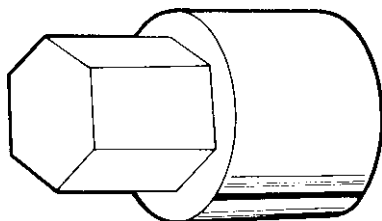


۶-۱- اصول چندضلعی کردن قطعات با دستگاه تقسیم  
 برای تقسیم محیط داخلی یا خارجی قطعات کار به تقسیمات  
 دلخواه از دستگاه تقسیم استفاده می‌شود. مانند انواع مهره‌ها یا  
 چندضلعی کردن گل پیچ‌ها و این به آن سبب انجام می‌گیرد که  
 آچار بتواند به خوبی با آن درگیر شده و آن را در محل خود کاملاً  
 ببندد و یا در مواقع مورد لزوم باز نماید (شکل ۶-۱).



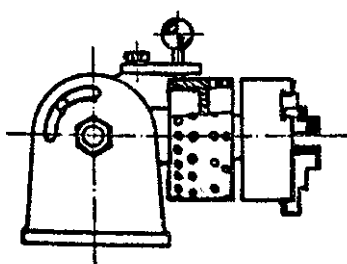
شکل ۶-۱

انواع دستگاه تقسیم به شرح زیر می‌باشند.

۶-۱-۱- دستگاه تقسیم مستقیم و طرز کار آن: در

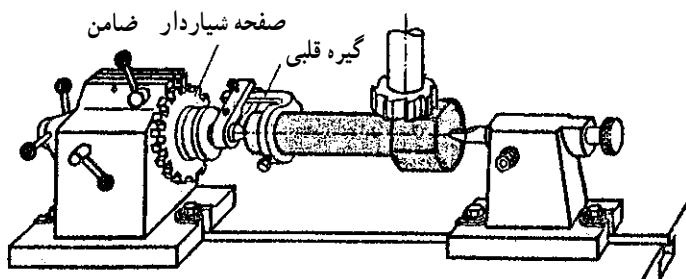
تقسیم مستقیم که ساده‌ترین روش تقسیم می‌باشد از دستگاه تقسیمی  
 که در امتداد کار قرار می‌گیرد استفاده می‌شود.

در شکل ۶-۲ یک نوع دستگاه تقسیم مستقیم با صفحات  
 سوراخ‌دار را مشاهده می‌کنید. این صفحات دارای ۲۴، ۳۶،  
 ۴۶ و ۶۰ سوراخ می‌باشند. با این صفحات تقسیم‌هایی را می‌توان  
 انجام داد که تعداد سوراخ صفحه بر تعداد تقسیمات بخش‌پذیر  
 باشد (شکل ۶-۲).



شکل ۶-۲

نوع دیگری دستگاه تقسیم مستقیم وجود دارد که صفحات  
 آن شیاردار می‌باشد. این صفحات معمولاً ۲۴ شیار دارند. با این  
 نوع دستگاه فقط تقسیماتی را می‌توان انجام داد که عدد ۲۴ بر  
 آن‌ها بخش‌پذیر باشد مانند تقسیمات ۲۴ و ۱۲ و ۸ و ۶ و ۴ و  
 ۳ و ۲ (شکل ۶-۳).



شکل ۶-۳

اصول محاسبه تقسیمات چندضلعی‌ها در روی دستگاه

تقسیم:

برای این منظور از فرمول روبه‌رو استفاده می‌کنیم.

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

$n_i$  = تعداد فاصله شیار یا سوراخ لازم

برای جابه‌جایی هر تقسیم

$nL$  = تعداد شیار یا سوراخ صفحه تقسیم

$T$  = تعداد تقسیمات

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

$$n_i = \frac{24}{8} = 3$$

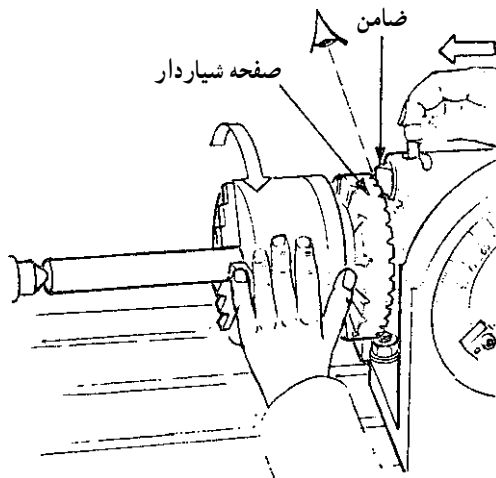
$n_i = 3$  فاصله شیار جابه‌جا شونده

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

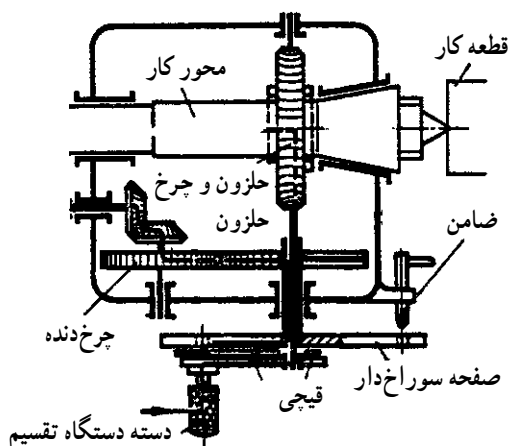
$$n_i = \frac{40}{10} = 4$$

$$n_i = 4$$

فرمول اصلی



شکل ۶-۴



شکل ۶-۵

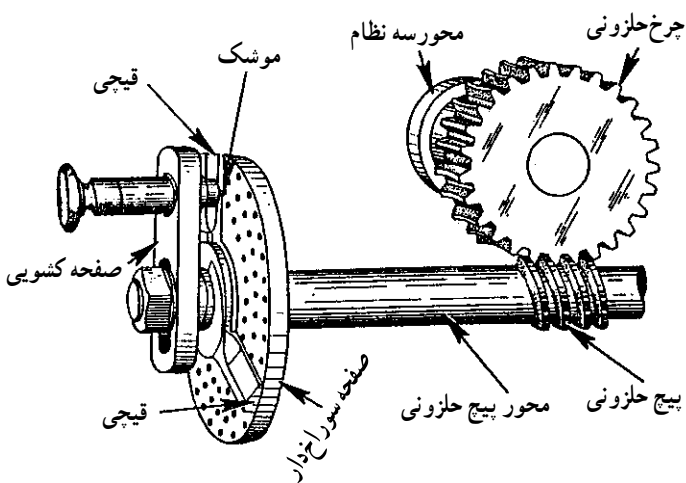
مثال ۱: می‌خواهیم میل‌گردی را توسط دستگاه تقسیم مستقیم با صفحه ۲۴ شیاره به ۸ قسمت مساوی تقسیم کنیم. تعداد شیارهای جابه‌جا شونده را برای فرزکاری هر یک از سطوح محاسبه کنید.

مثال ۲: دستگاه تقسیم مستقیم دارای صفحات سوراخ‌دار ۲۴، ۳۶، ۴۰ و ۴۲ سوراخه می‌باشد. برای تقسیم محیط کاری به ۱۰ قسمت مساوی از کدام یک از صفحات می‌توان استفاده کرد. تعداد صفحات جابه‌جا شونده را برای فرزکاری هر یک از سطوح محاسبه کنید.

دستورالعمل به کارگیری دستگاه تقسیم مستقیم:  
 - مقدار گردش صفحه شیاردار یا سوراخ‌دار را محاسبه کنید. ضامن صفحه شیاردار یا سوراخ‌دار را از محل خود خارج کنید.  
 - سه نظام را با دست بگردانید تا ضامن در شیار موردنظر قرار گیرد (شکل ۶-۴).

۲-۱-۶- دستگاه تقسیم اونیورسال: در مواردی که تقسیم قطعات با روش مستقیم امکان‌پذیر نباشد از دستگاه تقسیم اونیورسال استفاده می‌شود. مکانیزم اصلی این نوع دستگاه تقسیم از یک پیچ و چرخ حلزون تشکیل شده است. پیچ حلزون یک راهه بوده و چرخ حلزون ۴۰ دندانه و در موارد بسیار کم دارای ۶۰ دندانه می‌باشد بنابراین نسبت حرکت پیچ حلزون به چرخ حلزون ۱:۴۰ و در بعضی موارد ۱:۶۰ می‌باشد یعنی به ازای یک دور گردش پیچ حلزون، چرخ حلزون و در نتیجه دستگاه تقسیم که با آن هم محور است به مقدار  $\frac{1}{40}$  دور می‌گردد (شکل ۶-۵).

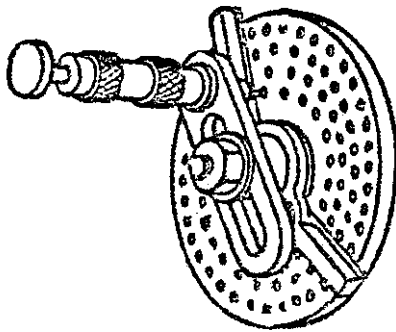
در این روش چون بین محور کار و محور تقسیم، پیچ حلزون و چرخ حلزونی قرار گرفته بنابراین حرکت به طور غیر مستقیم از محور تقسیم به محور کار منتقل شده و نسبت بین پیچ و چرخ حلزون  $I = 40:1$  در محاسبات دخالت داده می‌شود. در شکل روبه‌رو درگیری پیچ و چرخ حلزونی در دستگاه تقسیم اونورسال نشان داده شده است (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶

### صفحات سوراخ‌دار و طرز کار آن: مقدار گردش دسته

تقسیم همیشه عدد صحیحی نیست در مسائل مختلف این عدد می‌تواند به صورت کسری کوچکتر و یا بزرگتر از واحد باشد. در این موارد برای گردش دسته تقسیم به اندازه کسر دلخواه از صفحه سوراخ‌داری که روی دستگاه تقسیم سوار می‌شود استفاده می‌شود. ساختمان صفحات سوراخ‌دار عبارت است از صفحات گردی که بر روی آن دوائر متحدالمرکزی قرار دارد و در روی آن دوائر سوراخ‌هایی با فاصله یک‌نواخت ایجاد شده که قطر تمام سوراخ‌ها مساوی ولی تعداد آن‌ها در روی هر دایره متفاوت است (شکل ۶-۷).



