

۶- فنرها:

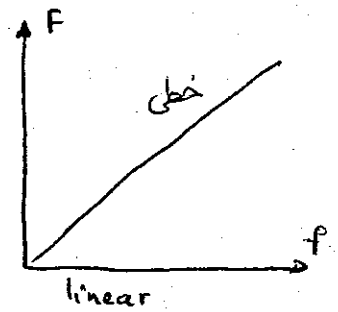
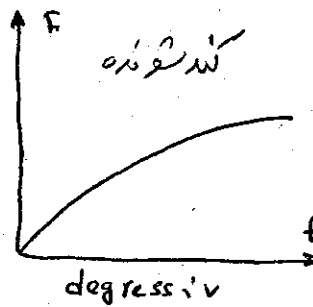
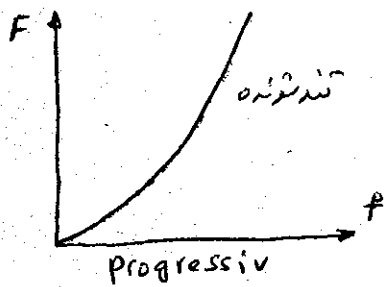
فنرها متوان القابات الاستیکي را بوجود آورد. فنرها در اثر اعمال نیرو تغییر شکل می‌یابند. در این حال انرژی ذخیره شده در برکت فنری مجدداً پس داده می‌شود. موارد کاربرد فنرها بسیار متنوع است. مثلاً بعنوان ذخیره کننده کار، بعنوان فنر برکتی جهت کاهش ضربهها و ویسکات، بعنوان اجزای رست و یا جهت اندازه گیری نیروها. فنرها بر حسب شکل بصورت مارپیچی، تخت، شیباجی و یا میدای می‌باشند.

۱- مشخصات فنرها:

برای مشخص کردن فنرها از منحنی مشخصه فنر، کار فنر، توانایی گاهشی و عدد مفید شکل آن و همچنین نوع القاب آن متوان تا حدی برر

منحنی مشخصه فنر

اگر در اثر یک نیرو لحاظ تغییر شکل فنر در یک نقطه اثر نیروی F به اندازه f جایجا می‌شود. آن تغییرات نیرو را بر حسب جایجایی f رسم کنیم، مقدار منحنی مشخصه فنر به دست می‌آید.



(رشته فنرهای الاستیک در تحت قرار می‌گیرند)

(مثل فنر شیباجی)

مید کششی

شیب منحنی مشخصه (C) ثابت فنر و یا ضریب منحنی فنر نامیده می‌شود.

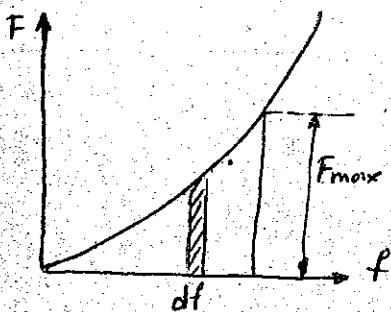
$$C = \frac{dF}{df}$$

$$C = \frac{dM}{d\varphi}$$

$$C = \frac{F}{f}$$

$$C = \frac{M}{\varphi}$$

اصولاً برای بدین منحنی مشخصه



کار فنر: انرژی تغییر شکل قرار گرفته در فنر (انجا ۲ می‌شود)، کار فنر برابر است با سطح زیر منحنی.

$$W_F = \int_0^{f_{max}} F(f) df \quad \text{و} \quad W_M = \int_0^{\varphi_{max}} M(\varphi) d\varphi$$

در صورت خطی بودن منحنی مشخصه:

$$W_F = F_{max} \cdot \frac{f_{max}}{2} = C \cdot \frac{f_{max}^2}{2} = \frac{F_{max}^2}{2C}$$

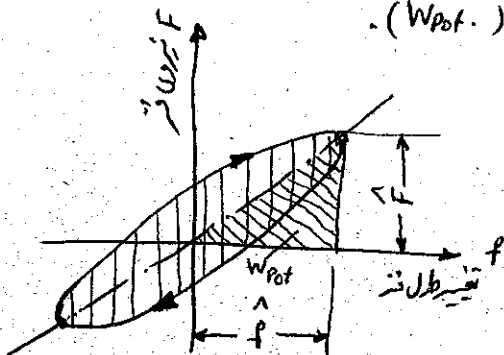
$$W_M = M_{max} \cdot \frac{\varphi_{max}}{2} = C \cdot \frac{\varphi_{max}^2}{2} = \frac{M_{max}^2}{2C}$$

نوع بارگذاری	کشش / فشار	خمشی / پیچشی	کشش / پیچشی
بدنه	با تبدیل انرژی به تبدیل انرژی	با تبدیل انرژی به تبدیل انرژی	با تبدیل انرژی به تبدیل انرژی
مستقیم	کشش / فشار	کشش / فشار	کشش / فشار
راست	کشش / فشار	کشش / فشار	کشش / فشار
خمیده شده	کشش / فشار	کشش / فشار	کشش / فشار
خمیده شده	کشش / فشار	کشش / فشار	کشش / فشار
خمیده شده	کشش / فشار	کشش / فشار	کشش / فشار

