



# فرزکاری

جلد ۲

شاخه: کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیل مکانیک

زیر گروه ساخت و تولید

رشته‌های مهارتی: فرزکاری، فرزکاری CNC، تراشکاری و فرزکاری

شماره رشته‌های مهارتی:

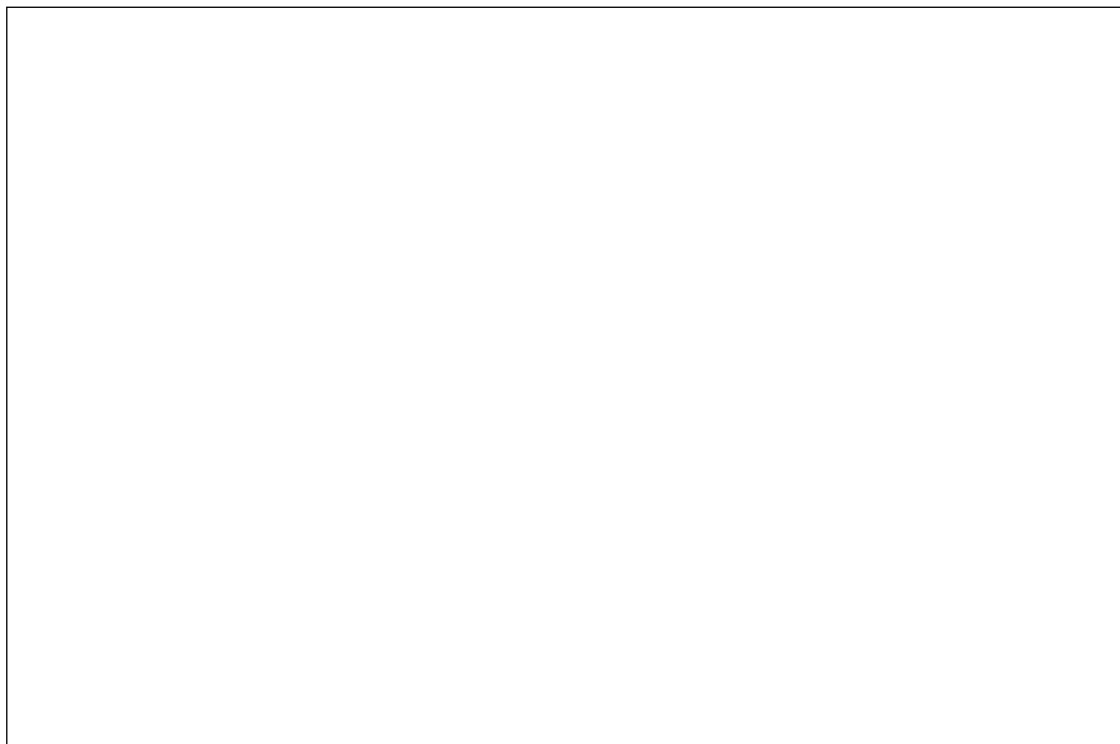
۱-۱۲-۱۰۲-۳۲۸، ۱-۱۲-۱۰۲-۳۲۲، ۱-۱۲-۱۰۲-۳۲۱

کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی: ۶۱۹۷، ۶۱۹۸، ۶۲۰۶

نام استاندارد مهارتی مبنا: فرزکاری درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۸-۳۴/۳۲/۳

شماره درس: ۰۱۸۶/۱ و ۰۱۸۷/۱



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:**

پیشنهادها و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره‌ی ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف  
آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@roshd.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

عنوان و کد کتاب: **فرزکاری (جلد ۲)**

مجری: **انتشارات گویش نو**

مؤلفان: **محسن قربانی سالخورد، حمید شفیع‌نیا**

اعضای کمیسیون تخصصی ساخت و تولید: **غلامحسین پایگانه - محمد مهرزادگان - محمد قنبری - حسن امینی - محمد**

**سعید کافی - حسن آقابابایی - احمد رضا دور اندیش**

رسام فنی: **حمید شفیع‌نیا، محسن قربانی سالخورد**

ویراستار ادبی: **یحیی گیلک**

صفحه‌آرا: **زهرا ضیایی خرم**

چاپ: **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران**

(تهران - کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج - خیابان ۶۱ "داروپخش" تلفن: ۴-۶۶۰۲۶۲۴۱، دورنگار: ۶۶۰۲۶۲۴۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۴)

نظارت بر چاپ و توزیع: **اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

تهران - ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۹-۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، صندوق پستی:

۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت [www.chap.roshd.ir](http://www.chap.roshd.ir)

ناشر: **انتشارات گویش نو** (تهران: خیابان انقلاب - خیابان فخر رازی - خیابان وحید نظری شرقی - پلاک ۶۱ تلفن: ۵۰-۶۶۹۵۶۰۴۹، ۶۶۴۸۴۵۳۴)

وب‌سایت [www.bookgno.ir](http://www.bookgno.ir)



ایمان و عمل صالح است  
و اینهاست که موجب سعادت  
دنیوی و اخروی می شود

## به نام آنکه هستی نام از او یافت

کاروان فرهنگ و تمدن بشری آن چنان در حال پیشرفت و رشد و تعالی است که لحظه‌ای درنگ، رسیدن به این قافله را ناممکن می‌سازد و از آنجائی که آینده هر جامعه‌ای بستگی به تعلیم و تربیت جوانان آن جامعه دارد، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش سعی دارد با بهره‌گیری از منابع غنی و پر بار دینی و آموزه‌های اصیل اسلامی و ملی، تغییر و تحولی مبتنی بر روش‌های نوین علمی و تکنولوژی روز دنیا در کتاب‌های درسی بوجود آورد.

در این راستا انتشارات گویش نو، افتخار تألیف و آماده‌سازی تعدادی از این کتاب‌ها را بر عهده داشته و با همراهی استادان کوشا و نظارت دقیق و ارشادی اعضای کمیسیون‌های تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش این وظیفه‌ی خطیر را به انجام رسانده است.

در پایان ضمن قدردانی از زحمات مولفان عزیز، خوشحال می‌شویم که مدرسان محترم، هنرآموزان و هنرجویان گرامی با ارائه پیشنهادهای سازنده خود و ارسال آن به دفتر انتشارات، ما را در غنا بخشیدن این متون و بالا بردن کیفیت چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

## بنام خدا

### سخنی با مدیران، همکاران و هنرجویان گرامی

فعالیت در عرصه آموزش و پرورش بیانگر اعتقاد راسخ به ارزش‌های والای انسانی و عبادت در محراب استقلال فرهنگی آموزشی است، و سپاس از این‌که عنایات الهی شامل حال ما شد تا با بضاعت اندک علمی خود، بتوانیم در نظام جمهوری اسلامی ایران تجربیات علمی، عملی خود را در اختیار همکاران و جوانان شایسته کشور عزیزمان قرار دهیم.

یکی از روش‌هایی که از دیر باز تا به امروز در صنعت ماشین‌کاری کشورهای مختلف، نقش اساسی ایفا نموده‌است، استفاده از ماشین‌های فرز به صورت عمومی و اختصاصی می‌باشد. تولید چرخ دنده که نماد صنعت و پویایی صنعتی در دنیا می‌باشد. عموماً به کمک این روش تولید می‌شود. کتاب حاضر که بر مبنای استاندارد مهارتی سازمان فنی و حرفه‌ای تالیف شده است، بر اساس جمع‌آوری مطالب علمی به روز و تجربیات عملی تهیه و مورد تصویب دفتر برنامه‌ریزی و تالیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کار دانش قرار گرفته است. در این مجموعه سعی شده است به آخرین تغییرات به وجود آمده در زمینه فرز‌کاری نیز اشاره شود، و با ارائه تصاویر واقعی از دستگاه‌های موجود در کشور، استفاده از نرم افزارهای طراحی در نمایش تصاویر مجسم و مجموعه‌ای از سوالات مختلف، درک خوانندگان را در یادگیری مطالب بالا برد. از طرفی به منظور آگاهی بخشیدن بیشتر فراگیران، نکات ایمنی در کادر زرد رنگ، تعاریف صورتی، نکات مهم سبز و آیا می‌دانید با رنگ آبی در متن درس لحاظ گردیده است.

در ادامه فرم نحوه ارزشیابی پایان هر دستور کار آمده است که لازم است همکاران ارجمند نسبت به آگاه کردن هنرجویان گرامی از محتوای آن اهتمام ورزند. سعی شده است که نقشه‌های کارگاهی به صورت یک پروژه کاربردی باشد تا انگیزه‌ی بیشتری را در فراگیران ایجاد کند. با این حال ممکن است ساعت عملی در نظر گرفته شده برای هر واحد کار زیاد باشد که همکاران عزیز می‌توانند با مدیریت زمان از پروژه‌های پیشنهادی پایان کتاب نیز استفاده کنند.

به طور قطع با تمام دقتی که در تهیه این کتاب شده است، اما خالی از اشکال نیست، لذا موجب امتنان است اگر خوانندگان عزیز نظرات و پیشنهادات خود را از ما دریغ نورزند.

## فهرست

- ۴-۷-۱- آشنایی با انواع چرخ دنده و کاربرد هر یک از آنها
- ۷-۷-۲- انواع چرخ دنده‌ها
- ۹-۷-۲-۱- چرخ دنده ساده
- ۱۰-۷-۲-۲- چرخ دنده مارپیچی
- ۱۱-۷-۲-۳- چرخ دنده مخروطی
- ۱۱-۷-۲-۴- چرخ حلزون و پیچ حلزون
- ۱۲-۷-۲-۵- چرخ و شانه
- ۱۳-۷-۳- واژه‌ها و مشخصات فنی چرخ دنده ساده
- ۱۵-۷-۴- روشهای تولید چرخ دنده
- ۱۸-۷-۵- ترتیب و مراحل ساخت چرخ دنده های ساده
- ۳۰-ارزشیابی پایانی
- 
- ۶۴-۹-۱- دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل و کاربرد آن‌ها
- ۶۵-۹-۲- تراشیدن دنده‌های شانه‌ای
- ۶۵-۹-۳- محاسبات دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل
- ۶۶-۱-۹-۳- محاسبات مربوط به دنده‌های شانه‌ای ساده
- ۶۸-۲-۹-۳- محاسبات مربوط به دندانه‌های شانه‌ای مایل
- ۹۶-۴-۹- نحوه تراشیدن دنده شانه با استفاده از دستگاه فرز
- ۷۰-۱-۴-۹- جا به جا کردن میز طولی با ورنیه میز
- ۷۱-۲-۴-۹- جا به جا کردن میز طولی به وسیله دستگاه تقسیم خطی
- ۷۳-۵-۹- دستورالعمل تراشیدن دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل
- ۷۶-۶-۹- فرز کاری دنده‌های شانه‌ای استوانه‌ای
- ۷۶-۷-۹- کنترل اندازه‌های دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل
- ۷۷-۸-۹- اندازه گیری عمق دندانه شانه‌ای مایل

|     |   |
|-----|---|
| ۸۲  | ارزشیابی پایانی   |
| ۸۷  | ۱-۱۰-۱- شیار مارپیچ   |
| ۸۸  | ۲-۱۰-۱- آشنایی با پارامتر های یک مارپیچ                     |
| ۹۰  | ۳-۱۰-۱- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز افقی      |
| ۹۲  | ۴-۱۰-۱- محاسبات لازم جهت ایجاد حرکت چرخشی برای ایجاد مارپیچ |
| ۱۰۰ | ۵-۱۰-۱- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز عمودی     |
| ۱۰۷ | آزمون پایانی  |
| ۱۱۳ | ۱-۱۱-۱- آشنایی با چرخ دنده مارپیچ                           |
| ۱۱۴ | ۲-۱۱-۱- محاسبات مربوط به چرخ دنده های مارپیچ                |
| ۱۱۹ | ۳-۱۱-۱- نحوه تنظیم میز ماشین                                |
| ۱۱۹ | ۴-۱۱-۱- نحوه تنظیم دستگاه تقسیم                             |
| ۱۲۳ | ۵-۱۱-۱- نحوه نصب و تنظیم تیغه فرز نسبت به قطعه کار          |
| ۱۲۹ | آزمون پایانی  |
| ۱۳۵ | ۱-۱۲-۱- آشنایی با مفهوم سوراخکاری                           |
| ۱۳۶ | ۲-۱۲-۱- آشنایی با انواع مته و مته مرغک                      |
| ۱۴۲ | ۳-۱۲-۱- آشنایی با وسایل خط کشی                              |
| ۱۴۷ | ۴-۱۲-۱- شناسایی اصول خط کشی قطعات طبق نقشه                  |
| ۱۵۰ | ۵-۱۲-۱- آشنایی با انتخاب مته مرغک و مته مناسب               |
| ۱۵۱ | ۶-۱۲-۱- نحوه تیز کردن مته با سنگ دو طرفه                    |
| ۱۵۵ | ۷-۱۲-۱- نکات ایمنی در تیز کردن مته                          |
| ۱۵۶ | ۸-۱۲-۱- نکات قابل توجه در تیز کردن مته ها                   |
| ۱۵۶ | ۹-۱۲-۱- مراحل سوراخکاری دقیق و خزینه کاری بر روی ماشین فرز  |
| ۱۶۴ | ۱۰-۱۲-۱- نکات ایمنی در سوراخکاری با ماشین فرز               |
| ۱۷۱ | ارزشیابی پایانی   |
| ۱۷۷ | ۱-۱۳-۱- آشنایی با انواع قوس                                 |
| ۱۷۸ | ۲-۱۳-۱- روشهای ایجاد قوس                                    |
| ۱۸۱ | ۳-۱۳-۱- بستن میزگردان                                       |

- ۱۸۲-۱۳-۴- تنظیم میز گردان توسط ساعت اندازه گیری
- ۱۸۳-۱۳-۵- بستن و تنظیم قطعه کار روی میز گردان
- ۱۸۴-۱۳-۶- تعیین موقعیت تیغه فرز نسبت به قطعه کار
- ۱۸۶-۱۳-۷- ایجاد قوس های خارجی توسط میز گردان
- ۱۹۱- ارزشیابی پایانی
- ۱۹۷-۱۴-۱- آشنایی با مفهوم سرویس و نگهداری
- ۱۹۷-۱۴-۲- آشنایی با محل های گریس خور و روغن خور
- ۱۹۸-۱۴-۳- آشنایی با سیستم های روغنکاری (تمرکزی - منفرد)
- ۱۹۹-۱۴-۴- آشنایی با انواع گریس ها و روغن های مورد استفاده
- ۲۰۴-۱۴-۵- شناسایی اصول سرویس و نگهداری ماشین فرز
- ۲۰۶-۱۴-۶- شناسایی اصول و نکات ایمنی در روغن کاری





## جدول زیر برای ارزشیابی هر مرحله کار عملی و تحویل قطعه کار طراحی شده است.

| فرم ارزشیابی حیطه روانی حرکتی و حیطه عاطفی  |                 |  |                           |  |                      |
|---|-----------------|--|---------------------------|--|----------------------|
| نام گروه  | شماره دستگاه    | کارگاه   | نام و نام خانوادگی هنرجو: |  |                      |
|   |                 |  | نام یا شماره قطعه کار:    |  |                      |
| بارمبندی حیطه عاطفی (در این بخش عملکرد هنرجو حین کار به صورت امتیاز منفی از نمره اصلی کم خواهد شد)  |                 |  |                           |  |                      |
| ملاحظات   | مقیاس درجه بندی |  |                           | عناوین عملکرد هنرجویان در حیطه عاطفی   |                      |
|   | بدون خطا<br>۰   | با خطای کم<br>-۱   | با خطای زیاد<br>-۲        |  |                      |
|   |                 |  |                           | سرویس دستگاهها   | ۱                    |
|   |                 |  |                           | حضور به موقع در کارگاهها   | ۲                    |
|   |                 |  |                           | استفاده از وسایل حفاظتی  | ۳                    |
|   |                 |  |                           | تمیز کردن محیط و ابزارها و تحویل به انبار و قرار دادن برخی از ابزارها در جای اولیه | ۴                    |
|   |                 |  |                           | کار گروهی  | ۵                    |
|   |                 |  |                           | جمع  | ۶                    |
| <p><b>توجه:</b> با توجه به صلاحدید هنرآموز محترم تعداد عوامل ردیفهای بالا می تواند کم و زیاد شود.<br/>توضیح: پس از تعیین نتیجه، جمع نمرات را بر تعداد عوامل ردیف ۱ تا ۵ تقسیم کنید تا امتیاز منفی حیطه عاطفی به دست آمده و در نهایت آن را از نمره حیطه روانی حرکتی کم کنید.</p> |                 |  |                           |  |                      |
| ارزشیابی حیطه حوزه شناختی - بخش کار بستن  |                 |  |                           |  |                      |
| این بخش شامل رعایت ابعاد قطعه با توجه به نقشه کار می باشد.  |                 |  |                           |  |                      |
| محاسبات مربوط به سرعت برش، سرعت پیشروی و عده دوران: (۲ نمره)  |                 |  |                           |  |                      |
| رعایت تولرانس داده شده (۱ نمره):  |                 |  |                           |  |                      |
| رعایت کیفیت سطح خواسته شده (۱ نمره):  |                 |  |                           |  |                      |
| ملاحظات   | بارم            | عناوینی که مرتبط با ابعاد و شکل قطعه ارائه شده می باشد (مثل گونیا کاری، شیار و.....) |                           |  | ردیف                 |
|   |                 |  |                           |  | ۱                    |
|   |                 |  |                           |  | ۲                    |
|   |                 |  |                           |  | ۳                    |
|   |                 |  |                           |  | ۴                    |
|   |                 |  |                           |  | ۵                    |
|   |                 |  |                           |  | ۶                    |
|   |                 |  |                           |  | ۷                    |
|   |                 |  |                           |  | ۸                    |
|   |                 |  |                           |  | جمع نمرات از ۱۶ نمره |
| نمره نهایی با احتساب امتیاز حیطه عاطفی:   |                 |  |                           |  |                      |

**هدف کلی :**

فرزکاری سطوح داخلی و خارجی قطعات

تا دقت  $0.05$  میلی متر

واحد کار ۷



**هدف کلی:** توانایی تراشیدن چرخ دنده ساده میلی متری با ماشین فرز

### اهداف رفتاری:

پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- با انواع چرخ دنده آشنا و کاربرد هر یک آن‌ها را بداند.
- ۲- انواع چرخ دنده را بشناسد.
- ۳- محاسبات چرخ دنده ساده مدولی را انجام دهد.
- ۴- تنظیمات دستگاه فرز و دستگاه تقسیم را برای چرخ دنده زنی انجام دهد.
- ۵- چرخ دنده ساده را تراشد.
- ۶- اصول کنترل شیارهای دنده را با کولیس و میکرومتر دانسته و انجام دهد.
- ۷- نکات فنی و اصول ایمنی در تراشیدن چرخ دنده ساده را بداند و رعایت کند.

|            |                    |   |
|------------|--------------------|---|
| زمان آموزش |                    | توانایی تراشیدن چرخ دنده ساده میلی متری با ماشین فرز        |
| عملی       | نظری               |   |
| ۱۴ ساعت    | یک ساعت و ۳۰ دقیقه | ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی |
| یک ساعت    | ۳۰ دقیقه           |   |
| ۱۷         |                    | جمع   |

**پیش آزمون:** (۱۵ دقیقه)

- ۱- چگونه می توان یک چرخ دنده ساخت؟
- ۲- آیا شکل ظاهری چرخ دنده ها با هم فرق می کند؟
- ۳- تفاوت چرخ دنده ها در چیست؟
- ۴- آیا از دستگاه تقسیم می توان برای چرخ دنده زنی استفاده کرد؟
- ۵- چه نوع تیغه فرزی برای چرخ دنده زنی استفاده می گردد؟
- ۶- یک چرخ دنده دارای چه مشخصاتی است؟

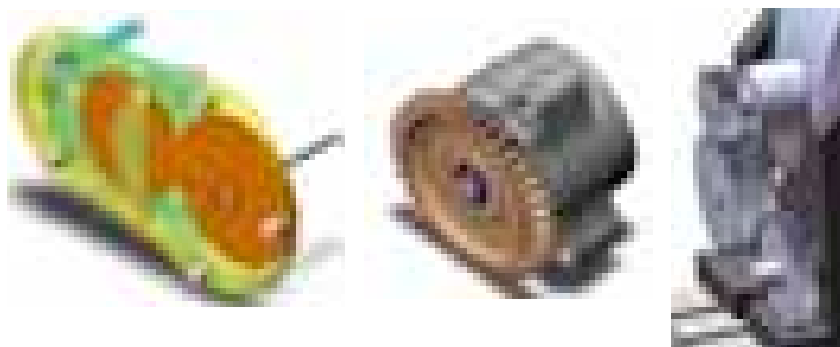
## ۷-۱- آشنایی با انواع چرخ دنده و کاربرد هر یک از آنها

در ابتدا انسان به وجود انرژی‌های نهفته‌ی در طبیعت مانند آب و باد پی‌برد و پس از آن به دنبال راه‌حلی برای انتقال و استفاده از آنها افتاد. لذا از وسایلی همچون چرخ، سطح شیب‌دار، کانال و ... برای کنترل نیروهای طبیعی استفاده کرد. با گذشت زمان و ظهور انواع مختلفی از انرژی لزوم ایجاد ابزارهای جدید انتقال و تبدیل انرژی بیشتر محسوس شد. یکی از این وسایل چرخ‌های اصطکاکی بودند که تحت اعمال بار و اصطکاک بوجود آمده بین آنها انتقال حرکت اتفاق می‌افتاد. چرخ دنده‌ها شکل تکامل یافته چرخ‌های اصطکاکی هستند که برای جلوگیری از لغزش، دندانه به آنها اضافه شده است.



نمونه‌هایی از انواع چرخ دنده‌ها

جالب است بدانید که ایرانیان باستان اولین چرخ را برای استفاده در زیر ارابه و آسیاب ساخته‌اند. همچنین کشف چرخ دنده‌ای در آثار باستانی ما نشانگر این است که هم‌وطنان ما در گذشته صنعت‌گران و مخترعان قابل‌بوده‌اند. چرخ دنده‌ها در صنعت، تحول عظیمی را به عنوان انتقال دهنده‌ی نیرو ایجاد کرده‌اند.



نمونه‌هایی از کاربرد چرخ دنده در مکانیزم‌های صنعتی

چرخ دنده‌ها یکی از بهترین گزینه‌ها برای انتقال حرکت دورانی هستند که از دیرباز نقش مهمی در صنعت داشته‌اند.

**مزیت‌های ویژه چرخ دنده‌ها را می‌توان به شرح زیر نام برد:**

### ۱- توانایی انتقال دور با نسبت‌های مختلف:

اگر یک چرخ دنده در دقیقه ۴۰ دور بچرخد و حرکت دورانی آن به یک چرخ دنده بزرگ‌تر یا کوچک‌تر منتقل شود، چرخ دنده دوم، دور کمتر یا بیشتر از ۴۰ دور در دقیقه خواهد داشت.

### ۲- توانایی تغییر جهت گردش:

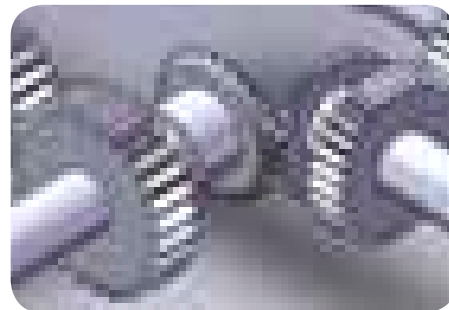
دو چرخ دنده درگیر، دارای جهت دور خلاف یکدیگر می‌باشند.



دور در دو چرخ دنده درگیر با هم عکس می‌شود

### ۳- توانایی انتقال حرکت از محوری به محور دیگر با تغییر زاویه محورها:

اگر دو محور در فاصله‌ای نه چندان دور از و با هر زاویه‌ای نسبت به یکدیگر، هم قرار گرفته باشند می‌توان انتقال حرکت را به سادگی انجام داد.



انتقال حرکت از محوری به محور دیگر با تغییر زاویه محورها

### ۴- انتقال نیرو با سرعت و جهت دلخواه:

با تغییر قطر یا به عبارتی تعداد دندانه‌های چرخ دنده‌های درگیر می‌توان تغییر



سرعت یا تغییر عده دوران را ایجاد کرد.

#### ۵- تماس دائمی و بدون لغزش چرخ‌ها:

درگیری دائم چرخ دنده و اطمینان از انتقال حرکت با حداقل لغزش دندانه‌ها از مزایای چرخ دنده‌ها می‌باشد.



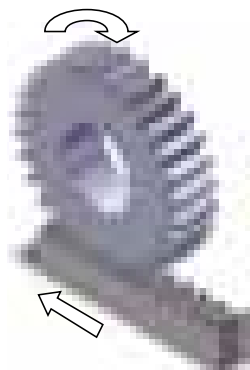
تماس دائمی و بدون لغزش چرخ‌ها

#### ۶- انتقال نیروی بیشتر:

در مقایسه با چرخ تسمه، چرخ زنجیر، چرخ‌های اصطکاکی و مکانیزم‌های مشابه دیگر، در صورت استفاده از چرخ دنده می‌توان سرعت بیشتر و قدرت بیشتری را انتقال داد. همچنین هنگام استفاده از چرخ دنده اتلاف نیرو کمتر می‌باشد و در نهایت دوام و عمر مجموعه بیشتر خواهد بود.

#### ۷- تبدیل حرکت دورانی به خطی و بالعکس:

در نوع خاصی از چرخ دنده‌ها مثل چرخ و شانه تبدیل حرکت دورانی به خطی را می‌توانیم مشاهده کنیم.



تبدیل حرکت دورانی به خطی و بالعکس

#### معایب چرخ دنده‌ها:

در کنار مزایای ویژه‌ای که چرخ دنده‌ها دارند به معایبی نیز می‌توان اشاره کرد:  
۱- نامناسب در فواصل زیاد بین محورها: اگر فاصله محورهای انتقال دور یا

قدرت زیاد باشد بهتر است از چرخ تسمه و یا چرخ زنجیر استفاده کنیم. زیرا پر کردن فاصله بین محورها با چرخ دنده منجر به بزرگ شدن و در نتیجه سنگین شدن آنها می‌شود و ممکن است چرخش آنها در عمل غیر ممکن شده و یا نیازمند توان بالایی برای به حرکت درآوردن آنها باشد.

**۲- حرارت ایجاد شده بین دو چرخ دنده:** این پدیده ممکن است به علت رعایت نکردن لقی استاندارد بین دو چرخ دنده و عدم روغن کاری مناسب اتفاق بیافتد.

**۳- صداهای ناهنجار:** هر وقت دندانان یک چرخ دنده با چرخ دنده دیگری درگیر شود، این برخورد و ضربه صدای بلندی تولید می‌کند. همچنین فشار روی چرخ دنده را نیز افزایش می‌دهد. در چرخ دنده‌های ساده صدای درگیری دو چرخ دنده بیشتر و در چرخ دنده‌های مارپیچ و جناغی صدا کمتر است.

**۴- ترک خوردن و پوسته پوسته شدن دنده‌ها:** پدیده ترک خوردن به دلیل فشار اعمال شده از طرف دندانانها به یکدیگر می‌باشد و پدیده‌ی پوسته‌ای شدن دندانانها نیز اغلب در چرخ دنده‌های آبکاری شده به وجود می‌آید.

**۵- سائیدگی دندانانها:** درگیری دو دندانان با هم و ایجاد اصطکاک فلز با فلز در چرخ دنده‌ها طبیعی است و در اغلب مواردی که دو چرخ دنده با هم درگیر می‌شوند چرخ دنده‌ای که قطرش کوچکتر است زودتر سائیده می‌شود. به دلیل کاربردهای مختلف چرخ دنده‌ها، تنوع شکل و اندازه نیز در آنها بسیار زیاد است. از چرخ دنده‌های بسیار کوچک در ساعت‌های مچی آنالوگ (عقربه‌ای) گرفته تا چرخ دنده‌های بسیار بزرگ که در موتور کشتی‌های غول‌پیکر استفاده می‌شوند.

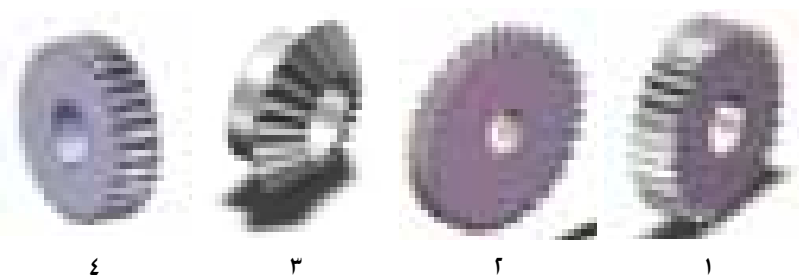
### ۲-۷- انواع چرخ دنده‌ها

همان‌طور که اشاره شد چرخ دنده‌ها انواع مختلفی دارند. در صنعت برای چرخ‌دنده‌های معمول و متعارف مانند هر بخش دیگری استانداردهایی تعریف شده است. با این وجود در برخی کاربردهای خاص تولید کنندگان باید به صورت انحصاری و در واقع سفارشی دست به طراحی و ساخت چرخ دنده‌ها بزنند. آنچه در این جا حایز اهمیت است، شناخت کافی و کامل از انواع چرخ دنده‌های

متعارف است. به همین منظور هر تولید کننده‌ای که قصد استفاده از چرخ دنده در محصول خود را داشته باشد، باید از فرد متخصصی در این زمینه بهره بگیرد. چرخ دنده‌ها را به چند صورت می‌توان طبقه‌بندی کرد. ممکن است این تقسیم بندی بر حسب شکل ظاهری، نوع کاربرد و یا روش ساخت آن‌ها باشد. اما در اکثر مواقع چرخ دنده‌ها بر حسب شکل ظاهری طبقه‌بندی می‌شوند.

