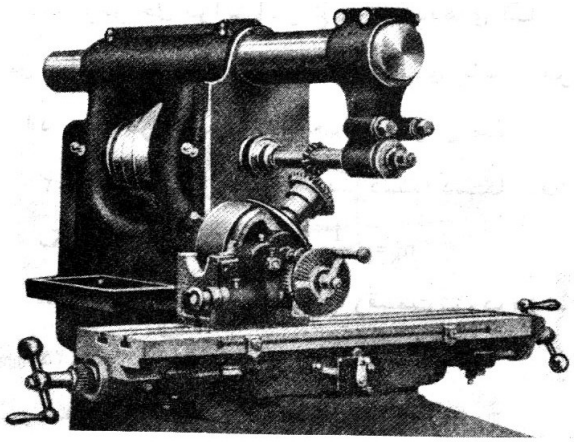
۱۰-دستگاه تقسیم را به اندازه زاویه ته دنده (α_f) مطابق شکل زیر به طرف بالا منحرف می کنیم :

$tg\beta_f = 1.167 \times tg\beta_k = 1.167 \times 0.035 = 0.04 \qquad \beta_k = 2^\circ\ ,\ 20'$

$\alpha_f = \alpha - \beta_f = 45^\circ - 2^\circ\ ,\ 20' = 42^\circ\ ,\ 40'$



۱۱-مدول تیغ فرز مدولی مورد استفاده برای چرخ دنده های مخروطی که توسط ماشین فرز تولید می شود از رابطه $mi = \frac{ma}{1/5}$ محاسبه می گردد. تعداد دندانه چرخ دنده برای انتخاب تیغ فرز مناسب نیز از رابطه روبرو حاصل می شود: $z_i = \frac{z}{\cos\alpha}$ پس برای انتخاب تیغ فرز مناسب جهت ماشین کاری چرخ دنده مخروطی مورد نظر باید مشخصات زیر را منظور کرد :

$m_i = \frac{ma}{1.5} = \frac{1.5}{1.5} = 1mm$

$z_i = \frac{z}{Cos\alpha} = \frac{40}{0.707} = 56$

به این ترتیب تیغ فرز مدول ۱ میلی متر و شماره **(nr = 7)** را انتخاب می نماییم. پس از انتخاب محور فرز گیر مناسب آن را بروی ماشین فرز می بندیم و امتداد تیغ فرز را با مرکز چرخ دنده میزان می کنیم.

۱۲-مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم را محاسبه می نماییم : $n_k = \frac{i}{z} = \frac{40}{40} = 1$

سپس بار عمقی (ارتفاع تمام دندانه) از قسمت بزرگ دنده یعنی $h = \frac{13}{6} \times ma = \frac{13}{6} \times 1.5 = 3.25\,mm$

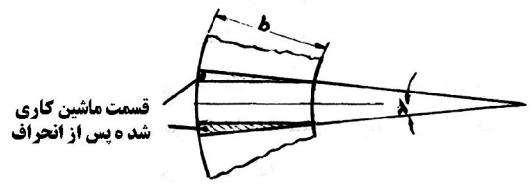
یا بار عمقی از قسمت کوچک دنده یعنی $h = \frac{13}{6} \times m_i = 2.167\,mm$ را محاسبه می کنیم. (با توجه به این که بار از کدام قسمت دندانه داده می شود.)

در ادامه مشخصات فنی ماشین **(a , s , n)** را تنظیم و اولین شیار چرخ دنده را ایجاد می کنیم.

۱۳-به این ترتیب چون در انتخاب تیغ فرز از مدول کوچک استفاده شده است عرض شیار دندانه ها یک نواخت می باشد و در پیشانی چرخ دنده مناسب اما در روی قطر بزرگ چرخ دنده (پشت دندانه ها) نامناسب است. برای از بین بردن این اشکال باید مطابق شکل زیر بغل دندانه ها را به اندازه زاویه λ ماشین کاری کنیم تا به این ترتیب بر اثر مخروطی بودن فرم چرخ دنده شیارها از قسمت کوچک دنده به طرف پشت دندانه ها به طور یک نواخت عریض تر شوند و به شکل اصلی خود تولید گردند.

$tg\,\lambda = \frac{\pi(ma - mi)}{4b} = \frac{3.14(1.5-1)}{4 \times 14.2} = 0.028$

$\lambda = 1^\circ\ ,\ 36'$



۱۴- انحراف دندانه برای بغل تراشی به دو روش زیر انجام می شود :

الف)انحراف از طریق میز ماشین فرز

نوعی ماشین فرز یونیورسال وجود دارد که میز آن می تواند در سه جهت مختلف تحت زاویه قرار بگیرد. برای ایجاد زاویه بغل دنده چرخ دنده های مخروطی کافی است پس از باز کردن پیچ های میز ماشین فرز آن را نسبت به زمین به اندازه λ تحت زاویه قرار داد.

ب)انحراف از طریق دستگاه تقسیم

منحرف کردن قطعه به اندازه زاویه λ از طریق دستگاه تقسیم دقیق تر است. برای این منظور از رابطه زیر برای تشخیص مقدار جابه جا کردن دسته تقسیم استفاده می شود. (در این رابطه اگر نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ باشد فرمول ساده شده و به صورت $nk'=\frac{\lambda}{9}$ در می آید.)

$$nk'=\frac{i.\lambda}{360}$$

$$nk'=\frac{\lambda}{9}=\frac{1^{\circ},35'}{9}=\frac{1\frac{35}{60}^{\circ}}{9}=\frac{19}{108}$$

چون کسر حاصل قابل ساده کردن نیست و در چرخ دنده تراشی مخروطی نمی توان از روش اختلافی (دیفرانسیلی) استفاده کرد لذا با یک تقریب کم کسر را به عدد مناسب دیگری تبدیل می کنیم تا عمل ساده کردن امکان پذیر باشد. به کمک یک تناسب ساده اعدادی نزدیک به اعداد صورت و مخرج می یابیم به صورتی که قابل ساده شدن باشند :

مخرج	صورت
۱۰۸	۱۹
x = ۱۰۲/۳۱۵	۱۸

با حذف ارقام اعشاری عدد مذکور (۰/۳۱۵) نسبت بالا را می توان به صورت $nk'=\frac{18}{102}$ ساده کرد :

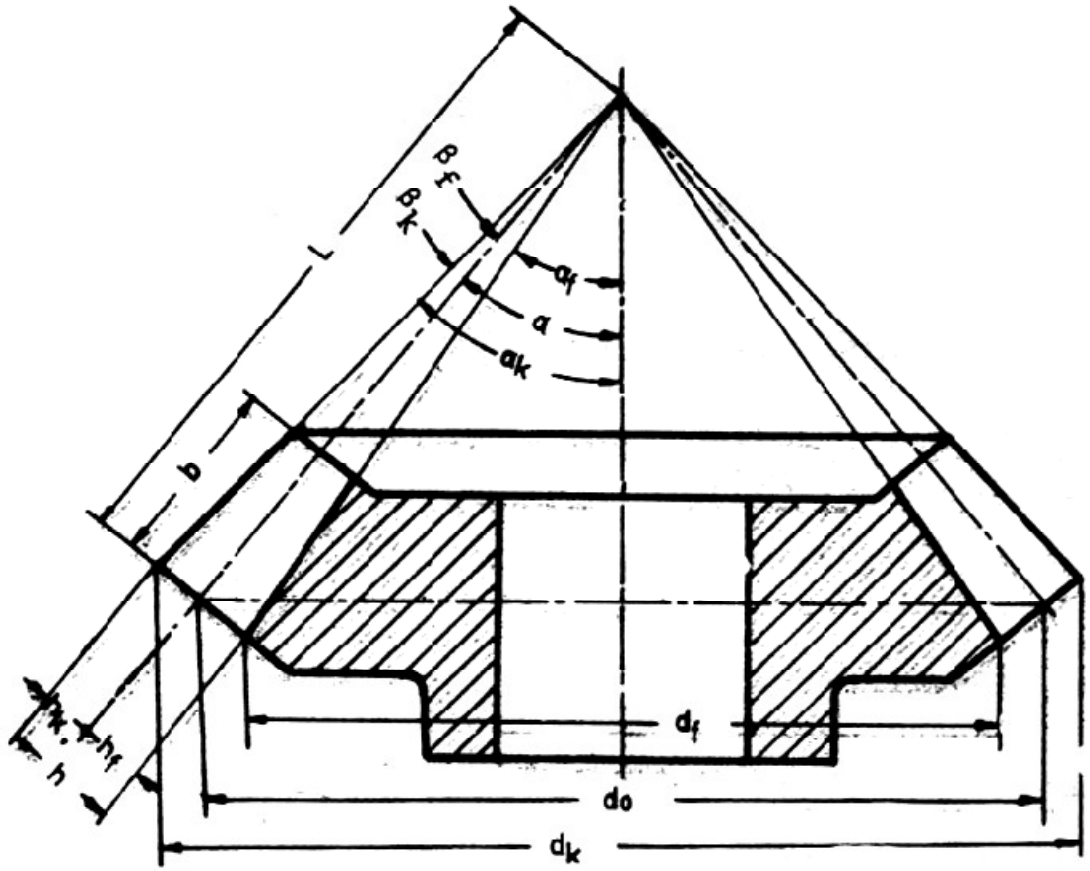
$$nk'=\frac{18}{102}=\frac{3}{17}$$

پس می توان از صفحه شماره I استفاده نمود و ۳ فاصله روی ردیف ۱۷ سوراخی دسته تقسیم را جابه جا کرد. با بستن صفحه شماره I روی دستگاه کافی است پین ضامن دسته را آزاد نمود و پس از شل کردن پیچ دسته، بدون این که محور دسته حرکت دورانی نماید بازوی دسته را روی ردیف ۱۷ سوراخی قرار داد. پس از محکم کردن پیچ، پین دسته را به اندازه ۳ فاصله روی این ردیف جابه جا می کنیم و سپس با باز کردن مجدد پیچ به همان روش قبلی دسته را به محل اول خود برگردانده محکم می کنیم (لغزش جزئی برای جا افتادن پین دسته در سوراخ ردیف جدید اجتناب ناپذیر است).

۱۵-پس از تنظیم مقدار انحراف، تیغ فرز را با بغل یکی از دندانه ها در قسمت کوچک دنده مماس و با گرداندن دسته تقسیم یک طرف تمام دندانه ها را فرزکاری می کنیم.

۱۶-پس از پایان بغل تراشی یک طرف دندانه ها دسته تقسیم را به اندازه دو برابر n'_k در جهت عکس حرکت قبلی جابه جا می کنیم (لقی دسته باید گرفته شود) و بغل دیگر دندانه ها را فرزکاری می نماییم.

۵)خلاصه روابط محاسبه چرخ دنده های مخروطی :



ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱	مدول بزرگ	m_a	$m_a = \frac{P_a}{\pi}$
۲	مدول کوچک	m_i	$m_i = \frac{2}{3} \times m_a$
۳	قطر دایره تقسیم	d_O	$d_O = Z \times m_a$
۴	قطر خارجی	d_k	$d_k = d_O + 2 \times m_a \times Cos\alpha$
۵	قطر داخلی	d_f	$d_f = d_O - 2.33 \times m_a \times Cos\alpha$
۶	ارتفاع کل دندانه	h	$h = 2.167 \times m_a$
۷	طول مولد مخروط متوسط	L	$L = \frac{d_O}{2 \times Sin\alpha}$
۸	پهنا یا ضخامت چرخ دنده	b	$b = \frac{1}{3} \times L = \frac{d_O}{6 \times Sin\alpha}$
۹	تعداد دندانه ایده آل	Z_i	$Z_i = \frac{Z}{Cos\alpha}$
۱۰	زاویه بین محور دو چرخ دنده ۱و۲	γ	$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2$

ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱۱	زاویه مخروط متوسط دو چرخ دنده ۱و۲ برای چرخ دنده محرک (شماره ۱)	α_1	$\gamma = 90 \rightarrow \ tg\alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$ $\gamma > 90 \rightarrow \ tg\alpha_1 = \frac{Sin(180-\gamma)}{\frac{Z_2}{Z_1} - Cos(180-\gamma)}$ $\gamma < 90 \rightarrow \ tg\alpha_1 = \frac{Sin\gamma}{\frac{Z_2}{Z_1} + Cos\gamma}$ حالت بشقابی $\rightarrow \ Sin\alpha_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$
۱۲	زاویه مخروط متوسط دو چرخ دنده ۱و۲ برای چرخ دنده متحرک (شماره ۲)	α_2	$\gamma = 90 \rightarrow \ tg\alpha_2 = \frac{Z_2}{Z_1}$ $\gamma > 90 \rightarrow \ tg\alpha_2 = \frac{Sin(180-\gamma)}{\frac{Z_1}{Z_2} - Cos(180-\gamma)}$ $\gamma < 90 \rightarrow \ tg\alpha_2 = \frac{Sin\gamma}{\frac{Z_1}{Z_2} + Cos\gamma}$ حالت بشقابی $\rightarrow \ \alpha_2 = 90$
۱۳	زاویه سر دندانه	β_k	$tg\beta_k = \frac{2 \times Sin\alpha_1}{Z_1} = \frac{2 \times Sin\alpha_2}{Z_2} = \frac{m_a}{L}$
۱۴	زاویه پای دندانه	β_f	$tg\beta_f = \frac{2.33 \times Sin\alpha_1}{Z_1} = \frac{2.33 \times Sin\alpha_2}{Z_2} = \frac{1.167 \times m_a}{L} = 1.167 \times tg\beta_k$
۱۵	زاویه مخروط سر دندانه چرخ دنده محرک	α_{k1}	$\alpha_{k1} = \alpha_1 + \beta_k = \frac{Z_1 + 2 \times Cos\alpha_1}{Z_2 - 2 \times Sin\alpha_2}$
۱۶	زاویه مخروط سر دندانه چرخ دنده متحرک	α_{k2}	$\alpha_{k2} = \alpha_2 + \beta_k = \frac{Z_2 + 2 \times Cos\alpha_2}{Z_1 - 2 \times Sin\alpha_1}$
۱۷	زاویه مخروط پای دندانه چرخ دنده محرک	α_{f1}	$\alpha_{f1} = \alpha_1 - \beta_f$
۱۸	زاویه مخروط پای دندانه چرخ دنده متحرک	α_{f2}	$\alpha_{f2} = \alpha_2 - \beta_f$
۱۹	زاویه بغل دندانه	λ	$tg\lambda = \frac{\pi \times (m_a - m_i)}{4 \times b}$
۲۰	مقدار گردش دسته دستگاه تقسیم	n'k	$n'k = \frac{i \times \lambda^\circ}{360}$

۶)پرسش و پاسخ :

۱)کاربرد چرخ دنده های مخروطی در صنعت چیست؟

۱)انتقال حرکت بین دو محور موازی ۲)انتقال حرکت تنها بین دو محور عمود بر هم

۳)انتقال حرکت بین دو محور متقاطع ۴)ایجاد نسبت انتقال حرکت دلخواه بین دو محور عمود بر هم

۲)رئوس مخروطهای دو چرخ دنده مخروطی باید چه شرایطی داشته باشند؟

۱)باید رئوس مشترک داشته باشند (یعنی محورهای آنها یک دیگر در محل تقاطع قطع کنند.).

۲) باید رئوس غیر مشترک داشته باشند.

۳)محل قرار گرفتن رئوس مخروط ها به بزرگی و کوچکی آنها بستگی دارد.

۴)وضعیت رئوس به تعداد دندانه چرخ دنده ها بستگی دارد.

۳)کدام یک از گزینه های زیر درباره مدول چرخ دنده های مخروطی درست است؟

۱)مدول چرخ دنده های مخروطی در تمام طول دندانه یکسان است.

۲)چرخ دنده های مخروطی مانند چرخ دنده های مارپیچ دارای دو نوع مدول نرمال و پیشانی هستند.

۳) مدول چرخ دنده های مخروطی در طول دندانه متفاوت است.

۴)برای محاسبه چرخ دنده های مخروطی از مدول متوسط استفاده می شود.

۴)کدام یک از رابطه های زیر برای محاسبه قطر خارجی (قطر تراش) چرخ دنده های مخروطی به کار نمی رود؟

۱) $d_k = m_a \times (Z + 2\cos\alpha)$

۲) $d_k = d_f + (4.33 \times m_a \times \cos\alpha)$

۳) $d_k = d_O + (2 \times m_a \times \sin\alpha)$

۴) $d_k = (6 \times b \times \sin\alpha) + (2 \times m_a \times \cos\alpha)$

۵)در یک چرخ دنده مخروطی α = ۴۵، Z=۳۰ و m_a=۲ است. قطر خارجی، طول مولد و پهنای دندانه چرخ دنده را محاسبه نمایید. Sin45=Cos45=0.707

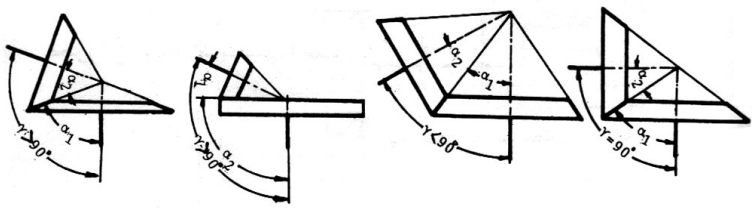
۶)نسبت انتقال حرکت بین دو چرخ دنده مخروطی با زاویه محوری ۹۰ درجه برابر i=1:2 است. زاویه مخروط متوسط هر یک از چرخ دنده ها را تعیین کنید.

۷)دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دندانه Z_1 = ۲۲ و Z_2 = ۶۶ با زاویه محوری ۴۵ درجه باید با هم کار کنند. زوایای مخروط متوسط هر دو چرخ دنده را محاسبه نمایید.

۸)اگر زاویه محوری دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دندانه Z_1 = ۲۴ و Z_2 = ۳۶ برابر ۱۲۰ درجه باشد مقادیر α_1 و α_2 را محاسبه کنید. Sin60=0.866 , Cos120=-0.5

۹)یک چرخ دنده مخروطی ۲۰ دندانه باید با یک چرخ دنده بشقابی ۸۰ دندانه ای را تحت زاویه ۱۰۰ درجه حرکت دهد. زاویه مخروط متوسط هر دو چرخ دنده را معین کنید.

پاسخ پرسش ۱ : گزینه ۳ – چرخ دنده های مخروطی در حقیقت مخروط ناقصی هستند که بروی سطح جانبی آنها دندانه هایی ایجاد شده است. از این چرخ دنده ها برای انتقال حرکت بروی محورهای متقاطع (غیر موازی) که معمولاً زاویه بین محور آنها ۹۰ درجه است استفاده می گردد. اما مواردی نیز وجود دارد که زاویه محوری بین دو چرخ دنده کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه است (شکل زیر).



پاسخ پرسش ۲ : گزینه ۱ – برای آن که بدنه دو چرخ دنده مخروطی درگیر هنگام کار به درستی روی یکدیگر قرار گیرند باید رأس مخروط چرخ دنده ها، در محل تقاطع محورهایشان یکدیگر را قطع کنند. در غیر این صورت انتقال حرکت به صورت نقطه ای انجام می شود که نتیجه آن سر و صدای زیاد و فرسودگی شدید دندانه ها است.

پاسخ پرسش ۳ : گزینه ۳ – مدول چرخ دنده های مخروطی در طول دندانه متفاوت است به این معنی که هر چه به سمت رأس مخروط نزدیکتر شویم مدول کوچکتر می گردد.

پاسخ پرسش ۴ : گزینه ۳

$$d_k = do + 2ma.\cos\alpha \xrightarrow{(do=ma.z)} d_k = (ma.z) + (2ma.\cos\alpha) \longrightarrow \boxed{d_k = ma(z+2\cos\alpha)}$$

$$d_f = do - 2.33m_a.\cos\alpha \xrightarrow{(do=d_k-2ma.\cos\alpha)} d_f = (d_k - 2.33ma.\cos\alpha) - (2.33ma.\cos\alpha)$$

$$\longrightarrow \boxed{d_k = d_f + 4.33m_a.\cos\alpha}$$

$$\begin{cases} b = \dfrac{L}{3} = \dfrac{do}{6\sin\alpha} \longrightarrow do = 6b.\sin\alpha \longrightarrow \boxed{d_k = 6b\sin\alpha + 2ma.\cos\alpha} \\ d_k = do + (2m_a.\cos\alpha) \end{cases}$$

پاسخ پرسش ۵ :

$$d_k = ma(z+2\cos\alpha) = 2(30+2\cos 45) = 2\left(30+2\ (0.707)\right) = 62.82^{mm}$$

$$L = \frac{do}{2\sin\alpha} = \frac{ma.z}{2\sin\alpha} = \frac{2\times 30}{2\times 0.707} = 42.43^{mm}$$

$$b = \frac{do}{6\sin\alpha} = \frac{ma.z}{6\sin 45^\circ} = \frac{2\times 30}{6\times 0.707} = 14.14^{mm}$$

پاسخ پرسش ۶ : از آنجا که $\gamma=90$ پس

$$tg\alpha_1 = \frac{1}{i} = 2 = tg63.5^\circ \longrightarrow \boxed{\alpha_1 = 63.5^\circ}$$

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 \longrightarrow \alpha_2 = \gamma - \alpha_1 = 90 - 63.5 = \boxed{26.5^\circ}$$

پاسخ پرسش ۷ : از آنجا که $\gamma<90$ پس

$$tg\alpha_1 = \frac{\sin\gamma}{\frac{z_2}{z_1}+\cos\gamma} = \frac{\sin 45^\circ}{\frac{66}{22}+\cos 45^\circ} = \frac{1}{3+1} = 0.25 = tg14^\circ \longrightarrow \boxed{\alpha_1 = 14^\circ}$$

$$\alpha_2 = \gamma - \alpha_1 = 45 - 14 = \boxed{31^\circ}$$

پاسخ پرسش ۸ :

$$tg\alpha_1 = \frac{\sin(180-\gamma)}{\frac{z_2}{z_1}-\cos(180-\gamma)} = \frac{\sin(180-120)}{\frac{36}{24}-\cos(180-120)} = \frac{\sin 60^\circ}{1.5-\cos 60^\circ} = \frac{0.866}{1.5-0.5}$$

$$= 0.866 = tg41^\circ \longrightarrow \boxed{\alpha_1 = 41^\circ}$$

$$\alpha_2 = 120-\alpha_1 = 120-41 = \boxed{79^\circ}$$

پاسخ پرسش ۹ :

$$\sin\alpha_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{20}{80} = 0.25 = \sin 14.5 \longrightarrow \boxed{\alpha_1 = 14.5^\circ}$$

$$\alpha_2 = 100-\alpha_1 = 100-14.5 = \boxed{85.5^\circ}$$

۷)تمرین :

۱)محاسبات ساخت چرخ دنده مخروطی ۳۰ دندانه ای که دارای مدول بزرگ ۱/۵ میلی متر و زاویه مخروط متوسط ۴۵ درجه می باشد را با استفاده از ماشین تراش و فرز توسط دستگاه تقسیم با نسبت ۴۰ به ۱ انجام دهید.

۲)دو چرخ دنده مخروطی با تعداد دندانه مساوی ۲۰ و مدول بزرگ ۳ میلی متر باید فرزکاری شوند. اگر زاویه محوری این دو چرخ دنده ۹۰ درجه و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ باشد محاسبات لازم را بنویسید.

۳)روش ساخت چرخ دنده مخروطی ۴۰ دندانه ای که دارای مدول بزرگ ۳ میلی متر و زاویه مخروط متوسط ۳۰ درجه می باشد را با استفاده از ماشین تراش و فرز توسط دستگاه تقسیم با نسبت $i = 40:1$ توضیح دهید.

۴)برای فرزکاری سیستم محرکه چرخ دنده مخروطی با مشخصات m_a = ۲ و Z_1 = ۳۰ و Z_2 = ۱۲۰ و γ = ۹۰ مقادیر لازم را برای چرخ دنده محرک و متحرک محاسبه نمایید.

