

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## 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

سرشناسه: قربانی سالخورد، محسن، ۱۳۵۹-

عنوان و نام پدیدآور: فرزکاری: ساخت و تولید زمینه‌ی صنعت شاخه‌ی کار و دانش/مؤلف محسن قربانی سالخورد؛ حمید شفیع نیا برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

مشخصات نشر: تهران: گویش نو، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری: ج ۲.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۸۴-۸۹-۴

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: مؤلفان جلد دوم محسن قربانی سالخورد و حمید شفیع نیا است.

موضوع: فرزکاری

شناسه افزوده: شفیع نیا، حمید، ۱۳۴۹-

شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر برنامه‌ریزی درسی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کار دانش

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ف ۴ ق ۱۲۲۵/ TJ

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۹۱

شماره کتابشناسی ملی: ۲۳۳۳۸۸۳

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.

پیام‌نگار (ایمیل) [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir)  
وب‌گاه (وب‌سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

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

عنوان و کد کتاب: فرزکاری (جلد ۲)، ۶۰۹/۵۳

مجری: انتشارات گویش نو

مؤلفان: محسن قربانی سالخورد، حمید شفیعی‌نیا

اعضای کمیسیون تخصصی ساخت و تولید: غلامحسین پایگانه - محمد مهرزادگان - سید حسن سید تقی‌زاده - حسن امینی -

محمد سعید کافی - حسن آقابابایی - محمد قنبری

رسم فنی: حمید شفیعی‌نیا، محسن قربانی سالخورد

ویراستار ادبی: یحیی گیلک

صفحه‌آرا: زهرا ضیایی خرم

ویرایش و اصلاحات (چاپ دوم) ۱۳۹۱

چاپ: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

(تهران - کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج - خیابان ۶۱ "داروپخش" تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، 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، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

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

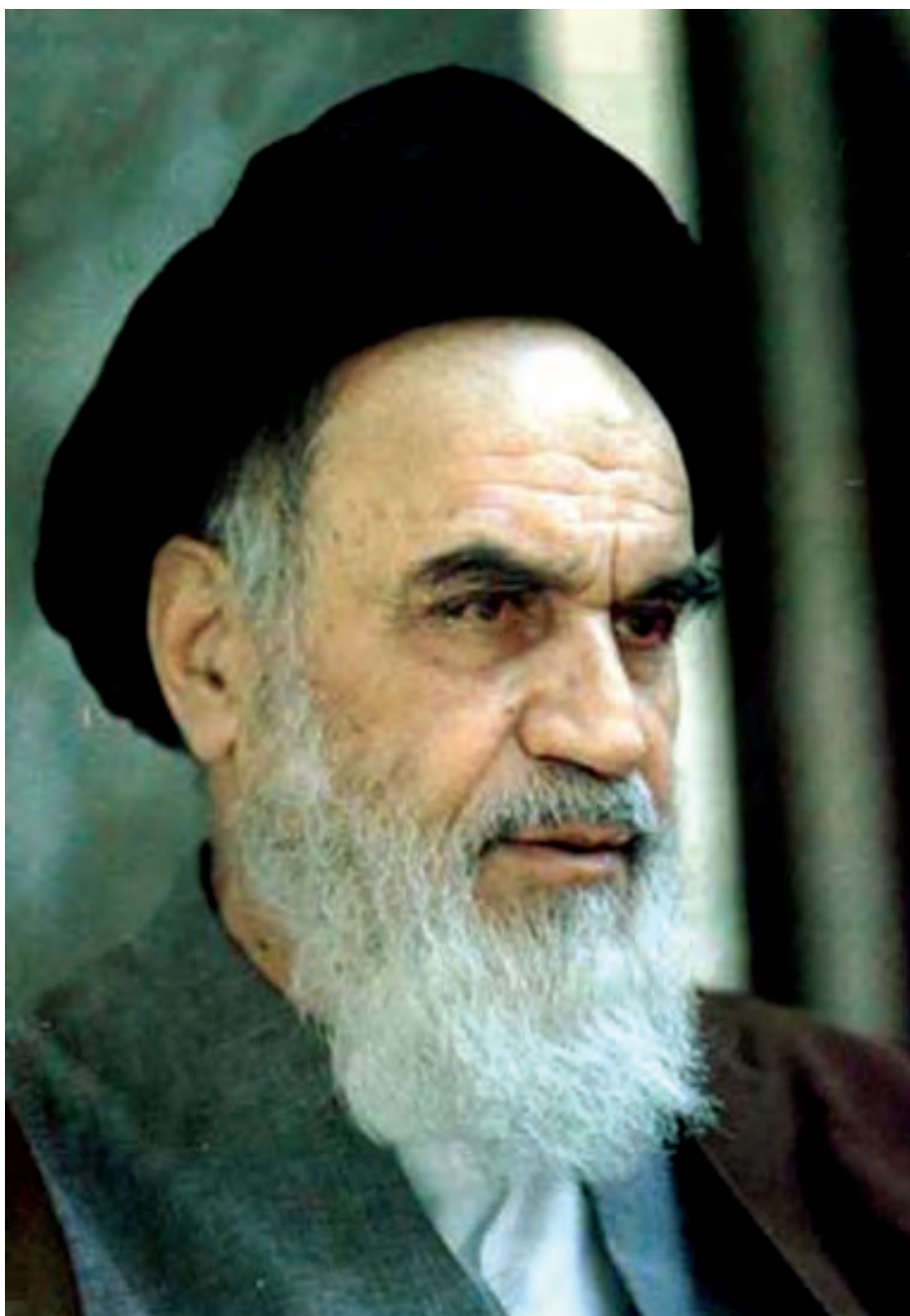
ناشر: انتشارات گویش نو (تهران: خیابان انقلاب - خیابان فخر رازی - خیابان وحید نظری شرقی - پلاک ۶۱ تلفن: ۵۰-۶۶۹۵۶۰۴۹-۶۶۴۸۴۵۳۴)

