روش تدریس محاسبات فنی ۲

جلسه اول

جدول زمان‌بندی جلسه اول

فعالیت	زمان
مدیریت کلاس در جلسه ابتدایی	۳۵ دقیقه
آزمون ورودی	۲۵ دقیقه
مرور مطالب فصل چهارم محاسبات فنی ۱	۳ دقیقه

آماده‌سازی فضای کلاس

در ابتدای جلسه چون اولین جلسه حضور شما در کلاس درس این هنرجویان است بهتر است بلافاصله به سراغ مطالب درس نروید بلکه با پرسش و پاسخ با هنرجویان آشنا شده تا استرس ناشی از نام درس محاسبات در ذهن هنرجویان را به علاقه تبدیل نمایید. این ارتباط به شما کمک خواهد کرد که بتوانید در طول تدریس خود از هنرجویان در جهت روند تعاملی برای بهبود تدریس استفاده نمایید.

آزمون ورودی

هنرجویان در سال دوم محاسبات پایه را گذرانده و پا به مرحله بعدی گذارده‌اند پس بهترین و مؤثرترین قدم در هنگام شروع یک درس جدید اطلاع از پیش دانسته‌های هنرجویان است.

با آزمون ورودی می‌توان سطح اطلاعات هنرجویان را مورد شناسایی قرار داده و در صورت وجود ضعف، سمت و سوی نحوه تدریس را به سمتی سوق داد که بتواند به فرایند یادگیری و یاددهی کمک نموده و از ایجاد توقعات نابه‌جا از هنرجویان جلوگیری کند.

این آزمون می‌تواند از مطالب چند فصل از محاسبات فنی ۱ که پیش‌نیاز محاسبات ۲ مانند فصل چهارم انتقال حرکت و قسمت‌هایی از فصل سوم یعنی سرعت محیطی و سرعت برش باشد و همچنین از فصل یک قسمت مثلثات نیز مورد توجه قرار گیرد.

نکات مهم در مورد آزمون

۱ــ در هنگام طرح سؤال به تفاوت‌های فردی توجه شود.

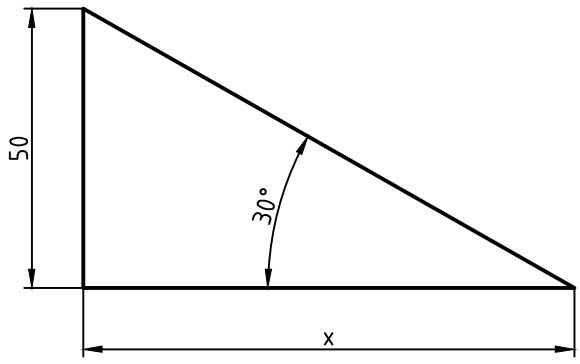
۲ــ به یاد داشته باشید که این آزمون باید به شما کمک کند تا به مرحله جدید بروید نه به هنرجو

۳ــ روند طراحی سؤال را به‌گونه‌ای مدیریت کنید که ایجاد انگیزه نماید نه ایجاد ترس

۴ــ قبل از آزمون به هنرجویان منظور خود را در مورد آزمون ورودی به‌طور کامل توضیح دهید.
۵ــ در حین آزمون سعی کنید به گونه‌ای برخورد کنید که فضای کلاس فضای آرامی باشد.
۶ــ پس از تصحیح او را آزمون هیچ‌گاه هنرجویان را مورد مواخذه قرار ندهید.

نمونه سؤالات آزمون ورودی

۱ــ در شکل مقابل طول x را محاسبه کنید.

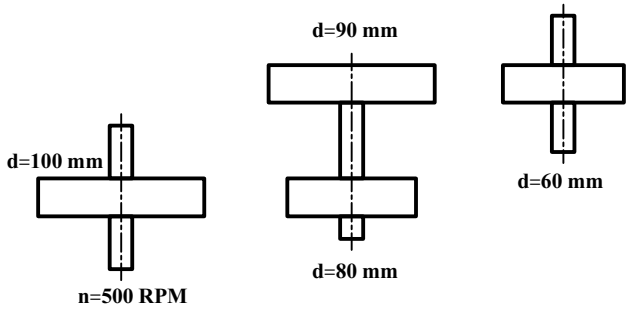


۲ــ با مته‌ای به قطر ۴۰ میلی‌متر به وسیله دستگاه دریلی با عده دوران ۱۲۰ دور بر دقیقه سوراخ‌کاری می‌کنیم. سرعت برش این مته چقدر است؟

۳ــ در دستگاه انتقال حرکت شکل زیر مطلوب است

الف) نسبت انتقال حرکت

ب) تعداد دوران خروجی



همان‌طور که مشاهده می‌کنید در این آزمون فقط سه سؤال مطرح شد و سؤالات دارای سطح دشواری متوسط هستند شما هم می‌توانید با رعایت اصول و نکات مهم به طرح سؤالات یا استفاده از همین آزمون از هنرجویان آزمون ورودی را به عمل آورید.

مرور مطالب فصل چهارم محاسبات ۱

در ابتدا به هنرجویان بگویید که یک دفتر جداگانه برای این درس در نظر گرفته و تمام مطالب عنوان شده در کلاس را یادداشت نمایند.

با توجه به اینکه ممکن است هنرجویان دفتر همراه نداشته باشند، لذا توجه کنید که در این جلسه مطالب درسی را در یک ورقه یادداشت نموده و هفته آینده به دفتر اصلی منتقل نمایند و متذکر شوید که دفاتر را بازدید خواهید نمود.

این امر باعث خواهد شد که جدیت شما را نسبت به کار و یادداشت‌های کلاسی درک نموده و بستر مناسبی جهت تدریس به‌وجود خواهد آمد.

برای مرور ابتدا از مثال‌های کاربردی استفاده نمایید. مثال را می‌توانید به این‌گونه مطرح کنید :

یک انسان بزرگ‌سال و یک کودک را درنظر بگیرید اگر این دو فرد بخواهند یک مسیر را با هم طی کنند و با هم در یک زمان به مقصد برسند باید سرعت آن‌ها یکسان باشد با توجه به اینکه قدم‌های بزرگسال بزرگ، قدم‌های کودک کوتاه خواهد بود پس باید کودک تعداد قدم‌های بیشتری را بردارد. همین امر را می‌توان برای انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها به کاربرد یعنی در انتقال حرکت سرعت در چرخ با هم برابر است پس چرخی که کوچک است باید تعداد دوران بیشتری را نسبت به چرخ بزرگ داشته باشد.

مطالب را به صورت فرمول بنویسید.

$V_1 \quad V_2$

در این قسمت یادآور شوید که از این پس در محاسبات مربوط به عده دوران و انتقال حرکت در تمام کتاب عدد ۱ را به عنوان محرک و عدد ۲ را به عنوان متحرک در نظر بگیرید.

پس عنوان کنید این V_1 و V_2 همان سرعت محیطی در چرخ است پس معادل آن‌ها را استفاده نمایید یعنی

$V_1 \quad d_1 \times \pi \times n_1$

$V_2 \quad d_2 \times \pi \times n_2$

$d_1 \times \pi \times n_1 \quad d_2 \times \pi \times n_2$

سپس دور فرمول آخری را در یک کادر قرار دهید و بگویید این فرمول کلی انتقال حرکت است.

$$\boxed{d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2}$$

پس توضیحاتی در مورد نسبت انتقال حرکت و تأثر آن در حل مسائل برای هنرجویان ارائه نمایید.

با یک مثال فرمول‌های نسبت انتقال حرکت و فرمول کلی را به‌کار ببرید.

پس از حل کامل مثال به قسمت انتقال حرکت دوبل رفته و همانند مرحله قبلی توضیحات را به‌طور کامل بیان نموده و با حل مثال آموخته‌های سال دوم را در ذهن هنرجویان فراخوانی نمایید.

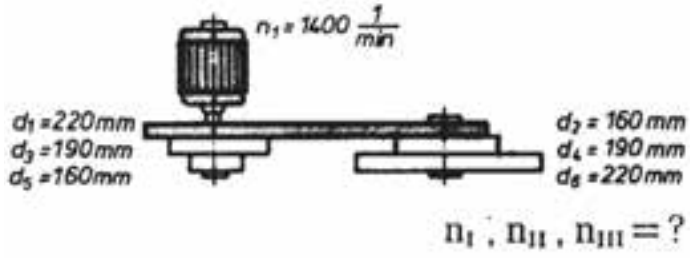
در پایان کلاس یک تمرین بسیار ساده برای هنرجویان مطرح نموده و از یکی از آن‌ها بخواهید که روی تابلو جواب را بنویسند سعی کنید با ایجاد انگیزه هنرجویان را ترغیب به فعالیت‌های کلاسی نمایید.

قبل از ورود به کلاس تمرین‌های فصل چهارم کتاب محاسبات ۱ را کپی کرده و در پایان کلاس در اختیار آن‌ها بگذارید و یادآور شوید که حل این تمرینات به عنوان کار در منزل امتیازهای مثبت و تأثیر مستقیم در نمرات مستمر شما خواهد داشت.

در دستگاه انتقال حرکت پله‌ای مطابق شکل و با مشخصات داده شده حساب کنید :

الف) عده دوران محور متحرک در مراحل مختلف را.

ب) طول تسمه را در صورتی که فاصله دو محور ۳۳۰ mm a و ضخامت تسمه ۵ میلی‌متر باشد.



$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow n_{2I} = \frac{۱۴۰۰ \times ۲۲۰}{۱۶۰} = ۱۹۲۵ \, u/min$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_4}{d_3} \Rightarrow n_{2II} = \frac{۱۴۰۰ \times ۱۹۰}{۱۹۰} = ۱۴۰۰ \, u/min$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_6}{d_5} \Rightarrow n_{2III} = \frac{۱۴۰۰ \times ۱۶۰}{۲۲۰} = ۱۰۱۸/۱۸ \, u/min$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{d_3 + d_4}{2} = \frac{d_5 + d_6}{2}$$

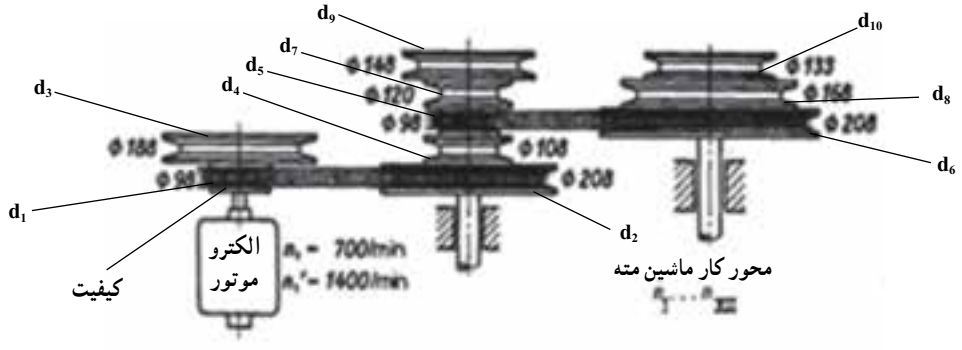
$$a = \frac{۲۲۰ + ۱۶۰}{2} = ۱۹۰ mm$$

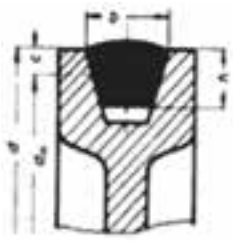
جهت درک بهتر می‌توان درپوش تسمه‌های دریل ستونی کارگاه مثلاً M۳۲ (ماشین‌سازی تبریز) را برداشته و توضیح داد که همواره دوچرخ تسمه کار انتقال و تبدیل حرکت را انجام می‌دهند به عبارت دیگر نسبت انتقال ساده است و نه مرکب.

برای انتقال حرکت الکتروموتور به محور کار ماشین مته‌ای از دستگاه انتقال حرکت مطابق شکل استفاده شده است. حساب کنید :

الف) قطر مؤثر هر یک از چرخ‌ها را در صورتی که عرض تسمه ۱۳mm b باشد.

ب) عده دوران محور کار ماشین مته را در هر یک از مراحل تعداد دور.