شکل ۱-۶ رسته‌های انواع فنرها طبق Pahl

کاهندگی:

کاهندگی یعنی ψ عبارت است از نسبت انرژی از بین رفته در یک سیکل بار (W_d) به انرژی پتانسیلی که نسبت به وضعیت میانی بطور الاستیک ذخیره می‌شود (W_{pot}) .



$$\psi = \frac{W_d}{W_{pot}}$$

عدد مفید شکل فنر η_w :

بعد از مفید شکل فنر η_w می‌توان انرژی از دست داده در یک فنر را با صدای کارایی به این حجم مواد و صدای تنش یکسان انجام می‌دهد. برای یک فنر، صدای کارایی در ذخیره انرژی است که هر یک از عناصر حجم ماده فنر تحت تنش‌های یکسانی قرار بگیرد، همانطور که نشان داده شده است.

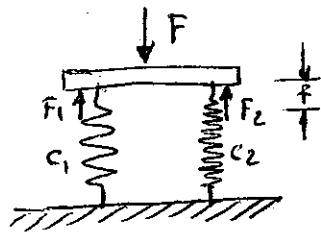
$$\eta_w = \frac{W}{W_{max}}$$

$$W_{max} = \frac{\sigma^2 \cdot V}{2E}$$

$$W_{max} = \frac{\tau^2 \cdot V}{2G}$$

برای تنش‌های کششی و فشاری:

برای تنش‌های برشی



در اتصال موازی، فرها دارای تغییر طول یکسانی هستند

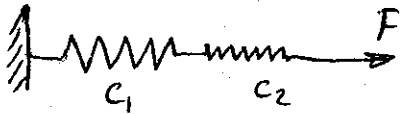
$$f = f_1 = f_2 \quad \text{و} \quad F = \frac{F}{c} \Rightarrow f_1 = \frac{F_1}{c_1} \quad , \quad f_2 = \frac{F_2}{c_2}$$

$$F = F_1 + F_2 = f_1 c_1 + f_2 c_2 = f (c_1 + c_2) = f \cdot c \quad \text{معادل}$$

$$c_{\text{موازی}} = c_1 + c_2 = \sum_i c_i$$

ماتریس فر معادل اتصال موازی فرها

در اتصال سری فرها، به فرها نیروی یکسانی اعمال می‌شود.



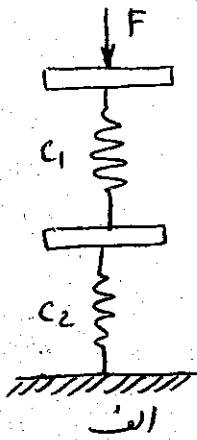
$$F = F_1 = F_2 \quad \text{و} \quad F = f \cdot c \Rightarrow f_1 c_1 = f_2 c_2$$

$$f = f_1 + f_2 \Rightarrow \frac{f}{F} = \frac{f_1}{F_1} + \frac{f_2}{F_2} \Rightarrow \frac{1}{c_{\text{سری}}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}$$

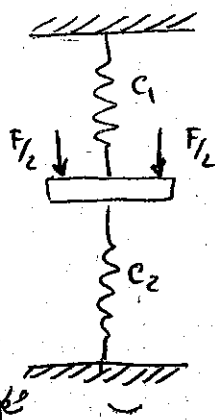
$$\frac{1}{c_{\text{سری}}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} = \sum_i \frac{1}{c_i}$$

ماتریس فر معادل اتصال سری فرها

آنون با سبب توصیف داشت که یک اتصال موازی و سری نه فقط به ترتیب قرار گرفتن فرها نسبت به یکدیگر دارد، بلکه همچنین هدایت نیرو در سیستم فرها نیز تعیین کننده است.



الف



ب

همانگونه در شکل ۲-۶-۲ مشاهده می‌شود، به هر دو فر

نیروی یکسانی اعمال می‌شود. اما در اتصال شکل

۲-۶-۳ (الف) تغییر طول فرها می‌تواند بخاطر تفاوت‌های

فرها متفاوت مختلف باشد. بنابراین این اتصال




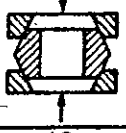






یک اتصال سری فرها است.

حال اگر نوع هدایت نیرو را طوری تغییر دهیم،

همانگونه در شکل ۲-۶-۳ (ب) نشان می‌دهد، که تغییر طول

فرها با یکسان تفاوت یکسان باشند،

در صورتیکه اتصال موازی را خواهیم داشت.

