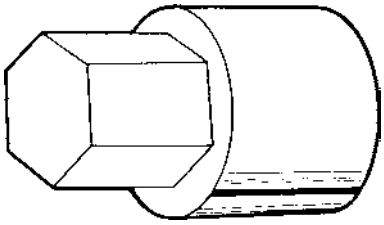
۱ــ۶ــ اصول چندضلعی کردن قطعات با دستگاه تقسیم

برای تقسیم محیط داخلی یا خارجی قطعات کار به تقسیمات دلخواه از دستگاه تقسیم استفاده می‌شود. مانند انواع مهره‌ها یا چندضلعی کردن گُل پیچ‌ها و این به آن سبب انجام می‌گیرد که آچار بتواند به‌خوبی با آن درگیر شده و آن را در محل خود کاملاً ببندد و یا در مواقع مورد لزوم باز نماید (شکل ۱ــ۶).

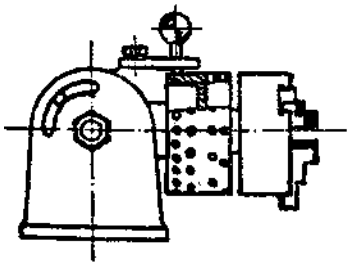


شکل ۱ــ۶

انواع دستگاه تقسیم به شرح زیر می‌باشند.

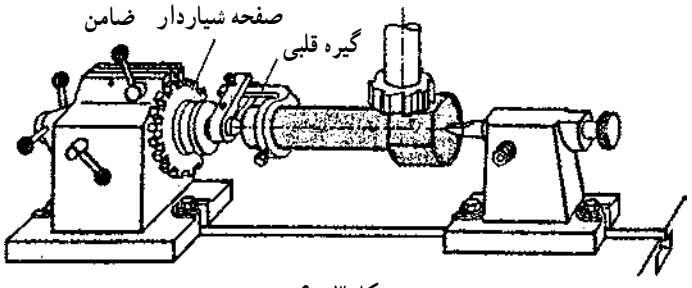
۱ــ۱ــ۶ــ دستگاه تقسیم مستقیم و طرز کار آن: در تقسیم مستقیم که ساده‌ترین روش تقسیم می‌باشد از دستگاه تقسیمی که در امتداد کار قرار می‌گیرد استفاده می‌شود.

در شکل ۲ــ۶ یک نوع دستگاه تقسیم مُستقیم با صفحات سوراخ‌دار را مشاهده می‌کنید. این صفحات دارای ۲۴ ، ۳۶، ۴۶ و ۶۰ سوراخ می‌باشد. با این صفحات تقسیم‌هایی را می‌توان انجام داد که تعداد سوراخ صفحه بر تعداد تقسیمات بخش‌پذیر باشد (شکل ۲ــ۶).



شکل ۲ــ۶

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 ۳و۲ (شکل ۳ــ۶).



شکل ۳ــ۶

اصول محاسبه تقسیمات چندضلعی‌ها در روی دستگاه تقسیم:

برای این منظور از فرمول روبه‌رو استفاده می‌کنیم.

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

ni = تعداد فاصله شیار یا سوراخ لازم برای جابه‌جایی هر تقسیم

nL = تعداد شیار یا سوراخ صفحه تقسیم

T = تعداد تقسیمات

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 هریک از سطوح محاسبه کنید.

$$\boxed{ni = \frac{nL}{T}}$$

$$ni = \frac{۲۴}{۸} = ۳$$

فاصله شیار جابه‌جا شونده $ni = ۳$

مثال ۲: دستگاه تقسیم مستقیمی 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 هریک از سطوح محاسبه کنید.

فرمول اصلی $\boxed{ni = \frac{nL}{T}}$

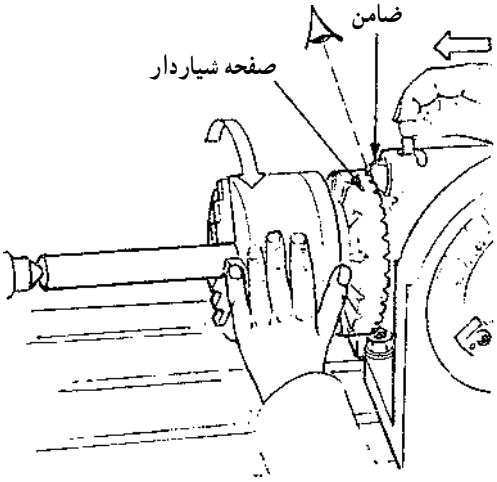
$$ni = \frac{۴۰}{۱۰} = ۴$$

$\boxed{ni = ۴}$

دستورالعمل به‌کارگیری دستگاه تقسیم مستقیم:

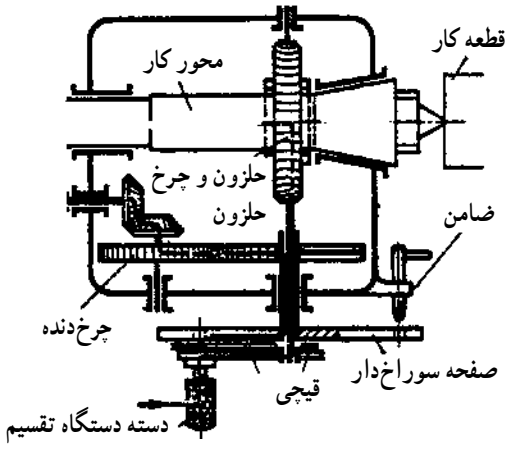
ــ مقدار گردش صفحه شیاردار یا سوراخ‌دار را محاسبه کنید. ضامن صفحه شیاردار یا سوراخ‌دار را از محل خود خارج کنید.

ــ سه نظام را با دست بگردانید تا ضامن در شیار موردنظر قرار گیرد (شکل ۴ــ۶).



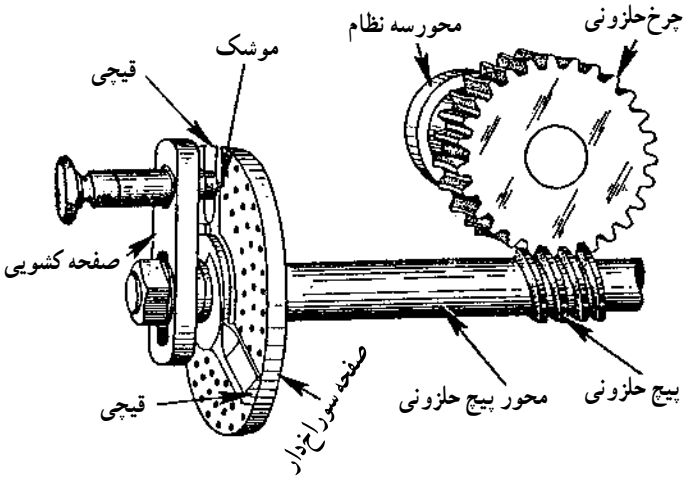
شکل ۴ــ۶

۲ــ۱ــ۶ــ 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 $\frac{۱}{۴۰}$ دور می‌گردد (شکل ۵ــ۶).



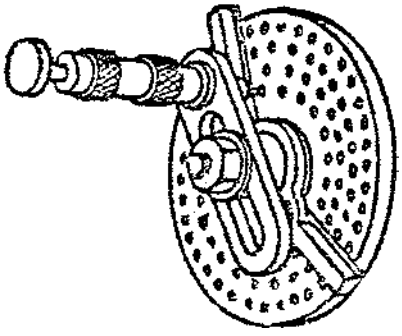
شکل ۵ــ۶

در این روش چون بین محور کار و محور تقسیم، پیچ حلزون و چرخ حلزون قرارگرفته بنابراین حرکت به‌طور غیر مستقیم از محور تقسیم به محور کار منتقل شده و نسبت بین پیچ و چرخ حلزون ۱ : ۴۰ = I در محاسبات دخالت داده می‌شود. در شکل روبه‌رو درگیری پیچ و چرخ حلزونی در دستگاه تقسیم اونیورسال نشان داده شده است (شکل ۶ــ۶).



شکل ۶ــ۶

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 دوایر متحدالمرکزی قرار دارد و در روی آن دوایر سوراخ‌هایی با فاصله یک‌نواخت ایجاد شده که قطر تمام سوراخ‌ها مساوی ولی تعداد آن‌ها در روی هر دایره متفاوت است (شکل ۷ــ۶).