علائم اختصاری :

dw_1 : قطر مؤثر چرخ محرک بر حسب میلی‌متر

n_1 : عده دوران چرخ محرک در هر دقیقه

dw_2 : قطر مؤثر چرخ متحرک بر حسب میلی‌متر

n_2 : عده دوران چرخ متحرک در هر دقیقه

c : فاصله قطر مؤثر تا قطر خارجی چرخ بر حسب میلی‌متر

$$i = \frac{dw_2}{dw_1} \quad \text{یا} \quad i = \frac{n_1}{n_2} \quad dw_1 \times n_1 \quad dw_2 \times n_2$$

جدول مقدار c به ازای پهنای تسمه (b)

پهنای تسمه b mm	۳	۱۳	۱۷	۲	۲۲	۲۵	۳۲	۴
مقدار c mm	۱	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۱۲

برای به‌دست آوردن قطر مؤثر، از قطر خارجی دو برابر c را کم می‌کنیم.

dw d_a ۲c

dw d ۲c c ۳mm

dw_1 ۹۸ ۲(۳) ۹۲ mm

dw_2 ۲۰۲ mm

dw_3 ۱۸۲ mm

dw_4 ۱۰۶ mm

dw_5 ۱۹۴ mm

dw_6 ۲۰۲ mm

dw_7 ۱۱۴ mm

dw_8 ۱۶۲ mm

dw_9 ۱۴۲ mm

dw_{10} ۱۲۷ mm

توضیح داده شود که در چرخ تسمه‌های ذوزنقه قطر محاسبه قطر مؤثر dw می‌باشد و باید با توجه به عرض تسمه (b) از جدول مقدار c را استخراج و dw را به‌دست آورد.

$$\frac{n_A}{n_E} = \frac{dw_2 \times dw_6 \times \cdots}{dw_1 \times dw_5 \times \cdots}$$

با دور الکتروموتور ۷۰۰u/min و چرخ تسمه الکتروموتور ۹۸∅ سه دور به دست می‌آید و در صورتی که از دور ۱۴۰۰ استفاده شود سه دور دیگر به‌دست می‌آید و دورها دو برابر می‌شوند.

$$\frac{۷۰۰}{n_{EI}}=\frac{۲۰۲\times۲۰۲}{۹۸\times۹۸}$$

n_E ۱۶۴ u/min

$$\frac{۷۰۰}{n_{EII}}=\frac{۲۰۲\times۱۶۲}{۹۲\times۱۱۴}\Rightarrow n_{EII}=۲۲۴\,u/min \qquad \frac{۷۰۰}{n_{III}}=\frac{۲۰۲\times۱۲۷}{۹۲\times۱۴۲}=۳۵۶$$

n_V ۳۲۸ u/min n_V ۴۴۸ u/min n_V ۷۱۲u/min

با درگیری تسمه الکتروموتور ۱۸۸∅ دورهای زیر به دست می‌آید.

$$\frac{۷۰۰}{n_{VII}}=\frac{۱۰۲\times۲۰۲}{۱۸۲\times۹۲}\Rightarrow$$

$$\frac{۷۰۰}{n_{VIII}}=\frac{۲۰۲\times۱۶۲}{۱۸۲\times۱۱۴}\Rightarrow$$

$$\frac{۷۰۰}{n_{IX}}=\frac{۲۰۲\times۱۲۷}{۱۸۲\times۱۴۲}\Rightarrow n$$

جلسه دوم

ردیف	برنامه زمان‌بندی	زمان (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس	۱
۲	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای توسط تسمه (PIV)	۲
۳	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای اصطکاکی استوانه‌ای و مخروطی	۱
۴	تدریس مبحث وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای اصطکاکی بشقابی	۱
۵	حل مثال نمونه از هر ۳ آیتم	۲۵
۶	جمع‌بندی و مقایسه انتقال حرکت توسط چرخ تسمه، چرخ‌های اصطکاکی استوانه‌ای، مخروطی و بشقابی	۱
۷	مشخص نمودن تمرین‌هایی که باید هنرجویان در منزل حل نمایند مثلاً۱و۳ صفحه ۹ ، ۵ و ۶ صفحه ۱، ۷ و ۸ و ۹ صفحه ۱۱ و ۱ صفحه ۱۲	۵

محاسبات مربوط به وسایل انتقال حرکت

مقدمه : به‌منظور انتقال حرکت و تغییر تعداد دوران محور متحرک از وسایل انتقال حرکت پله‌ای و غیرپله‌ای استفاده می‌شود.

چرخ تسمه‌ها و جعبه دنده‌ها نمونه‌هایی از وسایل انتقال حرکت پله‌ای می‌باشند. به عنوان مثال در یک جعبه دنده تعداد دوران‌های ۴۵، ۶۳، ۹۰ و ۱۲۵ دور بر دقیقه وجود دارد که به‌صورت پله‌ای قابل تنظیم می‌باشد. شکل (۱ــ۱)

شکل ۱ــ۱ــ نمودار دستگاه انتقال حرکت پله‌ای

وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای به نحوی طراحی شده‌اند که تنظیم و تغییر تعداد دوران بین یک محدوده به‌صورت غیرپله‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک دستگاه تغییر دور غیرپله‌ای امکان تغییرات تعداد دوران بین ۵۰ تا ۳۰۰ دور بر دقیقه وجود دارد. شکل (۲ــ۱)

شکل ۲ــ۱ــ نمودار دستگاه انتقال حرکت غیر پله‌ای

وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای

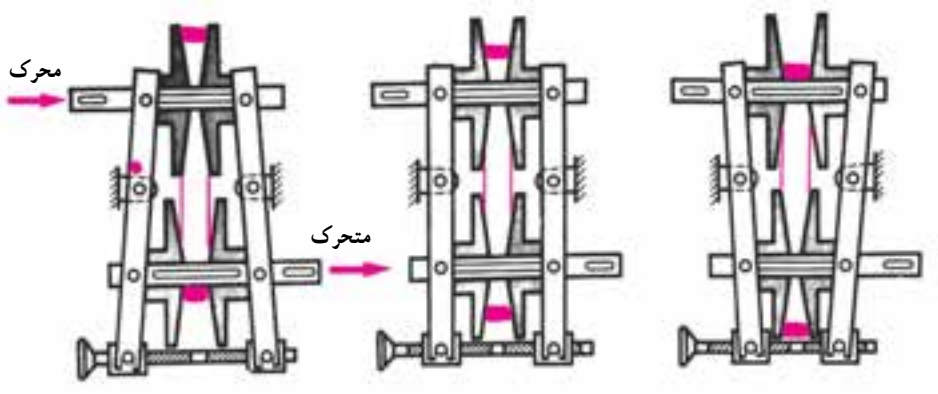
برای آنکه بتوان تعداد دوران میله کار ماشین‌های ابزار را در زمان براده‌برداری تنظیم نمود، آن‌ها را به وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای مجهز می‌کنند. این وسایل ممکن است با مکانیزم‌های مکانیکی، هیدرولیکی، پنوماتیکی و یا الکتریکی و در طرح‌های مختلف ساخته شوند.

۱ــ دستگاه تغییر دور مکانیکی توسط مخروط‌های قابل تنظیم : این دستگاه به نام PIV معروف است و از چهار پولک مخروطی که دو به‌دو روی دو محور موازی هم قرار گرفته‌اند تشکیل شده است.

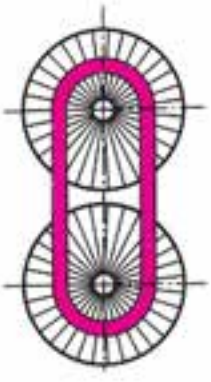
انتقال حرکت از محور محرک به محور متحرک از طریق زنجیر و یا تسمه پهنی امکان پذیر می‌گردد. زمانی که به وسیله پیچ تنظیم دو پولک مخروطی محور محرک را از هم دور کنیم، پولک‌های مخروطی محور متحرک به هم نزدیک می‌شوند و در نتیجه تسمه در بزرگترین قطر مؤثر چرخ متحرک قرار می‌گیرد. در این حالت حرکت محور متحرک کندتر می‌شود. شکل (۳ــ۱)

در صورتی که قطرهای مؤثر محور محرک و محور متحرک به یک اندازه تنظیم شوند، تعداد دوران تغییر نمی‌کند. شکل (۴ــ۱)

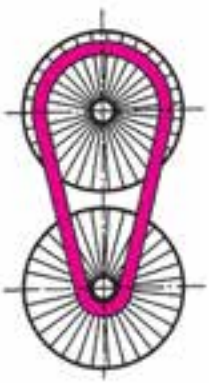
اگر پولک‌های مخروطی محور محرک را به هم نزدیک کنیم، پولک‌های مخروطی محور متحرک از هم دور شده و تسمه در کوچکترین قطر مؤثر چرخ متحرک قرار می‌گیرد. در این حالت حرکت محور متحرک تندتر می‌شود. شکل (۵ــ۱)



شکل ۳ــ۱ــ دور کند



شکل ۴ــ۱ــ بدون تغییر



شکل ۵ ــ۱ــ دور تند

تعداد دوران محور متحرک در دستگاه PIV را می‌توان از رابطه کلی نسبت انتقال حرکت در چرخ تسمه‌ها و با توجه به شکل (۶ــ۱) نتیجه گرفت.

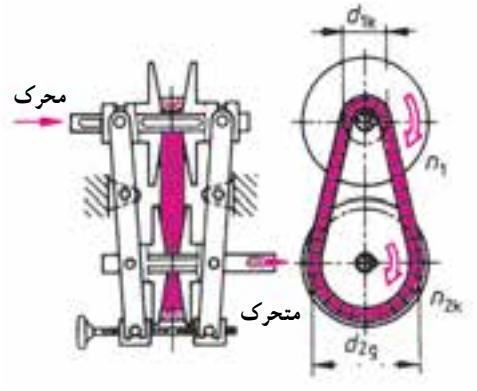
علائم اختصاری :

n_1 تعداد دوران محور محرک

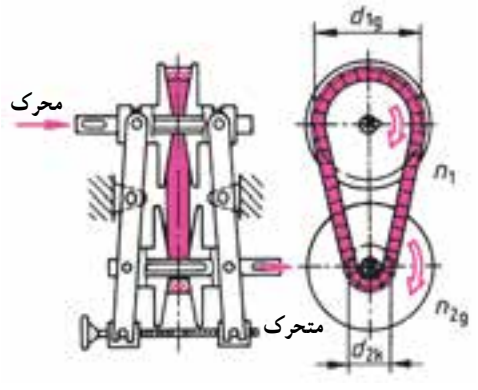
d_{2g} بزرگترین قطر مؤثر چرخ متحرک

n_{2k} کمترین تعداد دوران محور متحرک

i_k کمترین نسبت انتقال حرکت



دور کند



دور تند

شکل ۶ ــ۱ــ دستگاه PIV

$n_{۲g}$ بیشترین تعداد دوران محور متحرک

i_g بیشترین نسبت انتقال حرکت

$d_{۱k}$ کوچکترین قطر مؤثر چرخ محرک

B نسبت دامنه تغییرات تعداد دوران

$d_{۱g}$ بزرگترین قطر مؤثر چرخ محرک

$d_{۲k}$ کوچکترین قطر مؤثر چرخ متحرک

$$i = \frac{n_۱}{n_۲} = \frac{d_۲}{d_۱}$$

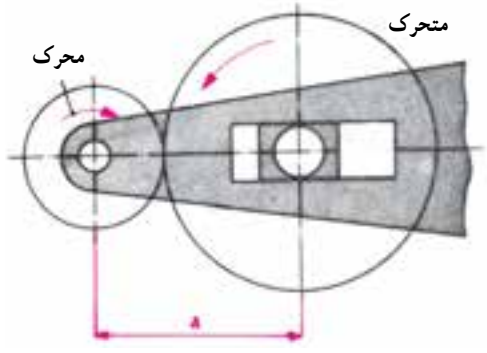
$$i_k = \frac{n_۱}{n_{۲g}} = \frac{d_{۲k}}{d_{۱g}} \qquad ig = \frac{n_۱}{n_{۲k}} = \frac{d_{۲g}}{d_{۱k}}$$

$$\boxed{n_{۲g} = n_۱ \times \frac{d_{۱g}}{d_{۲k}}} \qquad \boxed{n_{۲k} = n_۱ \times \frac{d_{۱k}}{d_{۲g}}}$$

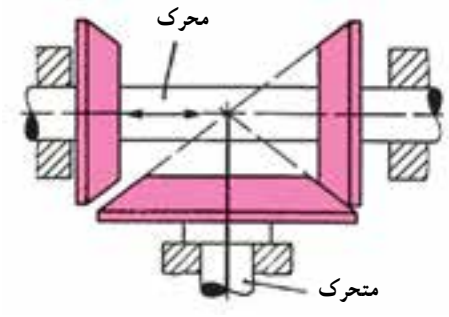
در وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای، نسبت بیشترین تعداد دوران محور متحرک به کمترین تعداد دوران آن را دامنه تغییرات تعداد دوران می‌نامند.

$$\boxed{B = \frac{n_{۲}g}{n_{۲}k}}$$

۲ــ چرخ‌های اصطکاکی : برای انتقال نیروهای کم از چرخ‌های اصطکاکی استفاده می‌شود. این چرخ‌ها را در فرم‌های مختلف از جمله استوانه‌ای شکل و مخروطی شکل طراحی می‌کنند.



