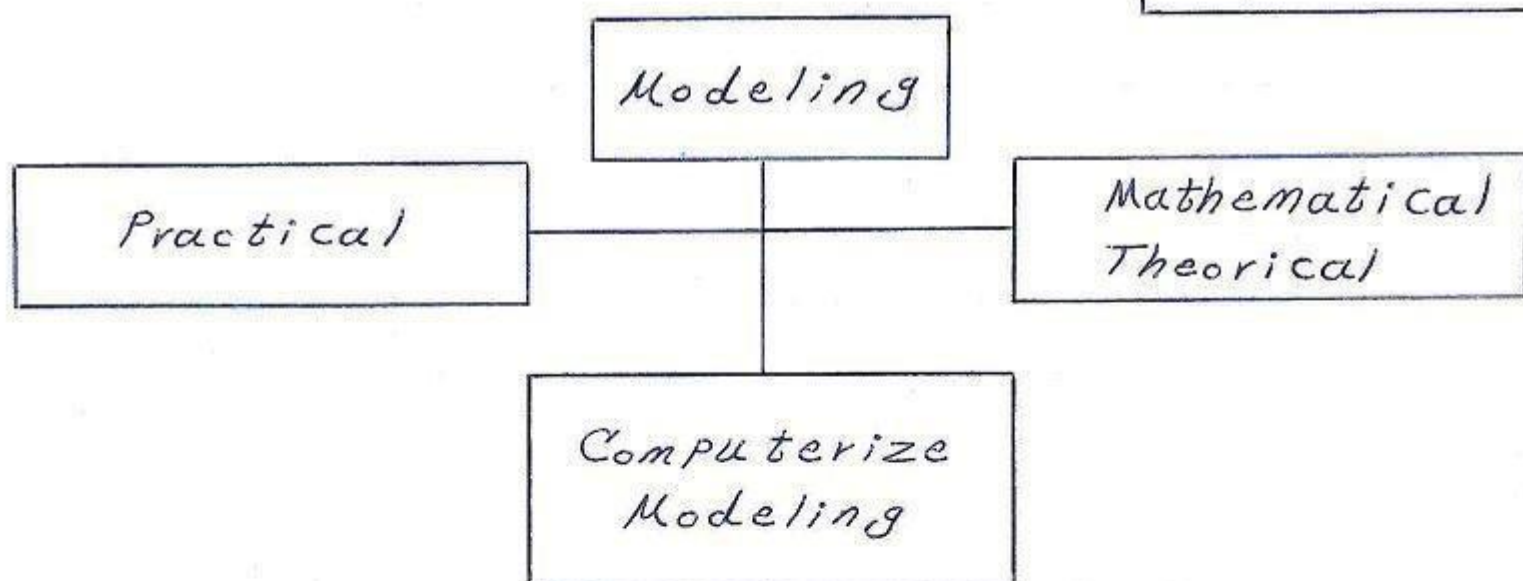


درس : طراحی اجزاء

مدل کردن :



(Mathematical Theoretical) همان مدل کردن و شبیه سازی مسائل عملی و مکانیکی بصورت معادلات ریاضی است . مثلاً :

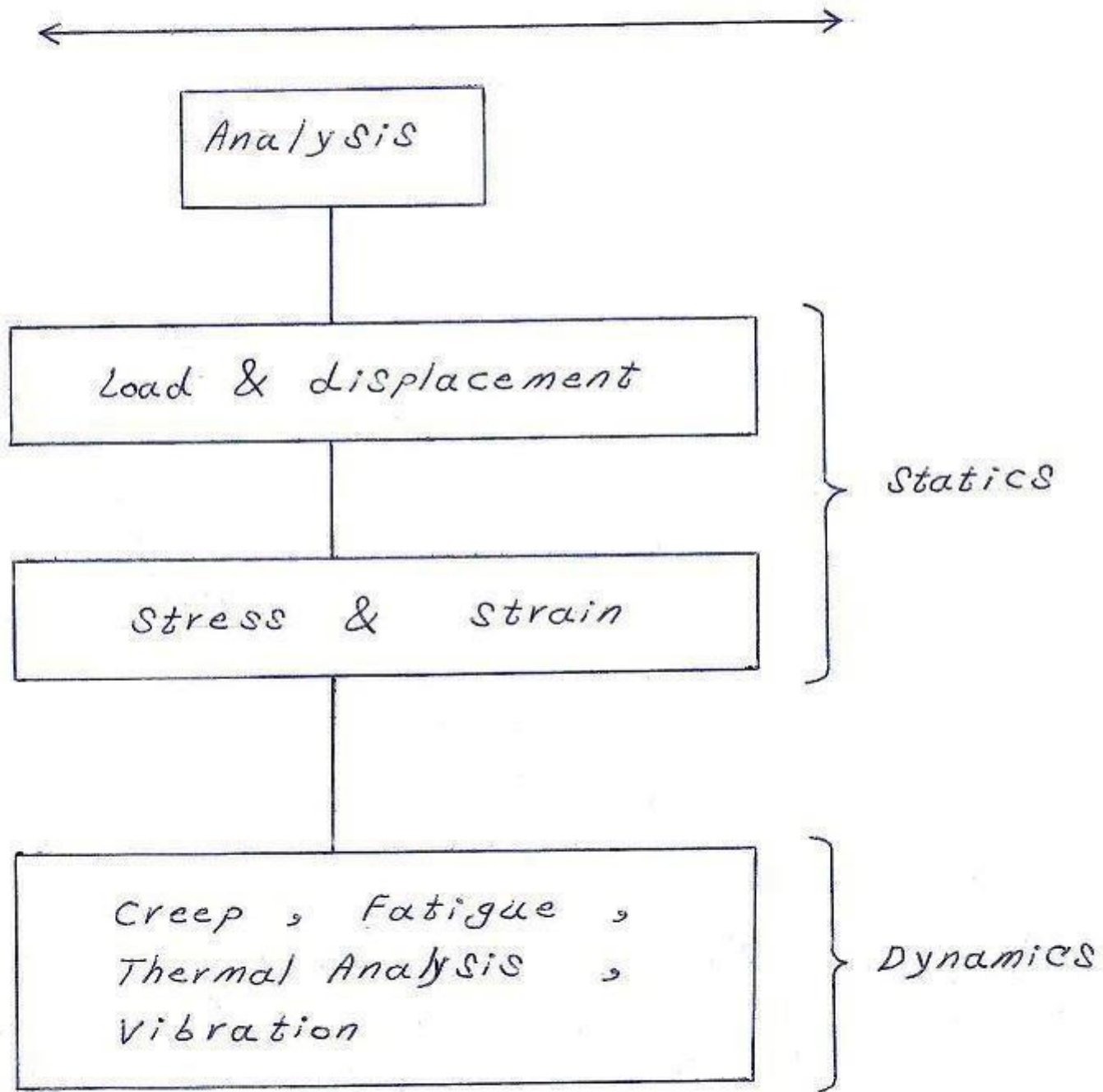
$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = c \frac{\partial T}{\partial t} \right)$$

اما معمولاً معادلات ریاضی - بطور عمومی و کلی در عمل و صنعت قابل استفاده نیستند .

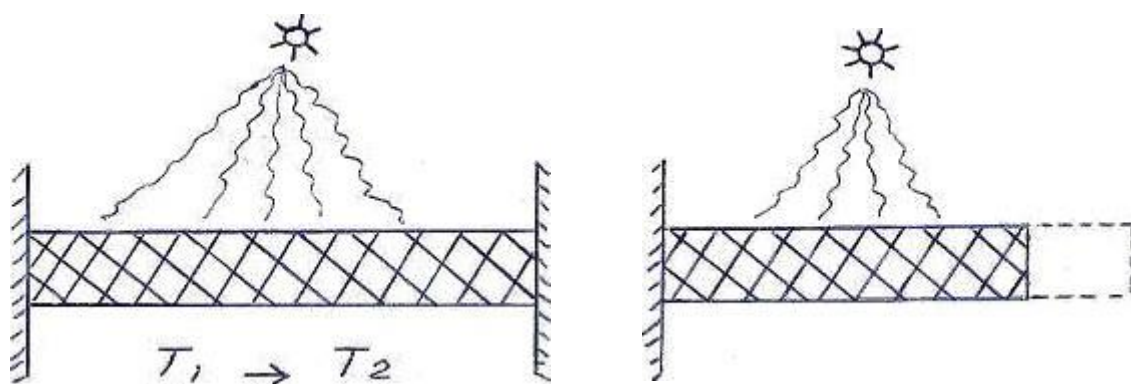
* (Practical) خود بر سه نوع است :

۱- کوچکتر
 ۲- هم اندازه
 ۳- بزرگتر

* }



آنالیز دینامیکی بسیار در طراحی مهم است و باید حتماً در نظر گرفته شود.



$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

$$\epsilon = \alpha \Delta T$$

می‌توان حرارت را به تنش
یا کرنش یا به هر دو -
تبدیل کرد و این کار طراح
است.

است

میزان

ضریب اطمینان



« References »

منابع

از لحاظ کامل بودن بسیار خوب
این کتاب تقریباً است
معمولی را شامل است و -
این کتاب را ذکر نمی‌کند.
است

۱- کتاب درسی Text
دستی

۳- کد، نرم و استاندارد :

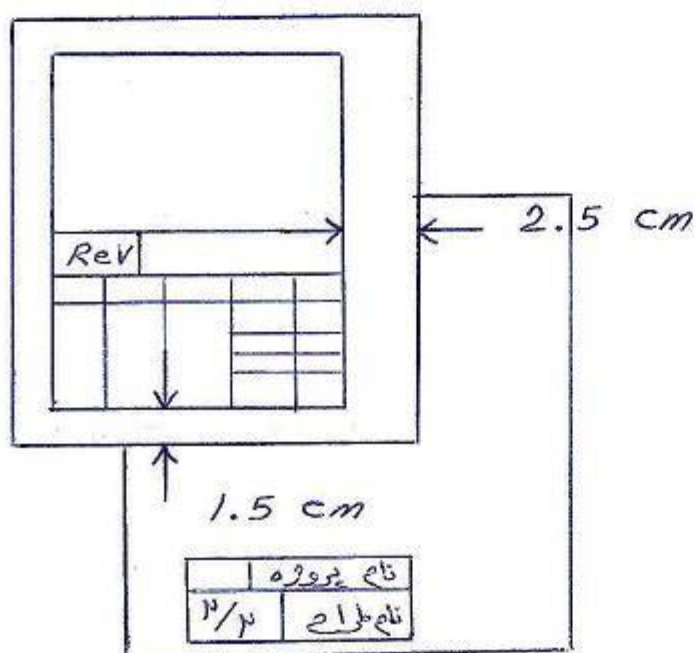
{ ASME
 I mech E
 DIN
 AWS
 BS

این استانداردهای قبول شده موجب
 یکنواختی کار در پروژه های بزرگ و
 سرعت عملیات می شود .



سیاهه طراحی

* کل کار طراحی دو output دارد ، یکی نقشه های اجرایی -
 و دیگری سیاهه محاسباتی (طراحی) که در آن باید به مسائل
 ذیل توجه کرد :



- ۱- ورق A4
- ۲- جدول و مشخصات

1234

۶۰

فهرست

ستفاده

سید

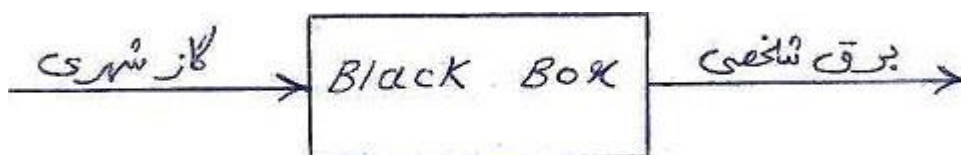
جتناب

تسبیو نی

- اعداد را بطور معقول گرد کنیم .

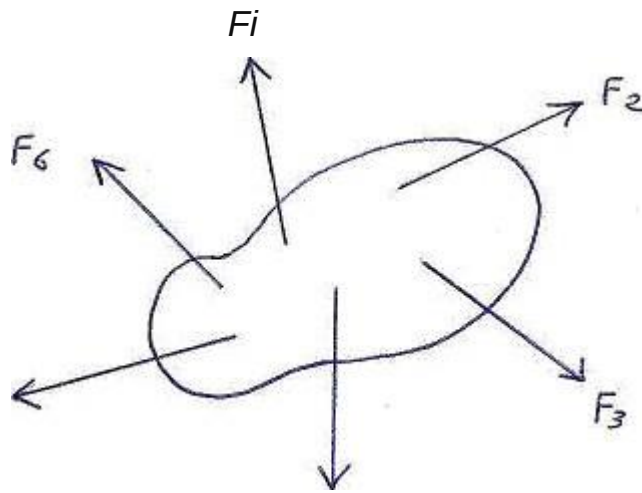
۱۱ - اعداد منطقی گرد شود . (بر حسب موجودات

(بازار)

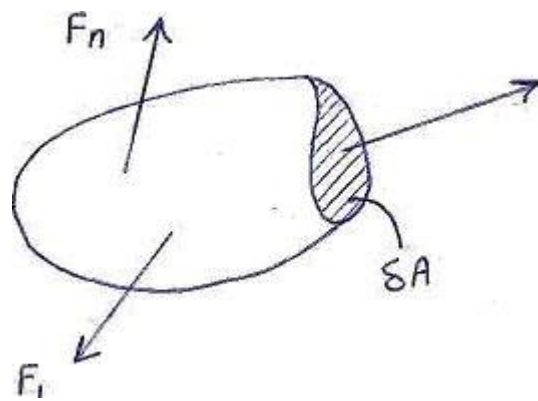


۱- تمرین گروه طراحی

تَنَسُّجٌ



External Force



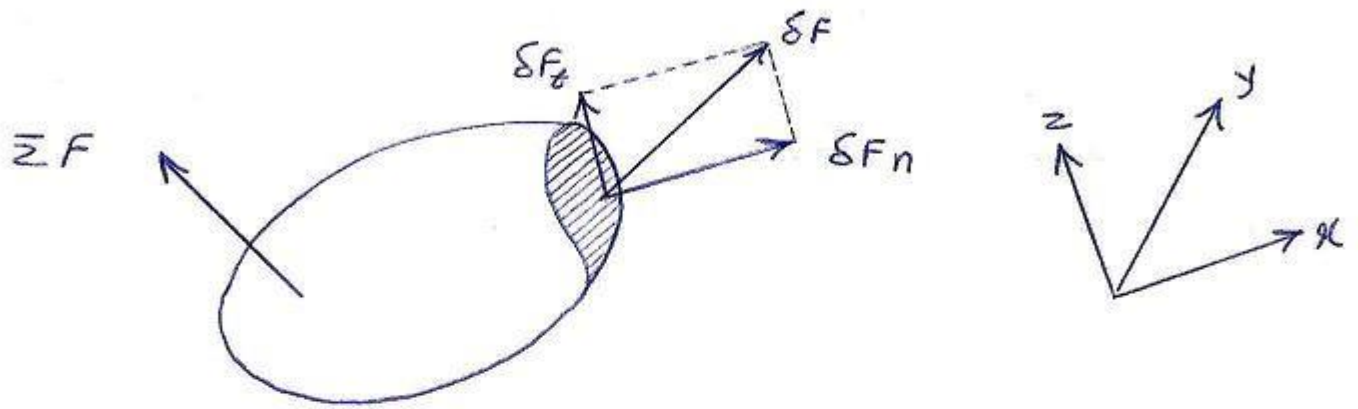
δF is an Internal Force

$$\lim \delta F_{\perp} = \sigma$$

تَنَسُّجٌ

$$\propto \frac{1}{\alpha}$$

* نمونه‌ای از مختصات منطقه‌ای همان مختصات (n, t) است.



$$\lim_{\delta A \rightarrow 0} \frac{\delta F_n}{\delta A} = \sigma_n \quad \text{تنش نرمال}$$

$$\lim_{\delta A \rightarrow 0} \frac{\delta F_t}{\delta A} = \tau \quad \text{shear stress}$$



$$\sigma_{xx} = \lim_{\delta A \rightarrow 0} \frac{\delta F_x}{\delta A} = \sigma_x$$

$$\sigma_{xy} = \lim_{\delta A \rightarrow 0} \frac{\delta F_y}{\delta A} = \tau_{xy}$$

$$\sigma_{xz} = \lim_{\delta A \rightarrow 0} \frac{\delta F_z}{\delta A} = \tau_{xz}$$

* در حالت عمومی خواهیم داشت :

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

تانسور تنش
درجه (۲)
است (۳×۳)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ij} &= \sigma_{ji} \\ \tau_{xy} &= \tau_{yx} \\ \tau_{xz} &= \tau_{zx} \\ \tau_{yz} &= \tau_{zy} \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

تانسور تنش قابلیت
معکوس شدن دارد.