شکل ۷ــ۶

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

نوع معمولی دستگاه تقسیم ۱ : ۴۰ = I شامل سه صفحه که در هر صفحه به موازات محیط دایره آن ۶ ردیف سوراخ از بالا به پایین به‌وجود 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

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 :

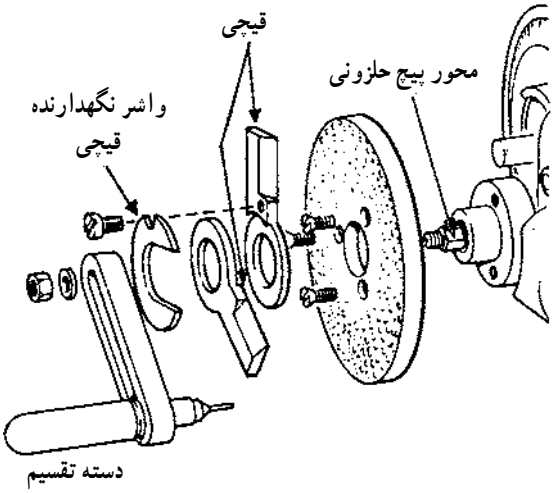
قیچی، واشر نگهدارنده قیچی، دسته تقسیم ، مهره و واشر (شکل ۸ــ۶).

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

حالت اوّل: 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 صورتی‌که نسبت دستگاه تقسیم ۱ :۴۰ باشد مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنیم.

سطح رویی ۴۳-۴۲-۴۱-۳۹-۳۸-۳۷-۳۴-۳۰-۲۸-۲۵-۲۴
سطح زیرین۶۶-۶۲-۵۹-۵۸-۵۷-۵۴-۵۳-۵۱-۴۹-۴۷-۴۶



شکل ۸ــ۶

$I = ۴۰:۱$

$Z = ۳۷$

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

$$nk = \frac{۴۰}{۳۷}$$

$nk = ۱\frac{۳}{۳۷}$ مقدار گردش دسته تقسیم

یک دور و سه سوراخ از ردیف ۳۷ سوراخ

حالت دوم: تقسیماتی که تعداد سوراخ موردنظر 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 ۱ :۴۰ باشد، مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنید.

$I = ۴۰:۱$

$z = ۳۸$

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

$$nk = \frac{۴۰}{۳۸} \div \frac{۲}{۲} = \frac{۲۰}{۱۹}$$

$nk = ۱\frac{۱}{۱۹}$ یک دور و یک سوراخ از ردیف ۱۹ سوراخ

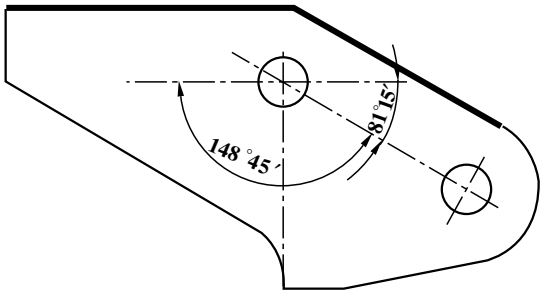
برای سهولت کار تعداد دور دستگاه تقسیم و عمق صفحه سوراخ‌دار مورد نیاز و تعداد سوراخ جابه‌جا شونده برای تقسیمات مختلف در جدول ۱ــ۶ داده شده است.

جدول ۱ــ۶ــ نسبت دستگاه تقسیم غیر مستقیم ۱:۴۰ می‌باشد

تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ‌دار	تعداد دور	تعداد سوراخ	تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ‌دار	تعداد سوراخ	تعداد تقسیمات	صفحات سوراخ‌دار	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			

۲ــ۶ــ تقسیمات زاویه‌ای

مواردی در فرزکاری پیش می‌آید که لازم است سطوح، شیارها و یا سوراخ‌ها نسبت به هم زاویه معینی داشته باشند (شکل ۹ــ۶) . 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.



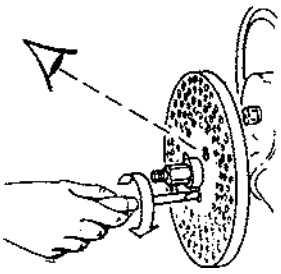
شکل ۹ــ۶

۱ــ۲ــ۶ــ 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 به سزایی دارد. با رعایت این نکته عملیات زیر را انجام دهید :

ــ صفحه تقسیم محاسبه شده را انتخاب کنید.

ــ صفحه تقسیم را در روی بوش محور پیچ حلزون سوار کرده و به وسیله پیچ‌های مربوطه با پیچ‌گوشتی محکم ببندید (شکل ۱۰ــ۶).



شکل ۱۰ــ۶

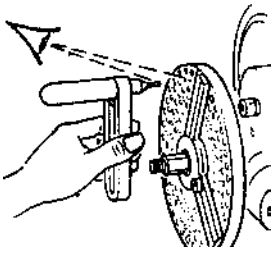
ــ ***سوار کردن قیچی:*** قیچی یا پرگار وسیله‌ای است برای مشخص‌کردن فاصله‌ی سوراخ‌های باقیمانده از کسر به این معنی که هر یک از دو پایه قیچی پرگار را در یکی از دو سوراخ دو طرف قرار داده و این فاصله را به صورت مشخص جدا می‌کنند تا دسته برای تقسیم بعدی آماده شود. مراحل انجام کار چنین است.

ــ قیچی یا پرگار را در روی بوش محور پیچ حلزون قرار دهید.

ــ دهانه قیچی را با شل‌کردن پیچ آن به اندازه فاصله سوراخ‌های باقیمانده کسر از هم باز کنید و پس از تنظیم این فاصله مجدداً پیچ قیچی را ببندید.

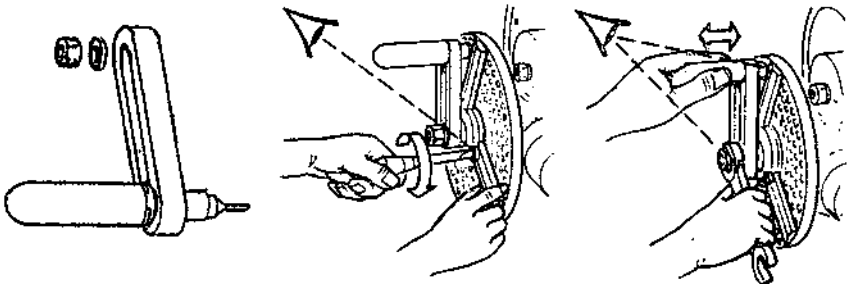
ــ واشر محکم‌کننده را روی قیچی در محور پیچ جا بزنید.

ــ سرانجام، دسته دستگاه تقسیم را ببندید (شکل ۱۱ــ۶).

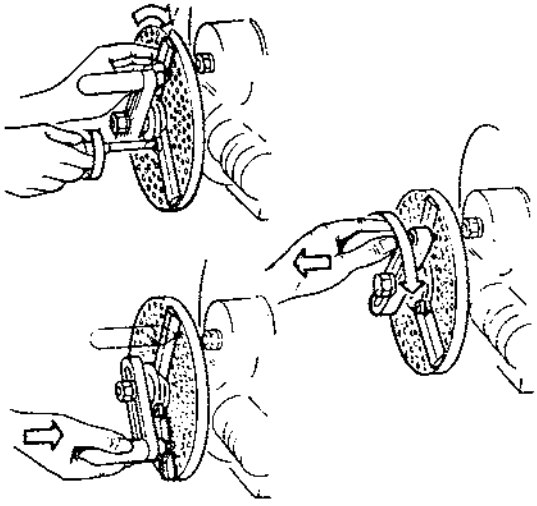


شکل ۱۱ــ۶

روش سوارکردن 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 جابه‌جا شده و بتوان نوک آن را با هر یک از سوراخ‌های تقسیم درگیر و یا از آن آزاد کرد (شکل ۱۲ــ۶).



شکل ۱۲ــ۶



شکل ۱۳ــ۶

ــ تغییر مکان دسته تقسیم برای شیار بعدی: همیشه پس از تراشیدن شیار اوّل 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 موردنظر جا بزنید.

قبل از شروع به کار دسته تقسیم را چند دور بگردانید تا لقی احتمالی بین پیچ و چرخ‌دنده حلزون گرفته شود (شکل ۱۳ــ۶).

۳ــ۶ــ چند ضلعی‌کردن قطعات از میل‌گرد

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

برای پیدا کردن طول ضلع، بهترین روش استفاده از رابطه

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

می‌باشد که در آن

L = طول ضلع

n = تعداد اضلاع

D = قطر میله

برای به‌دست آوردن عمق براده (ریزش بار) در فرزکاری قطعات استوانه‌ای، از رابطه زیر استفاده می‌شود

$$H = R(۱ - \cos\frac{۱۸۰^\circ}{n})$$

که در آن

H = مقدار ریزش بار

R = شعاع میله

n = تعداد اضلاع

است (شکل ۱۵ــ۶).

برای به‌دست آوردن اندازه‌ی آچارخور از روابط زیر استفاده کنید.