به طور کلی چرخ دنده‌های زیر از مهم‌ترین چرخ دنده‌ها می‌باشند:

۱. چرخ دنده‌های ساده<sup>۱</sup> - ۲. چرخ دنده‌های مارپیچی<sup>۲</sup>
۳. چرخ دنده‌های مخروطی<sup>۳</sup> - ۴. چرخ دنده‌های حلزونی



هر کدام از این چرخ دنده‌ها، خود شامل انواع مختلف دیگری هستند. به عنوان مثال از انواع چرخ دنده‌های مخروطی می‌توان به مستقیم، مارپیچ، غیر متعامد، متنافر و ... اشاره کرد. گاهی ترکیب چندین چرخ دنده در جعبه یا محفظه‌ای به منظور کاهش یا افزایش دور خروجی صورت می‌گیرد که این مجموعه جعبه‌دنده "گیربکس"<sup>۵</sup> نامیده می‌شود.

فرم و شکل دنده‌های چرخ‌دنده از منحنی‌های خاصی تبعیت می‌کند که می‌توان به منحنی اینولوت و سیکلوئید اشاره کرد. فرم منحنی چرخ دنده نحوه درگیری آن‌ها را نسبت به هم تعیین می‌کند. (تفسیر و شرح منحنی‌ها را در مقاطع بالای تحصیلی خواهید آموخت.) تنوع چرخ‌دنده‌ها را از نظر جنس نیز می‌توان دسته‌بندی کرد. انتخاب جنس بر مبنای کاربرد چرخ دنده می‌باشد. تا حد امکان جنس دو چرخ دنده را یکی انتخاب می‌کنند زیرا موجب می‌شود تا اثر متقابل



کنار هم قرار گرفتن چرخ دنده‌ها در یک جعبه (گیربکس)

- |                |             |
|----------------|-------------|
| ۱-Spur Gear    | ۴-Worm Gear |
| ۲-Helical Gear | ۵-Gear Box  |
| ۳-Bevel Gear   |             |

آن‌ها بر هم یکسان باشد مگر اینکه به دلیلی اختلاف بالای بین قطر دو چرخ دنده درگیر جنس‌ها متفاوت باشند..

### انتخاب جنس:

برای ساخت چرخ دنده‌ها از مواد مختلفی مانند انواع فولادها، آلیاژهای غیرآهنی و همچنین مواد کامپوزیت می‌توان استفاده کرد. اما در هنگام انتخاب جنس باید به چند نکته توجه کرد:

معمولاً برای ساخت چرخ دنده‌هایی که در ماشین‌های ابزار به کار می‌روند از فولادهای ریختگی با ۰/۳ تا ۰/۴۵ درصد کربن و همچنین فولادهای آلیاژی همراه با نیکل و کرم برای چرخ دنده‌هایی که بایستی بار زیادی را تحمل کنند و در مقابل سایش مقاوم باشند استفاده می‌کنند. در مواردی هم از چدن‌ها در ساخت چرخ دنده استفاده می‌شود.

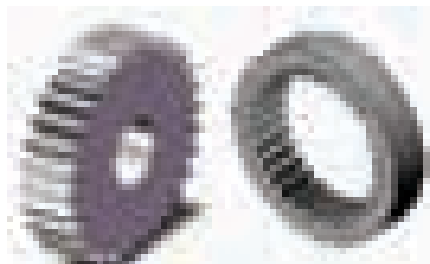
۱- جنس چرخ دنده‌ها را باید طوری انتخاب کرد که قادر به تحمل فشار و انتقال نیروی لازم باشند.

۲- مواد تشکیل دهنده چرخ دنده‌ها را باید طوری انتخاب کرد که قابلیت ماشین‌کاری را داشته باشند تا پس از عمل ماشین‌کاری از نظر کیفیت سطح کیفیت، مناسبی داشته باشند. استفاده از مواد خیلی سخت مستلزم استفاده از روش‌های غیر سنتی ماشین‌کاری و در نهایت افزایش زمان تولید و افزایش هزینه‌ها خواهد شد.

### ۱-۲-۷- چرخ دنده ساده

چرخ دنده‌های ساده، معمولی‌ترین نوع چرخ دنده می‌باشند. دندانه‌های آن‌ها مستقیم و بر روی محورهای موازی سوار می‌شوند. قبلاً از چرخ دنده‌های ساده بیشتر، برای به وجود آوردن دور و گشتاور مختلف در گیربکس‌ها استفاده می‌شد. مانند پیچ گشتی الکتریکی، ساعت زنگی، ماشین لباسشویی و ... اما شما در اتومبیل تعداد زیادی از آن‌ها را نخواهید یافت. زیرا چرخ دنده ساده، بسیار پر سر و صدا می‌باشد. سطح درگیری دو چرخ دنده ساده به صورت خطی می‌باشد. این یعنی دنده‌های دو چرخ دنده در یک خط با هم درگیر و دور را

انتقال می‌دهند. چرخ دنده‌های ساده به دو صورت داخلی و خارجی ساخته می‌شوند. در شکل هر دو نوع چرخ دنده‌ی ساده‌ی داخلی و خارجی نشان داده شده است.



چرخ دنده ساده داخلی و خارجی

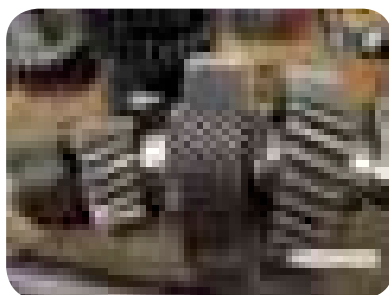
## ۲-۲-۷- چرخ دنده مارپیچی

دندانه‌های چرخ دنده‌ی مارپیچی، مانند چرخ‌دنده‌های ساده بوده، با این تفاوت که در امتداد خود دنده، دارای تابیدگی و زاویه خاصی می‌باشد. این تابیدگی فرم مارپیچ و انحنا دارد و می‌تواند به صورت راست‌گرد و چپ‌گرد باشند. چرخ دنده‌های مارپیچی می‌توانند به صورت داخلی و یا خارجی با هم جفت شوند، ولی نوع داخلی آن خیلی معمول نیست. در مواردی که محورها با هم موازی نیستند یا به اصطلاح متنافر می‌باشند. از این نوع چرخ دنده کمک می‌گیریم. وقتی دنده‌ها در چرخ‌دنده مارپیچ با هم درگیر می‌شوند تماس از انتهای یکی از دنده‌ها شروع شده و به تدریج با چرخش چرخ دنده گسترش می‌یابد (تا زمانی که دو دنده بطور کامل درگیر شوند). درگیر شدن تدریجی، چرخ دنده‌های مارپیچی را وادار می‌کند که آرام‌تر و ملایم‌تر از چرخ دنده‌های ساده عمل کنند. به همین دلیل است که چرخ‌دنده‌های مارپیچی تقریباً در جعبه دنده‌های همه اتومبیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به علت زاویه دنده‌ها در چرخ دنده‌های مارپیچ وقتی که دنده‌ها درگیر می‌شوند، بار محوری به وجود می‌آورند.

در دو چرخ دنده مارپیچ خارجی درگیر سمت دندانه‌ها باید مخالف باشد. یعنی یکی راست‌گرد و دیگری چپ‌گرد، اما در نوع داخلی بر خلاف خارجی، باید از یک نوع باشند. علاوه بر این دو چرخ دنده باید دارای زاویه مارپیچ یکسانی باشند.



درگیری دو چرخ دنده مارپیچی



چرخ دنده مارپیچی

## ۳-۲-۷- چرخ دنده مخروطی

اگر بر سطح جانبی یک مخروط، دندانه‌هایی ایجاد کنیم. به این نوع چرخ دنده مخروطی می‌گوئیم. چرخ دنده مخروطی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که محورها با هم موازی نیست و امتداد آن‌ها با هم متقاطع می‌باشند. معمولاً زاویه بین محورها ۹۰ درجه است اما می‌توان آن‌ها را طوری طراحی کرد که در زوایای دیگر نیز به خوبی عمل کنند.



چرخ دنده مخروطی

دندانه‌های روی چرخ دنده‌های مخروطی می‌توانند صاف یا مارپیچی باشند. دندانه‌های چرخ دنده‌های مخروطی صاف در حقیقت، شکلی مشابه دنده چرخ دنده‌های ساده دارند که وقتی هر دنده درگیر می‌شود به دنده متناظر در آن لحظه ضربه می‌زند، راه حل این مشکل انحنا دادن به دندانه‌های چرخ دنده می‌باشد. تماس از یک انتهای چرخ دنده شروع می‌شود و به صورت تصاعدی در سرتاسر دندانه گسترش می‌یابد. در چرخ دنده‌های مخروطی صاف و مارپیچی محورها باید بر هم عمود باشند.



درگیری دو چرخ دنده مخروطی با یکدیگر

## ۴-۲-۷- چرخ حلزون و پیچ حلزون

چرخ حلزون شبیه چرخ دنده ساده می‌باشد. با این تفاوت که فرم کف شیار

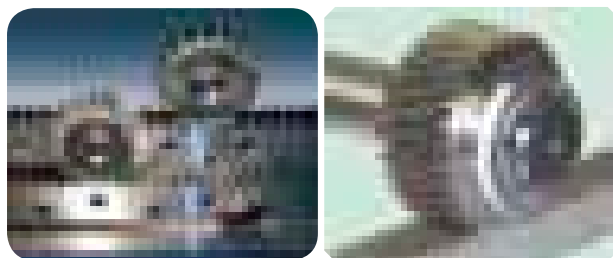
دنده‌ها قوسی شکل می‌باشد. این چرخ‌دنده با پیچی بنام پیچ حلزون و پروفیل دنده‌ای، شبیه پروفیل دنده چرخ‌دنده درگیر می‌شود. از چرخ دنده حلزون و پیچ حلزون برای انتقال دور با نسبت استفاده می‌گردد. دستگاه تقسیم نمونه‌ای از این نسبت انتقال می‌باشد همچنین در مواقعی که محورها نسبت به هم متناظر بوده و همچنین انتقال دور یکطرفه است و نیاز به یک سیستم قفل شونده می‌باشد مثل جرثقیل، از این نوع مکانیزم استفاده می‌شود.



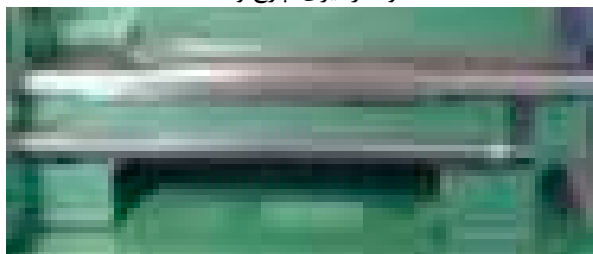
چرخ حلزون و پیچ حلزون

#### ۵-۲-۷- چرخ و شانه<sup>۱</sup>

این مکانیزم از دو عضو چرخ‌دنده و چرخ شانه‌ای تشکیل شده است و از آن برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی استفاده می‌کنیم. در مواردی که خواهیم دریچه‌ای را باز و بسته کنیم. در بسیاری موارد دیگر نیز می‌توانیم از این مکانیزم بهره بگیریم. جابجایی سوپرت طولی ماشین تراش، جابجایی دستگاه دریل نمونه‌هایی از کاربرد این نوع چرخ دنده ها می‌باشد.



نحوه درگیری چرخ و شانه



جابجایی سوپرت طولی ماشین تراش به کمک سیستم چرخ و شانه

۱-Rack & Pinion

### ۳-۷- واژه‌ها و مشخصات فنی چرخ دنده ساده

در ابتدا اصطلاحات فنی که ممکن است در یک دنده چرخ دنده ساده وجود داشته باشد را توضیح می‌دهیم.

#### دایره گام یا قطر متوسط (pitch circle): do

دایره‌ی فرضی است که همه محاسبات همیشه بر پایه قطر آن که قطر دایره گام می‌باشد انجام می‌شود. دواير گام یک جفت چرخ دنده به هنگام کار با یکدیگر مماس هستند. به عبارتی دو چرخ دنده از محل قطر دایره گام با هم درگیر می‌شوند. از دو چرخ دنده درگیر آنکه کوچک‌تر است را چرخ کوچک<sup>۱</sup> و آنکه بزرگتر است را معمولاً چرخ دنده<sup>۲</sup> گویند.



معرفی مشخصات فنی یک چرخ دنده ساده

#### گام p: (Circular Pitch)

روی دایره گام اندازه‌گیری می‌شود و فاصله نقطه‌ای روی دایره گام از یک دنده تا نقطه نظیر آن روی دنده مجاور است.



معرفی گام در چرخ دنده ساده

۱- pinion

۲-Gear



**مدول m (Module):**

در استاندارد بین المللی SI که واحد اندازه گیری طول میلی متر است، نسبت قطر گام به تعداد دنده‌ها را مدول گویند. مدول معرف مشخصه شکل دنده نیز هست.

**دیامترال پیچ dp (Diametral Pitch):**

در سیستم اندازه گیری بر حسب اینچ، اگر تعداد دنده‌های چرخ دنده را به قطر گام که بر حسب اینچ است تقسیم کنیم مقدار به دست آمده را دیامترال پیچ گوئیم. بنابراین دیامترال پیچ همان عکس مدول در سیستم متریک است.

**اندازه سر دنده  $h_k$  (Addendum):**

برابر است با فاصله شعاعی بین سطح سردنده تا دایره گام که به آن ارتفاع سردنده نیز می گویند.



معرفی ارتفاع سر دنده در چرخ دنده ساده

**اندازه پای دنده:  $h_f$  (Duodenum):**

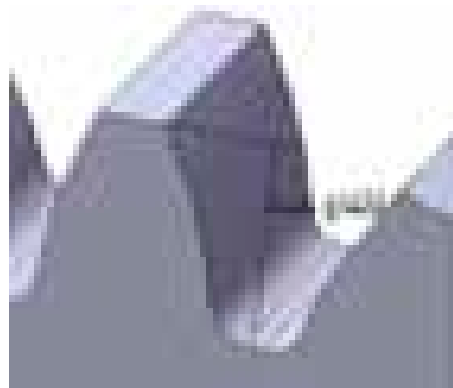
برابر است با فاصله شعاعی بین سطح کف دنده تا دایره گام.



معرفی ارتفاع پای دنده در چرخ دنده ساده

ارتفاع کل دنده  $h$  (whole depth):

فاصله سر دنده تا پای دنده را ارتفاع دنده می‌گویند.



معرفی ارتفاع کل دنده در چرخ دنده ساده

#### ۴-۷- روش های تولید چرخ دنده

روش‌های مختلفی برای ساخت چرخ دنده وجود دارد که هر کدام دارای معایب و مزایایی هستند و باید با توجه به نوع چرخ دنده، جنس، دقت مورد نیاز، امکانات موجود و هزینه ساخت بهترین روش را انتخاب کرد. یکی از روش‌های تولید چرخ دنده استفاده از ماشین‌های فرز است. در این روش با براده برداری از قطعه کار توسط ابزارهای خاص شکل دنده ایجاد می‌شود

آیا می‌دانید:

تعدادی از روش‌های تولید چرخ دنده به شرح زیر است:

- ۱- توسط فرزهای افقی و عمودی (به کمک دستگاه تقسیم)
- ۲- توسط دستگاه‌های هابینگ<sup>۱</sup> (غلطکی تراشی)
- ۳- توسط دستگاه‌های مخصوص دنده زنی
- ۴- توسط دستگاه‌های صفحه تراش و کله‌زنی<sup>۲</sup>
- ۵- توسط دستگاه‌های اسپارک<sup>۳</sup>
- ۶- توسط دستگاه‌های خانکشی
- ۷- توسط ریخته‌گری<sup>۴</sup>
- ۸- توسط قالب‌های دقیق<sup>۵</sup>

۱- Hubbing

۲-Slotter

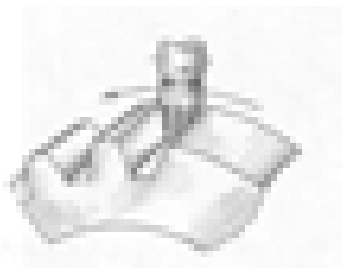
۳-Spark

۴-Casting

۵-Fine blanking

### تولید چرخ دنده با استفاده از ماشین‌های فرز

دنده چرخ دنده را می‌شود با ماشین‌های فرز افقی و عمودی تراشید. در فرز عمودی با استفاده از تیغه فرز انگشتی فرم داری که شکل فضای بین دنده را در می‌آورد، می‌توان این کار را انجام داد. از نظر تئوریک برای هر تعداد دنده و در یک قطر ثابت بایستی یک تیغه فرز خاص داشته باشیم که این عملاً مقرون به صرفه نیست. لذا تراش چرخ دنده‌ها با استفاده از تیغه فرز‌های انگشتی خاص و فرم دار منتفی است.

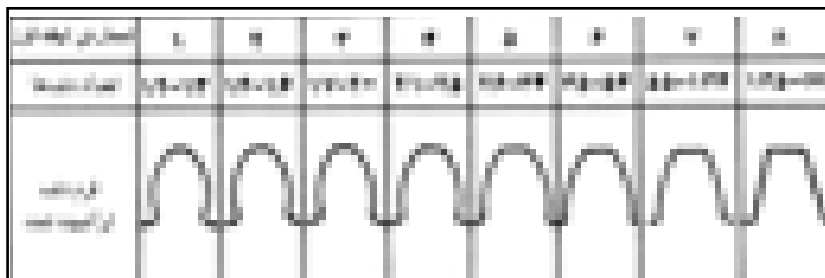


استفاده از تیغه فرز انگشتی خاص در تولید چرخ دنده

روش دیگر استفاده از تیغه فرز مدولی است. روش کار بدین ترتیب است که پس از ایجاد اولین شیار، به کمک دستگاه تقسیم و محاسبات انجام شده، شیارهای بعدی را ایجاد می‌کنیم. آن قدر این کار را تکرار می‌کنیم تا تمام دنده‌ها ایجاد شود. برای تولید چرخ دنده‌های با تعداد دندانه متفاوت نیاز به انواع تیغه فرز مدولی می‌باشد چرا که شکل پروفیل دندانه در هر حالت تغییر می‌کند. به منظور کاهش این تنوع اندازه مدول را استاندارد کرده‌اند. در جدول زیر این مدول‌ها را مشاهده می‌کنید:

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

به منظور محدود کردن تعداد تیغه فرزها برای هر چرخ دنده که شکل پهلوی آنها با هم تفاوت زیادی ندارند. یک تیغه فرز در نظر گرفته شده است. به این ترتیب هر سری تیغه فرز شامل ۸ عدد از شماره ۱ تا ۸ به شرح زیر بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این جدول فرم منحنی بغل دنده و تعداد دنده مربوط به آن مشاهده می‌شود.



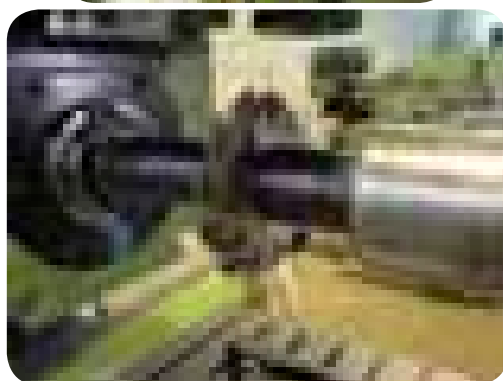
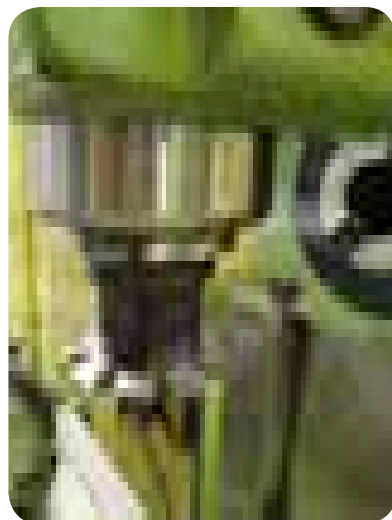
سری ۸ تایی تیغه فرزهای مدولی

برای تراشیدن چرخ دنده‌های دقیق‌تر سری ۱۵ تایی از تیغه فرزهای مدولی به شرح جدول زیر ساخته شده است.

|              |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| سری تیغه فرز | ۱  | ۲  | ۳  | ۴  | ۵  | ۶  | ۷  | ۸  |
| تعداد دنده   | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| سری تیغه فرز | ۹  | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ |
| تعداد دنده   | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |

سری ۱۵ تایی تیغه فرزهای مدولی

لازم به ذکر است تیغه فرزهای مدولی را بر روی هر دو نوع دستگاه فرز افقی و عمودی می‌توان بست. بر روی ماشین فرز افقی تیغه فرز مدولی همانند تیغه فرز غلطکی بر روی میله فرزگیر دوطرفه بسته می‌شود. در ماشین فرز عمودی با استفاده از میله فرزگیر یک طرفه این کار انجام می‌شود.



بستن تیغه فرز مدولی بر روی میله فرزگیر یک و دو طرفه

### ۵-۷- ترتیب و مراحل ساخت چرخ دنده‌های ساده

برای ساخت چرخ دنده ساده باید تمام مراحل زیر را به ترتیب دنبال کنیم:

- ۱- محاسبات لازم جهت تراش چرخ دنده را انجام دهیم.
- این محاسبات بر اساس داده‌های موجود می‌تواند صورت بگیرد. اما آنچه مهم است، این است که دانستن مدول، قطر خارجی، عمق هر دنده و میزان گردش دستگیره دستگاه تقسیم از مهم ترین موارد است.
- ۲- جنس چرخ دنده را مطابق نقشه انتخاب کنیم. موارد ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ را بر روی ماشین تراش دنبال کنیم.
- ۳- در مرکز قطعه کار روی ماشین تراش، سوراخی ایجاد می‌کنیم. (جهت عبور درن یا محور مخروطی)
- ۴- یک طرف استوانه را پیشانی تراشی می‌نمائیم.

۵- استوانه را روی درن یا محور مخروطی شکل سوار می‌نمائیم.

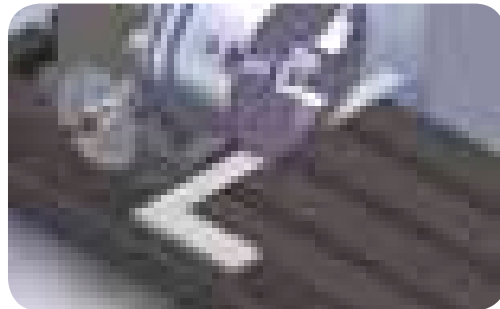


سوار کردن قطعه بر روی محور مخروطی

۶- طرف دیگر استوانه را که روی درن سوار و بین دو مرغک قرار دارد تا اندازه پهنای چرخ دنده (B) پیشانی‌تراشی می‌نمائیم.

۷- استوانه را تا اندازه قطر خارجی حساب شده جهت چرخ دنده می‌تراشیم.

۸- دستگاه تقسیم را بر روی میز ماشین و به صورت صحیح مستقر می‌کنیم. تمیز بودن سطح میز و سفت کردن پیچ‌ها را مد نظر داشته باشیم.



نصب صحیح دستگاه تقسیم بر روی میز ماشین

۹- درن یا محور را که استوانه روی آن قرار دارد بین دو مرغک یا مرغک و سه نظام ماشین فرز افقی محکم می‌نمائیم.



سوار کردن درن بر روی دستگاه تقسیم

۱۰- صفحه سوراخ‌دار مناسب را بر اساس محاسبات انجام شده انتخاب و بر روی دستگاه تقسیم نصب کنیم. سایر متعلقات مثل قیچی، دستگیره، پیچ و مهره‌ها و ... را نیز در ادامه می‌بندیم.

۱۱- دور بودن قطعه کار را با چرخش قطعه کار توسط دستگاه تقسیم و به کمک ساعت اندازه‌گیری کنترل می‌کنیم.



کنترل دور بودن قطعه با ساعت اندازه‌گیری

۱۲- عده دوران دستگاه، مایع خنک کننده مناسب و سایر شرایط لازم را تنظیم و کنترل می‌نماییم.

۱۳- تیغه فرز را روی محور ماشین فرز سوار نموده و سپس آن را با مرکز قطعه کار منطبق می‌کنیم. برای میزان کردن تیغه فرز از نوک مرغک کمک می‌گیریم.



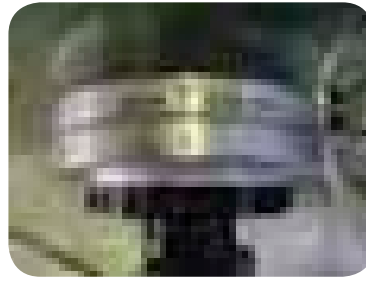
منطبق کردن تیغه فرز با مرکز قطعه کار

۱۴- هنگام گردش تیغه فرز با حرکت طولی و عمودی میز ماشین تیغه فرز را روی چرخ مماس می‌کنیم.



مماس کردن تیغه فرز بر روی قطعه کار

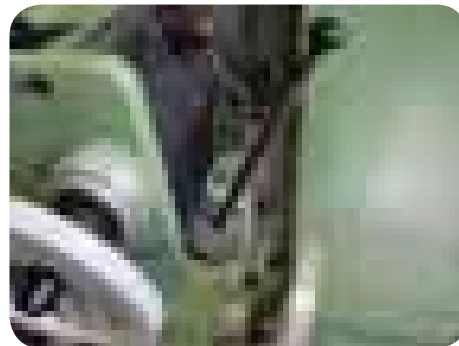
۱۵- با حرکت عمودی میز ماشین قطعه کار را با اندازه  $h$  که ارتفاع دندانه است بار می‌دهیم.



ورنیه فلکه باردهی

۱۶- در صورتی که جنس قطعه کار سخت باشد عمل بار دادن را در چند مرحله انجام می‌دهیم.

۱۷- به وسیله پیچ‌های مخصوص، حرکت عرضی و عمودی میز ماشین را متوقف (ترمز) می‌نمائیم.



اهرم‌های قفل کننده حرکت‌های ماشین فرز

۱۸- با حرکت طولی میز ماشین (خلاف جهت دوران تیغه فرز) اولین شیار دندانه چرخ دنده را ایجاد می‌کنیم.



زدن اولین شیار چرخ دنده با حرکت طولی میز ماشین

۱۹- با حرکت طولی میز (موافق جهت دوران تیغه فرز) تیغه فرز را از کار خارج نموده و میز را به حالت اول برمی‌گردانیم.



۲۰- دسته دستگاه تقسیم را به اندازه حساب شده، برای هر دندان که قبلاً محاسبه شده می‌چرخانیم. سپس شروع به تراشیدن شیار دوم چرخ دنده می‌نمائیم. دقت داشته باشیم که جهت چرخش را باید ثابت در نظر بگیریم و برگشت در جهت عکس حرکت قبل ممکن است در کار خطا ایجاد کند. به طور مثال پس از زدن شیار اول، دستگیره را در جهت ساعت گرد به اندازه محاسبه شده بچرخانیم و شیار دوم را بزنیم و در ادامه باز این کار را در جهت ساعت گرد تکرار کنیم.



صفحه سوراخ‌دار و قیچی نصب بر روی دستگاه تقسیم

۲۱- با تکرار مراحل ۲۰ و ۲۱ تراشیدن بقیه دندان‌های چرخ دنده با توجه به جنس قطعه کار را ادامه می‌دهیم.