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

گرانش :

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{yy} & \epsilon_{zz} \\ \epsilon_{xy} & \epsilon_{xz} & \epsilon_{yz} \end{bmatrix}$$

ستیک خالی

Kes

]

-xy



:

تَنس و کُ تَنس دو بعدی

$$\sigma_{zz} = \quad \sigma_{xz} = 0 \quad \sigma_{yz} = 0 \quad \text{2.D Stress}$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_{yy} - \nu (\sigma_{xx}))$$

$$\epsilon_{zz} = 0$$

$$\epsilon_{zx} = 0$$

$$\epsilon_{zy} = 0$$

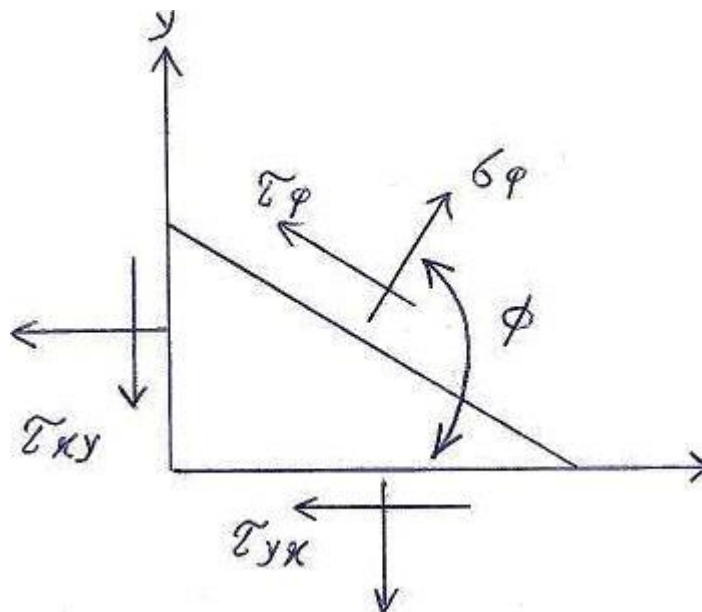
2.D Strain



$$\epsilon_{xx} = \frac{1}{E} \sigma_{xx}$$

1.D Stress

$$\epsilon_{yy} = \frac{1}{E} \sigma_{xx}$$



جمله

$$\sigma_{\varphi} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\varphi + \tau_{xy} \sin 2\varphi \quad (1)$$

$$\tau_{\varphi} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\varphi + \tau_{xy} \cos 2\varphi \quad (2)$$



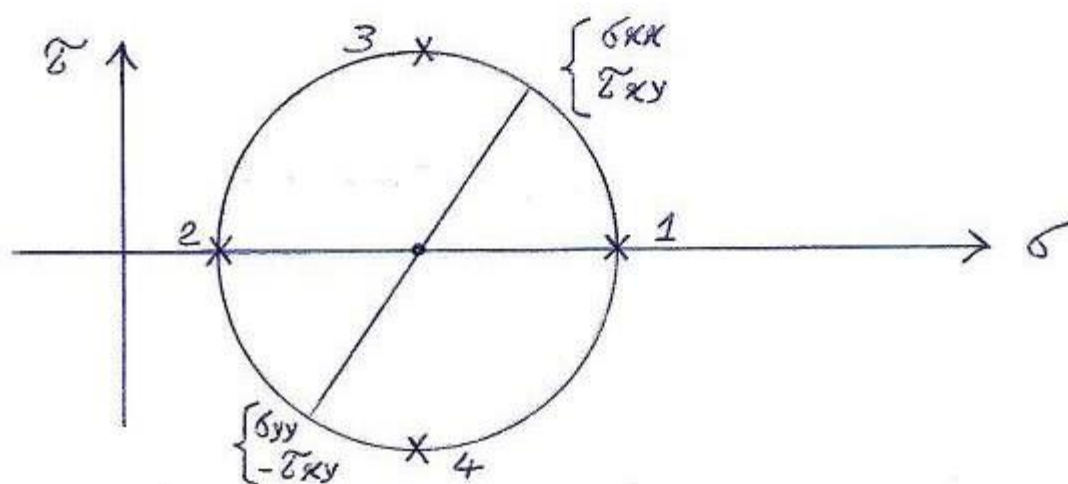
*** در سه بعدی : $\sigma_{ij} = \alpha_{im} \alpha_{jn} \alpha_{mn}$

α - کسینوس هادی

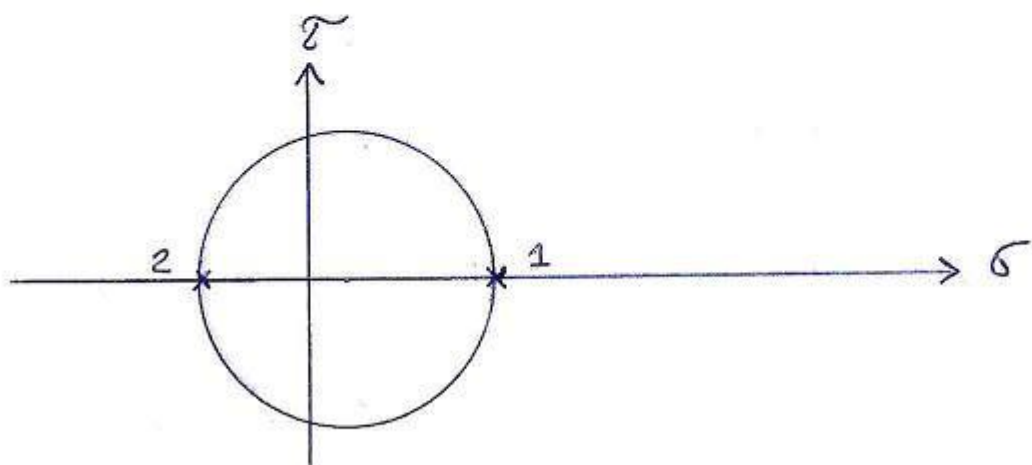
* حال می خواهیم از معادلات (1) و (2) بدترین تنش ها را -
 بیابیم . یک راه مشتق گرفتن است . اما هر که یک معادله -
 پارامتری دایره است :

$$\begin{cases} \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \\ 0 \end{cases} \quad \text{مرکز دایره}$$

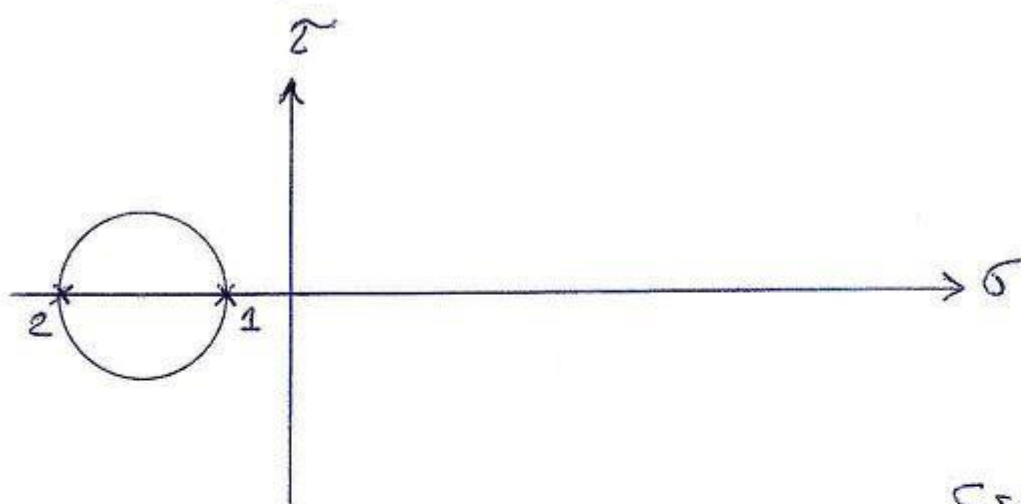
$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



کششی تنش Max - 1
 کششی تنش Min - 2



کششی تنش Max - 1
 فشاری تنش Max - 2



فشاری تنش Min - 1
 فشاری تنش Max - 2

3 و 4 - Max تنش برشی

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

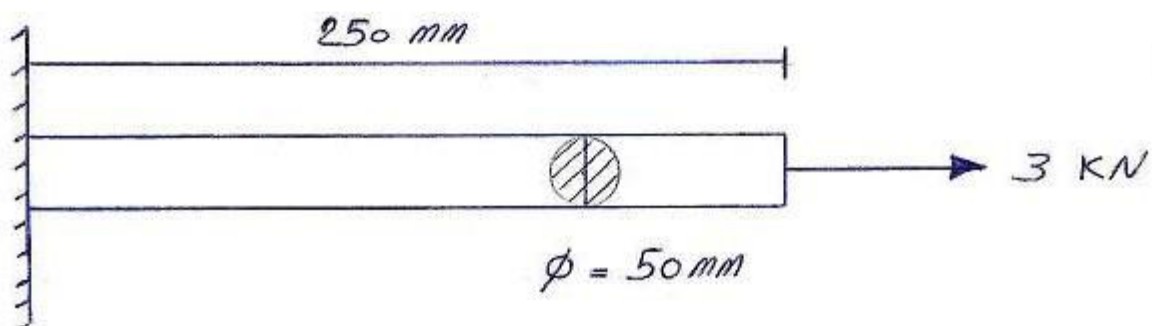
$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - R$$



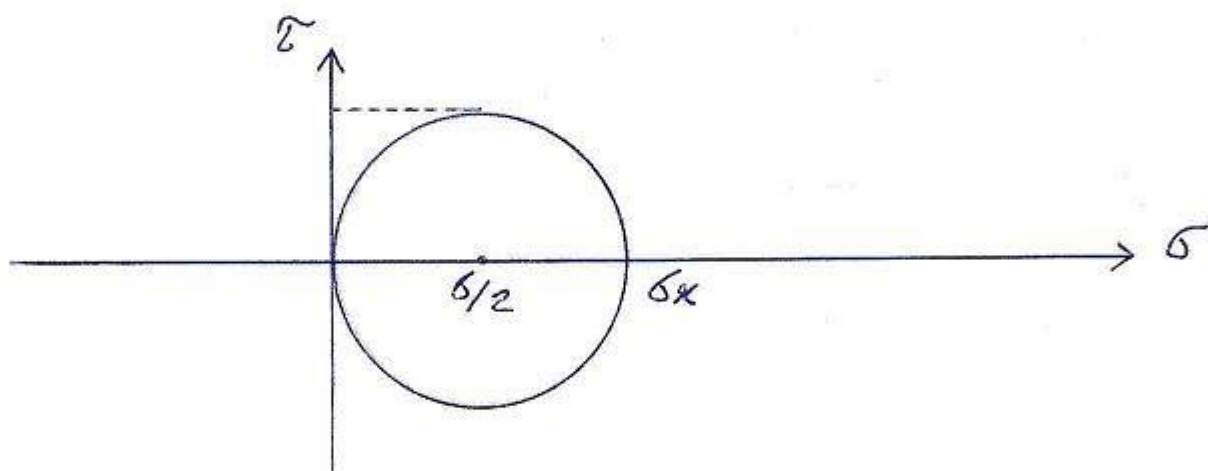
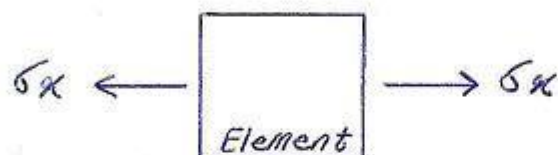
درسه بعدی :

$$\begin{vmatrix} \sigma_{xx} - \lambda & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} - \lambda & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} - \lambda \end{vmatrix} \longrightarrow$$

* (λ_1 و λ_2 و λ_3 مقادیر ویژه)



$$\begin{cases} A = \pi R^2 = 1.963 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \sigma = \frac{P}{A} = \frac{3000}{1.963 \times 10^{-3}} = 1.52 \text{ MPa} \end{cases}$$



$$* \begin{cases} \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{\sigma_x}{2} \\ 0 \end{cases} \quad \text{مرکز}$$

$$* R = \frac{\sigma_x}{2} \quad \text{نصف}$$

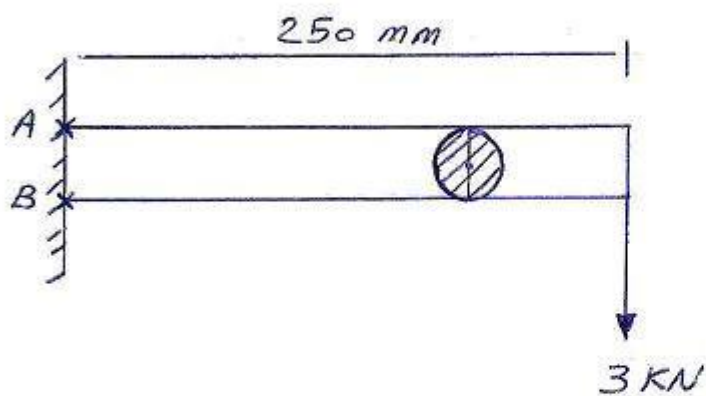
$$\sigma_{\max} = \sigma$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_x}{2}$$

* دایره موریه گیرنده هیچ تنش فشاری بر سیستم وارد نمی شود لذا بجای - میله می توان طناب قرار داد .

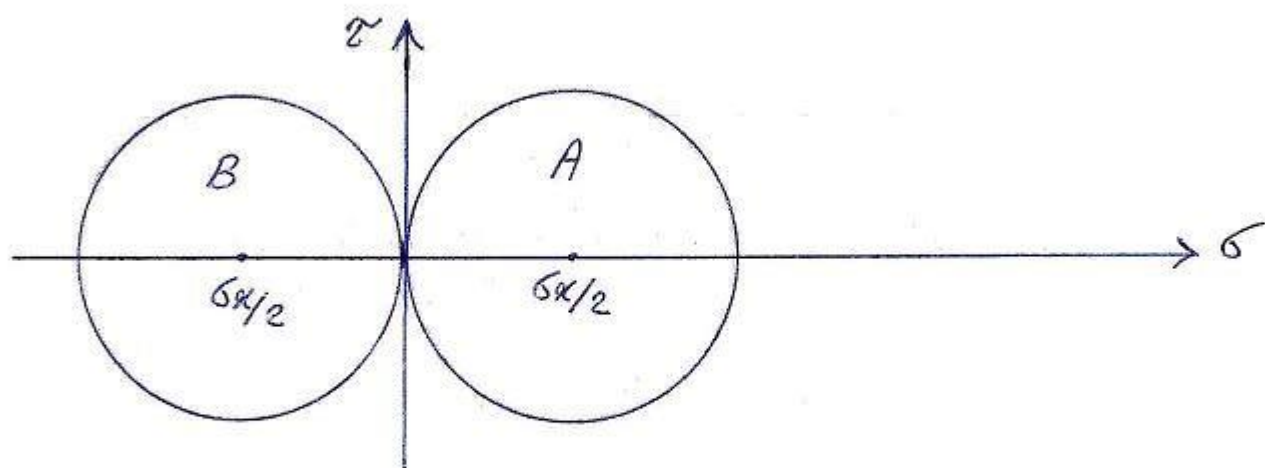
مثال -



$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma = \frac{mc}{I} \\ \tau = \frac{V\theta}{I\theta} = \frac{4}{3} \frac{V}{A} \\ \tau = \frac{V\theta}{I\theta} = 2 \frac{V}{A} \end{array} \right.$$

برای دایره
برای دایره توپر
برای دایره توخالی

به فرضی : $\sigma = \frac{mc}{I} = \pm \sigma$



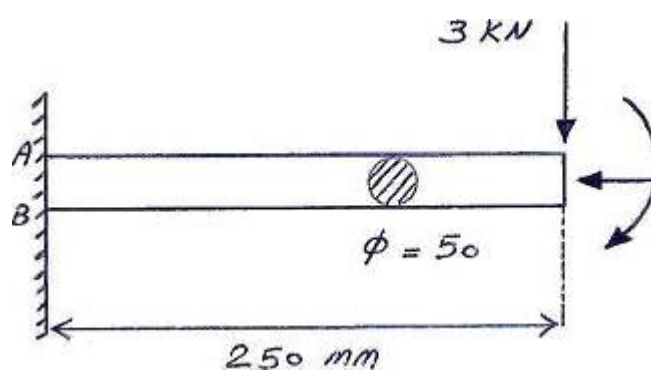
$$\sigma \leftarrow \boxed{A} \rightarrow \sigma$$

$$\rightarrow \boxed{B} \leftarrow$$

هرگز کششی

* نقطه A هرگز فشاری نمی شود

مثال -



* بدترین نقاط برشی A و B

* برای نیروی نرمال نمی کند

* برای گشتاور پیچشی بدترین در سطح خارجی (A و B)

$$I_x = 3.06 \times 10^{-7}$$

$$A = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A) \quad \sigma_c = \frac{F}{A} = \frac{5.09 \times 10^5 \text{ Pa}}{\frac{3 \times 10^{-3} \times 1000}{1.96 \times 50 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-3}}} = \frac{5.09 \times 10^5 \text{ Pa}}{3.06 \times 10^{-7}}$$

$$6.11 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$J = \frac{1 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-3}}{2(3.06 \times 10^{-7})} = 407 \times 10^6 \text{ Pa}$$

* نکته - نیروی 3 KN در A تنش برشی ایجاد نمی کند :

