

## طراحی اجزاء - ۱

زمستان ۱۳۹۰

زمان/مکان	شنبه، دوشنبه ۳۰:۱۰-۱۲ ابن سینا ۲۵
مدرس	سعید بهزادی پور اتاق ۲۰۶ دانشکده مکانیک تماس: ۶۶۱۶۵۵۴۲ - behzadipour@sharif.edu ساعات مراجعه: شنبه، دوشنبه ۹ - ۱۰
دستیار آموزشی	امیر مبینی اتاق همکف ۳ دانشکده <a href="mailto:amobini@mech.sharif.edu">amobini@mech.sharif.edu</a> تماس: ساعات مراجعه: دوشنبه ۱۲-۱۳
کتاب مرجع	Shigley's Mechanical Engineering Design 9 <sup>th</sup> Edition
پروژه	سه پروژه بصورت تک نفره هرکدام ۱۰٪ نمره کل درس
امتحان میان ترم	۲۳/۱/۱۳۹۱ - ساعت ۱۶:۰۰ - تا سر طراحی شافت - ۲۰٪ نمره کل درس
امتحان پایان ترم	۳/۴/۱۳۹۱ ساعت ۱۵:۰۰ - از طراحی شافت به بعد - ۵۰٪
نمرات تشویقی	گزارش یک تا دو صفحه ای از یک طراحی خلاقه و جالب مرتبط با موضوعات با توجه به کیفیت گزارش / طرح - درس و یا مسائل مطرح شده در کلاس حداکثر تا نیم نمره

## ملاحظات طراحی

۱. کارایی و کیفیت
۲. هزینه ادریس + هزینه محاسبات
۳. انعطاف پذیری
۴. عمر
۵. تعمیر و نگهداری
۶. اندازه (حجم، وزن)
۷. قابلیت تطبیق با محیط
۸. زیبایی ظاهری
۹. آلودگی صوتی - حرارتی
۱۰. سادگی طراحی
۱۱. ایمنی کاربر
۱۲. قابلیت اطمینان، کاربرد *fail proof*
۱۳. قابلیت بازیافت
۱۴. حمل و نقل آسان
۱۵. سادگی نصب و راه اندازی
۱۶. قابلیت انعطاف
۱۷. انطباق فرهنگی

مراحل طراحی محصول مثال : ماشین پوست کن سب زمینی

۱. تشخیص دقیق سئو و کم کردن اندازه ها

- برداشتن لایه های ضخامت ۱ تا ۳ میلی متر از سطح سب زمینی

- نوع سب زمینی : پسته

- اندازه سب زمینی : قطر بزرگ بین ۵ تا ۲۰ میلی متر

۲. طرح ایده - راه حل

- طرح راه حلها بدون در نظر گرفتن ملاحظات طراحی

- استفاده از ابزارهای تولید کننده ایده پردازش مانند طردنا ذهنی

\* سب زمینی چرخان + تیغه ثابت

\* سب زمینی ثابت + تیغه متحرک

\* سب زمینی چرخان + کاس با تیغه زیر

\* سب زمینی متحرک + سطح زیر ثابت



طرح ساخته شده لیدر اول

\* برابر ایدیه های دیگر به تعداد

بسیارتر را جمع نمایند

۳. طراحی مهندسی: ارائه پیاده سازی (از هر طرح برزیده)

نشان: در پیاده سازی در فیلمها بیدیت از ایدیه شماره ۱

۴. غربالگری طرحها: حذف طرحهایی که به دلایل ملاحظاتی طراحی فایده نرسانند

- انتخاب ملاحظات: کارایی، هزینه اوریج، اساد، اندازه و حجم

- انتخاب وزن خوب از ملاحظات (بصایرها)

ردیفی برابر مرتب کردن بصایرها

کارایی	هزینه	اندازه	ساز
۱	۱	۵	۱
۵	۱	۵	۵
۱	۱	۱	۱
۵	۱	۵	۱

بزرگ اهمیت ← ۲ ۳ ۱ ۴

آن‌ها در یک معیار را طرح می‌کنند تعیین کنند

- مقایسه طرحها

(دو طرح مفهومی که از ایده ۱ می‌آید)

معیار ایده	(۴) هزینه	(۳) ساز	(۲) کارایی	(۱) اندازه	امتیاز
۱	۲	۱	۱	۱	۱۴
۲	۱	۲	۲	۲	۱۶

۵. مدل زنگ: این یک مدل ریاضی از طرح به مقدار تعیین پارامترهای دستگاه طرح

- مدل تحسین

- مدل عددی

- مدل تجربی

۶. طراحی جزئی → در این درس انجام می‌دهند

۷. نمونه سازی

۸. مونتاژ، تست و بهینه سازی

۹. ارزیابی نهایی (بر اساس نتایج مرحله ۱)

۱۰. ارائه طرح دست سازگی

تخمین و تقریب هندسی

\* تخمین شده به همکار قابل لمس داشته

\* باتن مکانیزه‌ها را که نسبت عدد تخمین را می سازند

د مقدار اثرش حوا را تا ۱۰ درصد تخمین یک لیترترین

- بنزین مصرفی  $\frac{100 \text{ km}}{100 \text{ km}}$  در سطح با سرعت  $80 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$

- نیروی مقاومت هوا  $10 \text{ hp}$

- اصطکاک  $20\%$

- رانندگی موتور  $26\%$  (  $25 - 30\%$  )

$$t = \frac{100 \text{ km}}{80 \frac{\text{km}}{\text{hr}}} = 1.25 \text{ hr} = 4500 \text{ s}$$

$$E_{\text{out}} = 4500 \cdot (12 \times 750) = 40.5 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{in}} = \frac{40.5}{0.26} = 156 \text{ MJ} \rightarrow E_{\text{one lit}} = \frac{156}{7} = 22.2 \text{ MJ}$$

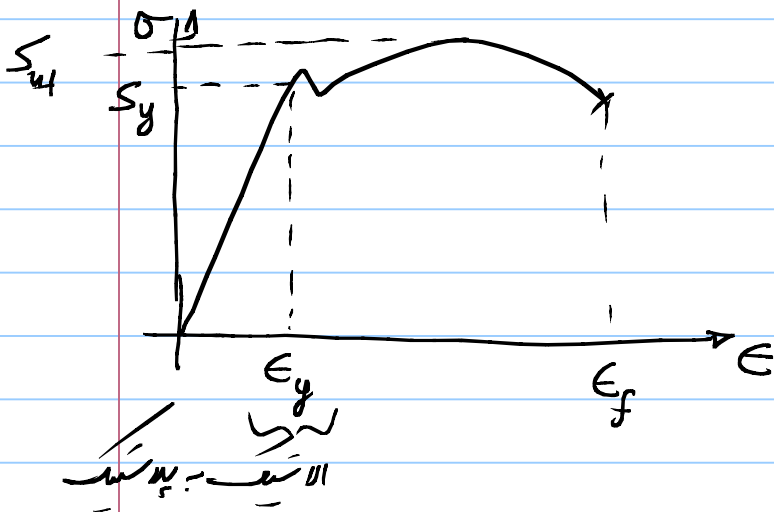
جواب (میان)  $32.5 \text{ MJ}$  ← (  $32\%$  )

برای هدروژن تابع  $E = 11.4 \frac{MJ}{lit}$

برای بطریا Li-ion  $E = 0.36 - 0.9 \frac{MJ}{kg}$

خواص اصلی مواد:

مواد فشر  $\rightarrow$  سبک کردن در دانه ها و اتصال دانه ها به هم با نیروهای ضعیفتر



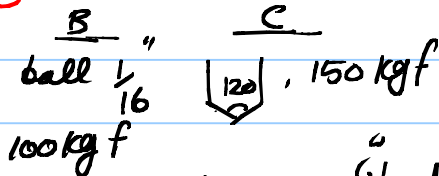
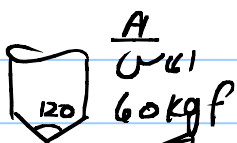
چگس خداری:

$\epsilon_f < 5\%$   $\rightarrow$  ماده ترد

$\epsilon_f > 5\%$   $\rightarrow$  چگس خداز

نمونه (لعبه است) نسبتاً درشت است برابر تخمین استقامت (لعبه است) غیر تخمیری

۱. برنیل  $HB = \frac{F}{A}$  (از نوع نش)  $A = \text{مساحت}$



بجای سایه از یک سبیه لوله از شکل استوار باشد

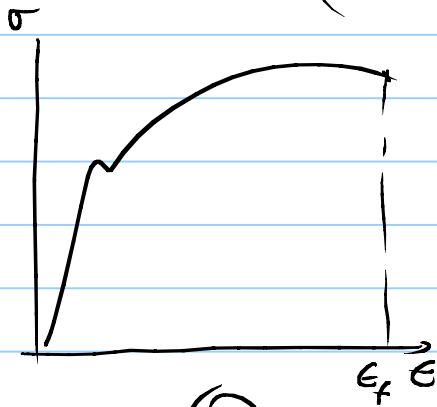


برابر ندادها در رابطه تجربی زیر بین HB و  $S_{ut}$  برقرار است

$$200 < HB < 450 \text{ (Mpa)} \rightarrow S_{ut} = 3.41 HB \text{ (Mpa)}$$

$$\text{for cast iron} \rightarrow S_{ut} = 1.58 HB - 86 \text{ (Mpa)}$$

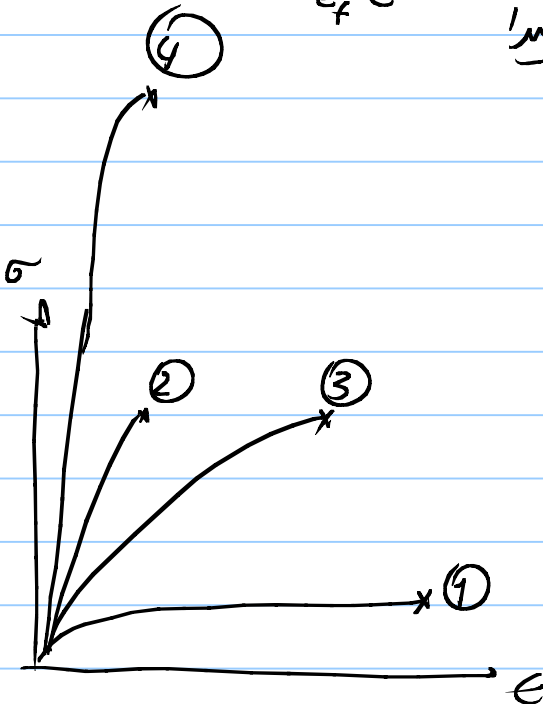
چگونگی مقاومت در مقابل سفت ترک (تحمل ضربه)



$$M_T = \int \sigma d\epsilon = \text{مدل چگونگی}$$

(انرژی در واحد حجم)

برای مقایسه مدار به لحاظ تحمل ضربه مقید است



۱. چگنی خنک - استقامت پائین

چگونگی پائین

۲. سرد، چگونگی پائین

۳. استقامت در حد ۲ آنا

۴. چگنی خنک با لایه چگونگی

۵. استقامت بالا، چگنی خنک

مثال :

سپرداختها ← زلزله در مرتبه مهم است ← چرخش بالا

و بیج ← تغییر نرم پلاستیک بر سرعت شدید بیج مهم است ← مکش خنده

عملیات حرارتی

بنظر

۱. حذف تنشهای پسماند
۲. افزایش چکش خردی
۳. افزایش سختی

Annealing آینه کردن

عبادت است از سرد کردن فولادها 300-350 درجه سانتیگراد و سرد کردن تدریجی

در اثر این عمل دانه ها کوچکتر و نابجایهاها را حذف می دهد و در نتیجه آنکه در امکان کار سرد صدمه فراهم می شود. همچنین باعث حذف تنشها پسماند می شود

Tempering

سبب آینه کردن است اما در دماهای پایین تر تا حد اکثر 200 درجه تنشها پسماند را حذف می کند اما کاهش سختی و بازگرداندن چکش خردی بسیار محدود اتفاق می افتد

Quenching

عبادت است از سرد کردن تا ابلاس دمای بحرانی سرد کردن تا 40 درجه به این ترتیب سطح فولاد سخت شده و استحکامش آن نیز افزایش می یابد

\* باعث ایجاد تنشها پسماند بین لایه ها شده که منجر است باعث پدیده سکن فولاد شده

\* سخت کردن تا 40 درجه با روش آب فرو کردن در آب یا روغن در حال با سرد

# Case Hardening : سخت سازی سطح بدون ابرایش پسند

مثال : Carburizing فروردادن فولاد در کوره به همراه پودر کربن که باعث دفعییز شدن کربن در سطح فولاد شده و سختی آن را افزایش می دهد

## مواد مهندسی در طراحی :

چدن : Cast iron سفید، خاکستری دریا، سبزه به میزان کربن

$$S_{yt} = \frac{1}{5} S_{yc}$$

دانه ها اسبج لذ کربن و اضافه کردن در فرز دانه ها ریزوب کرده که بصورت ترک عمل کرده باعث افت استحکام کششی می شود

\* اضافه کردن نیتروژن باعث افزایش چسبندگی فولاد می شود

\* در چدن کربن اضافه در دانه ها باعث ایجاد خاصیت دینیتیل شده و لذا از چدن در ساخت پایه ماشین آلات استفاده می شود

## فولاد :

فولادهای ساختمانی :

$E_f$  بالا - چسبندگی خدار ، استحکام معمولاً در حدود 350 - 600 Mpa

در استاندارد DIN ، St یک عدد در قوس آن داده می شود

$$St37 \rightarrow 0.37\% \text{ کربن} \rightarrow S_{ut} = 370 \text{ Mpa} \rightarrow (S_y = 210 \text{ Mpa})$$

\* در ساخت پر دینها و تیرهای ساختمانی و درج ، همچنین در قطعات ماشینهای کاربرد گسترده ای دارد

\* چون برآسی که بیخ نمی‌شود در جهت‌های دیگر شکست نمی‌آید

فولادهای ایستایی :

استحکام آنها 450 - 1000 Mpa

Ductility ↑  
Toughness ↑  
critical temperature ↑  
Wear resistance ↑

۱. کرم

Strength ↑ ( $S_y, S_u$ )  
Ductility

۲. سیل

\* معمولاً همراه با کرم به کار می‌رود

۳. فنر : برای خارج کردن لوله از فولاد به جهت کاهش استحکام کار

باعث است که پدیده عمیق جدار سخت‌تر باشد

Hysteresis ↓

Magnetic permeability ↑

Ductility ↓

در ماشین‌ها استفاده می‌شود مانند هسته ترانسفورماتورها و موتورهای  
الکتریکی کاربرد دارد

۴. سلیسیم

۵. مولیبدن او وانادیم در فلزات

در دمای جریانی ↑ جهت کاربرد دماها بسیار بالا (انزلی)  
تنگین باعث افزایش چقرمگی نیز می‌شود



انواع آروسیتم:

۴ در عدد 60٪، جرم حجمی تقریباً  $\frac{1}{3}$  فولاد، مدول یانگ نیز در حدود 70 GPa  
( $\frac{1}{3}$  فولاد)

در هفت سری تولید می‌شود با اعداد چهار رقمی نشان داده می‌شوند

۱. سری ۱۰۰۰ : نرم، قابلیت انتقال حرارت و جریان آکسیژن - کاربرد در کابینای آلومینیومی، بدنه‌های هوا

۲. سری ۲۰۰۰ : آلیاژ با منس، با کارسرد استخوانی در حد فولاد پیدا می‌کنند

قابلیت خوب برابر ماشینکاری (بسیار می‌کارند در صنایع ماشین سازی)

۳. سری ۳۰۰۰ : آلیاژ با منس، کار سختی، استحکام متوسط، مقاوم در مقابل خوردگی  
قابلیت جوشکاری - کاربرد در ورق سازی، ظروف آبگرمخانه

۴. سری ۴۰۰۰ : آلیاژ با منس، استحکام متوسط، قابلیت لحیم، قابلیت

انجام عملیات حرارتی، قابلیت جریان با جوش در فرآیندهای تغییر شکل

شکل پذیر در فرآیندها

۵. سری ۵۰۰۰ : آلیاژ با منس، مقاوم در خوردگی، مقاوم در دماهای بسیار پایین

جوش پذیر - کاربرد در ساخت بدنه کشتی، اجزای هارکت

۶. سری ۶۰۰۰ : آلیاژ با منس، استحکام بالا، خفگی پایین از کارسرد

قابلیت تغییر شکل خوب در استرچینگ، مقاوم در خوردگی، کاربرد در سخت

۷. سری 7000 ، آبیاز ، تلخ (سُفحات سفید سری 2000)  
کاربرد در صنعت هوافضا

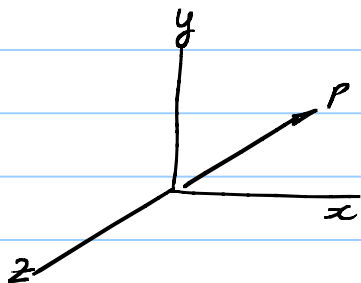
\* برای توصیفات بیشتر به جزدها در وبسایت CW مراجعه نمایند \*

کارندادگی (رود)

تنش یک کمیت تیرگی است که در زبان ریاضی آنرا به یک تانسور نشان دادند.

برای بیان تنش در آن پس از فرض کردن یک دستگاه مختصات (مثلاً دستگاه کارتزین  $x, y, z$ )

آنرا با مقادیر مولفه هایش در صفحات اصلی در جهات اصلی این دستگاه مختصات نشان دادند.



بردار تیرگی کمیتی ریاضی است که در آن را با مولفه هایش در یک دستگاه مختصات نشان دادند

$$\vec{P} \cdot \hat{e}_x = P_x, \quad \vec{P} \cdot \hat{e}_y = P_y, \quad \vec{P} \cdot \hat{e}_z = P_z$$

$$\vec{P} = P_x \hat{e}_x + P_y \hat{e}_y + P_z \hat{e}_z = \text{بالاتر} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix}$$

با تغییر جهات دستگاه مختصات  $(x', y', z')$  مولفه های  $P_x, P_y, P_z$  در آن تغییر میکنند

مولفه های جدید  $(P_{x'}, P_{y'}, P_{z'})$  بر حسب مولفه های قبلی در ماتریک تبدیل  $R$  به دست می آید

$$\begin{bmatrix} P_{x'} \\ P_{y'} \\ P_{z'} \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix}$$

در مورد تانسورهای مرتبه دو (مانند تنش تیرگی در اینم)



$T \hat{e}_i$  : مؤلفه تنش که مربوط به صفحه  $xy$  بوده و در امتداد  $\hat{e}_j$  است

مثلاً  $T_{xz} = \hat{e}_z \cdot T \hat{e}_x$  مؤلفه تنش در صفحه  $yz$  (با  $\hat{e}_x$ ) در

امتداد  $\hat{e}_z$  است. به این ترتیب در این دستگاه، کمتهای  $T$  همانند آن تنش  $T$  را با مؤلفه‌های

آن نشان دادیم

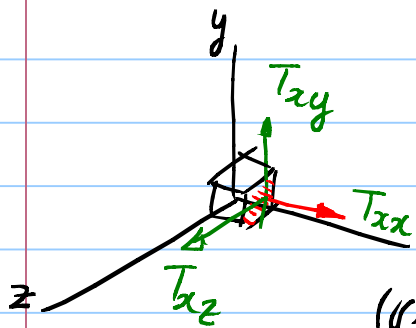
$$T = \begin{bmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

داده شده، کمتهای تغییر یافته را می‌توانیم به کمک تبدیل  $R$  (ماده  $R$ ) این تبدیل را

$$T_{(x'y'z')} = R T_{(xyz)} R^t \quad (\text{ماده درم})$$

\* تنش یک سمتی ناندولی است

\* برای یک دستگاه گویا کارتری XYZ بردان ناندولش را با اگر در آن جهت



در کارتری ناندول

$$T_{xx} = \hat{e}_x \cdot T \hat{e}_x$$

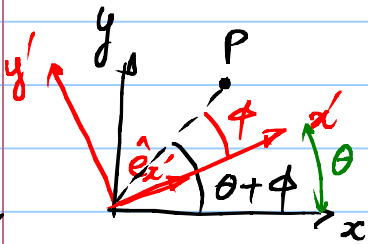
در بردار دستگاه گویا اگر چه T تغییر نکند (یک سمتی ناندولی)

اما مولدها که آن در دستگاه جدید تفاوت خواهند کرد

$$T_{(x'y'z')} = R T_{(xyz)} R^t$$

تنش صفحه‌ای

$$T = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_y \end{bmatrix}$$



که (بردار P در دستگاه x'y' = xy تبدیل کنند)

$$R = \begin{bmatrix} \hat{e}_x & \hat{e}_{y'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

\* باقی در بین بردار P در دستگاه x'y'z' ، zxy ، و درجه سیم این است

بردار را به اندازه theta در جهت CW دوران داد است.

پس اگر قرار باشد theta مثبت باشد در ماتریس R

$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$  (ماتریس دوران اندازه  $\theta$  در جهت CCW)

$\theta$ ،  $0$ ،  $180^\circ$  -  $\theta$  -  $270^\circ$  -  $\theta$

(همچنین  $R$  بین بردار  $P$ ، از دستفایه  $xy$  به دستفایه  $x'y'$  مابعد)

$$\vec{P}_{(x'y')} = R \vec{P}_{(xy)}$$

استفاده از همین تبدیل ماتریس بین ماتریس تنش را نیز تغییر داد

$$T_{(x'y')} = R T_{(xy)} R^t$$

$$T_{(x'y')} = \begin{bmatrix} C & S \\ -S & C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{xy} & \sigma_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C & -S \\ S & C \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} \sigma_x C^2 + 2\tau_{xy} CS + \sigma_y S^2 & -\sigma_x CS + \sigma_y CS + \tau_{xy}(C^2 - S^2) \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

$$\sigma_{x'} = \sigma_x C^2 + 2\tau_{xy} CS + \sigma_y S^2 = \sigma_x C^2 + \sigma_y (1 - C^2) + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$= \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y)(2C^2 - 1) + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\sigma_{x'} = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \quad \textcircled{I}$$

$$\tau_{x'y'} = -\frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y) \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \quad \textcircled{II}$$

$$\frac{d}{d\theta} \sigma_{x'} = 0 \quad \dots$$

\* سؤال :  $\sigma$  کی ماگزیمم کی مقدار؟

$$\Rightarrow \tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \Rightarrow \theta_{p_1} - \theta_{p_2} = \pm 90^\circ$$

$\sigma_1$  سے ماگزیمم ( $\sigma_2$ ) کی مقدار (یعنی ماگزیمم) ہے اور  $\tau = 0$

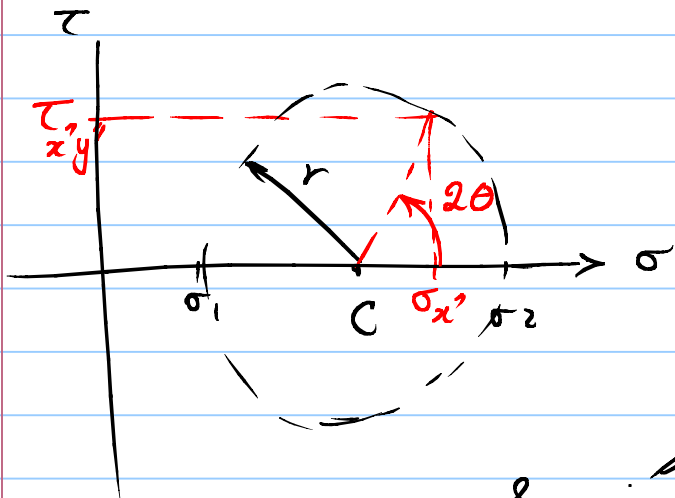
\* سؤال :  $\tau$  کی ماگزیمم کی مقدار؟

$$\frac{d}{d\theta} \tau_{x'y'} = 0 \Rightarrow$$

$$\tan 2\theta_s = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2\tau_{xy}}$$

$$\theta_{s_1} - \theta_{s_2} = \pm 90$$

مگر ان دو رابطوں کو ملا کر ہم  $\begin{bmatrix} \sigma_{x'} \\ \tau_{x'y'} \end{bmatrix}$  کی مقدار کی ایک دایرہ بنا سکتے ہیں اور اس دایرہ کے مرکز کو  $C$  کہتے ہیں اور  $\tau$  کی مقدار  $r$  ہے۔



$$C = \left[ \begin{array}{c} \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \\ 0 \end{array} \right]$$

$$r = \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

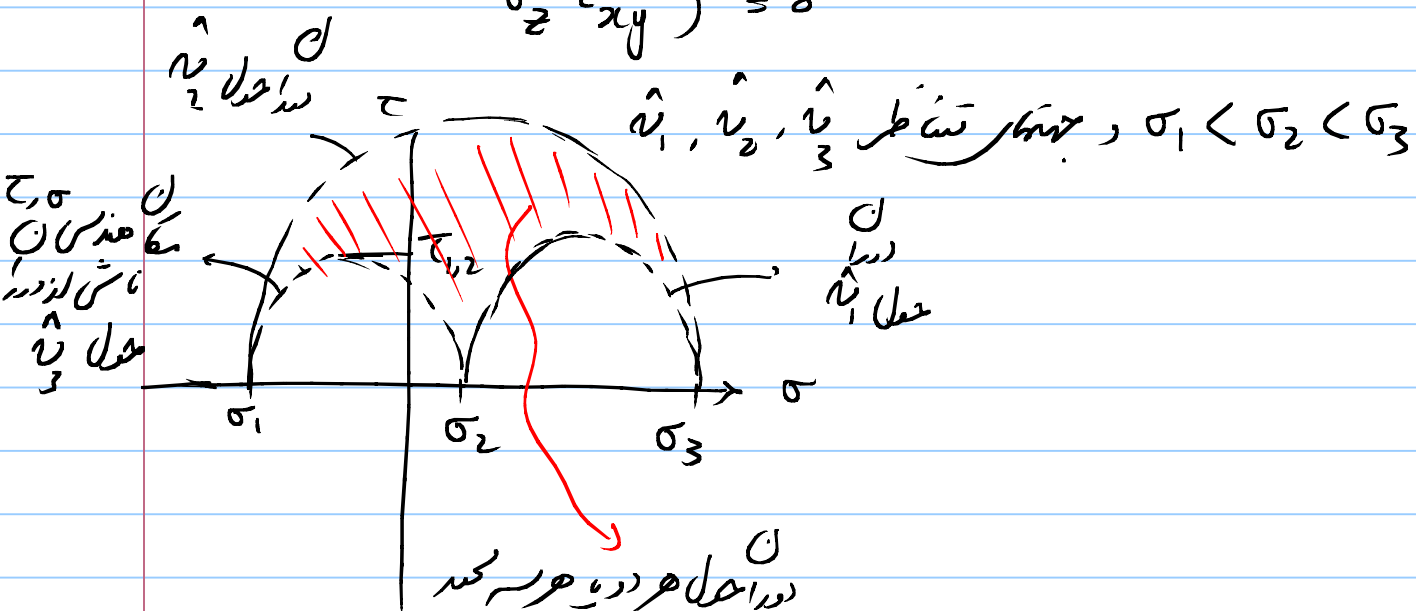
کہہ سکتے ہیں (دایرہ) دایرہ کی مرکز  $C$  ہے

پس اگر تنش  $\sigma_x$  و  $\tau_{xy}$  اندازه گیری شده باشد  $\rightarrow \sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$  قابل کالسیه و زود قابل  
 ردفع آنها نیز مشخص باشد

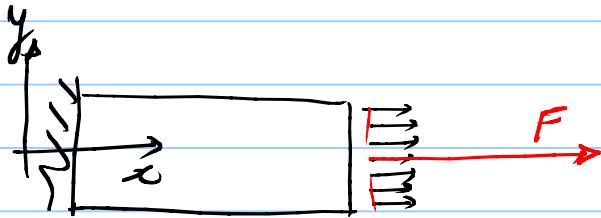
\* فرمول دار علامت برای  $\tau$  : اگر تنش بیش  $\tau$  نخواهد ایستاد  $CW$  بچرخاند،  $\tau$  را مثبت  
 یعنی بالای محور  $\sigma$  در نظر بگیریم

عدت  
 \* در تنشها سه بعدی، ردیف اول است عدد مشخص اصلی (فاکتور کم ها) و دایره محور هم عدد است زیرا  
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  از حل معادله زیر بدست می آید

$$\sigma^3 - (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \sigma^2 + (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2) \sigma - (\sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2 \tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx} - \sigma_x \tau_{yz}^2 - \sigma_y \tau_{zx}^2 - \sigma_z \tau_{xy}^2) = 0$$



