جزوه آموزشی درس طـراحـی اجـزاء مـاشـیـن (۱)	شرکت مهندسی پتروپالامحور	**R&D Department**

جـــزوه آمـــوزشـــی درس

طراحی اجزاء ماشین (۱)

(رشته مهندسی مکانیک با گرایش حرارت و سیالات)

شرکت مهندسی پتروپالامحور

گردآوری و تنظیم :

فـــــرشـــــاد ســـــرایـــــی

با تقدیم والاترین درودها و احترامات به استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ساسان محمدی
که مطالب مندرج در این جزوه بر گرفته از آموزش های ایشان میباشد.

جزوه آموزشی درس طـراحـی اجـزاء مـاشـیـن (۱)	شرکت مهندسی پتروپالامحور	**R&D Department**

مقدمه :

جزوه حاضر که فرا روی شما خواننده گرامی قرار دارد ، مشتمل بر مباحث و سرفصل های مربوط به درس دانشگاهی « طراحی اجزاء ماشین (۱) » در رشته مهندسی مکانیک با گرایش حرارت و سیالات می باشد.

مطالب مندرج در این جزوه آموزشی به تبیین اصول طراحی قطعات و اجزاء تشکیل دهنده ماشین های مکانیکی و کاربردهای آن در صنعت می پردازد.

کتاب مرجع دانشگاهی که میبایست به عنوان مکمل در کنار این جزوه مطالعه شده و مورد استناد و ارجاع قرار گیرد عبارت است از :

- طراحی اجزاء ماشین (جلد اول و دوم) ، نوشته : M.F.Spotts ، ترجمه : هدایت موتابی

مطالب مندرج در این جزوه برگرفته از کلاس های آموزشی ارائه شده توسط جناب آقای دکتر ساسان محمدی در دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران در سال ۱۳۷۲ خورشیدی می باشد که به همان صورت دست نویس (برداشت شده توسط اینجانب) تقدیم حضور خوانندگان گرامی می شود ، به این امید که مفید فایده و مقبول نظر واقع گردد.

از خوانندگان محترم این جزوه دعوت میگردد جهت آشنایی بیشتر با کتب و مقالات منتشر شده توسط استاد گرانقدر جناب آقای دکتر ساسان محمدی ، به وب سایت اختصاصی ایشان به آدرس ذیل مراجعه فرموده و از مطالب پربار موجود در این وب سایت استفاده نمایند : www.sasanmohammadi.com

همچنین از خوانندگان محترم درخواست می نمایم هرگونه نظرات اصلاحی ، انتقادات و پیشنهادات خود را از طریق آدرس ایمیل : f.saraei@petropalamehvar.com با اینجانب در میان گذارند.

فـرشـاد سـرایـی

شهریور ماه ۱۳۹۰

« سر درب ورودی دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران »

قابل توجه دانشجویان سال آخر و فارغ التحصیلان رشته های مهندسی مکانیک و علوم پایه

جهت اطلاع از شرایط جذب کارآموز در شرکت مهندسی پتروپالامحور به آدرس اینترنتی زیر مراجعه نمایید :

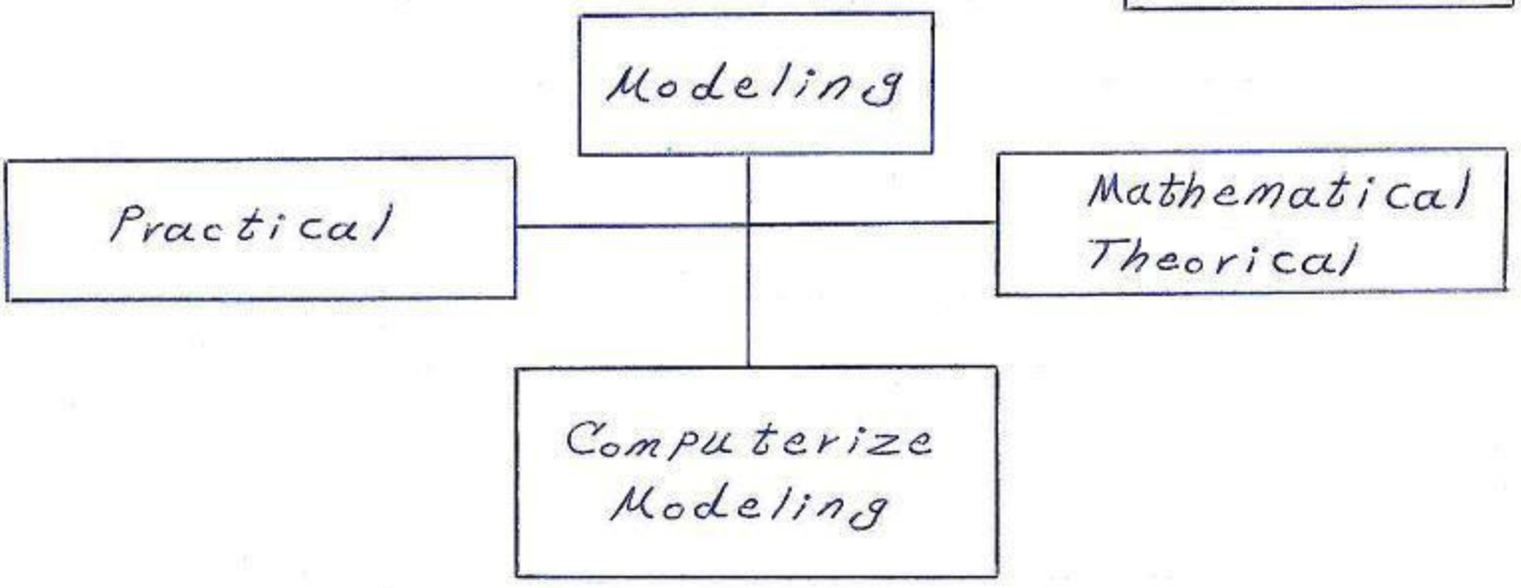
http://www.petropalamehvar.com/careers_fa.html

همچنین جهت کسب اطلاعات تکمیلی در این خصوص میتوانید به وبلاگ تخصصی « طراحی تاسیسات مکانیکی و لوله کشی صنعتی » به مدیریت مهندس فرشاد سرایی به آدرس اینترنتی زیر مراجعه فرمایید :

http://fsaraei.persianblog.ir/post/57

درس : طراحی اجزاء (۱)
استاد : دکتر ساسان محمّدی

مدل کردن :



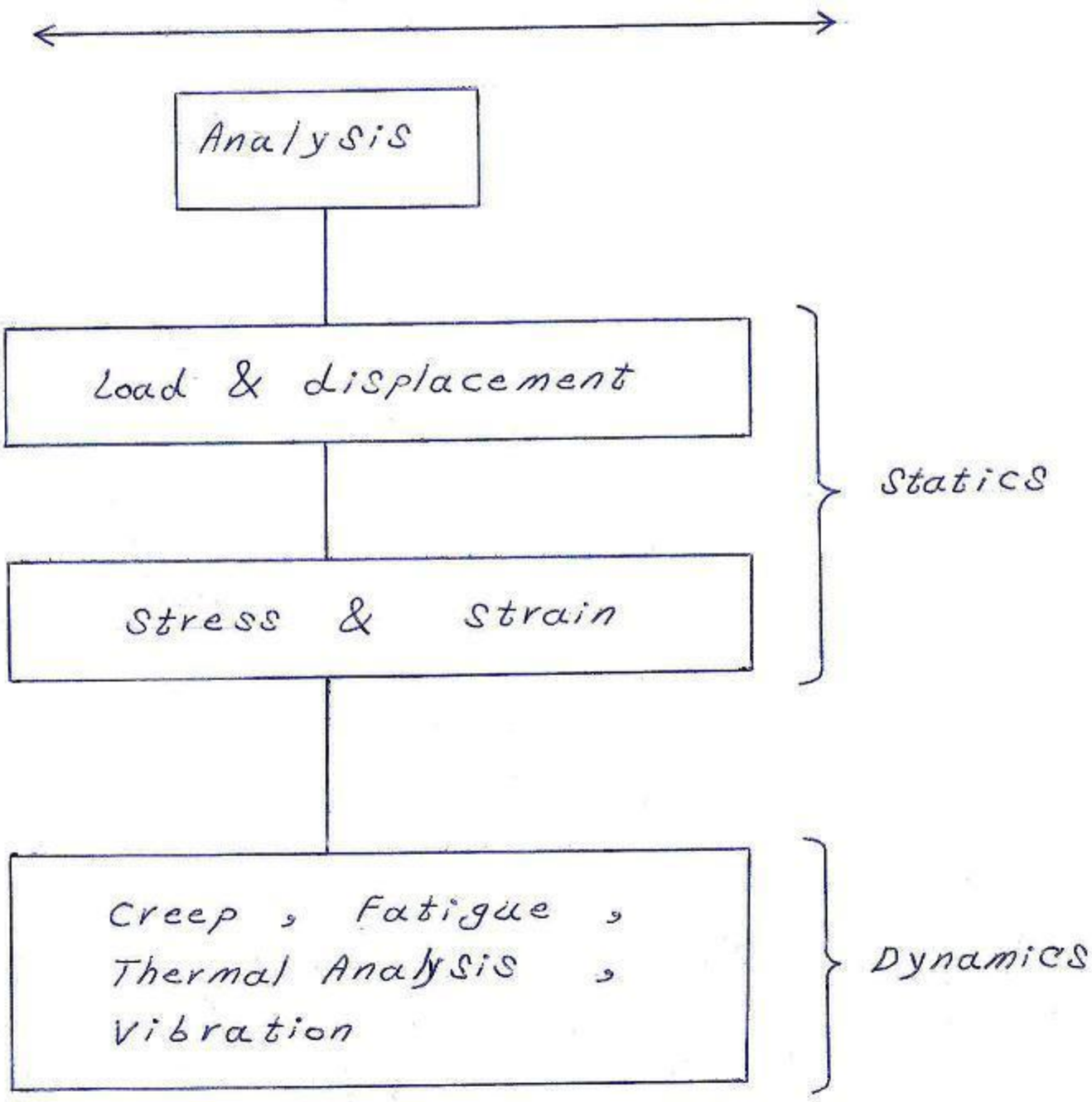
(Mathematical Theorical) همان مدل کردن و شبیه سازی مسائل عملی و مکانیکی بصورت معادلات ریاضی است . مثلاً : ($c\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$) . امّا معمولاً معادلات ریاضی - بطور عمومی و کلی در عمل و صنعت قابل استفاده نیستند .

* (Practical) خود بر سه نوع است :

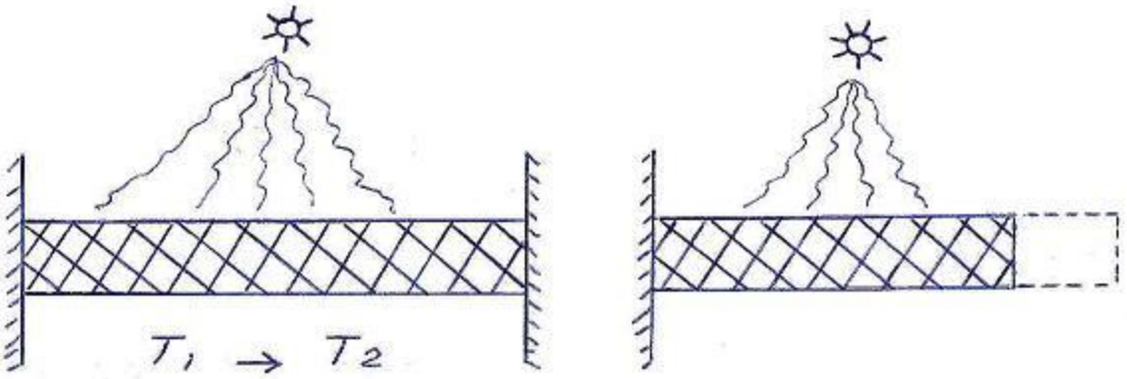
فرشاد سرایی-مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی-نظارت-اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

* ۱- کوچکتر
۲- هم اندازه
۳- بزرگتر

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران – دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)



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



$$l_2 = l_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

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

$$\varepsilon = \alpha \Delta T$$

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

* ضریب اطمینان درواقع میزان نادانی طراح است .

منابع

« References »

۱- کتب درسی Text : از لحاظ کامل بودن بسیار خوب است امّا اغلب تئوری است .

۲- کتب دستی H.B : فرمولهای عملی را شامل است و - جامع است امّا مأخذ را ذکر نمی‌کند.

۳- کد، نرم و استاندارد :

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

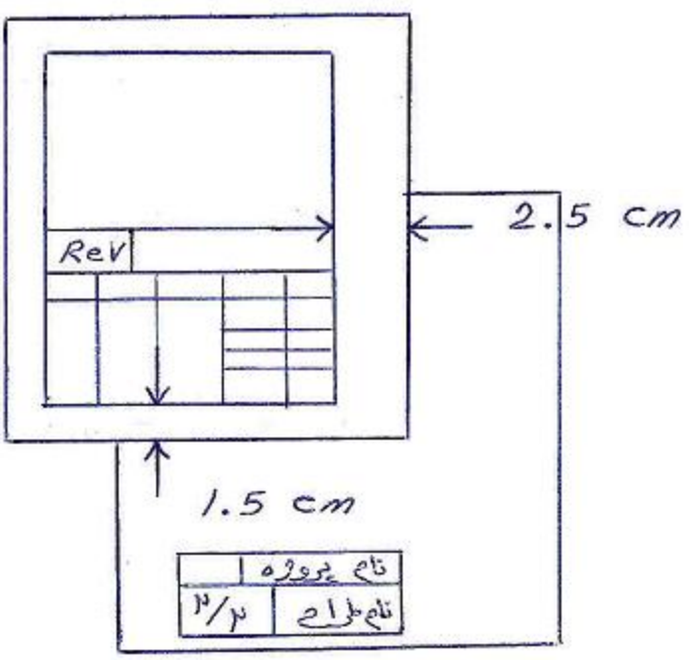
- ASME
- I mech E
- DIN
- AWS
- BS

سیاهه طراحی

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

۱- ورق A4

۲- جدول و مشخصات



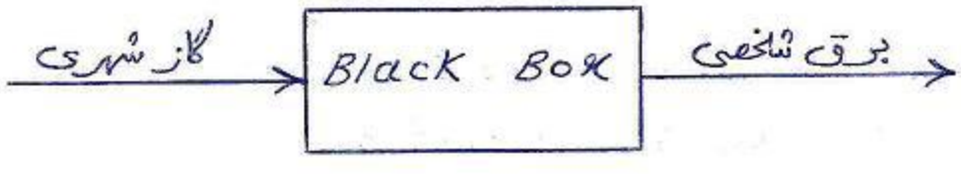
فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

Ref :
Popov chpt 7 P82
MaGrow 1961

نام طرح	
نام طراح	۲/۲

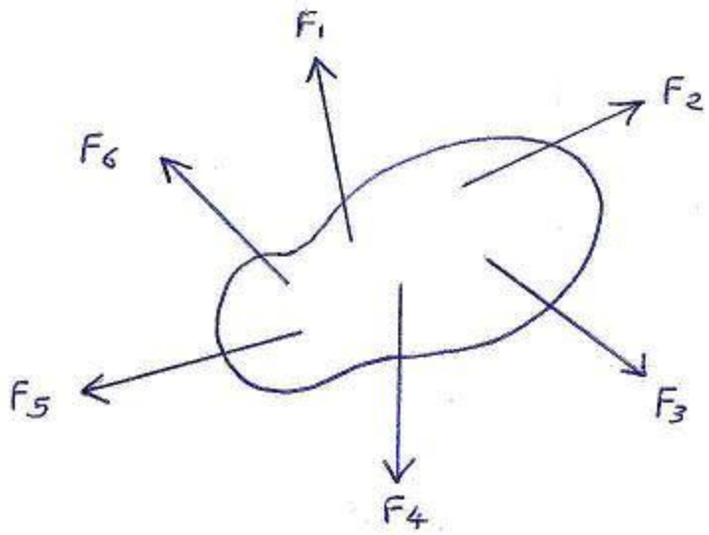
جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران – دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

۳- جدولی که نام طراح و طرح و ..... ذکر شود.
۴- منابع و مراجع
۵- فهرست موضوعی
۶- حتماً از شکل شماتیک استفاده شود.
۷- پارامترها با واحد مشخص شود.
۸- از فرمولهای بلند اجتناب شود.
۹- فرمولها حتماً آنالیز و یا نسیونی شود.
۱۰- اعداد را بطور معقول گرد کنیم.
۱۱- اعداد منطقی گرد شود. (برحسب موجودات صنعتی بازار)

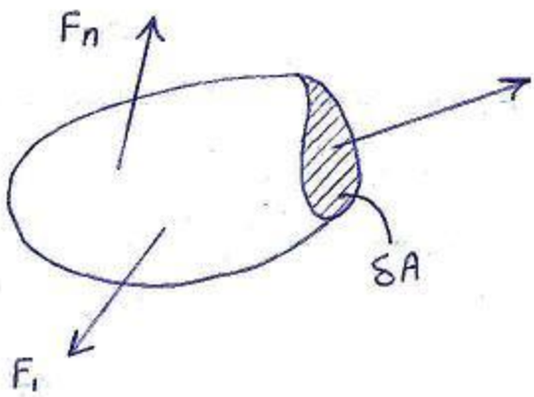


تمرین ۱
گروه الف
طراحی اجزاء I

تنش :



External Force



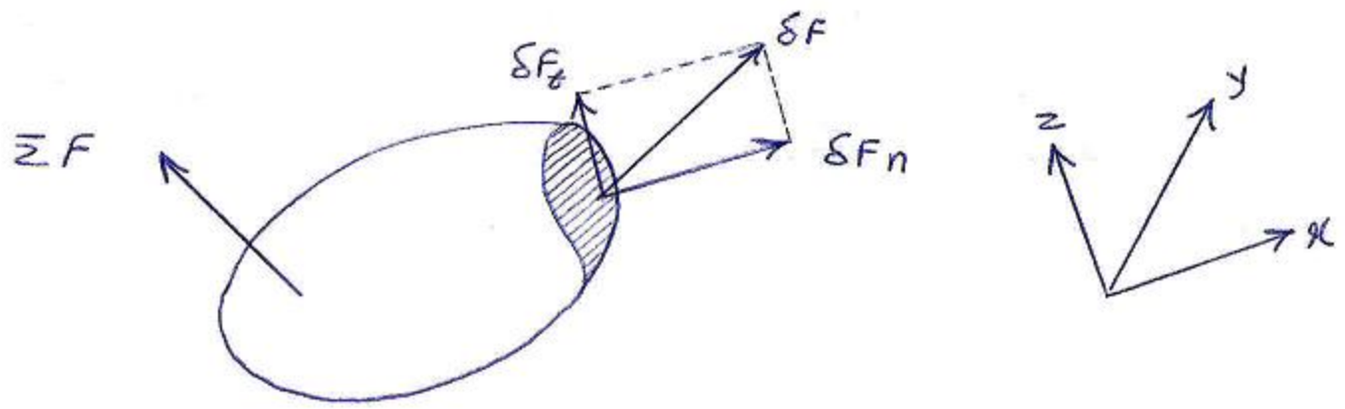
δF is an Internal Force

$$\lim_{\delta A \to 0} \frac{\delta F}{\delta A} = \sigma$$ تنش

1- Local Cordinate (منطقه ای)

2- Global Cordinate (کلی)

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



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

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

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

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

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

* درحالت 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 (σ_{ij})

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

تانسور تنش تابلیت
معکوس شدن دارد.

$\longleftrightarrow$

کرنش :

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

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

Hookes Law : در ناحیه الاستیک خطی صادق است.

