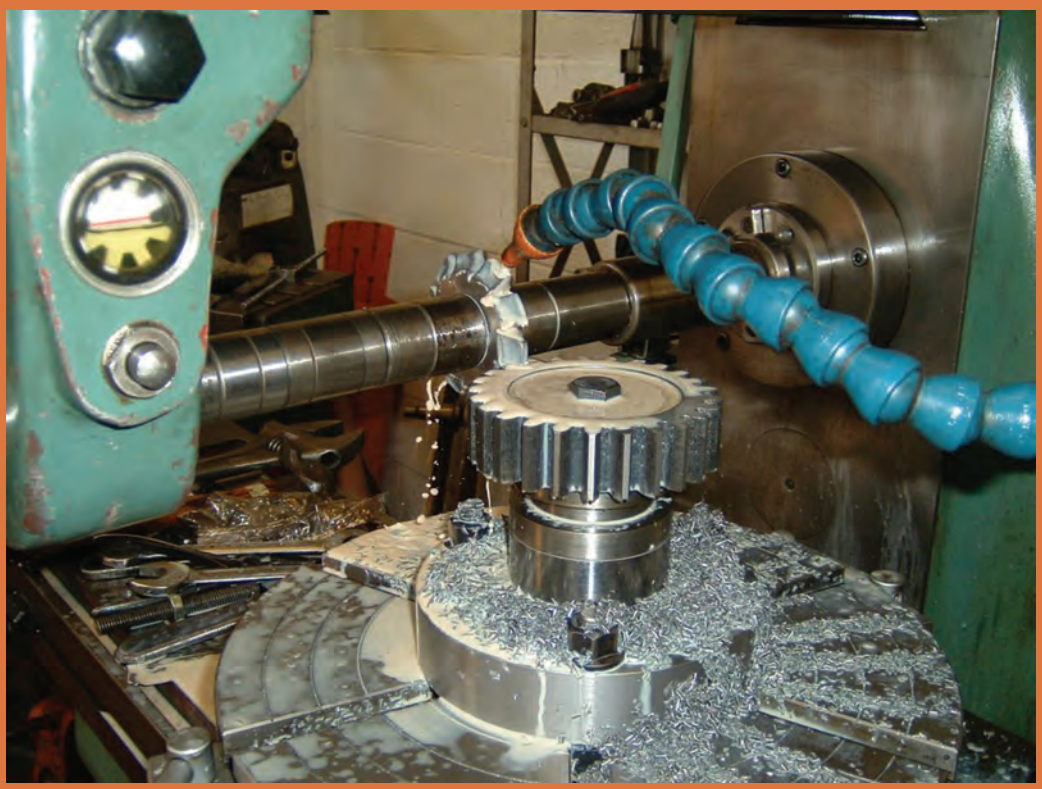
پودمان ۴

چرخ‌دنده تراشی



واحد یادگیری ۱
فرزکاری چندضلعی‌ها

استاندارد عملکرد

فرزکاری چند ضلعی‌ها مطابق نقشه

پیش‌نیاز

نقشه‌خوانی
کار با ابزارهای اندازه‌گیری
فرزکاری سطوح تخت
فرزکاری سطوح شیب‌دار
فرزکاری شیارها

فرزکاری چندضلعی

مقدمه

در صنعت با قطعات زیادی برخورد می‌کنیم که محیط آنها به فواصل مساوی تقسیم شده‌اند. کاربرد و اهمیت این‌گونه قطعات در مکانیزم‌ها و ماشین‌آلات کاملاً مشهود است و کمتر ماشینی را می‌توان یافت که از چند ضلعی ها استفاده نشده باشد. از جمله ماشین‌های ابزاری که قابلیت انجام چنین کارهایی را بر روی قطعات فراهم می‌کند ماشین فرز است که با اضافه کردن دستگاه تقسیم و متعلقات به دستگاه فرز، تقسیم‌بندی و تراش قطعات چندضلعی امکان‌پذیر می‌گردد.

محاسبات لازم برای چند ضلعی کردن قطعات

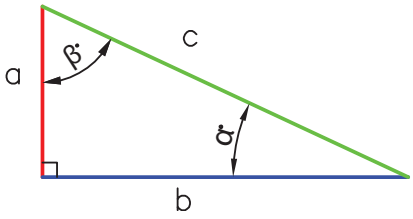
قبل از پرداختن به محاسبات چند ضلعی‌ها روابط مثلثاتی لازم برای محاسبات یادآوری می‌شود:

a = ضلع مقابل به زاویه α و مجاور به زاویه β

b= ضلع مقابل به زاویه β و مجاور به زاویه α

c= وتر یا ضلع مقابل به زاویه قائمه

اکنون با مقایسه زاویه و اضلاع مثلث‌های نشان داده شده در زیر می‌توان نتیجه گرفت:



روابط مثلثاتی مهم	
کسینوس آلفا = $\frac{\text{ضلع مجاور به زاویه آلفا}}{\text{وتر}} \rightarrow \cos\alpha = \frac{b}{c}$	سینوس آلفا = $\frac{\text{ضلع مقابل به زاویه آلفا}}{\text{وتر}} \rightarrow \sin\alpha = \frac{a}{c}$
کتانژانت آلفا = $\frac{\text{ضلع مجاور به زاویه آلفا}}{\text{ضلع مقابل به زاویه آلفا}} \rightarrow \cot\alpha = \frac{b}{a}$	تانژانت آلفا = $\frac{\text{ضلع مقابل به زاویه آلفا}}{\text{ضلع مجاور به زاویه آلفا}} \rightarrow \tan\alpha = \frac{a}{b}$

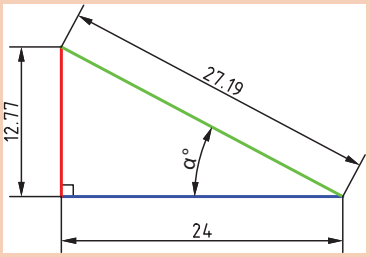
نکته

در هر مثلث قائم‌الزاویه با داشتن اضلاع می‌توان زاویه و با داشتن مقدار زاویه می‌توان نسبت اضلاع را به‌دست آورد. مثلاً برای زاویه ۳۰ درجه نسبت سینوس $\frac{۱}{۲}$ =۰/۵ وجود دارد، که با داشتن نسبت اضلاع و مراجعه به جدول مثلثاتی زیرمی‌توان مقدار زاویه را به‌دست آورد.

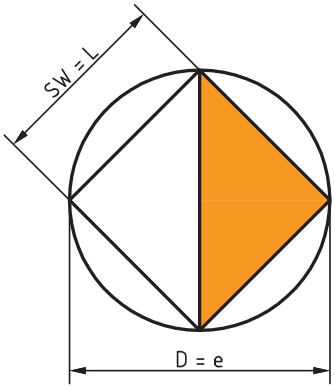
درجه	سینوس 45°.....90° دقیقه 0	10	20	30	40	50	60	درجه
25	0.4226	0.4253	0.4279	0.4305	0.4331	0.4358	0.4384	64
26	0.4384	0.4410	0.4436	0.4462	0.4488	0.4514	0.4540	63
27	0.4540	0.4566	0.4592	0.4617	0.4643	0.4669	0.4695	62
28	0.4695	0.4720	0.4746	0.4772	0.4797	0.4823	0.4848	61
29	0.4848	0.4874	0.4899	0.4924	0.4950	0.4975	0.5000	60
30	0.5000	0.5025	0.5050	0.5075	0.5100	0.5125	0.5150	59
	60	50	40	30	20	10	0	درجه
	کسینوس 45°.....90°							

فعالیت کلاسی

باتوجه به جدول صفحه قبل مقدار زاویهα را حساب کنید.



محاسبه چهار ضلعی منتظم:



هدف از محاسبه چهارضلعی منتظم به‌دست آوردن رابطه‌ای بین گوش تا گوش و آچار خور آن است.

D = قطر دایره محیطی

e = اندازه گوش تا گوش

L = طول ضلع

SW= اندازه آچارخور

n = تعداد اضلاع

در مثلث قائم الزاویه مشخص شده با استفاده از قضیه فیثاغورث می‌توان نوشت:

$$e^{۲} = (SW)^{۲} + (SW)^{۲} = ۲(SW)^{۲}$$

$$e = \sqrt{۲(SW)^{۲}} = \sqrt{۲} \times SW \rightarrow e = ۱/۴۱۴ \times SW$$

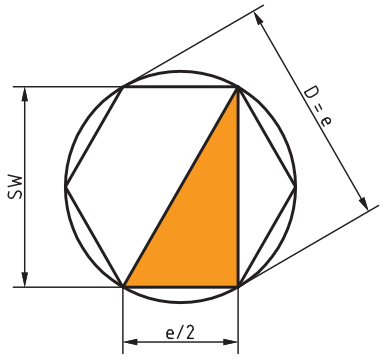
و از رابطه زیر آچارخور به دست می‌آید:

$$e = ۱/۴۱۴ \times SW \rightarrow SW = ۰/۷۰۷ \times e$$

طول هر ضلع درچند ضلعی منتظم از رابطه زیر به‌دست می‌آید. بنابراین داریم:

$$L = \sin(\frac{۱۸۰^{\circ}}{n}) \times D$$

محاسبه شش ضلعی منتظم:



D= قطر دایره محیطی

e= اندازه گوش تا گوش

SW= اندازه آچارخور

طول ضلع شش ضلعی منتظم برابر با $\frac{e}{۲}$ است چون که بر اساس قضایای هندسی داریم: ضلع روبه‌رو به زاویه ۳۰ درجه، نصف وتر است، بنابراین چون وتر برابر با گوش تا گوش (e) می‌باشد.، پس مقدار ضلع روبه‌رو به وتر $\frac{e}{۲}$ است.

$$e^{۲} = (SW)^{۲} + (\frac{e}{۲})^{۲}$$

$$(SW)^{۲} = e^{۲} - \frac{e^{۲}}{۴} \rightarrow SW = \frac{۳}{۴}e^{۲}$$

اکنون از طرفین جذر می‌گیریم:

$$SW = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \times e = \frac{۱/۷۳۲}{۲}e \rightarrow SW = ۰/۸۶۶ \times e$$

و بنابراین گوش تا گوش شش ضلعی به‌دست می‌آید:

$$SW = ۰/۸۶۶ \times e \rightarrow e = \frac{SW}{۰/۸۶۶} \rightarrow e = ۱/۵۱۵ \times SW$$

و طول ضلع

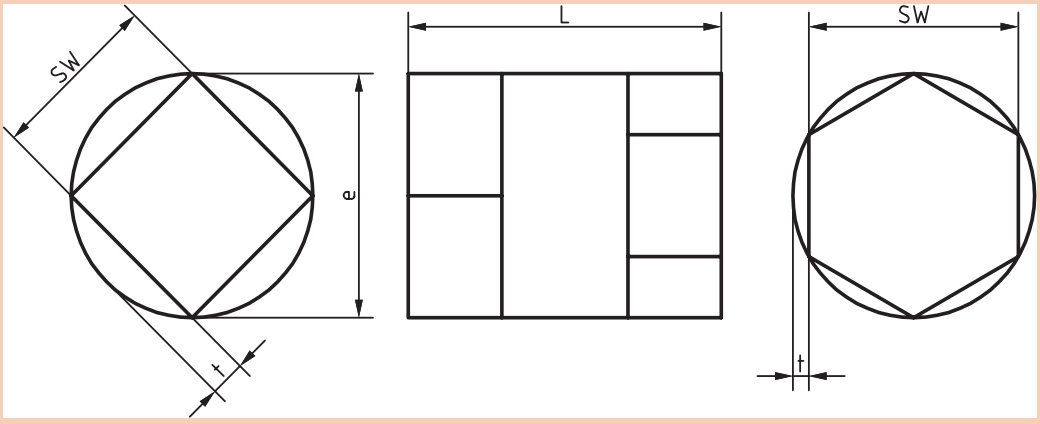
$$L = \sin(\frac{۱۸۰^{\circ}}{n}) \times D \rightarrow L = \sin(\frac{۱۸۰^{\circ}}{۶}) \times D \rightarrow L = ۰/۵ \times D$$

و به‌طور کلی مقدار عمق براده برداری در فرزکاری چند ضلعی منتظم از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{D}{۲}(۱ - \cos\frac{\alpha}{۲})$$

مثال۵:

از میله گردی به قطر $d = ۵۰\,mm$ قطعهٔ مطابق شکل ساخته خواهد شد. اندازه آچارخور (SW) وعمق بار(t) را حساب کنید.



قسمت شش گوش:

$$SW = ۰/۸۶۶ \times e \rightarrow SW = ۰/۸۶۶ \times ۵۰ = ۴۳/۳ mm$$

$$t = \frac{e - SW}{۲} = \frac{۵۰ - ۴۳/۳}{۲} = ۳/۳۵ \text{ mm}$$

قسمت چهارگوش:

$$SW = ۰/۷۰۷ \times e \rightarrow SW = ۰/۷۰۷ \times ۵۰ = ۳۵/۳۵ mm$$

$$t = \frac{e - SW}{۲} = \frac{۵۰ - ۳۵/۳۵}{۲} = ۷/۳۲۵ \text{ mm}$$

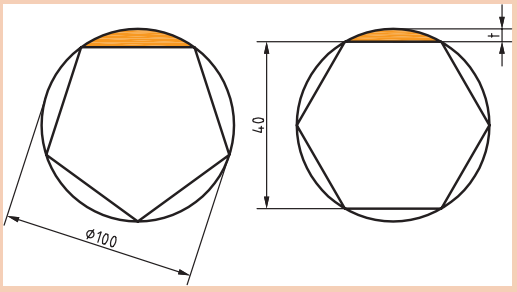
فعالیت کلاسی

۱ قطعه‌ای به شکل پنج ضلعی از میله گردی به قطر $d = ۱۰۰ mm$ ساخته خواهد شد، اندازه عمق بار(t) را حساب کنید.

۲ قطعهٔ نشان داده شده در شکل زیر از میله‌های گرد ساخته خواهد شد. حساب کنید:

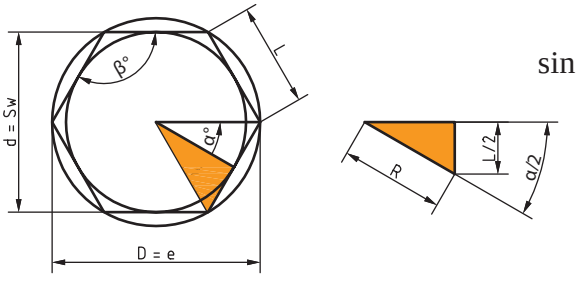
الف) قطر میله لازم برای ساختن هر یک از آنها

ب) اندازه عمق بار در هر یک از آنها را.