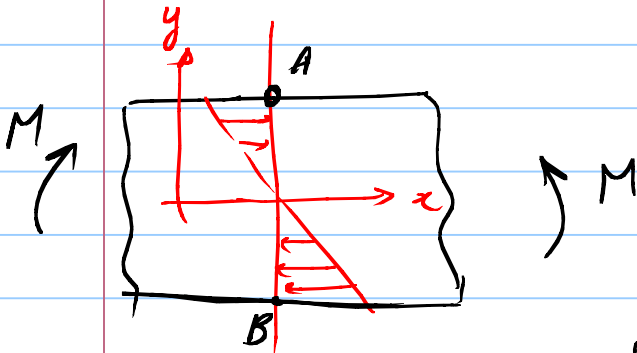
رود بار دوار در کثیف



ا. کشش یا فشار

فرضیات: - مقطع ثابت  
- بار به صورت توزیع شده و یکنواخت عمود بر مقطع

\* برابر تمام نقاط  $\tau_{xy} = 0$   $\Rightarrow \sigma_x = \frac{F}{A}$   
 $\sigma_y = 0$

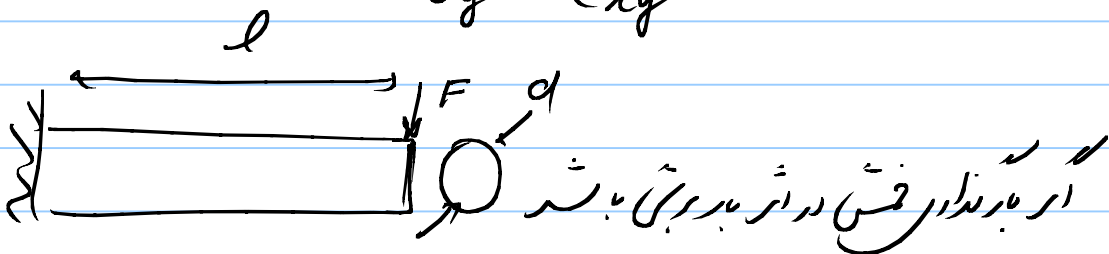


۲. قش ← کشش یا فشر - بریزد

جزایرین نقطه A, B است در این

نقاط  $\sigma_x = -\frac{My}{I}$

$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$

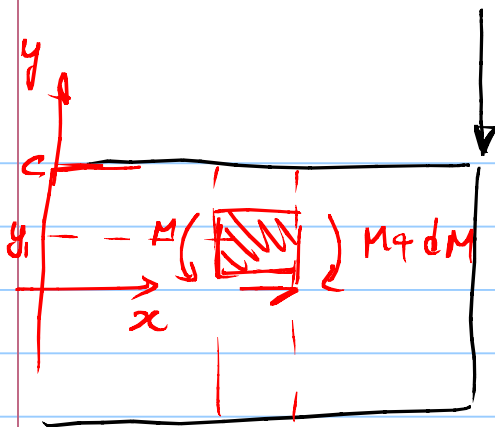


اگر بار دوار قش در اثر بار برشی باشد

مدال این است که چه مدفع اثر قش سدی برکت و چه موقع اثر برش

معمولاً برش سدی برکت  $\rightarrow \frac{l}{d} < 10$

قش تعیین کننده است  $\rightarrow \frac{l}{d} \geq 10$



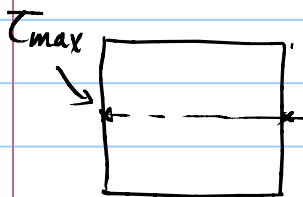
۳۰. بارهای برشی

( \* بارهای برشی اثر بخش نیز در درجه حدی است )

عابری است ← ( ۵ )

$$\tau \neq \frac{V}{A} \quad \text{سم} \rightarrow \quad \tau = \frac{VQ}{Ib}$$

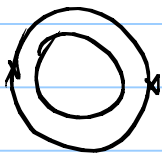
ط عرض  $b$  ،  $I$  گشتاوی ،  $Q = \int_{y_1}^c y dA$  گشتاوی



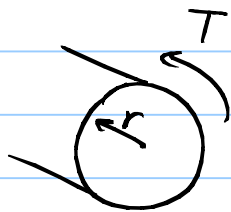
$$\rightarrow \tau_{max} = \frac{3}{2} \frac{V}{A}$$



$$\rightarrow \tau_{max} = \frac{4}{3} \frac{V}{A}$$



$$\rightarrow \tau_{max} = 2 \frac{V}{A}$$



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

J گشتاوی

یعنی :

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \quad \text{گشتاوی} \quad \text{نقطه} \quad \text{در} \quad \text{لبه} \quad \text{دارد}$$

تعیین مقطع بحرانی ، نقطه بحرانی جهت بحرانی ، بارهای برشی و طراحی است

تلف به روابط بارهای برشی مختلف

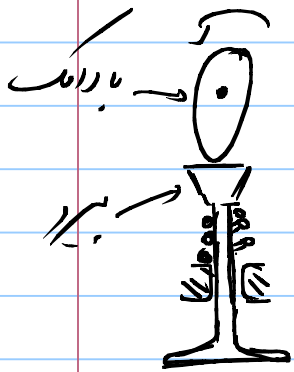




## بارندادن تاس (نرمال بر ساج)

- در اثر تاس در صدمه جلد تغییر شکل پذیر حاصل می‌شود
- معمولاً چون ساج تاس که یک است مکاره تنش تاس بزرگ خواهد بود

شکل : تاس چرخ باریل



- تاس دندان‌های چرخ دنده

- تاس باریلک در برود

- تاس پایه باریلک در برود

- اهمیت اثر مخرب:
1. ترک crack
  2. تغییر فرم Pit
  3. پودر شدن flake

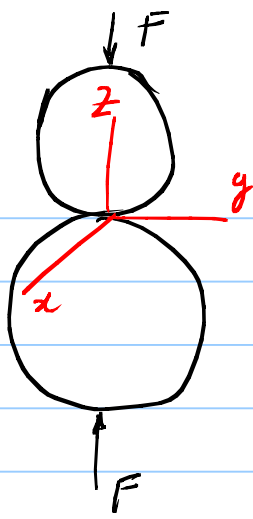
## تئوری هرتز

تاس در برود : ساج نزدیک تاس به یک نقطه باشد (به فرض جلد بود در برود)

آن در عمل این ساج تبدیل به یک دایره با شعاع  $a$  می‌شود

$$a = \left[ \frac{3F}{8} \frac{\frac{(1-\nu_1^2)}{E_1} + \frac{(1-\nu_2^2)}{E_2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$F$  : نیروی تاس



اگر می‌اندازد در یک صفحه باشد  $d = 0$

تشریحی اصل در وسط دایره تماس در مجرای ترین نقطه است :

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_x = \sigma_y = -P_{max} \left[ \frac{(1 - |z/a| \tan^{-1} \frac{1}{|z/a|})}{(1+z) - \frac{1}{2(1+\frac{z^2}{a^2})}} \right]$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = \frac{-P_{max}}{1 + \frac{z^2}{a^2}}$$

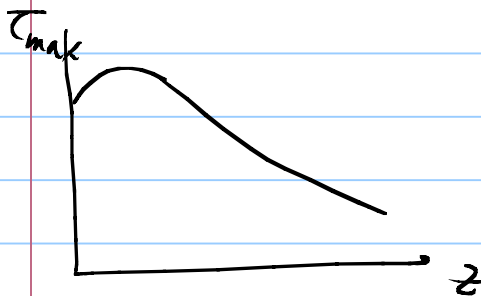
$$P_{max} = \frac{3F}{2\pi a^2}$$

تشریحی اصل زیرا در نقطه تماس بیشترین است

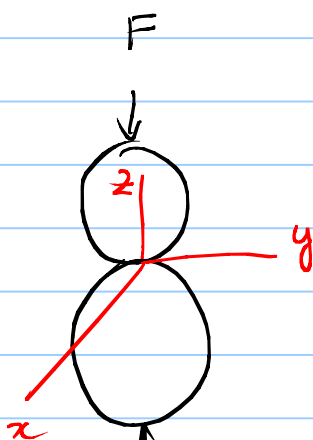
اما اگر  $\sigma_{max}$  را حدی کنیم در نقطه تماس با فاصله اندک از سطح تماس (ردی محدود)

تدریجاً کم می‌شود. این تنش باعث ایجاد ترک‌های مدگاز می‌شود و در اثر تدریج

آنها پدید می‌آید سطح انتقالی است



تماس در استوانه



سطح تماس

تشریحی است به عرض

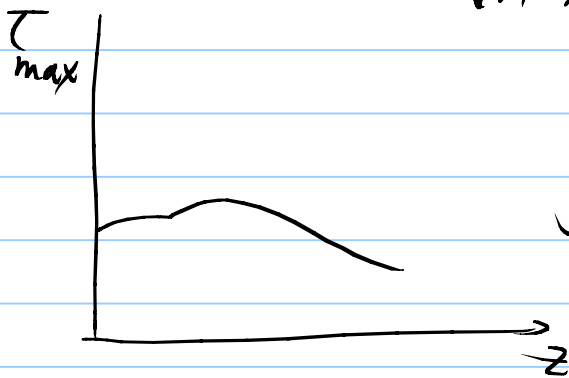
2b ، طول l

$$b = \left[ \frac{2F}{\pi l} \cdot \frac{\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad P_{max} = \frac{2F}{\pi b l}$$

$$\sigma_1 = \sigma_x = -2\nu P_{max} \left( \sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}} - \left| \frac{z}{b} \right| \right)$$

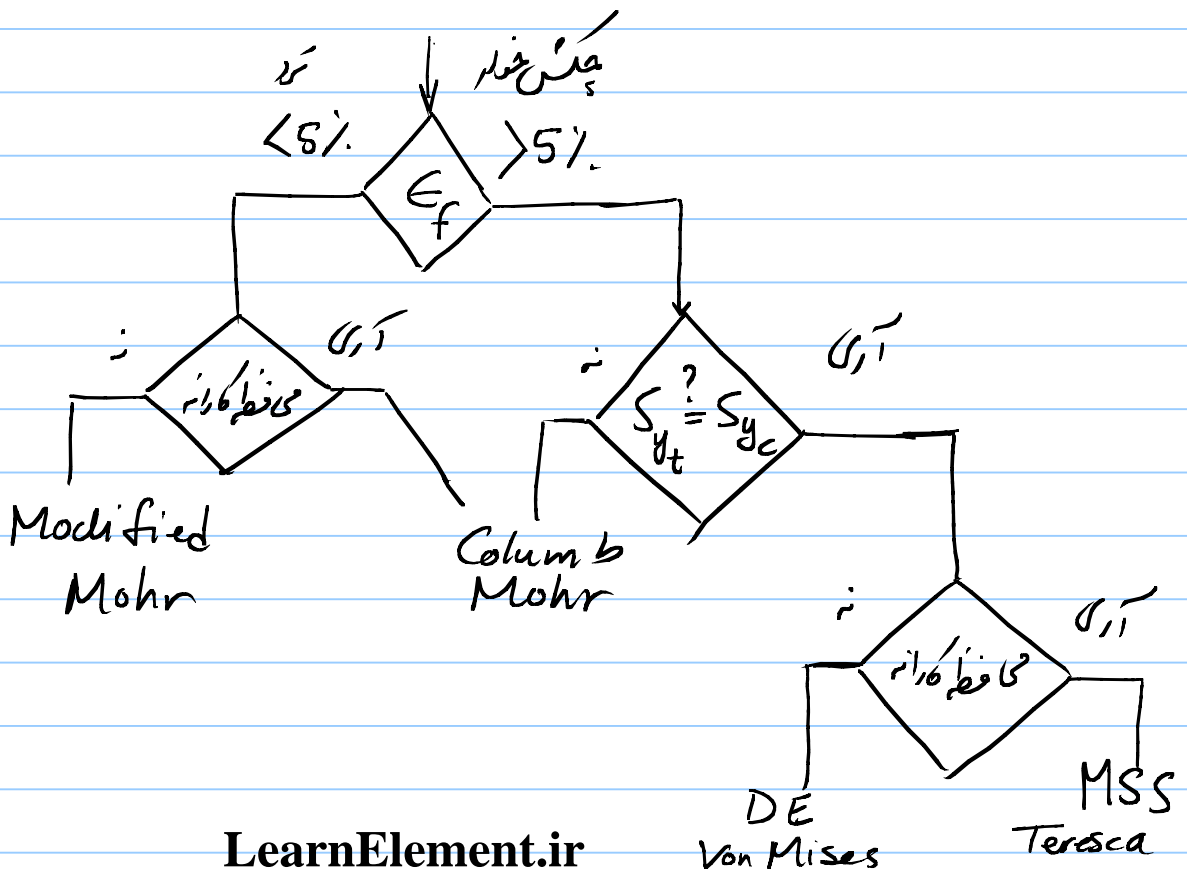
$$\sigma_2 = \sigma_y = -P_{max} \left( \frac{1 + 2\frac{z^2}{b^2}}{\sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}}} - 2\left| \frac{z}{b} \right| \right)$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = \frac{-P_{max}}{\sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}}}$$

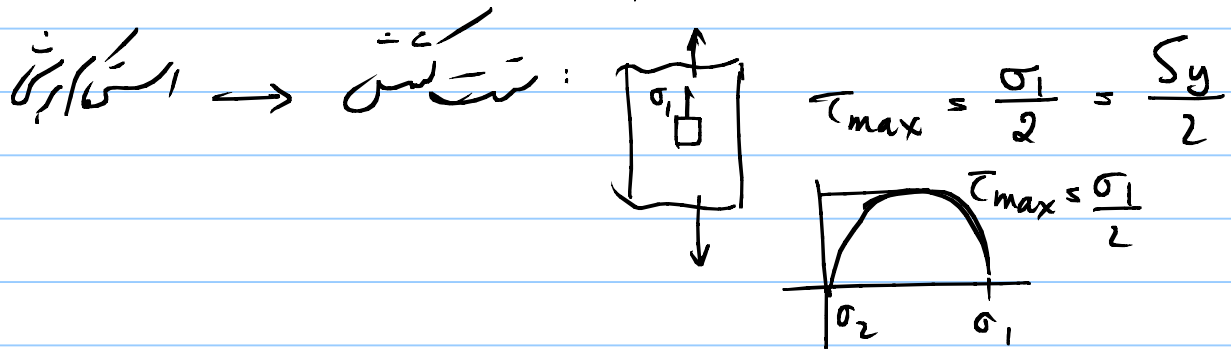


در حدود تنش برشی مازیم در نقطه ای  
 زیر سطح ماکس به مقدار بیشینه می آید

تغییر نسبت - استاتی



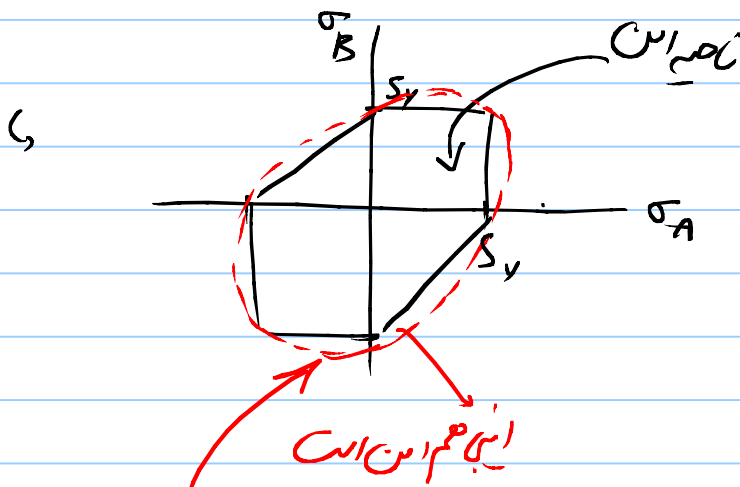
Tresca: نسبت دایره عبور  $\tau_{max}$  لذا استیجاریش اتفاقاً باشد



$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 \rightarrow (\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3) \Rightarrow \tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \leq \frac{S_y}{2}$

نسبت اتفاقاً نمی‌باشد

در حالت تنش صفحه‌ای در یک دایره تنش برزالی صغیر است  $\leftarrow$  تنش‌های اصلی  $\sigma_A, \sigma_B$



تئوری انرژی - Von Mises

نتیجه نتش نشان داده در اطراف ناحیه ترک‌خیز این است

ناحیه این:  $\sigma_{av} = \left[ \frac{1}{2} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right] \right]^{1/2} \leq S_y$

در حالت صفحه‌ای (که  $\sigma_3 = 0$ )  $\leftarrow$

$\sigma_{av} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2} \leq S_y$

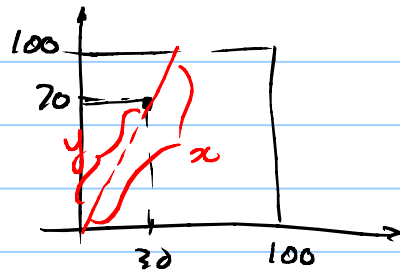
$$= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq S_y \quad \text{نقص این}$$

$$E_f = 0.55, \quad S_{yt} = 100 \text{ kpsi} \quad \underline{\text{سؤال}}$$

۱۹ بار تنش زیر ضرب المینک را به دست آورید

$$\sigma_1 = 30 \text{ kpsi}, \quad \sigma_2 = 70, \quad \sigma_3 = 0$$

Teresca :



$$n = \frac{x}{y} = \frac{100}{70}$$

$$\text{Von Mises: } \sigma_{av} = \sigma_{vm} = \left[ 70^2 - 70(30) + 30^2 \right]^{1/2} = 60.8 \text{ kpsi}$$

$$n = \frac{100}{60.8}$$

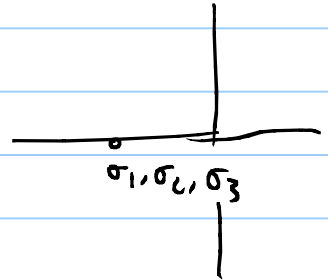
(b)

(ارائه مثال)

هیدرواستاتیک  
 $\sigma_1 = -30 \text{ Mpa}, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$

MSS:  $\tau_{12} = \tau_{13} = \tau_{23} = 0$

$\Rightarrow n = \frac{S_y}{\tau_{max}} = 5$



DE:  $\sigma_{vm} = \left[ \frac{(30-30)^2 + 0 + 0}{2} \right]^{1/2} = 0 \rightarrow n = \frac{S_y}{\sigma_{vm}} = 5$

\* طبیعت تغییر بار MSS, DE, تنش هیدرواستاتیک هرگز باعث شکست نمی‌شوند

\* در تنش هیدرواستاتیک فشار، تغییر اول است که  $S_y > \sigma_H$  را باعث شکست می‌ماند

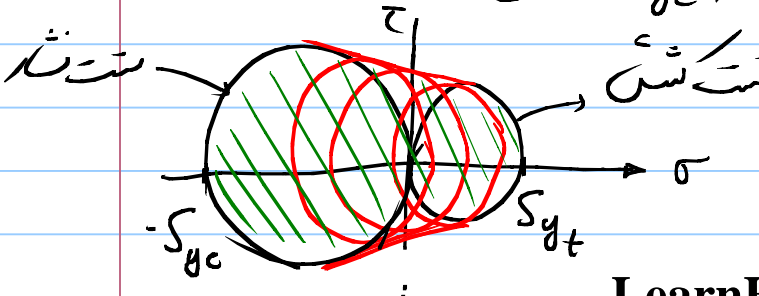
در نظر بگیرید

\* از آنجاییکه ایجاب تنش هیدرواستاتیک تنش تقریباً غیر ممکن است، استرس در این مورد

و عدد بزرگتر

تئوری کولب مد

\* در حالتی که  $E_f > E_c$ ,  $S_{yc} \neq S_{yt}$  از این تئوری استفاده می‌شود

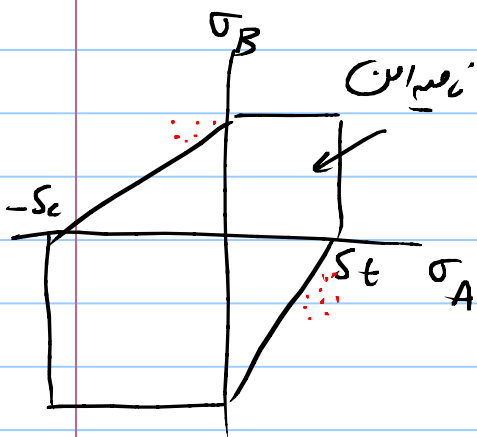


\* راضی ناصیه هستند در حد

طبق این تئوری این است

\* خطوط با شیب بردار نشان داده شده، در واقع نمایی هستند اما در این نمودر با تقویم

آنها را حفظ راست فرض کنیم

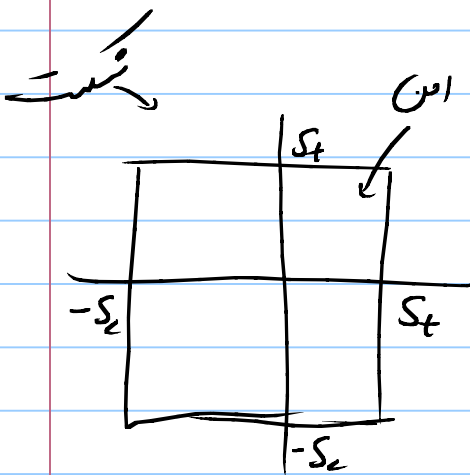


$$1. \sigma_A > \sigma_B > 0 \rightarrow n = \frac{S_t}{\sigma_A}$$

$$2. \sigma_A < \sigma_B < 0 \rightarrow n = \frac{-S_c}{\sigma_A}$$

$$3. \sigma_A > 0 > \sigma_B \rightarrow \frac{\sigma_A}{S_t} - \frac{\sigma_B}{S_c} = \frac{1}{n}$$

نمودار شکست در موارد زیر



۱. نمودر تنش نرمال تا زخم

بدلیل اینکه این نمودر خطی خوشبختانه بوده

لذا آن کم استفا ده می شود

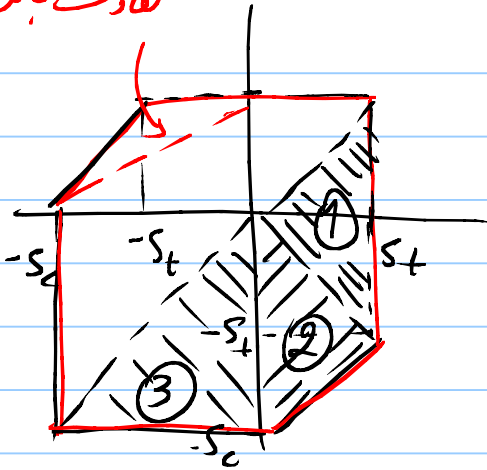
\* لذا آن برابر تعیین مایع شکست استفا ده شد و در مایع این دقیق نیست

۲. نمودر کوکلیب - مودر

\* برابر موارد مورد پیش بینی محافظه کارانه از مایع این لحاظ می کنند

(در روابط مایع مانند حالت بالا برابر مودر چکش خورد)

تفاوت با کولب مدر



۳. تئوری کولب - مدر تغییر یافته  
 \* برای آن داده ها هر چیزی ممکن شد  
 نسبت آن داده شد نیز چندان مهم  
 نباشد

۱.  $(\sigma_A > \sigma_B > 0)$  یا  $(\sigma_A > 0 > \sigma_B \text{ \& } |\frac{\sigma_B}{\sigma_A}| \leq 1)$

$$n = \frac{S_t}{\sigma_A}$$

۲.  $\sigma_A > 0 > \sigma_B \text{ \& } |\frac{\sigma_B}{\sigma_A}| > 1$

$$n = \frac{S_c^2 S_t}{S_c \sigma_A (S_c - S_t) - S_c S_t \sigma_B}$$

۳.  $0 > \sigma_A > \sigma_B$

$$n = \frac{\sigma_B}{-S_c}$$

مستند

\* اثر خستگی عبارت است از شکست معاد در بارندگی های تکراری با بارها کمتر از

حد استقامت ماده

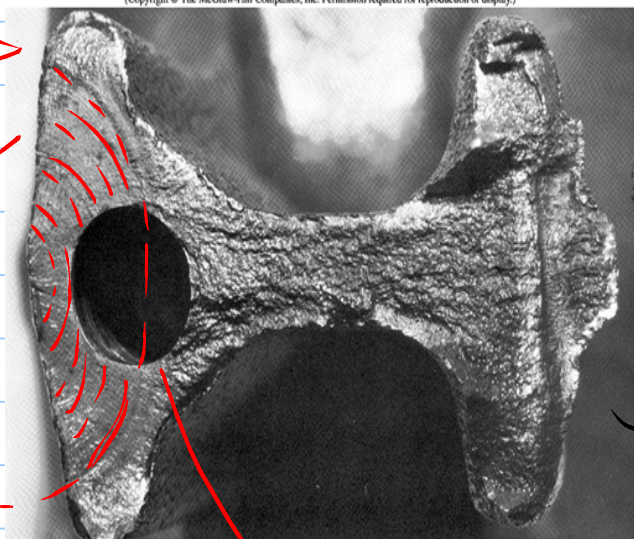
\* علت وقوع این پدیده به احتمال زیاد بازگردد به وجود ناخالصیها و ناهمگنیهاست

انجام دگر که در این صورت آنگاه اثر آنها در رفتار ماکرو ماده دیده



نمائند. مقدار بارندگی میخورد. ایجاد و رشد ترک در این نواحی شده و نهایتاً  
بابت سختی ناگهانی ماده می رود

خس : ( ایجاد ترکهای مکرر در شاخه ها در اثر هموار بارگذاری )

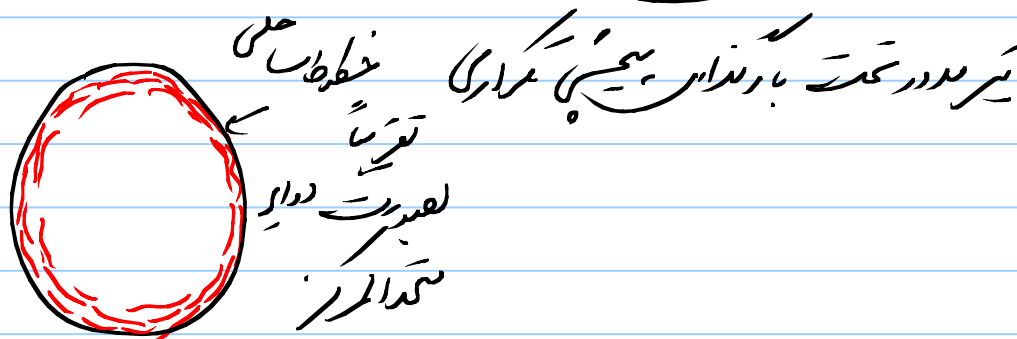
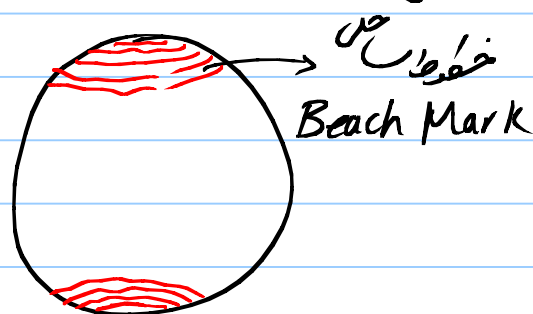


فراخوردگی خس  
به صورت موضعی  
در اثر هموار بارگذاری  
اتفاق افتاده است

مقطع نیر در اثر بارگذاری  
گوار شده است

شال از یک مقطع دایره تخت بارگذاری  
فشر در طرف

دقیقاً مقطع به این ناحیه می باشد قسمت است که  
اتفاق می افتد



خس خسند مدار هندسی عمدتاً برای آن در شهر مطالعه تجربی صورت میگیرد. در این مطالعه  
بدینال مهندسی هستیم بنام استی که خسند که منش قابل تحمل در سطح آن ماده در  
یک مدار محین سیکل LearnElement.ir کنترل شده است که بهت می رود.