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

حق چاپ محفوظ است.

ISBN: 978-600-5084-89-4

شابک: ۸۷۹-۶۰۰-۵۰۸۴-۸۹-۴



از شماست که مردان و زنان بزرگ تربیت می شود. شما را در تحصیل کوشش کنید که برای فضایل اخلاقی،  
فضایل اعلیٰ مجز شوید. شما برای آتیه مملکت ما جوانان نیرومند تربیت کنید. دامان شما یک مدرسه امی است که  
در آن جوانان بزرگ تربیت شود. شما فضایل تحصیل کنید تا که دکان شما در دامان شما به فضیلت برسند.  
امام خمینی (ره)



## به نام آنکه هستی نام از او یافت

کاروان فرهنگ و تمدن بشری، چنان در حال پیشرفت و رشد و تعالی است که لحظه‌ای درنگ، رسیدن به این قافله را ناممکن می‌سازد و از آنجایی که آینده هر جامعه بستگی به تعلیم و تربیت کودکان و جوانان آن جامعه دارد. دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش سعی دارد با بهره‌گیری از دست‌آوردهای دانش جهانی و آموزه‌های اصیل اسلامی و ملی، تغییر و تحولی مبتنی بر روش‌های نوین علمی و تکنولوژی در کتاب‌های درسی به‌وجود 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 کمیسیون‌های تخصصی و ورزیده دفتر تألیف و برنامه‌ریزی این وظیفه‌ی خطیر را به انجام رسانده است.

در پایان ضمن قدردانی از زحمات مولفان عزیز، خوشحال می‌شویم که مدرسان محترم و دانش پژوهان کوشا با ارائه پیشنهادهای و انتقادات سازنده خود، ما را در غنا بخشیدن این متون و بالا بردن کیفیت چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

Email: [gooyesheno@yahoo.com](mailto:gooyesheno@yahoo.com)

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

انتشارات گویش نو

## 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 چرخ‌دنده 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، خالی از اشکال نیست، لذا موجب امتنان است اگر خوانندگان عزیز نظرات و پیشنهادات خود را از ما دریغ نورزند.

## فهرست

### واحد کار ۷: توانایی تراشیدن چرخ‌دنده ساده میلی‌متری با ماشین فرز

- ۴-۷-۱- آشنایی با انواع چرخ‌دنده و کاربرد هر یک از آنها
- ۱۳-۷-۲- واژه‌ها و مشخصات فنی چرخ‌دنده ساده
- ۱۵-۷-۳- روش‌های تولید چرخ‌دنده
- ۱۸-۷-۴- ترتیب و مراحل ساخت چرخ‌دنده‌های ساده
- ۳۰- ارزشیابی پایانی

