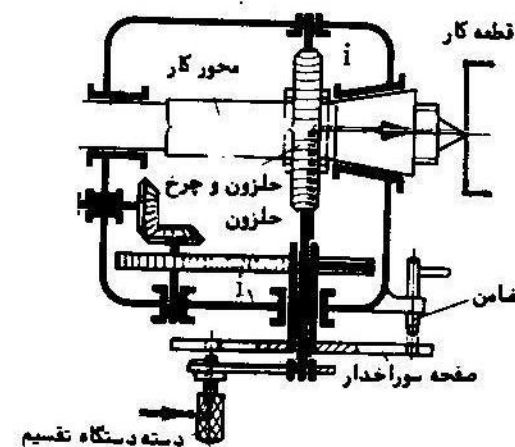


محاسبات مربوط به دستگاه تقسیم

یادآوری دستگاه تقسیم - در برنامه سال دوم، مکانیزم دستگاه تقسیم بطور کامل تشریح شده اینک یادآوری مینماید که مکانیزم اصلی دستگاه تقسیم غیرمستقیم از يك پیچ حلزون و يك چرخ حلزون با نسبت $i = 40:1$ یا $i = 60:1$ تشکیل شده است شکل زیر قسمت های مختلف يك دستگاه تقسیم غیرمستقیم را نشان میدهد:



علام اختصاری:

i = نسبت بین حلزون و چرخ حلزون.

i_1 = نسبت بین دو چرخ دنده مخروطی و چرخ دنده های ساده داخل دستگاه تقسیم.

(اغلب $i_1 = 1:1$)

T = تعداد تقسیمات کار.

n_k = مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم.

$$n_k = \frac{i}{T}$$

صفحات سوراخدار استاندارد عبارتند از:

صفحه I دارای سوراخهای ۱۵ - ۱۶ - ۱۷ - ۱۸ - ۱۹ - ۲۰

صفحه II » » ۲۱ - ۲۳ - ۲۷ - ۲۹ - ۳۱ - ۳۳

صفحه III » » ۳۷ - ۳۹ - ۴۱ - ۴۳ - ۴۷ - ۴۹

مسئله نمونه ۱ - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را برای تقسیم محیط کاریه ۹۴ قسمت

مساوی حساب کنید، در صورتیکه نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد.

حل:

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{94} = \frac{20}{47}$$

یعنی برای هر تقسیم لازم است دسته دستگاه تقسیم با اندازه ۲۰ فاصله روی دایره سوراخدار

۴۷ سوراخ حرکت کند.

توضیح اینکه در مخرج کسر باید عددی داشته باشیم که معرف تعداد سوراخهای موجود

در دایره های سوراخدار استاندارد بوده در حالیکه عدد صورت کسر نیز باید عددی صحیح و

کوچکتر از مخرج باشد.

مسئله نمونه ۲ - اگر بخواهیم محیط کاری را بوسیله دستگاه تقسیمی که دارای نسبت

$i = 40:1$ میباشد به ۹۶ قسمت مساوی تقسیم کنیم، مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را

بدست آورید.

حل:

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{96} = \frac{5(1/5)}{12(1/5)} = \frac{7/5}{18}$$

ملاحظه میشود که شرایط گفته شده فوق در مورد مخرج این کسر صدق میکند ولی در

مورد عدد صورت صادق نیست چون عدد صورت عدد صحیح نمیشود و عدد حاصل برای صورت

($7/5$) این مفهوم را دارد که دسته دستگاه تقسیم برای هر یک از تقسیمات بایستی با اندازه $7/5$

فاصله در مثال فوق جابجا شود و این عملاً امکان پذیر نیست.

برای حل این مشکل باید روشی اتخاذ شود که در مقابل گردش دسته دستگاه تقسیم

حرکتی نیز در صفحه تقسیم بوجود آید تا $5/5$ فاصله مورد بحث در مثال فوق را جبران کند.

که این بحث تحت عنوان تقسیم اختلافی در زیر مورد بررسی و مطالعه قرار میگیرد.

تقسیم اختلافی - از این روش در مواردی که تقسیم محیط کار مشکل فوق را بوجود

میآورد استفاده میشود. در این روش برای حل مشکل مذکور بجای تعداد تقسیمات واقعی تعداد

تقسیمات فرضی ای چنان انتخاب می کنیم که مقدار گردش دسته تقسیم را با این عدد بتوان

بدست آورد. این عدد انتخابی برای مسئله نمونه ۲ را می توان مثلاً $T' = 100$ انتخاب کرد

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{100} = \frac{8}{20}$$

بنابراین در مسئله فوق خواهیم داشت

$$n_k = \frac{i}{T'}$$

یعنی روی صفحه سوراخدار ۲۰ سوراخه دو بازوی قیچی را با اندازه ۸ فاصله باید تنظیم کرد. ولی میدانیم که اگر فقط با این شرایط پیش رویم بجای تعداد تقسیمات ۹۶ دارای تقسیمات ۱۰۰ قسمتی خواهیم بود. برای جبران آن لازم است ترتیبی اتخاذ گردد که صفحه سوراخدار همزمان با گردش دسته دستگاه تقسیم با اندازه اختلاف دومقدار محاسبه شده فوق برای هر فاصله جابجا شود و این جابجایی بوسیله سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی بین محور کار و محور فرعی دستگاه تقسیم امکان پذیر است.

برای محاسبه تعداد دنده چرخ دنده‌های تعویضی ابتدا بایستی مقدار اختلافی که در نتیجه عدد انتخابی بوجود آمده محاسبه شود که آنرا با حرف n_d نشان میدهیم.

$$n_d = \frac{i}{T} - \frac{i}{T'} = i \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) = i \frac{T' - T}{TT'} \Rightarrow n_d = i \left(\frac{T' - T}{TT'} \right)$$

که این مقدار در عمل همان مقدار گردش صفحه سوراخدار (متحرك) بازاء مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم (محرك) برای هر تقسیم خواهد بود. نتیجه میگیریم که نسبت چرخ دنده‌های تعویضی را با استفاده از این اختلاف بشرح زیر میتوان محاسبه کرد:

$$\text{محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی} = \text{با توجه به رابطه کلی چرخ دنده‌های محرك و متحرك}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \right) \text{ میتوان نوشت:}$$

$$\frac{\text{تعداد دنده چرخ دنده متحرك}}{\text{مقدار گردش قطعه کار برای هر تقسیم (محرك)}} = \frac{\text{تعداد دنده چرخ دنده متحرك}}{\text{صفحه سوراخدار برای هر تقسیم (متحرك)}}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{z_g}{n_d}$$

با قرار دادن مقدار n_d در فرمول فوق خواهیم داشت:

$$\frac{1}{T} = \frac{z_g}{n_d} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{z_g}{i \left(\frac{T' - T}{TT'} \right)} \Rightarrow \frac{TT'}{iT(T' - T)} = \frac{z_g}{z_t}$$

در اینگونه موارد، معمولاً چرخ دنده‌های محرك را در صورت و چرخ دنده‌های متحرك

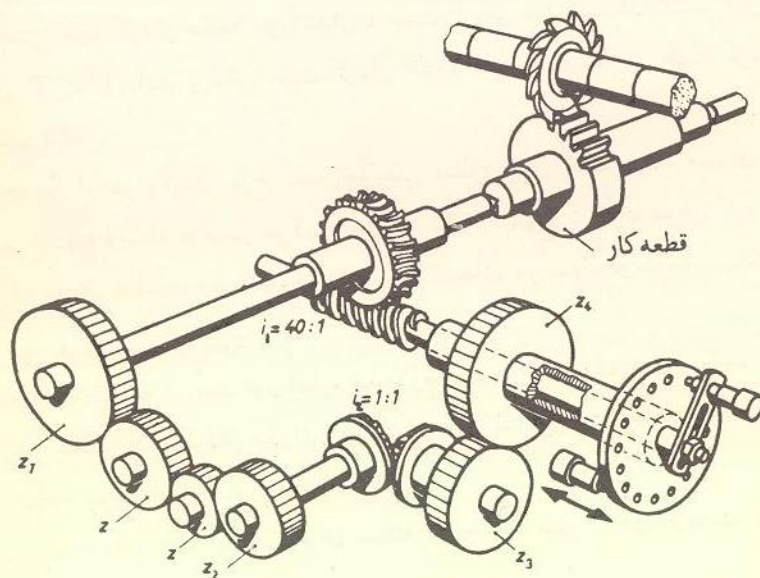
را درمخرج کسر مینویسند، بنابراین کسر فوق را میتوان چنین نوشت:

$$i_1 = 1:1 \Rightarrow \frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'} (T' - T) \quad i_1 \neq 1:1 \Rightarrow \frac{z_t}{z_g} = \frac{i \times i_1}{T'} (T' - T)$$

همراه دستگاههای تقسیم يك سری چرخ دنده تعویضی استاندارد شده بشرح زیر وجود دارند:

۱۰۰ - ۸۶ - ۷۲ - ۶۴ - ۵۶ - ۴۸ - ۴۴ - ۴۰ - ۳۶ - ۳۲ - ۲۸ - ۲۴ - ۲۰
و اغلب موارد علاوه بر چرخ دنده‌های فوق، چرخ دنده‌هایی با تعداد دنده‌های ۸۰ - ۸۴ و ۹۶ نیز وجود دارند.

شکل زیر جهت انتقال حرکت از محور قطعه کار به صفحه تقسیم را با نسبت ساده نشان میدهد:



در مواردی که انتقال حرکت با نسبت مرکب بایستی انجام گیرد بایستی چرخ دنده‌های تعویضی را مانند شکل صفحه بعد سوار کرد.

مقدار عدد انتخابی (T') را میتوان کاملاً بدلیخواه بزرگتر یا کوچکتر از تعداد تقسیمات اصلی (T) انتخاب نمود. ولی توصیه میشود که نزدیکترین عدد مناسب به تعداد تقسیمات اصلی را انتخاب نمائید. منظور از عدد مناسب عددی است که پس از تجزیه قابل تبدیل به اعداد مربوط به تعداد سوراخهای صفحات سوراخدار استاندارد و همچنین قابل تجزیه به تعداد دنده‌های چرخ دنده‌های تعویضی باشد.

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}$$

$$n_k = \frac{i}{T'}$$

یعنی روی صفحه سوراخدار ۲۰ سوراخه دو بازوی قیچی را با اندازه ۸ فاصله باید تنظیم کرد. ولی میدانیم که اگر فقط با این شرایط پیش رویم بجای تعداد تقسیمات ۹۶ دارای تقسیمات ۱۰۰ قسمتی خواهیم بود. برای جبران آن لازم است ترتیبی اتخاذ گردد که صفحه سوراخدار همزمان با گردش دسته دستگاه تقسیم با اندازه اختلاف دو مقدار محاسبه شده فوق برای هر فاصله جابجا شود و این جابجایی بوسیله سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی بین محور کار و محور فرعی دستگاه تقسیم امکان پذیر است.

برای محاسبه تعداد دنده چرخ دنده‌های تعویضی ابتدا بایستی مقدار اختلافی که در نتیجه عدد انتخابی بوجود آمده محاسبه شود که آنرا با حرف n_d نشان میدهیم.

$$n_d = \frac{i}{T} - \frac{i}{T'} = i \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) = i \frac{T' - T}{TT'} \Rightarrow n_d = i \left(\frac{T' - T}{TT'} \right)$$

که این مقدار در عمل همان مقدار گردش صفحه سوراخدار (متحرك) با زاویه مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم (محرك) برای هر تقسیم خواهد بود. نتیجه میگیریم که نسبت چرخ دنده‌های تعویضی را با استفاده از این اختلاف بشرح زیر میتوان محاسبه کرد:

$$\text{محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی} = \text{با توجه به رابطه کلی چرخ دنده‌های محرك و متحرك} \\ \left(\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2} \right) \text{ میتوان نوشت:}$$

$$\frac{\text{تعداد دنده چرخ دنده متحرك}}{\text{مقدار گردش قطعه کار برای هر تقسیم (محرك)}} = \frac{\text{تعداد دنده چرخ دنده متحرك}}{\text{صفحه سوراخدار برای هر تقسیم (متحرك)}}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{z_g}{n_d}$$

با قرار دادن مقدار n_d در فرمول فوق خواهیم داشت:

$$\frac{1}{T} = \frac{z_g}{n_d} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{z_g}{i \left(\frac{T' - T}{TT'} \right)} \Rightarrow \frac{TT'}{i(T' - T)} = \frac{z_g}{1}$$

در اینگونه موارد، معمولاً چرخ دنده‌های محرك را در صورت و چرخ دنده‌های متحرك

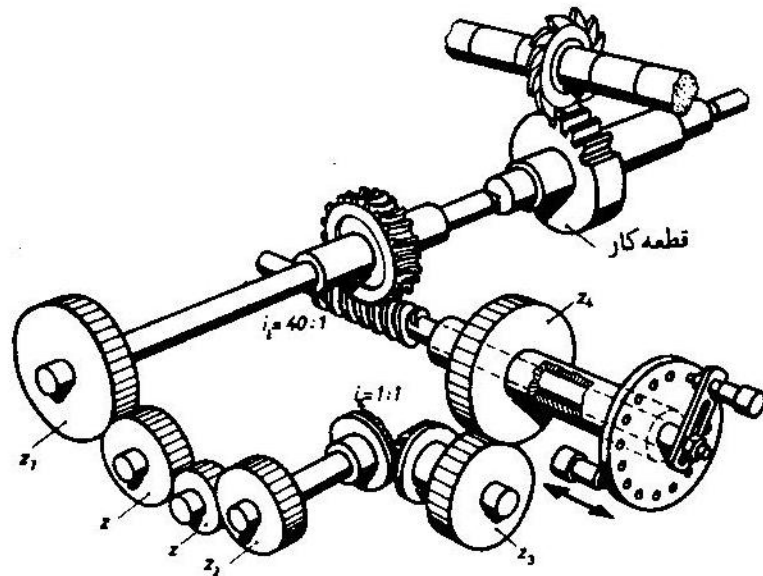
را درمخرج کسر مینویسند، بنابراین کسر فوق را میتوان چنین نوشت:

$$i_1 = 1:1 \Rightarrow \frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'} (T' - T) \quad i_1 \neq 1:1 \Rightarrow \frac{z_t}{z_g} = \frac{i \times i_1}{T'} (T' - T)$$

همراه دستگاههای تقسیم يك سری چرخ دنده تعویضی استاندارد شده بشرح زیر وجود دارند:

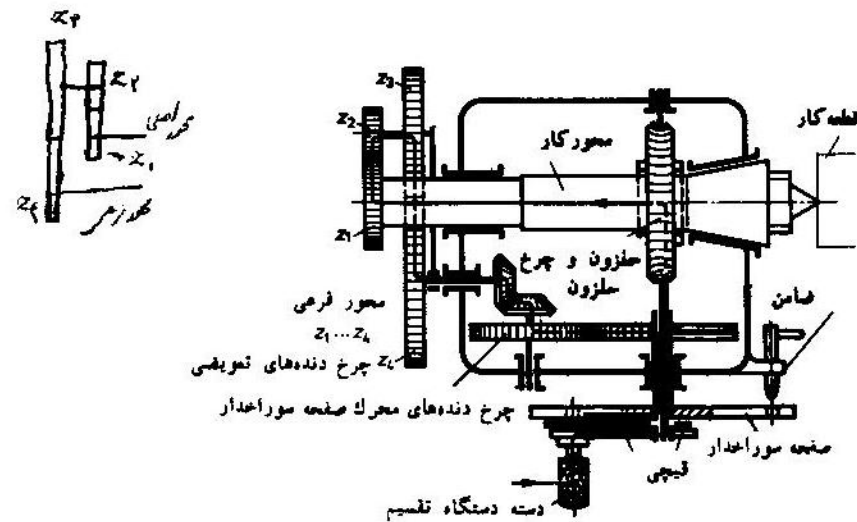
۱۰۰ - ۸۶ - ۷۲ - ۶۴ - ۵۶ - ۴۸ - ۴۴ - ۴۰ - ۳۶ - ۳۲ - ۲۸ - ۲۴ - ۲۰
و اغلب موارد علاوه بر چرخ دنده‌های فوق، چرخ دنده‌هایی با تعداد دنده‌های ۸۰ - ۸۴ و ۹۶ نیز وجود دارند.

شکل زیر جهت انتقال حرکت از محور قطعه کار به صفحه تقسیم را با نسبت ساده نشان میدهد:



در مواردی که انتقال حرکت با نسبت مرکب بایستی انجام گیرد بایستی چرخ دنده‌های تعویضی را مانند شکل صفحه بعد سوار کرد.

مقدار عدد انتخابی (T') را میتوان کاملاً بدخواه بزرگتر یا کوچکتر از تعداد تقسیمات اصلی (T) انتخاب نمود. ولی توصیه میشود که نزدیکترین عدد مناسب به تعداد تقسیمات اصلی را انتخاب نمائید. منظور از عدد مناسب عددی است که پس از تجزیه قابل تبدیل به اعداد مربوط به تعداد سوراخهای صفحات سوراخدار استاندارد و همچنین قابل تجزیه به تعداد دنده‌های چرخ دنده‌های تعویضی باشد.



بایستی توجه داشت که اگر عدد انتخابی T' بزرگتر از عدد تقسیمات اصلی T باشد $T' > T$ بایستی جهت گردش صفحه سوراخدار با جهت گردش دسته دستگاه تقسیم همراه باشد. و اگر $T' < T$ باشد بایستی جهت گردش صفحه سوراخدار مخالف جهت گردش دسته دستگاه تقسیم باشد.

چنانچه پس از سوار کردن چرخ دنده تعویضی منظور فوق حاصل نشد میتوان با سوار کردن يك چرخ دنده واسطه در مسیر حرکت، جهت گردش را بنوع دلخواه عوض کرد. بایستی توجه کرد که بدون شناخت وضعیت و تعداد چرخ دنده‌های موجود در داخل دستگاه تقسیم نمیتوان در این باره توصیه‌ای نمود.

توجه: همانطور که در بحث فوق اشاره شد لازم است در تقسیم اختلافی صفحه سوراخدار نیز ضمن گردش دسته تقسیم گردش دورانی نیز داشته باشد لذا در تقسیم اختلافی بایستی ضامن نگهدارنده صفحه سوراخدار را آزاد نمود.

با توضیحات داده شده اینک میتوان مسئله طرح شده قبلی را در دو حالت بشرح زیر حل کرد:

$$T' > T$$

حالت اول -

$$T = 96$$

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}$$

$$T' = 100$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'} (T' - T) \Rightarrow \frac{Z_t}{Z_g} = \frac{2}{5} (100 - 96)$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{24}{20} = \frac{24(2)}{20(2)} = \frac{64}{40} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

چرخ دنده $Z_1 = 64$ روی محور کار و چرخ دنده $Z_2 = 40$ روی محور فرعی دستگاه تقسیم سوار خواهد شد. چون در این حالت $T' > T$ میباشد بایستی جهت گردش صفحه سوراخدار با جهت گردش دسته دستگاه تقسیم موافق باشد که این موضوع را میتوان از مثبت بودن تفاضل $(T' - T)$ نیز نتیجه گرفت.

$$T' < T$$

$$T = 96$$

$$T' = 90$$

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{90} = \frac{4(2)}{9(2)} = \frac{8}{18}$$

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i}{T'} (T' - T) = \frac{4}{9} (90 - 96) = -\frac{24}{9}$$

علامت منفی که از $(T' - T)$ حاصل شده فقط برای تشخیص جهت گردش صفحه سوراخدار میباشد و در سایر محاسبات دخالت داده نمیشود. در این حالت جهت گردش صفحه سوراخدار مخالف جهت گردش دسته دستگاه تقسیم خواهد بود:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{24(4)}{9(4)} = \frac{96}{36}$$

و اگر چرخ دنده ۹۶ موجود نباشد میتوان مسئله را با نسبت مرکب حل کرد:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{4}{9} (6) = \frac{8}{18} \times 6 = \frac{8 \times 6}{9 \times 2} = \frac{8(4)}{9(4)} \times \frac{6(12)}{2(12)} = \frac{32}{36} \times \frac{72}{24} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4}$$

چون مسئله با نسبت مرکب حل شده برای جلوگیری از برخورد دنده‌ها به محوری یکدیگر شرایط مجموع دنده‌ها را در مورد آن باید کنترل نمود:

$$Z_1 + Z_2 > 15 + Z_3$$

$$Z_2 + Z_4 > 15 + Z_1$$

$$32 + 36 < 15 + 72$$

$$72 + 24 > 36 + 15$$

$$68 < 87$$

$$96 > 51$$

چون یکی از شرایط در این مسئله صدق نمی‌کند لذا بایستی جای چرخ دنده‌ها را بشرح زیر عوض کرد:

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{72}{24} \times \frac{32}{36} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4}$$

و یکبار دیگر دو شرط را کنترل می‌کنیم:

$$Z_1 + Z_2 > 15 + Z_3$$

$$Z_2 + Z_4 > 15 + Z_1$$

$$72 + 24 > 15 + 32$$

$$32 + 36 > 15 + 72$$

$$96 > 47$$

$$68 > 29$$

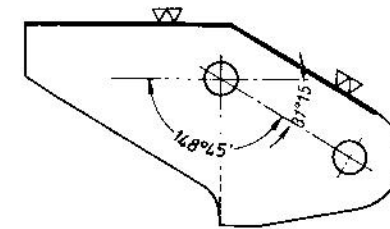
مسئله نمونه ۲ - دو سطح از قطعه مطابق شکل که زاویه بین آنها $۴۵'$ و ۱۴۸° میباشد بایستی فرز شود. حساب کنید:

الف - زاویه گردش قطعه کار برای فرزکاری سطح دوم را.

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.

ج - محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی را.

د - جهت گردش صفحه سوراخدار را.



$$i = 40 : 1$$

$$i_1 = 1 : 1$$

حل:

الف $\alpha = 180^\circ - 148^\circ 30' = 31^\circ 30'$

ب $T = \frac{360^\circ}{31^\circ 30'} = \frac{360^\circ}{31.5} = \frac{360^\circ \times 4}{125} = 11 \frac{13}{25}$

چون تعداد تقسیمات $11 \frac{13}{25}$ قابل تقسیم بوسیله دستگاه تقسیم نمی‌باشد بنابراین:

$$\alpha' = 30^\circ$$

$$T' = \frac{360^\circ}{30^\circ} = 12$$

یعنی زاویه گردش قطعه کار را بجای $31^\circ 30'$ کمتر از آن $\alpha' = 30^\circ$ در نظر می‌گیریم

ولی در اصل تعداد تقسیمات $T' > T$ میباشد. بنابراین:

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{12} = 3 \frac{1}{3} = 3 \frac{9}{27}$$

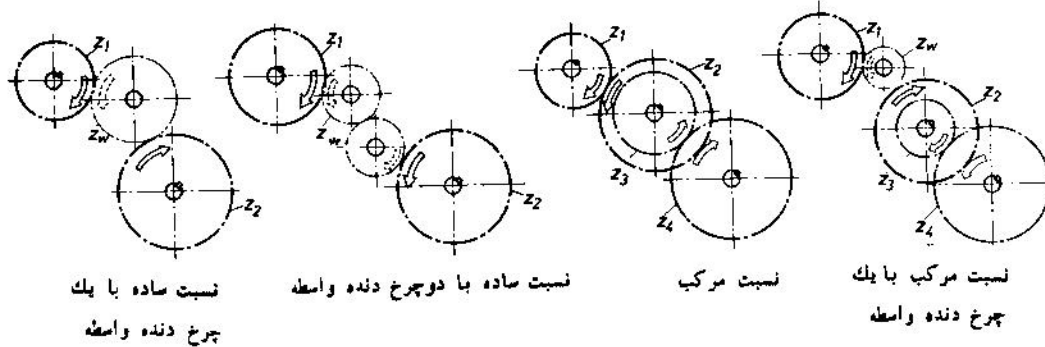
جهت گردش صفحه سوراخدار بایستی با جهت گردش دسته تقسیم موافق باشد.