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E}\left[\sigma_{xx} - \upsilon(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})\right] + \alpha \Delta T$$

$$\varepsilon_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{G}$$

υ - ضریب پوآسون
E - ضریب الاستیسیته

$\longleftrightarrow$

تنش و کرنش دو بعدی :

2.D Stress

$$\sigma_{zz} = 0 \qquad \tau_{xz} = 0 \qquad \tau_{yz} = 0$$

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E}\left(\sigma_{xx} - \upsilon(\sigma_{yy})\right)$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{1}{E}\left(\sigma_{yy} - \upsilon(\sigma_{xx})\right)$$

$$\varepsilon_{zz} = -\frac{\upsilon}{E}\left(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}\right)$$

$$\varepsilon_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{G} \qquad \varepsilon_{xz} = 0 \qquad \varepsilon_{yz} = 0$$

2.D Strain

$$\varepsilon_{zz} = 0 \qquad \varepsilon_{zx} = 0 \qquad \varepsilon_{zy} = 0$$

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E}\left(\sigma_{xx} - \upsilon\left(\sigma_{yy} + \sigma_{zz}\right)\right)$$

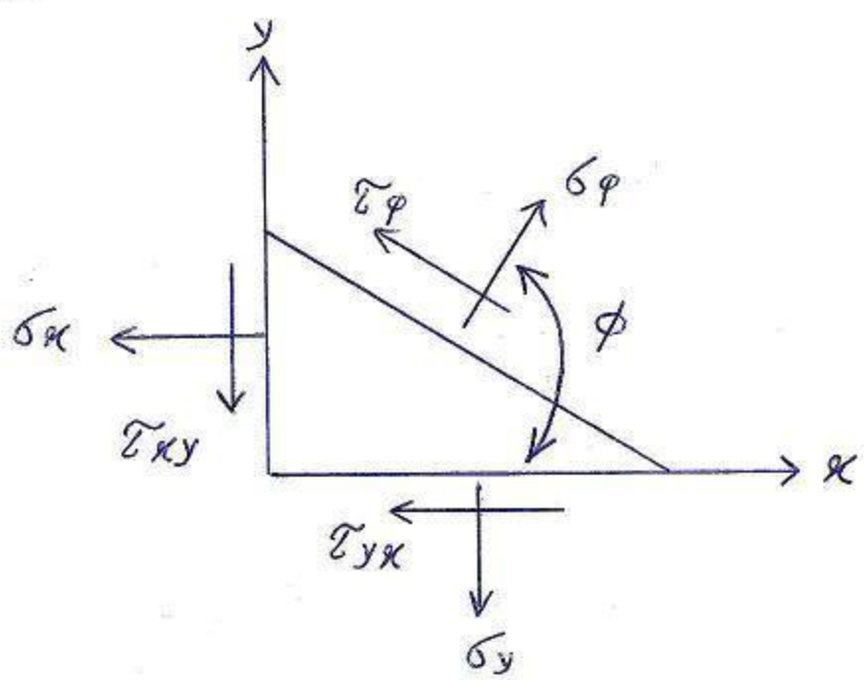
$$\sigma_{zz} = \upsilon\left(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}\right)$$

1.D StreSS

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E}\,\sigma_{xx}$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{-\upsilon}{E}\,\sigma_{xx}$$

در حوجلی :



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

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

$\longleftrightarrow$

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

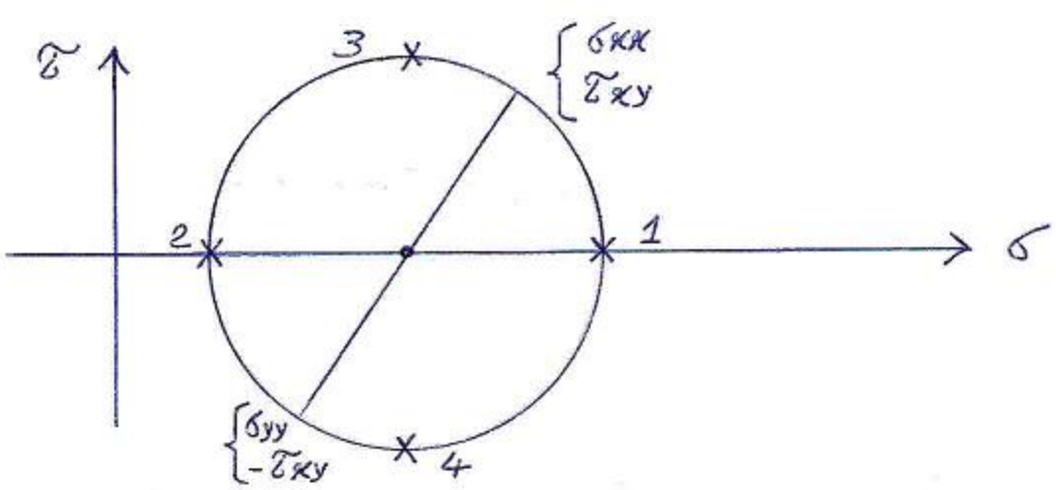
α - کسینوس های هادی

---

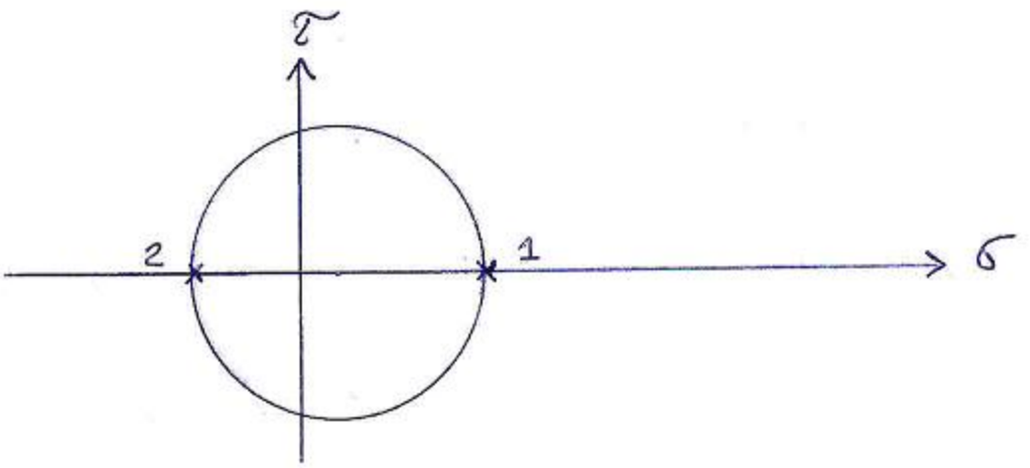
* حال می خواهیم از معادلات (1) و (2) بدترین تنش ها را - بیابیم . یک راه مشتق گرفتن است . امّا هر کدام یک معادله - پارامتری دایره است :

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

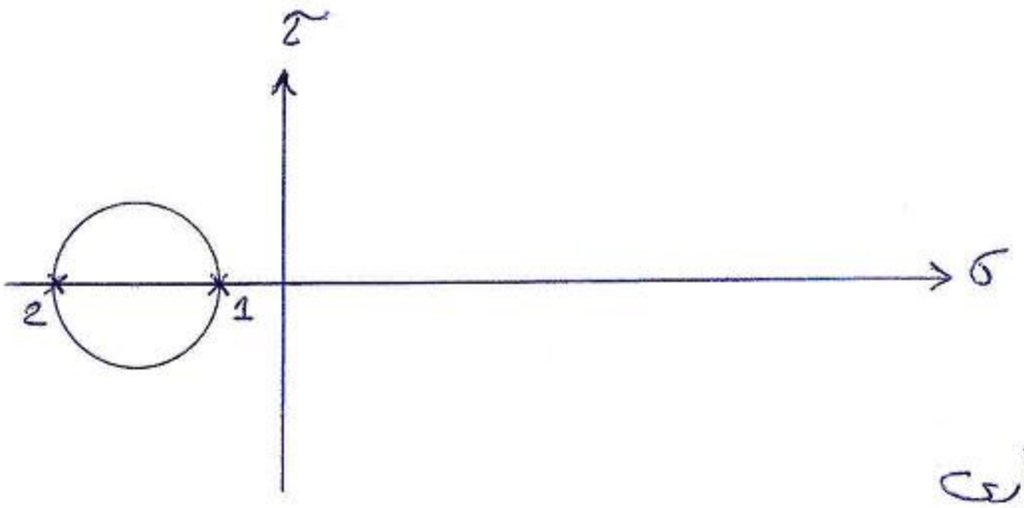
$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



1- تنش کششی Max
2- تنش کششی Min



1- تنش کششی Max
2- تنش فشاری Max



1- تنش فشاری Min
2- تنش فشاری Max

3 و 4 - تنش برشی Max

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

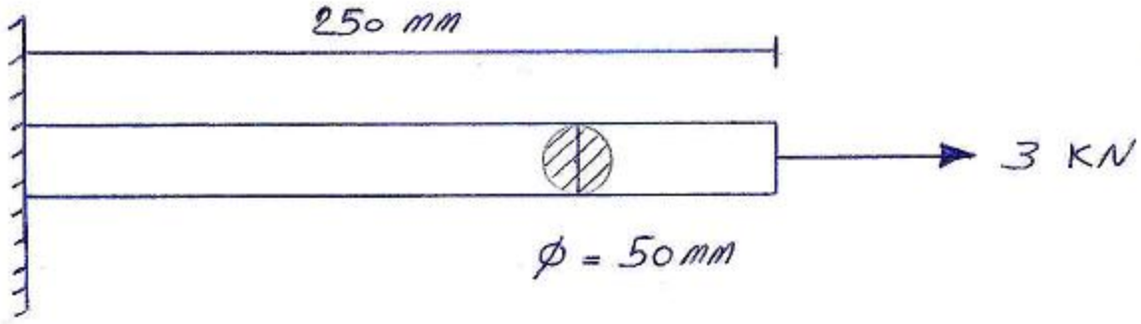
$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - R$$

درسه بعدی :

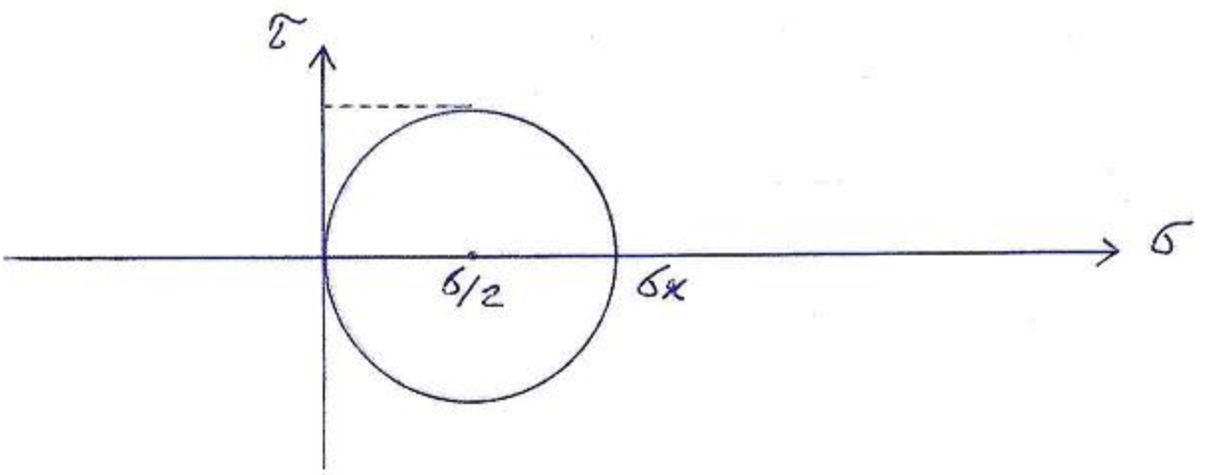
$$\begin{vmatrix} \sigma_{xx} - \lambda & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} - \lambda & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} - \lambda \end{vmatrix} \longrightarrow$$

* (λ_1 و λ_2 و λ_3 مقادیر ویژه)

مثال -



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



* $\begin{cases} \dfrac{\sigma x + \sigma y}{2} = \dfrac{\sigma x}{2} \\ 0 \end{cases}$ مرکز

* $R = \dfrac{\sigma x}{2}$ شعاع

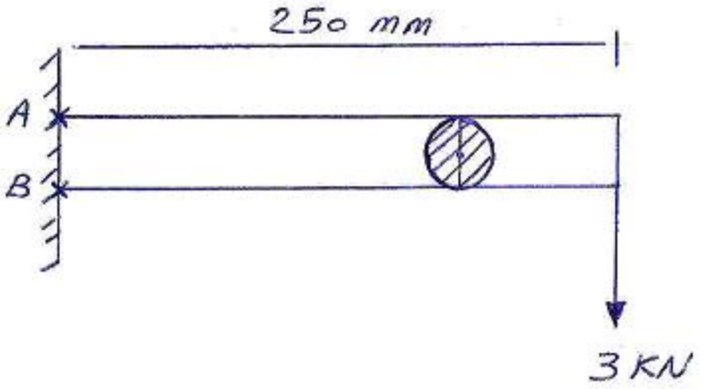
$\sigma_{max} = \sigma$

$\sigma_{min} = 0$

$\tau_{max} = \dfrac{\sigma x}{2}$

* دایره مورمی گرید چلچ تنش فشاری بر سیستم وارد نمی شود لذا بجای - میله می توان طناب قرار داد .

مثال -



برای دایره

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

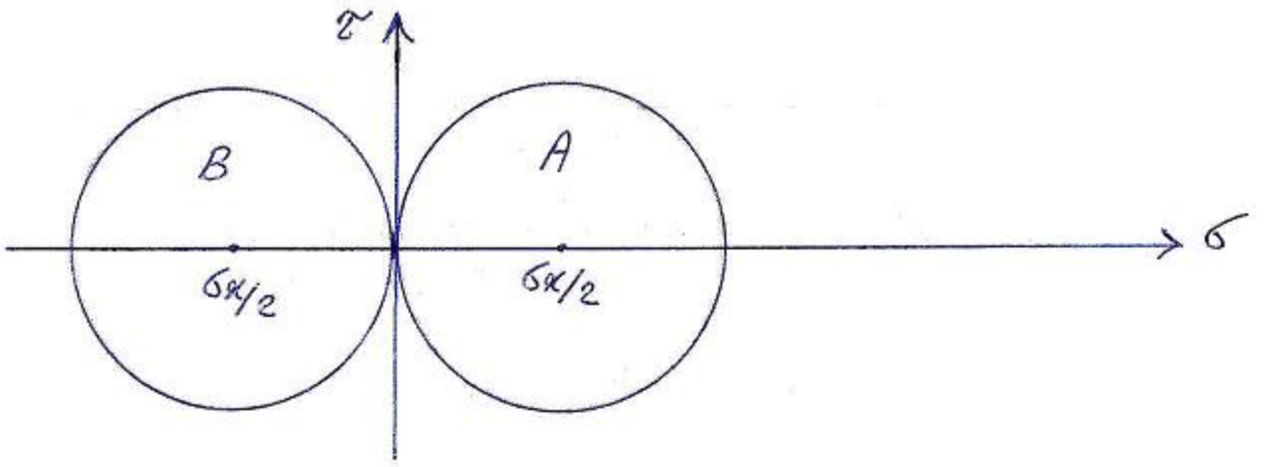
برای دایره توپر

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

برای دایره توخالی

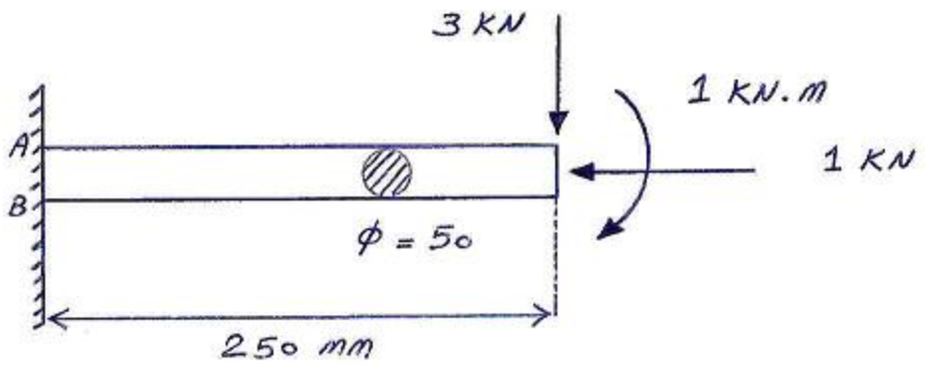
$$\tau = \frac{VQ}{It} = 2\frac{V}{A}$$

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



* نقطه A هرگز فشاری نمی شود و نقطه B هرگز کششی نمی شود.

مثال -



* بدترین نقاط نیروی برشی A و B است.
* برای نیروی نرمال فرقی نمی کند (فرضاً A و B)
* برای گشتاور پیچشی بدترین حالت در سطح خارجی است (A و B)

$$I_x = 3.06 \times 10^{-7}$$
$$A = 1.96 \times 10^{-3} \ m^2$$

A)
$$\sigma_c = -\frac{F}{A} = -\frac{1000}{1.96 \times 10^{-3}} = -5.09 \times 10^5 \ Pa$$

$$\sigma_b = +\frac{Mc}{I} = \frac{3 \times 10^3 \times 250 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-3}}{3.06 \times 10^{-7}}$$

$$= 6.11 \times 10^7 \ Pa$$

$$\tau_T = \frac{Tc}{J} = \frac{1 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-3}}{2(3.06 \times 10^{-7})}$$

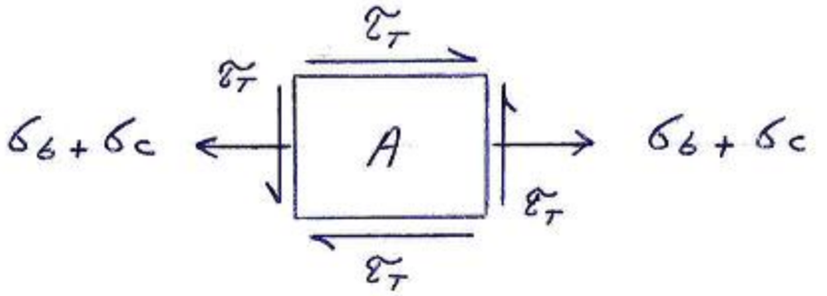
$$= 40.7 \times 10^6 \ Pa$$

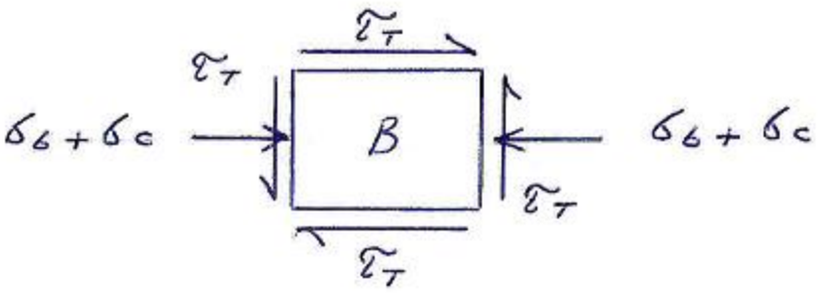
* نکته - نیروی 3 kN در A تنش برشی ایجاد نمی کند :