### واحد ۸: توانایی تراشیدن چرخ‌دنده ساده اختلافی میلی‌متری با ماشین فرز

- ۳۴-۸-۱- تقسیم اختلافی
- ۳۵-۸-۲- محاسبه چرخ‌دنده‌های تعویضی
- ۴۹-۸-۳- اصول کنترل دندانه‌های چرخ‌دنده ساده با کولیس دنده‌سنج
- ۴۹-۸-۴- اصول کنترل دندانه‌های چرخ‌دنده ساده با میکرومتر فک بشقابی

### واحد کار ۹: توانایی تراشیدن دندانه‌های شانهای ساده و مایل

- ۶۴-۹-۱- دنده‌های شانهای ساده و مایل و کاربرد آنها
- ۶۵-۹-۲- نحوه تراشیدن دنده‌های شانهای
- ۶۵-۹-۳- محاسبات دنده‌های شانهای ساده و مایل
- ۶۹-۹-۴- تراشیدن دنده شان با استفاده از دستگاه فرز
- ۷۳-۹-۵- دستورالعمل تراشیدن دنده‌های شانهای ساده و مایل
- ۷۶-۹-۶- کنترل اندازه‌های دنده‌های شانهای ساده و مایل
- ۸۲- ارزشیابی پایانی

### واحد کار ۱۰: توانایی تراشیدن شیارهای مارپیچ توسط ماشین فرز افقی و عمودی

- ۸۷-۱۰-۱- شیار مارپیچ
- ۸۸-۱۰-۲- آشنایی با پارامترهای یک شیار مارپیچ
- ۸۹-۱۰-۳- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز
- ۹۴-۱۰-۴- محاسبات لازم جهت ایجاد حرکت چرخشی برای ایجاد مارپیچ

۱۰۰	۵-۱۰- ایجاد شیار مارپیچ با استفاده از ماشین فرز عمودی
۱۰۷	ارزشیابی پایانی
	<b>واحد کار ۱۱: توانایی تراشیدن چرخ‌دنده‌های مارپیچ با ماشین فرز</b>
۱۱۳	۱-۱۱- آشنایی با چرخ‌دنده مارپیچ
۱۱۴	۲-۱۱- محاسبات مربوط به چرخ‌دنده های مارپیچ
۱۱۹	۳-۱۱- نحوه تنظیم میز ماشین
۱۱۹	۴-۱۱- نحوه تنظیم دستگاه تقسیم
۱۲۳	۵-۱۱- نحوه نصب و تنظیم تیغه فرز نسبت به قطعه کار
۱۲۹	ارزشیابی پایانی
	<b>واحد کار ۱۲: توانایی خط‌کش و سوراخ‌کاری با ماشین فرز</b>
۱۳۵	۱-۱۲- آشنایی با مفهوم سوراخ‌کاری
۱۳۶	۲-۱۲- آشنایی با انواع مته و مته مرغک
۱۴۲	۳-۱۲- آشنایی با وسایل خط‌کشی
۱۴۷	۴-۱۲- شناسایی اصول خط‌کشی قطعات طبق نقشه
۱۵۰	۵-۱۲- آشنایی با انتخاب مته مرغک و مته مناسب
۱۵۱	۶-۱۲- نحوه تیز کردن مته با سنگ دو طرفه
۱۵۵	۷-۱۲- نکات ایمنی در تیز کردن مته
۱۵۶	۸-۱۲- مراحل سوراخ‌کاری دقیق و خزینه‌کاری بر روی ماشین فرز
۱۶۴	۹-۱۲- نکات ایمنی در سوراخ‌کاری با ماشین فرز
۱۷۱	ارزشیابی پایانی
	<b>واحد کار ۱۳: توانایی قوس تراشی</b>
۱۷۷	۱-۱۳- آشنایی با انواع قوس
۱۷۸	۲-۱۳- روش‌های ایجاد قوس
۱۸۱	۳-۱۳- تنظیم میزگردان
۱۸۳	۴-۱۳- بستن و تنظیم قطعه کار روی میزگردان
۱۸۴	۵-۱۳- تعیین موقعیت تیغه فرز نسبت به قطعه کار
۱۹۱	ارزشیابی پایانی



## واحد کار ۱۴: توانایی سرویس و نگهداری ماشین فرز

- ۱۹۷ ۱۴-۱- آشنایی با مفهوم سرویس و نگهداری
- ۱۹۷ ۱۴-۲- آشنایی با محل‌های گریس‌خور و روغن‌خور
- ۱۹۸ ۱۴-۳- آشنایی با سیستم‌های روغن‌کاری (تمرکزی - منفرد)
- ۱۹۹ ۱۴-۴- آشنایی با انواع گریس‌ها و روغن‌های مورد استفاده
- ۲۰۴ ۱۴-۵- شناسایی اصول سرویس و نگهداری ماشین فرز
- ۲۰۶ ۱۴-۶- شناسایی اصول و نکات ایمنی در روغن‌کاری
- ۲۱۷ ارزشیابی پایانی