محاسبه چند ضلعی‌های منتظم به کمک روابط مثلثاتی:

۱ **محاسبه طول ضلع nضلعی:** در مثلث قائم الزاویه OAB شکل بالا می‌توان رابطه سینوس را نوشت:



$$\sin\frac{\alpha}{۲} = \frac{\frac{L}{۲}}{R} = \frac{L}{D} \rightarrow \qquad L = D \times \sin\frac{\alpha}{۲}$$

۲ **محاسبه قطر دایره محاطی (d):** در مثلث قائم الزاویه می‌توان رابطه کسینوس را نوشت:

$$\cos\frac{\alpha}{۲} = \frac{\frac{d}{۲}}{R} = \frac{d}{D} \rightarrow \qquad d = D \times \cos\frac{\alpha}{۲}$$

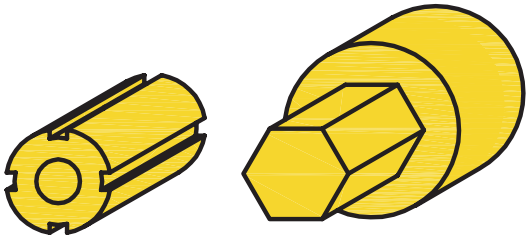
فعالیت کلاسی

با توجه به آموخته‌ها جدول زیر را تکمیل کنید:

علائم اختصاری	اندازه قطر محیطی واحد(یک) در نظر گرفته شده است						
n= تعداداضلاع	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
a= زاویه مرکزی مقابل به ضلع	۱۲۰درجه	۹۰ درجه	۷۲درجه	۶۰ درجه	۴۵ درجه	۳۶درجه	۳۰ درجه
l= طول ضلع	۰/۸۶۶		۰/۵۸۸			۰/۳۰۹	
d= قطر دایره محاطی		۰/۷۰۷		۰/۸۶۶	۰/۹۲۴		
SW= آچارخور							
t= عمق براده							

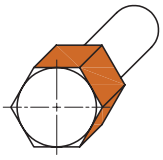
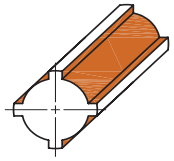
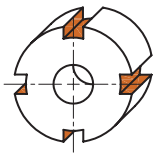
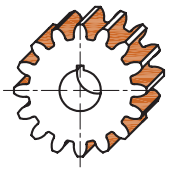
تقسیم محیط کار

شما به چه روشی قطعات شکل۱را به‌طور مساوی تقسیم‌بندی می‌کنید؟



شکل ۱

برای تقسیم محیط داخلی و یا خارجی قطعه‌کاری به تقسیمات دلخواه و دقیق، بدون نیاز به خط‌کشی از دستگاه تقسیم استفاده می‌شود. دستگاه تقسیم به ما این امکان را می‌دهد که قطعه‌کار را تحت زاویه معین دوران دهیم. برخی از عملیات و کارهایی که به کمک این دستگاه انجام می‌شود به قرار زیر است:

الف	فرزکاری سطوح روی قطعات (چند وجهی) مثل فرزکاری روی مهره‌ها و پیچ‌ها	
ب	فرزکاری شیارهای قطعات مثل شیار تیغه فرز، مته، قلاویز، برقو و هزارخار	
ج	فرزکاری شکاف روی سطوح مثل: کلاچ، پلوس و شکاف مهره‌ها	
د	تراشیدن چرخ‌دنده‌ها	

برای تقسیم کردن محیط قطعات سه روش در صنعت متداول است:

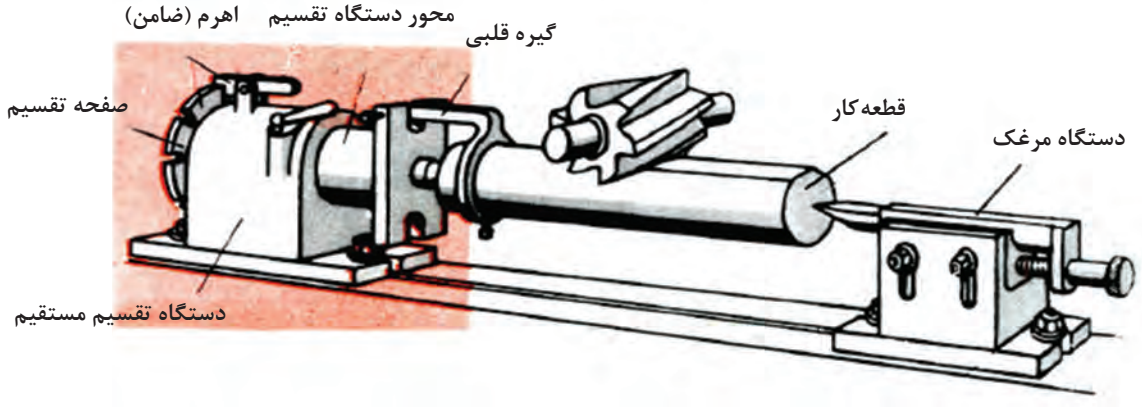
۱ تقسیم مستقیم (بدون واسطه)

۲ تقسیم غیرمستقیم (با واسطه)

۳ تقسیم اختلافی (دیفرانسیل)

ـ تقسیم مستقیم با دستگاه تقسیم:

در تقسیم مستقیم از دستگاه تقسیمی که محور آن در امتداد محور قطعه‌کار بوده و بدون واسطه حرکت خود را به‌کار منتقل می‌کند استفاده می‌شود. این دستگاه دارای صفحات تقسیم شیاردار یا سوراخ‌داری است که اغلب، تعداد شیار یا سوراخ آن ۲۴ و در بعضی موارد ۳۶ و ۴۶ و ۶۰ می‌باشد. از این دستگاه به‌دلیل سرعت عمل در کارهای سری استفاده می‌شود. با این روش تقسیماتی را می‌توان انجام داد که تعداد شیار یا سوراخ صفحه سوراخ بر تعداد تقسیمات قطعه‌کار، قابل قسمت باشد. مثلاً با صفحه تقسیم ۲۴، تقسیمات ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴ قسمتی (اعدادی که ۲۴ بر آنها بخش‌پذیر است) امکان‌پذیر است (شکل۲). نحوه کار به این طریق است که بعد از بستن قطعه و ثابت کردن ضامن صفحه سوراخ‌دار، اولین قسمت فرزکاری شده و سپس برای فرزکاری مرحله بعدی ضامن آزاد شده و قطعه به تعداد مشخص شیار یا سوراخ صفحهٔ سوراخ‌دار چرخانده می‌شود و ضامن در محل خود قرار می‌گیرد و عملیات تا پایان ادامه می‌یابد.



شکل۲ دستگاه تقسیم مستقیم

برای محاسبه تعداد شیار و یا سوراخ جابه‌جایی برای هر تقسیم، از رابطه زیر استفاده می‌گردد.

علائم اختصاری:

$$n_i = \frac{n_L}{T}$$

T = تعداد تقسیمات کار

n_L= تعداد شیار یا سوراخ صفحه تقسیم

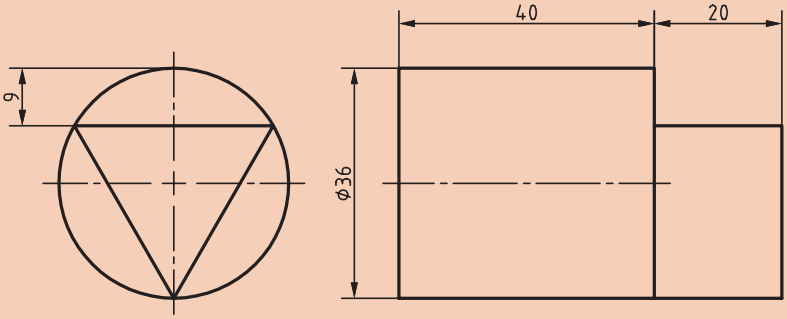
n_i = تعداد شیار یا سوراخ لازم برای جابه‌جایی هر تقسیم قطعه‌کار

مثال ۱ـ می‌خواهیم میل‌گردی را روی ماشین فرز مجهز به دستگاه تقسیم با صفحه شیاردار ۲۴تایی به فرم شش‌ضلعی منتظم فرزکاری کنیم. تعداد تقسیماتی که در هر مرحله فرزکاری باید صفحه سوراخ‌دار جابه‌جا شود را به دست آورید.

تعداد شیار $n_i = \frac{n_L}{T} = \frac{۲۴}{۶} = ۴$

فعالیت کلاسی

برای فرزکاری قطعه مطابق شکل زیر: الف) از چه صفحه شیارداری می‌توان کمک گرفت؟ ب) مقدار گردش دسته تقسیم را حساب کنید.



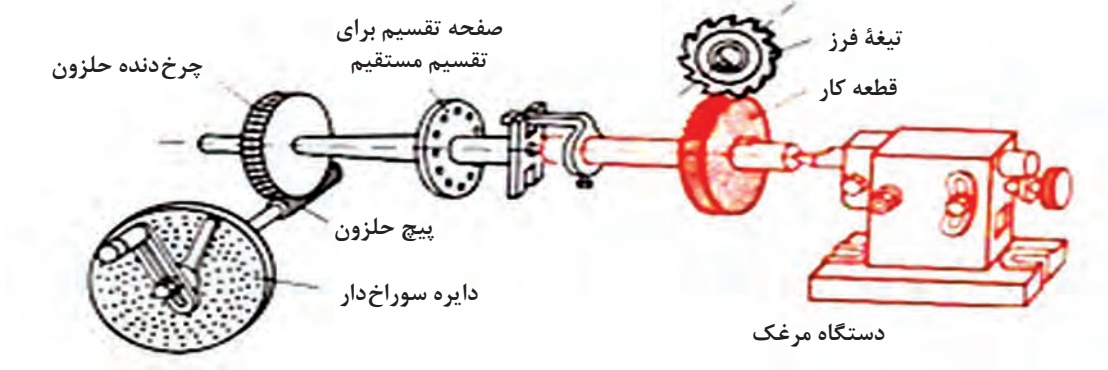
پرسش

آیا تقسیم قطعه‌کاری به ۱۳ قسمت با روش اول امکان‌پذیر است؟

در پاسخ سؤال قبلی متذکر می‌شویم که در مواردی مثل تقسیم ۱۳تایی قطعه‌کار، عدد ۱۳ مضربی از صفحات سوراخ‌دار موجود روی دستگاه مستقیم نیست و باید این‌گونه قطعات را با تقسیم غیر مستقیم ایجاد کرد.

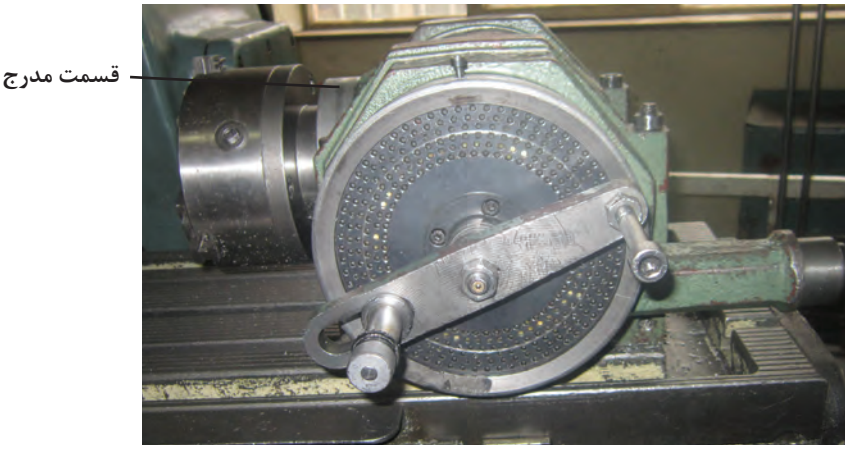
ـ تقسیم غیرمستقیم (با واسطه):

در مواردی که تقسیم با روش مستقیم امکان‌پذیر نیست (مثل ۱۳ قسمت و موارد مشابه) از روش تقسیم غیرمستقیم استفاده می‌شود. در این روش از دستگاه تقسیمی که مکانیزم اصلی آن از یک پیچ حلزون و یک چرخ‌دنده حلزون تشکیل شده است استفاده می‌گردد. نسبت حرکت بین پیچ حلزون و چرخ‌دنده حلزون اغلب i= ۴۰:۱ و در بعضی موارد i= ۶۰:۱ ویا i= ۸۰:۱ می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳شماتیک دستگاه تقسیم غیرمستقیم

در این روش چون بین محور کار (محور سه‌نظام) و محور تقسیم (دسته دستگاه تقسیم)، پیچ حلزون و چرخ حلزون قرار گرفته است بنابراین حرکت به طور غیرمستقیم از محور تقسیم به محور کار منتقل شده و نسبت بین پیچ حلزون و چرخ‌دنده حلزون (i= ۴۰:۱) در محاسبات دخالت داده می‌شود. شکل ۴ دستگاه تقسیم غیرمستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۴ دستگاه تقسیم غیرمستقیم

اگر نسبت حرکت بین پیچ حلزون و چرخ‌دنده حلزون i= ۴۰:۱ باشد به ازاء گردش یک دور کامل پیچ حلزون (دسته تقسیم) محیط کار به اندازه یک دنده چرخ حلزون (دور) می‌گردد و اگر بخواهیم محیط کار یک دورکامل دوران کند دسته تقسیم باید ۴۰ دور بگردد. با توجه به مطالب ذکر شده و مثال‌های پایین، فرمول لازم برای تقسیم غیرمستقیم به شرح زیر حاصل خواهد شد:

برای تقسیم محیط کار به ۴۰ قسمت مساوی، تعداد گردش دسته تقسیم برای هر تقسیم ($\frac{۴۰}{۴۰}=۱$) یک دور کامل خواهد بود.

برای تقسیم محیط کار به ۲۰ قسمت مساوی، تعداد گردش دسته تقسیم برای هر تقسیم ($\frac{۴۰}{۲۰}=۲$) دو دور کامل خواهد بود.

سؤال ۲ـ

به نظرشما برای تقسیم محیط به ۱۰ قسمت، تعداد گردش دسته دستگاه تقسیم چقدر باید باشد؟

بنابراین با توجه به تقسیم‌بندی‌های بالا نتیجه می‌گیریم:

$$\text{مقدار گردش دسته} = \frac{\text{نسبت دستگاه}}{\text{تعداد تقسیمات کار}}$$

علائم اختصاری:

$$n_k = \frac{i}{Z} \quad \text{یا} \quad n_k = \frac{i}{T}$$

n_k = مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای هر تقسیم

i= نسبت حرکت بین حلزون و چرخ حلزون
T= تعداد تقسیمات قطعه‌کار

مثال ۲ـ برای تقسیم محیط کار به ۵ قسمت مساوی، مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید، درصورتی‌که نسبت دستگاه تقسیم i= ۴۰:۱ باشد.

$$n_k = \frac{i}{Z} = \frac{۴۰}{۵} = ۸$$ دور کامل

یعنی پس از انجام هر تقسیم، دسته به اندازه ۸ دور کامل باید بگردد.

فعالیت کلاسی

مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای ساخت گل پیچ ۶ و ۴ گوش را به‌دست آورید.

فعالیت تحقیقی

از منابع مختلف تحقیق کنید که دستگاه تقسیم با چه نسبت‌هایی وجود دارد؟

فعالیت کارگاهی

دستور کار نصب دستگاه تقسیم (شکل۵)

پس از پوشیدن لباس‌کار، کفش ایمنی وسایل مورد نیاز را تحویل بگیرید و ضمن رعایت نکات ایمنی مراحل انجام کار را به ترتیب بعد از توضیحات هنرآموز و با نظارت او انجام دهید.

۱ قبل از نصب، زیر دستگاه تقسیم را به وسیلهٔ یک پارچه تمیز کنید و سپس زبانهٔ آن را داخل شیار T شکل میز قرار دهید.

۲ دستگاه تقسیم را به کمک میز چرخ‌دار حمل کرده و سپس با کمک جرثقیل و یا اهرم مناسب روی میز دستگاه قرار دهید.