۵)در یک چرخ دنده مخروطی ۱۲۰ دندانه زاویه مخروط متوسط ۴۲ درجه می باشد. میزان انحراف دسته دستگاه تقسیم را محاسبه نمایید. نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ فرض شود. راهنمایی :

$$ma\frac{2}{3} = mi \quad و \quad b = \frac{z\times ma}{6\times Sin\alpha}$$

۶)قطر خارجی، پهنای دندانه و شماره تیغ فرز مورد نیاز جهت فرزکاری چرخ دنده مخروطی با این مشخصات را محاسبه نمایید : تعداد دندانه ۶۰، زاویه مخروط متوسط ۴۵ درجه، مدول بزرگ ۲ میلی متر

۷)یک چرخ دنده مخروطی ۲۴ دندانه با زاویه مخروط متوسط ۴۱ درجه با چه چرخ دنده مخروطی می تواند زاویه محوری ۱۲۰ درجه تشکیل دهد؟ تعداد دندانه و زاویه مخروط متوسط این چرخ دنده را محاسبه نمایید. راهنمایی :

$$tg\alpha_1 = \frac{Sin(180-\gamma)}{\frac{Z_2}{Z_1}-Cos(180-\gamma)}$$

توجه : چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

بخش پنجم

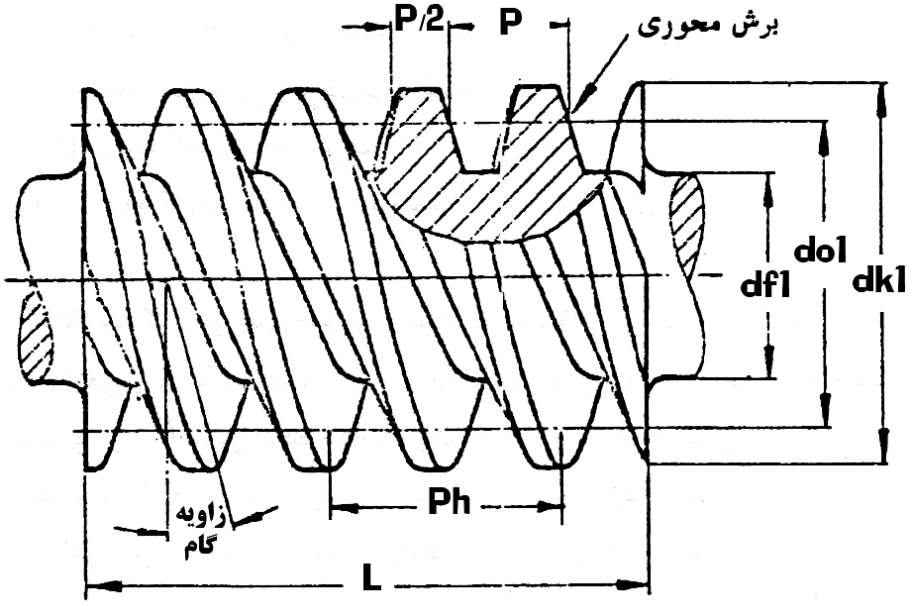
فرزکاری
چرخ حلزون

۱)مقدمه

از چرخ حلزون برای انتقال حرکت با نسبت بزرگ و قدرت زیاد در حجم کم و بدون صدا بین دو محور عمود بر هم استفاده می شود. به عبارت دیگر چرخ دنده های حلزونی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که بخواهیم تغییر زیادی در سرعت و یا قدرت ایجاد کنیم. معمولاً نسبت شعاع دو چرخ دنده ۲۰:۱ است و گاهی حتی به ۳۰۰:۱ و بیشتر نیز می‌رسد. این چرخ دنده‌ها خاصیت جالبی دارند که در هیچ چرخ دنده دیگری پیدا نمی شود. چرخ بالایی (پیچ حلزون) می‌تواند به راحتی چرخ دیگر (چرخ دنده حلزونی) را حرکت دهد، ولی چرخ پایینی نمی تواند پیچ حلزون را بچرخاند. در حقیقت زاویه دنده های روی پیچ حلزون آن قدر کوچک است که وقتی چرخ پایینی بخواهد آن را بچرخاند، اصطکاک بسیار زیاد می شود و از حرکت حلزون جلوگیری می‌کند. این ویژگی در جاهایی که به قفل خودکار نیاز باشد کاربرد دارد. به عنوان مثال در یک بالابر وقتی موتور از کار بیفتد، چرخ دنده‌ها قفل می‌شوند و نمی گذارند بار پایین بیاید. معمولاً در دیفرانسیل کامیونها و خودروهای سنگین نیز از این چرخ دنده‌ها استفاده می‌شود.

۲)مشخصات محورهای حلزونی

محور حلزونی، پیچی با گام مدولی است. زاویه پهلوی دندانه های آن معمولاً ۳۰ درجه می باشد (در پیچ های اینچی ۴۰ درجه). محور حلزونی ممکن است یک راهه یا چند راهه، چپ گرد و یا راست گرد ساخته شود. شکل زیر مشخصات ساختمانی محورهای حلزونی را نشان می دهد.



نام بخشهای مختلف محورهای حلزونی عبارت است از :

تعداد سرهای حلزونی	$Z_1 = g$
گام ظاهری	P
گام حقیقی	P_h
قطر متوسط	do_1
قطر خارجی	dk_1
قطر داخلی	df_1
طول قسمت حلزونی	L
عمق دنده	h
زاویه گام	γ_m
مدول	m

گام ظاهری، فاصله بین دنده ها روی قطر متوسط (گام چرخ دنده) تعریف می گردد. گام حقیقی فاصله ای است که هنگام ساختن پیچ یا محور حلزون، ابزار تراش کاری در یک دور گردش پیچ و در امتداد محور طولی آن طی می کند. گام حقیقی در پیچ های دو سره ($P_h = 2P$) و در پیچ های سه سره نیز برابر ($P_h = 3P$) و الی آخر خواهد بود. تعداد سرهای محور حلزونی به نسبت انتقال حرکت به قرار زیر است :

نسبت انتقال حرکت (i)	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۱۵	۱۵ تا ۳۰	بزرگتر از ۳۰
تعداد سرهای حلزون (g)	۴	۳	۲	۱

۱-۲)محاسبه اجزاء محور های حلزونی

در پیچ های یک راهه گام حقیقی با گام ظاهری برابر است ($Z_1 = 1$) :

$$P = m.\pi$$

در صورتی که پیچ چند راهه باشد گام حقیقی (P_h) برابر است با :

و دیگر روابط عبارتند از :

$$P_h = g.m.\pi = g.P$$

$$do_1 = \frac{P_h}{tg\gamma_m.\pi}$$

$$dk_1 = do_1 + 2m$$

$$h = \frac{13}{6} \times m$$

طول پیچ حلزون (L) بستگی به قطر چرخ دنده حلزونی ($do_2 = m.z_2$) دارد :

$$L = 2.m\sqrt{Z_2 + 1}$$

۲-۲)مراحل ماشین کاری محورهای حلزونی

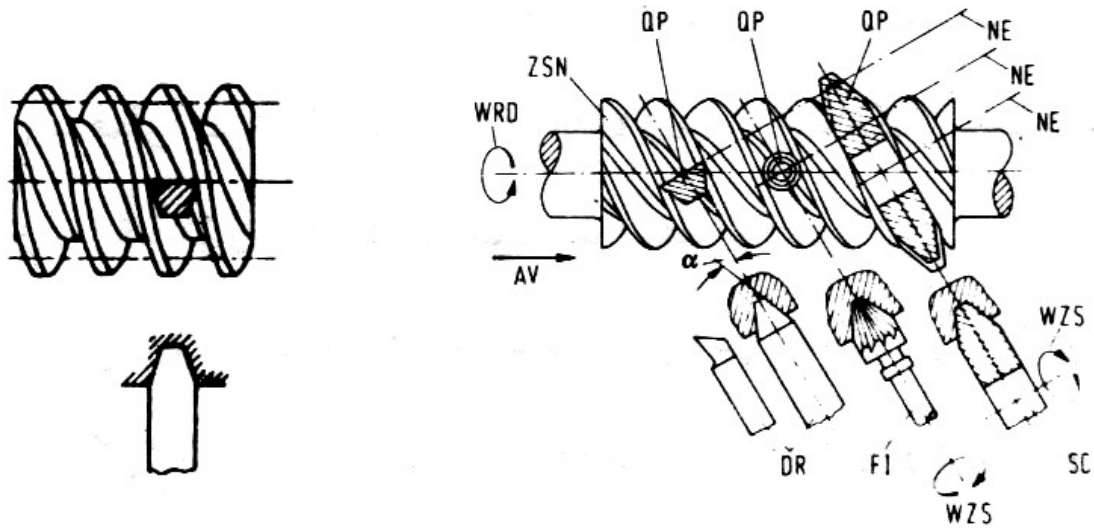
به طور کلی برای ساختن چرخ و محور حلزون به کمک ماشین تراش و فرز دو روش وجود دارد :

۱-روش ساخت معمولی

۲-روش ساخت دقیق

روش اول به طور کامل شرح داده می شود و روابط محاسباتی روش ساخت دقیق نیز ارائه می گردد. به این ترتیب در صورت نیاز می توان از فرمول های دقیق برای آماده کردن ابزار و ماشین استفاده نمود و با اجرای مراحل ساخت روش معمولی از طریق ماشین های فرز یونیورسال چرخ حلزون را تولید نمود.

محور های حلزونی را می توان با استفاده از رنده تراش کاری که دارای زاویه رأس ۳۰ درجه است (مانند پیچ های ذوزنقه ای) یا با استفاده از تیغ فرز های انگشتی و پولکی مخصوص در ماشین های فرز یونیورسال تولید کرد.



الف)با استفاده از ماشین تراش

مثال:

روش ساخت محور حلزونی با مدول ۴ میلی متر و قطر اسمی یا قطر متوسط $d_{o1} = 44mm$ **را که با چرخ دنده ۲۸ دندانه ای کار خواهد کرد را توضیح دهید.**

حل :

۱-قطر خارجی پیچ حلزون را حساب می کنیم. $dk_1 = do_1 + 2m = 44 + 2\times 4 = 52\,mm$

۲-با توجه به نقشه محور حلزونی یا قطعه نمونه طول آن را تعیین می کنیم و ماده اولیه را می بریم.

۳-قطعه را پیشانی تراشی می کنیم و مرغک می زنیم. سپس قطعه کار را بین دو مرغک یا بین سه نظام و مرغک ماشین تراش می بندیم.

۴-قطر آن را تا اندازه dk1 = 52 mm تراش کاری می کنیم.

۵-اگر طول L مشخص نباشد مقدار آن را از رابطه زیر حساب می کنیم و با توجه به فرم محور حلزونی عمل تراش کاری را با در نظر گرفتن اندازه L و محل ایجاد آن روی محور حلزونی ادامه می دهیم.

$$L = 2\times m\left(\sqrt{Z_2 + 1}\right) = 2\times 4\left(\sqrt{28+1}\right) = 48mm$$

۶-برای ساختن پیچ حلزون، رنده ای با زاویه ۳۰ درجه مطابق توضیحات زیر تیز می کنیم :
پهنای نوک رنده برای هر مدول خاص فرق می کند زیرا با افزایش مدول، گام نیز زیاد می شود و عرض شیار پیچ و چرخ دنده نیز افزایش می یابد. پس برای هر مدول باید رنده خاصی آماده کرد. برای این منظور مانند پیچ های میلی متری و ذوزنقه ای و اینچی شابلنهایی وجود دارد که می توان از آنها استفاده نمود.

۷-رنده را به دقت در ماشین می بندیم . (شکل صفحه قبل)

۸-حال باید مشخصات فنی ماشین (a , s , n) را تنظیم کرد. هر ماشین تراش دارای جدول های تنظیم پیچ تراشی، تنظیم بار و تنظیم سرعت برشی است. برای تنظیم ماشین جهت تراش کاری پیچ حلزونی از قسمت مدولی جدول پیچ تراشی استفاده می کنیم و با توجه به مدول که در جدول نوشته شده است دسته ها را که هر کدام دارای علامتی است مطابق دستور جدول تنظیم می کنیم. لازم به توضیح است که برای اجرای هر نوع پیچ تراشی باید چرخ دنده های پشت ماشین تراش را عوض کرد و مطابق دستور جدول مونتاژ نمود.

۹-تعداد دور قطعه کار را با توجه به در نظر گرفتن سرعت برش مناسب، جنس قطعه کار و جنس رنده برای روتراشی از جداول استاندارد تعیین نمایید. توجه کنید که سرعت دوران قطعه کار در تراش کاری پیچ حلزون، یک سوم سرعت رو تراشی انتخاب می گردد. سپس جعبه دنده سرعت ماشین را با جابه جا کردن دسته دنده ها مطابق دستورات جدول آماده کنید.

مثلا اگر سرعت برشی مناسب $V=28 m/\min$ باشد با توجه به اینکه قطر خارجی قطعه $dk_1=52 mm$ است تعداد دور رو تراشی $n=132 U/\min$ و سرعت برشی پیچ تراشی $n_1=\frac{n}{3}=47.5\ U/\min$ خواهد بود.

۱۰-وقتی دستگاه آماده شد و پس از اتصال اهرم مهره دو پارچه سوپرت، با بار عمقی مناسب و استفاده از ماده خنک کننده مناسب عمل پیچ تراشی را تا حدی ادامه می دهیم که عمق دنده برابر گردد با :

$$h=\frac{13}{6}\times m=\frac{13}{6}\times 4=8.7\ mm$$

۱۱-پس از پیچ تراشی و فرم دادن دنباله دو طرف قسمت پیچ تراشی شده محور حلزونی آماده است.

مثال : در صورتی که پیچ مثال قبل دو راهه باشد روش کار را توضیح دهید.

روش کار عینا مانند عملیات تراش کاری مثال قبل است با این تفاوت که گام باید برابر گام حقیقی باشد که از رابطه روبرو قابل محاسبه است : $p_h=g.m.\pi=2\times 4\times\pi=25.12\ mm$

ملاحظه می شود که اگر مدول دو برابر شود گام نیز دو برابر خواهد شد پس به جای انتخاب مدول ۴ در اینجا از دو برابر آن یعنی مدول ۸ استفاده می کنیم. پس از تراش کاری شیار اول سوپرت فوقانی را به اندازه نصف گام به راست یا چپ حرکت داده (رنده را جابه جا می کنیم) و شیار دوم را می تراشیم.

$$(p=\frac{p_h}{g}=\frac{25.12}{2}=12.56\ mm)$$

در صورت سه یا چند سره بودن پیچ باز روش کار به همین صورت خواهد بود. از روش تراش کاری محور حلزونی توسط ماشین های تراش هنگامی استفاده می شود که دقت قطعه کار کم باشد و یا ابزار مخصوص ماشین کاری چرخ حلزونی را نیز به همین ترتیب از طریق ماشین تراش تهیه کرده باشیم.

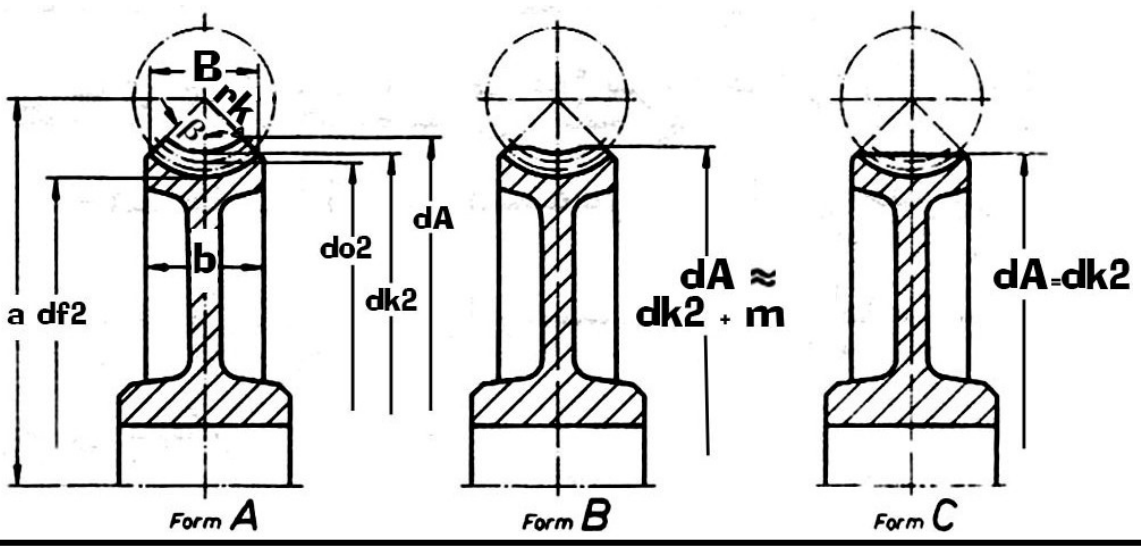
ب)با استفاده از ماشین فرز

به کمک تیغ فرز پولکی مخصوص با زاویه بین اضلاع برنده ۳۰ درجه و یا تیغ فرز انگشتی مخصوص با زاویه مخروطی ۳۰ درجه که در کله گی ماشین فرز بسته می شود و انحراف کله گی تحت زاویه گام γ_m می توان محور حلزونی را فرزکاری نمود. در این روش مانند روش مارپیچ تراشی، دستگاه تقسیم و چرخ دنده های تعویضی وظیفه چرخاندن قطعه کار را بر عهده دارند.

۳)مشخصات چرخ دنده های حلزونی

دندانه های چرخ دنده های حلزونی تحت زاویه ای برابر با زاویه گام محور حلزونی(γ_m) نسبت به محور چرخ دنده قرار گرفته اند و دارای سطح فوقانی قوسی شکل هستند که پیچ حلزونی در داخل آن قوس قرار می گیرد و با دندانه های چرخ دنده درگیر می شود. دندانه های این چرخ دنده ها به شکل های مختلف ساخته می شوند (شکل زیر). در این جزوه چرخ دنده های نوع A که معمول ترین چرخ های حلزونی هستند بررسی می گردند. مشخصات ساختمانی این چرخ دنده ها عبارت است از :

تعداد دندانه چرخ حلزونی	z_2
مدول	$\mathbf{m}$
قطر متوسط	do_2
قطر خارجی در ته قوس	dk_2
قطر تراش	d_A
شعاع قوس سطح دندانه ها	r_k
زاویه پخ سر دنده	β
ارتفاع تمام دنده	$\mathbf{h}$
پهنای دندانه (پهنای چرخ دنده)	b
پهنای دندانه های چرخ دنده	B
مقدار انحراف سوپرت برای تراش بغل دندانه ها	$\frac{\alpha}{2}$



۱-۳)محاسبه اجزاء چرخ دنده های حلزونی

اغلب روابط محاسباتی چرخ دنده های حلزونی مانند چرخ دنده های ساده است. فقط در چرخ دنده های حلزونی مقدار قطر تراش و اندازه شعاع قوس دنده و زاویه پخ بغل دنده باید از روابط جداگانه ای محاسبه شوند. روابط مورد نیاز برای ساخت چرخ دنده های حلزونی به قرار زیر است :

$do_2 = m.Z_2$

$dk_2 = m(Z_2 + 2)$

$d_A = dk_2 + m$ یا $d_A = m(Z_2 + 3)$

$b = 0.6\, do1$ تا $0.8\ do1$

$B \cong b - m$

$h = \frac{13}{6} \times m$

$r_k = \frac{do_1}{2} - m$

$\beta \leq 45^\circ$

برای محاسبه زاویه پخ بغل دنده از رابطه تجربی $tg\beta = \frac{2 \times p \times f}{do_1 + 1.2\,p}$ **استفاده می شود. f ضریبی است که نسبت به تعداد دندانه چرخ دنده حلزونی تغییر می کند و مقدار آن از جدول زیر به دست می آید :**

Z	۲۸	۳۶	۴۵	۵۶	۶۲	۴۸	۷۶	۸۴
f	۱/۹	۲/۱	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۲/۸	۲/۹

زاویه انحراف سوپرت ماشین تراش

فاصله محور های چرخ و حلزون

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

$a = \frac{do_1 + do_2}{2}$

۲-۳)مراحل ماشین کاری چرخ دنده های حلزونی

مثال :

روش ساخت یک چرخ دنده حلزونی ۲۸ دندانه با مدول ۴ میلی متر که باید با محور حلزونی یک راهه با قطر متوسط $d_{o1} = 44mm$ **کار کند را توضیح دهید. نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ می باشد.**

حل :

۱-ابتدا قطر تراش را حساب می کنیم :

$d_A = dk_2 + m$

$dk_2 = m(z_2 + 2) = 4(28 + 2) = 120mm \qquad d_A = 120 + 4 = 124mm$

۲-پهنای چرخ دنده را نسبت به قدرتی که منتقل می کند در نظر می گیریم.

$$b = 0.7\, do1 = 0.7 \times 44 \cong 32mm$$

۳-با توجه به قطر تراش و عرض چرخ دنده و نقشه یا نمونه موجود، ماده اولیه مناسب را انتخاب کرده، می بریم.

۴-با توجه به مراحل ساخت چرخ دنده های ساده و اندازه های فوق، فرم اولیه چرخ دنده را با استفاده از درن، تراش کاری می کنیم.

۵- شعاع قوس سردنده را حساب کرده با استفاده از هدایت هماهنگ طولی و عمقی رنده با دست و با بهره گرفتن از شابلون های قوس سنج، فرم قوس محور حلزونی را در محیط چرخ دنده ایجاد می کنیم (بهتر است از رنده فرم استفاده شود). $r_k = \frac{d_{o1}}{2} - m = \frac{44}{2} - 4 = 18 \quad mm$

۶- زاویه بغل دندانه ها را با توجه به جدول صفحه قبل معلوم می کنیم. $p = m.\pi = 12.56\,mm$

$$tg\beta = \frac{2\times p\times f}{do_1 + 1.2\times p} = \frac{12\times 12.56\times 1.9}{44 + 1.2\times 12.56} = 0.8 \Rightarrow \beta = 39^\circ$$

۷-سوپرت دستی را به اندازه $\frac{\alpha}{2} = 90^\circ - \beta = 51^\circ$ منحرف نموده و زاویه بغل دندانه ها را به اندازه لازم ایجاد می کنیم. تراش کاری باید طوری انجام شود که پهنای دنده برابر گردد با : $B = b - m = 28mm$

۸-قطعه تراش کاری شده را به دستگاه تقسیم می بندیم و بروی ماشین فرزی قرار می دهیم که میز آن را بتوان تحت زاویه تنظیم نمود. قطعه کار را بین دو مرغک و یا سه نظام و مرغک می بندیم.

۹- مقدار گردش دسته تقسیم را حساب و دستگاه تقسیم را آماده می کنیم. $n_k = \frac{i}{z_2} = \frac{40}{28} = 1\frac{12}{28} = 1\frac{9}{21}$

۱۰-با توجه به مدول و تعداد دندانه چرخ دنده، تیغ فرز پولکی مدولی پیش تراش را انتخاب و روی ماشین فرز سوار می کنیم.

۱۱-امتداد تیغ فرز را نسبت به محور و ضخامت چرخ دنده میزان کرده میز ماشین را به اندازه زاویه گام محور حلزونی منحرف می نماییم. $tg\gamma_m = \frac{p_h}{d_{o1}.\pi} = \frac{m\times\pi}{d_{o1}.\pi} = \frac{m}{d_{o1}} = \frac{4}{44} = 0/9 \qquad \gamma_m = 5^\circ, 12'$

۱۲-تعداد دور تیغ فرز را با توجه به جنس قطعه کار و ابزار تنظیم می کنیم.

۱۳-حرکات طولی و عمقی میز ماشین را ترمز می کنیم (در رخ دنده تراشی حلزونی بار دادن فقط به طور عمودی انجام می شود).

۱۴-ماشین را به کار می اندازیم و با بالا آوردن میز آن به اندازه کمتر از عمق دنده $(h < \frac{13}{6}m)$ بار می دهیم.

۱۵-میز ماشین را پایین آورده به وسیله دسته تقسیم، چرخ دنده را یک دندانه جابه جا می کنیم و با تکرار این کار عملیات پیش تراشی چرخ دنده را به اتمام می رسانیم.

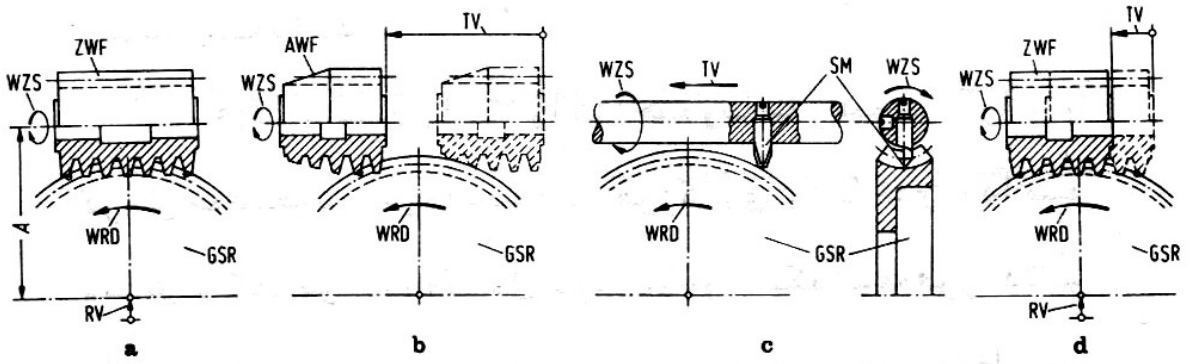
۱۶-محور اصلی دستگاه تقسیم را آزاد و آن را آزمایش می کنیم تا بتواند به راحتی بچرخد.

۱۷-میز را از حالت انحراف خارج می کنیم.

۱۸-به جای تیغ فرز مدولی پیش تراشی، تیغ فرز غلتکی (هاب) مورد نیاز را بسته و با دندانه های پیش تراشی شده تا حدی درگیر می کنیم که لقی جزئی بین تیغ فرز و چرخ دنده وجود داشته باشد. برای

این کار در حالی که ماشین کار نمی کند تیغ فرز غلتکی را با چرخ دنده پیش تراشی شده درگیر کرده با چرخاندن دسته محور اصلی ماشین فرز لقی آن را تا حدی که بتوانند مانند چرخ و حلزون راحت با هم بچرخند از بین می بریم.

