

۵- اتصالات شافت و توپی

این اتصالات بر حسب انتقال نیرو و لحاظ با طول به دو دسته تقسیم می‌شوند.

(۴) اتصالات اصطکاکی: در این نوع اتصالات، انتقال نیرو بین شافت و توپی از طریق اصطکاک انجام می‌شود. این اتصالات را می‌توان از طریق گچ کردن، پرس کردن، نشاندن و یا بر سید اجزاء قفسی مانند قفسه اس و یا پوسته قفسی ایجاد نمود.

(۵) اتصالات فرم: این نوع اتصالات شافت و توپی بر سید پروش هزار خار و دندان دار، پروش پلی گون و یا از طریق اجزای مانند خارهای قفسی، خارهای لقی و یا قفسی و یا اسباب می‌گردند.

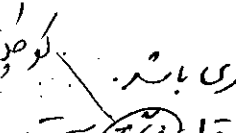
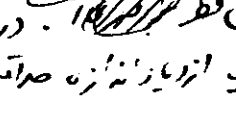
۱-۵- انطباقات

انطباق به طور کلی عبارت است از نوع ارتباط در قطعه مرتبط و متعلق به م. مفاهیم زیر در انطباقات مهم هستند.

اندازه نامی: عبارت است از اندازه و در نقشه داده شده‌ای که حدود انحراف نسبت به آن سنجیده می‌شود.

تولرانس: با توجه به اینکه تحقق کامل اندازه نامی در تولید امکان پذیر نیست، با بستی بر سید کمپ تولرانس، انحراف مجاز از اندازه نامی داده شود.

حدود انحراف: حدود انحراف (انحراف بالایی و انحراف پایینی)، انحراف مجاز از اندازه نامی را مشخص می‌کنند.

خط صفر: در اینجا انحراف از اندازه نامی برابر صفر است.
لقی: عبارت است از اختلاف قطر مدارخ و محور و فاصله مدارخ دارای قطر بزرگتری باشد. 
ازوبه انداز: عبارت است از اختلاف قطر مدارخ و محور و فاصله مدارخ دارای قطر بزرگتری باشد. 
 این حال با توجه به تولرانس محور و مدارخ می‌تواند از اندازه صافتر و کمی از اندازه صافتر نباشد.

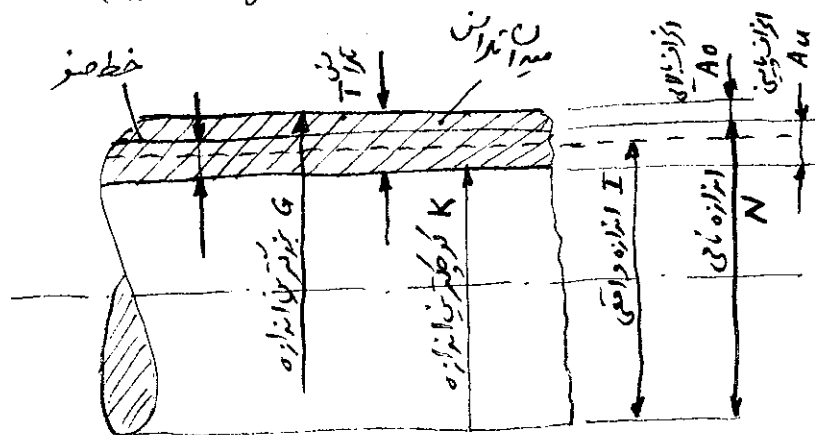
۲-۵- میانمای تولرانس

اندازه تولرانس تابعی است از اندازه نامی و همچنین هدف کاربری قطعه. اندازه تولرانس معنی است از واحد تولرانس i .