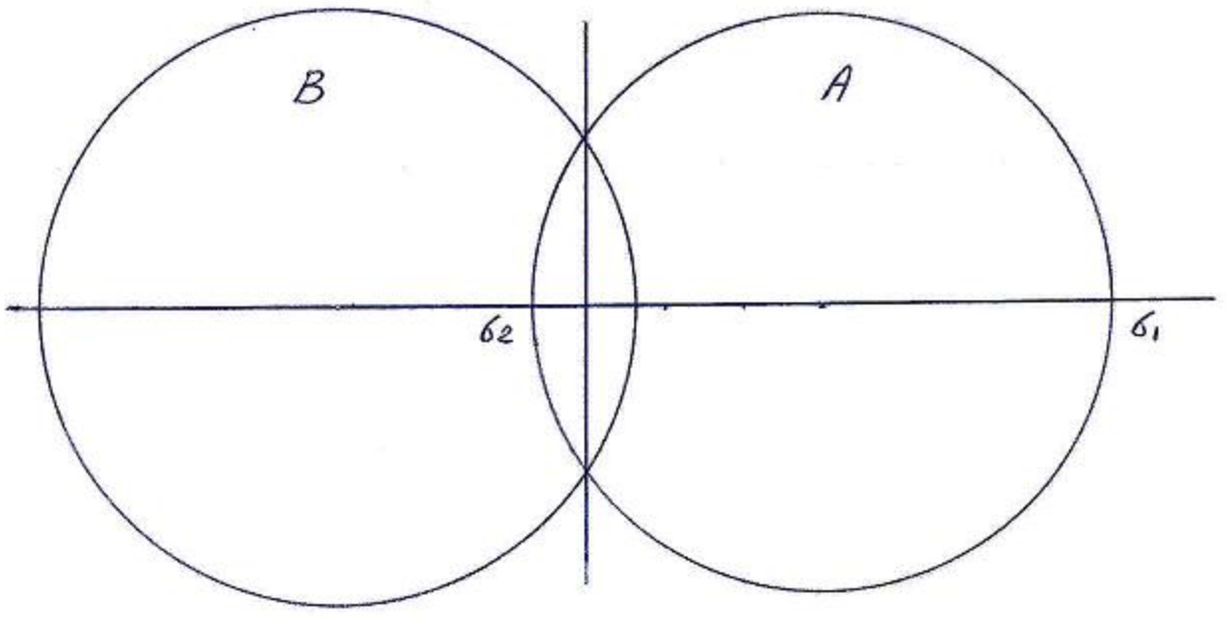
$$\tau_V = \frac{V Q_A}{I t} \xrightarrow{Q_A = 0} \tau_V = 0$$

B)

$$\sigma_c = -0.51 \quad MPa$$
$$\sigma_b = -61.1 \quad MPa$$
$$\tau_T = 40.7 \quad MPa$$







$$R_A = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{\left(\frac{60.6 - 0}{2}\right)^2 + (40.7)^2}$$

$$R_A = 50.7 \ m \qquad O_A \left| \begin{matrix} \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = 30.3 \\ 0 \end{matrix} \right.$$

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

$$R_B = 51 \ m \qquad O_B \left| \begin{matrix} \frac{-61.6}{2} = -30.8 \\ 0 \end{matrix} \right.$$

$\sigma_{1A} = 81 \ MPa$

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

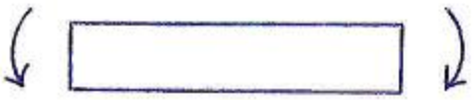
نکته - هر دو نقطه که روی دایره مور 180° اختلاف داشته باشند روی المان 90° اختلاف دارند.

فرمول‌ها :

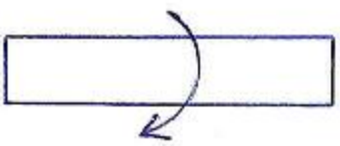
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

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

- دایره توپر: $\tau_{max} = \frac{4}{3}\frac{V}{A}$
- دایره توخالی: $\tau_{max} = 2\frac{V}{A}$
- مربع و مستطیل: $\tau_{max} = \frac{3}{2}\frac{V}{A}$



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



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

فشاری - $\Delta = \frac{PL}{AE}$

پیچشی - $\varphi = \frac{TL}{GJ}$

خمش - $\frac{d^2W}{dx^2} = \frac{M}{EI}$ $\quad W$ - خیز

- از کتابهای دستی بدست می‌آید و یا از روشهای مقاومت مصالح محاسبه می‌شود.

K (ضریب فنریت) :

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

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

L - Load

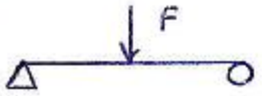
D - displacement

$$\Delta = \frac{PL}{AE}$$

$$K = \frac{AE}{L}$$

$$y = \frac{PL^3}{3EI}$$

$$K = \frac{3EI}{L^3}$$



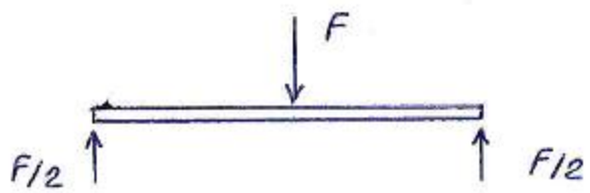
$$y = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$K = \frac{48EI}{L^3}$$

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

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

مثال -

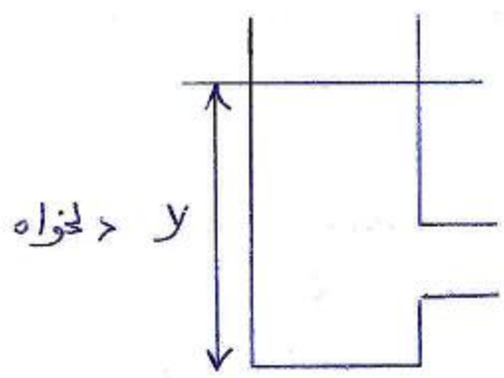


$$Q = \frac{F}{2}\langle x-0\rangle^{-1} - F\langle x-\frac{l}{2}\rangle^{-1} + \frac{F}{2}\langle x-l\rangle^{-1}$$

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

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

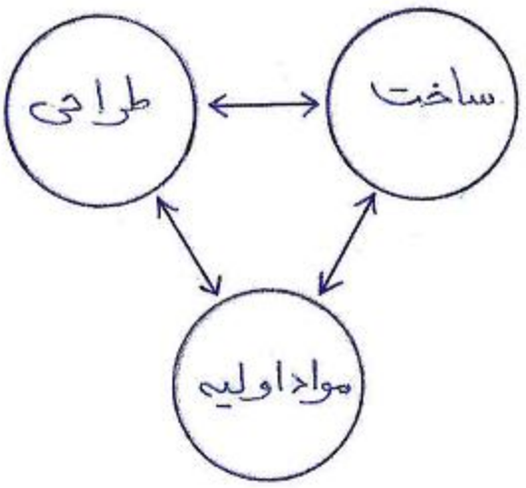
پروژه - می خواهیم ارتفاع مایع را در هر لحظه دلخواه در مخزن ثابت نگه داریم.



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 - اصطکاک
5 - خواص مغناطیسی و الکتریکی و حرارتی
6 - وزن و حجم
7 - قابلیت رشته گری و آهنگری
8 - قابلیت ماشینکاری

اصطلاح های معمول

1- tone = تن وزنی معادل 1000 kg .
2- tune = تن حجمی معادل حجم یک تن آب .
3- هموژن = ماده‌ای که در کلیه جهات خواص یکسان ندارد (نه در نقاط) .
4- ایزوتروپ = ماده‌ای که در کلیه جهات خواص یکسان دارد .
5- الاستیسیته = جسم پس از برداشتن بار به حالت اولیه برگردد .
6- پلاستیسیته = جسم پس از برداشتن بار به حالت اولیه برنگردد .

7- نرمی = جسم تحت کشش تغییر فرم قابل توجهی دهد .
8- چکش خواری = جسم تحت فشار تغییر فرم قابل توجهی دهد .
9- چقرمگی = انرژی جذب شده است تا نقطه شکست .
10- تراکم پذیری = جسم تحت بار تغییر حجم می دهد .

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 .

* St یعنی ورق نرم شده
* RSt یعنی ورق بیات و خشک (برای برشکاری)
* بَندیل - تعداد ورقهائی که چهارگوش 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 درو پنجره سازی : توسط سیستمهای غلطک کاری و خم کاری از ورق تهیه می شوند .

5 - میل گردها و شش پرها : با اکستروژن تولید می شوند .

6 - فرمهای استاندارد فرم دهی (بیلت ، Bar ، قرص و ....)

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

Stress Concentration — تمرکز تنش

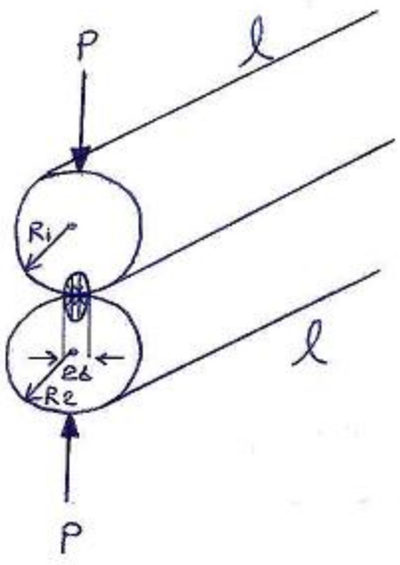
* سه علت اساسی دارد :

1- تغییر در خواص از نقطه‌ای به نقطه دیگر
2- نقاط اعمال نیرو ، فشار ، بار

3- تغییرات هندسی ناگهانی

* در مورد عیب اوّل (معمولاً از روشهای ریخته گری حاصل می شود) از سیستم ۲ ماری استفاده می شود و امروزه اغلب از تکنیکهای فتوالاستیسیته ، آلتراسونیک ، اکو و... استفاده می شود.

تئوری هرتز برای حالت (2)



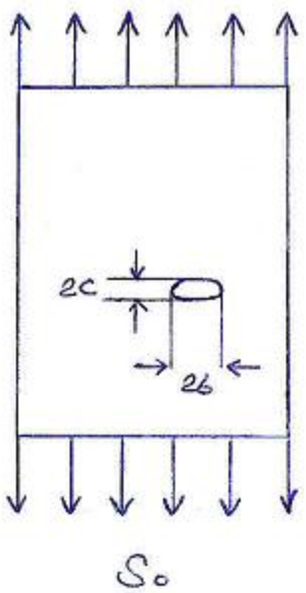
$$b = 2\sqrt{\frac{1-\mu^2}{\pi}\,\frac{P\left(\frac{1}{E_1}+\frac{1}{E_2}\right)}{L\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}}$$

$$P_{max} = \frac{2P}{\pi b L}$$

فرضیات هرتز

1- از حد تناسب خارج نشویم . در حدّ الاستیک خطی که قوانین - هوک حاکم است ناحیه را حدّ تناسب گویند (آلومینیوم حد تناسب خطی ندارد) .
2- تغییر مکانها به نسبت ابعاد قطعه ناچیز باشد .
3- طول b 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 .

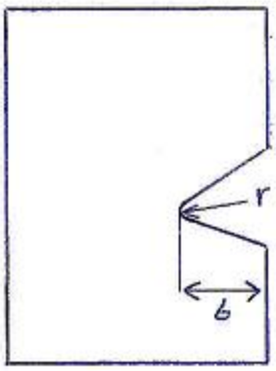


$$\sigma_{max} = S_0 \left(1 + 2\frac{b}{c}\right)$$

دایره : $\sigma_{max} = 3S_0$

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

K_s - ضریب تمرکز تنش



$$\begin{cases} \sigma_{max} = S_0\left(1 + \frac{2b}{r}\right) \\ r = 0 \rightarrow \sigma_{max} \rightarrow \infty \end{cases}$$

*** لذا از گوشه‌های تیز پرهیز می کنیم .

روشهای تجربی بررسی تنش و تمرکز تنش

- Strain gauge ⟶ ۱- کرنش سنج
- photo Elastisity ⟶ ۲- فتو الاستیسیته
- Brittle Coating ⟶ ۳- پوشش ترد

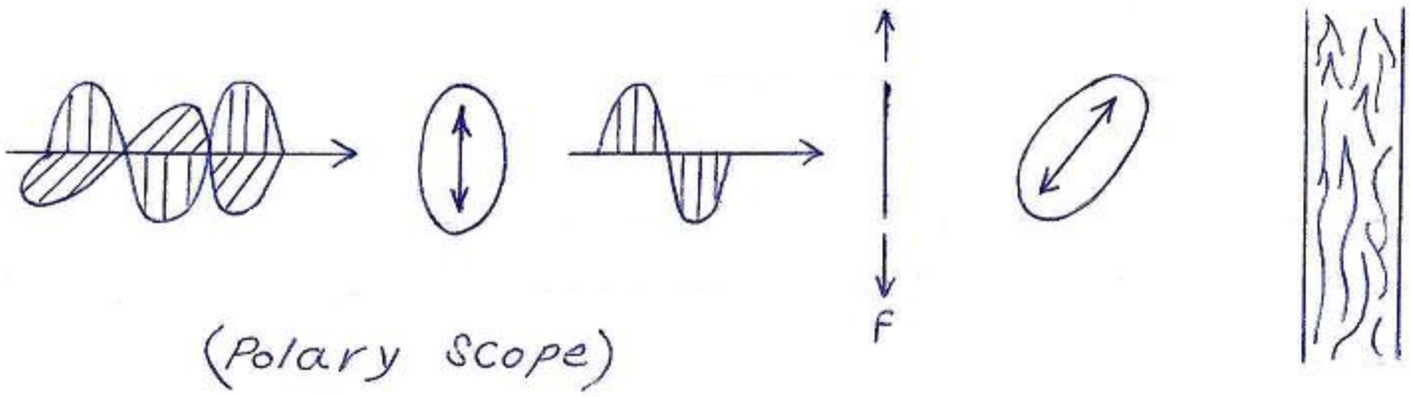
* کرنش سنجهای سیمی :

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

* هنوزهم در سدها بین هزار تا ده هزار کرنش سنج سیمی را مدفون می کنند تا در طول عمر سد بتوانند تنش ها را در نقاط مختلف سد کنترل کنند.

* امروزه سیستمهای دقیق عکاسی جایگزین شده اند.

فتوالاستیسیته : یعنی بهره گیری از نور برای بررسی خواص الاستیکی مواد.



(Polary Scope)

* خطوط سایه روشن نمایانگر تنشهای یکسان است.

---

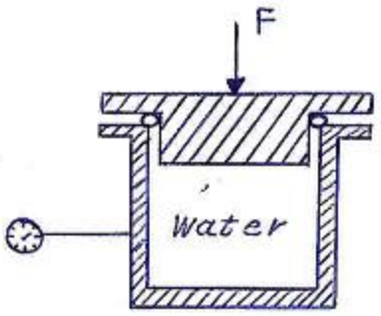
* در صنعت گاهی روی مواد را پوششی نرد (مثل گچ نرم یا رنگ) می کشند. سپس جسم را تحت تنش قرار می دهند و پوشش نرد ترک می خورد و از روی آن می توان تنشها را بررسی کرد.

* در این روش می توان قطعه اصلی را بررسی کرد و قطعه آسیب نمی بیند.

(Home Work)

* ابعاد مخزن : داخلی ϕ 100 x 110 mm

فشار Max $P = 12$ bar

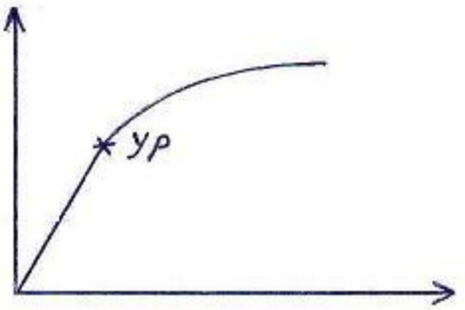


* دستگاهی است برای فشردن هیدرواستاتیکی ژلاتین در ساخت قالبهای دندانپزشکی.

معیارهای تسلیم

1 - تنش نرمال ماکزیمم : تسلیم در ماده وقتی رخ می دهد که یکی از تنشها از تنش تسلیم بیشتر شود.

فرشاد سرایی-مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی-نظارت-اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲



جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران – دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

2 - تنش برشی ماکزیمم : عامل شکست را تنش برشی می گیریم که هرجا از تنش برشی max زیادتر شود - شکست حاصل می شود .

در سه بعد

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

3 - نظریه انرژی واپیچشی : عامل تسلیم را انرژی - می دانند .

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

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

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

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

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

---

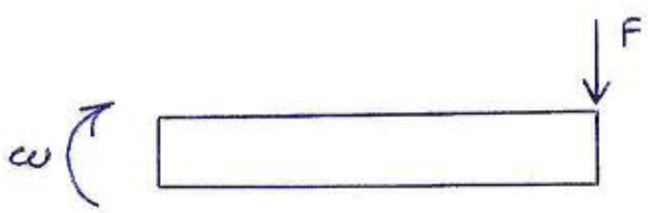
shafts محورها

* شفت ها
  - shafts دوار
  - Axle غیر دوار برای تحمل بار

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

شرایط طراحی

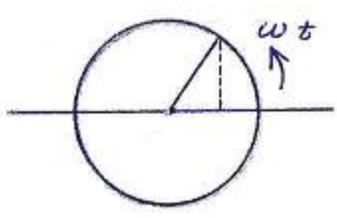
1 - استحکام Strength
2 - صلبیت Rigidity
3 - نیروهای ارتعاشی و دینامیکی (سرعت بحرانی)
4 - خستگی Fatigue



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

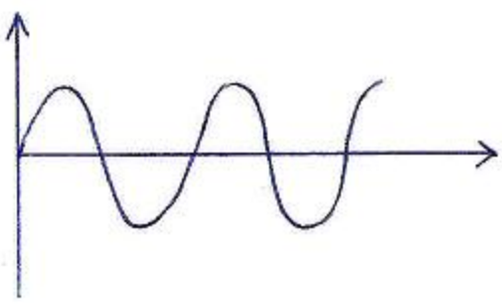
$$A$$

c - فاصله تا تار خنثی



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

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



پس بعلت بار سیکلیک خستگی ظاهر می شود.

گشتاور پیچشی M_t

توپر

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

توخالی

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

ممان خمشی M_b

توپر

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

توخالی

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

بار محوری F_a

توپر

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

توخالی

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

---

* طبق استاندارد (ASME) طبق معیار تنش برشی Max :

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

d_o - قطر خارجی

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

K_b و K_t - ضرائب شوک و خستگی برای محورها

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

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

S_s (تنش مجاز) = 8000 psi = 55 MN/m^2

$0.75 \times S_s$ = 6000 psi = 40 MN/m^2

↓

ضریب تمرکز تنش جای خار

$$S_s = Min \begin{cases} 0.18 \quad UTS \\ 0.3 \quad y.p \end{cases}$$

اگر خواستیم خودمان آزمایش دلخواه - محور بسازیم .

α - ضریب عملکرد ستون

$(\alpha = 1)$: اگر کششی باشد

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044\, L/R} \qquad L/R < 115$$

$$\alpha = \frac{S_y}{\pi^2 n E} \left(\frac{L}{R}\right)^2 \qquad L/R > 115$$

L : طول محور

n : ضریب درگیری پایه

S_y : تنش تسلیم

$R = \sqrt{\frac{I}{A}}$ شعاع ژیراسیون

$$\begin{cases} n = 1 \text{ ساده} \\ n = 2.25 \text{ گیردار} \\ n \text{ (Ball Bearing)} = 1.6 \\ n \text{ (Roller Bearing)} = 2 \end{cases}$$

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

$(F_a \approx 0) \longrightarrow$

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

$$\begin{cases} \theta = \dfrac{M_t L}{G J} \\ \theta = 584\, M_t L / G\,(d_o^4 - d_i^4) \\ \dfrac{d^2 y}{dx^2} = \dfrac{M_b}{E I} \end{cases}$$

1 hp = 0.7457 kW

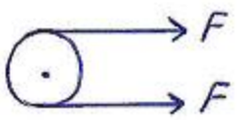
1 hp = 550 ft lb/s

قطر استاندارد محورهای 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

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

تسمه



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

چرخدنده

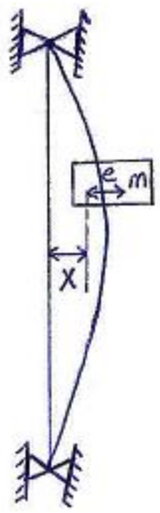
$$M_t = F \times r_p$$

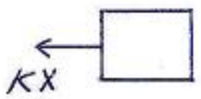
شعاع گام

دور گردانی

اگر فرکانس طبیعی محور و دور آن یکی شود پدیده رزونانس پدید می‌آید و محور خرد می شود.