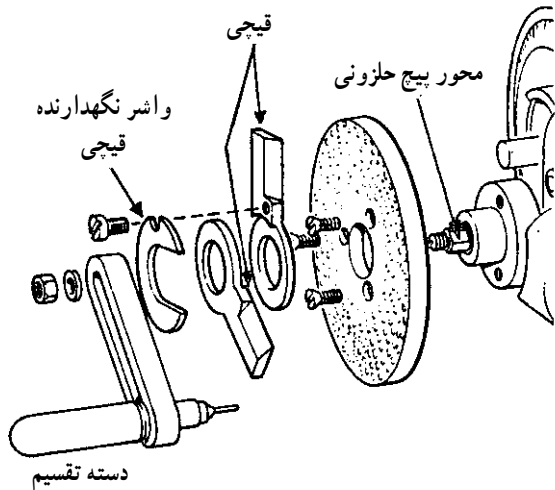
شکل ۶-۷

تعداد صفحات و همچنین تعداد سوراخ‌های موجود در صفحات دستگاه تقسیم معمولاً از طرف کارخانه سازنده ماشین فرز انتخاب می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که در هر ردیف از دوائر نوعی از این صفحه حداکثر، تا ۴۹ سوراخ و در نوع دیگر آن تا ۶۶ سوراخ وجود دارد.

نوع معمولی دستگاه تقسیم  $I = 40:1$  شامل سه صفحه که در هر صفحه به موازات محیط دایره آن ۶ ردیف سوراخ از بالا به پایین به وجود آمده که ردیف بالا بیشترین تعداد سوراخ را دارد.

صفحه‌ی شماره ۱	صفحه‌ی شماره ۲	صفحه‌ی شماره ۳
۲۰	۳۳	۴۹
۱۹	۳۱	۴۷
۱۸	۲۹	۴۳
۱۷	۲۷	۴۱
۱۶	۲۳	۳۹
۱۵	۲۱	۳۷

سطح رویی ۴۳-۴۲-۴۱-۳۹-۳۸-۳۷-۳۴-۳۰-۲۸-۲۵-۲۴  
 سطح زیرین ۶۶-۶۲-۵۹-۵۸-۵۷-۵۴-۵۳-۵۱-۴۹-۴۷-۴۶



شکل ۸-۶

نوع دیگر این دستگاه فقط شامل یک صفحه است، ولی ضخامت و شعاع دایره آن بیشتر و بزرگتر از نوع اول است و هر دو روی آن در ۱۱ ردیف از بالا به پایین به موازات محیط دایره، سوراخ شده است. بیشترین تعداد این سوراخ‌ها در ردیف بالای سطح زیری صفحه بالغ بر ۶۶ سوراخ است.

تعداد سوراخ‌های هر یک از ردیف‌های یازده‌گانه در دو سطح رویی و زیری این صفحه به ترتیب از بالا به پایین نشان داده شده است.

متعلقات دستگاه تقسیم: به غیر از صفحه تقسیم، متعلقات دیگری باید در روی محور پیچ حلزون سوار شود تا انجام عمل تقسیم در روی قطعات ممکن شود.

این متعلقات عبارتند از:

قیچی، واشر نگهدارنده قیچی، دسته تقسیم، مهره و واشر

(شکل ۸-۶).

محاسبه تعداد دور دسته صفحه تقسیم: در تقسیم محیط کار روی صفحات دستگاه تقسیم اونیورسال دو حالت پیش می‌آید.

حالت اول: تقسیماتی که در آن تعداد سوراخ مورد نظر

تقسیم در روی صفحات سوراخ‌دار موجود باشد.

مثال: می‌خواهیم محیط قطعه کاری را به ۳۷ قسمت

مساوی تقسیم کنیم، در صورتی که نسبت دستگاه تقسیم ۴۰:۱

باشد مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنیم.

$$I = 40:1$$

$$Z = 37$$

$$nk = \frac{I}{Z}$$

$$nk = \frac{40}{37}$$

$$nk = 1 \frac{3}{37} \text{ مقدار گردش دسته تقسیم}$$

یک دور و سه سوراخ از ردیف ۳۷ سوراخ

$$I = 40:1$$

$$z = 38$$

$$nk = \frac{I}{Z}$$

$$nk = \frac{40}{38} \div \frac{2}{2} = \frac{20}{19}$$

$$nk = 1 \frac{1}{19} \text{ یک دور و یک سوراخ از ردیف ۱۹ سوراخ}$$

حالت دوم: تقسیماتی که تعداد سوراخ مورد نظر تقسیم،

بر روی صفحات سوراخ‌دار موجود نیست؛ ولی می‌توانیم با کوچک و بزرگ کردن صورت و مخرج کسر به نتیجه لازم برسیم.

مثال: می‌خواهیم محیط قطعه کاری را به ۳۸ قسمت

مساوی تقسیم کنیم. اگر نسبت دستگاه تقسیم ۴۰:۱ باشد، مقدار

گردش دسته تقسیم را محاسبه کنید.

برای سهولت کار تعداد دور دستگاه تقسیم و عمق صفحه

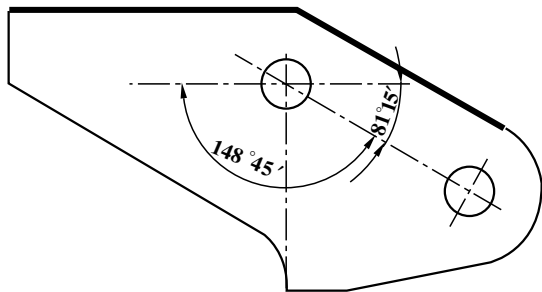
سوراخ‌دار مورد نیاز و تعداد سوراخ جابه‌جا شونده برای تقسیمات

مختلف در جدول ۱-۶ داده شده است.

جدول ۱-۶- نسبت دستگاه تقسیم غیر مستقیم ۱:۴۰ می باشد

تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ دار	تعداد دور	تعداد سوراخ	تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ دار	تعداد سوراخ	تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ دار	تعداد سوراخ
2		20		55	33	24	168	21	5
3	39	13	13	56	49	35	170	17	4
4		10		58	29	20	172	43	10
5		8		60	39	26	180	18	4
6	39	6	26	62	31	20	184	23	5
7	49	5	35	64	16	10	185	37	8
8		5		65	39	24	188	47	10
9	27	4	12	66	33	20	190	19	4
10		4		68	17	10	195	39	8
11	33	3	21	70	49	28	196	49	10
12	39	3	13	72	27	15	200	20	4
13	39	3	3	74	37	20	205	41	8
14	49	2	42	75	15	8	210	21	4
15	39	2	26	76	19	10	215	43	8
16	20	2	10	78	39	20	216	27	5
17	17	2	6	80	20	10	220	33	6
18	27	2	6	82	41	20	230	23	4
19	19	2	2	84	21	10	232	29	5
20		2		85	17	8	235	47	8
21	21	1	19	86	43	20	240	18	3
22	33	1	27	88	33	15	245	49	8
23	23	1	17	90	27	12	248	31	5
24	39	1	26	92	23	10	260	39	6
25	20	1	12	94	47	20	264	33	5
26	39	1	21	95	19	8	270	27	4
27	27	1	13	98	49	20	280	49	7
28	49	1	21	100	20	8	290	29	4
29	29	1	11	104	39	15	296	37	5
30	39	1	13	105	21	8	300	15	2
31	31	1	9	108	27	10	310	31	4
32	20	1	5	110	33	12	312	39	5
33	33	1	7	115	23	8	320	16	2
34	17	1	3	116	29	10	328	41	5
35	49	1	7	120	39	13	330	33	4
36	27	1	3	124	31	10	340	17	2
37	37	1	3	128	16	5	344	43	5
38	19	1	1	130	39	12	360	18	2
39	39	1	1	132	33	10	370	37	4
40		1		135	27	8	376	47	5
41	41		40	136	17	5	380	19	2
42	21		20	140	49	14	390	39	4
43	43		40	144	18	5	392	49	5
44	33		30	145	29	8	400	20	2
45	27		24	148	37	10	410	41	4
46	23		20	150	15	4	420	21	2
47	47		40	152	19	5	430	43	4
48	18		15	155	31	8	440	33	3
49	49		40	156	39	10	460	23	2
50	20		16	160	20	5	470	47	4
52	39		30	164	41	10	490	49	4
54	27		20	165	33	8			

## ۶-۲- تقسیمات زاویه‌ای



شکل ۹-۶

مواردی در فرزکاری پیش می‌آید که لازم است سطوح، شیارها و یا سوراخ‌ها نسبت به هم زاویه معینی داشته باشند (شکل ۹-۶). در این صورت مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم براساس زاویه‌ی قطعه کار محاسبه می‌شود. محاسبات مربوط به تقسیمات زاویه‌ای، در این واحد کار هم به طور کامل تشریح شده است.

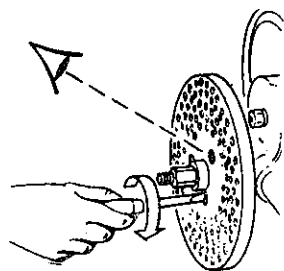
### ۶-۲-۱- اصول تعویض صفحات سوراخ‌دار با

توجه به تقسیمات زاویه‌ای: انتخاب صفحه مناسب و سوار کردن و تنظیم صحیح دسته تقسیم در انجام تقسیم‌بندی درست و مساوی تأثیر به‌سزایی دارد. با رعایت این نکته عملیات زیر را انجام دهید:

— صفحه تقسیم محاسبه شده را انتخاب کنید.

— صفحه تقسیم را در روی بوش محور پیچ حلزون سوار

کرده و به وسیله پیچ‌های مربوطه با پیچ گوشتی محکم ببندید (شکل ۱۰-۶).



شکل ۱۰-۶

— سوار کردن قیچی: قیچی یا پرگار وسیله‌ای است برای

مشخص کردن فاصله‌ی سوراخ‌های باقیمانده از کسر به این معنی که هر یک از دو پایه قیچی پرگار را در یکی از دو سوراخ دو طرف قرار داده و این فاصله را به صورت مشخص جدا می‌کنند تا دسته برای تقسیم بعدی آماده شود. مراحل انجام کار چنین است.