در صورتی‌که تعداد اضلاع زوج باشد $sw = D - ۲h$

یا در صورتی‌که تعداد اضلاع زوج باشد $sw = \cos\frac{۱۸۰^\circ}{n} \times D$

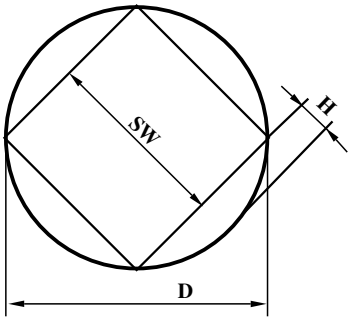
در صورتی‌که تعداد اضلاع فرد باشد $sw = D - h$

مثال ۱: قطر یک میله استوانه‌ای ۸۰ میلی‌متر می‌باشد. اگر بخواهیم این میله را با ماشین فرز، ۶ پهلو کنیم پیدا کنید :

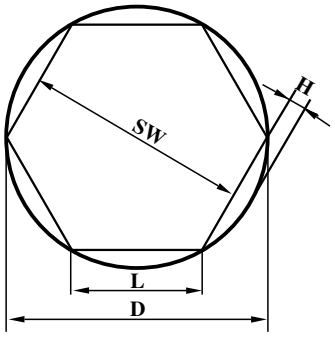
الف ــ طول ضلع

ب ــ ریزش بار

ج ــ آچار خور آن را



شکل ۱۴ــ۶



شکل ۱۵ــ۶

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

$$L = \sin\frac{۱۸۰^\circ}{۶} \times D$$

$$L = \sin ۳۰^\circ \times ۸۰$$

$$L = ۰/۵ \times ۸۰ \Rightarrow L = ۴۰mm$$ طول ضلع

ب) $H = R(۱ - \cos\frac{۱۸۰^\circ}{n})$

$$H = ۴۰(۱ - \cos\frac{۱۸۰^\circ}{۶})$$

$$H = ۴۰(۱ - \cos ۳۰^\circ) \Rightarrow H = ۴۰(۱ - ۰/۸۶۶)$$

$H = ۵/۳۶ \ mm$ ریزش بار

ج) $sw = D - ۲H \Rightarrow sw = ۸۰ - ۲(۵/۳۶)$

$sw = ۶۹/۲۸ \ mm$ آچار خور

مثال ۲: قطر یک میله استوانه‌ای ۱۰۰ میلی‌متر است. اگر بخواهیم این میله را با ماشین فرز، ۹ پهلو کنیم.

الف ــ طول ضلع

ب ــ ریزش بار

ج ــ آچار خور آن را محاسبه کنید.

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

$L = \sin\frac{۱۸۰^\circ}{۹} \times ۱۰۰$

$L = \sin ۲۰^\circ \times ۱۰۰$

$L = ۰/۳۴۲ \times ۱۰۰$

$\boxed{L = ۳۴/۲۰ mm}$ اندازه طول ضلع

ب) $H = R(۱ - \cos\frac{۱۸۰^\circ}{n})$

$H = ۵۰(۱ - \cos\frac{۱۸۰^\circ}{۹})$

$H = ۵۰(۱ - \cos ۲۰^\circ)$

$H = ۵۰(۱ - ۰/۹۳۹۶)$

$H = ۵۰(۰/۰۶۰۴)$

$\boxed{H = ۳/۰۲}$ اندازه ریزش بار

ج) چون اضلاع فرد است $sw = D - H$

اندازه آچار خور $\boxed{sw = ۹۶/۹۸ mm}$

۱ــ۳ــ۶ ــ چند ضلعی‌کردن قطعات روی ماشین فرز افقی:

برای چند ضلعی‌کردن قطعات روی ماشین فرز افقی به ترتیب زیر عمل کنید.

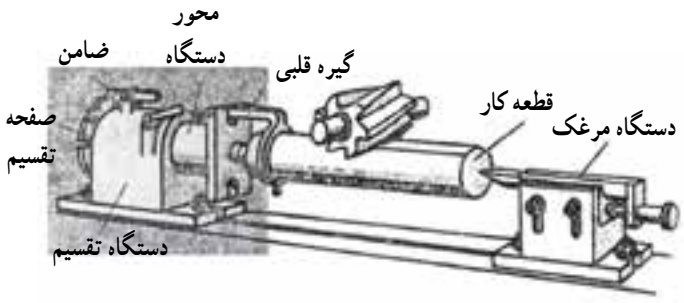
ــ دستگاه تقسیم را به حالت افقی قرار دهید.

ــ میله مورد نظر را به گیره‌ی قلبی ببندید و بین دو مرغک قرار دهید.

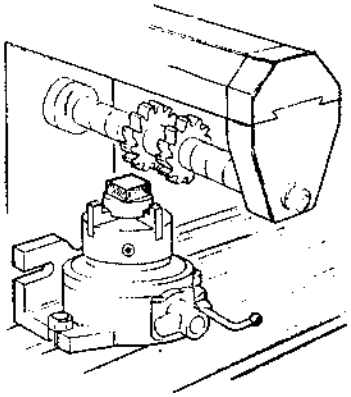
ــ تیغه فرز مناسبی انتخاب کرده و به میل فرز ببندید.

ــ مقدار گردش صفحه شیاردار یا دسته تقسیم را محاسبه کنید.

ــ دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قراردهید و قطعه کار را بتراشید (شکل (۱۶ــ۶).



شکل ۱۶ــ۶



شکل ۱۷ــ۶

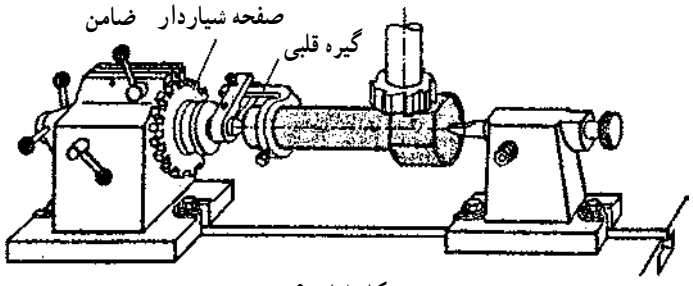
توجه: اغلب برای چند ضلعی کردن قطعات به صورت سری از دو تیغه فرز سه بر تراش استفاده می‌شود. به این صورت که یک بوش به اندازه‌ی آچارخور بین دو تیغه فرز قرار داده و دو ضلع قطعه کار را در یک زمان می‌تراشند (شکل ۱۷ــ۶).

۲ــ۳ــ۶ــ چند ضلعی‌کردن قطعات روی ماشین فرز عمودی:

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

ــ دستگاه تقسیم را در روی میز ماشین فرز قرار داده و پس از تنظیم ببندید.

ــ میله موردنظر را به گیره قلبی ببندید و آن را بین دو مرغک قرار دهید.



شکل ۱۸ــ۶

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

ــ مقدار گردش صفحه شیاردار را تعیین کنید.

ــ دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قراردهید.

ــ قطعه کار را بتراشید و کنترل کنید (شکل ۱۸ــ۶).

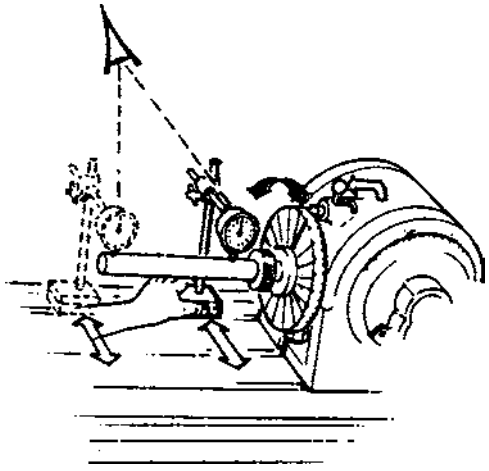
۴ــ۶ــ دستورالعمل چندضلعی کردن قطعات روی ماشین فرز

● بستن و تنظیم دستگاه تقسیم در حالت افقی

ــ با وسیله‌ای مطمئن دستگاه تقسیم را بلندکرده و در روی میز ماشین فرز قراردهید.

ــ دستگاه تقسیم را مانند شکل در حالت افقی قراردهید.

ــ به وسیله‌ی ساعت اندازه‌گیری، افقی‌بودن دستگاه تقسیم را کنترل کنید (شکل ۱۹ــ۶).