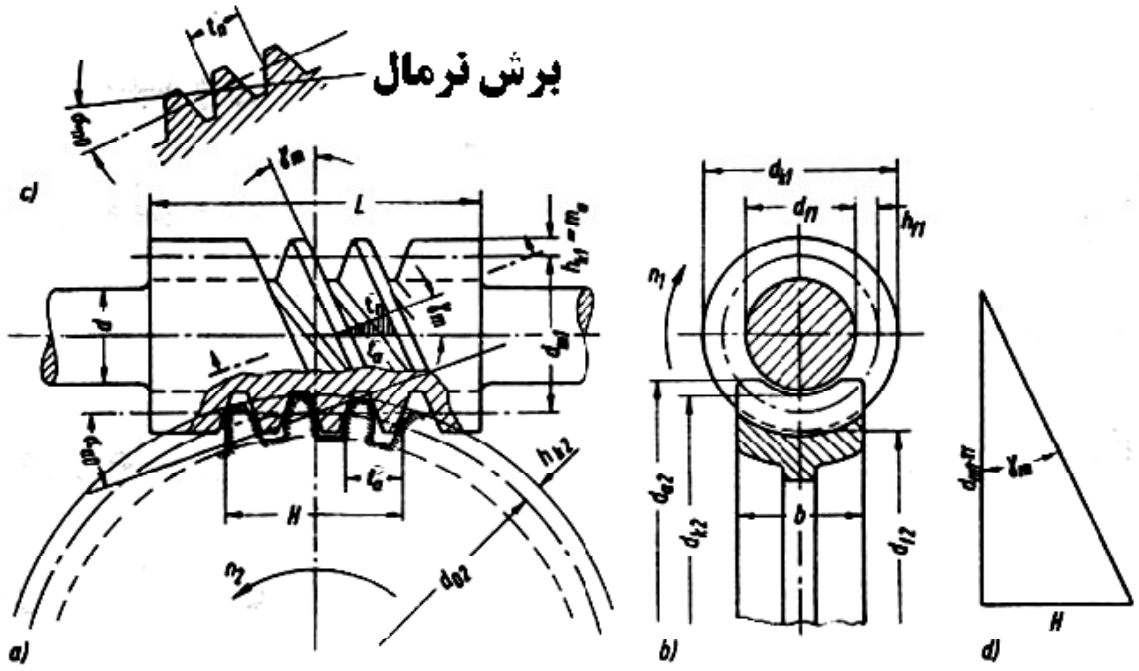
۱۹-ماشین را به کار انداخته با بار عمودی آرام و گردش خود به خودی چرخ دنده، عمل فرز کاری را تا حدی ادامه می دهیم که عمق دنده $(h=\frac{13}{6}\times m)$ کامل شود. لازم است ضمن کار با تیغ فرز غلتکی از ماده خنک کاری که معمولاً روغن رقیق است استفاده کرد و ماشین را با دور نسبتاً آرام به کار انداخت.



۲۰-چرخ دنده آماده شده را باز کرده، بررسی و اندازه گیری می کنیم.

۴)روابط دقیق ساخت چرخ و حلزون

با توجه به این که مطابق شکل زیر چرخ و محور حلزونی دارای دندانه های تحت زاویه هستند مانند آنچه در چرخ دنده های مارپیچ بیان شد دو نوع مدول (پیشانی و نرمال) و در نتیجه دو نوع گام در چرخ و حلزون وجود دارد. در نتیجه اگر بخواهیم عملیات ماشین کاری دقیق باشد باید محاسبات را با روابط دقیق انجام دهیم و از روش های گفته شده چرخ و حلزون را بسازیم.



از روی شکل، مشخصات ساختمانی چرخ و حلزون به این قرار است :

تعداد راه های محور حلزون..... g

تعداد دندانه چرخ حلزون..... z_2

مدول نرمال..... m_n

مدول ظاهری..... ms

گام ظاهری..... ps

گام نرمال..... pn

گام حقیقی محور حلزونی..... H

زاویه گام..... γ_m

قطر متوسط حلزون..... do_1

قطر متوسط چرخ حلزون..... do_2

قطر خارجی محور حلزون..... dk_1

قطر خارجی چرخ حلزون..... dk_2

قطر تراش..... d_A

قطر داخلی محور حلزون..... df_1

قطر داخلی چرخ حلزون..... df_2

طول محور حلزون..... L

عمق دنده محور حلزون..... $h = hk + hf$

۱-۴)روابط دقیق ساخت چرخ و حلزون

به این ترتیب برای ساختن دقیق چرخ و حلزون روابط لازم به قرار زیر است :

$$m_S = \frac{m_n}{Cos\,\gamma_m}$$

$$tg\gamma_m = \frac{H}{do1 \times \pi}$$

$$do1 = \frac{H}{tg\gamma_m . \pi} = \frac{g . m_S}{tg\gamma_m} = \frac{g . m_n}{Sin\,\gamma_m}$$

$$p_S = m_S . \pi$$

$$p_n = m_n . \pi = p_S . Cos\,\gamma_m$$

$$H = g . p_S$$

$$dk_1 = do1 + 2\,m_S$$

$$L \cong 2.5 \times ms\sqrt{Z_2 + 2} \quad , \quad h = 2.2 \times ms$$

$$dk_2 = ms \times Z2 = \frac{mn \times Z2}{Cos\,\gamma_m}$$

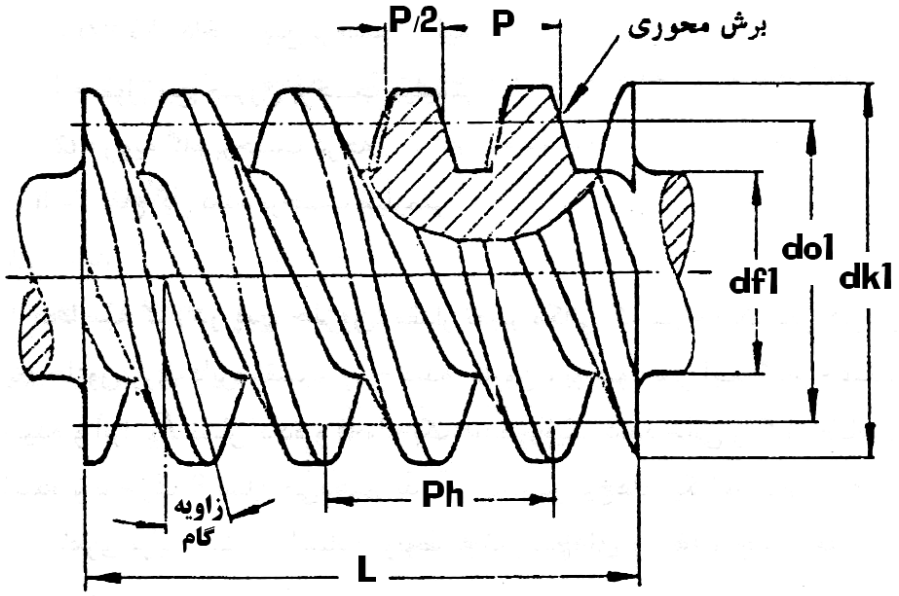
$$dk_2 = do_2 + 2mn$$

$$df_2 = do_2 - 2.4 \times ms$$

$$b \cong 0.45(do1 + 6ms) + 1.8 \times ms$$

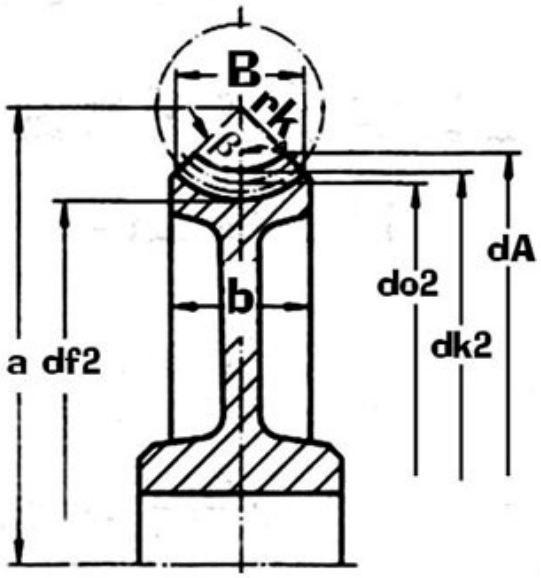
$$dA = do2 + 3 \times ms$$

۵)خلاصه روابط محاسبه محورهای حلزونی :



ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱	مدول	m	$m = \frac{P}{\pi}$
۲	گام ظاهری	P	$P = \pi \times m$
۳	گام حقیقی	P_h	$P_h = P \times g = \pi \times m \times g$
۴	تعداد راه یا نخ	g	$g = \frac{P_h}{P}$
۵	قطر متوسط	d_{O1}	$d_{O1} = \frac{P_h}{\pi \times tg\alpha}$
۶	زاویه گام	γ_m	$tg\gamma_m = \frac{P_h}{\pi \times d_O}$
۷	قطر خارجی	d_{k1}	$d_{k1} = d_{O1} + 2 \times m$
۸	قطر داخلی	d_{f1}	$d_{f1} = d_{O1} - 2.33 \times m$
۹	ارتفاع دندانه	h	$h = 2.167 \times m$
۱۰	طول محور حلزون	L	$L = 2 \times m \times \sqrt{Z_2 + 1}$
۱۱	زاویه دندانه (یا رنده)		۳۰ یا ۴۰ درجه
۱۲	فاصله محور حلزون (۱) از محور چرخ حلزون(۲)	a	$a = \frac{d_{O1} + d_{O2}}{2}$

۶)خلاصه روابط محاسبه چرخ دنده های حلزونی :



ردیف	نام جزء مورد بررسی	نشانه	رابطه
۱	مدول	m	$m = \frac{P}{\pi}$
۲	قطر متوسط	d_{O2}	$d_{O2} = m \times Z_2$
۴	قطر خارجی	d_{k2}	$d_{k2} = d_{O2} + 2 \times m$
۵	قطر تراش	d_A	$d_A = d_{k2} + m$
۶	قطر داخلی	d_{f2}	$d_{f2} = d_{O2} - 2.33 \times m$
	ارتفاع دندانه	h	$h = 2.167 \times m$
۸	پهنای درگیری دندانه	B	$B \cong b - m$
	پهنای دندانه (چرخ دنده)	b	$b = 6$ الی $10 \times m$ یا $0.8 \times d_{O1}$ الی $b = 0.6$
۹	شعاع سر دندانه	r_k	$r_k = \frac{d_{O1}}{2} - m$
۱۰	زاویه پخ سر دندانه	β	$tg\beta = \frac{2 \times P \times f}{d_{O1} + 1.2 \times P}$
۱۱	ضریب f	f	تعداد دندانه (Z_2): 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
۱۲	زاویه انحراف سوپرت تراش	$\frac{\alpha}{2}$	$\frac{\alpha}{2} = 90 - \beta$

۷)پرسش و پاسخ :

۱)بطور کلی دلیل استفاده از محور و چرخ دنده حلزون در صنعت چیست؟

۱)انتقال قدرت زیاد بین دو محور عمود برهم

۲)انتقال قدرت زیاد و کم کردن عده دوران با نسبت بسیار زیاد

۳)انتقال قدرت و حرکت دو طرفه در پرسها و جکها

۴)انتقال قدرت و تبدیل دور زیاد به دور کم بدون ایجاد لرزش و صدا

۲)زاویه بین دندانه های محورهای حلزونی چقدر است؟

۳)می خواهیم به کمک محور و چرخ دنده حلزونی با مدول ۲ میلی متر عده دوران یک موتور که ۱۴۴۰ دور می باشد و به محور حلزون متصل می گردد را در محور چرخ حلزون ۴۰ دندانه ای به ۷۲ دور تبدیل کنیم. گام محور حلزون باید چند میلی متر باشد؟

۴)طول محور حلزونی که با چرخ دنده حلزونی ۲۰ دندانه و مدول ۵ میلی متر کار می کند را محاسبه نمایید.

۵)قطر تراش چرخ دنده حلزونی ۴۰ دندانه ای با مدول ۲/۵ میلی متر را تعیین کنید.

پاسخ پرسش ۱ :

گزینه ۲ – انتقال حرکت توسط محور و چرخ دنده حلزون مانند چرخ دنده های مارپیچ با محورهای متنافر انجام می گردد و معمولاً برای انتقال حرکت از زاویه محوری ۹۰ درجه استفاده می شود. مورد مصرف دیگر محور و چرخ دنده حلزون در انتقال حرکت با نسبت انتقالی بزرگ یا به عبارت دیگر جهت کاهش عده دوران است و در مقایسه با سایر وسایل انتقال حرکت فضای کمتری اشغال می کنند.

پاسخ پرسش ۲ :

گزینه ۲ – محور حلزون از نظر فرم دندانه مانند رزوه های دنده ذوزنقه ای است و زاویه دندانه آنها ۳۰ درجه می باشد. گاهی این زاویه ۴۰ درجه انتخاب می گردد که در این حالت ارتفاع دندانه بیشتر خواهد شد.

پاسخ پرسش ۳ :

$$n_1 . g = n_2 . z_2 \longrightarrow g = \frac{n_2 . z_2}{n_1} = \frac{72 \times 40}{1440} = 2$$

$$P_h = m\pi g = 2 \times 3.14 \times 2 = 12.56^{mm}$$

پاسخ پرسش ۴ :

$$L = 2m\sqrt{z+1} = (2 \times 5) \times \sqrt{20+1} = 10 \times 4.582 = 45.82^{mm}$$

پاسخ پرسش ۵ :

$$d_{k_2} = m(z_2 + 2) = 2.5(40 + 2) = 105^{mm}$$

$$d_A = d_{k_2} + m = 105 + 2.5 = 107.5^{mm}$$

تمرین :

۱)محاسبات لازم برای ساخت پیچ حلزون دو راهه ای که قطر متوسط آن ۴۰ میلی متر و مدول آن ۲/۵ میلی متر است را بنویسید. نسبت انتقال حرکت ۲۰ به ۱ می باشد.

۲)چرخ دنده حلزونی ۴۰ دندانه ای با مدول ۲/۵ میلی متر که قطر متوسط پیچ حلزون درگیر با آن ۴۰ میلی متر است فرزکاری می شود. محاسبات لازم را انجام دهید.

۳)در یک سیستم محرک چرخ دنده حلزونی با مدول ۲/۵ میلی متر، محور حلزون دو راهه و دارای قطر متوسط ۴۰ میلی متر می باشد. اگر قطر خارجی چرخ دنده حلزون ۴۰ میلی متر تعیین گردد سایر محاسبات لازم برای ساخت این سیستم را انجام دهید.

توجه

تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

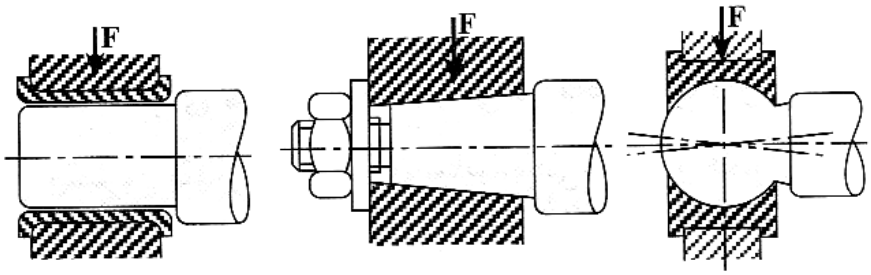
بخش ششم

فرزکاری سطوح کروی

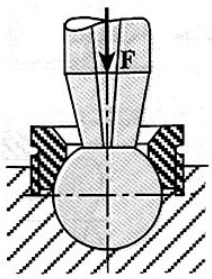
۱)مقدمه

کره شکلی هندسی است که از دوران دایره به دور یکی از قطرهایش بدست می‌آید. به بیان دیگر کره مکان هندسی نقاطی از فضا است که فاصله آنها از نقطه‌ای معلوم که مرکز کره است، مقداری ثابت باشد. از جمله ویژگیهای این شکل هندسی آن است که نیرو را به طور یک نواخت بروی سطح خود انتقال می دهد به همین دلیل سطوح کروی به عنوان تکیه گاه و اجزاء اتصال کاربردهای گوناگونی دارند.

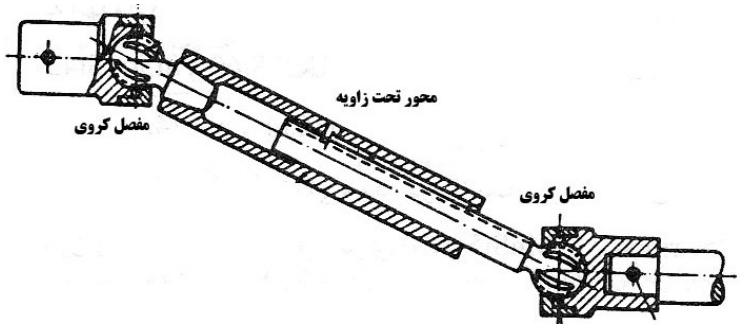
از جمله سطوح کروی می توان به کره های دنباله دار اشاره نمود که تولید آنها به کمک ماشین تراش و فرز نیز امکان پذیر است. ماشین کاری کره دنباله دار با دقت کم بروی ماشین تراش و با دقت حدود ۰/۰۲ میلی متر به کمک ماشین فرز قابل اجرا می باشد. یکی از کاربردهای کره های دنباله دار در اتصال محورها به یکدیگر و ایجاد مفصلهای اتصال است که به آنها توپی گفته می شود. توپیها قطعات گردان استوانه ای، مخروطی یا کروی متصل به محورها و میل محورهای گردان هستند که در یاتاقانها حرکت دورانی دارند یا ساکن می باشند. یکی از ویژگیهای توپی کروی آن است که اجازه می دهد محور در داخل یاتاقان تحت زاویه تنظیم شود و در نتیجه اتصال انعطاف پذیری حاصل گردد. البته این توپی ها به علت تماس نقطه ای دارای اصطکاک کمی هستند و ناپایدار می باشند لذا کمتر به عنوان توپی متحرک بکار می روند.



توپی های افقی کروی، مخروطی و استوانه ای برای اتصال محورها (شفتها) به یاتاقان



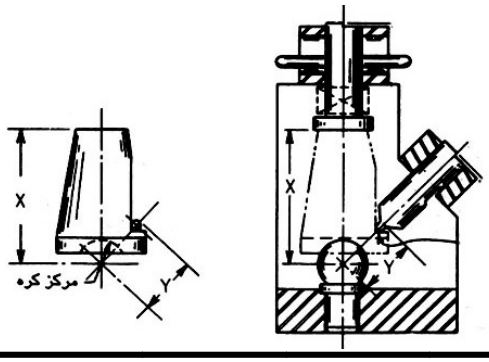
توپی کروی عمودی



محور تحت زاویه با مفصل های کروی

از جمله ویژگی های توپی عمودی کروی آن است که خود به خود در یاتاقان میزان می شوند.

در شکل روبرو نمونه ای دیگر از کاربرد یک کره دنباله دار به عنوان تکیه گاه سوراخ کروی یک قطعه کار در یک فیکسچر کنترل نشان داده شده است.



۲)مراحل فرزکاری کره دنباله دار

مثال : روش ساخت یک کره دنباله دار به قطر ۴۰ میلی متر و دنباله ای به قطر ۱۶ میلی متر توسط ماشین فرز و دستگاه تقسیم یونیورسال را شرح دهید.

نکته : در این روش خشن کاری با ماشین تراش و پرداخت کاری با فرز و تیغه گیر متغیر انجام می شود.

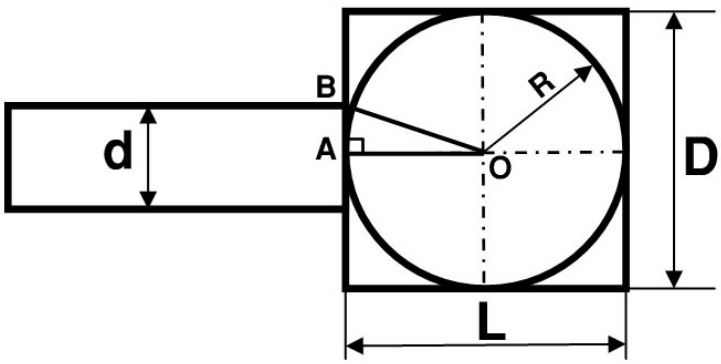
۱-ابتدا طول کره را به کمک رابطه زیر محاسبه می نماییم. سپس ماده خام را متناسب با طول کره و دنباله آن و همچنین متناسب با قطر کره برش می دهیم و تراش کاری می کنیم. معمولاً طول و قطر پله تراش کاری شده برای کره را اندکی بزرگتر از مقادیر محاسبه و تعیین شده ماشین کاری می کنند (مثلاً ۰/۲ میلی متر) تا بعداً به کمک فرزکاری دقیقاً به اندازه داده شده در نقشه، براده برداری شوند.

$$L = R + \sqrt{R^2 - r^2}$$

R شعاع کره بر حسب میلی متر و

r شعاع دنباله کره بر حسب میلی متر

با توجه به شکل زیر در مثلث AOB مقدار AB=r و OB=R در نتیجه از رابطه فیثاغورث OA تعیین می گردد. از جمع OA و شعاع کره مقدار L به صورت رابطه بالا به دست می آید.



برای مثال مورد نظر داریم :

$$L = R + \sqrt{R^2 - r^2} = 20 + \sqrt{20^2 - 8^2} = 38.3\ mm$$

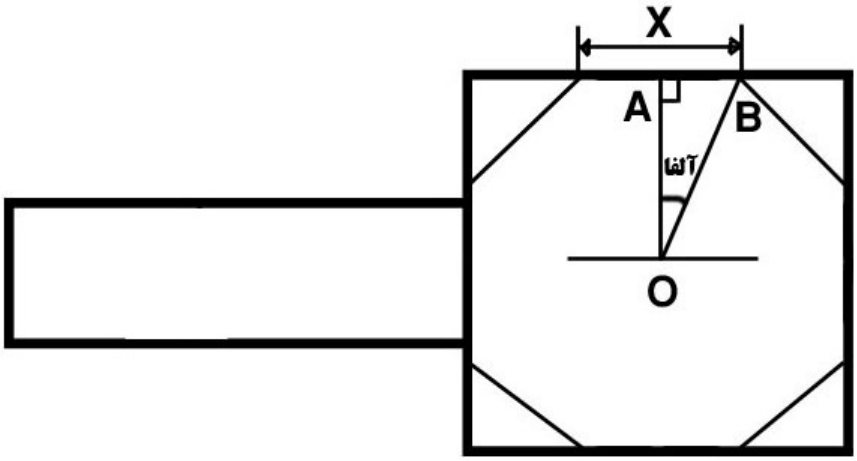
پس $L = 38.3\ mm + 0.2 = 38.5\ mm$, $D = 40 + 0.2 = 40.2\ mm$

۲-به منظور کاهش حجم براده برداری در ماشین فرز، پخهایی در طرفین پله تراشیده شده برای کره ایجاد می گردد. مقدار این پخ که با ماشین تراش ایجاد می گردد از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$X = 0.8284 \times R$$

این پخ با انحراف سوپرت به میزان ۴۵ درجه ایجاد می گردد. برای محاسبه این رابطه در مثلث AOB شکل زیر OA=R و AB=X/2 همچنین از آنجا که زاویه پخ همواره ۴۵ درجه است (زیرا شکل حاصل یک هشت ضلعی منظم می باشد که در آن زاویه مرکزی مقابل به هر ضلع ۴۵ است) پس $\alpha/2=22.5$ درجه خواهد بود به این ترتیب :

$$tg22.5 = \frac{AB}{OA} = \frac{\frac{X}{2}}{R} = \frac{X}{2R} \rightarrow X = 2 \times R \times tg22.5 \rightarrow X = 0.8284 \times R$$

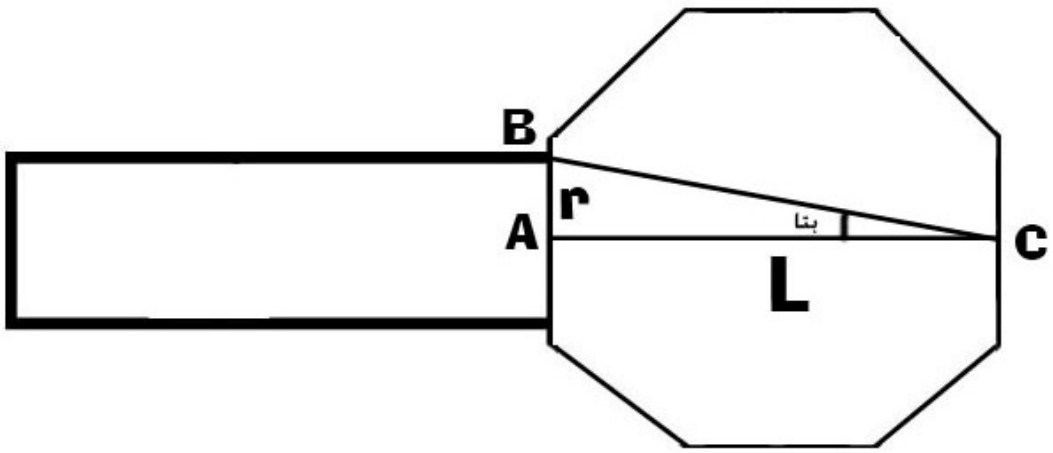


برای مثال ذکر شده داریم :

$$X = 0.8284 \times R = 0.8284 \times 20 = 16.56\ \text{mm}$$

۳-دستگاه تقسیم را روی میز ماشین فرز قرار می دهیم و دنباله کره را در سه نظام آن می بندیم.دستگاه تقسیم را به اندازه زاویه β منحرف می کنیم طوری که BC موازی میز ماشین فرز قرار گیرد (شکل صفحه بعد). زاویه β با توجه به شکل زیر از این رابطه محاسبه می گردد :

$$\text{tg}\beta = \frac{\text{r}}{\text{L}}$$



برای مثال ذکر شده β عبارت است از :

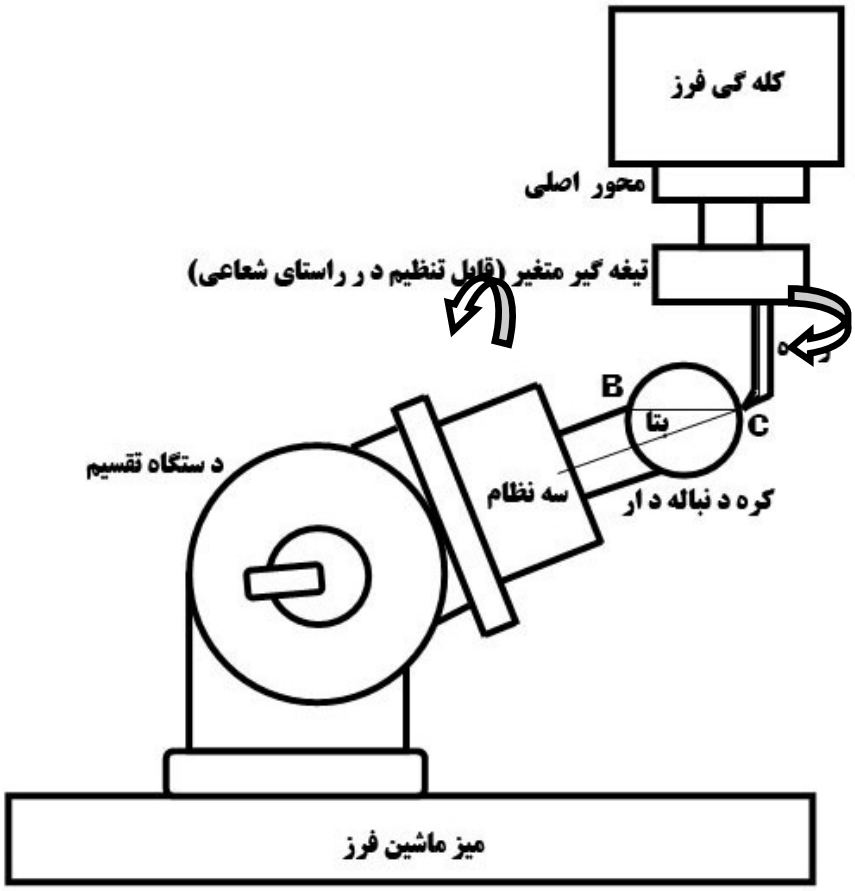
$$\text{tg}\beta = \frac{\text{r}}{\text{L}} = \frac{8}{38.3} \cong 0.208 \rightarrow \beta \cong 11.75$$

BC دامنه دوران ابزار براده برداری است که مقدار آن عبارت است از :

$$\text{BC} = \frac{\text{d}}{2 \times \text{Sin}\beta}$$

و در مثال مذکور داریم :

$$\text{BC} = \frac{\text{d}}{2 \times \text{Sin}\beta} = \frac{8}{0.204} = 39.2$$



۴-رنده مناسبی را سنگ زده به تیغه گیر متغیر می بندیم و تیغه گیر را بروی محور اصلی فرز محکم می کنیم. رنده باید بروی مرکز کره تنظیم شود. محور اصلی فرز را روشن می کنیم تا تیغه گیر متغیر شروع به دوران نماید و دسته دستگاه تقسیم را نیز می چرخانیم تا یک مقطع از کره کامل شود. سپس با اعمال بار عمودی مقطع بعدی کره را به همین صورت کامل می کنیم و کار را تا تکمیل کره ادامه می دهیم. توجه نمایید که مقدار انحراف دوران ابزار از مرکز کره که به آن شعاع لنگ گفته می شود نصف **BC** می باشد. به این ترتیب برای فرزکاری کره سه حرکت اعمال می گردد :

۱-حرکت چرخشی تیغه گیر متغیر در حالت عمودی

۲-حرکت چرخشی قطعه کار توسط دستگاه تقسیم

۳- بار عمودی

۳)مراحل فرزکاری نیم کره داخلی دنباله دار

به وسیله ماشین فرز می توان نیم کره داخلی نیز تولید نمود. برای این کار سه روش ارائه می گردد.