— قیچی یا پرگار را در روی بوش محور پیچ حلزون قرار

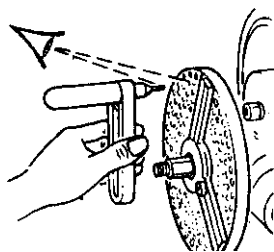
دهید.

— دهانه قیچی را با شل کردن پیچ آن به اندازه فاصله

سوراخ‌های باقیمانده کسر از هم باز کنید و پس از تنظیم این فاصله مجدداً پیچ قیچی را ببندید.

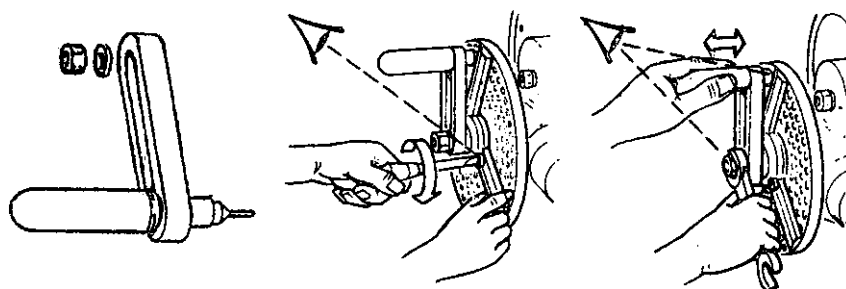
— واشر محکم‌کننده را روی قیچی در محور پیچ جا بزنید.

— سرانجام، دسته دستگاه تقسیم را ببندید (شکل ۱۱-۶).

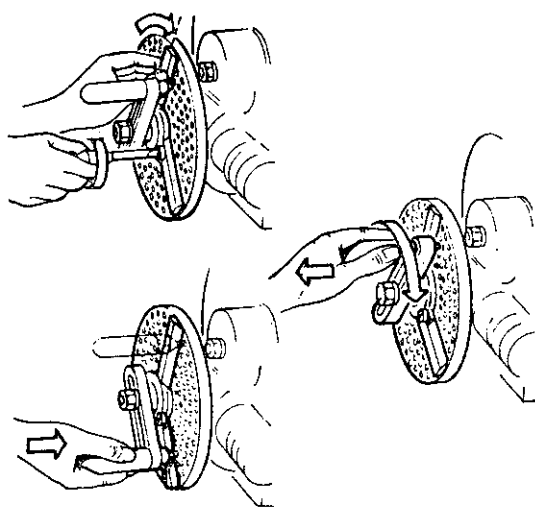


شکل ۱۱-۶

روش سوار کردن دسته تقسیم: این دسته توسط واشر و مهره‌ای در روی محور پیچ حلزون سوار می‌شود. در سر این دسته یک پین یا موشک متغیر تعبیه شده که با فشار فنری به جلو و عقب حرکت کرده و نوک آن در سوراخ مورد نظر داخل و یا از آن خارج می‌شود. طول بدنه‌ی دسته به صورت کشویی ساخته شده تا موشک بتواند در امتداد شعاع صفحه نیز روی دسته جا به جا شده و بتوان نوک آن را با هر یک از سوراخ‌های تقسیم درگیر و یا از آن آزاد کرد (شکل ۶-۱۲).



شکل ۶-۱۲



شکل ۶-۱۳

— تغییر مکان دسته تقسیم برای شیار بعدی: همیشه پس از تراشیدن شیار اول در سطح قطعه کار باید دسته تقسیم را برای شیار بعدی آماده کنید. برای این منظور با بیرون آوردن موشک از سوراخ صفحه تقسیم، دسته تقسیم را در جهت عقربه‌ی ساعت بگردانید تا برای فرزکاری شیار بعدی آماده شود. سپس موشک را در سوراخ مورد نظر جا بزنید. قبل از شروع به کار دسته تقسیم را چند دور بگردانید تا لقی احتمالی بین پیچ و چرخ‌دنده حلزون گرفته شود (شکل ۶-۱۳).

### ۳-۶- چند ضلعی کردن قطعات از میل گرد

برای چند ضلعی کردن قطعات و همچنین ریزش بار در میله‌ها بهتر است مجهولات مورد نظر را محاسبه و بعد از محاسبه اقدام به فرزکاری قطعات مزبور کنید.

برای پیدا کردن طول ضلع، بهترین روش استفاده از رابطه

$$L = \sin \frac{18^\circ}{n} \times D$$

می‌باشد که در آن

$$L = \text{طول ضلع}$$

$$n = \text{تعداد اضلاع}$$

$$D = \text{قطر میله}$$

برای به دست آوردن عمق براده (ریزش بار) در فرزکاری

قطعات استوانه‌ای، از رابطه زیر استفاده می‌شود

$$H = R \left( 1 - \cos \frac{18^\circ}{n} \right)$$

که در آن

$$H = \text{مقدار ریزش بار}$$

$$R = \text{شعاع میله}$$

$$n = \text{تعداد اضلاع}$$

است (شکل ۱۵-۶).

برای به دست آوردن اندازه‌ی آچار خور از روابط زیر

استفاده کنید.

$$sw = D - 2h \quad \text{در صورتی که تعداد اضلاع زوج باشد}$$

$$sw = \cos \frac{18^\circ}{n} \times D \quad \text{یا در صورتی که تعداد اضلاع زوج باشد}$$

$$sw = D - h \quad \text{در صورتی که تعداد اضلاع فرد باشد}$$

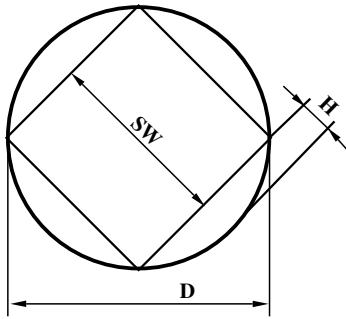
مثال ۱: قطر یک میله استوانه‌ای  $8^\circ$  میلی‌متر می‌باشد.

اگر بخواهیم این میله را با ماشین فرز، ۶ پهلو کنیم پیدا کنید:

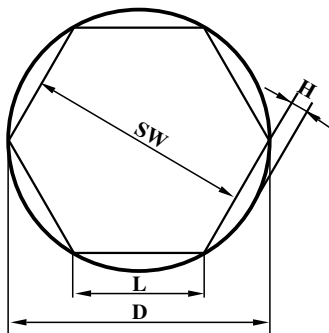
الف - طول ضلع

ب - ریزش بار

ج - آچار خور آن را



شکل ۱۴-۶



شکل ۱۵-۶

الف)  $L = \sin \frac{18^\circ}{n} \times D$

$$L = \sin \frac{18^\circ}{6} \times D$$

$$L = \sin 3^\circ \times 8^\circ$$

$$L = 0.5 \times 8^\circ \Rightarrow \boxed{L = 4^\circ \text{ mm}} \quad \text{طول ضلع}$$

ب)  $H = R \left( 1 - \cos \frac{18^\circ}{n} \right)$

$$H = 4^\circ \left( 1 - \cos \frac{18^\circ}{6} \right)$$

$$H = 4^\circ (1 - \cos 3^\circ) \Rightarrow H = 4^\circ (1 - 0.996) = 0.156$$

$$\boxed{H = 5/36 \text{ mm}} \quad \text{ریزش بار}$$

ج)  $sw = D - 2H \Rightarrow sw = 8^\circ - 2(5/36)$

$$\boxed{sw = 69/28 \text{ mm}} \quad \text{آچار خور}$$



مثال ۲: قطر یک میله استوانه‌ای ۱۰۰ میلی‌متر است.

اگر بخواهیم این میله را با ماشین فرز، ۹ پهلو کنیم.

الف - طول ضلع

ب - ریزش بار

ج - آچار خور آن را محاسبه کنید.

$$\text{الف) } L = \sin \frac{18^\circ}{9} \times D$$

$$L = \sin \frac{18^\circ}{9} \times 100$$

$$L = \sin 2^\circ \times 100$$

$$L = 0.342 \times 100$$

$$\boxed{L = 34.2 \text{ mm}}$$
 اندازه طول ضلع

$$\text{ب) } H = R(1 - \cos \frac{18^\circ}{9})$$

$$H = 50(1 - \cos \frac{18^\circ}{9})$$

$$H = 50(1 - \cos 2^\circ)$$

$$H = 50(1 - 0.9996)$$

$$H = 50(0.0004)$$

$$\boxed{H = 0.02}$$
 اندازه ریزش بار

ج) چون اضلاع فرد است  $sw = D - H$

$$\boxed{sw = 99.98 \text{ mm}}$$
 اندازه آچار خور

### ۱-۳-۶ - چند ضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز

افقی:

برای چند ضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز افقی به

ترتیب زیر عمل کنید.

- دستگاه تقسیم را به حالت افقی قرار دهید.

- میله مورد نظر را به گیره قلبی ببندید و بین دو مرغک

قرار دهید.

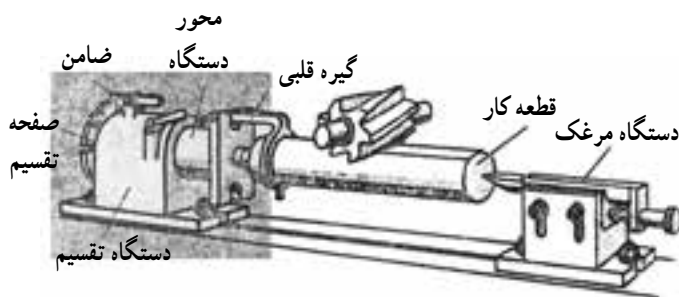
- تیغه فرز مناسبی انتخاب کرده و به میل فرز ببندید.

- مقدار گردش صفحه شیاردار یا دسته تقسیم را محاسبه

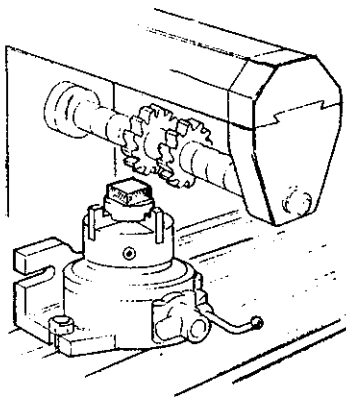
کنید.

- دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهید و قطعه

کار را بتراشید (شکل ۱۶-۶).



شکل ۱۶-۶



شکل ۱۷-۶

توجه: اغلب برای چند ضلعی کردن قطعات به صورت سری از دو تیغه فرز سه بر تراش استفاده می‌شود. به این صورت که یک بوش به اندازه‌ی آچارخور بین دو تیغه فرز قرار داده و دو ضلع قطعه کار را در یک زمان می‌تراشند (شکل ۱۷-۶).

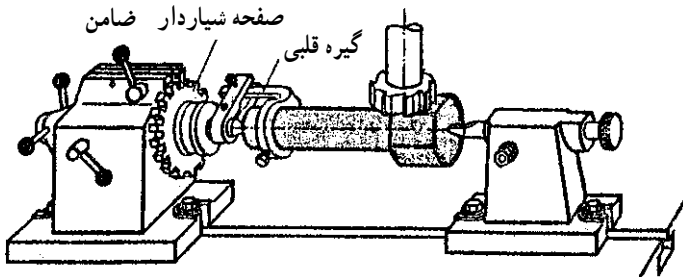
### ۲-۳-۶- چند ضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز

عمودی:

برای چندضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز عمودی به ترتیب زیر عمل کنید.

- دستگاه تقسیم را در روی میز ماشین فرز قرار داده و پس از تنظیم ببندید.
- میله موردنظر را به گیره قلبی ببندید و آن را بین دو مرغک قرار دهید.

- تیغه فرز مناسبی انتخاب کرده و به میل فرز ببندید.
- مقدار گردش صفحه شیاردار را تعیین کنید.
- دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهید.
- قطعه کار را بتراشید و کنترل کنید (شکل ۱۸-۶).

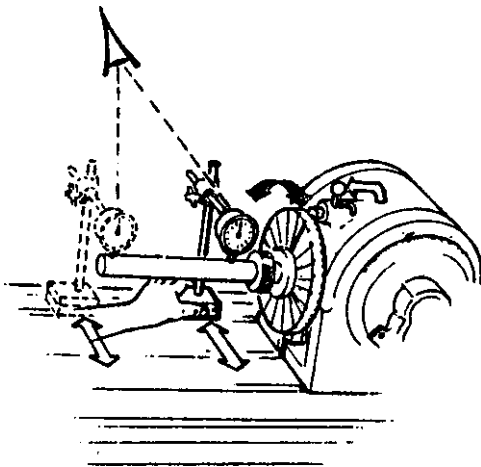


شکل ۱۸-۶

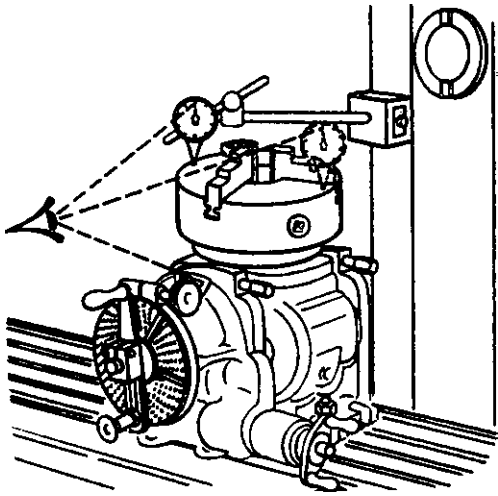
### ۴-۶- دستورالعمل چندضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز

● بستن و تنظیم دستگاه تقسیم در حالت افقی

- با وسیله‌ای مطمئن دستگاه تقسیم را بلند کرده و در روی میز ماشین فرز قرار دهید.
- دستگاه تقسیم را مانند شکل در حالت افقی قرار دهید.
- به وسیله‌ی ساعت اندازه‌گیری، افقی بودن دستگاه تقسیم را کنترل کنید (شکل ۱۹-۶).



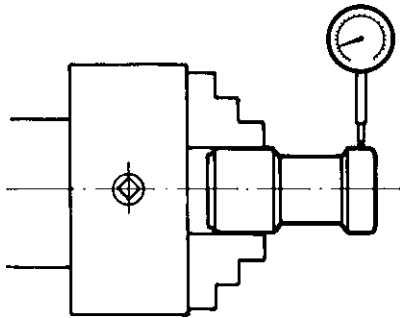
شکل ۱۹-۶



شکل ۶-۲۰

● - قرار دادن دستگاه تقسیم در حالت عمودی:  
 برای چندضلعی کردن قطعات، لازم است بعضی مواقع دستگاه تقسیم را در حالت عمودی قرار دهید. برای این منظور باید:

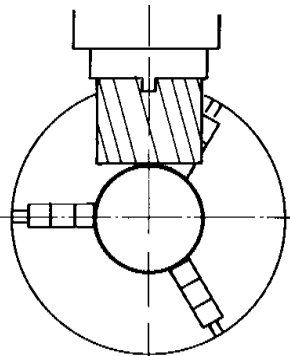
- دستگاه تقسیم را با وسیله‌ای مطمئن بلند کرده و در محل تعیین شده قرار داده و ببندید.
- عمود بودن آن را مانند شکل روبه‌رو به وسیله‌ی ساعت اندازه‌گیری کنترل کنید (شکل ۶-۲۰).



شکل ۶-۲۱

● - بستن و تنظیم قطعه کار  
 - قطعه کار و داخل سه نظام دستگاه تقسیم را کاملاً تمیز کنید.

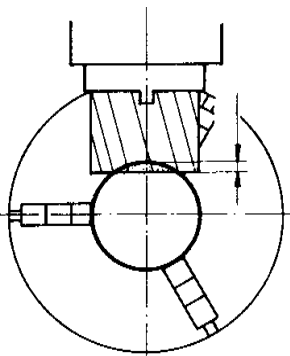
- قطعه کار را مابین فک‌های گیره قرار دهید.
- موقعیت طولی قطعه کار را تعیین کنید.
- قطعه کار را محکم ببندید.
- دور بودن قطعه کار را توسط ساعت اندازه‌گیری کنترل کنید.



شکل ۶-۲۲

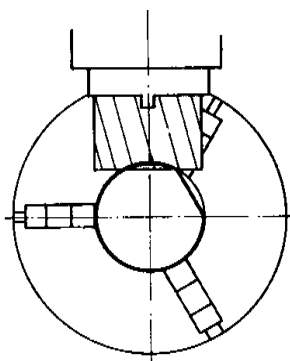
- معایب احتمالی را برطرف کنید (شکل ۶-۲۱).  
 ● - تنظیم عمق بار  
 - دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهید.  
 - دستگاه را روشن کرده و با بالا آوردن میز عمودی، تیغه فرز را روی قطعه کار مماس کنید.

- ورنیه عمودی را روی صفر میزان کنید.
- تیغه فرز را از کار دور کنید.
- مقدار جابجایی میز را تعیین کنید (شکل ۶-۲۲).



شکل ۶-۲۳

● - فرزکاری اولین سطح  
 - دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهید.  
 - ورنیه عمودی را به اندازه عمق محاسبه شده بالا بیاورید.  
 - دستگاه را روشن کرده و نسبت به جنس قطعه کار بار بدهید تا به عمق لازم برسد.  
 - در تمام طول مدت براده برداری از مواد خنک کننده استفاده کنید (شکل ۶-۲۳).



شکل ۶-۲۴

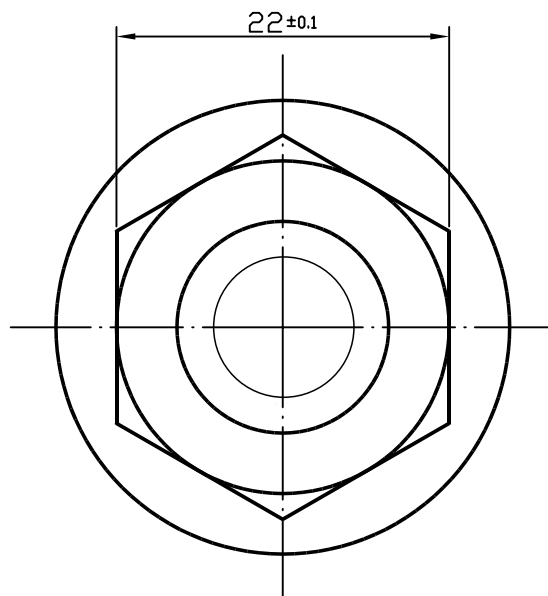
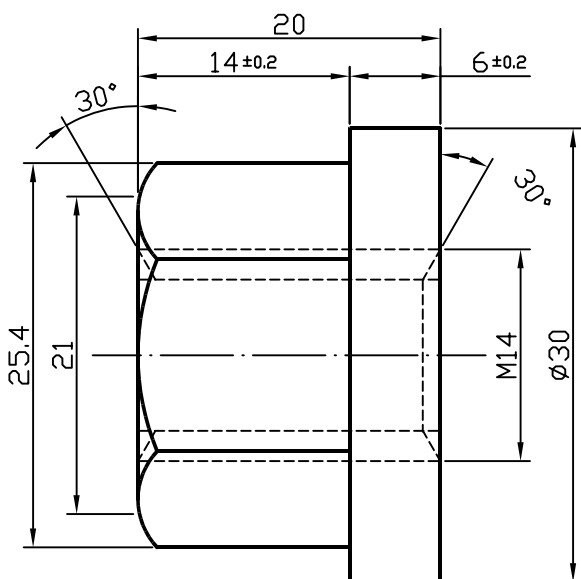
### ● - فرزکاری دومین ضلع

- دستگاه را روشن کرده و نسبت به جنس قطعه کار بار بدهید تا به عمق لازم برسد.
- سایر ضلع‌ها را نیز به همین ترتیب فرزکاری کنید.
- قطعه کار را پلیسه‌گیری کرده به وسیله کولیس مرکب آچارخور را کنترل کنید.
- معایب احتمالی را برطرف کنید (شکل ۶-۲۴).