$$i = 0.001 D \sqrt[3]{D} + 0.001 D \quad (\mu m)$$

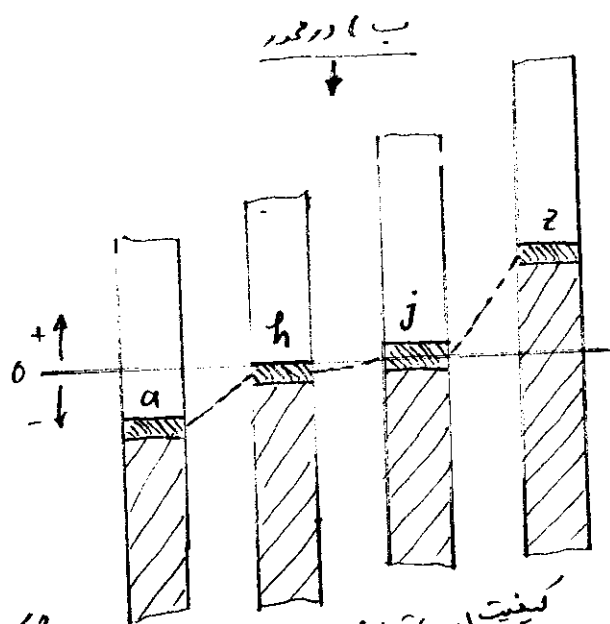
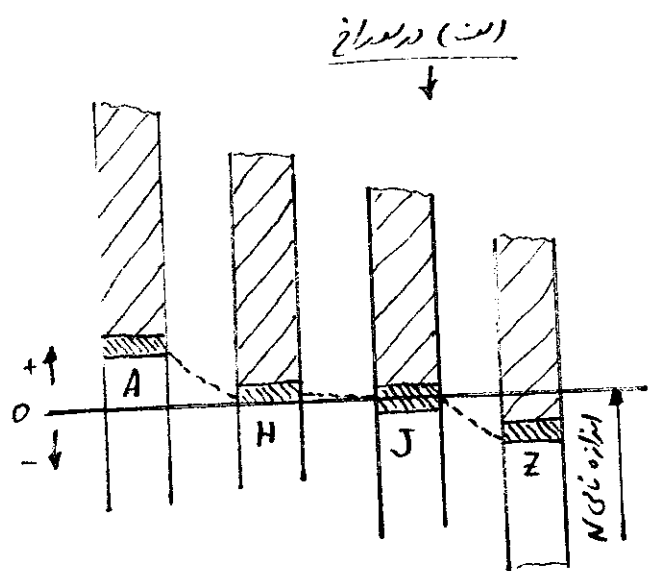
که در آن $D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$ جذر هندسی صاف و صافتر حدود اندازه نامی است. اندازه‌های ۵۰۰ تا طبق DIN به ۱۳ محدوده اندازه نامی تقسیم شده، به طوری که واحد تولرانس i برای تمام محورها یک اندازه است. در استاندارد DIN، ۱۸ تولرانس پایه (درجه تولرانس) در نظر گرفته شده است. IT۱ تا IT۱۸ (تولرانس کوچک، بیشترین وقت). جلاده طبق DIN 715۱ IT0۱ و IT۵ به

عنوان درجات ظریفتر نیز در نظر گرفته شده است. به هر درجه (کیفیت) آن تعداد معینی از واحدهای تکرارش تعلق می‌گیرد. از IT5 به بالا تعداد واحدهای تکرارش بصورت تصاعد هندسی با فزاینده ۱۶ برای هر مرحله افزایش می‌یابد (رجوع شود به تکرارهای پایه مربوط به محدوده‌های اندازه نامی طبق DIN 7151). به غیر از اندازه تکرارش، مرقعیت اندازه تکرارش نسبت به خط صفر نیز حائز اهمیت است که بر سید حرف مشخص می‌شود. حرف بزرگ برای سوراخ و حرف کوچک برای گودها می‌باشند (شکل ۵-۱۳)

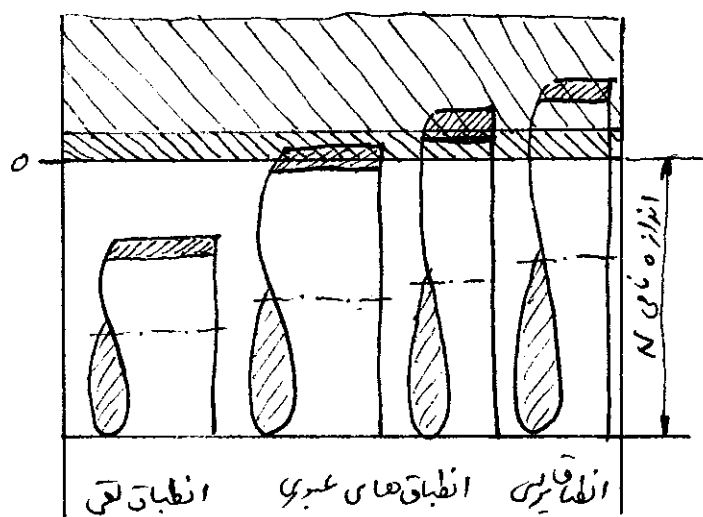


مفاهیم مربوط به
تکرارش

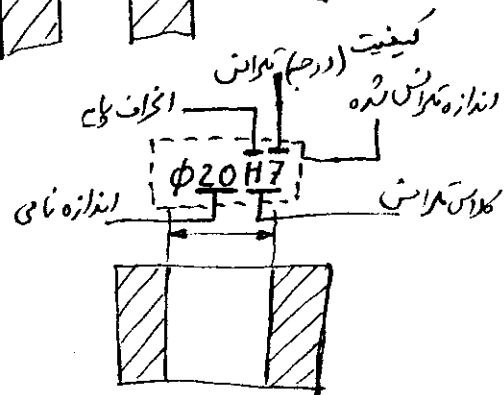
شکل ۵-۱



شکل ۵-۲ (مرقعیت میدانهای تکرارش)



شکل ۵-۴



شکل ۵-۳

در این اتصال نیز از طریق مساحت اصطکاکی انجام می‌پذیرد. این نوع اتصال باید بدون افزایش دما و تغییر در خواص مکانیکی باشد.

۱-۳-۵ اتصال نیروها

این نوع اتصال بیشتر در پوی‌های سازه و اهرم‌ها بکار می‌رود. همانگونه در شکل هم نشان داده شده است، توپی‌های دایره‌ای تقسیم شده و توپی‌های اهرمی دارای شیار کلفتی می‌باشند.