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

فرم ارزشیابی حیطه روانی حرکتی و حیطه عاطفی				
نام و نام خانوادگی هنرجو:	کارگاه	شماره دستگاه	نام گروه	
نام یا شماره قطعه کار:				
باربندی 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 ۰	با خطای کم -۱	با خطای زیاد -۲	
				۱ سرویس دستگاهها
				۲ حضور به موقع در کارگاهها
				۳ استفاده از وسایل حفاظتی
				۴ تمیز کردن محیط و ابزارها و تحویل به انبار و قرار دادن برخی از ابزارها در جای اولیه
				۵ کار گروهی
				جمع
<p><b>توجه:</b> با توجه به صلاحدید هنرآموز محترم تعداد عوامل ردیف‌های بالا می‌تواند کم و زیاد شود.  <b>توضیح:</b> 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 می‌باشد.				
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 می‌باشد (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 ۰/۰۵ میلی متر

واحد کار ۷



**هدف کلی:** توانایی تراشیدن چرخ‌دنده ساده میلی‌متری با ماشین فرز

### اهداف رفتاری:

پس از آموزش این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- با انواع چرخ‌دنده آشنا و کاربرد هر یک آن‌ها را بداند.
- ۲- انواع چرخ‌دنده را بشناسد.
- ۳- محاسبات چرخ‌دنده ساده مدولی را انجام دهد.
- ۴- تنظیمات دستگاه فرز و دستگاه تقسیم را برای چرخ‌دنده زنی انجام دهد.
- ۵- چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده ساده را بداند و رعایت کند.

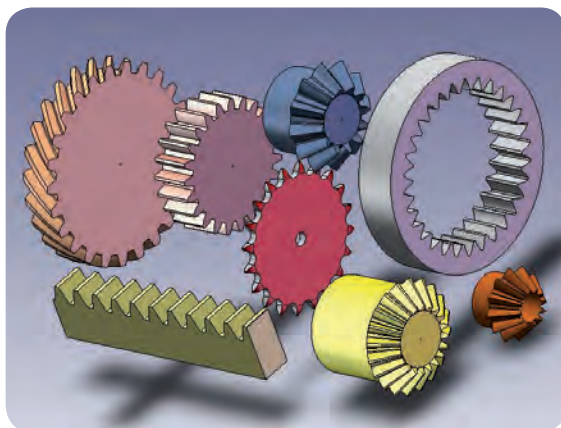
زمان آموزش		توانایی تراشیدن چرخ‌دنده ساده میلی‌متری با ماشین فرز
عملی	نظری	
۱۴ ساعت	یک ساعت و ۳۰ دقیقه	
یک ساعت	۳۰ دقیقه	ارزشیابی ورودی و پایانی توسط هنرآموز و ثبت در برگه ارزشیابی
۱۷ ساعت		جمع

**پیش‌آزمون:** (۱۵ دقیقه)

- ۱- چگونه می‌توان یک چرخ‌دنده ساخت؟
- ۲- آیا شکل ظاهری چرخ‌دنده‌ها با هم فرق می‌کند؟
- ۳- تفاوت چرخ‌دنده‌ها در چیست؟
- ۴- آیا از دستگاه تقسیم می‌توان برای چرخ‌دنده‌زنی استفاده کرد؟
- ۵- چه نوع تیغه فرزی برای چرخ‌دنده‌زنی استفاده می‌گردد؟
- ۶- یک چرخ‌دنده دارای چه مشخصاتی است؟

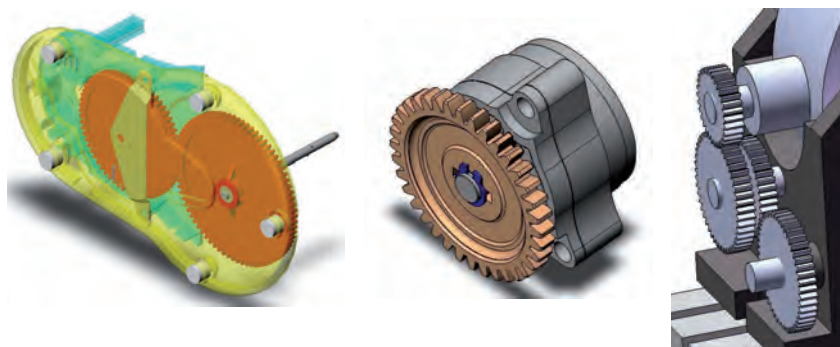
## ۷-۱- آشنایی با انواع چرخ‌دنده و کاربرد هر یک از آن‌ها

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. چرخ‌دنده‌ها شکل تکامل یافته چرخ‌های اصطکاکی هستند که برای جلوگیری از لغزش، دندانه به آن‌ها اضافه شده است.