محور بیوزن





$$KX = m(X+e)\omega^2$$

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

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

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

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

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

محور با وزن

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

(ریلی)

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g \sum_{n=1}^{n} W_n \delta_n}{\sum_{n=1}^{n} W_n \delta_n^2}}$$

W_n – وزن جرم n ام

δ_n – خیز استاتیک جرم n ام

فرشاد سرایی-مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی-نظارت-اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران – دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

* روش رانکین :

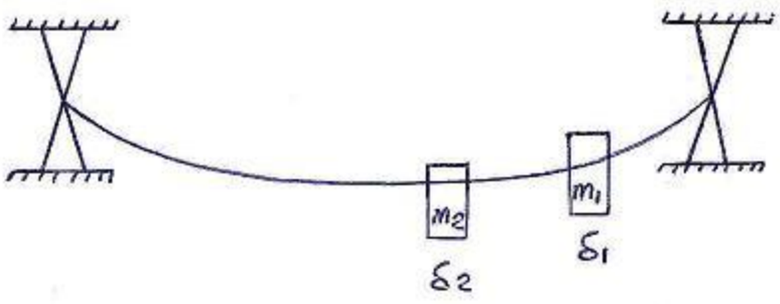
$$\frac{1}{\omega_c^2} = \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} + \frac{1}{\omega_3^2} + \cdots$$

مثال: محور شکل زیر جهت نگهداری چرخدنده m_1 به وزن 220N و فلای ویل به وزن 440N استفاده می شود. خیز استاتیک به ترتیب 0.03 میلی متر و 0.008mm است. سرعت بحرانی را با صرفنظر از وزن بیابید.

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g \Sigma W \delta}{\Sigma W \delta^2}}$$

$$\Sigma W \delta = 1.012 \times 10^{-2} \quad Nm$$
$$\Sigma W \delta^2 = 2.262 \times 10^{-7} \quad Nm^2$$

$$\omega_c = 662.5 \quad Rad/s = 6327 \quad RPM$$



مسأله 1 - یک محور کشتی به قطر 100 mm ، سنگین است و می‌خواهیم وزنش را 10 % کم کنیم . محوری توخالی با همین استحکام طراحی کنید .

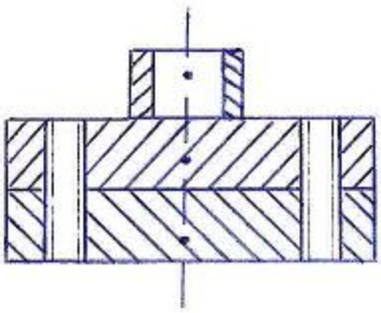
مسأله 2 - یک کشتی بخار با موتور 100KW داریم . می خواهیم قدرت را به یک محور 12 متری منتقل کنیم . جنس محور را فولاد محور فرض کرده و آن را طراحی کنید .

کوپلینگها Coupling

* معمولاً مسائل پس از تولید و تعمیر و... محورهای راننده و رانده شده ازهم جدا هستند و با کوپلینگها به هم متصل می شوند . همچنین بسیاری از ناهنجاریها را با کوپلینگ حذف می کنیم .

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

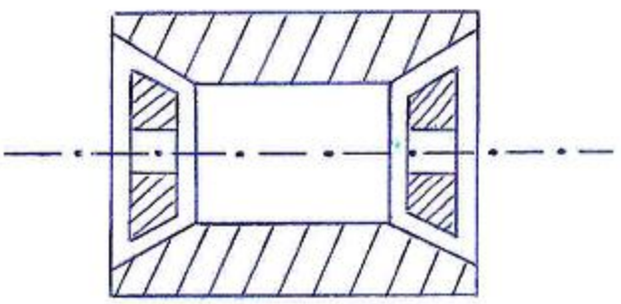
* بهترین کوپلینگ صلب نوع (فلنجی) است .



« فلنج »

* دوّمین کوپلینگ صلب بوشی است .

* نوع سوّم کوپلینگ فشاری است .

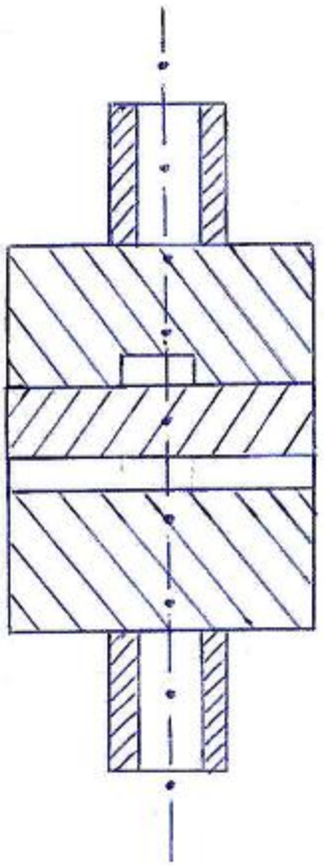


« فشاری »

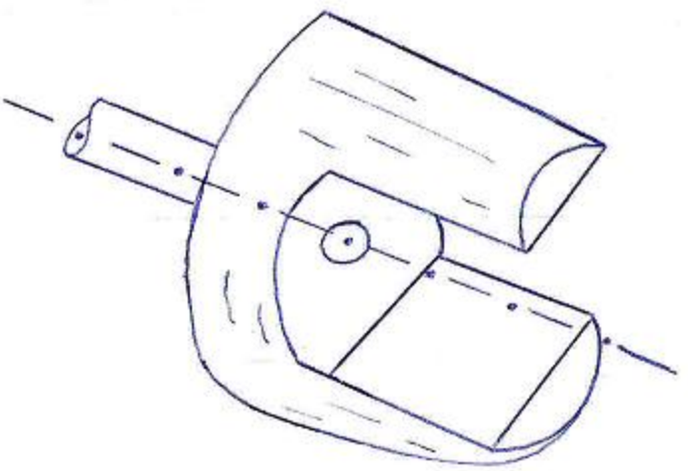
2- کوپلینگ انعطاف پذیر (Flexible)

* به سه علّت از آنها استفاده می شود :

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



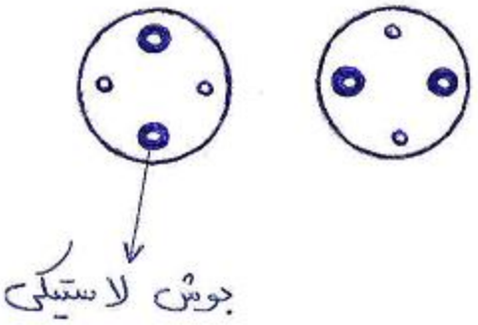
کوپلینگ اُلدهام معمولی



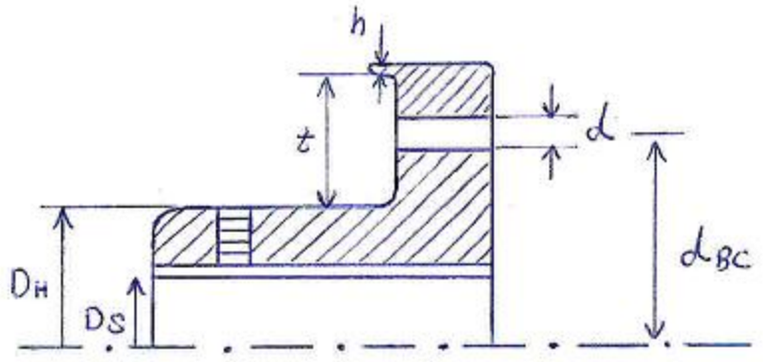
کوپلینگ اُلدهام آمریکائی

کوپلینگ پنجه ای

« کوپلینگ آوراکس »



طراحی کوپلینگ



D_S - قطر شفت

D_H - قطر توپی

t - گوشت جداره فلنج

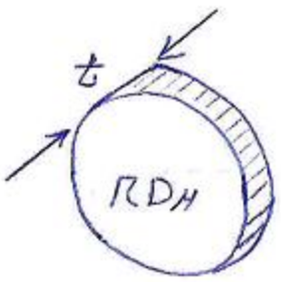
h - قطر لب برگرد

d - قطر سوراخ پیچ

d_{BC} - قطر دایره‌ای که مرکز پیچ ها روی آن قرار دارد.

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

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



$$A = \pi D_H t$$

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

t - تابع محدودیت ساخت است .

مثال - یک کوپلینگ صلب فلنجی دارای قطر سوراخ محور 50 mm می باشد. چهار پیچ روی دایره‌ای به قطر 125 mm نصب شده‌اند. 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.

$D_S = 50\ mm$

$UTS = 550\ MPa$

$YP = 345\ MPa$

45

$M_t = ?$

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

$K_t \to 1$, $M_b \to 0$

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

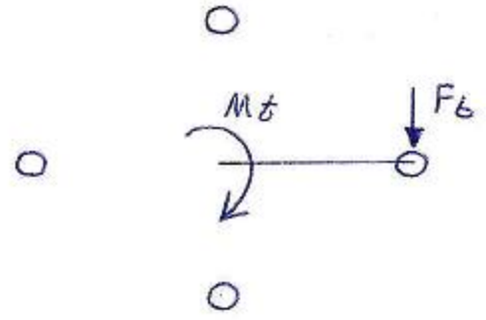
$$M_t = \frac{D_s^3 \pi S_s}{16} = \frac{(50 \times 10^{-3}) \times 3.14 \times (0.75 \times 99)}{16}$$

جلی خار

$99\ MPa = 0.18\ UTS$ (کوچکتر است)

$103.5\ MPa = 0.3\ yp$

$M_t = 1823\ N-m$



سه روش برای طراحی Coupling

1- کلیه گشتاور توسط تنش برشی میانگین منتقل می گردد.
2- تنش برشی max در پیچها $\frac{4}{3}$ تنش میانگین 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 صرفنظر می‌شود 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 -

$$F_b = \frac{2M_t}{n D_{BC}}$$

$$S_{sav} = \frac{4F_b}{\pi d^2} \rightarrow$$

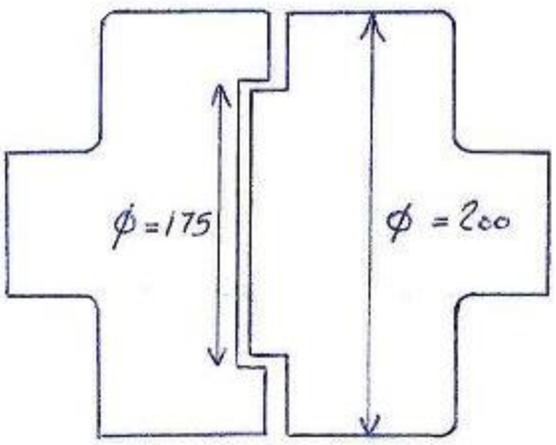
n - تعداد پیچها

$$d = 0.00968 \approx 10mm$$

(اما) $S_{all} = \frac{4}{3} S_{av} \rightarrow$ $d = 0.0112mm$

Ss alle را برای پیچ هم 99 قرار دادیم چون پیچ با محور هم جنس است.

مثال - فرض کنید کوپلینگ ذیل موجود است :



فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

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

I) Max قدرتی که توسط اصطکاک منتقل می شود پیدا کنید.
II) Max ظرفیت قدرتی محور چقدر است ؟

$$M_t = F_M R_f = 132 \times 10^3 \times 0.15 \times 0.0939 = 1859 \ N\text{-}m$$

$$P_f = T\omega = 1859 \times 300 \times \frac{2\pi}{60}$$

$$P_f = 58.4 \ KW$$

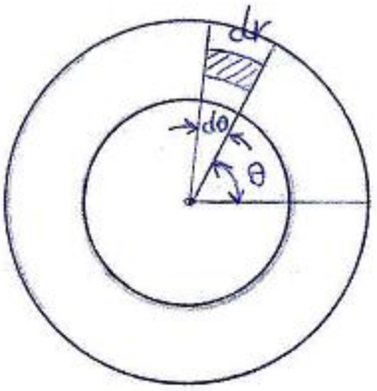
$$R_f = \frac{2}{3}\left(\frac{R_o^3 - R_i^3}{R_o^2 - R_i^2}\right) = 0.0939 m$$

$$M_t = \frac{S_s \pi D^3}{16} = \frac{93 \times 10^6 \times 0.75\pi (50 \times 10^{-3})^3}{16}$$

$$M_t = 1712 \ N\text{-}m$$

$$P_S = 1712 \times 300 \times \frac{2\pi}{60} = 53.7 \ KW$$

* یعنی هیچ نیروئی بر پیچها وارد نمی شود ، پس گشتاور منتقل توسط اصطکاک هم ناچیز نیست ، اینها صرفنظر می شود .



$$df = p\mu dA$$

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

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

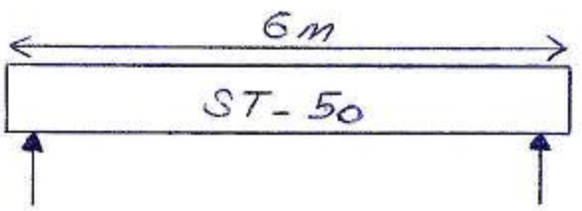
$$M_t = F\mu \frac{1}{\pi(r_o^2 - r_i^2)} \int_{r_i}^{r_o} \int_{0}^{2\pi} r^2 \, dr \, d\theta \quad \rightarrow$$

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

ST - 37

$$\begin{cases} UTS = 3700 \ kg/cm^2 \\ y.p = 2000 \ kg/cm^2 \\ \sigma_{all} = 1200 - 1600 \ kg/cm^2 \\ \tau_{all} \approx 800 \ kg/cm^2 \end{cases}$$

مسئله -



* محور کشتی روی دو یا تا تا مان قرار دارد به قسمی که می توان از بار محوری صرفنظر کرد. می خواهیم $P = 40\,KW$ را در دور تقریباً $n = 300\ rpm$ انتقال دهیم.

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

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

$$S_s = 0.18\ UTS = 0.18\ (500) = 90\ MPa$$

* نیاز به جای خار نداریم چون روی تکیه گاه قرار دارد.

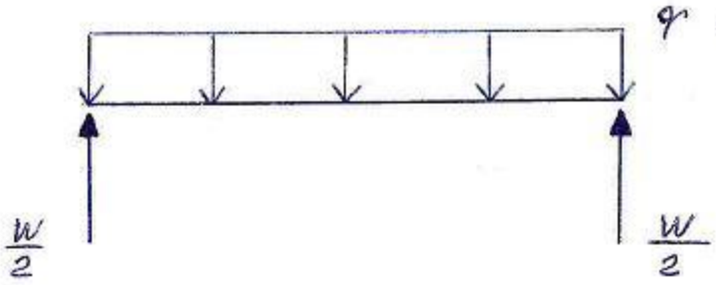
$K_t = 1.5$ * تا کشتی با آرامش حرکت کند.

$$M_t = \frac{P}{\omega} = \frac{40000 \times 60}{300 \times 2\pi}$$

$K_b = 1.5$

$M_b = q\frac{L^2}{8}$ (max) * گشتاور خمشی Max

وزن $q = \frac{W}{L}$



$$M_b = \frac{W}{L}\left(\frac{L^2}{8}\right) = \frac{WL}{8}$$

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

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

* اوّل فرض می‌کنیم $M_b = 0$:

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

$$d = 47\ mm$$

* حال d را مساوی داده M_b را می‌یابیم و دوباره در فرمول (d^3) قرار می‌دهیم :

$$M_b = 612.86$$

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

$$d = 49\ mm$$

* پس در عمل $(d = 50\ mm)$ را در نظر می‌گیریم.

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

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

$S_s = 90\ MPa \times (0.75)$

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

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

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

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

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

مثال - یک محور قایق موتوری داریم . مشخصات موتور - ($P = 3\ kW$ و $n = 800\ rpm$) . سرعت - خطی $V = 15\ m/s$. جنس ST - 50 است .

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

* چون بین V-B و پروانه متصل به شفت فشار وجود دارد لذا بار محوری فشاری داریم .

$S_S = 67.5\ MPa$

$K_t = 2$

$K_b = 2$

$$M_t = \frac{h}{\omega} = \frac{3 \times 10^3 \times 60}{1600\pi} = 35.81\ N.m$$

$M_t = 40\ N.m \longrightarrow M_b = 0$

(فرض می کنیم $d = 15mm$) $\longrightarrow$

$l = 0.1\ m$

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\pi d^4 (4)}{64\pi d^2}} = \frac{d}{4}$$ شعاع ژیراسیون

$\rightarrow \quad K = 0.004 \quad \rightarrow$

$\frac{\ell}{K} = 25$

$\alpha = \frac{1}{(1 - 0.0044)\frac{\ell}{K}} \rightarrow \alpha = 1.12$

فرمول مهم : $Fa.V = \underbrace{\eta \times P}_{\text{توان حرکتی}}$

* راندمان ۶۰٪ یا ۷۰٪ است.