چرخ اصطکاکی استوانه‌ای



چرخ اصطکاکی مخروطی

این چرخ‌ها جزو وسایل انتقال حرکت به‌حساب می‌آیند و فقط وظیفه انتقال دوران از محور محرک به محور متحرک را با نسبت ثابتی به‌عهده دارند. لذا رابطه کلی آن‌ها را می‌توان از تساوی سرعت محیطی چرخ محرک و متحرک نتیجه گرفت :

$v_۱ \quad v_۲$

$d_۱ \times \pi \times n_۱ \quad d_۲ \times \pi \times n_۲$

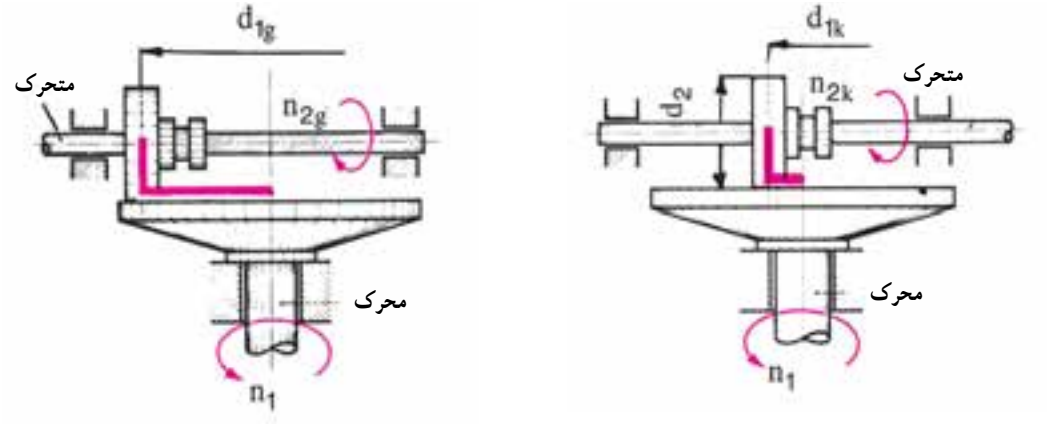
$$\boxed{d_۱ \times n_۱ = d_۲ \times n_۲}$$

$$\boxed{i = \frac{n_۱}{n_۲} = \frac{d_۲}{d_۱}}$$

فاصله محور چرخ محرک و متحرک را می‌توان با توجه به شکل از رابطه زیر به‌دست آورد :

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

۳ــ وسایل تغییر دور مجهز به چرخ‌های اصطکاکی : از چرخ‌های اصطکاکی به‌منظور تغییر تعداد دوران محور متحرک نیز استفاده می‌شود این وسایل جزو وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای می‌باشند؛ و در فرم‌های مختلف از جمله بشقابی شکل و مخروطی شکل ساخته می‌شوند.



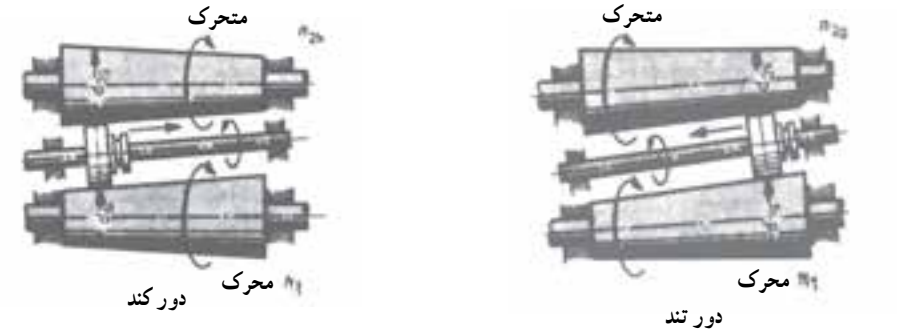
دور تند　　دور کند

چرخ اصطکاکی بشقابی

d_{2g}　d_{2k}　d_2

$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_2}{d_{1g}} \qquad ig = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_2}{d_{1k}}$$

$$n_{2g} = n_1 \times \frac{d_{1g}}{d_2} \qquad n_{2k} = n_1 \times \frac{d_{1k}}{d_2}$$



دور کند　　دور تند

چرخ اصطکاکی مخروطی

$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_2}{d_{1g}} \qquad i_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_2}{d_{1k}}$$

$$n_{2g} = n_1 \times \frac{d_{1g}}{d_{2k}} \qquad n_{2k} = n_1 \times \frac{d_{1k}}{d_{2g}}$$

فصل اول

انتقال حرکت

پرسش

از هنرجویان سؤال شود : چرخ تسمه‌ها و چرخ های اصطکاکی چه وظیفه‌ای دارند؟ ویژگی‌های مثبت و منفی انتقال حرکت با چرخ تسمه و چرخ اصطکاکی را بیان کنید. بعد از دریافت نظر هنرجویان و منعکس کردن مطالب آن‌ها روی تابلو چند مثال نیز اضافه شود (لازم به ذکر است نوشتن مطالب می‌تواند توسط یک هنرجوی خوش‌خط صورت گیرد تا هنرجویان نیز به مشارکت در کلاس تشویق گردند) کاربرد چرخ تسمه‌های مخروطی PIV و چرخ‌های اصطکاکی را به‌صورت زیر می‌توان بیان کرد.

استفاده از چرخ تسمه‌های مخروطی در دستگاه جمع کردن کاغذ روی غلطک

استفاده از چرخ تسمه‌های مخروطی در ماشین ابزار CNC برای تنظیم دور محور حسب برنامه ماشین

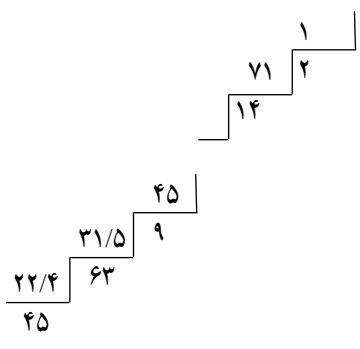
استفاده از چرخ‌های اصطکاکی در دستگاه همزن

استفاده از چرخ تسمه‌های اصطکاکی در دستگاه لوله گردان

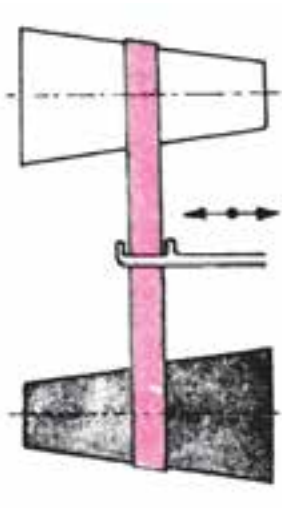
وسایل انتقال حرکت

امروزه در اکثر ماشین‌ها و مخصوصاً ماشین‌های ابزار از الکتروموتور به عنوان تأمین‌کننده حرکت اصلی استفاده می‌شود که معمولاً عده دوران ثابتی داشته و نمی‌توانند تمامی نیازهای حرکت و گشتاور را تأمین نمایند لذا لازم است از وسایلی استفاده شود که بتوانند علاوه بر انتقال حرکت از یک محور به محور دیگر نقش تغییردهنده مقدار دورها، جهت دور و نوع حرکت (خطی، دورانی) را نیز بازی نمایند. این وسایل به نام وسایل انتقال حرکت معروفند که می‌توان به چرخ تسمه‌ها، چرخ دنده‌ها، چرخ زنجیرها، چرخ‌های اصطکاکی و پیچ و مهره اشاره کرد.

وسایل انتقال حرکت پله‌ای : در این وسایل تنظیم و تغییر عده دوران در یک محدوده خاص تدریجی نبوده و بلکه به صورت پله‌ای امکان‌پذیر است به عنوان مثال می‌توان به عده دوران‌های جعبه دنده اصلی ماشین تراش TN۴۰ و TN۵۰ شرکت ماشین‌سازی تبریز اشاره کرد (شکل زیر) و دستیابی به سرعت‌های دیگر در این مکانیزم وجود ندارد.



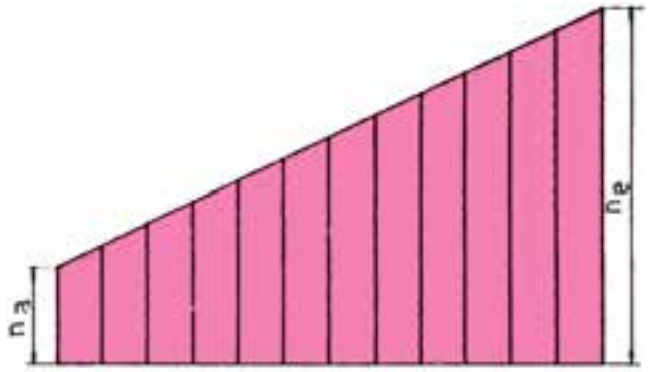
TN 40 - 50	z_1 z_2		z_2 z_1	
	22,4	180	45	355
	31,5	250	63	500
	45	355	90	710
	63	500	125	1000
	90	710	180	1400
	125	1000	250	2000
	تعداد دوران قابل تنظیم میله کار U/min			

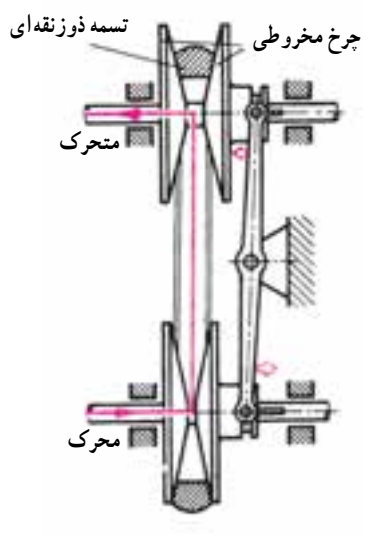


وسایل انتقال حرکت غیرپله‌ای : در دستگاه‌های غیرپله‌ای بین کمترین دوران محور خروجی (nek)Cحداکثر دوران خروجی neg می‌توان تمام دوران‌ها را ایجاد کرد ضمن اینکه دستگاه در حال کار است.

طبقه‌بندی وسایل انتقال حرکت

۱ــ انتقال حرکت توسط چرخ تسمه‌ها
۲ــ انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی
۳ــ انتقال حرکت توسط چرخ زنجیر
۴ــ انتقال حرکت توسط چرخ دنده‌ها
۵ــ انتقال حرکت توسط چرخ و شانه
۶ــ انتقال حرکت توسط چرخ حلزون و پیچ حلزون
۷ــ انتقال حرکت توسط پیچ و مهره



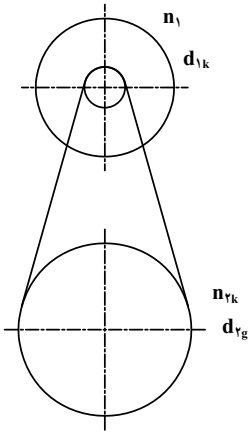


انتقال حرکت توسط چرخ تسمه‌های غیر پله‌ای مخروطی (PIV) : از چهار مخروط ناقص استفاده شده که دو به دو مقابل یکدیگر قرار گرفته و با تغییر فاصله آن‌ها می‌توان از طریق یک تسمه حرکت را از یک محور به محور دیگر منتقل نمود سیستم کار این دستگاه به این ترتیب است که با دور کردن مخروط‌های سوار شده در روی یکی از محورها، مخروط‌های محور دیگر به هم نزدیک می‌شوند و بنابراین نیروی کشش تسمه در تمامی حالات یکنواخت می‌ماند. جابه‌جایی مخروط‌های سوار شده روی یکی از محورها می‌تواند توسط مکانیزم پیچ و مهره با دست، استفاده از سیستم هوای فشرده پنوماتیک، استفاده از روغن تحت فشار هیدرولیک، استفاده از الکتروموتور و جعبه دنده و .... انجام شود.

در دستگاه PIV، به دلیل اهرم‌بندی خاص، چرخ محرک و چرخ متحرک برعکس هم تغییر قطر می‌دهند یعنی اگر قطر محرک زیاد شود (دو نیم مخروط به هم نزدیک شوند)، چرخ متحرک کاهش قطر می‌دهد (دو نیم مخروط از هم فاصله می‌گیرند)

برای دانش‌آموز دو حالت اصلی را بررسی می‌کنیم.

حالت اول : قطر چرخ محرک در کمترین حالت خود و قطر چرخ متحرک در بزرگترین حالت قرار دارد، دوران محور محرک



ثابت است و در چرخ متحرک به علت افزایش قطر دوران کاهش می‌یابد پس می‌توان فرمول نسبت انتقال را به‌صورت زیر نوشت :

$i_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_{2g}}{d_{1k}}$ بیشترین نسبت انتقال حرکت نسبت در دور کند (n_{2k})

(موافق / مخالف)

نکته : اندیس i با صورت رابطه برابر و برعکس طرح است.

حالت دوم : قطر چرخ محرک در بزرگترین حالت خود و چرخ متحرک دارای کمترین قطر است پس با بیشترین دوران می‌چرخد.