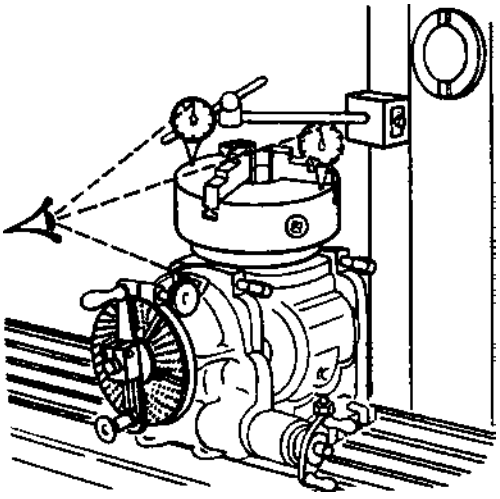
شکل ۱۹ــ۶

● ــ **قراردادن دستگاه تقسیم در حالت عمودی:**

برای چندضلعی کردن قطعات، لازم است بعضی مواقع دستگاه تقسیم را در حالت عمودی قراردهید. برای این منظور باید :

ــ دستگاه تقسیم را با وسیله‌ای مطمئن بلند کرده و در محل تعیین شده قرارداده و ببندید.

ــ عمود بودن آن‌را مانند شکل روبه‌رو به‌وسیله‌ی ساعت اندازه‌گیری کنترل کنید (شکل ۲۰ــ۶).



شکل ۲۰ــ۶

● ــ **بستن و تنظیم قطعه کار**

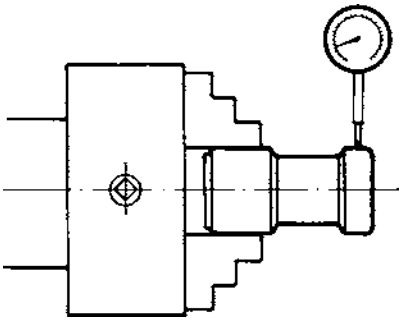
ــ قطعه‌کار و داخل سه نظام دستگاه تقسیم را کاملاً تمیز کنید.

ــ قطعه کار را مابین فک‌های گیره قراردهید.

ــ موقعیت طولی قطعه کار را تعیین کنید.

ــ قطعه کار را محکم ببندید.

ــ دور بودن قطعه کار را توسط ساعت اندازه‌گیری کنترل کنید.



شکل ۲۱ــ۶

ــ معایب احتمالی را برطرف کنید (شکل ۲۱ــ۶).

● ــ **تنظیم عمق بار**

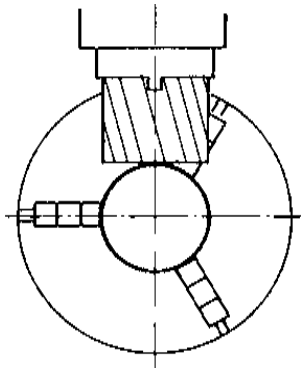
ــ دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قراردهید.

ــ دستگاه را روشن کرده و با بالاآوردن میز عمودی، تیغه‌فرز را روی قطعه کار مماس کنید.

ــ ورنیه عمودی را روی صفر میزان کنید.

ــ تیغه فرز را از کار دور کنید.

ــ مقدار جابجایی میز را تعیین کنید (شکل ۲۲ــ۶).



شکل ۲۲ــ۶

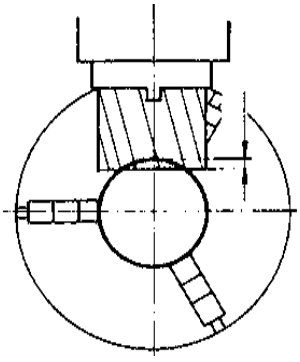
● ــ **فرزکاری اولین سطح**

ــ دستگاه را در دور و پیشروی مناسب قراردهید.

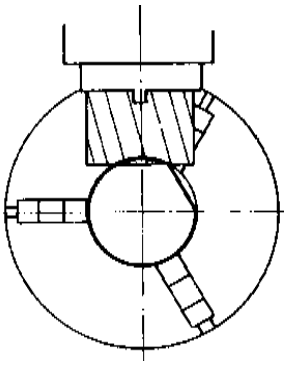
ــ ورنیه عمودی را به اندازه عمق محاسبه شده بالا بیاورید.

ــ دستگاه را روشن کرده و نسبت به جنس قطعه کار بار بدهید تا به عمق لازم برسد.

ــ در تمام طول مدت بُراده‌برداری از مواد خنک‌کننده استفاده کنید (شکل ۲۳ــ۶).



شکل ۲۳ــ۶



شکل ۲۴ــ۶

● ــ فرزکاری دومین ضلع

ــ دستگاه را روشن کرده و نسبت به جنس قطعه کار بار بدهید تا به عمق لازم برسد.

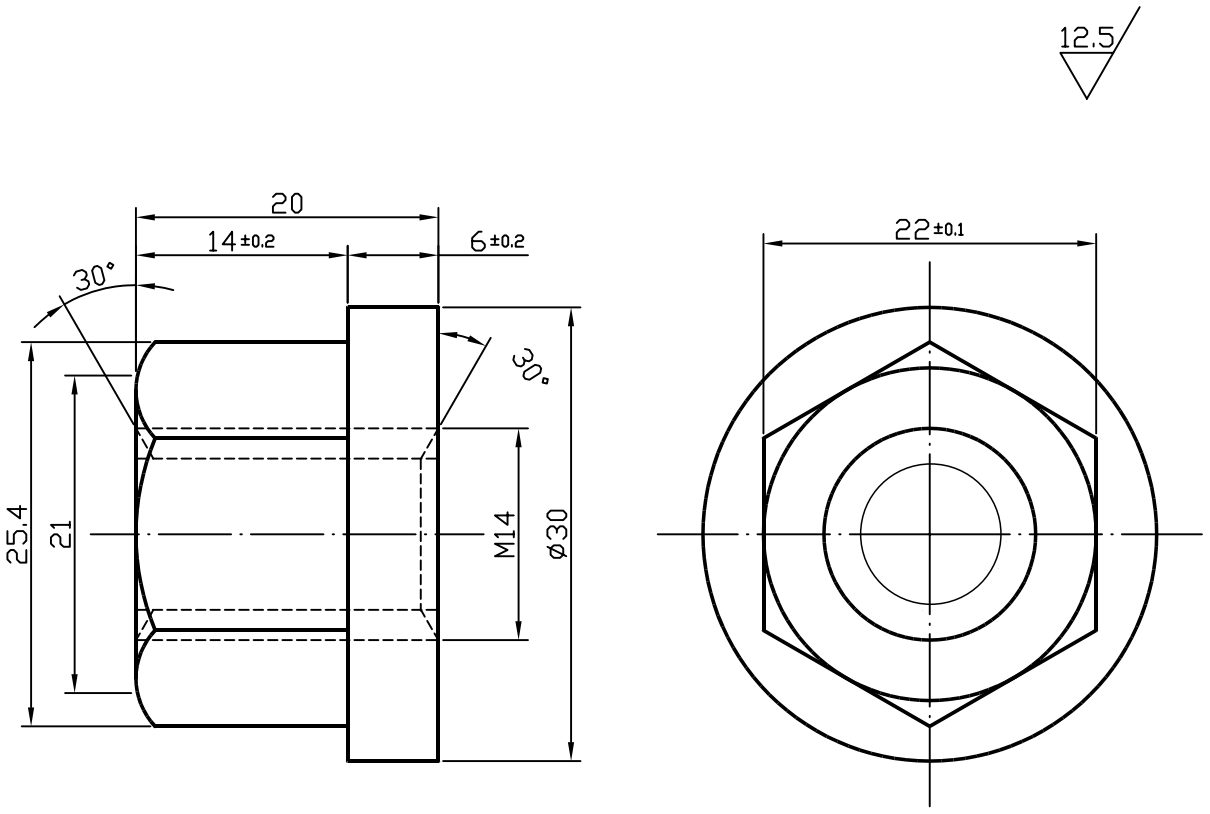
ــ سایر ضلع‌ها را نیز به همین ترتیب فرزکاری کنید.

ــ قطعه کار را پلیسه‌گیری کرده به‌وسیله کولیس مرکب آچارخور را کنترل کنید.

ــ معایب احتمالی را برطرف کنید (شکل ۲۴ــ۶).

