوریکه بتواند بآزادی بگردد . پس ازآن تیغه فرزی که کاملا"بشکل حلزون مورد نظرساخته شده است(شکل ۳۹) بماشین ــ فرزمی بندند وماشین رابکار می اندازند آنگاه مرکزآنرا باوسط پهنای چرخ حلزون میزان کرده میزرا ازبائین ببالا بارمی دهند تابه تیغه فرزبرسد چون تیغه فرز بفرم قلاویزساخته شده استبنابراین هنگام گردش ــ چرخ راهمراه خود گردانده وآنرامیتراشد وبالاخره خود بخود عمل تقسیم دنده هارا انجام میدهد در ــ این صورت آنقدر باره عمودی راادامه میدهید تابه عمق لازم برسد .



(شکل ۳۹)

این طریق تقسیم را روش غلطکی گویند وممکن است این طریقه رابرای تراشیدن چرخدنده های راست ومارپیچ نیزبکاربرند .

برای تراشیدن چرخ حلزون های بزرگ بمنظورجلوگیری ازخراب شدن تیغه دراثر

حرارت زیاد وحفظ تیغه فرز(چون این تیغه فرزهاگران قیمت است وهمینکه یك دندانه آنهاخراب شود تمام‌تیغه فرزغیرقابل استفاده خواهدشد) ایتدا چرخ رامطابق چرخ دندانه معمولی بطریق تقسیم وبارعمودی تانزدیك باتمام میتراشند وبایـد باندازه زاویه (β) یعنی متمم زاویه انحراف حلزون (زاویه مارپیچ) میزراکج کرد وسپس باتیغه فرزحلزونی عمل تراش رامطابق آنچه که گفته شد کامل کرد .

تیغه فرزی که بکارمیرود یك تیغه فرزمعمولی است که قطرآن تقریبا" باقطرحلزون برابراست معمولا" برای‌حلزونهای معمولی واستاندارد شده تیغ فرزپیدا میشود ولی چنانچه حلزون خارج از استاندارد باشد وتیغ برای آن موجود نباشد ، باید یك حلزون تراشیده شده راشیارتراشی وپشت تراشی کرد ، سپس آنرا آب داد وبرای تراشیدن چرخ حلزون مورد نظرآماده کرد ولی باید باسرعت کمتروبارآرام تربکاربرده شود . فرمولهای لازم جهت محاسبه چرخ حلزون کاملا" شبیه چرخدنده های ساده است وتنهااختلاف ، کج بودن دندانه هاوفرم مخصوص‌فرزکردن آنست که دربالاذکرشد .

برای تراشیدن چرخ حلزون باتیغه فرزساده بایدزاویه انحراف (β) رامحاسبه کرد این زاویه همان زاویه مارپیچ حلزون است که ازطریق زیربدست میآید :

$$tg\beta = \frac{H}{d \times \pi}$$

H= گام حقیقی حلزون .

d= قطرخارجی حلزون .

زاویه بدست آمده زاویه پیچش دنده است ومیزماشین فرزرابایدبهمان اندازه کج کرد تادنده های چرخ حلزون راتحت همان زاویه بتراشد .

ج ـ تراشیدن تیغه فرز:

برای تراشیدن تیغه فرزهای پولکی ، بشقابی و مخروطی بطوریکه پشت لبه تیزشونده بالبه برنده آن موازی باشد بایدبه کف ودندانه هازاویه ویژه ای اضافه کرد .