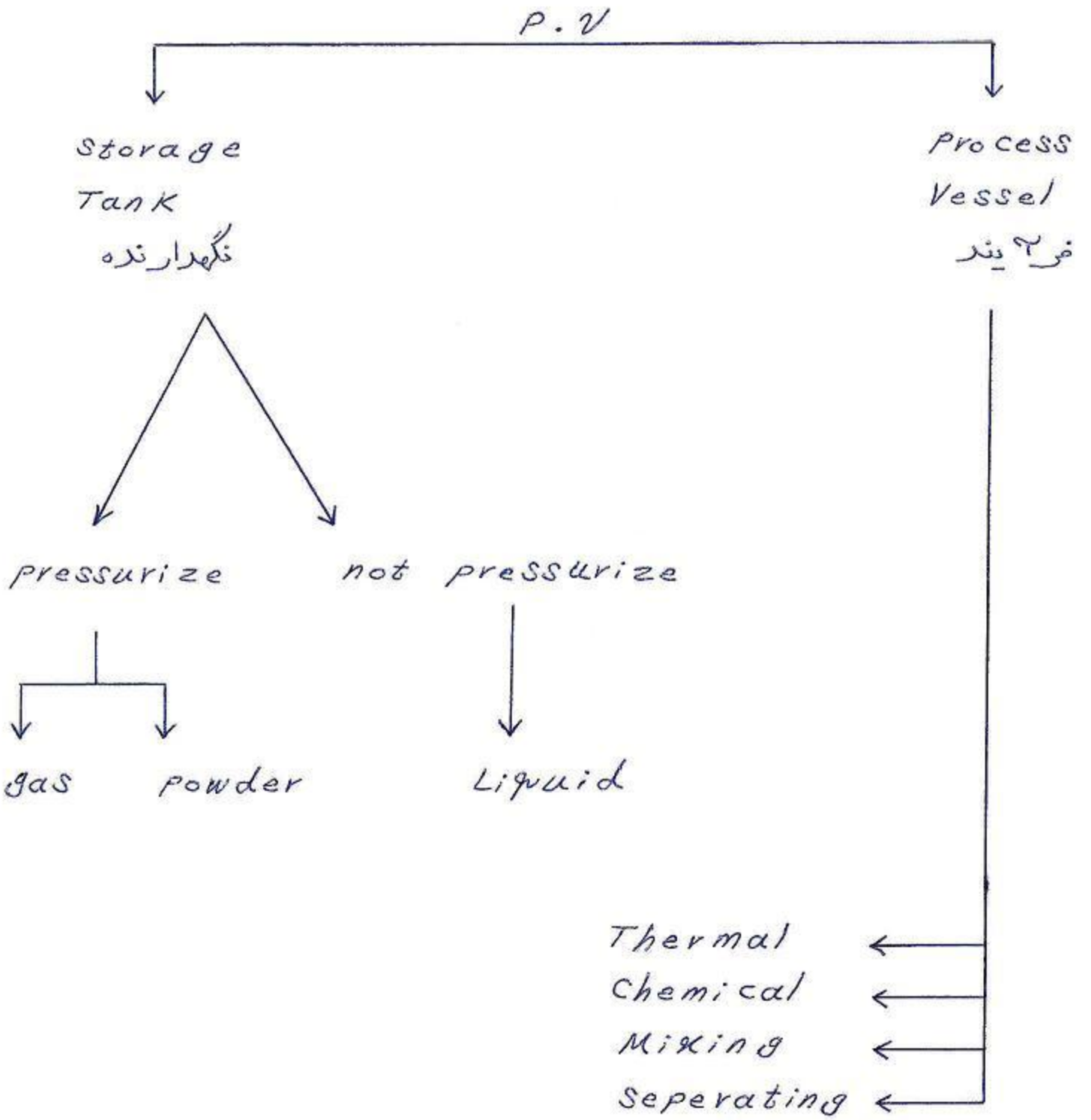
$\eta \times P = 1.8 \ kW$

$1800 = Fa \times 15 \rightarrow$

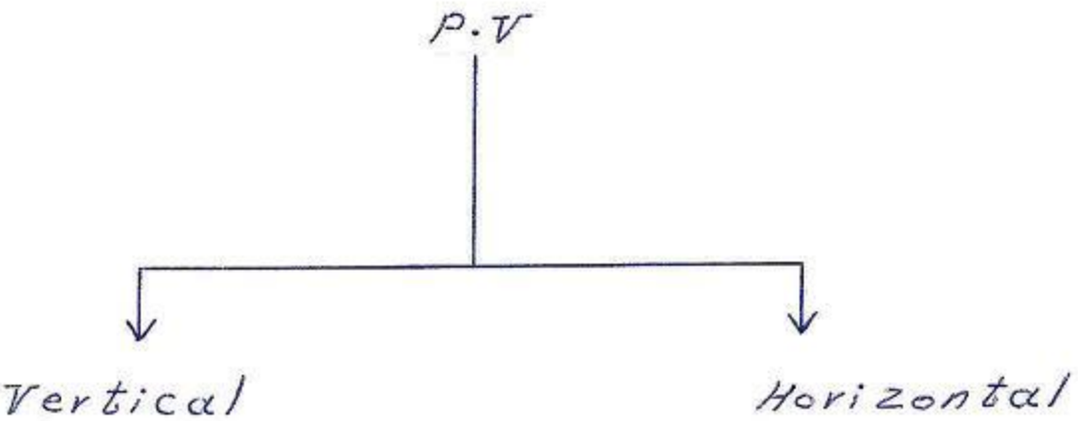
$Fa = 120 \ N$

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

مخازن تحت فشار



دسته بندی دوّم براساس استقرار مخازن :



مخازن از (۳) قسمت تشکیل شده‌اند :

1- Shell & Heads
- Spherical shell
- Cylindrical "
- hemispherical
- Conical
- Dish
- elipsoidal
- Flat

2- Opening (دریچه‌ها)

* man hole
* hand hole
* Bank
* Tube
* Nozzle
* Down Commer ↓ جریان سیال حتماً
* riser ↑ جریان سیال حتماً
* gage hole

3- atachment (ملحقات)

* Ladder نردبان
* platform سکو
* Seperator
* Saddle زین اسبی (مخازن افقی)
* Skirt دامنی (مخازن عمودی)
* Lifting Lug

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

محاسبات مخزن

« استوانه »

معمولاً صرفنظر می شود.

$$\sigma_{rr} = -P_i \quad (r = r_{in})$$
$$\sigma_{rr} = 0 \quad (r = r_{out})$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{P_i R}{t}$$ محیطی

$$\sigma_{zz} = \frac{P_i R}{2t}$$ طولی

« کره »

$$\sigma_{rr} = P_i \quad (r_{in})$$
$$\sigma_{rr} = 0 \quad (r_{out})$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{P_i R}{2t}$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = \frac{P_i R}{2t}$$

---

* کد (ASME) برای :

Boiler & pressure vessel

(Section (VIII) DIV (I))

UG - 27

Cyl - Shell

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \qquad P = \frac{SE}{R + 0.6t}$$

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$$

Sph - Shell $\quad t = \dfrac{PR}{2SE - 0.2P}$

- P - فشار
- R - شعاع داخلی مخزن
- t - ضخامت
- S - تنش مجاز
- E - ضریب یکپارچگی (Ligament Efficiency)

* هر واحدی می توان گرفت به شرطی که همه را از یک دسته آحاد انتخاب کنیم. (مثلاً همه را از SI)، چون که فرمولهای ASME اغلب بدون بعد هستند.

راندمان یکپارچگی : (0.85 - 0.95)

۱- عدم یکپارچگی ساخت

(Hot roll) 0.9
(Cold roll) 0.85

(Hot press) 0.85
(Cold press) 0.8

۲- عدم یکپارچگی جوشکاری

(Full radiographic Test) 1
(Spot Examin انتخابی) 0.85
(Not Test) 0.7

* در ASME گفته حتماً مخازن را (رادیوگرافی) کنیم.

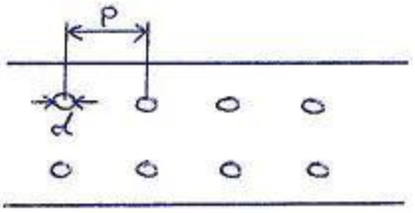
۳- عدم یکپارچگی سوراخ

الف- سطوح جبرانی (عیناً سطح برداشته شده را در همان صفحه قرار می دهیم)

ب- اگر سوراخها زیاد باشد از ضریبی استفاده می شود:

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

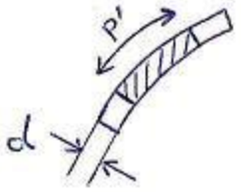
Long Tudenal - I



(P - گام طولی)

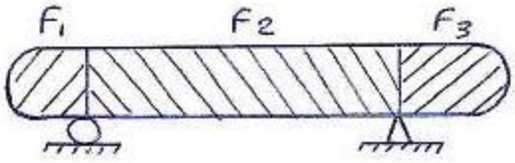
$$E_c = \frac{P'-d}{2P'}$$

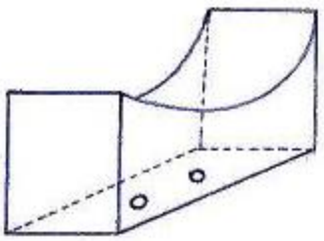
II - محیطی



(P' - گام محیطی)

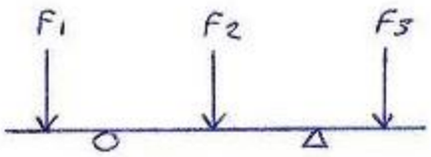
* برای هر پوسته مجزا کوچکترین راندمان یکپارچگی (E) را (که از قسمتهای 1 و 2 و 3 حاصل شده) در نظر می‌گیریم.





(Saddle)

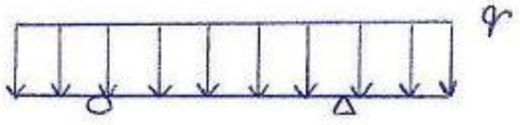
---

* 

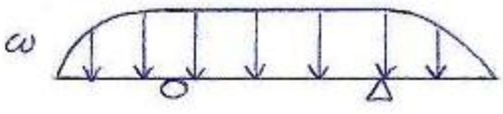
①

$$\begin{cases} \sigma_b = \dfrac{MC}{I} \\ \sigma_b + \sigma_{zz} \leq \sigma_{all} \end{cases}$$

برای هر سه حالت

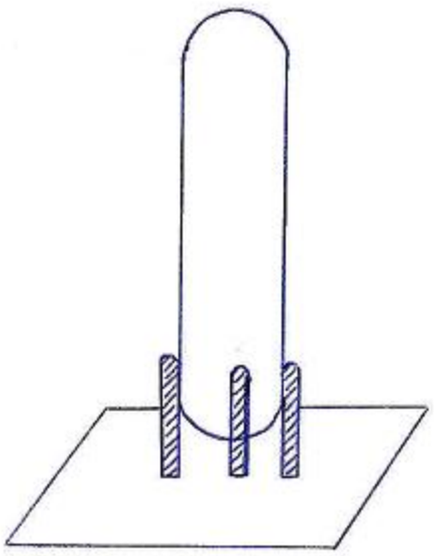
* 

②

* 

③

فرشاد سرایی- مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی- نظارت- اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲



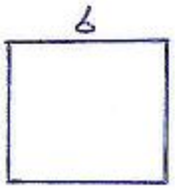
* مخزن عمودی را روی skirt قرار می دهند. معمولاً در مخازن عمودی فشار هیدرواستاتیکی باید منظور شود.

خارها، پین ها و هزار خارها

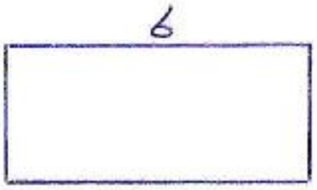
(PINS & KEYS) و splines

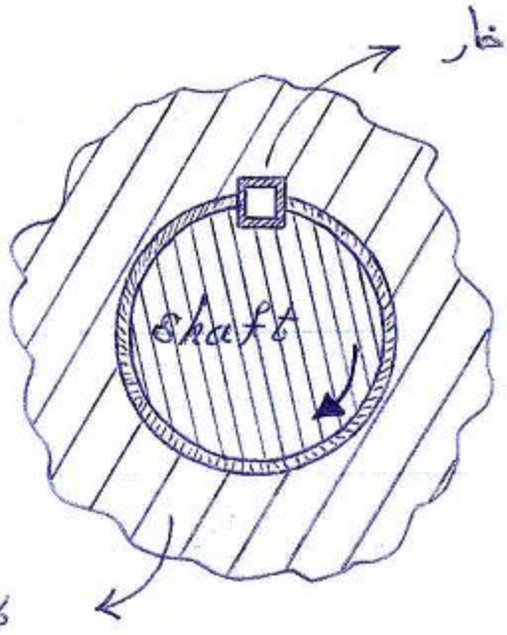
* خارها برای نصب توپی ها روی محور بکار می روند. گاهی خارها توپی ها را کاملاً قفل می کنند و گاهی به آنها اجازه حرکت محوری می دهند.

1 - خار مربعی



2 - خار مستطیلی

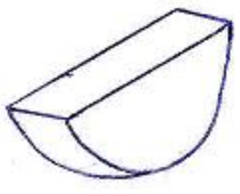




(برش تصویر از جلو)

* معمولاً از خار جهت نیز اطمینان استفاده می شود مگر در حالتی که مسئله ایمنی مطرح باشد.

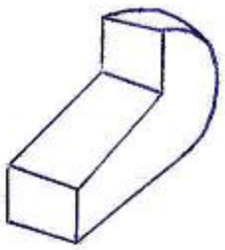
3 - خار Wood roff



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

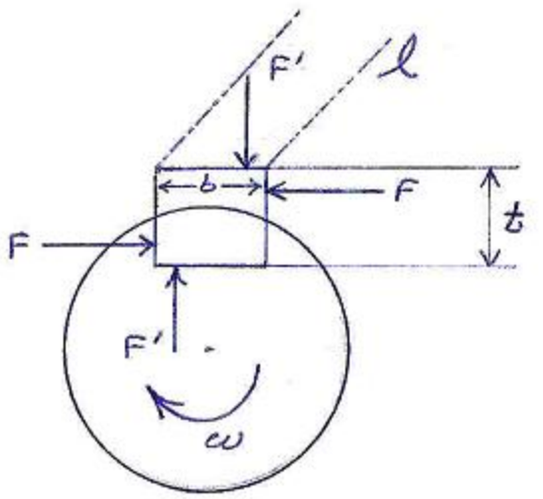
4- خار تخت گوه ای : سیستم را قفل می کند.

5- خار ناخنی یا (گیبر)



6- خار کِندی : خاری مربعی است که درهنگام نیاز به تعداد زیاد خار از آن استفاده می‌شود.

محاسبات خار



$$\begin{cases} S_s = \dfrac{F}{b \cdot l} \\ S_c = \dfrac{F}{t/2 \cdot L} \end{cases}$$

$(M_t = F \cdot r)$

$S_s = \dfrac{M_t}{b L r}$	تنش برشی
$S_c = \dfrac{2 M_t}{t L r}$	تنش لهیدگی

$$M_{ts} = M_{tc}$$

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

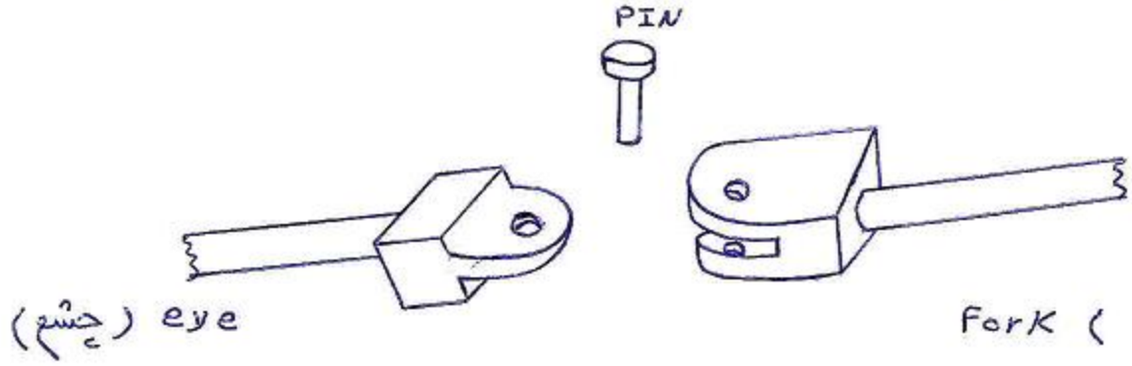
$b = t$

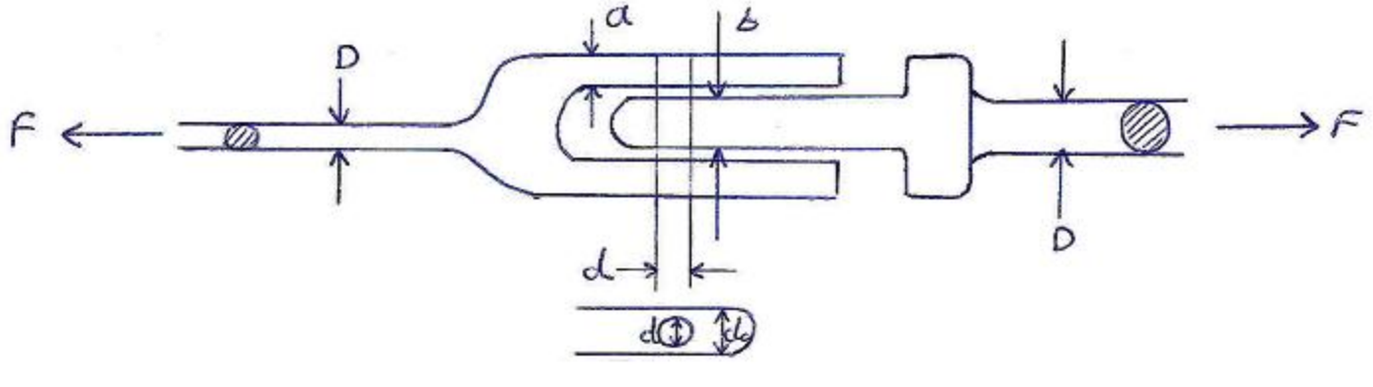
* از نظر تئوری خار مرجعی ایده‌آل و خوب است امّا در عمل هم خارها را مستطیلی می‌گیرند چون جنس خارها خشک است و تنش لهیدگی بالائی دارند و در ضمن به این طریق می‌توان کمتر از Hub و Shaft برداده برداری کرد.

پین ها

* پین‌ها سطوح گردی هستند که تمرکز تنش را کم کرده و در ضمن تنش برشی خوبی را تحمل می‌کنند.

اتصال پینی :





1 - کشش میله اتصال $S_t = \frac{4F}{\pi D^2}$

2 - کشش چشمه ناشی از پین $S_t = \frac{F}{(d_0 - d)b}$

3 - برش چشمه ناشی از پین $S_s \approx \frac{F}{(d_0 - d)b}$

4 - لهیدگی چشمه ناشی از پین $S_c = \frac{F}{db}$

* چنگک (ناشی از پین) :

1 - کشش $S_t = \frac{F}{(d_0 - d)2a}$

2 - برش $S_s \approx \frac{F}{(d_0 - d)2a}$

3 - لهیدگی $S_c = \frac{F}{2da}$

* تنش های وارده بر پین :

1 - لهیدگی ناشی از چشمه $S_c = \frac{F}{db}$

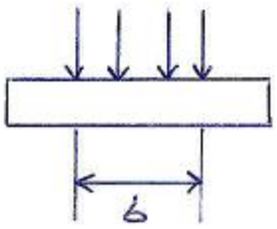
2 - لهیدگی ناشی از Fork $S_c = \frac{F}{2da}$

3- برش پین

$$S_s = \frac{2F}{\pi d^2}$$

4- خمش پین

$$S_b = \frac{4Fb}{\pi d^3}$$

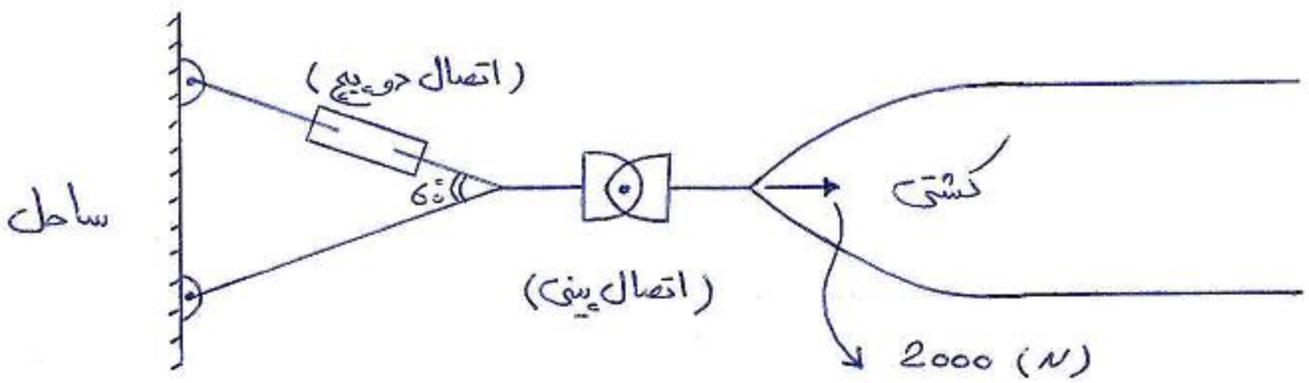


$$M_b = \frac{Fb}{8}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \qquad c = d/2$$

$$S_b = \frac{Mc}{I} = \frac{4Fb}{\pi d^3}$$

مثال -



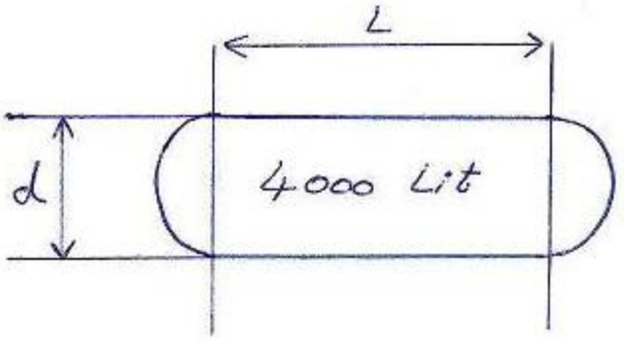
* محاسبات اتصالات را انجام دهید .