۵ــ۶ــ کار عملی

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



وسایل و ابزارهای مورد نیاز:

۱ــ تیغه فرز سه بر تراش به ابعاد ۳۲mm×۱۰×۱۰۰∅ ۲عدد

۲ــ دستگاه تقسیم مستقیم

وسایل اندازه‌گیری:

۱ــ کولیس مرکب با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر

۲ــ زاویه‌سنج

جدول 7168 DIN

اندازه / درجه تولرانس		از 0.5 تا 3	از 3 تا 6	از 6 تا 30	از 30 تا 120	از 120 تا 400
f	(ظریف)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2
m	(متوسط)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5
g	(خشن)	±0.15	±0.2	±0.5	±0.8	±1.2

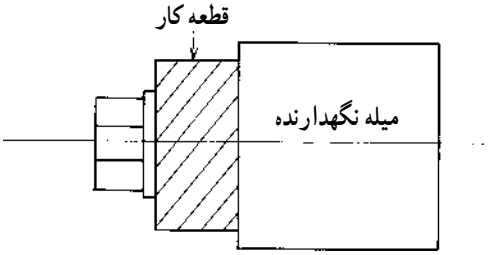
1	6	St 37	قطعه تراشکاری شده	-	2	-
شماره‌ی تمرین	شماره‌ی واحد کار	جنس ماده‌ی اولیه	اندازه‌ی مواد اولیه	مشخصات قطعه	تعداد	شماره
زمان: ۲ ساعت	هدفهای آموزشی: چند ضلعی کردن قطعات توسط دستگاه تقسیم				مقیاس 2:1	
درجه تولرانس f						

● ــ **فرزکاری چندضلعی‌ها:** برای فرزکاری قطعه داده شده به ترتیب زیر عمل کنید.

● ــ ***قراردادن قطعه کار در روی میله نگهدارنده***

ــ میله مناسبی انتخاب کنید.

ــ قطعه کار را مانند شکل در روی میله ببندید (شکل ۲۵ــ۶).



شکل ۲۵ــ۶

● ــ ***قراردادن دستگاه تقسیم بر روی میز ماشین فرز***

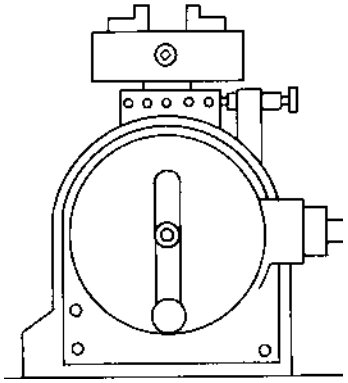
ــ محل استقرار دستگاه تقسیم را در روی میز مشخص کنید.

ــ محل استقرار دستگاه تقسیم را کاملاً تمیز کنید.

ــ با وسیله‌ای مطمئن دستگاه تقسیم را بلند کرده و در روی میز دستگاه فرز قراردهید.

ــ دستگاه تقسیم را در حالت عمودی قراردهید.

ــ دستگاه تقسیم را ببندید و موقعیت آن را کنترل کنید (شکل ۲۶ــ۶).


شکل ۲۶ــ۶

● ــ ***بستن و تنظیم میله نگهدارنده قطعه‌کار به دستگاه تقسیم***

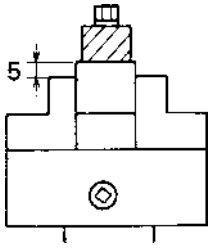
ــ عمودبودن دستگاه تقسیم را کنترل کنید.

ــ فک‌های سه نظام را نیز کنترل کنید.

ــ میله نگهدارنده قطعه کار را مابین فک‌های سه نظام قرار دهید.

ــ قطعه کار را مانند شکل بین فک‌های سه نظام ببندید.

ــ دوربودن قطعه کار را با ساعت اندازه‌گیری کنترل کنید (شکل ۲۷ــ۶).



شکل ۲۷ــ۶

● ــ ***بستن و تنظیم تیغه فرز به دستگاه***

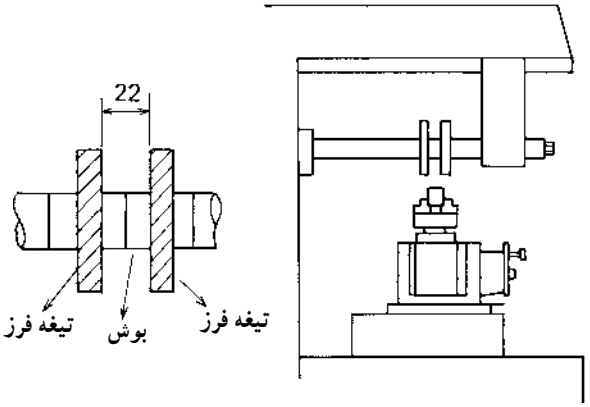
ــ میل فرز دو طرفه مناسبی انتخاب کرده و به دستگاه فرز ببندید.

ــ دو عدد تیغه فرز به قطر ۱۰۰ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر انتخاب کنید.

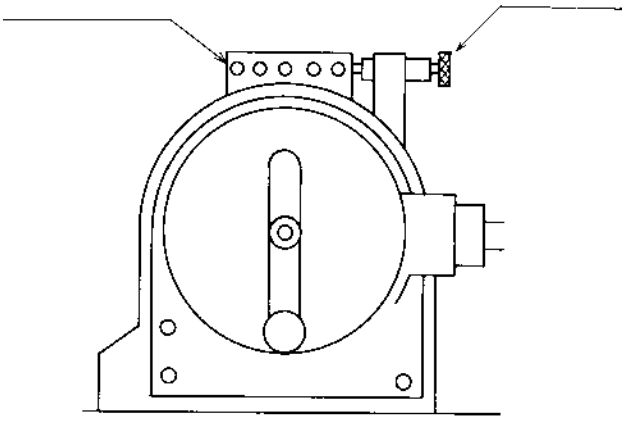
ــ یک بوش به ضخامت ۲۲ میلی‌متر آماده کنید.

ــ تیغه فرزها را مانند شکل در دو طرف بوش در روی میل فرز سوار کنید.

ــ موقعیت تیغه فرزها را با قطعه کار هماهنگ کنید (شکل ۲۸ــ۶).



شکل ۲۸ــ۶



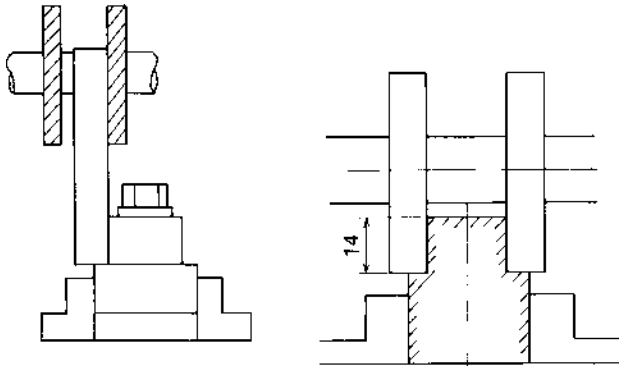
شکل ۲۹ــ۶

● ــ ***محاسبه مقدار گردش دسته تقسیم***

ــ نسبت به تعداد اضلاع قطعه کار، صفحه مناسبی انتخاب کنید.

ــ مقدار گردش دسته تقسیم را محاسبه کنید.

ــ بهتر است از دستگاه تقسیم ۲۴ شیاره استفاده کنید (شکل ۲۹ــ۶).



شکل ۳۰ــ۶

● ــ ***قراردادن تیغه فرز در موقعیت مناسب***

ــ شمش مناسبی انتخاب کرده و بین دو تیغه فرز قراردهید.

ــ تیغه فرز را به بالاترین نقطه بغل قطعه کار مماس کنید.

ــ شمش را از کار دورکرده و نسبت به شعاع قطعه کار میز عرضی را حرکت دهید تا موقعیت درست تیغه فرز مشخص شود.

ــ تیغه فرز را در حین چرخش بر روی قطعه کار مماس کرده و میز عمودی را نسبت به عمق مهره بالا بیاورید.

ــ قطعه کار را تراشیده و کنترل کنید (شکل ۳۰ــ۶).

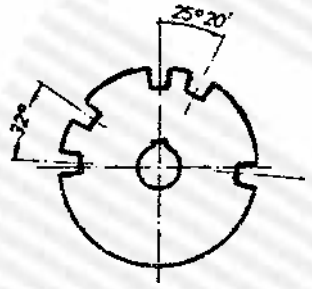
آزمون پایانی (۶)

۱ــ انواع دستگاه تقسیم و مورد استفاده هر یک را شرح دهید.

۲ــ می‌خواهیم به‌وسیله ماشین فرز، میل گردی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر را ۸ پهلو کنیم. ریزش بار، طول ضلع و آچارخور آن را محاسبه کنید.

۳ــ روش استفاده از دستگاه تقسیم برای تقسیمات زاویه‌ای را شرح دهید.