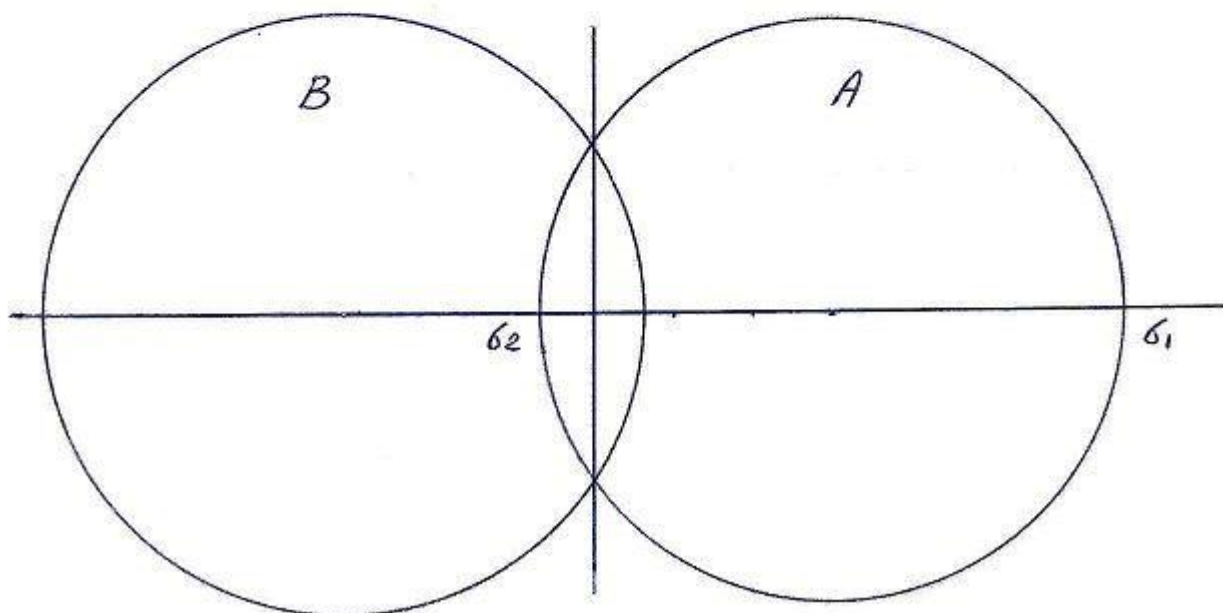
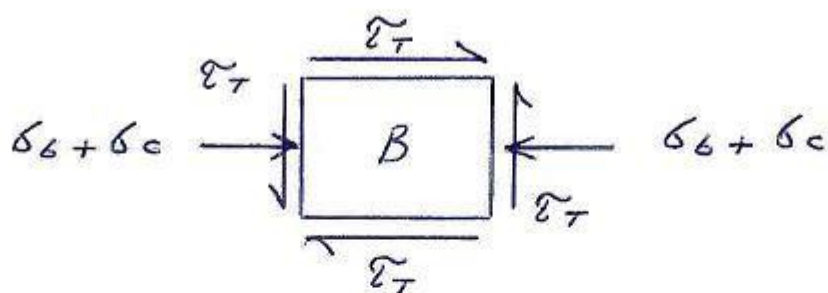
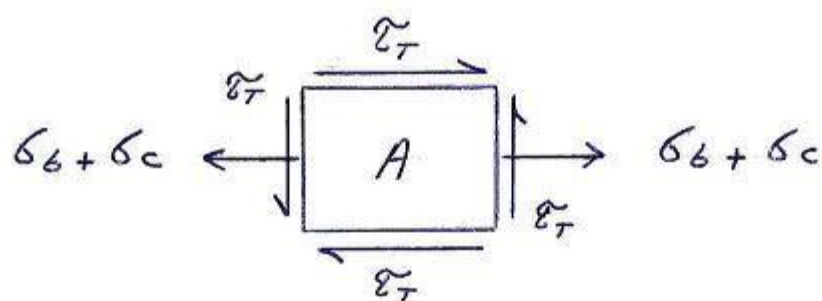
$$\tilde{\tau}_V = \frac{V \theta_A}{I t} \quad \xrightarrow{\theta_A = 0} \quad \tilde{\tau}_V = 0$$

B)

$$\sigma_c = -0.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = -61.1 \text{ MPa}$$

$$\tilde{\tau}_T = 40.7 \text{ MPa}$$



$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{60.6 - 0}{2}\right)^2 + (40.7)^2}$$

$$R_A = 50.7 \text{ m}$$

$$\sigma_A \mid \frac{-\sigma_x + \sigma_y}{2} = 30.3$$

$$R_B = \sqrt{\left(\frac{61.6 - 0}{2}\right)^2 + (40.7)^2} = 51 \text{ m}$$

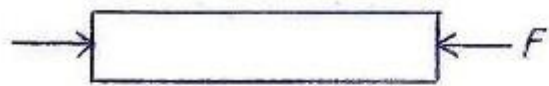
$$\frac{-1.1}{2} = -30.3$$

$$\sigma_{2B} = 81.8 \text{ MPa}$$

سنة

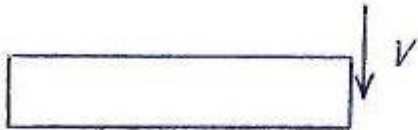
و

نکته



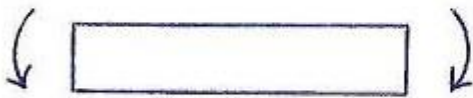
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

فرمولها :

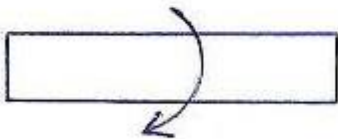


$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{دایره توپر} & \tau_{max} = \frac{4}{3} \frac{V}{A} \\ \text{دایره توخالی} & \tau_{max} = 2 \frac{V}{A} \\ \text{مربع و مستطیل} & \tau_{max} = \frac{3}{2} \frac{V}{A} \end{array} \right.$$



$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$



$$\tau = \frac{Tc}{J}$$



فشاری - $\Delta = \frac{PL}{AE}$

پیچشی - $\phi = \frac{TL}{GJ}$

خمش - $\frac{d^2 w}{dx^2} = \frac{M}{EI}$

w - خم

۱۷ از کتابهای دستی بدست می آید و یا از روشهای مقاومت مصالح -
محاسبه می شود.



$$K_{ef} = \frac{F}{\Delta}$$

K (ضریب فنریته) :

$$K_{ef} = \frac{L}{D}$$

L - Load

D - displacement



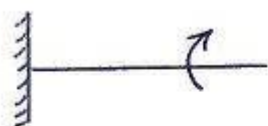
$$\left| \begin{array}{l} \Delta = \frac{PL}{AE} \\ K = \frac{AE}{L} \end{array} \right.$$



$$\left| \begin{array}{l} y = \frac{PL^3}{3EI} \\ K = \frac{3EI}{L^3} \end{array} \right.$$



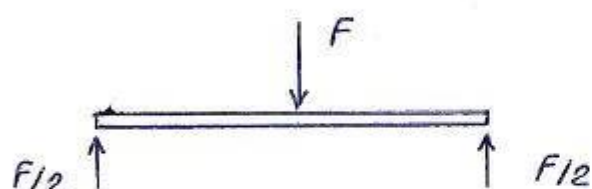
$$\left| \begin{array}{l} y = \frac{PL^3}{48EI} \\ K = \frac{48EI}{L^3} \end{array} \right.$$



$$\varphi = \frac{TL}{GJ}$$

$$K_T = \frac{GJ}{L}$$

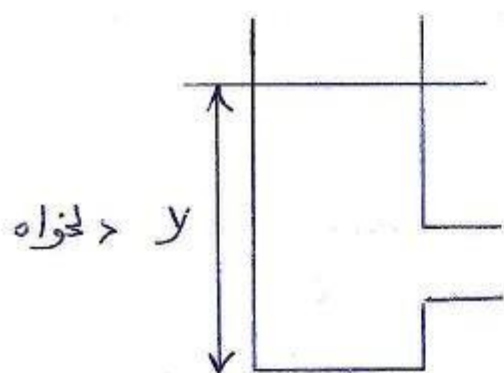
مثال -



$$\theta = \frac{F}{2} \langle x-0 \rangle^{-1} - F \langle x-\frac{l}{2} \rangle^{-1} + \frac{F}{2} \langle x-l \rangle^{-1}$$

$$\int \theta(x) dx = V = \frac{F}{2} \langle x-0 \rangle^0 - F \langle x-\frac{l}{2} \rangle^0 + \frac{F}{2} \langle x-l \rangle^0 + A_1$$

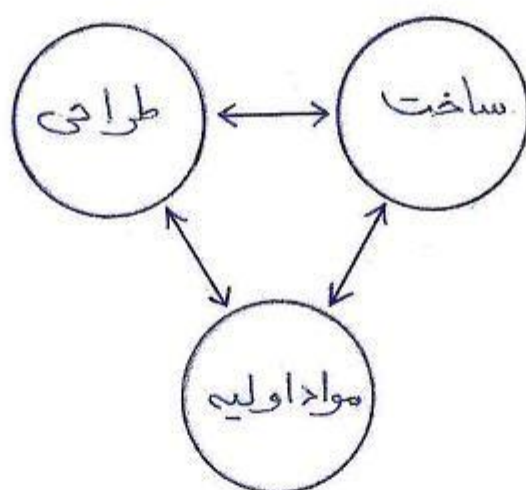
$$\int V dx = M = \frac{F}{2} x - F \langle x-\frac{l}{2} \rangle^1 + \frac{F}{2} \langle x-l \rangle^1 + A_1 x + A_2$$



پروژه - می خواهیم ارتفاع
مایع را در هر لا
> لغواه در مخزن
ثابت نگه داریم.

مواد مهندسی Engineering Materials

* در امور مهندسی (۳) پارامتر دارای اهمیت است :



موارد حائز اهمیت در گزینش مواد مهندسی

- 1- در دسترس بودن و ارزان بودن .
- 2- استحکام و صلابت . استحکام برای تحمل بار لازم است و صلبیت برای این که تغییر شکل در محدوده قابل قبولی باشد . در مواردی که با مواد چندگانه کار می کنیم صلابت از استحکام مهم تر است .
- 3- خستگی

- 4 - اصطلاحات
- 5 - خواص مغناطیسی و الکتریکی و حرارتی
- 6 - وزن و حجم
- 7 - قابلیت ریخته‌گری و آهنگری
- 8 - قابلیت ماشینکاری

اصطلاح های معمول

- | | |
|---|-------------------|
| تن وزنی معادل 1000 kg . | 1- tone = |
| تن حجمی معادل حجم یک تن آب . | 2- tune = |
| ماده‌ای که در کلیه جهات خواص یکسان ندارد (نه در نقاط) . | 3- هورن = |
| ماده‌ای که در کلیه جهات خواص یکسان دارد . | 4- ایزوتروپ = |
| جسم پس از برداشتن بار به حالت اولیه برنگردد . | 5- الاستیسیته = |
| جسم پس از برداشتن بار به حالت اولیه برنگردد . | 6- پلاستیسیته = |
| جسم تحت کشش تغییر فرم قابل توجهی دهد . | 7- نرمی = |
| جسم تحت فشار تغییر فرم قابل توجهی دهد . | 8- چکش‌خواری = |
| انرژی جذب شده است تا نقطه شکست . | 9- چقرمگی = |
| جسم تحت بار تغییر حجم می‌دهد . | 10- تراکم پذیری = |

فرم‌های استاندارد مواد اولیه

- 1- شمش (مواد اولیه کارهای ریخته گری)
 - 2- ورق (Sheet) در استاندارد آلمان با (St) نشان می دهند و عدد پس از آن تنش مجاز کششی را نشان می دهد.
 - * St2 یعنی ورق نرم شده
 - * St3 یعنی ورق بیات و خشک (برای برشکاری)
 - * تبدیل - تعداد ورقهائی که چهار گوش بریده و روی هم قرار می دهند.
 - * کویل - ورق را پس از خط تولید روی قرقره می بندند.
 - 3- پروفیل ساختمانی : با نورد گرم تهیه می شوند
 - 4- پروفیل دروپانجه سازی : توسط سیستمهای غلطک کاری و خم کاری از ورق تهیه می شوند.
 - 5- میلگردها و شش پرها : با اکستروژن تولید می شوند.
 - 6- فرمهای استاندارد خم دهی (بیلِت ، Bar ، قرص و)
-

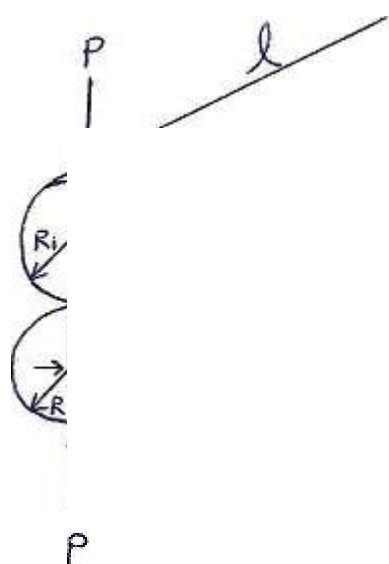
تمرکز تنش

علت

1- در خواص از ای به نقطه دیگر نیرو

تغییرات

* در مورد عیب اول (معمولاً از روشهای ریخته گری حاصل می شود) از سیستم آماري استفاده می شود و امروزه اغلب از تکنیکهای فتوالاستیسیته و آلترا سونیک و ... ا



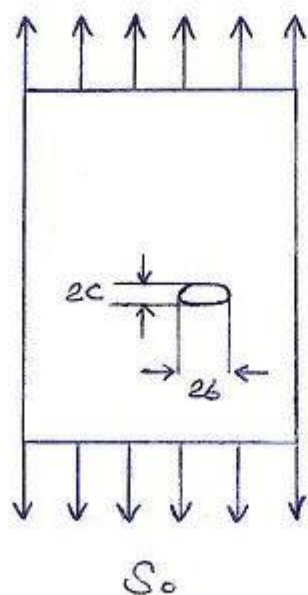
$$\left\{ \begin{array}{l} b = 2 \sqrt{\frac{1-\mu^2}{R} \frac{P(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2})}{L(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})}} \\ P_{max} = \frac{2P}{R b L} \end{array} \right.$$

فرضیات هرتز

- 1- از حد تناسب خارج نشویم . در حد الاستیک خطی که قوانین - هوک حاکم است ناحیه را حد تناسب گویند (۲ لومینوم حد تناسب خطی ندارد) .
- 2- تغییر مکانها به نسبت ابعاد قطعه ناچیز باشد .
- 3- طول l نسبت به شعاعها کوچک باشد .
- 4- شعاعها نسبت به ابعاد قطعه بزرگ باشند .



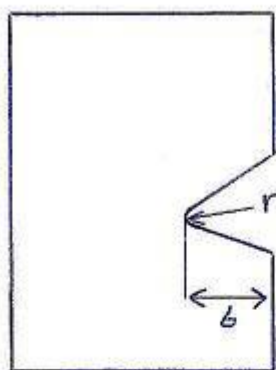
* امروزه در مهندسی مکانیک معمولاً *Stress Concentration* را با *(Fluid Flow)* شبیه سازی می کنند چون دانشمندان معتقدند شار تغییرات تنش مشابه جریان سیالات است .



$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{max} = S_0 \left(1 + 2 \frac{b}{c} \right) \\ \text{دایره : } \sigma_{max} = 3 S_0 \end{array} \right.$$

$$\sigma_{max} = K_t \cdot S_{av}$$

K_t - ضریب تمرکز تنش



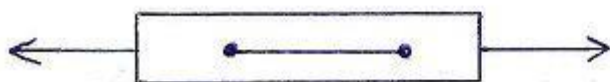
$$\begin{cases} \sigma_{max} = \sigma_0 \left(1 + \frac{2b}{r}\right) \\ r = 0 \rightarrow \sigma_{max} \rightarrow \infty \end{cases}$$

*** لذا از گوشه‌های تیز پرهیز می‌کنیم.

روشهای تجربی بررسی تنش و تمرکز تنش

{	Strain gauge	→	۱- کرنش سنج
	photo Elasticity	→	۲- فتوالاستیسیته
	Brittle Coating	→	۳- پوشش ترد

* کرنش سنجهای سیمی :

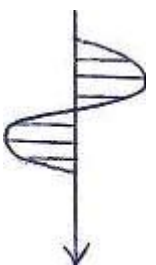
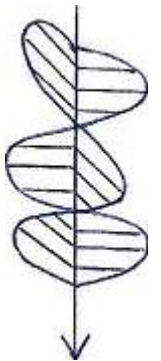


$$\uparrow R = \rho \frac{L}{S} \uparrow$$

هنوز هم در سرها بیت هزار
 مدفوعات می کنند تا در طول عمر سر
 مختلف سر کنترل کنند .

موزه سیستمهای قیق

نور برای	یعنی	سیستمی
	خواص	



Scope

F



ست

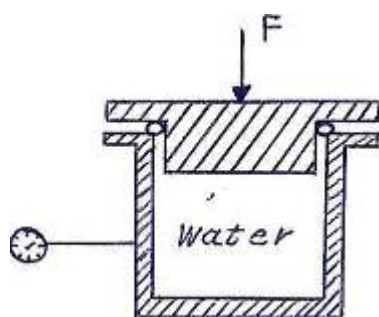
قطعه آسیب

این روش توان قطعه

Ho, Work)

* ابعاد مخزن :

فشار Max ϕ 100 x 12/10 mm

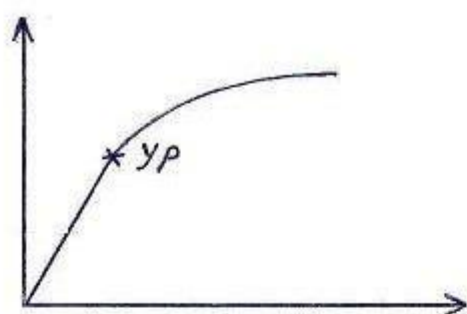


* دستگاهی است برای
فشاردن هیدرواستاتیکی
نرالاتین در ساخت -
قالبهای دندانپزشکی.