شکل ۵ ـ الف

۳ از محکم بودن پیچ قفل‌کننده مطمئن شوید.

۴ درصورتی‌که از جرثقیل برای حمل استفاده می‌گردد از قلاب تعبیه شده روی دستگاه تقسیم استفاده گردد. (شکل ۵ ـ الف)
ـ پیچ‌های اتصال به میز را محکم کنید.

شکل ۵ ـ ب

۵ با کنترل شاخص مدرج دستگاه تقسیم، از نداشتن انحراف محور کار (سه‌نظام) مطمئن شوید و در صورت لزوم آن را با نوک نیم مرغک و یا ساعت اندازه‌گیری کنترل نمایید. (شکل ۵ ـ ب)

۶ صفحه سوراخ‌دار را بررسی کرده ودر صورت لزوم برای تعویض آن دسته و سپس پیچ‌های روی صفحه را باز کنید.

شکل ۵ ـ ج

۷ صفحه مناسب را انتخاب و تعویض کرده و پیچ‌های آن را سفت کنید.

۸ به نصب خار روی محور دسته دستگاه تقسیم توجه داشته باشید.

۹ قیچی و زبانه دسته دستگاه تقسیم را به فاصله مناسب تنظیم نمایید. (شکل ۵ ـ د)

شکل ۵ ـ د

نکات ایمنی

۱ با توجه به اینکه دستگاه تقسیم دارای وزن زیادی است از چگونگی حمل ایمن (حمل با میز) و نصب صحیح اطلاع کافی کسب نمایید (شکل ۶).

شکل ۶

۲ برای حمل و جابه‌جایی دستگاه تقسیم بهتر است که به صورت ۲ نفری و البته با هماهنگی یکدیگر به این کار اقدام نمایید.

۳ در زمان حمل و نصب دستگاه تقسیم از کفش ایمنی استفاده شود.

۴ برای فرزکاری قطعات با طول بلند حتماً از نیم مرغک استفاده شود.

۵ محیط و اطراف دستگاه را حتی‌الامکان خلوت نگه دارید.

۶ برای کم کردن اثر لقی محور دستگاه تقسیم، قبل از شروع به کار دسته دستگاه تقسیم را چند دور در یک جهت معین دوران بدهید وسپس شروع به کار کنید.

نکته

در مراحل مختلف کار بادستگاه تقسیم، لقی دستگاه تقسیم را مد نظر داشته باشید.

فعالیت کارگاهی

قطعه مطابق شکل را فرزکاری نمایید.

روند نمای تراش چندضلعی را بنویسید.

عمق براده t=۳/۱mm

مواد اولیه:

۱ ∅ ۴۸mm × ۵۰mm

۲ جنس St۳۷ یا Al

۳ تولرانس: ISO ۲۷۶۸ - f

وسایل لازم

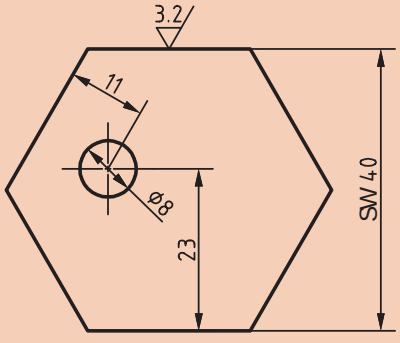
۱ دستگاه فرز

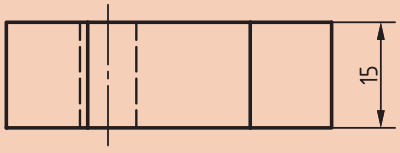
۲ دستگاه تقسیم

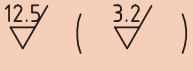
۳ آچارتخت مناسب

۴ تیغه فرز مناسب

۵ لباس کاروکفش و عینک ایمنی







نکته

با توجه به اینکه نمی‌توان از دُرن استفاده کرد، برای قطعه دنباله در نظر بگیرید و بعد از اتمام فرزکاری قطعه آن را روی دستگاه تراشکاری کنید تا حذف شود.

مراحل انجام کار

۱ دنباله قطعه (نافی) را در سه‌نظام دستگاه تقسیم بسته و صفحه سوراخ‌دار و قیچی را با توجه به محاسبات انجام شده تنظیم کنید.

۲ لقی دستگاه تقسیم را بگیرید، سپس عدّه دوران و سرعت پیشروی را تنظیم کنید و با رعایت نکات ایمنی دستگاه را روشن نمایید.

۳ سطوح مورد نظر را تا اتمام کار، فرزکاری نمایید.

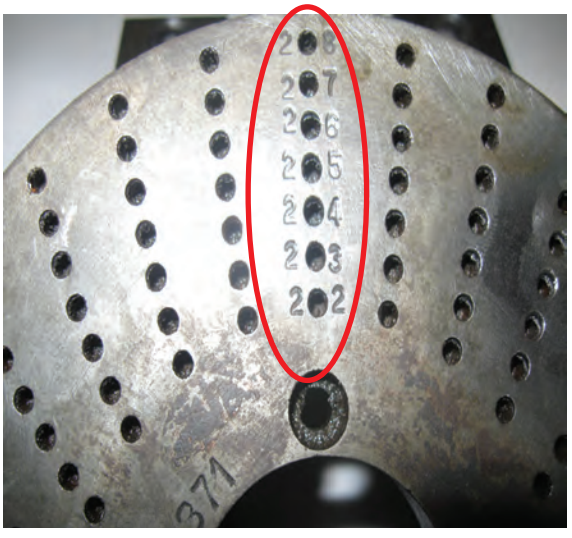
۴ پس از پایان فرزکاری قسمت دنباله قطعه (نافی) را کف‌تراشی کنید.

۵ قطعه‌کار را جهت ارزیابی به هنرآموز تحویل دهید.

۶ دستگاه را تمیز کرده و براده‌ها را در محل پیش‌بینی شده بریزید.

صفحه سوراخ‌دار:

مقدار گردش دسته تقسیم همیشه عدد صحیحی نبوده بلکه در موارد مختلف می‌تواند به‌صورت کسری، کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از واحد باشد. در این موارد برای گردش دقیق دسته تقسیم به اندازه کسر دلخواه، از صفحه سوراخ‌داری که روی دستگاه تقسیم سوار می‌شود استفاده می‌کنیم (شکل ۷). تعداد سوراخ موجود در هر ردیف روی صفحه سوراخ‌دار حک شده است. مثلاً اگر برای تقسیم محیط کاری لازم باشد که دسته تقسیم $\frac{۱}{۳}$ دور بزند باید روی دایره صفحه سوراخ‌دار ۱۵ سوراخه ۵ فاصله یا روی دایره صفحه سوراخ‌دار ۱۸ سوراخه ۶ فاصله، دسته تقسیم جابه‌جا شود. البته باید موقع ساده کردن کسر توجه داشته باشیم که عددی که در مخرج ایجاد می‌گردد باید مضرب صحیحی از تعداد سوراخ صفحه سوراخ‌دار باشد.



شکل ۷ صفحه سوراخ‌دار

دستگاه‌های تقسیم، معمولاً دارای سه صفحه سوراخ‌دار به شرح زیر می‌باشند:

صفحات سوراخ‌دار دستگاه تقسیم	
صفحه سوراخ یک طرفه (نرمال)	
صفحه‌سوراخ	تعداد ردیف سوراخ موجود در هر صفحه
شماره ۱	۱۵ـ۱۶ـ ۱۷ـ۱۸ـ ۱۹ـ۲۰ سوراخه
شماره ۲	۲۱ـ۲۳ـ ۲۷ـ ۲۹ـ۳۱ـ۳۳ سوراخه
شماره ۳	۳۷ ـ۳۹ـ۴۱ـ۴۳ـ۴۷ـ۴۹ سوراخه
صفحه سوراخ دو طرفه	
طرف اول صفحه I	۱۶ـ ۱۸ـ۲۰ـ۲۴ـ ۳۱ـ۳۷ـ۴۱ـ۴۷ سوراخه
طرف اول صفحه II	۱۷ ـ۱۹ـ۲۱ـ۲۹ـ ۳۳ـ۳۹ـ۴۳ـ۴۹ سوراخه

نکته

گاهی به صفحه سوراخ‌دارهایی برخورد می‌کنیم که دارای سوراخ‌های متفاوتی نسبت به آنچه گفته شد می‌باشند، که باید محاسبات را برمبنای صفحه سوراخ‌دار در دسترس انجام داد.

مثال ۳ـ برای تقسیم محیط کاری به ۶ قسمت مساوی توسط دستگاه تقسیم غیرمستقیم با نسبت i= ۴۰:۱ حساب کنید:

الف) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.

ب) صفحه سوراخ‌دار مناسب برای این تقسیم را.

ج) فاصله دو بازوی قیچی را به اندازه چند سوراخ باید تنظیم کرد؟

حل:

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{۴۰}{۶} = ۶\frac{۴}{۶} = ۶\frac{۲}{۳}$$

مفهوم عدد $۶\frac{۲}{۳}$ این است که برای هر تقسیم لازم است دسته تقسیم ۶ دور کامل و $\frac{۲}{۳}$ دور بگردد.

الف) چون عدد حاصل در مخرج در صفحه سوراخ‌دار وجود ندارد، صورت و مخرج را در یک عدد دلخواه ضرب کرده تا عدد حاصل در مخرج در صفحه سوراخ‌دار وجود داشته باشد.

ب) برای گردش $\frac{۲}{۳}$ دور باید صفحه سوراخ‌داری که تعداد سوراخ‌های آن به عدد مخرج (۳) قابل تقسیم باشد انتخاب گردد. مثلاً صفحه سوراخ‌دار ۱۵ سوراخه. بنابراین باید صورت و مخرج کسر $\frac{۲}{۳}$ را در عدد ۵ ضرب

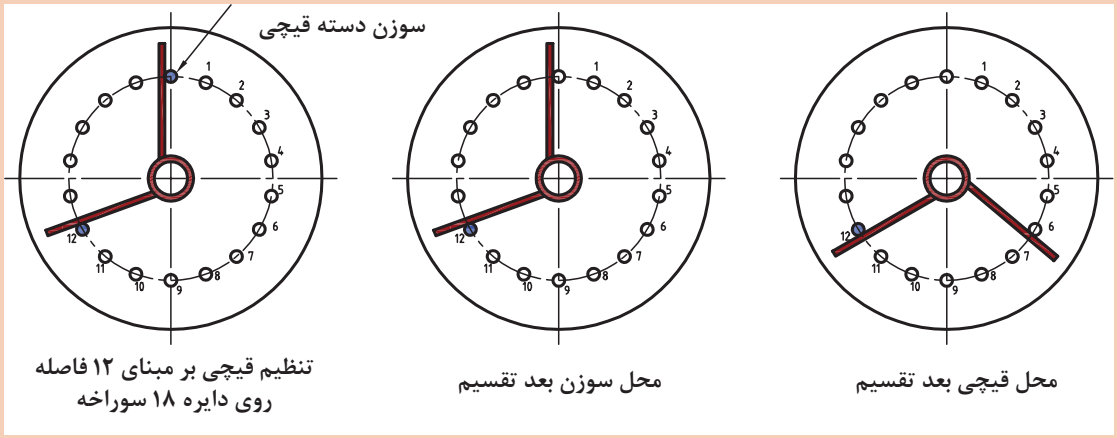
نمود تا عدد مخرج کسر نشان‌دهنده دایره سوراخ‌دار مورد استفاده باشد (شکل ۸).

$$n_k = ۶\frac{۲(۵)}{۳(۵)} = ۶\frac{۱۰}{۱۵} \quad \text{یا} \quad n_k = ۶\frac{۲(۶)}{۳(۶)} = ۶\frac{۱۲}{۱۸}$$

یعنی برای هر تقسیم لازم است که دسته تقسیم روی ردیف ۱۸ سوراخ ۶ دور کامل و ۱۲ فاصله بچرخد.

پرسش

با توجه به کسر $\frac{۲}{۳}$ و با استفاده از جدول صفحه‌سوراخ‌ها، غیر از ردیف ۱۸ از چه ردیف‌های دیگری می‌توان استفاده کرد؟



شکل ۸

نکته

در صورت امکان استفاده از چند صفحه سورخ دار از صفحه‌ای که دارای تعداد سوراخ بیشتری است استفاده کنید.

دوران قطعه تحت زاویه مشخص

پرسش

به نظر شما اگر بخواهیم قطعه‌ای تحت یک زاویه مشخص و یا با دقت دقیقه و یا ثانیه تولید شود، چگونه عمل کنیم؟

برای گرداندن قطعه‌کار تحت زوایای معین نیز می‌توان از دستگاه تقسیم استفاده کرد. بدین طریق که اگر نسبت دستگاه تقسیم ۱:۴۰ =i باشد به ازای گردش ۴۰ دور دسته دستگاه تقسیم، قطعه‌کار یک‌دور کامل(۳۶۰ درجه)

جابه‌جا می‌شود. پس برای یک درجه جابه‌جایی قطعه‌کار، دسته تقسیم باید به اندازه $\frac{۴۰}{۳۶۰}$ دور بگردد، و اگر لازم باشد به اندازه α درجه جابه‌جا شود باید دسته تقسیم به اندازه $\frac{۴۰\times\alpha^{\circ}}{۳۶۰}$ حرکت نماید.

بنابراین فرمول لازم برای گرداندن قطعه‌کار تحت زاویه α به شرح زیر است:

$$n_k=\frac{i\times\alpha^{\circ}}{۳۶۰}$$

i= نسبت دستگاه

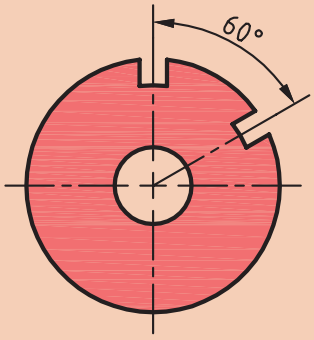
α°= زاویه جابه‌جایی بر حسب درجه

α'= زاویه جابه‌جایی بر حسب دقیقه

n_k = مقدار گردش دسته تقسیم

در رابطه فوق اگر نسبت دستگاه تقسیم i= ۴۰:۱ باشد مقدار گردش دسته تقسیم از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$n_k=\frac{i\times\alpha^{\circ}}{۳۶۰}=\frac{۴۰\times\alpha^{\circ}}{۳۶۰}\rightarrow\quad n_k=\frac{\alpha^{\circ}}{۹}\quad\text{یا}\quad n_k=\frac{\alpha'}{۵۴۰'}$$



مثال ۴ـ برای تقسیم زاویه صفحه شیارداری مطابق شکل مطلوبست محاسبه:

الف) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم اگر نسبت دستگاه تقسیم i= ۴۰:۱ باشد.

ب) ردیف سوراخ‌های انتخابی در صورتی‌که صفحه سوراخ‌دار شماره ۲ روی دستگاه سوار باشد.

ج) تعداد فاصله تنظیمی‌بین دو بازوی قیچی.