برای اتصال یک شیار T می‌توان نوشت،
 که با در نظر گرفتن ضریب اصطکاک μ ،

$$T = F_{\text{اصطکاک}} \cdot \frac{D_w}{2} = \mu \cdot F_v \cdot \frac{D_w}{2} = \pi$$
 (نیروی کشش $F_v = p \cdot D_w \cdot l$)

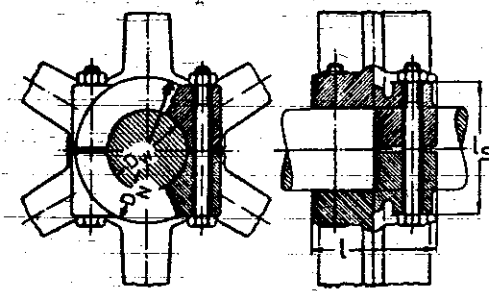
$$S \cdot T = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot l \cdot \frac{D_w^2}{2}$$

که در آن μ ضریب اصطکاک، $p = \text{فشار پرسی}$ ، $\frac{D_w}{2} = \text{بازوی اهرم}$ ، $\pi \cdot D_w \cdot l = \text{مساحت سطح خارجی شیار}$
 در صورتیکه بین شانت و دوارخ یک تکیه زبانی باشد، در آن صورت فشار پرسی فقط بر روی قسمتی از سطح خارجی شانت دارد مثلاً، به‌گونه‌ای که شیار در مقابل اتصال (T) به اندازه ضریب $\frac{\pi}{2}$ کاهش می‌یابد.

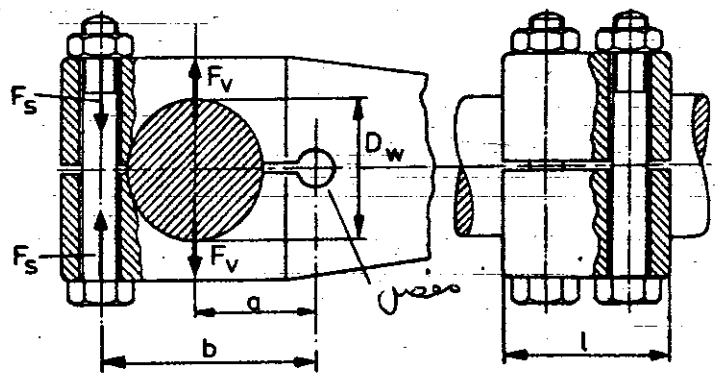
$$T = \mu \cdot F_v \cdot D_w$$

برای توپی‌های دایره‌ای تقسیم شده می‌توان نیروی پیش‌تنش لازم را به‌راستی برای هر طرف توپی را به‌صورت زیر به‌آورد

$$F_s = \frac{F_v}{2} \rightarrow F_s = \frac{T}{2 D_w \mu}$$



(a) با توپی تقسیم شده



(b) با توپی شیار دار

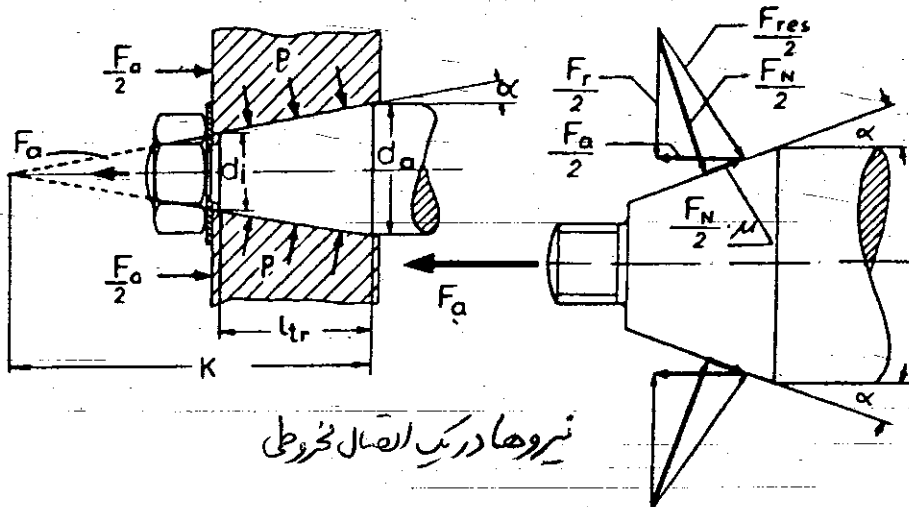
اتصالات نیروها

برای توپی‌های شیار دار می‌توان یک قطر متوسط D_m و مفصل G را فرض نمود. بنابراین برای نیروی پیش‌تنش لازم به‌راستی می‌توان نوشت:

$$F_v = \frac{b}{a} F_s$$

$$F_s = \frac{a}{b} \cdot \frac{T}{\mu \cdot D_w}$$

این نوع اتصال برای محکم کردن توی چرخ در انتهای شافت ابزارها در اسپیندل ها و همچنین برای محکم کردن بلبرینگ ها بکار میروند. از طریق اتصال مخروطی شفت دقیقیت نسبت می آید که حرکت آرا کو دقیق را باعث می شود. در اتصال مخروطی توی از طریق میج ها و یا لوله ها محکم پرس می شوند.