ج $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{i}{T'} (T' - T) = \frac{40}{12} (12 - 11 \frac{13}{25}) = \frac{10}{3} \times \frac{12}{25}$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{120 \pm 158(8)}{75 \pm 158(8)} = \frac{64}{40} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

در زیر نمونه‌هایی از طرز سوار کردن چرخ دنده واسطه با توجه به جهت گردش آخرین

چرخ دنده که به محور فرعی دستگاه تقسیم متصل است نشان داده شده است.



استفاده از دستگاه تقسیم برای مدرج کردن قطعات مسطح

برای مدرج کردن قطعات مسطح روی ماشین فرز، اگر فاصله تقسیمات خیلی کوچک مثلاً 0.1 میلیمتر باشد تغییر مکان میز ماشین فرز بکمک حلقه تنظیم با دقت زیاد انجام نمی‌گیرد. در این موارد از دستگاه تقسیم باین ترتیب استفاده می‌کنیم که: محور کار دستگاه تقسیم را بوسیله چرخ دنده‌هایی با نسبت معین به پیچ هادی میز ماشین متصل می‌کنیم و بدین ترتیب با گرداندن دسته دستگاه تقسیم حرکت از راه حلزون، چرخ حلزون، محور کار دستگاه تقسیم و چرخ دنده‌های تعویضی به پیچ هادی میز ماشین میرسد و میز را در جهت طولی حرکت میدهد. در دستگاه‌های تقسیم که نسبت آنها $i = 40 : 1$ باشد با گردش يك دوره کامل دسته دستگاه تقسیم محور کار دستگاه تقسیم $\frac{1}{40}$ دور خواهد گشت و اگر نسبت چرخ دنده‌های تعویضی

$i = 1 : 1$ باشد پیچ هادی میز ماشین نیز $\frac{1}{40}$ دور می‌گردد و اگر گام میله هادی میز

ماشین $P_T = 4 \text{ mm}$ باشد بازاء يك دور کامل دسته تقسیم میز باندازه:

$$\frac{1}{40} \times 4 = 0.1 \text{ mm}$$

حرکت خواهد کرد.

باین ترتیب قطعه کار را میتوان با فواصل 0.1 میلیمتر و کوچکتر از آن مدرج کرد. بطور کلی برحسب اینکه فاصله تقسیمات مورد نظر چه اندازه باشد مقدار گردش دسته تقسیم را باید محاسبه کرد. مقدار گردش دسته تقسیم برای فواصل معین از فرمول زیر محاسبه میشود.

علام اختصاری :

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

i = نسبت بین حلزون و چرخ حلزون .

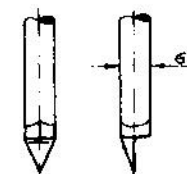
i_r = نسبت چرخ دنده های تعویضی بین محور کار و دستگاه تقسیم و محور پیچ هادی

میز ماشین فرز .

P = فواصل تقسیمات بر حسب میلیمتر یا اینچ .

P_T = گام پیچ میز ماشین بر حسب میلیمتر یا اینچ :

$$n_k = \frac{i \times i_r \times P}{P_T}$$



شکل فوق نمونه ای از سوزن مخصوص مدرج کردن را نشان میدهد .

مسئله نمونه - برای ساختن مدل در مدلسازی از خط کشی استفاده میشود که آنرا خط کش انقباضی گویند . در این خط کش ها اندازه حقیقی بین هر یک از تقسیمات برابر است با اندازه ظاهری بعلاوه مقدار درصد انقباض . مثلاً برای ساختن خط کش انقباضی برای مدلی که بعداً از آن قطعه چدن تهیه خواهد شد فاصله هر یک از تقسیمات خط کش ۱/۰۱ میلیمتر باید باشد (انقباض برای قطعات چدنی ۱ درصد است) . اگر بخواهیم چنین خط کشی را بکمک دستگاه تقسیم روی ماشین فرزندرج نمائیم، حساب کنید مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را اگر نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ و نسبت چرخ دنده های تعویضی $i_r = 1:1$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 4 \text{ mm}$ باشد .

حل :

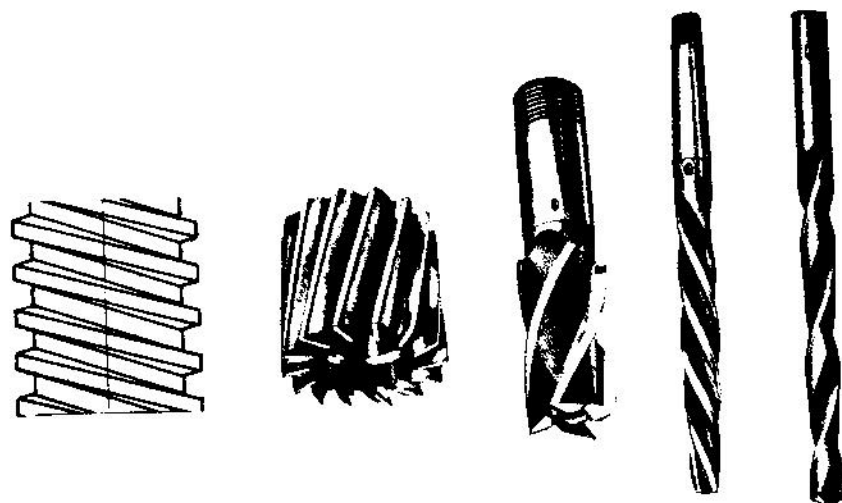
$$n_k = \frac{i \times i_r \times P}{P_T} = \frac{40:1 \times 1:1 \times 1/01}{4} = 10/1 = 10 \frac{1}{10} = 10 \frac{2}{10}$$

یعنی برای هر تقسیم لازم است که دسته دستگاه تقسیم را باندازه ده دور کامل و باندازه ۲ فاصله از دایره ۲۰ سوراخ حرکت دهیم .

استفاده از دستگاه تقسیم برای تراشیدن شیارهای مارپیچی

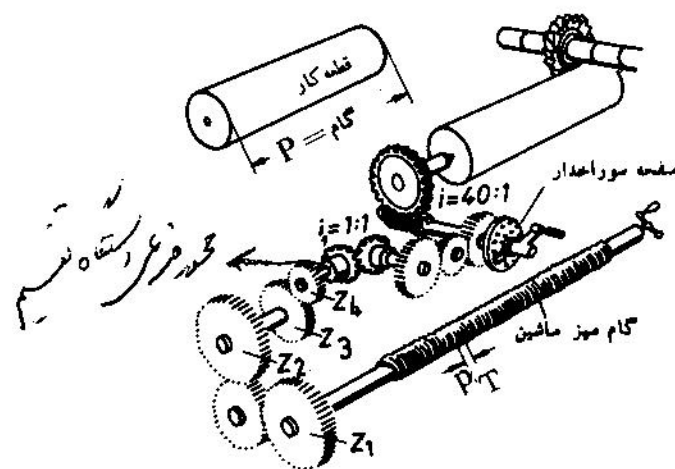
قطعاتی در صنعت وجود دارند که روی محیط آنها شیارهای مارپیچی ایجاد شده است که

نمونه ای از این قطعات در شکل زیر نشان داده شده است .



برای ایجاد یک شیار مارپیچ روی محیط قطعه کار لازم است که قطعه کار دارای دو حرکت طولی و دورانی همزمان باشد .

حرکت طولی قطعه کار بوسیله پیچ هادی میز ماشین تأمین میگردد . و حرکت دورانی قطعه کار بوسیله چرخ دنده تعویضی که بین پیچ هادی میز ماشین فرز و محور فرعی دستگاه تقسیم سوار میشوند تأمین میشود . بدیهی است که نسبت حرکت طولی کار به مقدار گردش دورانی آن متاثر از گام مارپیچ و گام میز ماشین بوده و دقیقاً بایستی محاسبه شوند .



محاسبات مربوط به تراشیدن شیارهای مارپیج

الف: محاسبه گام مارپیج - اگر نقطه‌ای ضمن این که روی محیط يك استوانه دوران میکند در امتداد محور آن نیز حرکت یکنواخت داشته باشد يك مسیر مارپیچ از خود بجای میگذارد که در مارپیچ تراشی، قطعه کار به نحوی بایستی حرکت کند که تیغه فرز همواره در امتداد شیار مارپیچ قرار گیرد.

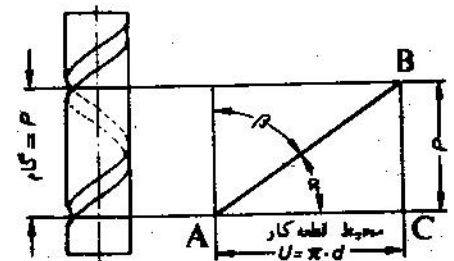
در شکل زیر يك خط مارپیچ و گسترش آن نشان داده شده است. ملاحظه میشود که اگر ضلع قائم مثلث قائم الزاویه ABC (گام) را ثابت نگهداشته و آنرا بدور استوانه بیچانیم در صورتیکه ضلع افقی آن مساوی محیط استوانه ($d \times \pi$) باشد وتر يك خط مارپیچی را تشکیل میدهد. با توجه به شکل زیر زوایای مورد لزوم و گام مارپیچ بشرح زیر محاسبه میگردد.

علامت اختصاری:
 P = گام شیار مارپیچ بر حسب میلیمتر. ↑ **امتداد حرکت براده برداری**
 d = قطر قطعه کار بر حسب میلیمتر. → **حرکت پیچشی**
 α = زاویه گام یا مارپیچ بر حسب درجه. ↻ **جهت گردش کار**
 β = زاویه انحراف یا زاویه تنظیم میز ماشین بر حسب درجه.

$$\tan \alpha = \frac{P}{d \times \pi} \Rightarrow P = d \times \pi \times \tan \alpha$$

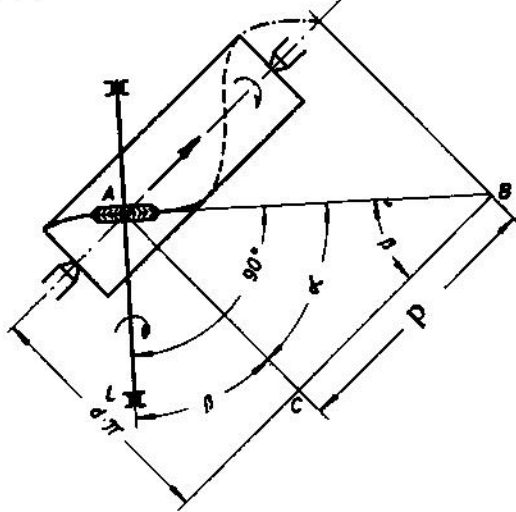
$$\cot \beta = \frac{P}{d \times \pi} \Rightarrow P = d \times \pi \times \cot \beta$$

$$\alpha + \beta = 90^\circ$$



برای محاسبات زوایای α و β در تراشیدن شیارهای مارپیچی چرخ دنده‌ها و پیچ‌ها در فرمولهای گفته شده بجای d قطر متوسط آنها را باید قرار داد.

ر مارپیچ تراشی بایستی تیغه فرز همواره در امتداد مسیر مارپیچ است میز ماشین فرز را با اندازه زاویه تنظیم (β) منحرف کرد.



ب: محاسبه چرخ دنده‌های تعویضی - برای ایجاد يك شیار مارپیچی با گام و زاویه معین سرعت حرکت میز ماشین و گردش قطعه کار نسبت به یکدیگر باید مقدار معینی باشد. برای انتقال حرکت از پیچ میز ماشین فرز (محرك) به محور کار (متحرك) رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$\frac{\text{نسبت دستگاه تقسیم} \times \text{گام پیچ میز ماشین فرز}}{\text{تعداد دندانه چرخهای محرك}} = \frac{\text{گام شیار مارپیچ}}{\text{متحرك}}$$

$$i_1 \neq 1:1 \Rightarrow \frac{z_1}{z_2} = \frac{P_T \times i_1 \times i_2}{P}$$

علامت اختصاری:

$$i_1 = 1:1 \Rightarrow \frac{z_1}{z_2} = \frac{P_T \times i}{P}$$

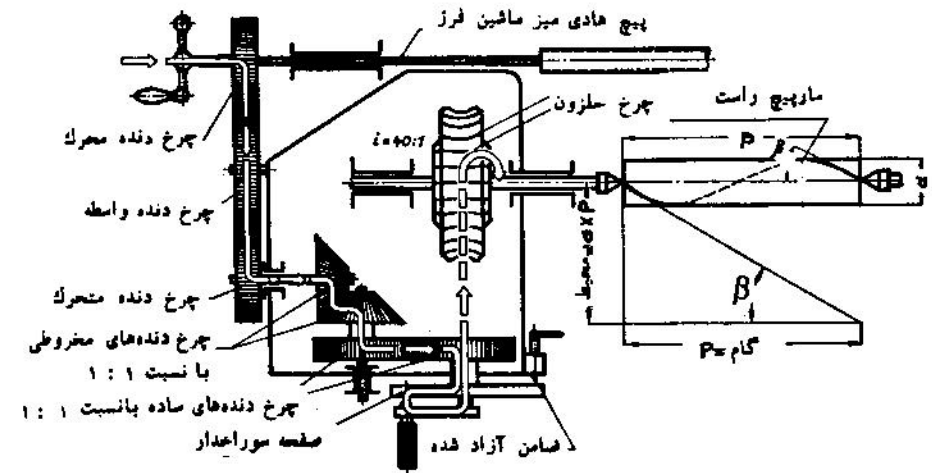
P_T = گام پیچ هادی میز ماشین فرز.
 P = گام شیار مارپیچ.

i = نسبت بین حلزون و چرخ حلزون.

i_1 = نسبت بین چرخ دنده‌های موجود در داخل دستگاه تقسیم.

در محاسبات چرخ دنده‌های تعویضی در مارپیچ تراشی نیز ممکن است چرخ دنده‌هایی

با نسبت ساده یا نسبت مرکب داشته باشیم. شکل زیر طرز سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی در نسبت ساده همچنین مسیر انتقال حرکت از محور پیچ میز ماشین تا محور کار را نشان می‌دهد.



شکل زیر طرز سوار کردن چرخ دنده‌های تعویضی با نسبت مرکب و همچنین روش انحراف میز ماشین فرز را نشان می‌دهد.

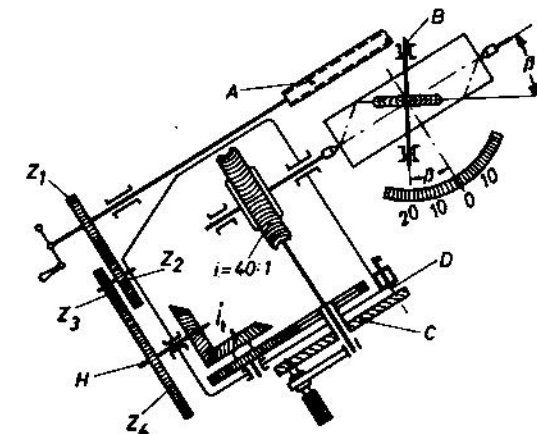
A = پیچ هادی میز ماشین فرز.

B = محور تیغه فرز.

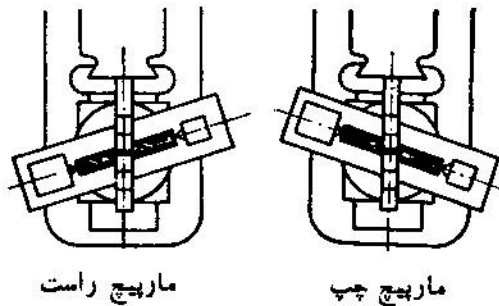
C = صفحه سوراخدار.

D = ضامن محکم کننده صفحه سوراخدار.

H = محور فرعی دستگاه تقسیم.



بر حسب اینکه شیار مارپیچ چپ یا راست باشد، علاوه بر اینکه جهت انحراف میز ماشین فرز فرق میکند، بر حسب اینکه شیار مارپیچ چپ یا راست باشد با توجه به شناخت دستگاه تقسیم از نظر تعداد چرخ دنده‌های موجود در داخل آن ممکن است برای تنظیم جهت حرکت دورانی قطعه کار نیاز به سوار کردن چرخ دنده واسطه نیز داشته باشیم. شکل زیر جهت انحراف میز ماشین فرز برای تراشیدن شیار مارپیچ راست و چپ را نشان می‌دهد.



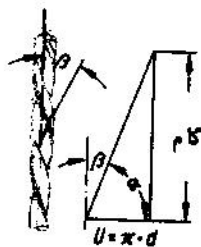
مسئله نمونه - مته مارپیچی دوشیاره به قطر خارجی ۱۱ میلیمتر را روی ماشین فرزی میخواهیم تراشیم. اگر زاویه انحراف میز $\beta = 30^\circ$ و نسبت حلزون و چرخ حلزون $i = 40:1$ و نسبت چرخ دنده‌های موجود داخل دستگاه تقسیم $i_1 = 1:1$ باشد حساب کنید:

الف - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.

ب - گام مارپیچ را.

ج - چرخ دنده‌های تعویضی را اگر گام میز ماشین

$P_T = 6\text{mm}$ باشد.



حل:

$$\text{الف} \quad n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{1} = 40 \quad \text{دور کامل}$$

$$\text{ب} \quad P = d \times \pi \times \cot \beta = 11 \times 3.14 \times 1/0.57735 = 59.828 \approx 60\text{mm}$$

$$\text{ج} \quad \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{P_T \times i}{P} = \frac{6 \times 40}{60} = \frac{24}{6} = \frac{8 \times 3}{2 \times 2} = \frac{8(8)}{2(8)} \times \frac{3(12)}{2(12)}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{64}{24} \times \frac{36}{24} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4}$$

مسئله نمونه ۲ - بوسیله ماشین فرز اونیورسالی شیار مارپیچی به گام $P = 1500\text{mm}$

روی استوانه‌ای به قطر $d = 120\text{mm}$ فرزکاری خواهد شد. اگر گام میز ماشین فرز

$P_T = 5\text{mm}$ و نسبت حلزون و چرخ حلزون $i = 40:1$ و نسبت چرخ دنده‌های موجود

در داخل دستگاه تقسیم $i_1 = 1:1$ باشد حساب کنید:

الف- زاویه تنظیم میز ماشین فرز را.

ب- چرخ دنده‌های تعویضی را.

حل :

$$\text{الف} \quad \tan \beta = \frac{d \times \pi}{P} = \frac{120 \times 3.14}{1500} = 0.2512$$

$$\beta \Rightarrow 14^\circ \text{ و } 7'$$

$$\text{ب} \quad \frac{Z_1}{Z_g} = \frac{P_T \times i}{P} = \frac{5 \times 40}{1500} = \frac{4}{30} = \frac{2 \times 2}{3 \times 10}$$

$$\frac{Z_1}{Z_g} = \frac{40}{100} \times \frac{24}{72} = \frac{Z_1}{Z_r} \times \frac{Z_r}{Z_g}$$

تمرینات

۱- مطلوبست محاسبه مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم - چرخ دنده‌های تعویضی لازم و تشخیص جهت گردش صفحه سوراخدار برای تقسیمات ۷۱-۸۳-۱۱۳-۱۲۷ و ۱۷۳ در صورتیکه نسبت چرخ حلزون به حلزون ۱:۴۰ و نسبت سایر چرخ دنده‌های داخلی دستگاه تقسیم ۱:۱ باشد.

۲- پیچ هادی تنظیم کننده حرکت پیشروی ماشین سنگ منبادهای $M16 \times 1/25$ انتخاب شده است. برای تقسیم بندی حلقه تنظیم سوار شونده روی آن که بایستی فاصله هردو خط تنظیم آن معرف ۰/۰۱ میلیتر باشد، لازم است که محیط آن به ۱۲۵ قسمت مساوی تقسیم شود $(\frac{1/25}{125} = 0.01 \text{ mm})$. حساب کنید :

الف - مقدار گردش دستگاه تقسیم را اگر نسبت حلزون و چرخ حلزون ۱:۴۰ باشد.

ب - چرخ دنده‌های تعویضی لازم را. $(i_1 = 1:1)$

ج - جهت گردش صفحه سوراخدار را.

۳ - قوسی معادل $\alpha = 35^\circ$ از قطعه کاری را می‌خواهیم به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم کنیم.

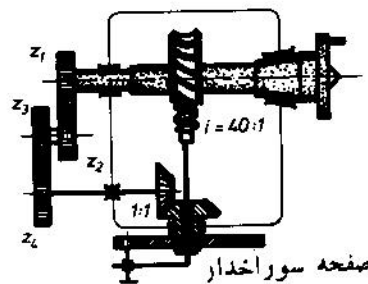
اگر نسبت حلزون و چرخ حلزون ۱:۴۰ باشد حساب کنید:

الف - مقدار گردش دسته تقسیم را.

ب - چرخ دنده‌های تعویضی لازم را. $(i_1 = 1:1)$

ج - جهت گردش صفحه سوراخدار را.

۴ - چرخ دنده ۵۱ دنده‌ای بکمک دستگاه تقسیم مطابق شکل روی ماشین فرزی باید تراشیده شود. اگر مدول آن $m = 2 \text{ mm}$ باشد محاسبات لازم جهت تراشیدن آنرا انجام دهید.



۵ - چرخ دنده ۵۳ دنده‌ای بکمک دستگاه تقسیمی که در آن نسبت چرخ حلزون به حلزون $i = 40:1$ و نسبت سایر چرخ دنده‌های داخل آن $i_1 = 2:1$ باشد روی ماشین فرزی تراشیده خواهد شد. اگر مدول آن $m = 1/25 \text{ mm}$ باشد حساب کنید :

الف - قطر متوسط - قطر خارجی - ارتفاع دندانه آنرا.

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.

ج - چرخ دنده‌های تعویضی و تشخیص جهت گردش صفحه سوراخدار را.

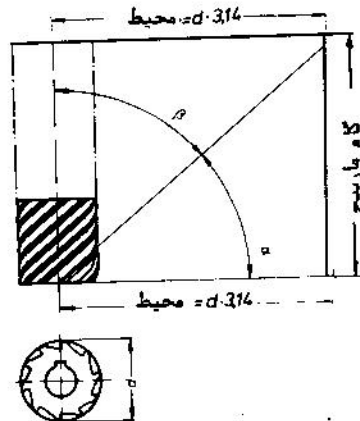
۶ - برای ساختن خط‌کش انقباضی لازم است طول ۵۱۰ میلیتر خط‌کش به ۵۰۰ قسمت مساوی تقسیم شود. اگر برای مدرج کردن آن روی ماشین فرز از دستگاه تقسیم با نسبت $i = 40:1$ استفاده شده و نسبت چرخ دنده‌های سوار شونده $i_1 = 1:2$ باشد، مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید. در صورتیکه گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6 \text{ mm}$ باشد.

۷ - می‌خواهیم تیغه فرز غلطکی مطابق شکل را که قطر آن $d = 50 \text{ mm}$ و زاویه تنظیم آن $\beta = 25^\circ$ بوده و دارای ۱۰ شیار مارپیچ می‌باشد فرز نمائیم. حساب کنید :

الف - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را در صورتیکه برای تقسیم آن از دستگاه تقسیم با نسبت $i = 40:1$ استفاده شود.

ب - گام مارپیچ را.