نمونه‌هایی از انواع چرخ‌دنده‌ها

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



نمونه‌هایی از کاربرد چرخ‌دنده در مکانیزم‌های صنعتی



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

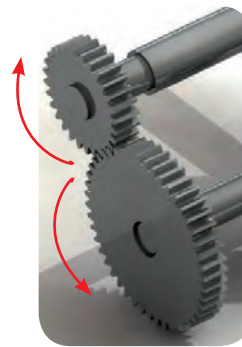
مزیت‌های ویژه چرخ‌دنده‌ها را می‌توان به شرح زیر نام برد:

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

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

### ۲- توانایی تغییر جهت گردش:

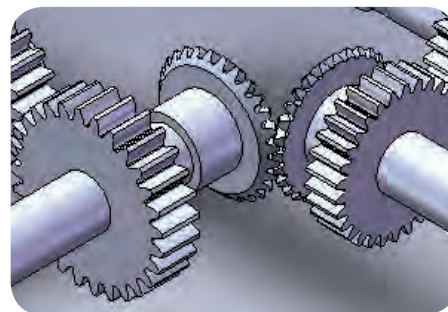
دو چرخ‌دنده درگیر، دارای جهت دورخلاف یکدیگر می‌باشند.



دور در دو چرخ‌دنده درگیر با هم

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

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



انتقال حرکت از محوری به محور دیگر با تغییر زاویه محورها

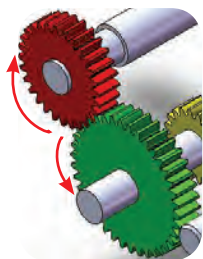
### ۴- انتقال نیرو با سرعت و جهت دلخواه:

با تغییر قطر یا به عبارتی تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده‌های درگیر می‌توان تغییر

سرعت یا تغییر عده دوران را ایجاد کرد.

### ۵- تماس دائمی و بدون لغزش چرخ‌ها:

درگیری دائم چرخ‌دنده و اطمینان از انتقال حرکت با حداقل لغزش دندانه‌ها از مزایای چرخ‌دنده‌ها می‌باشد.



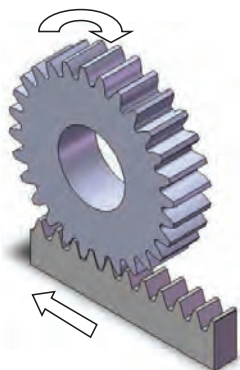
تماس دائمی و بدون لغزش چرخ‌دنده‌ها

### ۶- انتقال نیروی بیشتر:

در مقایسه با چرخ تسمه، چرخ زنجیر، چرخ‌های اصطکاکی و مکانیزم‌های مشابه دیگر، در صورت استفاده از چرخ‌دنده می‌توان سرعت بیشتر و قدرت بیشتری را انتقال داد. همچنین هنگام استفاده از چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده‌ها مثل چرخ و شانه تبدیل حرکت دورانی به خطی را می‌توانیم مشاهده کنیم.



تبدیل حرکت دورانی به خطی و بالعکس

### معایب چرخ‌دنده‌ها:

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

دور 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 دندانه 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 دندانه‌ها به یکدیگر می‌باشد و پدیده‌ی پوسته‌ای شدن دندانه‌ها نیز اغلب در چرخ دنده‌های آبکاری شده به وجود می‌آید.