نیروها در یک اتصال مخروطی

گتاتور قابل انتقال به نیروی فشاری محوری بستنی دارد. برای اینکه اتصال اصطکاکانی برقرار باشد بایستی گتاتور انتقالی T_t ازین گتاتور T_R (گتاتور لغزشی یا گتاتور غلبه بر اصطکاک) بیشتر نشود.

$$T_R = \mu \cdot F_N \cdot \frac{d_m}{2} \geq T_t \quad \left(d_m = \frac{d_a + d_i}{2} \text{ قطر متوسط} \right)$$

$$F_N = p \cdot d_m \cdot \pi \cdot l_{tr} \quad \text{که در آن } \frac{d_m}{2} \text{ بازوی اهرم و نیروی نرمال } F_N$$

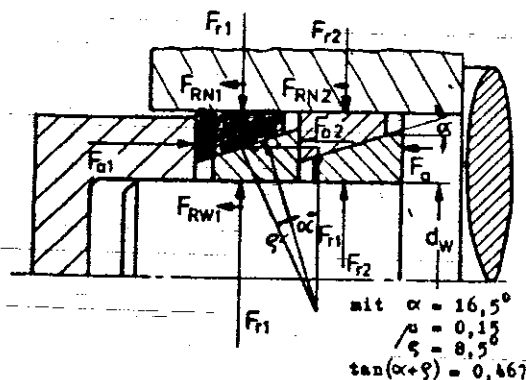
نیروی محوری لازم جهت بستن (+) و یا باز کردن (-) بسته رابطه زیر بست می آید.

$$F_{ax} = F_N \sin \alpha \pm F_N \cdot \mu \cos \alpha = F_N (\sin \alpha \pm \mu \cos \alpha)$$

۳-۳-۵ اتصالات اصطکاکانی با اجزای واسطه

در زیر بعضی از اتصالات اصطکاکانی با اجزای واسطه مشاهده می شود. اجزای نسبت رقیق تر که از جهت های رقیق تر گونه ای بسته و رادیاال تکلیف شده اند.

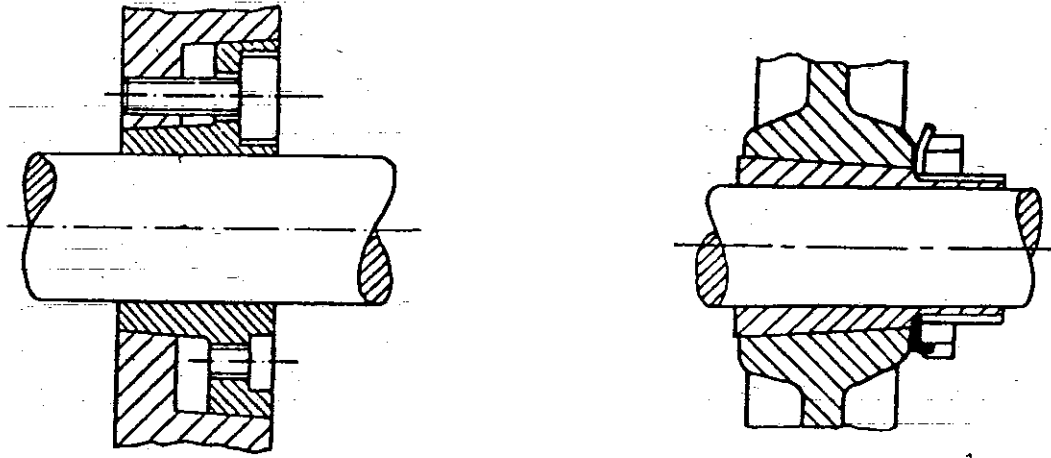
مهرانش های که برای این اجزای توصیه می شود طبق جدول زیر



اجزای نسبت رقیق تر

سوراخ	تفاوت	جزء واسطه	d
H7	h6	E7/f7	36
H8	h8	E8/e8	36

در اشغال زیر بعضی از نشست ها و پوشش های مخروطی جهت انتقال شافت با توبی مشاهده می شود.

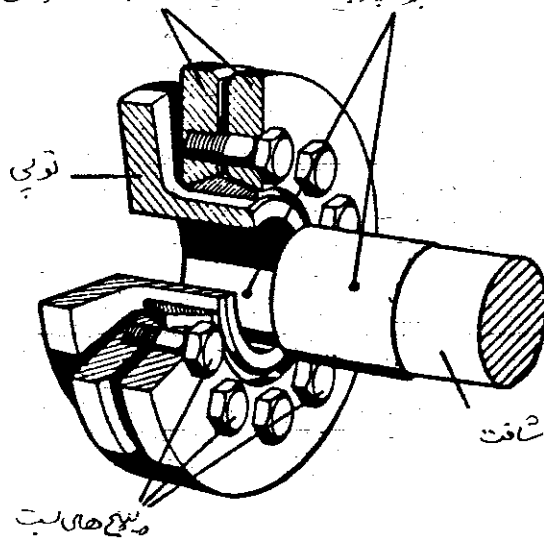


پوشش مخروطی با سنج

رشته های خارجی

بدون چربی

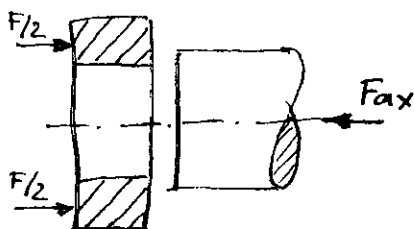
پوشش مخروطی با مهره



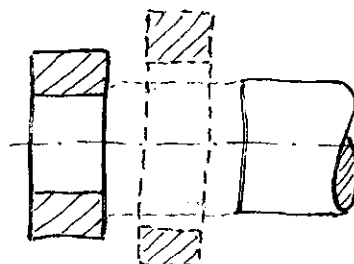
در یک اتصالی

۵-۳-۴ اتصالات پرسی استوانه ای (جاذبی)

در این نوع اتصال یک شافت که دارای یک افزایش اندازه نسبت به توبی است در داخل آن جاذبه می شود. به این ترتیب یک انطباق پرسی بوجود می آید که نتیجه آن ایجاد نیروی چسبندگی است که اتصال را قادر به انتقال گشتاورها و یا نیروهای تدریجی سازد. این اتصال بر حسب نوع جاذب به دو صورت می آید.