### ۶-۵- کار عملی

برای کار عملی واحد کار ششم یک تمرین در نظر گرفته شده است. پس از مطالعه کامل نقشه کار و براساس مراحل اجرایی، عملیات کارگاهی را با رعایت اندازه‌ها، علائم سطوح و با در نظر گرفتن نکات ایمنی و حفاظتی انجام دهید.

12.5



وسایل و ابزارهای مورد نیاز:

۱- تیغه فرز سه بر تراش به ابعاد  $100 \times 10 \times 32$  mm  $\varnothing 100$  عدد ۲

۲- دستگاه تقسیم مستقیم

وسایل اندازه گیری:

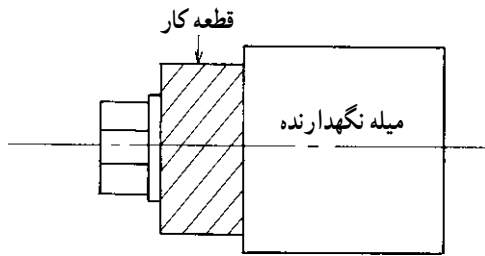
۱- کولیس مرکب با دقت  $0.05$  میلی متر

۲- زاویه سنج

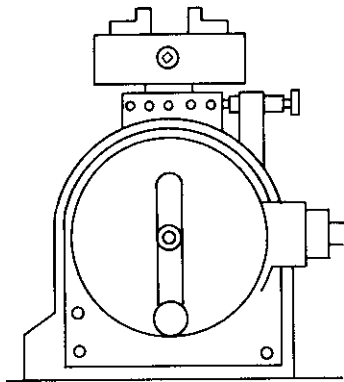
جدول 7168 DIN

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

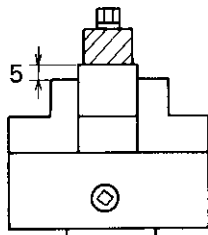
-	2	-	قطعه تراشکاری شده	St 37	6	1
شماره	تعداد	مشخصات قطعه	اندازه‌ی مواد اولیه	جنس ماده‌ی اولیه	شماره‌ی واحد کار	شماره‌ی تمرین
مقیاس 2:1		اهداف آموزشی: چند ضلعی کردن قطعات توسط دستگاه تقسیم				زمان: ۲ ساعت
						درجه تورانس f



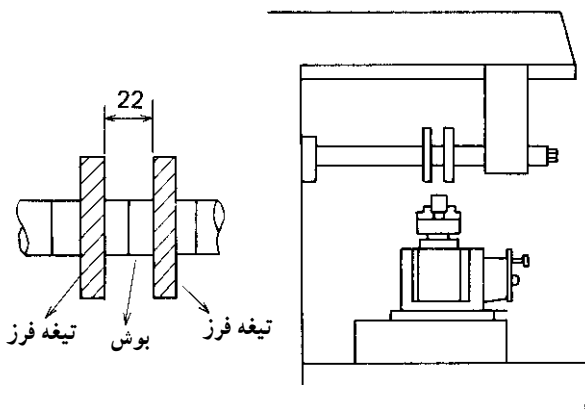
شکل ۶-۲۵



شکل ۶-۲۶



شکل ۶-۲۷



شکل ۶-۲۸

● — فرز کاری چندضلعی ها: برای فرز کاری قطعه داده شده به ترتیب زیر عمل کنید.

● — قرار دادن قطعه کار در روی میله نگهدارنده

— میله مناسبی انتخاب کنید.

— قطعه کار را مانند شکل در روی میله ببندید (شکل

۶-۲۵).

● — قرار دادن دستگاه تقسیم بر روی میز ماشین فرز

— محل استقرار دستگاه تقسیم را در روی میز مشخص

کنید.

— محل استقرار دستگاه تقسیم را کاملاً تمیز کنید.

— با وسیله ای مطمئن دستگاه تقسیم را بلند کرده و در

روی میز دستگاه فرز قرار دهید.

— دستگاه تقسیم را در حالت عمودی قرار دهید.

— دستگاه تقسیم را ببندید و موقعیت آن را کنترل کنید

(شکل ۶-۲۶).

● — بستن و تنظیم میله نگهدارنده قطعه کار به دستگاه

تقسیم

— عمود بودن دستگاه تقسیم را کنترل کنید.

— فک های سه نظام را نیز کنترل کنید.

— میله نگهدارنده قطعه کار را مابین فک های سه نظام

قرار دهید.

— قطعه کار را مانند شکل بین فک های سه نظام ببندید.

— دور بودن قطعه کار را با ساعت اندازه گیری کنترل کنید

(شکل ۶-۲۷).

● — بستن و تنظیم تیغه فرز به دستگاه

— میل فرز دو طرفه مناسبی انتخاب کرده و به دستگاه فرز

ببندید.

— دو عدد تیغه فرز به قطر ۱۰۰ و ضخامت ۱۰ میلی متر

انتخاب کنید.

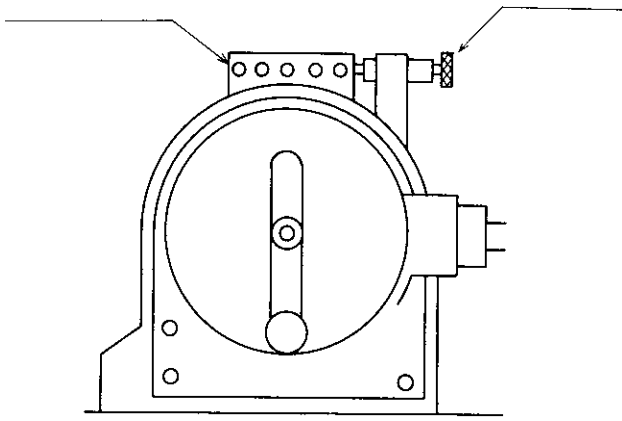
— یک بوش به ضخامت ۲۲ میلی متر آماده کنید.

— تیغه فرزها را مانند شکل در دو طرف بوش در روی

میل فرز سوار کنید.

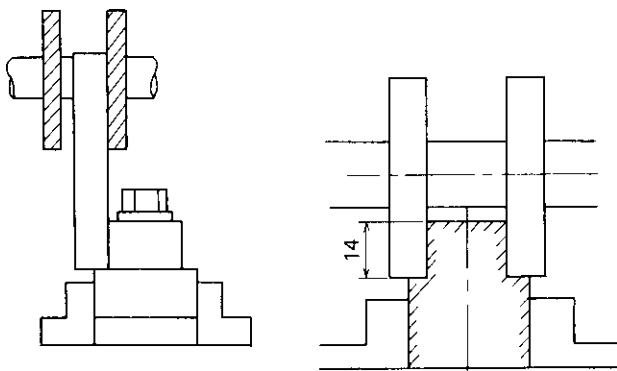
— موقعیت تیغه فرزها را با قطعه کار هماهنگ کنید (شکل

۶-۲۸).



شکل ۲۹-۶

- - محاسبه مقدار گردش دسته تقسیم
- نسبت به تعداد اضلاع قطعه کار، صفحه مناسبی انتخاب کنید.
- مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنید.
- بهتر است از دستگاه تقسیم ۲۴ شماره استفاده کنید (شکل ۲۹-۶).



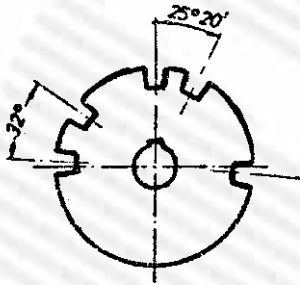
شکل ۳۰-۶

- - قرار دادن تیغه فرز در موقعیت مناسب
- شمش مناسبی انتخاب کرده و بین دو تیغه فرز قرار دهید.
- تیغه فرز را به بالاترین نقطه بغل قطعه کار مماس کنید.
- شمش را از کار دور کرده و نسبت به شعاع قطعه کار میز عرضی را حرکت دهید تا موقعیت درست تیغه فرز مشخص شود.
- تیغه فرز را در حین چرخش بر روی قطعه کار مماس کرده و میز عمودی را نسبت به عمق مهره بالا بیاورید.
- قطعه کار را تراشیده و کنترل کنید (شکل ۳۰-۶).

## آزمون پایانی (۶)

- ۱- انواع دستگاه تقسیم و مورد استفاده هر یک را شرح دهید.  
 ۲- می خواهیم به وسیله ماشین فرز، میل گردی به قطر  $10^\circ$  میلی متر را ۸ پهلو کنیم. ریزش بار، طول ضلع و آچارخور آن را محاسبه کنید.

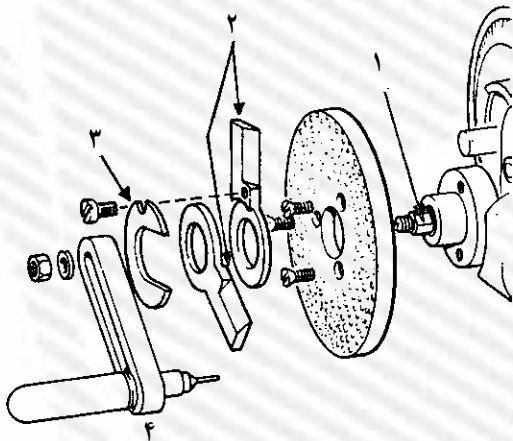
- ۳- روش استفاده از دستگاه تقسیم برای تقسیمات زاویه ای را شرح دهید.  
 ۴- در شکل روبه رو مقدار گردش دسته تقسیم را از طریق تقسیمات زاویه ای به دست آورید. نسبت دستگاه تقسیم ۱:۴۰ است.



$$\alpha = 32^\circ$$

$$\beta = 25^\circ \text{ و } 20'$$

- ۵- در شکل روبه رو قسمتی که با عدد ۱ نشان داده شده است چه نام دارد؟



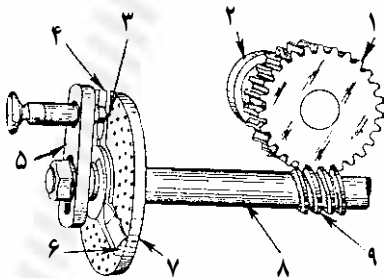
- الف - چرخ حلزون  
 ب - پیچ حلزون  
 ج - قیچی  
 د - دسته تقسیم
- ۶- در شکل روبه رو قطعه شماره ۳ چه نام دارد؟

- الف - پیچ حلزون  
 ب - قیچی  
 ج - واشر نگهدارنده  
 د - دسته تقسیم
- ۷- در شکل روبه رو قسمتی که با عدد ۲ نشان داده شده است چه نام دارد؟

- الف - چرخ حلزون  
 ب - پیچ حلزون  
 ج - قیچی  
 د - دسته تقسیم

- ۸- در شکل روبه رو قسمتی که با شماره ۱ نشان داده شده است چه نام دارد؟

- الف - صفحه تقسیم  
 ب - صفحه کشویی  
 ج - پیچ حلزون  
 د - چرخ حلزون



- ۹- در شکل روبه رو قسمتی که با عدد ۵ نشان داده شده است چه نام دارد؟

- الف - پیچ حلزون  
 ب - چرخ حلزون  
 ج - صفحه کشویی  
 د - دسته تقسیم

- ۱۰- طریقه بستن و تنظیم قطعه کار را در روی دستگاه تقسیم بنویسید.