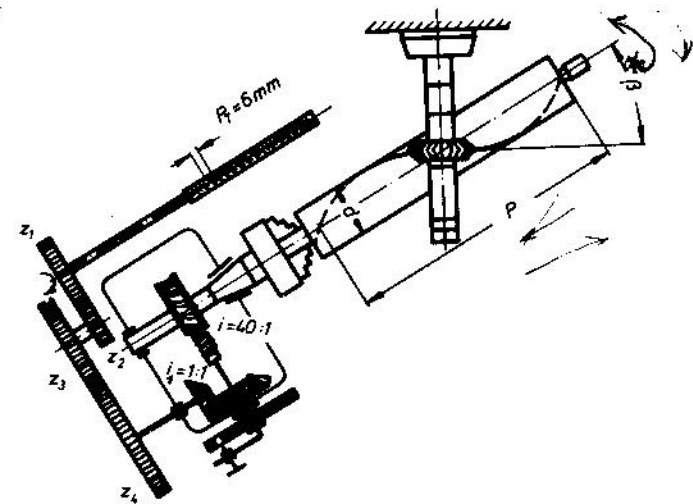
ج - چرخ دنده‌های تعویضی را اگر گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6 \text{ mm}$ باشد.



۸ - شیار مارپیچی به گام $P=600\text{mm}$ و قطر $d=80\text{mm}$ باید فرزشود. تعیین کنید:
الف - زاویه تنظیم β را .

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را .

ج - جهت حرکت میز ماشین فرز و جهت دوران قطعه کار را .



۹ - شیار مارپیچی به گام $P=28''$ بایستی روی استوانه‌ای به قطر $d=60\text{mm}$ فرز

شود. اگر نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T=\frac{1}{4}$ باشد

حساب کنید :

الف - زاویه تنظیم میز ماشین فرز را .

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را . ($i_1=1:1$)

۱۰ - برقوثی که قطر خارجی آن $d=22\text{mm}$ بوده و دارای شش شیار مارپیچی میباشد

باید فرزشود. اگر زاویه تنظیم میز ماشین $\beta=7^\circ$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T=8\text{mm}$

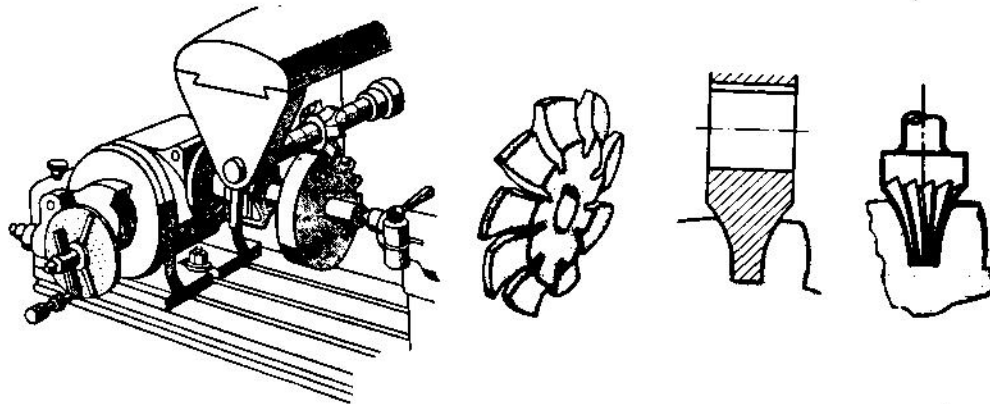
و نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد. حساب کنید :

الف - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را .

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را . ($i_1=1:1$)

تراش چرخ دنده‌های ساده روی ماشین فرز - تولید چرخ دنده‌ها روی ماشین فرز
ممکن است با روش غلط یا از طریق تقسیم انجام گیرد .

چرخ دنده‌های کوچک یا متوسط را روی ماشین فرز بکمک تیغه فرزهای مدولی میتوان
تراشید . روش کار باین ترتیب است که پس از فرز کردن شیار هر دنده، چرخ دنده را بکمک
دستگاه تقسیم با اندازه يك دنده گردانده و شیار بعدی را فرز می‌کنیم و این کار را ادامه میدهیم
تا تمام دنده‌ها تراشیده شوند .



چون تهیه تیغه فرزهای مدولی با هر مدول دلخواه از نظر اقتصادی مستلزم صرف هزینه
زیاد است لذا کارخانجات سازنده اینگونه تیغه فرزها ، فقط تیغه فرزهای مدولی استاندارد را
میسازند . در جدول زیر مدولهای استاندارد داده شده است :

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

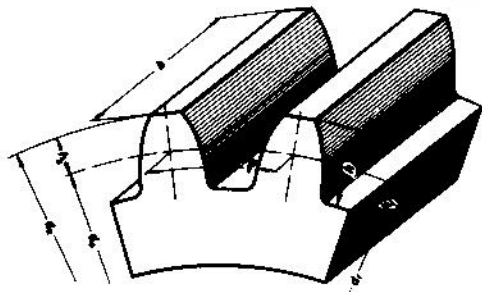
فصل چهارم

چرخ دنده تراشی

یادآوری محاسبات مربوط به چرخ دنده ساده

در جدول زیر محاسبات مربوط به چرخ دنده‌های ساده را که در سال دوم به تفصیل گفته شده مشاهده می‌کنید.

جدول شماره ۱۹ - روابط چرخ دنده‌های ساده



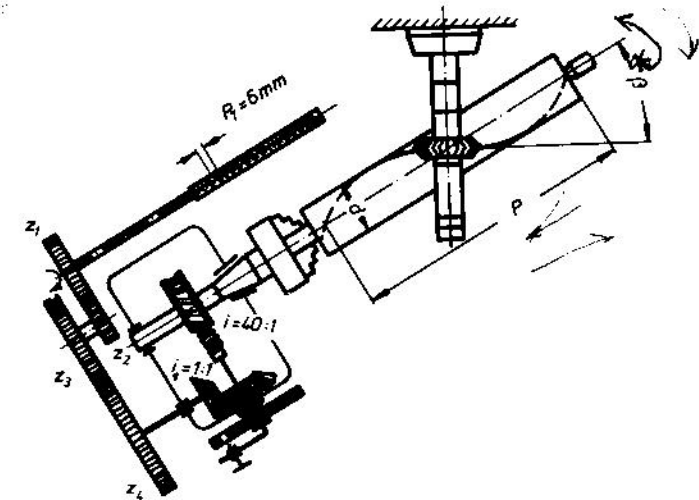
نام	فرمول
مدول	$m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_o}{Z} = \frac{d_k}{Z+2}$
تعداد دندانه	$Z = \frac{d_o}{m}$
گام	$P = m \times \pi$
قطر دایره گام	$d_o = Z \times m$
قطر خارجی	$d_k = d_o + 2m = m(Z+2)$
قطر داخلی	$d_f = d_o - \frac{1.25}{\pi} P = d_o - 1.25m = m(Z-1.25)$
ارتفاع سردندانه	$b_k = m$
ارتفاع پای دندانه	$b_f = \frac{1.25}{\pi} P = 1.25m$
ارتفاع دندانه	$h = \frac{1.25}{\pi} P = 2.5m$
فاصله بین دو محور	$a = \frac{m(Z_1+Z_2)}{2}$
پهنای دندانه	$b = 10m$

۸ - شیار مارپیچی به گام $P=600\text{mm}$ و قطر $d=80\text{mm}$ باید فرزشود. تعیین کنید:

الف - زاویه تنظیم β را.

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را.

ج - جهت حرکت میز ماشین فرز و جهت دوران قطعه کار را.



۹ - شیار مارپیچی به گام $P=28''$ بایستی روی استوانه‌ای به قطر $d=60\text{mm}$ فرز شود. اگر نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T=\frac{1}{4}''$ باشد

حساب کنید:

الف - زاویه تنظیم میز ماشین فرز را.

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را. ($i_1=1:1$)

۱۰ - برقوثی که قطر خارجی آن $d=22\text{mm}$ بوده و دارای شش شیار مارپیچی میباشد

باید فرزشود. اگر زاویه تنظیم میز ماشین $\beta=7^\circ$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T=8\text{mm}$

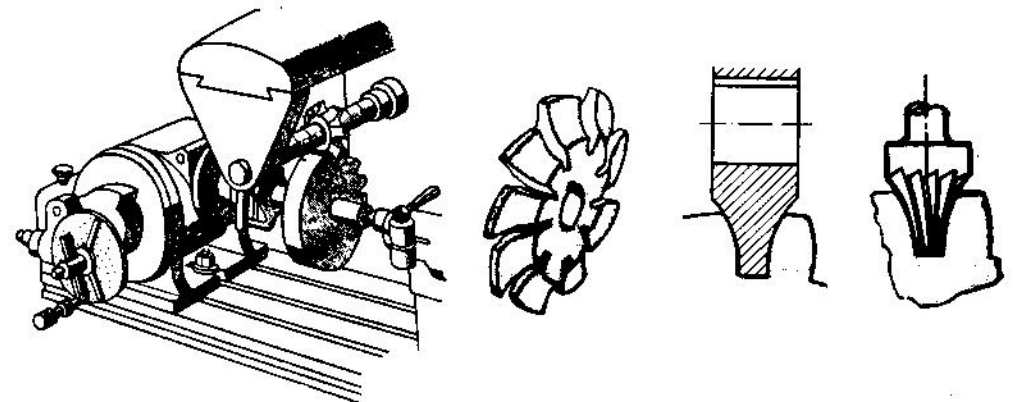
و نسبت دستگاه تقسیم $i=40:1$ باشد. حساب کنید:

الف - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.

ب - چرخ دنده‌های تعویضی را. ($i_1=1:1$)

تراش چرخ دنده‌های ساده روی ماشین فرز - تولید چرخ دنده‌ها روی ماشین فرز ممکن است با روش غلط یا از طریق تقسیم انجام گیرد .

چرخ دنده‌های کوچک یا متوسط را روی ماشین فرز بکمک تیغه فرزهای مدولی میتوان تراشید . روش کار باین ترتیب است که پس از فرز کردن شیار هردنده، چرخ دنده را بکمک دستگاه تقسیم باندازه يك دنده گردانده وشیار بعدی را فرز می‌کنیم واین کار را ادامه میدهیم تا تمام دنده‌ها تراشیده شوند .



چون تهیه تیغه فرزهای مدولی با هر مدول دلخواه از نظر اقتصادی مستلزم صرف هزینه زیاد است لذا کارخانجات سازنده اینگونه تیغه فرزا ، فقط تیغه فرزهای مدولی استاندارد را میسازند . درجدول زیر مدولهای استاندارد داده شده است :

جدول شماره ۲۰ - مدولهای استاندارد	
اندازه تغییرات	مدول برحسب میلیمتر
۰/۱	۱ - ۰/۹ - ۰/۸ - ۰/۷ - ۰/۶ - ۰/۵ - ۰/۴ - ۰/۳
۰/۲۵	۴ - ۳/۷۵ - ۳/۵ - ۳/۲۵ - ۳ - ۲/۷۵ - ۲/۵ - ۲/۲۵ - ۲ - ۱/۷۵ - ۱/۵ - ۱/۲۵
۰/۵	۷ - ۶/۵ - ۶ - ۵/۵ - ۵ - ۴/۵
۱	۱۶ - ۱۵ - ۱۴ - ۱۳ - ۱۲ - ۱۱ - ۱۰ - ۹ - ۸
۲	۲۴ - ۲۲ - ۲۰ - ۱۸
۳	۳۵ - ۳۲ - ۳۰ - ۲۷ - ۲۴ - ۲۲ - ۲۰ - ۱۸
۵	۷۵ - ۷۰ - ۶۵ - ۶۰ - ۵۵ - ۵۰

فرم دندانه‌های برنده تیغه فرزهای مدولی راشیه شیارین دندانه‌های چرخ دنده میسازند و چون فرم منحنی دندانه‌ها برحسب تعداد دندانه آنها با توجه به داشتن مدول مساوی فرق می‌کند لذا کارخانجات سازنده تیغه فرزهای مدولی رادرسری‌های ۸ تا ۱۵۰ تای میسازند . درجدول شماره ۲۱ فرم پروفیل دنده (منحنی بغل دنده) وتعداد دنده و شماره مربوط به آنها داده شده است . جدول شماره ۲۲ سری ۱۵ تا ۱۵ تیغه فرزهای مدولی را نشان میدهد .

جدول شماره ۲۱ - (سری ۸ تا ۱۵ تیغه فرزهای مدولی)								
شماره تیغه فرز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تعداد دنده	۱۲-۱۳	۱۴-۱۶	۱۷-۲۰	۲۱-۲۵	۲۶-۳۲	۳۵-۵۴	۵۵-۱۳۴	۱۳۵-۵۰۰
فرم دنده تراشیده شده								

جدول شماره ۲۲ - (سری ۱۵ تا ۱۵ تیغه فرزهای 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	۱۳۵-۵۰۰	-

مسئله نمونه - میخواهیم چرخ دنده‌ای بتراشیم که ۶۸ دنده داشته و مدول آن $m = 2\text{mm}$

باشد . حساب کنید :

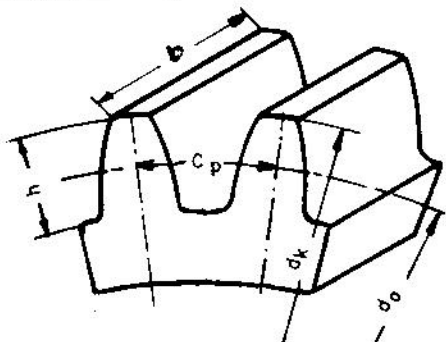
الف - قطر متوسط - قطر خارجی - قطرداخلی وارتفاع دنده آنرا .

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را چنانچه نسبت آن $i = 40:1$ باشد .

ج - تعیین شماره تیغه فرز مدولی از سری ۸ تا ۱۵۰ .

حل :

$$d_o = m \times Z = 2 \times 68 = 136\text{mm} \quad \text{الف}$$

جدول شماره ۲۳ - روابط چرخ دنده‌های ساده اینچی	
	
نام	فرمول
دیامترال پیچ	$d_p = \frac{\pi}{C_p}$
سیرکولار پیچ	$C_p = \frac{\pi}{d_p}$
قطر دایره تقسیم	$d_o = \frac{Z}{d_p}$
قطر خارجی	$d_k = \frac{(Z+2)}{d_p}$
ارتفاع سردنده	$h_k = \frac{1}{d_p}$
ارتفاع پای دنده	$h_f = \frac{1.167}{d_p}$
ارتفاع کل دنده	$h = \frac{2.167}{d_p}$
فاصله بین دو محور چرخ دنده	$a = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2d_p}$

دیامترال پیچ مثل مدول، معرف بزرگی و کوچکی دندانه‌های چرخ دنده می‌باشد با این فرق که در اینجا هرچه مقدار دیامترال پیچ بزرگتر باشد اندازه دندانه کوچکتر است. کارخانجات سازنده تیغه فرز، علاوه بر دیامترال پیچ و زاویه درگیری، شماره تیغه فرز را بر مبنای تعداد دنده روی تیغه فرزند مشخص می‌کنند که هر دست آن دارای ۸ شماره تیغه فرز بوده که برعکس تیغه فرزهای مدولی شماره گذاری شده‌اند. در جدول شماره ۲۴ سری ۸ تایی

$$d_k = d_o + 2m = 136 + 2 \times 2 = 140 \text{ mm}$$

$$d_f = d_o - \frac{14}{6} m = d_o - 2.33m = 136 - 2.33 \times 2 = 131.66 \text{ mm}$$

$$h = \frac{13}{6} m = 2.167m = 2.167 \times 2 = 4.33 \text{ mm}$$

$$b, n_k = \frac{i}{Z} = \frac{40}{68} = \frac{10}{17}$$

یعنی برای تراشیدن هر دنده باید دسته دستگاه تقسیم با اندازه ۱۰ فاصله روی دایره سوراخدار ۱۷ سوراخ حرکت کند.

ج- شماره تیغه فرز با توجه به جدول شماره ۲۱ برابر است با: $N_f = 7$

چرخ دنده ساده اینچی

در کشورهایی که با سیستم اینچی کار می‌کنند چرخ دنده‌های اینچی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این چرخ دنده‌ها بجای گام (P) همان مفهوم را برحسب اینچ با نام سیرکولار پیچ با علامت اختصاری C_p به کار می‌برند، ولی بجای مدول که در سیستم متریک برابر $m = \frac{P}{\pi}$ است عکس مفهوم آن یعنی $\frac{\pi}{P}$ را با نام دیامترال پیچ با علامت d_p بکار می‌برند که واحد آن $\left(\frac{1}{\text{اینچ}}\right)$ می‌باشد.

تعریف دیامترال پیچ - دیامترال پیچ برابر با تعداد دندانه‌ای است که در طول یک اینچ از قطر متوسط وجود دارد.

برای بدست آوردن فرمولهای مربوط به چرخ دنده‌های اینچی کافی است که در فرمولهای

مربوط به چرخ دنده‌های ساده در سیستم متریک بجای مدول مقدار آن یعنی $m = \frac{1}{d_p}$ را قرار داده و مقادیر مورد لزوم را برحسب اینچ بدست آوریم. و چنانچه مقادیر خواسته شده برحسب میلیمتر مورد نظر باشد کافی است که بجای مدول $\frac{25.4}{d_p}$ را در روابط قرار داد.

اینگونه تیغه فرزا برحسب تعداد دندانه چرخ دنده داده شده است .

جدول شماره ۲۴ - سری ۸ تائی تیغه فرزهای دیامترال								
شماره تیغه فرز	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
تعداد دنده	۱۲-۱۳	۱۴-۱۶	۱۷-۲۰	۲۱-۲۵	۲۶-۳۴	۳۵-۵۴	۵۵-۱۳۴	۱۳۵-۵۵

مسئله نمونه - چرخ دنده‌ای که دارای ۴۲ دنده میباشد با دیامترال $d_p = ۱۶ \frac{1}{\text{اینچ}}$ باید تراشیده شود . حساب کنید :

سیرکولار پیچ - قطر متوسط - قطر خارجی - ارتفاع دنده - شماره تیغه فرز دیامترال مربوطه را .

حل :

$$C_p = \frac{\pi}{d_p} = \frac{3.14}{16 \times \frac{1}{\text{in}}} = 0.1962"$$

$$d_o = \frac{Z}{d_p} = \frac{42}{16} = 2.625"$$

$$d_k = \frac{Z+2}{d_p} = \frac{42+2}{16} = 2.6875"$$

$$h = \frac{2.157}{d_p} = \frac{2.157}{16} = 0.1354"$$

و با استفاده از جدول شماره ۲۴، تیغه فرز دیامترال نمره ۳ را انتخاب میکنیم .

$$N_r = 3$$

مسئله نمونه ۲ - اگر در حالت تعمیری برای تراشیدن چرخ دنده مثال فوق تیغه فرز دیامترال ۱۶ وجود نداشته باشد چه مدولی از سری میلیمتری را باید انتخاب کرد و در این حالت ارتفاع دنده را چقدر باید در نظر گرفت ؟
حل :

برای تبدیل دیامترال پیچ به مدول که برحسب میلیمتر میباشد از رابطه زیر استفاده میکنیم:

$$m = \frac{25.4}{d_p} = \frac{25.4}{16} = 1.59 \text{ mm}$$

چون تیغه فرز با مدول ۱/۵۹ استاندارد نیست بنابراین مدول استاندارد نزدیک به آن

$$m = 1.5 \text{ mm}$$

یعنی ۱/۵ را انتخاب میکنیم :

اما برای ارتفاع دنده بایستی همان عدد ۱/۵۹ را بحساب آورد. بنابراین خواهیم داشت:

$$h = 2.157 \times 1.59 = 3.445 \text{ mm}$$

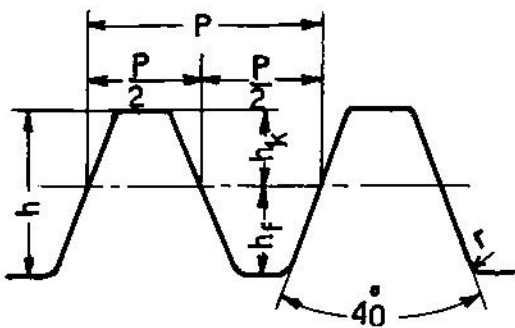
و شماره تیغه فرز مدولی را با استفاده از جدول شماره ۲۱ تیغه فرزهای مدولی بایستی انتخاب

کرد که برای تعداد دنده $Z = 42$ برابر است با :

$$N_r = 6$$

محاسبات دنده شانه‌ای ساده متريك

از این نوع دنده‌ها برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت مستقیم الخط و یا بالعکس استفاده میشود مانند حرکت سوپرت طولی ماشین تراش یا حرکت عمودی میز ماشین مته ستونی. این

جدول شماره ۲۵ - روابط دنده‌های شانه‌ای	
	
نام	فرمول
گام	$P = m \times \pi$
ارتفاع دنده	$h = h_f + h_k = 1.157m + 1m = 2.157m$
پهنای دنده	$b \approx 10m$
ضخامت دنده	$S = \frac{P}{2}$
شماره تیغه فرز	$N_r = 15$ تا 15 و $N_r = 8$ تا 8
زاویه دنده	$= 40^\circ$

دنده‌ها معمولاً با یک چرخ دنده ساده یا مارپیچ درگیر میشوند.

محاسبات مربوط به دنده شانه‌ای مانند چرخ دنده‌های معمولی است با این تفاوت که قطر آنها را بینهایت فرض می‌کنیم. بنابراین شماره تیغه فرز برای تراشیدن آنها همیشه شماره ۸ در سری ۸ تایی و شماره ۱۵ در سری ۱۵ تایی خواهد بود.

تراشیدن دنده‌های شانه‌ای - برای تراشیدن دنده‌های شانه‌ای معمولاً از دو روش زیر استفاده می‌کنند:

۱ - بوسیله ماشین فرز: در این روش باید از تیغه فرز مدولی انگشتی استفاده شود و یا برای بکار بردن تیغه فرز پولکی مدولی از کله‌گی مخصوص که در بعضی از ماشینهای فرز موجود است باید استفاده نمود.

برای تنظیم فاصله تقسیم (گام) پس از تراشیدن هرشیار دندانه از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد:

الف - با استفاده از حلقه تنظیم پیچ هادی میز ماشین.

ب - با استفاده از دستگاه تقسیم، شبیه مدرج کردن قطعات.

۲ - تراشیدن دنده‌های شانه‌ای بوسیله ماشینهای صفحه تراش و یا کله زنی نیز امکان پذیر است. در این حالت از رنده دوزنقه با زاویه ۴۰ درجه استفاده میشود.

مسئله نمونه - دنده شانه‌ای با مدول $m = 3 \text{ mm}$ با ماشین فرزی که گام پیچ هادی آن $P_T = 6 \text{ mm}$ است بکمک فرز مدولی انگشتی تراشیده خواهد شد. تعیین کنید:

الف - گام - ارتفاع دنده - ارتفاع سر دنده - ارتفاع پای دنده - پهناي دنده - شماره تیغه فرز را.

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را اگر نسبت آن $i = 40:1$ بوده و از چرخ دنده‌های تعویضی با نسبت $i_2 = 1:2$ استفاده شود.