حل:

$$n_k=\frac{\alpha^{\circ}}{۹}=\frac{۶۰^{\circ}}{۹}=۶\frac{۶}{۹}$$

ب) در صفحهٔ شماره۲ تنها ردیفی که بر۹ بخش پذیر است ردیف ۲۷ می‌باشد که برای تعیین ضریب کافی است ۲۷ را بر۹ تقسیم کنیم $\frac{۲۷}{۹}=۳$ پس عدد ۳ عددی است که صورت ومخرج کسر را مطابق زیر باید در آن ضرب کنیم.

$$۶\frac{۶}{۹}=۶\frac{۶(۳)}{۹(۳)}=۶\frac{۱۸}{۲۷}$$

حل ج) سوراخ موجود بین دو بازوی قیچی۱۹ سوراخ و یا ۱۸ فاصله خواهد بود.

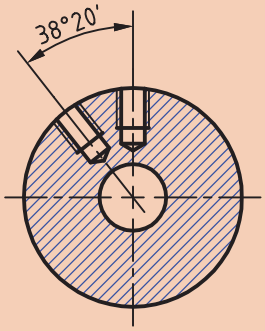
برای کنترل حل مسئله با توجه به فرمول اصلی می‌توان مقدار α را محاسبه کرد، در صورتی که α حاصل همان

زاویه صورت مسئله باشد، حل مسئله صحیح بوده و در غیر این‌صورت غلط خواهد بود.

$$n_k = \frac{\alpha^\circ}{۹} \rightarrow \alpha^\circ = n_k \times ۹ = ۶\frac{۱۸}{۲۷} \times ۹ \quad = \frac{۱۸۰^\circ}{۲۷} \times ۹ = \frac{۱۶۲۰^\circ}{۲۷} = ۶۰^\circ$$

بنابراین حل مسئله درست بوده است.

فعالیت کلاسی



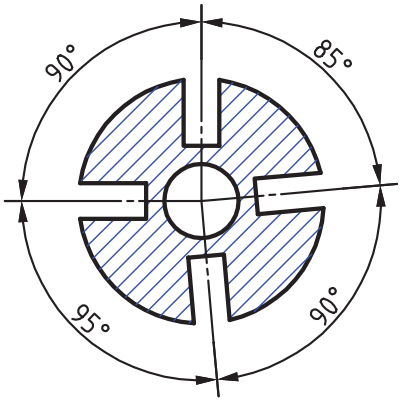
روی صفحه‌ای فاصله دوسوراخ ′۲۰ و °۳۸ مطابق شکل، به‌وسیله دستگاه تقسیم غیرمستقیم باید تنظیم شود.

الف) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم اگر نسبت دستگاه تقسیم i= ۴۰:۱ باشد.

ب) ردیف سوراخ‌های انتخابی در صورتی‌که صفحه سوراخ‌دار شماره ۲ روی دستگاه سوار باشد.

ج) تعداد سوراخ تنظیمی‌بین دو بازوی قیچی.

د) امتحان حل مسئله.



تقسیمات نامساوی محیط قطعه‌کار

تاکنون با ذکر مثال‌هایی کاربرد صفحه تقسیم‌های اونیورسال جهت تقسیم کردن محیط قطعات به قسمت‌های مساوی را مورد بررسی قرار دادیم. لیکن در هنگام فرزکاری قطعه‌کار به مواردی برخورد می‌کنیم که لازم است محیط را به قسمت‌های نامساوی تقسیم کنیم. فرق عمده فرزکاری آنها با قطعاتی که دارای زاویه مرکزی مساوی هستند، این است که در این‌گونه موارد به‌خاطر متفاوت بودن زاویه مرکزی هر شیار، باید مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای هر زاویه داده شده جداگانه محاسبه شود.

مثال ۵ـ قطعه مطابق شکل به‌وسیله فرزانگشتی فرزکاری می‌شود.

ابتدا مقدار گردش دستگاه تقسیم برای هر یک از زوایا را محاسبه کنید و سپس آن را فرزکاری نمایید.

تعیین دور دسته دستگاه تقسیم:

$$\alpha_۱ = ۸۵^\circ \rightarrow n_k = \frac{\alpha^\circ}{۹} = \frac{۸۵}{۹} = ۹\frac{۴(۲)}{۹(۲)} = ۹\frac{۸}{۱۸} \text{ یا } ۹\frac{۴(۳)}{۹(۳)} = ۹\frac{۱۲}{۲۷}$$

$$\alpha_۲ = ۹۰^\circ \rightarrow n_k = \frac{\alpha^\circ}{۹} = \frac{۹۰}{۹} = ۱۰$$

$$\alpha_۳ = ۹۵^\circ \rightarrow n_k = \frac{\alpha^\circ}{۹} = \frac{۹۵}{۹} = ۱۰\frac{۵(۲)}{۹(۲)} = ۱۰\frac{۱۰}{۱۸} \text{ یا } ۱۰\frac{۵(۳)}{۹(۳)} = ۱۰\frac{۱۵}{۲۷}$$

$$\alpha_۴ = ۹۰^\circ \rightarrow n_k = \frac{\alpha^\circ}{۹} = \frac{۹۰}{۹} = ۱۰$$

از مقادیر به‌دست آمده و صفحه سوراخ‌های موجود در می‌یابیم که صفحه مناسب ۲۷ سوراخه می‌باشد بنابراین بعد از سوار کردن آن روی دستگاه تقسیم به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:
ابتدا شیار اول را به طور دلخواه فرزکاری می‌کنیم، سپس برای فرزکاری شیار دوم، دسته دستگاه تقسیم را به اندازه $۹\frac{۱۲}{۲۷}$ دوران می‌دهیم. یعنی دسته دستگاه تقسیم را به اندازه ۹ دور کامل و۱۲ فاصله از ردیف ۲۷ سوراخه دوران می‌دهیم. پس از اینکه شیار دوم فرزکاری شد، عملیات را برای بقیه شیارها نیز تکرار می‌کنیم.

نکته

با توجه به لقی قطعات دستگاه تقسیم قبل از شروع به کار وهمچنین در حین کار لقی آن را در یک جهت (مثلاً ساعت گرد) بگیرید.

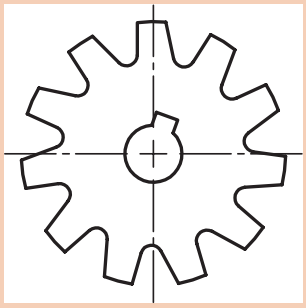
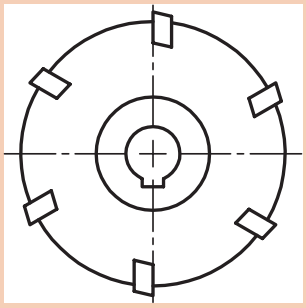
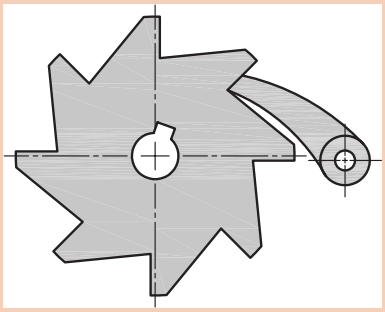
فعالیت کلاسی

۱ در دستگاه تقسیم مستقیم که دارای ردیف‌های ۱۶ـ۳۶ـ۴۲ـ۶۰ سوراخ می‌باشد، تعیین کنید:
الف) تعداد دوران دسته دستگاه تقسیم را برای تقسیمات ۷ و ۱۲ و ۱۵.

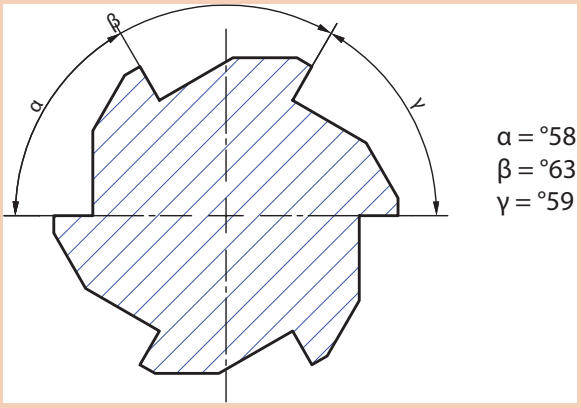
دایره سوراخ‌دار / تقسیمات	۱۶	۳۶	۴۲	۶۰
۷				
۱۲				
۱۵				

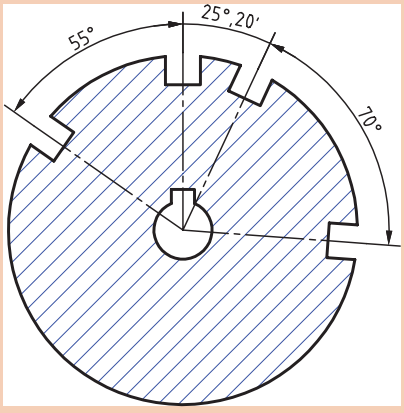
ب) برای تقسیمات ۲ و ۱۸ قسمتی از کدام‌یک از صفحه سوراخ‌دارهای فوق می‌توان استفاده کرد؟
۲ با دستگاه تقسیم مستقیم می‌خواهیم محیط کاری را به ۴ و ۶ و ۸ قسمت مساوی تقسیم کنیم. اگر صفحهٔ تقسیم موجود دارای ردیف سوراخ‌های ۱۶ ـ۳۶ ـ ۴۸ـ۶۰ باشد حساب کنید:
الف) ردیف سوراخ‌های مناسب برای تقسیمات فوق را.
ب) مقدار جابه‌جایی لازم (n_L) برای هر یک از تقسیمات را.
۳ برای بخش طراحی کارخانه‌ای تقسیمات ۹۰ تا ۹۹ قسمت مطرح است، کدام‌یک از تقسیمات مذکور بوسیلهٔ دستگاه تقسیم غیرمستقیمی‌که دارای صفحات سوراخ‌دار نرمال (سه صفحه سوراخ‌دار) و نسبت i=۴۰:۱ می‌باشد امکان‌پذیر می‌باشد؟
۴ محیط قطعه‌کاری بوسیله یک دستگاه تقسیم غیرمستقیم بایستی به ۲۸ قسمت مساوی تقسیم شود. حساب کنید مقدار گردش دسته تقسیم را اگر از صفحات سوراخ‌دار نرمال استفاده شود.
۵ تیغه فرزهایی با تعداد دندانه‌های ۶ و۱۱ و۱۳و۱۴ و۱۶و ۱۸ با دستگاه تقسیمی‌که نسبت آن i=۴۰:۱ می‌باشد، باید تقسیم و به وسیله ماشین فرز تراشیده شوند. مطلوب است محاسبه مقدار گردش دستهٔ دستگاه تقسیم برای هر یک از تقسیمات.

۶ پولک‌های جغجغه ای مطابق شکل روی دستگاه تقسیمی که نسبت آن i= ۴۰:۱ می‌باشد باید تقسیم وفرز شوند. مقدار گردش دستهٔ دستگاه تقسیم را حساب کنید

۷ صفحه شیاردار مطابق شکل را می‌خواهیم به کمک دستگاه تقسیمی که نسبت آن i=۴۰:۱ است تقسیم کنیم. حساب کنید مقدارگردش دستهٔ دستگاه تقسیم را برای هر یک از زوایای نشان داده شده در شکل در صورتی که صفحه سوراخ‌دار موجود ۱۵ـ۱۶ـ۱۷ـ۱۸ـ۱۹ـ۲۰ـ۲۷ باشد.

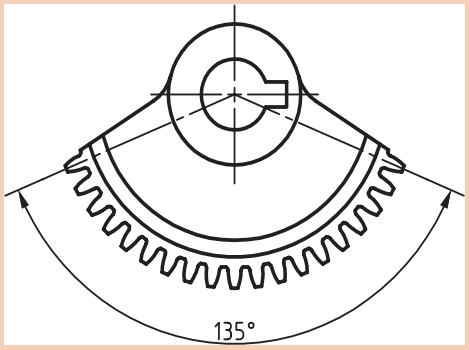




۸ اهرم دنده‌ای مطابق شکل که در حد فاصل ۱۳۵° آن ۱۸ دنده وجود دارد بایستی به کمک دستگاه تقسیم i=۶۰:۱ تقسیم شود.

الف) تعداد دنده موجود در ۳۶۰° درجه آن را محاسبه کنید.

ب) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای فرز کردن هر دنده را محاسبه کنید.



۹ نمونه‌هایی از تقسیمات محیطی، که در محیط زندگی مشاهده می‌کنید و در کارگاه قابل انجام دادن است را به هنرآموز معرفی کنید.

فعالیت کارگاهی

فرز کاری دسته تنظیم گیره

روند نما و مراحل انجام کار را طراحی کرده و بنویسید

مشخصات قطعه‌کار

لازم به توضیح است که به تشخیص هنرآموز محترم از آلومینیوم نیز می‌توان استفاده کرد. شیوه انجام کار متناسب با امکانات کارگاه و به تشخیص هنرآموز صورت می‌گیرد.

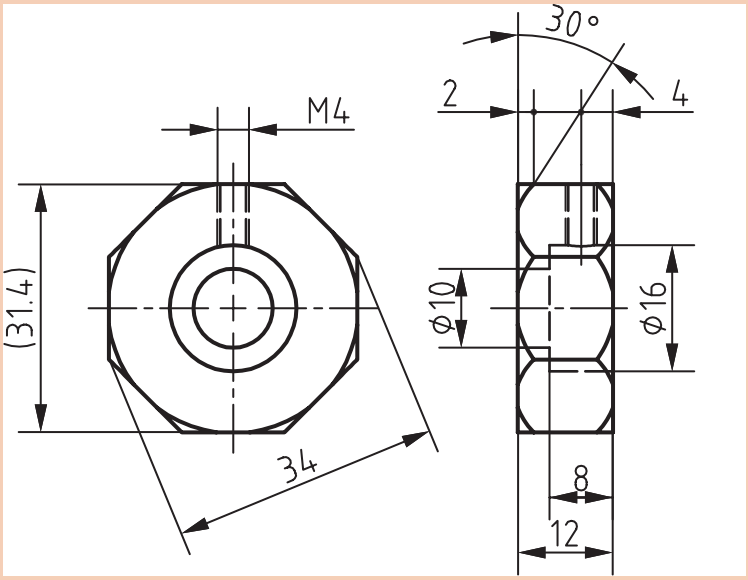
جنس قطعه: St۳۷ یا Al

مواد اولیه: ∅ ۳۸ × ۳۰mm

تولرانس: مطابق ISO ۲۷۶۸ - f

وسایل مورد نیاز:

۱ دستگاه فرز
۲ تیغه فرز مناسب
۳ آچار تخت مناسب
۴ دستگاه تقسیم
۵ کولیس
۶ پارچه تنظیف
۷ لباس کار و عینک ایمنی



پرسش

به نظر شما بهترین پیشنهاد در روش تولید این قطعه چیست؟ آن را با هنرآموز محترم در میان بگذارید.

نقشه کار: چندضلعی تراشی

فرزکاری چندضلعی‌ها مطابق نقشه. جنس قطعه از آلومینیوم و به قطر آماده ۴۰ به همراه جای دقیق مرغک‌ها است.