معیارهای تسلیم

تسلیم در ماده و قی
یکی از تنشها تنش تسلیم بیشتر

تنش ماکزیم



عامل شکست را تنش برشی می گیریم که هر جا از تنش برشی $\max$ زیادتر شود - شکست حاصل می شود.

2- تنش برشی ماکزیم :

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

در سه بعد



عامل تسلیم را انرژی - می دانند.

3- نظریه انرژی وایپیچی :

$$U_{3D} = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right]$$

$$U_{2D} = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2)^2 + (\sigma_1)^2 \right]$$

$$2\sigma_{yp}^2 = 2\sigma_1^2 + 2\sigma_2^2 - 2\sigma_1\sigma_2$$

$$\sigma_{yp}^2 = \sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2$$

* در صنعت عقیده بر این است که مواد *Brittle* مثل چدن در اثر تنش فرمال *Max* می شکنند و مواد *Ductile* مثل آلومینیوم در اثر تنش برشی *Max* می شکنند.

محورها shafts

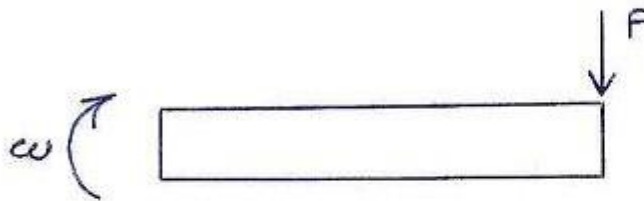
* شفت ها
 دوار shafts
 غیر دوار برای تحمل بار Axle



* محور : قطعه ای مکانیکی است که دور و گشتاور را تغییر نمی دهد.

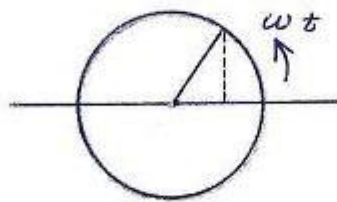
شرایط طراحی

- 1- استحکام *Strength*
- 2- صلبیت *Rigidity*
- 3- نیروهای ارتعاشی و دینامیکی (سرعت بحرانی)
- 4- خستگی *Fatigue*



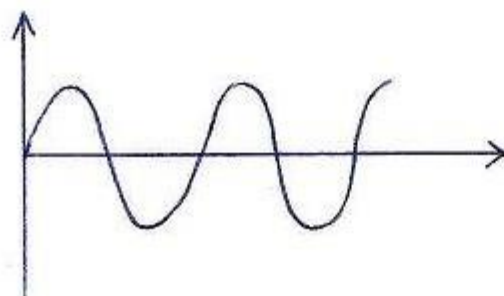
$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{\frac{FL}{I}c}{A}$$

c - فاصله تا تار خنثی



$$c = r \sin \omega t$$

$$\sigma = Ar \sin \omega t = \sigma_0 \sin \omega t$$



پس بعلا با سیکلیک
خستگی ظاهر می شود.

گشتاور پیچشی M_t

$$\tau_{xy} = \frac{M_t r}{J} = \frac{16 M_t}{\pi d^3}$$

توپر

$$\tau_{xy} = 16 M_t d_o / \pi (d_o^4 - d_i^4)$$

تو خالی

ممان خمشی M_b

$$\sigma_b = \frac{M_b r}{I} = \frac{32 M_b}{\pi d^3}$$

توپر

$$\sigma_b = \frac{32 M_b d_o}{\pi (d_o^4 - d_i^4)}$$

تو خالی

بار محوری F_a

$$\sigma_a = \frac{4 F_a}{\pi d^2}$$

توپر

$$\sigma_a = \frac{4 F_a}{\pi (d_o^2 - d_i^2)}$$

تو خالی

* طبق استاندارد (ASME) طبق معیار تنش برشی σ_{ax} :

$$d_o^3 = \frac{16}{\pi S_s (1-K^4)} \sqrt{\left[K_b M_b + \frac{\alpha F_a d_o (1+K^2)}{8} \right]^2 + (K_t M_t)^2}$$

d_o - قطر خارجی

$$K = \frac{d_i}{d_o}$$

K_b و K_t - ضرایب شوک و خستگی برای محورها

K_b	K_t		
1.0	1.0	بار تدریجی	برای محور ساکن
1.5 - 2	1.5 - 2	بار ناگهانی	
1.5	1	تدریجی	برای محور دوار
1.5 - 2	1 - 1.5	شوک ملایم	
2 - 3	1.5 - 3	شوک ناگهانی	

$$S_s \text{ (تفش مجاز)} = 0 \text{ psi} \quad 55 \text{ MN/m}^2$$

تفش

$$S_s \text{ Min} \quad \begin{matrix} 0.18 & UTS \\ 0.3 & y.P \end{matrix}$$

اگر خواستیم خودمان
از داده ها بدست بیاوریم -
محور



ستون

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \alpha \\ L \\ n \\ S_y \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{---} \\ \frac{0.0440}{R^2 n E} \left(\frac{L}{R} \right)^2 \\ \sqrt{\frac{I}{A}} \end{array} \quad \begin{array}{l} \\ L/R > 115 \\ \text{تیر سیون} \end{array}$$

ضریب
تفش تسلیم

$$\left\{ \begin{array}{l} n = 1 \text{ مفصلی} \\ n = 2.25 \text{ گیردار} \\ n (\text{Ball Bearing}) = 1.6 \\ n (\text{Roller Bearing}) = 2 \end{array} \right.$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi S S} \sqrt{\left(K_b M_b + \frac{\alpha F a d}{8} \right)^2 + (K_t M_t)^2}$$

$$(F a \approx 0) \rightarrow$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi S S} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \frac{M_t L}{G J} \\ \theta = 584 M_t L / G (d_o^4 - d_i^4) \\ \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_b}{E I} \end{array} \right.$$

$$1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{s}$$

قطر استاندارد محورهاى بازار

0 تا	25 mm	→	0.5 mm
25 تا	50 mm	→	1 mm
50 تا	100 mm	→	2 mm
100 تا	200 mm	→	5 mm

$$M_t = \frac{KW \times 1000 \times 60}{2\pi \text{ RPM}} = \frac{9550 \text{ KW}}{\text{RPM}} \quad N.m$$



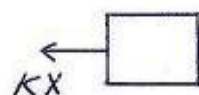
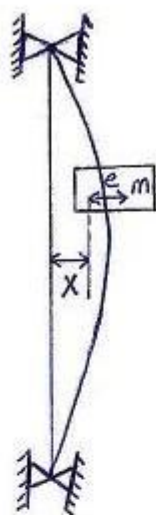
$$M_t = r(F_1 - F_2)$$



$$M_t = F \times r_p \quad \text{شعاع گام}$$

دوره کارنى

اگر فرکانس طبيعى محور و دور آن يکى شود پدیده رزونانس پديد مى آيد و محور خرد مى شود.



محور بیوزن

$$Kx = m(x + e)\omega^2$$

$$x = \frac{me\omega^2}{K - m\omega^2}$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$m = \frac{W}{g}$$

$$K = \frac{W}{\delta}$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g}{\delta}}$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{5}{4} \frac{g}{\delta_{max}}}$$

محور با وزن

$$(ریلی) \quad \omega_c = \sqrt{\frac{g \sum_{n=1}^{\infty} \frac{W_n \delta_n}{n^4}}{\sum_{n=1}^{\infty} W_n \delta_n^2}}$$

W_n - وزن جمع n ام

δ_n - خیز استاتیکی

جمع n ام

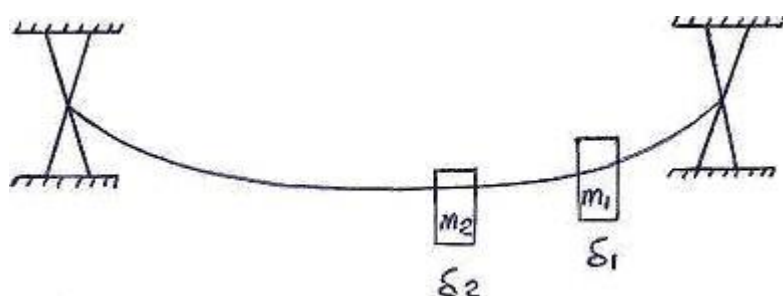
$$* \text{ روش دانگرلی : } \frac{1}{\omega_c^2} = \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} + \frac{1}{\omega_3^2} + \dots$$

محور جهت نگهداری

$$\sqrt{\frac{g \sum W \delta}{\sum W \delta^2}}$$

$$= \text{X to } \omega_c \text{ Nm}$$

$$\omega_c = 662.5 \text{ Rad/s} = 6327 \text{ RPM}$$



مسأله 1 - یک محور کشتی به قطر 100 mm ، سنگین است و می‌خواهیم وزنش را 70% کم کنیم . محوری تو خالی با همین استحکام طراحی کنید .

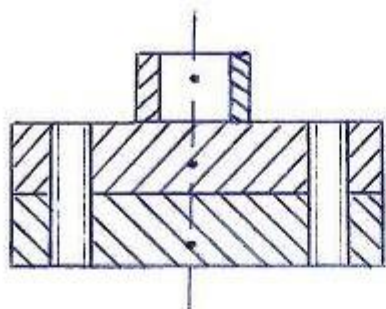
مسأله 2 - یک کشتی بخار با موتور 100 kW داریم . می‌خواهیم قدرت را به یک محور 12 متری منتقل کنیم . جنس محور را فولاد محور فرض کرده و آن را طراحی کنید .

کوپلینگها Coupling

* معمولاً مسائل پس از تولید و تعمیر و ... محورهای راننده و رانده شده از هم جدا هستند و با کوپلینگها به هم متصل می‌شوند . همچنین بسیاری از نا هنجاریها را با کوپلینگ حذف می‌کنیم .

1 - کوپلینگ صلب (*Rigid*) برای مواردی است که نا هنجاری بین دو سیستم نداشته باشیم .

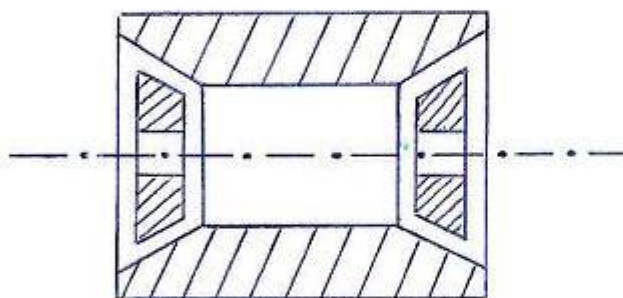
* بهترین کوپلینگ صلب نوع (فلنجی) است .



« فلنج »

* > وِمین کویلینگ صلب بوشی است .

* نوع سَوَم کویلینگ فشاری است .

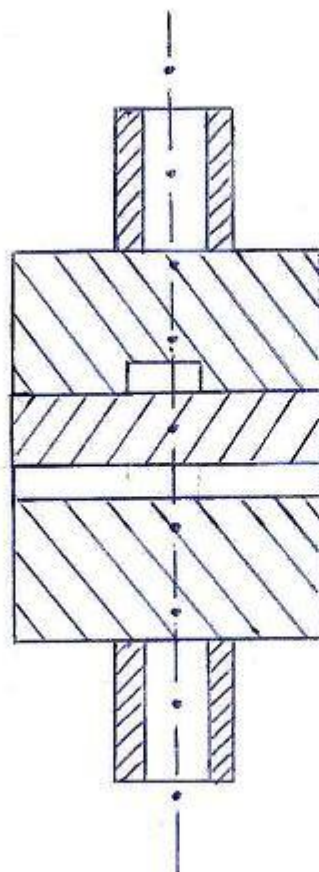


« فشاری »

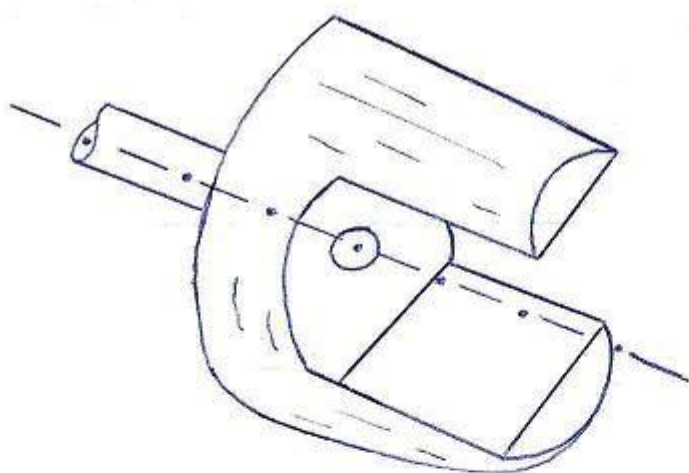
2- کویلینگ انعطاف پذیر (Flexible)

* به سه علت از ۳ تا استفاده می شود :

- | | |
|---|---|
| I - عدم راستائی ناچیز
II - حرکت های انتهائی محورها
III - جذب شوک و ارتعاشها | } |
|---|---|



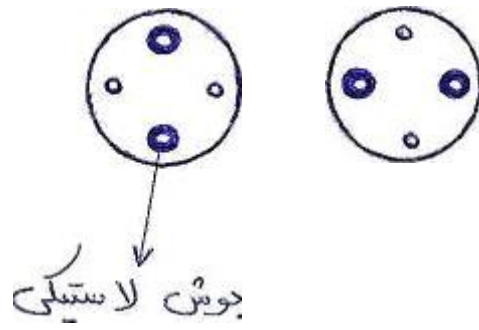
کوپلنگ الہام معمولی



کوپلنگ الہام آمریکائی

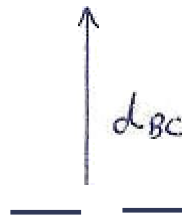
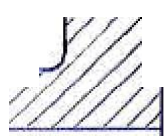


کوپلنگ پنجہ ای



کوپلینگ

طراحی کوپلینگ

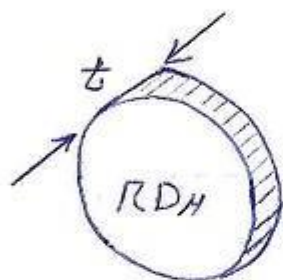


قطر شفت

; - / - - D

$$\tau = \frac{\tau_c}{J} = \frac{M_t \frac{D_H}{2}}{\frac{(D_H^4 - D_S^4)}{32}} = \frac{16 M_t D_H}{D_H^4 - D_S^4}$$

$$1 \frac{3}{4} D_S < D_H < 2 D_S$$



$$A = \pi D_H t$$

$$t = \frac{2 M_t}{\pi S_s D_H^2}$$

t - تابع محدودیت ساخت است.

مثال - یک کوپلینگ صلب فلزی دارای قطری سوراخ محور 50 mm می باشد. چهار پیچ روی دایره ای به قطری 125 mm نصب شده اند. اگر پیچها هم جنس محور باشند با تنش UTS 550 MPa و تنش تسلیم 345 MPa اندازه پیچها را با در نظر گرفتن ظرفیت محور تعیین کنید.

$$D_S = 50 \text{ mm}$$

$$UTS = 550 \text{ MPa}$$

$$Y_P = 345 \text{ MPa}$$

$$M_t = ?$$

$$D_{shaft}^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_t M_t)^2 + (K_b M_b)^2}$$

* M_b صفر است چون می خواهیم Max گشتاور را بیابیم و در ضمن در کوپلینگ فلنچ طبق تعریف در انتها نباید خیز داشته باشیم لذا گشتاور خمشی باید صفر باشد. K_t هم 1 می گیریم تا Max M_t کند.

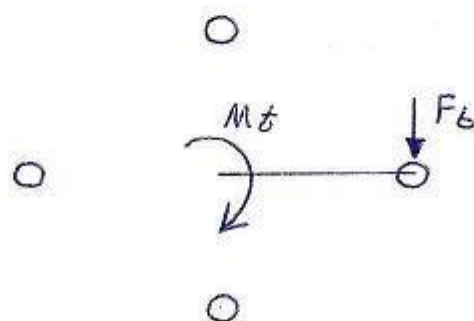
$$M_t = \frac{D_s^3 \pi S_s}{16} = \frac{(50 \times 10^{-3}) \times 3.14 \times (0.75 \times 99)}{16}$$

جای خاز

$$(کوچکتر است) \quad 99 \text{ MPa} = 0.18 \text{ UTS}$$

$$103.5 \text{ MPa} = 0.3 \text{ YP}$$

$$M_t = 1823 \text{ N-m}$$



سه روش برای طراحی Coupling

- 1- کلیه گشتاور توسط تنش برشی میا نگین منتقل می گردد.
- 2- تنش برشی $\max$ در پیچها $\frac{4}{3}$ تنش میا نگین برشی است.
- 3- پیچها به اندازه کافی محکم بوده ، مقداری از گشتاور توسط اصطکاک و مقداری توسط تنش برشی پیچها منتقل می گردد.

عموماً از میزان گشتاور منتقله توسط اصطکاک صرف نظر می شود و فرض بر آن است که کلیه گشتاور توسط تنش برشی پیچها منتقل می گردد. (چون ممکن است پیچها شل و اصطکاک صفر شود).