حل:

الف

$$P = m \times \pi = 3 \times 3.14 = 9.42 \text{ mm}$$

$$h_k = 1 \times m = 1 \times 3 = 3 \text{ mm}$$

$$h_f = 1/167 \times m = 1/167 \times 3 = 3/5 \text{ mm}$$

$$h = h_k + h_f = 3 + 3/5 = 6/5 \text{ mm}$$

$$b = 10 \times m = 10 \times 3 = 30 \text{ mm}$$

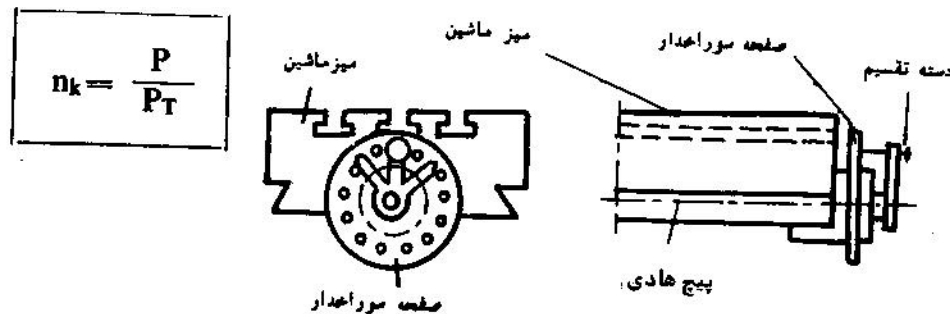
$$N_r = 8$$

مسئله

$$n_k = \frac{i_1 \times i_2 \times P}{P_T} = \frac{40 \times \frac{1}{2} \times 9.42}{6} = \frac{188.4}{6} = 31.4 = 31 \frac{4}{10} = 31 \frac{2}{5}$$

یعنی برای تراشیدن هرشیار دندانه لازم است که دسته دستگاه تقسیم را با اندازه ۳۱ دور کامل و ۸ فاصله از دایره سوراخدار ۲۰ سوراخه بگردانیم.

چون در شمردن ۳۱ دور احتمال اشتباه وجود دارد در این قبیل موارد از دستگاه تقسیم مخصوصی که همراه بعضی از ماشینهای فرز موجود است استفاده می‌کنند. مکانیزم داخلی این دستگاهها به ترتیبی است که یا دارای نسبت $i = 1:1$ بوده و یا به ترتیبی است که مستقیماً به پیچ هادی میز ماشین فرز متصل میشود. که در هر دو صورت محاسبه آن بشرح زیر خواهد بود:



حال مسئله نمونه حل شده را بشرط داشتن دستگاه تقسیم مخصوص حل می‌کنیم:

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

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

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

تمرینات

۱ - حرکت محور الکتروموتوری که در هر دقیقه ۱۲۰۰ دور میزند بوسیله دو چرخ دنده ساده به محور متحرکی که لازم است ۲۴۰ دور در هر دقیقه بزند منتقل میشود. در صورتیکه فاصله بین دو محور $a = 300 \text{ mm}$ و مدول چرخ دنده‌ها $m = 2/5 \text{ mm}$ و نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد. حساب کنید:

الف - تعداد دندانه - قطر دایره تقسیم - قطر خارجی - پهناي چرخ دنده - ارتفاع کل

دنده‌ها معمولاً با یک چرخ دنده ساده یا مارپیچ درگیر میشوند.

محاسبات مربوط به دنده‌های شانه‌ای مانند چرخ دنده‌های معمولی است با این تفاوت که قطر آنها را بینهایت فرض می‌کنیم. بنابراین شماره تیغه فرز برای تراشیدن آنها همیشه شماره ۸ در سری ۸ تایی و شماره ۱۵ در سری ۱۵ تایی خواهد بود.

تراشیدن دنده‌های شانه‌ای - برای تراشیدن دنده‌های شانه‌ای معمولاً از دو روش زیر استفاده می‌کنند:

۱ - بوسیله ماشین فرز: در این روش باید از تیغه فرز مدولی انگشتی استفاده شود و یا برای بکار بردن تیغه فرز پولکی مدولی از کله‌گی مخصوص که در بعضی از ماشینهای فرز موجود است باید استفاده نمود.

برای تنظیم فاصله تقسیم (گام) پس از تراشیدن هرشیار دندانه از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد:

الف - با استفاده از حلقه تنظیم پیچ هادی میز ماشین.

ب - با استفاده از دستگاه تقسیم، شبیه مدرج کردن قطعات.

۲ - تراشیدن دنده‌های شانه‌ای بوسیله ماشینهای صفحه تراش و یا کله زنی نیز امکان پذیر است. در این حالت از رنده دوزنقه با زاویه ۴۰ درجه استفاده میشود.

مسئله نمونه - دنده شانه‌ای با مدول $m = 3 \text{ mm}$ با ماشین فرزی که گام پیچ هادی آن $P_T = 6 \text{ mm}$ است بکمک فرز مدولی انگشتی تراشیده خواهد شد. تعیین کنید:

الف - گام - ارتفاع دنده - ارتفاع سردنده - ارتفاع پای دنده - پهنای دنده - شماره تیغه فرز را.

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را اگر نسبت آن $i = 40:1$ بوده و از چرخ دنده‌های تعویضی با نسبت $i_2 = 1:2$ استفاده شود.

حل:

الف

$$P = m \times \pi = 3 \times 3.14 = 9.42 \text{ mm}$$

$$h_k = 1 \times m = 1 \times 3 = 3 \text{ mm}$$

$$h_f = 1/167 \times m = 1/167 \times 3 = 2/5 \text{ mm}$$

$$h = h_k + h_f = 3 + 2/5 = 6/5 \text{ mm}$$

$$b = 10 \times m = 10 \times 3 = 30 \text{ mm}$$

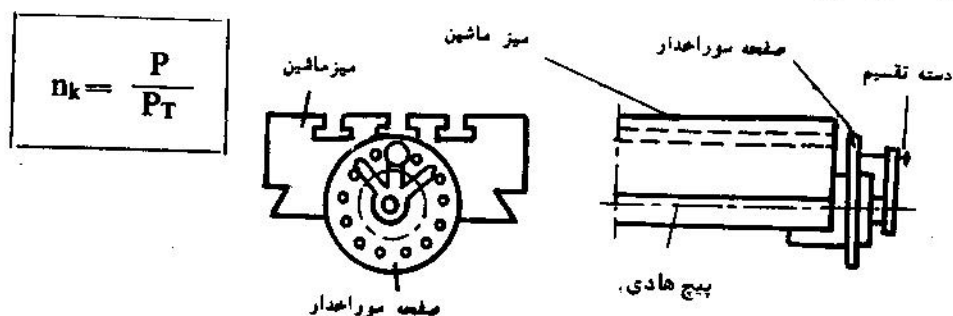
$$N_r = 8$$

مسئله

$$n_k = \frac{i_1 \times i_2 \times P}{P_T} = \frac{40 \times \frac{1}{2} \times 9.42}{6} = \frac{188.4}{6} = 31.4 = 31 \frac{4}{10} = 31 \frac{2}{5}$$

یعنی برای تراشیدن هرشیار دندانه لازم است که دسته دستگاه تقسیم را با اندازه ۳۱ دور کامل و ۸ فاصله از دایره سوراخدار ۲۰ سوراخه بگردانیم.

چون در شمردن ۳۱ دور احتمال اشتباه وجود دارد در این قبیل موارد از دستگاه تقسیم مخصوصی که همراه بعضی از ماشینهای فرز موجود است استفاده می‌کنند. مکانیزم داخلی این دستگاهها برتریبی است که با دارای نسبت $i = 1:1$ بوده و با برتریبی است که مستقیماً به پیچ هادی میز ماشین فرز متصل میشود. که در هر دو صورت محاسبه آن بشرح زیر خواهد بود:



حال مسئله نمونه حل شده را بشرط داشتن دستگاه تقسیم مخصوص حل می‌کنیم:

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

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

یعنی برای هر تقسیم کافی است دسته تقسیم را یکدور کامل و روی دایره سوراخدار ۲۱ سوراخه ۱۲ فاصله جابجا کنیم.

تمرینات

۱ - حرکت محور الکتروموتوری که در هر دقیقه ۱۲۰۰ دور میزند بوسیله دو چرخ-دنده ساده به محور متحرکی که لازم است ۲۴۰ دور در هر دقیقه بزند منتقل میشود. در صورتیکه فاصله بین دو محور $a = 300 \text{ mm}$ و مدول چرخ دنده‌ها $m = 2/5 \text{ mm}$ و نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد. حساب کنید:

الف - تعداد دندانه - قطر دایره تقسیم - قطر خارجی - پهنای چرخ دنده - ارتفاع کل



دنده و شماره تیغه فرز را .

ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را برای هر یک از چرخ دنده ها .

۲ - قطر خارجی چرخ دنده ساده ای $d_k = 2$ و سیرکولار پیچ چرخ دنده $C_p = 0.196$ می باشد . تعیین کنید :

دیامترال پیچ - تعداد دندانه - ارتفاع کل دنده - شماره تیغه فرز و مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را در صورتیکه نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد .

۳ - چرخ دنده ساده اینچی با تعداد دندانه $Z = 48$ و دیامترال پیچ $d_p = 4 \frac{1}{in}$ بایستی تراشیده شود . حساب کنید :

الف - سیرکولار پیچ - قطر دایره تقسیم - قطر خارجی - ارتفاع سر دنده - ارتفاع پای دنده - ارتفاع کل دنده و شماره تیغه فرز را .

ب - برای تراشیدن چرخ دنده فوق اگر تیغه فرز دیامترال ۳ وجود نداشته باشد چه مدولی از سری میلیمتری را انتخاب کنیم و در این حالت ارتفاع دنده را چقدر بایستی در نظر گرفت ؟

۴ - برای تراشیدن دنده شانه ای که مدول آن $m = 5mm$ می باشد توسط ماشین فرزی به کمک فرز انگشتی مدولی محاسبات زیر را انجام دهید :

الف - گام دنده - ارتفاع کل دنده - شماره تیغه فرز مدولی .

ب - اگر برای تغییر مکان دقیق میز ماشین فرز از دستگاه تقسیم با نسبت $i = 40:1$ استفاده شود مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را حساب کنید در صورتیکه برای انتقال حرکت از محور کار به محوریله هادی میز ماشین فرز از چرخ دنده هایی با نسبت $i_v = 1:1$ استفاده شود . و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6mm$ باشد .

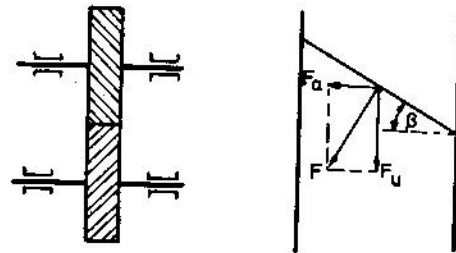
ج - اگر برای تقسیم دنده شانه ای دستگاه تقسیم مخصوص با نسبت $i = 1:1$ در اختیار باشد مقدار گردش دسته تقسیم چقدر خواهد شد ؟

چرخ دنده های مارپیچ

در چرخ دنده های مارپیچ دندانه ها بصورت مارپیچ روی بدن دندانه ای قرار گرفته اند . چون در این نوع چرخ دنده ها سطح اتکاء دندانه ها با بدنه چرخ دنده بیشتر است ، مقاومت آنها بیشتر از دندانه های چرخ دنده ساده مشابه می باشد .

بدلیل اینکه در چرخ دنده های مارپیچی همواره تعداد دندانه بیشتری از دو چرخ با هم درگیر بوده و تماس بین دندانه ها تدریجی می باشد انتقال حرکت در مقایسه با چرخ دنده ساده آرام تر بوده و با سر و صدای کمتری کار می کنند .

در این چرخ دنده ها نیروی وارد بر دندانه که عمود بر امتداد آنها اثر می کند (F) به دو نیروی محیطی F_u و نیروی محوری F_a تجزیه میشود که نیروی محیطی باعث گردش چرخ دندانه شده و نیروی محوری همواره سعی دارد چرخ دنده را از محور خارج کند . برای خنثی کردن این نیرو (F_a) در یاتاقان بندی محور اینگونه چرخ دنده ها از یاتاقانهای محوری استفاده می کنند . این موضوع در تیغه فرزهای مارپیچ نیز صادق بوده و در هنگام سوار کردن آنها روی درن ماشین فرز بایستی ترتیبی اتخاذ گردد که این نیروی محوری بسمت بدنه ماشین فرز باشد .



چرخ دنده های مارپیچ بر حسب مورد استعمال به دو صورت بشرح زیر مورد استفاده قرار می گیرند :

الف - چرخ دنده های مارپیچ با محورهای موازی .

ب - چرخ دنده های مارپیچ با محورهای متنافر .

محاسبات مربوط به چرخ دنده های مارپیچ - چنانچه در اثبات فرمول چرخ دنده های ساده در سال دوم گفته شد محیط متوسط چرخ دنده ها در روی پیشانی آنها از حاصل ضرب فاصله تقسیم (گام) در تعداد دندانه بدست می آید :

$$U_o = P \times Z$$

و چون در چرخ دنده های مارپیچ دندانه ها مورب قرار گرفته اند ، گامی که در پیشانی چرخ دنده وجود دارد (P_s) بزرگتر از گام نرمال آن (P_n) می باشد . گام نرمال عبارت از فاصله عمودی بین امتداد محور دودندانه روی دایره تقسیم می باشد .

در فرمول فوق m_n مدول تیغه فرزی است که جهت براده برداری از آن استفاده می‌کنیم.

محاسبه قطر دایره تقسیم - چون محیط متوسط چرخ دنده از جمع گامهای پیشانی حاصل میشود میتوان رابطه محیط متوسط را چنین نوشت :

$$U_o = P_s \times Z$$

یا

$$d_o \times \pi = m_s \times \pi \times Z \Rightarrow$$

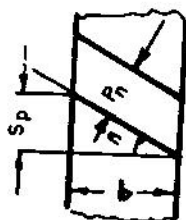
$$d_o = m_s \times Z$$

سایر محاسبات مربوط به چرخ دنده‌های مارپیچی مشابه چرخ دنده‌های ساده بوده و بغیر از قطر دایره تقسیم که با مدول پیشانی (m_s) محاسبه می‌شود بقیه عوامل چرخ دنده مارپیچ با مدول نرمال m_n محاسبه میگردد.

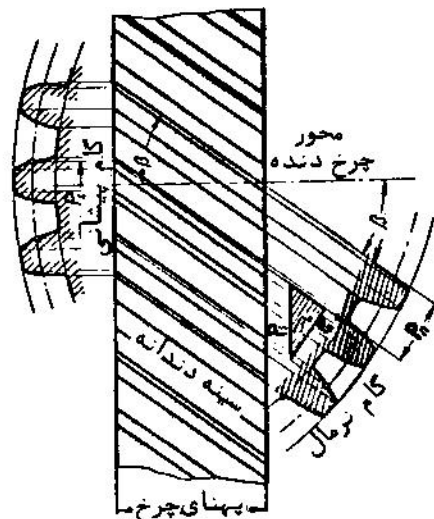
انتخاب زاویه انحراف در چرخ دنده‌های مارپیچ - برای اینکه در يك لحظه دندانه‌های بیشتری باهم درگیر شوند لازم است که دندانه‌ها نسبت به محور چرخ دندانه انحراف داشته باشند و برای اینکه در اثر این انحراف مؤلفه نیروی محوری وارد بر آنها زیاد نباشد این مقدار انحراف را (β) با اندازه فاصله تقسیم نرمال در پهنای چرخ دنده در نظر می‌گیرند بهمین دلیل زاویه انحراف در چرخ دنده‌های مارپیچ را زمانیکه با محورهای موازی بکار می‌روند حدود $\beta_1 = \beta_2 = 20^\circ$ انتخاب می‌کنند.

زاویه انحراف در چرخ دنده‌های مارپیچ با محورهای متنافر به نسبت انتقال حرکت بستگی داشته و معمولاً زاویه انحراف چرخ محرك را بیشتر از چرخ دنده متحرك انتخاب می‌کنند.

$$\beta_1 > \beta_2$$



محاسبه تعداد دنده ایده‌آل جهت انتخاب شماره تیغه فوز - همانطور که در چرخ دنده‌های ساده گفته شد برای انتخاب شماره تیغه فرز داشتن دو عامل مدول و تعداد دنده موجود در محیط چرخ دنده ضروری است. در چرخ دنده‌های مارپیچی مدول انتخابی همان مدول نرمال (m_n) خواهد بود ولی چون شکل دنده‌ها در این چرخ دنده‌ها در مقطع قائم بر مارپیچ باشکلی آن در مقطع عمود بر محور چرخ دنده (پیشانی چرخ دنده) تفاوت دارد بنابراین شماره تیغه فرز را از روی تعداد دندانه حقیقی انتخاب نکرده بلکه از روی تعداد دنده ایده‌آل



چنانچه از شکل زیر ملاحظه میشود میتوان بین گام پیشانی P_s و گام نرمال P_n رابطه‌ای برحسب زاویه انحراف β نوشت.

علائم اختصاری :

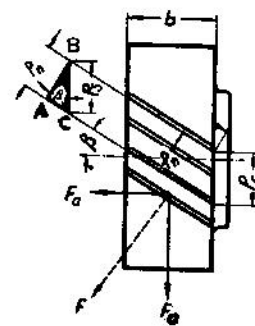
β = زاویه انحراف یا زاویه تنظیم.

P_s = گام پیشانی.

P_n = گام نرمال.

m_s = مدول پیشانی.

m_n = مدول نرمال.



در مثلث قائم الزاویه ABC میتوان نوشت :

$$\cos \beta = \frac{BA}{BC} = \frac{P_n}{P_s}$$

$$P_s = \frac{P_n}{\cos \beta}$$

اگر طرفین رابطه فوق را به عدد π تقسیم کنیم خواهیم داشت :

$$\frac{P_s}{\pi} = \frac{P_n}{\pi \cos \beta}$$

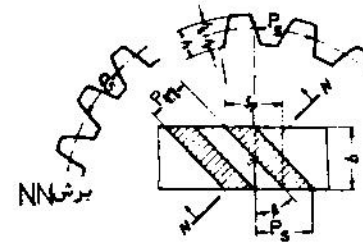
و با توجه به تعریف مدول میتوان بجای $\frac{P_s}{\pi} = m_s$ و بجای $\frac{P_n}{\pi} = m_n$ را

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

در فرمول فوق جانشین کرده و چنین نوشت :

(Z_i) که تعداد دنده آن بیش از تعداد دنده حقیقی بوده و به زاویه انحراف (β) بستگی دارد از فرمول زیر میتوان بدست آورد :

$$Z_i = \frac{Z}{(\cos \beta)^2}$$



اثبات فرمول فوق - اگر چرخ دنده مارپیچی را بوسیله صفحه‌ای عمود بر دنده‌های مارپیچ ببریم مقطع استوانه بریده شده به شکل بیضی خواهد بود که در آن b نصف قطر کوچک بیضی بوده و برابر است با $b = \frac{d_o}{2} = R_o$ و a نصف قطر بزرگ بیضی و R_i شعاع انحنا بیضی و در اصل شعاع چرخ دنده ایده‌آل ساده‌ای است که شماره تیغه فرز از روی تعداد دنده‌های فرضی واقع بر محیط آن انتخاب خواهد شد.

تعداد دنده واقع در روی چرخ دنده ایده‌آل با داشتن قطر آن و مدول نرمال برابر است با:

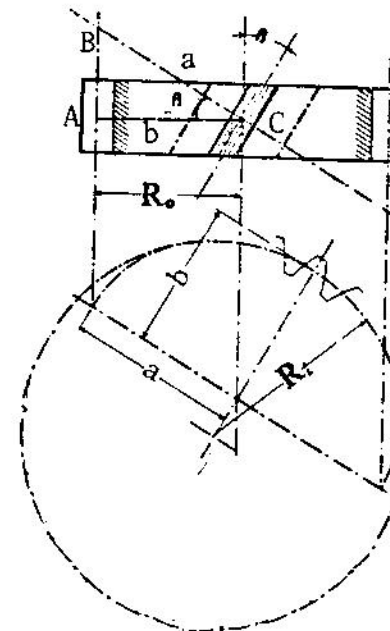
$$Z_i = \frac{2 R_i}{m_n} \quad \text{رابطه ۱}$$

شعاع R_i در اصل شعاع انحنا بیضی بوده و مقدار آن بازاء شعاع بزرگ و شعاع کوچک بیضی برابر است با:

$$R_i = \frac{a^2}{b} \quad \text{رابطه ۲}$$

در فرمول فوق مقدار $b = R_o$ بوده و برای محاسبه مقدار a از مثلث قائم الزاویه ABC میتوان نوشت :

$$\cos \beta = \frac{b}{a} \Rightarrow a = \frac{b}{\cos \beta} = \frac{R_o}{\cos \beta} \Rightarrow a = \frac{R_o}{\cos \beta}$$



اگر مقادیر a و b را در رابطه ۲ قرار دهیم خواهیم داشت :

$$R_i = \frac{a^2}{b} = \frac{\left(\frac{R_o}{\cos \beta}\right)^2}{R_o} = \frac{R_o^2}{R_o \cos^2 \beta} \Rightarrow R_i = \frac{R_o}{\cos^2 \beta}$$

و اگر مقدار حاصل برای R_i را در رابطه ۱ قرار دهیم میتوانیم بنویسیم :

$$Z_i = \frac{2 R_i}{m_n} = \frac{2 \left(\frac{R_o}{\cos^2 \beta}\right)}{m_n} = \frac{2 R_o}{m_n \cos^2 \beta}$$

و اگر در فرمول فوق بجای مدول نرمال معادل آن

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta} \Rightarrow m_n = m_s \cos \beta$$

$$Z_i = \frac{2 R_o}{m_s \cos \beta \times \cos^2 \beta} \Rightarrow Z_i = \frac{2 R_o}{m_s \cos^3 \beta}$$

و چون $Z = \frac{2 R_o}{m_s}$ میباشد با جایگزین کردن مقدار آن در فرمول فوق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Z_i = \frac{Z}{(\cos \beta)^3}$$

مسئله نمونه - مطلوبست محاسبات لازم جهت تراشیدن چرخ دنده مارپیچ با تعداد دنده $Z = 24$ و مدول حقیقی $m_n = 3 \text{ mm}$ و زاویه انحراف $\beta = 20^\circ$ در صورتیکه نسبت دستگاه تقسیم ۱ : ۴۰ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6 \text{ mm}$ در نظر گرفته شود.

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{3}{\cos 20^\circ} = \frac{3}{0.9397} = 3.1925 \text{ mm} \quad \text{حل}$$

$$d_o = m_s \times Z = 3.1925 \times 24 = 76.62 \text{ mm}$$

$$d_k = d_o + 2 m_n = 76.62 + 2 \times 3 = 82.62 \text{ mm}$$

$$b = 10 m_n = 10 \times 3 = 30 \text{ mm}$$

$$h = 2.167 m_n = 2.167 \times 3 = 6.5 \text{ mm}$$

$$Z_i = \frac{Z}{(\cos \beta)^3} = \frac{24}{(\cos 20^\circ)^3} = \frac{24}{(0.9397)^3} = \frac{24}{0.8297} = 28.92$$

با مراجعه به جدول شماره ۲۱ شماره تیغه فرز عبارت است از : $N_r = 5$

$$P = d_o \times \pi \times \cot \beta = 76.62 \times 3.14 \times 2.7475 = 661.01 \approx 660 \text{ mm}$$

$$n_k = \frac{40}{Z} = \frac{40}{24} = 1 \frac{16}{24} = 1 \frac{2}{3} = 1 \frac{14}{21}$$

زاویه محوری در چرخ دنده‌های مارپیچی - همانطور که گفته شد چرخ دنده‌های مارپیچ در دو حالت کلی با محورهای موازی یا محورهای متناظر با همدیگر کار میکنند که با توجه به مورد استفاده آنها جهت انحراف دندانه آنها ممکن است چپ و یا راست انتخاب شود .