انطباق طولی



انطباق عرضی

(*) انطباق طولی

(*) انطباق عرضی

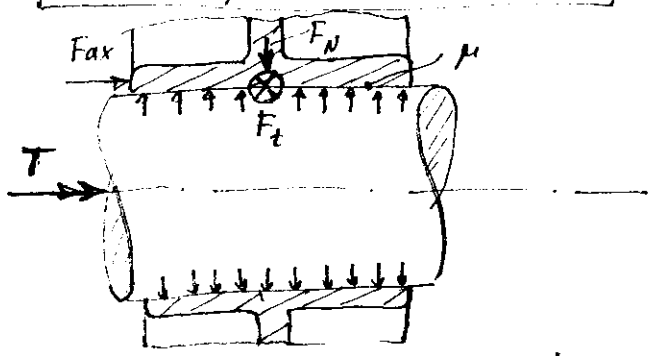
در انطباق پرسی طولی، قطعات در حالت سر در رجهت مدی به داخل هم پرس شده و نتیجتاً سطح انطباق تسطیح شده و کاهش نیروی چسبندگی کمتر را نسبت به انطباق پرسی عرضی بدینال خواهد داشت. در انطباق پرسی عرضی قطعه خارجی قبل از جازدن گرم دایا همزمان قطعه خارجی گرم و قطعه داخلی سرد می‌گردد و پس عمل جازدن انجام می‌گردد.

حد اقل فشار لازم بایستی به اندازه‌ای باشد تا شیارها و نیروها با ضریب اطمینان مورد نظر انتقال یابند. در صورتیکه همزمان یک نیروی محوری F_{ax} و یک کشاور چرخشی $T = F_t \cdot \frac{d}{2}$ اعمال می‌گردد، در نتیجه نیروی برآیند برابر است با:

$$F_{برآیند} = \sqrt{F_t^2 + F_{ax}^2} = \sqrt{\left(\frac{2T}{d}\right)^2 + F_{ax}^2}$$

اگر قرار باشد کشاور و کشاور با یک ضریب اطمینان S_R انتقال یابند، در این صورت برای حد اقل فشار لازم می‌توان نوشت:

$$p_{min} = \frac{\sqrt{\left(\frac{2T}{d}\right)^2 + F_{ax}^2}}{\mu \cdot \pi \cdot d \cdot b} \cdot S_R$$



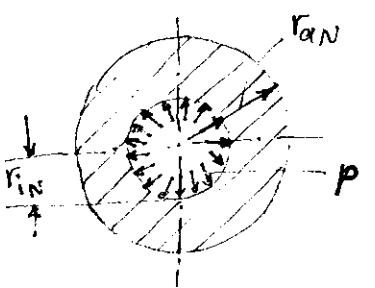
$$\left[\begin{aligned} S_R \cdot F_{برآیند} &\leq F_{اصطکاک} = F_N \cdot \mu \\ F_N &= p \cdot \pi \cdot d \cdot b \end{aligned} \right]$$

اگر به غرض برش از تقویتی در نظر بگیریم، می‌توان با استفاده از معادلات اسی مقایسه مصالح یعنی:

$$E \cdot \epsilon_r = \sigma_r - \nu \sigma_t \quad , \quad E \cdot \epsilon_t = \sigma_t - \nu \sigma_r$$

رابطه $\sigma_r = A \cdot r^{-2} + B$ را به دست آورد. A و B از شرایط مرزی بدست می‌آیند.

باتوجه به شرایط مرزی برای تقویتی (اندیس N):



$$r = r_{in} \rightarrow \sigma_{rN} = -p$$

$$r = r_{an} \rightarrow \sigma_{rN} = 0$$

$$s_N = \frac{r_{in}}{r_{an}}$$

مشتق‌های شعاعی و مماسی لغیرت تابعی از r بدست می‌آیند:

$$\sigma_{rN} = p \frac{s_N^2}{1-s_N^2} \left(1 - \frac{r_{an}^2}{r^2}\right)$$

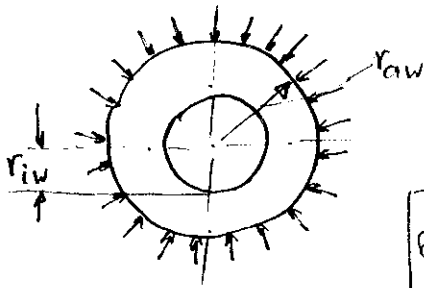
$$\sigma_{tN} = p \frac{s_N^2}{1-s_N^2} \left(1 + \frac{r_{an}^2}{r^2}\right)$$