پس می‌توان فرمول نسبت انتقال را به صورت زیر نوشت :

$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_{2k}}{d_{1k}}$ کمترین نسبت انتقال حرکت نسبت در دور تند (n_{2g})

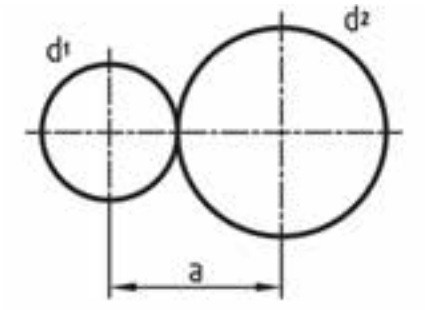
برای مقایسه بیشترین دوران خروجی (n_{2g}) نسبت به کمترین دوران خروجی از رابطه B نسبت دامنه تغییرات دور استفاده می‌کنیم.

$B = \frac{n_{2}g}{n_{2}k} =$

اگر به‌جای n_{2g} و n_{2k} از فرمول ig و ik معادل قرار دهیم رابطه B کامل‌تر خواهد شد.

$$\frac{i_g}{i_k} = \frac{d_{1g} \times d_{2g}}{d_{1k} \times d_{2k}}$$

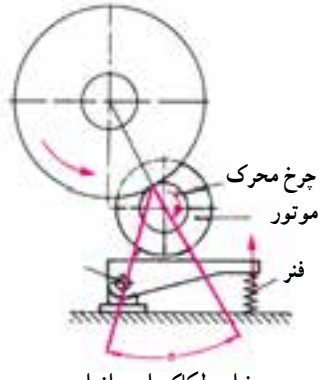
انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی استوانه‌ای و مخروطی



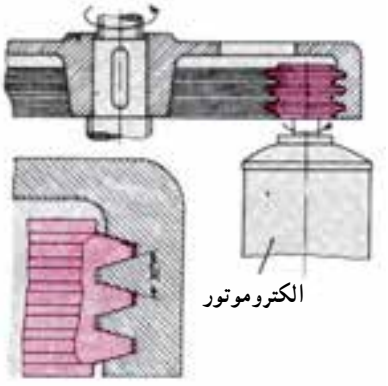
برای انتقال نیروهای کم از انتقال حرکت توسط چرخ‌های اصطکاکی استفاده می‌شود در این سیستم فشار وارد آمده به یاتاقان‌های چرخ زیاد است رابطه دورها و قطرها در آن‌ها عبارتند از :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

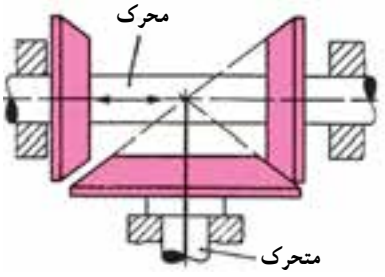
و برای به دست آوردن فاصله دو محور a در چرخ‌های استوانه‌ای از رابطه $a = \frac{d_1 + d_2}{2}$ استفاده می‌کنند.



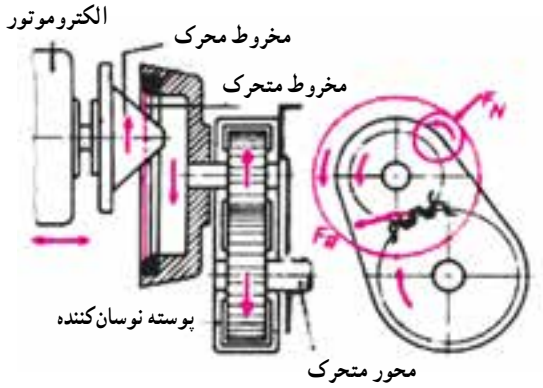
چرخ اصطکاکی استوانه‌ای

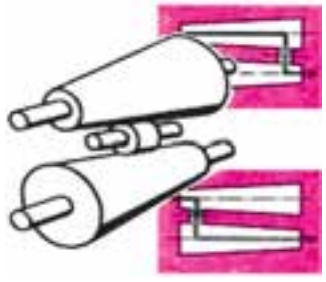


چرخ اصطکاکی گوه‌ای



چرخ اصطکاکی مخروطی





چرخ‌های اصطکاکی علاوه بر انتقال حرکت برای تغییر تعداد دوران محور متحرک نیز کاربرد دارند و رابطه عده دوران و قطرها با کمی تغییر در نوشتار به صورت زیر می‌باشد.

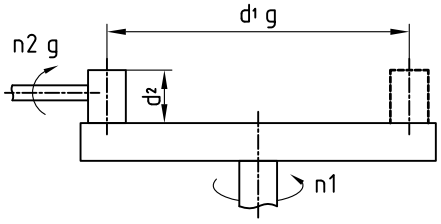
دستگاه تغییر دور غیرپله‌ای اصطکاکی بشقابی: در این دستگاه از دو چرخ استوانه‌ای عمود بر هم استفاده می‌شود که چرخ رویی کوچک بوده و می‌تواند روی محور خود حرکت رفت و برگشت داشته باشد که همین امر باعث تغییر در دوران محور خروجی می‌شود. باید یادآور شد که چرخ کوچک رویی دارای قطری ثابت است علاوه بر دوران محور محرک که آن نیز ثابت است. پس قطر چرخ کوچک رویی اندیس g یا k نمی گیرد.

این دستگاه را در دو حالت بررسی می‌کنیم.

دینام به چرخ بزرگ متصل است (چرخ بزرگ محرک است)

۱ــ چرخ کوچک در دورترین فاصله از مرکز چرخ محرک و بزرگ

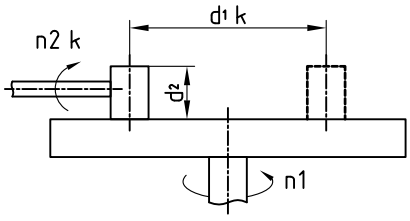
چرخ کوچک با بزرگترین قطر چرخ محرک در تماس است پس با حداکثر محیطی چرخ بزرگ دوران می‌کند پس n_{2g} خواهد بود.



(قطر چرخ بزرگ محور تقارن چرخ کوچک تا قرینه آن)

$$i_g = \frac{n_1^{\text{ثابت}}}{n_{2k}} = \frac{d_2^{\text{ثابت}}}{d_{1g}}$$

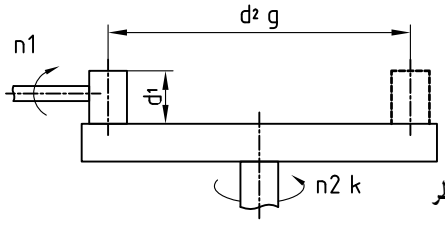
۲ــ چرخ کوچک در نزدیک‌ترین فاصله به مرکز چرخ محرک (بزرگ)

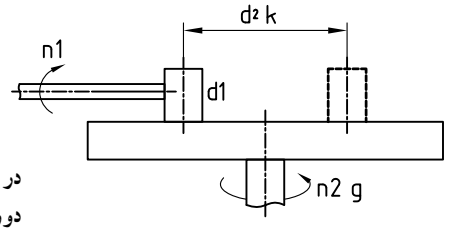


$$ig = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_2}{d_{1k}}$$

نسبت دامنه تغییرات دور $B = \frac{n_{2g}}{n_{2k}} = \frac{ig}{ik}$

دینام به چرخ کوچک متصل است (چرخ کوچک محرک است)





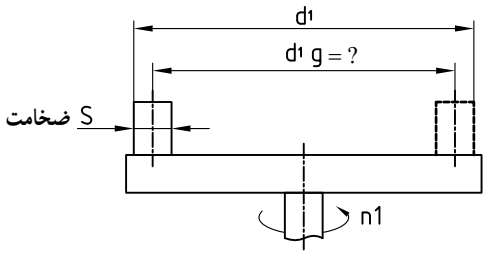
در چرخ متحرک با افزایش قطر دوران کاهش می‌یابد.

$d_{2g} \Rightarrow n_{2k}$

$$= \frac{}{n_2} = \frac{}{d_1}$$

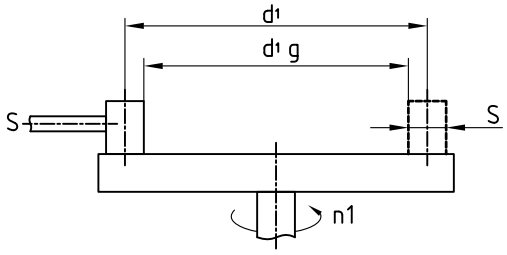
$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_{2k}}{d_1}$$

$$B = \frac{n_{2g}}{n_{2k}} = \frac{ig}{ik}$$



اگر در چرخ‌های اصطکاکی بشقابی پشت تا پشت چرخ کوچک داده شود باید ضخامت چرخ کوچک را از آن کم کرد تا به وسط تا وسط چرخ کوچک یعنی قطر چرخ بزرگ رسید.

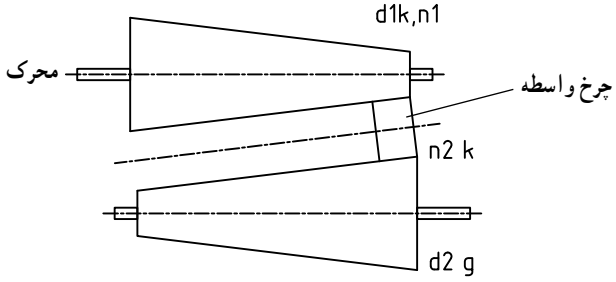
مثال : d_{1g} d_1 S



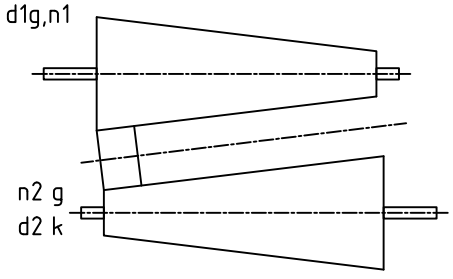
و در صورتی که داخل تا داخل چرخ کوچک داده شود آن را با ضخامت جمع می‌کنیم.

d_{1g} d_1 S

۳ــ دستگاه تغییر دور غیرپله‌ای مخروطی: در این دستگاه از دو مخروط ناقص مشابه که برعکس یکدیگر روی دو محور محرک و متحرک قرار گرفته‌اند استفاده می‌شود که توسط یک چرخ اصطکاکی استوانه‌ای باهم مرتبط هستند که این چرخ واسطه می‌تواند روی محور خود حرکت رفت یا برگشتی داشته باشد با جابه‌جا کردن چرخ واسطه دوران محور خروجی از n_{2g} تا n_{2k} تغییر می‌کند.



$$i_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_{2g}}{d_{1k}}$$



$$i_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_{2k}}{d_{1g}}$$

$$B = \frac{n_{2g}}{n_{2k}} = \frac{ig}{ik} = \frac{d_{1g} \times d_{2g}}{d_{1k} \times d_{2k}}$$

از هنرجویان پرسیده شود :

۱ــ با چه مکانیزم‌هایی می‌توان مخروط‌ها و چرخ اصطکاکی متحرک را (بشقابی) و چرخ واسطه مخروطی را جابجا کرد تا دور براساس آن تغییر کند.

۲ــ شکل کتاب چه مکانیزمی را نشان می‌دهد.

۳ــ انتقال حرکت با چرخ‌های PIV دارای چه مزایا و معایبی است.

۴ــ آیا تاکنون چنین مکانیزم‌هایی را دیده‌اید؟

جواب سؤال ۱ : پیچ و مهره توسط اهرم دستی، چرخ و شانه، چرخ حلزون و پیچ حلزون لازم به ذکر است محرک اولیه می‌تواند اهرم دستی، الکتروموتور، موتور بادی، موتور هیدرولیکی و الکتروموتور باشد.

جواب سؤال ۲ : پیچ و مهره تنظیم دستی

جواب سؤال ۳ : حرکت نرم و بدون لرزش، تنظیم در حین کار از مزایا و افت دور و لغزش از عیوب آن می‌باشد. به طوری که سرعت محیطی محور متحرک از سرعت محیطی محور محرک کمتر می‌شود.

جواب سؤال ۴ : اگر هنرجو جوابش بله است می‌تواند پای تابلو آمده و با رسم شکل اختصاری توضیح دهد.

جلسه سوم

ردیف	برنامه زمان‌بندی	زمان به (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس، احوالپرسی، حضور و غیاب بررسی دفاتر هنرجویان از نظر حل تمرین‌ها	۱
۲	حل تمرین‌های در نظر گرفته شده ۱ و ۳ صفحه ۹	۲
۳	حل تمرین‌های در نظر گرفته شده ۵ و ۶ صفحه ۱	۲
۴	حل تمرین‌های در نظر گرفته شده ۷ و ۸ و ۹صفحه ۱۱	۳
۵	حل تمرین‌های در نظر گرفته شده ۱ صفحه ۱۲	۱

تمرین ۱ صفحه ۹ :

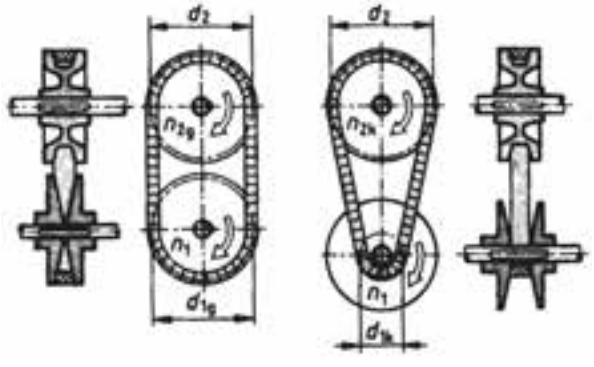
حل :

B ۴:۱

n_1 ۲۸۰۰u/min

d_1 ۱۵۵mm

d_2 d_{2g} d_{2k} ۱۵۵m چرخ متحرک ثابت فرض شده است



n_{2g} ?

n_{2k} ?