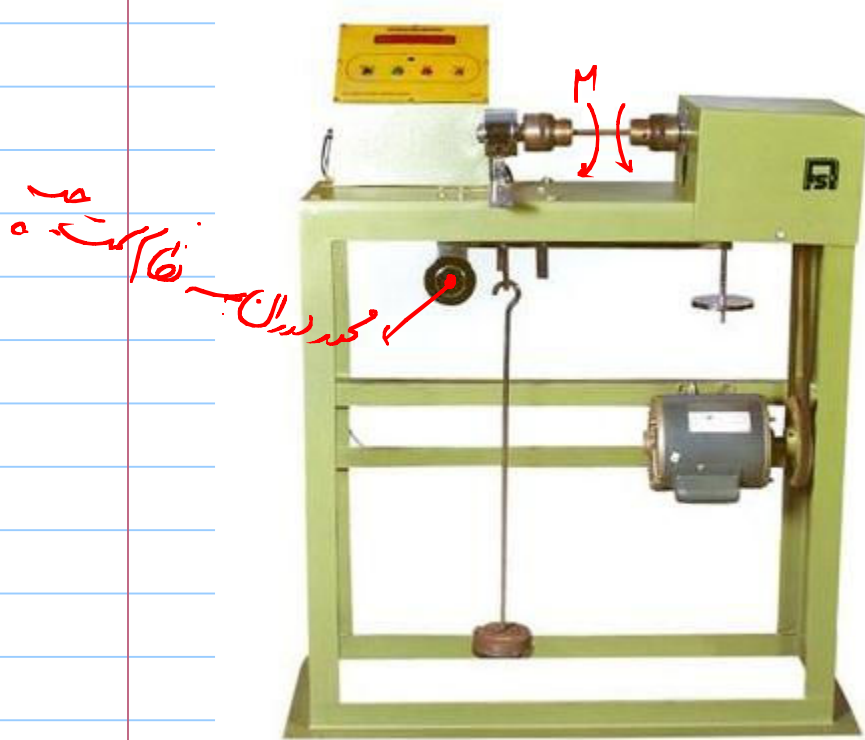
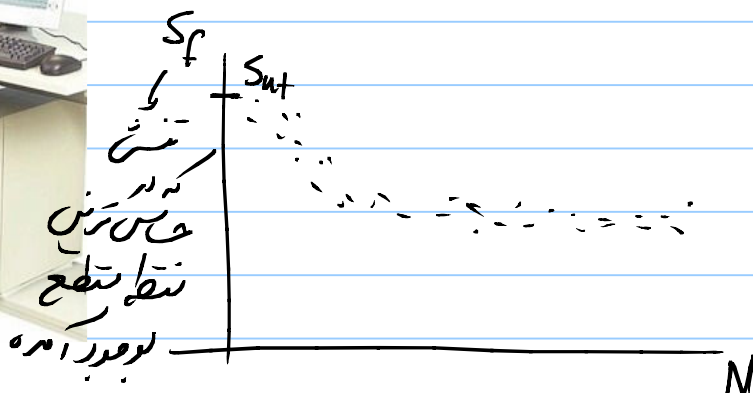


دستگاه تست هستن MTS

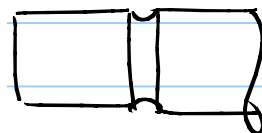
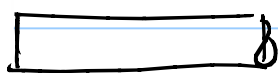
که در آن قطعه استاندارد

تحت بارندگی کششی مورب قرار

گیرد



قطعه استاندارد



قطعه تحت بار کششی ثابت قرار دارد

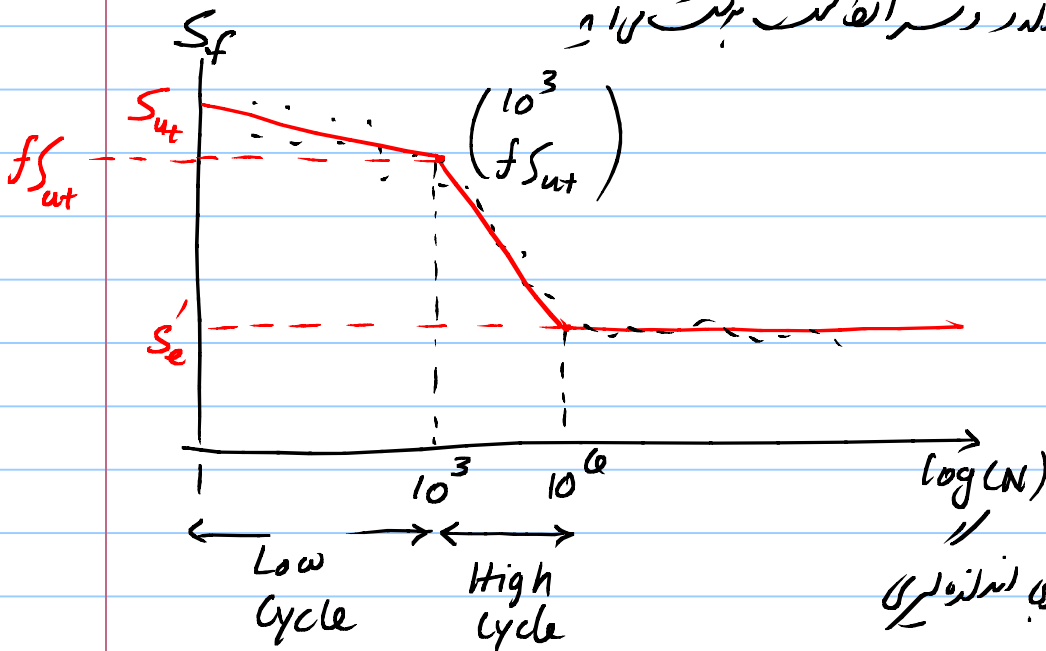
و در آن کنترل می‌شود. چرخش محورها باعث ایجاد بارندگی کششی در اجزای مختلف می‌شود.



با یک بار کشش یعنی یک بار  
 دو بار نظام این دسته هم تدا  
 کشش هارمونیک (کش)  
 به قطع اعمال نمود

برای این اطلاعات جهت آمو از تستهاست فوفا، یک دلیل تجربی از استیما مختلف این

نقطه است مانند در دشر انطالک جهت هر آیه



$S_e$ : استیما محدود

اثر خست بر این تستها

کمتر از  $S_e$  ناهمبازت

$S_e$  عموماً تعداد تجربی اندکند لری

باشد

در مورد فولادها دیده شده که تغییرات آن به یک رابطه تجربی زیر به دست خوبی قابل تخمین است

$$S_{ut} < 1400 \text{ Mpa} \rightarrow S_e \approx 0.5 S_{ut}$$

$$> 1400 \text{ , } \rightarrow S_e = 700 \text{ Mpa}$$

$f$  : ضریب استیلاختن در  $10^3$  سیکل  $0.6 < f < 0.9$

SAE رابطه تجربی زیر را برای تعیین  $f$  در فولاد توصیه می‌کند

$$f = \frac{\sigma'_F}{S_{ut}} (2000)^{b'}$$

$$\sigma'_F = S_{ut} + 345 \text{ MPa}$$

$$b' = - \frac{\log(\sigma'_F / S_e')}{\log(2 \times 10^6)}$$

اگر اطاعت کنیم  $S_F - N$  در دستگاه  $\log - \log$  رسم شود بسیار، خط صاف است  
 که این (مطابق شکل حسب جدول) در آن همانند این نمی‌داند این بسیار، خط صاف می‌ماند

Low cycle Fatigue : خاصیت در  $(1, S_{ut})$  ،  $(10^3, f S_{ut})$  مانند

$$\log S_F = c \log N + e$$

$$\text{let } e = \log d \Rightarrow \log S_F = c \log N + \log d$$

$$\Rightarrow S_F = d N^c$$

$$(1, S_{ut}) \Rightarrow S_{ut} = d (1)^c \Rightarrow d = S_{ut}$$

$$(10^3, f S_{ut}) \Rightarrow f S_{ut} = S_{ut} (10^3)^c \Rightarrow c = \frac{1}{3} \log f$$

$$S_f = S_{ut} N^{(\frac{1}{3} \log f)}$$

### High Cycle Fatigue

خاصیت در  $(10^3, f S_{ut})$  ،  $(10^6, S_e')$  در میانه کارایی

$$S_f = a N^b$$

$$(10^3, f S_{ut}) \Rightarrow f S_{ut} = a (10^3)^b \Rightarrow \log(S_{ut} f) = \log a + 3b$$

$$(10^6, S_e') \Rightarrow S_e' = a (10^6)^b \Rightarrow \log S_e' = \log a + 6b$$

$$\Rightarrow a = \frac{(f S_{ut})^2}{S_e'} \quad , \quad b = -\frac{1}{3} \log \frac{f S_{ut}}{S_e'}$$

شال:  
برای فولاد آلیاژی با استنسی که  $S_{ut} = 780 \text{ Mpa}$  است  
این استنسی که در آن چقدر است؟

$$S_{ut} < 1400 \rightarrow S_e' = 0.5 S_{ut} = 390 \text{ Mpa}$$

ب. عمر قطعه تحت بارندگی  $\sigma_a = 300 \text{ Mpa}$  چقدر است؟

$$\sigma_a < S_e' \rightarrow N \geq 10^6$$

ج. عمر قطعه تحت بارندگی با رانده  $\sigma_a = 480 \text{ Mpa}$  چقدر است؟

ابتدا استنسی که در  $10^3$  سیکل رانده می‌آوریم

$$(S_f)_{10^3} = f S_{ut} \quad , \quad f = \frac{\sigma_F'}{S_{ut}} (2000)^b$$

$$\sigma_F' = S_{ut} + 345 \text{ Mpa} = 1125 \text{ Mpa}$$

$$b = -\frac{\log(\frac{\sigma_F'}{S_e'})}{\log(N_e)} = -\frac{\log(\frac{1125}{390})}{\log(10^6)} = -0.0767$$

$$f = \frac{1125}{780} (2000)^{-0.0767} = 0.805$$

$$\Rightarrow (S_f)_{10^3} = 0.805 (780) = 627.9 \text{ Mpa} > 480$$

$$\Rightarrow \text{High Cycle} \rightarrow S_f = a N^b$$

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} = 1010.9 \text{ Mpa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{fS_{ut}}{S_e} = -0.0689$$

$$\Rightarrow S_f = 480 = 1010.9 (N)^{-0.0689}$$

$$\Rightarrow N = 49522 \approx 50 \text{ K}$$

## تصحیح استقامت در دما

که در آزمون استقامت در دما خاص آزمون خاص، بزرگتر خاص، شکل نقطه

خاص و معین در ... انجام می‌شود. در عمل با تغییر در این پارامترها استقامت در دما

به  $S_e$  تغییر می‌کند که به رابطه تجربی زیر بیان می‌گردد

$$S_e = S_e' K_a K_b K_c K_d K_e K_f$$

که تمام ضرایب فوق در جداول مسود می‌باشند



$K_a$  : ضریب سطح - برابر سطح پدیش خورده این ضریب مقدار مایکرم (یک)

درا و برابر حالات دیگر از عدله تجربی زیر استفاده باشد

$$K_a = a S_{ut}^b$$

ضرایب  $a$ ,  $b$  از جدول

6-2 کتاب

$K_b$  : ضریب اندازه : با تغییر اندازه قطعه استقامت حد در را تغییر میابد

$$K_b = \begin{cases} 1 & d \leq 3 \text{ mm} \\ 1.24 d^{-0.102} & 3 < d \leq 51 \\ 1.51 d^{-0.157} & 51 < d < 254 \end{cases}$$

در صورتی که تقاطع غیر دایره‌ای باشد، یک قطر معادل حساب می‌شود. برابر این مقدار

ابتداءً حدت ناحیه از تقاطع دایره‌ای که  $\sigma_{max} = 0.95 \sigma$  بیشتر را تحمل می‌کند

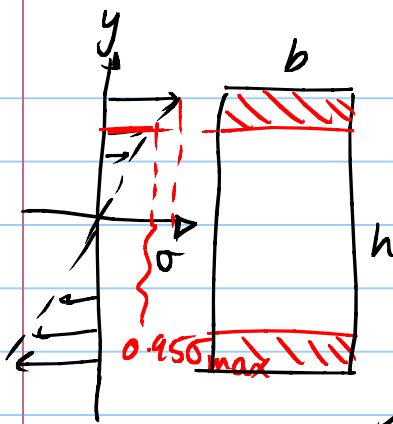
مبحث می‌آیدیم. این ناحیه حدوداً نوار خارجی سطح مقطع است

$$A_{0.95} = \frac{\pi}{4} (d^2 - (0.95d)^2) = 0.0766 d^2$$

در هر نقطه به شکل مقطع غیرتثابت  $A_{0.95}$  آن ناحیه حساب می‌شود

$$A_{0.95} = 0.0766 d^2$$

برابر  $d$  حل کرد



مثال: تعلق سبقت تحت بار فشاری زود

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

تغییر نسبت خطی از  $y_2$  تا  $y_1$  - تغییر می کنند

پس  $0.95\sigma_{max}$  در  $0.95 \frac{h}{2}$  اتفاق می افتد

$$A_{0.95} = 2 \left( b \cdot 0.05 \frac{h}{2} \right) = 0.05 bh = 0.0766 d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.05}{0.0766} bh}$$

$k_c$ : ضریب بار  
نوع بار در این است که حد دردم را عوض می کنند

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{Bending} \\ 0.85 & \text{Axial} \\ 0.59 & \text{Torsion} \end{cases}$$

$k_d$ : ضریب دما : با تغییر دما کارایی تعلق است که حد دردم را عوض می کنند

$$k_d = \frac{S_T \rightarrow \text{است که دردم در دما آ}}{S_{RT} \rightarrow \text{دما در آن " "}}$$

جدول 4-6

$K_e$  : اعتمادپذیری : از آنجمله که بعد از تجربی و اعتماد به است. نگاه  
 به این ضریب می توانیم میزان اعتماد به مقدار آن را تعیین کنیم

$$K_e = 1 - 0.08 Z_a$$

$Z_a$  از جدول 5-6 کتاب

$K_f$  : سایر اثرات (مانند خوردگی، پدش سطح، اثرات اصطکاک و...)

اثر خوردگی در خستگی

این اثر را می توان بعد از ضریب در بار نگاری بریند حاصل اسکام حد دریا را  
 بر این ضریب تقسیم می کنند

\* اثر خوردگی در خستگی ضریب  $K_f$  و  $K_{fs}$  بیان شده است  
 تابع  $K_t$  و  $K_{ts}$  (ضریب تمرکز در بارندگی استاتیکی) هستند آن  
 مقادیر متفاوت دارند

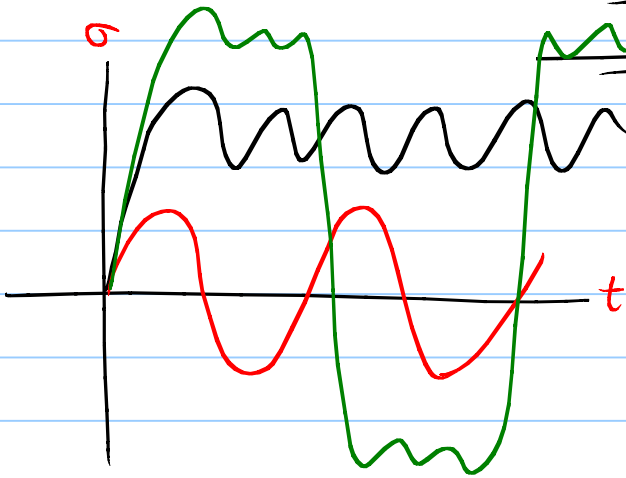
$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad , \quad K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

$K_t, K_{ts}$  از جدول A.15

$q, q_s$  حاصل از  $S_{ut}$  مقادیر جدول

6-20, 6-21 کتاب محاسبه استرس

ترکیب بارهای استاتیکی و دینامیک



$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right|$$

$\sigma_m$  : تنش متوسط یا استاتیکی

$\sigma_a$  : دامنه تنش یا دامنه تغییرات

## تحلیل تنش در شرایط دینامی

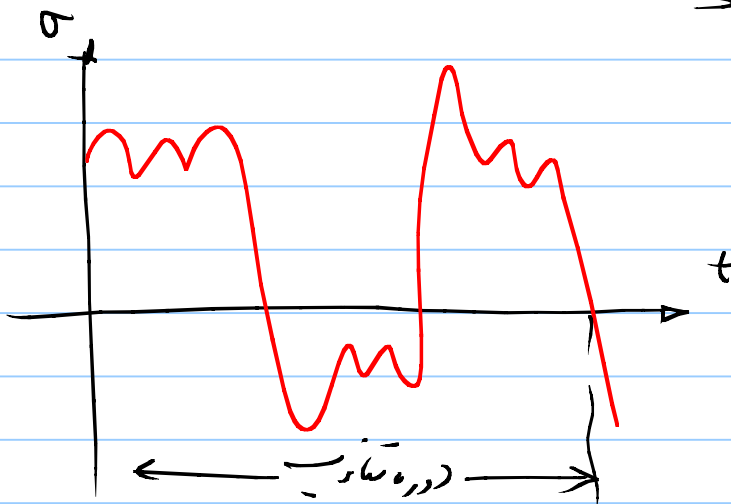
باید به خاطر داشت که اصداعات تنش در شرایط دینامی در اثر آزمایش به دست می آید

در حالت بار دینامی واقعی اصطلاحاً زیر بار اینجا گفته می شود:

۱. ترکیب بار دینامی و ثابت (در حالت آزمایش استاتیک بار ثابت مدولم)

۲. ترکیب نوع بار (کشش، فشرش، خمشی)

۳. مجموع آثار تنش در دوره های در نماندن



ترکیب بار ثابت و دینامی

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

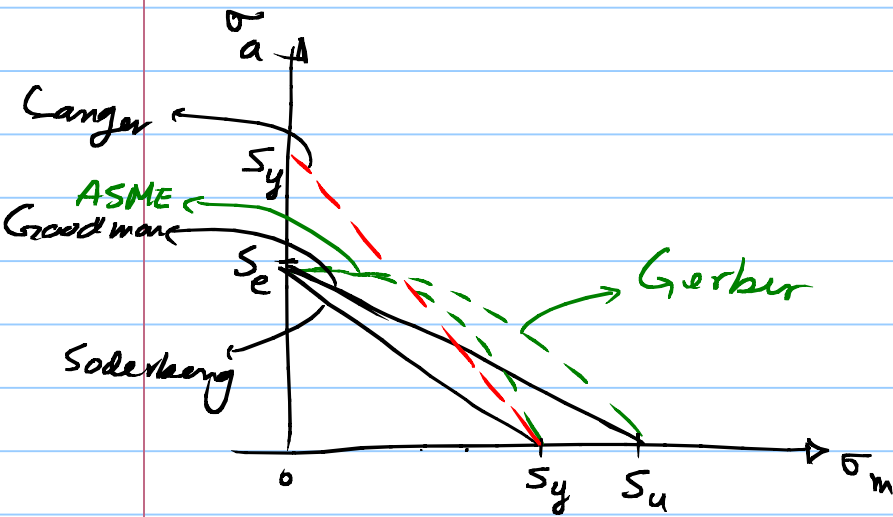
$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right|$$

$\sigma_m$  : تنش متوسط

$\sigma_a$  : دامنه تنش

# تئوریهای نسبت تنش در مدار چرخش خاز

این تئوریها در صورتی که در حضور  $\sigma_m \neq 0$  ناحیه این بارندگی را تعیین نمایند



Soderberg :  $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$  می فقط کاربرد برای تئوری

Goodman :  $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = \frac{1}{n}$

(Langer :  $\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$ )

ASME :  $\left(\frac{\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{S_y}\right)^2 = \frac{1}{n^2}$

Gerber :  $\frac{n\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{n\sigma_m}{S_u}\right)^2 = 1$

در کسب قطره که کمیت سولفید هر ثابت و دند قمار دنددر حسن است شرا نفاز بر

اتفاق است

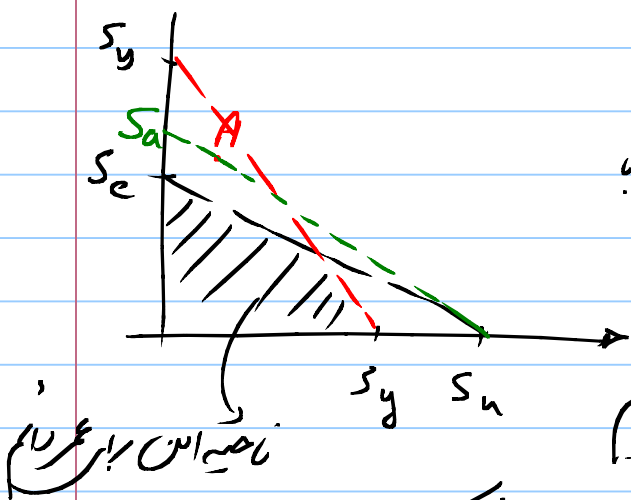
در صورتی که بار دنددر همانندند A باشد با

استفاده از این روش گسترده من خط

از  $S_y$  به A رسم کرده و استاندارد در هم

تا محور عمودی را در  $S_a$  قطع نماید حال به یک مقدار  $S-N$

عم قطع را در بار  $S_e$  به دست می آوریم



ناحیه این بار عمر نام



کسب

۱. از اینجا که  $S_e$  برابر است تحت فشار به است اگر  $S_e$  ناشی از بار محدودی

باشد بجز آنکه  $k$  را در  $S_e$  ضرب کنیم و تنش را بر  $k$  تقسیم کنیم

$$\sigma = \frac{\sigma}{0.85}$$

۲. ضریب ایمنی ناشی از خطای Langer در کسب حسن می باشد که با  $k$  برابر مقدار

آن کمتر از ضریب ایمنی گسترده است یعنی این است که

احتمال شکست استاتیکی بیشتر است. اگر این فریب (خط Langer) لذیب کمتر باشد معنی آن این است که بالاتر خط Langer قرار داریم و "شکست استاتیکی" در اولین سیکل بارگذاری اتفاق می افتد.

۳. در صورت وجود اثر تمرکز تنش به فریب آن در هر دو  $\sigma_a$  و  $\sigma_m$

فریب شد.

از آنجایی که محض است در ذرات ترک (منظور ناحیه است که بیشترین تمرکز را دارد) تنش وارد ناحیه پلاستیک شد در این صورت امکان از

اصداصیه زیر استفاده نمود :

- اگر حداکثر تنش  $\sigma_{max}$  به  $\sigma_y$  نزدیک تر از  $k_f$  طبق

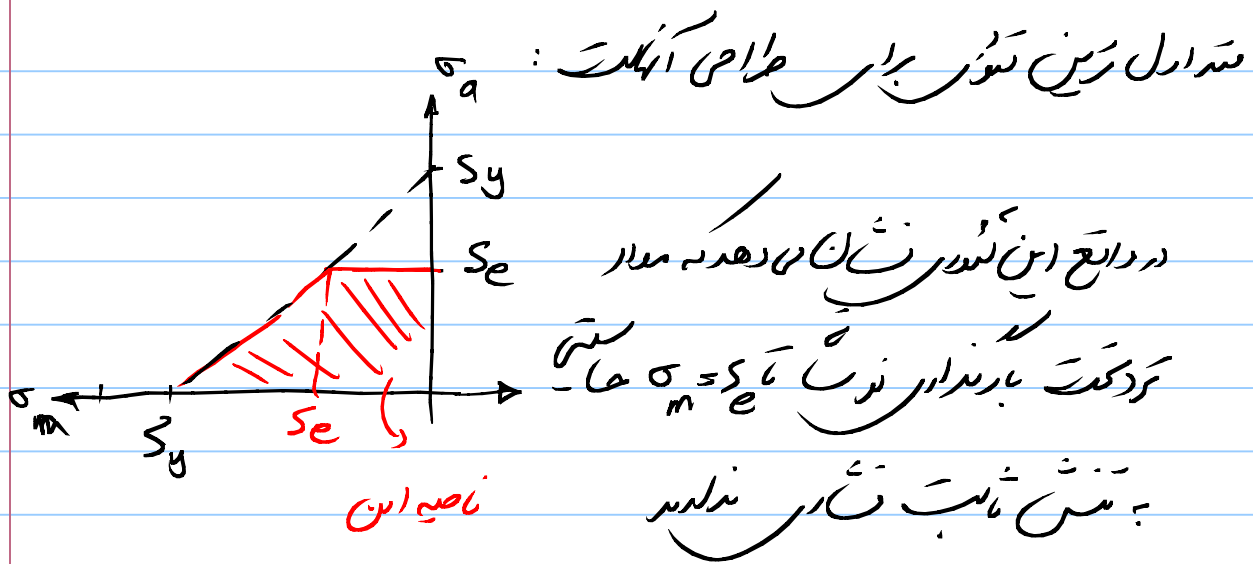
بالا استفاده کنید

- اگر حداکثر تنش از  $\sigma_y$  کمتر شد :

$$\sigma_a \leftarrow k_f \sigma_{a0} , \quad \sigma_m \leftarrow \sigma_{m0}$$

در مورد موارد ترک از آنجمله محلی آنها در بارگذاری خسته شدن کم است (به کمک) عموماً در کاربردها با بارندگی استفاده نمی شوند. با این حال هنوز زیر تقریباً





تخیل خستگی در محاسبه بارگذارها بر تفاوت

اگر بارگذار توتس از بار فشی استنش در ... باشد و این است که باید  
توتس از توتس محاسبه درک ما نیز در این باره کرده و با تخیل را برای آن  
از این (همه) :

$$\text{Axial} \rightarrow (\sigma_a)_A = K_f (\sigma_{a0})_A$$

$$(\sigma_m)_A = K_f (\sigma_{m0})_A$$

$$\text{Bending} \rightarrow (\sigma_a)_B = K_f (\sigma_{a0})_B$$

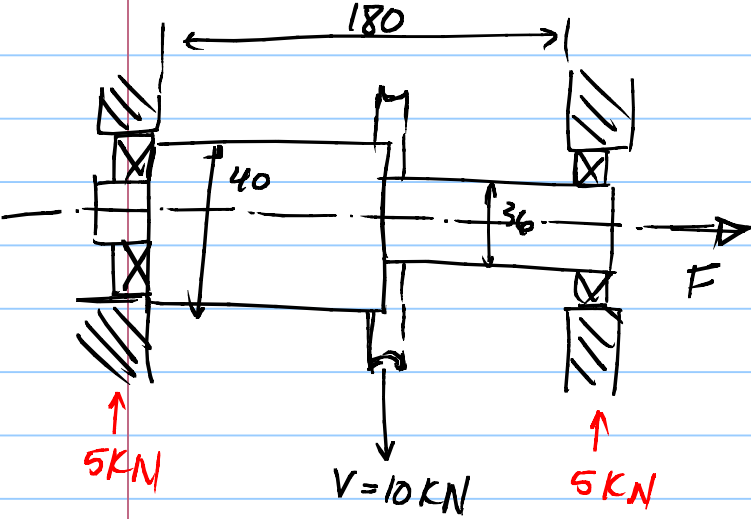
$$\text{Torsion, Shear} \rightarrow (\tau_a)_T = K_f (\tau_{a0})$$

$$(\tau_m)_T = K_f (\tau_{m0})$$

$$\sigma_a' = \left[ \left[ \frac{(\sigma_a)_B + (\sigma_a)_A}{0.85} \right]^2 + 3 (\tau_a)_T^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_m' = \left[ \left[ (\sigma_m)_B + (\sigma_m)_A \right]^2 + 3 (\tau_m)_T^2 \right]^{1/2}$$

\* اصلاحیه: ضریب اندازه  $K_t$  در شرایطی که بارگذاری مکرر باشد می باشد \*



نشان:   
 ضریب اهمیت در شفت در برابر   
 محال بارگذاری استاتیکی و دینامیکی   
 می باشد

توسیع اهمیت = ۹۰٪

$S_{ut} = 620$ ,  $S_y = 500$  Mpa, شفت با تراشکاری ساخته شده،  $C_f = 91\%$

(a)  $F = 0$ ، ضریب اهمیت استاتیکی چیست؟

نتیجه حاصل سرپیچ و بارگذاری دورترش خواهد بود

$$M_{max} = \frac{5(10^3) \times 90}{1000} = 450 \text{ N.m}$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} = \frac{M \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = 97.2 \text{ Mpa}$$

ضریب تمرکز  $K_t$  (مقدار استاندارد)  $\left( \frac{r}{d} = 0.027 \right)$    
  $\left( \frac{D}{d} = 1.4 \right)$    
 A-15-9  $\rightarrow$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5 (620) = 310 \text{ Mpa} : \text{برابر استی (معدن)}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

$$\text{شرایط سطح - سایشی} \rightarrow k_a = 4.51 (620)^{-0.265} = 0.82$$

$$\text{قطر دوار به سطح دایره} \rightarrow k_b = 1.24 (36)^{-0.107} = 0.84$$

قطر دوار = 36

$$k_c = 1 \leftarrow \text{گرد دوار فشر}$$

$$k_d = 1 \leftarrow \text{دوار دوار ایسان منظره شد}$$

$$\text{نسبت اطمینان: 90\%} \rightarrow k_e = 0.897 \approx 0.9$$

مردک  $R = 90\% \Rightarrow Z_a = 1.288$

$$k_f = 1 \leftarrow \text{سیر اثرات}$$

$$S_e = 0.82 (0.84) 0.9 (310) = 191.5 \text{ Mpa}$$

$$k_t = 2.1 : \text{ضرب تمرکز تنش حفر}$$

$$\text{q و نسبت بزرگ} \left\{ \begin{array}{l} S_{ut} = 0.6 \text{ Gpa} \\ r = 1 \text{ mm} \end{array} \right. \Rightarrow q = 0.75$$

مردک 6.20

$$\Rightarrow k_f = 1 + 0.75 (2.1 - 1) = 1.82$$

$$\text{استاندارد} : n_{sf} = \frac{S_y}{K_f \sigma_{\max}} = \frac{500}{2.1(98.2)} = 2.42 \leftarrow$$

$$\text{فشار} : K_f \sigma_a = 1.82(98.2) = 178.7 \text{ Mpa} < S_e = 191.5$$

$$\Rightarrow \text{عمر} \rightarrow (n_{sf})_f = \frac{S_e}{K_f \sigma_a} = 1.07$$