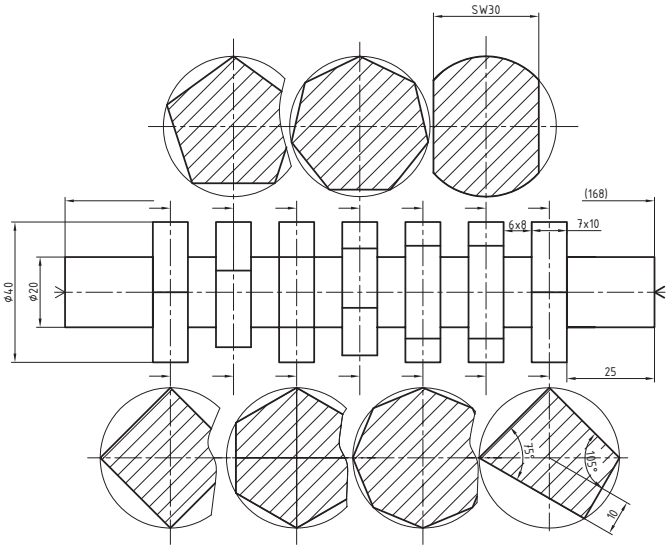
شاخص عملکرد: ۱ـ تولرانس ابعادی بر اساس استاندارد ISO ۲۷۶۸ـf ۲ـ پرداخت سطح Ra =۱/۶

شرایط انجام کار: ۱ـ انجام کار در محیط کارگاه ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳ـ تهویه استاندارد و دمای ۲۰°c ± ۳ ° ۴ـ ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ زمان ۸ ساعت

مواد مصرفی: جنس قطعه از آلومینیوم و به قطر آماده ۴۰ به همراه جای دقیق مرغک‌ها.

ابزار و تجهیزات: ماشین فرز انیورسال با متعلقات ـ دستگاه تقسیم با متعلقات ـ ساعت اندازه‌گیری ـ کولیس ۰/۰۵ ـ آچار تخت ـ برس مویی ـ تیغه فرز انگشتی با فشنگی و فرزگیر به همراه آچار مربوطه ـ وسایل روغن‌کاری ـ پیچ‌گوشتی ـ زیرپایی

ـ نمونه و نقشه کار:



معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قطعه کار اولیه	۱	
۲	آماده‌سازی دستگاه	۱	
۳	آماده‌سازی و بستن ابزار	۱	
۴	بستن قطعه کار	۲	
۵	فرزکاری چندضلعی‌ها	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ـ مسئولیت پذیری ۲ـ مدیریت مواد و تجهیزات ۳ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی و عینک محافظ ۴ـ تمیزکردن وسایل و محیط کار ۵ـ پایبندی به الزامات نقشه	۲	
	میانگین نمرات *		

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

واحد یادگیری ۲
تراشیدن چرخ‌دنده ساده

مقدمه

چرخ‌دنده‌ها قطعاتی هستند که می‌توانند نیرو و عده دوران را منتقل نمایند امروزه کمتر دستگاهی را می‌توان یافت که از چرخ دنده استفاده نشده باشد.

استاندارد عملکرد

فرزکاری چرخ‌دنده ساده مطابق نقشه

پیش‌نیاز

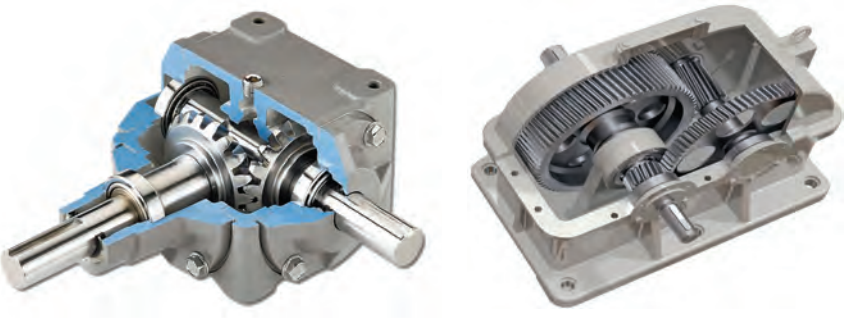
نقشه‌خوانی
کار با ابزارهای اندازه‌گیری
فرزکاری سطوح تخت
فرزکاری سطوح شیبدار
فرزکاری شیارها

چرخ‌دنده‌ها (Gears) و اجزای آنها

به نظر شما شکل مقابل چه قسمتی از دستگاه را نشان می‌دهد؟ به چه روش‌های دیگری می‌توان بین محورهای نشان داده شده ارتباط برقرار کرد؟ (شکل ۸)

معمولاً برای انتقال حرکت و نیرو از یک محور به محور دیگر (معمولاً در فواصل کوتاه) از چرخ‌دنده استفاده می‌گردد. چرخ‌دنده‌ها نسبت به وسایل انتقال حرکت دیگر مانند (چرخ زنجیر و چرخ تسمه) وسیله انتقال حرکت دقیق‌تر و به‌صرفه‌تری به شمار می‌روند و در ماشین‌های ابزار، جعبه‌دنده و ... به‌کار می‌روند (شکل ۹).

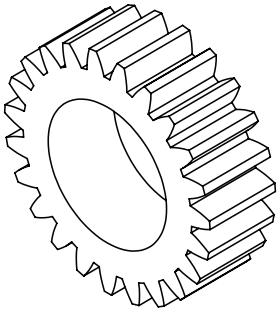
شکل ۸



شکل ۹

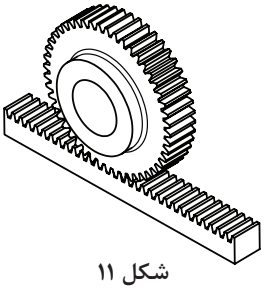
بعضی از انواع چرخ‌دنده‌ها به شرح زیر هستند:

الف) چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای: دنده‌ها روی سطح جانبی مدور (محیط قطعه) قرار دارند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

ب) چرخ‌دنده‌های شانه‌ای: دندانه‌ها معمولاً روی یک سطح مکعب مستطیل ایجاد می‌گردد (شکل ۱۱).

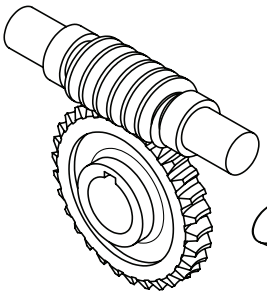


شکل ۱۱

شکل ۱۲

ج) چرخ‌دنده‌های مخروطی: دنده‌های آن روی سطح یک مخروط ناقص قرار دارند که می‌توانند به‌صورت مستقیم یا مارپیچ باشند (شکل ۱۲).

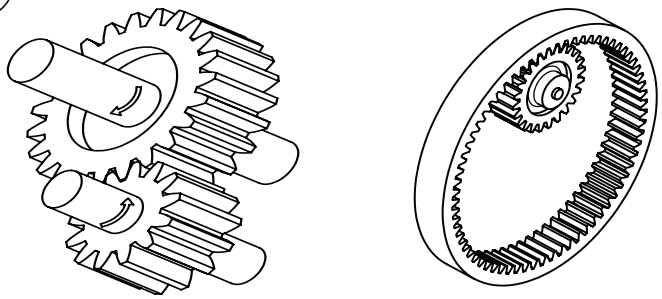
د) چرخ‌دنده‌های حلزونی (ماردن): دندانه‌ها روی سطح استوانه واقع گردیده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

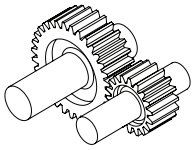
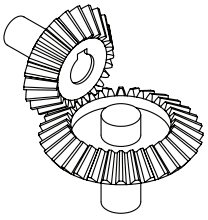
چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای از نظر فرم دندانه به فرم دنده مستقیم، مارپیچ، جناقی و حلزونی تقسیم می‌شوند.

۱ـ چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای با دنده مستقیم (ساده) به‌صورت داخلی و خارجی (شکل ۱۴)



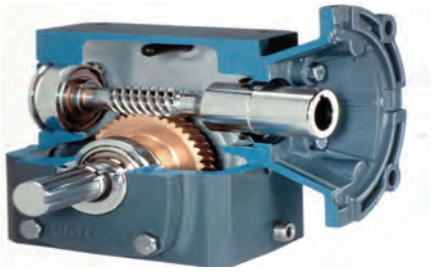
شکل ۱۴

وضعیت قرار گرفتن محور چرخ‌دنده به سه حالت هندسی زیر تقسیم شده‌اند:

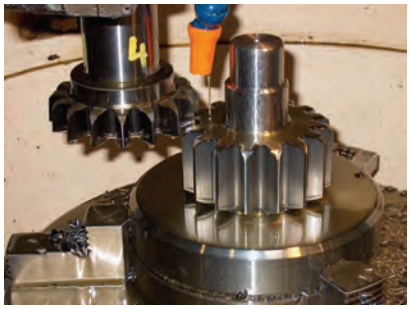
وضعیت	شرح	تصویر
محور موازی	در تمام طول محور فاصله آنها یکسان باشد. مانند محور در چرخ‌دنده‌های ساده	
محور متقاطع	امتداد محورها همدیگر را قطع می‌کنند مثل چرخ‌دنده‌های مخروطی	
محور متنافر	محورها نه موازی و نه متقاطع مانند چرخ‌دنده‌های حلزون و یا نوعی چرخ‌دنده مارپیچ	

فعالیت کلاسی

با توجه به آموخته‌های قبل و مطالب گفته شده جدول ۱ را پر کنید:

ردیف	نام چرخ‌دنده	کاربرد	تصویر
۱			
۲			
۳			

روش‌های تولید چرخ‌دنده



شکل ۱۵

برای تولید چرخ‌دنده روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بعضی از آنها عبارت‌اند از:

الف) پرسکاری (برای چرخ‌دنده‌های ریز و کوچک)

ب) ریخته‌گری با قالب فولادی

ج) آهنگری (Forging) و همچنین متالورژی پودر

د) براده‌برداری

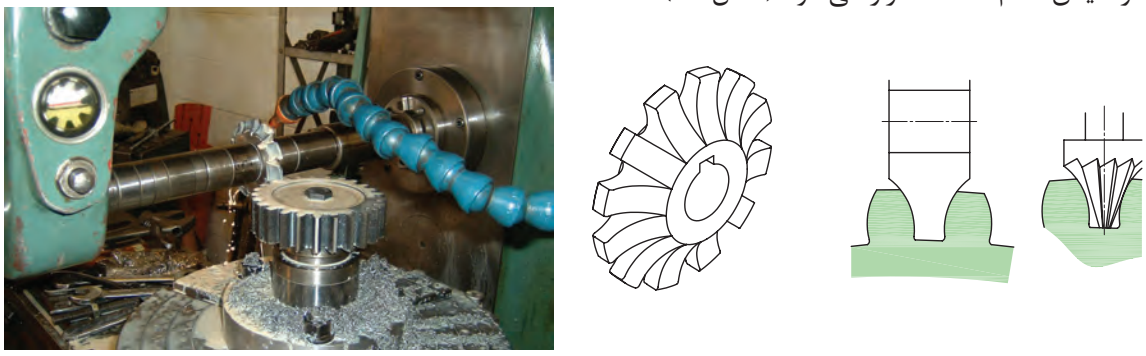
در این پودمان فقط به روش تولید چرخ‌دنده از طریق براده‌برداری اشاره شده است

چرخ‌دنده‌تراشی از طریق براده‌برداری

به طور کلی چرخ‌دنده تراشی با استفاده از براده‌برداری به سه روش اصلی زیر انجام می‌گیرد:

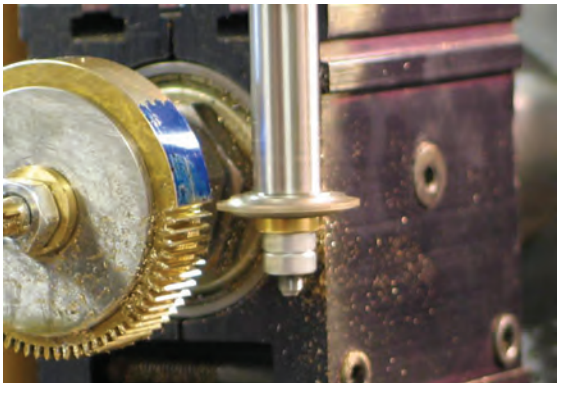
الف) روش معمولی (کپی): روشی است که در آن دندانه‌ها به‌طور تک‌تک به‌وسیله صفحه تقسیم و توسط تیغه فرز مدولی روی ماشین‌هایی فرز افقی و یا عمودی ساخته می‌شود. این روش به علت اینکه فرم و شکل تیغه فرز مدولی عیناً بر روی چرخ‌دنده منعکس می‌شود را روش کپی گویند.

در این روش شیارها به‌وسیله تیغه فرز مخصوص دنده تراش که با فرم دندانه نسبت دقیقی دارد ماشین‌کاری می‌شود. پس از تراش اولین شیار، لازم است که شمش به مقدار گام چرخ‌دنده چرخانده شود. این عمل تا تراشیدن تمام دندانه تکرار می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

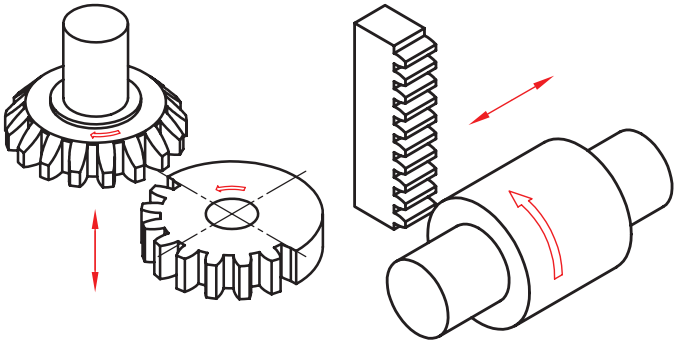
در شکل مقابل یک روش برای تراشیدن چرخ‌دنده به کمک دستگاه فرز عمودی و دُرن متوسط را نمایش می‌دهد (شکل ۱۷)



(شکل ۱۷)

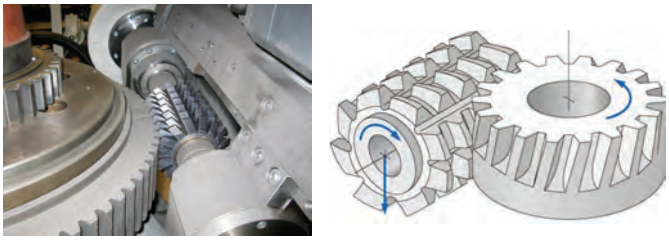
ب) روش کله‌زنی

ماشین‌کاری هم‌زمان دنده‌ها را می‌توان روی ماشین فرز کله‌زنی انجام داد. چرخ‌دنده‌تراشی روی چنین ماشین‌هایی با دنده‌های فرم که متناسب با چرخ‌دنده است، انجام می‌گیرد. این روش نسبت به فرزکاری با ماشین افقی و عمودی از راندمان بالاتری برخوردار می‌باشد اما تنظیم ماشین نسبتاً مشکل‌تر از فرز معمولی است، بنابراین از این روش برای تولید در مقیاس زیاد استفاده می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

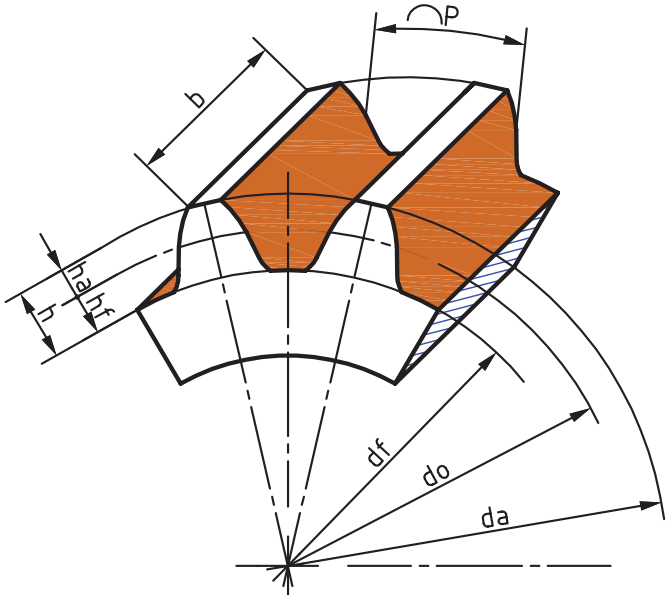
ج) روش غلتی یا هاب (Hobbing): در این روش با چرخش هم‌زمان تیغه فرز و قطعه کار عمل براده‌برداری انجام می‌شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

مشخصات کلی چرخ‌دنده

چرخ‌دنده از فلکه یا استوانه‌ای که ضخامت آن نسبت به قطرش کمتر می‌باشد ساخته شده است که در محیط آن برآمدگی‌هایی به فرم معین به نام دندانه و فرورفتگی‌هایی مخصوص به نام شیار دنده که مابین دنده‌ها واقع می‌شوند قرار دارند.