فرهای کششی (کشش)	فرهای خمشی	فرهای پیچشی
		
a.	c.	d.
$\eta_w = 1.0$	0.33	0.25
		
b.	e.	f.
$\eta_w = \sim 16$	0.11	~ 0.33
		
g.	h.	i.
0.5	~ 1.0	0.5
		
j.		
~ 0.14		

فترها سمولا از فولادهاى پراىنارن طبن DIN 17221 و DIN 17225 را حنه منونء فوطا در لولء اسنشاي سا نء موافقى كه مقادىر در برابر خوردگى داراى اهمى است از فتراى غىراهنى اسفاره ملورء فترهاى غىر فزى انب از لاسكف تفسل شده اند رفترى سلطان فتره گر با كاهنده ارفاى داخراى كه بىشك ها بكار مىروند .
نش هاى عباى انواع فترها بصورت فترى با نء فترهاى كه لولء اسناشكى با رنءارى منونء :

$$\sigma_{bzul} \leq 0,8 \cdot R_{eH} \quad \text{فتر حشى}$$

$$\tau_{tzul} \leq 0,5 \cdot R_m \quad \text{فتر سءى چرخشى}$$

$$\tau_{tzul} \leq 0,5 \cdot R_m \quad \text{فتر سارنى}$$

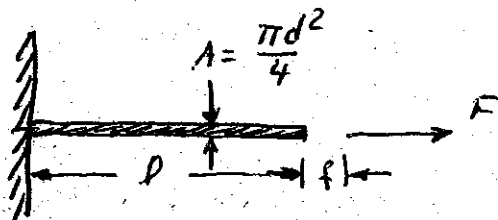
$$\sigma_{zul} \leq 0,9 \cdot R_{eH} \quad \text{فتر حلقه اى}$$

فترهاى كه لولء دناسكى با رنءارى منونء :

$$\sigma_{a2ul} = 0,8 \cdot \sigma_A \quad , \quad \tau_{a2ul} = 0,8 \cdot \tau_A$$

۳-۶ محاسبه فترهاى فزى

فترها را مىوان سبب نوع بار رنءارى آن رسته شىرى و محاسبه ملورء
۱-۳-۶ فترهاى كه بصورت كشى و فافسارى بار رنءارى منونء
سءى كشى



$$F = A \cdot \sigma$$

$$f = \frac{l \cdot F}{E \cdot A} = \frac{\sigma \cdot l}{E} \quad , \quad c = \frac{A \cdot E}{l}$$

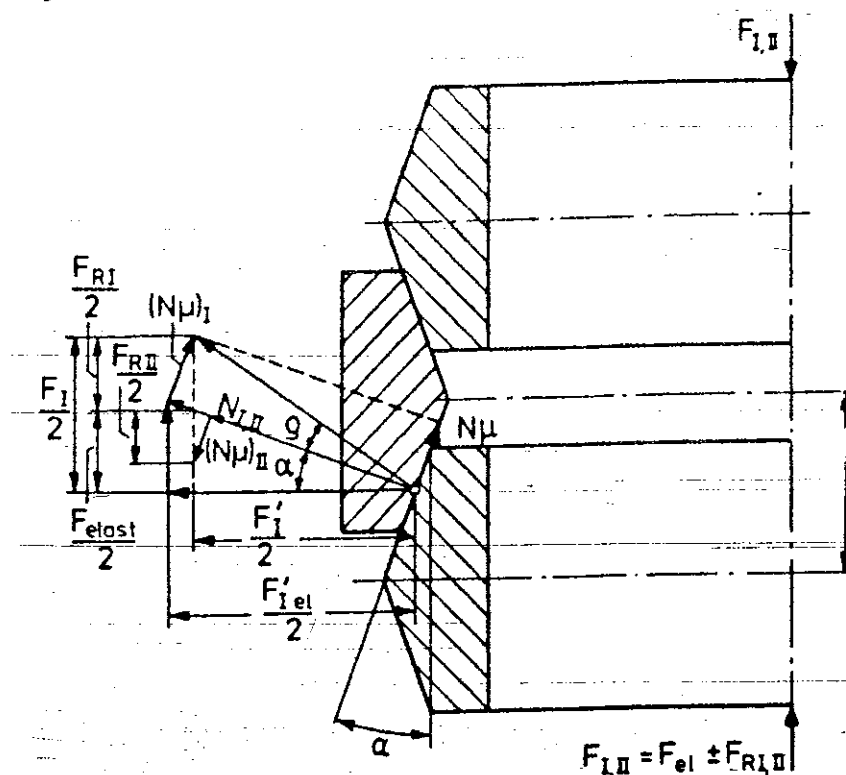
$$W = \frac{F \cdot f}{2} = \gamma_w \cdot \frac{\sigma^2 \cdot V}{2E} \quad , \quad \gamma_w = 1$$

سءارات فوى را مىوان همچىن با ترفى خربى براى محاسبه فترهاى لاسكفى كه تحت بار كشى و فافسارى بار رنءارى منونء فترهاى بار رنءارى منونء