در تسمه فرباطی در حین بارش تراکم که در هر دو نقطه در صورت افزایش در اثر خستگی خواهد نشست.

$$b) \text{ فرض کنید } V = 5 \text{ KN}, F = 70 \text{ KN} = \text{const.}$$

$$\sigma_m = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}} K_f = 1.82 \frac{70(10^3)}{\frac{\pi}{4}(0.036)^2} = 125 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = K_f \cdot \frac{98.2}{2} = 89.4 \text{ Mpa}$$

$$\text{Soderberg} : \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{89.4}{191.5} + \frac{125}{500} = \frac{1}{1.4}$$

$$n = 1.4$$

$$\text{Langer} : \frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n} \rightarrow n = 2.33$$

$$\text{Goodman} : \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \rightarrow n = 1.5$$

$$\text{ASME: } \left( \frac{n\sigma_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{n\sigma_m}{S_y} \right)^2 = 1 \Rightarrow n = 1.89$$

Gerber:

$$\frac{n\sigma_a}{S_e} + \left( \frac{n\sigma_m}{S_{ut}} \right)^2 = 1 \Rightarrow \frac{n \cdot 89.4}{191.5} + \left( \frac{n \cdot 125}{620} \right)^2 = 1$$

$$\Rightarrow n = 1.9$$

\* در مورد اثر تمرکز تنش در حالت استاتیکی و یا در  $\sigma_m$  در معادله مگر نباید

در این درس چنانچه  $K_t \sigma$  و یا  $K_f \sigma_{max}$  از  $S_y$  بیشتر و از  $S_{ut}$  مگر باشند (به فرض اینکه تغییر هندسه نقطه در اثر تمرکز تنش بلاسیر مهم نباشد) از ضریب تمرکز مختص در اینم در مخرج

$$\underline{K_t = K_f = 1}$$

تعداد بارها، تنش

اگر قطعه تحت بار  $\sigma_a$  برای  $n_1$  سیکل قرار گیرد مقدار اثر تحریف تنش در آن جمع

می‌شود در نتیجه عمر آن برابر بارها یا بارها بعد از آن یک قطعه است به مدت کم‌تر خواهد بود

تعداد ماینر Miner

$\sum \frac{n_i}{N_i} = C$   $n_i$ : تعداد سیکل تکرار بارها در  $\sigma_i$

$N_i$ : عمر قطعه در صورت کم‌تر شدن اثر تحریف تنش بار  $\sigma_i$  قرار گیرد

$C = 0.7$  تا  $2.2$  که برابر فولادها بصورت تقریبی  $C \approx 1$

مثال: عمر قطعه با تنش‌های زیر را بدست آورید

$S_u = 800 \text{ Mpa}, S_e = 300 \text{ Mpa}, \sigma_1 = 400 \text{ Mpa}$

$S_f = a N^b$   $b = -\frac{1}{3} \log \frac{f S_u}{S_e}$   $f = 0.9$

$= -\frac{1}{3} \log \frac{0.9 (800)}{300} = -0.127$

$a = \frac{(f S_u)^2}{S_e} = \frac{(0.9 \times 800)^2}{300} = 1730 \text{ Mpa}$

$N = \left( \frac{400}{1730} \right)^{\frac{1}{-0.127}}$  LearnElement.ir

حال اگر این قطعه با ترک‌های 100 بار در دقیقه بارگذاری شود، و پس از یک روز کاری

(۸ ساعت) بار آن به  $\sigma_2 = 350$  تغییر کند، عمر به چقدر خواهد بود؟

$$n_1 = 8(60)100 = 48000$$

برای بارگذاری جدید، ابتدا  $N_2$  را بدست می‌آوریم

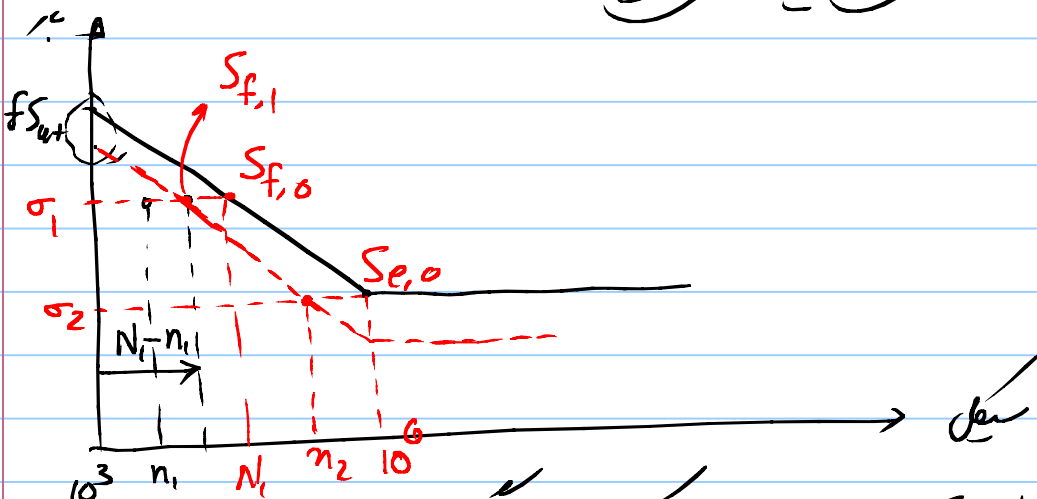
$$\sigma_2 = aN_2^b \Rightarrow N_2 = \left(\frac{350}{1730}\right)^{\frac{1}{-0.127}} = 296 \times 10^3$$

$$\Rightarrow \text{توان} \Rightarrow \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} = 1 \Rightarrow \frac{48}{102} + \frac{n_2}{296 \times 10^3} = 1$$

$$\Rightarrow n_2 = \underline{\underline{157 \times 10^3}} \text{ سیکل}$$

\* نمودار توان برابر تکمیل High Cycle استفاده می‌شود

\* ترکیب بارگذاری در این نمودار اصلاحی ندارد.



تفسیر: طبق نمودار توان برابر پس از یک روز، بارگذاری تکمیل عمر به چقدر خواهد بود؟



سفت کنند. با این اشیاء این قضیه یک بار در این دوام مانند  $\sigma_2$  را در نظر بگیریم

$$\hookrightarrow \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} = 1 \Rightarrow n_2 = N_2 \left(1 - \frac{n_1}{N_1}\right) \quad (*)$$

که در این  $n_2$  عمر بیننده، تعداد  $N_2$  عمر تعداد است که در این  $n_2$  عمر بیننده، تعداد  $N_2$  عمر تعداد است که در این  $n_2$  عمر بیننده، تعداد  $N_2$  عمر تعداد است

$$\left( \begin{matrix} \sigma_2 \\ n_2 \end{matrix} \right)$$

$$S_f = a N^{b'} \Rightarrow \log S = \underline{b'} \log N + \log a$$

سفت تغییر عمر

$$b' = \frac{\log \sigma_2 - \log \sigma_1}{\log n_2 - \log (N_1 - n_1)} = \frac{\log \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\log \frac{n_2}{N_1 - n_1}} \quad (*) = \frac{\log \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\log \frac{N_2 (1 - \frac{n_1}{N_1})}{N_1 - n_1}}$$

$$= \frac{\log \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\log \frac{N_2}{N_1}} \quad \left( \begin{matrix} N_1 = \left(\frac{\sigma_1}{a}\right)^{\frac{1}{b'}} \\ N_2 = \left(\frac{\sigma_2}{a}\right)^{\frac{1}{b'}} \end{matrix} \right) = \frac{\log \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\log \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^{\frac{1}{b'}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{b'}} = b \Rightarrow$$

سفت تغییر عمر تغییر نمی کنند

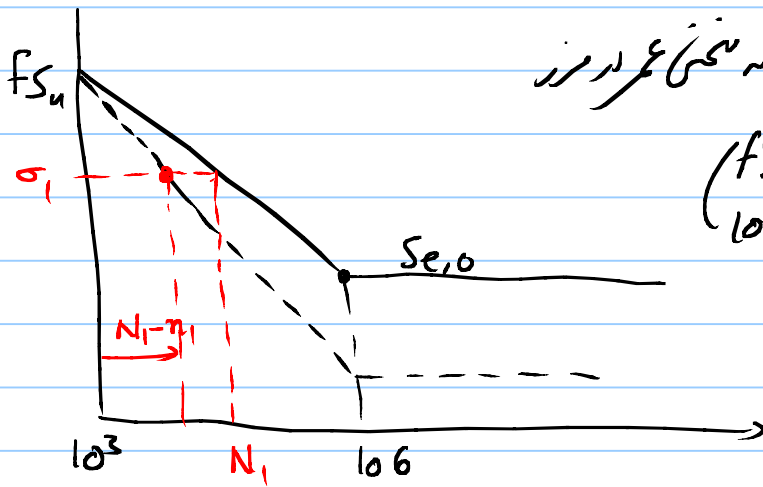
\* طبق این نمودار، سفتی عمر سفت لایه در سفتی عمر تعداد در  $10^3$  سفتی در سفت

نیز عرض می شود. در سفتی طبق نتایج تجربی جمع آوری سفتی در سفتی در سفتی در سفتی

در سفتی در سفتی در سفتی در سفتی در سفتی در سفتی در سفتی در سفتی

در تمام موارد برای رعایت ترتیب بارگذاری و همچنین باربرداری در بارهای نزدیک  $f_{S_{ut}}$

از تستر معبر (مانند) استفاده کنیم. (همچنانکه فقط برای High Cycle)



در این تستر فرض می‌کنیم که سنی عمر در نزد

Low cycle تغییر نمی‌کند  $(f_{S_{ut}})$

برای هر است آردن سنی

عده سنی عمر در نظر

گاییم که این سنی از  $(\sigma_1)$   $(N_1 - m_1)$   $(f_{S_{ut}})$   $(10^3)$  کاربرد

$$\Rightarrow b' = \frac{\log f_{S_{ut}} - \log \sigma_1}{\log 10^3 - \log (N_1 - m_1)}$$

مثال قبل با کمک تستر مانند :

$$\sigma_1 = 400, N_1 = 102 \times 10^3$$

$$m_1 = 48000$$

$$\Rightarrow b' = \frac{\log (0.9)^{48000} - \log 400}{3 - \log (102 - 48) 10^3} = -0.147 \Rightarrow S_f = a N^{b'}$$

$$S_f = 1730 N^{-0.147}$$

$$\sigma_2 = 350 \text{ Mpa} \Rightarrow N_2 = \left( \frac{350}{1730} \right)^{\frac{1}{-0.147}} = 52600$$

طبق سند مذکور از عمر در حدود ۱/۳ پانچ سند نیز به دست آمد.

---

پهیل بخش اول درس

بخش دوم - طراحى اخراى هاسین

طراحی شادمانی در بار :

مکعبه شادمانی از یک کارگردار کسین تصاویر هاسین آلات است و غیره تبدیل انیمه

توان مکعبه شادمانی در بار با خزنه نسبتاً کمتر تولید می شود.

مثال : مودر الکتریک - مودر درون سند (همچون توان و العبره است

لورا مکعبه می دهند)

در عطفات غیر استیحا در طراحی دانسته دانسته است

۱- نحوه یا تا قان نیز : چندین لایه شادمانی در بار یا تا قانها طردیم

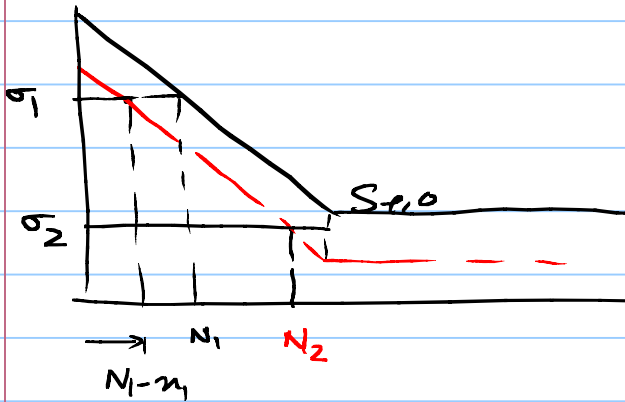
مردن اصطلاحک تا طبیعت دور آراشته باشد

۲- کوه سبب قضا درک شفت : جبرئیل لقب قطعه کا دانه  
جرح نده، پوی ا جرح زخمی ...

۳- کوه العال در شفت بهم (کبرئیل)

توضیح در مورد نمودارهای مایر و مانسون

حدودی این نمودار نسبت به بار کمتر از  $S_{e10}$  که در اعتبار رده بندی این اعمال شود  
بی تفاوت هستند یعنی هیچ تخریبی را در نظر نمی گیرند اما اگر اول  $\sigma_1 > S_{e10}$  دلد شده  
باشد سپس  $\sigma_2 < S_{e10}$  دلد شود ممکن است عمر فزونی کند.



نماداً در نمودار مایر -

اگر اول  $\sigma_1$  و سپس  $\sigma_2$  دلد

شده عمر قطعه از  $N_2$  بیشتر نخواهد بود

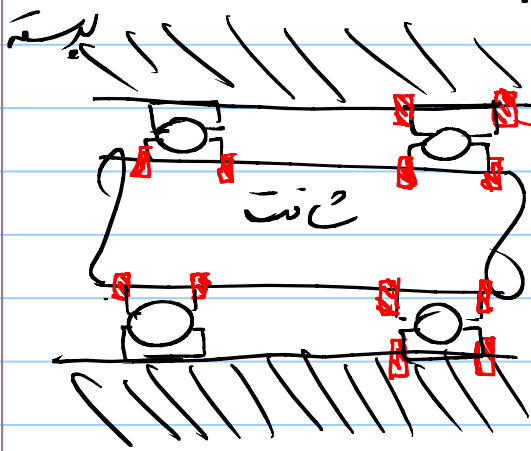
اما اگر اول  $\sigma_2$  دلد شده هیچ مایتری بر بخشی عمر ندارد و می تواند به هر تعدادی اعمال شود  
و سپس  $\sigma_1$  اعمال شود. این موضوع با فرض نمودار مایر در تناقض است که ما در  
ترتیب بارندگی هم نیست.

درست که در حدود بارندگی با مقدار کمتر از  $S_{e10}$  داریم بهتر است از مانسون استفاده  
کنیم که دقیقاً ترتیب بارندگی را در نظر بگیرد

تثبيت شفت روی پوسته (بیانگاه شنگل)  
 تئیه قطعات روی شفت  
 مدد حلقه طراحی شفت  
 تعیین ابعاد بربر استخاک و عمق و مدد نیاز

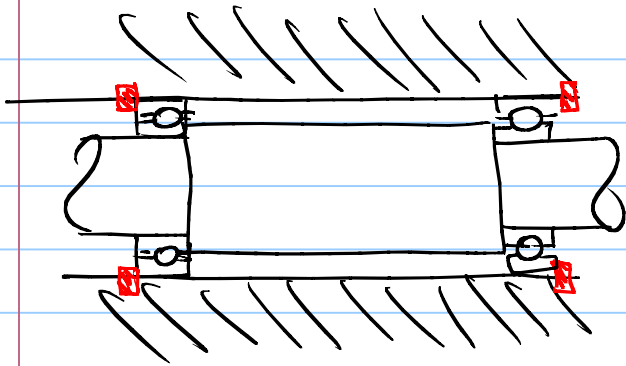
### تثبيت شفت روی پوسته

شفت نسبت به بیانگاهها روی پوسته باید تثبيت محکوم شود



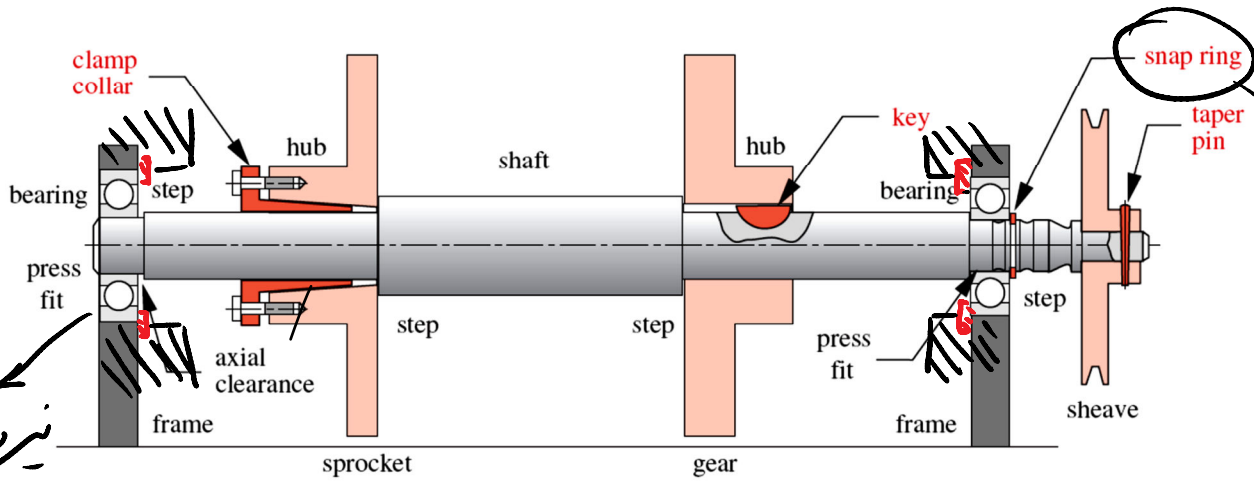
شکل  
 حاشیها  
 نکته: تثبيت شفت به پوسته باید به حد اقل  
 قیود انجام شود در غیر انصورت باعث ایجاد

بار محوری در روی بیانگاهها شده و منجر به تخریب زودرس آنها می شود



تثبيت بگج به

### روشهای تثبیت اجزا روی شفت



در صورتی که  
نیروی جدا کردن  
بسیار کم باشد  
نیاز به بست نمیکنند

### تثبیت محوری

- ۱. پله
- ۲. خار فنری



E-style

خار فنری حلقوی

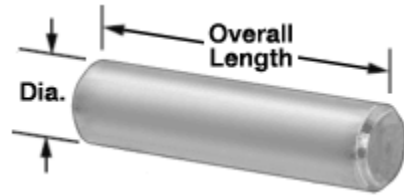
خار فنری ساده



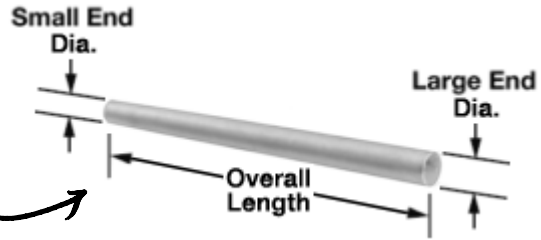
ابزار نصب خار فنری

۳. پین

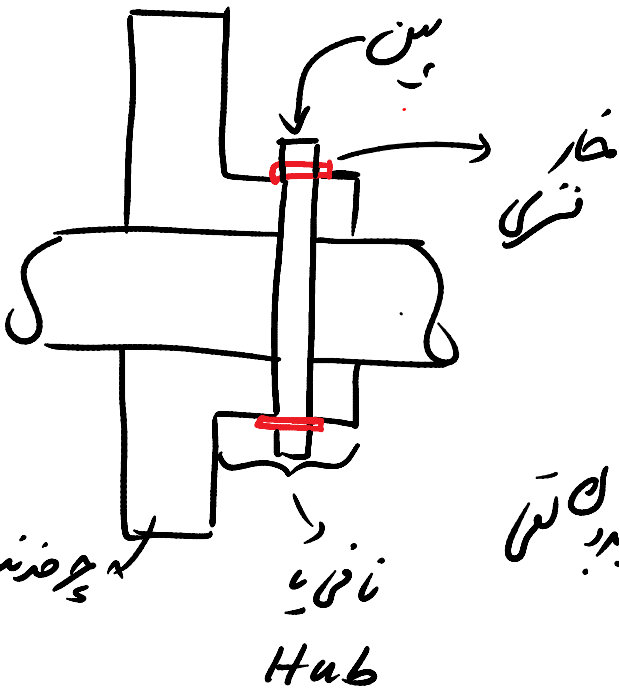
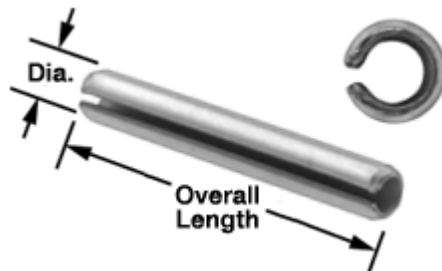
پین ساده



پین مخروطی



پین فنری



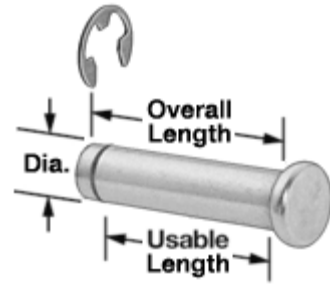
نسبت بدنه فنری

→ نسبت بدنه فنری به بدنه نیاز به خار فنری

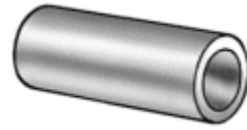
→ صحت با سوراخ در درازت باشد (ابزار تعویض)



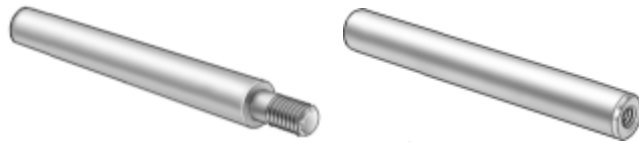
پین با خار فنری -



۴. پوشن



۵. رزوه کردن انتهای شفت



۶. پیچ تثبیت (set screw)

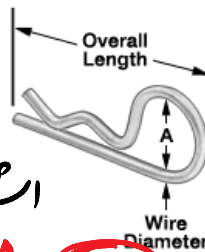


انواع سری پیچ تثبیت



\* معمولاً از دو یا سه پیچ تثبیت با توزیع زاویه ای یک درون آنها استفاده می شود

۷. اشپین (cotter pin)



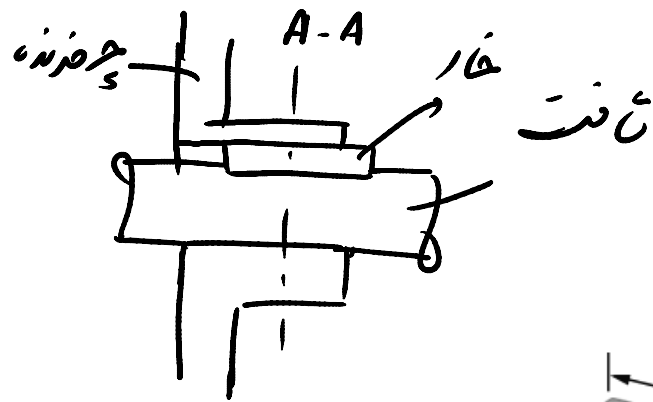
داشتر موچی  
داشتر باره

اشپین



انواع های خار  
 - فزادنتی  
 - وزغندر

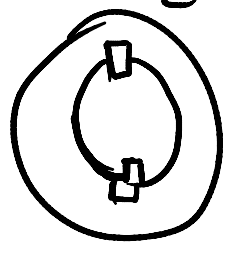
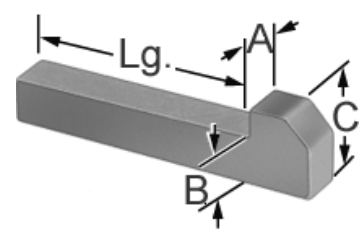
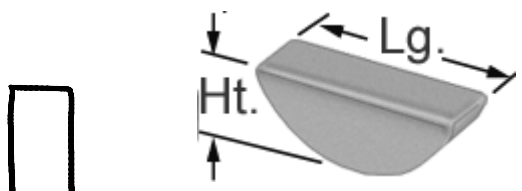
نسبت محوری Shaft Collars ۸



تثبیت دورانی



شکل اصلی استفاده از دو خار ۱. خارها



خار ناخن

خار گوه ای

خار ساده

\* در روید طراحی عرض خار استاندارد تناسب طول آن مناسب  
 و طول آن تناسب کند در برابر ریش طایم هرگز.

۲. هزار خار



\* جهت افزایش فرسایش کند درای دقتی فضا برابر بزرگ کردن

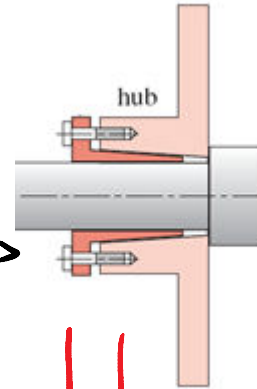
ناخن نداشته باشیم

\* دقتی قطعه روی محدودیت عملی داشته باشد

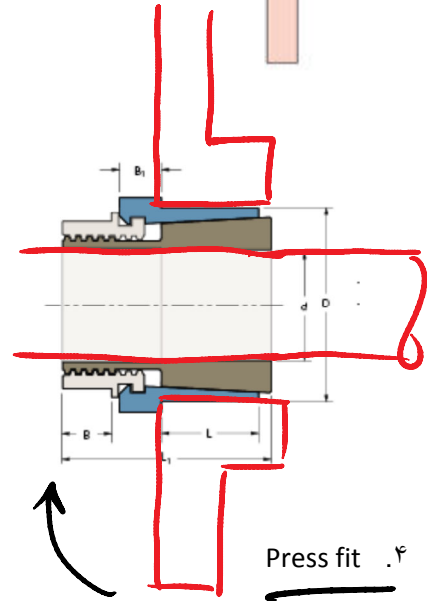
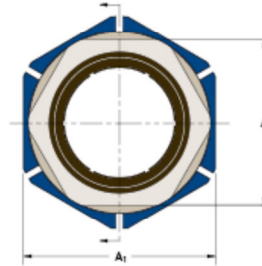
\* دقتی قطعه داشته باشیم

نکته: استفاده از اثر لوله و نیروی اصطکاک زیاد

بسیار به همزمان سفت شوند



هره فعال



Press fit .۴

\* سفت انبساط: چگونه در تیران شکل عدم انقباض در مدعیت صحت

قطعه را چسباند؟

بزرگ کردن قطعه در سوراخ شدن شفت قطعه را سوار کرد، سپس از قطعه  
شک شفت و قطعه عمل سمیت اینها را کرد

- در موارد معدوم که مدد دیت سدی فضایی در شفت به شیب استفا
- اما بزرگ کردن قطعه بدون مدد دیت تقریباً وجود ندارد

انواع کوپلینگ

چهار اصل:

**Rigid Coupling**

180°

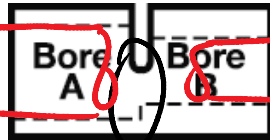


۱. هم‌سایز آدیوار

One-Piece Clamp-On Shaft Couplings

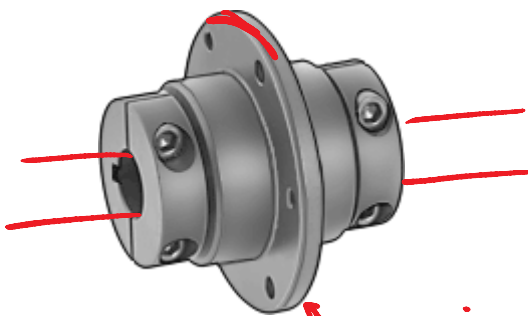


۲. هم‌سایز محلی



وجود این تیر باعث کاهش نمی  
شود در این نقطه شده و اگر  
عدم هم‌سایز آدیوار بین  
حذب می‌شود

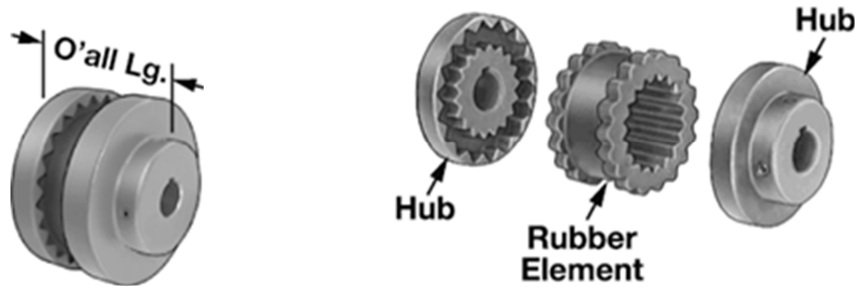
One-Piece Mounting Flange Clamp-On Shaft Couplings