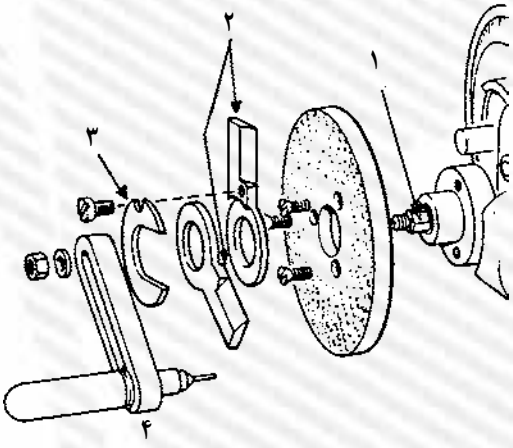
۴ــ در شکل روبه‌رو مقدار گردش دسته تقسیم را از طریق تقسیمات زاویه‌ای به دست آورید. نسبت دستگاه تقسیم ۱ : ۴۰ است.



$\alpha = 32^\circ$

$\beta = 25^\circ$ و $20'$

۵ــ در شکل روبه‌رو قسمتی که با عدد ۱نشان داده شده است چه نام دارد؟



الف ــ چرخ حلزون　　ب ــ پیچ حلزون

ج ــ قیچی　　د ــ دسته تقسیم

۶ــ در شکل روبه‌رو قطعه شماره ۳ چه نام دارد؟

الف ــ پیچ حلزون　　ب ــ قیچی

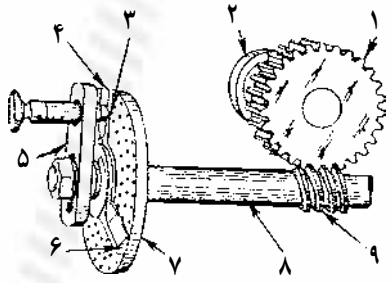
ج ــ واشر نگهدارنده　　د ــ دسته تقسیم

۷ــ در شکل روبه‌رو قسمتی که با عدد ۲ نشان داده شده است چه نام دارد؟

الف ــ چرخ‌حلزون　　ب ــ پیچ حلزون

ج ــ قیچی　　د ــ دسته تقسیم

۸ــ در شکل روبه‌رو قسمتی که با شماره ۱ نشان داده شده است چه نام دارد؟



الف ــ صفحه تقسیم　　ب ــ صفحه کشویی

ج ــ پیچ حلزون　　د ــ چرخ حلزون

۹ــ در شکل روبه‌رو قسمتی که با عدد ۵ نشان داده شده است چه نام دارد؟

الف ــ پیچ حلزون　　ب ــ چرخ حلزون

ج ــ صفحه کشویی　　د ــ دسته تقسیم

۱۰ــ 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 گُذراندن این واحد کار قادر خواهد بود:

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

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۸	۴۰	۴۸

پیش‌آزمون (۷)

۱ــ هدف از ساختن انواع چرخ‌دندانه را بنویسید.

۲ــ برای کنترل دقیق چرخ‌دنده‌های فرزکاری شده از کدام ابزار استفاده می‌شود؟

الف ــ کولیس مرکب　　ب ــ میکرومتر عمق‌سنج　ج ــ کولیس پایه‌دار　　د ــ میکرومتر بشقابی

۳ــ در یک چرخ‌دنده ساده، قطر خارجی $dk = ۱۱۷mm$ و مدول آن $m = ۳mm$ می‌باشد. تعداد دندانه‌های آن کدام است؟

الف ــ $z = ۳۱$　　ب ــ $z = ۳۵$　　ج ــ $z = ۳۷$　　د ــ $z = ۳۹$

۴ــ مدول یک چرخ‌دنده ساده $m = ۴mm$ و تعداد دندانه آن $z = ۴۳$ می‌باشد قطر خارجی آن چند میلی‌متر است.

الف ــ ۱۶۰　　ب ــ ۱۷۰　　ج ــ ۲۰۰　　د ــ ۱۸۰

۵ــ قطر خارجی یک چرخ‌دنده ساده‌ای $dk = ۲۰۰ mm$ و تعداد دندانه آن $z = ۲۳$ می‌باشد مدول آن چندمیلی‌متر است.

الف ــ ۴　　ب ــ ۵　　ج ــ ۸　　د ــ ۶

۶ــ مدول یک چرخ‌دنده ساده $m = ۵mm$ می‌باشد عمق شیار چرخ‌دنده چند میلی‌متر است.

الف ــ ۱۰/۹۳۵　　ب ــ ۱۲/۵۶　　ج ــ ۱۴/۸۶　　د ــ ۹/۵۶

۷ــ تعداد دندانه‌ی چرخ دندانه ساده‌ای $z = ۸۰$ و نسبت دستگاه تقسیم $I = ۴۰:۱$ می‌باشد مقدار گردش دسته تقسیم برابر کدام است؟

الف ــ $\frac{۱}{۳}$ دور　　ب ــ $\frac{۱}{۲}$ دور　　ج ــ $\frac{۱}{۴}$ دور　　د ــ $\frac{۱}{۵}$ دور

۸ــ ضخامت چرخ‌دنده‌های ساده معمولاً چند برابر مدول انتخاب می‌شود؟

الف ــ ۶ــ۱۰　　ب ــ ۸ــ۱۶　　ج ــ ۵ــ۱۰　　د ــ ۱۰ــ۲۰

۹ــ طریقه بستن و تنظیم چرخ‌دنده را به دستگاه تقسیم شرح دهید.

۱۰ــ در موقع فرزکاری چرخ‌دنده‌های ساده به چه نکاتی باید توجه نمود؟

۱ــ۷ــ آشنایی با انواع چرخ‌دنده‌ها از نظر کاربرد

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

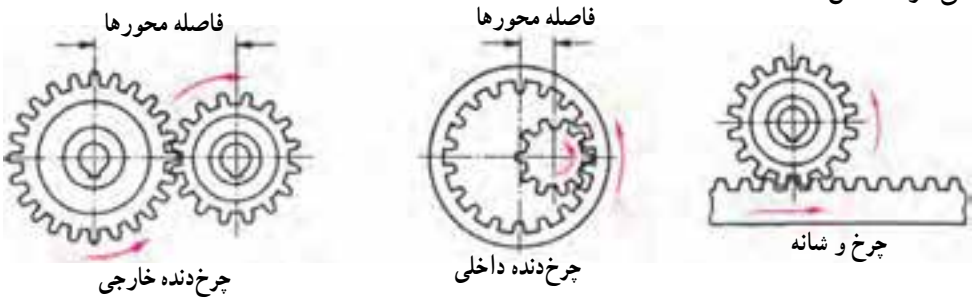
در مواردی که فاصله دو محور کم باشد برای انتقال حرکت از چرخ‌دنده استفاده می‌شود.

در صورتی‌که فاصله دو محور خیلی زیاد باشد از چرخ‌تسمه و یا چرخ و زنجیر استفاده می‌شود.

دندانه‌های کمکی از دو چرخ‌دنده 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 جایی‌که یک دندانه مشابه آن در روی چرخ مقابل، انتقال حرکت را عملی می‌سازد لذا جهت حرکت در چرخ‌دنده‌های خارجی عکس یکدیگر و در چرخ‌دنده‌های داخلی هم‌جهت خواهد بود.

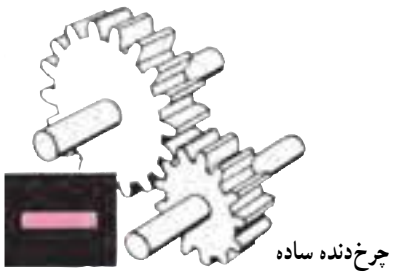
بدیهی است که در انتقال حرکت از یک چرخ‌دنده به یک دنده شانه‌ای و یا برعکس، جهت حرکت مشابه چرخ دندانه‌های داخلی بوده و از این وسایل در تبدیل حرکت دورانی به خطی و یا برعکس استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۷).



شکل ۱ــ۷

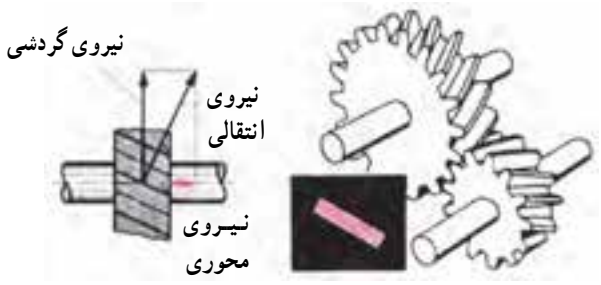
انواع چرخ‌دنده و کاربرد آن‌ها به شرح زیر می‌باشند.