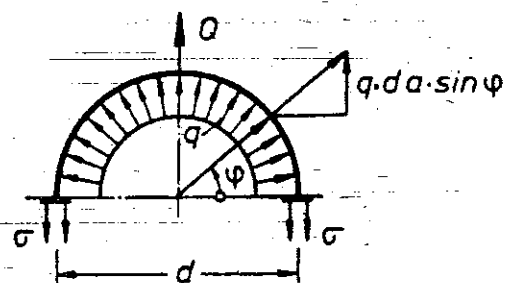
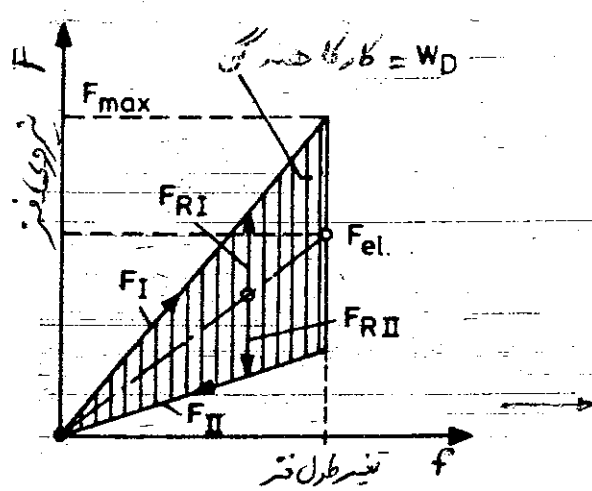
فترهاى حلقه اى

اى فترها تفسل شده اند از فتراى حلقه هاى داخلى و خاى . در اثر كى فترى فتراى F ، اى حلقه ها داخلى هم رفته و با اى ترفى لولء لاسكفى تفسل شكل مى يابند . اى فترى فتراى در سطح فخرطى حلقه خاى تفسل كشى و در سطح فخرطى حلقه داخلى تفسل كشى هاى فتراى را با نء ملورء هر چه فادر فخرطى كه خاى بار نء ، هاى فتراى فتر حلقه ها بىتر داخلى هم مىروند .

ماترچه به اینکه $\alpha = 12 \dots 15^\circ$ است، خوردگی اتفاق می افتد. شش سطحی فرسایشی است.



شکل ۶-۵
(نیوهار فرسایشی)



شکل ۶-۵

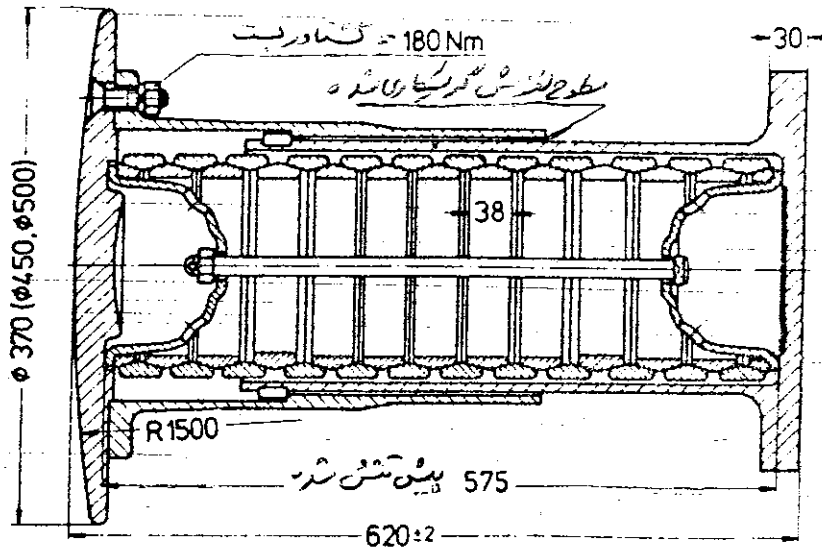
شش سطحی فرسایشی در آلودگی و همچنین موقع باربرداری متفاوت می باشد، زیرا که نیروی رفت F_I بیشتر از نیروی الاستیک F_{el} و نیروی برگشت F_{II} از آن کمتر است. در تغییر شکل برگشت، ابتدا نیروی فرسایشی F_{II} کاهش می یابد و سپس تغییر شکل رخ می دهد.

$$F_I = \frac{\tan(\alpha + \beta)}{\tan \alpha} \cdot F_{el} = (1,5 \dots 1,6) F_{el}$$

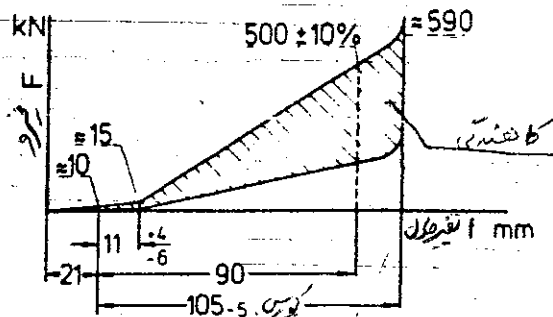
(۱۹۸)

$$F_{II} = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan \alpha} \cdot F_{el}$$

شکل ۶-۶ یک نمونه از فرسایشی است که در سطحی رخ می دهد. یک بار سیصد و بیست و یک می ده.