۲۲- هنگام تراشیدن چرخ دنده با توجه به جنس قطعه کار از مواد خنک کننده، مانند آب صابون و گازوئیل استفاده می‌نمائیم تا نوک تیغه فرز، گرم نشده و از بین نرود.

| نوع             | فرمول                                      |
|-----------------|--|
| دنده            | $d = m \cdot z$                            |
| قطر             | $d_a = d + 2m$<br>$d_f = d - 2m$           |
| قطر دنده بیرونی | $d_a = d + 2m$                             |
| قطر دنده داخلی  | $d_f = d - 2m$                             |
| دنده            | $d = \frac{1}{z} m \cdot z = 1.157m$       |
| قطر پای دنده    | $d_f = d - 2.157m$                         |
| قطر دنده        | $d = m \cdot z = 1.157m$                   |
| قطر دنده بیرونی | $d_a = d + 2m$<br>$d_a = m(z + 2)$         |
| قطر پای دنده    | $d_f = d - 2.157m$<br>$d_f = m(z - 2.157)$ |
| دنده            | $d = \frac{d_a - d_f}{2}$                  |
| پهنای دنده      | $b = 10m$                                  |
| دنده بیرونی     | $d_a = \frac{d_a + d_f}{2}$                |
| دنده داخلی      | $d_f = \frac{d_a + d_f}{2}$                |
| دنده بیرونی     | $d = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$               |
| دنده بیرونی     | $d = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$               |

مثال: مدول یک چرخ دنده ساده ۲ میلی متر و تعداد دندانه ی آن ۸۰ عدد است، سایر مشخصات آن را به دست آورید.

| مشخصات           | فرمول   | مقدار            |
|------------------|---|------------------|
| پای دنده         | $p = m \cdot z$                                     | ۱۶۰ میلی متر     |
| قطر              | $m = \frac{p}{z} = \frac{d_f}{z}$                   | ۲ میلی متر       |
| قطر دایره تقاطع  | $d_f = m \cdot z \cdot x = d_f - 2m$                | ۱۵۶ میلی متر     |
| قطر دایره بیرونی | $d_g = m$   | ۲ میلی متر       |
| قطر              | $a = \frac{1}{2} m = 0.167m$                        | ۰.۳۳۴ میلی متر   |
| قطر دایره تقاطع  | $d_f = m + c = 1.167m$                              | ۲.۳۳۴ میلی متر   |
| قطر دایره بیرونی | $d_g = m + m + 2 \cdot c = 2.167m$                  | ۴.۳۳۴ میلی متر   |
| قطر دایره تقاطع  | $d_f = d_g - 2m$                                    | ۱۵۶ میلی متر     |
| قطر دایره بیرونی | $d_g = m(z + 2)$                                    | ۱۶۴ میلی متر     |
| پای دنده         | $d_f = d_g - 2.334m$<br>$d_f = m(z - 2.334)$        | ۱۵۶.۶۶۶ میلی متر |
| قطر دایره تقاطع  | $a = \frac{d_g - d_f}{2} = \frac{164 - 156.666}{2}$ | ۳.۶۶۷ میلی متر   |
| قطر دایره بیرونی | $d_g = 2a$  | ۷.۳۳۴ میلی متر   |
| معمولی دنده      | $a = \frac{1}{2} m$                                 | ۰.۱۶۷ میلی متر   |
| معمولی دنده      | $a = \frac{21}{22} m$                               | ۱.۵۷۳ میلی متر   |

مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم:

اگر نسبت دستگاه تقسیم ۱:۴۰ باشد بنابراین:

$$n_k = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$$

یعنی از هر ردیفی ردیف زوجی را که انتخاب کردیم، تنها کافی است هر بار نیم دور دسته را دوران می‌دهیم. به طور مثال اگر ردیف ۱۶ سوراخ را داشته باشیم و دسته را در این ردیف تنظیم کنیم. کافی است هر بار ۸ سوراخ از این ردیف را پشت سر بگذاریم.

$$\frac{1}{2} \times \frac{8}{8} = \frac{8}{16}$$

در مواردی ممکن است تعداد دندانه‌ها به گونه‌ای باشد که هر چقدر کسر موجود را در اعدادی ضرب می‌کنیم صفحه سوراخ‌دار مربوط به آن موجود نباشد. در این شرایط باید به روش اختلافی چرخ دنده را تراشید.

ساخت چرخ دنده ساده  $m=2 z=18$



جدول DIN ISO 2768

| اندازه          | از 0.5 تا 3 | از 3 تا 6  | از 6 تا 30 | از 30 تا 120 | از 210 تا 400 |
|-----------------|-------------|------------|------------|--------------|---------------|
| درجه<br>تولرانس |             |            |            |              |               |
| f (ظریف)        | $\pm 0.05$  | $\pm 0.05$ | $\pm 0.1$  | $\pm 0.15$   | $\pm 0.2$     |
| m (متوسط)       | $\pm 0.1$   | $\pm 0.1$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.3$    | $\pm 0.5$     |
| g (خشن)         | $\pm 0.15$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.5$  | $\pm 0.8$    | $\pm 1.2$     |

| شماره          | تعداد | مشخصات قطعه | اندازه ماده اولیه  | جنس ماده‌ی اولیه | شماره واحد کار | شماره کار عملی |
|----------------|-------|-------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|
|                | ۱     |             | ۵۰ میلی‌متر        | St ۳۷            | ۷              | ۱              |
| مقیاس: ۱:۱     |       |             | هدف آموزشی:        |                  |                | زمان: ۵ ساعت   |
| استاندارد: ISO |       |             | ساخت چرخ دنده ساده |                  |                | درجه تولرانس:  |
|                |       |             |                    |                  |                | m              |

| جدول تجهیزات و ابزار |                                  |                   |
|----------------------|----------------------------------|-------------------|
| تعداد                | مشخصات فنی                       | ابزارهای لازم     |
| ۱                    | افقی، عمودی یا انیورسال          | ۱- ماشین فرز      |
| ۱                    | مدول ۲ شماره ۳                   | ۲- تیغه فرز مدولی |
| ۱                    | دو یا یک طرفه، بسته به نوع ماشین | ۳- میله فرزگیر    |
| ۱                    | با نسبت ۱:۴۰ یا ۱:۶۰             | ۴- دستگاه تقسیم   |
| ۱                    | متناسب با محاسبات انجام شده      | ۵- صفحه سوراخدار  |
| ۱                    | مخصوص دستگاه                     | ۶- مرغک           |
| ۱                    | متناسب با قطر سوراخ داخلی قطعه   | ۷- درن            |

| مراحل انجام کار |   |   |
|-----------------|---|---|
| ردیف            | شرح مراحل کار   | شکل   |
| ۱               | ابتدا محاسبات لازم جهت تراش چرخ دنده را انجام دهید.   |    |
| ۲               | ماده خام را بر اساس جنس چرخ دنده انتخاب و آماده کنید. قطر و عرض مواد انتخاب شده استوانه ای شکل را به اندازه اصلی یعنی $d_k$ و $B$ بگیرید. در مرکز کار روی ماشین تراش، سوراخی جهت عبور درن یا محور مخروطی ایجاد کنید. یک طرف استوانه را پیشانی تراشی نمائید پس از ترشیدن طرف دوم قطعه را به اندازه پهنای دنده بتراشید استوانه را روی درن یا محور مخروطی شکل سوار نمائید. |    |
| ۳               | درن یا محور که استوانه روی آن قرار دارد را بین دو مرغک یا مرغک و سه نظام ماشین فرز محکم نمائید. از ساعت اندازه گیری جهت کنترل دور بودن قطعه کمک بگیرید.   |  |
| ۴               | به وسیله پیچ یا اهرم های مخصوص، حرکت عرضی و عمودی میز ماشین را متوقف (ترمز) نمائید.   |  |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
|    | <p>تیغه فرز را روی محور ماشین فرز سوار نموده و سپس آن را با مرکز چرخ دنده میزان کنید.</p>  | <p>۵</p>  |
|    | <p>هنگام گردش تیغه فرز با حرکت طولی و عمودی میز ماشین تیغه فرز را روی قطعه مماس کنید.</p>  | <p>۶</p>  |
|    | <p>با حرکت عمودی میز ماشین کار را با اندازه <math>h</math> ارتفاع دندانه بار دهید. در صورتی که جنس کار سخت باشد عمل بار دادن را در چند مرحله انجام دهید. با حرکت طولی میز ماشین (خلاف جهت دور تیغه فرز) اولین شیار دندانه چرخ دنده را درآورید.</p>         | <p>۷</p>  |
|   | <p>با حرکت طولی میز (موافق جهت دور تیغه فرز) تیغه فرز را از کار خارج نموده و میز را به حالت اول برگردانید. دسته دستگاه تقسیم را به اندازه حساب شده، برای هر دندانه که قبلاً محاسبه و آماده شده بچرخانید. سپس شروع به تراشیدن شیار دوم چرخ دنده نمائید.</p> | <p>۸</p>  |
|  | <p>با تکرار مرحله ۸ تراش بقیه دندانه های چرخ دنده را ادامه دهید. هنگام تراش چرخ دنده از مواد خنک کننده مانند آب صابون استفاده نمائید تا تیغه فرز گرم نشده و از بین نرود.</p>   | <p>۹</p>  |
|   | <p>ارائه گزارش به هنر آموز محترم</p>   | <p>۱۰</p> |

ارزش یابی نهایی



## ارزشیابی پایانی

## سوالات نظری ( ۱۵ دقیقه)

## سوالات صحیح و غلط:

- ۱- چرخ دنده مخروطی در جایی کاربرد دارد که محورها با هم موازی هستند.
- ۲- در تمام چرخ دنده‌ها انتقال حرکت دورانی اتفاق می افتد.
- سوالات کوتاه پاسخ یا جای خالی:
- ۳- فرم دندانه های برنده تیغه فرزهای مدولی را به شکل ..... می سازند.
- ۴- در چه مرحله ای مرکز قطعه ای که می خواهد تبدیل به چرخ دنده شود باید سوراخ کاری شود؟

## سوالات چند گزینه ای:

- ۵- مدول یک چرخ دنده ساده  $m = 5 \text{ mm}$  است. عمق شیار دندانه آن چند میلی متر است؟
 

|             |          |
|-------------|----------|
| الف- ۱۰/۸۳۵ | ب- ۱۲/۵۶ |
| ج- ۱۴/۸۶    | د- ۹/۵۶  |
- ۶- مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را برای یک چرخ دنده ساده با  $Z=20$  و نسبت دستگاه  $i=40:1$  برابر کدام مقدار است؟
 

|            |            |
|------------|------------|
| الف- ۱ دور | ب- ۲ دور   |
| ج- ۴ دور   | د- نیم دور |
- ۷- ضخامت یک چرخ دنده ساده با مدول  $m = 3 \text{ mm}$  چند میلی متر است؟
 

|         |       |
|---------|-------|
| الف- ۳۰ | ب- ۱۵ |
| ج- ۲۰   | د- ۴۵ |

## سوالات تشریحی:

- ۸- هدف از ساختن چرخ دنده‌ها را بنویسید؟
- ۹- مراحل ساخت یک چرخ دنده ساده با دستگاه فرز را توضیح دهید؟
- ۱۰- اگر بخواهیم با تیغه فرز مدولی ۵ و تعداد دنده ۳۰ یک چرخ دنده ساده بسازیم. محاسبات لازم چیست؟

واحد کار ۸



**هدف کلی:** توانایی تراشیدن چرخ دنده ساده اختلافی میلی متری با ماشین فرز

### هدف‌های رفتاری:

- پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:
  - ۱- روش‌های تولید چرخ دنده اختلافی را شرح دهد.
  - ۲- چرخ دنده‌ای با تعداد دندانه خاص که نیاز به چرخ دنده تعویضی دارد را بسازد.

| زمان آموزش |                    | توانایی تراشیدن چرخ دنده ساده اختلافی میلی متری با ماشین فرز |
|------------|--------------------|--|
| عملی       | نظری               |  |
| ۱۷ ساعت    | یک ساعت و ۳۰ دقیقه | ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی  |
| یک ساعت    | ۳۰ دقیقه           |  |
| ۲۰         |                    | جمع  |

**پیش آزمون:** (۱۵ دقیقه)

---

---

- ۱- آیا چرخ دنده با تعداد دندانه فرد دیده‌اید؟
- ۲- اگر تعداد دندانه‌های یک چرخ دنده ۵۳ عدد باشد و با نسبتی که در دستگاه تقسیم است نتوانیم صفحه سوراخ‌داری را پیدا کنیم، چگونه می‌توان آن را تولید کرد؟
- ۳- اگر در محاسبات گردش دسته دستگاه تقسیم به جای ۱۹ دندانه عدد ۲۰ را قرار دهیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا فرم دنده‌ها تغییر می‌کند؟

### ۱-۸- تقسیم اختلافی:

در ادامه آشنایی با تقسیم محیط قطعه کار و تولید چرخ دنده ساده با تعداد دنده مشخص که امکان استفاده از صفحه سوراخ‌دار را میسر می‌ساخت، با طرح یک سوال به موضوع چرخ دنده‌های اختلافی می‌پردازیم:

می‌خواهیم چرخ دنده‌ای با تعداد ۵۱ دندانه بسازیم. مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید:

$$n_k = \frac{i}{z} \rightarrow n_k = \frac{40}{51}$$

این محاسبه نشان می‌دهد که دسته دستگاه تقسیم بایستی ۴۰ سوراخ از ردیف ۵۱ سوراخی گردش کند. همان‌طور که می‌دانیم صفحه سوراخ‌دار با تعداد سوراخ ۵۱ سوراخه همراه دستگاه تقسیم وجود ندارد. بطور کلی در تقسیم محیط یک قطعه با دستگاه تقسیم گاهی مواردی از این دست پیش می‌آید که صورت یا مخرج کسر قابل تجزیه و تبدیل شدن به کسر ساده نیست. برای حل این مشکل راه‌حل‌های مختلفی وجود دارد:

- ۱- استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی
  - ۲- استفاده از روش ایجاد دنده با فاصله‌های متفاوت
- هر کدام از این دو روش در جای خود کاربرد دارند.

#### روش اول:

استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی



استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی برای زدن چرخ دنده اختلافی

در مثال قبل مشاهده شد که مخرج کسر و گاهی نیز صورت کسر به گونه‌ای است که نمی‌توان تعداد سوراخ و یا مقدار گردش دسته را با آن تنظیم کرد. برای حل این مشکل می‌توان به جای تقسیمات واقعی تعداد تقسیمات فرضی را انتخاب کرد که مقدار گردش دسته تقسیم را بتوان به سهولت انجام داد. به عنوان مثال در حالت قبل به جای تعداد تقسیمات ۵۱ تعداد تقسیم ۵۲ را در نظر می‌گیریم و مقدار گردش دسته را با آن محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'} \times (T' \cdot T)$$

مقدار گردش برابر ۲۰ سوراخ از ردیف ۲۶ سوراخ خواهد شد. همان‌طور که می‌دانیم این مقدار گردش برای تعداد تقسیم ۵۲ محاسبه شده است و در مجموع برای هر دنده، مقداری اختلاف با تعداد تقسیمات ۵۱ وجود خواهد داشت. برای جبران این اختلاف باید ترتیبی اتخاذ کنیم که صفحه سوراخ‌دار، همزمان با گردش دسته دستگاه تقسیم به اندازه اختلاف دو مقدار محاسبه شده فوق برای هر فاصله جابجا شود. این جابجایی بوسیله سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی بین محور کار و محور فرعی دستگاه امکان پذیر است.



سیستم انتقال دور بین قطعه کار و صفحه سوراخ‌دار در روش اختلافی

### - محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی:

همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود. در داخل دستگاه تقسیم دو چرخ دنده ساده و دو چرخ دنده مخروطی وجود دارد که انتقال دور را از محور پیچ حلزون با نسبت ۱:۱ به محور فرعی انتقال می‌دهند. بنابراین نسبت چرخ دنده‌های درون دستگاه ۱:۱ خواهد بود.



سیستم انتقال دور بین قطعه کار و صفحه سوراخ‌دار در روش اختلافی

با استفاده از رابطه زیر می‌توان چرخ دنده‌های مورد استفاده بر روی محورهای

اصلی و فرعی را محاسبه کرد.

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'} \times (T' - T)$$



معرفی محور اصلی و محور فرعی در دستگاه تقسیم

در رابطه فوق:

$Z_t$ : تعداد دنده چرخ دنده‌های محرک (محور اصلی دستگاه مرغک یا محوری

که قطعه کار روی آن سوار می‌شود).

$Z_g$ : تعداد دنده چرخ دنده متحرک

$i$ : نسبت دستگاه تقسیم ۴۰:۱

$T'$ : تعداد تقسیمات فرضی

$T$ : تعداد تقسیمات واقعی

معمولاً به همراه دستگاه تقسیم، یک سری چرخ دنده تعویضی استاندارد شده

وجود دارد که عبارتند از:

۲۴-۲۸-۳۰-۳۲-۳۶-۴۰-۴۴-۴۸-۵۶-۶۴-۷۲-۸۰-۸۶ و ۱۰۰



سری چرخ دنده تعویضی استاندارد

مقدار عدد انتخابی  $T$  را می‌توان کاملاً به دلخواه بزرگتر یا کوچکتر از تعداد تقسیمات واقعی  $T$  انتخاب نمود. بهتر است عدد انتخابی نزدیکترین عدد به تعداد تقسیمات اصلی باشد. عدد فرضی را طوری انتخاب می‌کنیم که قابل تجزیه و تبدیل به یکی از تعداد سوراخ‌های صفحه سوراخ‌دار استاندارد و هم چنین قابل تبدیل به تعداد دنده‌های چرخ دنده‌های تعویضی باشد.

در هنگام محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی ممکن است محاسبه چرخ دنده‌ها با نسبت ساده و یا مرکب انجام گیرد. اشکال زیر نحوه سوار شدن چرخ دنده‌ها با نسبت ساده و مرکب را نشان می‌دهد.



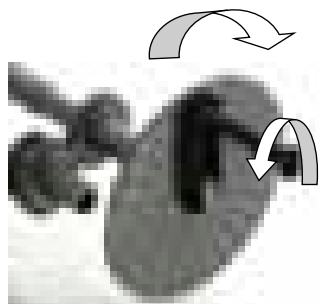
نحوه سوار شدن چرخ دنده‌ها با نسبت ساده



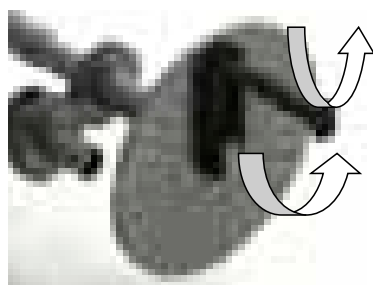
نحوه سوار شدن چرخ دنده‌ها با نسبت مرکب



باید توجه داشت که اگر عدد انتخاب شده  $T'$  بزرگتر از عدد تقسیمات اصلی  $T$  باشد به عبارتی  $T < T'$  باشد جهت حرکت گردش صفحه سوراخدار موافق جهت گردش دسته خواهد بود. در صورتیکه  $T > T'$  باشد جهت حرکت گردش صفحه سوراخدار مخالف جهت گردش دسته دستگه تقسیم می‌شود.

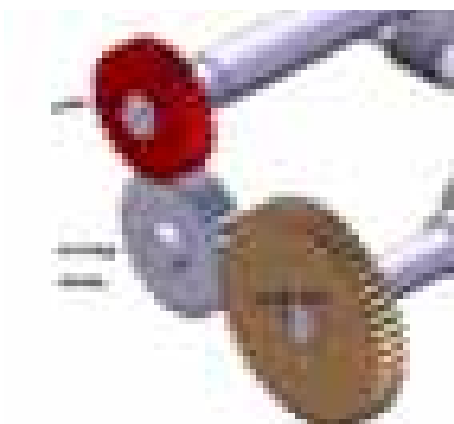


عدد انتخاب شده  $T'$  کوچکتر از عدد تقسیمات اصلی  $T$  و جهت حرکت گردش صفحه سوراخدار موافق جهت گردش دسته تقسیم



عدد انتخاب شده  $T'$  بزرگتر از عدد تقسیمات اصلی  $T$  و جهت حرکت گردش صفحه سوراخدار مخالف جهت گردش دسته تقسیم

چنانچه پس از سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی جهت‌های گردش هماهنگ نبودند با سوار کردن یک چرخ دنده واسطه در مسیر حرکت، جهت گردش را به شکل دلخواه تغییر می‌دهیم.



استفاده از چرخ دنده واسطه برای تغییر جهت گردش

چون لازم است در تقسیم اختلافی صفحه سوراخ‌دار نیز ضمن گردش دسته تقسیم، گردش یا حرکت دورانی داشته باشد، لذا در تقسیم اختلافی بایستی ضامن نگهدارنده صفحه سوراخ‌دار را آزاد کرد.

**مثال:** جهت تراشیدن چرخ‌دنده‌ای با تعداد دنده ۷۱ مقدار گردش دستگاه تقسیم را در صورتی که نسبت دستگاه ۴۰:۱ باشد حساب کنید در صورت نیاز تعداد دنده‌های چرخ دنده‌های تعوضی را نیز محاسبه کنید.

$$n_k = \frac{i}{Z} = \frac{40}{71}$$

کسر فوق قابل تجزیه نیست و همچنین ۷۱ سوراخ نیز بر روی صفحه سوراخ‌دار وجود ندارد. پس باید عددی فرضی را برای محاسبه در نظر بگیریم.

**حالت اول:** عدد انتخابی از  $T$  بزرگتر است  $T < T'$  که مقدار  $T'$  را ۷۲ در نظر می‌گیریم. بنابراین:

$$n_k = \frac{40}{72} = \frac{20}{36}$$

مقدار گردش ۲۰ سوراخ از ردیف ۳۶ سوراخ خواهد بود

$$\frac{Zt}{Zg} = \frac{i}{T'}(T' - T) =$$

$$\frac{40}{72}(72 - 71)$$

$$\frac{40}{72} = \frac{Zt}{Zg}$$

چرخ دنده  $Zt=40$  روی محور کار و چرخ دنده  $Zg=72$  روی محور فرعی دستگاه تقسیم سوار می‌شود. چون در این حالت  $T < T'$  است باید جهت حرکت صفحه سوراخ‌دار با جهت گردش دسته دستگاه تقسیم موافق باشد. که این موضوع را می‌توان از مثبت بودن تفاضل  $T-T'$  نیز نتیجه گرفت.

$$N_K = \frac{i}{T'} = \frac{40}{70} = \frac{4}{7} = \frac{14}{21}$$

**حالت دوم:** اگر عدد انتخابی کوچکتر از عدد تقسیمات اصلی باشد.

$T > T'$  در این مثال می توان مقدار  $T'$  را ۷۰ در نظر بگیریم. بنابراین:

مقدار گردش ۱۲ سوراخ از ردیف ۲۱ سوراخ خواهد بود. چرخ دنده های تعویضی عبارتند از:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'}(T' - T) = \frac{40}{70} = (40 - 71)$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{40}{70} = -\frac{4}{7} = -\frac{32}{56}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{32}{56}$$

علامت منفی در این عبارت صرفاً برای تشخیص جهت گردش صفحه سوراخ دار می باشد و در سایر محاسبات دخالت داده نمی شود.

**مثال دوم:** جهت ایجاد چرخ دنده ای با تعداد دنده ۳۶ مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم و چرخ دنده های تعویضی لازم را حساب کنید.

$$T = 63$$

$$T' = 60$$

$$N_K = \frac{i}{T'} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} = \frac{14}{21}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'}(T' - T) = \frac{40}{60}(60 - 63)$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{40}{60}(-3)$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = \frac{(۲ \times ۶)}{(۱۲ \times ۵)}$$

$$\left(\frac{۲۰}{۱۲}\right) \times \left(\frac{۶}{۵}\right) =$$

$$\left(\frac{۴۰}{۲۴}\right) \times \left(\frac{۳۶}{۳۰}\right)$$

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right) \times \left(\frac{Z_3}{Z_4}\right) = \left(\frac{۴۰}{۲۴}\right) \times \left(\frac{۳۶}{۳۰}\right)$$

علامت منفی مخالف بودن جهت گردش دسته دستگاه تقسیم و با صفحه سوراخ‌دار نشان می‌دهد در این مسئله نسبت چرخ دنده‌ها مرکب بدست آمده است.

$Z_1$  روی محور کار و  $Z_2$  و  $Z_3$  روی محوری بر روی گیتاری نصب می‌شود و  $Z_4$  نیز روی محور فرعی دستگاه تقسیم نصب می‌گردد.

در نسبت مرکب ممکن است محور چرخ دنده‌ها با هم برخورد داشته باشند. برای کنترل عدم برخورد بایستی شرایط مجموع دنده‌ها را بررسی کنیم. با استفاده از رابطه زیر می‌توان شرط مجموع را کنترل کنیم. در صورتی که شرط مجموع دنده‌ها برقرار نباشد می‌توان با جابجایی چرخ دنده‌ها این شرط را برقرار کرد. (جابجایی صورت با صورت و مخرج با مخرج کسر باید صورت بگیرد.)

$$Z_1 + Z_2 < ۱۵ + Z_3$$

$$Z_3 + Z_4 > ۱۵ + Z_2$$

در مثال فوق شرط مجموع به صورت زیر خواهد بود:

$$۴۰ + ۲۴ > ۱۵ + ۳۶ \rightarrow ۶۴ > ۵۱$$

$$۳۶ + ۳۰ > ۲۴ + ۱۵ \rightarrow ۶۶ > ۳۹$$

شکل زیر نمونه‌ای از طرز سوار کردن چرخ دنده واسطه با توجه به جهت گردش آخرین چرخ دنده را نشان می‌دهد که به محور فرعی دستگاه تقسیم متصل شده است.



نحوه نصب چرخ دنده‌های واسطه

برای تراشکاری و فرزکاری چرخ دنده‌های مختلفی بعد از محاسبات لازم جهت تقسیمات دنده همانند چرخ دنده‌های ساده عمل می‌کنیم.



نمایش تیغه فرز مدولی و قطعه کار

**مثال:** مطلوب است محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی لازم برای تولید چرخ دنده

با ۳۱ دندانه.  $T = 31$

$T' = 30$

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{30} = 1\frac{1}{3} = 1\frac{7}{21}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T}(T' - T) = \frac{40}{30}(30 - 31)$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{40}{30}(-1)$$

جهت تسهیل در محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی برای اعداد اول جداول زیر آورده شده است.



| فرزکاری |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
|---------|-----|------------|-------|----------|-----------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| ردیف    | نام | تاریخ تولد | جنسیت | محل تولد | محل اقامت | محل کار | محل تحصیل | محل خدمت | محل خدمت | محل خدمت | محل خدمت |
| 1       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 2       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 3       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 4       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 5       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 6       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 7       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 8       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 9       |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 10      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 11      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 12      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 13      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 14      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 15      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 16      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 17      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 18      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 19      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 20      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 21      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 22      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 23      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 24      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 25      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 26      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 27      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 28      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 29      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 30      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 31      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 32      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 33      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 34      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 35      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 36      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 37      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 38      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 39      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 40      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 41      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 42      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 43      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 44      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 45      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 46      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 47      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 48      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 49      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 50      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 51      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 52      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 53      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 54      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 55      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 56      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 57      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 58      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 59      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 60      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 61      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 62      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 63      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 64      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 65      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 66      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 67      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 68      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 69      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 70      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 71      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 72      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 73      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 74      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 75      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 76      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 77      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 78      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 79      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 80      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 81      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 82      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 83      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 84      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 85      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 86      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 87      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 88      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 89      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 90      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 91      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 92      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 93      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 94      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 95      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 96      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 97      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 98      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 99      |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |
| 100     |     |            |       |          |           |         |           |          |          |          |          |

| چرخ دنده ساده اختلافی |     |       |      |     |         |      |     |       |      |     |         |
|-----------------------|-----|-------|------|-----|---------|------|-----|-------|------|-----|---------|
| ردیف                  | نام | تعداد | مکان | نوع | ملاحظات | ردیف | نام | تعداد | مکان | نوع | ملاحظات |
| 1                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 1    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 2                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 2    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 3                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 3    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 4                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 4    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 5                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 5    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 6                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 6    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 7                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 7    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 8                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 8    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 9                     | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 9    | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 10                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 10   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 11                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 11   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 12                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 12   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 13                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 13   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 14                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 14   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 15                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 15   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 16                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 16   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 17                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 17   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 18                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 18   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 19                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 19   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 20                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 20   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 21                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 21   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 22                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 22   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 23                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 23   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 24                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 24   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 25                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 25   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 26                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 26   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 27                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 27   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 28                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 28   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 29                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 29   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 30                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 30   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 31                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 31   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 32                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 32   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 33                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 33   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 34                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 34   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 35                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 35   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 36                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 36   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 37                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 37   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 38                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 38   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 39                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 39   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 40                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 40   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 41                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 41   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 42                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 42   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 43                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 43   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 44                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 44   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 45                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 45   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 46                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 46   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 47                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 47   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 48                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 48   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 49                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 49   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 50                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 50   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 51                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 51   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 52                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 52   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 53                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 53   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 54                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 54   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 55                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 55   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 56                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 56   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 57                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 57   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 58                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 58   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 59                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 59   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 60                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 60   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 61                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 61   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 62                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 62   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 63                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 63   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 64                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 64   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 65                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 65   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 66                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 66   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 67                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 67   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 68                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 68   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 69                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 69   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 70                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 70   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 71                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 71   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 72                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 72   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 73                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 73   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 74                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 74   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 75                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 75   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 76                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 76   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 77                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 77   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 78                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 78   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 79                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 79   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 80                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 80   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 81                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 81   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 82                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 82   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 83                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 83   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 84                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 84   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 85                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 85   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 86                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 86   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 87                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 87   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 88                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 88   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 89                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 89   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 90                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 90   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 91                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 91   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 92                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 92   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 93                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 93   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 94                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 94   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 95                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 95   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 96                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 96   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 97                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 97   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 98                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 98   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 99                    | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 99   | ... | ...   | ...  | ... | ...     |
| 100                   | ... | ...   | ...  | ... | ...     | 100  | ... | ...   | ...  | ... | ...     |



## روش دوم:

(عدم استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی)

این توضیحات برای تراشیدن چرخ دنده‌های اختلافی ساده بدون استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی قابل استفاده خواهد بود. همانگونه که بیان شد برای تقسیمات اعداد اختلافی باید از چرخ دنده‌های تعویضی استفاده کرد. اما محاسبه این چرخ دنده‌ها و کار گذاشتن آن‌ها نیاز به وقت زیادی دارد. طبق محاسبات انجام شده می‌توان بدون استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی به طور مستقیم، فقط با استفاده از دایره سوراخ‌های مناسب روی صفحه سوراخ‌دار چرخ دنده‌های اختلافی را تراشید.