۱ــ۱ــ۷ــ چرخ‌دنده‌های ساده: در این نوع چرخ‌دنده‌ها 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 ۲ــ۷ دو چرخ دنده ساده را در حال درگیری مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ــ۷

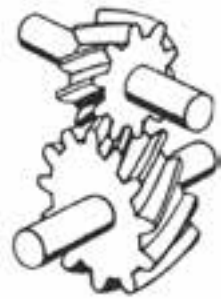
۲ــ۱ــ۷ــ چرخ دندانه‌های مارپیچ: اگر امتداد دندانه‌ها نسبت به‌هم مایل باشند باعث می‌شود که اولاً خط درگیری دندانه‌ها مستقیم نبوده و در ثانی چند دندانه از یک چرخ با چند دندانه از چرخ دندانه‌ی دیگر درگیر شده و این درگیری تدریجی باشد. این عمل باعث می‌شود که چرخ دندانه‌ها آرام‌تر کار کنند ولی عیب آن‌ها در ایجاد نیرو در امتداد محورشان می‌باشد که بایستی به‌وسیله استفاده از یاتاقان‌های کف گرد برطرف گردد. از این چرخ‌دندانه‌ها در مواردی استفاده می‌شود که سرعت حرکت و نیروی انتقال زیاد باشد (شکل ۳ــ۷).



چرخ‌دنده مارپیچ

شکل ۳ــ۷

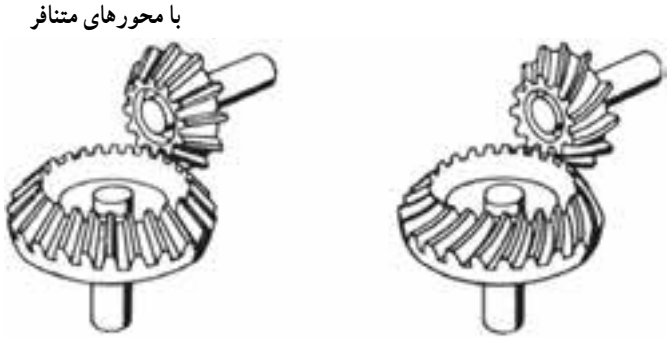
۳ــ۱ــ۷ــ چرخ دنده‌های مارپیچ با محورهای مُتنافر: این چرخ‌دنده‌ها نیز دارای دندانه‌های مایل هستند ولی محور آن‌ها با هم متنافر می‌باشند. از این چرخ‌دنده‌ها می‌توان فقط در انتقال نیروهای کم استفاده کرد زیرا تماس دندانه‌های آن‌ها با یکدیگر به‌صورت نقطه‌ای می‌باشد. این چرخ دنده‌ها در نسبت حرکت‌ها تا $I = ۵ : ۱$ قابل استفاده بوده و چنانچه نسبت‌های بزرگتری موردنظر باشد باید از حلزون و چرخ حلزون استفاده کرد (شکل ۴ــ۷).


با محورهای متنافر

شکل ۴ــ۷

۴ــ۱ــ۷ــ چرخ دنده‌های مخروطی: این نوع چرخ‌دنده‌ها زمانی به کار می‌روند که امتداد محور با هم متقاطع بوده و ممکن است که نسبت به‌هم زوایای مختلفی داشته باشند، ولی معمولاً زاویه محوری ۹۰ درجه بیشتر کاربرد دارد. دندانه‌های این نوع چرخ‌دنده نیز ممکن است به صورت مُستقیم و یا مایل باشند.

توجه : چرخ‌دنده مخروطی مارپیچ را پینیون و کرانویل نیز می‌نامند (شکل ۵ــ۷).

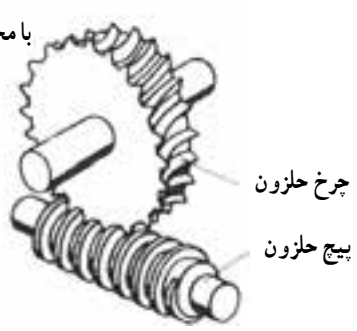


چرخ‌دنده مخروطی با دندانه مارپیچ

چرخ‌دنده مخروطی با دندانه مستقیم

شکل ۵ــ۷

۵ــ۱ــ۷ــ پیچ و چرخ حلزون: این‌گونه وسایل انتقال از یک پیچ حلزون و یک چرخ حلزونی تشکیل شده پیچ حلزون می‌تواند به ازای هر دور گردش به اندازه‌ی گامش در چرخ‌دنده حلزون تغییر مکان به‌وجود آورده و حرکت را منتقل نماید. از این وسایل برای انتقال حرکت با نسبت‌های بزرگ $I = ۶۰ : ۱$ و زمانی که صرفه‌جویی در جا مطرح باشد استفاده می‌شود (شکل ۶ــ۷).



شکل ۶ــ۷

۲ــ۷ــ 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 :

ــ قابلیت تحمل فشار و انتقال نیرو.

ــ قابلیت تراشکاری و پرداخت.

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

ــ قدرت مقاومت در برابر تاب، پیچیدگی و ترک‌خوردگی در هنگام آبکاری

ــ چرخ دنده‌ها در دو نوع فلزی و غیرفلزی ساخته می‌شوند.

۱ــ۲ــ۷ــ 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 کُرُم 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

ــ ریخته‌گری .....

ــ آلیاژی .....

ــ نیکل کرم‌دار .....

ــ نیکل کرم‌دار هوایی .....

و همچنین

- چدن
- دُر آلومینیوم
- بُرنز

فولادهای نیکل‌کرم‌دار هوایی: این نوع فولادها تا ۸۲۰ الی ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم و سردکردن آن در هوا انجام می‌گردد و دارای سختی نسبتاً زیاد می‌باشد. مزایای این نوع فولادها بیش از فولادهای نیکل‌کرم‌دار آغشته به روغن می‌باشد.

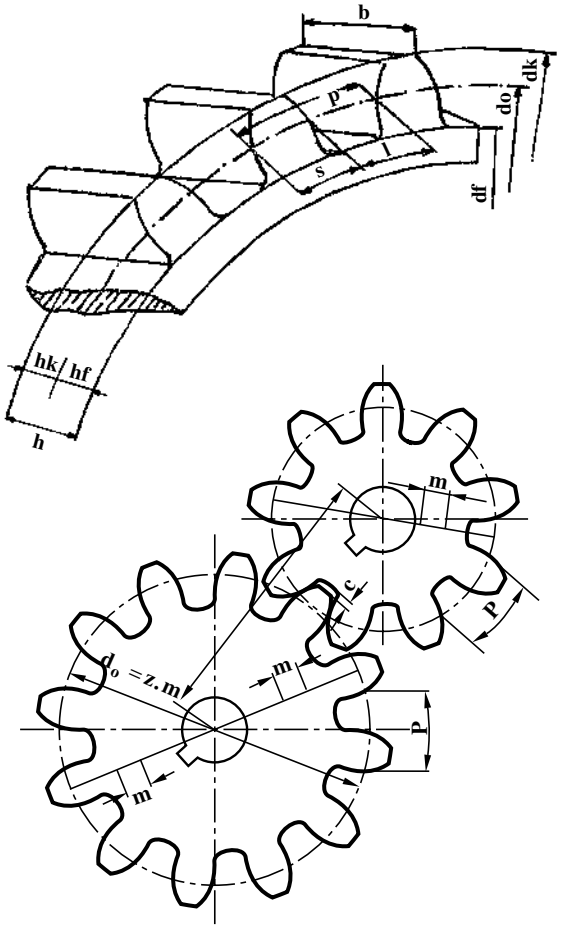
چدن: یکی از فلزاتی که بیشتر برای ساخت چرخ‌دنده‌ها از آن استفاده می‌شود چدن است. علاوه بر چدن‌های کربن‌دار معمولی که برای ساخت چرخ‌دنده‌های معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد برای چرخ‌دنده‌هایی که نیرو، استقامت و استحکام بیشتری نیاز دارند از چدن‌های آلیاژدار استفاده می‌شود در این چدن‌ها علاوه بر کربن، سیلیسیم، 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 ۰/۴ درصد مس و ۰/۶ درصد منگنز و ۰/۳ درصد سیلسیم 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.

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

۲ــ۲ــ۷ــ چرخ دنده‌های غیرفلزی: چرخ‌دنده‌های غیرفلزی 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 کارکردن) و صدای آرامی که دارد به چرخ‌دنده بی‌صدا معروف است.

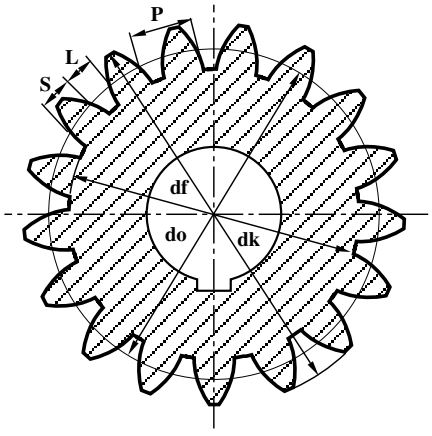
جدول ۱ــ ۷ــ روابط چرخ‌دنده‌های ساده



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	$c = \frac{1}{6}\, m = 0/167\, m$
ارتفاع پای دنده	$h_f = m + c = 1/167\, m$
ارتفاع دنده	$h = m + m + c = 2/167 m$
قطر سر دنده	$d_k = d_o + 2m$ $d_k = m(z+2)$
قطر پای دنده	$d_f = d_o - 2/334 m$ $d_f = m(z-2/334)$
تعداد دنده	$Z = \frac{d_o}{m} = \frac{d_k - 2m}{m}$
پهنای دنده	$b = 10\, m$
ضخامت دنده	$S = \frac{19}{40}\, P$
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

۳ــ۷ــ 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 تو پُر و یک دنده‌ی تو خالی کنار آن در روی دایره تقسیم (شکل ۷ــ۷).