بار مرده = $W = 28300 \text{ Nm}$



شکل ۶-۶

فروهای حلقه ای به عنوان
کمانده فربه در میان تخته ریزی

فروهای به صورت خمشی بارگذاری می‌شوند

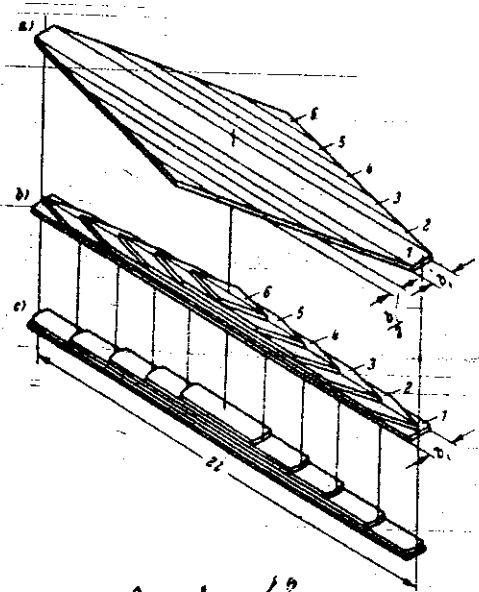
۲-۲-۶

فروهای مستطین - مستطین - دایره - دایره ای و متغیر شکل بر اساس

<p>فرو مستطین شکل</p> $F_{rel} = \frac{b l^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{rel}}{E}$ $f = \frac{F l^3}{3 E I} \cdot \frac{4 F l^3}{b l^3 E}$ $f_{rel} = \frac{2 l^2 \sigma_{rel}}{3 E}$ $c = \frac{F}{I} \cdot \frac{b l^3 E}{4 l^3}$ $W = \frac{b l l}{18 E} \sigma^2 \cdot \eta_w \cdot \frac{1}{9}$	<p>فرو مستطین شکل</p> $F_{rel} = \frac{b l^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{rel}}{E}$ $f = \frac{F l^3}{3 E I} \cdot \frac{6 F l^3}{b l^3 E}$ $f_{rel} = \frac{l^2 \sigma_{rel}}{E}$ $c = \frac{F}{I} \cdot \frac{b l^3 E}{6 l^3}$ $W = \frac{b l l}{12 E} \sigma^2 \cdot \eta_w \cdot \frac{1}{3}$
<p>فرو دایره ای شکل</p> $F_{rel} = \frac{b l^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{rel}}{E}$ $f = \frac{2 F l^3}{3 E I} \cdot \frac{8 F l^3}{b l^3 E}$ $f_{rel} = \frac{4 l^2 \sigma_{rel}}{3 E}$ $c = \frac{F}{I} \cdot \frac{b l^3 E}{8 l^3}$ $W = \frac{b l l}{9 E} \sigma^2 \cdot \eta_w \cdot \frac{1}{3}$	<p>فرو دایره ای شکل</p> $F_{rel} = \frac{b l^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{rel}}{E}$ $f = \frac{F l^3}{3 E I} \cdot \frac{4 F l^3}{b l^3 E}$ $f_{rel} = \frac{2 l^2 \sigma_{rel}}{3 E}$ $c = \frac{1}{I} \cdot \frac{b l^3 E}{4 l^3}$ $W = \frac{b l l}{18 E} \sigma^2 \cdot \eta_w \cdot \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{\beta}$

شکل ۶-۷ انواع قشرهای تحت را نشان میدهد. در قشر تحت مستطین شکل، تنش خمشی با افزایش فاصله از محل درگیر کاهش می یابد. بنابراین قشرها در نقطه درگیر حداکثر انحراف را در خود ذخیره نموده اند. از این جهت این نوع قشرها فقط در مواردی که نیروهای اعمال شده کم و کج باشند، مثلاً در ابزار دقیق کاربرد دارند. قشر تحت ششی شکل عبارت است از تیری که استحکام آن در همه جا یکسان میباشد. بنابراین در همه جا تنش های خمشی یکسانی اعمال می شود و در نتیجه استفاده از مقدار بهرابت بهر از قشر تحت مستطین شکل است. انتخاب شکل نامناسب، این نوع قشرها کمتر مورد استفاده قرار می گیرند. قشرهای تحت ذوزنقه ای از نظر استفاده مقدار از قشرهای ششی شکل نامناسب ترند ولی دارای فرم قابل تبدیل تر هستند.