بقیه حل مسأله -

70 DBc

————— →

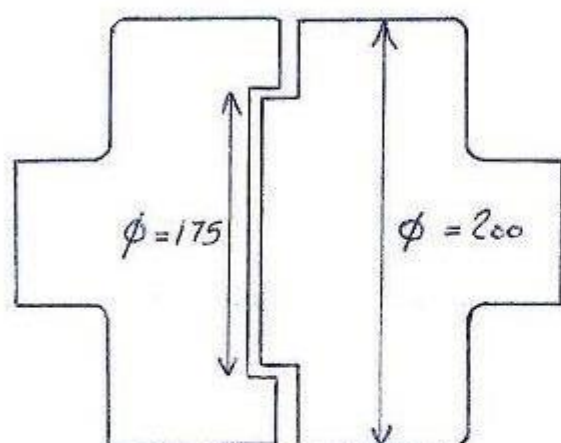
$$d \approx 0.0968 \approx 10 \text{ mm}$$

→

$$d = 0.0112 \text{ mm}$$

SS a/e را برای پیچ هم و قرار دادیم چون پیچ با محور هم جنس است.

مثال - فرض کنید کوپلینگ ذیل موجود است :



تعداد پیچها :	6 عدد
اندازه " :	$d_b = 12 \text{ mm}$
پیش فشردگی پیچها :	$F_a = 22 \text{ kN}$
قطر داخلی اتصال :	$d_i = 175 \text{ mm}$
" خارجی " :	$d_o = 200 \text{ mm}$
$N = 300 \text{ rpm}$	$d_s = 50 \text{ mm}$
$\mu = 0.15$	$(UTS = 586 \text{ و } YP = 310) \text{ MPa}$

(I) M_{ax} قدرتی که توسط اصطکاک منتقل می شود بیا بید.

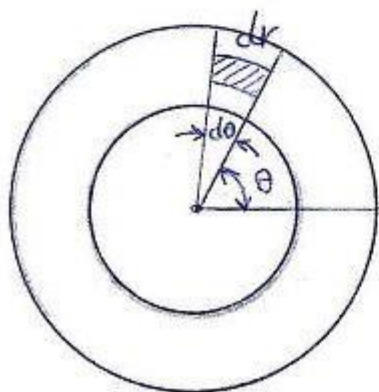
(II) M_{ax} ظرفیت قدرتی محور چقدر است ؟

$$\left\{ \begin{array}{l} M_t = F \mu R_f = 132 \times 10^3 \times 0.15 \times 0.0939 = 1859 \text{ N-m} \\ P_f = T \omega = 1859 \times 300 \times \frac{2\pi}{60} \\ P_f = 58.4 \text{ KW} \end{array} \right.$$

$R_f = \frac{2}{3} \left(\frac{R_o^3 - R_i^3}{R_o^2 - R_i^2} \right) = 0.0939 \text{ m}$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_t = \frac{S_s R D^3}{16} = \frac{93 \times 10^6 \times 0.75 \pi (50 \times 10^{-3})^3}{16} \\ M_t = 1712 \text{ N-m} \\ P_s = 1712 \times 300 \times \frac{2\pi}{60} = 53.7 \text{ KW} \end{array} \right.$$

* یعنی هیچ نیروئی بر پیچها وارد نمی شود ، پس گشتا و رفتقه
توسط اصطکاک هم ناچیز نیست ، ایضا صرف نظر می شود .



$$dF = \rho \mu dA$$

$$dF = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \mu r dr d\theta$$

$$dT_f = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \mu r^2 dr d\theta$$

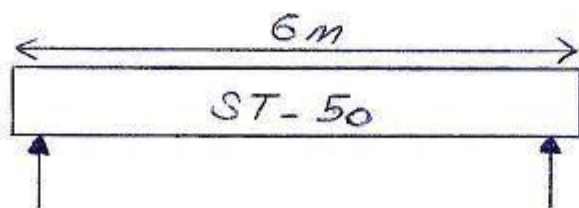
$$M_t = F\mu \frac{1}{R(r_o^2 - r_i^2)} \int_{r_i}^{r_o} \int_0^{2R} r^2 dr d\theta \rightarrow$$

$$R_f = \frac{2}{3} \left(\frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2} \right)$$

ST - 37

$$\left\{ \begin{array}{l} UTS = 3700 \text{ Kg/cm}^2 \\ y.p = 2000 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_{all} = 1200 - 1600 \text{ Kg/cm}^2 \\ \tau_{all} \approx 800 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

مسئله -



* محور کستی روی دو یا تا فان قرار دارد به قسمی که می توان از بار محوری صرف نظر کرد. می خواهیم $P = 40 \text{ kW}$ را در دور تقریباً $n = 300 \text{ rpm}$ انتقال دهیم.

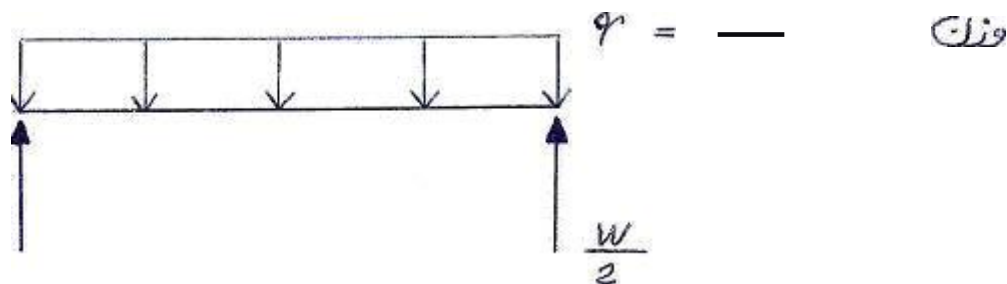
$$\sigma^3_{RSS} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{(K_t M_t)^2 + (K_b M_b)^2}$$

$$UTS = 0005 \text{ Kg/cm}^2 = 5000 \times 10^5 \text{ Pa} = 500 \text{ MPa}$$

• STU

* نیاز به جای خازنداریم چون روی تکیه گاه قرار دارد.

خشی



$$W = \text{حجم} \times \rho = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)(L)(78500 \text{ N/m}^3) \rightarrow$$

$$M_b = \frac{WL}{8} = \frac{78500 \times \pi d^2 \times 36}{32}$$

* اول فرض می کنیم $M_b = 0$:

$$d^3 = 5.6 \times 10^{-8} \times 1910 \rightarrow$$

$$d = 47 \text{ mm}$$

* حال d را مقدار داده M_b را می یابیم و دوباره در فرمول (d^3) قرار می دهیم :

$$M_b = 612.86$$

$$d^3 = 5.6 \times 10^{-8} \sqrt{(1910)^2 + (1.5 \times 612.86)^2}$$

$$d = 49 \text{ mm}$$

* پس در عمل $(d = 50 \text{ mm})$ را در نظر می گیریم.

مثال - قطر محور یک موتور (4 kW - 1500 rpm) چقدر است . جنس ST-50 است .

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_t M_t)^2 + (K_b M_b)^2}$$

$$S_s = 90 \text{ MPa} \times (0.75)$$

$$K_t = 1.5$$

* برای موتورهای الکتریکی 1.5 مناسب است (شاید 2 هم بگیرند)

$$\begin{cases} M_t = \frac{k^{\text{قدرت}}}{\omega} = \frac{4 \times 10^3 \times 60}{1500 \times 2\pi} = 25.47 \text{ N.m} \\ K_b = 1.5 \end{cases}$$

* یک راه این است که M_t را ضرب در (1.2 - 1.4) کرده . و آن را (ضریب تصحیح M_b) گویند . نگاه می توان $M_b = 0$ را در نظر گرفت .

$$\begin{cases} M_t = 25.47 \times 1.2 = 30.56 \text{ N.m} \rightarrow \\ M_b = 0 \end{cases}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi 67.5 \times 10^6} \sqrt{(1.5 \times 30.36)^2} \rightarrow d = 15 \text{ mm}$$

سرعت
ست.

$$d^3 = \frac{16}{\sqrt{(K_B M_B + \frac{\alpha F_a d}{8})^2 + (K_t M_t)^2}}$$

متصل شفت

لذا بار محوری فشاری خارج.

$$M_t = \frac{h}{\omega} = \frac{3 \times 10^3 \times 60}{\omega} = 35.81 \text{ n.m.}$$



فرض می کنیم $d = 15 \text{ mm}$
 $= 0.015 \text{ m}$



K

V

V

$$\frac{\pi d^4}{64 K d}$$

4

شعاع

→

400

→

=

$$\alpha = 1.12$$

$$F \cdot \alpha \cdot V = \underbrace{\eta \times P}_{\text{توان مفید}} :$$

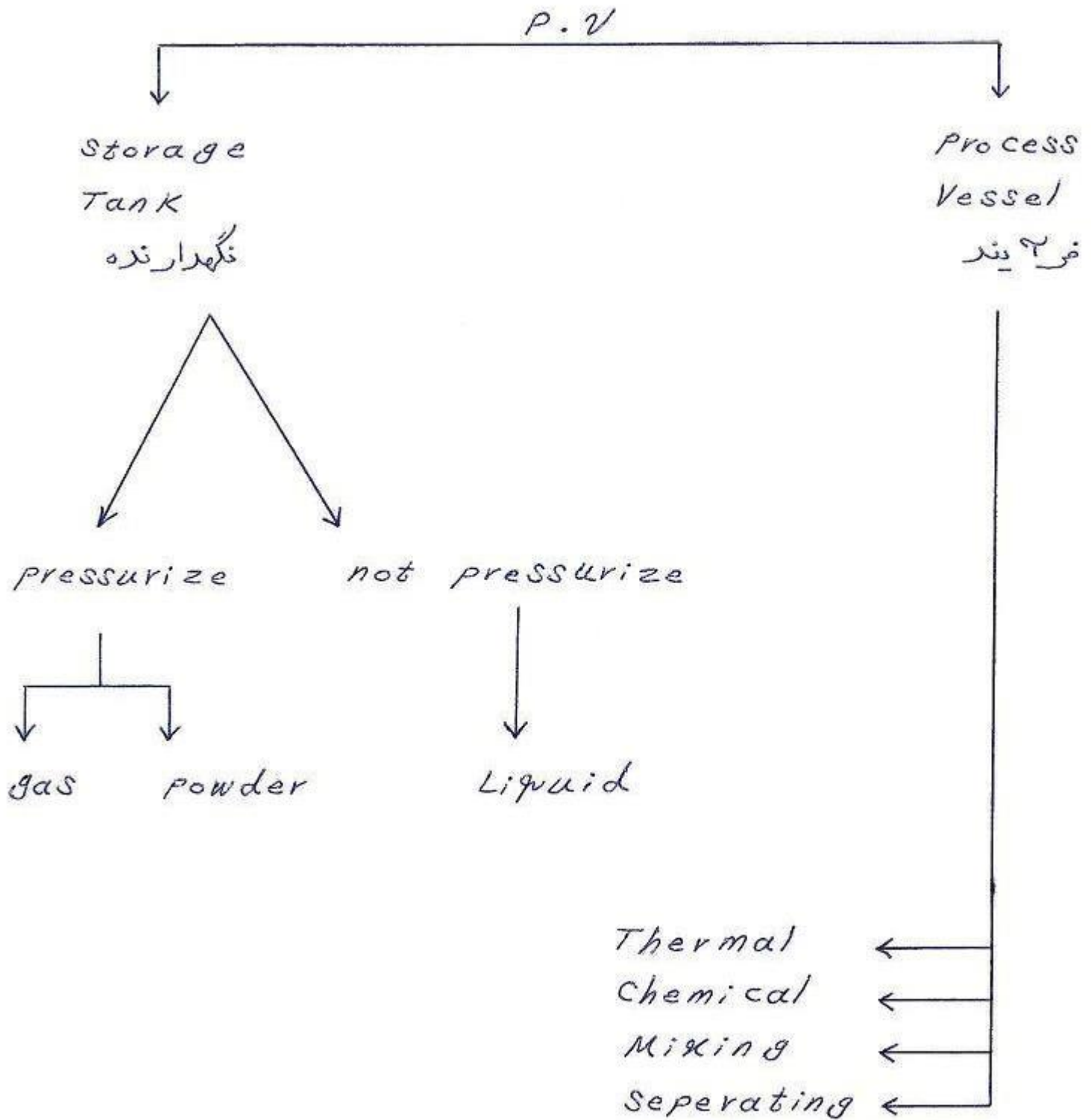
$$\eta \times P = 1.8 \text{ kW}$$

* (انرژی) 60% یا 70%

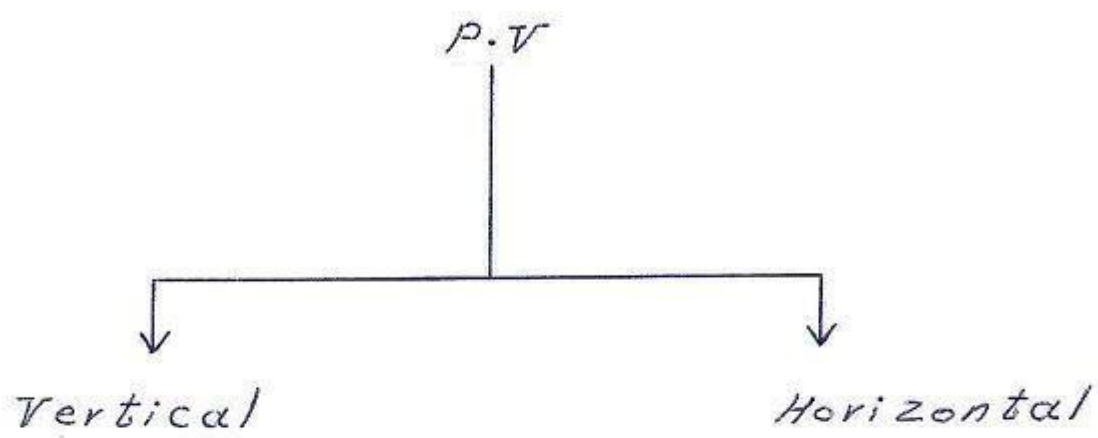
$$1800 = F \alpha \times 15 \rightarrow$$

$$= 120 \text{ N}$$

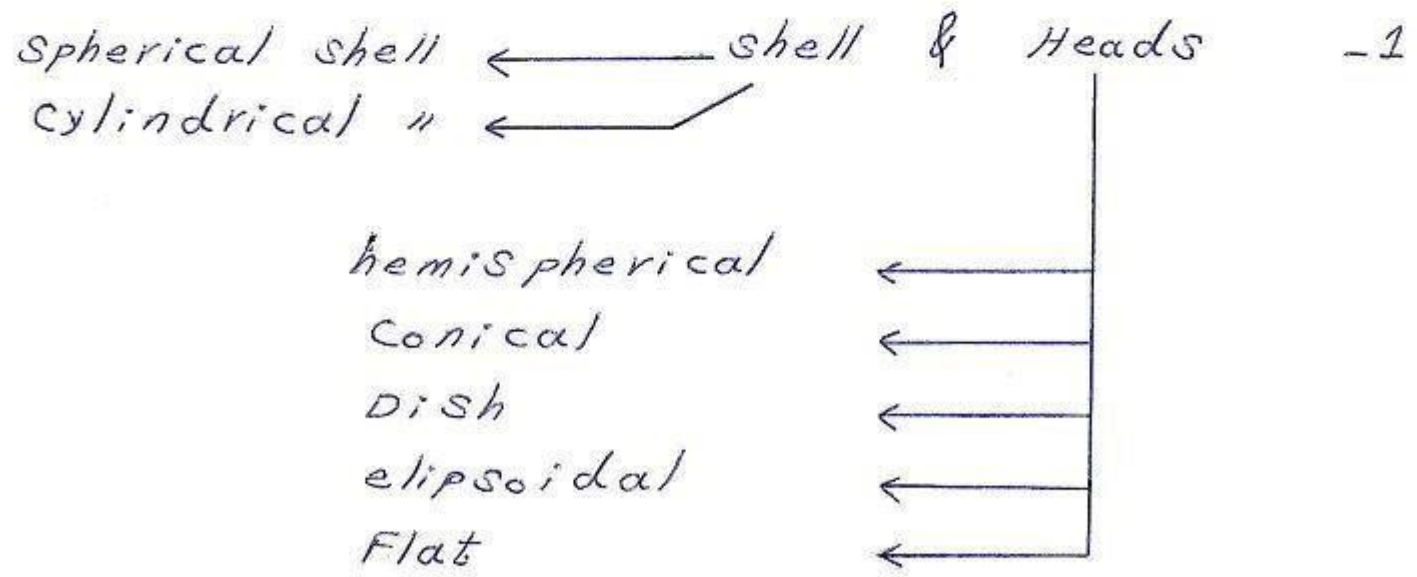
فنازن تحت فشار



دسته بندی دوم براساس استقرار مخازن :



مخازن از (۳) قسمت تشکیل شده اند :



-2 Opening (دریچه ها)

* hand hole

* Down

↓ جریان سیال حتماً

3 attachment (ملحقات)

اسپی (مخازن افقی)
(مخازن)

* Lifting Lug

محاسبات فزین



$$\left\{ \begin{array}{ll} \sigma_{rr} = -P_i & (r = r_{in}) \\ \sigma_{rr} = 0 & (r = r_{out}) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{معمولاً صرف نظر} \\ \text{می شود.} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sigma_{\theta\theta} = \frac{P_i R}{t} & \text{محیطی} \\ \sigma_{zz} = \frac{P_i R}{2t} & \text{طولی} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{« استوانه »} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sigma_{rr} = P_i & (r_{in}) \\ \sigma_{rr} = 0 & (r_{out}) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sigma_{\theta\theta} = \frac{P_i R}{2t} \\ \sigma_{\phi\phi} = \frac{P_i R}{2t} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{« کره »} \end{array}$$

* کر (ASME) برای :

Boiler & pressure vessel
(section (VIII) DIV (I))

$$\text{cyl shell} \left\{ \begin{array}{l} t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \\ \hline \hline \end{array} \right. \quad p = \frac{SE}{R + 0.6t}$$

مخزن

ضخامت

تنش مجاز

E - ضریب یکپارچگی

(Ligament Efficiency)

هر یک از یک دسته آحاد

* انتخاب کنیم. (مثلاً هر یک از SI) ، چون که فرمولهای ASME اغلب بدون بعد هستند.