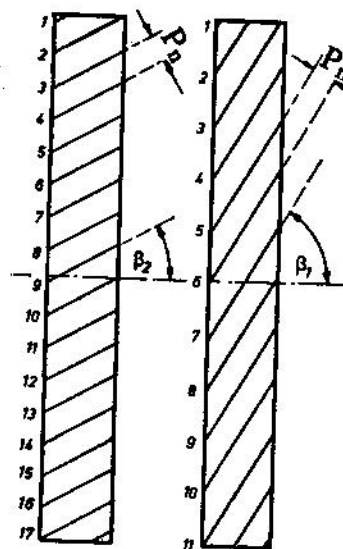
جدول شماره ۲۷ - زوایای محوری و جهت انحراف دندانه چرخ دنده‌های مارپیچی				
نسبت به هم محورها	زاویه محوری γ	زاویه انحراف β	جهت انحراف دندانه‌ها	شکل شماتیک
محورهای موازی	$\gamma = 0$	$\beta_1 = \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
محورهای متناظر	$\gamma < 90^\circ$ $\gamma = \beta_1 - \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	یکی چپ و یکی راست	
	$90^\circ < \gamma < 180^\circ$ $\gamma = \beta_1 + \beta_2$	$\beta_1 > \beta_2$	هر دو چپ و یا هر دو راست	

$$\frac{Z_t}{Z_g} = \frac{i \times P_r}{P} = \frac{40 \times 6}{660} = \frac{4}{11} = \frac{4 \times 1}{5.5 \times 2}$$

$$\frac{Z_1}{Z_g} = \frac{4(8)}{5.5(8)} \times \frac{1(24)}{2(24)} = \frac{32}{44} \times \frac{24}{48} = \frac{Z_1}{Z_r} \times \frac{Z_r}{Z_g}$$

جدول شماره ۲۶ - روابط چرخ دنده‌های مارپیچی با محورهای موازی

نام	فرمول
زاویه انحراف	$\beta = \cos \beta = \frac{m_n}{m_s}$ $d_x = m_s (Z + 2)$
مدول نرمال - حقیقی	$m_n = \frac{P_n}{\pi} = m_s \times \cos \beta$ $d_x = m_n (Z + 2)$
مدول پیشانی	$m_s = \frac{P_s}{\pi} = \frac{m_n}{\cos \beta}$
گام نرمال - حقیقی	$P_n = m_n \times \pi$
گام پیشانی	$P_s = m_s \times \pi$
قطر دایره تقسیم	$d_o = m_s \times Z$
قطر خارجی	$d_k = d_o + 2m_n$
قطر داخلی	$d_f = d_o - \frac{1.25}{p} m_n = d_o - 2.25 m_n$
ارتفاع دندانه	$h = h_k + h_r = \frac{p}{\pi} m_n + \frac{v}{p} m_n = \frac{1.25}{p} m_n = 2.25 m_n$
پهنای چرخ دنده	$b = 1.0 m_n$
پهنای دنده	$B = \frac{b}{\cos \beta}$
انحراف دندانه	$S_p = b \tan \beta$
ضخامت تاج چرخ دنده	$k > 1.6 m_n$
کامپویش چرخ دنده	$P = d_r \times x \times \cot \beta$
فاصله بین دو محور	$a = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2}$
تعداد دنده فرضی برای انتخاب تیفه لوز	$Z_i = \frac{Z}{\cos \beta}$



و چنانچه قطر متوسط دو چرخ دنده باهم مساوی باشند
 $d_{o1} = d_{o2}$ میتوان نوشت :

$$i = \frac{d_{o2} \times \cos \beta_2}{d_{o1} \times \cos \beta_1} \Rightarrow i = \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}$$

در این حالت (قطرها مساوی - زوایا مختلف)

اگر زاویه محوری آنها $\gamma = 90^\circ$ باشد خواهیم داشت :

$$\beta_1 + \beta_2 = \gamma \rightarrow \beta_1 + \beta_2 = 90^\circ$$

و چون زاویه β_1 و β_2 متمم یکدیگر میباشند بنابراین $\cos \beta_2 = \sin \beta_1$ بوده و در نتیجه
نسبت حرکت در این حالت برابر خواهد بود با :

$$i = \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} = \frac{\sin \beta_1}{\cos \beta_1} \Rightarrow i = \tan \beta_1$$

در جدول زیر زوایای انحراف برای دو چرخ دنده مارپیچ هم قطره با زاویه محوری
 $\gamma = 90^\circ$ باهم درگیر می باشند برای نسبت های داده شده در جدول مشخص شده است .

جدول شماره ۲۸ - نسبت و زوایای انحراف چرخ دنده های مارپیچ هم قطر با زاویه محوری $\gamma = 90^\circ$			
$d_{o1} = d_{o2}$ $\gamma = 90^\circ$	$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$	β_1	β_2
	۱ : ۱	45°	45°
	۱/۵ : ۱	$56^\circ 19'$	$33^\circ 41'$
	۲ : ۱	$63^\circ 26'$	$26^\circ 34'$
	۲/۵ : ۱	$68^\circ 12'$	$21^\circ 48'$
	۳ : ۱	$71^\circ 34'$	$18^\circ 26'$
	۳/۵ : ۱	$74^\circ 3'$	$15^\circ 57'$
	۴ : ۱	$75^\circ 58'$	$14^\circ 2'$
	۴/۵ : ۱	$77^\circ 28'$	$12^\circ 32'$
	۵ : ۱	$78^\circ 41'$	$11^\circ 19'$

برای تشخیص چپ و یا راست بودن چرخ دنده های مارپیچ آنها را به نحوی در معرض دید قرار میدهیم که محور آنها در امتداد قائم برافق باشد حال اگر انحراف دندانه ها سمت راست و بالا بود آنها را چرخ دنده مارپیچ راست و اگر سمت چپ و بالا بود چرخ دنده را مارپیچ چپ می نامیم .

در حالت کلی زاویه محوری بین دو چرخ دنده مارپیچی با توجه به زوایای انحراف آنها و همچنین جهت انحرافی که دندانه ها بایستی داشته باشند در جدول شماره ۲۷ مشخص شده است .

محاسبه نسبت حرکت در چرخ دنده های مارپیچ

نسبت حرکت در چرخ دنده های مارپیچ تا آنجا که به تعداد دندانه (Z) و عده دوران (n) مربوط میشود مانند نسبت چرخ دنده های ساده میباشد .

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

و اگر بخواهیم این نسبت را در حالت کلی برحسب قطر متوسط چرخ دنده های مارپیچ

بنویسیم بایستی از رابطه $d_o = z \times \frac{m_n}{\cos \beta}$ رابطه ای برحسب تعداد دندانه نوشته و در فرمول فوق قرار میدهیم .

$$d_o = z \times \frac{m_n}{\cos \beta} \Rightarrow z = \frac{d_o \times \cos \beta}{m_n}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\frac{d_{o2} \times \cos \beta_2}{m_n}}{\frac{d_{o1} \times \cos \beta_1}{m_n}} \Rightarrow i = \frac{d_{o2} \times \cos \beta_2}{d_{o1} \times \cos \beta_1}$$

حال اگر زوایای انحراف هر دو چرخ باهم مساوی باشند $\beta_1 = \beta_2$ رابطه نسبت حرکت بشرح زیر خواهد بود :

$$i = \frac{d_{o2} \times \cos \beta_1}{d_{o1} \times \cos \beta_1} \Rightarrow i = \frac{d_{o2}}{d_{o1}}$$

مسئله نمونه ۱- دو چرخ دنده مارپیچ با قطرهای مساوی و زاویه محوری $\gamma = 90^\circ$ باهم کار میکنند. اگر چرخ دنده محرك دارای عده دوران $n_1 = 80 \frac{u}{min}$ و عده دوران چرخ متحرك $n_2 = 60 \frac{u}{min}$ باشد حساب کنید:

الف - زاویه انحراف هریک از چرخ دنده‌ها را.

ب - تعداد دندانه چرخ متحرك را اگر تعداد دندانه چرخ محرك $Z_1 = 30$ باشد.

حل:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3} = 1/333 \text{ الف}$$

$$i = \frac{1}{333} \xrightarrow{\text{از جدول مثلثاتی}} \beta_1 = 53^\circ \text{ و } \alpha'$$

$$\beta_1 + \beta_2 = \gamma \Rightarrow \beta_2 = \gamma - \beta_1 = 90^\circ - 53^\circ \text{ و } \alpha' = 36^\circ \text{ و } 52'$$

$$\text{ب , } \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow Z_2 = \frac{n_1 \times Z_1}{n_2} = \frac{80 \times 30}{60} = 40$$

مسئله نمونه ۲- دو چرخ دنده مارپیچ با قطرهای متوسط $d_{o1} = 52/7 \text{ mm}$ و $d_{o2} = 158/1 \text{ mm}$ که زاویه انحراف چرخ محرك آن $26'$ و 18° میباشد روی دومتور با زاویه $\gamma = 90^\circ$ باهم کار می کنند حساب کنید نسبت انتقال حرکت آنها را.

حل:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{o2} \cos \beta_2}{d_{o1} \cos \beta_1} = \frac{d_{o2} \sin \beta_1}{d_{o1} \cos \beta_1} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} \operatorname{tg} \beta_1$$

$$i = \frac{158/1}{52/7} \times \operatorname{tg} 18^\circ \text{ و } 26' = \frac{158/1}{52/7} \times 0/3333 = 1$$

مسئله نمونه ۳- دوچرخ دنده مارپیچی بامحورهای متناظر دارای زاویه انحراف مساوی با هم ($\beta_1 = \beta_2 = 45^\circ$) و گام نرمال $t_n^p = 18/84 \text{ mm}$ و نسبت حرکت $i = 1/3$ میباشد اگر تعداد دنده چرخ متحرك $Z_1 = 54$ باشد محاسبات لازم جهت تراشیدن هردو چرخ را روی ماشین فرز انجام دهید در صورتیکه نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ و گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6 \text{ mm}$ باشد.

حل:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{Z_2}{54} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{Z_2}{54} \Rightarrow Z_2 = \frac{54}{3} = 18$$

$$m_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{18/84}{3/14} = 6 \text{ mm}$$

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{6}{\cos 45^\circ} = \frac{6}{0/707} = 8/4865 \text{ mm}$$

محاسبات چرخ دنده محرك $Z_1 = 54$

$$d_{o1} = m_s \times Z_1 = 8/4865 \times 54 = 458/271 \text{ mm}$$

$$d_{k1} = d_{o1} + 2m_n = 458/271 + 2 \times 6$$

$$d_{k1} = 470/271 \text{ mm}$$

$$Z_{i1} = \frac{Z_1}{(\cos \beta)^r} = \frac{54}{(0/707)^r} = \frac{54}{0/353} = 153$$

$$N_{r1} = 7$$

$$n_{k1} = \frac{40}{Z_1} = \frac{40}{54} = \frac{20}{27}$$

$$P_1 = d_{o1} \times \pi \times \cotg \beta_1 = d_{o1} \times \pi \times \cotg 45^\circ \\ = 458/271 \times 3/14 \times 1 = 1438/9 \approx 1440 \text{ mm}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{i \times P_1}{P_2} = \frac{40 \times 6}{1440} = \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1(24)}{2(24)} \times \frac{1(24)}{3(24)} = \frac{24}{48} \times \frac{24}{72}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{24}{48} \times \frac{24}{72} = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_2}{Z_3}$$

تمرینات

- ۱ - میخواهیم چرخ دنده مارپیچی که $\phi = 40^\circ$ دندانه داشته و زاویه انحراف آن $\beta = 20^\circ$ میباشد تراشیم. اگر مدول نرمال آن را $m_n = 2 \text{ mm}$ انتخاب کنیم، حساب کنید:
- الف - مدول پیشانی - قطردایره تقسیم - قطر خارجی - ارتفاع دندانه - شماره تیغه فرز.
- ب - چرخ دنده های تعویضی لازم جهت تنظیم حرکت میز ماشین اگر گام پیچ هادی آن $P_T = 4 \text{ mm}$ و نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد.
- ج - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را.
- ۲ - چرخ دنده مارپیچی به قطر خارجی $d_k = 50/679 \text{ mm}$ و با زاویه انحراف $\beta = 19/5^\circ$ بایستی تراشیده شود اگر تعداد دنده آن $Z = 22$ باشد حساب کنید:
- الف - مدول پیشانی - مدول نرمال - قطردایره تقسیم - ارتفاع دنده - تعداد دنده ایده آل جهت انتخاب شماره تیغه فرز را.
- ب - مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را در صورتیکه نسبت آن $i = 40:1$ باشد.
- ج - چرخ دنده های تعویضی مورد لزوم جهت تنظیم حرکت میز ماشین اگر گام پیچ هادی آن $P_T = 6 \text{ mm}$ باشد.
- ۳ - دو چرخ دنده مارپیچ با قطرهای مساوی که تصویر زاویه بین دو محور آنها $\gamma = 90^\circ$ است با تعداد دنده $Z_1 = 20$ و $Z_2 = 30$ و مدول نرمال $m_n = 10 \text{ mm}$ باید تراشیده شوند محاسبات لازم جهت تراشیدن هر یک از چرخ دنده ها را انجام دهید ($P_T = 5 \text{ mm}$ ، $i = 40:1$)
- ۴ - زوج چرخ دنده مارپیچی با تعداد دندانه $Z_1 = 28$ و $Z_2 = 56$ و $\beta_1 = 50^\circ$ و $\beta_2 = 40^\circ$ و $m_n = 2/75 \text{ mm}$ پس از محاسبه روی ماشین فرز تراشیده خواهند شد اگر گام پیچ هادی میز ماشین فرز $P_T = 6 \text{ mm}$ و نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد محاسبات لازم را انجام دهید.

چرخ دنده های مخروطی

چرخ دنده های مخروطی، مخروطهای ناقصی هستند که روی سطح جانبی آنها دندانه هایی ایجاد شده است. برای اینکه بدنه دندانه های دو چرخ دنده مخروطی درگیر با هم هنگام کار درست رویهم قرار گیرند باید رأس مخروطهای چرخ دنده ها در محل تقاطع محورهایشان بهم

محاسبات چرخ دنده متحرك $Z_1 = 18$

$$d_{or} = m_s \times Z_1 = 8/4865 \times 18 = 152/757 \text{ mm}$$

$$d_{k1} = d_{or} + 2m_n = 152/757 + 2 \times 6$$

$$d_{k1} = 164/757 \text{ mm}$$

$$Z_{i1} = \frac{Z_1}{(\cos \beta)^2} = \frac{18}{(0/707)^2} = \frac{18}{0/253} = 51$$

$$N_{r1} = 6$$

$$n_{k1} = \frac{\phi}{Z_1} = \frac{40}{18} = 2 \frac{4}{18} = 2 \frac{2}{9} = 2 \frac{6}{27}$$

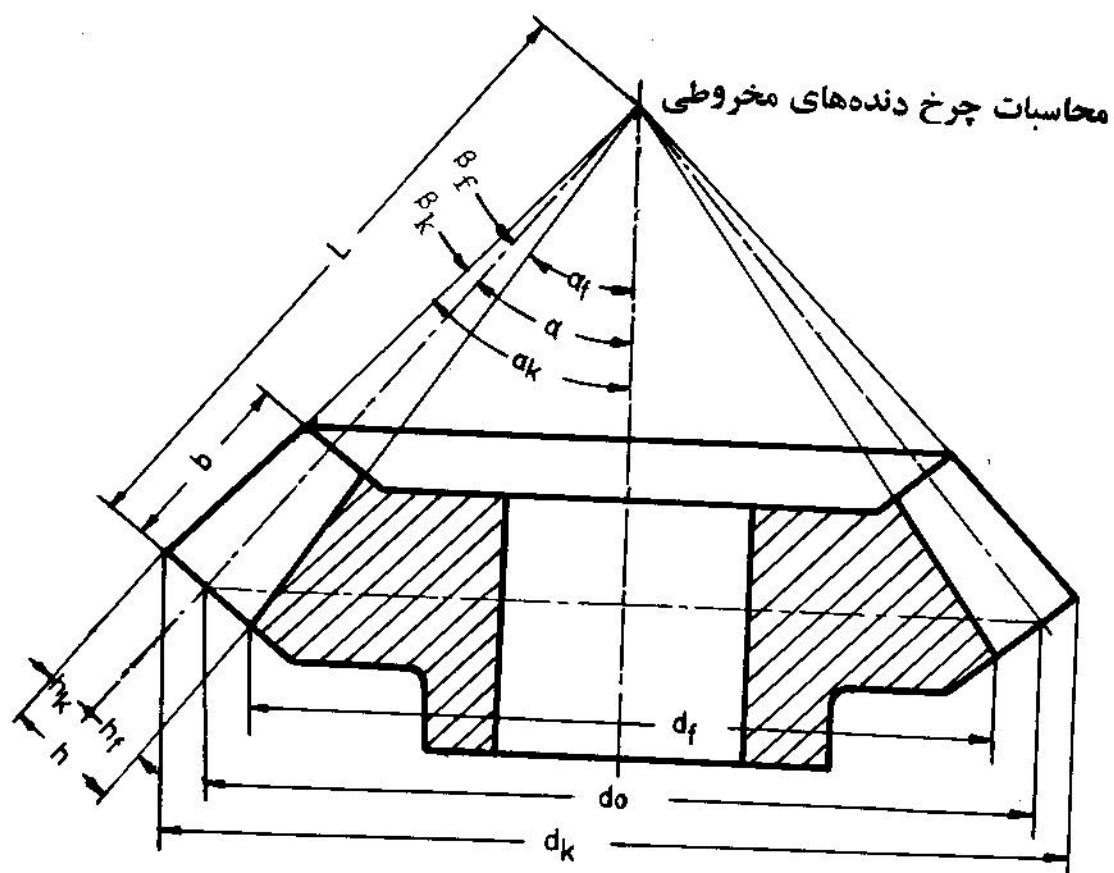
$$P_1 = d_{or} \times \pi \times \cot \beta_1 = d_{or} \times \pi \times \cot 45^\circ = 152/757 \times 3/14 \times 1 = 479/6 \approx 480 \text{ mm}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{i \times P_T}{P_1} = \frac{40 \times 6}{480} = \frac{24}{48} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{24}{48} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$h = 2/167 m_n = 2/167 \times 6 = 12 \text{ mm}$$

$$b = 10 m_n = 10 \times 6 = 60 \text{ mm}$$



محاسبات چرخ دنده‌های مخروطی

علائم اختصاری :

(کلیه اندازه‌های طولی برحسب میلیمتر و زاویه برحسب درجه می‌باشد)

m_a = مدول بزرگ

d_o = قطر دایره تقسیم

d_k = قطر خارجی

d_f = قطر داخلی

α = زاویه مخروط متوسط

α_k = زاویه مخروط سردنده (زاویه تراش)

α_f = زاویه مخروط پای دنده

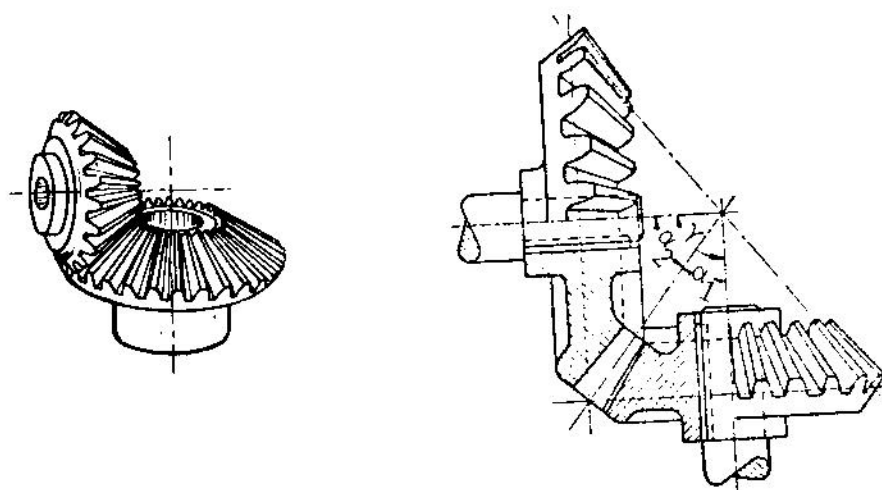
β_k = زاویه سر دنده

β_f = زاویه پای دنده

L = طول مولد مخروط

b = پهناي دنده

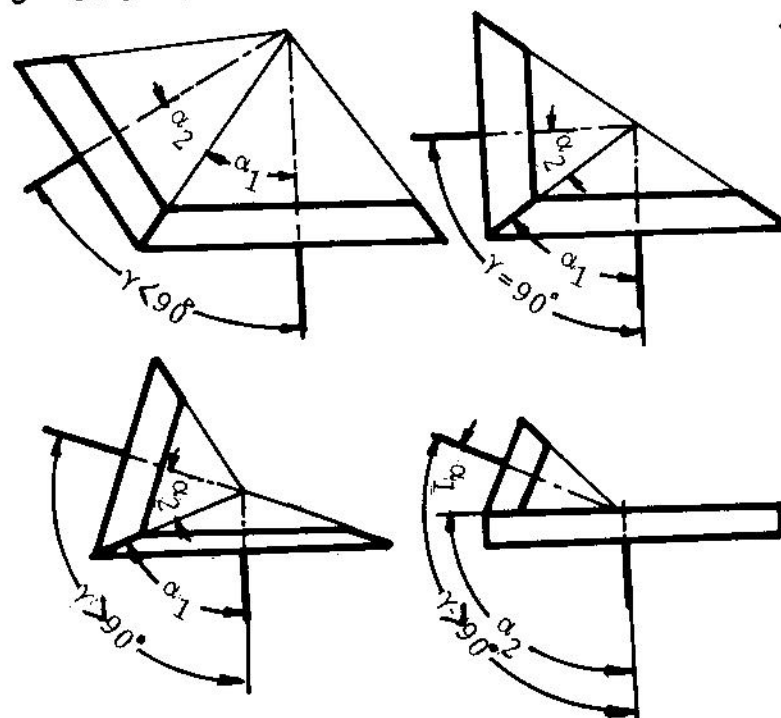
h = ارتفاع دنده



برسند در غیر این صورت انتقال حرکت بصورت نقطه‌ای انجام میشود که نتیجه آن سر و صدای زیاد و فرسودگی شدید دندانه‌ها میباشد .

چرخ دنده‌های مخروطی برای انتقال حرکت روی محورهای متقاطع (غیر موازی) که زاویه بین دو محور آنها اغلب ۹۰ درجه میباشد مورد استفاده قرار میگیرند مانند چرخ دنده‌های مخروطی دیفرانسیل اتومبیل و یا دستگاه تقسیم و غیرو. ولی مواردی نیز پیش می‌آیند که زاویه محوری بین دو چرخ دنده بزرگتر یا کوچکتر از ۹۰ درجه انتخاب شوند .

بطور کلی چرخ دنده‌های مخروطی در حالت‌های مختلف مطابق شکل زیر ممکن است باهم کار کنند .