هزارخار Spline

* گاهی میزان گشتاور منتقله زیاد است و یا گاهی ماهیت بار حرکات محوری هستیم که بطور دقیق انجام شود لذا از هزارخار استفاده می شود و آن محوریست که خارها را با آن یکپارچه کرده ایم.
چون محور ضعیفتر از Hub است لذا خارها را با آن یکپارچه می کنیم. در سیستمهای چند خاره باید ضریب همزمانی را مدّ نظر داشت. هزارخارها بردو نوعند: (ساده - اینولوت).
مصرف هزارخارها بیشتر در گیربکس ها است.

مثال از قبل -

مخزن مقابل را با ST-37 طراحی کنید باتوجه به این که در کارگاه تنها ورق 5 mm داریم. ($\sigma_{all} = 1600\ kg/cm^2$)



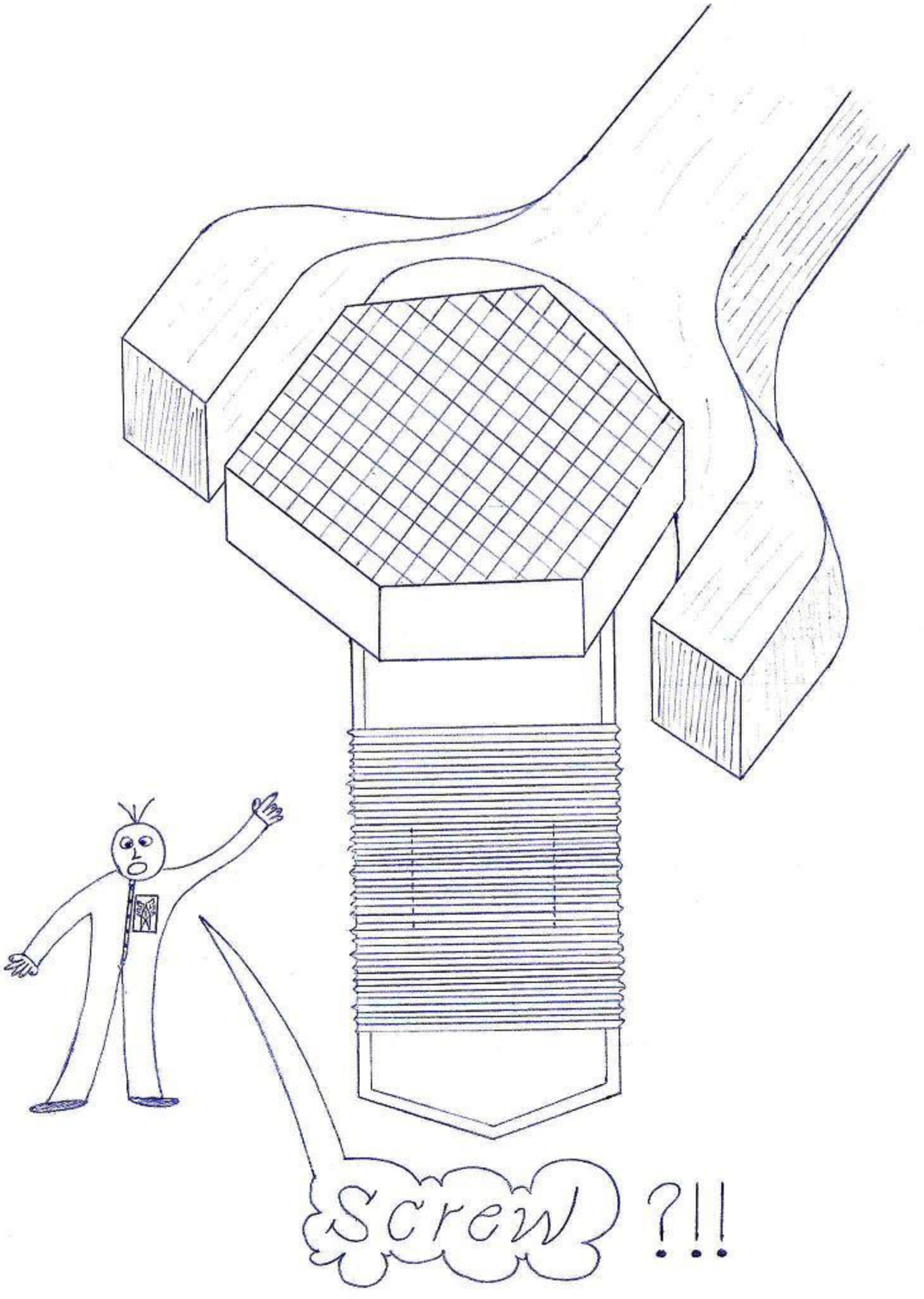
(P = 10 bar)

اتصالات Fasteners

* اتصالات در طراحی و صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد و معمولاً اغلب قطعات را نمی‌توان یکپارچه ساخت.

* اتصالات
  - 1- اتصالات باز شو : به کرات می‌توان آنها را باز و بسته کرد مثل- پیچ
  - 2- اتصالات دائم : مثل جوش
  - 3- اتصالات نیمه دائم : مثل پرچ که اگر بخواهد باز شود تنها به اتصال دهنده آسیب می‌رسد.

پیچ‌ها (Screw)
- Power Screw
- Fastener Screw


Screw ?!!

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

پیچها و مهره ها

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

* انواع پیچها :

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

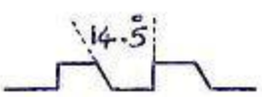
2- دنده‌ای انحنا دار

3- ویت ورث

4- پیچ دندانه دار مربعی (برای انتقال قدرت)

5- دندانه‌دار ذوزنقه‌ای

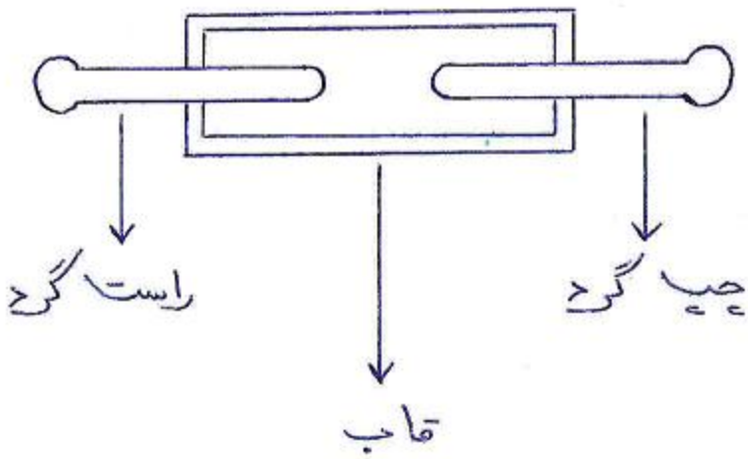
6- دندان اره‌ای



* تمام روابط میله ها را می توان برای پیچ نوشت . مثلاً $\sigma = \frac{F}{Aeq}$
اگر بخواهیم در ناحیه (safety) کار کنیم معمولاً Aeq را - معادل مساحت قسمت ریشه پیچ در نظر می گیریم و I و J راهم برهان مبنا محاسبه می کنیم .

* یا این که قطرمان را می گیریم : $\left(D = \frac{do + dR}{2} \right)$.

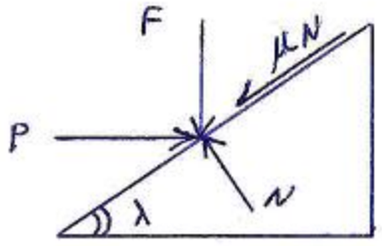
دو پیچ :



(St - 37) $\sigma_{all} = 1600 \ kg/cm^2$
$\tau_{all} = 800 \ kg/cm^2$

پیچهای انتقال قدرت

* باید دانست که چه گشتاوری لازم است ؟



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

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

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

بالا بردن

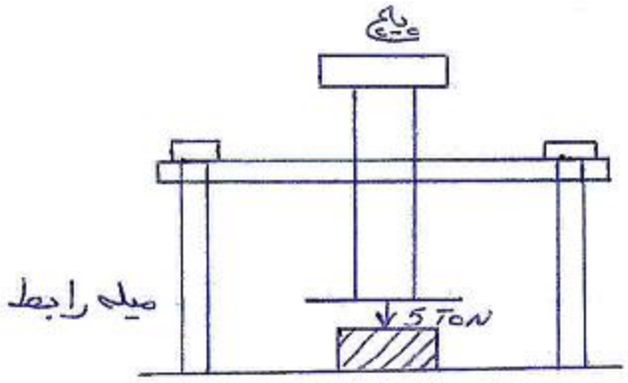
$$P = \frac{F(\mu\cos\lambda - \sin\lambda)}{\cos\lambda + \mu\sin\lambda}$$

پایین آوردن

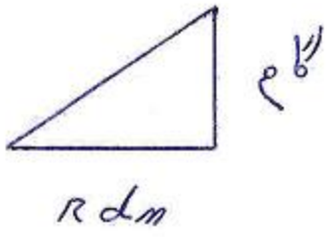
ساده شده : $P = F\dfrac{\tan\lambda + \mu}{1 - \mu\tan\lambda}$

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

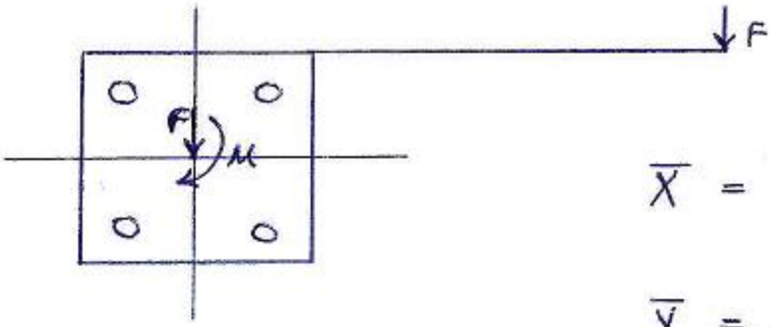
مثال -



* مطلوبست محاسبه T و میله های رابط و بلبرینگ.

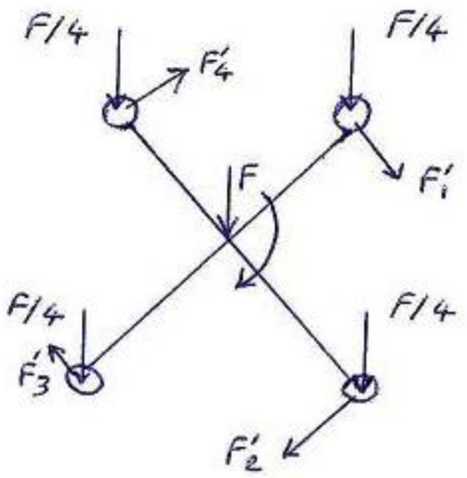


بلبرینگ در سیستمهای (support)



$$\bar{X} = \frac{\bar{\Sigma} X_i A_i}{\bar{\Sigma} A_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\bar{\Sigma} y_i A_i}{\bar{\Sigma} A_i}$$

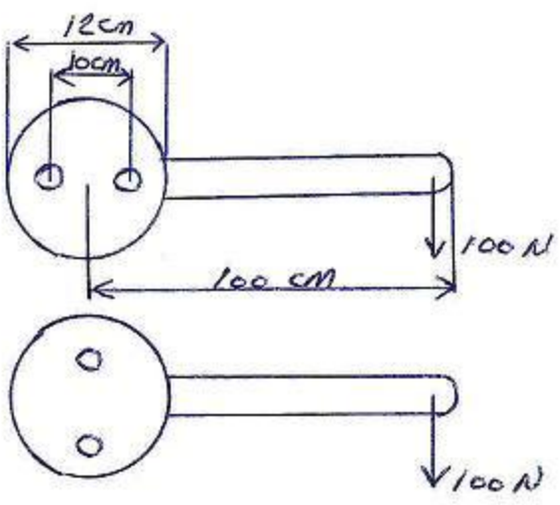


$$\begin{cases} \dfrac{F'_1}{r_1} = \dfrac{F'_2}{r_2} = \dfrac{F'_3}{r_3} = \cdots & \text{(معادله ۱-۱)} \\ \sum F_i r_i = M & \text{(معادله 1)} \end{cases}$$

* چون معمولاً پیچها نسبت به مبداء متقارن هستند :

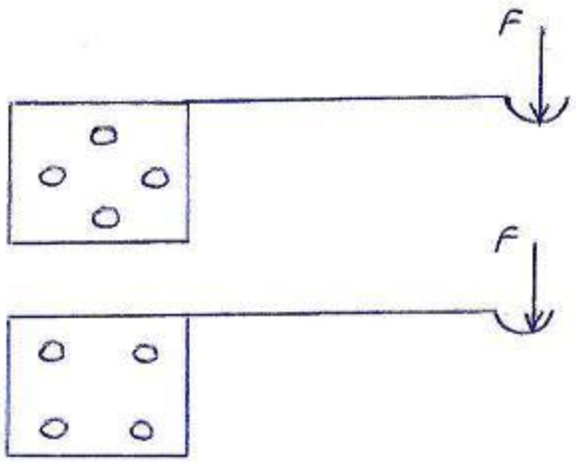
$$* \quad F'_i = \frac{M}{n r_i}$$

مسأله -



1- کدام دستک بهتر است؟
2- محاسبه قطر پیچها.
3- ابعاد دستک (مستطیلی)

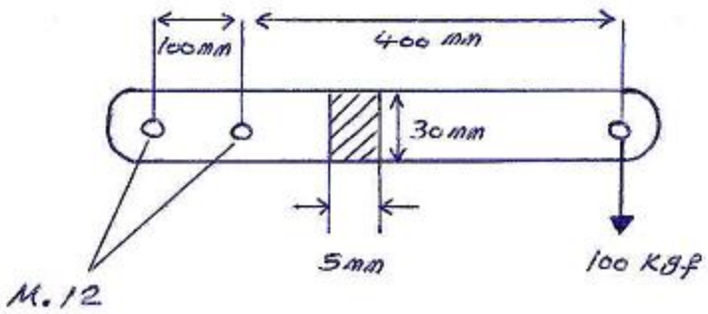
مسأله -



* کدام بهتر است؟

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

مسئله -

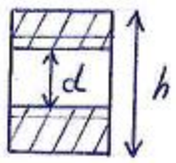


τ_{max} در پلاکها = ?

$\sigma_{b\,max}$ در تیر = ?

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

$$I = \frac{1}{12} b (h^3 - d^3)$$



$$I = \frac{5(30^3 - 12^3)}{12} = 10530$$

$$c = 15$$

$$M = 100 \times 400 = 4 \times 10^4 \quad kgf.mm$$

$$\sigma_b = \frac{4 \times 10^4 \times 15}{10530} = 56.9 \quad kgf/mm^2$$

$$F' = \frac{M}{L} = \frac{100 \times 450}{100} = 450 \ kgf$$

$$V_1 = 450 - 50 = 400 \ kgf$$

$$V_2 = -500 \ kgf$$

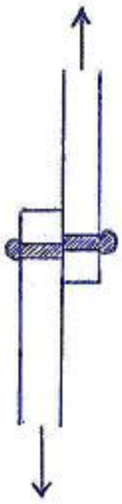
$$\tau = \frac{V Q}{I t} = \frac{4}{3} \frac{V}{A}$$

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} \frac{500}{\pi (10)^2/4} = 8.48 \ kgf/mm^2$$

پرچ و جوشکاری

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

« روشهای انقطاع پرچ » :

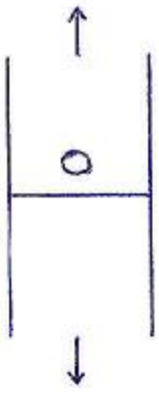


1- برش خالص

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

2- خمش

3- کشش



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

4- لهیدگی

5- تمرکز تنش

* جوشکاری : (Welding)

* وقتی بکار می رود که مایلیع قطعه یکپارچه باشد.

انواع جوش :

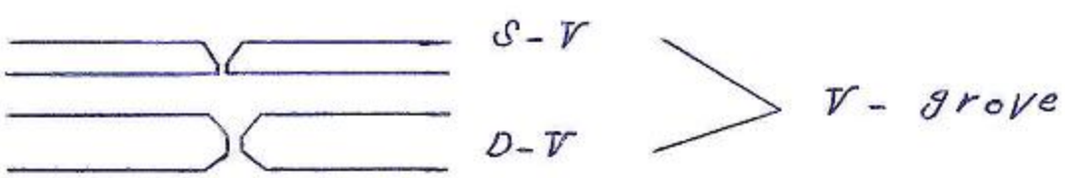
1- جوش لب به لب

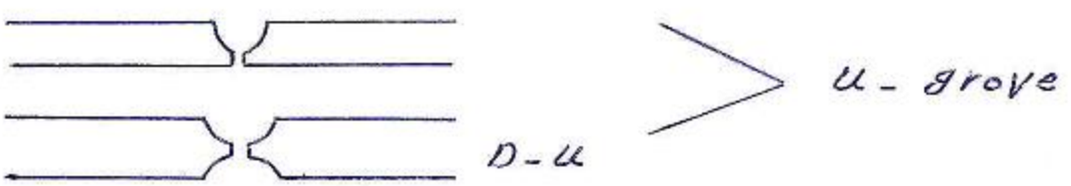
Butt Welding

2- جوش فیلت

3- جوش T

* جوش لب به لب خود بر سه قسم است :





تنش مجاز جوشکاری : $\sigma_w = K_{eq} \frac{F}{A_w}$

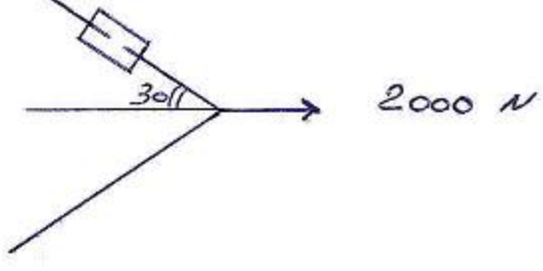
↓

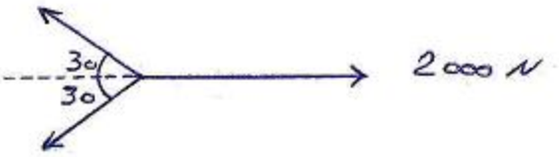
(ضریب تمرکز تنش حاصل از جوشکاری)

Spot Examin	:	اگر دقت و ظرافت زیاد اهمیتی ندارد آن را بررسی نقطه ای می کنند. معمولاً نقاط حساس را بررسی می کنند.
Full Radiography	:	یعنی تماماً عکسبرداری با X ری که معمولاً در مخازن بکار می رود.
Ultra Sonic Echo	:	عوامل خطرزا ندارد. می توان ناحیه تغییر خواص یافته را به این روش مشخص کرد.