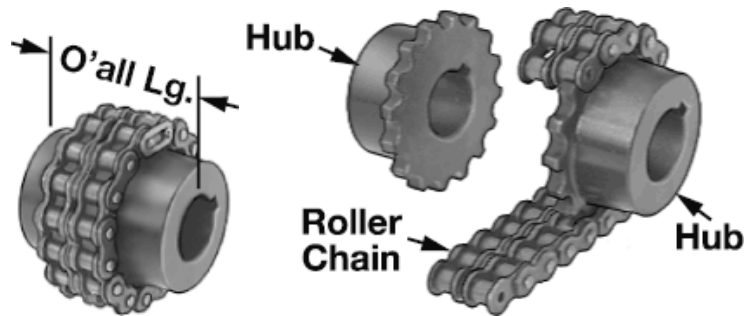
محل در فلنج نهایتاً توسط  
دو فلنج انجام می‌گیرد  
محدود است که معمولاً نرم‌تر از  
شافت بوده و عدم هم‌سایز آدیوار  
حذب می‌شود

## Flexible Coupling

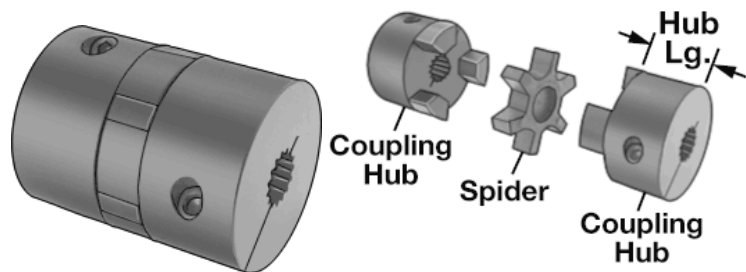
### Multi-Flex Shaft Couplings



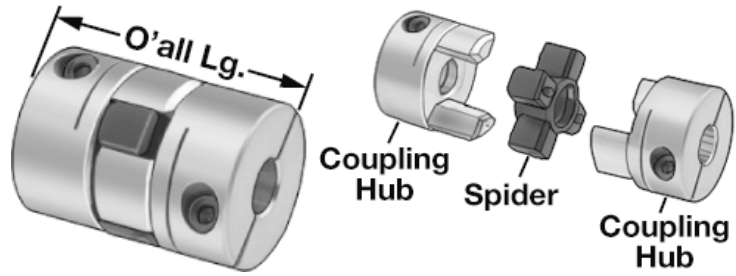
### Roller-Chain Shaft Couplings



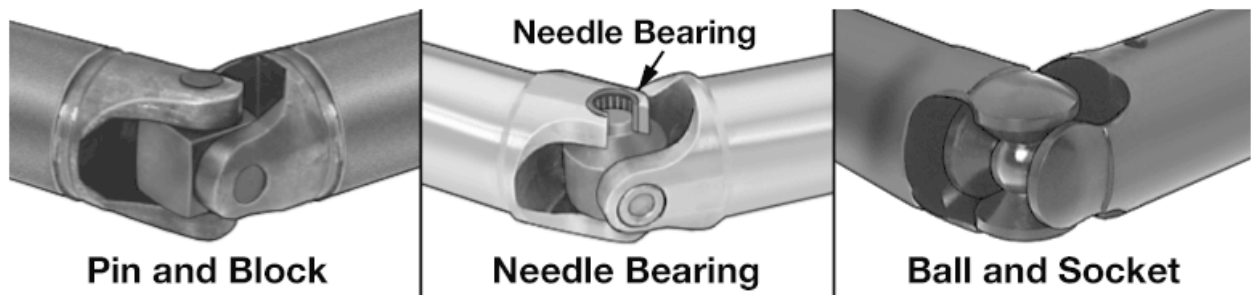
### SAE-Splined Flexible Spider Shaft Couplings



## Zero-Backlash Flexible Spider Shaft Couplings

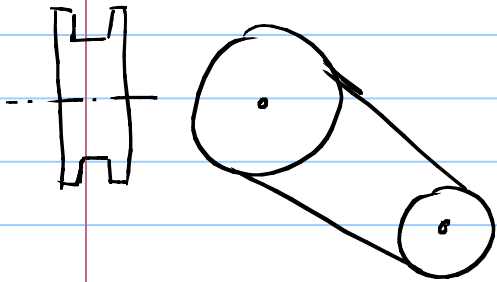


## U-Joints



# کسب السکه لانت

۱. انواع بارندار روی شفت چهار دانه



الف - سه دانه

بیت

- هم نیاز به حجم محوری دسیون دو

سگ - هزینه پایین

- اثر دینامیک برابر جذب لرزش

- اما استفاده در شفت چهار دانه

از نظر نظر طراحی شفت :

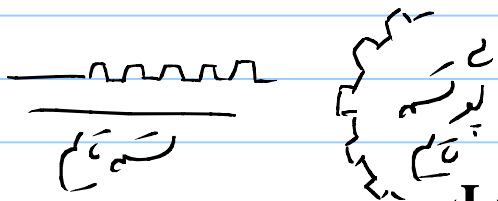
- شفت بر روی شفتی به شفت وارد کنند

- شفت در همسایگی به شفت وارد کنند

\* ظرفیت شفت در پورته با جگ کشش سه اصطکاک آن با پدانت

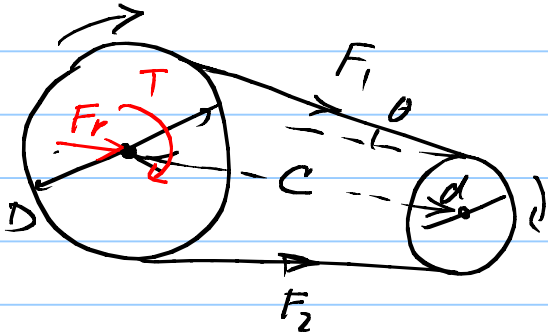
\* در صورتی که نیاز به ظرفیت بالا داشته باشیم (معمولاً در شفت خنک سه در شفت)

از سه تا هم به هیچ در بخر استفاده کنند



\* سکه استوار: چگونه بدانیم که آیا را برابر دقتی که پرها در یک صفحه

نباشند حجم دار.



نیز در شعاعی:

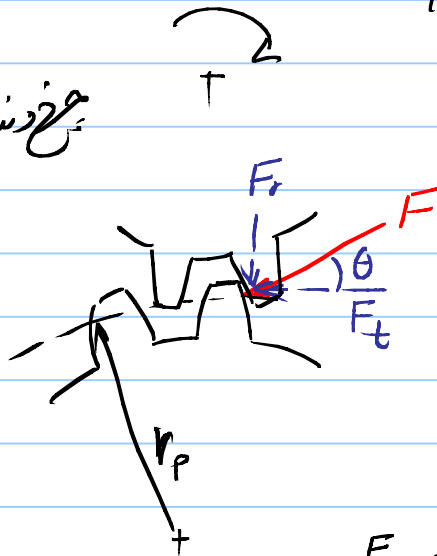
$$F_r = (F_1 + F_2) \cos \theta$$

$$= (F_1 + F_2) \cdot \frac{C}{\sqrt{C^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}}$$

کند و محسوس:  $T = (F_1 - F_2) \frac{D}{2}$  (پولودید محک در پیرامور محک باشد)  
در حالت بازنیم کند در آنجا  $F_2$  به صفر وارد

$$T = F_1 \frac{D}{2} \quad \text{در نیمه}$$

مخزن ذرات ساده



مخزن ذره

$\theta$  زاویه نشانه شده باشد

$$\theta = 14^\circ, 20^\circ, 25^\circ$$

$$F_r = F \sin \theta$$

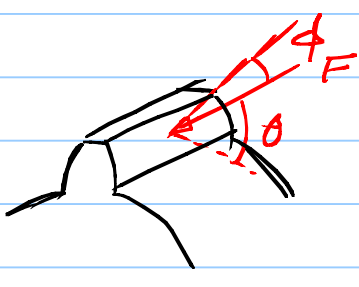
$$F_t = F \cos \theta \Rightarrow T = r_p F \cos \theta$$



\* کدام کسینوس  $F_r$  و  $F_t$  هر دو باعث قش ادرش منت میشوند  
 لذا در کسینوس قش شفت کمتر است از مقدار  $F$  که بر این اثر اندازد

استفاده است

چرخند، حسی



قش :  $\phi$  زاویه با محور  
 زاویه حسی :  $\theta$   
 زاویه قش :

محور شفت

$$F_a = F \cos \phi$$

$$F_r = F \sin \phi \sin \theta$$

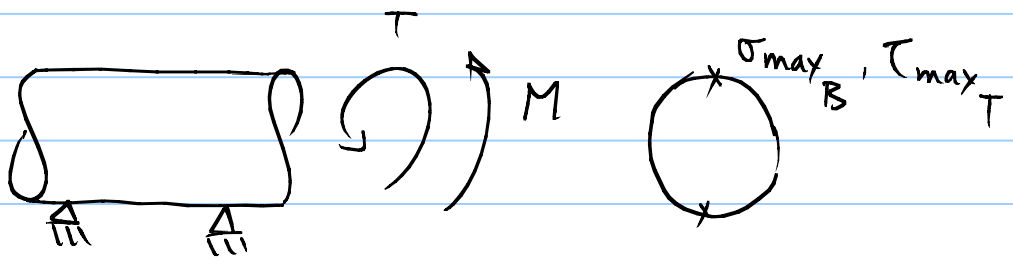
$$F_t = F \sin \phi \cos \theta$$

$$T = F_t \cdot r_p$$

۲. ملاحظات استقامتی در شفتها با حالت کم (بسته استاتیکی)

اگر تعداد دفعات بارندگی در شفت از ۱۰۰۰ بیکبار باشد  
 در آن صورت شفت را استاتیکی کسینوس کنیم

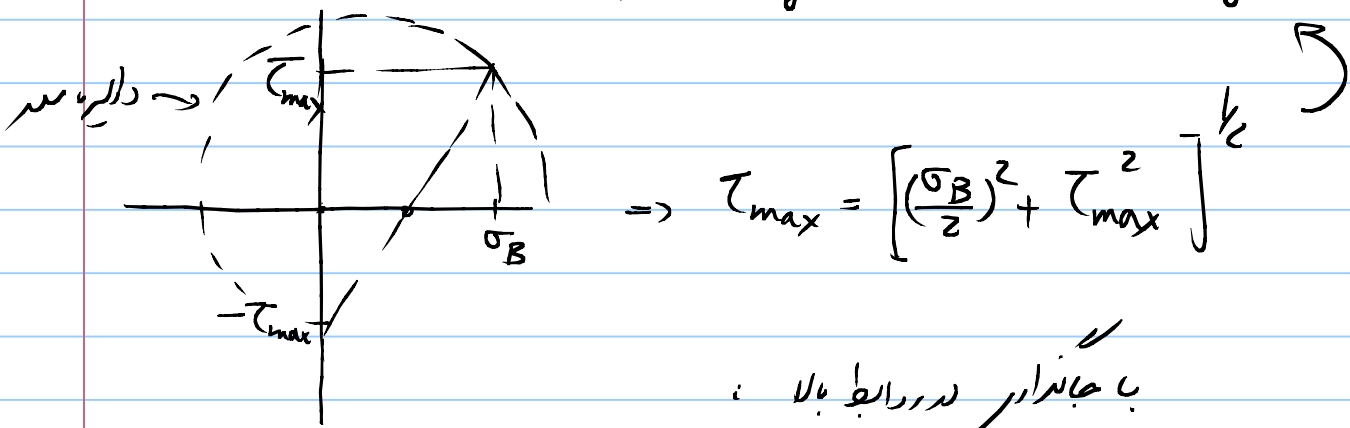
در شفت استاتیکی یا بسته استاتیکی از اثر تاب بار و حسی هر قطره است



$$\sigma_B = \frac{M d/2}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{32M}{\pi d^3}, \quad \tau_T = \frac{T \cdot d/2}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

حال این دو معیار برابر شدنتان را بیابیم

1. Tresca  $\tau_{max} \leq S_{sy} \Rightarrow 2\tau_{max} \leq S_y$



با جایگزینی در روابط بالا :

$$\left[ \left( \frac{32M}{\pi d^3} \right)^2 + 4 \left( \frac{16T}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \leq S_y \quad \left( = \frac{S_y}{n_{SF}} \right)$$

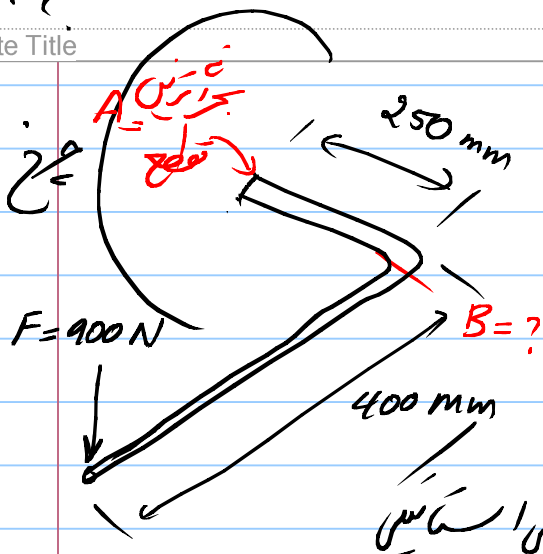
برابر طلب  $\rightarrow d = \left[ \frac{32 n_{SF}}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{1/3}$

2. Von Mises

$$\sigma' = \left[ \sigma_B^2 + 3\tau_T^2 \right]^{1/2} \leq S_y \quad \left( = \frac{S_y}{n_{SF}} \right)$$

با جایگزینی

$$d = \left[ \frac{32 n_{SF}}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + \frac{3}{4} T^2} \right]^{1/3}$$



مثال : کترین نظر مورد نیاز برای یک اجزا در حجم  
مطابق شکل در درجه صیدت : (مقطع دایره ای)

تعداد کسکل با برنز لبر کتر از ۱۰۰۰ بدون دندا طراحی استامس

قابل قبول است .

نود : روش ساخت مورد بهره روش آهنر است (Forging)

ذرات صفا آهنر با کس خواهر بر نوا St 45

$$St 45 \rightarrow S_y = 330 \text{ Mpa}$$

ضرب اطمینان  $n = 2$

بخارکین تقاطع ، تقاطع A خواهر بر :

$$T = 900 (0.4) = 360 \text{ Nm}$$

$$M = 900 (0.25) = 225 \text{ Nm}$$

برابر انتاب اندازه شانت نیارند ک کتر شانت استامس

$$d_A = \left[ \frac{32 n}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{1/3}$$

$$d_A = \left[ \frac{32(2)}{\pi(330 \times 10^6)} \cdot \sqrt{225^2 + 360^2} \right]^{1/3} =$$

$$= 29.7 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

پسین:  $d_A$  را برابر با معیار انزوشن نیز به دست آورده

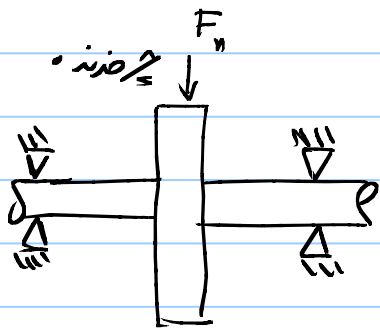
### محاسبه شفت تورک

عوامل بارندگی تغییر در شفت

۱. تعداد چرخش که ممکن است بواسطه تغییر در بار دریا

تغییر در بار که در تیرگی (مدت در اصران در اصل)

درا باشد



۲. تعداد در فشار

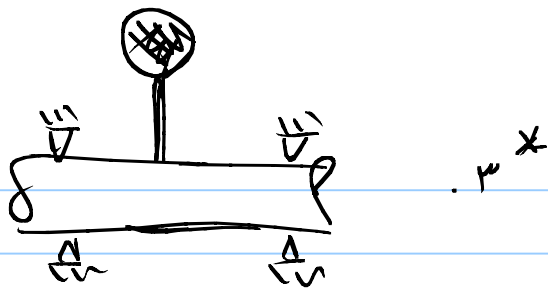
در عدد که شفت

در آنند که در نیروهای

$F_t$ ,  $F_r$  بارندگی خوب خواهند شد (مانند این)

است که شفت ثابت در این نیروها نخواهد داشت

\* اثر حسن در این حالت با جرم در شفت است



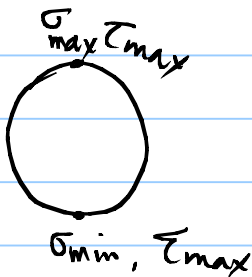
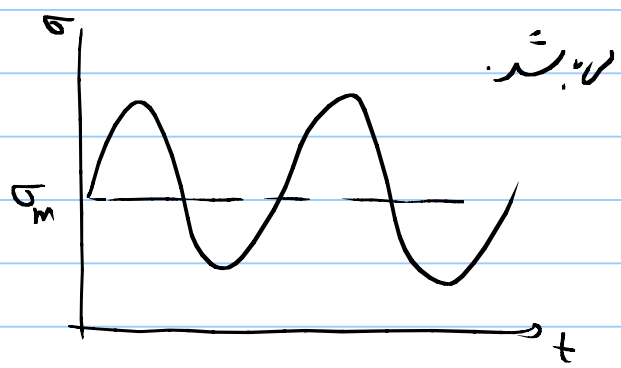
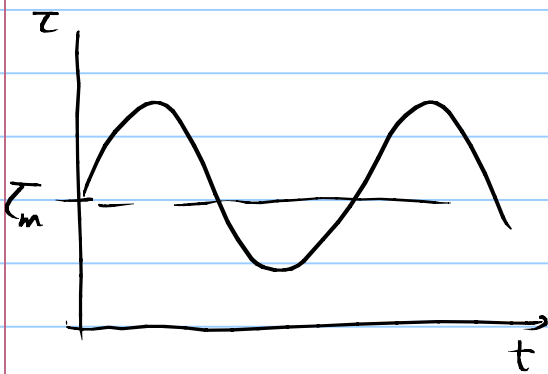
دو درجه آزادی خارج مرکز در شتاب باعث بوجود آمدن بار فشاری

می‌شود که تابع سرعت شتاب است  $(mr\ddot{w})$  اما این

بار کشنده در فشاری است و یکبار در آنجا که هر دو شتاب در حال

در آن است.  $(\sigma_m)$  تبدیل می‌کند  $(\sigma_a = 0)$

در حالت کلی هر دو شتاب تحت بار انداز می‌شود (ثابت یا متغیر) و فشاری (ثابت یا متغیر)



به فرض مقطع دایره‌ای نقاط مجاور بر مقطع

در نوع تنش (نرمال در برشی) در دو صورت

(استاتیکی و دینامیک) در مقطع شتاب موصولند، لذا نیازمند یک تئوری

برای ترکیب تنش‌ها در برشی و یک تئوری استاتیکی برای ترکیب بار

استانک دند را به دست می آوریم.

برای تعیین اول از اثر استقامت استفاده می کنیم.

$$\sigma_a = k_f \frac{M_a c}{I}$$

$$\tau_a = k_{fs} \frac{T_a c}{J}$$

$$\sigma_m = k_f \frac{M_m c}{I}$$

$$\tau_m = k_{fs} \frac{T_m c}{J}$$

تشریح اثری  $\rightarrow \sigma'_a = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2}$

$$\sigma'_m = (\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)^{1/2}$$

برای تعیین درم نیازمند یک تشریح نسبت به قطر هستیم

1. Soderberg :

$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y} = \frac{1}{n}$$

اگر  $\sigma'_a$ ،  $\sigma'_m$  را از رابطه بالا جایگزین کنیم در خواهیم داشت رابطه ای که

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ \frac{1}{S_y} (4k_f^2 M_m^2 + 3k_{fs}^2 T_m^2)^{1/2} + \frac{1}{S_e} (4k_f^2 M_a^2 + 3k_{fs}^2 T_a^2)^{1/2} \right] \right\}^{1/3}$$

DE + ASME  $\Rightarrow$

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left( \frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left( \frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left( \frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right] \right\}^{1/2} \left\}^{1/3}$$

در روابط بالا  $K_f$ ،  $K_{fs}$  تابع  $d$  (در بانی ششگوشه‌ها حدس شانت) هستند و باید

با هندز  $d$  را بدست می‌آوریم. لذا این روابط مقدار  $d$  را حدس زدند و  $K_f$ ،  $K_{fs}$

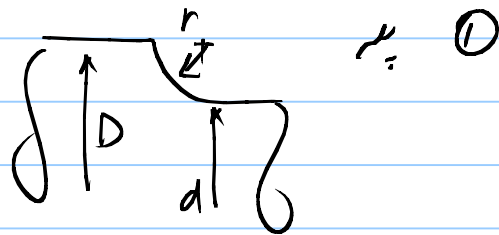
را حساب کنیم و سپس از روابط بالا استفاده می‌کنیم. در صورت اختلاف بزرگ

بین مقدار حدس زده شده  $d$  با  $d$  بدست آمده، روند را تکرار می‌کنیم.

ضرایب گزینش در شانت :

A-15 : 7, 8, 9

کمترین ادریه برابر شروع  $(K_f, K_{fs})$    
  $K_f = K_{fs}$

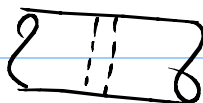


بار کمر   
 یعنی   
 قش

$\frac{r}{d} = 0.02$       2.7      2.2      3

$\frac{r}{d} = 0.1$       1.7      1.5      1.9

A-15 : 10, 11, 12



(2) پس

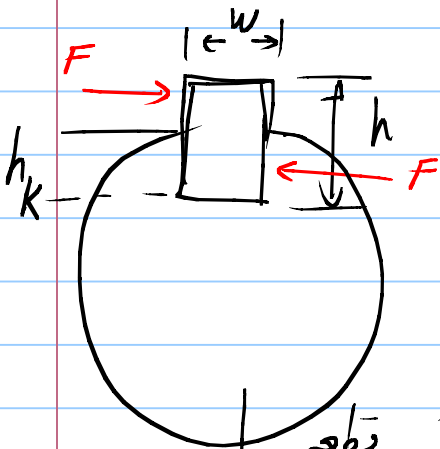
③ جابجاری  
 فرزانه - End mill  
 محدد -  
 همیشگی -  
 خشتی 2.2

1.7 1.7 - فرز عکس - Sled runner

④ خارنگری  
 A-15, 16, 17  
 مقدار تقریبی

محدد همیشگی خشتی  
 5 3 5

کمترین: در رابطه طراحی  $d$  در معنر  $F_a$  (در البته همیشگی وقت) (ارایه است)

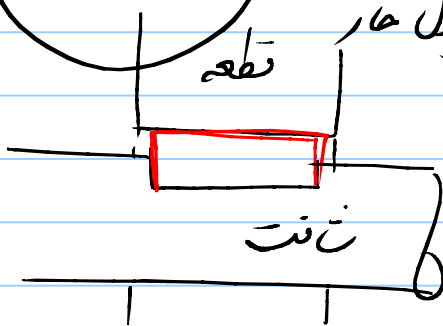


مقادیر ابعاد خار:

$(w, h)$

برای تعیین ابعاد خار به درصد به قطر شنت از جدول

7.6, 7.7 استفاده می کنیم. برابر طول خار





برای طراحی خار در سازه‌های کششی و بریدگی در دو حالت زیر:

۱. برش خار

۲. لهیدگی خار

۱. برش:

$$\tau = n \cdot \frac{F}{w \cdot L_2} \Rightarrow L_1 = \frac{4Tn}{d w S_y}$$

$$(\tau < S_{sy} = \frac{1}{2} S_y)$$

$L_1$  طول حداقل برای عبور از برش خار ( $S_y$  مربوط به خار)

$$\sigma = n \cdot \frac{F}{h_k \cdot L_1} < S_y \Rightarrow L_2 = \frac{2T \cdot n}{h_k d S_y}$$

$L_2$  طول حداقل برای عبور از لهیدگی ( $S_y$  مربوط به شفت)

\*  $h_k$  در بعضی از کتاب‌ها مقدار  $h_k$  داده می‌شود که غیر از نصف است

$$h_k = \frac{1}{2} h$$

\* ۳: برای پیوستن قطعات در شفت  $L_3 \geq d$

$$L = \max(L_1, L_2, d)$$

ضربان

دو اثر مولد در ضربان در در سنده است که برای آن کار بر یک ماشین تعیین  
 ما کرد در غیر این صورت همانند لنگر سرنش زیر استفاده اند

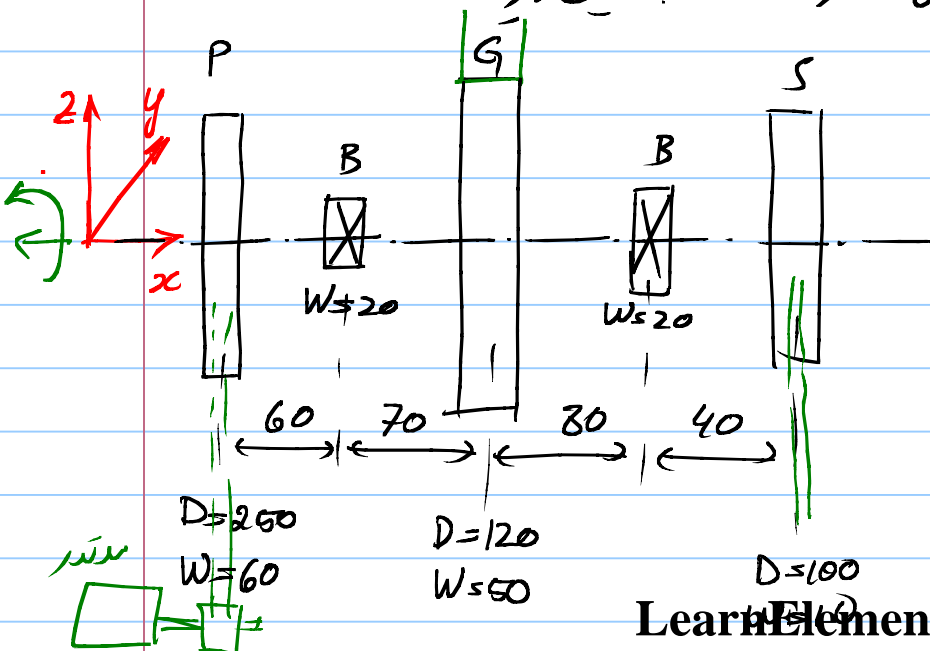
ن  
 1.5  
 دفع بار در  
 بر همش

ن  
 مثال: ماشین  
 2-2.5  
 3-4.5  
 " تعیین ضربان  
 " بر ضربان

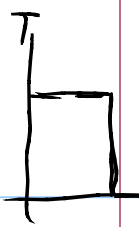
مثال: آسیب

مثال :

برای یک ماشین ساخت کوپل کشودش فضا با آرایش زیر داده شده است



لنگر در در ماشین از پد  
 11 kW در در 720 rpm  
 داده شده  
 60% لنگر در در  
 لنگر در در



1205

کابریلم

40% تکرار در درجه لغزش در 2 دقیقه از هیچ زخمی خارج می شود

محل پر از آلومینیم  $S_y = 100, S_{ut} = 180 \text{ mpa}$

محل دنده از VCL 140  $(S_y = 550, S_{ut} = 800 \text{ mpa})$

محل شفت CK 45  $(S_y = 370, S_{ut} = 630 \text{ "})$

سخت شفت با تراشکاری انجام می شود و جای خارها با فرز آهسته زده می شوند

زاویه شارد چرخ دنده (ساده)  $20^\circ$

حل: ضریب اطمینان:  $n = 3$  با توجه به نزدیکی نسبتاً زیاد شفت به شفت در شفت.