برای جایی شعاعی u در $r = r_{in}$ از تقویتی می‌توان نوشت:

$$\epsilon_N = \frac{u_{in}}{r_{in}} = \frac{p}{E_N} \left(\frac{1+s_N^2}{1-s_N^2} + \frac{1}{m_N} \right)$$

(ضریب پادرون $\frac{1}{m_N} = \nu \hat{=}$)

بهی ترتیب برای جفت‌تول (اندیس W)



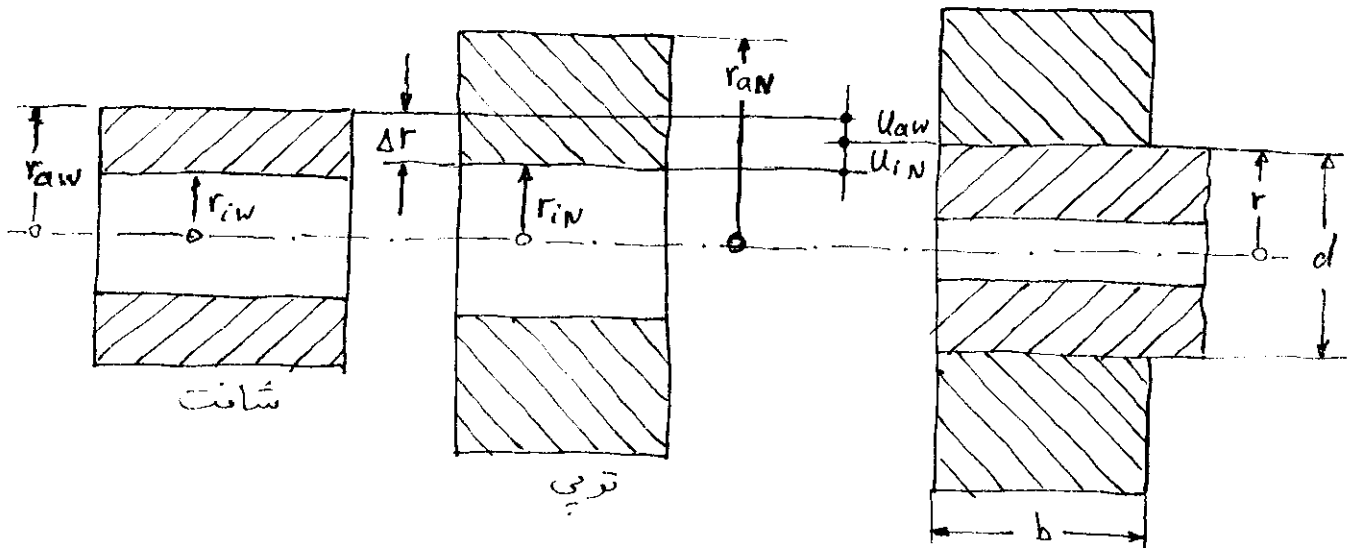
$$r = r_{iw} \rightarrow \sigma_{rw} = 0$$

$$r = r_{ow} \rightarrow \sigma_{rw} = -p$$

$$s_w = \frac{r_{iw}}{r_{ow}}$$

$$\sigma_{rw} = -p \frac{1 - \left(\frac{r_{iw}}{r}\right)^2}{1 - s_w^2} ; \sigma_{tw} = -p \frac{1 + \left(\frac{r_{iw}}{r}\right)^2}{1 - s_w^2}$$

$$f_w = \frac{u_{aw}}{r_{ow}} = - \frac{p}{E_w} \left(\frac{1 + s_w^2}{1 - s_w^2} - \frac{1}{m_w} \right)$$



بنابراین برای ابعاد اندازه مؤثر که از تغییر شکل توپی و شافت حاصل می‌شود می‌توان نوشت:

$$f = \frac{z}{d} = \frac{z \Delta r}{d} = \frac{2u_{iN}}{d} - \frac{2u_{ow}}{d} = f_N - f_w$$

همانقدر که می‌تواند، توپی به اندازه u_{iN} کشیده و شافت به اندازه u_{ow} فشرده می‌شود.

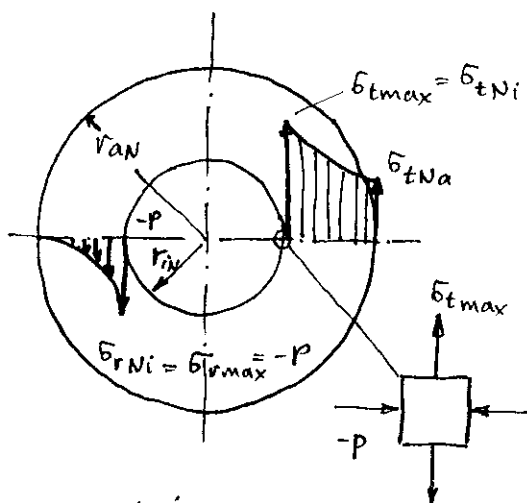
$$\Delta r = |u_{aw}| + |u_{iN}|$$

با توجه به روابط بالا می‌توان تنش‌ها را در محدوده شافت (W) و توپی (N) را در دیواره داخلی (i) و خارجی (a) بصورت زیر بیان کرد:

توپ (اندیس N)	تنش محاسی	دیواره خارجی (a)	
		(a)	(i)
شافت توخالی	تنش محاسی	$\sigma_{tNa} = 2p \frac{s_N^2}{1 - s_N^2}$	$\sigma_{tNi} = \sigma_{tmax} = p \frac{1 + s_N^2}{1 - s_N^2}$
	تنش شعاعی	$\sigma_{rNa} = 0$	$\sigma_{rNi} = -p$
شافت توخالی	تنش شعاعی	$\sigma_{twa} = -p \frac{1 + s_w^2}{1 - s_w^2}$	$\sigma_{twi} = -2p \frac{1}{1 - s_w^2}$
	تنش شعاعی	$\sigma_{rwa} = -p$	$\sigma_{rwi} = 0$
شافت توپر $s_w = 0$	تنش محاسی	در تمام سطح مقطع	
	تنش شعاعی	در تمام سطح مقطع	
			$\sigma_{tw} = -p$
			$\sigma_{rw} = -p$

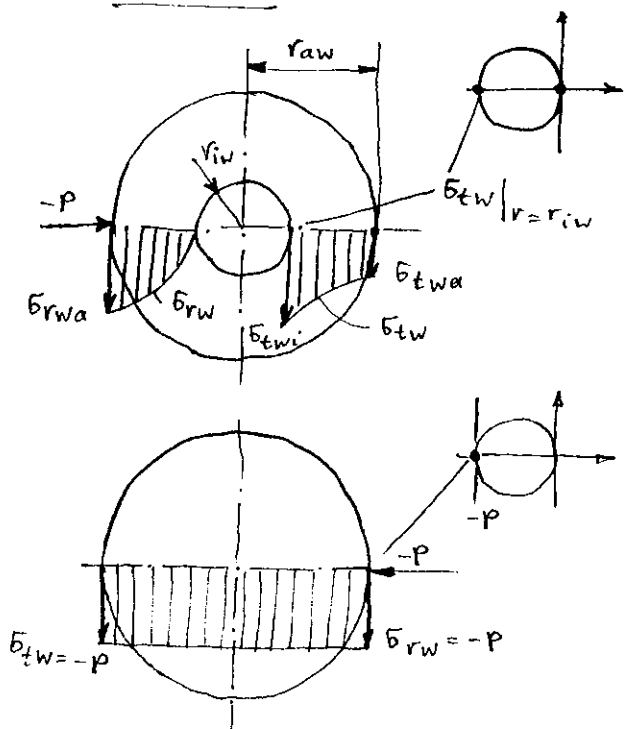
توزیع تنش ها در اشکال زیر به نمایش گذاشته شده اند.

توپ



حالت خاص شافت توپر ($s_w = 0$)
فشار هیدرواستاتیکی
در دریاچه مر، فقط یک نقطه $(-p)$

شافت توخالی



هم در دیواره داخلی توپی و هم در دیواره داخلی شافت توخالی حالت تنش در محوری حاکم می باشد.
تنش مشابه طبق تئوری حد اکثر تنش برشی در دیواره داخلی توپی عبارت است از:

$$\sigma_{vNi} = 2P / (1 - s_N^2) \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma_{vWi} = -2P / (1 - s_W^2) \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma_{vW} = -P \leq \sigma_{zul}$$

در دیواره داخلی شافت توخالی:

در این نقطه از شافت توپر:

تعیین حد اکثر فشار (حد اکثر انطباق مجاز):

P_{max} از این شرط بدست می آید که نیازی تنش های معایه فوق الذکر از تنش مجاز بیشتر شوند. در نتیجه:

$P_{maxN} = \frac{\sigma_{zul}}{2} (1 - s_N^2)$	برای توپی
$P_{maxW} = \frac{\sigma_{zul}}{2} (1 - s_W^2)$	برای محور توخالی
$P_{maxW} = \sigma_{zul}$	برای محور یا شافت توپر

$$(s = \frac{r_i}{r_a})$$

طراحی یک انطباق یا اتصال پرسی بایستی براساس کوچکترین اندازه P_{max} باشد و توپی باشد

$$P_{max} \hat{=} \min \{ P_{maxN}, P_{maxW} \}$$

St: $\sigma_{zul} = \frac{R_{p0.2}}{1.1 \dots 1.3}$

σ_{zul} برای فولادها:

G.G: $\sigma_{zul} = \frac{R_m}{2.1 \dots 3.1}$

σ_{zul} برای چدن خاستری

تعیین ازبراندازه مؤثر (Z):

$$Z = 2\Delta r = 2 \cdot (U_{iN} - U_{aw})$$

$$Z = 2 \left[r_{iN} \cdot \frac{P}{E_N} \underbrace{\left(\frac{1+s_N^2}{1-s_N^2} + \frac{1}{m_N} \right)}_{\alpha_N} + r_{aw} \cdot \frac{P}{E_W} \underbrace{\left(\frac{1+s_W^2}{1-s_W^2} - \frac{1}{m_W} \right)}_{\alpha_W} \right]$$

(ضریب پراکندگی $\frac{1}{m} = \nu$)

$$d = r_{iN} = r_{aw} \Rightarrow Z = d \cdot P \left[\frac{1}{E_N} \alpha_N + \frac{1}{E_W} \alpha_W \right]$$