قشرهای تحت چینه لایه ای



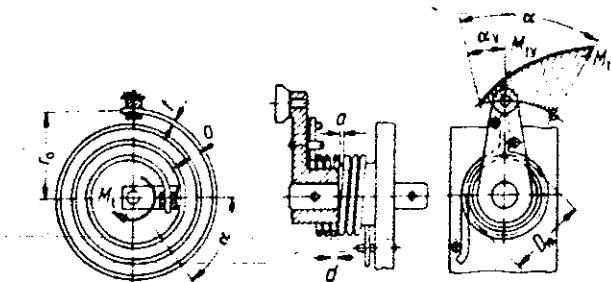
قشرهای تحت در صورت اعمال بارهای مختلف همبستگی عرضی نخواهند داشت و این امر منجر به شکل نامناسب قشر می شود. بهین خاطر قشرها به نوارهای با عرض کم و زیاد تجزیه می شود و درون هم بصورت لایه لایه در وسط متصل می کنند. ششی شکفته این نوع قشرها اصطکاک بین لایه های قشر فقط بطور تقریبی خطی است. این قشرها بیشتر در وسایل تقویه شری در پی کاربرد دارند. کاهش سی اصطکاک بین قشرها نسبت به ترکیب لایه ها لایه ها را در حرکت ششی لایه ها تحت شرایطی منجر به سایش ارتعاشی (خوردگی اصطکاک) می شود و استحکام ریاضیکی را کاهش میدهد.

شکل ۶-۸
تشکیل قشر تحت از قشرهای ذوزنقه ای شکل

قشرهای خمشی پیچیده شده (قشرهای جریضی و حلزونی)

در قشرهای حلزونی شکل و یا قشرهای خمشی که بصورت مارپیچی پیچیده شده اند (قشر سنجاقی)، تمام طول قشر به وسیله یک گتاتور خمشی ثابت بارگذاری می شود. برای سطح مقطع سیم مستطین شکل $\frac{1}{3}$ و برای سطح مقطع دایره ای شکل $\frac{1}{4}$ است. فرمول محاسبات (شکل ۶-۹) و همچنین تنش های مجاز طبق نمودارهای ۶-۱۰ و ۶-۱۱ و ۶-۱۲ می باشد.

شرمنجانی بمیدان
فرزند من باطلی مقلع
مستقر ملک (مرد و دوات در بر)



9-4 M³

قد رسل می نسبت فرماں خمشی

پیشہ ورانہ

$$M_{Izul} = \frac{b I^2}{6} \sigma_{Bzul} \quad M_{Izu} = \frac{\pi d^3}{32} \sigma_{Bzu}$$

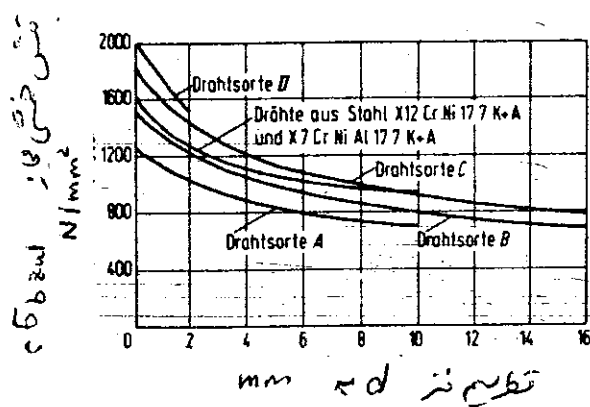
$$\alpha = \frac{M_1 l}{EI} = \frac{12 M_1 l}{b I^3 E} \quad \alpha = \frac{M_1 l}{EI} = \frac{64 M_1 l}{\pi d^4 E}$$

$$l = 2\pi r_1 \left(r_1 + \frac{i}{2} (1 + \sigma) \right) \quad l = \pi D_m i$$

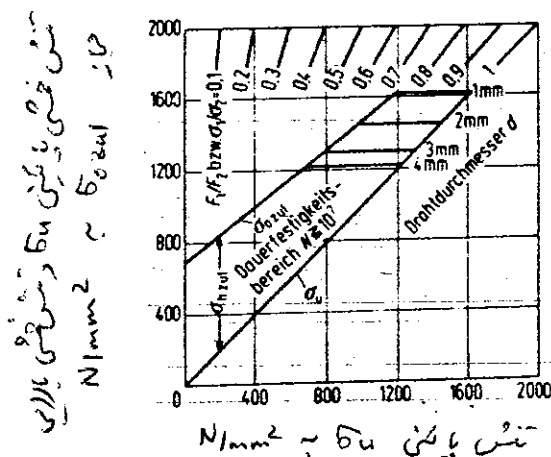
$$\alpha_{zul} = \frac{2 l \sigma_{Bzul}}{IE} \quad \alpha_{zul} = \frac{2 l \sigma_{Bzu}}{dE}$$

$$c_1 = \frac{b I^2 E}{12 l} : \eta_{w1} = \frac{1}{3} \quad c_1 = \frac{\pi d^4 E}{64 l} : \eta_{w1} = \frac{1}{4}$$

(۲) = مقدار حصہ ہاں نہ



(a)



(L)

۱۰ - ۶

شعاع میاز قزحان مجیدہ تہہ فنی از سیمین

فَرَّهاس لُبَّاس

فتره‌های تبعی عبارتند از فتره‌های خشتی (رکبی). این فتره‌ها بر مبنای طراح‌های مناسبه که در یک
قصای کوچک تغییر شکل‌های کوچکی را بر این فتره‌های بزرگ قرار می‌دهند (شکل ۶-۱۱).
شکل منحنی مشخصه این فتره‌ها (شکل ۶-۱۲) به میزان زیادی به نسبت $\frac{h_0}{s}$ بستگی دارد و می‌تواند
شدت‌شده یا کندشده باشد. منحنی مشخصه فتره‌های با $\frac{h_0}{s} \approx 0.14$ (نقطه) در $\frac{h_0}{s} \approx 0.175$ به $\frac{h_0}{s}$ (نقطه)
تقریباً به صورت خطی است. با توجه به اینکه نسبت فتره‌های تبعی به تنهایی کافی نیست، از چندین
نسبت با اتصالات گوناگون منحنی مشخصه مورد نیاز به دست می‌آید (شکل ۶-۱۳ و ۶-۱۴).