---

* حل مسئله کشتی و دو یدک :

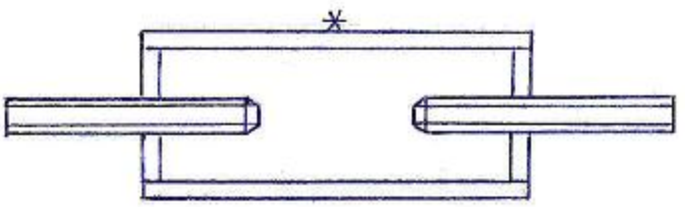




$$\begin{cases} F_x = \dfrac{2000}{2} = 1000 \\ F_y = F_x \tan 30 \\ F = \dfrac{1000}{\cos 30} = 1154.7 \end{cases}$$

$F_P = 2000\ N$ اتصال پین

$F_D = 1154.7$ اتصال دو پیچ



d :

$$\sigma_T = \frac{F}{A} = \frac{115.4}{\pi/4\, d^2} \longrightarrow$$

(1600 kgf)

$$\pi/4\, d^4 = 0.072 \longrightarrow$$

$d = 0.3\ cm = 3\ mm \longrightarrow$ M10

(طراحی تیرکهای *) :

$\sigma_T = \frac{115.4}{A} = 1200$

چون هم کشش و هم خمش داریم تنش مجاز را پایین می آوریم .

* برای معقول بودن اعداد نیروی 2000 N را 5 تن یا 50000 N می گیریم :

$$\begin{cases} F_P = 50000\ N \\ F_D = 29400\ N \end{cases}$$

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

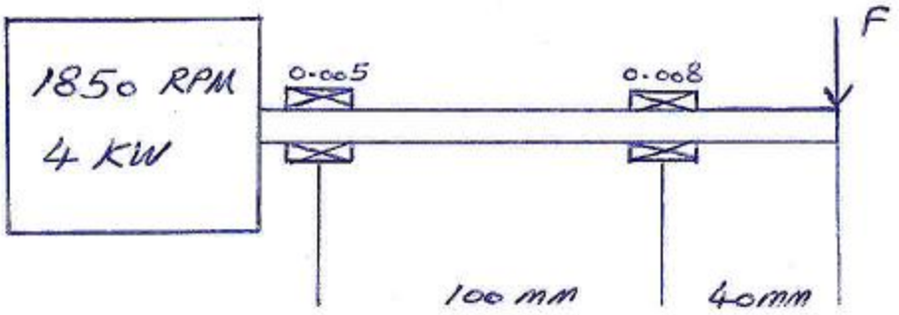
خدمات فنی قابل ارائه از طرف شرکت مهندسی پتروپالامحور :

- طراحی سیستم های لوله کشی (Piping)
- طراحی سیستم های مکانیکی ثابت (Fixed Equipment)
- طراحی سیستم های مکانیکی دوار (Rotary Equipment)
- طراحی سیستم های تاسیسات مکانیکی و تهویه مطبوع (Plumbing & HVAC)
- طراحی تاسیسات مکانیکی زیربنائی
- طراحی سیویل و سازه در پروژه های عمرانی و صنعتی

شرکت مهندسی پتروپالا محور

کیفیت تعهد ماست

مثال -



$$\begin{cases} E = 200 \text{ GPa} \\ UTS = 2070 \text{ MPa} \\ yp = 1830 \end{cases}$$

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

$$M_t = \frac{9550 \times 4}{1830} = 20.65 \text{ N.m}$$

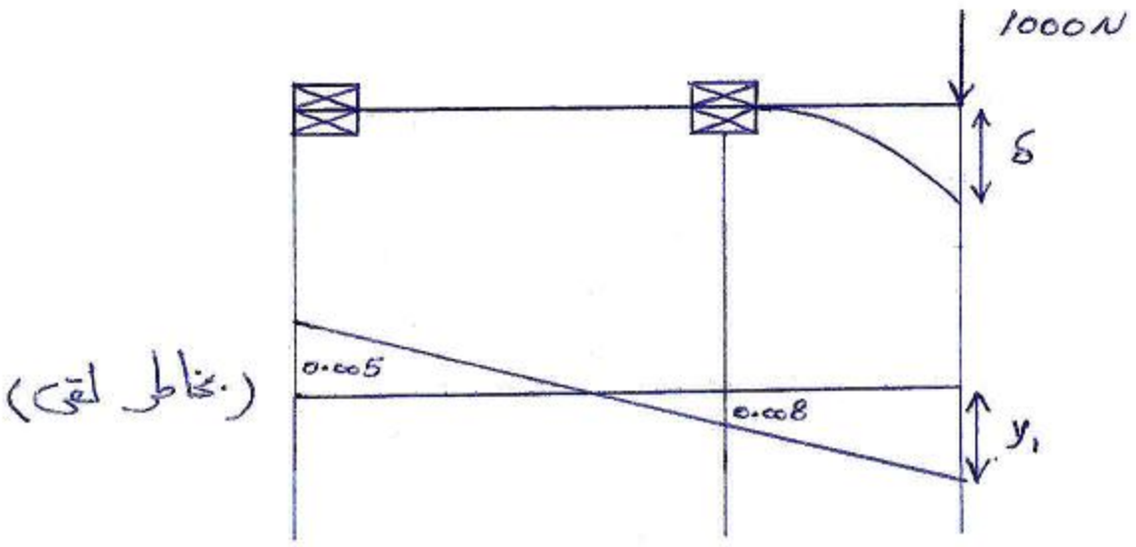
$$M_b = 1000 \times 40 \times 10^{-3} = 40 \text{ N.m}$$

$$S_s = 0.18 \, UTS$$

* حداکثر گشتاور را در یا تا تا ن می گیریم .

$d = 10 \text{ mm}$

« قطر محور مورد نظر »



(بخاطر لقی)

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{-1000\,(40)^3 \times 10^{-9}}{3 \times 2000 \times 10^9 \times I}$$

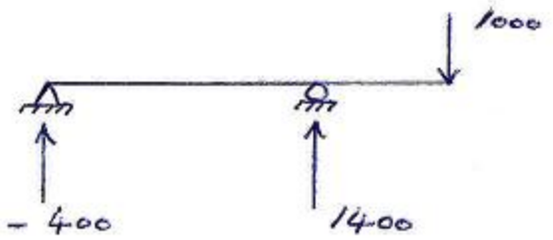
$$I = \frac{1}{4}\pi r^4 = \frac{1}{4}\pi\,(0.5)^4 \times 10^{-8} = 4.9 \times 10^{-10}\ m^4$$

$$\rightarrow \quad \delta = 0.218\ mm$$

(Super position) : $\left(v = \delta + y_1\right)$

روش 2 - (روش جامع)

$$EIv = EIv_0 + EI\theta_0 x - 400\frac{(x-0)^3}{6} + 1400\frac{(x-0.1)^3}{6}$$



* راه سوّم : (پرانتز ماکولی)

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

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

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

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

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

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

$x = 0.14$

$$y = \frac{-400 \times \frac{(0.14)^3}{6} + \frac{1400\,(0.04)^3}{6} + \frac{4}{6} \times 10^{-3} \times 0.14}{20 \times 4.9}$$

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

$\delta = 1.7$ mm

$(\delta + y_1)$ deflection

---

* حال اگر بخواهیم خیز 0.001 شود :

$$I = \frac{0.197}{200 \times 10^9 \times 0.001}$$

(برعکس عمل می کنیم)

$$I = 9.85 \times 10^{-10}$$

$$I = \frac{1}{4} \pi r^4 \longrightarrow$$

$$r = 5.9 \times 10^{-3}$$

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات وکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران – دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

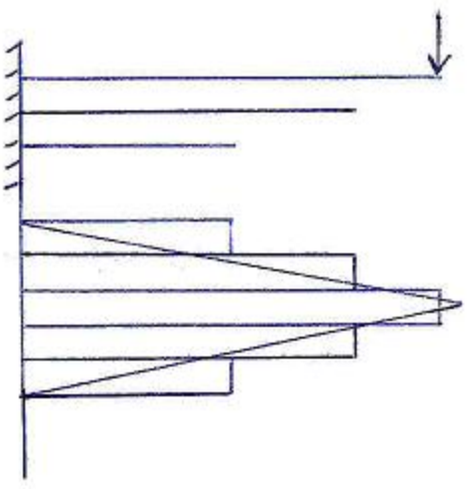
فنرها (SPRING)

$$L = K.D$$

$$\begin{cases} y = \dfrac{PL^3}{3EI} \\ K = \dfrac{3EI}{L^3} \end{cases}$$

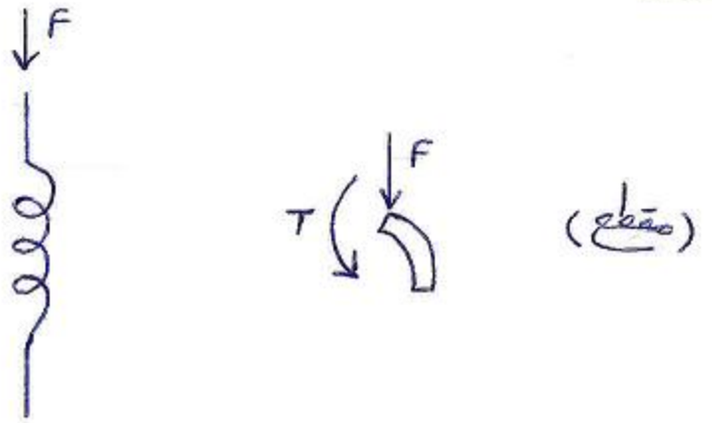
1- فنرهای تخت
2- فنرهای مارپیچ

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



** تقریباً معادل فنر تخت مثلثی در نظر می گیریم.

طراحی فنرهای مارپیچ



D و R – فنر

d و r – مفتول فنر

$$\tau_{max} = \pm \frac{Tr}{J} + \frac{F}{A}$$

$$\tau_{max} = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\tau_{max} = \frac{8FD}{\pi d^3}\left(1 + \frac{0.5}{c}\right)$$

$c = \frac{D}{d}$ اندیس فنر

$1 + \frac{0.5}{c} = K_s$ نسبت برش

(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 = (ضریب تصحیح تنش برشی) × (ضریب تصحیح انحنا)

$$K = K_c \; K_s$$

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

d - قطر مفتول فنر
n - تعداد حلقه‌های فعال

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

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۴۲۲

پتروپالامحور پیشتاز در ارائه خدمات مهندسی و متعهد به کیفیت

PPM , Dedicated For The Best Quality

مثال - 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.

$$\begin{cases} D = 125\ mm & (G = 80 \times 10^9) \\ K = 72\ KN/m \longrightarrow \frac{F}{y} \\ F = 8000\ N \\ S_s = 275\ MPa \end{cases}$$

$$S_s = K\frac{FD}{\pi d^3} \quad , \quad d = \frac{D}{C}$$

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

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

* با سعی و خطا C را می یابیم : $C = 5.5$

$$\rightarrow \quad d = \frac{125}{5.5} \quad \rightarrow \quad d = 22.7$$

* اولین مفتول نزدیک استاندارد را می گیریم : $d = 25\ mm$

$$\frac{F}{y} = \frac{d^4 G}{8D^3 n} \qquad 72000 = \frac{(0.025)^4 (80 \times 10^9)}{8 \times (0.125)^3 \times n}$$

$$\longrightarrow \quad n = 27.8 \approx 28$$

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

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

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

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

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

* چون در هنگام برخورد فنر به قدر y جمع می شود.

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

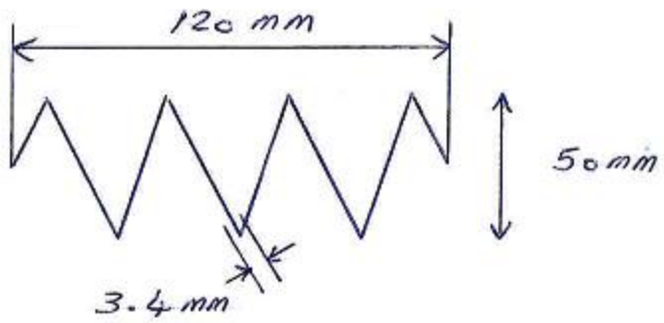
* $$y = \frac{8FC^3n}{dG} = \frac{8F \times 6^3 \times 15}{0.03 \times 83 \times 10^9} = \frac{8400}{F - 7000}$$

$$\longrightarrow \quad F = 32.1\ kN$$

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

$$S_S = K\frac{8FC}{\pi d^2} = \frac{1.25 \times 3200 \times 6 \times 8}{\pi \times (0.03)^2} = 682 \ MN/m^2$$

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



$$\begin{cases} n = 12 \\ K = ? \\ F = ? \end{cases} \qquad K = \frac{d^4 G}{8D^3 n}$$

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

$$F = Ky$$

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

↓

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

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

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

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

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

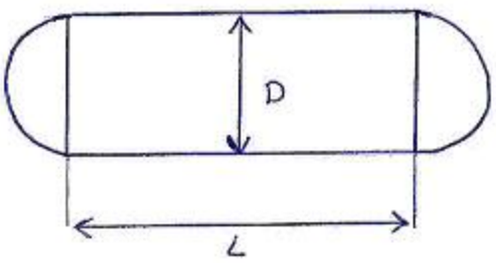
$\Big\} \rightarrow K = 1.09$

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

$S_s = 284\ MPa$

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

مسأله - مخزنی به حجم 400 lit جهت نگهداری بخار آب در فشار 20 at یا (2 MPa) مورد نیاز است. اگر بخواهیم مخزن را از دو تیغ کره و یک استوانه به قطر D و طول L و از ورق 5 mm فولادی با استحکام مجاز کششی 120 MPa استفاده کنیم ابعاد مخزن را - محاسبه کنید.



$$\text{cyL}: \begin{cases} \sigma_{\theta\theta} = \dfrac{PD}{2t} \\ \sigma_{zz} = \dfrac{PD}{4t} \end{cases}$$

$$\text{SpH}: \quad \sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\varphi\varphi} = \frac{PD}{4t}$$

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

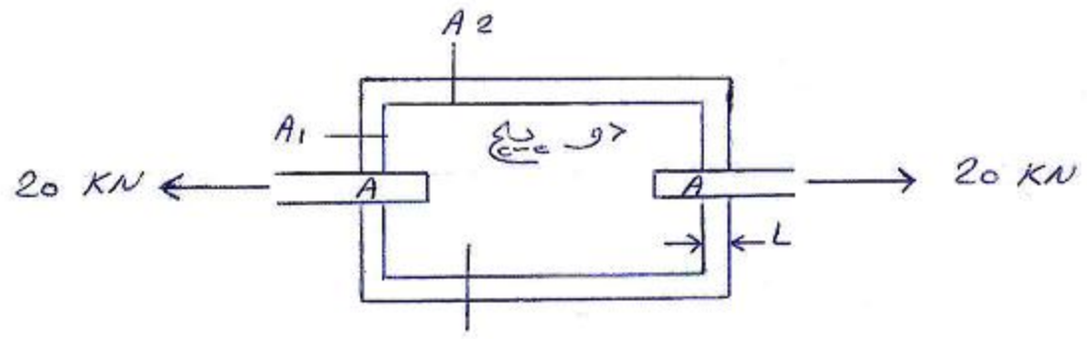
$$\left(D = \frac{2t\sigma}{P} = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm} \right)$$

$$V = 0.4\ m^3 = \left(\frac{4}{3}\pi r^3 + \pi r^2 L\right)$$

$$0.4 = \left(\frac{4}{3}\pi\right)(0.3)^3 + \pi (0.3)^2 (L) \longrightarrow$$

$$\left(L = 1.015\ m\right)$$

مسألة -



ST 37 :

$$\begin{cases} \sigma_t = 120\ MPa \\ \sigma_b = 160\ MPa \\ S_s = 70\ MPa \end{cases}$$

1) $\left(d \Longrightarrow\right)\ \sigma_t = \frac{F}{A} \rightarrow A = \frac{F}{\sigma_t}$

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

* $A = \pi d^2 / 4 \longrightarrow$

$$\left(d = 7.4 \times 10^{-3}\ m \approx 8\ mm\right) \rightarrow M10$$

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

σ_t ↓ کششی

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

S_s ↓ برشی

بهتر است : $A_1 = \frac{3}{2} \frac{F/2}{S_s} \rightarrow \left(S_s = \left(\frac{3}{2}\right) \frac{F}{A_1}\right)$ □

* $S_s = \frac{F}{2\pi r L} \longrightarrow L = \frac{F}{2\pi r S_s}$

L ↓ (طول رزوه خور)

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

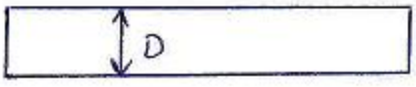
$(L = 10\ mm)$

---

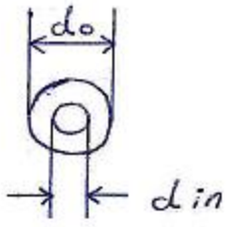
* مسأله محور کشتی :

$d = 100\ mm$

70 % کا هش وزن



(جرم M_1)



(جرم M_2)

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

$$\rightarrow \quad \left(M_2 = 0.3\, M_1\right) \quad \rightarrow$$

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

$$\left(d_o^2 - d_{in}^2\right) = 0.3\, d^2 \quad (I)$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{32 M_b}{\pi d^3} \\ \sigma_2 = \frac{32 M_b d_o}{\pi\left(d_o^4 - d_i^4\right)} \end{cases} \longrightarrow \quad \left(\sigma_1 = \sigma_2\right) \longrightarrow$$

$$d_o d^3 = \left(d_o^4 - d_{in}^4\right) \quad (II)$$

$$(I)\ ,\ (II) \longrightarrow \quad d_{in} =$$
$$d_{out} = 166.67$$

راه دوم:

$$\begin{cases} \left(d_o^2 - d_{in}^2\right) = 0.3 d^2 \\ \left(d_o^4 - d_{in}^4\right) = d^4 \longrightarrow \end{cases}$$

* چون طول یکسان است باید سطح مقطع یکی باشد و لذا باید میان اینرسی‌ها یکی باشد.

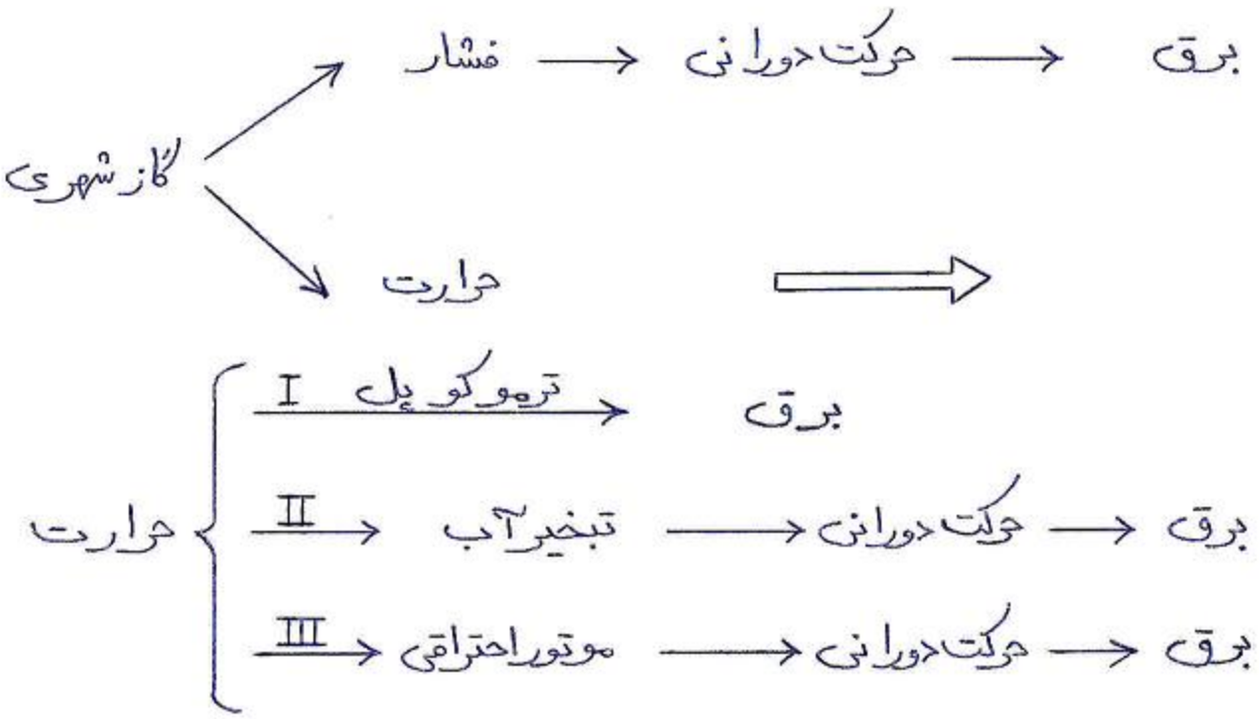
پروژه های میان ترم

نام بازبین		تاریخ بازبینی	
ملاحظات			

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد جنوب تهران - دانشکده فنی

طراحی اجزاء (I)		
نام استاد	آقای محمدی	
نام طراح	فرشاد سرائی	
نام پروژه	تبدیل گاز شهری به برق شخصی	
تاریخ شروع	۷۳ / ۷ / ٤	
تاریخ تحویل	۷۳ / ۷ / ۱۱	۱/٦

دو راه متفاوت برای استفاده از گاز شهری جهت تولید برق شخصی می توان در نظر گرفت. یکی استفاده از حرارت و دیگری استفاده از فشار.