## واحد کار هفتم

# توانایی تراشیدن چرخ‌دنده‌های ساده‌ی میلی‌متری

### هدف کلی

توانایی تراشیدن چرخ‌دنده‌های ساده میلی‌متری

هدف‌های رفتاری: فراگیر پس از گذراندن این واحد کار قادر خواهد بود:

- ۱- انواع چرخ‌دنده را از نظر شکل ظاهری، نوع جنس و کاربرد شرح دهد.
- ۲- محاسبات مربوط به اجزای چرخ‌دنده‌های ساده‌ی مدولی را انجام دهد.
- ۳- دستگاه تقسیم را بر روی میز ماشین فرز ببندد و تنظیم کند.
- ۴- میل‌دنده مناسبی انتخاب کرده و دنده تراشیده شده را در روی آن ببندد.
- ۵- چرخ‌دنده تراشکاری شده را به دستگاه تقسیم بسته و محکم ببندد.
- ۶- دور بودن دنده تراشکاری شده را به وسیله ساعت اندازه‌گیری کنترل کند.
- ۷- تیغه فرز مناسبی انتخاب کرده و به میل فرز ماشین فرز ببندد.
- ۸- تیغه فرز مدول را دقیقاً در مرکز دنده‌ی تراشیده شده قرار دهد.
- ۹- دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قرار دهد.
- ۱۰- چرخ‌دنده تراشکاری شده را فرز کاری کند.
- ۱۱- ضخامت دنده‌ی تراشیده شده را توسط کولیس دنده‌سنج و یا میکرومتر بشقابی کنترل کند.
- ۱۲- در هنگام فرز کاری چرخ‌دنده نکات ایمنی را رعایت کند.



### ساعات آموزش

جمع	عملی	نظری
۴۸	۴۰	۸

## پیش‌آزمون (۷)

- ۱- هدف از ساختن انواع چرخ‌دندانه را بنویسید.
- ۲- برای کنترل دقیق چرخ‌دنده‌های فرزکاری شده از کدام ابزار استفاده می‌شود؟
  - الف - کولیس مرکب
  - ب - میکرومتر عمق‌سنج
  - ج - کولیس پایه‌دار
  - د - میکرومتر بشقابی
- ۳- در یک چرخ‌دنده ساده، قطر خارجی  $dk = 117\text{mm}$  و مدول آن  $m = 3\text{mm}$  می‌باشد. تعداد دندانه‌های آن کدام است؟
  - الف - ۳۱
  - ب - ۳۵
  - ج - ۳۷
  - د - ۳۹
- ۴- مدول یک چرخ‌دنده ساده  $m = 4\text{mm}$  و تعداد دندانه آن  $z = 43$  می‌باشد قطر خارجی آن چند میلی‌متر است.
  - الف - ۱۶۰
  - ب - ۱۷۰
  - ج - ۲۰۰
  - د - ۱۸۰
- ۵- قطر خارجی یک چرخ‌دنده ساده‌ای  $dk = 200\text{mm}$  و تعداد دندانه آن  $z = 23$  می‌باشد مدول آن چند میلی‌متر است.
  - الف - ۴
  - ب - ۵
  - ج - ۸
  - د - ۶
- ۶- مدول یک چرخ‌دنده ساده  $m = 5\text{mm}$  می‌باشد عمق شیار چرخ‌دنده چند میلی‌متر است.
  - الف - ۱۰/۹۳۵
  - ب - ۱۲/۵۶
  - ج - ۱۴/۸۶
  - د - ۹/۵۶
- ۷- تعداد دندانه‌ی چرخ‌دنده ساده‌ای  $z = 80$  و نسبت دستگاه تقسیم  $I = 40:1$  می‌باشد مقدار گردش دسته تقسیم برابر کدام است؟
  - الف -  $\frac{1}{3}$  دور
  - ب -  $\frac{1}{4}$  دور
  - ج -  $\frac{1}{4}$  دور
  - د -  $\frac{1}{5}$  دور
- ۸- ضخامت چرخ‌دنده‌های ساده معمولاً چند برابر مدول انتخاب می‌شود؟
  - الف - ۱۰-۶
  - ب - ۱۶-۸
  - ج - ۱۰-۵
  - د - ۲۰-۱۰
- ۹- طریقه بستن و تنظیم چرخ‌دنده را به دستگاه تقسیم شرح دهید.
- ۱۰- در موقع فرزکاری چرخ‌دنده‌های ساده به چه نکاتی باید توجه نمود؟

## ۷-۱- آشنایی با انواع چرخ دنده‌ها از نظر کاربرد

چرخ دنده یکی از وسایل انتقال حرکت می‌باشد که به وسیله آن می‌توان حرکت دورانی و گشتاور گردشی را بدون لغزش از محوری به محور دیگر انتقال داد.

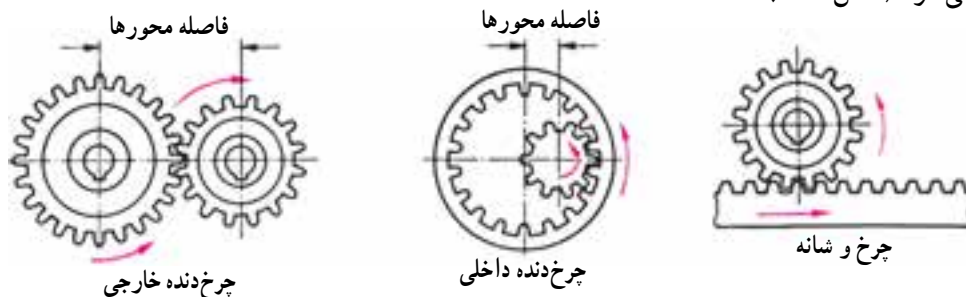
در مواردی که فاصله دو محور کم باشد برای انتقال حرکت از چرخ دنده استفاده می‌شود.

در صورتی که فاصله دو محور خیلی زیاد باشد از چرخ تسمه و یا چرخ و زنجیر استفاده می‌شود.

دندانه‌های کمکی از دو چرخ دنده که چرخ گرداننده نامیده می‌شود با دندانه‌های چرخ دیگر که چرخ گردنده نامیده می‌شود درگیر شده و آن را با خود می‌چرخاند.

توجه: حرکت چرخ دنده یک حرکت غیرآزاد و جبری می‌باشد. چرخ دندانه‌ها ممکن است دارای دندانه‌های داخلی و یا خارجی باشند از آن جایی که یک دندانه مشابه آن در روی چرخ مقابل، انتقال حرکت را عملی می‌سازد لذا جهت حرکت در چرخ دنده‌های خارجی عکس یکدیگر و در چرخ دنده‌های داخلی هم جهت خواهد بود.

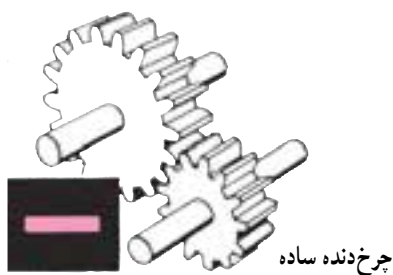
بدیهی است که در انتقال حرکت از یک چرخ دنده به یک دنده شانه‌ای و یا برعکس، جهت حرکت مشابه چرخ دندانه‌های داخلی بوده و از این وسایل در تبدیل حرکت دورانی به خطی و یا برعکس استفاده می‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱

انواع چرخ دنده و کاربرد آن‌ها به شرح زیر می‌باشند.

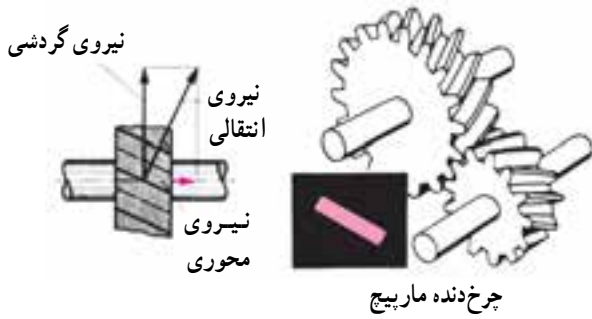
۷-۱-۱- چرخ دنده‌های ساده: در این نوع چرخ دنده‌ها انتقال حرکت از دندانه یک چرخ به دندانه چرخ دیگر به صورت ناگهانی بوده و در تعداد دوران‌های زیاد ایجاد سرو صدا می‌کنند. در شکل ۷-۲ دو چرخ دنده ساده را در حال درگیری مشاهده می‌کنید.