۱-۳)روش اول : انحراف تیغه گیر

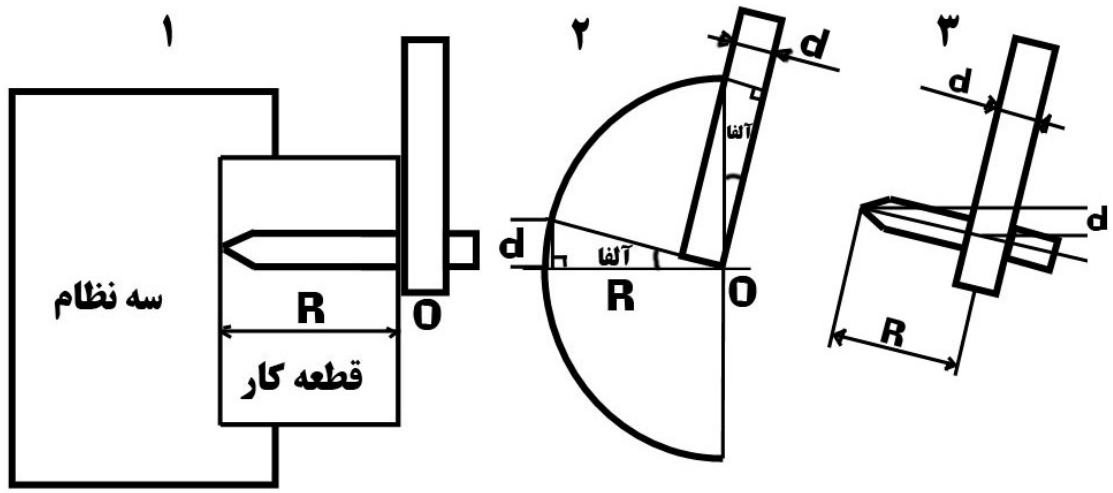
روش تراشیدن نیم کره داخلی بروی ماشین فرز به این ترتیب زیر است

۱-ابتدا قطعه کار بروی دستگاه تراش به اندازه مورد نظر تراشیده می شود.

۲-قطعه کار را به صورت افقی بروی سه نظام دستگاه تقسیم ماشین فرز می بندیم. تیغه گیر متغیر را بروی محور ماشین فرز نصب می کنیم و مقدار شعاع لنگ تیغه گیر را مساوی **R** (شعاع کره)تنظیم می نماییم. سپس در امتداد مرکز قطعه کار تیغه گیر متغیر را به قطعه کار نزدیک می کنیم.

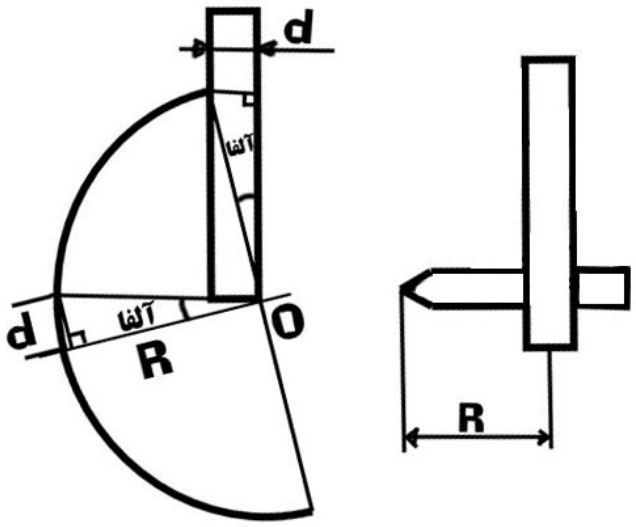
۳-از آنجا که تیغه گیر متغیر به قطعه کار برخورد می کند باید توسط کله گی فرز، تیغه گیر متغیر تحت زاویه α انحراف داده شود. مقدار زاویه α برابر است با $Sin\alpha = \frac{d}{R}$ که در آن d فاصله عمودی انحراف نوک رنده از مرکز کره یا همان قطر میله نگاه دارنده رنده می باشد. توجه نمایید که بار دهی به صورت افقی انجام می گردد.

۴-برای تنظیم نوک رنده با مرکز کره، تیغه گیر متغیر را به اندازه r از مرکز قطعه کار پایین می آوریم و محور اصلی فرز را روشن می کنیم. ضمن دوران تیغه گیر متغیر، باید به آرامی دسته دستگاه تقسیم را با دست چرخاند.



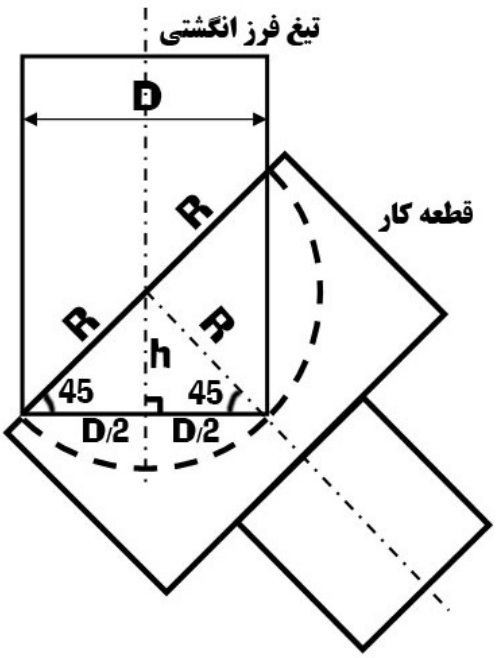
۲-۳)روش اول : انحراف دستگاه تقسیم

در این روش پس از انجام مراحل تراش کاری، قطعه کار را بروی سه نظام دستگاه تقسیم بسته تیغه گیر متغیر را تنظیم می کنیم. سپس به جای انحراف تیغه گیر متغیر، این بار دستگاه تقسیم را به اندازه زاویه α به طرف بالا منحرف می کنیم و از فرمول $Sin\alpha = \frac{d}{R}$ استفاده می نماییم. طول تیغه گیر متغیر را از مرکز محور آن به اندازه R تنظیم می نماییم و شروع بکار می کنیم (طبق شکل زیر). حرکت بار به صورت افقی می باشد.



۳-۳)روش دوم : استفاده از تیغ فرز انگشتی

در این روش از یک تیغ فرز انگشتی به شرح زیر استفاده می شود :



۱-قطعه کار را به اندازه لازم تراش کاری می کنیم.

۲-قطعه کار را به دستگاه تقسیم بسته دستگاه تقسیم را به میزان ۴۵ درجه منحرف می کنیم. (مقدار این زاویه اختیاری است.)

۳-از رابطه زیر قطر تیغ فرز انگشتی مناسب (D) را بر حسب شعاع سوراخ (R) محاسبه می کنیم :

$$D = \sqrt{2} \times R$$

تیغ فرز را به محور اصلی فرز می بندیم و لبه آن را بروی مرکز کره تنظیم می کنیم. این کار باید با دقت انجام گیرد در غیر این صورت زائده ای در مرکز سوراخ ایجاد می شود. بهتر است ابتدا یک مخروط دقیق به محور اصلی فرز بسته شود و به کمک آن محور اصلی فرز در مرکز سوراخ تنظیم گردد سپس به جای مخروط تیغ فرز انگشتی بسته شود.

۳-میز ماشین فرز به میزان h (مقدار بار بر حسب میلی متر) بالا آورده می شود :

$$h = R \times Sin\alpha$$

در اینجا که α=۴۵ انتخاب شده است داریم :

$$h = R \times Sin\alpha = R \times Sin45 = R \times \frac{\sqrt{2}}{2} \quad , \quad D = \sqrt{2} \times R \quad \rightarrow \quad h = \frac{D}{2}$$

۴-ماشین فرز را روشن می کنیم و دسته دستگاه تقسیم را به آرامی می چرخانیم. توجه کنید که برای تکمیل سوراخ کروی باید مقدار h را به چند قسمت تقسیم نمود و به این ترتیب در هر مرحله بخشی از سوراخ را ماشین کاری نمود تا در نهایت مقدار بار کامل شود و سوراخ کروی ایجاد گردد. مقدار بار در هر مرحله به جنس تیغ فرز و جنس قطعه کار بستگی دارد.

مثال :

محاسبات لازم برای فرزکاری یک نیم کره دنباله دار داخلی به شعاع ۱۰ میلی متر را به کمک تیغ فرز انگشتی انجام دهید.

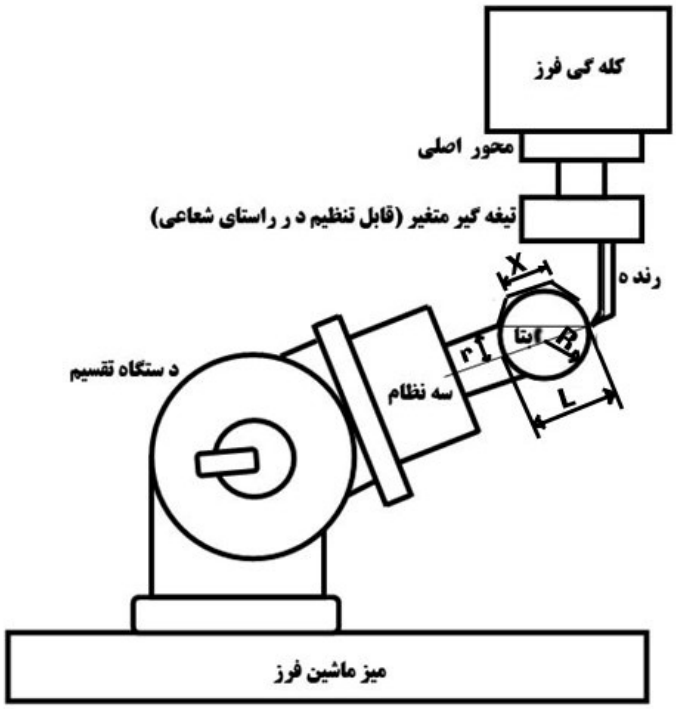
قطر تیغ فرز :

$$D = \sqrt{2} \times R = \sqrt{2} \times 10 = 14.1 \cong 14\ mm$$

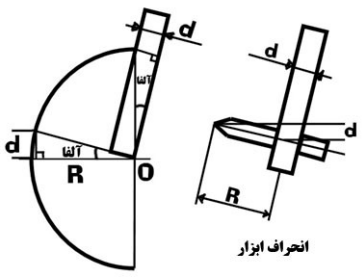
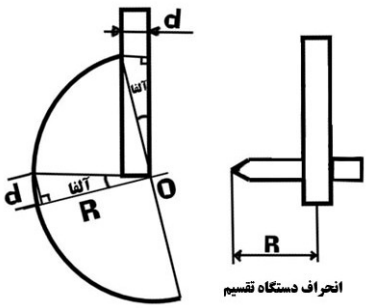
عمق بار :

$$h = R \times Sin\alpha = R \times Sin45 = 10 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 7.07\ mm$$

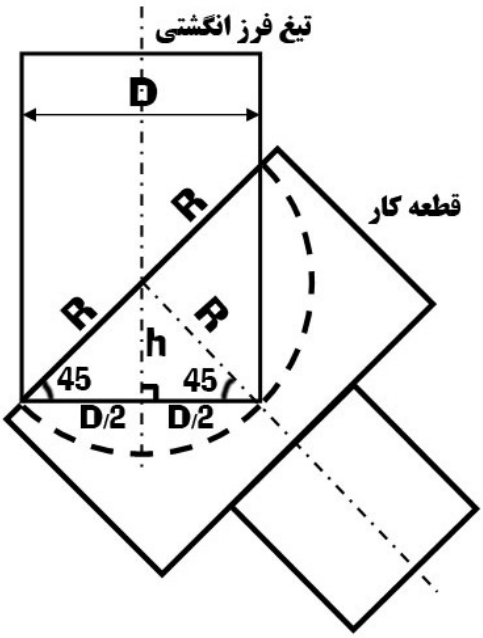
۴)خلاصه روابط محاسبه کره تراشی خارجی :

نام	رابطه	شکل
طول بخش کروی برای تراش کاری	$L = R + \sqrt{R^2 - r^2}$	
طول پخ برای تراش کاری	$X = 0.8284 \times R$	
زاویه انحراف دستگاه تقسیم (β)	$tg\beta = \frac{r}{L}$	
دامنه دوران ابزار (شعاع لنگ = BC)	$BC = \frac{d}{2 \times Sin\beta}$	

۵)خلاصه روابط محاسبه نیم کره تراشی داخلی (روش اول) :

نام	رابطه	شکل
زاویه انحراف تیغه گیر یا دستگاه تقسیم (α)	$Sin\alpha = \frac{d}{R}$	 یا 

۶)خلاصه روابط محاسبه نیم کره تراشی داخلی (روش دوم) :

نام	رابطه	شکل
قطر تیغ فرز انگشتی (D)	$D = \sqrt{2} \times R$	
زاویه انحراف دستگاه تقسیم (α)	۴۵ درجه	
مقدار بار (h)	$h = R \times \sin\alpha$	

۷)تمرین :

۱)روش ساخت یک کره دنباله دار به قطر ۶۰ میلی متر و دنباله ای به قطر ۱۸ میلی متر توسط ماشین فرز و دستگاه تقسیم یونیورسال را شرح دهید.

۲)برای ساخت یک کره دنباله دار به قطر ۴۲ میلی متر و دنباله ای به قطر ۲۰ میلی متر دامنه دوران تیغه گیر متغیر (شعاع لنگ) چقدر است؟

۳)آیا می توان عملیات کره تراشی خارجی را با زاویه انحراف ۹۰ درجه انجام داد؟ توضیح دهید.

۴) برای ساخت یک کره دنباله دار به قطر ۳۰ میلی متر با زاویه انحراف ۴۵ درجه محاسبات لازم را بنویسید.

۵)محاسبات لازم برای فرزکاری یک نیم کره داخلی به شعاع ۱۰ میلی متر با استفاده از تیغ فرز انگشتی را انجام دهید.

۶) محاسبات لازم برای فرزکاری یک نیم کره داخلی به شعاع ۲۲ میلی متر به روش انحراف تیغه گیر متغیر یا دستگاه تقسیم انگشتی را بنویسید. قطر تیغه گیر ۶ میلی متر می باشد.

۷)در ماشین کاری نیم کره داخلی به روش انحراف تیغه گیر یا دستگاه تقسیم کدام گزینه درست است؟

۱) $-R<d<R$ ۲) $0<d<R$ ۳) $0<d<5$ ۴) برای قطر تیغه گیر محدودیتی وجود ندارد.

۸)در ماشین کاری نیم کره داخلی با استفاده از تیغ فرز انگشتی کدام گزینه درست است؟

۱) $-R<h<R$ ۲) $0<h<R$ ۳) $0<h<R$ ۴) برای عمق بار محدودیتی وجود ندارد.

راهنمایی برای پرسشهای ۷ و ۸ : $\sin\alpha$ بین ۱ و -۱ قرار دارد.

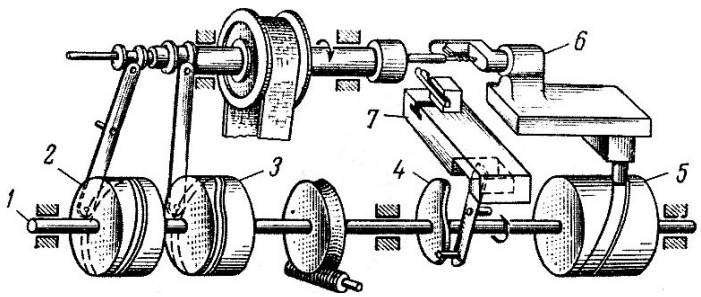
بخش هفتم

فرزکاری بادامک

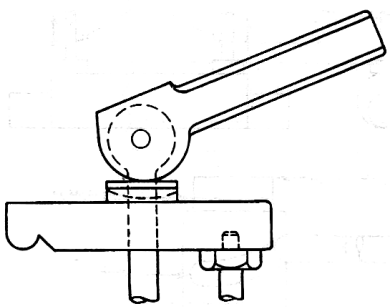
۱)مقدمه

دستگاه های صنعتی را بر حسب نوع کاربرد با مکانیزمهای گوناگونی می سازند. برخی از آنها تمام خودکار و برخی نیمه خودکار می باشند. مکانیزم کنترل چنین دستگاههایی ترکیبی از سیستمهای مکانیکی، هیدرولیکی، نیوماتیکی، الکتریکی و الکترونیکی است. سیستمهای مکانیکی قدمت بسیار زیادی دارند و در آنها از انواع قطعات مکانیکی مانند چرخ دنده ها، محورها، وسایل اتصال، بادامک و ... استفاده می شود.

بادامک قطعه ای مکانیکی است که عموماً برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت مستقیم یا حرکت رفت و برگشت و انتقال این حرکت به دیگر بخشهای ماشین به کار می رود. کاربرد بادامک در سیستمهای کنترل خودکار مکانیکی رایج است. در این نوع خودکار سازی، منحنی بادامک، مسیر حرکت معینی را بوجود می آورد که سیستم از آن مسیر پیروی می کند. در حقیقت شکل بادامک یک برنامه مکانیکی برای کنترل حرکت است و در بیشتر موارد، شکل بادامک از یک رابطه معین ریاضی (پارابولیک، هارمونیک یا سیکلوئید) پیروی می کند. در شکل زیر بادامک (شماره ۴) حرکت عرضی سوپرت یک ماشین تراش خودکار را در مسیر معینی کنترل می کند که باعث می شود ابزار قطعه کار را برش دهد.



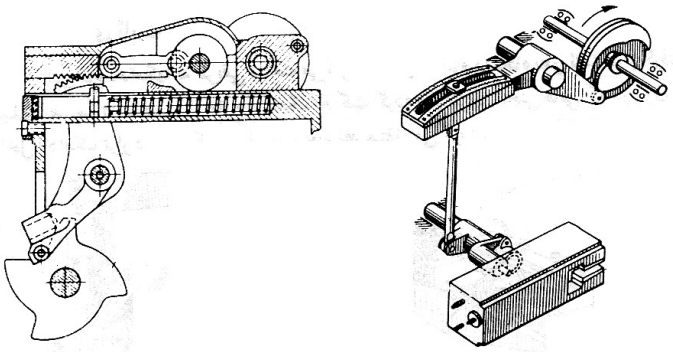
مثال دیگر، میل بادامک در موتور اتومبیل می باشد که دارای بادامکهای متعددی است و باز و بسته شدن سوپاپهای ورودی و خروجی محفظه سیلند موتور را کنترل می کند. کاربرد بادامک به عنوان روبند و قطعه قفل کننده در فیکسچرها نیز مرسوم می باشد.


روبند باد امکی

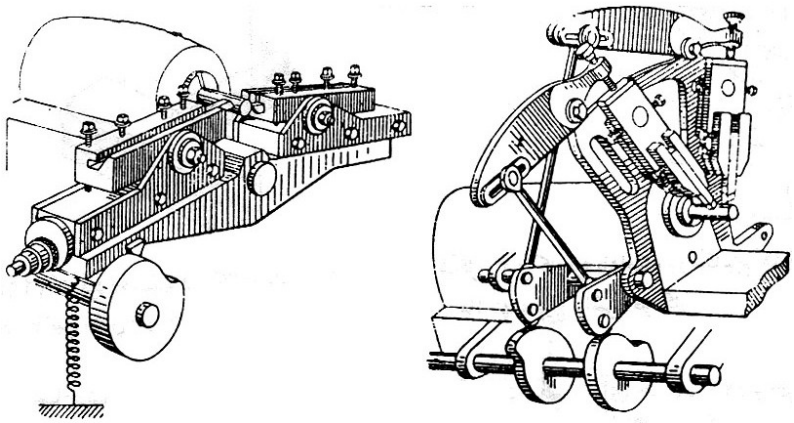
بادامک معمولاً شکل غیر متعارفی دارد و به عنوان محرک، حرکت را به اهرم متحرکی که پیرو نامیده می شود منتقل می کند. در شکل زیر اجزای یک مکانیزم بادامکی را مشاهده می کنید.

بادامک بیشتر برای تبدیل حرکت دورانی به حرکت رفت و برگشتی به کار می رود و از آن جا که می توان آن را به شکلهای مختلف ساخت، انواع حرکت نیز به وسیله بادامک قابل تولید می باشد. بادامکها

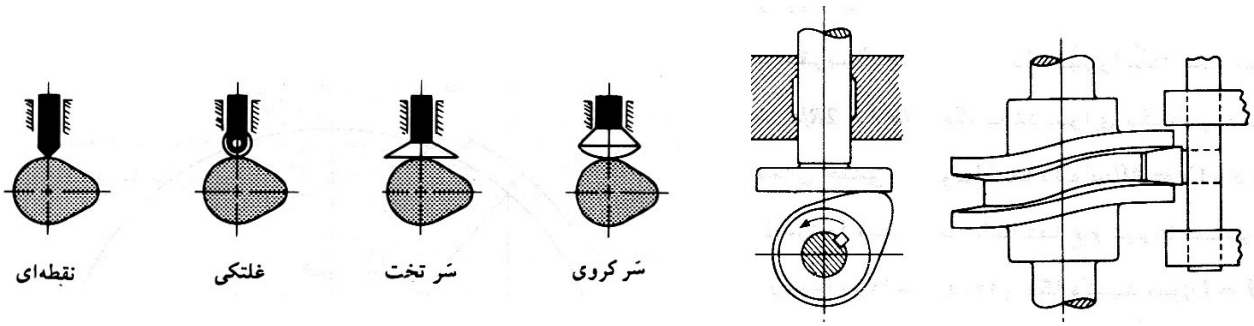
به دو گروه متحرک و ثابت تقسیم می شوند. در نوع متحرک بادامک دوران می کند و پیرو را به حرکت وا می دارد. بادامک ثابت حرکت نمی کند بلکه ثابت است و پیرو روی آن به حرکت وا داشته می شود. در تقسیم بندی دیگر از نظر شکل بادامک، دو نوع بادامک وجود دارد بادامک صفحه ای که پیرو را به صورت عمود بر محور خود حرکت می دهد و بادامک استوانه ای یا شعاعی که پیرو را موازی محور خود حرکت می دهد.