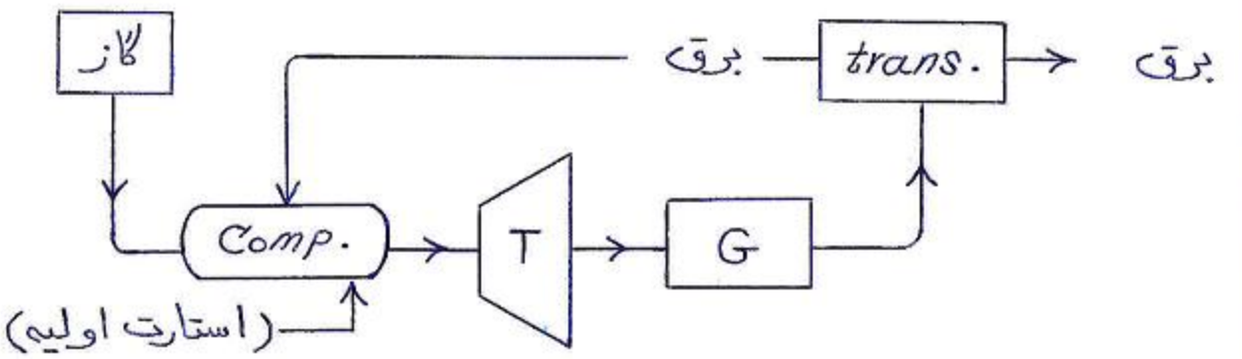


در مورد هر یک از این راهها می توان طرحی ارائه کرد. امّا در هرحال استفاده از حرارت معقول تر و عملی تر بنظر می رسد.

تبدیل گاز شهری به برق شخصی	
فرشاد سرائی	۲/۶

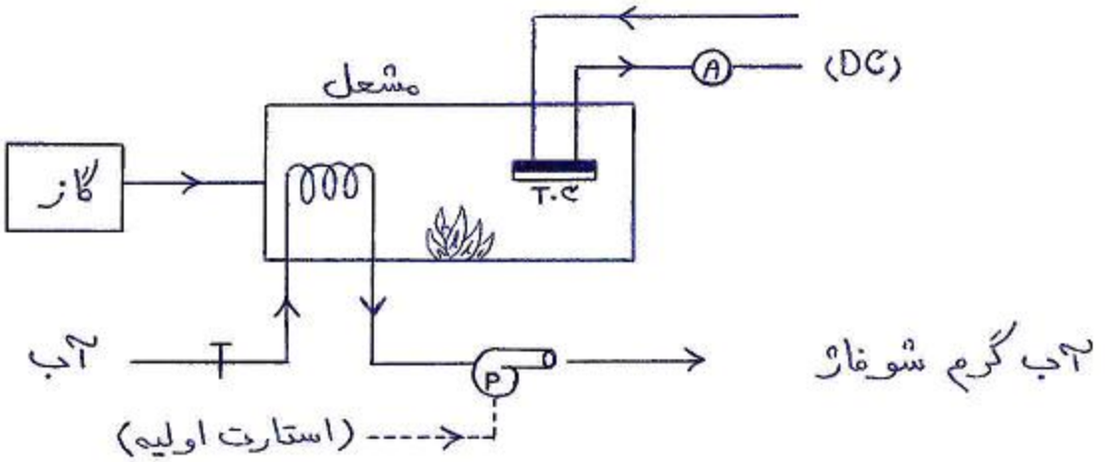
الف) استفاده از فشار :

گاز را با یک کمپرسور فشرده کرده و فشار آن را بالا می بریم و سپس گاز پر فشار را به یک توربین هدایت می کنیم که آن هم به نوبه خود محور یک ژنراتور را به گردش در می آورد. برق - تولید شده توسط یک ترانسفورماتور افزاینده تا ولتاژ مورد - نظر افزایش می یابد و بخشی از آن صرف کار کمپرسور می شود. برای شروع عملیات، کمپرسور نیاز به یک استارت اولیه دارد.

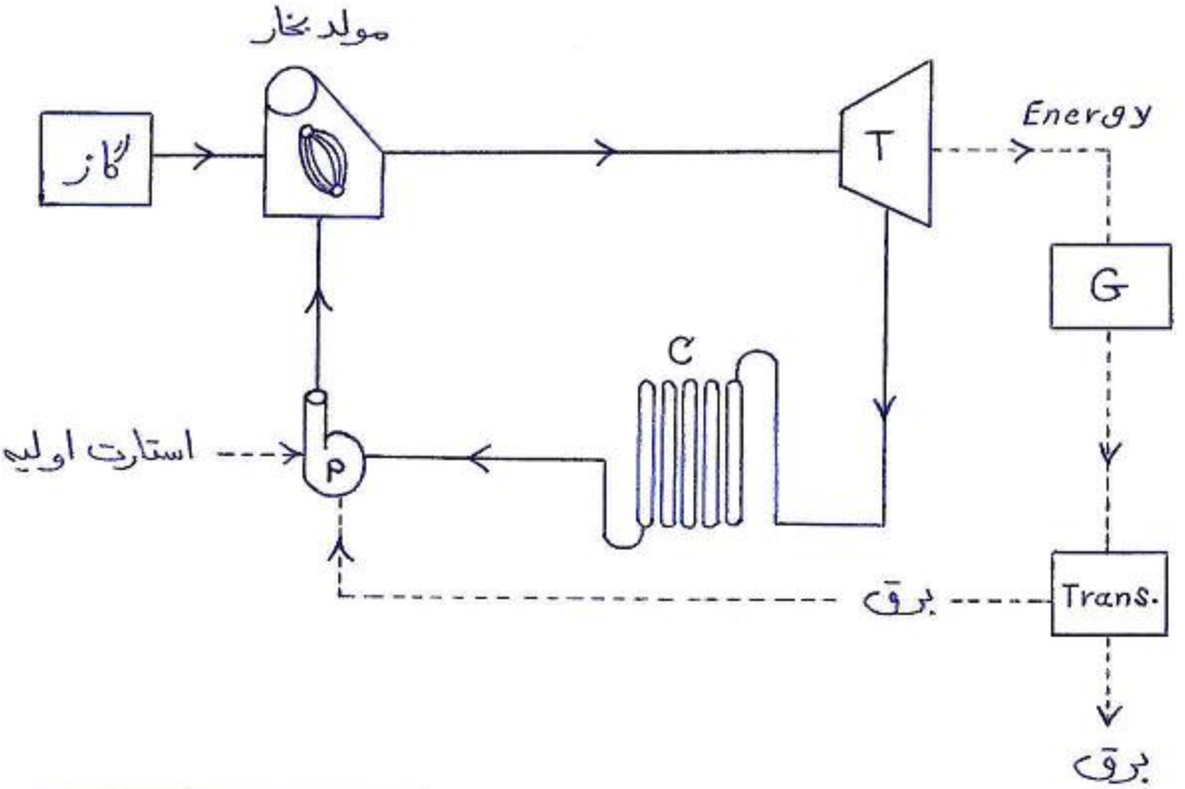


ب) استفاده از حرارت :

I - از گرمای تولید شده در محفظه مشعل سیستم حرارت مرکزی - توسط یک یا چند ترموکوپل استفاده کرده و برق تولید - می کنیم که البته این برق (DC) خواهد بود. مقداری از برق باید صرف راه اندازی پمپ سیستم حرارت مرکزی شود.

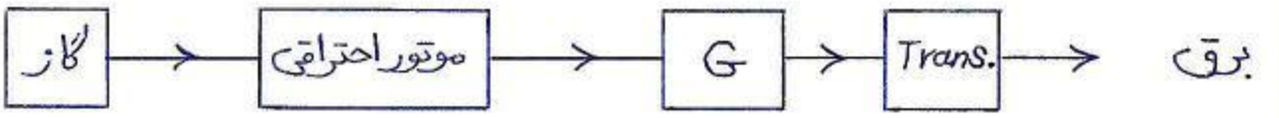


II - در یک سیستم حرارت مرکزی که با بخار آب کار می کند بر سر راه بخار یک توربین نسبتاً کوچک قرار می دهیم و در واقع یک نیروگاه کوچک بخار می سازیم که سوخت آن گاز شهری است. شوفاژها و لوله های ارتباطی نقش چگالنده را ایفا می کنند و برای راه اندازی پمپ نیاز به استارت اولیه داریم.



تبدیل گاز شهری به برق شخصی	
فرشاد سرائی	۴/۶

III - می توانیم یک موتور احتراقی گاز سوز بسازیم که بتواند با کارخود یک ژنراتور را تغذیه کند و برق تولید شده را به کمک ترانسفورماتور به ولتاژ مورد نیاز برسانیم و از آن استفاده کنیم .



فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)

INDEX

«فهرست موضوعی»

ا		
آب	۴	
احتراقی	۵	
ارتباطی	۴	
استارت	۴ و ۳	
افزایش	۳	
افزاینده	۳	
اوّلیه	۴ و ۳	
ب		
بخار	۴	
برق	۵ و ۴ و ۳ و ۲	
پ		
پیپ (P)	۴ و ۳	
ت		
تبخیر	۲	
ترانسفورماتور	۵ و ۴ و ۳	
ترموکوپل	۴ و ۳ و ۲	
تغذیه	۵	
توربین (T)	۴ و ۳	
تولید	۵ و ۳ و ۲	
چ		
چگالنده (C)	۴	
ح		
حرارت	۳ و ۲	
حرکت	۲	
د		
دورانی	۲	
ر		
راه اندازی	۴ و ۳	
ژ		
ژنراتور (G)	۵ و ۴ و ۳	
س		
سوخت	۴	
سیستم	۴ و ۳	
ش		
شوماژ	۴	
شهری	۲	
ط		
طرح	۲	
ع		
عملی	۲	
عملیات	۳	
ف		
فشار	۳ و ۲	
ک		
کار	۵ و ۴ و ۳	
کمپرسور	۳	
گ		
گاز	۵ و ۴ و ۳ و ۲	
گردش	۳	
گرم	۴	
گرما	۳	
م		
مشعل	۴ و ۳	
موتور	۵ و ۲	
ن		
نیروگاه	۴	
و		
ولتاژ	۵ و ۳	

تبدیل گاز شهری به برق شخصی

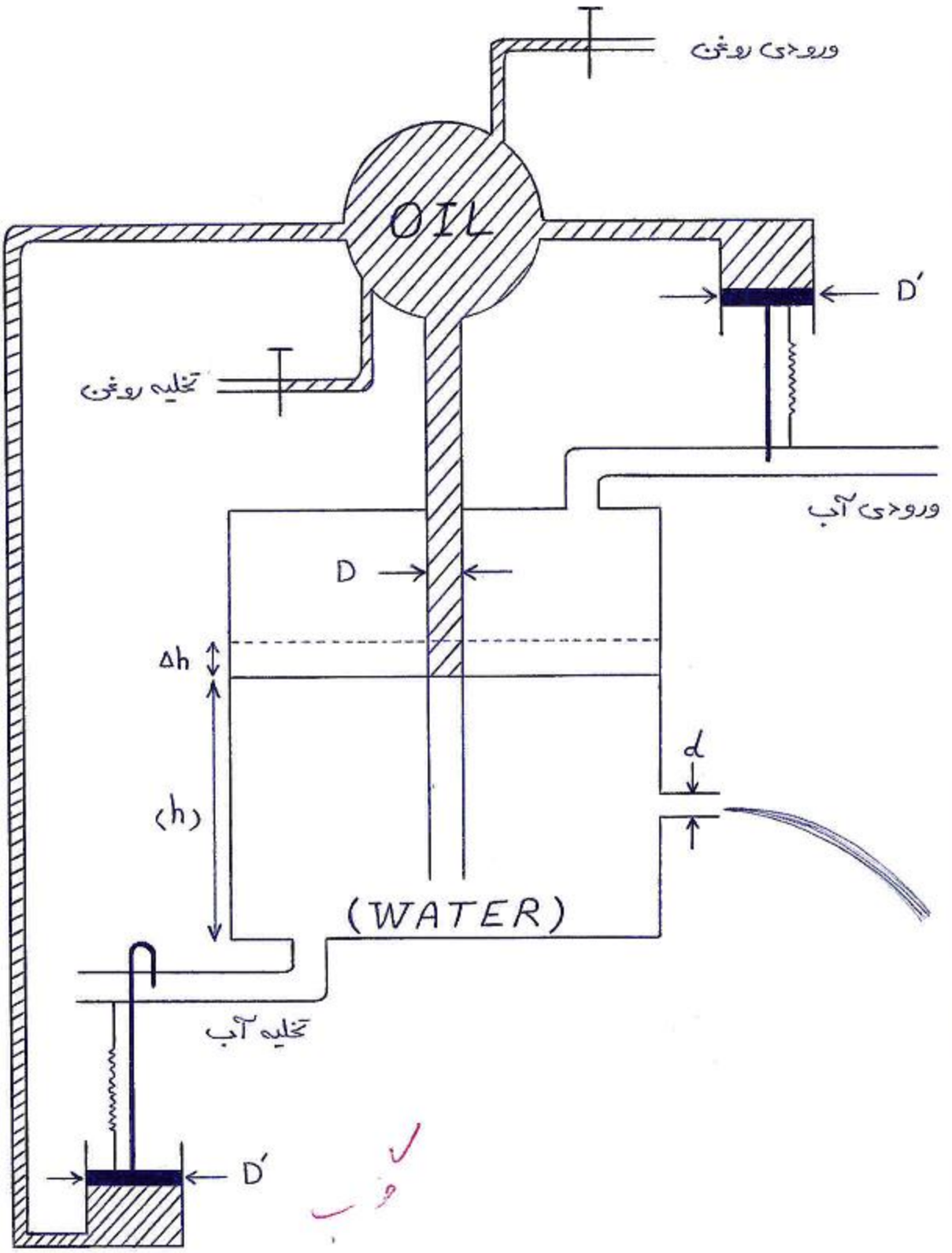
فرشاد سرائی ۶/۶

نام بازبین	تاریخ بازبینی
ملاحظات	

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد جنوب تهران - دانشکدهٔ فنی

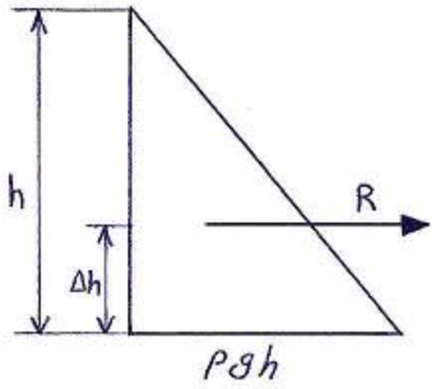
۲٫۵/۴

نام درس	طراحی اجزاء (I)
نام استاد	آقای مهندس محمّدی
نام پروژه	تثبیت ارتفاع مایع در مخزن
نام طراح	فرشاد سرائی
تاریخ شروع	۷۲ / ۷ / ۱۸
تاریخ تحویل	۷۲ / ۸ / ۲



تثبیت ارتفاع مایع در مخزن	
فرشاد سرائی	2/5

نیروی وارد بر جدار مخزن و محل اثر آن :



R = مساحت مثلث

$R = \frac{1}{2} h \ (\rho g h)$ $\xrightarrow{\rho_{H_2O} = 1}$

$R = \frac{1}{2} g h^2$

$\bar{y} = \frac{1}{3} h$ از کف مخزن

* پس بهتر است لوله خروجی در ارتفاع $(\frac{1}{3}h)$ از کف قرار گیرد.

قانون بقای جرم در حجم کنترل :

$\dot{m}_i = \dot{m} + \dot{m}_{e'} + \dot{m}_e$

$\dot{m}_e = \dot{m}_i - \dot{m}_{e'} - \dot{m}$

تثبیت ارتفاع مایع در مخزن	
فرشاد سرائی	3/5

محاسبه دبی خروجی :

$$R = \dot{m}_e (V_{out} - V_{in})$$

$$R = \dot{m}_e (V_{out} - 0)$$

$$\left.\begin{aligned} V_{out} &= \frac{R}{\dot{m}_e} \\ R &= \frac{1}{2} g h^2 \end{aligned}\right\} \longrightarrow V_{out} = \frac{g h^2}{2 \dot{m}_e}$$

$$\left.\begin{aligned} Q &= V_{out} \cdot A \\ A &= \frac{\pi}{4} d^2 \end{aligned}\right\} \longrightarrow Q = \frac{\pi g d^2 h^2}{8 \dot{m}_e}$$

* اگر ارتفاع آب به اندازه Δh بالا بیاید فشار و نیروی وارد بر روغن لوله :

$$\begin{cases} P = \rho g \Delta h = g \Delta h \\ F = P \cdot A = \dfrac{\pi g D^2 \Delta h}{4} \end{cases}$$

* نسبت نیروی F' وارد بر پیستونها و نیروی F متناسب با مساحتها است ؛ اگر $(D' = n \cdot D)$ باشد :

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

$$F' = \frac{D'^2}{D^2} \left(\frac{\pi g D^2 \Delta h}{4} \right)$$

$$F' = n^2 \left(\frac{\pi g D^2 \Delta h}{4} \right)$$

نیروی وارد بر پیستونها

تثبیت ارتفاع مایع در مخزن	
فرشاد سرائی	4/5

محاسبه تغییر طول فنر بازگردانده :

$$F' = Kx + W$$

(K ثابت فنر است)

(W وزن پیستون)

$$n^2 \frac{\pi g D^2 \Delta h}{4} = Kx + W$$

$$x = \frac{(\pi n^2 D^2 \Delta h - 4m)g}{4K}$$

(m جرم پیستون)

** در هنگام پایین رفتن احتمالی سطح به اندازه (Δh) سیستم بطور معکوس عمل می کند .

فرشاد سرایی - مهندس پایه یک تاسیسات مکانیکی
طراحی - نظارت - اجرا
نظام مهندسی: ۱۰-۴-۰-۱۷۲۷۶
پروانه مهندسی: ۱۰-۴۰۰-۰۲۸۱۵
شماره شهرسازی: ۱۰۴-۰۱۲۲۲

جزوه درس طراحی اجزاء (۱) آقای دکتر ساسان محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب تهران - دانشکده فنی (سال ۱۳۷۲)