شکل ۷-۲

### ۷-۱-۲- چرخ دندانه‌های مارپیچ: اگر امتداد دندانه‌ها

نسبت به هم مایل باشند باعث می‌شود که اولاً خط درگیری دندانه‌ها مستقیم نبوده و در ثانی چند دندانه از یک چرخ با چند دندانه از چرخ دندانه‌ی دیگر درگیر شده و این درگیری تدریجی باشد. این عمل باعث می‌شود که چرخ دندانه‌ها آرام‌تر کار کنند ولی عیب آن‌ها در ایجاد نیرو در امتداد محورشان می‌باشد که بایستی به وسیله استفاده از یاتاقان‌های کف گرد برطرف گردد. از این چرخ دندانه‌ها در مواردی استفاده می‌شود که سرعت حرکت و نیروی انتقال زیاد باشد (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳

### ۷-۱-۳- چرخ دنده‌های مارپیچ با محورهای متنافر:

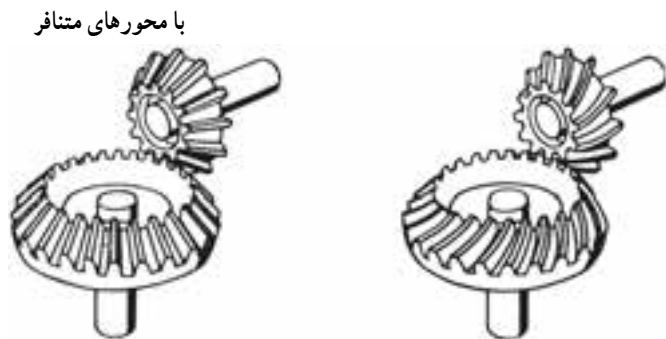
این چرخ دنده‌ها نیز دارای دندانه‌های مایل هستند ولی محور آن‌ها با هم متنافر می‌باشند. از این چرخ دنده‌ها می‌توان فقط در انتقال نیروهای کم استفاده کرد زیرا تماس دندانه‌های آن‌ها با یکدیگر به صورت نقطه‌ای می‌باشد. این چرخ دنده‌ها در نسبت حرکت‌ها تا  $I = 5:1$  قابل استفاده بوده و چنانچه نسبت‌های بزرگتری مورد نظر باشد باید از حلزون و چرخ حلزون استفاده کرد (شکل ۷-۴).



شکل ۷-۴

### ۷-۱-۴- چرخ دنده‌های مخروطی: این نوع

چرخ دنده‌ها زمانی به کار می‌روند که امتداد محور با هم متقاطع بوده و ممکن است که نسبت به هم زوایای مختلفی داشته باشند، ولی معمولاً زاویه محوری  $90^\circ$  درجه بیشتر کاربرد دارد. دندانه‌های این نوع چرخ دنده نیز ممکن است به صورت مستقیم و یا مایل باشند.



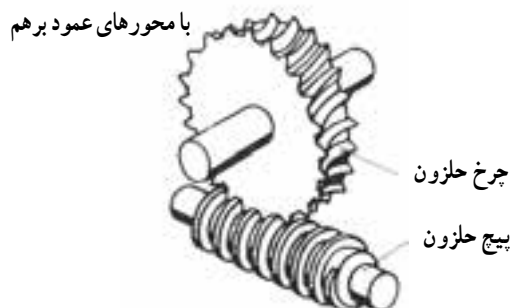
شکل ۷-۵

### توجه: چرخ دنده مخروطی مارپیچ را پینیون و کرانویل نیز

می‌نامند (شکل ۷-۵).

### ۷-۱-۵- پیچ و چرخ حلزون: این گونه وسایل انتقال

از یک پیچ حلزون و یک چرخ حلزونی تشکیل شده پیچ حلزون می‌تواند به ازای هر دور گردش به اندازه‌ی گامش در چرخ دنده حلزون تغییر مکان به وجود آورده و حرکت را منتقل نماید. از این وسایل برای انتقال حرکت با نسبت‌های بزرگ  $I = 60:1$  و زمانی که صرفه جویی در جا مطرح باشد استفاده می‌شود (شکل ۷-۶).



شکل ۷-۶

## ۷-۲- انواع چرخ‌دنده از نظر جنس

موادی که برای ساختن چرخ‌دنده به کار می‌رود باید از قدرت و استحکام کافی برخوردار بوده و به سادگی با ماشین‌های افزار، قابل تراش باشد تا بتوان آن‌ها را به شکل‌های مورد نیاز درآورد. در انتخاب جنس چرخ‌دنده به موارد زیر توجه کنید:

- قابلیت تحمل فشار و انتقال نیرو.
- قابلیت تراشکاری و پرداخت.

تناسب خواص فیزیکی فلز به کار رفته در ساخت چرخ‌دنده یا مورد مصرف آن

- قدرت مقاومت در برابر تاب، پیچیدگی و ترک خوردگی در هنگام آبکاری

- چرخ‌دنده‌ها در دو نوع فلزی و غیرفلزی ساخته می‌شوند.

### ۷-۲-۱- چرخ‌دنده فلزی: دستگاه‌هایی که باید فشار

و نیروی زیادی تحمل کنند برحسب کار و اندازه‌ی نیرو، جنس چرخ‌دنده از فولاد، چدن و فولاد معمولی انتخاب می‌شود. فولاد کربن ۰/۴ تا یک درصد کربن دارد بالا رفتن میزان درصد کربن در تهیه فولاد مقاومت فلز را در برابر سایش، افزایش می‌دهد، نوعی فولاد کربن که با ۰/۳ درصد کربن، ۰/۳ درصد نیکل و ۰/۸ درصد کرم ساخته می‌شود، کیفیت بهتر و مرغوبیت بیشتری دارد. اگر کربن این فولاد ۰/۶ درصد انتخاب شود در برابر سایش مقاوم‌تر است.

● انواع فولاد به کار رفته در ساختمان چرخ‌دنده

- ریخته‌گری .....

- آلیاژی .....

- نیکل کرم‌دار .....

- نیکل کرم‌دار هوایی .....

و همچنین

● چدن

● دُر آلومینیوم

● بُرنز

فولادهای نیکل کرم‌دار هوایی: این نوع فولادها تا ۸۲۰

الی ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم و سرد کردن آن در هوا انجام می‌گردد و دارای سختی نسبتاً زیاد می‌باشد. مزایای این نوع فولادها بیش از فولادهای نیکل کرم‌دار آغشته به روغن می‌باشد.

چدن: یکی از فلزاتی که بیشتر برای ساخت چرخ‌دنده‌ها از آن استفاده می‌شود چدن است. علاوه بر چدن‌های کربن‌دار معمولی که برای ساخت چرخ‌دنده‌های معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد برای چرخ‌دنده‌هایی که نیرو، استقامت و استحکام بیشتری نیاز دارند از چدن‌های آلیاژدار استفاده می‌شود در این چدن‌ها علاوه بر کربن، سیلیسیم، منگنز، فسفر و گوگرد که عناصر اصلی آن می‌باشد مقدار کمی نیکل، کرم، وانادیم، مولیبدن و مس که هر یک به تنهایی و گاهی چند عنصر با هم به کار می‌روند.

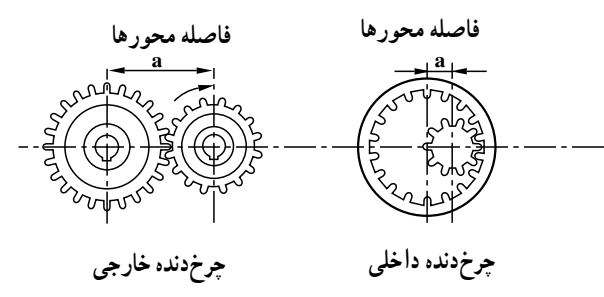
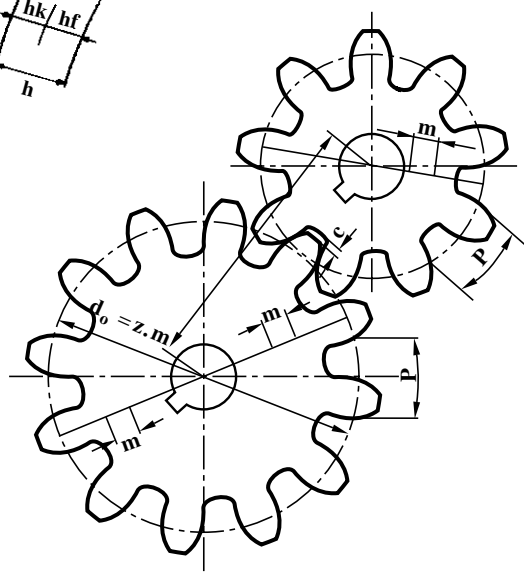
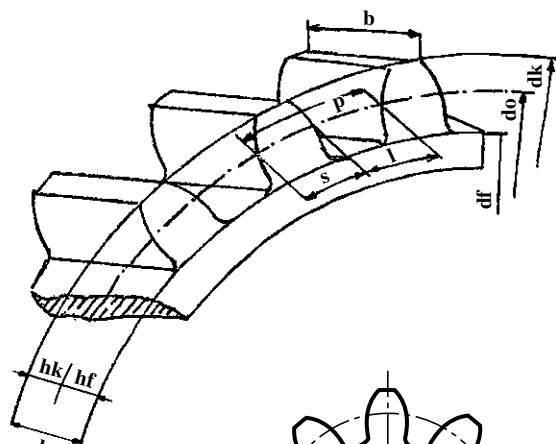
دُر آلومینیوم: ترکیبی از ۴/۰ درصد مس و ۶/۰ درصد منگنز و ۳/۰ درصد سیلیسیم و بقیه آن آلومینیوم می‌باشد. خاصیت مهم آن این است که می‌توان مانند فولادها آب داده و سخت نمود و درجه حرارت آن بین ۴۸۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد است.

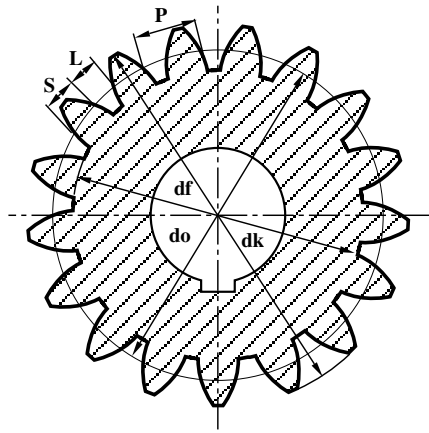
برنز: یکی دیگر از فلزاتی که برای ساختن چرخ‌دنده به کار می‌رود برنز است. در زمانی از آن استفاده می‌شود که فرسودگی و خوردگی هنگام کار پیش آید و به علت ضریب اصطکاک کمتر در مقایسه با سایر مواد فلزی اغلب در ساختمان چرخ‌دنده‌های حلزونی به کار می‌رود معمولاً برای تقلیل اصطکاک و خوردگی، جنس چرخ‌دنده‌های حلزونی را از فسفر برنز انتخاب می‌نمایند.