یکپارچگی

(

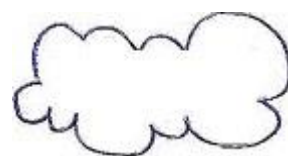
یکپارچگی ساخت

Shell

(Hot

(Cold

o.



عدم

(Full radiographic Test)

1

(Spot Exam (انتخابی)

0.85

(No Test)

0.7

کنیع

حتماً مخازن را

در ASME

سوراخ

عدم

قرار

رعیناً برداشته شده را در همان

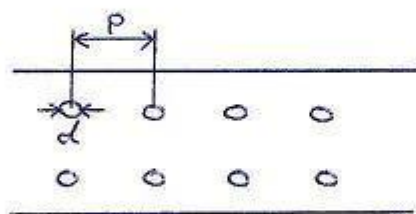
الف - سطوح

می دهیم

ب - اگر سوراخها را داد باشد از ضربه استفاده می شود .

$$E = \frac{P-d}{P}$$

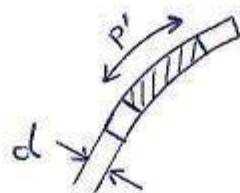
Long Tudeal - I



(P - گام طولی)

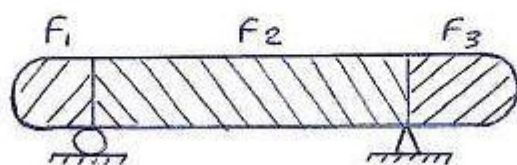
$$E_c = \frac{P'-d}{2P'}$$

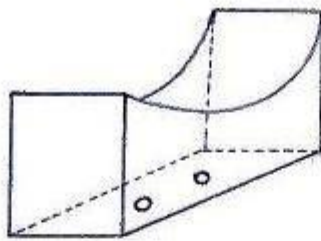
II - محیطی



(P' - گام محیطی)

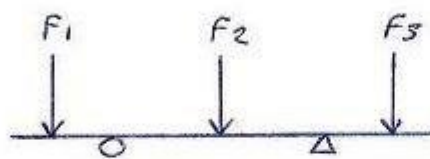
* برای هر پوسته جزا کوچکترین اندمان یکپارچگی (E) را (که از قسمتهای 1 و 2 و 3 حاصل شده) در نظر می گیریم.





(Saddle)

*

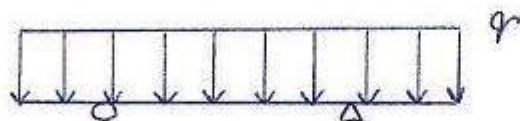


①

$$\begin{cases} \sigma_b = \frac{Mc}{I} \\ \sigma_b + \sigma_{zz} \leq \sigma_{all} \end{cases}$$

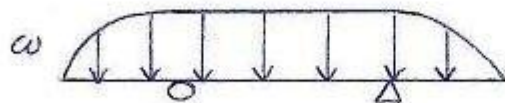
برای هر سه حالت

*

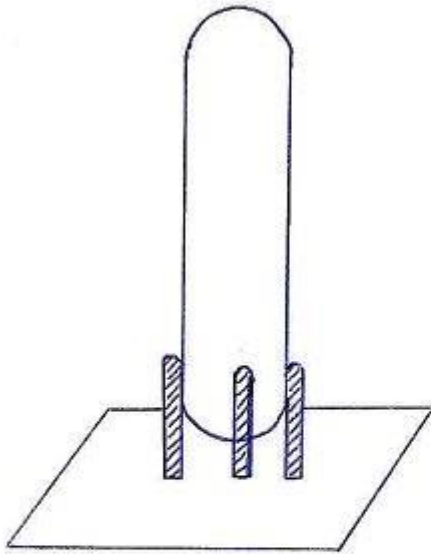


②

*



③

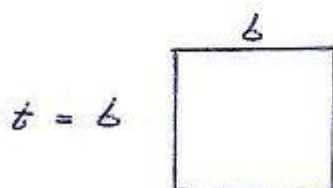


* مخزن محوری را روی skirt
قرار می دهند. معمولاً در -
محافظت محوری فشار هیدرواستاتیکی
باید منظور شود.

خارها، پین ها و هزار خارها

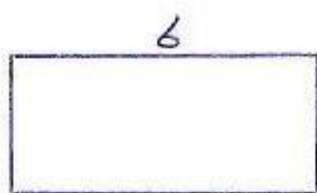
splines و (*PINS & keys*)

* خارها برای نصب توپی ها روی محور بکار می روند. گاهی -
خارها توپی ها را کاملاً قفل می کنند و گاهی به آنها اجازه -
حرکت محوری می دهند.

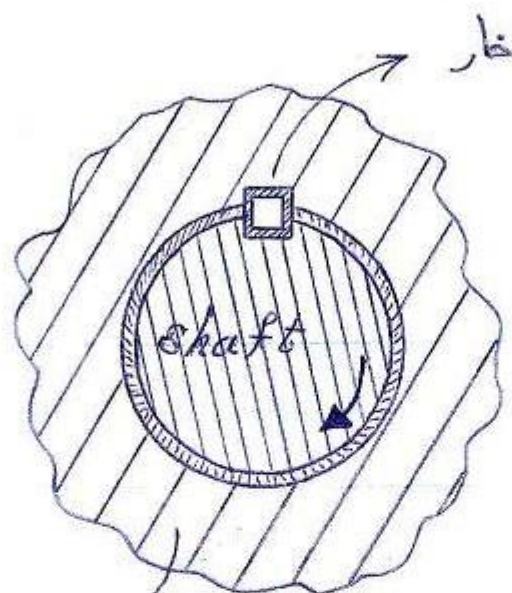


1 - خار مربعی

$$t < b$$



2 - خار مستطیلی

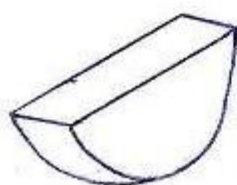


(برش تصویر از جلو)

Hub (توپنی)

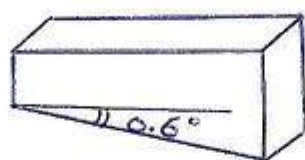
* معمولاً از خار جعبه‌ای فیوز اطمینان استفاده می‌شود مگر در حالتی که مسئله ایمنی مطرح باشد.

3 - خار Wood roff

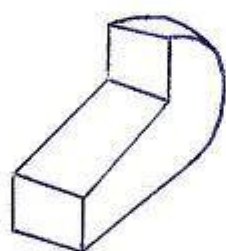


* مشکل آن این است که خیلی از گوشت محور بر می‌دارد.

4- خار تخت گوه ای : سیستم را قفل می کند.

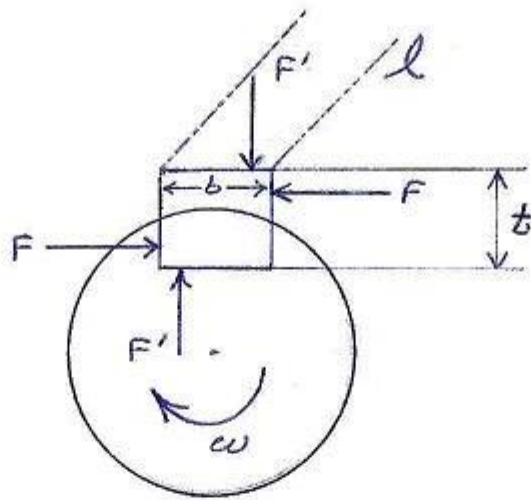


5- خار ناخنی یا (گیبر)



6- خار کیندی : خاری مرجعی است که در هنگام نیاز به تعداد زیاد خار از آن استفاده می شود.

محاسبات خار



$$\left\{ \begin{array}{l} S_s = \frac{F}{b \cdot l} \\ S_c = \frac{F}{t/2 \cdot L} \end{array} \right. \quad (M_t = F \cdot r)$$

$S_s = \frac{M_t}{b L r}$
$S_c = \frac{2 M_t}{t L r}$

تفش برشی

تفش لِهیدگی

$$M_t S = M_t c$$

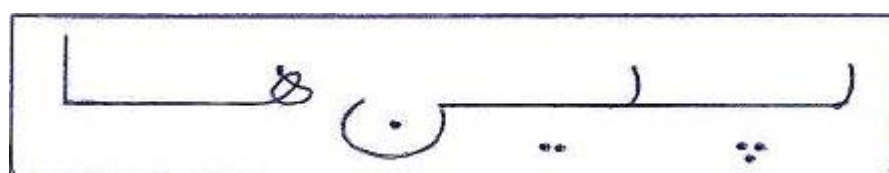
$$S_s b L r = \frac{S_c}{2} t L r \quad \longrightarrow$$

$$b = t$$

تنظیم

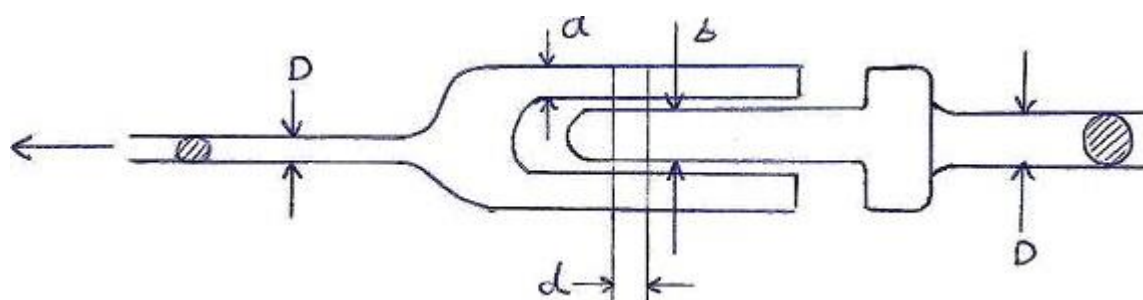
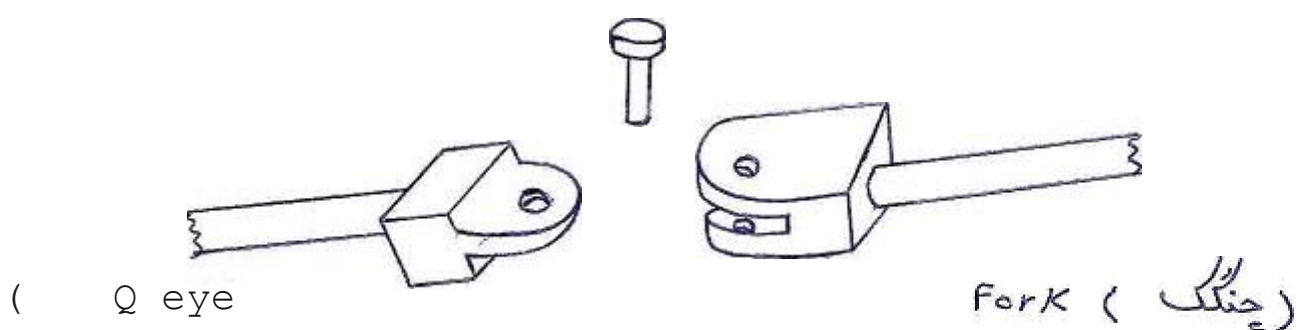
طریق توان

تنفس لیدگی
کتر از 446



سطوح گردی هستند که تمرکز تنفس را کم کرده
برشی خوبی را تحمل می کنند.

اتصال بینی



$$\left\{ \begin{array}{l} S_t \quad \overline{HD} \\ S_t \quad \underline{\hspace{2cm}} \\ S_s \approx \underline{\hspace{2cm}} \\ S_c \quad \underline{\hspace{2cm}} \end{array} \right.$$

- کشش

کشش

بین

$$\left\{ \begin{array}{l} S_t \quad \frac{F}{(d_o - d) 2a} \\ \approx \underline{\hspace{2cm}} \\ S_c \quad \frac{d'}{2da} \end{array} \right.$$

3- لیدگی

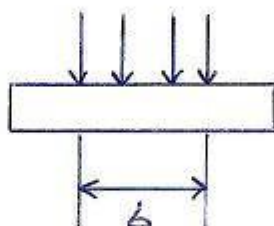
$$\left\{ \underline{\hspace{2cm}} \right.$$

2- لیدگی ناشی از Fork

$$\begin{cases} S_s = \frac{2F}{\pi d^2} \\ S_b = \frac{4Fb}{\pi d^3} \end{cases}$$

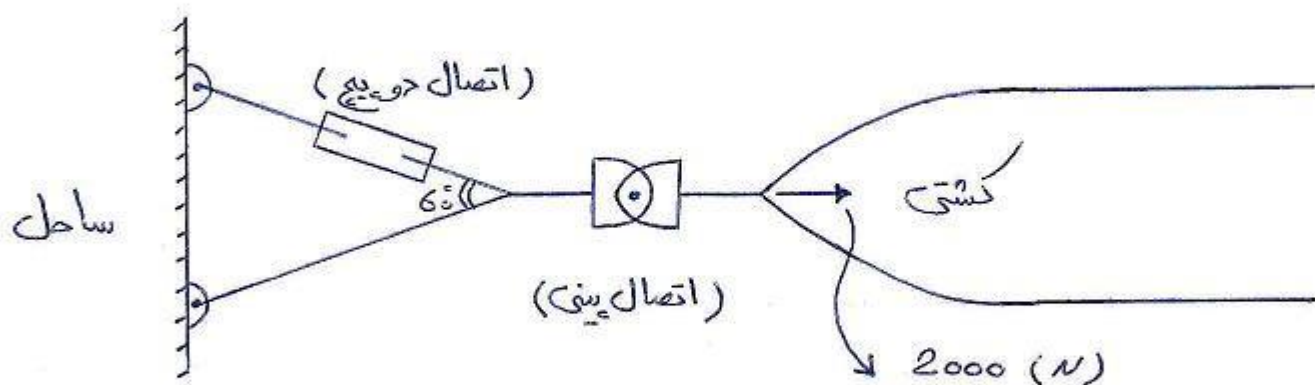
3- برش بین

4- خم بین



$$\begin{cases} M_b = \frac{Fb}{8} \\ I = \frac{\pi d^4}{64} \quad c = d/2 \\ S_b = \frac{Mc}{I} = \frac{4Fb}{\pi d^3} \end{cases}$$

مثال -

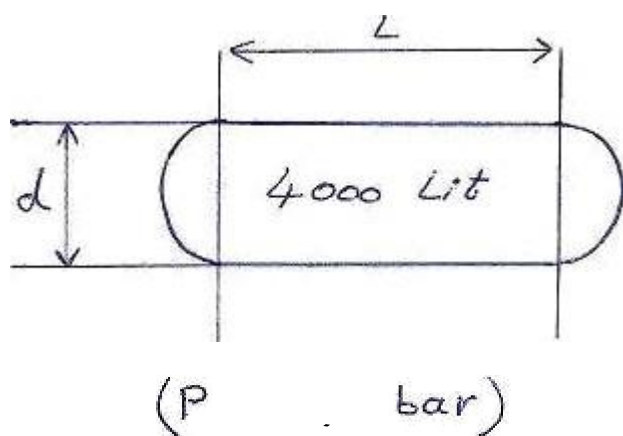


* محاسبات اتصالات را انجام دهید .

هزار خار Spline

- * گاهی میزان گشتاور منتقله زیاد است و یا گاهی مادنبال حرکات محوری هستیم که بطور دقیق انجام شود لذا از هزار خار استفاده می شود و آن محور است که خارها را با آن یکپارچه کرده ایم.
- چون محور ضعیفتر از H46 است لذا خارها را با آن یکپارچه می کنیم.
- در سیستمهای چند خار باید ضریب هزمانی را مد نظر داشت.
- هزار خارها بر دو نوعند: (ساده - اینولوت)
- مصرف هزار خارها بیشتر در گیربکس ها است.

مثال از قبل -



میزن متعادل را با ST-37 طراحی کنید با توجه به این که درگاه تنها ورق 5mm داریم.