روش کار بدین صورت است که ابتدا پس از ایجاد اولین دنده، گردش دسته بگونه‌ای است که دنده دوم تراشیده نخواهد شد، بلکه ممکن است مثلاً دنده هفتم، دنده بعدی باشد و بعد از آن نیز دنده‌ای غیر از دنده هشتم خواهد بود. در این روش توالی و ترتیب پی در پی تراشیدن دنده‌ها وجود ندارد، بلکه دنده بدون ترتیب در اولویت تراشیدن قرار خواهد گرفت.

جدول زیر مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای اعداد اول و اختلاف دو دنده برحسب میلی‌متر را آورده است. مثلاً برای تراشیدن چرخ دنده‌ای با تعداد دندانه ۶۱ می‌توان از روش زیر استفاده کرد:

از ردیف ۴۷ سوراخه ۷ دور کامل و ۱۰ سوراخ گردش کرده و فاصله دندانه‌های زده شده ۱۱ می‌باشد. یعنی بعد از تراشیدن دنده اول دنده یازدهم تراشیده خواهد شد و سپس دنده ۲۲ و ....

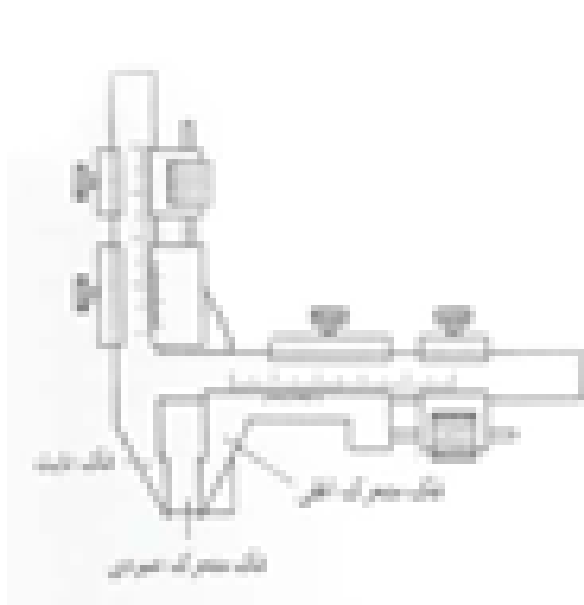


| کلاس تحصیلی | تعداد نفر | تعداد دانش آموزان<br>بازمانده از کلاس | تعداد دانش آموزان<br>فرزکار | تعداد دانش آموزان<br>فرزکار و بازمانده | تعداد نفر |
|-------------|-----------|---------------------------------------|-----------------------------|--|-----------|
| ۱۳۳         | ۴         | ۱۰                                    | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۳         |
| ۱۳۸         | ۴         | ۴                                     | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۱۳        |
| ۱۳۹         | ۴         | ۸                                     | ۴۴                          | ۵۲                                     | ۳         |
| ۱۴۱         | ۵         | ۹                                     | ۴۴                          | ۵۳                                     | ۱۴        |
| ۱۴۲         | ۴         | ۱۴                                    | ۵۴                          | ۵۸                                     | ۴۱        |
| ۱۴۳         | ۴         | ۲۵                                    | ۵۴                          | ۵۸                                     | ۴۵        |
| ۱۴۴         | ۴         | ۳۳                                    | ۵۴                          | ۵۸                                     | ۱۳        |
| ۱۴۸         | ۴         | ۱۴                                    | ۴۹                          | ۵۳                                     |           |
| ۱۴۹         | ۴         | ۱۴                                    | ۴۴                          | ۴۸                                     | ۸         |
| ۱۴۱         | ۴         | ۳۱                                    | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۱۰        |
| ۱۴۲         | ۵         | ۱۹                                    | ۵۴                          | ۵۹                                     | ۱۹        |
| ۱۴۳         | ۴         | ۳۴                                    | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۱۴        |
| ۱۴۴         | ۱         | ۲۰                                    | ۵۴                          | ۵۵                                     | ۵         |
| ۱۴۴         | ۴         | ۴۱                                    | ۴۴                          | ۴۸                                     | ۱۰        |
| ۱۴۴         | ۴         | ۱                                     | ۴۴                          | ۴۸                                     | ۱۵        |
| ۱۴۱         | ۴         | ۴۵                                    | ۵۴                          | ۵۸                                     | ۱۰        |
| ۱۴۴         | ۱         | ۱۵                                    | ۴۹                          | ۵۰                                     | ۵         |
| ۱۴۴         | ۴         | ۴                                     | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۸         |
| ۱۴۴         | ۴         | ۱۴                                    | ۴۰                          | ۴۴                                     | ۱۳        |
| ۱۴۸         | ۴         | ۲۴                                    | ۴۹                          | ۵۳                                     | ۱۰        |
| ۱۴۹         | ۴         | ۳۳                                    | ۴۴                          | ۴۸                                     | ۱۰        |
| ۱۴۱         | ۱         | ۱۵                                    | ۴۴                          | ۴۵                                     | ۵         |
| ۱۴۴         | ۱         | ۱۱                                    | ۴۴                          | ۴۵                                     | ۵         |
| ۱۴۴         | ۱         | ۱۴                                    | ۵۴                          | ۵۵                                     | ۵         |

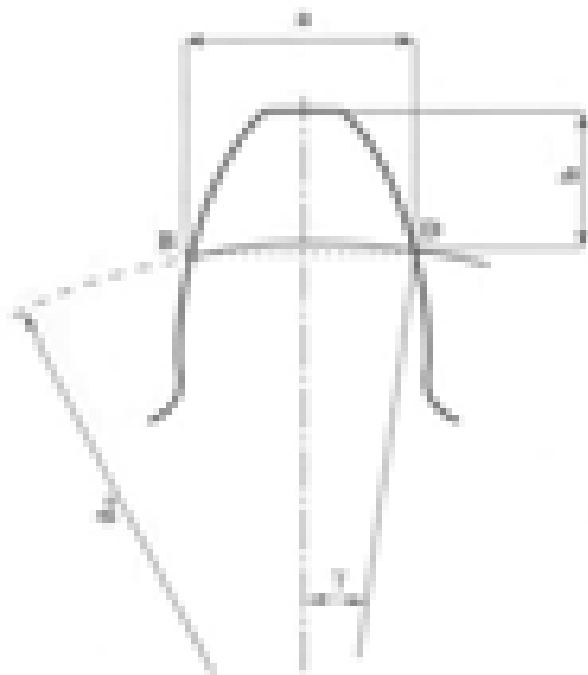
روش دوم برای تراشیدن چرخ دنده‌های اختلافی مارپیچ بدون استفاده از چرخ‌دنده‌های تعویضی نیز قابل استفاده خواهد بود. چرخ دنده‌های اختلافی مارپیچ دو سری چرخ دنده تعویضی لازم خواهند داشت. یک سری برای اختلافی بودن آن و دیگری برای ایجاد حرکت مارپیچی و امکان بستن هر دو سری این چرخ دنده‌ها بر روی دستگاه تقسیم وجود ندارد. بنابراین با این روش تنها چرخ دنده‌هایی را می‌بندیم که حرکت خطی میز را با حرکت دورانی قطعه همزمان می‌کند. این روش مناسب‌ترین روش برای چرخ دنده‌های اختلافی مارپیچ می‌باشد.

### ۲-۸- اصول کنترل شیارهای چرخ دنده ساده با کولیس دنده سنج

برای اندازه‌گیری دقیق ضخامت چرخ دنده‌ها از کولیس دنده‌سنج استفاده می‌شود.



کولیس دنده سنج

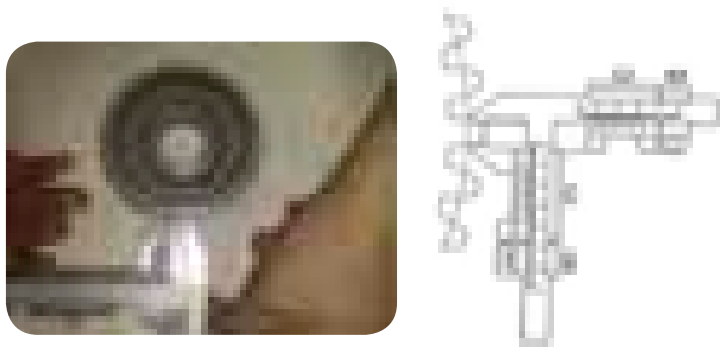


معرفی ضخامت و عمق دندانه قابل اندازه‌گیری در چرخ‌دنده

این کولیس از دو فک متحرک تشکیل شده است. از فک متحرک افقی برای کنترل وتر ضخامت دنده (a) و از فک متحرک عمودی برای تنظیم عمق شیار (b) استفاده می‌شود.

### اندازه‌گیری دقیق ضخامت چرخ‌دنده‌ها

در این روش پس از تنظیم عمق اندازه‌گیری آن را روی یک دنده چرخ‌دنده قرار می‌دهیم و فک افقی را به بغل دنده مماس کرده و ضخامت دنده را به کمک کولیس خوانده و با مقدار محاسبه شده آن مقایسه می‌کنیم. در نتیجه درستی چرخ‌دنده را کنترل می‌کنیم.



کنترل دقیق ضخامت چرخ‌دنده‌ی ساده با کولیس دنده‌سنج

## اندازه‌گیری دقیق عمق چرخ دنده‌ها

برای اندازه‌گیری عمق ابتدا باید عمق فک متحرک عمودی را که برابر  $b$  می‌باشد را تنظیم کرد. این مقدار کمی بزرگتر از ارتفاع سر دنده  $hk$  می‌باشد. در ابتدا زاویه گاما را که در اصل برابر  $\frac{1}{4}$  زاویه گام دندانه می‌باشد را محاسبه می‌کنیم.

$$\gamma = \frac{90}{Z}$$

و نهایتاً فرمول اندازه‌گیری عمق به صورت زیر است:

$$b = m(1 + Z(1 - \cos \frac{\gamma}{2}))$$

**محاسبه ضخامت دنده (a):** این اندازه که در واقع با فک متحرک افقی سنجیده می‌شود عبارت است از اندازه‌گیری وتر و ضخامت دنده، اندازه بین نقطه  $D$  و  $B$  مقدار  $a$  از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$a = m \times Z \times \sin \gamma$$

**مثال:** در چرخ دنده ساده با ۲۰ دندانه و مدول ۳ اندازه عمق تنظیم و وتر ضخامت دنده را محاسبه کنید. ببینید با فرمول‌های اشاره شده به اعداد زیر می‌رسید؟

$$\gamma = 4/5$$

$$b = 3/90$$

$$a = 4/71$$

در جدول زیر مقادیر  $a$  و  $b$  بر حسب میلی‌متر و تعداد دندانه‌ها بر حسب مدول یک تعیین شده است. برای به‌دست آوردن مقادیر  $a$  و  $b$  با مدول غیر از یک کفایت آن‌ها را در عدد مدول ضرب کنیم.

لازم به ذکر است که روش‌های مختلف دیگری نیز برای کنترل چرخ دنده‌ها وجود دارد. مثل استفاده از میکرومتر مخصوص و روش استفاده از میله‌های استاندارد.

| a  | b       | a      | a     | b       | a      |
|----|---------|--------|-------|---------|--------|
| ۶  | ۱٫۶-۶۶  | ۱٫۵۵۶۶ | ۶۶    | ۱٫۶-۱۶۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۷  | ۱٫۶-۸۷۸ | ۱٫۵۵۷۶ | ۶۷    | ۱٫۶-۱۸۸ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۸  | ۱٫۶-۷۶۹ | ۱٫۵۶-۷ | ۶۵    | ۱٫۶-۱۷۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۹  | ۱٫۶-۶۸۶ | ۱٫۵۶۶۸ | ۶۶    | ۱٫۶-۱۷۹ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۰ | ۱٫۶-۶۹۶ | ۱٫۵۶۶۶ | ۶۸    | ۱٫۶-۱۶۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۱ | ۱٫۶-۵۶۰ | ۱٫۵۶۵۶ | ۶۰    | ۱٫۶-۱۵۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۲ | ۱٫۶-۵۱۶ | ۱٫۵۶۶۶ | ۶۱    | ۱٫۶-۱۶۷ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۳ | ۱٫۶-۶۷۶ | ۱٫۵۶۶۰ | ۶۵    | ۱٫۶-۱۳۷ | ۱٫۵۶-۵ |
| ۱۴ | ۱٫۶-۶۶۰ | ۱٫۵۶۶۵ | ۶۸    | ۱٫۶-۱۲۸ | ۱٫۵۶-۵ |
| ۱۵ | ۱٫۶-۶۹۹ | ۱٫۵۶۶۹ | ۵۰    | ۱٫۶-۱۲۶ | ۱٫۵۶-۵ |
| ۱۶ | ۱٫۶-۶۸۵ | ۱٫۵۶۶۴ | ۵۵    | ۱٫۶-۱۱۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۷ | ۱٫۶-۶۶۶ | ۱٫۵۶۶۸ | ۶۰    | ۱٫۶-۱۰۶ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۸ | ۱٫۶-۶۶۶ | ۱٫۵۶۶۸ | ۶۵    | ۱٫۶-۰۰۵ | ۱٫۵۶-۶ |
| ۱۹ | ۱٫۶-۶۶۶ | ۱٫۵۶۶۰ | ۷۰    | ۱٫۶-۰۰۸ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۰ | ۱٫۶-۶۰۸ | ۱٫۵۶۶۲ | ۸۰    | ۱٫۶-۰۰۷ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۱ | ۱٫۶-۶۱۶ | ۱٫۵۶۶۴ | ۹۰    | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۲ | ۱٫۶-۶۸۰ | ۱٫۵۶۶۵ | ۱۰۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۳ | ۱٫۶-۶۰۸ | ۱٫۵۶۶۶ | ۱۱۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۴ | ۱٫۶-۶۵۷ | ۱٫۵۶۶۷ | ۱۲۰   | ۱٫۶-۰۰۵ | ۱٫۵۶-۷ |
| ۲۵ | ۱٫۶-۶۶۷ | ۱٫۵۶۶۸ | ۱۳۷   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۸ |
| ۲۶ | ۱٫۶-۶۶۷ | ۱٫۵۶۶۹ | ۱۴۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۸ |
| ۲۷ | ۱٫۶-۶۶۶ | ۱٫۵۶۶۹ | ۱۴۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۸ |
| ۲۸ | ۱٫۶-۶۹۹ | ۱٫۵۶۰۰ | ۱۶۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۸ |
| ۲۹ | ۱٫۶-۶۹۶ | ۱٫۵۶۰۰ | ۱۸۰   | ۱٫۶-۰۰۶ | ۱٫۵۶-۸ |
| ۳۰ | ۱٫۶-۶۰۵ | ۱٫۵۶۰۱ | Comm. | ۱       | ۱٫۵۶-۸ |

| عدد<br>دندانه | ضریب<br>تفاوت<br>$m = 20^\circ$<br>C | عدد<br>دندانه | ضریب<br>تفاوت<br>$m = 20^\circ$<br>C | عدد<br>دندانه | ضریب<br>تفاوت<br>$m = 20^\circ$<br>C | عدد<br>دندانه | ضریب<br>تفاوت<br>$m = 20^\circ$<br>C |
|---------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| 12            | 4.7667                               | 48            | 14.0000                              | 84            | 6.2227                               | 120           | 6.0000                               |
| 13            | 4.6923                               | 49            | 14.0204                              | 85            | 6.2173                               | 121           | 6.0480                               |
| 14            | 4.6290                               | 50            | 14.0408                              | 86            | 6.2127                               | 122           | 6.0960                               |
| 15            | 4.5667                               | 51            | 14.0612                              | 87            | 6.2080                               | 123           | 6.1440                               |
| 16            | 4.5054                               | 52            | 14.0816                              | 88            | 6.2033                               | 124           | 6.1920                               |
| 17            | 4.4450                               | 53            | 14.1020                              | 89            | 6.1986                               | 125           | 6.2400                               |
| 18            | 4.3856                               | 54            | 14.1224                              | 90            | 6.1939                               | 126           | 6.2880                               |
| 19            | 4.3271                               | 55            | 14.1428                              | 91            | 6.1892                               | 127           | 6.3360                               |
| 20            | 4.2696                               | 56            | 14.1632                              | 92            | 6.1845                               | 128           | 6.3840                               |
| 21            | 4.2130                               | 57            | 14.1836                              | 93            | 6.1798                               | 129           | 6.4320                               |
| 22            | 4.1573                               | 58            | 14.2040                              | 94            | 6.1751                               | 130           | 6.4800                               |
| 23            | 4.1026                               | 59            | 14.2244                              | 95            | 6.1704                               | 131           | 6.5280                               |
| 24            | 4.0488                               | 60            | 14.2448                              | 96            | 6.1657                               | 132           | 6.5760                               |
| 25            | 3.9959                               | 61            | 14.2652                              | 97            | 6.1610                               | 133           | 6.6240                               |
| 26            | 3.9439                               | 62            | 14.2856                              | 98            | 6.1563                               | 134           | 6.6720                               |
| 27            | 3.8928                               | 63            | 14.3060                              | 99            | 6.1516                               | 135           | 6.7200                               |
| 28            | 3.8426                               | 64            | 14.3264                              | 100           | 6.1469                               | 136           | 6.7680                               |
| 29            | 3.7933                               | 65            | 14.3468                              | 101           | 6.1422                               | 137           | 6.8160                               |
| 30            | 3.7449                               | 66            | 14.3672                              | 102           | 6.1375                               | 138           | 6.8640                               |
| 31            | 3.6974                               | 67            | 14.3876                              | 103           | 6.1328                               | 139           | 6.9120                               |
| 32            | 3.6508                               | 68            | 14.4080                              | 104           | 6.1281                               | 140           | 6.9600                               |
| 33            | 3.6051                               | 69            | 14.4284                              | 105           | 6.1234                               | 141           | 7.0080                               |
| 34            | 3.5603                               | 70            | 14.4488                              | 106           | 6.1187                               | 142           | 7.0560                               |
| 35            | 3.5164                               | 71            | 14.4692                              | 107           | 6.1140                               | 143           | 7.1040                               |
| 36            | 3.4734                               | 72            | 14.4896                              | 108           | 6.1093                               | 144           | 7.1520                               |
| 37            | 3.4313                               | 73            | 14.5100                              | 109           | 6.1046                               | 145           | 7.2000                               |
| 38            | 3.3901                               | 74            | 14.5304                              | 110           | 6.1000                               | 146           | 7.2480                               |
| 39            | 3.3498                               | 75            | 14.5508                              | 111           | 6.0953                               | 147           | 7.2960                               |
| 40            | 3.3104                               | 76            | 14.5712                              | 112           | 6.0906                               | 148           | 7.3440                               |
| 41            | 3.2719                               | 77            | 14.5916                              | 113           | 6.0860                               | 149           | 7.3920                               |
| 42            | 3.2343                               | 78            | 14.6120                              | 114           | 6.0813                               | 150           | 7.4400                               |
| 43            | 3.1976                               | 79            | 14.6324                              | 115           | 6.0766                               | 151           | 7.4880                               |
| 44            | 3.1618                               | 80            | 14.6528                              | 116           | 6.0720                               | 152           | 7.5360                               |
| 45            | 3.1269                               | 81            | 14.6732                              | 117           | 6.0673                               | 153           | 7.5840                               |
| 46            | 3.0929                               | 82            | 14.6936                              | 118           | 6.0626                               | 154           | 7.6320                               |
| 47            | 3.0598                               | 83            | 14.7140                              | 119           | 6.0580                               | 155           | 7.6800                               |



### ۸-۳ اصول کنترل چرخ دنده با میکرومتر فک بشقابی

با استفاده از این میکرومتر می‌توان فاصله بین دنده‌های چرخ دنده ساده یا مارپیچ را اندازه‌گیری کرد.

روش کار به شرح زیر می‌باشد:

۱- ابتدا تعداد دندانه‌هایی که باید بین دو فک میکرومتر قرار داشته باشد را از جدول زیر استخراج می‌کنیم.

مقادیر داده شده برای مدول یک می‌باشد. به طور مثال اگر چرخ دنده با مدول ۱ و تعداد دندانه ۴۲ عدد داشته باشیم، مقدار فاصله بین دو فک میکرومتر  $W=7/7165$  می‌باشد. اگر مدول دو برابر بشود این مقدار هم دو برابر خواهد شد.

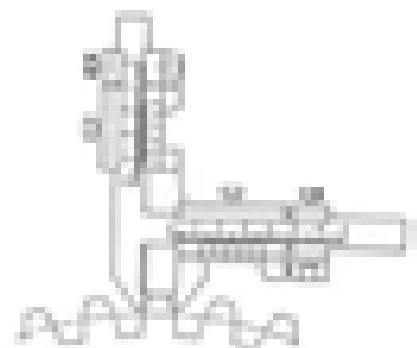
۲- دهانه میکرومتر را کمی بیشتر از اندازه  $W$  باز می‌کنیم.

۳- پس از تمیز کردن سطوح فک‌ها و دندانه‌ها، فک ثابت را با یک طرف دندانه‌ها مماس می‌کنیم.

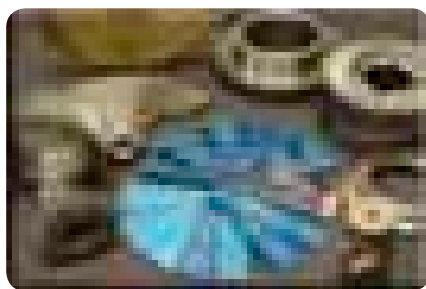
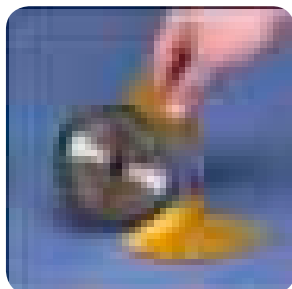
۴- با گرداندن پیچ میکرومتر، فک متحرک را به دندانه نزدیک کرده و پیچ تثبیت را بسته و اندازه را می‌خوانیم.

۵- مقدار خوانده شده را با مقدار محاسبه شده مقایسه می‌کنیم.

با استفاده از شابلن‌های مخصوص نیز می‌توان پروفیل دندانه‌ها را کنترل کرد.



زاویه فشار یک مشخصه در چرخ دنده‌ها است و دو مقدار می‌تواند داشته باشد  $\alpha=20^\circ$ ،  $\alpha=14/5^\circ$  درجه. مقدار  $W$  در اینجا برای  $\alpha=20^\circ$  قابل استفاده است.



استفاده از شابلن در کنترل دنده‌ی چرخ‌دنده

ساخت چرخ دنده اختلافی  $m=2, Z=33$



جدول DIN ISO 7168

| اندازه          | از 0.5 تا 3 | از 3 تا 6  | از 6 تا 30 | از 30 تا 120 | از 210 تا 400 |
|-----------------|-------------|------------|------------|--------------|---------------|
| درجه<br>تولرانس |             |            |            |              |               |
| f (ظریف)        | $\pm 0.05$  | $\pm 0.05$ | $\pm 0.1$  | $\pm 0.15$   | $\pm 0.2$     |
| m (متوسط)       | $\pm 0.1$   | $\pm 0.1$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.3$    | $\pm 0.5$     |
| g (خشن)         | $\pm 0.15$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.5$  | $\pm 0.8$    | $\pm 1.2$     |

| شماره          | تعداد | مشخصات قطعه | اندازه ماده اولیه                     | جنس ماده‌ی اولیه | شماره واحد کار | شماره کار عملی         |
|----------------|-------|-------------|---------------------------------------|------------------|----------------|------------------------|
|                | ۱     |             | ۷mm                                   | st۳۷             | ۸              | ۱                      |
| مقیاس: ۱:۱     |       |             | هدف آموزشی: فرز کاری چرخ دنده اختلافی |                  |                | زمان: ۶ ساعت           |
| استاندارد: ISO |       |             |                                       |                  |                | درجه تولرانس:<br>متوسط |

| جدول تجهیزات و ابزار |                            |                           |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| تعداد                | مشخصات فنی                 | ابزارهای لازم             |
| ۱                    | افقی، عمودی و آچارهای لازم | ۱- ماشین فرز              |
| ۱                    | مدولی ۲ شماره ۳            | ۲- تیغه فرز و میله فرزگیر |
| ۱                    | مخصوص دستگاه               | ۳- مرغک                   |
| ۱                    | نسبت ۴۰:۱ یا ۶۰:۱          | ۴- دستگاه تقسیم           |
| ۱                    | با دقت ۰/۰۵ میلی متر       | ۵- کولیس دنده سنج         |
| به تعداد محاسبه شده  |                            | ۶- چرخ دنده های تعویضی    |

### مراحل انجام کار

| شکل   | شرح مراحل کار   | ردیف |
|---|---|------|
|  | ابتدا محاسبات لازم جهت تراش چرخ دنده اختلافی را انجام دهید. چرخ دنده های تعویضی را با رعایت شرایط نصب، محاسبه و آماده کنید.   | ۱    |
|  | ماده خام را بر اساس جنس چرخ دنده انتخاب و آماده کنید. در مرکز کار و روی ماشین تراش سوراخی در مرکز ایجاد کنید (جهت عبور درن یا محور مخروطی) یک طرف استوانه را پیشانی تراشی نمائید. استوانه را روی درن یا محور مخروطی شکل سوار کنید. قطر و عرض مواد انتخاب شده استوانه ای شکل را به اندازه اصلی یعنی dk و B بگیرید. | ۲    |

|   |   |          |
|---|---|----------|
|    | <p>درن یا محور را که استوانه روی آن قرار دارد، بین دو مرغک یا مرغک و سه نظام ماشین فرز محکم نمائید. از ساعت جهت کنترل دور بودن قطعه کمک بگیرید.</p> | <p>۳</p> |
|   | <p>به وسیله پیچ های مخصوص، حرکت عرضی و عمودی میز ماشین را متوقف (ترمز) نمائید</p>   | <p>۴</p> |
|  | <p>تیغه فرز را روی محور ماشین فرز سوار نموده و سپس آن را با مرکز چرخ دنده میزان کنید.</p>   | <p>۵</p> |
|  | <p>هنگام گردش تیغه فرز با حرکت طولی و عمودی میز ماشین تیغه فرز را روی چرخ مماس کنید</p>   | <p>۶</p> |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
|    | <p>با حرکت عمودی میز ماشین کار را با اندازه <math>h</math> ارتفاع دندانه بار دهید.</p>  | <p>۷</p>  |
|    | <p>در صورتی که جنس کار سخت باشد، عمل بار دادن را در چند مرحله انجام دهید.<br/>با حرکت طولی میز ماشین (خلاف جهت دور تیغه فرز) اولین شیار دندانه چرخ دنده را درآورید.</p>   | <p>۸</p>  |
|   | <p>با حرکت طولی میز (موافق جهت دور تیغه فرز) تیغه فرز را از کار خارج نموده و میز را به حالت اول برگردانید. دسته حلزون دستگاه تقسیم را به اندازه حساب شده برای هر دندانه که قبلاً محاسبه و آماده شده بچرخانید. سپس شروع به تراشیدن شیار دوم چرخ دنده نمائید.</p> | <p>۹</p>  |
|  | <p>با کولیس دنده‌سنج اولین دنده‌ی تولید شده را کنترل کنید.</p>  | <p>۱۰</p> |
|  | <p>با تکرار مرحله ۱۰ تراش بقیه دندانه های چرخ دنده را ادامه دهید. هنگام تراش چرخ دنده از مواد خنک کننده مانند آب صابون و گازوئیل و یا کمپرس باد استفاده نمائید تا نوک تیغه فرز گرم نشده و از بین نرود.</p>  | <p>۱۱</p> |
| <p>ارائه قطعه کار یا گزارش به هنر آموز محترم</p>                                    |   |           |
| <p>ارزش‌یابی نهایی</p>  |   |           |

## ارزشیابی پایانی

## سوالات نظری ( ۱۵ دقیقه)

## سوالات صحیح و غلط:

- ۱- در روش اختلافی صفحه سوراخ‌دار با گردش دستگیره به چرخش در می‌آید.  
 ۲- سریع‌ترین روش کنترل چرخ دنده استفاده از کولیس مخصوص است.

## سوالات کوتاه پاسخ یا جای خالی:

- ۳- برای ایجاد شیار دندانه، حرکت طولی میز ماشین باید جهت ..... تیغه فرز حرکت کند.  
 ۴- انتقال حرکت از محور خروجی دستگاه تقسیم به صفحه سوراخ‌دار به کمک ..... انجام می‌شود.