فرداس مار پیچی

این فردا که بیش از هر فنر کاربرد دارد را میوان متناوب فرداس سیدای چرخشی در نظر می‌گیرند که بصورت مار پیچی پیچیده شده اند و عمدتاً تحت تاثیر کشادر پیچی قرار می‌گیرند. در شکل ۱۵-۶ یک فردا مار پیچی مستقیم و میزور، در سطح مقطع ربع کرب قطر d ماردهای برای اعمال می‌شوند.

$$T = Q \cdot R = F \cdot R \cdot \cos \alpha$$

$$Q = F \cdot \cos \alpha$$

$$N = F \cdot \sin \alpha$$

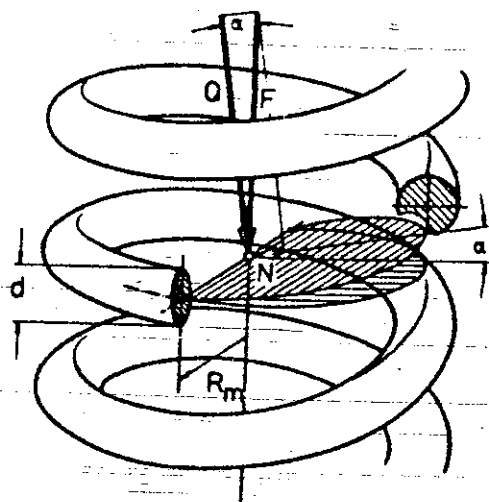
$$M_b = F \cdot R \cdot \sin \alpha$$

کشادر پیچی:

نیروی عرضی:

نیروی ترمال:

کشادر خشی:



با توجه به که چید بودن زاویه α ، کشادر خشی M_b و نیروی ترمال N در نظر گرفته نمی‌شوند. لذا برای تنش بیش ناشی از کشادر پیچی T یعنی T_t در برآوردن این فنر تعیین کننده می‌باشد. برای تنش بیش T_t در اثر کشادر پیچی میوان با توجه به قطر متوسط حلقه‌های ترمینی D_m درست:

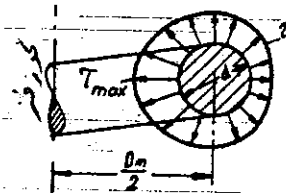
$$\tau_t = \frac{T}{W_p} = \frac{8 \cdot F \cdot D_m}{\pi \cdot d^3} ; D_m = 2R_m$$

شکل ۱۵-۶ فردا مار پیچی ماردهای میزور

برای محاسبات دقیقتر میوان سهم تنش‌های بیش ناشی از بار عرضی Q در افزایش تنش که در اثر انحنای سطح برجهادی آن را به سبب ضرب K در نظر می‌گیرند.

$$K = 1 + \frac{5}{4} \left(\frac{d}{D_m} \right) + \frac{7}{8} \left(\frac{d}{D_m} \right)^2 + \left(\frac{d}{D_m} \right)^3$$

$$\tau_{max} = K \cdot \tau_t$$



حد اکثر تنش بیش در جداره داخلی ایجا می‌شود. با توجه به این یعنی تعداد حلقه‌های میزور میوان درست:

$$F = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \tau_{max}}{8 \cdot K \cdot D_m}$$

نیروی فنر:

$$f = \frac{8 \cdot F \cdot i_w \cdot D_m^3}{G \cdot d^4}$$

تغییر طول فنر:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_m^3 \cdot i_w}$$

نسبت جابجایی به نیرو:

ماتریس به ایند در فرکانس دو انتهای فرکانس یک حلقه سوی حلقه از برای قرار میدهند و تعداد حلقه ها را نیز برابر است با:

$$L_k = L_w + 2$$

برای فرکانس باید بایستی آنها را از نظر کاهش محاسبه نمود. خط کاهش رستی وجود دارد که رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{f_k}{L_c} \geq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{G}{E}} \left[1 - \sqrt{1 - 2\pi^2 \cdot \frac{1 - \frac{G}{E}}{1 + \frac{2G}{E}}} \left(\frac{D_m}{v \cdot L_c} \right)^2} \right]$$