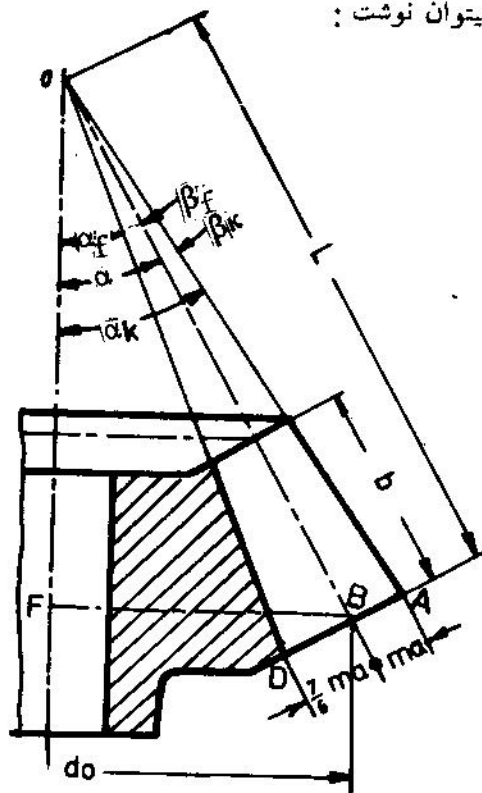
طول مولد مخروط متوسط - در چرخ دنده‌های مخروطی طول مولد مخروطهای متوسط هر دو چرخ دنده درگیر با هم باید مساوی باشند. برای محاسبه مقدار آن در مثلث OBF میتوان نوشت:

$$\sin \alpha = \frac{BF}{OB} = \frac{\frac{d_o}{2}}{L} = \frac{d_o}{2L}$$

$$L = \frac{d_o}{2 \sin \alpha}$$

پهنای دندانه - پهنای دندانه را معمولاً با اندازه $\frac{1}{3}$ مولد مخروط متوسط در نظر میگیرند:

$$b = \frac{L}{3} = \frac{d_o}{6 \sin \alpha}$$



زاویه مخروط سردنده (α_k) - این زاویه که دراصل همان زاویه انحراف سوپرت جهت تراشیدن مخروط اولیه روی ماشین تراش میباشد از مجموع زاویه مخروط متوسط (α) با زاویه سر دندانه (β_k) بدست میآید:

$$\alpha_k = \alpha + \beta_k$$

و برای محاسبه زاویه سر دندانه (β_k) از مثلث OAB میتوان نوشت:

$$\tan \beta_k = \frac{AB}{OB} = \frac{m_a}{L}$$

$$\tan \beta_k = \frac{m_a}{d_o} = \frac{m_a \times 2 \sin \alpha}{d_o} = \frac{m_a \times 2 \sin \alpha}{m_a \times Z} \Rightarrow \tan \beta_k = \frac{2 \sin \alpha}{Z}$$

قطر متوسط - در چرخ دنده‌های مخروطی قطرهای متوسط متعددی وجود دارند که در محاسبات بزرگترین قطر متوسط منظور میگردد، که از حاصلضرب تعداد دندانه در مدول بزرگ (m_a) بدست میآید:

$$d_o = m_a \times Z$$

قطر خارجی - قطر خارجی مخروط، که همان قطر تراش میباشد با توجه به شکل داده شده از روابط زیر بدست میآید:

$$d_k = d_o + 2x$$

و از مثلث ABC مقدار x برابر است با:

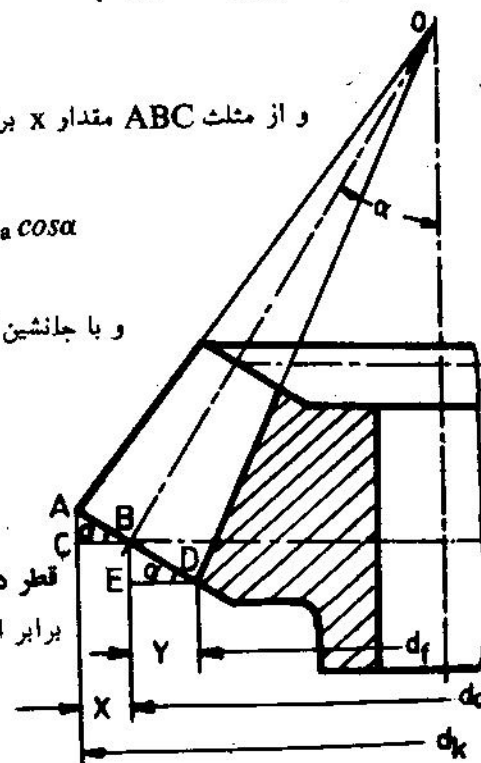
$$\cos \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{x}{m_a} \Rightarrow x = m_a \cos \alpha$$

و با جانشین کردن آن در فرمول فوق خواهیم داشت:

$$d_k = d_o + 2 m_a \cos \alpha$$

قطر داخلی - با توجه به شکل مقدار قطر داخلی برابر است با:

$$d_f = d_o - 2y$$



و برای محاسبه مقدار y در مثلث BDE میتوان نوشت:

$$\cos \alpha = \frac{ED}{DB} = \frac{y}{1/167 m_a}$$

$$y = 1/167 m_a \times \cos \alpha$$

و با جانشین کردن مقدار حاصل برای y در فرمول فوق خواهیم داشت:

$$d_f = d_o - 2/33 m_a \cos \alpha$$

زاویه مخروط پای دنده (α_f) - این زاویه از تفاضل زاویه مخروط متوسط (α) از زاویه پای دندانه (β_f) بدست میآید :

$$\alpha_f = \alpha - \beta_f$$

و مقدار زاویه β_f با توجه به مثلث OBD شکل قبل بشرح زیر محاسبه میگردد :

$$\operatorname{tg} \beta_f = \frac{\overline{BD}}{\overline{OB}} = \frac{1/167 m_a}{L} = \frac{1/167 \times 2 \sin \alpha}{Z} \Rightarrow \operatorname{tg} \beta_f = \frac{2/33 \sin \alpha}{Z}$$

$$\operatorname{tg} \beta_f = 1/167 \operatorname{tg} \beta_k$$

ارتفاع دندانه - روی قطر بزرگ چرخ دنده میتوان ارتفاع دندانه را مشابه چرخ دنده های ساده از رابطه زیر بدست آورد :

$$h = h_k + h_f = \frac{6}{6} m_a + \frac{7}{6} m_a = \frac{13}{6} m_a = 2/167 m_a$$

$$h = 2/167 m_a$$

مسئله نمونه - چرخ دندانه مخروطی با زاویه مخروط متوسط $\alpha = 30^\circ$ و تعداد دندانه $Z = 30$ مفروض است . اگر مدول آن $m_a = 1/5 \text{ mm}$ در نظر گرفته شود حساب کنید :
قطر دایره تقسیم - قطر خارجی - قطر داخلی - طول مولد مخروط متوسط - زاویه سردندانه - زاویه پای دندانه - زاویه مخروط سر دندانه - زاویه مخروط پای دندانه و عرض دندانه آنرا .
حل :

$$d_o = m_a \times Z = 1/5 \times 30 = 45 \text{ mm}$$

$$d_k = d_o + 2 m_a \cos 30^\circ = 45 + 2 \times 1/5 \times 0/866 = 47/60 \text{ mm}$$

$$d_f = d_o - 2/33 \times m_a \times \cos 30^\circ = 45 - 2/33 \times 1/5 \times 0/866 = 41/97 \text{ mm}$$

$$L = \frac{d_o}{2 \sin \alpha} = \frac{45}{2 \times \frac{1}{2}} = 45 \text{ mm}$$

$$\operatorname{tg} \beta_k = \frac{m_a}{L} = \frac{1/5}{45} = 0/022 \Rightarrow \beta_k \Rightarrow 1^\circ \text{ و } 53'$$

$$\operatorname{tg} \beta_f = 1/167 \operatorname{tg} \beta_k = 1/167 \times 0/022 = 0/028 \Rightarrow \beta_f \Rightarrow 2^\circ \text{ و } 10'$$

$$\alpha_k = \alpha + \beta_k = 30^\circ + 1^\circ \text{ و } 53' \text{ و } 53'$$

$$\alpha_f = \alpha - \beta_f = 30^\circ - 2^\circ \text{ و } 10' \text{ و } 50'$$

$$b = \frac{L}{3} = \frac{45}{3} = 15 \text{ mm}$$

زاویه مخروط متوسط - زاویه مخروط متوسط ، در چرخ دنده های مخروطی با توجه به تعداد دندانه های دو چرخ درگیر باهم و زاویه محوری بین آنها γ بشرح زیر تعیین میشود :
الف - $\gamma = 90^\circ$: در این حالت با توجه به شکل ، زاویه مخروط متوسط بشرح زیر محاسبه میگردد :

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\overline{AB}}{\overline{OB}} = \frac{d_{o1}}{d_{or}} \quad \text{در مثلث قائم الزاویه OAB میتوان نوشت :}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_{o1}}{d_{or}} = \frac{m_a \times Z_1}{m_g \times Z_r}$$

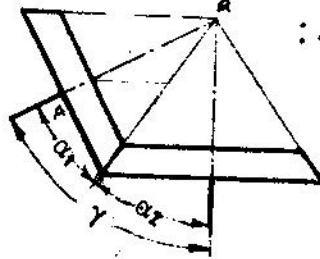
$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_r} = \frac{1}{i}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \frac{Z_r}{Z_1} = i \text{ یا } \alpha_r = 90^\circ - \alpha_1$$

ب - $\gamma < 90^\circ$: در این صورت زاویه مخروط متوسط چرخ دنده ها از فرمول زیر محاسبه میگردد :

$$\alpha_r = \gamma - \alpha_1$$

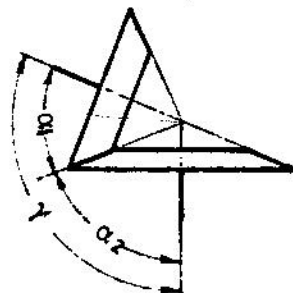
$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\sin \gamma}{\frac{Z_r}{Z_1} + \cos \gamma}$$



ج - $\gamma > 90^\circ$

$$\alpha_r = \gamma - \alpha_1$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\sin (180^\circ - \gamma)}{\frac{Z_r}{Z_1} - \cos (180^\circ - \gamma)}$$



د- در مواردی که چرخ دنده مخروطی با چرخ دنده بشقابی کار میکند زاویه بین دو محور $\gamma > 90^\circ$ بود و زاویه مخروط متوسط چرخ دنده بشقابی $\alpha_r = 90^\circ$ خواهد بود. میدانیم که در دو چرخ دندانه مخروطی درگیر باهم، مولد مخروط متوسط آنها با هم برابر است ($L_1 = L_2$) بنابراین برای بدست آوردن نسبت حرکت بین دو چرخ دنده مخروطی میتوان نوشت:

$$L_1 = L_2 \Rightarrow \frac{d_{o1}}{\sin \alpha_1} = \frac{d_{o2}}{\sin \alpha_2} \Rightarrow \frac{Z_1 \times \phi_d}{\sin \alpha_1} = \frac{Z_2 \times \phi_d}{\sin \alpha_2}$$

رابطه فوق را میتوان چنین نوشت:

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_2} = i$$

و چون زاویه مخروط متوسط چرخ دنده بشقابی $\alpha_r = 90^\circ$ درجه است بنابراین خواهیم داشت:

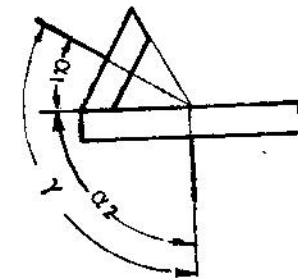
$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \alpha_1} = \frac{1}{\sin \alpha_1}$$

و از آنجا رابطه‌ای برای محاسبه زاویه مخروط متوسط چرخ دنده مخروطی درگیر با چرخ دنده مخروطی بشرح زیر بدست می‌آید:

$$\alpha_r = 90^\circ$$

$$\gamma = \alpha_1 + 90^\circ$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$$



مسئله نمونه ۱ - حساب کنید زاویه مخروط متوسط هر یک از دو چرخ دنده مخروطی $Z_1 = 40$ و $Z_2 = 60$ را اگر بخواهیم آنها را بازوایای محوری داده شده در زیر درگیر کنیم:

الف - $\gamma = 90^\circ$

ب - $\gamma = 60^\circ$

ج - $\gamma = 120^\circ$

د - اگر چرخ دنده متحرک (Z_2) بصورت بشقابی باشد و $\gamma = 120^\circ$

حل:

حالت اول: $\gamma = 90^\circ$

$$\tan \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{40}{60} = 0.666$$

$$\alpha_1 = 33^\circ \text{ و } 40' \quad \alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1 = 90^\circ - 33^\circ \text{ و } 40' = 56^\circ \text{ و } 20'$$

حالت دوم: $\gamma = 60^\circ$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\sin \gamma}{\frac{Z_2}{Z_1} + \cos \gamma} = \frac{\sin 60^\circ}{\frac{60}{40} + \cos 60^\circ}$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{0.866}{\frac{3}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{0.866}{2} = 0.433$$

از جدول $\alpha_1 \Rightarrow 25^\circ \text{ و } 24'$ $\alpha_2 = 60^\circ - 25^\circ \text{ و } 24' = 35^\circ \text{ و } 36'$

حالت سوم: $\gamma = 120^\circ$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\sin (180^\circ - \gamma)}{\frac{Z_2}{Z_1} - \cos (180^\circ - \gamma)} = \frac{\sin (180^\circ - 120^\circ)}{\frac{60}{40} - \cos (180^\circ - 120^\circ)}$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\sin 60^\circ}{\frac{3}{2} - \cos 60^\circ} = \frac{0.866}{1.5 - 0.5} = 0.866$$

از جدول $\alpha_1 \Rightarrow 40^\circ \text{ و } 54'$ $\alpha_2 = 120^\circ - 40^\circ \text{ و } 54' = 79^\circ \text{ و } 6'$

حالت چهارم: $Z_2 = 60^\circ$ بطور بشقابی است.

$$\alpha_r = 90^\circ$$

از جدول $\alpha_1 \Rightarrow 41^\circ \text{ و } 48'$ $\sin \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{40}{60} = 0.666$

$$\gamma = \alpha_2 + \alpha_1 = 90^\circ + 41^\circ \text{ و } 48' = 131^\circ \text{ و } 48'$$

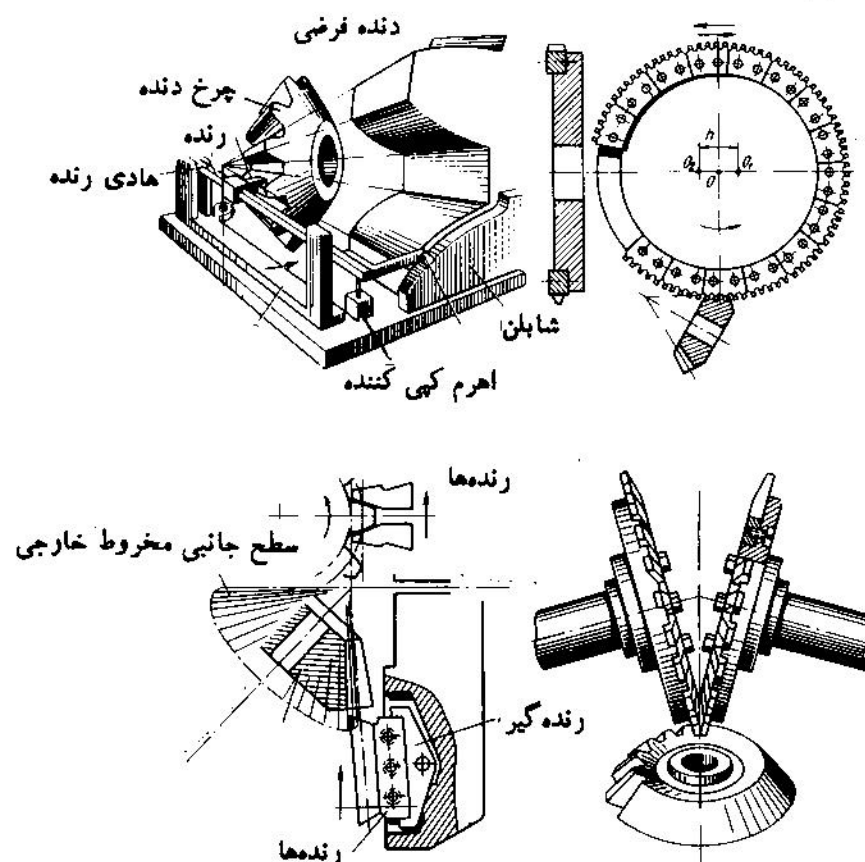
مسئله نمونه ۲ - دو چرخ دندانه مخروطی که زاویه بین محور آنها $\gamma = 90^\circ$ میباشد فروزند. اگر $Z_1 = 25$ و $Z_2 = 50$ و مدول آنها $m = 2.5 \text{ mm}$ باشد حساب کنید:

الف - قطر متوسط - زاویه مخروط متوسط و قطر خارجی هر یک از چرخ دنده‌ها را.

ب - ارتفاع کل دندانه - زاویه سردندانه - زاویه پای دندانه و پهنای دندانه را.

تراشیدن چرخ دنده‌های مخروطی

چون در چرخ دنده‌های مخروطی مدول در طول دندانه فرق میکند (یعنی هرچه به سمت رأس مخروط نزدیک‌تر شویم مدول کوچکتر میشود) لذا باید اینگونه چرخ دنده‌ها را بوسیله ماشینهای مخصوص تراش چرخ دنده‌های مخروطی تولید نمود . که در زیر اصول کار نمونه‌هایی از این گونه ماشینها بطور شماتیک نشان داده شده است .



در صورتیکه ماشین مخصوص در اختیار نبوده و تعداد چرخ دنده‌های مورد لزوم کم باشد و همچنین در موارد تعمیری بکمک ماشینهای فرز و نیورسال نیز میتوان اینگونه چرخ دنده‌ها را با استفاده از تیغه فرز مدولی تراشید . بدیهی است که دقت زیادی از اینگونه چرخ دنده‌ها نمیتوان انتظار داشت ولی در موارد ضروری میتوان رفع احتیاج نمود .

محاسبات مربوط به چرخ محرك

$$d_{o1} = m_a \times Z_1 = 2.5 \times 20 = 50 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{50} = 0.4 \Rightarrow \alpha_1 = 21^\circ 47'$$

$$\begin{aligned} d_{k1} &= d_{o1} + 2m_a \cos \alpha_1 \\ &= 50 + (2 \times 2.5 \times \cos 21^\circ 47') \\ &= 50 + (5 \times 0.9296) = 54.648 \text{ mm} \end{aligned}$$

محاسبات مربوط به چرخ متحرك

$$d_{o2} = m_a \times Z_2 = 2.5 \times 50 = 125 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1 = 90^\circ - 21^\circ 47' = 68^\circ 13'$$

$$\begin{aligned} d_{k2} &= d_{o2} + 2m_a \cos \alpha_2 \\ &= 125 + (2 \times 2.5 \times \cos 68^\circ 13') \\ &= 125 + (5 \times 0.3696) = 121.848 \text{ mm} \end{aligned}$$

محاسبات عوامل مشترك دو چرخ دنده

$$h = 2/167 m_a = 2/167 \times 2.5 = 5.41 \text{ mm}$$

$$\tan \beta_k = \frac{r \sin \alpha_1}{Z_1} = \frac{r \sin \alpha_2}{Z_2} = \frac{2 \times 0.3696}{20} = 0.03696$$

$$\beta_k \Rightarrow \text{از جدول} = 2^\circ 03'$$

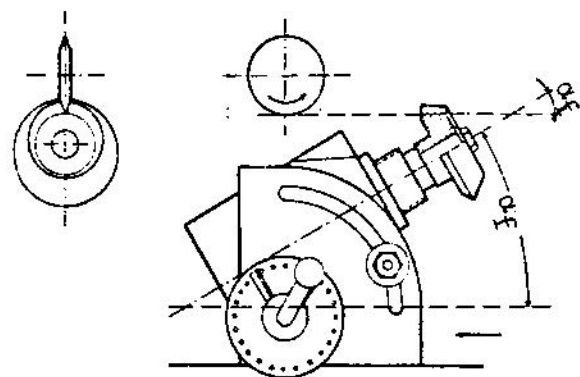
$$\tan \beta_r = 1/167 \tan \beta_k = 1/167 \times 0.03696 = 0.00221$$

$$\beta_r \Rightarrow \text{از جدول} = 2^\circ 05'$$

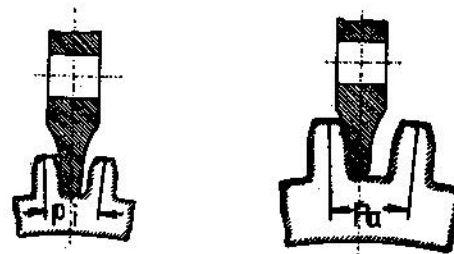
$$b = \frac{d_{o1}}{p \sin \alpha_1} = \frac{50}{6 \times 0.3696} = 22.25 \text{ mm}$$

تراشیدن چرخ دنده‌های مخروطی دنده مستقیم بکمک ماشین فرز

در این روش پس از تراش مخروط اولیه بوسیله ماشین تراش آنرا روی دستگاه تقسیم بسته و دستگاه تقسیم را با اندازه زاویه ته دنده (α_f) بسمت بالا منحرف میکنیم.



برای تراشیدن فضای خالی بین دندانه‌ها لازم است که تیغه فرز با مدول داخلی (m_i) یعنی مدول کوچکی که به جلو دندانه‌ها تعلق دارد عمل براده برداری را انجام دهیم. زیرا اگر با مدول خارجی m_a (بزرگ) عمل براده برداری انجام گیرد شیار جلو دندانه‌ها کشاد خواهد شد و مسلم است که با مدول کوچک نیز شیار عقب دندانه‌ها کوچک خواهد شد. ولی بترتیبی که بعداً گفته خواهد شد ممکن است با دوباره تراشی (بغل تراشی) عیب فوق را برطرف نمود.