## سوالات چند گزینه‌ای:

- ۵- در یک چرخ دنده اختلافی قطر خارجی برابر  $d_k = 50.5 \text{ mm}$  و  $Z = 99$  دندانه می‌باشد. مدول این چرخ دنده چند میلیمتر است؟

الف- ۲    ب- ۳    ج- ۴    د- ۵

- ۶- در یک چرخ دنده اختلافی با  $Z = 51$  دندانه و  $m = 2$  میلیمتر، اگر  $Z = 50$  انتخاب شود. نسبت چرخ دنده‌های تعویضی کدام است؟

الف-  $\frac{28}{40}$     ب-  $\frac{32}{40}$     ج-  $\frac{40}{48}$     د-  $\frac{40}{56}$ 

- ۷- مدول یک چرخ دنده اختلافی ۴ و تعداد دندانه آن  $Z = 89$  می‌باشد. قطر متوسط آن چقدر است؟

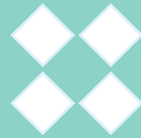
الف- ۳۶۴    ب- ۳۵۶    ج- ۳۴۶    د- ۳۷۴

## سوالات تشریحی:

- ۸- برای تولید یک چرخ دنده ساده با ۶۳ دندانه و مدول ۲ محاسبات زیر را انجام دهید:  
 قطر متوسط، قطر داخلی، پهنای دندانه B، ضخامت دندانه، چرخ دنده‌های تعویضی  
 ۹- اگر تعداد دندانه یک چرخ دنده ۸۹ عدد باشد از جدول، صفحه سوراخ‌دار مناسب و چرخ دنده‌های تعویضی را به دست آورید.  
 ۱۰- روش کنترل دنده به کمک کولیس مخصوص را شرح دهید.



واحد کار ۹





**هدف کلی:** توانایی تراشیدن دنده‌های شانه‌ای ساده و مارپیچ

پس از آموزش این واحد کار، از فراگیر انتظار می‌رود:

**هدف‌های رفتاری:**

- ۱- هدف از ساختن دنده‌های شانه‌ای ساده و کج و کاربرد آن‌ها را بیان کند.
- ۲- محاسبات مربوط به دنده‌های شانه‌ای ساده و کج را انجام دهد.
- ۳- قطعه کار مورد نظر را به دستگاه بسته و تنظیم کند.
- ۴- تیغه فرز مدول محاسبه شده را به میل فرز، کله‌گی ببندد و تنظیم کند.
- ۵- دنده‌های شانه‌ای ساده و کج را تراشد.
- ۶- دنده‌های تراشیده شده را کنترل کند.
- ۷- هنگام تراشیدن دنده‌های شانه‌ای، نکات ایمنی را رعایت کند.

| زمان آموزش |                    | توانایی تراشیدن دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل با ماشین فرز   |
|------------|--------------------|---|
| عملی       | نظری               |   |
| ۱۹ ساعت    | یک ساعت و ۳۰ دقیقه |   |
| یک ساعت    | ۳۰ دقیقه           | ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی |
| ۲۲         |                    | جمع   |

### پیش آزمون: (۱۵ دقیقه)

- ۱- تا به حال فکر کرده‌اید، میز دریل‌های ستونی چگونه بالا و پایین می‌شود؟
- ۲- آبا تا به حال دقت کرده‌اید که وقتی فلکه سوپرت اصلی ماشین تراش را می‌چرخانید، چگونه این حرکت به حالت خطی تبدیل می‌شود؟
- ۳- آیا با دو چرخ دنده می‌شود حرکت دورانی را به خطی تبدیل کرد؟
- ۴- سیستم جابجایی سوپرت طولی دستگاه تراش چگونه است؟

## ۱-۹- چرخ دنده‌های شانهای ساده و مایل و کاربرد آنها

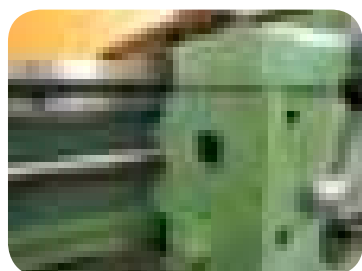
یکی دیگر از مکانیزم‌های پر کاربرد که در آن از چرخ دنده استفاده می‌شود مکانیزم چرخ و شانه است. در یک مکانیزم چرخ و شانه از یک چرخ دنده ساده یا مایل و یک شانه استفاده می‌شود.

چرخ و شانه عمدتاً برای تبدیل حرکت دورانی به خطی به کار می‌رود. مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش و یا حرکت عمودی میز دستگاه دریل ستونی که با گردش سوپرت اصلی می‌توان میز ماشین تراش را بطور خطی جابجا کرد. شانه نیز دارای دندانه‌هایی شبیه چرخ دنده ساده می‌باشد که می‌تواند مستقیم و یا مایل ایجاد شود. ساخت دنده‌های شانهای مایل مانند دنده‌های شانهای ساده بوده، با این تفاوت که برای ایجاد زاویه انحراف در دنده‌های شانهای مایل می‌بایست گیره مدرج دستگاه فرز انیورسال را به اندازه زاویه لازم در مقابل تیغه فرز کج نمود. نحوه انتخاب تیغه فرز مناسب جهت تراشیدن دنده‌های مایل، مانند انتخاب تیغه فرز برای تراشیدن دنده‌های شانهای ساده می‌باشد. چون این نوع دنده‌ها تعداد دندانه بی‌نهایت دارند. پس باید از تیغه فرز شماره ۸ در سری ۸ تایی و یا شماره ۱۵ در سری ۱۵ تایی استفاده کرد.

اشکال زیر نمونه‌هایی از کاربرد چرخ و شانه در ماشین‌های ابزار می‌باشد.



کاربرد چرخ و شانه در ماشین‌های مته



کاربرد چرخ و شانه در ماشین‌های تراش



دنده مایل در چرخ دنده شانه ای

## ۲-۹- تراشیدن دنده‌های شانه‌ای:

برای تراشیدن دنده‌های شانه‌ای معمولاً از دو روش زیر استفاده می‌شود:

### الف- بوسیله ماشین فرز افقی و عمودی:

در این روش باید از تیغه فرز مدولی استفاده نمود. بطوریکه از تیغه فرز مدولی با آخرین شماره و حرکت تدریجی (به اندازه گام) می‌توان دنده‌های شانه را ایجاد کرد.



تراشیدن دنده شانه‌ای بوسیله ماشین فرز افقی و عمودی

### ب- تراشیدن دنده شانه‌ای بوسیله ماشین های صفحه تراش یا کله زنی:

در این روش با استفاده از جابجایی تدریجی میز ماشین و یک رنده دوزنقه ای شکل با زاویه ۴۰ درجه می‌توان دنده شانه‌ای را ایجاد کرد. قبل از شروع به تراشیدن دنده شانه‌ای باید محاسبات اولیه را برای آن انجام داد.

## ۳-۹- محاسبات دنده‌های شانه‌ای ساده و مایل:

دندان‌های شانه با چرخ دنده‌های ساده و یا مایل درگیر می‌شود لذا بایستی از

نظر فرم و ابعاد تا حد زیادی با دنده‌های این نوع چرخ دنده یکسان باشد. از این رو محاسبات ایجاد دندانه شانهای مشابه محاسبات چرخ دنده ساده است.

### ۱-۳-۹- محاسبات مربوط به دنده‌های شانهای ساده:

مهم ترین اندازه و فرمول‌های محاسباتی این دنده به ترتیب عبارت است از:

#### الف-مدول:

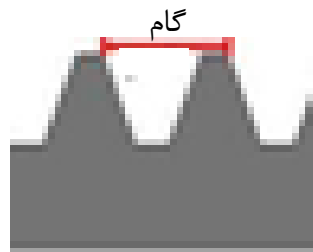
عدد ثابت چرخ دنده شانهای مورد نظر است و آن را با  $m$  نشان می‌دهند که در سیستم متریک برحسب میلی متر است.

توجه: این اندازه برابر ارتفاع سردندانه می باشد.  $h_k = m$

#### ب-گام:

گام فاصله یک نقطه مشابه از دو دنده پی در پی بر روی چرخ دنده می‌باشد که آن را با  $P$  نشان می‌دهند. مقدار گام را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$P = m \times \pi$$

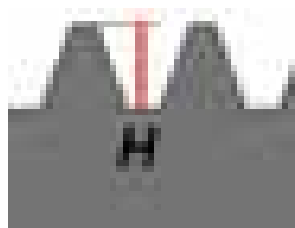


معرفی گام

#### ج- ارتفاع دندانه

فاصله سر دنده تا پای دنده را ارتفاع دنده می‌گویند و با  $H$  نشان می‌دهند. مقدار ارتفاع را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد.

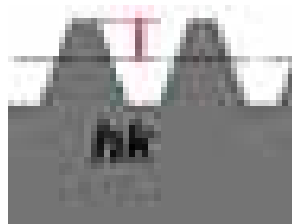
$$H = 2.167 \times m$$



معرفی ارتفاع دنده

## د- ارتفاع سر دندانه

ارتفاع سر دنده فاصله ای است که برابر با مدول می‌باشد و این فاصله از سر دنده تا خط تماس دنده شانه با چرخ دنده می‌باشد. (دایره گام) ارتفاع سر دنده را با  $h_k$  نشان می‌دهند.

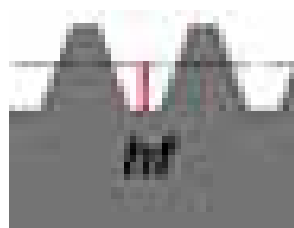


معرفی ارتفاع سر دنده

## ه- ارتفاع پای دندانه

ارتفاع پای دنده فاصله خط تماس چرخ و شانه تا پای دنده را گویند و آن را با  $h_f$  نشان می‌دهند. این مقدار برابر مدول به اضافه لقی می‌باشد.

$$h_f = 1.167 \times m$$



معرفی ارتفاع پای دنده

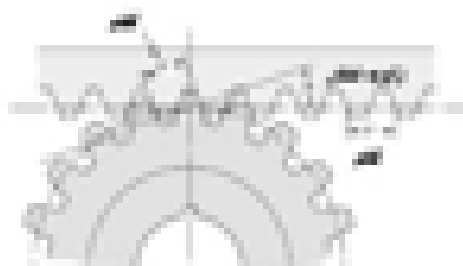
## و- ضخامت دندانه

نصف مقدار گام دنده را ضخامت دنده می‌گویند. به عبارتی شیار دنده و دنده دقیقاً به اندازه هم بوده و نصف فاصله هر نقطه از دنده و شیار برابر ضخامت دنده خواهد شد. ضخامت دنده را با  $S$  نشان می‌دهند. لازم به ذکر است این اندازه را باید در عمق  $h_k$  در نظر گرفت.

$$S = \frac{P}{2}$$

## ز- زاویه دندانه یا زاویه فشار

این زاویه را با  $\alpha_p$  نشان می‌دهند و این مقدار در سیستم متریک برای دندانه‌های شانه‌ای ۲۰ درجه می‌باشد.



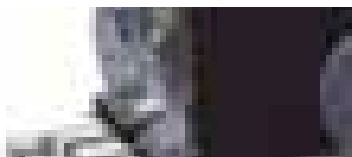
معرفی زاویه دندانه یا زاویه فشار

### ۲-۳-۹- محاسبات مربوط به دندانه‌های شانهای مایل:

تنها تفاوت در چرخ دنده‌های شانهای مستقیم و مایل دو مورد زیر است:

۱- شماره تیغه فرز انتخابی

۲- زاویه تمایل در دنده‌های شانهای مایل که با استفاده از گیره‌های انیورسال قابل تنظیم است. به دلیل زاویه‌دار بودن دنده شانهای مایل، با مشاهده مقطع دنده از دید روبرو گام و مدول واقعی دنده‌ها دیده نمی‌شود لذا در این نوع شانها دو گام ظاهری و حقیقی وجود دارد.



چرخ دنده شانهای مایل

مهم‌ترین اندازه‌ها و فرمول‌های محاسباتی این دندانه‌ها به قرار زیر است.

### الف- گام ظاهری ( $P_s$ ):

اگر در امتداد محور فرضی دندانه شانهای مورب به دندانه‌های آن نگاه کنیم فاصله یک نقطه از یک دنده تا نقطه مشابه از دنده بعدی (دو نقطه روی خط طول متوسطه دنده) را گام ظاهری گویند و آن را به  $P_s$  نشان می‌دهند.

$$P_s = m_s \times \pi$$



معرفی گام ظاهری در چرخ دنده شانه‌ای مایل

در این رابطه  $P_s$  گام ظاهری و  $m_s$  مدول ظاهری دنده‌ی شانه می‌باشد. زاویه تمایل دنده‌های شانه‌ای حداکثر ۴۵ درجه می‌تواند در نظر گرفته شود.

### ب- گام حقیقی یا نرمال:

در صورت مشاهده دنده‌های شانه از نمای بالا فاصله دو دنده از هم دیگر را گام حقیقی یا نرمال می‌گویند و آنرا با  $P_n$  نشان می‌دهند.

گام نرمال از رابطه  $P_n = m_n \times \pi$  بدست می‌آید.

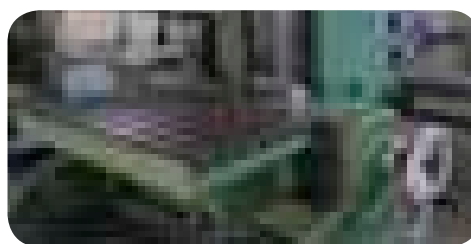


معرفی گام نرمال در چرخ دنده شانه ای مایل

آنچه که در عمل از آن استفاده می‌شود مدول حقیقی یا نرمال می‌باشد که تیغه فرز انتخابی را تعیین می‌کند و مدول یا گام ظاهری عمدتاً جنبه تئوریک دارد.

### ۴-۹- نحوه تراشیدن دنده شانه با استفاده از دستگاه فرز:

برای تراشیدن دندانه‌های شانه بایستی از میز دستگاه فرز کمک گرفت. گام میله میز ماشین دارای مقدار مشخصی است و جابجای آن این امکان را فراهم می‌کند که بتوان دندانه‌های متوالی شانه را یکی یکی ایجاد کرد. بطور کلی این عمل را به دو صورت می‌توان با استفاده از میز ماشین انجام داد:



میز ماشین فرز و سیستم حرکتی آن



### ۱-۴-۹- جا به جا کردن میز طولی با ورنیه میز:

مشخص بودن گام میز و وجود ورنیه بر روی دسته یا فلکه میز ماشین امکان حرکت طولی را با دقت بالا فراهم می‌کند بطوری که با محاسبه مقدار جابجایی P و اعمال آن با استفاده از فلکه میز می‌توان دندانه‌های متوالی را ایجاد کرد. در صورت مستقیم بودن دنده شاننه گام یا حرکت میز برای ایجاد هر دندانه از رابطه زیر بدست خواهد آمد.

$$P_n = m_n \times \pi$$

و در صورتی که دندانه‌های شاننه مایل باشند مقدار جابجایی برابر با گام ظاهری خواهد شد.

$$P_s = m_s \times \pi$$

بنابراین برای ایجاد دنده شاننه با استفاده از حرکت میز بایستی نوع و فرم دنده شاننه و سپس گام حقیقی و یا ظاهری آن را مشخص کنیم.



مکانیزم جابجایی میز ماشین

**مثال:** برای ایجاد یک چرخ دنده شاننه‌ای ساده با تعداد دنده ۱۰ و مدول نرمال ۳ مقدار حرکت میز برای ایجاد هر دنده را محاسبه کنید.

$$P_n = m_n \times \pi = 3 \times 3.14 = 9.42$$

این بدین معنی است که پس از تراشیدن دنده اول با عمق h برای ایجاد دنده بعدی بایستی تیغه فرز از کار خارج شده، سپس به مقدار ۹/۵۲ میلی‌متر میز را جابجا کنیم و دنده بعدی را به همین ترتیب بتراشیم.

(عمق دنده  $h = 2.167 \times m$ )



نمایش ایجاد دنده اول در دنده شاننه‌ای

(قابل توجه است که مانند ابعاد دنده شانه‌ای می‌تواند به صورت میلی‌متری و یا اینچی محاسبه و ساخته شود)

در صورتی که دنده‌های شانه‌ای مایل باشد برای محاسبه حرکت میز به ازای هر دنده بایستی گام ظاهری محاسبه گردد.

**مثال:** مقادیر لازم جهت تراشیدن شانه‌ای مایل با زاویه تمایل ۳۰ درجه و مدول

۴ را محاسبه کنید.

$$m_n = 4$$

$$m_n = \cos \alpha \times m_s \rightarrow m_s = \frac{m_n}{\cos \alpha}$$

$$m_s = \frac{4}{\cos 30} = \frac{4}{0.866} = 4.61 \text{ mm}$$

$$p_s = m_s \times p = 4.61 \times 3.14 = 14.47 \text{ mm}$$

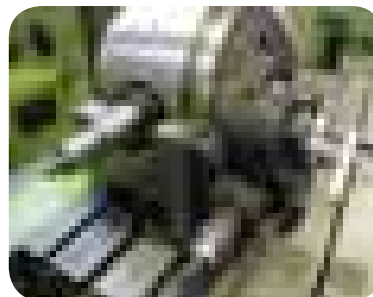
مقدار گام ظاهری یا به عبارتی مقدار حرکت میز به ازای هر دنده م ۱۴/۴۷ میلی‌متر خواهد بود. مقدار انحراف گیره نیز ۳۰ درجه باید در نظر گرفته شود. عمق بار:

$$h = 2.167 \times m_n = 2.167 \times 4 = 8.66$$

**۲-۴-۹-جا به جا کردن میز طولی به وسیله دستگاه تقسیم خطی:**

روش دیگری که برای ایجاد دنده‌های شانه بر روی ماشین فرز بکار گرفته می‌شود استفاده از دستگاه تقسیم خطی است که بر روی میز ماشین نصب می‌گردد.

دستگاه تقسیم می‌تواند بر روی میز ماشین نصب شود و با استفاده از چرخ دنده‌های تعویضی به پیچ ماشین فرز متصل گردد. در این حالت با چرخش دسته دستگاه تقسیم میز ماشین نیز حرکت خواهد کرد.



محورهای خروجی دستگاه تقسیم

بر روی برخی از میزهای فرز، دستگاه تقسیمی تعبیه و نصب گردیده و با مکانیزمی به پیچ میز ماشین متصل شده است. که در این حالت دیگر نیازی به محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی نیست.

در این روش دانستن مقدار گام پیچ میز ماشین ضروری است که با استفاده از دسته موجود بر روی دستگاه تقسیم می‌توان مقدار حرکت میز را کنترل و مقدار دهی کرد. در صورت موجود بودن دستگاه تقسیم خطی بر روی میز ماشین فرز این روش سریع و آسان تر می‌باشد.

محاسبه مقدار گردش دسته تقسیم خطی برای جا به جایی گام طولی میز:

مقدار گردش دسته تقسیم را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد.  $n_k = \frac{P}{P_t}$

$P_t$ : گام میله پیچ میز ماشین فرز

$P$ : گام دنده‌های شانه  $P = m \times \pi$

$n_k$ : مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم

دستگاه تقسیم فوق دارای صفحه سوراخ‌دار می‌باشد که توسط آن می‌توان حرکت میز را با دقت بالایی جابجا کرد.

گام میله هدایت ماشین فرز ( $P_t$ ) می‌تواند بر حسب میلی‌متر یا اینچ باشد.

مکانیزم دستگاه تقسیم به گونه‌ای طراحی شده است که نسبت آن ۱:۱ می‌باشد بدین معنی که با یک دور چرخش دسته دستگاه تقسیم میز به اندازه یک گام حرکت می‌کند.

**مثال:** در یک دندانه شانه‌ای مدول مساوی ۲ میلی‌متر می‌باشد در صورتی که جا به جایی میز طولی به وسیله دستگاه تقسیم خطی با نسبت ۱:۱ انجام گیرد مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنید.

$$P_t = 6 \text{ mm}$$

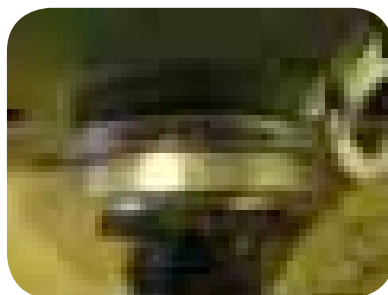
$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$P = m \times \pi = 2 \times \left( \frac{22}{7} \right) = \frac{44}{7}$$

گام میله هدایت ماشین فرز  $P_1 = 6 \text{ mm}$  می باشد. در ضمن در فرمول فوق به جای عدد  $3/14$  باید کسر  $\frac{22}{7}$  را قرار داد تا زودتر به نتیجه رسید. در صورتیکه دسته تقسیم را به اندازه یک دور و یک سوراخ از ردیف ۲۱ سوراخ بگردانیم گام روبرو به دست می آید.

### امتحان طول گام:

پس از قرار دادن دسته تقسیم در موقعیت محاسبه شده به ترتیب زیر طول گام را امتحان می کنیم.  
- ورنیه طولی میز را بر روی صفر قرار می دهیم.



صفر کردن ورنیه دستگاه

- با مداد در روی میز ثابت و میز طولی در یک قسمت خطی می کشیم.  
- مقدار گردش دسته تقسیم را طبق اندازه ی محاسبه شده می گردانیم و مجدداً در روی میز ثابت خطی می کشیم.  
- تغییر طول گام را با کولیس اندازه گرفته و با درجات ورنیه مقایسه می کنیم.

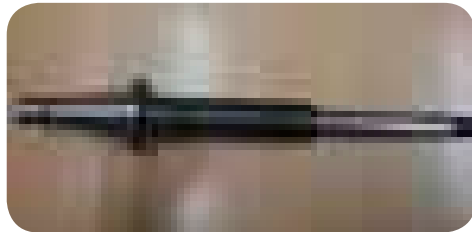
### ۵-۹- دستورالعمل تراشیدن دنده های شانه های ساده و مایل

چرخ دنده شانه ای به ابعاد  $120 \times 25 \times 25$  میلی متر بایستی تراشیده شود. فرم دندانه های آن ساده و دارای مدول ۳ و تعداد دنده ۸ می باشد. مراحل ساخت و محاسبات لازم را برای ساخت این چرخ دنده شانه ای را در دستور کار زیر پی گیری کنید.



ابعاد قطعه اولیه

در این دستور کار از ماشین فرز افقی جهت تراشیدن چرخ‌دنده شانه‌ای استفاده می‌کنیم. برای این کار بایستی از یک تیغه فرز مدولی شماره ۸ از سری ۸ تایی و میله فرز گیر دو طرفه استفاده کرد.



میله فرز گیر دو طرفه



تیغه فرز مدولی

-ابتدا محاسبات لازم را برای ساخت شانه انجام می‌دهیم:

$$m=3 \rightarrow p=m \times \pi = 3 \times 3.14 = 9.42$$

$$h = 2/167 \times 3 = 6/5$$

$$N_r = 8 \text{ تیغه فرز}$$

-تیغه فرز را بر روی میله فرز گیر سوار کرده و روی ماشین فرز افقی در موقعیتی مناسب می‌بندیم.



نحوه قرار دادن تیغه فرز مدولی روی میله فرز گیر

-پس از بستن مراحل گفته شده در مورد تیغه فرز و تنظیم آن دور بودن آن را با ساعت کنترل می‌کنیم.

-گیره را بر روی میز ماشین به گونه‌ای می‌بندیم که فک‌های گیره عمود بر امتداد طول میز باشد.



بستن گیره بر روی میز ماشین به طور صحیح  
- قطعه کار را بین فک‌های گیره با استفاده از زیر سری مناسب در ارتفاعی  
حساب شده می‌بندیم.



بستن قطعه کار در گیره به طور صحیح  
- پس از بستن قطعه کار تیغه فرز را در نقطه مناسب با قطعه کار مماس می‌کنیم.  
- با سیستم باردهی عمودی مقدار ارتفاع دنده را در یک مرحله یا بیشتر بار  
می‌دهیم و با جابجا کردن میز در جهت عرض قطعه کار دنده اول را ایجاد  
می‌کنیم.



نمایش ایجاد دنده اول در دنده شانه ای  
- پس از تراشیدن اولین دنده با جابجایی میز به اندازه گام محاسبه شده دنده  
دوم و دنده‌های بعد را نیز می‌توانیم بتراشیم.  
(روش جابجایی با توجه به سیستم مورد استفاده در میز فرز تعیین می‌شود  
که در صورت امکان هر دو روش را امتحان می‌کنیم و دقت هر کدام را کنترل  
می‌نماییم.)

رعایت اصول ایمنی و فنی در هنگام کار الزامیست.

همان‌طور که گفته شد دنده‌های مایل را بایستی با گیره انیورسال و زاویه دادن آن به مقدار زاویه دندانه‌ها ایجاد کرد. روش کار مانند حالت قبل می‌باشد تنها تفاوت در مقدار جابجایی است که باید به اندازه PS در نظر گرفته شود.



مقدار جابجایی میز که به اندازه PS است

### ۹-۶- فرز کاری دنده‌های شانهای استوانه‌ای:

در مواقعی دنده شانهای را روی بدنه استوانه و یا قسمتی از یک استوانه ایجاد کرده و استفاده می‌کنند. برای ایجاد دنده شانهای روی استوانه می‌توان آنرا بین سه نظام دستگاه تقسیم و مرغک بر روی میز ماشین فرز بسته و به همان صورت گفته شده دنده شانهای را ایجاد کنیم.

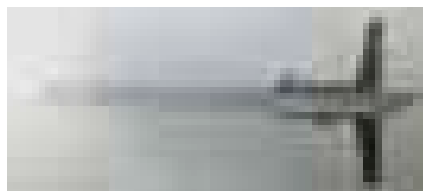
در تمام طول مدت فرز کاری حتماً از مواد خنک کننده استفاده کنید.



ایجاد دنده روی استوانه

### ۹-۷- کنترل اندازه‌های دنده‌های شانهای ساده و مایل:

با استفاده از وسایل اندازه‌گیری مختلفی می‌توان دنده‌های یک چرخ‌دنده شانهای را کنترل کرد. با استفاده از تجهیزاتی مانند کولیس و میکرومتر می‌توان دنده چرخ‌دنده شانهای را کنترل کرد. بررسی و کنترل یک دنده شانهای بیشتر از لحاظ ارتفاع دنده و زاویه تمایل دنده در دنده شانهای مایل می‌باشد.



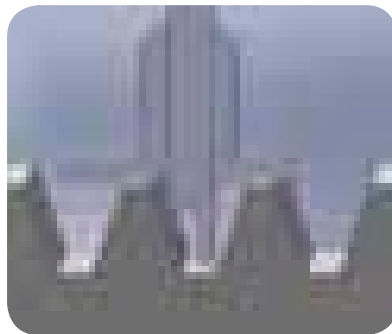
کولیس عمق سنج

- کولیس عمق سنج وسیله مناسبی برای سنجش عمق شیار دنده خواهد بود. برای انجام عمل کنترل مراحل زیر را دنبال می‌کنیم:
- سطح دندانه های تراشیده شده را پلیسه گیری می‌کنیم.
- کولیس عمق سنج مناسبی انتخاب کرده و آن را از لحاظ دقت و عدم خرابی کنترل می‌کنیم.
- تکیه گاه کولیس را در روی سطح تراشیده شده قرار می‌دهیم.
- عمق شیار را اندازه گیری کرده و با اندازه محاسبه شده کنترل می‌کنیم.
- معایب احتمالی را بر طرف می‌کنیم.

### ۸-۹- اندازه گیری عمق دندانه شانه‌ای مایل

برای اندازه‌گیری عمق دندانه در چرخ‌دنده شانه‌ای مایل نیز مراحل زیر را باید دنبال کنیم :

- سطح دنده تراشیده شده را کنترل کنیم.
- کولیس عمق سنج مناسبی انتخاب کنیم.
- تکیه گاه کولیس را در روی سطح تراشیده شده قرار دهیم.
- عمق شیار را اندازه‌گیری کنیم.
- معایب احتمالی را بر طرف کنیم.