1. محاسبه گشتاورها و نیروها (چرخنده، پر، چرخش)

$$T_P = \frac{11000 \text{ J/s}}{720 \left(\frac{2\pi}{60}\right) \text{ rad/s}}$$

$$= 145.9 \text{ Nm}$$

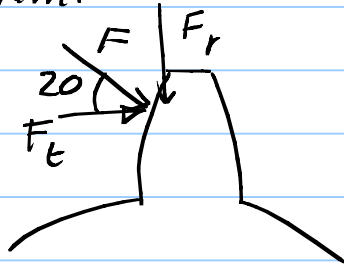
برای سوزش در درجه لغزش به فرض کنیم که شفت کشش آن بیش از حد مورد نیاز نباشد

$$F = \frac{T_P}{\frac{1}{2} D} = \frac{2T_P}{D}$$

$$= \frac{2(145.9)}{0.025} = 11672 \text{ N} \quad (-k)$$

$$T_G = 0.6 T_p = 0.6 (145.9) \quad : \text{عرضه}$$

$$= 87.5 \text{ Nm.}$$



$$T_G = F_t \cdot \frac{D_G}{2} \Rightarrow$$

$$F_t = \frac{2T_G}{D_G} = \frac{2(87.5)}{0.12} = 1458 \text{ (j)}$$

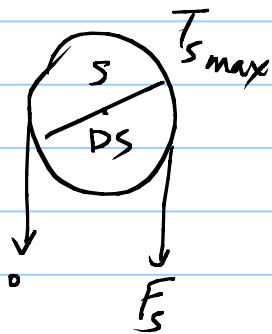
$$\frac{F_r}{F_t} = \tan 20^\circ \Rightarrow F_r = F_t \tan 20^\circ$$

$$= 1458 (\tan 20) = 530.8 \text{ N (-k)}$$

عرضه:

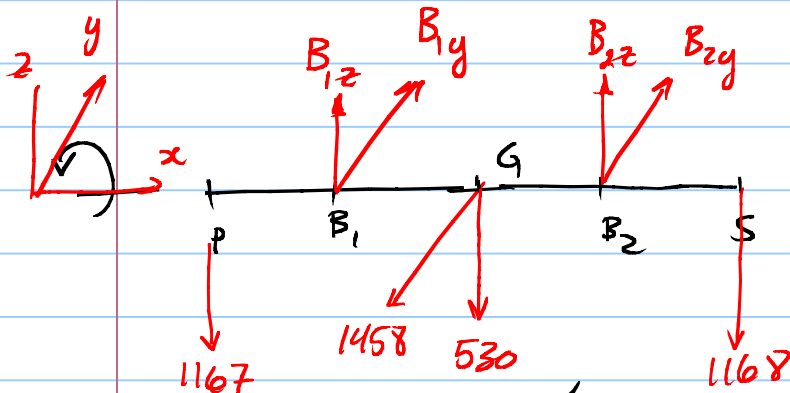
$$T_{S_{\max}} = 0.4 T_p = 58.4 \text{ Nm}$$

$$T_{S_{\min}} = 0 \quad \left( T_{S_m} = \frac{58.4}{2} \text{ Nm}, T_{S_a} = \frac{58.4}{2} \text{ Nm} \right)$$



$$T_s = F_s \cdot \frac{D_s}{2} \Rightarrow F_s = \frac{2T_s}{D_s} = \frac{2(58.4)}{0.1}$$

$$F_s = 1168 \text{ N (-k)}$$



عرضه:

$$\sum F_z = 0, \sum F_y = 0$$

$$\sum M_y = 0, \sum M_z = 0$$

$$B_{1z} = 1605 \text{ N}, B_{1y} = 778 \text{ N}, B_{2z} = 1260 \text{ N}, B_{2y} = 680 \text{ N}$$

۲. طرح جانبگاشت:

پل: تبت محسوس: پله، رزوه، داشتر، لهر

در: در: خار

بناگاه: تبت محسوس: پله از یک طرف + پوشش و داشتر از طرف دیگر

چرخنده: محسوس: پله از یک طرف + پوشش و داشتر از طرف دیگر

در: در: خار

جمع زنجیر: محسوس: پله، رزوه، داشتر، لهر

در: در: خار

شکل جانبگاشت جهت تعیین مقاطع حالک تهیه لاسر (صفتی جدید)

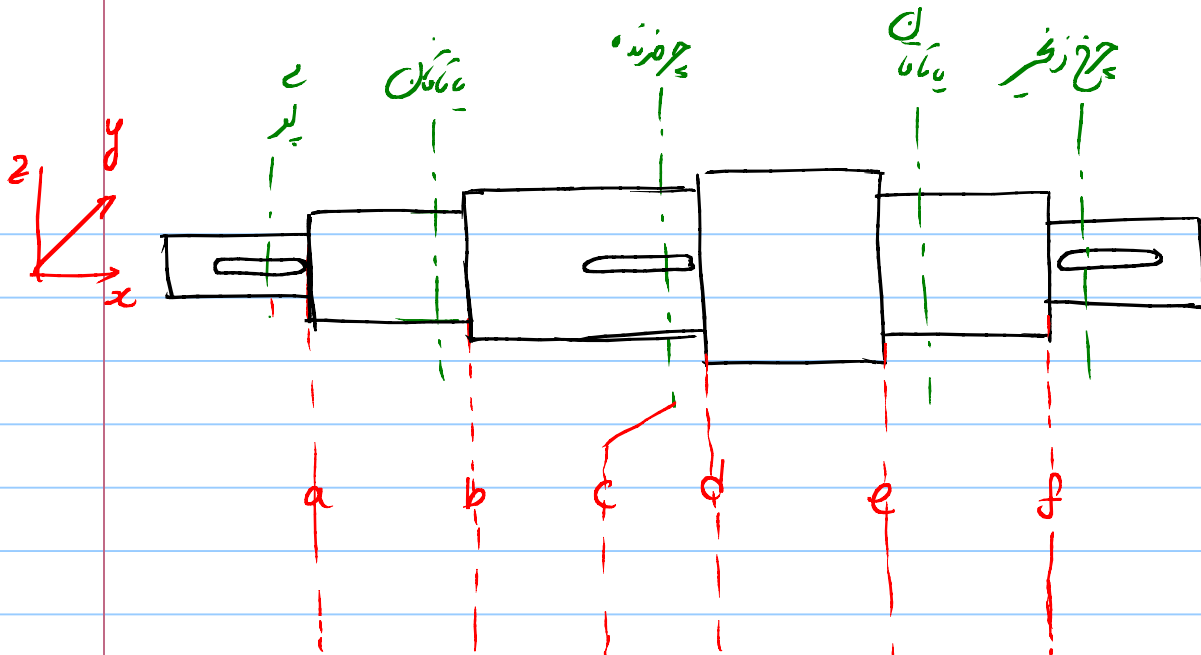
۳. تعیین مقاطع حالک و مناسب بار در این مقاطع

در میسب گشتاد خمشی به قدرت شدت اثر تمام نیروها شاعلی لحاظ گردد

این مقدار صما با بر گشتاد خمشی بر اینه آنها میسب شد

مثال: مقطع C:  $M_z = -778 (70 \times 10^{-3}) = -54.5 \text{ Nm}$

$M_y = (-1167 (130) + 1605 (70)) \times 10^{-3} \Rightarrow M_c = \sqrt{M_z^2 + M_y^2} = 67.1 \text{ Nm}$



$M_a$	35	66	67.1	55.5	46.2	5.8
$M_m$	0	0	0	0	0	0
$T_a$	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
$T_m$	116.7	116.7	116.7	29.2	29.2	29.2
$K_f$	1.94	1.94	1.6	1.94	1.94	1.94
$K_{fs}$	1.69	1.69	1.3	1.69	1.69	1.69

۴. تخمین فرایند تمرکز تنش: برای استفاده از رابطه طراحی توابع مجیدیم مقدار تخمینی برابر

$K_f$  و  $K_{fs}$  در جدول از ضرایب داشته باشیم. برای این منظور نیاز داریم یک قطر متوسط  
معینان حدی از این در نظر بگیریم

$$40 \text{ mm} = \text{قطر حدودی شافت}$$

$$\frac{D}{d} = 1.2, \quad \frac{r}{d} = 3\% \leftarrow \text{تخمین طراحی}$$

با استفاده از نمودارهای A-15-8, A-15-9  $\leftarrow$  برابر پلیه

$$K_t = 2.3, \quad K_{ts} = 1.8$$

با استفاده از نمودارهای 6-20, 6-21, 6-22 و بیاد اینر تغییر  $S_{ut} = 630$

$$q = 0.72, \quad q_s = 0.86$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1.94, \quad K_{fs} = 1.69$$

در مقطع C، برابر ضریب تمرکز بار محار (فرز انگی) از تخمین داده شده در جدول

$$K_f = 1.6, \quad K_{fs} = 1.3 \leftarrow K_t, K_{ts}$$

۵. استقامت حدی  $S_e$

$$S_e' = 0.5 S_u = 315 \text{ Mpa}$$

این نیز به از مقدار تخمینی  $K_b = 1.24 (d)^{-0.107}$  ضریب اندازه

$$= 1.24 (40)^{-0.107} = 0.83$$

$$K_a = 4.51 (S_u)^{-0.265} = 0.82$$

$$K_c = 1, \quad K_d = K_f = 1$$

در مورد  $K_e$  اگر اعمال پذیر در این مورد باشد، ۹۹٪ است (تقریباً)

$$K_e = 0.814$$

$$S_e = 0.82 (0.83) 0.81 (315) = \underline{175 \text{ MPa}}$$



ارائه مثال از محاسبه قبل

۴ طراحی تطبیقی:

ASME + DE

$$d = \sqrt[3]{\frac{16\alpha}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{k_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left( \frac{k_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left( \frac{k_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left( \frac{k_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

با ابعاد اولیه و مقدار مقادیر d برابر مقاطع a تا f جهت مقایسه (جدول زیر)

\* با توجه به مقدار جهت آند، برابر d را میسازیم که مقدار متوسط d (حدود 30) را

مقدار حدس اول (140 mm) تفاوت بیش از 15٪ دارد. در نتیجه باید یکبار دیگر

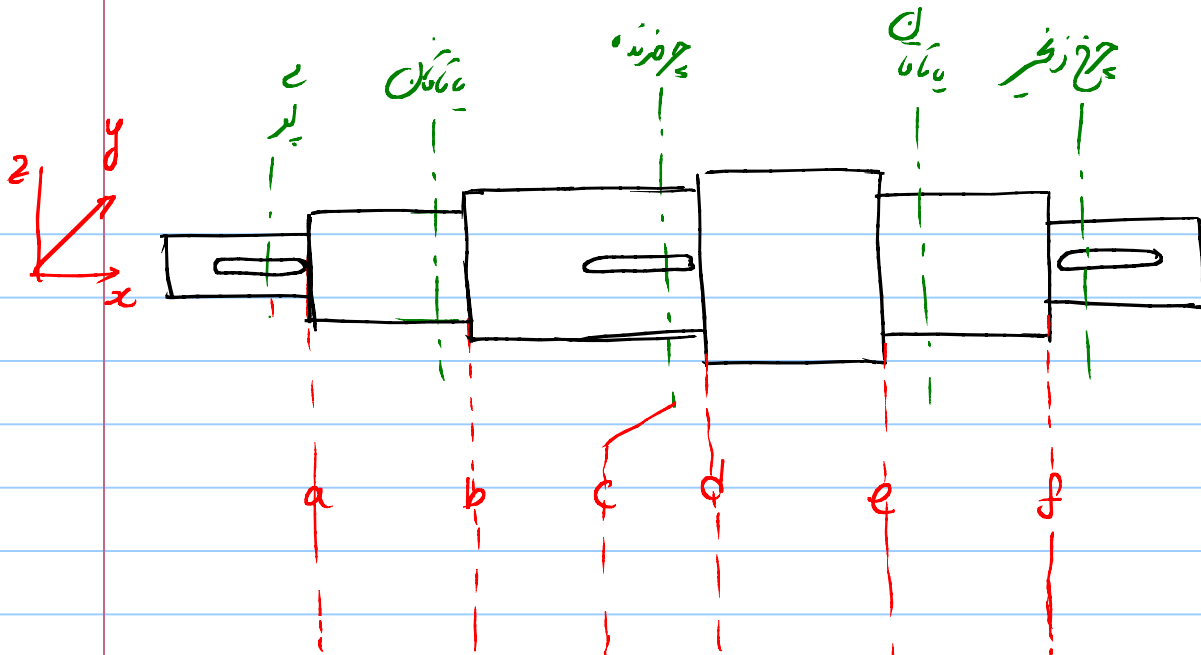
را اصلاح کنیم، d=30 قرار میسیم. (کمترین درجه)

۷ تعیین هندسه نسبت دایره ها با توجه به

الف - مقدار جهت آند، از محاسبه استفاده

ب - جابجایی نقاط نسبت ها

ج - ابعاد کمر در جهت ابعاد قطعه استاندارد بر



$M_a$	35	66	67.1	55.5	46.2	5.8
$M_m$	0	0	0	0	0	0
$T_a$	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
$T_m$	116.7	116.7	116.7	29.2	29.2	29.2
$K_f$	1.94	1.94	1.6	1.94	1.94	1.94
$K_{fs}$	1.69	1.69	1.3	1.69	1.69	1.69
$d$	27.1	30.1	27.2	27.3	26	20.4
$d_1$	28	31	33	33	36	33
$d_2$	31	33	33	36	33	30

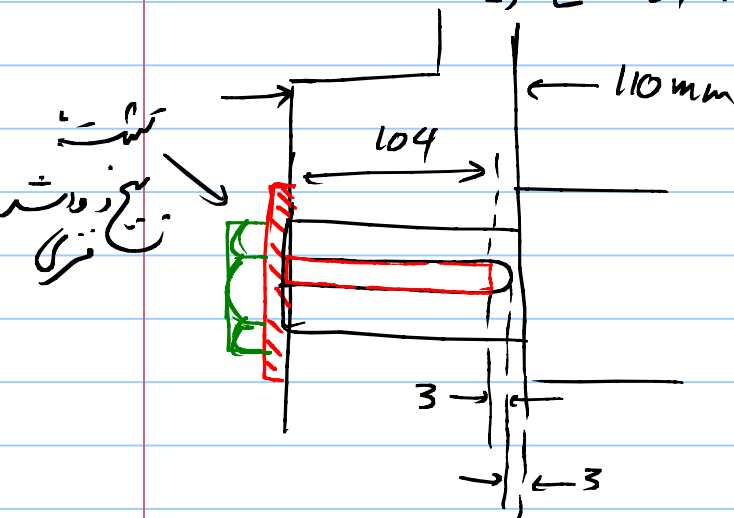
# ۸ : طراحی خار دانه ها

این : طول ، با توجه به همین بود که جولا از شفت و خار نرم تر است ،  
 این خار دور بود که عمل برین کارنرم خنثی بود است :

7.6 → با توجه به جدول 7.6  
 $d = 28$  ،

→  $L = \frac{4nT_p}{hDS_y}$        $n = 3, T_p = 145.9 \text{ Nm}$   
 $h = 6 \text{ mm}, D = 28 \text{ mm},$   
 $S_y = 100 \text{ Mpa}$

⇒  $L = 104 \text{ mm}$        $(L > 28 \text{ mm}) \rightarrow L = 104 \text{ mm}$



⇒ طول کل شفت در سمت چپ =  $104 + 3 + 3 = 110 \text{ mm}$

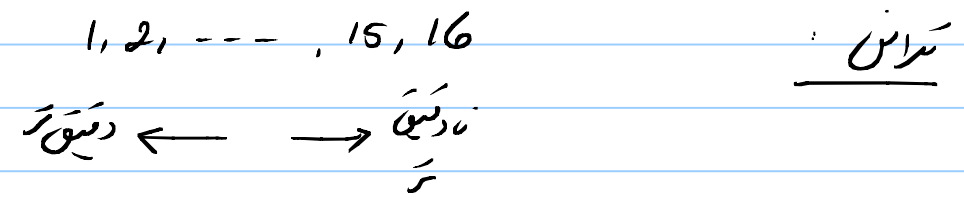
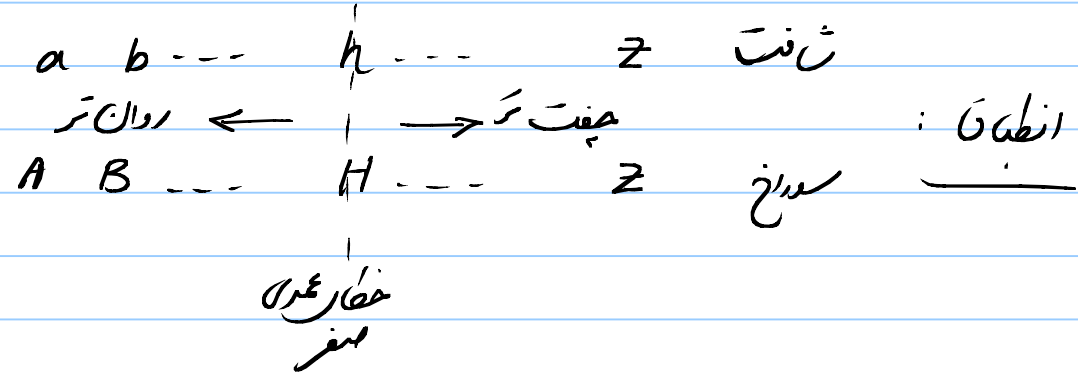
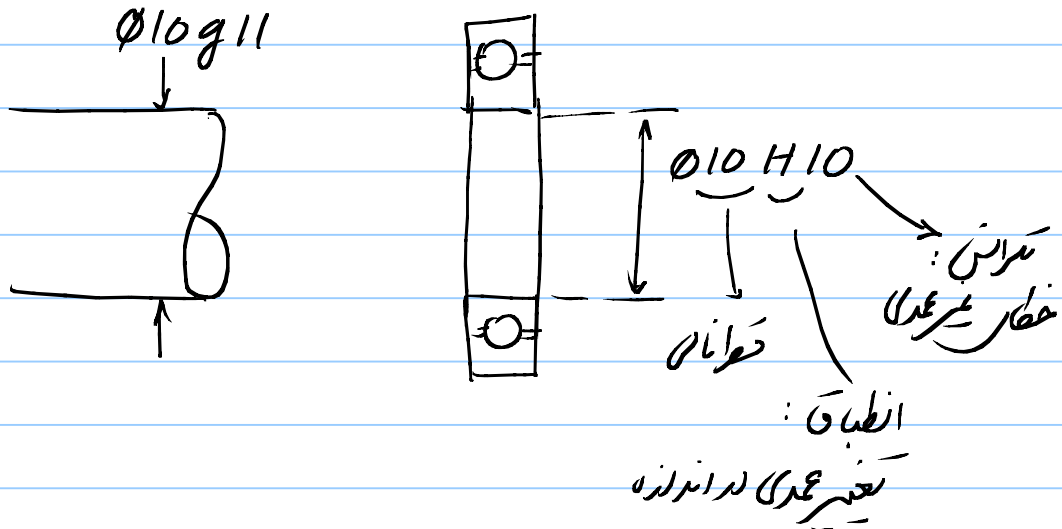
حالا نامی و خار چرخ زنجیر بصورت ش با انجام شود

همین چرخ زنجیر را ش با همین دنده VCL 140 در نظر بگیرد  $(S_y = 550)$

در مورد چرخ زنجیر با دنده [LeafElement.ir](http://www.LeafElement.ir) حکم تراش شفت است به رو مغناطیس

شکل: لایه‌های خازن چرخ ریز، لایه‌های خازن در شفت بر یک‌گردد و طول خازن به هم آید، برابر برابر حاصل است.

تدریس گذر برابر شفت در قطعات



ترجمه انطباق دترانس به عدد اندازه :

سوراخ

شفت

D

d

قوانده

$\delta f$

$\delta f$

انحراف از (خطار عدد)

$\Delta D$

$\Delta d$

دترانس (خطار غیر عدد)

$$D_{min} = D + \delta f$$

$$d_{min} = d + \delta f - \Delta d$$

$$D_{max} = D + \delta f + \Delta D$$

$$d_{max} = d + \delta f$$

برای تعیین انطباق دترانس با یکدیگر به کاربرد، فرغ فاد در ساخت و اندازه

تصاد از جدول زیر استفاده می کنیم

**Table A-12**

Fundamental Deviations for Shafts—Metric Series

[Size Ranges Are for Over the Lower Limit and Including the Upper Limit. All Values Are in Millimeters]

Source: Preferred Metric Limits and Fits, ANSI B4.2-1978. See also BSI 4300.

Basic Sizes	Upper-Deviation Letter					Lower-Deviation Letter				
	c	d	f	g	h	k	n	p	s	u
0-3	-0.060	-0.020	-0.006	-0.002	0	0	+0.004	+0.006	+0.014	+0.018
3-6	-0.070	-0.030	-0.010	-0.004	0	+0.001	+0.008	+0.012	+0.019	+0.023
6-10	-0.080	-0.040	-0.013	-0.005	0	+0.001	+0.010	+0.015	+0.023	+0.028
10-14	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
14-18	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
18-24	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.041
24-30	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.048
30-40	-0.120	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.060
40-50	-0.130	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.070
50-65	-0.140	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.053	+0.087
65-80	-0.150	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.059	+0.102
80-100	-0.170	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.071	+0.124
100-120	-0.180	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.079	+0.144
120-140	-0.200	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.092	+0.170
140-160	-0.210	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.100	+0.190
160-180	-0.230	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.108	+0.210
180-200	-0.240	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.122	+0.236
200-225	-0.260	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.130	+0.258
225-250	-0.280	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.140	+0.284
250-280	-0.300	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.158	+0.315
280-315	-0.330	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.170	+0.350
315-355	-0.360	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.190	+0.390
355-400	-0.400	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.208	+0.435

عدد  $\delta f$  را به یکدیگر  
سایز از این جدول می خوانیم  
(شفت)  
(برای)  
در جدول سوراخ  
معمولاً از H  
(به  $\delta f$ ) استفاده  
نمایند

**Table 7-9**

Descriptions of Preferred Fits Using the Basic Hole System

Source: Preferred Metric Limits and Fits, ANSI B4.2-1978. See also BS 4500.

Type of Fit	Description	Symbol
Clearance	<i>Loose running fit</i> : for wide commercial tolerances or allowances on external members	H11/c11
	<i>Free running fit</i> : not for use where accuracy is essential, but good for large temperature variations, high running speeds, or heavy journal pressures	H9/d9
	<i>Close running fit</i> : for running on accurate machines and for accurate location at moderate speeds and journal pressures	H8/f7
	<i>Sliding fit</i> : where parts are not intended to run freely, but must move and turn freely and locate accurately	H7/g6
	<i>Locational clearance fit</i> : provides snug fit for location of stationary parts, but can be freely assembled and disassembled	H7/h6
Transition	<i>Locational transition fit</i> for accurate location, a compromise between clearance and interference	H7/k6
	<i>Locational transition fit</i> for more accurate location where greater interference is permissible	H7/n6
Interference	<i>Locational interference fit</i> : for parts requiring rigidity and alignment with prime accuracy of location but without special bore pressure requirements	H7/p6
	<i>Medium drive fit</i> : for ordinary steel parts or shrink fits on light sections, the tightest fit usable with cast iron	H7/s6
	<i>Force fit</i> : suitable for parts that can be highly stressed or for shrink fits where the heavy pressing forces required are impractical	H7/u6

نصب سبب  
 → جازمی با پرس

**Table A-11**

A Selection of International Tolerance Grades—Metric Series (Size Ranges Are for Over the Lower Limit and Including the Upper Limit. All Values Are in Millimeters)

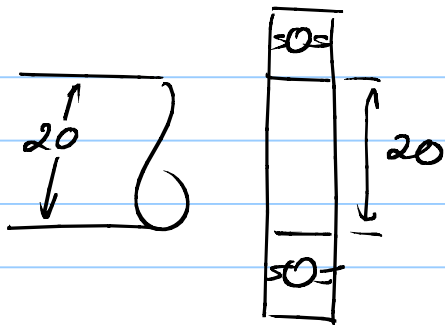
Source: Preferred Metric Limits and Fits, ANSI B4.2-1978. See also BSI 4500.

Basic Sizes	Tolerance Grades					
	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
0-3	0.006	0.010	0.014	0.025	0.040	0.060
3-6	0.008	0.012	0.018	0.030	0.048	0.075
→ 6-10	0.009	0.015	0.022	0.036	0.058	0.090
10-18	0.011	0.018	0.027	0.043	0.070	0.110
18-30	0.013	0.021	0.033	0.052	0.084	0.130
30-50	0.016	0.025	0.039	0.062	0.100	0.160
50-80	0.019	0.030	0.046	0.074	0.120	0.190
80-120	0.022	0.035	0.054	0.087	0.140	0.220
120-180	0.025	0.040	0.063	0.100	0.160	0.250
180-250	0.029	0.046	0.072	0.115	0.185	0.290
250-315	0.032	0.052	0.081	0.130	0.210	0.320
315-400	0.036	0.057	0.089	0.140	0.230	0.360

H7

در حد ۰.۰۵  
 از این جدول  
 استفاده

توجه کنید بهترین انتخاب برابر سوراخ H است (IT = 7) این از آن جهت که سوراخ را معمولاً با قهقه می سازیم و در نتیجه نمی توانیم هر قطر را بخواهیم را اجرا کنیم. در نتیجه انتخاب H برابر سوراخ به بعضی استفاده از قهقه با قطر نامی است



مثال: چگونگی رد کردن از انقباض H7  
استفاده کنند. کمترین قطر شفت  
را طراحی کنند و مقادیر حد را بدست  
آید:

حل: با استفاده از جدول 7-9، انقباض 6g برابر شفت فاب 1A

$$g \rightarrow \text{حدول} \rightarrow \delta f = -0.007$$

A-12  
(d=20)

$$\Rightarrow d_{\max} = d + \delta f$$

$$= 20 - 0.007$$

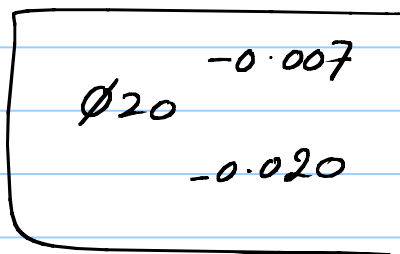
$$G \rightarrow \text{حدول} \rightarrow \Delta d = 0.013$$

A-11,  
d=20

$$d_{\min} = d + \delta f - \Delta d$$

$$= 20 - 0.007 - 0.013$$

$$= 20 - 0.020$$



مع : (فصل ۸ از کتاب سیستم)

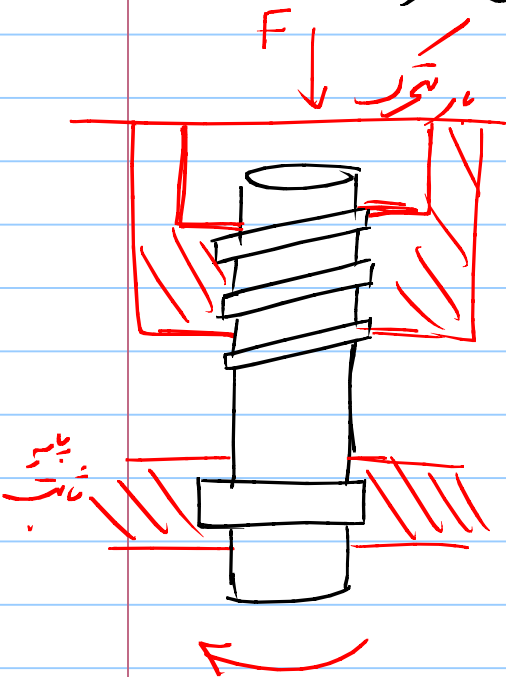
معنای :

۱. رسیع انتقال قدرت (Power screw)

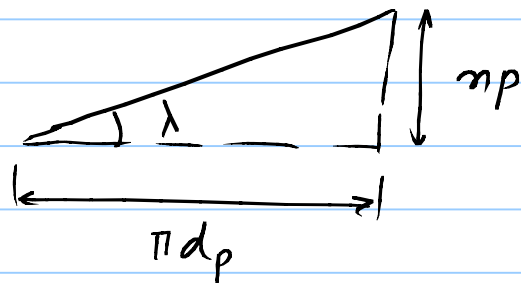
۲. اتصال دهنده (Fastener)

در مورد رسیع برای اتصال پایه، گره Wedge طراحی و استفاده می‌شود  
(گامش جابجایی و افزایش نیرو)

حساب چهار قدرت :



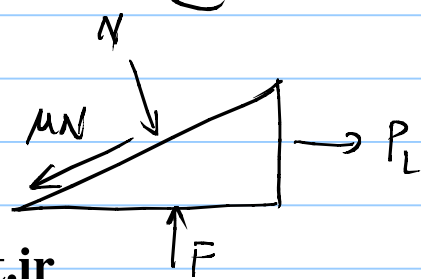
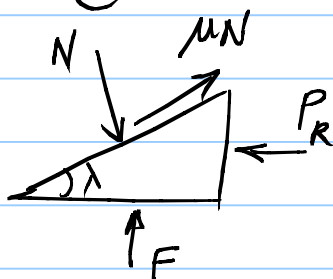
یک صفحه از اوزد  
رسیع را با زاویه گامش



$$\tan \lambda = \frac{np}{\pi dp}$$

رسیع - بالا بردن بار

پایز کردن رسیع





در سبب ج - بالا بردن  $\mu$

$$\sum F_y = F - N \cos \lambda + \mu N \sin \lambda = 0 \Rightarrow N = \frac{F}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda}$$

$$\sum F_x = -P_R + \mu N \cos \lambda + N \sin \lambda = 0$$

$$\Rightarrow -P_R + \frac{F}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda} (\mu \cos \lambda + \sin \lambda) = 0$$

$$P_R = \frac{T_R}{d_p/2} = \frac{2T_R}{d_p} \quad T_R \text{ نیروی کشش}$$

$$T_R = \frac{F d_p}{2} \frac{\mu \cos \lambda + \sin \lambda}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda} = \frac{F d_p}{2} \frac{\mu + \tan \lambda}{1 - \mu \tan \lambda}$$

$$\left( \tan \lambda = \frac{\pi p}{\pi d_p} \right) \Rightarrow T_R = \frac{F d_p}{2} \frac{\mu + \frac{\pi p}{\pi d_p}}{1 - \mu \frac{\pi p}{\pi d_p}}$$

$$T_R = \frac{F d_p}{2} \frac{\mu \pi d_p + \pi p}{\pi d_p - \mu \pi p} \quad (1)$$

نکته: این آوندها نیز لغزش است به دلیل خاصه خواص برابری:

$$T_L = \frac{F d_p}{2} \frac{\mu \pi d_p - \pi p}{\pi d_p - \mu \pi p} \quad (2)$$