الف) $\frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_2}{d_{1g}} \Rightarrow n_{2g} = \frac{2800 \times 155}{155} = 2800\,u/min$

d_{1k} ?

ب) $B = \frac{n_{2g}}{n_{2k}} \Rightarrow \frac{4}{1} = \frac{2800}{n_{2k}} \Rightarrow n_{2k} = \frac{2800}{4} = 700\,u/min$

I_g ?

$I_g = \frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{2800}{700} = 4:1$

I_k ?

$I_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{2800}{2800} = 1:1$

تمرین ۳ صفحه ۹ و ۱۰ :

چرخ متحرک و محرک ثابت فرض شده است

$n_۱$ ۹۰۰u/min

$d_{۱g}$ $d_{۲g}$ ۳۵۴mm

$d_{۱k}$ $d_{۲k}$ ۱۱۲mm

حل :

I_g ?

الف) $I_g = \frac{d_۲}{d_{۱k}} = \frac{۳۵۴}{۱۱۲}$

$n_{۲k}$?

$I_g = \frac{n_۱}{n_{۲k}} \Rightarrow \frac{۳۵۴}{۱۱۲} = \frac{۹۰۰}{n_{۲k}} \Rightarrow n_{۲k} = \frac{۹۰۰\times۱۱۲}{۳۵۴} = ۲۸۴/۷۴ \text{u/min}$

I_k ?

ب) $I_k = \frac{d_۲}{d_{۱g}} = \frac{۱۱۲}{۳۵۴}$

$n_{۲g}$?

$I_k = \frac{n_۱}{n_{۲g}} \Rightarrow \frac{۱۱۲}{۳۵۴} = \frac{۹۰۰}{n_{۲g}} \Rightarrow n_{۲g} = \frac{۹۰۰\times۳۵۴}{۱۱۲} = ۲۸۴۴/۶ \text{u/min}$

B ?

ج) $B = \frac{n_{۲g}}{n_{۲k}} = \frac{۲۸۴۴}{۲۸۴/۷} \simeq ۱۰:۱$

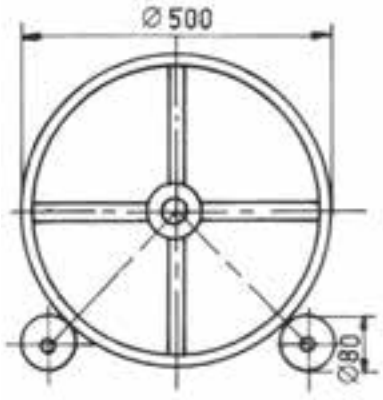
مسئله ۵ ص ۱۰ :

لوله گردان مطابق شکل با سرعت محیطی ۲۴ متر بر دقیقه می‌گردد. مطلوب است محاسبه :

الف) تعداد دوران لوله.

ب) تعداد دوران قرقره‌های محرک.

ج) تعداد دوران لوله در شرایطی که به دلیل فرسودگی از قطر آن ۱۲ میلی‌متر کم شود.



الف) $V_۲ = \frac{d_۲.\pi.n}{۱۰۰۰} \Rightarrow ۲۴ = \frac{۵۰۰\times۳/۱۴\times n_۲}{۱۰۰۰}$

$n_۲$ ۱۵/۲۸ عده دوران لوله

$V_۱$ $V_۲$

$V_۲ = \frac{d_۱\times\pi\times n}{۱۰۰۰} \Rightarrow ۲۴ = \frac{۸۰\times۳/۱۴\times n_۱}{۱۰۰۰}$

ب) $n_۱ = \frac{۲۴\times۱۰۰۰}{۸۰\times۳/۱۴} = ۹۵/۵ \text{ u/min}$

ج) $\frac{n_۱}{n_۲} = \frac{d_۲}{d_۱} \Rightarrow \frac{۹۵/۵}{n_۲} = \frac{۵۰۰-۱۲}{۸۰}$

$n_۲ = \frac{۹۵/۵\times۸۰}{۴۸۸} = ۱۵/۶۶ \text{u/min}$

تمرین ۶ صفحه ۱۰ :

حل :

$d_۱$ ۵۰ mm

$I = \frac{d_۲}{d_۱} = \frac{۷۵}{۵۰} = ۱/۵:۱$

d_2 ۷۵ mm

n_1 ۱۲۰ u/min

I ?

n_2 ?

$I = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{۱/۵}{۱} = \frac{۱۲۰}{n_2}$

n_2 ۸۰ u/min

تمرین ۷ صفحه ۱۱ :

n_1 ۱۰۰ u/min

n_2 ۳۰۰ u/min

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$

$\frac{۱۰۰}{۳۰۰} = \frac{d_2}{d_1}$

a ۳۶۰ mm

$a = \frac{d_1 + d_2}{۲}$

$۳۶۰ = \frac{d_1 + d_2}{۲}$

حل :

$$\Rightarrow \begin{vmatrix} d_1 = ۳d_2 \\ d_1 + d_2 = ۷۲۰ \end{vmatrix} \Rightarrow ۳d_2 + d_2 = ۷۲۰$$

$۴d_2$ ۷۲۰

$d_2 = \frac{۷۲۰}{۴} = ۱۸۰ mm$

d_1 $۳d_2$ ۳×۱۸۰ ۵۴۰ mm

مسئله ۸ صفحه ۱۱ :

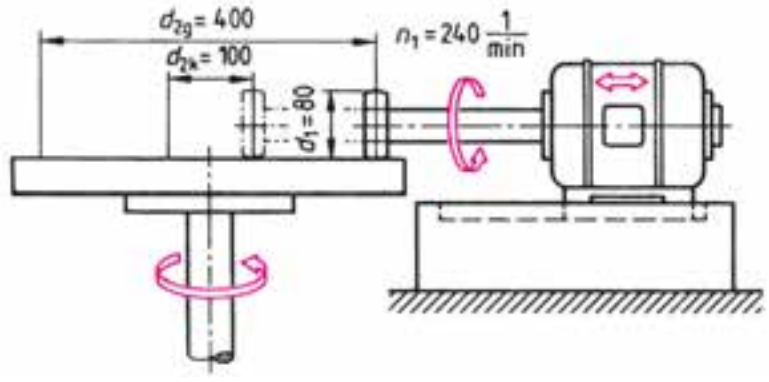
تعداد دوران محور محرک چرخ اصطکاکی شکل برابر ۲۴۰ دور بر دقیقه می‌باشد. حساب کنید :

الف) بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین نسبت انتقال حرکت را.

ب) بیشترین و کمترین تعداد دوران چرخ متحرک را.

ج) نسبت دامنه تغییر دور را.

قطر چرخ محرک ثابت است.



الف) $I_g = \frac{d_{2g}}{d_1} = \frac{۴۰۰}{۸۰} = ۵۰:۱$

الف) $I_k = \frac{d_{2k}}{d_1} = \frac{۱۰۰}{۸۰} = ۱/۲۵:۱$

ب) $\frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{d_{2k}}{d_1} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{n_{2g}} = \frac{۱۰۰}{۸۰} \Rightarrow n_{2g} = \frac{۲۴۰\times۸۰}{۱۰۰} = ۱۹۲ u/min$

ب) $\frac{n_1}{n_{2k}} = \frac{d_{2g}}{d_1} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{n_{2k}} = \frac{۴۰۰}{۸۰} \Rightarrow n_{2k} = \frac{۲۴۰\times۸۰}{۴۰۰} = ۴۸ u/min$

$B = \frac{n_{2g}}{n_{2k}} = \frac{۱۹۲}{۴۸} = ۴:۱$

تمرین ۹ صفحه ۱۱ :

I_g ?

n_{2k} ?

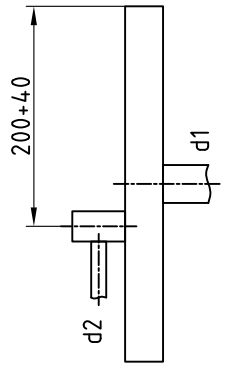
I_k ?

n_{2g} ?

n_1 ۱۹۶ u/min

d_2 ?

I ?



حل :

الف) $I_g = \frac{d_2}{d_{1k}} = \frac{۹۶}{۲۴۰} = ۱:۲/۵$ یا ۰/۴

$I_g = \frac{n_1}{n_{2k}} \Rightarrow \frac{۱}{۲/۵} = \frac{۴۸}{n_{2k}} \Rightarrow n_{2k} = ۱۲۰ u/min$

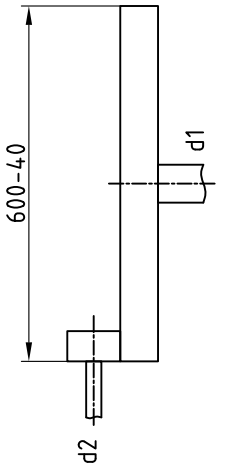
ب) $I_k = \frac{d_2}{d_{1g}} = \frac{۹۶}{۵۶۰} = ۵/۸:۱$ یا ۰/۱۷

$I_k = \frac{n_1}{n_{2g}} = \frac{۹۶}{۵۶۰} = \frac{۴۸}{n_{2g}} \Rightarrow n_{2g} = ۲۸۰ u/min$

ج) $\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{۴۸}{۱۹۶} = \frac{۹۶}{d_1}$

$\Rightarrow d_1 = \frac{۱۹۶\times۹۶}{۴۸} = ۳۹۲ mm$

$I = \frac{d_2}{d_1} = \frac{۹۶}{۳۹۲} = ۱:۴$



مسئله ۱۰ صفحه ۱۲ :

$n_۱$ ۵۰۰ u/min

$d_{۱k}$ $d_{۲k}$ ۶۰ mm

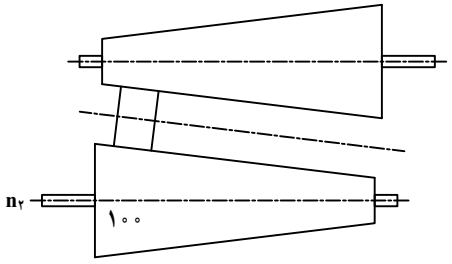
$d_{۱g}$ $d_{۲g}$ ۱۰۰mm

I_g ?

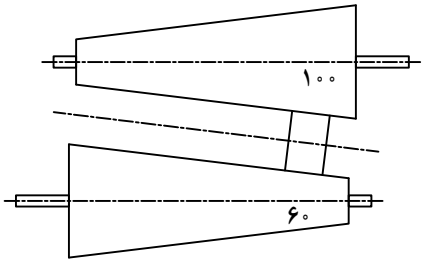
$n_{۲k}$?

I_k ?

$n_{۲g}$?



(درگیری ۱)



(درگیری ۲)

$$I_g = \frac{d_{۲g}}{d_{۱k}} = \frac{۱۰۰}{۶۰} = ۱۰:۶$$

$$I_g = \frac{n_۱}{n_{۲k}} \Rightarrow \frac{۱۰}{۶} = \frac{۵۰۰}{n_{۲k}} \Rightarrow n_{۲k} = \frac{۵۰۰\times۶}{۱۰} = ۳۰۰ u/min$$

$$I_k = \frac{d_{۲k}}{d_{۱g}} = \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۶:۱۰$$

$$I_k = \frac{n_۱}{n_{۲g}} = \frac{۶}{۱۰} = \frac{۵۰۰}{n_{۲g}} \Rightarrow n_{۲g} = \frac{۵۰۰\times۱۰}{۶} = \frac{۵۰۰۰}{۶} = ۸۳۳ u/min$$

جلسه چهارم

ردیف	برنامه زمان‌بندی جلسه چهارم	زمان به (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس شامل احوالپرسی و حضور و غیاب، بررسی وضعیت هنرجویان	۱
۲	تدریس مبحث محاسبه اجزای چرخ‌دنده ساده با رسم مقطع چرخ دنده روی تابلو	۱۵
۳	تدریس مبحث محاسبات انتقال حرکت توسط چرخ دنده‌های ساده با نسبت ساده، دوبل و مرکب	۳
۴	حل مسئله نمونه صفحه ۱۵ کتاب	۱
۵	حل مسئله نمونه صفحه ۱۶ کتاب	۱
۶	حل مسئله نمونه صفحه ۱۷ کتاب	۱
۷	مشخص کردن تکالیف هنرجویان برای منزل	۵

پرسش

ـ **از هنرجویان سؤال شود** : چرخ دنده‌ها چه وظیفه‌ای دارند؟

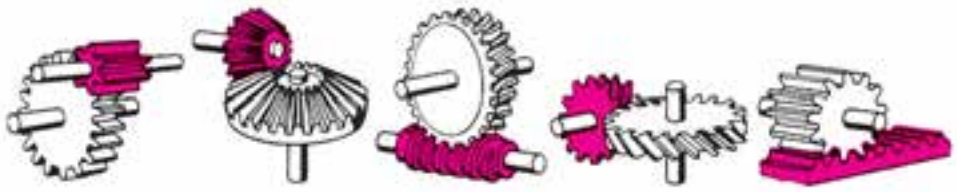
ـ در ماشین تراش استفاده از دنده‌ها در کدام قسمت از ماشین و به چه منظوری به کار گرفته شده است؟

جواب : از چرخ دنده‌ها برای انتقال حرکت و همچنین تغییر عده دوران در مکانیزم‌ها استفاده می‌شود. انتقال بدون لغزش و افت دور، با نسبت و قدرت بالا از مزایای آن و سرو صدا و لزوم نگهداری خصوصاً روانکاری از معایب آن به‌حساب می‌آید.