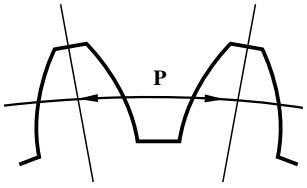


شکل ۷ــ۷

۱ــ۳ــ۷ــ محاسبه اجزای چرخ‌دنده‌های ساده:

برای تعیین مقدار گام همیشه ضریبی را برای عدد پی در نظر می‌گیرند، آن ضریب را مدول چرخ دنده 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 π یا از تقسیم قطر متوسط بر تعداد دندانه چرخ‌دنده به دست می‌آید (شکل ۸ــ۷).



شکل ۸ــ۷

$$P = m \times \pi$$

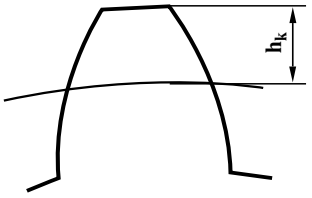
$$m = \frac{p}{\pi}$$

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

$$do = m \times z$$

توجه ــ قطر متوسط از ضرب کردن تعداد دندانه در مدول به‌دست می‌آید.

ــ ارتفاع سردنده: فاصله‌ی بین سردندانه تا قطر متوسط چرخ‌دنده را ارتفاع سردندانه می‌گویند و آن‌را با hk نشان می‌دهند (شکل ۹ــ۷) و مقدار آن برابر مدول چرخ‌دنده است.



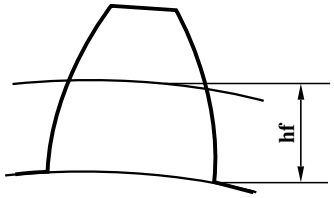
شکل ۹ــ۷

$$hk = \frac{۶}{۶} m$$

$$hk = m$$

ــ ارتفاع پای دندانه: این ارتفاع را با hf نشان می‌دهند و مقدار آن برابر $\frac{۷}{۶}$ مدول می‌باشد.

این اندازه برابر است با فاصله قطر متوسط تا کف شیار دندانه (شکل ۱۰ــ۷).

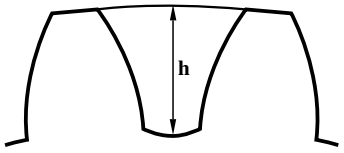


شکل ۱۰ــ۷

$$hf = \frac{۷}{۶} m$$

$$hf = ۱/۱۶۷ \times m$$

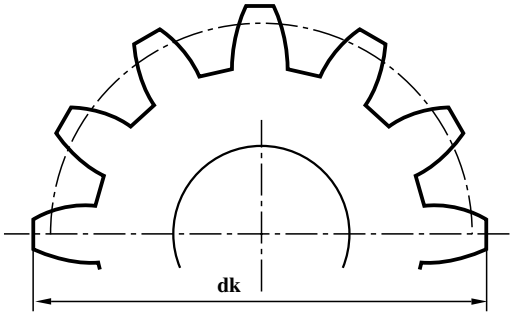
ــ عمق دندانه: ارتفاع هر دندانه را با h نشان می‌دهند و مقدار آن برابر است با $\frac{۱۳}{۶} m$ به عبارت دیگر مجموع ارتفاع سردندانه و پای دنده، عمق دندانه را به‌وجود می‌آورد (شکل ۱۱ــ۷).



شکل ۱۱ــ۷

$$h = ۲/۱۶۷ \times m$$

ــ قطر خارجی چرخ‌دنده‌های ساده: بزرگترین قطر چرخ‌دنده را قطر خارجی و یا قطر تراش می‌گویند (شکل ۱۲ــ۷) و با توجه به شکل مقدار آن از رابطه‌ی زیر



شکل ۱۲ــ۷

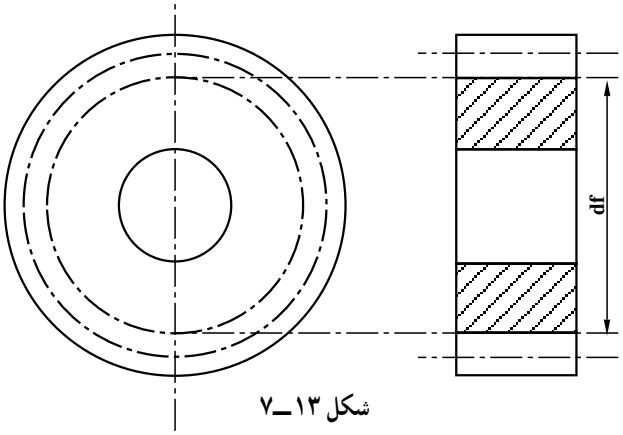
$$dk = do + ۲m$$

و یا

$$dk = m(z + ۲)$$

به دست می‌آید.

ــ قطر داخلی یا قطر پای دندانه: قطر داخلی عبارت است از قطر استوانه‌ای که دندانه‌ها روی آن قرارگرفته‌اند. به عبارت دیگر می‌توان گفت فاصله‌ی بین پای یک دنده تا پای دنده‌ی مقابل آن در چرخ‌دنده، قطر داخلی نامیده می‌شود. قطر داخلی را با حرف df نشان می‌دهند (شکل ۱۳ــ۷).



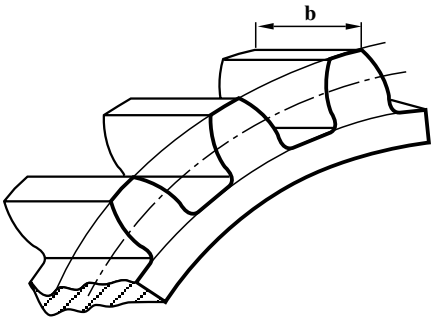
شکل ۱۳ــ۷

$$df = do - ۲/۳۳۴m$$

یا

$$df = m(z - ۲/۳۳۴)$$

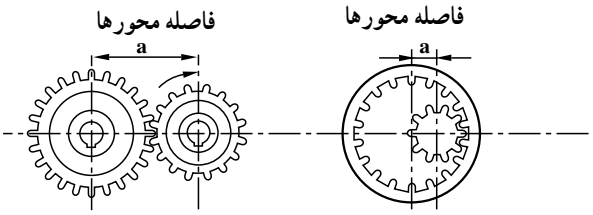
ـ ضخامت چرخ‌دنده: ضخامت چرخ‌دنده بستگی به مقدار نیروی انتقالی دارد. معمولاً مقدار آن بین ۶ الی ۱۵ برابر مدول و در نیروهای متوسط تقریباً ۱۰ برابر مدول در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۴ـ۷).



شکل ۱۴ـ۷

$b = ۱۰m$

ـ فاصله دو محور (خط‌المرکزین دو چرخ‌دنده): فاصله بین دو محور (خطوط مرکزی) چرخ‌دنده محرک و چرخ‌دنده‌ی متحرک با توجه به شکل ۱۵ـ۷ از فرمول زیر محاسبه می‌شود.



شکل ۱۵ـ۷

چرخ‌دنده‌های خارجی	$a = \frac{m(z_۱ + z_۲)}{۲}$	فاصله بین دو محور
چرخ‌دنده‌های داخلی	$a = \frac{m(z_۲ - z_۱)}{۲}$	

توجه: روابط چرخ‌دنده‌ها را در جدول ۱ـ۷ مشاهده می‌نمایید.

مثال: مدول یک چرخ‌دنده ساده ۲ میلی‌متر و تعداد دنده‌های آن ۸۰ است، سایر مشخصات آن را به دست آورید.

$m = ۲mm$

$z = ۸۰$

$do = z \times m$

$do = ۸۰ \times ۲$

$do = ۱۶۰mm$ قطر متوسط چرخ‌دنده

$dk = m(z + ۲)$

$dk = ۲(۸۰ + ۲)$

$dk = ۲ \times ۸۲$

$dk = ۱۶۴mm$ قطر خارجی چرخ‌دنده

$h = ۲/۱۶۷ \times m$

$h = ۲/۱۶۷ \times ۲$