۱. در رابطه (2) می‌تواند که اگر  $\mu \pi d_p < \pi p$  و  $\mu < \frac{\pi p}{\pi d_p}$  در آن صورت

گتدر باز گنده منفی شده یعنی در اثر بار آبیج خود کوزد بازها شده

$$\mu \geq \frac{\pi P}{\pi d_p} \leftarrow \text{بیج خود قفل}$$

با افزایش P (و n) و کاهش  $d_p$  بیج گمنای خود قفل باشد

۲. مقدار گتدر بالا بریزه با  $d_p$  افزایش نیاید لذا در طراحی لبر است نه کمترین  $d_p$

گمنای استفاده کنیم اگر چه در محاسبات استقامتی اجازه نماد هنده نظر بیج بین لزانندازه  
کد صی باشد

$$\mu = \tan \phi \leftarrow *$$

$$T_R = F \frac{d_p}{2} \tan(\lambda + \phi)$$

$$T_L = F \frac{d_p}{2} \tan(\phi - \lambda) \Rightarrow \phi > \lambda \leftarrow \text{خود قفل}$$

\* محاسبات بالا بر نظر کردن از شکل زرد بهت آید. در صده که لزان زرد حال فندونه



از به نایه زرد  $2\alpha$  استفاده شد

روابط فوق بصورت زیر در می آید

$$T_R = F \frac{d_p}{2} \cdot \frac{\pi p + \pi \mu d_p \sec \alpha}{\pi d_p - \mu \pi p \sec \alpha}$$

$$T_L = F \frac{d_p}{2} \cdot \frac{\pi p - \pi \mu d_p \sec \alpha}{\pi d_p - \mu \pi p \sec \alpha}$$

د راندينا سچ هار انتقال ندرت :

بنازيک دور چرخيښ →  $\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{F \cdot l}{T_R \cdot 2\pi}$  (رژون رسي)

$$= \frac{F \cdot n \cdot P}{F \frac{d_p}{2} \tan(\lambda + \phi) \cdot 2\pi} = \frac{\eta P}{\pi d_p \tan(\lambda + \phi)}$$

$$= \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \phi)}$$

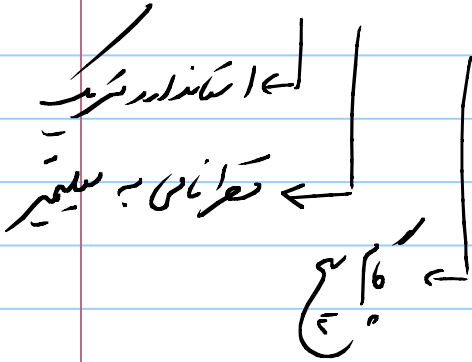
بدون به شکل سچ تاثيرات ( ) در صورت افزايش هزيبه اصطكاك، راندينا شيره اُفت گانند

بیمار اتصال

استاندارد متریک :

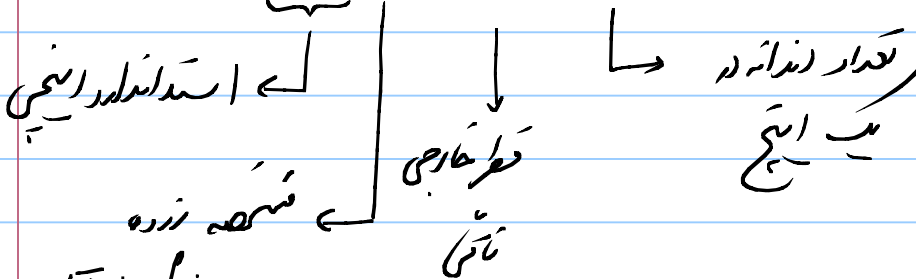
M8 x 1.25 - 8.8

$S_y = 0.8 \times S_{ut} = 640 \text{ Mpa}$   
 $S_{ut} = 800 \text{ mpa}$



استاندارد انچی :

UNF - 1/4 x 20

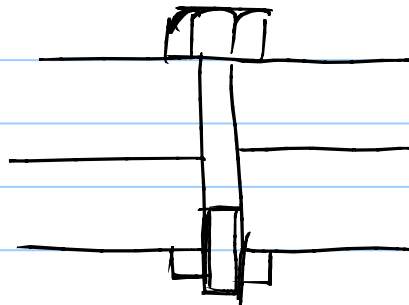
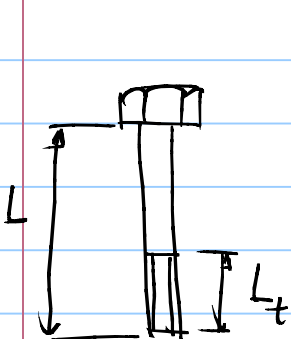


F: fine

C: coarse

EF: extra fine

اصولاً در بیمار اتصال لوله‌ها و مخزن آنها زرد باشند



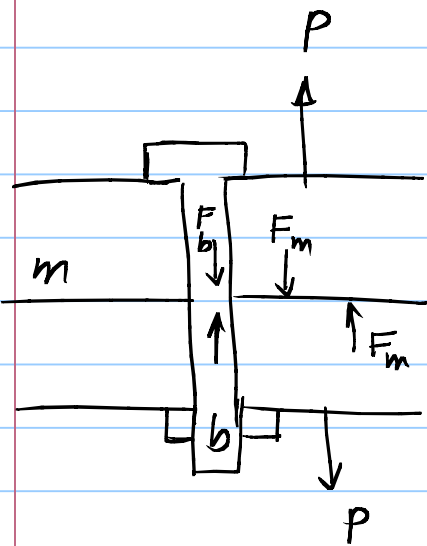
$$L_t = \begin{cases} 2D + 6 & L \leq 125 \text{ mm} \\ 2D + 12 & 125 < L < 200 \\ 2D + 25 & L \geq 200 \end{cases}$$

(در استاندارد متریک)

$$L_t = \begin{cases} 2D + \frac{1}{4} & L \leq 6'' \\ 2D + \frac{1}{2} & L > 6'' \end{cases}$$

در اسکندرا بهی :

### ملاحظات اشکال پیچار اتصال



$P$  : بار خارجی وارده به اتصال

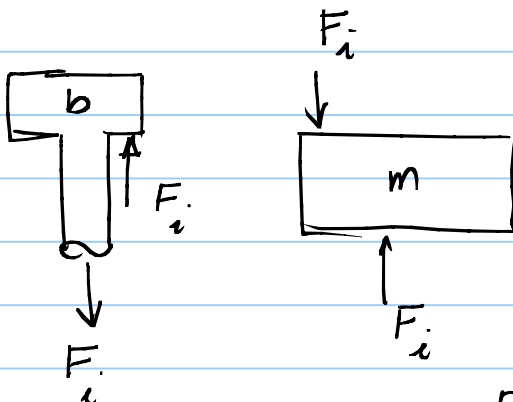
$F_b$  : نیرو کشش در پیچ

$F_m$  : نیرو درش در دایره تقاطع

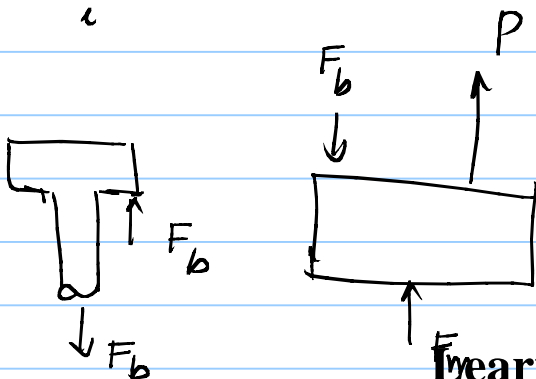
$F_i$  : بین بار دایره سخت کردن پیچ

کنس اسکس اتصال :

الف : بار خارجی = 0 ( $P=0$ )



ب : بار خارجی



↑ +

$$\text{قطع: } P + F_m - F_b = 0 \quad (*)$$

$$P_b: \text{بررسی در اثر } P \text{ به هیچ اجزائی نشود} \Leftrightarrow F_b = F_i + P_b$$

$$P_m: \text{بررسی در اثر } P \text{ از قطعه کم می شود} \Leftrightarrow F_m = F_i - P_m$$

$$\hookrightarrow (*) \Rightarrow P + F_i - P_m - F_i - P_b = 0 \Rightarrow$$

$$\underline{P = P_b + P_m}$$

برای یک اتصال باید در آنجا باشد:

$$1. F_m > 0 \quad \text{در غیر این صورت } (F_m = 0)$$

$$F_i - P_m > 0 \quad \text{در قطعه از هم جدا می شوند}$$

$$2. F_b = F_i + P_b < A_t S_p$$

$A_t$ : مساحت از مقطع که تحمل بار کشش می کند - جدول 8-1, 8-2

$S_p$ : تنش کشش (Proof Strength)  $\approx 0.9 S_y$  - جدول 8-11

برای بررسی شرط اول لازم است که توزیع بار خارج از  $(P_m - P_b)$  را بدست آوریم

برای این منظور در نظر می گیریم که گشت بار از نقطه به وسیله تغییر طول  $\delta_m$ ,  $\delta_b$  را تجربه

$$\delta_m = \delta_b = \delta$$

مساوی

$$\delta_m = \frac{P_m}{k_m}, \quad \delta_b = \frac{P_b}{k_b}$$

$k_b$ : سختی پیچ  
 $k_m$ : سختی قطعه

$$\delta_m = \delta_b = \delta, \quad P_m + P_b = P$$

$$\Rightarrow P_m = \frac{k_m}{k_b} P_b \Rightarrow \underbrace{\frac{k_m}{k_b} P_b}_{P_m} + P_b = P \Rightarrow$$

$$P_b = \frac{k_b}{k_m + k_b} P$$

$$\Rightarrow P_m = \frac{k_m}{k_m + k_b} P$$

پس برابری پیدا کردیم سهم پیچ در قطعه  $(P_b, P_m)$  از برابری  $k_b, k_m$  رابطه داریم

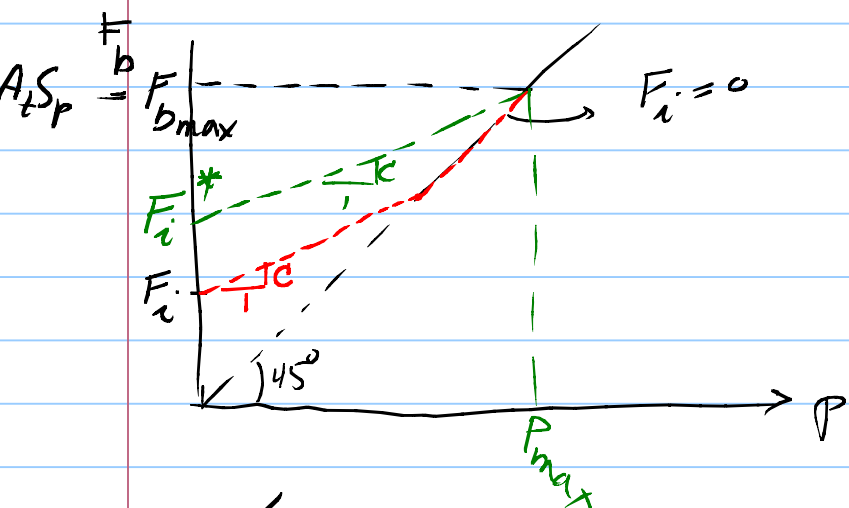
$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$

$$P_b = C P, \quad P_m = (1 - C) P$$

$$F_b = F_i + P_b \Rightarrow F_b = F_i + C P$$

$$F_m = F_i - P_m \Rightarrow F_m = F_i - (1 - C) P$$

نیروی بیج بر حسب نیروی خارجی را با کمک به روابط دریا نشان می‌دهد که بعد از آن صورت زیر را



الف - اگر  $F_i = 0$  (بدون بیج) بار

نیروی بیج مساوی نیروی خارجی است

ب - برابر  $F_i < F_i^* < 0$

برای بیج به نسبت  $C$  نسبت به  $P$  افزایش می‌یابد تا خط  $45^\circ$  را قطع کند یعنی

حدایش اتفاقاً افتد. از آن پس افزایش نیروی بیج مساوی افزایش بار خواهد بود

ج -  $F_i = F_i^*$

نیروی بیج به نسبت  $C$  افزایش می‌یابد - حدایش در نسبت بیج  $C$  اتفاقاً

می‌افتد

د -  $F_i > F_i^*$  نیروی بیج به نسبت  $C$  افزایش می‌یابد اما بیج قبل از  $P_{max}$  در می‌شود

حاصل  $F_i^*$

$$F_b = F_i + CP \Rightarrow$$

$$F_{bmax} = A_t S_p = F_i^* + CP_{max} \quad (P_{max} = F_{bmax})$$

$$\Rightarrow F_i^* = A_t S_p - CA_t S_p = (1-C)A_t S_p$$



$$F_i^* = (1-C) P_{max}$$

## تعیین بیش بار

برای تعیین مقدار بیش بار دو تیر اصلی در هر دلد :

$$1. F_i \geq F_i^* \quad \text{تا حدی که آن‌ها نیانند}$$

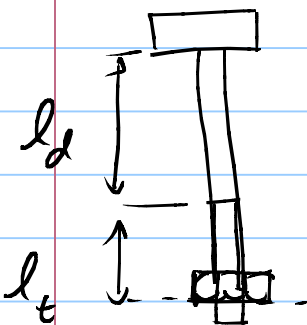
$$2. 0.6 < \frac{F_i}{A_t S_p} < 0.9$$

در اثر موارد  $F_i^*$  در حیطه  $\Delta$  می‌انند در غیر اینصورت به بیش بار را حداقل  $0.6 A_t S_p$  گرفت و به بزرگترین سطح از تحمل  $P_{max}$  تعیین کرد.

## محاسبه C - سختی اتصال

$$C = \frac{k_b}{k_m + k_b}$$

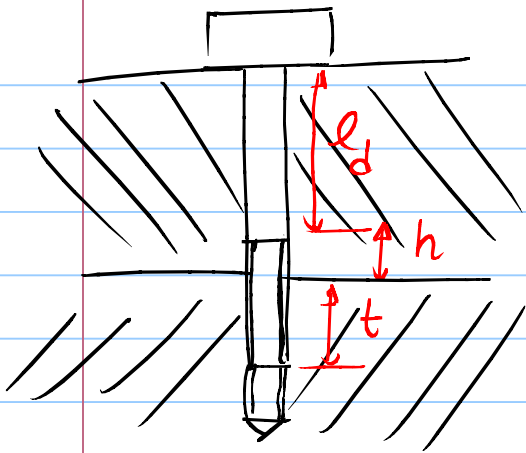
## محاسبه $k_b$ - سختی پیچ



$$\frac{1}{k_b} = \frac{1}{k_d} + \frac{1}{k_t}$$

$$k_d = \frac{EA_d}{l_d} \quad A_d \text{ با قطر نامی پیچ محاسبه می‌شود}$$

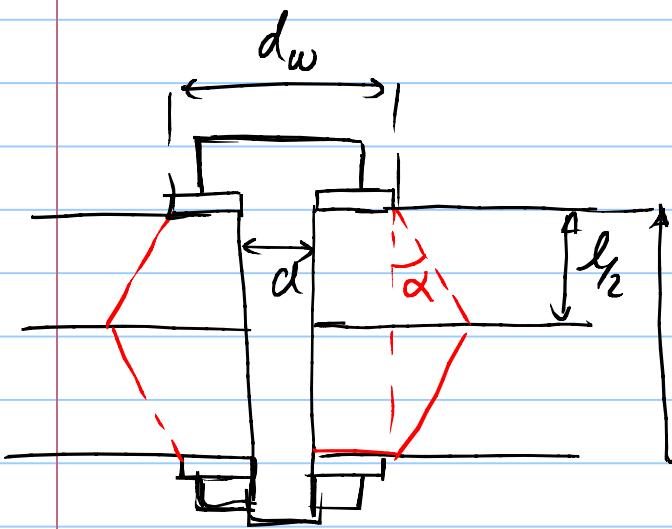
$$k_t = \frac{EA_t}{l_t} \quad A_t \text{ سطح تحت تحمل تنش است}$$



در این حالت

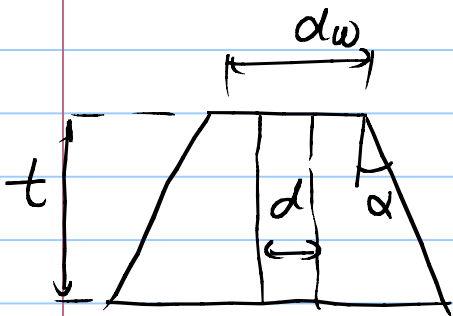
$$l_t = \begin{cases} h + \frac{t}{2} & t \leq d \\ h + \frac{d}{2} & t > d \end{cases}$$

$d$  قطر پیچ



کامپس  $K_m$

به گونه به مدل در برده تا بخشی از عضو در  
درک در محوطه ناقص قرار می گیرند  
سختی عضو اثر دارند



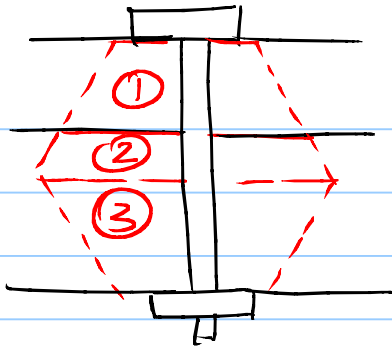
کامپس سختی قطعه در برده با در نظر گرفتن آن دید

قابل این آ خواهد بود. با استفاده از دستورالعمل

استاندارد  $\alpha$  در حدود  $30^\circ$  می باشد و سختی پس از آنشکل نیز بصورت زیر در می آید

$(d_w = 1.5d)$

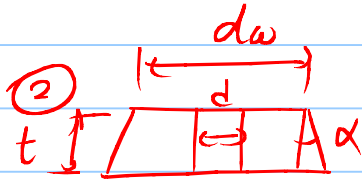
$$k = \frac{0.577 \pi E d}{\ln \left( \frac{1.55t + d_w - d}{1.55t + d_w + d} \cdot \frac{d_w + d}{d_w - d} \right)}$$



شکل: در صورتی که قطر در عقده و در طول  $E_1$

الاستیکه یک باشد مانند مثال دوم  $E_2$

باید از سه یا بیشتر محزون ناقص استفاده شود



در صورتی که جنس در قطعه یک باشد  $E_1, E_2$

قطر دایره اسکان را در یک بار ورود  $(d_w \leq 1.5d)$  هر دو آن از رابطه ساده شده زیر

برای محاسبه فقط استفاده کرد

$$k_m = A E d e^{\frac{Bd}{l}}$$

$A, B$  مقادیر ثابت که از جدول 8-8 به دست می آید



مراحل طراحی اتصال پیچ :

طراحی اتصال پیچ شامل تعیین سه پارامتر زیر می باشد

- انتخاب تعداد و جنس دانه زده پیچ

- انتخاب میس بار

- تعیین گام و درجهت گسترده

انتخاب جنس پیچ :

فولادها (نیم سخت) : 4.6, 4.8, 5.8

سخت : 6.8, 8.8

سخت + حرارت : 9.8, 10.9, 11.9, 12.9

کاربردهای صنعتی پیچ

کاربردهای صنعتی پیچ

ملاحظات ظاهری : در مورد انتخاب تعداد و قطر پیچ از روابط حدس زیر

استفاده کنید :

۱. اگر این پیچها متعارف باشد

۲. قطر پیچ در حدود ضمایم قطعه باشد

در طراحی اتصالات یسعی : 5 : ناصبه رز رز سجا از هم ، 4 : ناصبه رز رز سجا  
 له دنا

$$3 < \frac{8}{d} < 6$$

تکلیف

$$2 < \frac{4}{d} < 2.5$$

محصره ناصبه  
 آب سبز

### ضریب اطمینان :

با توجه به عدم اطمینان ها در طراحی اتصالات ، ضریب اطمینان اتصالات

از ۳ کمتر نمی شود

در کاردها که بارگذاری ضریب ایستادگی را با خطا جاد و صرد در ضریب

اطمینان طراحی اتصالات از ۵ کمتر نیست .

### مثال :

در قسمتی از یک جرثقیل که فرود آمدت بار 10 ton را تحمل کند ، در آن

به ضخامت 15 mm ، اتصال یسعی بکار رفته است . یک طراحی مناسب

برای این اتصال پیدا کنید . ( بار بصورت کشش به اتصال دهنده می شود )

$$\text{ضریب اطمینان} = 5$$

8.11 جدول  $\rightarrow S_p = 600$  (معدله  $S_p = 0.9 S_y$ )

$$P_{ext} = 5 \times 10^4 (10) = 5 \times 10^5$$

$$F_b = F_i + c \frac{P_{ext}}{n} \quad n: \text{تعداد ستب}$$

برای بدست آوردن اتصال را داریم  $F_v^* = (1-c) \frac{P_{ext}}{n}$  اگر باین

بیش بار طاق را انجام دهیم  $F_{bmax} = \frac{P_{ext}}{n}$

$$F_{bmax} = \frac{P_{ext}}{n} = A_t S_p \Rightarrow n A_t = \frac{P_{ext}}{S_p} = \frac{5 (10^5)}{600} = 830 \text{ mm}^2$$

I) M12  $\rightarrow$  جدول  $\rightarrow A_t = 84.3 \text{ mm}^2 \Rightarrow n = 9.8 = 10$   
8.1

II) M16  $\rightarrow A_t = 157 \text{ mm}^2 \rightarrow n = 5.3 = 6$

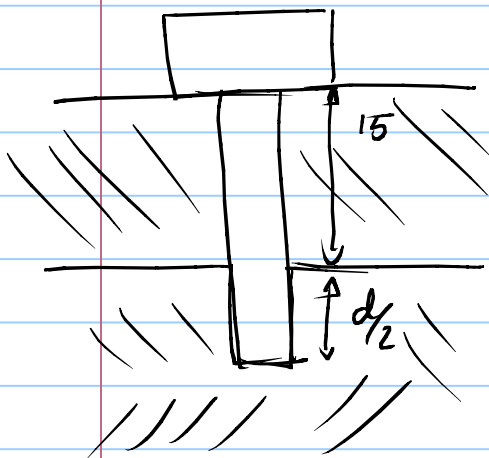
اگر ابعاد ورق را داشته باشیم باید در فاصله بینها برای هر یک از آنها بهار ورق  
چند است. در حال حاضر انتخاب II به جهت تعداد کمتر ستب از جهت دلا

6 x M16

قبل از آنکه این مرحله به این نسبت جدول  $F_i$  محاسب کنیم از اینرو C و

حساب کرنش و مقدار  $F_i^*$  جهت آیر

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$



$k_b$ : برابر جمع نیروی طول  $l_t, l_d$

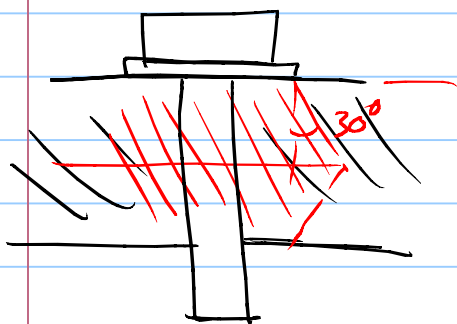
را داشته باشیم

$$L = 15 + \frac{16}{2} = 23 \text{ mm}$$

بلوک به این  $L < 2D + 6$  ← کل جمع

رود عناصر لبر

$$k_b = \frac{EA_t}{l} = \frac{207(157)}{23} \approx 1413 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$$



$$k_m = EdAc \frac{Bd}{l}$$

$A = 0.78715$  ← از جدول 8-8 ،  $E = 207 \text{ GPa}$

$B = 0.62873$

$d = 16 \text{ mm}, l = 15$

$$\Rightarrow k_m = 5098 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$$

$$C = \frac{1413}{5098 + 1413} = 0.22 \rightarrow F_i^* = (1 - C) \frac{P_{ext}}{n}$$

LearnElement.ir = 65 kN

$$A_t S_p = 94.2 \text{ KN} \Rightarrow$$

$$F_i^* = 0.69 A_t S_p$$

$F_i^*$  در این حالت که با 60٪ بیشتر است در برابر آن نسبت طراحی 0.9  $F_i^* < 0.6 A_t S_p$  هیچ بازنگراند.

در بعضی از مراجع طراحی حداقل هار و بیش بار برابر با بیشترین هیچ را به لاترهای

$$F_i \begin{cases} 0.75 A_t S_p & \text{اتصال غیر دائم} \\ 0.9 A_t S_p & \text{اتصال دائم} \end{cases}$$

در این روش طراحی را بر مبنای بار 75٪ تکرار کنیم. بدین علت که هر طراحی در آنجا تا 75٪ بار 75٪ ادا در حجم، سخت به تکرار  $5 \times 10^5$  اتصال باشند در نتیجه به

در این به بدجه به ضایعت قطع، قطر 16 را در دست به بعد هیچ می رساند

$$F_{b \max} = 0.75 A_t S_p + C \frac{P_{ext}}{7} \left( \text{ضریب اطمینان} = ? \right)$$

$$= 0.75(157)600 + 0.22 \cdot \frac{n_{SF} \cdot 10^5}{7} \leq 70.6 \text{ KN} + 3142 n_{SF}$$

$$= 157(600) = 94.2 \text{ KN} \Rightarrow n_{SF} = 7.5$$

پس ضریب اطمینان اسکله هیچ نیز بیشتر است.



گشتاور سفید کردن : این گشتاور برابر است با گشتاور نزدیک اصطفا

$$T = K F_i d \quad \text{میت هر این}$$

$$K \rightarrow 8-15 \text{ مدیل} \rightarrow K = 0.3$$

$$T = 0.3 (0.75 (157) 600) 16$$

$$= \underline{\underline{340 \text{ Nm}}}$$

گشتاور سفید کردن  
Wrench

\* در یک درجه هر منفر در هر یک تقوایح ، ضماوت قطعه صادر از نزدیک اباشند  
در تان با تقریب خوبی  $C = 0.25$  در نظر گرفت

طراحی مع برابر خست :

$$\sigma_{\min} = \frac{1}{A_t} \left( F_i + C \frac{P_{\min}}{n} \right)$$

$$\Rightarrow \sigma_m = \frac{1}{2} (\sigma_{\min} + \sigma_{\max})$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{A_t} \left( F_i + C \frac{P_{\max}}{n} \right)$$

$$\sigma_a = \frac{1}{2} (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$$

در  $P_{\min}$  داره شش عدد

\* فرایند گزینش حسن برپایه معیار درد از جدول 8-16 به دست می آید

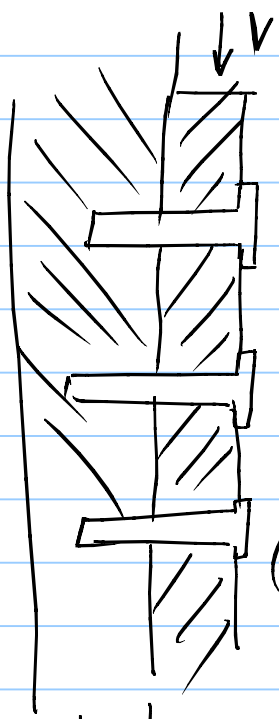
\* استهکام درد را لصیح شده از جدول 8-17 به دست می آید (تعداد زنده)

معیار گزینش (استهکام)

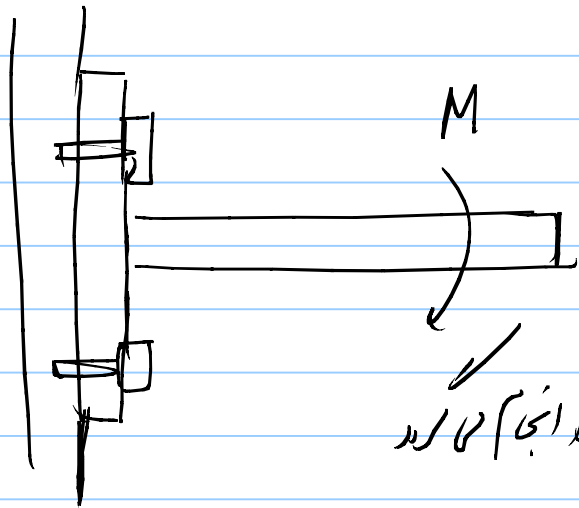
\* معیار دردین نسبتاً معیار معروفی در کسب حسن به معنی است.