محاسبه مدول کوچک (m_i) - با توجه به شکل و با شرط اینکه پهنای دندانه

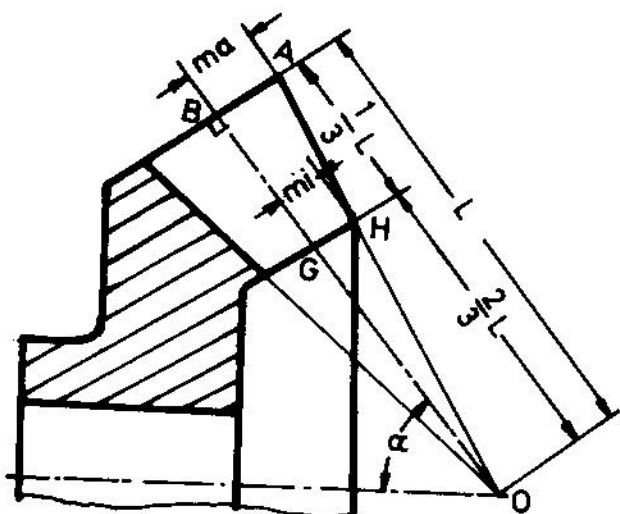
$b = \frac{L}{3}$ باشد رابطه زیر را از تشابه دو مثلث OAB با OHG میتوان نتیجه گرفت:

$$\frac{\overline{BA}}{\overline{GH}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{OG}}$$

$$\frac{m_a}{m_i} = \frac{L}{\frac{2}{3}L} = \frac{3L}{2L}$$

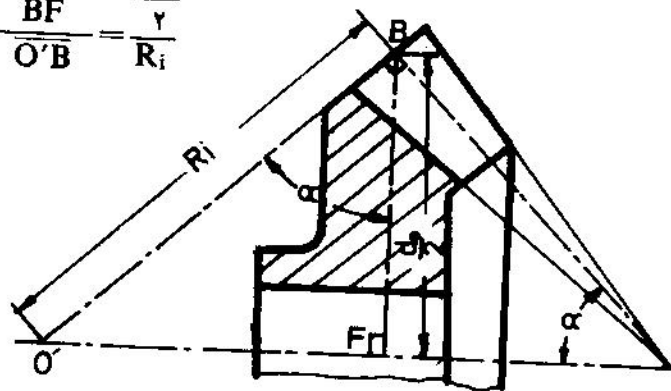
$$\frac{m_a}{m_i} = 1.5 \Rightarrow$$

$$m_a = 1.5 m_i$$



انتخاب شماره تیغه فرز - در چرخ دنده‌های مخروطی چون امتداد دندانه‌ها با محور چرخ دنده موازی نیست بنابراین نمی‌توان از شماره تیغه فرزی که برای تراشیدن چرخ دنده ساده با همان تعداد دنده بکار میرفت استفاده نمود. برای تعیین شماره تیغه فرز باید شعاع چرخ دنده ایده‌آلی را بدست آورد که در حکم چرخ دنده ساده باشد. در چرخ دنده مخروطی مطابق شکل ضلع $O'B = R_i$ شعاع چرخ دنده ایده‌آل خواهد بود. چنانچه مشاهده میشود این شعاع بر امتداد مولد مخروط متوسط عمود است. از مثلث $O'BF$ رابطه زیر را میتوان نتیجه گرفت:

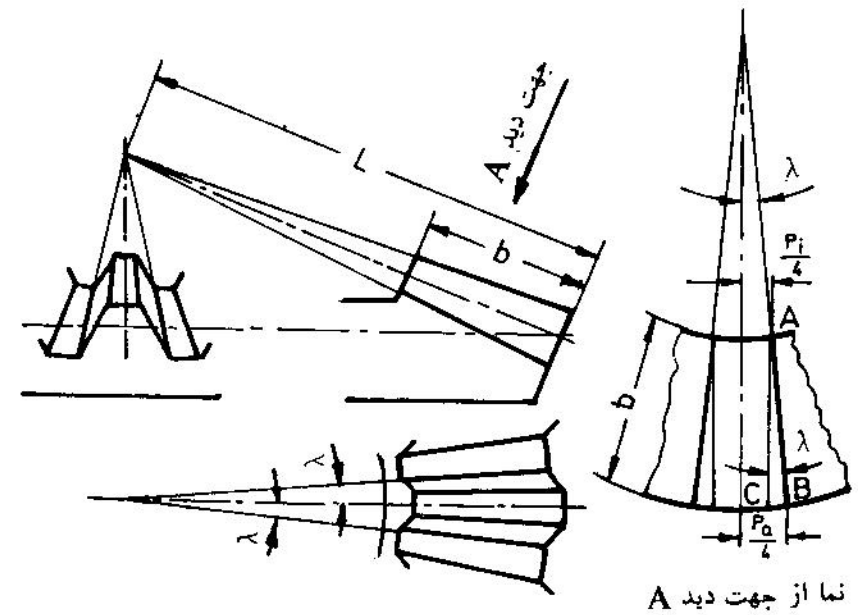
$$\cos \alpha = \frac{\overline{BF}}{\overline{O'B}} = \frac{\frac{d_o}{2}}{R_i}$$



$$\cos \alpha = \frac{d_o}{2R_i} = \frac{d_o}{D_i} = \frac{m_a \times Z}{m_a \times Z_i} = \frac{Z}{Z_i} \Rightarrow Z_i = \frac{Z}{\cos \alpha}$$

که در فرمول فوق Z_i تعداد دندانه ایده‌آل جهت انتخاب شماره تیغه فرز است.

محاسبه زاویه بغل دنده (λ) - پس از تراشیدن دندانه‌های چرخ دنده مخروطی با تیغه فرزیکه از روی مدول کوچک انتخاب شده، ملاحظه میشود که اندازه شکاف دندانه در سرتاسر بدنه یک اندازه ایجاد شده و چنانچه قبلاً گفته شد اندازه شیار روی بزرگترین محیط متوسط باید بیشتر از عرض شیار روی کوچکترین محیط متوسط باشد. بنابراین باید اندازه زاویه λ دنده‌ها را بغل تراشی کرد.



در مثلث قائم الزاویه ABC میتوان نوشت :

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\frac{P_a}{\varphi} - \frac{P_i}{\varphi}}{b} = \frac{P_a - P_i}{\varphi b} = \frac{m_a \times \pi - m_i \times \pi}{\varphi b} \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\pi (m_a - m_i)}{\varphi b}$$

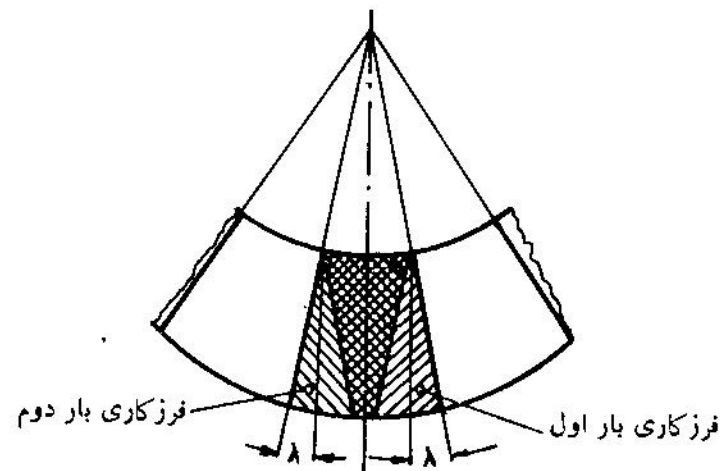
برای بغل تراشی بایستی دستگاه تقسیم را در امتداد افق باندازه زاویه λ منحرف کرد. اگر دستگاه تقسیم در امتداد افق قابل انحراف نبود میتوان با جابجا کردن دسته دستگاه تقسیم و در نتیجه گردش، این انحراف را بشرح زیر انجام داد :

پس از تراشیدن شیارهای مستقیم، بمنظور بغل تراشی، دسته دستگاه تقسیم را باندازه n_k' که در زیر محاسبه خواهد شد از محل خود جابجا می‌کنیم و این عمل مانند این است که به قطعه کار زاویه داده باشیم. و اگر نسبت دستگاه تقسیم $1:40 = i$ باشد مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم جهت انحراف چرخ دنده باندازه زاویه λ از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$n_k' = \frac{\lambda^\circ}{9^\circ} = \frac{\lambda'}{540'}$$

چون موقع منحرف کردن چرخ دنده باندازه زاویه λ شکاف از محل خود جابجا میشود، قطر بزرگ بیشتر از قطر کوچک منحرف شده و در نتیجه اگر پس از انحراف، تیغه فرز را با قسمت کوچک دندانه مماس کنیم با ادامه عملیات براده برداری از قسمت بزرگ دندانه (بغل تراشی) دندانه‌ها کامل خواهد شد.

راهنمایی - برای جلوگیری از اتلاف وقت بجای اینکه اول شکاف وسط را تراشیده و سپس زاویه بغل طرفین را بترسیم که به سه مرحله منجر خواهد شد. بهتر است همان موقع که اولین شکاف وسط را می‌تراشیم زاویه بغل یک طرف را گردانده و این مرحله تراش را برای کلیه دنده‌ها انجام دهیم. سپس دوبرابر زاویه بغل در جهت عکس دستگاه تقسیم را گردانده و پس از مماس کردن تیغه فرز با جلوی شیار تراشیده شده طرف دوم دنده‌ها را نیز کامل می‌کنیم.



مسئله نمونه ۱ - دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دندانه مساوی $Z_1 = Z_2 = 20$ با مدول $m_a = 3 \text{ mm}$ باید تراشیده شوند. اگر لازم باشد که زاویه محوری آنها $\gamma = 90^\circ$ باشد محاسبات لازم جهت تراشیدن آنها را بوسیله ماشین فرز انجام دهید، اگر نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد.

حل:
$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{20} = 1 \Rightarrow \alpha_1 = 45^\circ$$

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 \Rightarrow \alpha_2 = 90 - \alpha_1 = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

چنانچه مشاهده میشود هر دو چرخ دنده از هرنظر با هم مشابه بوده بنابراین کافی است محاسبات را فقط برای یکی از آنها انجام دهیم:

قطر دایره تقسیم $d_o = m_a \times Z = 3 \times 20 = 60 \text{ mm}$

قطر بزرگ $d_k = d_o + 2 m_a \cos \alpha = 60 + 2 \times 3 \times 0.707 = 64.24 \text{ mm}$

زاویه سر دنده $\operatorname{tg} \beta_k = \frac{2 \sin \alpha}{Z} = \frac{2 \times 0.707}{20} = 0.0707 \Rightarrow \beta_k = 4^\circ$

$\operatorname{tg} \beta_f = \frac{1/16 \times 2 \sin \alpha}{Z} = 1/16 \times 0.0707 = 0.0082 \Rightarrow \beta_f = 4' \text{ و } 40''$

زاویه مخروط سر دنده $\alpha_k = \alpha + \beta_k = 45^\circ + 4^\circ = 49^\circ$

زاویه مخروط پای دنده $\alpha_f = \alpha - \beta_f = 45^\circ - 4' \text{ و } 40'' = 40^\circ \text{ و } 20''$

پهنای دنده $b = \frac{d_o}{\sin \alpha} = \frac{60}{\sin 45^\circ} = 84.85 \text{ mm}$

ارتفاع دنده $h = 2/16 m_a = 2/16 \times 3 = 0.375 \text{ mm}$

تعداد دنده فرضی $Z_i = \frac{Z}{\cos \alpha} = \frac{20}{0.707} = 28$

شماره تیغه فرز از جدول شماره ۲۱ برابر است با:

$Nr = 5$ شماره تیغه فرز

مقدار گردش دسته تقسیم $n_k = \frac{i}{Z} = \frac{40}{20} = 2$

مدول کوچک $m_i = \frac{m_a}{1/5} = \frac{3}{1/5} = 15 \text{ mm}$

زاویه بغل دنده $\operatorname{tg} \lambda = \frac{\pi(m_a - m_i)}{4b} = \frac{3/14(3 - 15)}{4 \times 15} = 0.0523$

$\operatorname{tg} \lambda = 0.0523 \Rightarrow \lambda = 3^\circ$

حال بایستی دستگاه تقسیم با اندازه $\lambda = 3^\circ$ منحرف شود و اگر دستگاه تقسیم در امتداد افق قابل انحراف نبود، جهت بغل تراشی باید دسته تقسیم را با اندازه n_k' جابجا کرد.

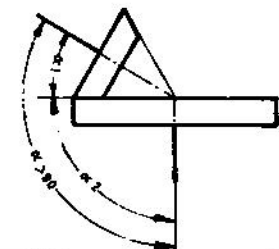
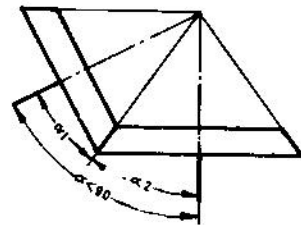
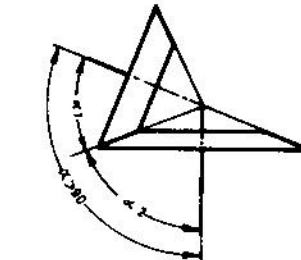
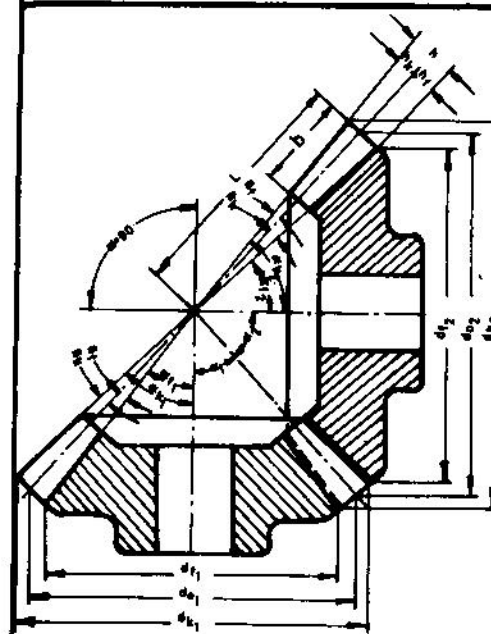
$$n_k' = \frac{\lambda^\circ}{9} = \frac{3}{9} = \frac{2(3)}{9(3)} = \frac{2}{27}$$

یعنی برای بغل تراشی ابتدا بایستی دسته دستگاه تقسیم، روی دایره سوراخدار ۲۷ سوراخه با اندازه ۹ فاصله جابجا کرده و عمل براده برداری را برای بغل تراشی يك طرف دنده‌ها انجام دهیم بدیهی است که برای تراشیدن بغل دوم دندانه‌ها روی دایره سوراخدار ۲۷ سوراخه باید با اندازه ۱۸ فاصله در جهت عکس، دسته دستگاه تقسیم را گردانده و عمل براده برداری را برای بغل تراشی کلیه دنده‌ها انجام دهیم.

تمرینات

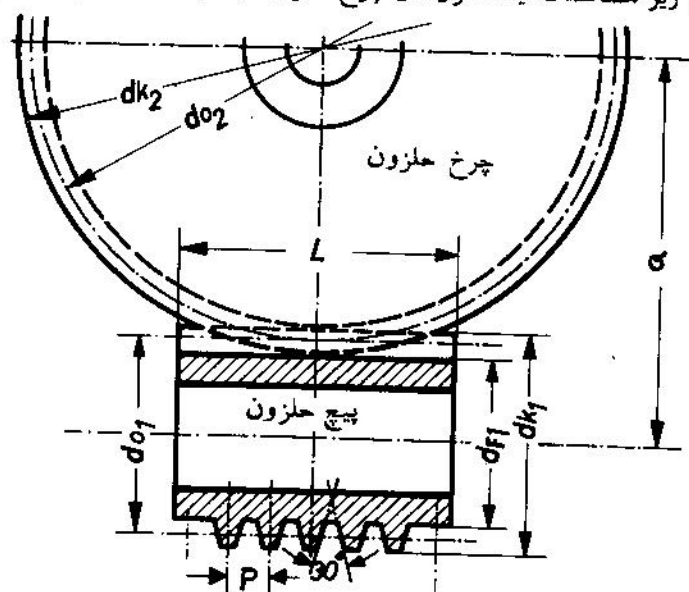
- ۱- دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دندانه‌های $Z_1 = 28$ و $Z_2 = 84$ و مدول $m_a = 1/5 \text{ mm}$ بایستی تراشیده شوند. اگر زاویه بین دو محور آنها $\gamma = 90^\circ$ باشد حساب کنید:
 - الف- زاویه مخروط متوسط - قطر متوسط - قطر خارجی هریک از چرخ دنده‌ها را.
 - ب- پال مخروط - زاویه سر دنده - زاویه پای دندانه آنها را.
 - ج- زاویه مخروط سر دنده - زاویه مخروط پای دنده هریک از دو چرخ دنده را.
- ۲- زوج چرخ دنده مخروطی با مدول $m_a = 3 \text{ mm}$ بایستی تهیه شوند. اگر تعداد دنده چرخ محرك ۲۸ و تعداد دنده چرخ متحرك ۴۲ و زاویه محوری بین آنها 90° باشد، حساب کنید:
 - زاویه مخروط متوسط α_1 و α_2 - قطر متوسط d_{o1} و d_{o2} - قطر خارجی d_{k1} و d_{k2} - زاویه مخروط سر دنده α_{k1} و α_{k2} و پهنای دندانه را.
- ۳- دو چرخ دنده مخروطی که زاویه بین دو محور آنها $\gamma = 90^\circ$ بوده و دارای تعداد دنده‌های $Z_1 = 28$ و $Z_2 = 56$ و مدول بزرگ $m_a = 3 \text{ mm}$ می‌باشد بایستی توسط ماشین‌فرز اونیورسال تراشیده شود. حساب کنید:
 - الف- زاویه مخروط متوسط - قطر متوسط - قطر خارجی هریک از چرخ دنده‌ها را.
 - ب- پال مخروط متوسط - پهنای دندانه - زاویه سر دنده - زاویه پای دنده آنها را.
 - ج- مدول كوچك - تعداد دندانه ایده‌آل جهت انتخاب شماره تیغه فرز - زاویه بغل دنده جهت بغل تراشی دنده‌ها را برای هر دو چرخ دنده.
 - د- مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم جهت تراشیدن هریک از دنده‌ها را اگر نسبت دستگاه تقسیم $i = 40:1$ باشد.
- ۴- تعداد دنده سه نظام ماشین متدای $Z_2 = 33$ و تعداد دنده آچار سه نظام $Z_1 = 11$ و مدول بزرگ آنها $m_a = 2/25 \text{ mm}$ بوده و توسط ماشین فرزی بایستی تراشیده شوند. اگر زاویه محوری بین دو چرخ دنده 90° درجه باشد محاسبات لازم را جهت تراشیدن آچار سه نظام انجام دهید.
- ۵- دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دنده‌های $Z_1 = 25$ و $Z_2 = 50$ مفروض است. حساب کنید زاویه مخروط متوسط هریک از آنها را در حالات زیر:
 - الف- زاویه بین دو محور $\gamma = 90^\circ$
 - ب- زاویه بین دو محور $\gamma = 70^\circ$

جدول شماره ۲۹ - روابط چرخ دنده‌های مخروطی



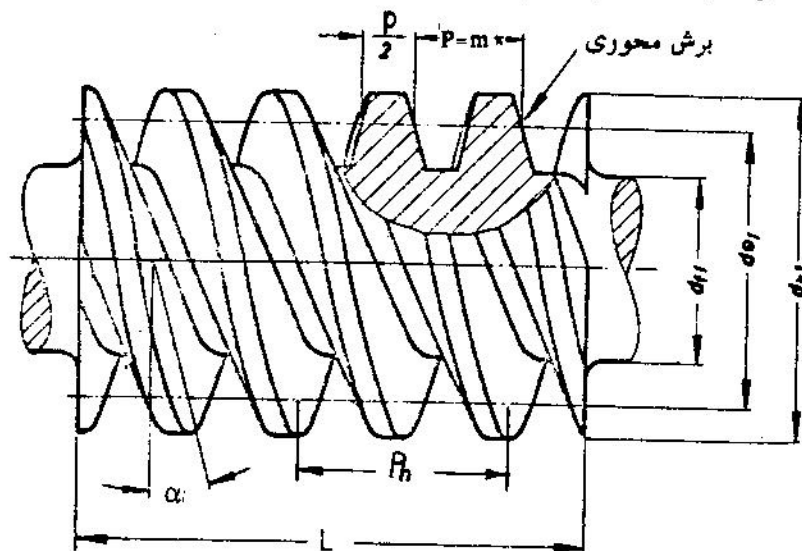
نام		روابط چرخ دنده محرك	روابط چرخ دنده متحرك
مدول		$m_a = \frac{P_a}{\pi} = \frac{d_{o1}}{Z_1}$	$m_a = \frac{P_a}{\pi} = \frac{d_{o2}}{Z_2}$
قطر دایره تقسیم		$d_{o1} = m_a \times Z_1$	$d_{o2} = m_a \times Z_2$
زاویه بین دو محور		$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2$	
زاویه مخروط متوسط	$\gamma = 90^\circ$	$tg \alpha_1 = \frac{Z_2}{Z_1}$	$tg \alpha_2 = \frac{Z_1}{Z_2}$
	$\gamma > 90^\circ$	$tg \alpha_1 = \frac{\sin (180^\circ - \gamma)}{\frac{Z_2}{Z_1} - \cos (180^\circ - \gamma)}$	$tg \alpha_2 = \frac{\sin (180^\circ - \gamma)}{\frac{Z_1}{Z_2} - \cos (180^\circ - \gamma)}$
	$\gamma < 90^\circ$	$tg \alpha_1 = \frac{\sin \gamma}{\frac{Z_2}{Z_1} + \cos \gamma}$	$tg \alpha_2 = \frac{\sin \gamma}{\frac{Z_1}{Z_2} + \cos \gamma}$
	حالت بشقابی	$\sin \alpha_1 = \frac{Z_2}{Z_1}$	$\alpha_2 = 90^\circ$
زاویه سر دندانه		$tg \beta_k = \frac{\gamma \sin \alpha_1}{Z_1} = \frac{\gamma \sin \alpha_2}{Z_2} = \frac{m_a}{L}$	
زاویه پای دندانه		$tg \beta_f = \frac{\gamma / \gamma \sin \alpha_1}{Z_1} = \frac{\gamma / \gamma \sin \alpha_2}{Z_2} = \frac{1 / 19 \gamma m_a}{L}$	
زاویه مخروط سر دندانه		$\alpha_{k1} = \alpha_1 + \beta_k$	$\alpha_{k2} = \alpha_2 + \beta_k$
زاویه مخروط پای دندانه		$\alpha_{f1} = \alpha_1 - \beta_f$	$\alpha_{f2} = \alpha_2 - \beta_f$
قطر خارجی		$d_{k1} = d_{o1} + \gamma m_a \cos \alpha_1$	$d_{k2} = d_{o2} + \gamma m_a \cos \alpha_2$
قطر داخلی		$d_{f1} = d_{o1} - \gamma / \gamma m_a \cos \alpha_1$	$d_{f2} = d_{o2} - \gamma / \gamma m_a \cos \alpha_2$
طول مولد مخروط متوسط		$L = \frac{d_{o1}}{\gamma \sin \alpha_1} = \frac{d_{o2}}{\gamma \sin \alpha_2}$	
پهنای دندانه		$b = \frac{1}{\gamma} \times L = \frac{d_{o1}}{\gamma \sin \alpha_1} = \frac{d_{o2}}{\gamma \sin \alpha_2}$	
ارتفاع دندانه		$h = \gamma / 19 \gamma m_a$	
مدول كوچك		$m_i = \frac{\gamma}{\gamma} m_a$	
تعداد دنده ایده‌آل		$Z_{i1} = \frac{Z_1}{\cos \alpha_1}$	$Z_{i2} = \frac{Z_2}{\cos \alpha_2}$
زاویه بغل دندانه		$tg \lambda = \frac{\pi (m_a - m_i)}{\gamma b}$	
مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم		$n_k' = \frac{\lambda'}{90} = \frac{\lambda'}{90 \gamma}$	

شکل زیر مشخصات يك حلزون و چرخ حلزون را در حالت درگیری باهم نشان میدهد .



محاسبات مربوط به پیچ حلزون

پیچ حلزون از نظر فرم دنده‌ها شبیه پیچ‌های دنده دوزنقه بوده و زاویه دنده آنها اغلب ۳۰ درجه و گاهی اوقات ۴۰ درجه انتخاب میشود ، با این تفاوت که ارتفاع دنده در این پیچها زیادتر میباشد . این پیچها چون با چرخ دنده‌های حلزون درگیر هستند گام آنها میتواند برحسب مدول در سیستم متریک و برحسب دیامترال پیچ در سیستم اینچی باشد .

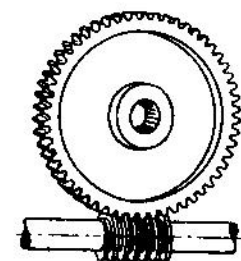


ج- زاویه بین دو محور $\gamma = 110^\circ$

۶- دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دنده $Z_1 = 20$ و $Z_2 = 100$ باهم کار میکنند اگر چرخ متحرك بصورت بشقابی بوده و زاویه مخروط متوسط آن $\alpha_r = 90^\circ$ باشد حساب کنید :
الف- زاویه مخروط متوسط چرخ دنده محرك و زاویه بین دو محور را .
ب- قطر خارجی - زاویه تراش مخروط - و پهنای دنده هریک از چرخ دنده‌ها را در صورتیکه مدول آنها $m_a = 4/5 \text{ mm}$ باشد .

حلزون و چرخ حلزون

روش انتقال حرکت بوسیله حلزون و چرخ حلزون شبیه چرخ دنده‌های مارپیچ بامحورهای غیر موازی (متناظر) بوده و معمولاً برای انتقال حرکت با زاویه محوری 90° مورد استفاده قرار میگیرند .