در جعبه دنده اصلی ماشین تراش برای دستیابی به دوره‌های مختلف سه نظام، در جعبه دنده پیچ‌بری و پیشروی ماشین تراش برای دستیابی به سرعت اتومات سوپرت طولی و عرضی، در بسیاری از جاها از دنده‌ها استفاده شده است.

محاسبات مربوط به انتقال حرکت با چرخ‌دهنده

با انواع چرخ‌دنده‌ها امکان انتقال نیروهای زیاد بدون افت دور امکان‌پذیر است. در صنعت انواع مختلف چرخ‌دهنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در شکل زیر نمونه‌ای از آن‌ها را مشاهده می‌نمایید.



چرخ و شانه — چرخ دنده مارپیچی — حلزون و چرخ حلزون — چرخ دنده مخروطی — چرخ دنده ساده

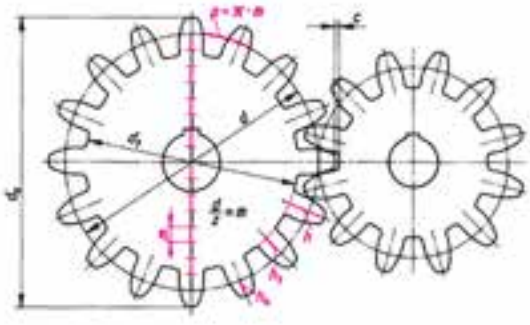
نمونه‌هایی از انواع چرخ‌دنده‌ها

۱ــ محاسبه اجزای چرخ‌دنده ساده : انتقال حرکت و نیرو در چرخ‌دنده‌ها روی دایره‌ای موسوم به دایره تقسیم که همان دایره گام می‌باشد انجام می‌گیرد. شایان توجه است که سرعت محیطی دو چرخ‌دنده روی این دایره سنجیده می‌شود.

گام عبارت است از فاصله بین دو دندانه چرخ‌دنده روی دایره گام . تعداد گام در هر چرخ‌دنده نشان‌دهنده تعداد دندانه آن چرخ‌دنده می‌باشد. در شکل زیر اجزای چرخ دنده ساده معرفی شده است.

علائم اختصاری :

d	قطر دایره گام	h_a	ارتفاع سر دندانه
d_a	قطر سر دندانه	h	ارتفاع پای دندانه
d	قطر پای دندانه	z	تعداد دندانه
m	مدول	c	لقی سردندانه
p	گام	b	ضخامت دندانه
h	ارتفاع دندانه		



محیط دایره گام (U) را می‌توان از حاصل‌ضرب گام در تعداد دندانه به‌دست آورد.

$$U \quad p \times z$$

از طرف دیگر محیط دایره گام برابر است با :

$$U \quad \pi \times d$$

بنابراین می‌توان نوشت :

$$\pi \times d = p \times z \Rightarrow d = \frac{p \times z}{\pi}$$

حاصل تقسیم گام برعدد π در چرخ‌دنده‌ها را مدول[1] می‌نامند. لذا خواهیم داشت :

$$\frac{p}{\pi} = m \Rightarrow \boxed{p = \pi \times m}$$

و با جایگزینی رابطه گام در رابطه قطر دایره گام خواهیم داشت :

$$d = \frac{p \times z}{\pi} = \frac{\pi \times m \times z}{\pi} \Rightarrow \boxed{d = m \times z}$$

۱ــ مدول یک عدد انتخابی و بر حسب میلی‌متر «در سیستم متریک» است که نشان‌دهندهٔ بزرگی یا کوچکی دندانه چرخ‌دنده می‌باشد.

بین پای دندانه یک چرخ و سر دندانه چرخ دوم لازم است مقداری لقی «c» درنظر گرفته شود. مقدار این لقی بر حسب نوع ساخت از ۰/۱ تا ۰/۴ مدول استاندارد شده است. در صورتی‌که مدول، تعداد دندانه و مقدار لقی در دسترس باشد می‌توان به‌منظور ساخت یک چرخ‌دنده محاسبات لازم را انجام داد.

ارتفاع سر دندانه همیشه برابر مدول انتخاب می‌شود بنابراین ارتفاع پای دندانه برابر مدول به اضافه مقدار لقی انتخابی خواهد شد.

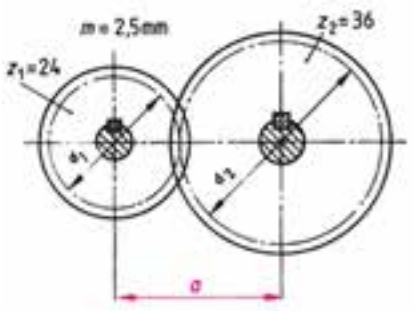
با توجه به مطالب مذکور روابط چرخ‌دنده ساده را در جدول زیر مشاهده می‌نمایید.

جدول ۱ــ روابط چرخ دنده ساده

مدول = ارتفاع سردندانه	$h_a=m$
لقی سردندانه + مدول = ارتفاع ته دندانه	$h_f=m+c$
ارتفاع ته دندانه+ ارتفاع سر دندانه = ارتفاع دندانه (عمق فرزکاری)	$h= h_a + h_f$ $h= ۲m + c$
۲ برابر ارتفاع سردندانه + قطر دایره گام = قطر سردندانه	$d_a = d + ۲ \times ha$ $d_a = m \times z + ۲ \times m$ $d_a = m \times (z + ۲)$
۲ برابر ارتفاع پای دندانه – قطر دایره گام= قطر ته دندانه	$d_f = d - f \times h_f$ $d_f = d - ۲ (m +c)$

ضخامت دندانه چرخ‌دنده بستگی به مقدار نیروی انتقالی دارد و مقدار آن را معمولاً بین ۶ تا ۱۵ برابر مدول و در نیروهای متوسط تقریباً ۱۰ برابر مدول درنظر می‌گیرند.

۲ــ محاسبه فاصله بین محورها : فاصله محوری در دو چرخ دنده خارجی درگیر با هم (مطابق شکل) از مجموع نصف قطر دایره‌های گام دو چرخ‌دنده به‌دست می‌آید. شایان توجه است که در دو چرخ‌دنده درگیر با هم قطر دایره‌های گام بر هم مماس می‌باشند و هر دو بایستی مدول واحدی داشته باشند.



علائم اختصاری :

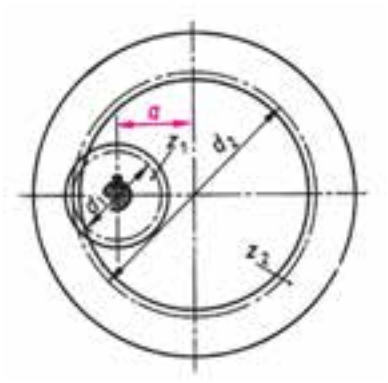
a فاصله بین دو محور

m مدول

$z_۱$ تعداد دندانه چرخ‌دنده محرک

$z_۲$ تعداد دندانه چرخ‌دنده متحرک

$$a = \frac{d_۱ + d_۲}{۲} = \frac{m \times z_۱ + m \times z_۲}{۲} \Rightarrow \boxed{a = \frac{m(z_۱ + z_۲)}{۲}}$$



اندازه فاصله دو محور (a) در چرخ‌دنده‌های داخلی با توجه به شکل از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

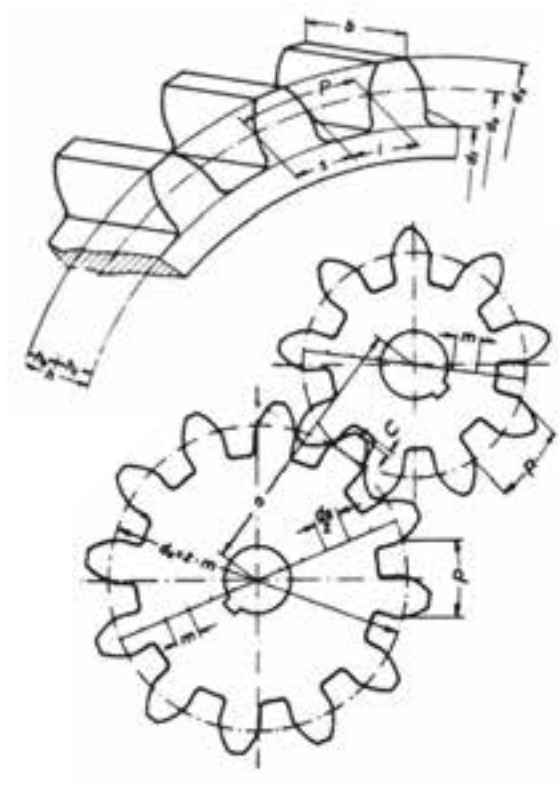
$$a = \frac{d_1 - d_2}{2}$$

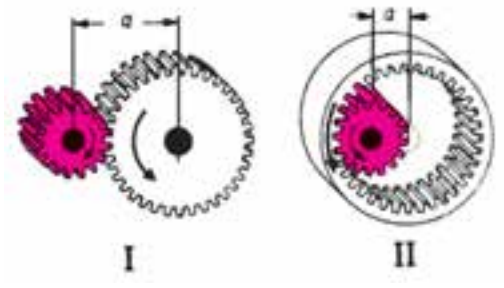
و با توجه به $m \times z$ d_o خواهیم داشت :

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

جدول ۲ ــ روابط چرخ دنده‌های ساده

نام	فرمول
گام	$P = m \times \pi$
مدول	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_k}{z+2}$
قطردایره گام	$d = m \times z = d - 2m$
ارتفاع سردنده	$h = m$
لقی	$c = \frac{1}{6} m = 0/167 m$ در صورتی که داده نشده باشد
ارتفاع پای‌دنده	$h_f = m + c = 1/167\ m$
ارتفاع دنده	$h = m + m + c = 2/167\ m$
قطرسردنده	$d_a = d + 2m$ $d_a = m\,(z + 2)$
قطر پای‌دنده	$d_f = d_o - 2/334m$ $d_f = m\,(z - 2/334)$
تعداد دنده	$z = \frac{d_o}{m} = \frac{d_k - 2m}{m}$
پهنای دنده	$b = 1$ m
ضخامت دنده	$s = \frac{19}{40} p$
فاصله شیار دنده	$I = \frac{21}{40} p$
فاصله بین دو محور	$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$ I $a = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$ II





هر یک از مفاهیم زیر برای هنرجویان با توجه به رسم شکل روی تابلو شرح داده شود.

d قطر دایره گام (متوسط)

d_a قطر سردندانه (تراش)

d قطر پای دندانه

m مدول

p گام

h ارتفاع دندانه

h_k ارتفاع سردنده

h ارتفاع پای دنده

z تعداد دندانه

c لقی سر دندانه

b ضخامت دندانه

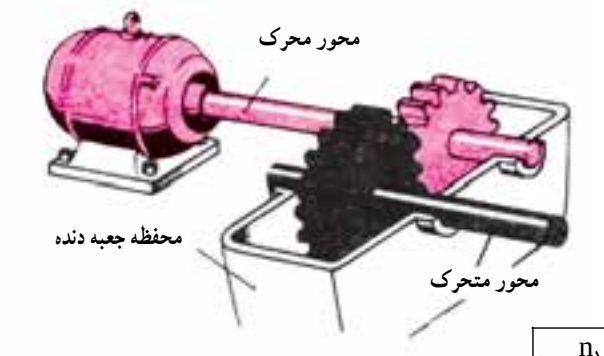
a فاصله دو محور

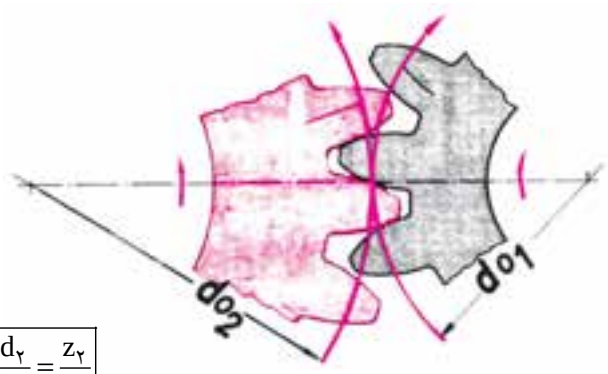
و .....