کاربرد بادامک متحرک در بار دهی عرضی ماشین تراش (راست) و در ماشین پیچ تراش خودکار (چپ)



کاربرد بادامک ثابت در مکانیزم بار عرضی ماشین تراش سوئیسی

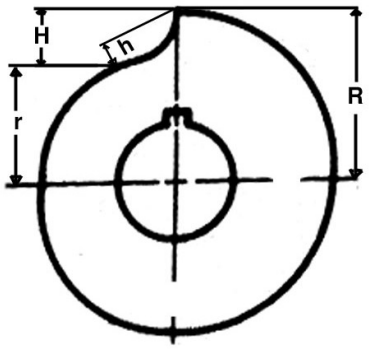


بادامک استوانه ای بادامک صفحه ای انواع پیرو

از آنجا که ساخت بادامک صفحه ای نسبتاً ساده تر از بادامک استوانه ای است و به کمک فرز یونیورسال نیز می توان بادامک صفحه ای با گام ثابت را تولید نمود به بررسی این نوع بادامک و روش فرزکاری آن می پردازیم.

۲)اجزای بادامک

در شکل زیر اجزای یک بادامک صفحه ای تک دماغه نشان داده شده است :



R : شعاع بزرگ بادامک بر حسب میلی متر

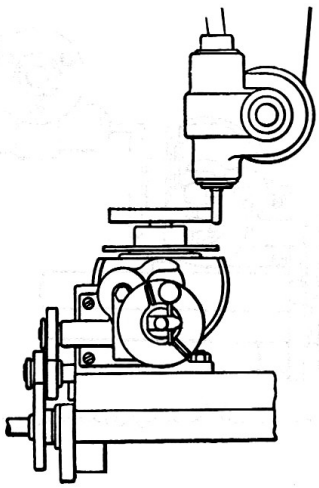
r : شعاع کوچک بادامک بر حسب میلی متر

H : گام بادامک (مقدار برآمدگی یا خیز بادامک در یک دور کامل) بر حسب میلی متر

h : مقدار برآمدگی یا خیز بادامک در یک نقطه از محیط آن بر حسب میلی متر

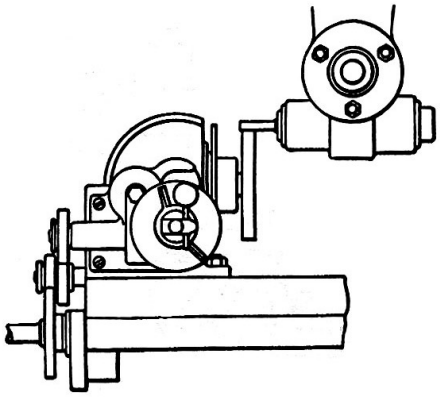
W : ضخامت بادامک بر حسب میلی متر

α : زاویه مرکزی دماغه بادامک (که در شکل بالا ۳۶۰ درجه است.)



۳)محاسبات و مراحل فرزکاری بادامک

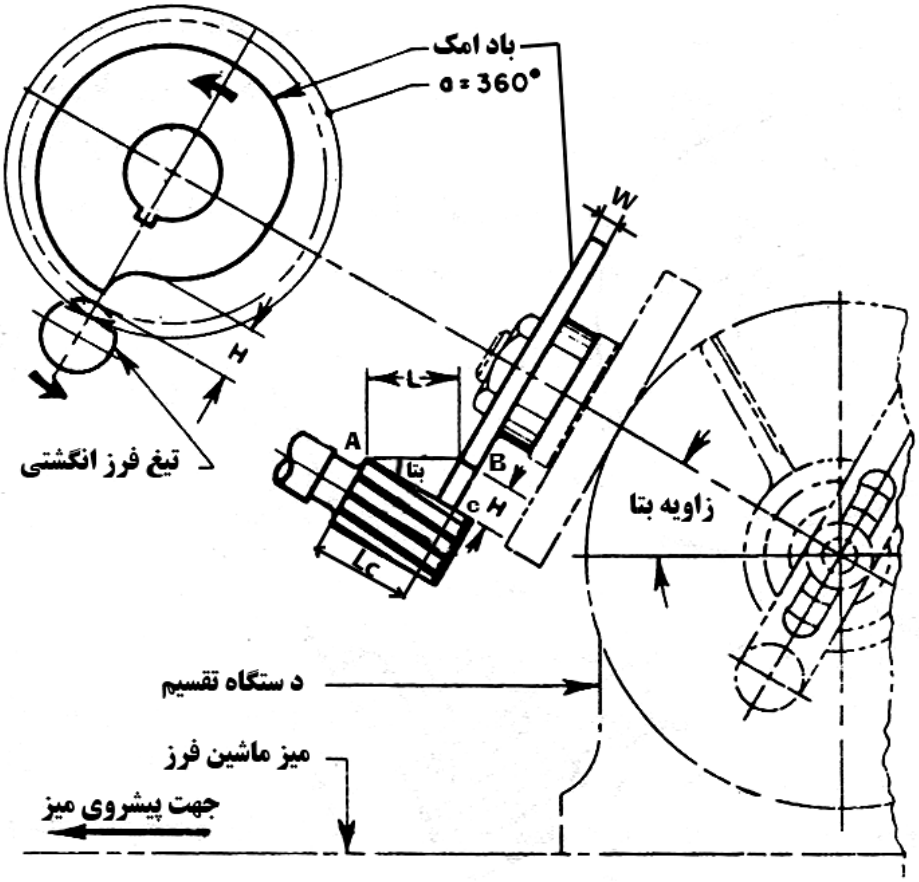
بادامک با گام یک نواخت را می توان به وسیله ماشین فرز عمودی و یک تیغ فرز انگشتی از ترکیب دوران یکنواخت قطعه کار که به محور دستگاه تقسیم بسته شده است و پیشروی یک نواخت میز ماشین فرز تولید نمود. برای این کار کله گی فرز و قطعه کار هر دو تحت زاویه معینی منحرف می گردند بطوری که محور قطعه کار و محور تیغ فرز موازی یکدیگر باشند. میز در یک دور گردش قطعه کار می تواند مقدار معینی پیشروی کند. چنانچه قطعه کار و کله گی فرز عمودی باشند و زاویه داده نشوند این مقدار بسته به نوع ماشین فرز در حدود ۲۵ تا ۴۰۰۰ میلی متر خواهد بود. به این ترتیب روی قطعه کار بادامکی ایجاد خواهد شد که خیز آن در ۳۶۰ درجه بین ۲۵ تا ۴۰۰۰ میلی متر می باشد.



اگر قطعه کار و کله گی طوری تحت زاویه قرار گیرند که محور هر دو با میز فرز موازی باشد (زاویه انحراف صفر است)، تیغ فرز روی قطعه کار دایره ای تولید می کند که هیچ برآمدگی ندارد. به این ترتیب با انحراف کله گی فرز و قطعه کار از صفر تا ۹۰ درجه بسته به نوع ماشین فرز می توان بادامکهایی با گام ۰ تا ۲۵ الی ۴۰۰۰ میلی متر ماشین کاری نمود.

مثال :

مراحل فرزکاری بادامکی با قطر بزرگ ۱۱۸، ضخامت ۱۰، سوراخ محور ۴۰ و گام ۳۰ میلی متر در ۳۶۰ درجه را بنویسید. گام پیچ میز ماشین فرز ۶ میلی متر و نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ می باشد.



حل :

۱-به کمک ماشین تراش، صفحه ای به قطر ۱۱۸، ضخامت ۱۰ با سوراخی به قطر ۴۰ میلی متر در وسط آن ماشین کاری نمایید.

۲-از نقشه بادامک یک کپی تهیه نمایید و از آن به عنوان شابلن استفاده کرده طرح بادامک را روی ماده خام مشخص کنید. با توجه به این که از فرزکاری به عنوان فرایند پرداخت کاری بادامک استفاده می شود تا جایی که امکان دارد باید قطعه کار را توسط سوهان کاری یا به کمک اره نواری یا با دستگاه مته و ایجاد سوراخ های نزدیک به هم، خشن کاری نمود و به این وسیله بار فرزکاری را کاهش داد. این کار تا نزدیکی محدوده خط کشی شده انجام می گردد.

۳-قطعه کار خشن کاری شده را بروی دُرن سوار کرده آن را در سه نظام دستگاه تقسیم که بروی میز ماشین فرز و نزدیک انتهای آن بسته شده است محکم کنید.

۴-زاویه انحراف دستگاه تقسیم (β) را از رابطه زیر محاسبه نمایید و سپس دستگاه تقسیم را به اندازه این زاویه منحرف کنید.

$$\text{Sin}\,\beta = \frac{H}{L}$$

L گام درگیری ماشین فرز یا گام ظاهری می باشد. با توجه به شکل بالا در مثلث ABC ضلع BC گام بادامک و ضلع AB گام درگیری فرز است و رابطه بالا در این مثلث برقرار است.

نکته : گام درگیری تقریباً دو برابر گام بادامک است (L=2H). بنابراین زاویه β نیز۳۰ درجه خواهد بود. چنانچه گام محوری یا زاویه انحراف داده نشوند عموماً همین شرایط به عنوان شرایط ماشین کاری به کار می روند. پس در مثال ذکر شده نیز β همان ۳۰ درجه منظور می گردد.

۵-از رابطه زیر حداقل طول تیغ فرز انگشتی (L_C) را تعیین نمایید. تیغ فرز انگشتی با طولی بیشتر از آنچه که محاسبه شده است، انتخاب و به محور اصلی ماشین فرز متصل کنید. سپس کله گی را به اندازه زاویه β منحرف نمایید تا محور آن موازی محور قطعه کار قرار گیرد. W ضخامت تیغ فرز و H گام آن است.

$$L_C = (H \times \text{Cotg}\,\beta) + W$$

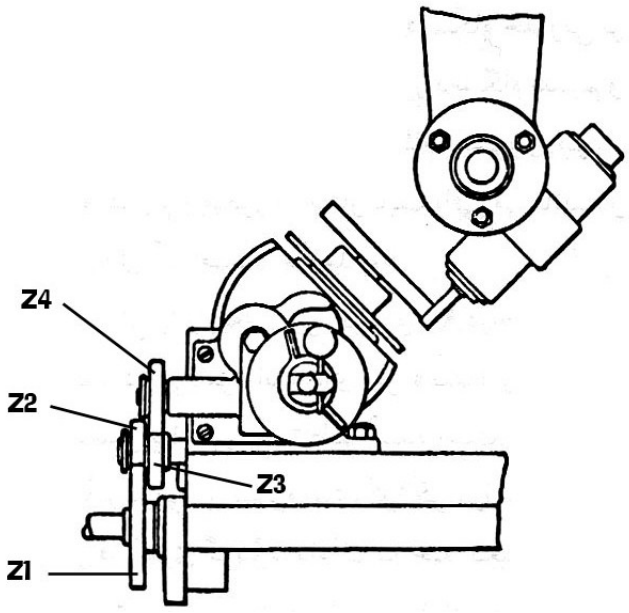
پس برای مثال ذکر شده داریم :

$$L_C = (H \times \text{Cotg}\,\beta) + W = (30 \times Cotg30) + 10 = 15.67\ mm$$

توجه شود که قطر تیغ فرز انگشتی به قطر غلتک پیرو بادامک بستگی دارد. ضمناً برای محاسبه کتانژانت یک زاویه کافی است تانژات زاویه را پیدا کرده آن را معکوس نمود (Cotgα=1/tgα).

۶-از رابطه زیر چرخ دنده های تعویضی مناسب را محاسبه نمایید و آنها را در شرایط کنترل بررسی کنید. i نسبت دستگاه تقسیم، Pt گام پیچ ماشین فرز و L گام درگیری می باشد. در نهایت با توجه شکل زیر چرخ دنده های تعویضی را بین پیچ میز ماشین فرز و محور دستگاه تقسیم سوار کنید.

$$\frac{\text{متحرک}}{\text{محرک}} = \frac{Zt}{Zg} = \frac{i \times Pt}{L}$$



توجه :

تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

در مثال ذکر شده داریم (L=2H=60) :

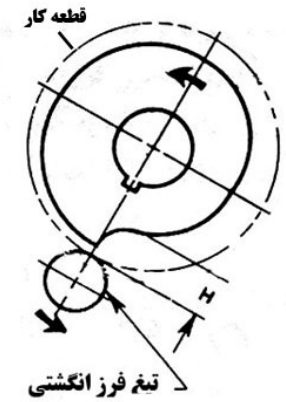
$$\frac{Zt}{Zg}=\frac{i\times Pt}{L}=\frac{40\times 6}{60}=\frac{10\times 24}{6\times 10}=\frac{80\times 48}{24\times 40}=\frac{80}{24}\times\frac{48}{40}=\frac{Z1}{Z2}\times\frac{Z3}{Z4}$$

چون چرخ دنده ها باید به صورت مرکب سوار شوند امکان درگیری چرخ دنده ها را به کمک شرایط امکان مونتاژ بررسی می نماییم.

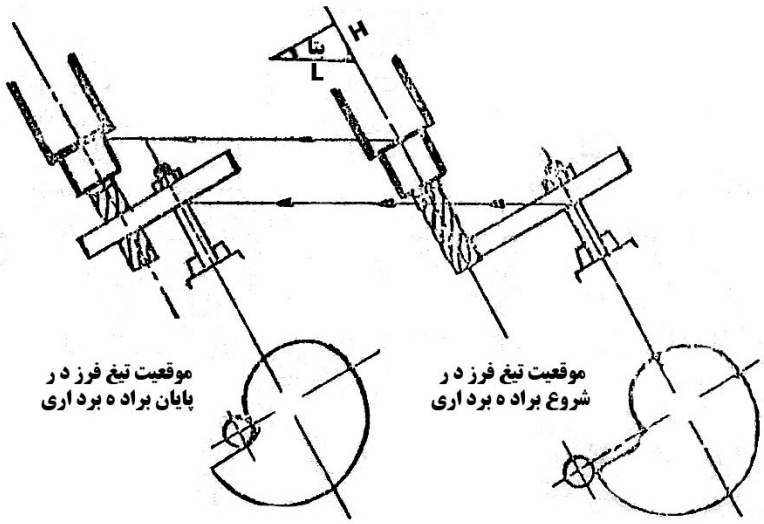
$$Z_1+Z_2>15+Z_3\ ,\ Z_3+Z_4>15+Z_2$$
$$80+24>15+48\ ,\ 48+40>15+24$$
$$104>63\ ,\ 88>39$$

پس این چرخ دنده ها با همین ترتیب قابل نصب هستند.

۷-ماشین فرز را روشن کنید و مرکز تیغ فرز را در راستای مرکز قطعه کار و در بلندترین جای آن (نوک دماغه) به قطعه کار مماس کنید (شکل زیر).



۸-قفل دستگاه تقسیم را آزاد نمایید و به آرامی دسته دستگاه تقسیم را بچرخانید. فرزکاری بادامک از بلند ترین نقطه آن آغاز و در پایین ترین نقطه آن پایان خواهد یافت.



توجه :

اگر تعداد دماغه بادامک بیش از یکی باشد یا گام بادامک زاویه ای کوچکتر از ۳۶۰ درجه را اشغال کند، گام بادامک از رابطه زیر محاسبه می گردد (α زاویه مرکزی مقابل به یک دماغه است.) :

$$H=\frac{360\times h}{\alpha}$$

مثال :

بادامکی به ضخامت ۸ میلی متر که برآمدگی یا خیز آن در ۳۰۰ درجه ۴۰ میلی متر است تحت زاویه ۵۰ درجه با ماشین فرز یونیورسالی که گام پیچ آن ۶ میلی متر است تولید خواهد شد. محاسبات لازم برای ساخت بادامک را انجام دهید. نسبت دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ می باشد.

$$H = \frac{360 \times h}{\alpha} = \frac{360 \times 40}{300} = 48 \quad و \quad Sin\beta = \frac{H}{L} \rightarrow L = \frac{48}{Sin50} \cong 62.66 \cong 64mm$$

$$L_C = (H \times Cotg\,\beta) + W = (48 \times Cotg50) + 8 \cong 48.28 \ mm$$

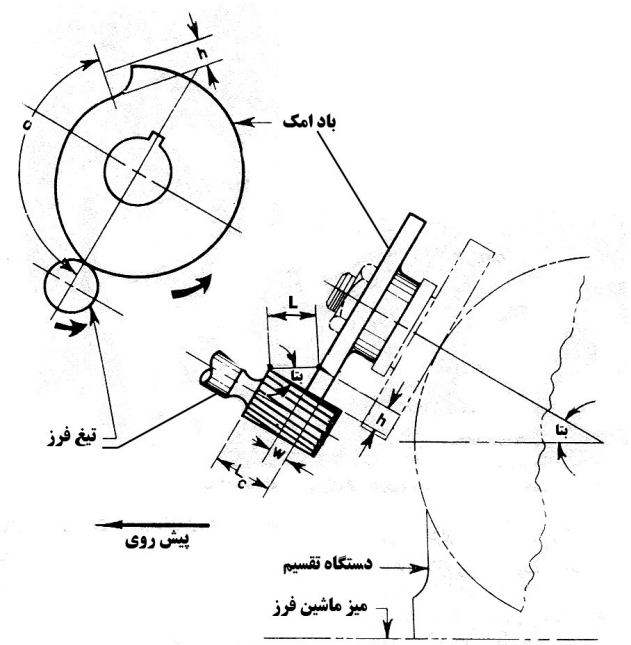
$$\frac{Zt}{Zg} = \frac{i \times Pt}{L} = \frac{40 \times 6}{64} = \frac{10 \times 24}{4 \times 16} = \frac{80 \times 24}{32 \times 16} = \frac{80 \times 48}{32 \times 32} = \frac{80}{32} \times \frac{48}{32} = \frac{Z1}{Z2} \times \frac{Z3}{Z4}$$

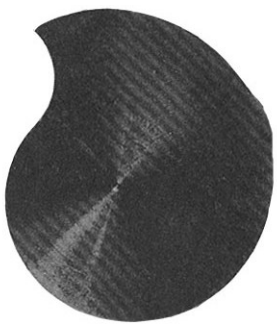
$$Z_1 + Z_2 > 15 + Z_3 \quad , \quad Z_3 + Z_4 > 15 + Z_2$$

$$80 + 32 > 15 + 48 \quad , \quad 48 + 32 > 15 + 32$$

$$112 > 63 \quad , \quad 80 > 47$$

پس این چرخ دنده ها با همین ترتیب قابل نصب هستند. در شکل زیر فرزکاری بادامکی نشان داده شده است که خیز آن در α درجه برابر h است. به عبارت دیگر دماغه آن ۳۶۰ درجه را بطور کامل پوشش نمی دهد. زاویه انحراف نیز ۳۰ درجه می باشد.





فرزکاری بادامک با زاویه دماغه کوچکتر از ۳۶۰ بادامک با دو دماغه بادامک تک دماغه

مثال :

محاسبات لازم برای فرزکاری بادامکی با سه دماغه که هر یک ۱۲۰ درجه از محیط بادامک را اشغال می کنند و خیزی برابر ۱۵ میلی متر دارند را بنویسید. ضخامت بادامک ۶ میلی متر است که تحت زاویه ۴۲ درجه با دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ و فرز یونیورسالی که گام پیچ آن ۶ میلی متر است تولید می گردد.

$$H = \frac{360 \times h}{\alpha} = \frac{360 \times 15}{120} = 45 \quad و \quad Sin\beta = \frac{H}{L} \rightarrow L = \frac{45}{Sin42} \cong 67.25 \cong 68mm$$

$$L_C = (H \times Cotg\,\beta) + W = (45 \times Cotg42) + 6 \cong 46.5 \ mm$$

$$\frac{Zt}{Zg} = \frac{i \times Pt}{L} = \frac{40 \times 6}{68} = \frac{10 \times 24}{4 \times 16} = \frac{80 \times 24}{32 \times 16} = \frac{80 \times 48}{32 \times 32} = \frac{80}{32} \times \frac{48}{32} = \frac{Z1}{Z2} \times \frac{Z3}{Z4}$$

$$Z_1 + Z_2 > 15 + Z_3 \quad , \quad Z_3 + Z_4 > 15 + Z_2$$

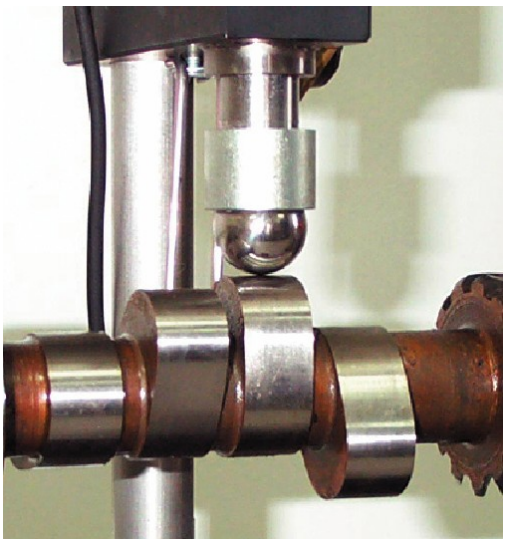
$$80 + 32 > 15 + 48 \quad , \quad 48 + 32 > 15 + 32$$

$$112 > 63 \quad , \quad 80 > 47$$

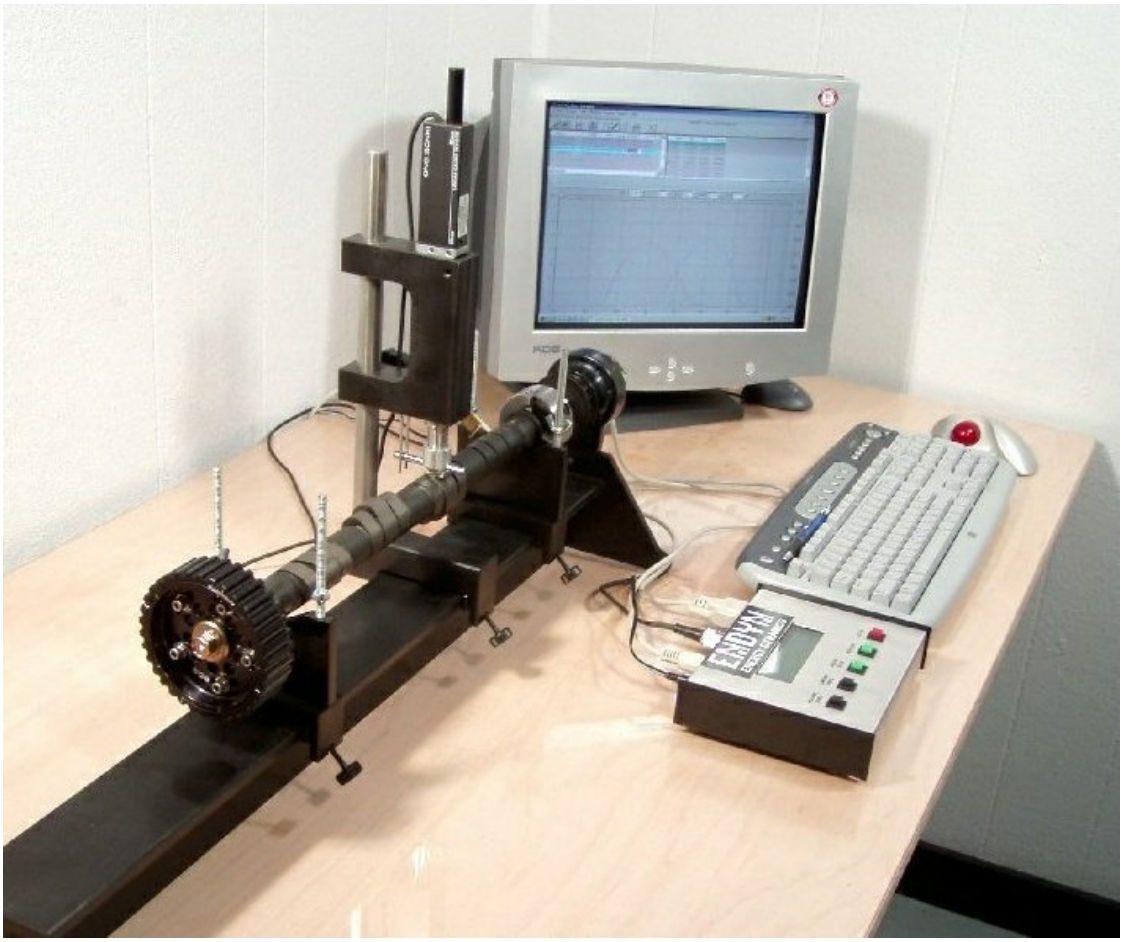
فرزکاری این بادامک مشابه موارد قبل است اما برای اجرای آن باید بروی قطعه کار سه خط با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر رسم گردد. سپس تیغ فرز در روی هر خط با قطعه کار مماس و تا ۱۲۰ درجه بعد با دستگاه تقسیم چرخانده می شود. برای ۱۲۰ درجه دوم و سوم همین مراحل تکرار می گردد.

۴)کنترل کیفیت بادامک

دستگاه زیر از جمله وسایل اندازه گیری است که در حال حاضر برای کنترل بادامک ها مورد استفاده قرار می گیرد. همانطور که در شکل دیده می شود یک حسگر بروی پیرامون بادامک حرکت می کند و اطلاعات سطح آن را به صورت نمودار در نرم افزار موجود در رایانه رسم و درستی آن را تحلیل می کند.