اتصالات

* اتصالات در طراحی و صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد و معمولاً اغلب قطعات

به کرات می‌توان آن‌ها را باز و بسته کرد مثل -

اتصالات

اتصالات

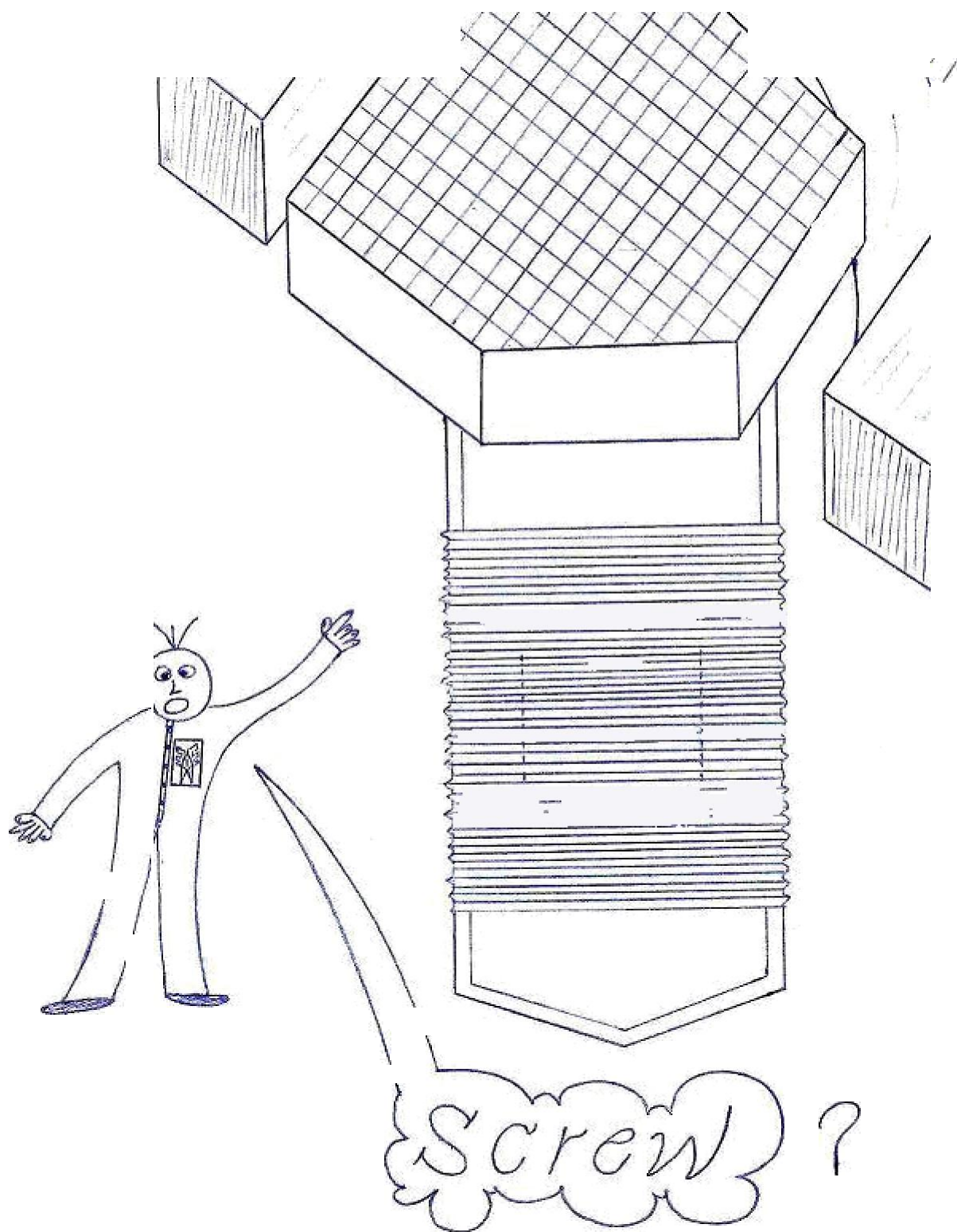
مثل پرچ که اگر نخواهد باز شود تنها به اتصال دهنده آسیب می‌رسد.

نیمه

Power Screw

Fastener Screw

پیچ‌ها (Screw)



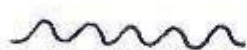
پیچها و مهره ها

* انواع پیچها :

1- دنده مثلثی نوک تیز متریک (زاویه رأس 60°)



2- دنده ای اخنا دار



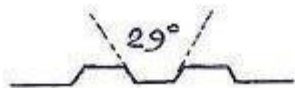
3- ویت ورد



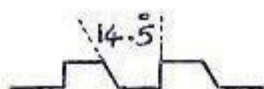
4- پیچ دنده دار مربعی (برای انتقال قدرت)



5- دنده دار دوزشقه ای



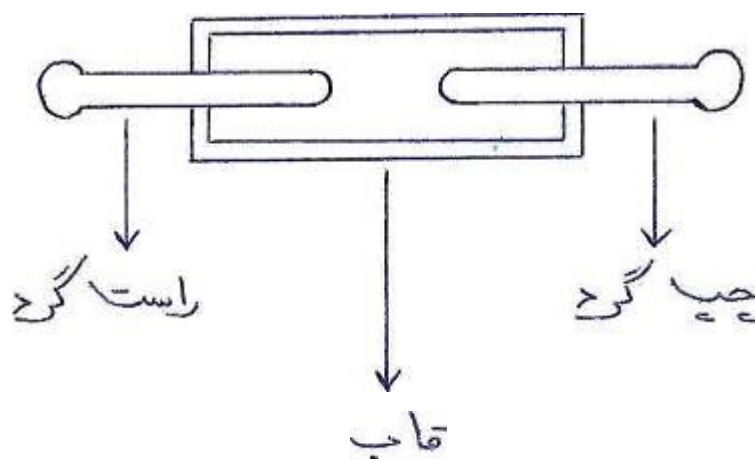
6- دندان آره ای



* تمام روابط میله‌ها را می‌توان برای پیچ نوشت . مثلاً $k = \frac{F}{A_{eq}}$
 اگر خواهم در ناحیه (shaft) کارکنم معمولاً $A_{eq} = I$ -
 معادل مساحت قسمت ریشه پیچ در نظر می‌گیریم و I و J را هم
 بر همان مبنا محاسبه می‌کنیم .

* یا این که قطر مار را " پیچ " $D = \frac{d_o + d_r}{2}$.

دو پیچ



(St - 37)

σ_{all}

kg/cm^2

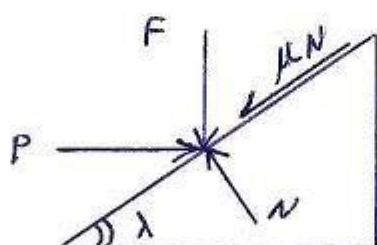
τ_{all}

8 -

kg/cm^2

پیچهای انتقال قدرت

* باید دانست که چه گشتاور لازم است ؟



$$\sum F_H = 0 : P - N \sin \lambda - \mu N \cos \lambda = 0$$

$$\sum F_V = 0 : F + \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0$$

$$P = \frac{F(\sin \lambda + \mu \cos \lambda)}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda}$$

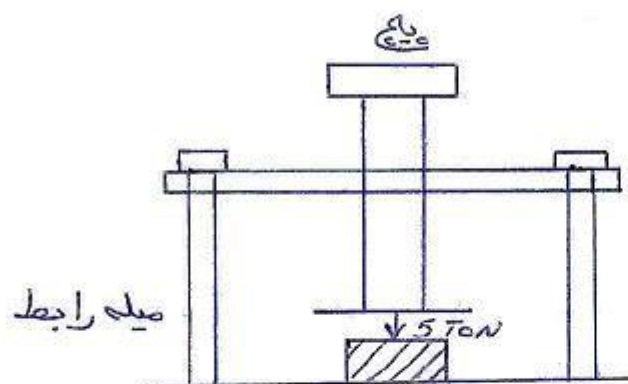
بالا بردن

$$P = \frac{F(\mu \cos \lambda - \sin \lambda)}{\cos \lambda + \mu \sin \lambda}$$

پایین آوردن

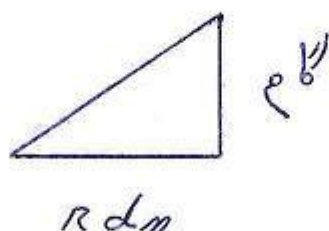
$$P = F \frac{\tan \lambda + \mu}{1 - \mu \tan \lambda} : \text{ساده شده}$$

$$T = \frac{F L m}{e} \left(\frac{\tan \lambda + \mu}{1 - \mu \tan \lambda} \right) \quad \text{گشتاور}$$

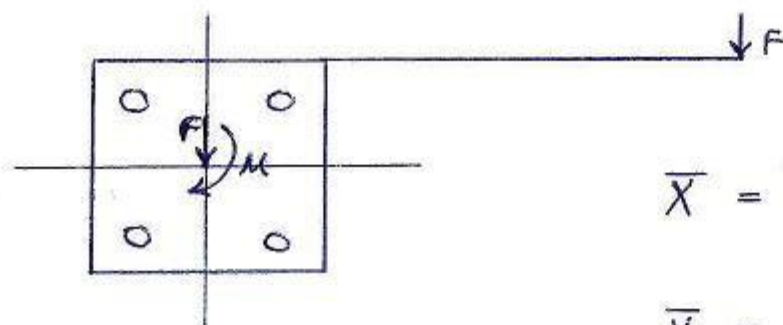


مثال -

* مطلوب است محاسبه T و میله‌های رابط و پیچ.

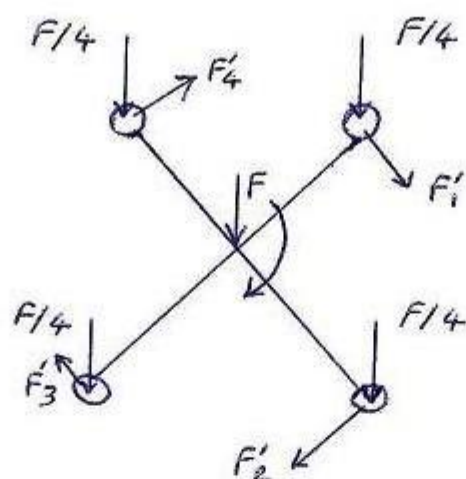


پیچ در سیستم‌های (support)



$$\bar{X} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i}$$

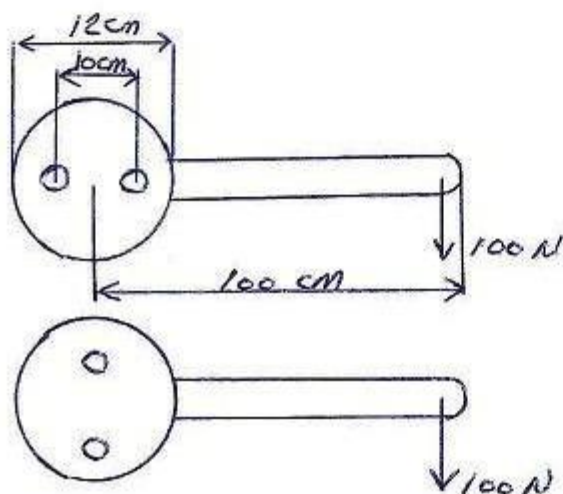


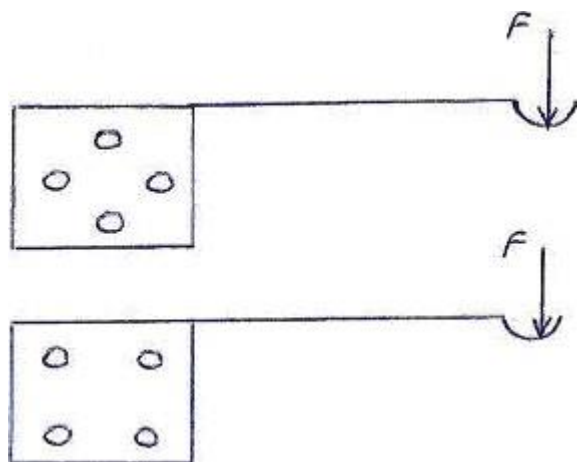
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{F'_1}{r_1} = \frac{F'_2}{r_2} = \frac{F'_3}{r_3} = \dots \quad (1-n \text{ معادله}) \\ \sum F_i r_i = M \quad (1 \text{ معادله}) \end{array} \right.$$

* چون معمولاً پیچها نسبت به محورها متقارن هستند :

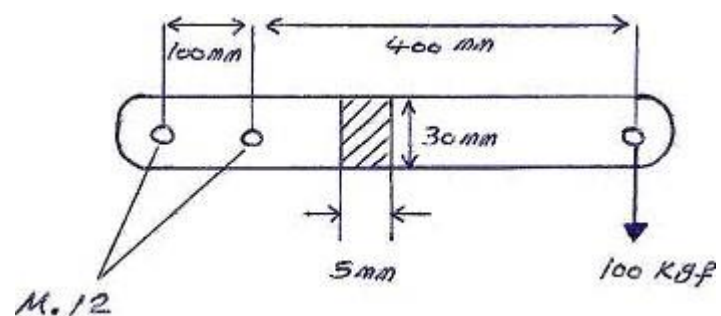
$$* F'_i = \frac{M}{n r_i}$$

مسئله -



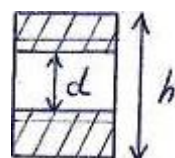


* کدام
۱
۲



}

در تیب

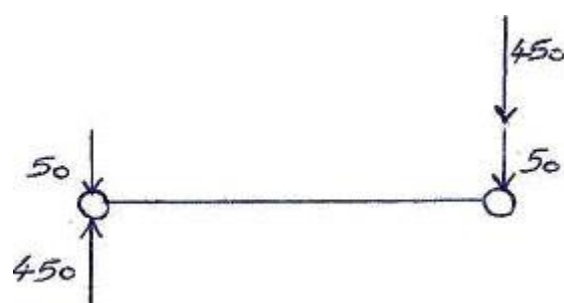


mm

$$66 \quad 4 \times 10^4 \times 15 = 56.9 \text{ kgf/mm}^2$$

$$F' = \frac{M}{L}$$

kgf



$$V_1 = 450 - 50 = 400 \text{ kgf}$$

$$V_2 = -500 \text{ kgf}$$

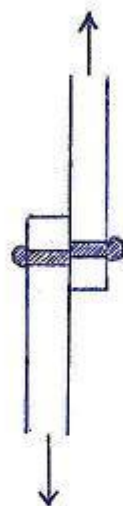
$$\tau = \frac{VQ}{It} = \frac{4}{3} \frac{V}{A}$$

$$\tau_{\max} = \frac{4}{3} \frac{V}{A} = 8.48 \text{ kgf/mm}^2$$

پرچ و جوشکاری

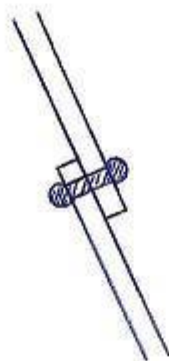
* پرچ در جایی استفاده می شود که علاقمند مستیع اتصالات به راحتی از هم باز نشوند.

« روشهای انقطاع پرچ » :

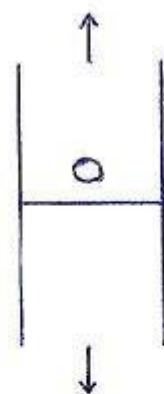


1- برش خالص

$$\frac{4}{3} \frac{F}{A}$$



2- خمش



3- کشش

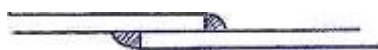
$$\sigma_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{t \times b}$$

4- لهیدگی

5- تمرکز تنش



لب



فیلت



ست

جوش لب لب خود



$D-V$

$V - groove$



$D-u$



$$\sigma_w = K_{eq} \frac{F}{A_w}$$



(ضریب تمرکز تنش حاصل از جوشکاری)

تنش مجاز جوشکاری :

اگر دقت و ظرافت زیاد اهمیتی ندارد
آن را بررسی نقطه ای می کنند.
معمولاً نقاط حساس را بررسی -
می کنند.

: Spot Exam

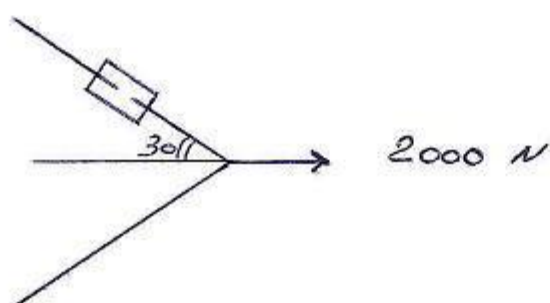
یعنی تماماً عکسبرداری با X ری
که معمولاً در مخازن بکار می رود.

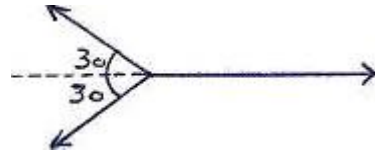
: Full Radiography

عوامل خطرناک ندارد. می توان ناحیه
تغییر خواص یافته را به این روش
مشخص کرد.

: Ultra Sonic
Echo

* حل مسئله کستی و دو پیچ :

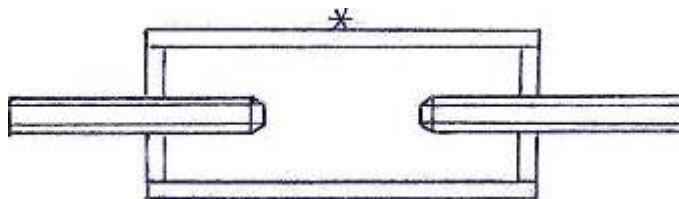




{

1000

$F_D = 1154.7$ اینی
اتصال دو پیچ



$d :$ 1600 6.7 - F = 115.4 →

o .