برای ترتیب برای ازبراندازه مؤثر صدانه صدانه است می آید و متغیر که در رابطه بالا برای P مقدار P_{min} و P_{max} را قرار دهیم

$$Z_{min}^{max} = f(P_{max}^{min})$$

بعد از جابزون قطعات در سطح هر دو قطعه خاصاتی ها تطبیع می شوند که باستی از طریق اندازه تطبیع G از قبیل درستی سبک در نظر گرفته شود. اندازه تطبیع G:

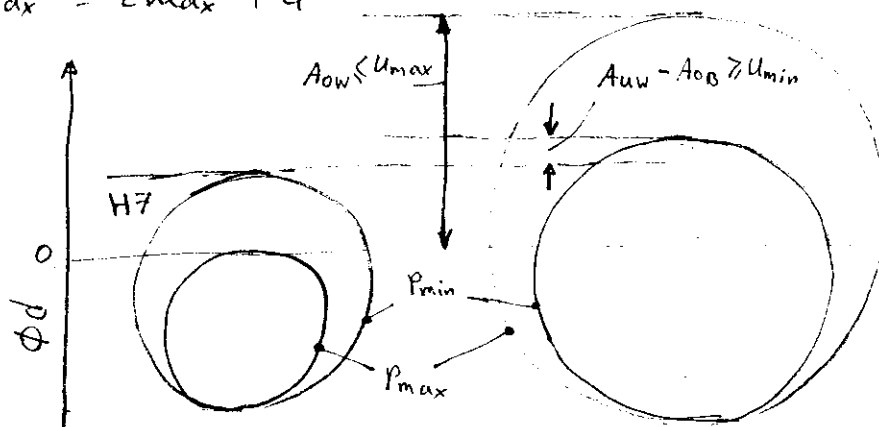
$$G \approx (0.8 \dots 1.2) \cdot (R_{2W} + R_{2N})$$

که در آن R_{2W} و R_{2N} معنی زبری است آمده طبق DIN 4768 می باشد

تعیین ازبراندازه ازبر (U):

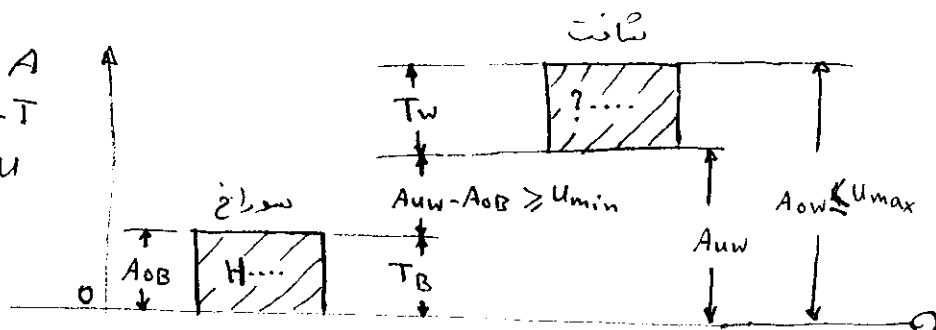
$$U_{min} = Z_{min} + G$$

$$U_{max} = Z_{max} + G$$



مختصات

انحراف = A
تولرانس = T
ازبراندازه = U



برای سیستم واحد در اف از قبیل میزان تولرانس H تعیین شده است بعد از آن باستی می آید تولرانس و همچنین انحراف بالایی و پائینی را تعیین نمود.

16 40 6 16 215 6	تراشکاری : پرداخت خشن پرداخت ظریف پرداخت خیلی ظریف
10 25 6 10 215 6	سوراخکاری : سوراخکاری طرف متوسط و برقد ماشین سوراخکاری طرف و یک بر برقدکاری سوراخکاری طرف و دوبار برقدکاری
16 40 6 16 215 6 1 215	سنب زنی : سنب زنی خشن سنب زنی طرف متوسط سنب زنی طرف سنب زنی خیلی طرف
116 4	خان کشتی : خان کشتی با دانه های سطح

طبق DIN 7190 (Schmalz) $R_z = \mu_m$ عمق زبری

محاسبه درجه حرارت جازون :

$$u^* = u_{max} + k$$

برای سبب جازون با سبب ترمی به اندازه

$K = IT9 \dots IT10$: DIN 7151 عبارت است از اندازه اضافی جهت جازون راحت طبق
برای سبب که همزمان ترمی گرم شده و مدت سرد می شود :

$$\frac{u^*}{d} \leq \alpha_N \cdot \Delta \theta_N - \alpha_W \cdot \Delta \theta_W$$

که در آن $\Delta \theta$ اختلاف درجه حرارت و α ضریب انبساط حرارتی مادی که از جدول زیر سبب می آید.

سرکرون $\frac{1}{C}$	سرکرون $\frac{1}{C}$	جنس مواد
$-8,5 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$	GS و St
$-8,0 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	Gg (چدن)
	$5,5 \cdot 10^{-6}$	Hartmetall
$-14 \cdot 10^{-6}$	$16 \cdot 10^{-6}$	Cu
$-15 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$	Rg
$-16 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	برنج Ms
$-18 \cdot 10^{-6}$	$23 \cdot 10^{-6}$	آلیاژ Al
$-21 \cdot 10^{-6}$	$26 \cdot 10^{-6}$	آلیاژ Mg

ضرایب انبساط حرارتی α_N و α_W