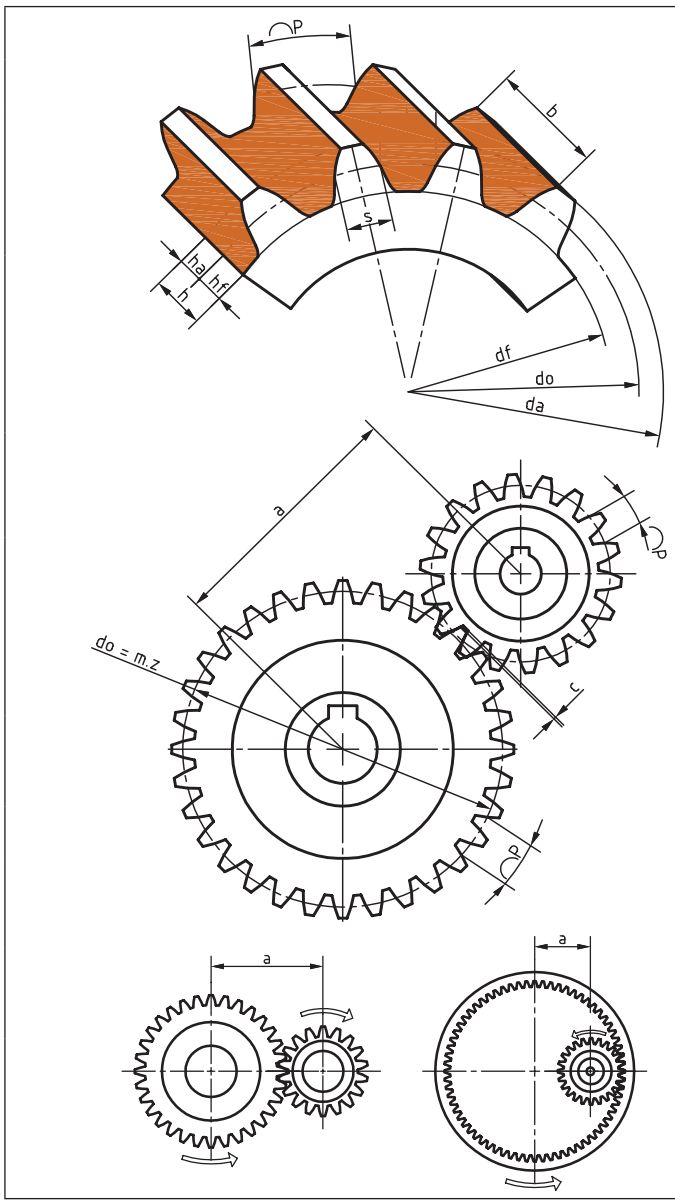
مدول m: مدول از تقسیم گام (p) بر عدد π و یا از تقسیم قطر دایره گام بر تعداد دندانه به‌دست می‌آید $(m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_o}{z})$.

مقدار لقی (C): این مقدار را در ماشین‌سازی معمولاً $C = \frac{1}{6}m = 0/167m$ در نظر می‌گیرند.

نکته

مدول نشان‌دهنده بزرگی یا کوچکی دندانه می‌باشد. ضمناً یکی از شرایط درگیری دو چرخ‌دنده با یکدیگر، داشتن مدول مساوی است.

جدول ۲ اجزا مهم چرخ‌دنده



نام	فرمول
گام	$p = m \times \pi$
مدول	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_a}{z+2}$
قطردایره گام	$d_o = m \times z = d_a - 2m$
قطر سردنده	$d_a = d_o + 2m$ $d_a = m(z + 2)$
قطر پای دنده	$d_f = d_o - 2/334\ m$ $d_f = m\ (z - 2/334)$
ارتفاع سردنده	$h_a = m$
ارتفاع پای دنده	$h_f = m + c = 1/167\ m$
ارتفاع دنده	$h = h_a + h_f$ $h = m + m + c = 2/167\ m$
لقی	$c = \frac{1}{6}m = 0/167m$
تعداد دنده	N یا $Z = \frac{d_o}{m} = \frac{d_a - 2m}{m}$
پهنای دنده	$b \approx 10\ m$
ضخامت دنده	$s = \frac{19}{40}p$
فاصله شیار دنده	$l = \frac{21}{40}p$
فاصله بین دو محور	خارجی $a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$ داخلی $a = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$

فعالیت کلاسی

با توجه به روابط چرخ‌دنده ساده جدول ۳ را پر کنید:

فاصله محوری	گام mm	عمق دنده mm	تعداد دنده	مدول mm	قطر پای دنده mm	قطر دایره گام mm	قطر تراش mm	
			۲۸				۱۲۰	الف
			۳۰	۴				ب
	۹/۴۲						۱۲۶	ج
				۴		۱۱۲		د
محاسبه فاصله محوری برای دو چرخ‌دنده خارجی قسمت «د» و«ب»								ه
محاسبه فاصله محوری برای دو چرخ‌دنده داخلی قسمت «د» و «ب»								و

پرسش

ـ در چرخ‌دنده شکسته‌ای تعداد دنده موجود در فاصله ۱۳۵ درجه برابر ۱۸ دنده می‌باشد اگر مدول آن برابر ۵ میلی‌متر باشد، مطلوبست محاسبه:

الف) تعداد کل دندانه‌ها

ب) قطر دایره سردنده

ج) ارتفاع دنده

جنس چرخ‌دنده

معمولاً فلزاتی در ساخت چرخ‌دنده باید مورد استفاده قرار گیرند که به سادگی با ماشین‌های افزار قابل تراش بوده و از طرفی باید قدرت و استقامت کافی در برابر نیروهای وارده را داشته باشند. چرخ‌دنده برای داشتن عملکرد بهتر باید سخت‌کاری (Hardning) و سپس سنگ‌زنی شود، به همین دلیل باید جنس چرخ‌دنده را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که در زمان آبکاری کمتر تغییر شکل دهند.

جنس دستگاه‌هایی که باید نیرو و فشار زیادی را تحمل کنند ممکن است از فولاد و چدن انتخاب نمایند. نوع فولادی که مورد استفاده قرار می‌گیرد با توجه به شرایط کاری می‌تواند از فولاد معمولی، فولاد ریخته‌گری، فولاد آلیاژی و فولاد نیکل کروم‌دار انتخاب شود.

ـ چدن خاکستری یکی از فلزاتی است که برای ساخت چرخ‌دنده معمولی استفاده می‌شود و در صورت نیاز به استحکام و مقاومت بیشتر می‌توان از چدن‌هایی که دارای مقادیر معینی کربن، سیلیسیم، منگنز، نیکل کروم، وانادیم، مولیبدن و مس می‌باشند، استفاده کرد.

برنز ـ یکی دیگر از فلزاتی که برای ساختن چرخ‌دنده‌هایی با مقاومت به خوردگی و فرسایش بالا به‌کار می‌رود

برنز است. برنز با توجه به ضریب اصطکاک کمتر در مقایسه با سایر مواد فلزی اغلب در ساخت چرخ‌دنده‌های حلزونی به‌کار می‌رود (چرخ‌دنده‌های فسفر برنز).
آلومینیوم نیز با ترکیب معینی از مس (۴٪) و منگنز (۶٪) و سیلیسیم (۳٪) برای ساخت چرخ‌دنده‌هایی که باید آبکاری و سخت گردند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
مواد غیر فلزی ـ گاهی اوقات به سبب آرام و بی‌صدا کار کردن، جنس چرخ‌دنده را از مواد پلاستیکی و یا فیبر انتخاب می‌کنند. معمولاً این چرخ‌دنده برای فشار کم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گاهی به‌جای عبارت سخت‌کاری از کلمه «آبدهی و یا آبکاری» نیز استفاده می‌شود.

فعالیت تحقیقی

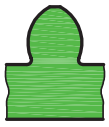
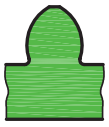
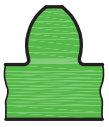
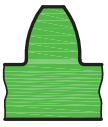
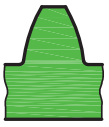
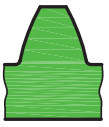
با استفاده از روش‌های جمع‌آوری اطلاعات (کتب مرجع، اینترنت و ...) در مورد جنس مورد استفاده در چرخ‌دنده‌ها تحقیق انجام دهید و در کلاس ارائه نمایید.

نحوه انتخاب شماره (NO) تیغه فرز مناسب با توجه به منحنی تشکیل‌دهنده چرخ‌دنده هرچه تعداد دندانه‌های چرخ‌دنده کمتر باشد انحنای دنده‌ها زیاد است و هر چه تعداد دنده‌ها بیشتر باشد شکل دنده‌ها به حالت ذوزنقه نزدیک‌تر می‌شود. بنابراین لازم است که برای تراشیدن چرخ‌دنده‌ای با تعداد دندانه مشخص از تیغه فرز مدولی با شکل دنده مناسب (Nr یا No مناسب) استفاده شود (شکل ۲۰).
بر طبق استاندارد برای هر مدول دو سری تیغه فرز پولکی موجود است:
الف) سری هشت‌تایی (۸ تایی)
ب) سری پانزده‌تایی (۱۵ تایی)

شکل ۲۰ تیغه فرز مدولی

برای تراشیدن هر چرخ‌دنده در سری ۸تایی فقط هشت شکل دندانه موجود ایجاد می‌شود ولی در سری ۱۵تایی ۱۵شکل دنده ایجاد می‌شود. بنابراین سری ۱۵تایی امکان انتخاب شکل دقیق‌تری را برای پروفیل دندانه (مقطع) به ما می‌دهد. ولی تهیه آن از نظر هزینه، گران‌قیمت‌تر از سری ۸تایی می‌باشد.
در جدول زیر (۴) شکل پروفیل دندانه (منحنی بغل دندانه) و تعداد و شماره مربوط به آنها داده شده است.

جدول ۴

سری ۸تایی تیغه‌فرزهای مدولی								
شماره تیغه فرز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تعداد دنده	۱۲-۱۳	۱۴-۱۶	۱۷-۲۰	۲۱-۲۵	۲۶-۳۴	۳۵-۵۴	۵۵-۱۳۴	۱۳۵- ∞
فرم دنده تراشیده‌شده								

سری ۱۵تایی تیغه‌فرزهای مدولی								
شماره تیغه فرز	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
تعداد دنده	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵_۱۶	۱۷_۱۸	۱۹_۲۰	۲۱_۲۲	۲۳_۲۵
شماره تیغه فرز	۵	۵/۵	۶	۶/۵	۷	۷/۵	۸	_
تعداد دنده	۲۶_۲۹	۳۰_۳۴	۳۵_۴۱	۴۲_۵۴	۵۵_۷۹	۸۰_۱۳۴	۱۳۵ - ∞	_

جدول ۵ مربوط به مدول‌های میلی‌متری استاندارد

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

فعالیت کلاسی

تعداد دندانه	۳۵	۶۴	۱۷	۱۴۰
مدول	۲	۱/۵	۴	۳
شماره تیغه فرز No	.....	.....	.....	.....

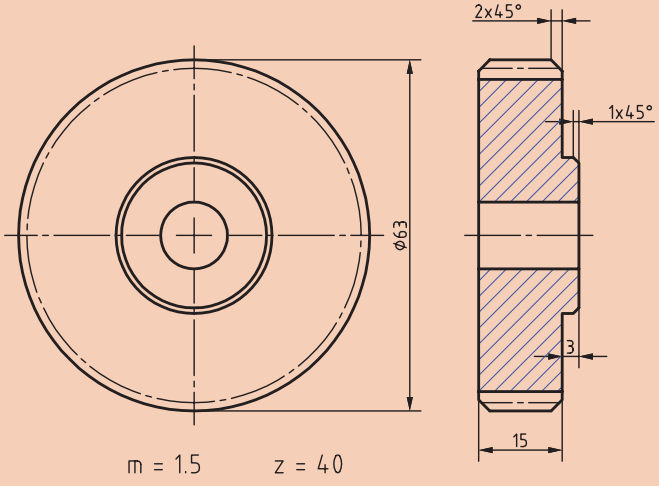
حرکت الکتروموتوری که در هر دقیقه ۱۲۰۰ دور می‌گردد به‌وسیله دو چرخ‌دنده ساده به محور متحرکی که دارای ۲۴۰ دور در دقیقه می‌چرخد، منتقل می‌شود. در صورتی‌که فاصله بین دو محور a =۳۰۰mm و مدول چرخ‌دنده‌ها m =۲/۵ mm و نسبت دستگاه تقسیم l =۴۰:۱ باشد حساب کنید:

الف) تعداد دندانه ـ قطر دایره تقسیم ـ قطر خارجی ـ پهنای چرخ‌دنده ـ ارتفاع کل دنده و شماره تیغه فرز را

ب) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را برای هر یک از چرخ‌دنده‌ها

فعالیت کارگاهی

روند نمای انجام کار



وسایل موردنیاز

۱ قطعه خام
۲ دستگاه فرز افقی
۳ تیغه فرز مدولی
۴ ساعت اندازه‌گیری
۵ آچار تخت مناسب
۶ کولیس ورنیه

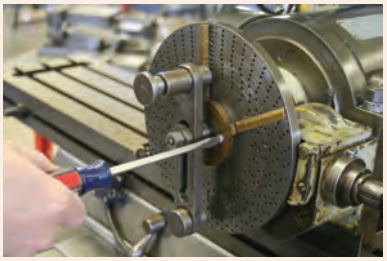
مواد اولیه

گرده فولاد St ۳۷ به ابعاد ϕ ۷۰ × ۲۰ mm

توضیح: تولرانس: f ـ ۲۷۶۸ ISO

به تشخیص هنرآموز محترم جنس چرخ‌دنده و مدول قابل تغییر است.