**۵- سائیدگی دندانه‌ها:** درگیری دو دندانه 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.

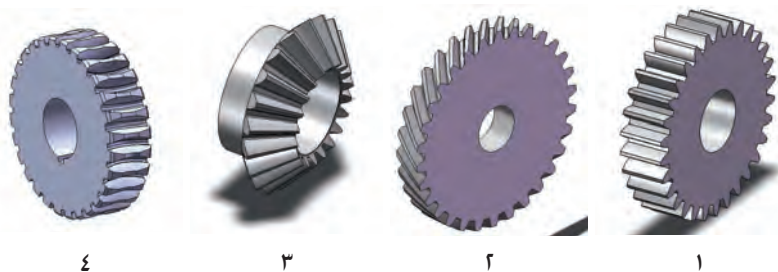
### انواع چرخ دنده‌ها

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. در صنعت برای چرخ دنده‌های 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. چرخ‌دنده‌ها را به چند صورت می‌توان طبقه‌بندی کرد. ممکن است این تقسیم‌بندی بر حسب شکل ظاهری، نوع کاربرد و یا روش ساخت آن‌ها باشد. اما در اکثر مواقع چرخ‌دنده‌ها بر حسب شکل ظاهری طبقه‌بندی می‌شوند.

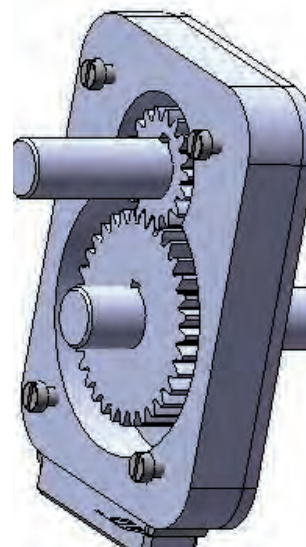
به طور کلی چرخ‌دنده‌های زیر از مهم‌ترین چرخ‌دنده‌ها می‌باشند:

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



هر کدام از این چرخ‌دنده‌ها، خود شامل انواع مختلف دیگری هستند. به عنوان مثال از انواع چرخ‌دنده‌های مخروطی می‌توان به مستقیم، مارپیچ، غیر متعامد، متنافر و ... اشاره کرد. گاهی ترکیب چندین چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده، 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 چرخ‌دنده می‌باشد. تا حد امکان جنس دو چرخ‌دنده را یکی انتخاب می‌کنند زیرا موجب می‌شود تا اثر متقابل آن‌ها بر هم یکسان باشد مگر اینکه به دلیلی اختلاف بالای بین قطر دو چرخ‌دنده درگیر جنس‌ها متفاوت باشند..



کنار هم قرار گرفتن چرخ‌دنده‌ها در یک جعبه (گیربکس)

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

### انتخاب جنس:

برای ساخت چرخ‌دنده‌ها 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:

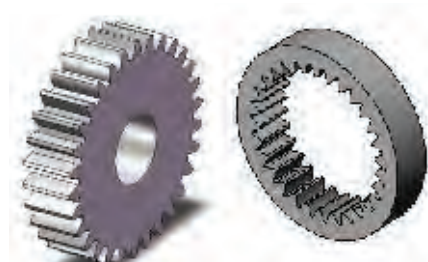
معمولاً برای ساخت چرخ‌دنده‌هایی که در ماشین‌های ابزار به کار می‌روند از فولادهای ریختگی با ۰/۳ تا ۰/۴۵ درصد کربن و همچنین فولادهای آلیاژی همراه با نیکل و کرم برای چرخ‌دنده‌هایی که بایستی بار زیادی را تحمل کنند و در مقابل سایش مقاوم باشند استفاده می‌کنند. در مواردی هم از چدن‌ها در ساخت چرخ‌دنده استفاده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

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

۲- مواد تشکیل دهنده چرخ‌دنده‌ها را باید طوری انتخاب کرد که قابلیت ماشین‌کاری داشته باشند تا پس از عمل ماشین‌کاری کیفیت سطح، 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.

### ۱-۱-۷- چرخ‌دنده ساده

چرخ‌دنده‌های ساده، معمولی‌ترین نوع چرخ‌دنده می‌باشند. دندانه‌های آن‌ها مستقیم و بر روی محورهای موازی سوار می‌شوند. قبلاً از چرخ‌دنده‌های 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 چرخ‌دنده ساده، بسیار پر سر و صدا می‌باشد. سطح درگیری دو چرخ‌دنده ساده به صورت خطی می‌باشد. این یعنی دنده‌های دو چرخ‌دنده در یک خط با هم درگیر و دور را انتقال می‌دهند. چرخ‌دنده‌های ساده به دو صورت داخلی و خارجی ساخته می‌شوند. در شکل هر دو نوع چرخ‌دنده‌ی ساده‌ی داخلی و خارجی نشان داده شده است.