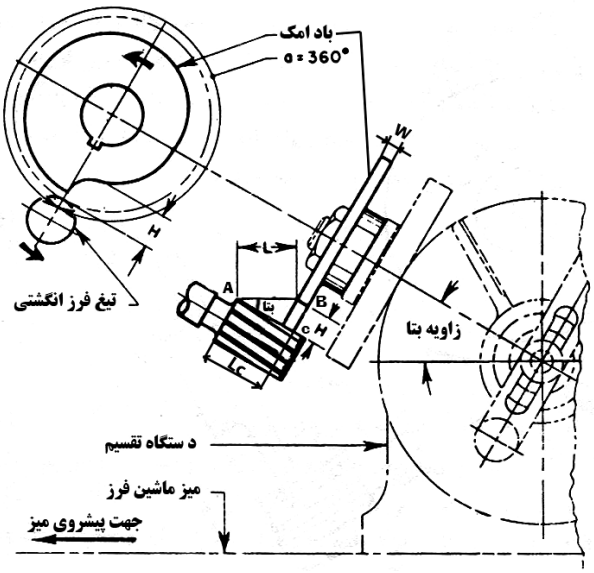


حرکت حسگر دستگاه بروی بادامک



دستگاه بررسی ابعادی بادامک ها در میل بادامک یک اتومبیل

۵)خلاصه روابط محاسبه فرزکاری بادامک :

نام	رابطه	شکل
زاویه انحراف دستگاه تقسیم (β)	$\text{Sin}\,\beta = \frac{H}{L}$	
حداقل طول فرز انگشتی (L_C)	$L_C = (H \times \text{Cotg}\,\beta) + W$	
گام بادامک دارای خیز h تحت زاویه مرکزی (α)	$H = \frac{360 \times h}{\alpha}$	
چرخ دنده های تعویضی	$\frac{Zt}{Zg} = \frac{i \times Pt}{L} = \frac{Z1}{Z2} \times \frac{Z3}{Z4}$	
حداقل قطر بادامک (D)	$D = H + \frac{3}{4} \times H$	

۶)تمرین :

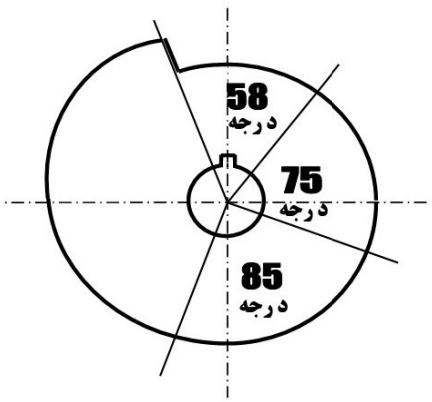
۱)قطر بادامکی ۱۳۰ میلی متر و گام یا خیز آن در زاویه ۱۸۰ درجه، ۱۸/۷۵ میلی متر است. اگر گام محوری ۷۵ میلی متر و گام پیچ هادی فرز ۶ میلی متر باشد حساب کنید :

الف)گام بادامک

ب)زاویه انحراف دستگاه تقسیم و کله گی فرز

ج)چرخ دنده های تعویضی مورد نیاز

۲)برای فرزکاری بادامک شکل روبرو موارد زیر را محاسبه نمایید.



الف)گام در هر قسمت

ب)زاویه انحراف دستگاه تقسیم و کله گی فرز

ج)چرخ دنده های تعویضی مورد نیاز

۳)بادامکی دارای خیزی برابر ۱۹ میلی متر در زاویه مرکزی ۹۰ درجه است. ضخامت بادامک ۶ میلی متر است که تحت زاویه ۳۰

درجه با دستگاه تقسیم ۴۰ به ۱ و فرز یونیورسالی که گام پیچ آن ۴ میلی متر است تولید می گردد. محاسبات لازم را انجام دهید.

۴)بادامکی با ضخامت ۶/۵ میلی متر در محدوده ۳۰۰ درجه دارای خیزی برابر ۳ میلی متر است. گام محوری ماشین فرز، زاویه انحراف و حداقل طول تیغ فرز انگشتی مناسب را تعیین نمایید.

۵)با توجه به رابطه زیر ارتباط بین گام بادامک و گام محوری را تعیین نمایید.

$$\mathbf{Sin\ \beta = \frac{H}{L}}$$

راهنمایی :

$$\mathbf{-1 \leq Sin\alpha \leq 1}$$

۶)برای پرسش۳ حداقل قطر بادامک را محاسبه نمایید.

۷)اگر گام و ضخامت یک بادامک ثابت باشد کدام گزینه درست است؟

۱-با افزایش زاویه انحراف حداقل طول تیغ فرز انگشتی نیز افزایش می یابد.

۲-بیشترین طول تیغ فرز انگشتی زمانی حاصل می گردد که زاویه انحراف ۹۰ درجه باشد.

۳-با کاهش زاویه انحراف حداقل طول تیغ فرز انگشتی افزایش می یابد.

۴-هر سه گزینه بالا نادرست است.

راهنمایی :

$$\mathbf{L_C = (H \times Cotg\ \beta) + W}$$

۸)آیا می توان بادامکی به قطر ۶۰ میلی متر فرزکاری نمود که خیز آن در زاویه ۱۸۰ درجه، ۱۸/۷۵ میلی متر باشد؟

راهنمایی : از رابطه حداقل قطر بادامک استفاده نمایید.

توجه :

کوتاه ترین گامی که به کمک روش فرزکاری می توان ماشین کاری نمود زمانی حاصل می گردد که بزرگترین چرخ دنده تعویضی موجود به عنوان محرک و کوچکترین چرخ دنده تعویضی نیز به عنوان متحرک بین پیچ فرز و محور دستگاه تقسیم نصب گردند. معمولاً اگر گام بادامک کمتر از ۲۵ میلی متر باشد نمی توان به کمک چرخ دنده های تعویضی استاندارد آن را فرزکاری نمود. این بادامکها به کمک دستگاه های خاصی که توانایی بادامک تراشی با هر دو نوع گامهای کوتاه و بلند را دارند ماشین کاری می شوند. برای فرزکاری بادامک در این شرایط، کمترین مقدار گام محوری ممکن یعنی ۲۵ میلی متر در فرمول قرار داده می شود (یعنی $\mathbf{L = 25}$).

توجه :

تعداد دندانه چرخ دنده های تعویضی موجود در کارگاه آموزشکده شهید بهشتی و تعداد آنها عبارت هستند از : ۲۴ (۴عدد)-۲۸(۱)-۳۲(۳)-۴۰(۳)-۴۴(۱)-۴۸(۳)-۵۶(۳)-۶۴(۳)-۷۲(۳)-۸۶(۳)-۱۰۰(۳)

بخش هشتم

پیوست

الف)پرسشهای چهار گزینه ای کنکور کاردانی به کارشناسی

۱)زاویه مخروط متوسط دو چرخ دنده مخروطی درگیر با تعداد دندانه مساوی که زاویه بین محورهای آنها ۹۰ درجه می باشد چند درجه است؟ (آزاد ۷۴)

۱)۴۵ و ۴۵ ۲)۴۵ و ۹۰ ۳)۳۰ و ۶۰ ۴)۳۰ و ۹۰

۲)سیرکولار پیچ همان ..... بر حسب اینچ است. (آزاد ۷۴)

۱)قطر کوچک ۲)دیامترال پیچ ۳)قطر متوسط ۴)گام

۳)طول مولد یک چرخ دنده مخروطی با زاویه مخروط متوسط ۳۰ درجه و قطر دایره تقسیم ۴۵ میلی متر چند میلی متر است؟ (آزاد ۷۴)

۱)۳۸ ۲)۲۲/۵ ۳)۴۵ ۴)۹۰

۴)ارتفاع دندانه پیچ حلزون سه راهه ای با گام حقیقی ۲۸/۲۷ میلی متر کدام است؟ (سراسری ۷۸)

۱)۵/۴۱۵ میلی متر ۲)۸/۶۶۸ میلی متر ۳)۶/۵۰۱ میلی متر ۴)۱۹/۵۰۲ میلی متر

۵)دیامترال چرخ دنده اینچی برابر ۱۰ دنده در اینچ می باشد. سیرکولارپیچ این چرخ دنده کدام است؟ (سراسری ۷۸)

۱)اینچ CP = ۰/۲۰۹ ۲)میلی متر CP = ۵/۱۲۰۵ ۳)میلی متر CP = ۳۱/۴ ۴)اینچ CP = ۰/۳۱۴

۶)در چرخ دنده های مخروطی اگر $b = \frac{L}{3}$ چه رابطه ای بین ma و mi برقرار خواهد بود؟ (سراسری ۷۸)

۱)ma=1.5×mi ۲)mi=1.5×ma ۳)ma=mi ۴)$ma = \frac{mi}{Cos\beta}$

۷)قطر خارجی چرخ دنده مارپیچی ۸۲/۶۲ میلی متر و تعداد دندانه آن ۲۴ دنده و زاویه انحراف آن ۲۰ درجه می باشد. مدول نرمال mn و مدول پیشانی ms آن کدام است؟ (Cos20=0.9397) سراسری ۷۸

۱)میلی متر ۳= mn و میلی متر ۳/۱۹۲= ms ۲)میلی متر ۳/۲۵= mn و میلی متر ۴/۸۷۵= ms

۳)میلی متر ۳= mn و میلی متر ۴/۵= ms ۴)میلی متر ۲/۷۵= mn و میلی متر ۲/۹۵= ms

۸)در چرخ دنده هلیکال مدول نرمال mn و مدول پیشانی ms چه رابطه ای با هم دارند؟ (سراسری ۷۸)

۱)Cosβ=ms/mn ۲)tgβ=ms/mn ۳)Cosβ=mn/ms ۴)tgβ=mn/ms

۹)انتخاب تیغ فرز برای چرخ دنده های هلیکال (مارپیچ) بر اساس ..... (سراسری ۷۸)

۱)تعداد دندانه هایی است که هر چرخ دنده دارد.

۲)براساس مدول نرمال و مدول سطحی است که از رابطه Cosα=ms/mn بدست می آید.

۳)تعداد دندانه های فرضی است که از رابطه $Z'=Z/(Cos\beta)^3$ بدست می آید.

۴)بر اساس رابطه $P=(\pi\times d)/tg\beta$ بدست می آید.

۱۰)مقدار زاویه اصلاحی در چرخ دنده های مخروطی از چه رابطه ای بدست می آید؟ (سراسری ۷۸)

(ma مدول بزرگ، mi مدول کوچک، Z تعداد دندانه، b پهنای دندانه)

۱) $tg\lambda = \frac{Z\times(m+2)}{4\times b}$ ۲) $tg\lambda = \frac{\pi\times(ma-mi)}{4\times b}$ ۳) $tg\lambda = \frac{Z\times(ma-mi)}{2\times b}$ ۴) $tg\lambda = \frac{ma\times(Z+2)}{4\times b}$

۱۱)گام یک شیار مارپیچ که قطر قطعه کار آن ۵۰ میلی متر است و زاویه پیچش مارپیچ آن ۲۰ درجه می باشد از کدام رابطه بدست می آید؟ (سراسری ۷۸)

۱)$50\times\pi\times tg70$ ۲)$50\times\pi\times Cotg20$ ۳)$50\times\pi\times Cotg70$ ۴)$(50\times\pi)/tg70$

۱۲)مقدار انحراف زاویه دستگاه تقسیم در ماشین کاری چرخ دنده مخروطی با فرز یونیورسال چگونه است؟ (سراسری ۷۹)

۱)طوری است که یال مخروطی به صورت افقی قرار گیرد.

۲)طوری است که یال مخروطی به صورت عمودی قرار گیرد.

۳)طوری است که پای دندانه افقی یا عمودی قرار گیرد.

۴)طوری است که امتداد قطر متوسط به صورت افقی یا عمودی قرار گیرد.

۱۳)کدام یک از جملات زیر در مورد چپ یا راست بودن دندانه های چرخ دنده های مارپیچ نسبت به زاویه محوری نادرست است؟ (سراسری ۷۹)

۱)اگر محورهای آنها نسبت به هم موازی باشد، یکی چپ و دیگری راست می باشد.

۲)اگر زاویه محوری کوچکتر از ۴۵ درجه باشد، یکی چپ و دیگری راست می باشد.

۳)اگر زاویه محوری بین ۴۵ و ۹۰ درجه باشد، هر دو چپ یا هر دو راست می باشد.

۴) اگر زاویه محوری بیش از ۹۰ درجه باشد، یکی چپ و دیگری راست می باشد.

۱۴)برای تراشیدن چرخ دنده های مارپیچ کدام عبارت در خصوص نصب چرخ دنده های تعویضی پشت میز ماشین فرز درست است؟ (سراسری ۷۹)

۱)$Z1$ و $Z2$ بروی محور میز ماشین فرز سوار می شود.

۲)$Z2$ و $Z3$ بروی یک محور سوار می شود.

۳)$Z3$ و $Z4$ بروی محور میز ماشین فرز سوار می شود.

۴)$Z1$ بروی محور دستگاه تقسیم و $Z2$ بروی محور میز ماشین فرز سوار می شود.

۱۵)در کره تراشی به وسیله ماشین فرز معمولی، فرمول محاسبه زاویه انحراف دستگاه تقسیم کدام یک از گزینه های زیر است؟ (سراسر ی ۷۹)

۱)$tg\beta=r/L$ ۲)$tg\beta=d/D$ ۳)$Sin\beta=r/L$ ۴)$Sin\beta=d/D$

۱۶)در کره تراشی با فرزهای معمولی کدام رابطه مورد استفاده قرار می گیرد؟ (سراسری ۷۹)

۱)$\sqrt{R^2-r^2}$ ۲)$\sqrt{r^2-R^2}$ ۳)$\sqrt{d^2-D^2}$ ۴)$\sqrt{D^2-d^2}$

۱۷)در انتقال حرکت بین دو محور متنافر توسط چرخ دنده های مارپیچ مناسب ترین زوایای انحراف چرخ دنده ها عبارتند از : (سراسری ۷۹)

۱)زوایای انحراف دو چرخ دنده با هم مساوی باشد.

۲)زاویه انحراف چرخ دنده محرک بیشتر از چرخ دنده متحرک باشد.

۳) زاویه انحراف چرخ دنده متحرک بیشتر از چرخ دنده محرک باشد.

۴)معمولاً به نسبت انتقال بستگی دارد.

۱۸)دیامترال چرخ دنده اینچی برابر ۱۰ دنده در اینچ و تعداد دندانه آن ۳۲ می باشد. اندازه قطر خارجی چقدر است؟ (سراسری ۷۹)

۱)میلی متر $dk=۳۴۰$ ۲)اینچ $dk=۰/۳۲$ ۳)اینچ $dk=۳/۴$ ۴)میلی متر $dk=۳۲۰$

۱۹)رابطه محاسبه چرخ دنده های تعویضی در مارپیچ تراشی کدام است؟ (سراسری ۷۹)

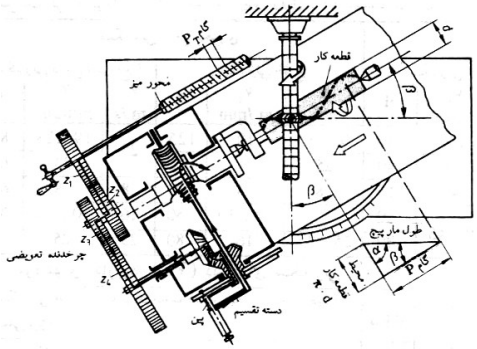
۱) $\frac{Zt}{Zg}=\frac{P}{i\times Pt}$ ۲) $\frac{Zt}{Zg}=\frac{i}{P\times Pt}$ ۳) $\frac{Zt}{Zg}=\frac{i\times Pt}{P}$ ۴) $\frac{Zt}{Zg}=\frac{Pt}{i\times P}$

۲۰)قطر خارجی dk و مدول پیشانی ms چرخ دنده مارپیچی با مدول نرمال mn=۳ میلی متر و تعداد دندانه ۹۲ چند میلی متر است؟ (Cos20=0.94)

۱)میلی متر ms =۲/۱۲۷ و میلی متر dk =۲۰۰ ۲)میلی متر ms =۴/۷۸۷ و میلی متر dk =۴۵۰

۳)میلی متر ms =۳/۱۹ و میلی متر dk =۳۰۰ ۴)میلی متر ms =۳/۱۹ و میلی متر dk =۲۸۲

۲۱)گام شیار مارپیچ در شکل روبرو با کدام رابطه محاسبه می شود؟ (سراسری ۸۰)



۱) $P=\pi\times d\times Cotg\beta$

۲) $P=\pi\times d\times tg\beta$

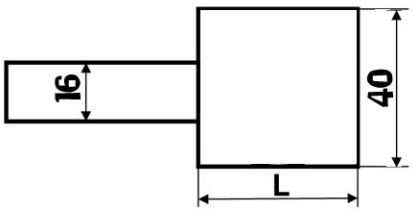
۳) $P=\pi\times d\times tg\alpha$

۴)گزینه های ۱ و ۳

۲۲)چرخ دنده های پیشانی و مارپیچ با کدام ماشین فرز تولید می شوند؟ (سراسری ۸۱)

۱)غلتکی (هابینگ) ۲)دروازه ای ۳)بورینگ ۴)یونیورسال

۲۳)برای تراش کره ای مطابق شکل، طول L چند میلی متر در نظر گرفته می شود؟ (سراسری ۸۱)



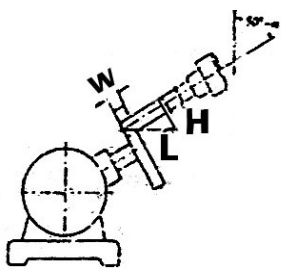
۱) ۴۸/۳

۲) ۴۶/۱۸

۳) ۳۸/۳

۴) ۱۶/۲۴

۲۴)شکل روبرو فرزکاری کدام مورد را نشان می دهد؟ (سراسری ۸۱ و ۸۲)



۱)بادامک

۲)طبلک

۳)پیچ ارشمیدس

۴)شیار منحنی

۲۵)مدول نرمال برای چرخ دنده مارپیچی که دارای مدول سطحی ۵/۳۲۱ میلی متر و زاویه انحراف ۲۰ درجه می باشد چند میلی متر است؟ (سراسری ۸۲) Cos20=0.9397

۱) یک میلی متر ۲)۵/۳ میلی متر ۳)۰/۲۶ میلی متر ۴)۵ میلی متر

۲۶)مدول کوچک و بزرگ در کدام یک از چرخ دنده ها کاربرد دارد؟ (سراسری ۸۲)

۱)چرخ دنده های هلیکال ۲)چرخ دنده های جناقی ۳)چرخ دنده های مخروطی ۴)چرخ دنده های ساده

۲۷)در تولید چرخ دنده با روش کله زنی، کدام حرکت به وسیله ابزار انجام می شود؟ (سراسری ۸۳)

۱)تنظیم بار ۲)پیشروی ۳)غلتشی ۴)برش

ب)پاسخ نامه پرسشهای چهار گزینه ای کنکور کاردانی به کارشناسی

برای بررسی پاسخهای تشریحی این پرسشها به کتاب ((ماشینهای ابزار و روشهای تولید مدرسان شریف-مؤلف : علی جاریانی-انتشارات فرا آموزش)) مراجعه نمایید.

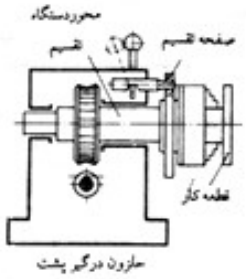
پرسش	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ۴	پرسش	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ۴
۱	✓				۲۰			✓	
۲				✓	۲۱				✓
۳			✓		۲۲				✓
۴			✓		۲۳			✓	
۵				✓	۲۴	✓			
۶	✓				۲۵				✓
۷	✓				۲۶			✓	
۸			✓		۲۷				✓
۹			✓						
۱۰		✓							
۱۱			✓						
۱۲	✓								
۱۳				✓					
۱۴		✓							
۱۵	✓								
۱۶	✓								
۱۷		✓							
۱۸			✓						
۱۹			✓						

ج)جداول

تقسیم با دستگاه تقسیم (دستگاه تایلکهف)

تقسیم مستقیم

در تقسیم مستقیم ، محور دستگاه تقسیم به همراه صفحه تقسیم و قطعه کار به اندازه لازم چرخانده می شود . در این تقسیم حلزون و چرخ حلزون درگیر نیستند.



T عدد تقسیم
α تقسیم زاویه ای
n_L تعداد سوراخهای صفحه تقسیم
n_1 تعداد فاصله سوراخ ، گام تقسیم

$$n_1 = \frac{n_L}{T}$$

مثال 1 : $n_L = 24, T = 8, n_1 = ?$

$$n_1 = \frac{n_L}{T} = \frac{24}{8} = 3$$

$$n_1 = \frac{\alpha \cdot n_L}{360^\circ}$$

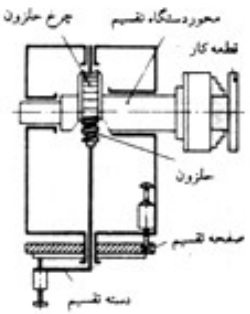
مثال 2 : $n_L = 24, \quad \alpha = 30^\circ, \quad n_1 = ?$

$$n_1 = \frac{\alpha \cdot n_L}{360^\circ} = \frac{30^\circ \cdot 24}{360^\circ} = 2$$

تقسیم غیرمستقیم

دایره سوراخ صفحه تقسیم
15 16 17 18 19 20 21 23 27 29 31 33 37 39 41 43 47 49
یا
17 19 23 24 25 27 28 29 30 31 33 37 39 41 42 43 47 49 51 53 57 59 61 63

درتقسیم غیرمستقیم محوردستگاه تقسیم توسط حلزون وازطریق چرخ حلزون حرکت می کند.



T عددتقسیم
α تقسیم زاویه ای
i نسبت انتقال دستگاه تقسیم
n_k تعدادگردش دسته تقسیم برای یک تقسیم، گام تقسیم

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

مثال 1 : $T = 68, i = 40, n_k = ?$

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{68} = \frac{10}{17}$$

$$n_k = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ}$$

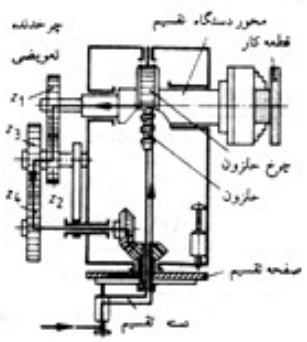
مثال 2 : $\alpha = 37,2^\circ, i = 40, n_k = ?$

$$n_k = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \cdot 37,2^\circ}{360^\circ} = \frac{37,2}{9} = \frac{186}{9 \cdot 5} = 4\frac{2}{15}$$

تقسیم اختلافی

تعداد دندانه چرخدنده های تعویضی
24 24 28 32 36 40 44 48 56 64 72 80 84 86 96 100

درتقسیم اختلافی محوردستگاه تقسیم مانند تقسیم غیرمستقیم توسط حلزون وچرخ حلزون حرکت می کند. هم زمان با آن محوردستگاه تقسیم ازطریق چرخدنده تعویضی، صفحه تقسیم را می چرخاند.



T عددتقسیم
T' عددتقسیم کمکی
α تقسیم زاویه ای
i نسبت انتقال دستگاه تقسیم
n_k تعدادگردش دسته تقسیم برای یک تقسیم، گام تقسیم
z_t تعداد دندانه چرخدنده متحرك (z_1, z_3)
z_g تعداد دندانه چرخدنده محرك (z_2, z_4)

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

$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'}(T' - T)$$

وقتی عدد تقسیم کمکی T' بزرگتراز عددتقسیم T باشد، باید دسته تقسیم وصفحه تقسیم جهت یکسان داشته باشند. درغیراینصورت باید جهات فوق عکس هم باشند. جهت چرخش لازم با یک چرخدنده میانی دیگرعملی است.

مثال : $i = 40, T = 97, n_k = ?, \frac{z_t}{z_g} = ?, T'$ (انتخاب می شود) $= 100$

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5} = \frac{8}{20}$$

حل :

$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'} \cdot (T' - T) = \frac{40}{100} \cdot (100 - 97) = \frac{2}{5} \cdot 3 = \frac{6}{5} = \frac{48}{40}$$

فرزکاری شیار مارپیچ

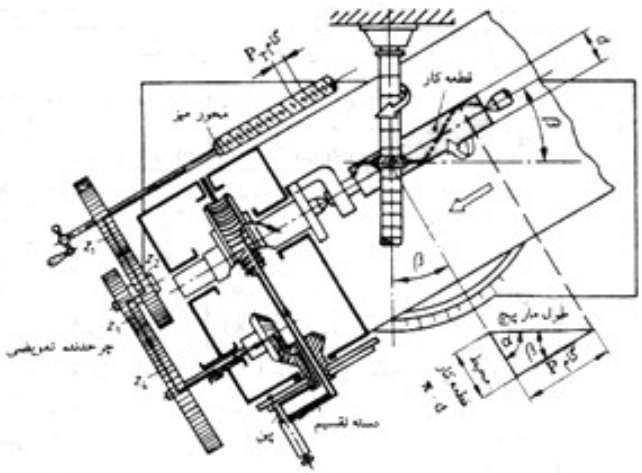
شیار مار پیچ ، مار پیچ گام بزرگ است ، این شیارها را می توان با دستگاه فرز یونیورسال وبه کمک دستگاه تقسیم فرز کاری کرد .

به هنگام فرز کاری ، میز دستگاه فرز به طور مستقیم و محور دستگاه تقسیم دورانی حرکت می کند ، حرکت دورانی از محور میز و از طریق چرخدنده های تعویضی و چرخدنده های مخروطی به صفحه تقسیم منتقل می شود . صفحه تقسیم نیز به کمک پین دسته تقسیم به حرکت در آمده ، نهایتا این حرکت از طریق سیستم حلزون به قطعه کار انتقال می یابد.