→

cm



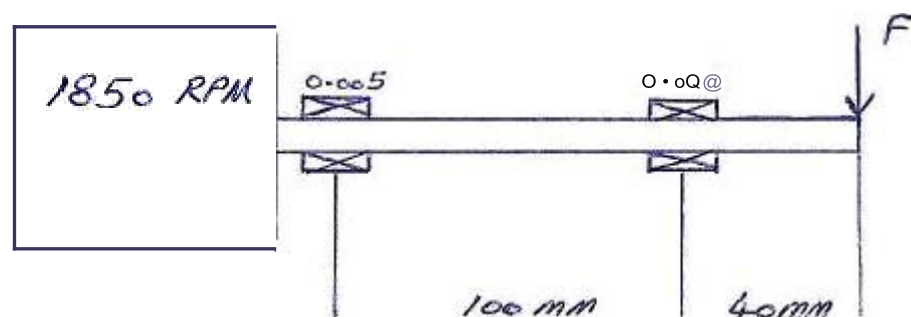
(تیرکهای *)

$$\sigma_T = \frac{115.4}{A}$$

چون هم کشش و هم خمش
- 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

* برای محقول بودن اعداد نیروی 2000 N و 5 تن یا 50000 N می کنیم :

$$\left\{ F_D = 29400 N \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} E = \\ UTS \\ YP \end{array} \right.$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

m

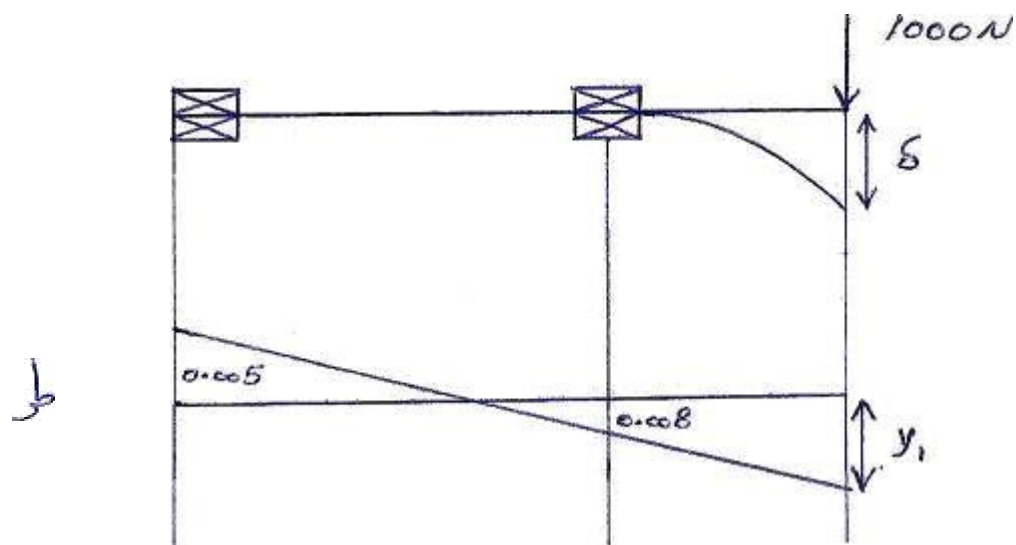
$$M_b = 40 \times 10^{-3} = 40 \text{ N.m}$$

$$SS = 18 \text{ UTS}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

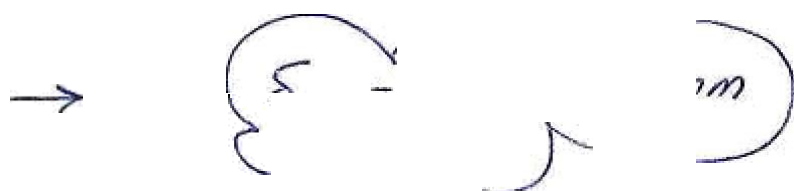
* حداکثر گشتاور
را در یاتاقان
می گیریم .

محور



$$I = \frac{1}{4} \pi r^4 = \frac{1}{4} \pi (40)^3 \times 10^{-9} = 1000$$

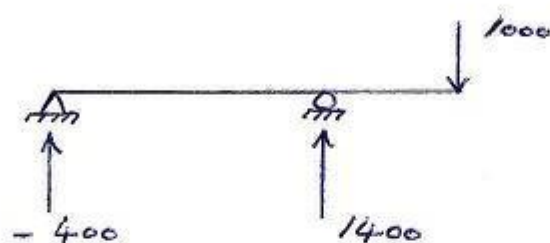
$$I = 2000 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-8} = 4.9 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$



(y_1)

(جامع)

$$EI v = EI v_0 + EI \theta_0 x - 400 \frac{(x-0)^3}{6} + 1400 \frac{(x-0.1)^3}{6}$$



* راه سوم : (پراگتت ماکولی)

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_b}{EI}$$

$$EI y'' = -400x + 1400 \langle x-0.1 \rangle$$

$$EI y' = -400 \frac{x^2}{2} + 1400 \frac{\langle x-0.1 \rangle^2}{2} + C_1$$

$$EI y = -400 \frac{x^3}{6} + 1400 \frac{\langle x-0.1 \rangle^3}{6} + C_1 x + C_2$$

$$\begin{cases} x=0 \\ y=0 \end{cases} \longrightarrow C_2 = 0$$

$$\begin{cases} x=0.1 \\ y=0 \end{cases} \longrightarrow C_1 = \frac{4}{6} \times 10^{-3}$$

$$-400 \times \frac{(0.14)^3}{6} + \frac{1400}{6} (0.04)^3 + \frac{4}{6} \times 10 \times 0.14$$

$$y \quad \delta = 1.7 \times 10^{-3} \text{ (m)}$$

$$\delta = 1.7 \text{ mm}$$

اگر بخوایم خیز

برعکس می کنیم

$$\frac{100 \times 10^3 \times 197}{10^9 \times 200 \times 10^3}$$

$$I \quad 1 \quad \pi r^4 \quad \longrightarrow$$

فنرها (SPRING)

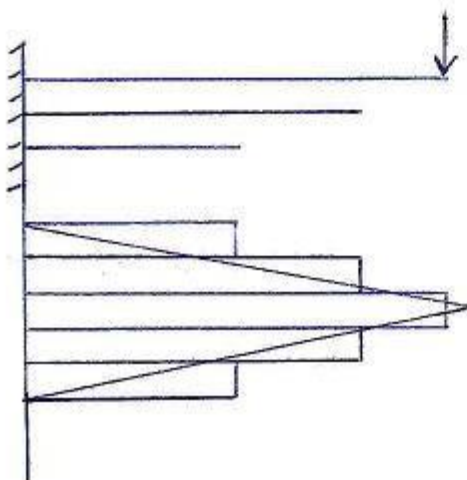
$$L = K \cdot D$$



$$\begin{cases} y = \frac{FL^3}{3EI} \\ K = \frac{3EI}{L^3} \end{cases}$$

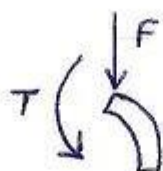
- 1- فنرهای تحت
- 2- فنرهای مارپیچ

* فنرهای تحت را مشابه یک تیر یک سر درگیر حل می کنیم :



** تقریباً معادل فنر تحت
مطلبی در نظریه گیریم.

طراحی فنرهای مارپیچ



(مقطع)

فتر - D و R

مقتول فتر - d و r

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{max} = \pm \frac{TR}{J} + \frac{F}{A} \\ \tau_{max} = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2} \\ \tau_{max} = \frac{8FD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{0.5}{C} \right) \\ C = \frac{D}{d} \quad \text{اندیس فتر} \\ 1 + \frac{0.5}{C} = K_s \quad \text{نسبت برش} \end{array} \right.$$

(روابط بدون خطا) :

$$\tau = K \frac{8FD}{\pi d^3} = K \frac{8FC}{\pi d^2}$$

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$

$$K = (\text{ضریب تصحیح تنش برشی}) \times (\text{ضریب تصحیح انحنا})$$

$$K = K_c K_s$$

$$y = \frac{8FD^3n}{d^4G} = \frac{8Fc^3n}{dG}$$

d - قطر مفتول فنر

n - تعداد حلقه های فعال

$$K \text{ ضریب فنریت} = \frac{F}{y} = \frac{Gd}{8c^3n}$$

یک فنر مارپیچ را با قطر اصلی 125 mm و ثابت فنر 72 kN/m چنان طراحی کنید که بار محوری 8 kN را با تنش مجاز برشی 275 MPa تحمل کند.

$$\begin{cases} D \\ K \\ F \\ S_s \end{cases}$$

$$S_s = K \frac{FD}{d} \quad \text{و} \quad d = \frac{D}{C}$$

$$K C^3 S_s \pi D^2 = \frac{(275 \times 10^6) \pi (0.125)^2}{8 \times 8000} \quad 211$$

$$\left(\frac{4C-1}{4C-3} + \frac{0.615}{C} \right) C^3 = 211$$

سعی

$$\rightarrow d = \frac{11.1}{C} \rightarrow d = 22.7$$

می گیریم

مفتول

$$\frac{F}{y} = \frac{d^4 G}{8 D^3 n}$$

$$72000 = \frac{(0.025)^4 (80 \times 10^9)}{8 \times (0.125)^3 \times n}$$

$$n = 27.8 \approx 28$$

مثال - در پایین یک ۲ سانتی‌متر 8 فنر مواری جهت جذب شوک در هنگام انقطاع ۲ سانتی‌متر نصب شده است. وزن ۲ سانتی‌متر 28 kN است. فرض کنید ۲ سانتی‌متر از ارتفاع 1.2 m رها شود. Max تنش فنرها را با مشخصات زیر بیابید :

$$\begin{cases} d = 30 \text{ mm} \\ c = 6 \\ n = 15 \\ G = 83 \text{ GN/m}^2 \end{cases}$$

$$* mgh = \frac{1}{2} F \cdot y$$

$$\frac{28000}{8} (1.2 + y) = \frac{1}{2} Fy$$

* چون در هنگام برخورد فنر به قدر y جمع می‌شود.

$$* y = \frac{84000}{F - 7000} \quad (1)$$

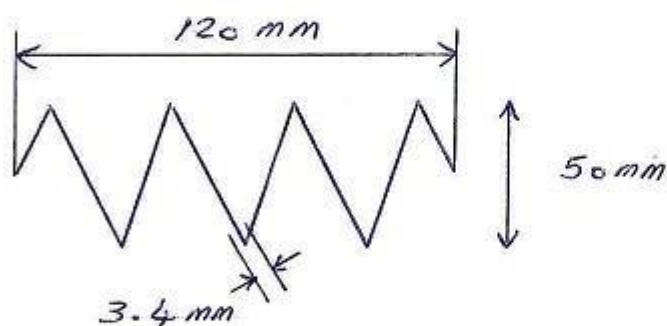
$$* y = \frac{8Fc^3n}{dG} = \frac{8F \times 6^3 \times 15}{0.03 \times 83 \times 10^9} = \frac{8400}{F - 7000}$$

$$\longrightarrow F = 32.1 \text{ kN}$$

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} = 1.25$$

$$S_s = K \frac{8FC}{\pi d^2} = \frac{1.25 \times 32100 \times 6 \times 8}{\pi \times (0.03)^2} = 682 \text{ MN/m}^2$$

مثال - یک فنر مارپیچ فشاری از فولاد با تنش پیچشی 640 MPa ساخته شده است. ضخامت مفتول فنر 3.4 mm ، طول آزاد 120 mm است و قطر فنر 50 mm است.



$$\begin{cases} n = 12 \\ K = ? \\ F = ? \end{cases}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 n}$$

$$K = \frac{(3.4 \times 10^{-3})^4 \times 83 \times 10^9}{8 (50 \times 10^{-3})^3 \times 12} = 1009.5 \text{ N/m}$$

$$F = Ky$$

$$y = 120 - (12 \times 3.4) = 79.2 \text{ mm}$$



* چون وقتی جمع می شود مفتولها روی هم خوابیده و به تعدادشان فضا اشغال می کنند.

$$* F = 1009.5 \times 79.2 \times 10^{-3} = 80 \text{ N}$$

$$* S_s = K \frac{8FD}{\pi d^3}$$

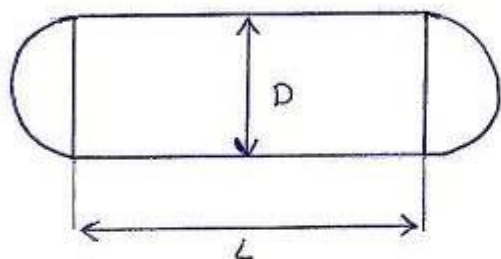
$$* K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad \left. \vphantom{\frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}} \right\} \rightarrow K = 1.09$$

$$* C = \frac{50}{3.4}$$

$$* S_s = 1.09 \frac{8 \times 80 \times 0.05}{3.14 \times (0.0034)^3}$$

$$S_s = 284 \text{ MPa}$$

مسأله - مخزن به حجم 400 lit جهت نگهداری بخار آب در فشار 20 at یا 2 MPa مورد نیاز است. اگر خواهیم مخزن را از دو تیع کُره و یک استوانه به قطر D و طول L و از ورق فولادی با استحکام مجاز کششی 120 MPa استفا ده کنیم ابعاد مخزن را محاسبه کنید.



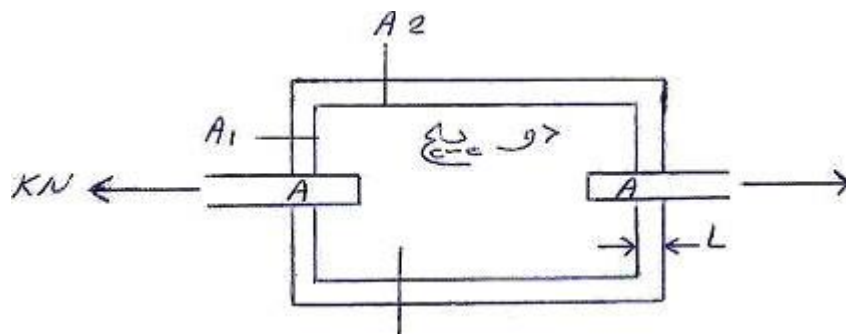
$$cyl : \begin{cases} \sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} \\ \sigma_{zz} = \frac{PD}{4t} \end{cases}$$

$$sph : \quad \sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\phi\phi} = \frac{PD}{4t}$$

$$\sigma = \frac{PD}{2t} \begin{cases} \sigma_{all} = 120 \times 10^6 \text{ Pa} \\ p = 2 \times 10^6 \text{ Pa} \\ t = 5 \times 10^{-3} \text{ m} \end{cases} \longrightarrow$$

$$\left(D = \frac{2t\sigma}{p} = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm} \right)$$

$$\begin{pmatrix} L & m \end{pmatrix}$$



$$ST\ 37 : \begin{cases} \sigma_t = 120\ MPa \\ \sigma_b \\ \sigma_s = 70\ MPa \end{cases}$$

$$\left(\Rightarrow \right)$$

$$\frac{20 \times 10^3}{120 \times 10^6} = 1.7 \times 10^{-4}$$

$$\rightarrow M$$

$$* A_2 = \frac{F/2}{\sigma_t} = 0.85 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 85 \text{ mm}^2$$

$\downarrow$
 کششی

$$* A_1 = \frac{F/2}{\sigma_s} = \frac{10 \times 10^3}{70 \times 10^6} = 1.43 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 143 \text{ mm}^2$$

$\downarrow$
 برشی

پهتر است : $A_1 = \frac{3}{2} \frac{F/2}{\sigma_s} \rightarrow \left(\sigma_s = \left(\frac{3}{2} \right) \frac{F}{A_1} \right) \square$

$$* \sigma_s = \frac{F}{2RrL} \rightarrow L = \frac{F}{2Rr\sigma_s}$$

$\downarrow$
 (طول رزوه خور)

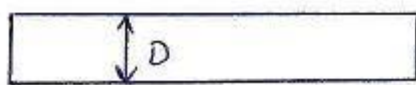
$$L = \frac{20 \times 10^3}{2 \times 3.14 \times 5 \times 10^{-3} \times 70 \times 10^6}$$

$(L = 10 \text{ mm})$

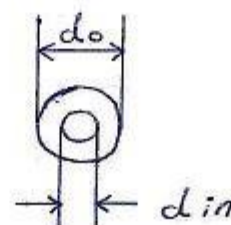
$$d = 100 \text{ mm}$$

70% کا حصہ وزن

* مسائل محور کشی :



(جرم M_1)



(جرم M_2)

$$\begin{cases} M_1 = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) L \rho \quad (\text{30\% وزن باقی مانده}) \\ M_2 = \left(\frac{\pi d_o^2}{4} - \frac{\pi d_i^2}{4} \right) L \rho \end{cases}$$

$$\rightarrow (M_2 = 0.3 M_1) \rightarrow$$

$$\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2) L \rho = 0.3 \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right) L \rho \rightarrow$$

$$(d_o^2 - d_i^2) = 0.3 d^2 \quad \textcircled{I}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{32 M_1}{\pi d^3} \\ \sigma_2 = \frac{32 M_2 d_o}{\pi (d_o^4 - d_i^4)} \end{cases} \rightarrow (\sigma_1 = \sigma_2) \rightarrow$$

$$d_o d^3 = (d_o^4 - d_i^4) \quad \textcircled{II}$$

$$\textcircled{I}, \textcircled{II} \rightarrow \begin{aligned} d_i &= \\ d_{out} &= 166.67 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} (d_o^2 - d_i^2) = 0.3 d^2 \\ (d_o^4 - d_i^4) = d^4 \end{cases}$$



* چون طول یکسان است باید سطح مقطع یکی باشد و لذا باید همان اینرسی‌های یکی باشد.