نحوه استفاده از کولیس عمق سنج



ساخت چرخ دنده شانه‌ای ساده

$m=3$



جدول DIN ISO 7168

| اندازه       | از 0.5 تا 3 | از 3 تا 6  | از 6 تا 30 | از 30 تا 120 | از 210 تا 400 |
|--------------|-------------|------------|------------|--------------|---------------|
| درجه تولرانس |             |            |            |              |               |
| f (ظریف)     | $\pm 0.05$  | $\pm 0.05$ | $\pm 0.1$  | $\pm 0.15$   | $\pm 0.2$     |
| m (متوسط)    | $\pm 0.1$   | $\pm 0.1$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.3$    | $\pm 0.5$     |
| g (خشن)      | $\pm 0.15$  | $\pm 0.2$  | $\pm 0.5$  | $\pm 0.8$    | $\pm 1.2$     |

| شماره | تعداد | مشخصات قطعه    | اندازه ماده اولیه                         | جنس ماده‌ی اولیه | شماره واحد کار | شماره کار عملی         |
|-------|-------|----------------|---|------------------|----------------|------------------------|
| ----- | ۱     |                | ۱۲۰×۳۰×۳۰                                 | st37             | ۹              | ۱                      |
|       |       | مقیاس: ۱:۱     | هدف آموزشی:<br>ساخت چرخ دنده شانه‌ای ساده |                  |                | زمان: ۶ ساعت           |
|       |       | استاندارد: ISO |   |                  |                | درجه تولرانس:<br>متوسط |

## جدول تجهیزات و ابزار

| تعداد | مشخصات فنی                             | ابزارهای لازم       |
|-------|--|---------------------|
| ۱     | افقی یا انیورسال                       | ۱- دستگاه فرز       |
| ۱     | مدولی ۳ میلی متری نمره ۸ از سری ۸ تایی | ۲- تیغه فرز         |
| ۱     | با پایه مغناطیس و دقت ۰/۰۱ میلیمتر     | ۳- ساعت اندازه‌گیری |
| ۱     | دقت ۰/۰۵ میلی متر                      | ۴- کولیس            |
| ۱     | دقت ۰/۰۵ میلی متر                      | ۵- کولیس عمق سنج    |
| ۱     | مناسب با طول و عرض قطعه کار            | ۶- گیره موازی       |

## مراحل انجام کار

| ردیف | شرح مراحل کار   | شکل   |
|------|---|---|
| ۱    | ابتدا محاسبات لازم جهت تراش چرخ شانه را انجام دهید.   |  |
| ۲    | با وسیله‌ای مطمئن گیره را بلند کرده و در محل تعیین شده روی میز قرار دهید. بستن و تنظیم گیره مناسب در روی میز ماشین فرز را انجام دهید. |  |

|   |   |          |
|---|---|----------|
|    | <p>توسط ساعت اندازه‌گیری موازی بودن آن را کنترل کنید. معایب احتمالی را برطرف کنید. گیره و قطعه کار را کاملاً تمیز کنید.</p>   | <p>۳</p> |
|    | <p>دو عدد زیر سری مناسب انتخاب کرده و در داخل گیره قرار دهید. قطعه کار را در موقعیت مناسب در داخل گیره ببندید. تکیه گاه مناسبی در دو طرف قطعه کار قرار دهید تا در هنگام براده برداری دچار ارتعاش نگردد.</p> | <p>۴</p> |
|   | <p>تیغه فرز را روی محور ماشین فرز سوار کنید.</p>  | <p>۵</p> |
|  | <p>دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهید و قبل از روشن کردن دستگاه، دور بودن تیغه فرز را کنترل کنید.</p>  | <p>۶</p> |
|  | <p>تیغه فرز و قطعه کار را نسبت به هم هماهنگ کنید.</p>   | <p>۷</p> |



دستگاه را روشن کرده و تیغه فرز را در روی قطعه کار مماس کنید. در صورتیکه جنس کار سخت باشد عمل بار دادن را در چند مرحله انجام دهید. با جا به جا کردن میز طولی و عرضی تیغه فرز را در موقعیت مناسب قرار دهید. ورنیه عمودی را در روی صفر قرار دهید. با حرکت عمودی میز ماشین کار را با اندازه  $h$  ارتفاع دندانان بار دهید. دستگاه را روشن کرده و با احتیاط تیغه فرز را به کار نزدیک کنید. با حرکت طولی میز ماشین (خلاف جهت دور تیغه فرز) اولین شیار دندانان چرخ دنده را درآورید و میز دستگاه را به عقب برگردانید.

۸



ابتدا قطعه کار را پلیسه گیری کنید. کولیس عمق سنج مناسبی انتخاب کنید. تکیه گاه کولیس را در روی سطح دنده تراشیده شده قرار دهید. عمق شیار را اندازه گیری کرده و معایب احتمالی را برطرف کنید.

۹



میز طولی را نسبت به گام محاسبه شده تغییر دهید. تیغه فرز را به کار نزدیک کنید. دومین شیار را نیز تراشیده و میز عرضی را به عقب برگردانید و بقیه ی شیار را نیز بتراشید. در تمام مدت براده برداری از مواد خنک کننده استفاده کنید. با تکرار مراحل تراش بقیه دندانان های چرخ دنده را ادامه دهید.

۱۰

ارائه قطعه کار یا گزارش به هنرآموز محترم

ارزش یابی نهایی

ارزشیابی پایانی

سوالات نظری ( ۱۵ دقیقه)

سوالات صحیح و غلط:

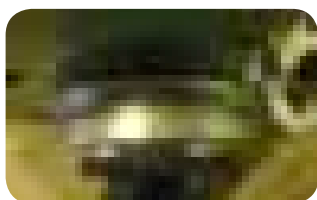
- ۱- در صورتی که مدول یک دندان شانه‌ای  $m=5mm$  باشد عمق دندان آن  $10/835$  میلی‌متر است.  
 ۲- تیغه فرز چرخ دنده شانه‌ای از سری ۱۵ تایی باید با شماره ۱۵ انتخاب شود

سوالات کوتاه پاسخ یا جای خالی:

- ۳- در صورتی که مدول یک دندان شانه‌ای ساده ۵ میلیمتر باشد عمق شیار ..... میلیمتر است.  
 ۴- اگر از مقطع فاصله دو نقطه مشابه از دو دندان متوالی را اندازه بگیریم. گام ..... را اندازه گرفته‌ایم.

سوالات چند گزینه‌ای:

- ۵- در شکل روبه‌رو از کدام وسیله برای جابجای گام دندان‌های شانه‌ای استفاده شده است؟



- الف-ورنیه طولی  
 ب-دستگاه تقسیم اونیورسال  
 ج-دستگاه تقسیم خطی  
 د-دستگاه تقسیم اختلافی

- ۶- در شکل زیر حرف Pn مشخص کننده کدام است؟

- الف-گام ظاهری  
 ب-زاویه فشار  
 ج-گام حقیقی  
 د-زاویه تنظیم



- ۷- در یک دندان شانه‌ای ساده مدول برابر ۴ می‌باشد گام این دندان چند میلی‌متر است؟

- الف-۹/۵۶  
 ب-۱۲/۵۶  
 ج-۸/۳۵  
 د-۶/۳۵

سوالات تشریحی:

- ۸- با رسم شکل گام ظاهری را در یک چرخ دنده شانه‌ای مایل نشان دهید.  
 ۹- ابزارهای کنترل دنده و عمق شیار در چرخ‌های شانه‌ای چیست؟ هر یک چگونه استفاده می‌شوند؟  
 ۱۰- نحوه تنظیم ماشین فرز را برای تراشیدن شیارهای یک چرخ دنده شانه‌ای مایل را توضیح دهید.

واحد کار ۱۰





**هدف کلی:** توانایی تراشیدن شیارهای ماریچ توسط ماشین فرز افقی و عمودی

پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:

**اهداف رفتاری:**

- ۱- با مفهوم شیار ماریچ و مشخصات آن آشنا شود.
- ۲- نحوه محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی را بداند.
- ۳- نحوه به کارگیری چرخ دنده‌های تعویضی را بداند.
- ۴- شیار چپ یا راست را با ماشین فرز افقی و یا عمودی انجام دهد.



|            |                   |  |
|------------|-------------------|--|
| زمان آموزش |                   | - توانایی تراشیدن شیارهای مارپیچ توسط ماشین فرز افقی و عمودی |
| عملی       | نظری              |  |
| ۱۶ ساعت    | ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه | ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی  |
| یک ساعت    | ۳۰ دقیقه          |  |
| ۲۰         |                   | جمع  |

### پیش آزمون (۱۵ دقیقه)

- ۱- به یک مته دقت کنید چه نوع شیاری بر روی آن قرار دارد؟
- ۲- هدف از ایجاد یک شیار بر روی مته چیست؟ چرا از شیار مستقیم بر روی مته استفاده نشده است؟
- ۳- جهت گردش یک مته با شیارهای روی آن ارتباط دارد؟
- ۴- یک شیار مارپیچ مته را چگونه می‌شود با دستگاه فرز ایجاد کرد؟
- ۵- مکانیزم مارپیچ در چرخ گوشت چه کاربردی دارد؟ آیا این مکانیزم در صنعت هم کاربرد دارد؟

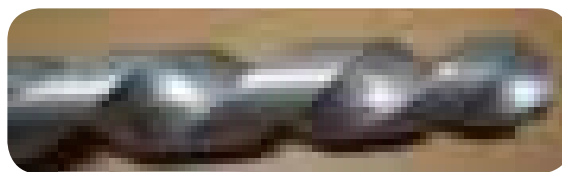
### ۱-۱۰-۱-شیار مارپیچ:

اگر بر روی یک سطح استوانه مدادی را قرار دهیم و استوانه را دوران داده و همچنین بسمت جلو حرکت کنیم بر روی سطح استوانه منحنی ایجاد خواهد شد که این منحنی را مارپیچ گویند.



نحوه ایجاد یک مسیر مارپیچ

همچنین می‌توان گفت از چرخش یک تکه نخ بر روی سطح یک استوانه و حرکت به سمت جلو استوانه، مسیر طی شده توسط نخ یک مسیر مارپیچ خواهد بود. منحنی‌های مارپیچ بر روی سطوح بعضی از قطعات صنعتی با اهداف خاص ایجاد می‌شود. به عنوان مثال بر روی مته‌ها شیار مارپیچ جهت تسهیل در خروج براده ایجاد می‌شود و یا فرم دنده بعضی از چرخ دنده‌ها را به صورت مارپیچ ایجاد می‌کنند تا سطح تماس و درگیری دنده‌ها به صورت نقطه‌ای شده و در نتیجه سر و صدا کمتر شود.



ایجاد شیار مارپیچ در یک میله گرد



تصویر یک چرخ دنده مارپیچ

جهت ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از دستگاه فرز از تیغه فرزهای مختلفی می‌توان استفاده کرد یعنی با استفاده از انواع ابزارها می‌توان فرم شیار مارپیچ را ایجاد. به غیر از نوع تیغه فرز همان‌طور که گفته شد یک مارپیچ از دو حرکت همزمان دورانی و خطی ایجاد می‌شود. بنابراین تامین این دو حرکت بطور همزمان از جمله مباحثی است که در این فصل به آن پرداخته می‌شود.

## ۲-۱۰- آشنایی با پارامترهای یک شیار مارپیچ:

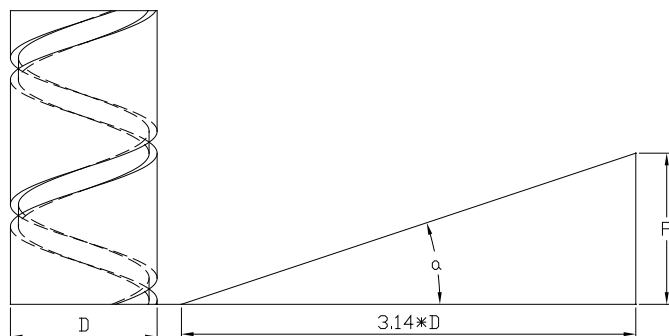
### -گام مارپیچ:

همان‌طور که می‌دانید حرکت نقطه ای بر روی سطح استوانه به صورت چرخشی و خطی یک مارپیچ ایجاد می‌کند. فاصله دو نقطه از مارپیچ پس از یک دور چرخش حول استوانه را گام مارپیچ می‌گویند و با  $P$  یا  $(p_h)$  نشان می‌دهند.



معرفی گام در یک شیار مارپیچ

گام مارپیچ را با بیان ریاضی به شکل زیر می‌توان مطرح کرد. مثلی با قاعده محیط استوانه را در نظر گرفته به طوری که گام و زاویه مارپیچ بر روی آن مشخص شده است. حال اگر یک تکه کاغذ را با مشخصات گفته شده به صورت مثلث در آورید و در پیرامون میله بچسبانید، وتر مثلث با شیار مارپیچ منطبق خواهد شد.



نمایش گام مارپیچ

### -زاویه گام (زاویه مارپیچ):

زاویه مارپیچ پارامتری از مارپیچ است که به گام مارپیچ و قطر استوانه بستگی دارد.

نکته قابل تامل در مورد زاویه مارپیچ این است که هر چه گام بیشتر باشد زاویه مارپیچ نیز بیشتر خواهد بود. در مورد پیچ‌ها این نکته خاصیت خود ترمزی یک پیچ را با کاهش زاویه ایجاد می‌کند. به عبارتی مارپیچ‌های با گام کمتر دارای خاصیت خود ترمز است. (توضیح بیشتر را در مقاطع بالاتر خواهید آموخت).

بنابراین یکی از پارامترهای منحنی مارپیچی که در بطن آن وجود دارد زاویه مارپیچ می‌باشد که جز خصوصیات فیزیکی این منحنی می‌باشد. زاویه مارپیچ را می‌توان از رابطه ریاضی زیر محاسبه کرد:

$$\tan \alpha = \frac{ph}{D \cdot \pi}$$

در این رابطه Ph گام مارپیچ و D قطر استوانه مارپیچ و  $\alpha$  زاویه مارپیچ می‌باشد.

#### مثال:

زاویه مارپیچ منحنی با گام ۲۰ و قطر استوانه ۶۰ میلی‌متر را حساب کنید.

$$\tan \alpha = \frac{20}{6 \times 3.14} = 0.1061$$

از جدول مثلثاتی مقدار  $\alpha$  تقریباً برابر ۶ درجه خواهد شد.

### ۳- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز:

برای ایجاد شیار مارپیچ از هر دو ماشین فرز عمودی و انیورسال می‌توان استفاده کرد.

همان‌طور که گفته شده تیغه فرز مورد استفاده نیز به شکل و فرم مقطع شیار مارپیچ بستگی دارد ولی معمولاً از تیغه فرزهای فرم سوراخ‌دار و تیغه فرزهای انگشتی با فرم‌های مختلف استفاده می‌گردد.

### ۳-۱۰- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز انیورسال:

برای ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز انیورسال آنچه که حائز اهمیت است و بایستی به آن توجه داشت قرار گرفتن تیغه فرز انتخابی در امتداد شیار می‌باشد. اشکال زیر این مفهوم را بهتر بیان می‌کنند.



موقعیت اولیه قرار گیری تیغه فرز نسبت به قطعه کار قبل از فرزکاری



موقعیت قرار گیری تیغه فرز نسبت به قطعه کار برای فرزکاری شیار مارپیچ

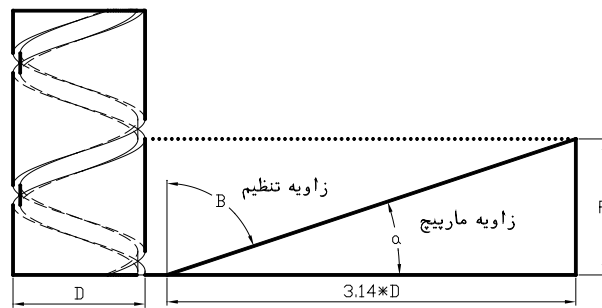
با توجه به اشکال بالا انحراف تیغه فرز در ماشین فرز انیورسال لازم می‌باشد در غیر این صورت سطح درگیر شدن تیغه با کار از بغل تیغه خواهد بود و فرم شیار نیز به شکل خواسته شده ایجاد نخواهد شد. از آنجا که انحراف محور تیغه فرز که در این نوع ماشین امکان پذیر نیست لذا با انحراف میز می‌توان این زاویه را تامین کرد. زاویه انحراف تیغه فرز را با  $\beta$  نمایش می‌دهند و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{Cot } \beta = \frac{(d \times \pi)}{P_h}$$

با توجه به رابطه فوق می‌توان گفت که زاویه انحراف تیغه فرز یا زاویه تنظیم

متمم زاویه مارپیچ می باشد. به عنوان مثال اگر زاویه مارپیچ  $\alpha$  مساوی ۲۰ درجه باشد مقدار  $\beta$  برابر ۷۰ درجه خواهد بود. یعنی:

$$\beta + \alpha = 90$$

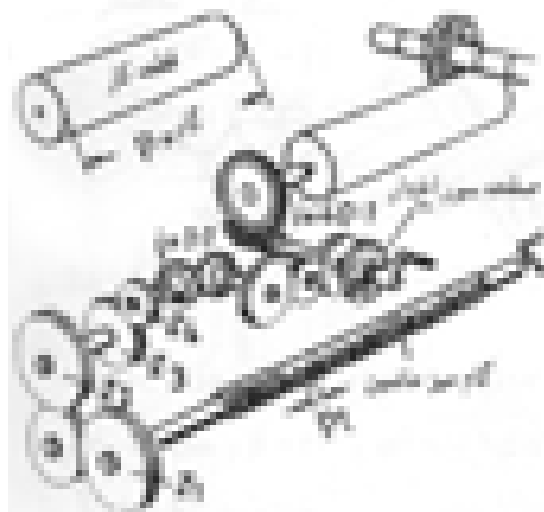


معرفی زاویه تنظیم در فرز کاری شیارهای مارپیچ

بنابراین جهت ایجاد شیار مارپیچ بر روی ماشین فرز انیورسال انحراف میز ماشین الزامی است و زاویه آن بایستی محاسبه گردد.

نکته بعد که در ایجاد شیار مارپیچ بایستی توضیح داده شود حرکت قطعه کار در دو جهت چرخشی و خطی می باشد. حرکت خطی قطعه کار توسط میز ماشین و توسط دست انجام می گیرد.

برای تامین حرکت دورانی توام با حرکت خطی از دستگاه تقسیمی که با چرخ دنده‌های تعویضی به میز محور میز ماشین متصل شده باشد استفاده می کنیم. اتصال میله پیچ میز با استفاده از تعدادی چرخ دنده محاسبه شده حرکت خطی را با نسبت های موجود بین چرخ دنده‌ها به حرکتی چرخشی تبدیل می کند. بنابراین میز ماشین علاوه بر حرکت خطی در انتها حرکت خود را به دستگاه تقسیم انتقال داده و حرکتی چرخشی نیز ایجاد می کند.



۴-۱۰- محاسبات لازم جهت ایجاد حرکت چرخشی برای ایجاد مارپیچ:  
 برای تبدیل حرکت خطی میز ماشین به حرکت چرخشی توسط دستگاه تقسیم  
 بایستی چرخ دنده‌های تعویضی بر روی دستگاه و میله پیچ میز ماشین نصب  
 گردد. برای محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی دانستن گام میله پیچ میز ماشین  
 و گام مارپیچ ضروری است.

توسط رابطه زیر چرخ دنده‌های تعویضی لازم را می‌توان محاسبه کرد:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{P_t \cdot i}{P_h}$$

که در این رابطه:

$Z_t$ : چرخ دنده‌ای است که بر روی محور اصلی میز دستگاه فرز نصب می‌شود.

$Z_g$ : چرخ دنده‌ای است که بر روی محور اصلی دستگاه تقسیم نصب می‌شود.

$P_t$ : گام میله پیچ میز ماشین فرز

$i$ : نسبت دستگاه تقسیم (۱:۴۰)

$P_h$ : گام منحنی مارپیچ می باشد.

پس از مقدار گذاری و محاسبه رابطه بالا نسبت چرخ دنده‌های تعویضی ممکن  
 حاصل می‌شود که این چرخ دنده‌ها به صورت ساده و یا مرکب باید نصب  
 شوند.

در وضعیت نسبت ساده، رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{و در نسبت مرکب:}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4}$$

که در این حالت  $Z_1$  روی محور میز و  $Z_2$  روی محور اصلی دستگاه تقسیم نصب  
 خواهد شد و  $Z_3$  و  $Z_4$  نیز روی محور گیتاری نصب می‌شوند.

نکته قابل تامل در مورد زاویه مارپیچ این است که هر چه گام بزرگتر باشد زاویه مارپیچ نیز بیشتر خواهد بود.

در هر شرایطی که از چرخ دنده‌های تعویضی مرکب استفاده می‌کنیم شرط زیر را که قبلاً هم اشاره شده مد نظر داشته باشیم:

$$Z_1 + Z_2 > 15 + Z_3$$

$$Z_3 + Z_4 > 15 + Z_2$$

یاد آوری:

معمولاً به همراه دستگاه تقسیم یک سری چرخ دنده تعویضی استاندارد شده وجود دارد که عبارتند از:

۱۰۰ و ۸۶-۸۰-۷۲-۶۴-۵۶-۴۸-۴۴-۴۰-۳۶-۳۲-۳۰-۲۸-۲۴-۲۴



چرخ دنده‌های تعویضی برای ایجاد حالت مرکب یا ساده

**مثال:** برای ایجاد شیار مارپیچ بر روی استوانه ای به قطر ۸۰ میلی‌متر و به گام ۳۰۰ mm بر روی ماشین فرز انیورسال که گام میله پیچ آن ۵ میلی‌متر است و نسبت دستگاه تقسیم ۱:۴۰ زاویه تنظیم و نسبت چرخ دنده‌های تعویضی را

به دست آورید. زاویه قابل تنظیم:

$$\cot \beta = \frac{(d \times 14/3)}{ph}$$

$$= \frac{(80 \times 14/3)}{300} = 1/25$$

$$\beta = 51^{\circ}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{(pt \times i)}{ph} = \frac{(5 \times 40)}{300} \quad \cot \beta = 1/25 \rightarrow$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{2}{3}$$



پس از ساده کردن نسبت فوق و یا با استفاده از جداول آورده شده نسبت فوق

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{2}{3} \times \frac{12}{12} = \frac{24}{36}$$

به صورت زیر در خواهد آمد:

با همین شرایط امکان بستن چرخ دنده‌ها وجود دارد چرا که هر دو چرخ دنده در لیست چرخ دنده‌های تعویضی وجود دارد. اما اگر بخواهیم حالت مرکب را پیاده کنیم و به اعداد پیشنهادی در جدول برسیم به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{24}{36}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{6 \times 4}{6 \times 6} = \frac{6}{6} \times \frac{4}{6} = \frac{6}{6} \times \frac{2}{3} = \frac{6}{6} \times \frac{8}{12} = \frac{6}{6} \times \frac{8}{12} = \frac{6}{6} \times \frac{4}{6} \times \frac{2}{2} = \frac{6}{6} \times \frac{4}{6} \times \frac{2}{2}$$

۴ از صورت و ۶ از مخرج را در ۲ ضرب می‌کنیم.

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{12 \times 32}{48 \times 24} = \frac{Z_1 \times Z_2}{Z_3 \times Z_4}$$

بنابراین

$$\frac{ZT}{Zg} = \frac{(Z_1 \times Z_3)}{(Z_2 \times Z_4)}$$

$$\frac{ZT}{Zg} = \frac{(32 \times 24)}{(24 \times 48)}$$

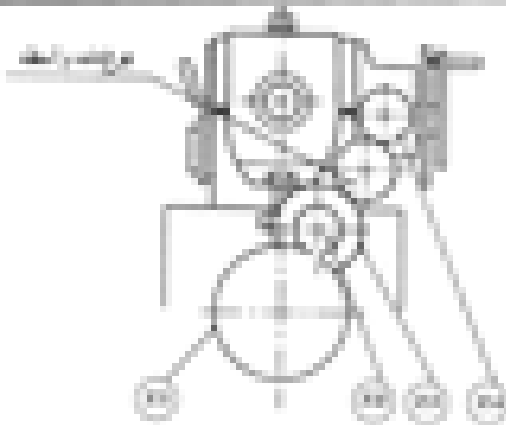
اعداد بدست آمده برای  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  مطابق جدول داده می‌باشند

جداول زیر جهت تسهیل در بدست آوردن تعداد چرخ دنده‌های تعویضی آمده است. در جدول صفحه ۹۵ مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم و صفحه سوراخ‌دار مورد نظر آورده شده است. در جدول صفحه ۹۶ دومی چرخ دنده‌های تعویضی بر اساس گام شیار مارپیچ و گام میله هادی دستگاه آورده شده است.

جدول تعداد دور دسته تقسیم و صفحه سوراخدار در حالتیکه نسبت دستگاه تقسیم غیر مستقیم ۴۰:۱ می باشد.

| تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ | تعداد<br>سوراخ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 2              | 20             | 200            | 2000           | 20000          | 200000         | 2000000        | 20000000       | 200000000      | 2000000000     |
| 3              | 30             | 300            | 3000           | 30000          | 300000         | 3000000        | 30000000       | 300000000      | 3000000000     |
| 4              | 40             | 400            | 4000           | 40000          | 400000         | 4000000        | 40000000       | 400000000      | 4000000000     |
| 5              | 50             | 500            | 5000           | 50000          | 500000         | 5000000        | 50000000       | 500000000      | 5000000000     |
| 6              | 60             | 600            | 6000           | 60000          | 600000         | 6000000        | 60000000       | 600000000      | 6000000000     |
| 7              | 70             | 700            | 7000           | 70000          | 700000         | 7000000        | 70000000       | 700000000      | 7000000000     |
| 8              | 80             | 800            | 8000           | 80000          | 800000         | 8000000        | 80000000       | 800000000      | 8000000000     |
| 9              | 90             | 900            | 9000           | 90000          | 900000         | 9000000        | 90000000       | 900000000      | 9000000000     |
| 10             | 100            | 1000           | 10000          | 100000         | 1000000        | 10000000       | 100000000      | 1000000000     | 10000000000    |
| 11             | 110            | 1100           | 11000          | 110000         | 1100000        | 11000000       | 110000000      | 1100000000     | 11000000000    |
| 12             | 120            | 1200           | 12000          | 120000         | 1200000        | 12000000       | 120000000      | 1200000000     | 12000000000    |
| 13             | 130            | 1300           | 13000          | 130000         | 1300000        | 13000000       | 130000000      | 1300000000     | 13000000000    |
| 14             | 140            | 1400           | 14000          | 140000         | 1400000        | 14000000       | 140000000      | 1400000000     | 14000000000    |
| 15             | 150            | 1500           | 15000          | 150000         | 1500000        | 15000000       | 150000000      | 1500000000     | 15000000000    |
| 16             | 160            | 1600           | 16000          | 160000         | 1600000        | 16000000       | 160000000      | 1600000000     | 16000000000    |
| 17             | 170            | 1700           | 17000          | 170000         | 1700000        | 17000000       | 170000000      | 1700000000     | 17000000000    |
| 18             | 180            | 1800           | 18000          | 180000         | 1800000        | 18000000       | 180000000      | 1800000000     | 18000000000    |
| 19             | 190            | 1900           | 19000          | 190000         | 1900000        | 19000000       | 190000000      | 1900000000     | 19000000000    |
| 20             | 200            | 2000           | 20000          | 200000         | 2000000        | 20000000       | 200000000      | 2000000000     | 20000000000    |
| 21             | 210            | 2100           | 21000          | 210000         | 2100000        | 21000000       | 210000000      | 2100000000     | 21000000000    |
| 22             | 220            | 2200           | 22000          | 220000         | 2200000        | 22000000       | 220000000      | 2200000000     | 22000000000    |
| 23             | 230            | 2300           | 23000          | 230000         | 2300000        | 23000000       | 230000000      | 2300000000     | 23000000000    |
| 24             | 240            | 2400           | 24000          | 240000         | 2400000        | 24000000       | 240000000      | 2400000000     | 24000000000    |
| 25             | 250            | 2500           | 25000          | 250000         | 2500000        | 25000000       | 250000000      | 2500000000     | 25000000000    |
| 26             | 260            | 2600           | 26000          | 260000         | 2600000        | 26000000       | 260000000      | 2600000000     | 26000000000    |
| 27             | 270            | 2700           | 27000          | 270000         | 2700000        | 27000000       | 270000000      | 2700000000     | 27000000000    |
| 28             | 280            | 2800           | 28000          | 280000         | 2800000        | 28000000       | 280000000      | 2800000000     | 28000000000    |
| 29             | 290            | 2900           | 29000          | 290000         | 2900000        | 29000000       | 290000000      | 2900000000     | 29000000000    |
| 30             | 300            | 3000           | 30000          | 300000         | 3000000        | 30000000       | 300000000      | 3000000000     | 30000000000    |
| 31             | 310            | 3100           | 31000          | 310000         | 3100000        | 31000000       | 310000000      | 3100000000     | 31000000000    |
| 32             | 320            | 3200           | 32000          | 320000         | 3200000        | 32000000       | 320000000      | 3200000000     | 32000000000    |
| 33             | 330            | 3300           | 33000          | 330000         | 3300000        | 33000000       | 330000000      | 3300000000     | 33000000000    |
| 34             | 340            | 3400           | 34000          | 340000         | 3400000        | 34000000       | 340000000      | 3400000000     | 34000000000    |
| 35             | 350            | 3500           | 35000          | 350000         | 3500000        | 35000000       | 350000000      | 3500000000     | 35000000000    |
| 36             | 360            | 3600           | 36000          | 360000         | 3600000        | 36000000       | 360000000      | 3600000000     | 36000000000    |
| 37             | 370            | 3700           | 37000          | 370000         | 3700000        | 37000000       | 370000000      | 3700000000     | 37000000000    |
| 38             | 380            | 3800           | 38000          | 380000         | 3800000        | 38000000       | 380000000      | 3800000000     | 38000000000    |
| 39             | 390            | 3900           | 39000          | 390000         | 3900000        | 39000000       | 390000000      | 3900000000     | 39000000000    |
| 40             | 400            | 4000           | 40000          | 400000         | 4000000        | 40000000       | 400000000      | 4000000000     | 40000000000    |
| 41             | 410            | 4100           | 41000          | 410000         | 4100000        | 41000000       | 410000000      | 4100000000     | 41000000000    |
| 42             | 420            | 4200           | 42000          | 420000         | 4200000        | 42000000       | 420000000      | 4200000000     | 42000000000    |
| 43             | 430            | 4300           | 43000          | 430000         | 4300000        | 43000000       | 430000000      | 4300000000     | 43000000000    |
| 44             | 440            | 4400           | 44000          | 440000         | 4400000        | 44000000       | 440000000      | 4400000000     | 44000000000    |
| 45             | 450            | 4500           | 45000          | 450000         | 4500000        | 45000000       | 450000000      | 4500000000     | 45000000000    |
| 46             | 460            | 4600           | 46000          | 460000         | 4600000        | 46000000       | 460000000      | 4600000000     | 46000000000    |
| 47             | 470            | 4700           | 47000          | 470000         | 4700000        | 47000000       | 470000000      | 4700000000     | 47000000000    |
| 48             | 480            | 4800           | 48000          | 480000         | 4800000        | 48000000       | 480000000      | 4800000000     | 48000000000    |
| 49             | 490            | 4900           | 49000          | 490000         | 4900000        | 49000000       | 490000000      | 4900000000     | 49000000000    |
| 50             | 500            | 5000           | 50000          | 500000         | 5000000        | 50000000       | 500000000      | 5000000000     | 50000000000    |
| 51             | 510            | 5100           | 51000          | 510000         | 5100000        | 51000000       | 510000000      | 5100000000     | 51000000000    |
| 52             | 520            | 5200           | 52000          | 520000         | 5200000        | 52000000       | 520000000      | 5200000000     | 52000000000    |
| 53             | 530            | 5300           | 53000          | 530000         | 5300000        | 53000000       | 530000000      | 5300000000     | 53000000000    |
| 54             | 540            | 5400           | 54000          | 540000         | 5400000        | 54000000       | 540000000      | 5400000000     | 54000000000    |
| 55             | 550            | 5500           | 55000          | 550000         | 5500000        | 55000000       | 550000000      | 5500000000     | 55000000000    |
| 56             | 560            | 5600           | 56000          | 560000         | 5600000        | 56000000       | 560000000      | 5600000000     | 56000000000    |
| 57             | 570            | 5700           | 57000          | 570000         | 5700000        | 57000000       | 570000000      | 5700000000     | 57000000000    |
| 58             | 580            | 5800           | 58000          | 580000         | 5800000        | 58000000       | 580000000      | 5800000000     | 58000000000    |
| 59             | 590            | 5900           | 59000          | 590000         | 5900000        | 59000000       | 590000000      | 5900000000     | 59000000000    |
| 60             | 600            | 6000           | 60000          | 600000         | 6000000        | 60000000       | 600000000      | 6000000000     | 60000000000    |
| 61             | 610            | 6100           | 61000          | 610000         | 6100000        | 61000000       | 610000000      | 6100000000     | 61000000000    |
| 62             | 620            | 6200           | 62000          | 620000         | 6200000        | 62000000       | 620000000      | 6200000000     | 62000000000    |
| 63             | 630            | 6300           | 63000          | 630000         | 6300000        | 63000000       | 630000000      | 6300000000     | 63000000000    |
| 64             | 640            | 6400           | 64000          | 640000         | 6400000        | 64000000       | 640000000      | 6400000000     | 64000000000    |
| 65             | 650            | 6500           | 65000          | 650000         | 6500000        | 65000000       | 650000000      | 6500000000     | 65000000000    |
| 66             | 660            | 6600           | 66000          | 660000         | 6600000        | 66000000       | 660000000      | 6600000000     | 66000000000    |
| 67             | 670            | 6700           | 67000          | 670000         | 6700000        | 67000000       | 670000000      | 6700000000     | 67000000000    |
| 68             | 680            | 6800           | 68000          | 680000         | 6800000        | 68000000       | 680000000      | 6800000000     | 68000000000    |
| 69             | 690            | 6900           | 69000          | 690000         | 6900000        | 69000000       | 690000000      | 6900000000     | 69000000000    |
| 70             | 700            | 7000           | 70000          | 700000         | 7000000        | 70000000       | 700000000      | 7000000000     | 70000000000    |
| 71             | 710            | 7100           | 71000          | 710000         | 7100000        | 71000000       | 710000000      | 7100000000     | 71000000000    |
| 72             | 720            | 7200           | 72000          | 720000         | 7200000        | 72000000       | 720000000      | 7200000000     | 72000000000    |
| 73             | 730            | 7300           | 73000          | 730000         | 7300000        | 73000000       | 730000000      | 7300000000     | 73000000000    |
| 74             | 740            | 7400           | 74000          | 740000         | 7400000        | 74000000       | 740000000      | 7400000000     | 74000000000    |
| 75             | 750            | 7500           | 75000          | 750000         | 7500000        | 75000000       | 750000000      | 7500000000     | 75000000000    |
| 76             | 760            | 7600           | 76000          | 760000         | 7600000        | 76000000       | 760000000      | 7600000000     | 76000000000    |
| 77             | 770            | 7700           | 77000          | 770000         | 7700000        | 77000000       | 770000000      | 7700000000     | 77000000000    |
| 78             | 780            | 7800           | 78000          | 780000         | 7800000        | 78000000       | 780000000      | 7800000000     | 78000000000    |
| 79             | 790            | 7900           | 79000          | 790000         | 7900000        | 79000000       | 790000000      | 7900000000     | 79000000000    |
| 80             | 800            | 8000           | 80000          | 800000         | 8000000        | 80000000       | 800000000      | 8000000000     | 80000000000    |
| 81             | 810            | 8100           | 81000          | 810000         | 8100000        | 81000000       | 810000000      | 8100000000     | 81000000000    |
| 82             | 820            | 8200           | 82000          | 820000         | 8200000        | 82000000       | 820000000      | 8200000000     | 82000000000    |
| 83             | 830            | 8300           | 83000          | 830000         | 8300000        | 83000000       | 830000000      | 8300000000     | 83000000000    |
| 84             | 840            | 8400           | 84000          | 840000         | 8400000        | 84000000       | 840000000      | 8400000000     | 84000000000    |
| 85             | 850            | 8500           | 85000          | 850000         | 8500000        | 85000000       | 850000000      | 8500000000     | 85000000000    |
| 86             | 860            | 8600           | 86000          | 860000         | 8600000        | 86000000       | 860000000      | 8600000000     | 86000000000    |
| 87             | 870            | 8700           | 87000          | 870000         | 8700000        | 87000000       | 870000000      | 8700000000     | 87000000000    |
| 88             | 880            | 8800           | 88000          | 880000         | 8800000        | 88000000       | 880000000      | 8800000000     | 88000000000    |
| 89             | 890            | 8900           | 89000          | 890000         | 8900000        | 89000000       | 890000000      | 8900000000     | 89000000000    |
| 90             | 900            | 9000           | 90000          | 900000         | 9000000        | 90000000       | 900000000      | 9000000000     | 90000000000    |
| 91             | 910            | 9100           | 91000          | 910000         | 9100000        | 91000000       | 910000000      | 9100000000     | 91000000000    |
| 92             | 920            | 9200           | 92000          | 920000         | 9200000        | 92000000       | 920000000      | 9200000000     | 92000000000    |
| 93             | 930            | 9300           | 93000          | 930000         | 9300000        | 93000000       | 930000000      | 9300000000     | 93000000000    |
| 94             | 940            | 9400           | 94000          | 940000         | 9400000        | 94000000       | 940000000      | 9400000000     | 94000000000    |
| 95             | 950            | 9500           | 95000          | 950000         | 9500000        | 95000000       | 950000000      | 9500000000     | 95000000000    |
| 96             | 960            | 9600           | 96000          | 960000         | 9600000        | 96000000       | 960000000      | 9600000000     | 96000000000    |
| 97             | 970            | 9700           | 97000          | 970000         | 9700000        | 97000000       | 970000000      | 9700000000     | 97000000000    |
| 98             | 980            | 9800           | 98000          | 980000         | 9800000        | 98000000       | 980000000      | 9800000000     | 98000000000    |
| 99             | 990            | 9900           | 99000          | 990000         | 9900000        | 99000000       | 990000000      | 9900000000     | 99000000000    |
| 100            | 1000           | 10000          | 100000         | 1000000        | 10000000       | 100000000      | 1000000000     | 10000000000    | 100000000000   |

تعداد فرز‌های مخروطی مورد نیاز فرزکاری در ابزارها و فرز‌های مخروطی  
 ابزار دستگاه القیم فرستقیم 1-7 می‌باشد.



تعداد فرز‌های مخروطی  
 1-7 می‌باشد  
 فرز‌های مخروطی  
 1-7 می‌باشد

تعداد فرز‌های مخروطی  
 1-7 می‌باشد  
 فرز‌های مخروطی  
 1-7 می‌باشد

| فرزکاری در ابزارها   |     |     | فرزکاری در فرز‌های مخروطی |     |     | فرزکاری در فرز‌های مخروطی |     |     | فرزکاری در فرز‌های مخروطی |     |     |
|----------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|
| تعداد فرز‌های مخروطی |     |     | تعداد فرز‌های مخروطی      |     |     | تعداد فرز‌های مخروطی      |     |     | تعداد فرز‌های مخروطی      |     |     |
| 1-7                  | 1-7 | 1-7 | 1-7                       | 1-7 | 1-7 | 1-7                       | 1-7 | 1-7 | 1-7                       | 1-7 | 1-7 |
| 1                    | 1   | 1   | 1                         | 1   | 1   | 1                         | 1   | 1   | 1                         | 1   | 1   |
| 2                    | 2   | 2   | 2                         | 2   | 2   | 2                         | 2   | 2   | 2                         | 2   | 2   |
| 3                    | 3   | 3   | 3                         | 3   | 3   | 3                         | 3   | 3   | 3                         | 3   | 3   |
| 4                    | 4   | 4   | 4                         | 4   | 4   | 4                         | 4   | 4   | 4                         | 4   | 4   |
| 5                    | 5   | 5   | 5                         | 5   | 5   | 5                         | 5   | 5   | 5                         | 5   | 5   |
| 6                    | 6   | 6   | 6                         | 6   | 6   | 6                         | 6   | 6   | 6                         | 6   | 6   |
| 7                    | 7   | 7   | 7                         | 7   | 7   | 7                         | 7   | 7   | 7                         | 7   | 7   |

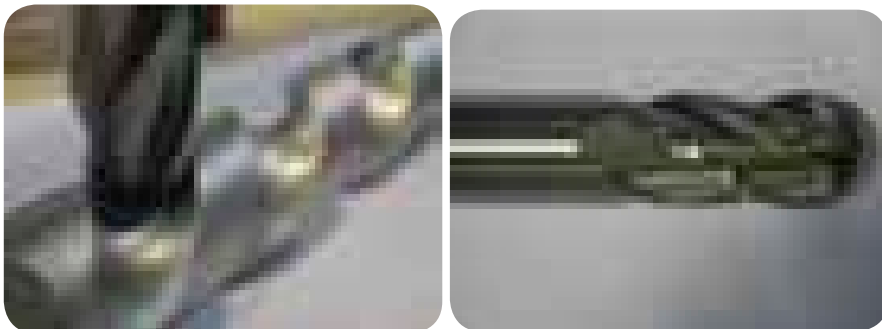


| فهرست |     |       |     |     |       |         |      |     |       |     |     |       |         |      |     |       |     |     |       |         |
|-------|-----|-------|-----|-----|-------|---------|------|-----|-------|-----|-----|-------|---------|------|-----|-------|-----|-----|-------|---------|
| ردیف  | نام | تاریخ | محل | نوع | میزان | توضیحات | ردیف | نام | تاریخ | محل | نوع | میزان | توضیحات | ردیف | نام | تاریخ | محل | نوع | میزان | توضیحات |
| 1     | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 2    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 3    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 4     | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 5    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 6    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 7     | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 8    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 9    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 10    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 11   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 12   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 13    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 14   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 15   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 16    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 17   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 18   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 19    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 20   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 21   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 22    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 23   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 24   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 25    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 26   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 27   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 28    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 29   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 30   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 31    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 32   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 33   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 34    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 35   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 36   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 37    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 38   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 39   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 40    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 41   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 42   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 43    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 44   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 45   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 46    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 47   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 48   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 49    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 50   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 51   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 52    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 53   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 54   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 55    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 56   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 57   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 58    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 59   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 60   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 61    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 62   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 63   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 64    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 65   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 66   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 67    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 68   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 69   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 70    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 71   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 72   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 73    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 74   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 75   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 76    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 77   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 78   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 79    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 80   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 81   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 82    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 83   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 84   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 85    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 86   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 87   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 88    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 89   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 90   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 91    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 92   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 93   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 94    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 95   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 96   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 97    | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 98   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 99   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |
| 100   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 101  | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     | 102  | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...     |

| انجام امور  |      |      |             |      |                  |      |      |      |             |      |      |             |      |                  |      |      |      |
|-------------|------|------|-------------|------|------------------|------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------------------|------|------|------|
| گروه خدمات  |      |      |             |      | فرماندهی انتظامی |      |      |      | گروه خدمات  |      |      |             |      | فرماندهی انتظامی |      |      |      |
| رصد و نظارت |      |      | رصد و نظارت |      | تلاش             | تلاش | تلاش | تلاش | رصد و نظارت |      |      | رصد و نظارت |      | تلاش             | تلاش | تلاش | تلاش |
| ردیف        | ردیف | ردیف | ردیف        | ردیف | ردیف             | ردیف | ردیف | ردیف | ردیف        | ردیف | ردیف | ردیف        | ردیف | ردیف             | ردیف | ردیف | ردیف |
| 1           | 2    | 3    | 4           | 5    | 6                | 7    | 8    | 9    | 10          | 11   | 12   | 13          | 14   | 15               | 16   | 17   | 18   |
| 19          | 20   | 21   | 22          | 23   | 24               | 25   | 26   | 27   | 28          | 29   | 30   | 31          | 32   | 33               | 34   | 35   | 36   |
| 37          | 38   | 39   | 40          | 41   | 42               | 43   | 44   | 45   | 46          | 47   | 48   | 49          | 50   | 51               | 52   | 53   | 54   |
| 55          | 56   | 57   | 58          | 59   | 60               | 61   | 62   | 63   | 64          | 65   | 66   | 67          | 68   | 69               | 70   | 71   | 72   |
| 73          | 74   | 75   | 76          | 77   | 78               | 79   | 80   | 81   | 82          | 83   | 84   | 85          | 86   | 87               | 88   | 89   | 90   |
| 91          | 92   | 93   | 94          | 95   | 96               | 97   | 98   | 99   | 100         | 101  | 102  | 103         | 104  | 105              | 106  | 107  | 108  |
| 109         | 110  | 111  | 112         | 113  | 114              | 115  | 116  | 117  | 118         | 119  | 120  | 121         | 122  | 123              | 124  | 125  | 126  |
| 127         | 128  | 129  | 130         | 131  | 132              | 133  | 134  | 135  | 136         | 137  | 138  | 139         | 140  | 141              | 142  | 143  | 144  |
| 145         | 146  | 147  | 148         | 149  | 150              | 151  | 152  | 153  | 154         | 155  | 156  | 157         | 158  | 159              | 160  | 161  | 162  |
| 163         | 164  | 165  | 166         | 167  | 168              | 169  | 170  | 171  | 172         | 173  | 174  | 175         | 176  | 177              | 178  | 179  | 180  |
| 181         | 182  | 183  | 184         | 185  | 186              | 187  | 188  | 189  | 190         | 191  | 192  | 193         | 194  | 195              | 196  | 197  | 198  |
| 199         | 200  | 201  | 202         | 203  | 204              | 205  | 206  | 207  | 208         | 209  | 210  | 211         | 212  | 213              | 214  | 215  | 216  |
| 217         | 218  | 219  | 220         | 221  | 222              | 223  | 224  | 225  | 226         | 227  | 228  | 229         | 230  | 231              | 232  | 233  | 234  |
| 235         | 236  | 237  | 238         | 239  | 240              | 241  | 242  | 243  | 244         | 245  | 246  | 247         | 248  | 249              | 250  | 251  | 252  |
| 253         | 254  | 255  | 256         | 257  | 258              | 259  | 260  | 261  | 262         | 263  | 264  | 265         | 266  | 267              | 268  | 269  | 270  |
| 271         | 272  | 273  | 274         | 275  | 276              | 277  | 278  | 279  | 280         | 281  | 282  | 283         | 284  | 285              | 286  | 287  | 288  |
| 289         | 290  | 291  | 292         | 293  | 294              | 295  | 296  | 297  | 298         | 299  | 300  | 301         | 302  | 303              | 304  | 305  | 306  |
| 307         | 308  | 309  | 310         | 311  | 312              | 313  | 314  | 315  | 316         | 317  | 318  | 319         | 320  | 321              | 322  | 323  | 324  |
| 325         | 326  | 327  | 328         | 329  | 330              | 331  | 332  | 333  | 334         | 335  | 336  | 337         | 338  | 339              | 340  | 341  | 342  |
| 343         | 344  | 345  | 346         | 347  | 348              | 349  | 350  | 351  | 352         | 353  | 354  | 355         | 356  | 357              | 358  | 359  | 360  |
| 361         | 362  | 363  | 364         | 365  | 366              | 367  | 368  | 369  | 370         | 371  | 372  | 373         | 374  | 375              | 376  | 377  | 378  |
| 379         | 380  | 381  | 382         | 383  | 384              | 385  | 386  | 387  | 388         | 389  | 390  | 391         | 392  | 393              | 394  | 395  | 396  |
| 397         | 398  | 399  | 400         | 401  | 402              | 403  | 404  | 405  | 406         | 407  | 408  | 409         | 410  | 411              | 412  | 413  | 414  |
| 415         | 416  | 417  | 418         | 419  | 420              | 421  | 422  | 423  | 424         | 425  | 426  | 427         | 428  | 429              | 430  | 431  | 432  |
| 433         | 434  | 435  | 436         | 437  | 438              | 439  | 440  | 441  | 442         | 443  | 444  | 445         | 446  | 447              | 448  | 449  | 450  |
| 451         | 452  | 453  | 454         | 455  | 456              | 457  | 458  | 459  | 460         | 461  | 462  | 463         | 464  | 465              | 466  | 467  | 468  |
| 469         | 470  | 471  | 472         | 473  | 474              | 475  | 476  | 477  | 478         | 479  | 480  | 481         | 482  | 483              | 484  | 485  | 486  |
| 487         | 488  | 489  | 490         | 491  | 492              | 493  | 494  | 495  | 496         | 497  | 498  | 499         | 500  | 501              | 502  | 503  | 504  |
| 505         | 506  | 507  | 508         | 509  | 510              | 511  | 512  | 513  | 514         | 515  | 516  | 517         | 518  | 519              | 520  | 521  | 522  |
| 523         | 524  | 525  | 526         | 527  | 528              | 529  | 530  | 531  | 532         | 533  | 534  | 535         | 536  | 537              | 538  | 539  | 540  |
| 541         | 542  | 543  | 544         | 545  | 546              | 547  | 548  | 549  | 550         | 551  | 552  | 553         | 554  | 555              | 556  | 557  | 558  |
| 559         | 560  | 561  | 562         | 563  | 564              | 565  | 566  | 567  | 568         | 569  | 570  | 571         | 572  | 573              | 574  | 575  | 576  |
| 577         | 578  | 579  | 580         | 581  | 582              | 583  | 584  | 585  | 586         | 587  | 588  | 589         | 590  | 591              | 592  | 593  | 594  |
| 595         | 596  | 597  | 598         | 599  | 600              | 601  | 602  | 603  | 604         | 605  | 606  | 607         | 608  | 609              | 610  | 611  | 612  |
| 613         | 614  | 615  | 616         | 617  | 618              | 619  | 620  | 621  | 622         | 623  | 624  | 625         | 626  | 627              | 628  | 629  | 630  |
| 631         | 632  | 633  | 634         | 635  | 636              | 637  | 638  | 639  | 640         | 641  | 642  | 643         | 644  | 645              | 646  | 647  | 648  |
| 649         | 650  | 651  | 652         | 653  | 654              | 655  | 656  | 657  | 658         | 659  | 660  | 661         | 662  | 663              | 664  | 665  | 666  |
| 667         | 668  | 669  | 670         | 671  | 672              | 673  | 674  | 675  | 676         | 677  | 678  | 679         | 680  | 681              | 682  | 683  | 684  |
| 685         | 686  | 687  | 688         | 689  | 690              | 691  | 692  | 693  | 694         | 695  | 696  | 697         | 698  | 699              | 700  | 701  | 702  |
| 703         | 704  | 705  | 706         | 707  | 708              | 709  | 710  | 711  | 712         | 713  | 714  | 715         | 716  | 717              | 718  | 719  | 720  |
| 721         | 722  | 723  | 724         | 725  | 726              | 727  | 728  | 729  | 730         | 731  | 732  | 733         | 734  | 735              | 736  | 737  | 738  |
| 739         | 740  | 741  | 742         | 743  | 744              | 745  | 746  | 747  | 748         | 749  | 750  | 751         | 752  | 753              | 754  | 755  | 756  |
| 757         | 758  | 759  | 760         | 761  | 762              | 763  | 764  | 765  | 766         | 767  | 768  | 769         | 770  | 771              | 772  | 773  | 774  |
| 775         | 776  | 777  | 778         | 779  | 780              | 781  | 782  | 783  | 784         | 785  | 786  | 787         | 788  | 789              | 790  | 791  | 792  |
| 793         | 794  | 795  | 796         | 797  | 798              | 799  | 800  | 801  | 802         | 803  | 804  | 805         | 806  | 807              | 808  | 809  | 810  |
| 811         | 812  | 813  | 814         | 815  | 816              | 817  | 818  | 819  | 820         | 821  | 822  | 823         | 824  | 825              | 826  | 827  | 828  |
| 829         | 830  | 831  | 832         | 833  | 834              | 835  | 836  | 837  | 838         | 839  | 840  | 841         | 842  | 843              | 844  | 845  | 846  |
| 847         | 848  | 849  | 850         | 851  | 852              | 853  | 854  | 855  | 856         | 857  | 858  | 859         | 860  | 861              | 862  | 863  | 864  |
| 865         | 866  | 867  | 868         | 869  | 870              | 871  | 872  | 873  | 874         | 875  | 876  | 877         | 878  | 879              | 880  | 881  | 882  |
| 883         | 884  | 885  | 886         | 887  | 888              | 889  | 890  | 891  | 892         | 893  | 894  | 895         | 896  | 897              | 898  | 899  | 900  |

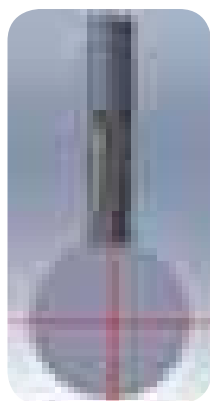
### ۵-۱۰- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز عمودی:

با استفاده از ماشین فرز عمودی و با استفاده از تیغه فرزهای انگشتی معمولی و فرم و همچنین به کمک دستگاه تقسیم می‌توان شیار مارپیچ ایجاد کرد.



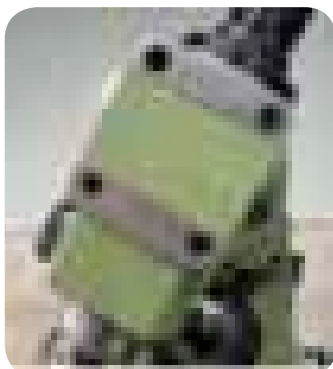
استفاده از تیغه فرز انگشتی سر کروی برای ایجاد شیار مارپیچ

در این روش که نسبتاً از روش قبل ساده تر است نیاز به انحراف کله گی یا تیغه فرز نیست و تیغه کاملاً عمود بر محور افقی قطعه کار و در امتداد محور عمودی قرار خواهد گرفت.

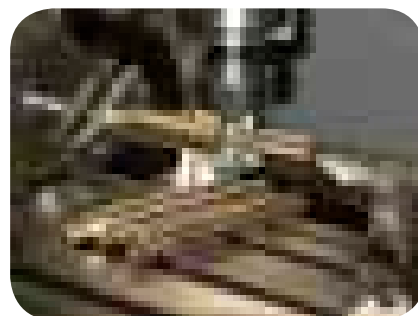


نحوه قرار گیری ابزار نسبت به قطعه کار در مارپیچ تراشی

برای حرکت خطی از دسته میز ماشین و برای تامین حرکت چرخشی از دستگاه تقسیم استفاده می‌کنیم که هر دو با هم این حرکتها را بطور همزمان تامین می‌کنند. کلیه محاسبات در مورد چرخ دنده‌های تعویضی و گام مارپیچ مانند حالت قبل می‌باشد.



انحراف کله گی فرز عمودی



بستن تیغه فرز انگشتی خاص برای ایجاد شیار در قطعه



میله فرز گیر یک طرفه

در مارپیچ تراشی با ماشین فرز افقی و تیغه فرز سوراخ‌دار در صورتیکه زاویه تنظیم را بر روی میز با انحراف به چپ انجام دهیم مارپیچ حاصل را مارپیچ راست گویند.



در صورتیکه جهت انحراف میز برای زاویه تنظیم به سمت راست باشد مارپیچ ایجاد شده مارپیچ چپ خواهد بود.



بر روی محور ماشین فرز عمودی نیز می‌توان تیغه فرز سوراخ‌دار و میله فرز یک طرفه بست و با انحراف کله‌گی مقدار زاویه انحراف را ایجاد کرد و شیار مارپیچ را تولید کرد.