مراحل تراش چرخ‌دنده ساده

مراحل تراش چرخ‌دنده ساده	
۱ قطر تراش را محاسبه کنید. $d_a = m(z+۲)$ $d_a = ۱/۵ \times (۴۰+۲) = ۶۳ \text{ mm}$	
۲ قطعه را سوراخ‌کاری کرده و روی دُرن سوار کنید. ۳ قطعه کار را تراش داده تا به قطر محاسبه شده برسد.	
۴ با توجه به مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم، صفحه سوراخ‌دار مناسب را انتخاب و روی دستگاه نصب نمایید. ۵ قیچی دستگاه تقسیم را تنظیم کنید.	
۶ با توجه به تعداد دندانه و مدول مورد نیاز، تیغه فرز را انتخاب کرده و روی محور سوار کنید.	
۷ تیغه فرز را با نوک نیم مرغک تنظیم کرده و حرکت عرضی میز را قفل نمایید.	
۸ با رعایت نکات ایمنی دستگاه را روشن کرده و تیغه فرز را به کار نزدیک کنید.	

۹ تعداد دوران و سرعت پیشروی را با توجه به شرایط کارگاهی محاسبه و تنظیم نمایید.

$$n = \frac{v \times ۱۰۰۰}{d \times \pi}$$

۱۰ متناسب با جنس قطعه کار، عمق براده مناسب برای هر مرحله براده‌برداری را انتخاب نمایید.

تیغه فرز را به‌طور صحیح با قطعه کار مماس کنید (با استفاده از چسب کاغذی و یا نوار کاغذ نازک)

۱۱ جهت گردش تیغه فرز را کنترل کرده و در صورت لزوم جهت آن را عوض کنید.

۱۲ به آرامی شروع به براده‌برداری کرده تا عمق دندانه تکمیل گردد.

۱۳ بعد از اتمام شیار و خارج شدن تیغه فرز از داخل دنده، دسته دستگاه تقسیم را به اندازه لازم دوران دهید.

$$n_k = \frac{i}{t} = \frac{۴۰}{۴۰} = ۱$$

۱۴ عملیات را تا پایان فرزکاری دنده‌ها و با دقت تکرار کنید.

در اجرای عملیات فرزکاری دقت گردد تا حتی‌الامکان از اشتباهات و ایجاد هزینه جلوگیری گردد.

۱۵ دستگاه فرز را خاموش کرده و چرخ‌دنده را از روی دستگاه باز نمایید.

۱۶ دستگاه فرز و ابزار را تمیز کرده و به انبار کارگاه تحویل دهید.

۱۷ براده‌ها و ضایعات را تفکیک کرده و در محل پیش‌بینی شده قرار دهید.

از وسایل سالم استفاده کنید و در برابر اشتباهات احتمالی مسئولیت‌پذیر باشید

نکات کلیدی

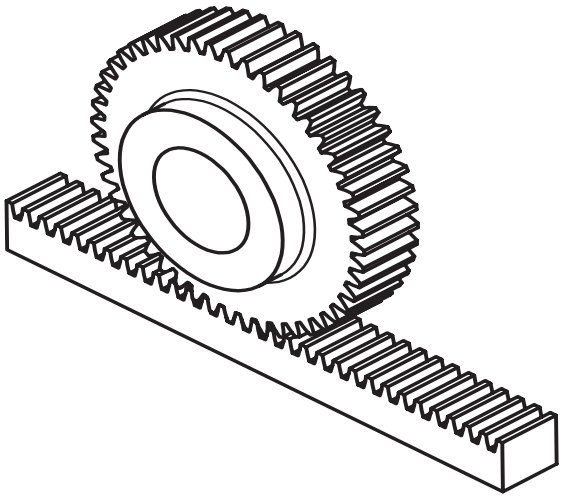
۱ قبل از شروع به‌کار جهت گردش درست تیغه فرز را مد نظر قرار داده و کنترل نمایید.
۲ تعداد دوران و سرعت پیشروی را مناسب انتخاب کنید.
۳ از مایع خنک‌کاری استفاده نمایید.
۴ با توجه به اینکه محور دستگاه تقسیم دارای لقی است، قبل از شروع به کار لقی آن را بگیرید.
۵ اگر به اشتباه دسته بیش از اندازه چرخانده شد باید در موقع برگرداندن دسته، مقدار لقی دستگاه لحاظ شود.

نکات ایمنی

۱ از لباس و کفش و عینک ایمنی استفاده کنید.
۲ در هنگام روشن بودن دستگاه به هیچ وجه اقدام به کنترل و یا اندازه‌گیری چرخ‌دنده نکنید.
۳ قبل از شروع به کار تیغه فرز را به اندازه کافی از قطعه کار دور نمایید.

دنده شانه‌ای

از این نوع دنده‌ها برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی و یا بالعکس استفاده می‌گردد، مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش یا حرکت عمودی میز ماشین مته ستونی.



شکل ۲۱

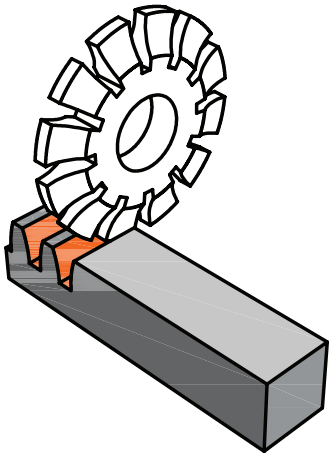
دنده شانه معمولاً با یک چرخ‌دنده ساده و یا چرخ‌دنده مارپیچ درگیر می‌شود. برای ساخت این نوع دنده معمولاً از یک قطعه آهن و یا فولاد مکعب مستطیل (شمش) استفاده می‌گردد. البته دنده شانه‌ای را روی استوانه نیز می‌توان ایجاد کرد.
محاسبات مربوط به دنده شانه‌ای مانند چرخ‌دنده معمولی است با این تفاوت که قطر را بی‌نهایت در نظر

می‌گیریم، بنابراین در سیستم متریک شماره تیغه فرز برای تراشیدن آنها در سری ۸تایی شماره ۸ و در سری ۱۵تایی شماره ۱۵ انتخاب می‌شود و البته در سیستم اینچی برعکس سیستم متریک شماره یک را در نظر می‌گیریم.

طریقه تراشیدن دنده شانه‌ای

برای تراشیدن دنده شانه‌ای معمولاً به روش زیر عمل می‌کنند:

ابتدا شمش مورد نظر را که قبلاً اندازه‌های آن طبق نقشه آماده شده است را بین دو فک گیره قرار داده و گیره را به همراه قطعه کار، طوری روی میز دستگاه فرز افقی قرار می‌دهیم که شمش از جهت طولی موازی با محور فرز باشد. آنگاه تیغه فرز مدولی مناسب را انتخاب کرده و روی محور ماشین فرز افقی سوار می‌کنیم. سپس گام دنده محاسبه می‌شود. برای تنظیم فاصله تقسیم (گام) پس از تراشیدن هر دندانه از یکی از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد:



شکل ۲۲

الف) با استفاده از حلقه تنظیم پیچ هادی میز دستگاه: در این روش پس از تراشیدن اولین دنده میز را به اندازه یک گام چرخ‌دنده جابه‌جا کرده و دنده بعدی تراشیده می‌شود. این عمل تا اتمام دنده شانه‌ای ادامه می‌یابد. در موقع جابه‌جایی میز، لقی پیچ دستگاه را درنظر بگیرید.

ب) با استفاده از دستگاه تقسیم: در این موارد از دستگاه تقسیم به این ترتیب استفاده می‌کنیم که، محور کار دستگاه تقسیم (محور سه نظام) را به‌وسیله چرخ‌دنده‌هایی با نسبت معین به پیچ هادی میز ماشین متصل می‌کنیم و بدین ترتیب با چرخاندن دسته دستگاه تقسیم حرکت از محور کار دستگاه تقسیم و چرخ‌دنده‌های تعویضی به پیچ هادی میز دستگاه فرز می‌رسد و میز را در جهت طولی حرکت می‌دهد. در دستگاه‌های تقسیم که نسبت آنها I=۴۰:۱ باشد با گردش یک دوره کامل دسته دستگاه تقسیم محور کار دستگاه تقسیم $\frac{۱}{۴۰}$ دور خواهد گشت و اگر نسبت چرخ‌دنده‌های تعویضی $i_۲$=۱:۱ باشد پیچ هادی میز ماشین نیز $\frac{۱}{۴۰}$ دور می‌گردد و اگر گام میله هادی میز ماشین p_t=۴mm باشد به ازای یک دور کامل دسته تقسیم، میز به اندازه $\frac{۱}{۴۰}\times۴=۰/۱$ حرکت خواهد کرد.

به‌طور کلی برحسب اینکه گام دنده شانه‌ای چه اندازه باشد مقدار گردش دسته تقسیم از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$n_k = \frac{i \times i_۲ \times p}{p_t}$$

n_k = مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم برای مدرج کردن هر فاصله

i = نسبت بین حلزون و چرخ حلزون

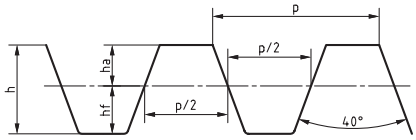
$i_۲$ = نسبت چرخ‌دنده‌های تعویضی بین محور کار دستگاه تقسیم و محور پیچ هادی میز ماشین فرز

p = فواصل تقسیمات برحسب میلی‌متر یا اینچ

p_t = گام پیچ میز ماشین برحسب میلی‌متر و یا اینچ

۲ـ تراشیدن دنده شانه‌ای به‌وسیله ماشین‌های صفحه تراش و یا کله‌زنی امکان‌پذیر است. در این حالت از رنده ذوزنقه با زاویه ۴۰ درجه استفاده می‌شود.

جدول ۶ـ روابط چرخ‌دنده شانه‌ای



گام	$p = m \times \pi$
ارتفاع دنده	$h = h_a + h_f = m + ۱/۱۶۷\ m = ۲/۱۶۷\ m$
پهنای دنده	$b \approx ۱۰\ m$
ضخامت دنده	$s = \frac{p}{۲}$
شماره تیغه فرز	در سری ۱۵ تایی NO = ۱۵ در سری ۸ تایی NO = ۸
زاویه تیغه فرز	۴۰°

توجه

۱ محاسبات مربوط به چرخ‌دنده شانه مانند چرخ‌دنده ساده می‌باشد.

۲ شماره تیغه فرز مناسب برای تراش دنده شانه در سری ۸ تایی شماره ۸ و در سری ۱۵تایی شماره ۱۵ می‌باشد.

مثال ۱

دنده شانه‌ای با مدول m = ۳mm با ماشین فرزی که گام پیچ هادی آن Pt = ۶mm است به کمک فرز مدولی تراشیده خواهد شد تعیین کنید:

الف) گام ـ ارتفاع سردنده ـ ارتفاع پای دنده ـ ارتفاع دنده ـ پهنای دنده و شماره تیغه فرز را.

ب) مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را اگر نسبت آن i =۴۰:۱ بوده و از چرخ‌دنده‌های تعویضی با نسبت $i_۲$=۱:۲ استفاده گردد.

$p = m \times \pi = ۳ \times ۳/۱۴ = ۹/۴۲\ mm$

$h_a = m = ۳\ mm$

$h_f = ۱/۱۶۷\ m = ۱/۱۶۷ \times ۳ = ۳/۵\ mm$

$h = h_a + h_f = ۳ + ۳/۵ = ۶/۵\ mm$

$b = ۱۰ \times m = ۱۰ \times ۳ = ۳۰\ mm$

NO = ۸

$$n_k = \frac{i \times i_2 \times p}{p_t} = \frac{40 \times \frac{1}{2} \times 9/42}{6} = 31/4 = 31\frac{4}{10} = 31\frac{8}{20}$$

یعنی برای تراشیدن هر شیار دنده لازم است که دسته دستگاه تقسیم را به اندازه ۳۱ دور کامل و ۸ فاصله از صفحه سوراخ‌دار ۲۰ سوراخه بچرخانیم. چون در شمردن ۳۱ دور احتمال اشتباه وجود دارد در این قبیل موارد از دستگاه تقسیم مخصوصی که همراه بعضی از دستگاه‌های فرز موجود است استفاده می‌شود. مکانیزم داخلی این دستگاه به گونه‌ای است که یا دارای نسبت i=۱:۱ بوده و یا به ترتیبی است که مستقیماً به پیچ هادی میز ماشین فرز متصل می‌شود که در هر دو صورت محاسبه به شرح زیر انجام می‌شود: $n_k = \frac{p}{p_t}$

اکنون مسئله نمونه حل شده بالا را به شرط داشتن دستگاه تقسیم مخصوص حل می‌کنیم: (توجه داشته باشید در این جا به جای عدد π از معادل آن یعنی $\frac{22}{7}$ استفاده کردیم)

$$p = m \times \pi = 3 \times \frac{22}{7} = \frac{66}{7} \text{ mm}$$

$$n_k = \frac{p}{p_t} = \frac{\frac{66}{7}}{6} = \frac{66}{7 \times 6} = \frac{11}{7} = 1\frac{4}{7} = 1\frac{12}{21}$$

یعنی برای هر تقسیم کافی است دسته تقسیم را یک دور کامل و روی دایره سوراخ‌دار ۲۱ سوراخه به اندازه ۱۲ فاصله جابه‌جا کنیم.

پرسش

برای تراشیدن دنده شانه‌ای که مدول آن ۵ mm است توسط ماشین فرزی به کمک فرز انگشتی مدولی محاسبات زیر را انجام دهید:

الف) گام دنده ـ ارتفاع کل دنده ـ شماره تیغه فرز مدولی.

ب) اگر برای تغییر مکان دقیق میز ماشین فرز از دستگاه تقسیم با نسبت I =۴۰:۱ استفاده شود مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید در صورتی که برای انتقال حرکت از محور کار به محور میله هادی میز ماشین فرز، از چرخ‌دنده‌هایی با نسبت i_2=۱:۱ استفاده شود و گام پیچ هادی میز ماشین p_t=۶ mm باشد.

ج) اگر برای تقسیم دنده شانه‌ای، دستگاه تقسیم با نسبت i=۱:۱ در اختیار باشد، مقدار گردش دسته تقسیم چقدر خواهد بود.

فعالیت کارگاهی

تراش دنده شانه‌ای ساده با مدول ۱/۵ mm (مطابق با فعالیت کارگاهی ۱)

۱ـ روند نمای تراش دنده شانه‌ای را رسم کنید و محاسبات لازم به آن را انجام دهید.

مراحل انجام کار را یادداشت کرده و سپس نسبت به تراش دنده شانه اقدام کنید.