اگر قطعه کاری بیش از یک شیار مار پیچ داشته باشد ، باید بعد از اتمام فرز کاری هر شیار با تقسیم غیر مستقیم ، قطعه کار گردانده شود.

α	زاویه گام
β	زاویه تنظیم
P	گام شیار مارپیچ
P_T	گام محور میز
i	نسبت انتقال سیستم چرخدنده حلزون
i_1	نسبت انتقال چرخدنده مخروطی
z_t (z_1 , z_3)	تعداد دندانه چرخدنده متحرک
z_g (z_2 , z_4)	تعداد دندانه چرخدنده محرک

دایره سوراخ صفحه تقسیم								
15	16	17	18	19	20	21	23	27
29	31	33	37	39	41	43	47	49
یا								
17	19	23	24	25	27	28	29	30
31	33	37	39	41	42	43	47	49
51	53	57	59	61	63			
دایره سوراخ صفحه تقسیم								
24	24	28	32	36	40	44	48	
56	64	72	80	84	86	96	100	



گام شیار مارپیچ $P = \pi \cdot d \cdot \tan\alpha$

زاویه گام $\tan\alpha = \dfrac{P}{\pi \cdot d}$

زاویه تنظیم $\beta = 90^\circ - \alpha$

چرخدنده تعویضی $\dfrac{z_t}{z_g} = \dfrac{P_T \cdot i \cdot i_1}{P}$

مثال 1 : تیغه فرز مارپیچی باید زاویه تنظیم $\beta = 25^\circ$ و 9 دندانه داشته باشد ، $d = 80$ mm ; $i = 40$; $i_1 = 1$; $P_T = 6$ mm

مطلوب است : گام P ، چرخدنده تعویضی z_t/z_g و چرخش دسته تقسیم n_k.

حل :

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$$

$$P = \pi \cdot d \cdot \tan\alpha = \pi \cdot 80\text{ mm} \cdot \tan 65^\circ$$

$$= 539 \approx 540\text{ mm}$$

$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{P_T \cdot i \cdot i_1}{P} = \frac{6\text{ mm} \cdot 40 \cdot 1}{540\text{ mm}} = \frac{240}{540}$$

$$= \frac{4}{9} = \frac{32}{72}$$

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{9} = \frac{4}{9} = 4\frac{12}{27}$$

مثال 2 : قطعه کاری با قطر $d = 120$ mm باید 6 شیار مارپیچ با $P = 200$ mm داشته باشد. $i = 40$ ، $i_1 = 2$ ، $P_T = 4$ mm

مطلوب است: زاویه تنظیم β ، چرخدنده های تعویضی z_t/z_g و چرخش دسته تقسیم n_k.

حل :

$$\tan\alpha = \frac{P}{\pi \cdot d} = \frac{200\text{ mm}}{\pi \cdot 120\text{ mm}} = 0{,}5305$$

$$\alpha = 27{,}95^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 27{,}95^\circ = 62{,}05^\circ$$

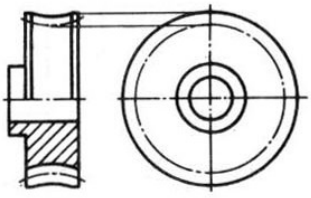
$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{P_T \cdot i \cdot i_1}{P} = \frac{4\text{ mm} \cdot 40 \cdot 2}{200\text{ mm}} = \frac{64}{40}$$

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{6} = 6\frac{4}{6} = 6\frac{16}{24}$$

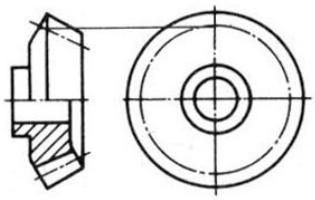
نمایش چرخدنده ها

چرخدنده ها

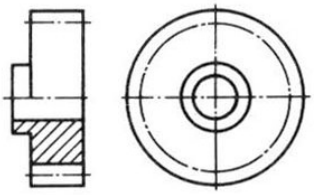
مقایسه با DIN ISO 2203 (6.76)



هنگام نمایش چرخدنده ها درنمای محور چرخدنده حلزونی عمود بر صفحه، سطح مبنا را با دایرهٔ میانی نشان می دهند .

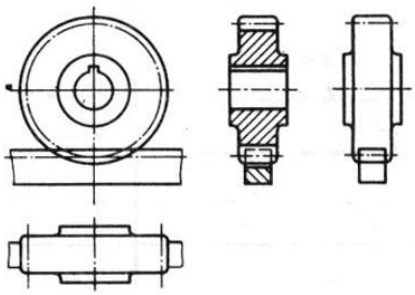


هنگام نمایش چرخدنده مخروطی در نمای محورچرخدنده عمود بر صفحه، سطح مبنا را بوسیله دایره گام بر روی مخروط پشتی نشان می دهند

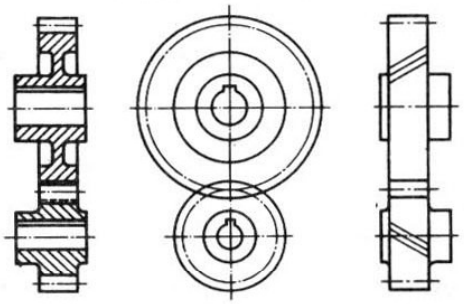


چرخدنده رابدون دندانه نمایش می دهند. دایرهٔ پای دنده رامعمولاً درنمای برش نشان می دهند .

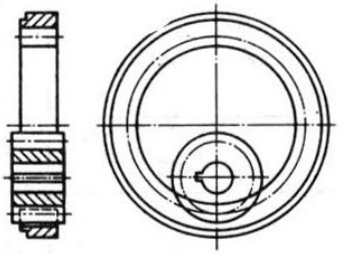
چرخدندهٔ ساده با دندانه شانه ای



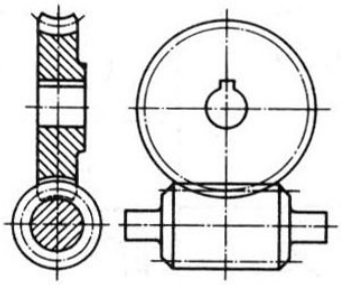
چرخدندهٔ سادهٔ خارجی



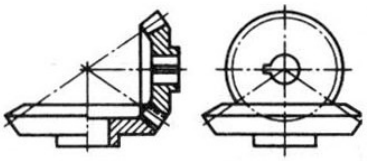
چرخدندهٔ سادهٔ داخلی



چرخ حلزون وحلزون



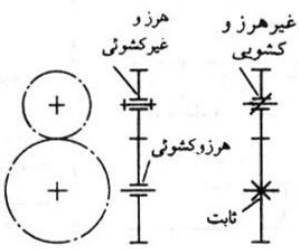
چرخدنده مخروطی (زاویه محورها 90°)



علامت

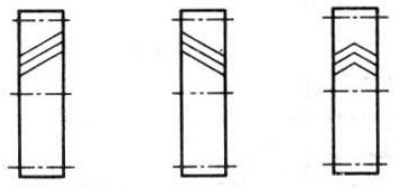
مقایسه با DIN 37 (12.61)

روی محور:

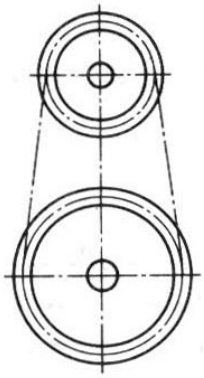


جهت دندانه‌ها

چرخدنده های ساده



چرخ زنجیرها

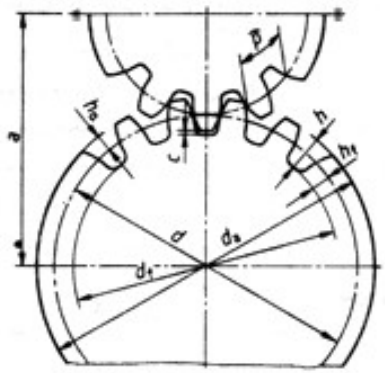


محاسبه چرخدنده‌ها

چرخدنده ساده

محاسبه چرخدنده ساده خارجی با دندانه راست

مدول	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$
گام	$p = \pi \cdot m$
تعداد دندانه	$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a - 2 \cdot m}{m}$
لقی سر دندانه	$c = 0{,}1 \cdot m$ تا $0{,}3 \cdot m$ اغلب $c = 0{,}167 \cdot m$
ارتفاع سر دندانه	$h_a = m$
قطر دایره گام	$d = m \cdot z = \frac{z \cdot p}{\pi}$
قطردایره سر	$d_a = d + 2 \cdot m = m\,(z+2)$
قطردایره پا	$d_f = d - 2\,(m + c)$
ارتفاع دندانه	$h = 2 \cdot m + c$
ارتفاع پای دندانه	$h_f = m + c$



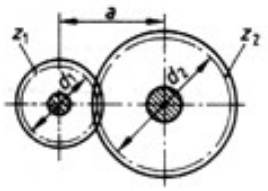
مدول	m
گام	p
قطردایره گام	d
قطردایره سر	d_a
قطردایره پا	d_f
تعداد دندانه	z
ارتفاع سردندانه	h_a
ارتفاع پای دندانه	h_f
ارتفاع دندانه	h
لقی سردندانه	c

یک چرخدنده ساده بادندانه راست ، با مدول $m = 1mm$ دارای گامی برابر $p = \pi \cdot m$ ، $\pi \cdot 1mm = 3{,}142\ mm$ است . مدول به صورت اندازه قوسی روی دایره گام اندازه گیری می شود.

محاسبه چرخدنده ساده داخلی با دندانه راست

قطردایره سر	$d_a = d - 2 \cdot m = m\,(z - 2)$
قطردایره پا	$d_f = d + 2\,(m + c)$
تعداددندانه	$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a + 2 \cdot m}{m}$

سایر اندازه ها مانندچرخدنده ساده خارجی محاسبه می شود.



فاصله محور	a
قطر دایره گام	d_1 , d_2
تعداد دندانه	z_1, z_2

محاسبه فاصله محورها

فاصله محور دوچرخدنده خارجی	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$
فاصله محور دوچرخدنده داخلی	$a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$

مثال : درچرخدنده ساده داخلی $c = 0{,}167 \cdot m$, $z = 80$, $m = 1{,}5\ mm$, $h = ?$, $d = ?$, $d_a = ?$

حل :

$d = m \cdot z = 1{,}5\ mm \cdot 80 = \mathbf{120\ mm}$

$d_a = d - 2 \cdot m = 120\ mm - 2 \cdot 1{,}5\ mm = \mathbf{117\ mm}$

$h = 2 \cdot m + c = 2 \cdot 1{,}5\ mm + 0{,}167 \cdot 1{,}5\ mm = \mathbf{3{,}25\ mm}$

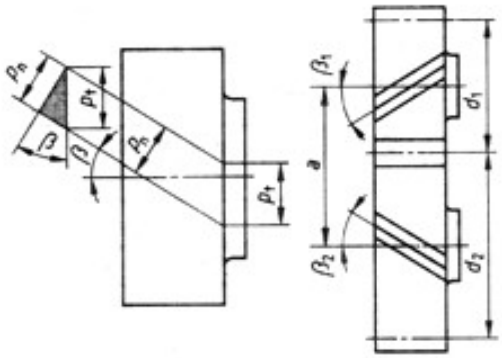
محاسبه چرخدنده‌ها

چرخدنده ساده با دندانه مایل

محاسبه چرخدنده ساده خارجی بادندانه مایل

برای محاسبه قطردایره گام چرخدنده ساده خارجی با دندانه مایل باید به جای مدول نرمال m_n مدول پیشانی m_t رابه کاربرد .

درحالت محور موازی ، یک چرخدنده راست گام وچرخدنده دیگر چپ گام است . زاویه دندانه هردو چرخدنده برابراست ، یعنی $\beta_1 = \beta_2$. معمولاً β برابر $8° - 25°$ است .



قطر دایره گام	d, d_1, d_2
قطر دایره سر	d_a
زاویه دندانه	β
تعداد دندانه	z
فاصله محور	a
گام نرمال	p_n
گام پیشانی	p_t
مدول نرمال	m_n
مدول پیشانی	m_t

مدول پیشانی
$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{p_t}{\pi}$$

گام پیشانی
$$p_t = \frac{p_n}{\cos\beta} = \frac{\pi \cdot m_n}{\cos\beta}$$

قطر دایره گام
$$d = m_t \cdot z = \frac{z \cdot m_n}{\cos\beta}$$

تعداد دندانه
$$z = \frac{d}{m_t} = \frac{\pi \cdot d}{p_t}$$

مدول نرمال
$$m_n = \frac{p_n}{\pi} = m_t \cdot \cos\beta$$

گام نرمال
$$p_n = \pi \cdot m_n = p_t \cdot \cos\beta$$

قطردایره سر
$$d_a = d + 2 \cdot m_n$$

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

درچرخدنده های ساده با دندانه مایل دندانه ها به صورت پیچی شکل روی بدنه استوانه ای چرخدنده قرار می گیرد . ابزارهای ساخت چرخدنده های پیشانی برحسب مدول نرمال تعیین می شود .

ارتفاع دندانه ، ارتفاع سردندانه ، ارتفاع پای دندانه ولقی سردندانه مانند فرمولهای چرخدنده ساده با دندانه راست محاسبه می شود.

مثال : برای ساخت چرخدنده با دندانه مایل با 32 دندانه ، مدول نرمال $m_n = 1,5$ mm وزاویه دندانه $\beta = 19,5°$ ، تمامی اندازه های لازم را باداشتن $c = 0,167 \cdot m$ محاسبه کنید .

حل :

$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{1,5 \text{ mm}}{\cos 19,5°} = 1,591 \text{ mm}$$

$$d = m_t \cdot z = 1,591 \text{ mm} \cdot 32 = 50,9 \text{ mm}$$

$$d_a = d + 2 \cdot m_n = 50,9 \text{ mm} + 2 \cdot 1,5 \text{ mm} = 53,9 \text{ mm}$$

$$h = 2 \cdot m_n + c = 2 \cdot 1,5 \text{ mm} + 0,167 \cdot 1,5 \text{ mm} = 3,25 \text{ mm}$$

سری مدول — مقایسه با DIN 780 T1 , T2(5.77)

سری I	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,25
گام	0,628	0,785	0,943	1,257	1,571	1,885	2,199	2,513	2,827	3,142	3,927
سری I	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0
گام	4,712	6,283	7,854	9,425	12,566	15,708	18,850	25,132	31,416	37,699	50,265

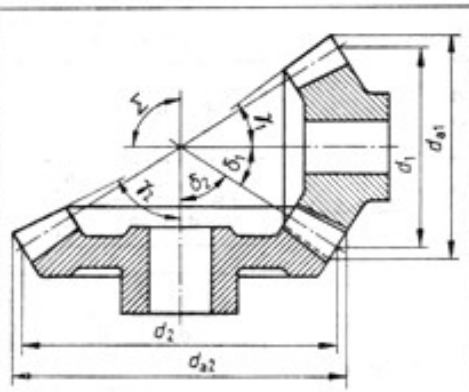
تقسیم بندی سری فرزهای پولکی 8- مدولی (تا m=9mm)

شماره - فرز	1	2	3	4	5	6	7	8
تعداد دندانه	12...13	14...16	17...20	21...25	26...34	35...54	55...134	135 ... دندانه شانه ای

برای چرخدنده با m >9 mm یک سری فرز پولکی 15 مدولی به کار می رود .

محاسبه چرخدنده ها

چرخدنده مخروطی با دندانه راست



زاویه محور Σ غالباً $90°$ است، البته می تواند بزرگتر و کوچکتر از مقدار فوق باشد.

محاسبه چرخدنده های مخروطی

نام	چرخدنده متحرک	چرخدنده محرک
قطر دایره گام	$d_1 = m \cdot z_1$	$d_2 = m \cdot z_2$
قطر خارجی	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot \cos\delta_1$	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot \cos\delta_2$
زاویه مخروط	$\tan\gamma_1 = \frac{z_1 + 2 \cdot \cos\delta_1}{z_2 - 2 \cdot \sin\delta_1}$	$\tan\gamma_2 = \frac{z_2 + 2 \cdot \cos\delta_2}{z_1 - 2 \cdot \sin\delta_2}$
زاویه دایره گام	$\tan\delta_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{i}$	$\tan\delta_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = i$
زاویه محورها	$\sum = \delta_1 + \delta_2$	

لقی سر، ارتفاع دندانه ، ارتفاع سر دندانه و غیره مانند چرخدنده ساده است.

مثال: سیستم محرکه چرخدنده مخروطی با مدول $m = 2\,mm$ ، $z_1 = 30$ ، $z_2 = 120$ ، زاویه محور $\Sigma = 90°$ ، اندازه های لازم جهت تراشکاری چرخدنده های مخروطی را حساب کنید.

چرخدنده متحرک

حل :

$$\tan\delta_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{30}{120} = 0{,}25; \qquad \delta_1 = 14{,}04°$$

$$d_1 = m \cdot z_1 = 2\,mm \cdot 30 = 60\ mm$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot \cos\delta_1$$
$$= 60\,mm + 2 \cdot 2\,mm \cdot \cos 14{,}04° = 63{,}88\ mm$$

$$\tan\gamma_1 = \frac{z_1 + 2 \cdot \cos\delta_1}{z_2 - 2 \cdot \sin\delta_2} = \frac{30 + 2 \cdot \cos 14{,}04°}{120 - 2 \cdot \sin 14{,}04°} = 0{,}267$$

$$\gamma_1 = 14{,}95°$$

چرخدنده محرک

حل :

$$\tan\delta_2 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{120}{30} = 4; \qquad \delta_2 = 75{,}96°$$

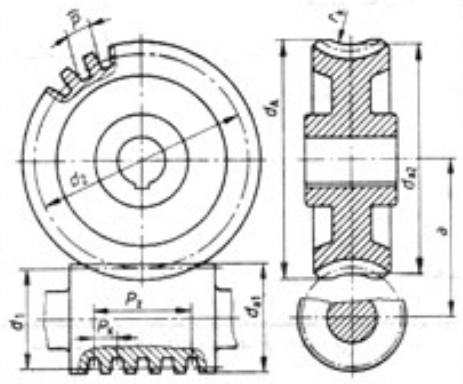
$$d_2 = m \cdot z_2 = 2\,mm \cdot 120 = 240\ mm$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot \cos\delta_2$$
$$= 240\,mm + 2 \cdot 2\,mm \cdot \cos 75{,}96° = 240{,}97\ mm$$

$$\tan\gamma_1 = \frac{z_2 + 2 \cdot \cos\delta_2}{z_1 - 2 \cdot \sin\delta_2} = \frac{120 + 2 \cdot \cos 75{,}96°}{30 - 2 \cdot \sin 75{,}96} = 4{,}294$$

$$\gamma_2 = 76{,}89°$$

سیستم محرکه چرخدنده حلزونی



لقی سر، ارتفاع دندانه، ارتفاع سر دندانه و ارتفاع پای دندانه مانند چرخدنده ساده است.

محاسبه سیستم محرکه چرخدنده حلزونی

نام	حلزون	چرخ حلزون
قطر دایره گام	اندازه نامی $= d_1$	$d_2 = m \cdot z_2$
گام	$P_x = \pi \cdot m$	$p = \pi \cdot m$
قطر دایره سر	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$
قطر خارجی		$d_A \approx d_{a2} + m$
شعاع سر دندانه		$r_k = \frac{d_1}{2} \cdot m$
ارتفاع گام	$P_z = P_x \cdot z_1 = \pi \cdot m \cdot z_1$	
فاصله محور	$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$	

مثال: در یک سیستم محرکه چرخدنده حلزونی با مدول $m = 2{,}5mm$ باید حلزون دو دندانه (= دو راهه) و با قطر گام $d_1 = 40mm$ و چرخ حلزون با $z_2 = 40$ باشد. سایر اندازه ها را حساب کنید.

حل :

چرخ حلزون

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2{,}5\ mm \cdot 40 = 100mm$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 100\ mm + 2 \cdot 2{,}5\ mm = 105mm$$

$$d_A = d_{a2} + m = 105\ mm + 2{,}5\ mm = 107{,}5mm$$

$$r_k = \frac{d_1}{2} - m = \frac{40\ mm}{2} - 2{,}5\ mm = 17{,}5mm$$

حلزون

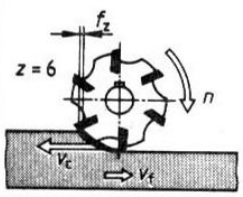
$$P_x = \pi \cdot z_1 \cdot m = \pi \cdot 2 \cdot 2{,}5\ mm = 15{,}708$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 40\ mm + 2 \cdot 2{,}5\ mm = 45mm$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{40\ mm + 100\ mm}{2} = 70mm$$

فرزکاری

محاسبه دور و سرعت پیش روی



v_c	سرعت براده برداری	
v_f	سرعت پیش روی	
d	قطر تیغه فرز	
n	دور تیغه فرز	
f_z	پیش روی هرلبه تیغه فرز	
z	تعداد لبه براده برداری	

دور تیغه فرز: $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$

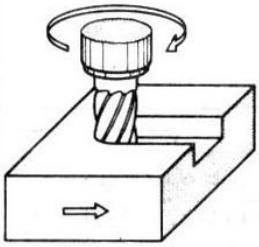
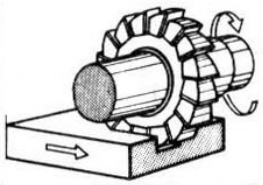
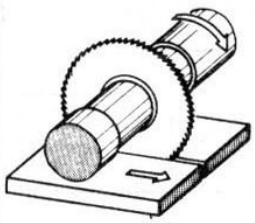
سرعت پیش روی: $v_f = f_z \cdot z \cdot n$

مقادیر حدودی سرعت براده برداری v_c به *m/min* و پیش روی f_z به *لبه تیغه فرز/ mm*

تیغه فرز	نوع ماشینکاری		مواد غیر آلیاژی تا R_m 700N/mm²	فولاد آلیاژی تا R_m 750N/mm²	فولاد آلیاژی تا R_m 1000N/mm²	چدن سختی تا 180 HB	آلیاژهای مس	فلزات سبک
تیغه فرز غلتکی	تیغه فرزهای از جنس فولاد تند بر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...210
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,15	0,1...0,15	0,1...0,3	0,1...0,25	0,15...0,2
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	200...300
		f_z	0,.05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0,1...0,15	0,1...0,15	0,1...0,15
	تیغه فرز با لبه های براده برداری فلز سخت							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,2...0,4	0,1...0,2	0,15
	پرداخت	v_c	100...200	100...200	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0.,05...0,15	0,05...0,15	0,03...0,1	0,1...0,2	0,05...0,1	0.08
تیغه فرز پیشانی	تیغه فرزهای از جنس فولاد تند بر							
	خشن تراشی	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	150...250
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,1...0,15	0,15...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
	پرداخت	v_c	30...40	25...30	15...20	20...25	60...150	200...300
		f_z	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1	0.1...0.2	0,1...0,2	0,1...0,2
	تیغه فرز با لبه های براده برداری فلز سخت							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,08...0,15	0,1...0,2
	پرداخت	v_c	100...300	100...300	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,06...0,15	0,1...0,2	0,05...0,1	0,08...0,15
تیغه فرز کلگی	تیغه فرز با لبه های براده برداری تکه وید یایی							
	خشن تراشی	v_c	80...150	80...150	60...120	70...120	150...400	350...800
		f_z	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3	0,08...0,15	0,1...0,2
	پرداخت	v_c	100...300	100...300	80...150	100...160	150...400	400...1200
		f_z	0,1...0,2	0,1...0,2	0,06...0,15	0,1...0,2	0,05...0,1	0,08...0,15