چرخ‌دنده ساده داخلی و خارجی

## ۲-۱-۷- چرخ‌دنده مارپیچی

دندانه‌های چرخ‌دنده‌ی 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. چرخ‌دنده‌های 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 چرخ‌دنده کمک می‌گیریم. وقتی دنده‌ها در چرخ‌دنده مارپیچ با هم درگیر می‌شوند تماس از انتهای یکی از دنده‌ها شروع شده و به تدریج با چرخش چرخ‌دنده گسترش می‌یابد (تا زمانی که دو دنده بطور کامل درگیر شوند). درگیر شدن تدریجی، چرخ‌دنده‌های مارپیچی را وادار می‌کند که آرام‌تر و ملایم‌تر از چرخ‌دنده‌های 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 چرخ‌دنده‌های مارپیچ وقتی که دنده‌ها درگیر می‌شوند، بار محوری به وجود می‌آورند.

در دو چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده باید دارای زاویه مارپیچ یکسانی باشند.



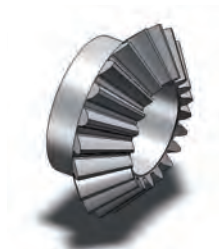
درگیری دو چرخ‌دنده مارپیچی



چرخ‌دنده مارپیچی

## ۳-۱-۷- 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 نیستند 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

## ۴-۱-۷- چرخ حلزون و پیچ حلزون

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

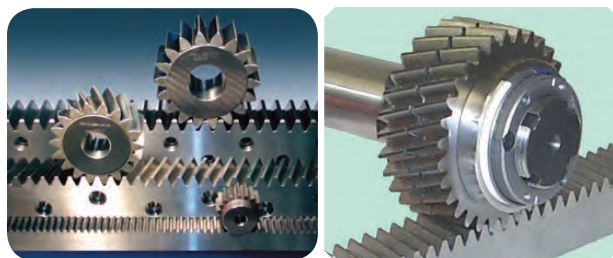
دنده‌ها قوسی شکل می‌باشد. این چرخ‌دنده با پیچی بنام پیچ حلزون و پروفیل دنده‌ای، شبیه پروفیل دنده چرخ‌دنده درگیر می‌شود. از چرخ‌دنده حلزون و پیچ حلزون برای انتقال دور با نسبت استفاده می‌گردد. دستگاه تقسیم نمونه‌ای از این نسبت انتقال می‌باشد همچنین در مواقعی که محورها نسبت به هم متناظر بوده و همچنین انتقال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