انتقال حرکت توسط چرخ دنده‌های ساده

به کمک چرخ‌دنده‌ها می‌توان علاوه بر انتقال حرکت، درمقدار عده دوران نیز تغییر به وجود آورد. دستگاه‌هایی را که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان برحسب تعداد و ترتیب قرار گرفتن چرخ‌دنده‌هایی که در آن‌ها به کار رفته‌اند به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود.

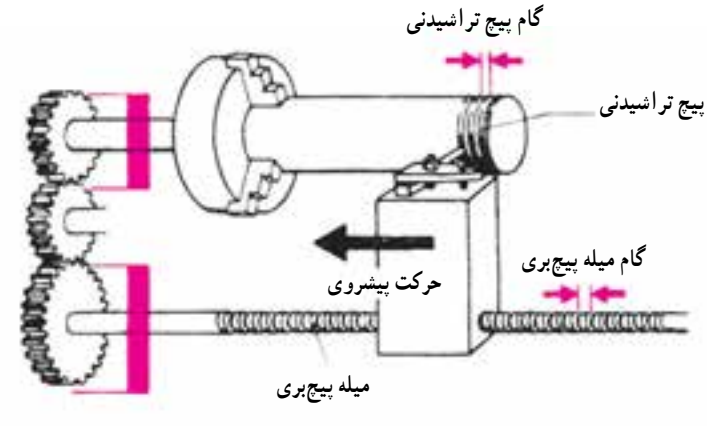
۱ــ انتقال حرکت با دو چرخ‌دنده : در این حالت هر یک از چرخ‌دنده‌ها روی یکی از محورهای محرک و متحرک سوار شده و حرکت را منتقل می‌کنند. بدیهی است که در اینجا نیز مشابه چرخ تسمه‌ها نسبت انتقال حرکت متناسب با قطر درگیری آن‌ها (قطر دایره تقسیم d_o) بوده و برای به‌دست آوردن این نسبت می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.





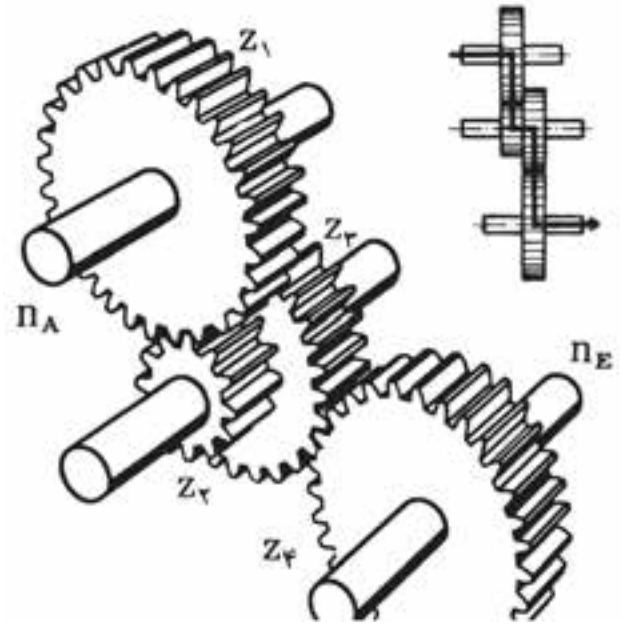
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

در مواردی که فاصله بین دو محور زیاد بوده و یا لازم باشد که جهت گردش محور متحرک تغییر یابد می‌توان از یک یا چند چرخ دنده واسطه استفاده کرد. بدیهی است که چرخ دنده واسطه نباید با محور خود درگیر بوده و بایستی به صورت هرز گرد عمل کند.



لازم به تذکر است که تعداد دندانه‌های چرخ دنده واسطه و همچنین عده دوران آن نقشی در نسبت انتقال حرکت ندارد.

۲ــ انتقال حرکت به صورت دوبل یا مرکب : در مواردی که نسبت انتقال حرکت بزرگ بوده و و صرفه‌جویی در جا نیز مورد نظر باشد می‌توان با استفاده از چند زوج چرخ دنده حرکت را منتقل نمود.



در این حالت استفاده از محور فرعی ضروری بوده و چرخ‌دندانه‌هایی که روی محور فرعی سوار می‌شوند بایستی یا از طریق محور فرعی به یکدیگر متصل بوده و یا به‌صورت یک‌پارچه ساخته شده باشند تا بتوانند دارای عده دوران مساوی بوده و حرکت را از محور محرک به متحرک منتقل نمایند.

نسبت حرکتی که در این حالت به‌وجود می‌آید نسبت مرکب نام داشته و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$i = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_2 \times z_4 \times \ldots}{z_1 \times z_3 \times \ldots}$$

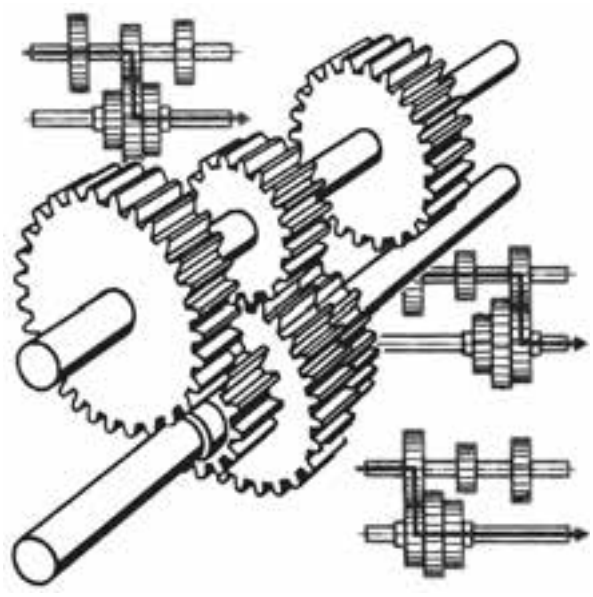
تغییرات عده دوران به کمک چرخ دنده‌ها به‌صورت پله‌ای: در مواردی که عده دوران‌های متعددی در روی محور متحرک مورد نیاز باشد از جعبه‌دنده‌هایی که نسبت‌های گوناگونی راعرضه می‌کنند استفاده می‌نمایند.

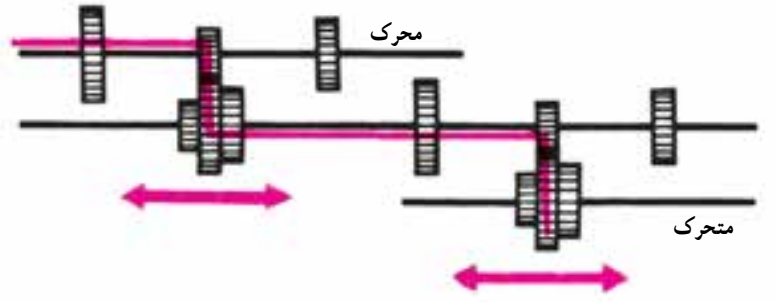
در این دستگاه‌ها تنظیم عده دوران قابل انتخاب، سریع‌تر و مطمئن‌تر انجام شده و این عمل با استفاده از اهرم‌هایی انجام می‌گیرد که چرخ دندانه‌ها را از درگیری خارج کرده و یا محل درگیری آن‌ها را برای تأمین نسبت لازم، تغییر می‌دهند.

از آنجایی که تغییرات عده دوران در این نوع دستگاه‌های انتقال حرکت پله‌ای بوده و مجموعه آن در داخل محفظه‌ای به نام جعبه دنده قرار دارد آن‌ها را جعبه‌دنده‌های پله‌ای نیز می‌نامند؛ که برحسب نوع اهرم‌بندی و ترتیب انتقال حرکت از چرخ دندانه‌ها به‌محورها و بالعکس ممکن است که دارای مکانیزم‌های گوناگونی باشد.

تغییر عده دوران به کمک چرخ‌دنده‌های لغزان: در این نوع جعبه دنده‌ها در روی یکی از محورها، دو یا سه چرخ دندانه

قرار گرفته‌اند که می‌توان آن‌ها را به کمک یک اهرم، در حالات گوناگونی با چرخ دنده‌های نصب شده بر روی محور دیگر درگیر نمود. با توجه به متفاوت بودن تعداد دندانه چرخ‌دنده‌هایی که در هر مرحله با هم درگیر می‌شوند می‌توان نسبت‌های مختلفی را به‌دست آورد. بدیهی است که عده دوران‌های قابل انتخاب متناسب با تعداد زوج چرخ‌دنده‌های موجود در جعبه دنده خواهد بود به‌عنوان مثال اگر از سه زوج چرخ دنده استفاده شده باشد امکان انتخاب سه عده دوران وجود داشته و از ترکیب دو سری از آن‌ها می‌توان به ۹ و





همچنین از ترکیب سه سری می‌توان به ۲۷ دور مختلف نیز رسید.

بایستی توجه داشت که در این جعبه دنده‌ها تعویض دور در حالت سکون چرخ‌دنده‌ها انجام گیرد.

از هنرجویان پرسیده شود :

۱ــ وجه مشترک و وجه تمایز انتقال حرکت با چرخ‌تسمه‌ها وچرخ‌دنده‌ها را بگویند و روی تابلو بنویسند.

۲ــ جهت دوران در دو چرخ‌دنده درگیر به‌صورت خارجی چگونه است و چطور می‌توان جهت گردش چرخ‌دنده متحرک را عوض کرد.

پاسخ :

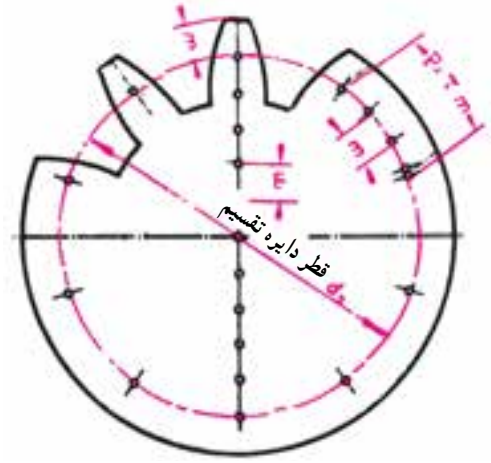
۱ــ وجه مشترک چرخ تسمه‌ها و چرخ‌دنده‌ها : انتقال دور از یک محور به محور دیگر، تبدیل عده دوران با نسبت کاهنده و یا افزاینده.

وجه تمایز : حرکت در تسمه‌ها نرم‌تر از دنده‌ها است، افت دور و لغزش در تسمه‌ها وجود دارد اما در چرخ‌دنده‌ها لغزش وجود ندارد، سرو صدای دنده‌ها بیشتر از تسمه‌ها است، چرخ تسمه‌ها نیاز به روغن‌کاری نداشته بلکه باید عاری از هر گونه روغن، گریس و کثافات باشند امّا چرخ‌دنده‌ها حتماً باید روانکاری شوند.

۲ــ با استفاده از چرخ‌دنده واسطه جهت دور متحرک عوض می‌شود واسطه فقط جهت دور را عوض کرده و نقش دیگری ندارد.

محاسبه چرخ دندهٔ ساده

انتقال حرکت در چرخ‌دنده‌ها مانند چرخ‌های اصطکاکی می‌باشد؛ با این فرق که در چرخ‌دنده‌ها به‌دلیل وجود دندانه، انتقال حرکت بدون افت دور انجام می‌گیرد.



در چرخ‌دنده‌ها، انتقال حرکت و نیرو روی دایره‌ای به نام دایره گام که به نام دایره تقسیم نیز معروف است انجام گرفته و سرعت محیطی دو چرخ نیز روی این دایره سنجیده می‌شود.

گام (p) : گام عبارت‌است از فاصله بین دو دنده روی دایره گام (روی قوس اندازه گرفته شود.)

برای محاسبه مقدار عددی گام یک ضریب انتخابی برای عدد π در نظر گرفته و آن را مدول نام گذاشته و با حرف m نشان می‌دهند :

$$P = m \times \pi$$

مدول : مدول یک عدد انتخابی و برحسب میلی‌متر (درسیستم متریک) است که از تقسیم گام بر عدد π و یا از تقسیم قطر دایره تقسیم بر تعداد دنده چرخ دنده به‌دست می‌آید.

$$\text{مدول} = \frac{\text{قطر دایره تقسیم}}{\text{تعداد دنده}} \Rightarrow m = \frac{d}{z} \quad \text{و} \quad \text{مدول} = \frac{\text{گام}}{\pi} \Rightarrow m = \frac{P}{\pi}$$

باید توجه داشت که عدد مدول نشان‌دهندهٔ بزرگی یا کوچکی دندانه چرخ‌دنده می‌باشد.