که در آن f_k تغییر طول بحرانی است

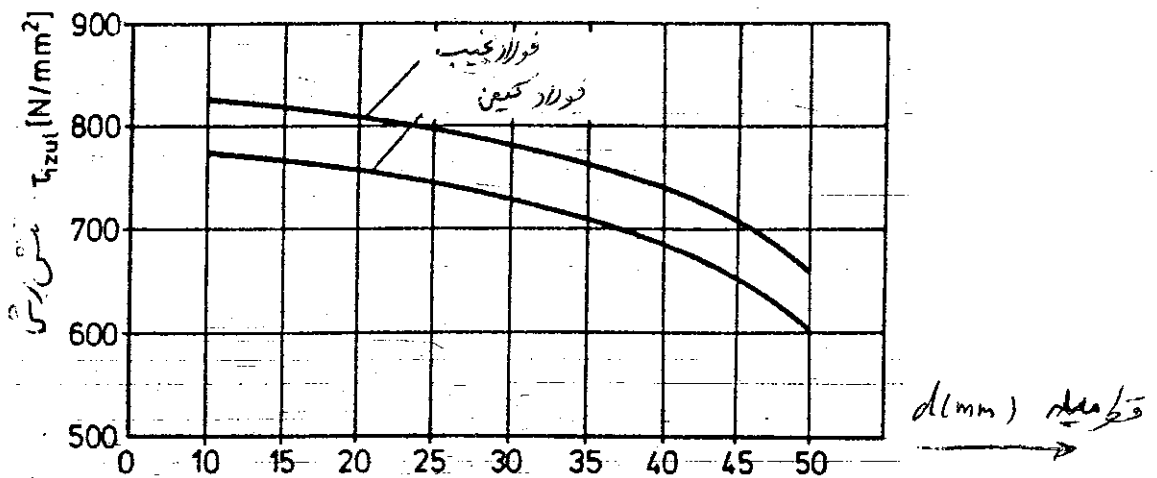
L_c طول تیر رستی که در نماند تنش باشد

v ضریب تصحیح که بستگی به نوع گسیه ها دارد

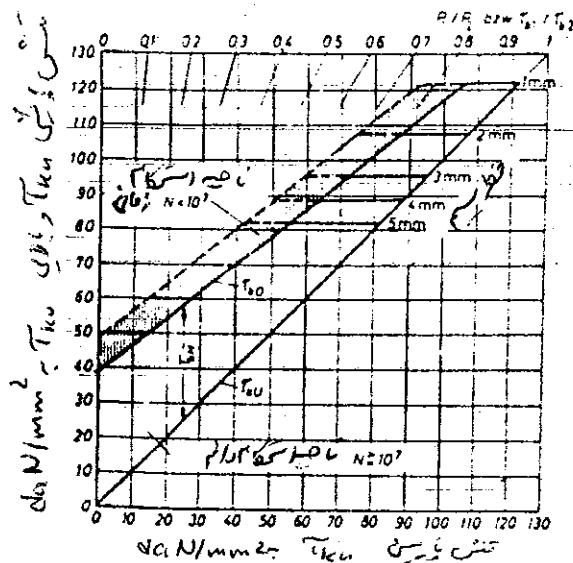
از فرکانس از نظر کاهش مطمئن نباشند، بایستی از یک پوسته و یا دورن (Dern) استفاده نمود.

برای تنش ها میز این گستره فرکانس بایستی به جدول و نمودارهای مربوطه مراجعه نمود. نمودار ۶-۱۶

۶-۱۷ و ۶-۱۸ به نمونه از این نمودارها نشان میدهند.



شکل ۶-۱۶ تنش رستی برای K_{Ic} فرکانس تیر در گستره استند از فولادها نجیب و کفین DIN 17221

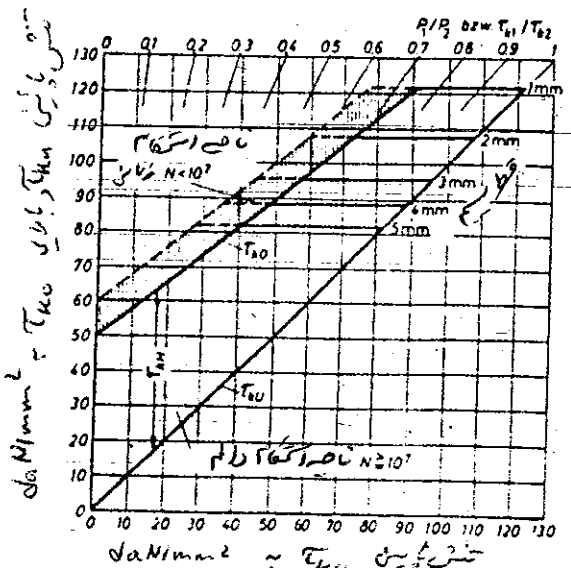


شکل ۶-۱۷ نمودار استند از فولادها تیر در گستره استند

از فولاد گشتی با تنش کلایس C طبق

DIN 17223 ساخته رستی شده

(۲.۴)



شکل ۶-۱۸ نمودار استند از فولادها تیر در گستره استند

از فولاد گشتی با تنش کلایس C طبق

DIN 17223 ساخته رستی شده