مورد استفاده حلزون و چرخ حلزون معمولاً در انتقال حرکتهای با نسبت بزرگ (تا $i = 60$) و بابعارت دیگر برای تقلیل عده دوران بوده و در مقایسه با سایر وسایل انتقال حرکت فضای کمتری را اشغال میکنند .
جهت انتقال حرکت اغلب از حلزون به سمت چرخ حلزون میباشد یعنی حلزون محرك و چرخ حلزون متحرك است .
اگر در مواردی لازم باشد که انتقال حرکت حتماً یکطرفه باشد (مانند دستگاه بالابر آسانسورها) بایستی زاویه گام (α) حلزون کمتر از ۵ درجه انتخاب شود .
از مزایای دیگر حلزون و چرخ حلزون بدون سر و صدا کار کردن آنها بوده و توسط آنها انتقال قدرت ، بسیار با صرفه بوده و دارای راندمان خوبی نیز هستند .

پیچ‌های حلزون را مانند سایر پیچ‌ها می‌توان یک‌راهه یا چند راهه و راست‌گرد یا چپ‌گرد تراشید. محاسبات مربوط به پیچ حلزون در سیستم متریک بشرح زیر می‌باشد.

علامت اختصاری :

$g = Z$ = تعداد راه‌های پیچ حلزون
 m = مدول برحسب میلیمتر
 P = گام ظاهری برحسب میلیمتر
 P_h = گام حقیقی برحسب میلیمتر
 d_o = قطر متوسط پیچ برحسب میلیمتر
 d_k = قطر خارجی پیچ برحسب میلیمتر
 d_f = قطر داخلی پیچ برحسب میلیمتر
 L = طول پیچ حلزون برحسب میلیمتر
 α = زاویه گام برحسب درجه
 h = ارتفاع کل دنده برحسب میلیمتر

محاسبه گام در پیچ حلزون = مقدار تغییر مکانی که بازا یک دور گردش پیچ حلزون روی دایره تقسیم‌چرخ دنده حلزون، بوجود می‌آید گام حقیقی نامیده و آنرا با P_h نشان داده و فاصله یک دنده پرویک دنده خالی را گام ظاهری نامیده و با حرف P نشان می‌دهیم. بدیهی است در پیچ‌های یک‌راهه گام حقیقی با گام ظاهری برابر است. محاسبات مربوط به گام پیچ‌های یک‌راهه و چند راهه بشرح زیر است :

$$P_h = g \times \overbrace{m \times \pi}^P = g \times P$$

در پیچ‌های یک‌راهه $g = 1$

$$P_h = P = 1 \times m \times \pi$$

$$P = m \times \pi$$

قطر متوسط = قطر متوسط پیچ حلزون را پس از انتخاب زاویه گام و با داشتن مقدار

مدول می‌توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$d_o = \frac{P_h}{\tan \alpha \times \pi}$$

لازم به تذکر است که معمولاً مقدار قطر متوسط را با توجه به شرایط نیروی انتقالی و فضای لازم و غیره قبلاً انتخاب و محاسبات را بر مبنای آن انجام می‌دهند.

ارتفاع دندانه = ارتفاع دندانه برای پیچ‌های حلزونی که زاویه گام آنها $\alpha \leq 20^\circ$ باشد از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$h = h_k + h_f$$

$$h_k = 1m$$

$$h_f = 1/167m$$

$$h = 1m + 1/167m$$

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

قطر خارجی - اندازه قطر خارجی پیچ حلزون از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$d_k = d_o + 2h_k$$

$$d_k = d_o + 2 \times m$$

قطر داخلی - اندازه قطر داخلی پیچ‌های حلزون از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$d_f = d_o - 2h_f = d_o - 2 \times 1/167m$$

$$d_f = d_o - 2/33 \times m$$

طول پیچ حلزون - طول پیچ حلزون به قطر چرخ دنده حلزون بستگی داشته و مقدار آن با توجه به طول درگیر پیچ حلزون با چرخ حلزون از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$L = 2 \times m \sqrt{Z + 1}$$

پیچ‌های مدولی را می‌توان مانند پیچ‌های دیگر روی ماشین تراش تراشید. بدیهی است در این حالت ماشین تراش را با توجه به مدول پیچ و با استفاده از جدول مدولی ماشین تراش بایستی تنظیم کرد.

این پیچ‌ها را با استفاده از تیغه فرزهای مخصوص روی ماشین فرز نیز می‌توان فرز-کاری کرد.

مسئله نمونه - پیچ حلزونی که قطر متوسط آن $d_{o1} = 40 \text{ mm}$ باید باشد با مدول $m = 2/5 \text{ mm}$ بایستی تراشیده شود. اگر تعداد راههای آن $g = 2$ باشد حساب کنید :

الف - گام ظاهری - گام حقیقی - زاویه گام - قطر خارجی و قطر داخلی آنرا .

ب - طول حلزون و ارتفاع دندانه آنرا اگر نسبت انتقال حرکت $i = \frac{20}{1}$ باشد .

حل : الف $P = m \times \pi = 2/5 \times 3/14 = 7/85 \text{ mm}$

$$P_h = P \times g = 7/85 \times 2 = 15/70 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{P_h}{d_{o1} \times \pi} = \frac{m \times \cancel{\pi} \times g}{d_{o1} \times \cancel{\pi}} = \frac{m \times g}{d_{o1}} = \frac{2/5 \times 2}{40} = 0/125$$

از جدول $\alpha \Rightarrow 7^\circ \text{ و } 10'$

$$d_{k1} = d_{o1} + 2m = 40 + 2 \times 2/5 = 45 \text{ mm}$$

$$d_{f1} = d_{o1} - 2/33m = 40 - 2/33 \times 2/5 = 34/17 \text{ mm}$$

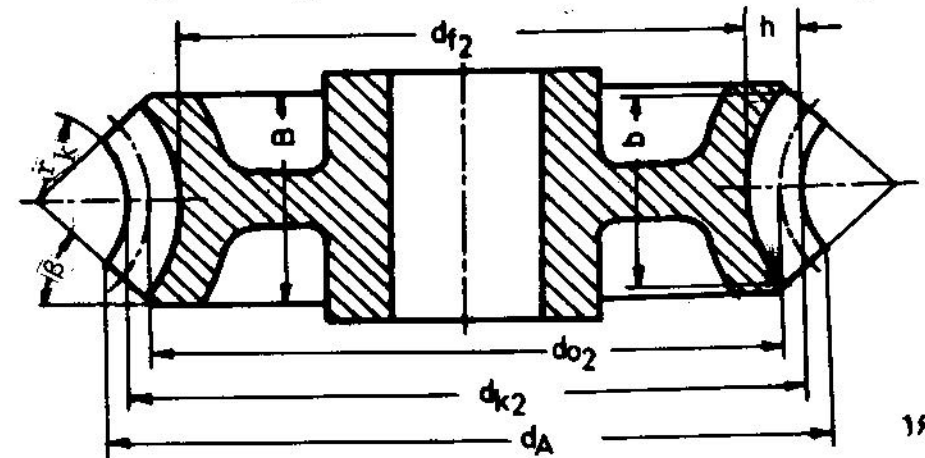
$$\text{ب , } i = \frac{Z_2}{g} \Rightarrow Z_2 = i \times g = 20 \times 2 = 40$$

$$L = 2m \sqrt{Z_2 + 1} = 2 \times 2/5 \sqrt{40 + 1} = 5 \sqrt{41} \approx 32 \text{ mm}$$

$$h = 2/167m = 2/167 \times 2/5 = 5/41 \text{ mm}$$

محاسبات مربوط به چرخ دنده حلزون

دندانه‌های چرخ حلزون شبیه قسمتی از مهره‌ای می‌باشد که روی یک پیچ دوزنقه‌ای قرار گرفته باشد. دندانه‌های چرخ حلزون نسبت به محور چرخ دنده زاویه‌ای دارند که برابر با زاویه گام پیچ حلزون (α) می‌باشد. شکل زیر مشخصات یک چرخ دنده حلزونی را نشان می‌دهد.



علام اختصاری :

m = مدول برحسب میلیمتر

Z_2 = تعداد دندانه چرخ حلزون

d_{o1} = قطردایره تقسیم برحسب میلیمتر

d_{k1} = قطر خارجی برحسب میلیمتر

d_{f1} = قطر داخلی برحسب میلیمتر

β = زاویه پخ بغل دنده برحسب درجه

d_A = قطر تراش برحسب میلیمتر

r_k = شعاع قوس سر دندانه برحسب میلیمتر

h = ارتفاع دندانه برحسب میلیمتر

B = پهنای چرخ دنده برحسب میلیمتر

b = پهنای دندانه برحسب میلیمتر

برای آماده کردن چرخ حلزون جهت فرزکاری، لازم است ابتدا روی ماشین تراش قطعه را به فرم لازم تراشید. برای این منظور ابتدا نیاز به داشتن اندازه‌هایی بشرح زیر است :

۱ - قطر تراش که از رابطه زیر مقدار آن بدست می‌آید :

$$d_A = d_{k1} + m$$

۲ - برای درگیری بیشتر حلزون با چرخ دنده حلزون در قسمت سر دنده قوسی با شعاع r_k باید تراشیده شود که این مقدار با توجه به لقی بین حلزون و چرخ حلزون به قطر متوسط پیچ حلزون بستگی داشته و مقدار آن را میتوان از رابطه زیر بدست آورد :

$$r_k = \frac{d_{o1}}{2} - m$$

۳ - پهنای چرخ دنده - مقدار آن با توجه به مقدار نیروی انتقالی و جنس چرخ دنده و غیره محاسبه میشود که مقدار تقریبی و تجربی آن برابر است با :

$$B = 0/6 d_{o1} \dots 0/8 d_{o1}$$

یا

$$B = 6 \dots 10 \text{ mm}$$

۴ - زاویه پخ بغل دنده (β) - مقدار این زاویه را با داشتن قطر متوسط حلزون و گام

از رابطه تجربی زیر بدست میآوریم :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2 \times P \times f}{d_{o1} + 1/2 P}$$

در رابطه فوق f خربیی است از تعداد دنده چرخ دنده حلزون و مقدار آن از جدول زیر بدست میآید :

Z	۲۸	۳۶	۴۵	۵۶	۶۲	۶۸	۷۶	۸۴
f	۱/۹	۲/۱	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۲/۸	۲/۹

با داشتن مقدار زاویه β میتوان زاویه انحراف سوپرت ماشین تراش جهت تراشیدن پخ چرخ دنده را از رابطه زیر بدست آورد :

$$\frac{\alpha}{2} = 90 - \beta$$

سایر روابط محاسباتی مربوط به چرخ دنده های حلزون مشابه چرخ دنده های ساده بوده و برای رعایت اختصار روابط مربوطه در جدول شماره ۳۰ داده شده است .

مسئله نمونه ۱- چرخ دنده حلزونی که ۴۰ دندانه داشته و مدول آن $m = 2/5 \text{ mm}$ میباشد بایستی تراشیده شود . اگر قطر متوسط پیچ حلزون درگیر با آن $d_{o1} = 40 \text{ mm}$ باشد حساب کنید :

الف - قطر متوسط - قطر خارجی - قطر تراش - شعاع قوس سردنده - پهنای چرخ دنده را .

ب - زاویه انحراف سوپرت جهت تراشیدن پخ سردنده را .

ج - فاصله دو محور را .

حل :

$$\text{الف , } d_{o1} = m \times Z_1 = 2/5 \times 40 = 100 \text{ mm}$$

$$d_{k1} = d_{o1} + 2m = 100 + 2 \times 2/5 = 105 \text{ mm}$$

$$d_A = d_{k1} + m = 105 + 2/5 = 107/5 \text{ mm}$$

$$r_k = \frac{d_{o1}}{2} - m = \frac{40}{2} - 2/5 = 20 - 2/5 = 17/5 \text{ mm}$$

$$B = 10 \times m = 10 \times 2/5 = 25 \text{ mm}$$

$$\text{ب , } \operatorname{tg} \beta = \frac{2 \times P \times f}{d_{o1} + 1/2 P}$$

$$P = m \times \pi = 2/5 \times 3/14 = 7/85 \text{ mm}$$

مقدار f از جدول صفحه ۱۶۸ برابر است با :

$$f = 2/2$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2 \times 7/85 \times 2/2}{40 + 1/2 \times 7/85} \approx 0/7 \quad \beta \Rightarrow = 35^\circ$$

$$\frac{\alpha}{2} = 90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$$

$$\text{ج , } a = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2} = \frac{40 + 100}{2} = 70 \text{ mm}$$

مسئله نمونه ۲- در دستگاه انتقال حرکتی از حلزون و چرخ حلزون استفاده شده است . اگر

عده دوران محور محرك $n_1 = 1260 \frac{u}{\min}$ و عده دوران چرخ دنده حلزون

$n_2 = 30 \frac{u}{\min}$ و گام آنها $P = 25/12 \text{ mm}$ و پیچ حلزون دارای قطر متوسط

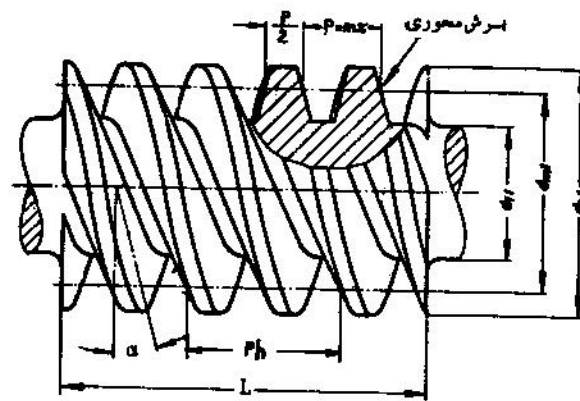
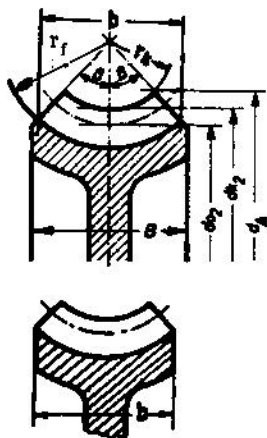
$d_{o1} = 85 \text{ mm}$ بوده و یکراجه باشد، محاسبات لازم را جهت تراشیدن حلزون و چرخ حلزون انجام دهید .

حل :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1260}{30} = \frac{42}{1} \quad \text{و} \quad m = \frac{P}{\pi} = \frac{25/12}{3/14} = 8 \text{ mm}$$

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \Rightarrow Z_2 = i \times Z_1 = 42 \times 1 = 42$$

جدول شماره ۳. محاسبات مربوط به پیچ حلزون و چرخ دنده حلزون



محاسبات مربوط به چرخ دنده حلزون		محاسبات مربوط به پیچ حلزون																			
نام	فرمول	نام	فرمول																		
مدول	$m = \frac{P}{\pi}$	مدول	$m = \frac{P}{\pi}$																		
گام	$P = m \times \pi$	گام ظاهری	$P = m \times \pi$																		
قطر متوسط	$d_{o1} = m \times Z_1$	گام حقیقی	$P_h = P \times g = m \times \pi \times g$																		
قطر خارجی	$d_{k1} = d_{o1} + 2m$	تعداد راه پیچ	$g = \frac{P_h}{P}$																		
قطر تراش	$d_A = d_{k1} + m$	قطر متوسط	$d_{o1} = \frac{P_h}{\text{tg} \alpha \times \pi} \quad \text{یا} \quad \frac{v \times p_o}{\pi \times n} = \text{اندازه اسی}$																		
قطر داخلی	$d_{r1} = d_{o1} - 2/22 m$	زاویه گام	$\text{tg} \alpha = \frac{P_h}{d_{o1} \times \pi}$																		
پهنای درگیری دنده	$b = 2r_f \sin \beta$	قطر خارجی	$d_{k1} = d_{o1} + 2m$																		
پهنای چرخ دنده	$B = 0.9 d_{o1} \dots 0.8 d_{o1} \quad \text{یا} \quad 6 \dots 10 m$ $B = b + 0.25 p$	قطر داخلی	$d_{r1} = d_{o1} - 2/22 m$																		
ارتفاع دندانه	$h = 2.167 m$	ارتفاع دندانه	$h = 2.167 m$																		
شعاع سردندانه	$r_k = \frac{d_{o1}}{2} - m$	طول پیچ	$L = 2m / \sqrt{Z_1 + 1}$																		
شعاع ته دندانه	$r_f = \frac{d_{o1}}{2} + 1/16 m$	زاویه دندانه هارتن	$= 30^\circ \quad \text{یا} \quad 40^\circ$																		
زاویه پیچ سردندانه	$\text{tg} \beta = \frac{2 \times P \times f}{d_{o1} + 1/2 P}$	فاصله دوجوهر	$a = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2}$																		
ضریب f	<table><tr><td>Z</td><td>28</td><td>36</td><td>45</td><td>56</td><td>67</td><td>78</td><td>97</td><td>127</td></tr><tr><td>f</td><td>1/9</td><td>2/9</td><td>2/3</td><td>2/5</td><td>2/6</td><td>2/7</td><td>2/8</td><td>2/9</td></tr></table>	Z	28	36	45	56	67	78	97	127	f	1/9	2/9	2/3	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9		
Z	28	36	45	56	67	78	97	127													
f	1/9	2/9	2/3	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9													

محاسبات مربوط به پیچ حلزون

$$P = 25/12 \text{ mm}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{P}{d_{o1} \times \pi} = \frac{m \times \pi}{d_{o1} \times \pi} = \frac{m}{d_{o1}}$$

$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{\lambda}{\lambda_5} = 0.09$$

از جدول
 $\alpha_1 \Rightarrow 5^\circ, 10^\circ$

$$d_{o1} = 85 \text{ mm}$$

$$d_{k1} = d_{o1} + 2m = 85 + 2 \times 8 = 101 \text{ mm}$$

$$L = 2m / \sqrt{Z_1 + 1} = 2 \times 8 / \sqrt{42 + 1}$$

$$L = 16 / \sqrt{43} = 16 \times 6/55 = 104/8 \text{ mm}$$

$$h = 2/167 m = 2/167 \times 8 = 17/23 \text{ mm}$$

$$a = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2} = \frac{85 + 226}{2} = 210/5 \text{ mm}$$

محاسبات مربوط به چرخ دنده حلزون

$$P = 25/12 \text{ mm}$$

$$d_{o2} = m \times Z_2 = 8 \times 42 = 336 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = d_{o2} + 2m = 336 + 2 \times 8 = 352 \text{ mm}$$

$$d_A = d_{k2} + m = 352 + 8 = 360 \text{ mm}$$

$$r_k = \frac{d_{o1}}{2} - m = \frac{85}{2} - 8 = 34/5 \text{ mm}$$

$$\text{tg} \beta = \frac{2 \times P \times f}{d_{o1} + 1/2 P} = \frac{2 \times 25/12 \times 2/3}{85 + 1/2 \times 25/12}$$

$$\text{tg} \beta = \frac{115/55}{115/14} \approx 1 \quad \beta = 45^\circ$$

$$\frac{\alpha}{2} = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

$$B = 10 m = 10 \times 8 = 80 \text{ mm}$$

تعمینات

۱- در يك دستگاه حلزون و چرخ حلزون اگر قطر متوسط پیچ حلزون $d_{o1} = 80 \text{ mm}$ و تعداد راه آن $g = 1$ و مدول آنها $m = 13 \text{ mm}$ و نسبت آنها $i = \frac{40}{1}$ و عده دوران حلزون $n_1 = 1440 \frac{u}{\text{min}}$ باشد حساب کنید :

الف - تعداد دندانه و عده دوران چرخ حلزون را .

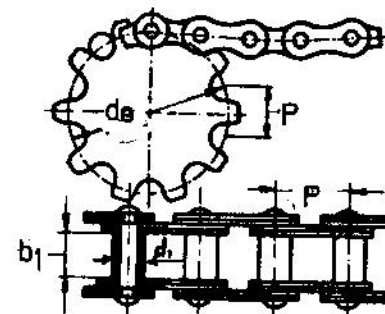
ب - گام - زاویه گام - قطر خارجی - قطر داخلی - ارتفاع دندانه و طول پیچ حلزون را .
ج - گام - قطر متوسط - قطر خارجی - قطر تراش - قطر داخلی - پهنای درگیری - ارتفاع دندانه - شعاع سر دندانه و زاویه پخ سر دندانه چرخ حلزون را .

۲- پیچ حلزون دوراهه‌ای با مدول $m = 2.5 \text{ mm}$ با چرخ دنده حلزونی درگیر است اگر نسبت بین دو چرخ $i = 40 : 1$ و قطر متوسط پیچ حلزون $d_{o1} = 50 \text{ mm}$ باشد حساب کنید :

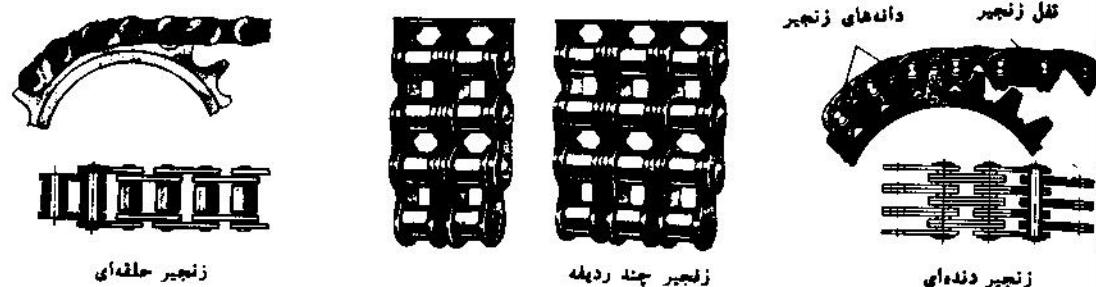
الف - گام - زاویه مارپیچ متوسط - قطر خارجی - قطر داخلی و طول پیچ حلزون را .
ب - تعداد دندانه - قطر متوسط - قطر تراش - قطر خارجی - شعاع قوس سر دنده و ضخامت چرخ حلزون را .

چرخ زنجیرها

یکی دیگر از روشهای انتقال حرکت استفاده از زنجیر و چرخ زنجیر میباشد . زمانی که لازم باشد انتقال نیرو یا حرکت در محورهای با فاصله زیاد بدون افت دور بوده و از طرفی مقدار نیروی انتقالی زیاد باشد از زنجیر و چرخ زنجیر استفاده می‌کنیم .



معمولاً در ماشینهای ابزار و وسائط نقلیه ازدو نوع زنجیر مطابق شکل زیر استفاده میگردد.



در مواردی که مقدار نیروی انتقالی خیلی زیاد باشد از زنجیر و چرخ زنجیر چند ردیفه مطابق شکل فوق نیز استفاده میگردد .

لازم به توضیح است که تعداد دندانه چرخ زنجیرهاییکه بکمک زنجیرهای حلقه‌ای به حرکت درمی‌آیند نباید کمتر از ۱۲ دندانه و در چرخ زنجیرهاییکه بکمک زنجیرهای دنده‌ای به حرکت درمی‌آیند نباید کمتر از ۱۷ دندانه انتخاب شوند . و از طرف دیگر در هر دو حالت نسبت انتقال حرکت از $i = 1:10$ یا $i = 10:1$ نباید تجاوز کند .

محاسبات چرخ زنجیرهای حلقه‌ای

علامت اختصاری :

$Z =$ تعداد دندانه

$P =$ گام زنجیر برحسب اینچ

$\alpha =$ نصف زاویه گام برحسب درجه

$d_o =$ قطر دایره تقسیم برحسب میلیمتر

$d_f =$ قطر پای دنده برحسب میلیمتر

$d_k =$ قطر سر دنده برحسب میلیمتر

$r_r =$ شعاع قوس بغل دنده برحسب میلیمتر

$r_n =$ شعاع قوس ته دنده برحسب میلیمتر

$c =$ مقدار لقی برحسب میلیمتر