۲-۲-۷- چرخ‌دنده‌های غیر فلزی: چرخ‌دنده‌های غیر فلزی از مواد پلاستیکی یا فیبر ساخته می‌شوند. این نوع چرخ‌دنده برای انتقال سرعت زیاد و فشار کم مناسب است. چرخ‌دنده‌هایی که با این نوع چرخ‌دنده درگیر می‌شود از جنس فلز است. به سبب دور کم (آرام کار کردن) و صدای آرامی که دارد به چرخ‌دنده بی‌صدا معروف است.

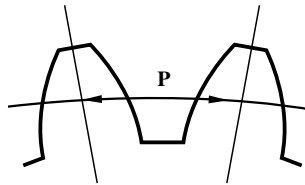
جدول ۱-۷- روابط چرخ دنده های ساده

نام	فرمول
گام	$P = m \times \pi$
مدول	$m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_k}{z+2}$
قطر دایره گام	$d_o = m \times z = d_k - 2m$
ارتفاع سر دنده	$h_k = m$
لقی	$c = \frac{1}{6} m = 0.167m$
ارتفاع پای دنده	$h_f = m + c = 1.167m$
ارتفاع دنده	$h = m + m + c = 2.167m$
قطر سر دنده	$d_k = d_o + 2m$ $d_k = m(z+2)$
قطر پای دنده	$d_f = d_o - 2.334m$ $d_f = m(z-2.334)$
تعداد دنده	$Z = \frac{d_o}{m} = \frac{d_k - 2m}{m}$
پهنای دنده	$b = 10m$
ضخامت دنده	$S = \frac{14}{40} P$
فاصله شیار دنده	$l = \frac{21}{40} P$
فاصله بین دو محور	$a = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$ I $a = \frac{m(Z_2 - Z_1)}{2}$ II





شکل ۷-۷



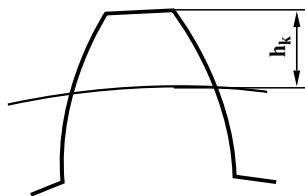
شکل ۷-۸

$$P = m \times \pi$$

$$m = \frac{P}{\pi}$$

$$m = \frac{dk}{z+2} \text{ یا } m = \frac{do}{z}$$

$$do = m \times z$$



شکل ۷-۹

$$hk = \frac{\phi}{\phi} m$$

$$hk = m$$

۷-۳- محاسبات چرخ‌دنده‌های ساده سیستم مدولی  
اولین قسمتی که در محاسبات چرخ‌دنده مورد نظر می‌باشد قطر متوسط، (قطر دایره تقسیم)، هم‌چنین قطر خارجی و قطر داخلی آن می‌باشد. در روی دایره تقسیم می‌توان تقسیم‌بندی چرخ‌دنده را که با حرف P نشان می‌دهند اندازه‌گرفت. مقدار آن عبارت است از فاصله یک دنده‌ی توپُر و یک دنده‌ی تو خالی کنار آن در روی دایره تقسیم (شکل ۷-۷).

۷-۳-۱- محاسبه اجزای چرخ‌دنده‌های ساده:

برای تعیین مقدار گام همیشه ضربی را برای عدد پی در نظر می‌گیرند، آن ضریب را مدول چرخ‌دنده می‌نامند و با حرف m نشان می‌دهند.

بنابراین گام یا تقسیم‌بندی هر چرخ‌دنده مساوی است با مدول (یک عدد انتخابی و برحسب میلی‌متر است) که از تقسیم گام بر عدد  $\pi$  یا از تقسیم قطر متوسط بر تعداد دندانه چرخ‌دنده به دست می‌آید (شکل ۷-۸).

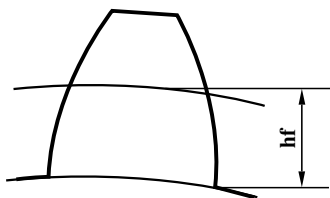
توجه - قطر متوسط از ضرب کردن تعداد دندانه در مدول

به دست می‌آید.

- ارتفاع سردنده: فاصله‌ی بین سردندانه تا قطر متوسط

چرخ‌دنده را ارتفاع سردندانه می‌گویند و آن را با  $hk$  نشان می‌دهند (شکل ۷-۹) و مقدار آن برابر مدول چرخ‌دنده است.

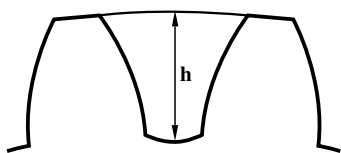




شکل ۷-۱۰

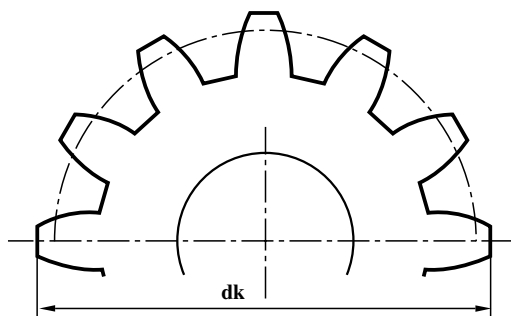
$$hf = \frac{7}{6} m$$

$$hf = 1/167 \times m$$



شکل ۷-۱۱

$$h = 2/167 \times m$$



شکل ۷-۱۲

— ارتفاع پای دندانه: این ارتفاع را با hf نشان می دهند و مقدار آن برابر  $\frac{7}{6}$  مدول می باشد. این اندازه برابر است با فاصله قطر متوسط تا کف شیار دندانه (شکل ۷-۱۰).

— عمق دندانه: ارتفاع هر دندانه را با h نشان می دهند و مقدار آن برابر است با  $\frac{13}{6} m$  به عبارت دیگر مجموع ارتفاع سردندانه و پای دنده، عمق دندانه را به وجود می آورد (شکل ۷-۱۱).

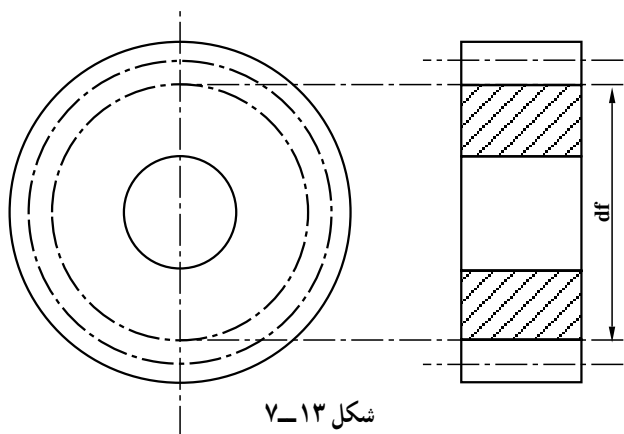
— قطر خارجی چرخ دنده های ساده: بزرگترین قطر چرخ دنده را قطر خارجی و با قطر تراش می گویند (شکل ۷-۱۲) و با توجه به شکل مقدار آن از رابطه ی زیر

$$dk = do + 2m$$

$$dk = m(z + 2)$$

و یا

به دست می آید.



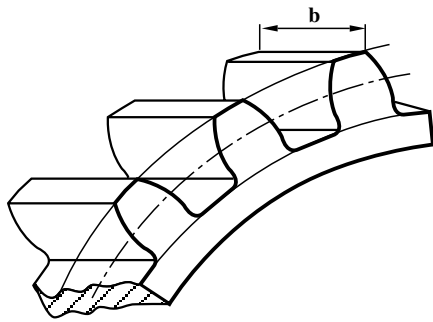
شکل ۷-۱۳

$$df = do - 2/334 m$$

$$df = m(z - 2/334)$$

— قطر داخلی یا قطر پای دندانه: قطر داخلی عبارت است از قطر استوانه ای که دندانه ها روی آن قرار گرفته اند. به عبارت دیگر می توان گفت فاصله ی بین پای یک دنده تا پای دنده ی مقابل آن در چرخ دنده، قطر داخلی نامیده می شود. قطر داخلی را با حرف df نشان می دهند (شکل ۷-۱۳).

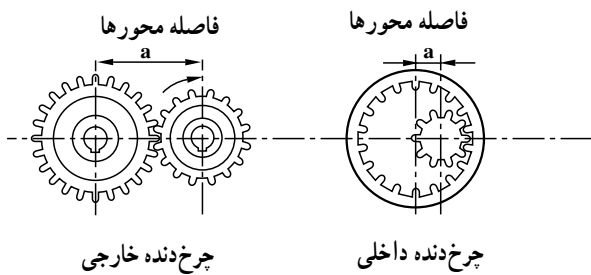
یا



شکل ۷-۱۴

$b = 10m$

— ضخامت چرخ دنده: ضخامت چرخ دنده بستگی به مقدار نیروی انتقالی دارد. معمولاً مقدار آن بین ۶ الی ۱۵ برابر مدول و در نیروهای متوسط تقریباً ۱۰ برابر مدول در نظر گرفته می شود (شکل ۷-۱۴).



شکل ۷-۱۵

— فاصله دو محور (خط المرکزین دو چرخ دنده): فاصله بین دو محور (خطوط مرکزی) چرخ دنده محرک و چرخ دنده‌ی متحرک با توجه به شکل ۷-۱۵ از فرمول زیر محاسبه می شود.

فاصله بین دو محور	$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$	چرخ دنده‌های خارجی
	$a = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$	چرخ دنده‌های داخلی

توجه: روابط چرخ دنده‌ها را در جدول ۷-۱ مشاهده می نمایید.

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

$m = 2mm$

$z = 80$

$d_o = z \times m$

$d_o = 80 \times 2$

$d_o = 160mm$  قطر متوسط چرخ دنده

$d_k = m(z + 2)$

$d_k = 2(80 + 2)$

$d_k = 2 \times 82$

$d_k = 164mm$  قطر خارجی چرخ دنده

$h = 2/167 \times m$

$h = 2/167 \times 2$