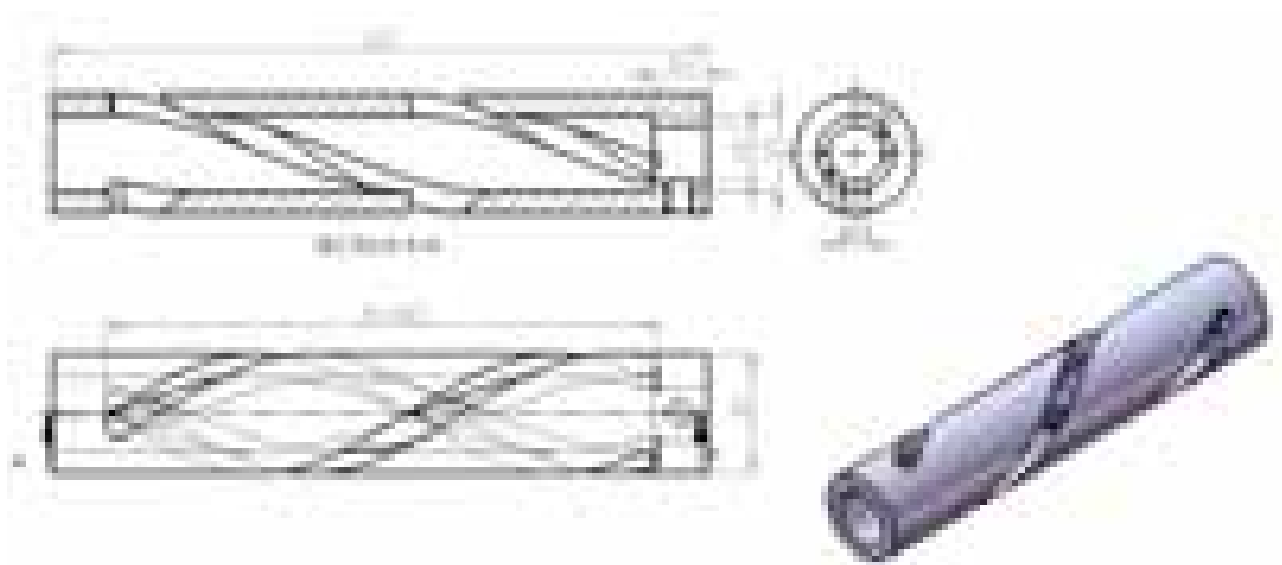
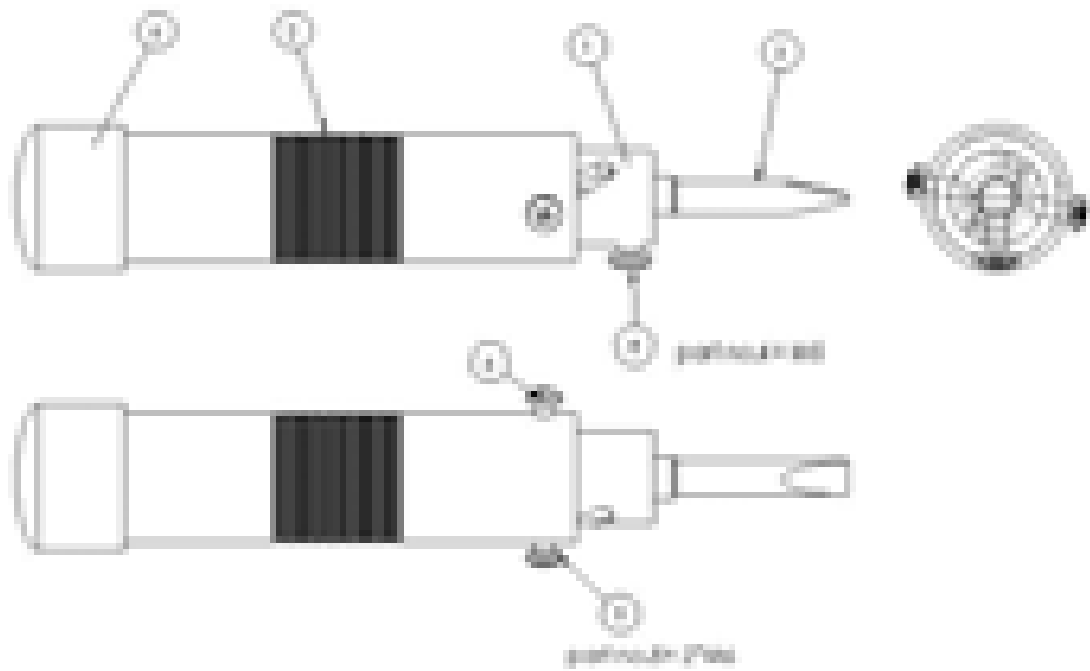
## پیچ گشتی چرخشی

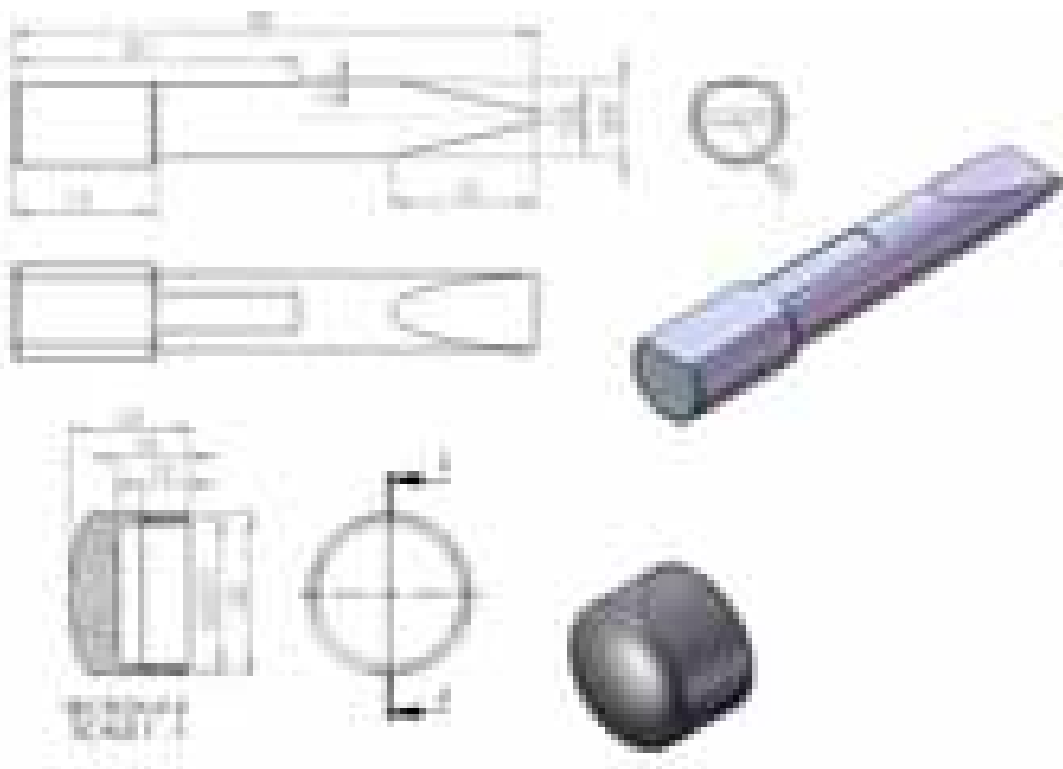
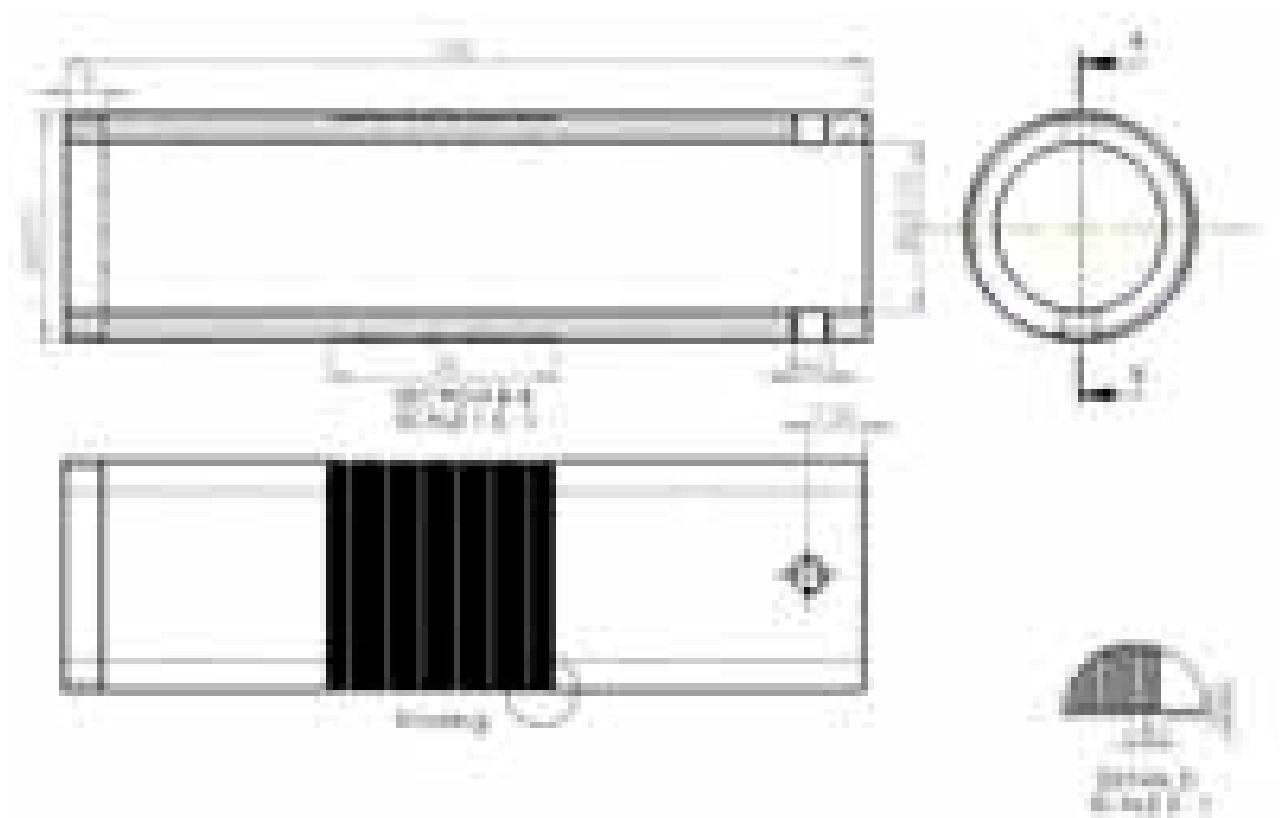


جدول DIN ISO 2768

| اندازه          | از 0.5 تا 3 | از 3 تا 6 | از 6 تا 30 | از 30 تا 120 | از 210 تا 400 |
|-----------------|-------------|-----------|------------|--------------|---------------|
| درجه<br>تولرانس |             |           |            |              |               |
| f (ظریف)        | ± 0.05      | ± 0.05    | ± 0.1      | ± 0.15       | ± 0.2         |
| m (متوسط)       | ± 0.1       | ± 0.1     | ± 0.2      | ± 0.3        | ± 0.5         |
| g (خشن)         | ± 0.15      | ± 0.2     | ± 0.5      | ± 0.8        | ± 1.2         |

| شماره          | تعداد | مشخصات قطعه | اندازه ماده اولیه | جنس ماده‌ی اولیه | شماره واحد کار | شماره کار عملی |
|----------------|-------|-------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|
| -----          | ۱     | -----       | -----             | St37             | ۱۰             | ۱              |
| مقیاس: ۱:۱     |       |             | هدف آموزشی:       |                  |                | زمان: ۱۰ ساعت  |
| استاندارد: ISO |       |             | پیچ گشتی چرخشی    |                  |                | درجه تولرانس:  |
|                |       |             |                   |                  |                | m              |





جدول تجهیزات و ابزار

| تعداد               | مشخصات فنی                     | ابزارهای لازم          |
|---------------------|--------------------------------|------------------------|
| ۱                   | عمودی یا انیورسال              | ۱- ماشین فرز           |
| ۱                   | انگشتی سر کروی قطر ۱۵ میلی‌متر | ۲- تیغه فرز            |
| ۱                   | مغناطیس با دقت ۰/۰۱            | ۳- ساعت اندازه‌گیری    |
| ۱                   | مخصوص دستگاه                   | ۴- مرغک                |
| به تعداد محاسبه شده | مخصوص دستگاه                   | ۵- چرخ دنده‌های تعویضی |

مراحل انجام کار

| شکل   | شرح مراحل کار   | ردیف |
|---|---|------|
|  | ابتدا محاسبات لازم جهت تراش شیار را انجام دهید.   | ۱    |
|  | چرخ دنده‌های تعویضی را با رعایت شرایط نصب محاسبه و آماده کنید.  | ۲    |
|  | ماده خام را انتخاب و بر روی دستگاه فرز آماده کنید. تیغه فرز انگشتی سر کروی را در گلوبی دستگاه ببندید. | ۳    |

|   |  |          |
|---|--|----------|
|    | <p>قطعه کار را بسته و از دور بودن قطعه مطمئن شوید.</p>   | <p>۴</p> |
|    | <p>قطعه را تا حد امکان کوتاه بسته یا از مرغک کمک بگیرید.</p>   | <p>۵</p> |
|    | <p>تیغه فرز را در حالت روشن با سطح کار مماس کنید.</p>  | <p>۶</p> |
| <p>ابزار را از کار دور کرده و بار لازم را به ابزار بدهید. در صورت زیاد بودن عمق بار، تعداد مراحل براده برداری را بیش از یک مرتبه انتخاب کنید.</p> |  | <p>۷</p> |
|    | <p>پس از ایجاد شیپاراول، قطعه را بدون جابجایی میز به اندازه لازم دوران دهید. مثلاً ۱۸۰ درجه گردش با چرخش ۲۰ دور دسته دستگاه تقسیم انجام می‌شود. مراحل مماس و باردهی را تکرار کنید.</p> | <p>۸</p> |
| <p>ارائه قطعه کار یا گزارش به هنر آموز محترم</p>  |  |          |
| <p>ارزش‌یابی نهایی</p>  |  |          |

ارزشیابی پایانی

سوالات نظری ( ۱۵ دقیقه)

سوالات صحیح و غلط:

- ۱- چپ یا راست بودن منحنی مارپیچ را تنها با تغییر جهت چرخش دستگاه تقسیم امکان پذیر است.
- ۲- امکان ساخت بیش از یک شیار مارپیچ بر روی قطعه امکان پذیر است.

سوالات کوتاه پاسخ یا جای خالی:

- ۳- فاصله دو نقطه از مارپیچ پس از یک دور چرخش حول استوانه را ..... مارپیچ گویند.
- ۴- زاویه انحراف تیغه فرز یا زاویه تنظیم ..... زاویه مارپیچ می باشد.

سوالات چند گزینه‌ای:

- ۵- بر روی یک میله به قطر ۵۰ میلیمتر یک شیار مارپیچ با زاویه ۲۰ درجه ایجاد می کنیم. اگر  $p_t = 6 \text{ mm}$  و نسبت دستگاه تقسیم  $i = 40:1$  باشد، گام مارپیچ را به دست آورید.

الف- ۴۶۰      ب- ۴۸۰      ج-  $600/2$       د-  $431/65$

- ۶- قطر یک میله ۲۰ میلیمتر و  $p_t = 6 \text{ mm}, p_h = 600 \text{ mm}$  و نسبت دستگاه تقسیم  $i = 40:1$  باشد، زاویه مارپیچ را به دست آورید.

الف- ۸ درجه و ۲۸ دقیقه      ب- ۵ درجه و ۵۸ دقیقه

ج- ۳ درجه و ۳۰ دقیقه      د- ۶ درجه و ۲۰ دقیقه

۷- کدام جمله صحیح است؟

الف-  $Z_1$  روی محور اصلی و  $Z_4$  روی محور میز دستگاه تقسیم نصب خواهد شد.

ب- فرز کاری شیار مارپیچ با ماشین فرز عمودی مشکل تر است.

ج- که در این حالت  $Z_1$  روی محور میز و  $Z_4$  روی محور گیتاری نصب می شوند.

د-  $Z_1$  روی محور میز و  $Z_4$  روی محور اصلی دستگاه تقسیم نصب خواهد شد.

سوالات تشریحی:

۸- هر یک از پارامترهای رابطه  $\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{P_{t,i}}{p_h}$  را شرح دهید.

۹- برای زدن مارپیچ با ماشین فرز عمودی چه مراحل را باید دنبال کرد؟

۱۰- مارپیچ چپ و مارپیچ راست چه تفاوتی با هم دارند؟



واحد کار ۱۱







**هدف کلی:** توانایی تراشیدن چرخ‌دنده‌های مارپیچ با ماشین فرز

پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:

**اهداف رفتاری:**

- ۱- شرایط استفاده از چرخ‌دنده مارپیچ را بیان کند.
- ۲- مشخصه‌های چرخ‌دنده مارپیچ را بداند.
- ۳- محاسبات لازم برای تولید یک چرخ‌دنده مارپیچ را انجام دهد.
- ۴- دستگاه را برای تولید یک چرخ‌دنده مارپیچ تنظیم و آماده کند.

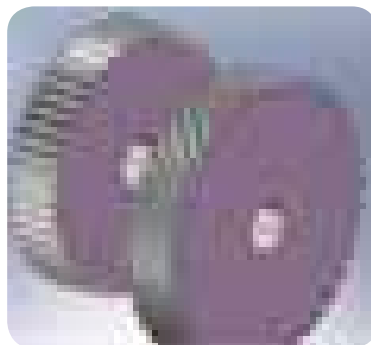
| زمان آموزش |                   | توانایی تراشیدن چرخ دنده‌های مارپیچ با ماشین فرز            |
|------------|-------------------|---|
| عملی       | نظری              |   |
| ۲۶ ساعت    | ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه |   |
| یک ساعت    | ۳۰ دقیقه          | ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی |
| ۳۰         |                   | جمع   |

### پیش آزمون (۱۵ دقیقه)

- ۱- از شیار مارپیچ به جز مته‌ها در چه موارد دیگری می‌توان استفاده کرد؟ آیا می‌توانید نام ببرید.
- ۲- آیا تا به حال به گیربکس ماشین دقت کرده‌اید؟ از چه نوع چرخ دنده‌هایی در آن استفاده شده است؟
- ۳- اگر دنده‌های یک چرخ دنده ساده به صورت میل باشد چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۴- دو محور که با هم موازی نیستند را چگونه با هم ارتباط دهیم تا دور یکی به دیگری منتقل شود؟

### ۱۱-۱- آشنایی با چرخ‌دنده مارپیچ

یکی از موارد استفاده منحنی‌های مارپیچ ایجاد شیار مارپیچ در تولید چرخ‌دنده‌ها می‌باشد. چرخ‌دنده‌های مارپیچ همانند چرخ‌دنده ساده دارای شیارهایی است که برای انتقال قدرت و حرکت استفاده می‌شوند با این تفاوت که راستای شیارها بر روی استوانه به صورت مایل قرار گرفته است. این تفاوت را در اشکال زیر می‌بینیم.



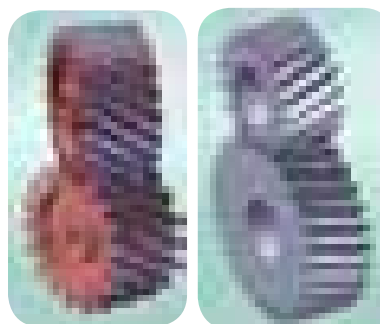
تفاوت دنده چرخ‌دنده ساده و مارپیچ



شکل چرخ‌دنده مارپیچ

بر خلاف چرخ‌دنده‌های ساده که تنها برای محورهای موازی به کار می‌رود چرخ‌دنده‌های مارپیچ دارای مزیت‌های زیر است:

۱- علاوه بر محورهای موازی در محورهایی که نسبت به هم زاویه دارند و به اصطلاح متناظر هستند، هم به کار می‌روند. این حالت از زاویه صفر درجه (محورهای موازی) تا ۹۰ درجه می‌تواند باشد.



انتقال دور در دو محور متناظر با چرخ‌دنده‌های مارپیچ

۲- به دلیل تقسیم نیرو بر روی چند دندان در هر لحظه از درگیری این چرخ دنده‌ها نسبت به نوع ساده آرام تر کار کرده و سر و صدای کمتری دارند.



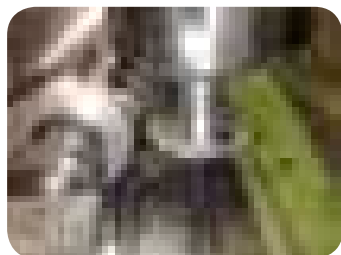
درگیری آرام تر بین دو چرخ دنده مارپیچ نسبت به چرخ دنده ساده

۳- در چرخ دنده‌های مارپیچ نیروی عمل و عکس العمل در دو چرخ دنده تنها در راستای شعاع نبوده و می‌تواند در دو جهت محوری و شعاعی تجزیه شده و فشار کمتری را بر محورها وارد کند.



تجزیه نیروها در چرخ دنده مارپیچ

برای فرزکاری چرخ دنده‌های مارپیچی، عمدتاً از ماشین فرز انیورسال استفاده می‌شود، البته استفاده از ماشین فرز عمودی و افقی معمولی هم امکان پذیر است. عمل فرزکاری با تیغه فرز مدولی صورت می‌گیرد.



استفاده از ماشین فرز عمودی و میله فرز گیر یکطرفه در ساخت چرخ دنده مارپیچ

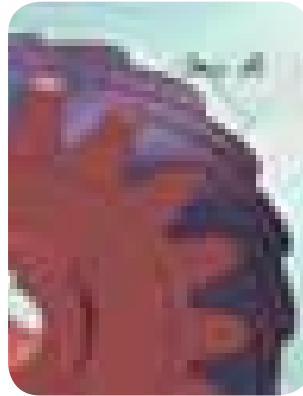
## ۱۱-۲- محاسبات مربوط به چرخ دنده‌های مارپیچ:

مدول و گام نرمال و پیشانی:

همان‌طور که به یاد دارید در چرخ دنده شانه‌ای کج دو نوع گام و مدول را

تعریف کردیم نرمال و پیشانی. این حالت در چرخ‌دنده‌های مارپیچ هم وجود دارد. گامی که در پیشانی یک چرخ‌دنده اندازه گرفته می‌شود ( $P_a$ ) بزرگتر از گام نرمال آن ( $P_n$ ) است.

مدول عادی (نرمال)  $m_n$ : مدولی است که روی سطح عمودی در جهت دنده‌های چرخ‌دنده اندازه گرفته می‌شود.



نمایشی گام نرمال در چرخ‌دنده مارپیچ

مدولی که روی سطح پیشانی چرخ‌دنده اندازه گرفته می‌شود مدول پهلویی (مدول پیشانی یا ظاهری) نامیده می‌شود و با حرف  $m_s$  مشخص می‌گردد. مدول نرمال و مدول پهلویی یک چرخ‌دنده مارپیچی نسبت به هم دارای رابطه زیر می‌باشند:

$$m_a = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

که در آن  $\beta$  زاویه انحراف و یا زاویه تنظیم و بر حسب درجه می‌باشد. به همین صورت می‌توان بر اساس میزان زاویه شیب رابطه زیر را بین دو گام

$$P_a = \frac{P_n}{\cos \beta}$$

بر قرار کرد:

در هنگام استفاده از چرخ‌دنده‌های مارپیچ در حالتی که محور آن‌ها موازی باشد بهترین زاویه مارپیچ برای آن‌ها زاویه  $20^\circ$  درجه می‌باشد. عمدتاً به لحاظ فشار بر روی دنده‌ها این زاویه بهینه می‌باشد.

معمولاً مدول نرمال در نقشه‌های صنعتی داده می‌شود و انتخاب تیغه فرز بر مبنای این مدول می‌باشد.

برای درگیری دو چرخ‌دنده مارپیچ باید زاویه آن‌ها چپ و راست ایجاد گردد. یعنی یکی از چرخ‌دنده‌ها مارپیچ چپ و دیگری راست تراشیده شود.

**محاسبات قطر متوسط:**

برای محاسبه قطر متوسط در چرخ دنده مارپیچ لازم است محیط متوسط را به دست آوریم و این محیط از مجموع گامهای پیشانی حاصل می‌شود بنابراین قطر متوسط از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d_o = m_\alpha \times Z$$

$$d_o = \frac{m_\alpha \times Z}{\cos \beta}$$

**محاسبه قطر خارجی:**

از قبل آموختیم که در چرخ دنده‌های ساده با جمع کردن دو ارتفاع سر دنده  $h_k$  که برابر مدول  $m$  است با قطر متوسط، قطر خارجی به دست می‌آید و این حالت در مورد چرخ دنده‌های مارپیچ هم صادق است.

$$d_k = d_o + 2h_k$$

$$d_k = d_o + 2m_n$$

**محاسبه تعداد دندانه ایده آل:**

همان‌طور که در چرخ دنده‌های ساده گفته شد برای انتخاب شماره تیغه فرز داشتن دو عامل مدول و تعداد دنده موجود در محیط چرخ دنده ضروری است. در چرخ دنده‌های مارپیچ مدول انتخابی همان مدول نرمال ( $m_n$ ) خواهد بود ولی چون شکل دنده‌ها در این چرخ دنده در مقطع قائم بر مارپیچ با شکل آن در مقطع عمود بر محور چرخ دنده (پیشانی چرخ دنده) تفاوت دارد بنابراین شماره تیغه فرز را از روی تعداد دندانه حقیقی انتخاب نکرده بلکه از روی تعداد دنده ایده آل ( $Z_y$ ) که تعداد دنده آن بیش از تعداد دنده حقیقی بوده و به زاویه انحراف ( $B$ ) بستگی دارد، انتخاب می‌کنیم.

تعداد دنده‌های فرضی و واقعی نسبت به هم دارای رابطه‌ی زیر می‌باشند:

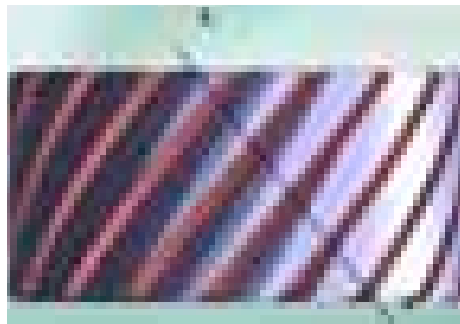
$$Z_y = \left( \frac{Z}{\cos^3 \beta} \right)$$

که در آن:

$Z_y$  = تعداد دندانه فرضی .

$Z$  = تعداد دندانه های حقیقی.

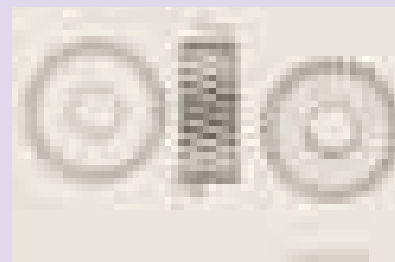
$B$  = زاویه شیب دندانه های چرخ دنده‌ای که تراشیده می‌شود.



صفحه برش فرضی که عمود بر دنده‌ها می‌باشد و برای انتخاب مدول نرمال و تعداد دندانه‌های فرضی کاربرد دارد

مطالعه آزاد:  $AC = P_n$  (گام نرمال) و طول  $BC = P_s$  (گام پیشانی) می‌باشد و چون در مثلث قائم الزاویه  $ABC$  طول  $BC$  برابر با وتر و طول آن از دو ضلع دیگر یعنی  $AB$  و  $AC < BC$  بزرگتر است. نتیجه می‌شود که  $AC < BC$  و در نتیجه  $P_s > P_n$  است و چون محیط چرخ دنده در صفحه برش نرمال  $A-A$  نسبت به محیط چرخ دنده در صفحه عمود بر محور (محیط پیشانی) بیشتر خواهد شد و اگر بخواهیم در این محیط بیشتر دندانه ایجاد کنیم تعداد دندانه ایجاد شده بیشتر از تعداد دندانه‌هایی می‌باشد که در محیط پیشانی چرخ دنده ایجاد می‌شود. لذا این ازدیاد دندانه همان مقدار است که نمره تیغه فرز را برای آن محاسبه می‌کنیم. حال اگر فرض کنیم که دو دایره (دایره برش نرمال و دایره پیشانی) باهم مساوی باشد چون در دایره برش نرمال گام کوچکتر ایجاد می‌شود ( $P_n$ ) به همین دلیل در دایره برش نرمال دندانه بیشتری نسبت به دایره پیشانی خواهیم داشت.

جهت درک بهتر تعداد دندانه فرضی و حقیقی و رابطه آن‌ها با یکدیگر و در نتیجه جهت انتخاب نمره تیغه فرز، شکل زیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

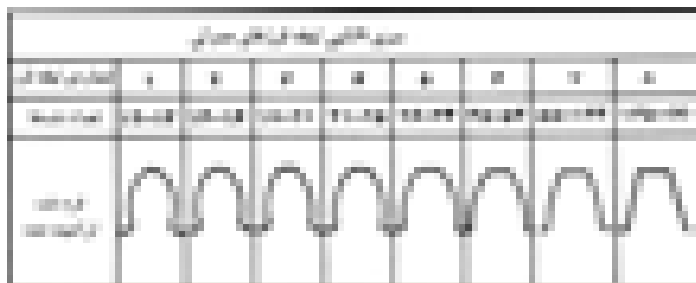


صفحه برش فرضی  $A-A$  عمود بر دندانه‌های چرخ دنده مارپیچی، آن را برش می‌دهد. این صفحه برش را صفحه برش نرمال گویند که در شکل به صورت خط دیده می‌شود. فاصله بین دو دندانه روی خط برش نرمال را گام حقیقی خوانده و با حرف ( $P_n$ ) نشان می‌دهند و فاصله دو دندانه در پیشانی چرخ دنده را گام پیشانی (ظاهری) گویند و با حرف ( $P_s$ ) نشان می‌دهند. با توجه به شکل در مثلث  $ABC$  طول



متداولترین سری تیغه فرزهای مدولی سری ۸ تایی آن می باشد که در درس‌های قبل مورد ملاحظه قرار گرفت.

به دلیل کاربرد آن در چرخ دنده های مارپیچ جدول این تیغه فرزها را مجدداً آورده ایم.



جدول سری ۸ تایی تیغه فرز های مدولی

روش تراشیدن چرخ دنده مارپیچ را با ذکر یک مثال دنبال می کنیم:

### مثال:

برای فرز کاری یک چرخ دنده مارپیچی که مدول نرمال آن  $mn=4$  میلی‌متر و تعداد دندانه هایش  $Z=45$  و زاویه شیب دندانه‌ها  $\beta=20^\circ$  درجه است. نمره تیغه فرز مدول را بدست آورید.

حل:

به منظور انجام عمل فرز کاری، تیغه فرز چرخ دنده تراش که مدول آن ۴ میلی‌متر است باید از سری تیغه فرزهای موجود انتخاب شود.

تعداد دندانه های فرضی را تعیین می کنیم:

$$Z_y = \left( \frac{Z}{\cos^3 \beta} \right)$$

$$Z_y = \left( \frac{45}{\cos^3 20^\circ} \right) = 54$$

از جدول سری ۸ تایی در می یابیم که تیغه فرز شماره ۶ را باید برای فرز کاری به کار برد. در عمل به خاطر راحتی بیشتر جهت تعیین تعداد دندانه های فرضی فرمول زیر به کار برده می شود:

$$Z_y = k \times Z$$

که در آن:

$Z_y = Z$  = تعداد دندانه های فرضی چرخ دنده ای که تراشیده می‌شود.

$K$  = ضریبی است که بامقدار زاویه شیب دندانه یعنی  $\beta$  تغییر می‌کند.

$Z = Z$  = تعداد دندانه های واقعی چرخ دنده می‌باشد.

جدول ضریب  $k$  در آخر این مبحث آورده شده. بدین طریق در مورد مثال فوق

$k$  برابر  $1/205$  می‌باشد.

بنابراین خواهیم داشت:

$$Z_y = k \times z$$

$$Z_y = 1/205 \times 45$$

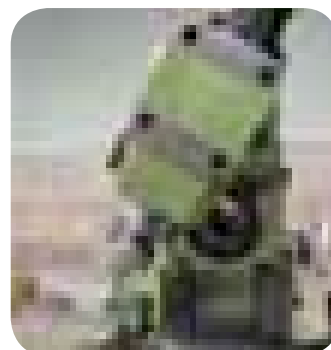
### ۳-۱۱- نحوه تنظیم میز ماشین:

قبل از شروع به کار برای تراشیدن چرخ دنده بایستی میز ماشین را به اندازه زاویه تنظیم چرخاند. با چرخش میز به سمت چپ منحنی مارپیچ چرخ دنده راست گرد و در صورت انحراف میز به سمت راست منحنی مارپیچ چرخ دنده چپ گرد خواهد شد.

در صورتیکه از ماشین فرز عمودی استفاده شود بایستی مقدار انحراف را به کله گی دستگاه اعمال کنیم.



انحراف میز ماشین فرز در صورت امکان



انحراف کله‌گی در صورتیکه از ماشین فرز عمودی برای چرخ دنده مارپیچ استفاده شود

### ۴-۱۱- نحوه تنظیم دستگاه تقسیم:

تنظیم دستگاه همانند تنظیم دستگاه در مورد شیار مارپیچ می‌باشد. بطوری‌که