مواد لازم

۱ شمش St ۳۷ و یا آلومینیوم به ابعاد ۱۰۰ × ۲۰ × ۲۰ mm

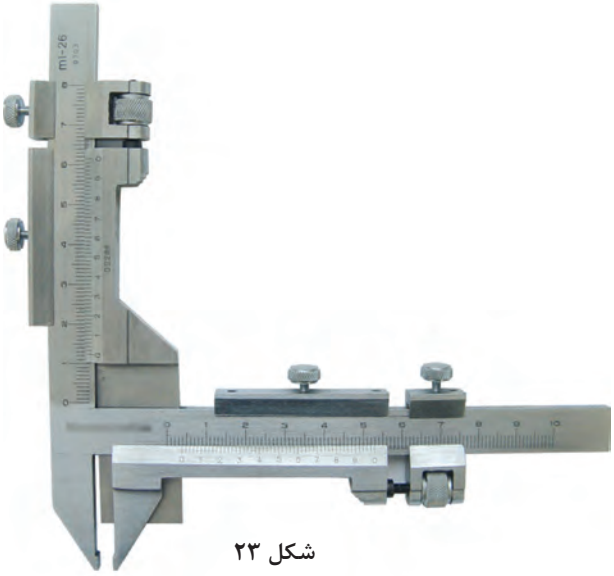
۲ تیغه فرز مدولی

۳ گیره
۴ آچار تخت مناسب
۵ عینک و لباس ایمنی و کفش ایمنی
هنرآموزان محترم با توجه به شرایط می‌توانند پارامترهای نقشه را تغییر دهند.
رعایت نکات ایمنی و حفاظتی در تمام مراحل کار الزامی است

کنترل چرخ‌دنده

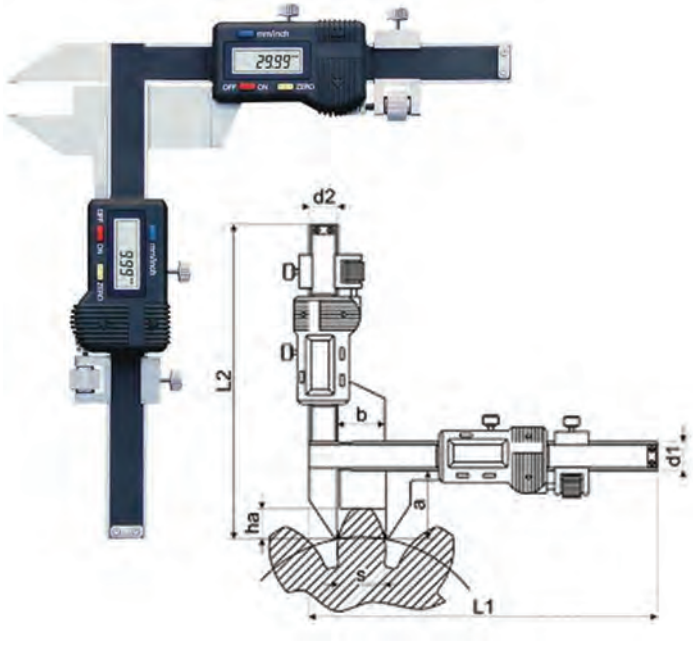
برای کنترل چرخ‌دنده‌ها روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارت‌اند از:

۱ استفاده از کولیس چرخ‌دنده
۲ استفاده از ریزسنج (میکرومتر) فک بشقابی
۳ استفاده از میله‌های استاندارد



شکل ۲۳

کولیس چرخ‌دنده:
این نوع کولیس داری یک فک ثابت و دو فک متحرک مطابق شکل می‌باشد (شکل ۲۳).



شکل ۲۴

از فک متحرک افقی برای کنترل وتر ضخامت دنده (s') و از فک متحرک عمودی برای تنظیم عمق کولیس (q) استفاده می‌شود. شکل(۲۴)

علائم اختصاری:

q = عمق اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر

s' = وتر ضخامت دنده بر حسب میلی‌متر

δ = زاویه گام برحسب درجه

$\theta = \frac{۱}{۴}$ زاویه گام برحسب درجه

d_o = قطر دایره گام چرخ‌دنده برحسب میلی‌متر

d_a = قطر خارجی چرخ‌دنده بر حسب میلی‌متر

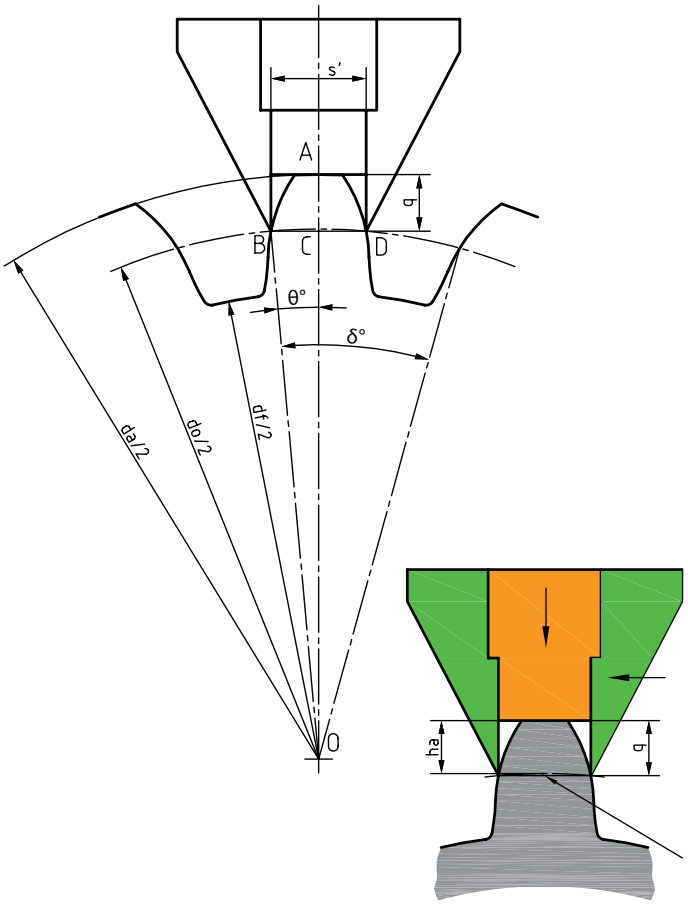
m = مدول چرخ‌دنده بر حسب میلی‌متر
Z یا N = تعداد دنده چرخ‌دنده
در این روش پس از تنظیم عمق اندازه‌گیری، آن را روی یکی از دنده‌های چرخ‌دنده قرار می‌دهیم و فک افقی را به بغل دنده نزدیک می‌کنیم و ضخامت دنده را از روی کولیس خوانده و آن را با مقدار محاسبه شده مقایسه می‌کنیم و در نتیجه درستی آن چرخ‌دنده را کنترل می‌کنیم (شکل ۲۵).

(۱)
$$\theta = \frac{۹۰}{z}$$

(۲)
$$q = m(۱ + z\frac{۱-\cos\theta}{۲})$$

(۳)
$$S' = m \times z \times \sin\theta$$

برای سهولت کار در کارگاه مقادیر S'و q برای مدول ۱ میلی‌متر و تعداد دندانه‌های مختلف در جدول (۷) داده شده و برای مدول‌های بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر از ۱ میلی‌متر، عدد حاصل از جدول را در مدول چرخ‌دنده مورد نظر ضرب می‌کنیم.



وتر ضخامت دنده

شکل ۲۵

مثال ۲

برای کنترل چرخ‌دنده‌ای که تعداد دنده آن Z = ۲۵ و m = ۲ mm می‌باشد، اندازه عمق تنظیم وسیله اندازه‌گیر (q) و وتر ضخامت دنده (s′) را حساب کنید و آن را با مقادیر به دست آمده از جدول شماره ۷ مقایسه کنید.

$$\theta = \frac{۹۰}{z} = \frac{۹۰}{۲۵} = ۳/۶^\circ$$

از جدول $\cos ۳/۶^\circ = ۰/۹۹۸۰$ $\sin ۳/۶^\circ = ۰/۰۶۲۸$

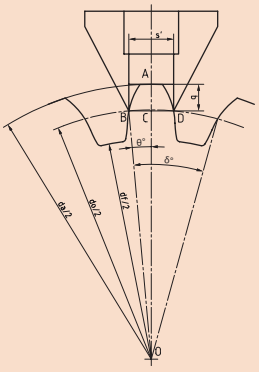
$$q = m(۱ + z\frac{۱-\cos\theta}{۲}) = ۲(۱ + ۲۵\frac{۱-۰/۹۹۸۰}{۲}) = ۲/۰۵\,mm$$

$$S' = m \times z \times \sin\theta = ۲ \times ۲۵ \times ۰/۰۶۲۸ = ۳/۱۴\,mm$$

فعالیت کلاسی

چرخ‌دنده‌ای با مدول $m=۱/۵mm$ و تعداد دنده $Z=۴۰$ را با کولیس چرخ‌دنده کنترل کرده و با مقادیر به دست آمده از جدول ۷ نیز مقایسه کنید.

جدول ۷ــ مقادیر q و S′ جهت کنترل چرخ‌دنده



$$q = m(۱ + z\frac{۱-\cos\theta}{۲})$$

$$S' = m \cdot Z \cdot \sin\theta$$

m = مدول بر حسب میلی‌متر

Z = تعداد دندانه

مدول = ۱ میلی‌متر

$$\theta = \frac{۹۰^\circ}{Z}$$

Z	q	S′		Z	q	S′
۱۰	۱/۰۶۱۵۵	۱/۵۶۴۳		۳۰	۱/۰۲۰۶	۱/۵۷۰۰
۱۱	۱/۰۵۵۹۹	۱/۵۶۵۴		۳۲	۱/۰۱۹۲	۱/۵۷۰۱
۱۲	۱/۰۵۱۳۶	۱/۵۶۶۳		۳۴	۱/۰۱۸۲	۱/۵۷۰۲
۱۳	۱/۰۴۷۳۹	۱/۵۶۶۹		۳۵	۱/۰۱۷۶	۱/۵۷۰۲
۱۴	۱/۰۴۱۱۰	۱/۵۶۷۴		۳۶	۱/۰۱۷۱	۱/۵۷۰۳
۱۵	۱/۰۴۱۱۰	۱/۵۶۷۹		۳۸	۱/۰۱۶۲	۱/۵۷۰۳
۱۶	۱/۰۳۸۵۶	۱/۵۶۸۲		۴۰	۱/۰۱۵۴	۱/۵۷۰۴
۱۷	۱/۰۳۶۳۰	۱/۵۶۸۵		۴۲	۱/۰۱۴۶	۱/۵۷۰۴
۱۸	۱/۰۳۴۲۹	۱/۵۶۸۸		۴۴	۱/۰۱۴۱	۱/۵۷۰۴
۱۹	۱/۰۳۲۱۹	۱/۵۶۹۰		۴۵	۱/۰۱۳۷	۱/۵۷۰۴
۲۰	۱/۰۳۰۸	۱/۵۶۹۲		۴۶	۱/۰۱۳۴	۱/۵۷۰۵
۲۱	۱/۰۲۹۳	۱/۵۶/۹۳		۴۸	۱/۰۱۲۸	۱/۵۷۰۶
۲۲	۱/۰۲۸۱	۱/۵۶۹۴		۵۰	۱/۰۱۲۳	۱/۵۷۰۷
۲۳	۱/۰۰۲۶۸	۱/۵۶۹۵		۵۵	۱/۰۱۱۲	۱/۵۷۰۷
۲۴	۱/۰۲۵۷	۱/۵۶۹۶		۶۰	۱/۰۱۰۲۹	۱/۵۷۰۸
۲۵	۱/۰۲۱۶	۱/۵۶۹۷		۷۰	۱/۰۰۸۸	۱/۵۷۰۸
۲۶	۱/۰۲۳۷	۱/۵۶۹۷		۸۰	۱/۰۰۷۷	۱/۵۷۰۸
۲۷	۱/۰۲۲۸	۱/۵۶۹۸		۹۷	۱/۰۰۶۴	۱/۵۷۰۸
۲۸	۱/۰۲۲۱	۱/۵۶۹۹		۱۲۷	۱/۰۰۴۹	۱/۵۷۰۸
۲۹	۱/۰۲۱۲	۱/۵۷۰۰		۱۳۵	۱/۰۰۱۵	۱/۵۷۰۸
				۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۵۷۰۸

فعالیت کارگاهی

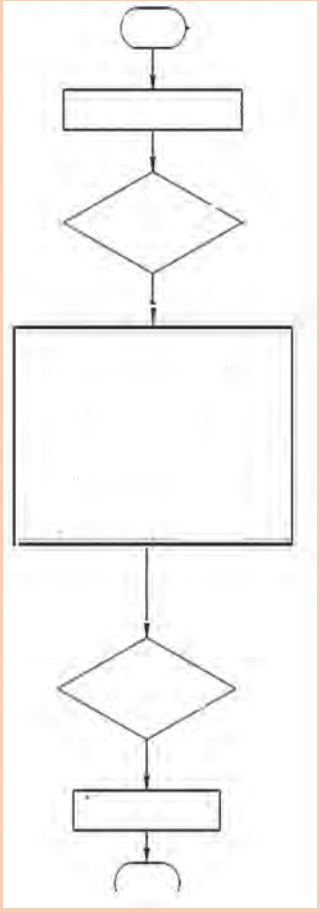
نحوه کاربا کولیس چرخ‌دنده

روند نمای اجرای فعالیت را کامل کنید.

وسایل لازم

۱ کولیس چرخ‌دنده

۲ چرخ‌دنده



نکات ایمنی

۱ با توجه به حساسیت کولیس در نگهداری آن کوشا باشید.

۲ در پایان کار آن را تمیز کرده و در جعبه قرار دهید.

چرخ‌دنده تراشیده شده در فعالیت قبلی را به کمک کولیس چرخ‌دنده کنترل نمایید.

ارزشیابی هنرجو در واحد یادگیری: چرخ‌دنده تراشی

نقشه کار: چرخ‌دنده تراشی

تراشیدن چرخ‌دنده ساده مطابق نقشه و جنس قطعه از آلومینیوم و هر دو پولی خام به قطر ۱۱۲ خواهند بود.

شاخص عملکرد: ۱ـ تولرانس ابعادی براساس استاندارد ISO ۲۷۶۸_f ۲ـ پرداخت سطح Ra =۱/۶

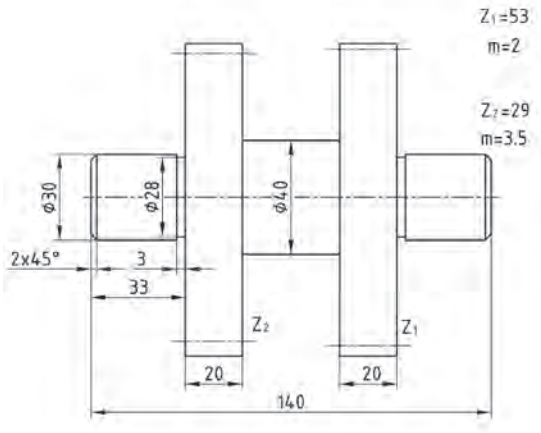
شرایط انجام کار:

۱ـ انجام کار در محیط کارگاه
۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس
۳ـ تهویه استاندارد و دمای ۲۰°c ± ۳°
۴ـ ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به‌کار
۵ـ وسایل ایمنی استاندارد
۶ـ زمان ۸ ساعت

مواد مصرفی: جنس قطعه از آلومینیوم و هر دو پولی خام به قطر ۱۱۲ میلی‌متر

ابزار و تجهیزات: ماشین فرز اونیورسال با متعلقات ـ دستگاه تقسیم با متعلقات ساعت اندازه‌گیری ـ کولیس ۰/۰۵ ـ آچار تخت ـ کولیس چرخ‌دنده برس مویی ـ تیغه فرز مدولی ـ وسایل روغن‌کاری ـ پیچ‌گوشتی ـ زیرپایی

ـ نمونه و نقشه کار:



معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی قطعه کار اولیه	۱	
۲	آماده‌سازی دستگاه	۱	
۳	آماده‌سازی و بستن ابزار	۱	
۴	بستن قطعه کار	۲	
۵	فرزکاری چرخ‌دنده ساده	۲	
شایستگی‌هایی غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ مسئولیت پذیری ۲ـ مدیریت مواد و تجهیزات ۳ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی و عینک محافظ ۴ـ تمیزکردن وسایل و محیط کار ۵ـ پایبندی به الزامات نقشه		۲	
میانگین نمرات *			

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.