یکی از شرایط درگیری دو چرخ دنده با هم، داشتن مدول مساوی می‌باشد. برای اینکه چرخ‌دنده‌های ساخته شده در کارخانجات مختلف با مدول‌های یکسان بتوانند با هم درگیر شوند با توجه به نیروهای انتقالی توسط آن‌ها و جنس چرخ‌دنده‌ها، مدول‌ها را پس از محاسبه تحت نرم درآورده و محدود کرده‌اند که کوچک‌ترین آن ۰/۳ و بزرگ‌ترین آن ۷۵ میلی‌متر می‌باشد. تعدادی از مدول‌ها که احتمالاً در کارگاه هنرستان می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند به شرح زیر می‌باشند :

مدول ۱ — مدول ۱/۵ — مدول ۲ — مدول ۳

... و ۵ ـ ۴/۵ ـ ۴ ـ ۳/۷۵ ـ ۳/۵ ـ ۳/۲۵ ـ ۳ ـ ۲/۷۵ ـ ۲/۵ ـ ۲/۲۵ ـ ۲ ـ ۱/۷۵ ـ ۱/۵ ـ ۱/۲۵ ـ ۱

با توجه به اینکه محیط دایره گام برابر گام ضربدر تعداد دندانه چرخ‌دنده می‌باشد می‌توان نوشت :

محیط دایره گام = گام × تعداد دنده

$U = d \times \pi \quad P \times z$

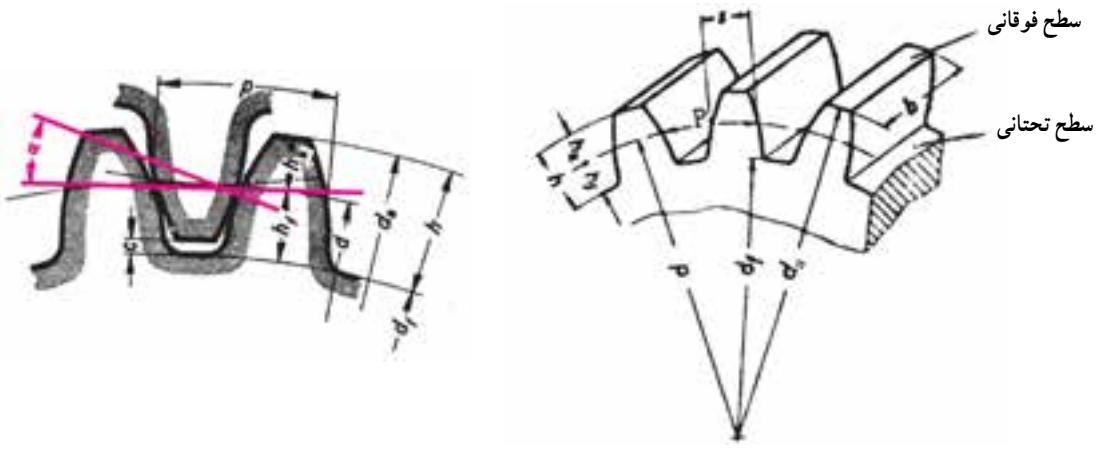
$$d \times \pi = \overbrace{m \times \pi}^{P} \times z \Rightarrow \boxed{d = m \times z} \qquad \boxed{m = \frac{d}{z}}$$

با داشتن فرمول قطر دایره گام (d) و با توجه به شکل زیر می‌توان سایر مشخصات یک چرخ‌دنده را به شرح زیر تعریف و محاسبه کرد :

ارتفاع سردنده (h_a) : عبارت است از فاصله شعاعی بین سطح فوقانی و دایره گام و مقدار آن برابر مدول می‌باشد.

$$\boxed{h_a = m}$$

مقدار لقی (c) : بین یک دنده پر و یک دنده خالی دو چرخ‌دنده درگیر با هم، فاصله مجازی است که آن را لقی بین دو دنده گویند و مقدار آن را در موارد مختلف بین $\frac{۱}{۱۰}$ تا $\frac{۳}{۱۰}$ مدول در نظر می‌گیرند. این مقدار را در ماشین‌سازی معمولاً $c = \frac{۱}{۶}m = ۰/۱۶۷m$ انتخاب می‌کنند.



ارتفاع پای دنده (h_f) : عبارت‌است از فاصله شعاعی بین سطح تحتانی و دایره گام و مقدار آن با توجه به تعریف مقدار لقی برابر است با :

$$h_f = h_a + c = m + ۰/۱۶۷ \Rightarrow \boxed{h_f = ۱/۱۶۷m}$$

عمق دنده (h) : عبارتست از مجموع ارتفاع سر دنده و پای دنده.

$$h = h_k + h_f = m + ۱/۱۶۷m \Rightarrow \boxed{h = ۲/۱۶۷m}$$

قطر سر دنده (d_a) : بزرگ‌ترین قطر چرخ‌دنده‌ها را، قطر سر دنده یا قطر تراش گفته و با توجه به شکل، مقدار آن برابر است با :

قطرسر دنده قطر دایره گام ارتفاع سر دنده ارتفاع سر دنده

$$d_a = d + m + m \Rightarrow \boxed{d_a = d + ۲m}$$

در فرمول فوق اگر به جای قطر دایره گام مقدار آن ($d_o \quad m \times z$) را قرار دهیم فرمول دیگری جهت محاسبه قطر سر دنده

حاصل می‌شود :

$$d_k = d_o + ۲m = m \times z + ۲m = m(z+۲) \Rightarrow \boxed{d_a = m(z+۲)}$$

قطر پای‌دنده (d_f) : کوچک‌ترین قطر چرخ‌دنده بوده و مقدار آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

ارتفاع پای دنده ارتفاع پای دنده قطر دایره گام قطرپای دنده

$$d_f = d_o - ۱/۶۷m - ۱/۶۷m = d_o - ۲/۳۳۴m \Rightarrow \boxed{d_f = d - ۲/۳۳۴m}$$

اگر به‌جای قطر دایره گام مقدار آن ($d_o \quad m \times z$) را در فرمول فوق قرار دهیم خواهیم داشت :

$$d_f = d_o - ۲/۳۲m = m \times z - ۲/۳۲m \Rightarrow \boxed{d_f = m(z - ۲/۳۳۴)}$$

جلسه پنجم

ردیف	برنامه زمان‌بندی جلسهٔ پنجم	زمان (دقیقه)
۱	آماده کردن کلاس شامل احوالپرسی، حضور و غیاب بررسی و وضعیت هنرجویان	۱
۲	بررسی دفاتر هنرجویان، نحوه حل تمرین، مرتب بودن و دادن امتیاز به آن‌ها	۲
۳	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۳ صفحه ۱۶	۱
۴	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۳ صفحه ۱۷	۱
۵	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۶ صفحه ۱۸	۱
۶	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۴ صفحه ۲۴	۱
۷	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۶ صفحه ۲۵	۱
۸	حل تمرین‌های نمونه مثلاً شماره ۹ صفحه ۲۶	۱

تمرین ۳ صفحه ۱۶ :

حل :

z ۱۶

d_a ۴۵ $\quad d_a = m(z + ۲)$

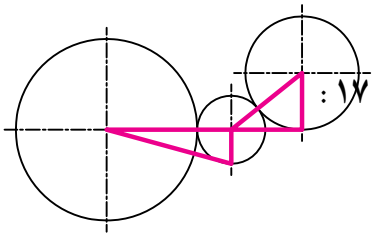
C ۰/۲۵ m $\quad m = \frac{۴۵}{۱۶ + ۲} = ۲/۵mm$

m ? مدول $\quad h = \frac{۱۳}{۶}m = \frac{۱۳}{۶} \times ۲/۵$

h ? ارتفاع دنده $\quad h = ۵/۴۱۶mm$

b ? پهنای دنده $\quad b = ۱۰mm \quad ۱۰ \times ۲/۵ \quad ۲۵mm$

تمرین ۳ صفحه ۱۷ :



$d_۱ = m \times z_۱ = ۶۴ \times ۱/۵ = ۹۶mm$

$d_۲ = m \times z_۲ = ۲۴ \times ۱/۵ = ۳۶mm$

$d_۳ = m \times z_۳ = ۴۰ \times ۱/۵ = ۶۰mm$

حل :

$$a = \frac{m(z_۱ + z_۲)}{۲} = \frac{۱/۵(۶۴ + ۲۴)}{۲} = ۶۶mm$$

$$a = \frac{d_1 + d}{2} = \frac{96 + 36}{2} = 66\,mm \quad \text{یا}$$

$$a_2 = \frac{d_2 + d_3}{2} = \frac{36 + 60}{2} = 48\,mm$$

$$a_2 = \frac{m(z_2 + z_3)}{2} = \frac{1/5(24 + 40)}{2} = 48\,mm \quad \text{یا}$$

مسئله ۶ صفحه ۱۸

a ۸۲/۵mm

z_2 ۲۴

m ۲/۵mm

Z_1 ?

d_1 ?

d_2 ?

x ?

$$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \Rightarrow \frac{82/5}{1} = \frac{2/5(z_1 + 24)}{2}$$

۱۶۵ ۲/۵ (z_1 ۲۴)

$$\frac{165}{2/5} = z_1 + 24$$

الف) z_1 ۶۶ ۲۴ ۴۲

d_1 $m \times z_1$

d_1 ۲/۵ × ۴۲

d_1 ۱۰۵ mm

d_2 $m \times z_2$

d_2 ۲/۵ × ۲۴

d_2 ۶۰ mm

$$x = 10 + \frac{da_1}{2} + 82/5 + \frac{da_2}{2} + 10$$

ب) d_{a1} $m(z_1$ ۲) ۲/۵ (۴۲ ۲) ۱۱۰mm

d_{a2} $m(z_2$ ۲) ۲/۵ (۲۴ ۲) ۶۵mm

$$x = 10 + \frac{110}{2} + 82/5 + \frac{65}{2} + 10$$

ج) x ۱۹۰mm

تمرین ۴ صفحه ۲۴

m ۱/۵ m

z_1 ۲۵

d_2 ۲۲۸/۵

c ۰/۱۶۷m

d_2 ?

z_2 ?

حل : d_2 d_2 ۲hf

h m c m ۰/۱۶۷m ۱/۱۶۷m

h ۲/۱۶۷ × ۱/۵ ۱/۷۵mm

۲۲۸/۵ d_2 ۲(۱/۷۵) ۲۲۵ mm

d_2 $m \times z_2$

$$z_2 = \frac{225}{1/5} = 150$$

تمرین ۶ صفحه ۲۵

$Z_۴$?

$n_۴$?

$a_۱$?

$a_۲$?

I ۷/۵ : ۱

$n_۱$ ۱۸۰۰ u/min

$z_۱$ ۱۸

$z_۲$ ۵۴

$mz_۱ , z_۲$ ۳mm

$z_۳$ ۲۰

$mz_۳ , z_۴$ ۴mm

حل :

$$I = \frac{z_۲ \times z_۴}{z_۱ \times z_۳}$$

$$\frac{۷/۵}{۱} = \frac{۵۴ \times z_۴}{۱۸ \times ۲۰} \Rightarrow z_۴ = \frac{۷/۵ \times ۱۸ \times ۲۰}{۵۴}$$

$Z_۴$ ۵۰

$$I = \frac{n_۱}{n_۴} \Rightarrow \frac{۷/۵}{۱} = \frac{۱۸۰۰}{n_۴} \Rightarrow n_۴ = \frac{۱۸۰۰}{۷/۵} = ۲۴۰ \text{ u/min}$$

$$a_۱ = \frac{m(z_۱ + z_۲)}{۲} = \frac{۳(۱۸ + ۵۴)}{۲} = ۱۰۸\text{mm}$$

$$a_۲ = \frac{m(z_۳ + z_۴)}{۲} = \frac{۴(۲۰ + ۵۰)}{۲} = ۱۴۰۰\text{mm}$$

مسئله ۹ صفحه ۲۶

n_A ۷۲۰ u/min

I_g ?

n_E ?

$$I_g = \frac{z_۲ \times z_۴ \times .... }{z_۱ \times z_۳ \times .... } = \frac{۱۰۰ \times ۵۸ \times ۶۲}{۲۵ \times ۳۲ \times ۲۸} = ۱۶/۵ : ۱$$

$$\frac{n_A}{n_E} = \frac{z_۲ \times z_۴ \times z_۶}{z_۱ \times z_۳ \times z_۵} = \frac{۷۲۰}{n_E} = \frac{۸۵ \times ۵۸ \times ۶۲}{۴۰ \times ۳۲ \times ۲۸}$$

$$n_E = \frac{۷۲۰ \times ۴۰ \times ۳۲ \times ۲۸}{۸۵ \times ۵۸ \times ۶۲} = ۸۴/۴ \text{ u/mir}$$