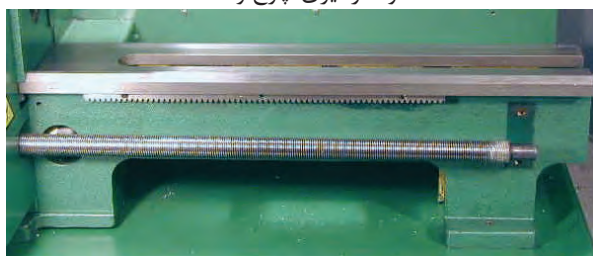
چرخ حلزون و پیچ حلزون

#### ۵-۱-۷- 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 چرخ‌دنده ها می‌باشد.



نحوه درگیری چرخ و شانه



جابجایی سوپرت طولی ماشین تراش به کمک سیستم چرخ و شانه

<sup>۱</sup>-Rack & Pinion

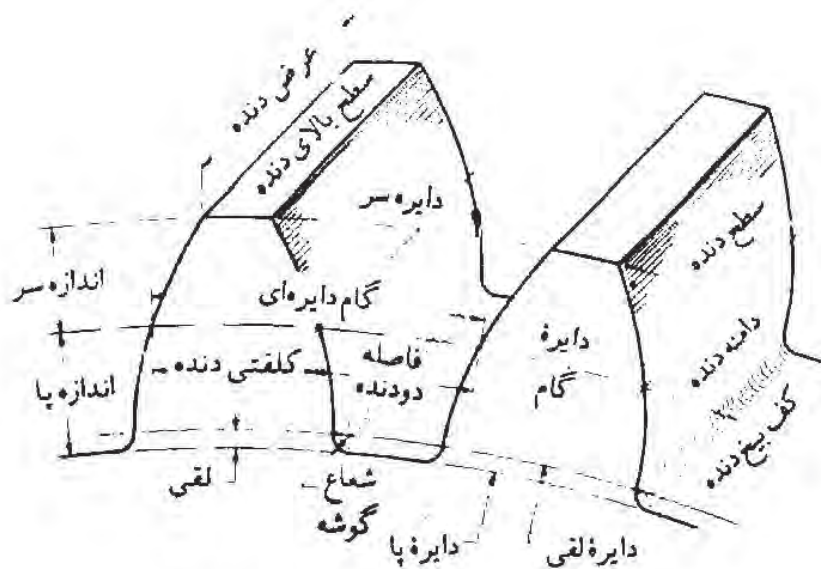


۷-۲- واژه‌ها و مشخصات فنی چرخ‌دنده ساده

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

دایره گام یا قطر متوسط (Pitch circle): do

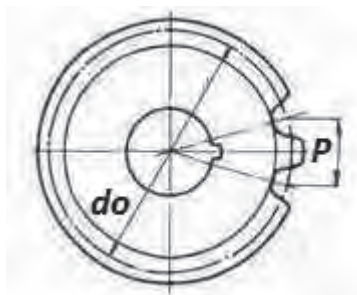
دایره‌ی فرضی است که همه محاسبات همیشه بر پایه قطر آن که قطر دایره گام می‌باشد انجام می‌شود. دواير گام یک جفت چرخ‌دنده به هنگام کار با یکدیگر مماس هستند. به عبارتی دو چرخ‌دنده از محل قطر دایره گام با هم درگیر می‌شوند. از دو چرخ‌دنده درگیر آنکه کوچک‌تر است را چرخ کوچک<sup>۱</sup> و آنکه بزرگتر است را معمولاً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



معرفی مشخصات فنی یک چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده ساده

۱- pinion

۲-Gear

**مدول m: (Module)**

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

**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.

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

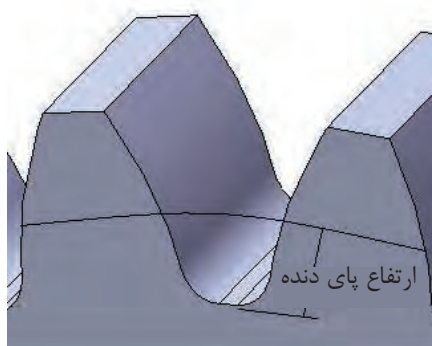
برابر است با فاصله شعاعی بین سطح سر دنده تا دایره گام که به آن ارتفاع سر دنده نیز می‌گویند.



معرفی ارتفاع سر دنده در چرخ دنده ساده

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

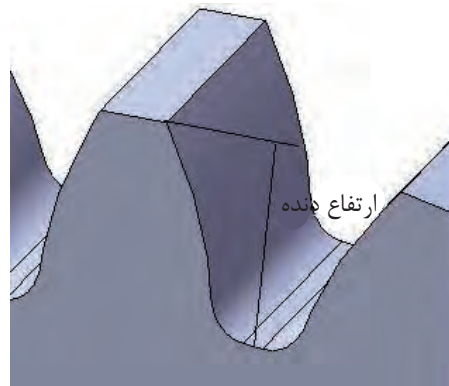
برابر است با فاصله شعاعی بین سطح کف دنده تا دایره گام.



معرفی ارتفاع پای دنده در چرخ دنده ساده

## ارتفاع کل دنده h (Wholedepth):

فاصله سر دنده تا پای دنده را ارتفاع دنده می‌گویند.



معرفی ارتفاع کل دنده در چرخ‌دنده ساده

## ۳-۷- روش‌های تولید چرخ‌دنده

روش‌های مختلفی برای ساخت چرخ‌دنده وجود دارد که هر کدام دارای معایب و مزایایی هستند و باید با توجه به نوع چرخ‌دنده، جنس، دقت مورد نیاز، امکانات موجود و هزینه ساخت بهترین روش را انتخاب کرد. یکی از روش‌های تولید چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده 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

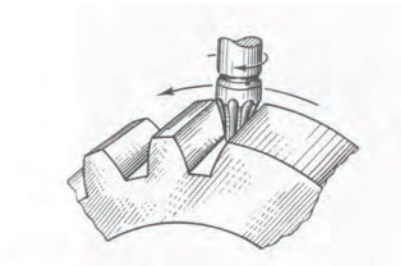
۳-Spark

۴-Casting

۵-Fine blanking

### تولید چرخ‌دنده با استفاده از ماشین‌های فرز

دنده چرخ‌دنده 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 چرخ‌دنده‌ها با استفاده از تیغه فرزهای انگشتی خاص و فرم‌دار منتفی است.



استفاده از تیغه فرز انگشتی خاص در تولید چرخ‌دنده

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 چرخ‌دنده‌های 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 بر حسب 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