فرزکاری

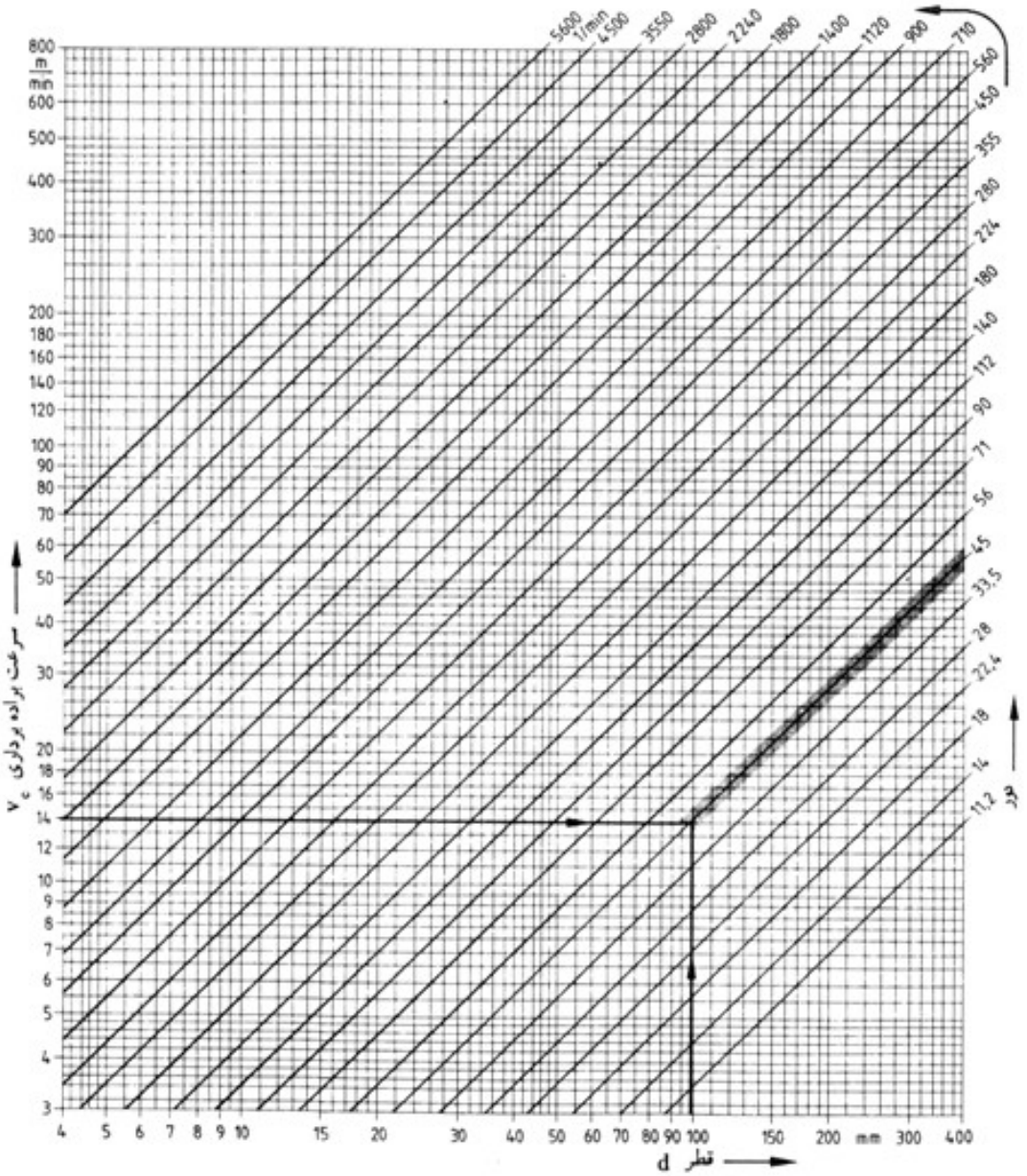
مقادیر حدودی سرعت براده برداری v_c به m/min ، پیش روی f_z به *لبه تیغه فرز/ mm* وسرعت پیش روی v_fبه mm/min

ابزار فرزکاری	نوع ماشینکاری		فولاد R_m تا 700 N/mm²	فولاد R_m تا 750 N/mm²	R_m تا 1000 N/mm²	چدن، سختی 180 HB	آلیاژهای مس	فلزات سبک
تیغه فرز انگشتی 	تیغه فرزهای فولاد تندبر							
	خشن تراشی	v_c	30…40	25…30	15…20	20…25	60…150	150…250
		f_z	0,1…0,2	0,1…0,15	0,05…0,1	0,15..0,3	0,2…0,3	0,2…0,3
	پرداخت	v_c	30…40	25…30	15…20	20…25	60…150	150…250
		f_z	0,04…0,1	0,04…0,1	0,02…0,1	0,07…0,2	0,05…0,2	0,04…0,2
	تیغه فرزهای فلزات سخت							
	خشن تراشی	v_c	80…120	80…120	60…100	80…120	120…300	200…800
		f_z	0,04…0,15	0,04…0,15	0,04…0,1	0,06…0,15	0,08…0,15	0,60…0,1
	پرداخت	v_c	100…150	100…150	80…120	80…120	150…300	1200
		f_z	0,04…0,1	0,04…0,1	0,04…0,1	0,04…0,1	0,06…0,1	0,06…0,1
تیغه فرز پولکی 	تیغه فرزهای فولاد تندبر							
	خشن تراشی	v_c	30…40	25…30	15…20	20…25	60…150	150…250
		f_z	0,1…0,2	0,1…0,15	0,1…0,15	0,15…0,3	0,2…0,3	0,2…0,3
	پرداخت	v_c	30…40	25…30	15…20	20…25	60…150	150…250
		f_z	0,05…0,1	0,05…0,1	0,05…0,1	0,07…0,2	0,07…0,2	0,07…0,2
	تیغه فرزهای با صفحات الماسه							
	خشن تراشی	v_c	100…180	100…160	80…120	80…120	120…300	200…800
		f_z	0,15…0,3	0,15…0,3	0,15…0,3	0,15…0,3	0,15…0,3	0,1…0,2
	پرداخت	v_c	120…250	120…250	100…150	100…160	150…300	300…800
		f_z	0,1…0,2	0,1…0,2	0,1…0,2	0,1…0,2	0,1…0,3	0,1…0,2
تیغه فرز اره‌ای 	تیغه فرزهای اره ای فولاد تندبر							
	عمق براده برداری <5 mm	v_c	45…50	35…40	25…40	25…45	100…200	200…400
		f_z	80…160	80…160	63…100	80…200	100…1000	–
	عمق براده برداری 5…10mm	v_c	40…45	30…35	20…25	30…35	300…400	300…350
		f_z	63…250	63…200	40…80	80…125	400…800	320…1600
	عمق براده برداری 10…15mm	v_c	35…40	25…30	15…20	20…30	300…350	200…300
		f_z	40…63	40…63	32…63	50…63	80…360	250…1000

نمودار دور

درماشینهای ابزار اغلب باید با داشتن قطر d قطعه کار و سرعت براده برداری ممکن v_c ، دور محور n ماشین ابزار تعیین گردد . این کار را می‌توان به طور محاسباتی به کمک فرمول $v_c = \pi \cdot d \cdot n$ و یا گرافیکی و به وسیله نمودار دور یا نوموگرام انجام داد ، که غالباً روی ماشینهای ابزار با دورقابل تنظیم موجود می باشد . دور محور کار با پرش هندسی یا پیوسته قابل تنظیم می باشند .

نمودار دور با محورهای تقسیماتی لگاریتمی



مثال خواندن نمودار: $d = 100\ mm$; $v_c = 14\ \frac{m}{min}$; $n = ?$: به دست آمده $n \approx 45\ min^{-1}$

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66)

سیستم ثبوت سوراخ

محدوده تلرانس به µm (1µm = 0,001 mm) µm

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق							
		محدودهٔ تلرانس						محدودهٔ تلرانس							
		لقی	عبوری			پرسی		لقی		عبوری			پرسی		
	H6	h5	j6	k6	n5	p5	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6
1...3	+ 6 0	0 - 4	+ 4 - 2	+ 6 0	+ 8 + 4	+ 10 + 6	+ 10 0	- 6 - 16	- 2 - 8	0 - 6	+ 4 - 2	+ 6 0	+ 8 + 2	+ 10 + 4	+ 16 + 10	+ 20 + 14
3...6	+ 8 0	0 - 5	+ 6 - 2	+ 9 + 1	+ 13 + 8	+ 17 + 12	+ 12 0	- 10 - 22	- 4 - 12	0 - 8	+ 6 - 2	+ 9 + 1	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 23 + 15	+ 27 + 19
6...10	+ 9 0	0 - 6	+ 7 - 2	+ 10 + 1	+ 16 + 10	+ 21 + 15	+ 15 0	- 13 - 28	- 5 - 14	0 - 9	+ 7 - 2	+ 10 + 1	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 28 + 19	+ 32 + 23
10...14 14...18	+ 11 0	0 - 8	+ 8 - 3	+ 12 + 1	+ 20 + 12	+ 26 + 18	+ 18 0	- 16 - 34	- 6 - 17	0 - 11	+ 8 - 3	+12 + 1	+ 18 + 7	+ 23 + 12	+ 34 + 23	+ 39 + 28
18...24 24...30	+ 13 0	0 - 9	+ 9 - 4	+ 15 + 2	+ 24 + 15	+ 31 + 22	+ 21 0	- 20 - 41	- 7 - 20	0 - 13	+ 9 - 4	+ 15 + 2	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+ 41 + 28	+ 48 + 35
30...40 40...50	+ 16 0	0 - 11	+ 11 - 5	+ 18 + 2	+ 28 + 17	+ 37 + 26	+ 25 0	- 25 - 50	- 9 - 25	0 - 16	+ 11 - 5	+ 18 + 2	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+ 50 + 34	+ 59 + 43
50...65 65...80	+ 19 0	0 - 13	+ 12 - 7	+ 21 + 2	+ 33 + 20	+ 45 + 32	+ 30 0	- 30 - 60	- 10 - 29	0 - 19	+ 12 - 7	+ 4 - 2	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 60 + 41 + 62 + 43	+ 72 + 53 + 78 + 59
80...100 100...120	+ 22 0	0 - 15	+ 13 - 9	+ 25 + 3	+ 38 + 23	+ 52 + 37	+ 35 0	- 36 - 71	- 12 - 34	0 - 22	+ 13 - 9	+ 25 + 3	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 73 + 51 + 76 + 54	+ 93 + 71 +101 + 79
120...140 140...160 160...180	+ 25 0	0 - 18	+ 14 - 11	+ 28 + 3	+ 45 + 27	+ 61 + 43	+ 40 0	- 43 - 83	- 14 - 39	0 - 25	+ 14 - 11	+ 28 + 3	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 88 + 63 + 90 + 65 + 93 + 68	+117 + 92 +125 +100 +133 +108
180...200 200...225 225...250	+ 29 0	0 - 20	+ 16 - 13	+ 33 + 4	+ 51 + 31	+ 70 + 50	+ 46 0	- 50 - 96	- 15 - 44	0 - 29	+ 16 - 13	+ 33 + 4	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+106 + 77 +109 - 80 +113 + 84	+151 +122 +159 +130 +169 +140
250...280 280...315	+ 32 0	0 - 23	+ 16 - 16	+ 36 + 4	+ 57 + 34	+ 79 + 56	+ 52 0	- 56 -108	- 17 - 49	0 - 32	+ 16 - 16	+ 36 + 4	+ 52 + 20	+ 66 + 34	+126 + 94 +130 + 98	+190 +158 +202 +170
315...355 355...400	+ 36 0	0 - 25	+ 18 - 18	+ 40 + 4	+ 62 + 37	+ 87 + 62	+ 57 0	- 62 -119	- 18 - 54	0 - 36	+ 18 - 18	+ 40 + 4	+ 57 + 21	+ 73 + 37	+144 +108 +150 +114	+226 +190 +244 +208
355...400 355...500	+ 40 0	0 - 27	+ 20 - 20	+ 45 + 5	+ 67 + 40	+ 95 + 67	+ 63 0	- 68 -131	- 20 - 60	0 - 40	+ 20 - 20	+ 45 + 5	+ 63 + 23	+ 80 + 40	+166 +126 +171 +132	+272 +232 +292 +252

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66)

سیستم ثبوت سوراخ

محدوده تلرانس به (1 µm = 0,001 mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق				
		محدودهٔ تلرانس						محدودهٔ تلرانس				
		لقی			پرسی			لقی				
	H8	d9	e8	h9	u8	x8	H11	a11	c11	d9	h11	h9
1...3	+14 0	-20 -45	-14 -28	0 -25	-	+34 +20	+60 0	-270 -330	-60 -120	-20 -45	0 -60	0 -25
3...6	+18 0	-30 -60	-20 -38	0 -30	-	+46 +28	+75 0	-270 -345	-70 -145	-30 -60	0 -75	0 -30
6...10	+22 0	-40 -76	-25 -47	0 -36	-	+56 +34	+90 0	-280 -370	-80 -170	-40 -76	0 -90	0 -36
10...14	+27 0	-50 -93	-32 -59	0 -43	- -	+67 +40	+110 0	-290 -400	-95 -205	-50 -93	0 -110	0 -43
14...18					-	+72 +45						
18...24	+33 0	-65 -117	-40 -73	0 -52	- -	+87 +54	+130 0	-300 -430	-110 -240	-65 -117	0 -130	0 -52
24...30					+81 +48	+97 +64						
30...40	+39 0	-80 -142	-50 -89	0 -62	+99 +60	+119 +80	+160 0	-310 -470	-120 -280	-80 -142	0 -160	0 -62
40...50					+109 +70	+136 +97		-320 -480	-130 -290			
50...65	+46 0	-100 -174	-60 -106	0 -74	+133 +87	+168 +122	+190 0	-340 -530	-140 -330	-100 -174	0 -190	0 -74
65...80					+148 +102	+192 +146		-360 -550	-150 -340			
80...100	+54 0	120 -207	-72 -126	0 -87	+178 +124	+232 +178	+220 0	-380 -600	-170 -390	-120 -207	0 -220	0 -87
100...120					+198 +144	+264 +210		-410 -630	-180 -400			
120...140	+63 0	-145 -245	-85 -148	0 -100	+233 +170	+311 +248	+250 0	-460 -710	-200 -450	-145 -245	0 -250	0 -100
140...160					+253 +190	+343 +280		-520 -770	-210 -460			
160...180					+273 +210	+373 +310		-580 -830	-230 -480			
180...200	+72 0	-170 -285	-100 -172	0 -115	+308 +236	+422 +350	+290 0	-660 -950	-240 -530	-170 -285	0 -290	0 -115
200...225					+330 +258	+457 +385		-740 -1030	-260 -550			
225...250					+356 +284	+497 +425		-820 -1110	-280 -570			
250...280	+81 0	-190 -320	-110 -191	0 -130	+396 +315	+556 +475	+320 0	-920 -1240	-300 -620	-190 -320	0 -320	0 -130
280...315					+431 +350	+606 +525		-1050 -1370	-330 -650			
315...355	+89 0	-210 -350	-125 -214	0 -140	+479 +390	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-360 -720	-210 -350	0 -360	0 -140
355...400					+524 +435	-		-1350 -1710	-400 -760			
400...450	+97 0	-230 -385	-135 -232	0 -155	+587 +490	- -	+400 0	-1500 -1900	-440 -840	-230 -385	0 -400	0 -155
450...500					+637 +540	-		-1650 -2050	-480 -880			

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7155 T1 (8.66)

سیستم ثبوت میله

محدوده تلرانس به µm (1µm = 0,001mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح خارجی انطباق h5	سطح داخلی انطباق — محدودهٔ تلرانس — لقی H6	لقی J6	عبوری M6	عبوری N6	پرسی P5	سطح خارجی انطباق h6	سطح داخلی انطباق — محدودهٔ تلرانس — لقی F7	لقی G7	لقی H7	عبوری J7	عبوری K7	عبوری M7	عبوری N7	پرسی R7	پرسی S7
1...3	0 - 4	+ 6 0	+ 2 - 4	- 2 - 8	- 4 - 10	- 6 - 12	0 - 6	+ 16 + 6	+ 12 + 2	+ 10 0	+ 4 - 6	0 - 10	- 2 - 12	- 4 - 14	- 10 - 20	- 14 - 24
3...6	0 - 5	+ 8 0	+ 5 - 3	- 1 - 9	- 5 - 13	- 9 - 17	0 - 8	+ 22 + 10	+ 16 + 4	+ 12 0	+ 6 - 6	+ 3 - 9	0 - 12	- 4 - 16	- 11 - 23	- 15 - 27
6...10	0 - 6	+ 9 0	+ 5 - 4	- 3 - 12	- 7 - 16	- 12 - 21	0 - 9	+ 28 + 13	+ 20 + 5	+ 15 0	+ 8 - 7	+ 5 - 10	0 - 15	- 4 - 19	- 13 - 28	- 17 - 32
10...18	0 - 8	+ 11 0	+ 6 - 5	- 4 - 15	- 9 - 20	- 15 - 26	0 - 11	+ 34 + 16	+ 24 + 6	+ 18 0	+ 10 - 8	+ 6 - 12	0 - 18	- 5 - 23	- 16 - 34	- 21 - 39
18...30	0 - 9	+ 13 0	+ 8 - 5	- 4 - 17	- 11 - 24	- 18 - 31	0 - 13	+ 41 + 20	+ 28 + 7	+ 21 0	+ 12 - 9	+ 6 - 15	0 - 21	- 7 - 28	- 20 - 41	- 27 - 48
30...40	0 - 11	+ 16 0	+ 10 - 6	- 4 - 20	- 12 - 28	- 21 - 37	0 - 16	+ 50 + 25	+ 34 + 9	+ 25 0	+ 14 - 11	+ 7 - 18	0 - 25	- 8 - 33	- 25 - 50	- 34 - 59
40...50																
50...65	0 - 13	+ 19 0	+ 13 - 6	- 5 - 24	-14 - 33	- 26 - 45	0 - 19	+ 60 + 30	+ 40 + 10	+ 30 0	+ 18 - 12	+ 9 - 21	0 - 30	- 9 - 39	- 30 - 60	- 42 - 72
65...80															- 32 - 62	- 48 - 78
80...100	0 - 15	+ 22 0	+ 16 - 6	- 6 - 28	-16 - 38	- 30 - 52	0 - 22	+ 71 + 36	+ 47 + 12	+ 35 0	+ 22 - 13	+ 10 - 25	0 - 35	- 10 - 45	- 38 - 73	- 58 - 93
100...120															- 41 - 76	- 66 - 101
120...140	0 - 18	+ 25 0	+ 18 - 7	- 8 - 33	- 20 - 45	- 36 - 61	0 - 25	+ 83 + 43	+ 54 + 14	+ 40 0	+ 26 - 14	+ 12 - 28	0 - 40	- 12 - 52	- 48 - 88	- 77 - 117
140...160															- 50 - 90	- 85 - 125
160...180															- 53 - 93	- 93 - 133
180...200	0 - 20	+ 29 0	+ 22 - 7	- 8 - 37	- 22 - 51	- 41 - 70	0 - 29	+ 96 + 50	+ 61 + 15	+ 46 0	+ 30 - 16	+ 13 - 33	0 - 46	- 14 - 60	- 60 - 106	- 105 - 151
200...225															- 63 - 109	- 113 - 159
225...250															- 67 - 113	- 123 - 169
250...280	0 - 23	+ 32 0	+ 25 - 7	- 9 - 41	- 25 - 57	- 47 - 79	0 - 32	+108 + 56	+ 69 + 17	+ 52 o	+ 36 - 16	+ 16 - 36	0 - 52	- 14 - 66	- 74 - 126	- 138 - 190
280...315															- 78 - 130	- 150 - 202
315...355	0 - 25	+ 36 0	+ 29 - 7	- 10 - 46	- 26 - 62	- 51 - 87	0 - 36	+119 + 62	+ 75 + 18	+ 57 0	+ 39 - 18	+ 17 - 40	0 - 57	- 16 - 73	- 87 - 144	- 169 - 226
355...400															- 93 - 150	- 187 - 244
400...450	0 - 27	+ 40 0	+ 33 - 7	- 10 - 50	- 27 - 67	- 55 - 97	0 - 40	+ 131 + 68	+ 83 + 20	+ 63 0	+ 43 - 20	+ 18 - 45	0 - 63	- 17 - 80	- 103 - 166	- 209 - 272
450...500															- 109 - 172	- 229 - 292

DIN 7166 T1 (8.66)

ISO - انطباقات

(1µm = 0,001mm) µm محدوده تلرانس به

سیستم ثبوت میله

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح خارجی انطباق h9	سطح داخلی انطباق: محدوده تلرانس لقی C11	D10	E9	F8	H11	H8	عبوری P9	سطح خارجی انطباق h11	سطح داخلی انطباق: محدوده تلرانس لقی A11	C11	D11	H11
1...3	0 - 25	+ 120 + 60	+ 60 + 20	+ 39 + 14	+ 20 + 6	+ 60 0	+ 14 0	- 6 - 31	0 - 60	+ 330 + 270	+ 120 + 60	+ 80 + 20	+ 60 0
3...6	0 - 30	+ 145 + 70	+ 78 + 30	+ 50 + 20	+ 28 + 10	+ 75 0	+ 18 0	- 12 - 42	0 - 75	+ 345 + 270	+ 145 + 70	+ 105 + 30	+ 75 0
6...10	0 - 36	+ 170 + 80	+ 98 + 40	+ 61 + 25	+ 35 + 13	+ 90 + 0	+ 22 0	- 15 - 51	0 - 90	+ 370 + 280	+ 170 + 80	+ 130 + 40	+ 90 0
10...18	0 - 43	+ 205 + 95	+ 120 + 50	+ 75 + 32	+ 43 + 16	+ 110 0	+ 27 0	- 18 - 61	0 - 110	+ 400 + 290	+ 205 + 95	+ 160 + 50	+110 0
18...30	0 - 52	+ 240 + 110	+ 149 + 65	+ 92 + 40	+ 53 + 20	+ 130 0	+ 33 0	- 22 - 74	0 - 130	+ 430 + 300	+ 240 + 110	+ 195 + 65	+130 0
30...40	0 - 62	+ 280 + 120	+ 180 + 80	+ 112 + 50	+ 65 + 25	+ 160 0	+ 39 0	- 26 - 88	0 - 160	+ 470 + 310	+ 280 + 120	+ 240 + 80	+160 0
40...50		+ 290 + 130								+ 480 + 320	+ 290 + 130		
50...65	0 - 74	+ 330 + 140	+ 220 + 100	+ 134 + 60	+ 76 + 30	+ 190 0	+ 46 0	- 32 - 106	0 - 190	+ 530 + 340	+ 330 + 140	+ 290 + 100	+190 0
65...80		+ 340 + 150								+ 550 + 360	+ 340 + 150		
80...100	0 - 87	+ 390 + 170	+ 260 + 120	+ 159 + 72	+ 90 + 36	+ 220 0	+ 54 0	- 37 - 124	0 - 220	+ 600 + 380	+ 390 + 170	+ 340 + 120	+ 220 0
100...120		+ 400 + 180								+ 630 + 410	+ 400 + 180		
120...140	0 - 100	+ 450 + 200	+ 305 + 145	+ 185 + 85	+ 106 + 43	+ 250 0	+ 63 0	- 43 - 143	0 - 250	+ 710 + 460	+ 450 + 200	+ 395 + 145	+ 220 0
140...160		+ 460 + 210								+ 770 + 520	+ 460 + 210		
160...180		+ 480 + 230								+ 820 + 580	+ 480 + 230		
180...200	0 - 115	+ 530 + 240	+ 355 + 170	+ 215 + 100	+ 122 + 50	+ 290 + 0	+ 72 0	- 50 - 165	0 - 290	+ 950 + 660	+ 530 + 240	+ 460 + 170	+ 290 0
200...225		+ 550 + 560								+ 1030 + 740	+ 550 + 260		
225...250		+ 570 + 280								+ 1110 + 820	+ 570 +280		
250...280	0 - 130	+ 620 + 300	+ 400 + 190	+ 240 + 110	+ 137 + 56	+ 320 0	+ 81 0	- 56 - 186	0 - 320	+ 1240 + 920	+ 620 + 300	+ 510 + 190	+ 320 0
280...315		+ 650 + 330								+ 1370 + 1050	+ 650 + 330		
315...355	0 - 140	+ 720 + 360	+ 400 + 210	+ 265 + 125	+ 151 + 62	+ 360 0	+ 89 0	- 62 - 202	0 - 360	+ 1560 + 1200	+ 720 + 360	+ 570 + 210	+ 360 0
355...400		+ 760 + 400								+ 1710 + 1350	+ 760 + 400		
400...450	0 - 155	+ 840 + 440	+ 480 + 230	+ 290 + 135	+ 165 + 68	+ 400 0	+ 97 0	- 68 - 223	0 - 400	+ 1900 + 1500	+ 840 + 440	+ 630 + 230	+ 400 0
450...500		+ 880 + 480								+ 2050 + 1650	+ 880 + 480		

مرجعهای مورد استفاده در تهیه این متن :

۱)چرخ دنده تراشی-نوشته احد آشوبی-انتشارات فن-چاپ سوم-شهریور ۱۳۷۰

۲)چرخ دنده تراشی-ترجمه مهرداد مرادی-انتشارات طراح-چاپ اول-زمستان ۱۳۸۳

۳)فرزکاری ۱ و ۲-نوشته مصطفی ضیائی-انتشارات آذریون-چاپ اول-۱۳۸۵

۴)جداول و استانداردهای طراحی و ماشین سازی-ترجمه عبدا... ولی نژاد-چاپ هفدهم-۱۳۸۲

۵)ماشینهای ابزار و روشهای تولید مدرسان شریف-مؤلف : علی جاریانی-انتشارات فرا آموزش-چاپ اول ۱۳۸۴

۶)طراحی اجزاء ماشین-جلد دوم-نوشته اسپاتز و ترجمه هدایت موتابی-انتشارات آشینا-چاپ پنجم ۱۳۷۴

۷)ماشینهای ابزار-نوشته ابراهیم صادقی-انتشارات دانشگاه علم و صنعت-جلد دوم-چاپ چهارم مهرماه ۱۳۷۳

۸)ماشینهای کنترل عددی کامپیوتری- نوشته محسن لطفی-انتشارات دیباگران تهران-چاپ اول تیرماه ۱۳۸۳

۹)اجزای ماشین- نوشته علی محمد برقعی-شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران-وزارت آموزش و پرورش سال ۱۳۸۱

۱۰)دانش نامه ماشین کاری-نوشته رکس میلر و ترجمه احمد حجتی-انتشارات فنی ایران-جلد سوم-چاپ دوم ۱۳۸۰

۱۱)محاسبه و ساخت چرخ دنده ها-تهیه و تنظیم مسعود مظهری-انتشارات سازمان فنی و حرفه ای کشور-چاپ اول-تیرماه ۱۳۷۹

۱۲)تکنولوژی فرزکاری-نوشته نوذر کیانیان-انتشارات سازمان فنی و حرفه ای کشور-چاپ دوم-۱۳۷۷

13) Technology of machine tools-By Steve Krar & William Oswald-McGRAW Hill Book Co.-Fourth Edition-1990