\* در معیارها حسن بجز  $W_p$  استهکام باشد

معیار گزینش درپش

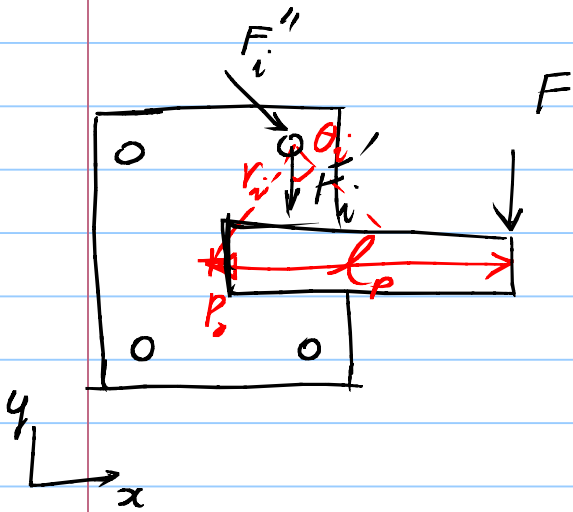


درپش در بلندآدرش درپش، اگر درپش از یک ردیف به دست بیایم  
فرض معمول این است که تنها یک ردیف از بویها بار  
درپش را تحمل می کنند که معمولاً ردیف اول (نزدیک به بار)  
را در نظر می گیریم



حسن در بلندآدرش فرض ردیف پائین  
بجای معمولاً تحمل لولا در نظر گرفته می شود  
و طراحی برپایه تحمل گزینش در ردیف بالا انجام می آید

# شیخ حرکت برش ناشی از محس الفعال



۱. بار موزون در شیخ  
۱. گسش ناشی از بیش بار

۲. برش مستقیم F

۳. برش ناشی از بیش الفعال

برای محاسبه آرد من برش معادل :

① مرکز هندسی الفعال را بیست می‌آیدیم

$$P_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}$$

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

② معادل گسار

$$\sum_{i=1}^n F_i \cdot r_i = F \cdot l_p$$

③ برای هر یک از اجزای ناشی که در هندسه هم شیخ از مرکز الفعال دورتر باشد، بیش بیشتر

به آن دلد داشته (متناسب)

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \dots = \frac{F_n}{r_n}$$

(n-1 عدد) + یک معادله معادل ←  $F_i$

(4) برابر  $F_i$  با  $F$  به  $n$  سطح تجزیه کنیم

$$F_i \leq \frac{F}{n}$$

(5) کل برش عرض از جمع بردار  $F_i'$  و  $F_i''$  است

$$F_i = \left[ F_i'^2 + F_i''^2 + 2F_i'F_i''\cos\theta_i \right]^{1/2}$$

(6) حال تنش بیش بود است  $\tau_{max}$  که در سطح  $\tau_{max}$  است

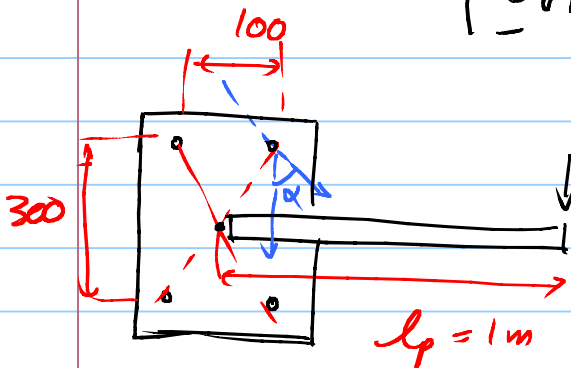
$$\tau_{max} = \max_{i \leq n} \left( \frac{F_i}{A_t} \right)$$

(7) تنش سرد

$$\sigma_{MS} = \left[ \sigma_i^2 + 3\tau_{max}^2 \right]^{1/2}$$

(تنش بین بار و  $\sigma_i$ )

(8) حال طراحی را بر اساس  $\sigma_{MS}$  انجام دهیم



شکل: بلوک به  $n$  سطح

برندار در سطح  $n$  سطح است

ضریب ایمنی 3 است

حل:

$$r_i = r_4 = \left( 50^2 + 150^2 \right)^{1/2} = 158 \text{ mm}$$

$$F_i = F_i' = \frac{10 \times 10^3 \times 3}{4} = 7.5 \text{ kN}$$

$$F_i'' = F'' \cdot r \cdot 4 = F \cdot l_p \Rightarrow F'' = \frac{10(10^3)(3)1}{4(0.158)} = 47 \text{ kN}$$

$$F = (F'{}^2 + F''{}^2 + 2F'F'' \cos(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{100}{300}))^{\frac{1}{2}}$$

$$\leq 50 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{F}{A_t} = \frac{50(10^3)}{A_t}, \quad \sigma = 0.75 S_p$$

گرم 5.6 به بزرگی اینک تفرق نماز کرد و در دست جابجایی خاص برای طرح

در بدنه است، مناسب است

$$S_p = (0.6) 500 (0.9) = 270 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow \sigma_{av} = \left[ (0.75(270))^2 + 3 \left( \frac{50(10^3)}{A_t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= S_p = 270$$

$$\Rightarrow A_t = 485 \text{ mm}^2$$

انتخاب سیم: به بزرگی هر دو 1-8، M30 انتخاب مناسب است ( $A_t = 561$ )

$$F_i = 0.75 A_t S_p = \text{پیش بار}$$

$$= 0.75 (561) 270 = 113.6 \text{ kN}$$

$$T = K F_i \cdot d$$

گشتاور در مفصل بر د

$$\text{هر دو} \rightarrow K = 0.2 \Rightarrow T = 0.2 (113.6) 30 = \underline{\underline{682 \text{ kNm}}}$$

## کرن درختانه :

۱. اگر ضخامت ورق 25mm باشد، با استفاده از جدول آمار براساس سیدم ۱۰ اینچ نکت

بار موزون کشند

۲. فرض کنید که  $F_p$  اعتبارات تحت لثه صفو 10 kN بگیرند. براساس مراجع است  
آرد و ضریب اطمینان مقرر با یکدیگر به معیار Soderberg است آرد

## جو شکاری :

اتصال دائم قطعات فلزی با کمک روش‌های مختلف

ش 4 :

۱. جوش برقی، لهرت کوس الکتریکی - جوش الکترود - جوش آرگون

۲. " " " حال جوش یا خط جوش

۳. با حرارت درص موصوعی بگردد : جوش پرک، حکم کاری

۴. جوش اصطفاک

۵. جوش کدره

در این درس تنها به طرز جوش کوس الکتریکی (مثال اول) می پردازیم

۱. جوش بغز یا سر به سر



Butt Weld



Fillet Weld

۲. جوش ماهیچه ای



خواص جوش کوس الکتریکی Arc Welding :

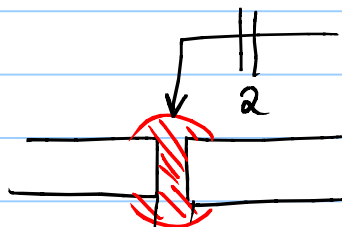
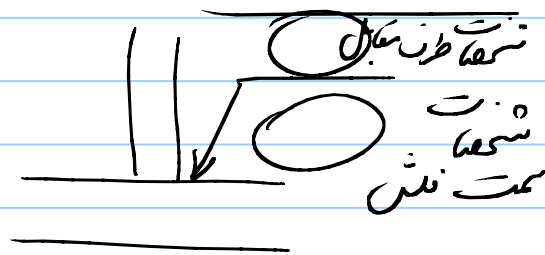
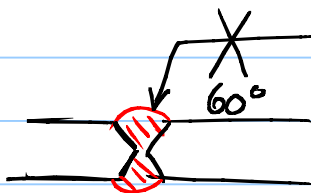
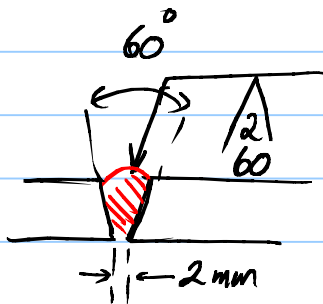
تغییرات شدید در سرعت و دمای جوش پدید می آید (تقریباً)

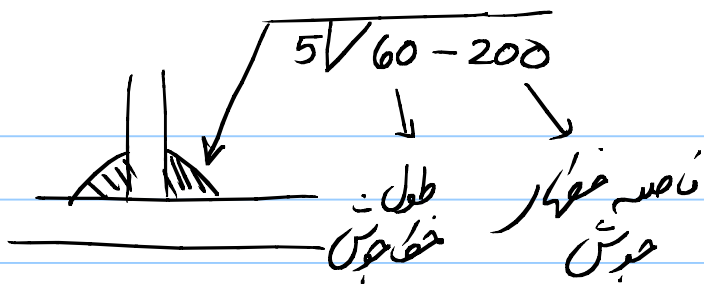
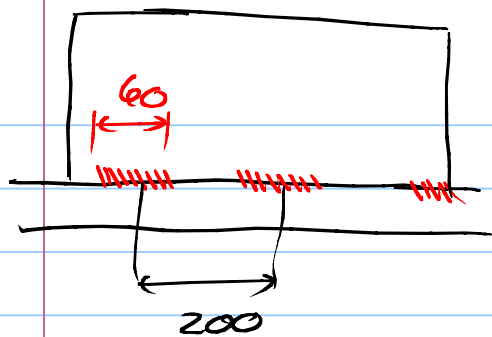
تغییر خواص مدار کشنده

\* جوش الکترود لغزیت قدری بیشتر برابر فولادها را به کار می رود که با سرد

شدن در محیط ریخته تغییر خواص آلیاژ شوند مانند فولادها را در جوش

سهای جوشکاری :

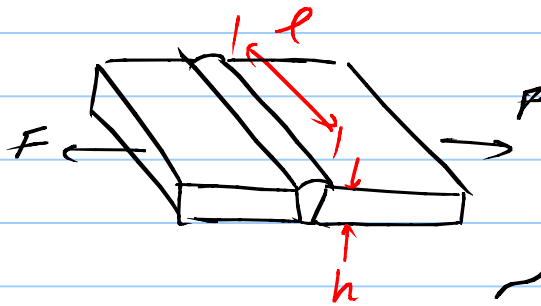




برابر موارد مشرب به کتاب  
سیم رابع باشد



محاسبه استقامت در حوض



۱. سربسر (تغزی)

لذا بجا نماند در حوض سربسر هندسه

در آن بایستی حفظ باشد، پس در مقطع حوض همانند تنش در ورق خواهر بدید

نکته - بزرگتر است

$$\sigma = \frac{F}{h \cdot l} \cdot n_{S.F.}$$

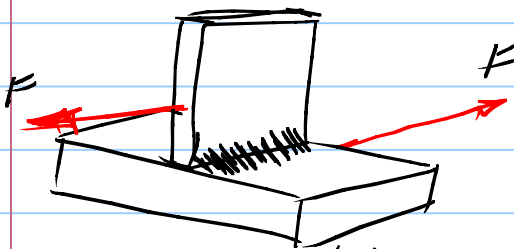
\* در مورد ضریب ایمنی حوض

لذا بجا نماند حوض معمولاً در کله ایراد آن اجزا باشد احتمال وقوع

ناهمرد و کیفیت پایینتر به علت لایه ضریب ایمنی در حوض

بزرگتر باشد در نظر گرفته می‌شود

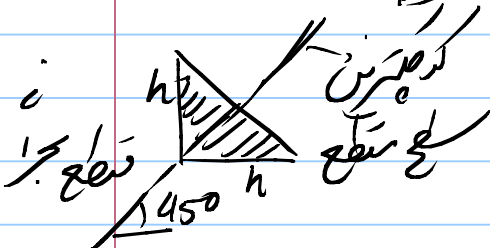
۲. حوض هیمی ار



الف - بزرگترین مداری: استدار

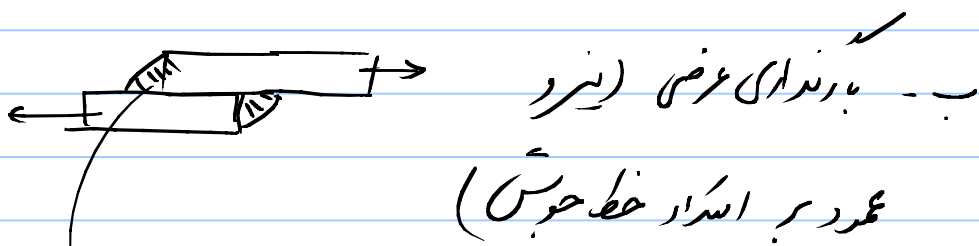
نیروی حوض معادل هستند

$$\tau_{max} = \frac{F}{l \cdot \sqrt{2} \cdot h} \cdot n_{S.F.} = \frac{F}{0.707 h l} \cdot n_{S.F.}$$



l : مجموع طول خط جوش تحت بارندگی مدان

h : ارتفاع (قاعده) جوش



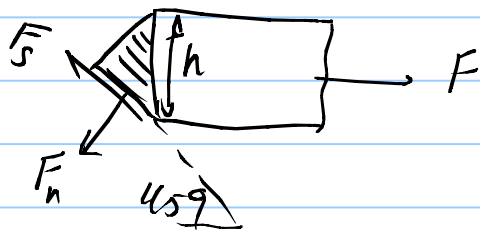
با توجه به اینکه توزیع تنش واقعی استاتیکی

آوردن رابطه در جهت تعیین نقطه

جراوش مناسبت را بر مبنای صورت مسئله. لذا

برای جواب آزمایش را بنویسید که عمده مسئله همپایا در ارتفاع  $45^\circ$  جوش

استاتیکی را مقصد



$$F_n = F_s = \frac{\sqrt{2}}{2} F$$

$$\sigma = \tau = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} F}{l \frac{\sqrt{2}}{2} h} = \frac{F}{lh}$$

با استفاده از معادله ترکیب

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} = \frac{F}{hl} \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + 1^2}$$

$$= 1.12 \frac{F}{hl}$$

در محل اتصال تنش کمتری از مقدار محاسب شده در رابطه فوق است. این بدان دلیل است که فریب می‌دهند یا شده جوش را کاملاً پر کنند. از این در رابطه تنش ما می‌توانیم را محدودیت

از بر تضعیف کنیم

$$\tau_{max} = 1.414 \frac{F}{hl} \eta_{SF}$$

$$\approx \frac{F}{0.707hl} \eta_{SF}$$

در رسم در هر دو جا برداشتن مولدین در بعضی رابطه طراحی می‌است.

استیکام جوش

در جوش قوس الکتریکی، استیکام الکترود را بالاتر از استیکام قطعه انتخاب می‌کنیم اما نهایتاً استیکام جوش را برابر استیکام قطعه در نظر می‌گیریم. هر ایست برابر استیکام اتصال مقدار دقیقتر تدابیر سازنده الکترود اعلام شده باشد.

Table 9-3

Minimum Weld-Metal Properties

AWS Electrode Number*	Tensile Strength kpsi (MPa)	Yield Strength, kpsi (MPa)	Percent Elongation
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

\*The American Welding Society (AWS) specification code numbering system for electrodes. This system uses an E prefixed to a four- or five-digit numbering system in which the first two or three digits designate the approximate tensile strength. The last digit includes variables in the welding technique, such as gas used, etc. The final digit indicates the welding position, as, for example, flat, or vertical, or overhead. The complete set of specifications may be obtained from the AWS upon request.

در طراحی، اسکام در اعضای جوش متاثر از نوع بارنداری خواهد بود که اصطلاحاً اسکام

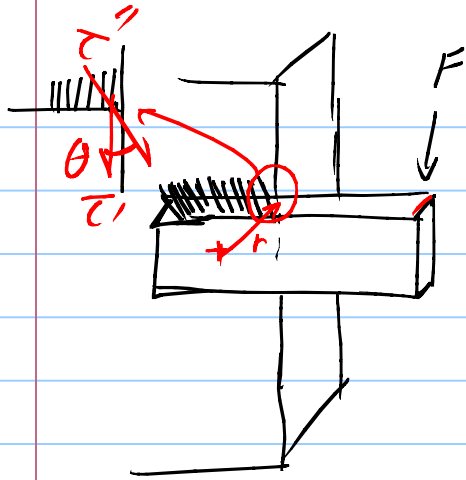
مجاز نامیده می‌شود و لزوم جدول زیر به دست می‌آید.

نوع جوش	نوع بارنداری	اسکام مجاز
	کشش (میان)	$0.9 S_y$
تغزنا	کشش	$0.6 S_y$
	خم فشار	$0.6 S_y$
	برش	$\min(0.3 S_y, 0.4 S_{ut})$
ناهمبندی	برش	$0.3 S_{ut}$

\* معمولاً تقریباً (قطع) بنام اسکام  $(S_{ut})$  کمتر از  $0.3 S_{ut}$  اکثر در را به

\* ارتفاع جوش نه  $0.7$  تا کمترین درون در اتصال بیشتر نباشد  
 \* ارتفاع جوش از مقدار به دست آمده لزوم جدول زیر کمتر نباشد

ضریب درنا	مقدار حداقل ارتفاع جوش
$< 6$	3
6-12	5
12-18	6
18-32	8
32-50	10
50-100	12
$> 100$	16



ج. ریش ناشی از پیچش

- مقطع عرضی تحت بارگذاری ترکیبی
- ۱-  $\tau'$  ناشی از ریش مستقیم
  - ۲-  $\tau''$  ناشی از پیچش

۱. برابر  $\tau'$  ،  $\tau' = \frac{F}{0.707hl}$  که  $h$  ارتفاع،  $l$  طول

مقطع عرضی است

۲. برابر  $\tau''$  از کد در پیچش مقاطع استفاده می‌کنیم  $\tau'' = \frac{T_r}{J}$

از  $\tau$  که مرکز هندسی مقطع عرضی است حساب می‌شود

$J$  راز جدول ۱-۹ کتاب معیشت زیر پیوست می‌کنیم

$$J = 0.707 h J_u$$

$J_u$   $J$  قطبی مقطع عرضی با عرض واحد  $h$  باشد که از جدول

پیوست می‌آید

کدم  $\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2 + 2\tau'\tau''\cos\theta}$

$\theta$  زاویه بین  $\tau'$  و  $\tau''$  در  $\tau$  بدون و از هندسه پیوست می‌آید

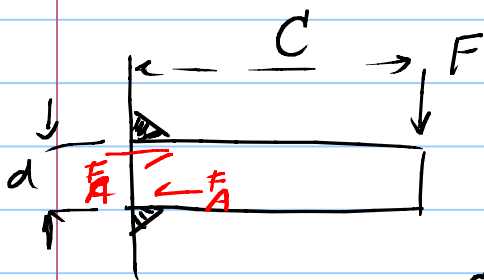
برای طراحی باید چنانچه  $\tau$  کمتر از  $\tau_{allow}$  باشد را پیوست می‌کنیم اما در اکثر

موارد با دور شدن از C هم از برشها دورتر می شود و هم  $\theta$  کم می شود

( $\cos \theta$  نزدیک 1 در می آید) به دلیل اینکه  $\theta$  ثابت است

$\tau$  در یک نقطه با هم جمع می شوند یعنی

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + 2\tau_1\tau_2 \cos \theta}$$



د. عرض (برش ناشی از عمود)

نشان حالت قبل بار F هم برش مستقیم

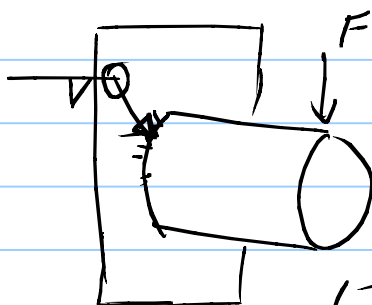
دست می کند و هم برش ناشی از قوس

اثر مستقیم F → (برش مستقیم عرض) →  $\tau_1 = \frac{F}{0.707h(2l)}$

اثر قوس F →  $F_A \cdot d = F \cdot C \Rightarrow \frac{F_A}{A} = \frac{F \cdot C}{d}$

از قبل →  $\tau_2 = \frac{F_A}{0.707hl} = \frac{F \cdot C}{0.707hld}$

\* معمولاً  $\frac{C}{d}$  بزرگ در می آید  $\tau_2$  از  $\tau_1$  عیب نزدیک است و همانند  $\tau_1$



مستقیم می آید

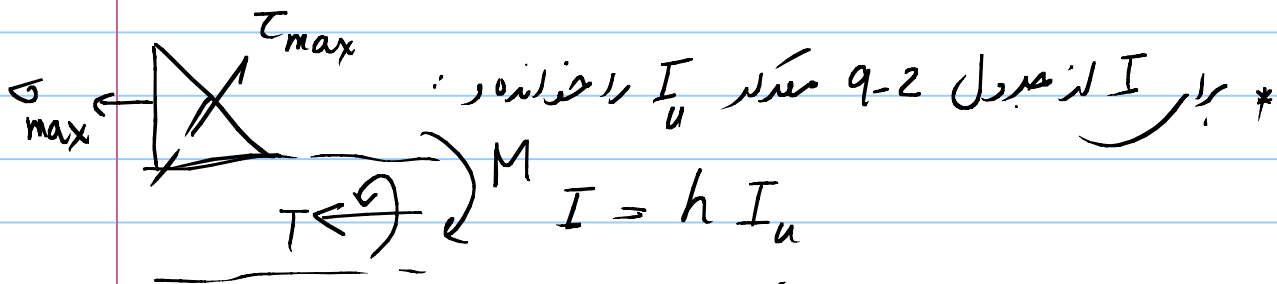
در حالت کلی فلز

$F_A$  را همانند آن بارها در نظر می گیریم

لذا از سبب تنش و بزرگ شدن تنش حداکثریم  $\sigma_{max}$  را

به دست آوریم

$$0.707 \tau_{max} = \sigma_{max} = \frac{M \cdot d/2}{I}$$



$d/2$  بیشترین فاصله از محور

$M$  گشتاور تنش به بزرگترین مقدار داشته

بازنگری تنش در مقاطع جوش

برای تحلیل طراحی جوش گت باید از تنش از فرضیات زیر استفاده کنیم

1.  $K_e = 0.5 S_{ut}$  که  $S_{ut}$  استقامت کششی که چتر بین قطعه و جوش است

2.  $K_a$  : سطح جوش را آهسته (Forged) در نظر بگیریم

3.  $K_b = 1$

4.  $K_c = 0.59$

5. ضرائب تصحیح اور تناسب بہ شرائط

6. ضریب مرکز میں حساب کا از جدول 5-9 کتاب

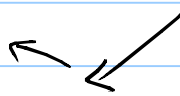
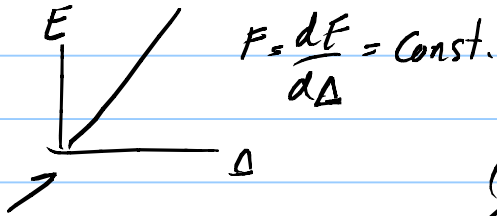
7. معیار نسبت سداول Goodman و Gerker



فتر

- ذخیره انرژی کشش

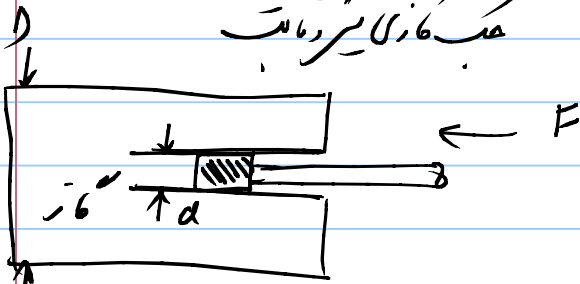
- کاهش نیرو (ثابت - تغییر)



حکایتی نیروی ثابت

شدت انبساط: فتر نیروی ثابت

\* فتر کشی تغییر قابل کنترل



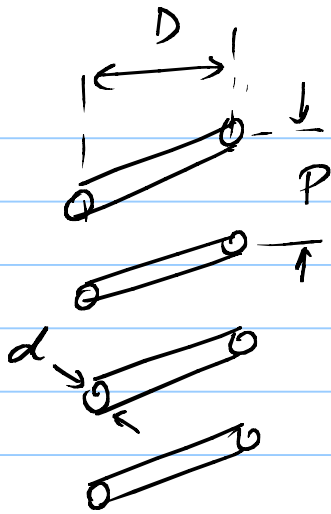
تغییرات  $F$  تناسب  $\left(\frac{d}{D}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{\pi D^2}$

ملاحظه کنید

فترهای تدریجی بر حسب نیرو:

- ۱. کشش ←
- ۲. کشش ←
- ۳. کشش ←

## گرسنبلندی نرهای لول



D : قطر نامی - قطر نر

d : قطر فنویل

p : گام

$l_f$  : طول آزار (بدون بار)

$l_s$  : طول سرد

$l$  : طول تحت بار

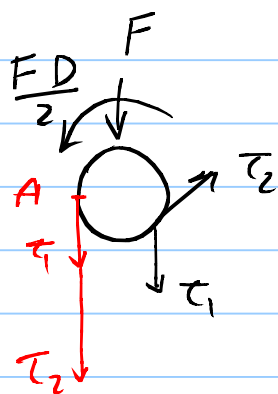
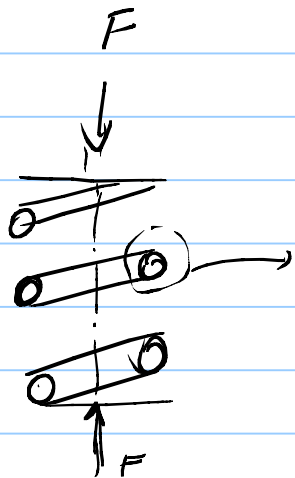
$N_g$  : تعداد حلقه های فعال

$N_t$  : تعداد کل حلقه ها

## تحلیل نرهای لول

۱. می سبب تنش جهت اطراف لول است

۲. می سبب تنگی



۱. می سبب تنش در نرهای لول

$$\tau_{max} = \tau_1 + \tau_2$$

$$= \frac{4F}{\pi d^2} + \frac{16T}{\pi d^3} \quad (T = \frac{FD}{2})$$

$$= \frac{8FD}{\pi d^3} \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{d}{D} \right)$$

$$* \text{ اندلیں تر } C = \frac{D}{d}$$

$$* \text{ ضربیتش برقی } K_s = 1 + \frac{1/2}{C}$$

معمولاً در کاسبت تخمین تنش برقی بکار و دلدرد اثر برقی سقیم از ضربیتش

برقی استفاده شد. فرایب تعداد تنش برقی عبارتند از:

$$\text{در کاسبت غیر (گرمی به استاتیک)} \quad K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$

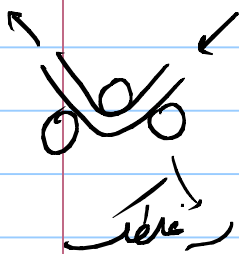
$$\text{کاسبت استاتیک} \quad K_B = \frac{4C+2}{4C-3}$$

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

در مورد اندلیں تر  $C$  : برابر اثر نرها  $6 < C < 12$

$$C \geq 9 \quad \text{نور سرد}$$

$$C \leq 9 \quad \text{نور گرم} + \text{عمیق ملام (گرفت کار)}$$



\* ضربیتش برقی برابر تر در نظر نمی آید

استقامت مواد نری

معمولاً تر از فولاد ایتری سخت ساخته می شود

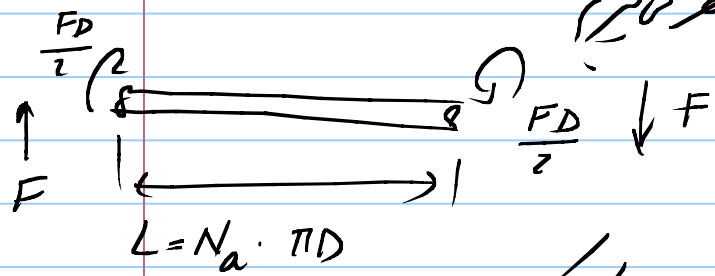
$$S_{ut} = 1000 - 1400 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 0.75 S_{ut} \quad , \quad S_{sy} = 0.577 S_y \Rightarrow S_{sy} = 0.45 S_{ut} \quad (\geq T_{max})$$

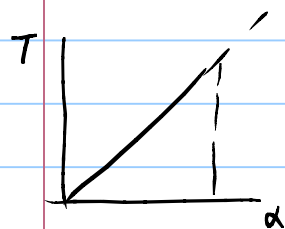
برای سبب  $S_{ut}$  از جدول 10.4 کتاب در رابطه  $S_{ut} = \frac{A}{d^m}$   
 استفاده کنید (A و m را از جدول به دست آورید)

### میانگین ضربه نهمی کنترل

- روند میانگین نهمی یک اثر در مکانی در دو بار شدن سیم رخ داده بود
- از آنجا که تمام مقاطع نهمی یکسان هستند نهمی را معادل یک سیم نهمی در نظر میگیریم



$\alpha$  : زاویه نهمی



اثر کشش = اثر نهمی =  $E_1 + E_2$

تاثیر از نهمی      تاثیر از کشش

$$E_1 = \frac{1}{2} T \alpha = \frac{1}{2} T \left( \frac{TL}{GJ} \right)$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{4FD^3 Na}{Gd^4}$$

$$T = \frac{FD}{2} \quad , \quad L = N_a \pi D$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \tau_1 \gamma_1 \cdot \frac{L \pi d^2}{4} \quad \gamma = \frac{\tau}{G}$$

(\* برش مستقیم در برش ناشی از آن در کل مقطع یکسان است فرض است)

$$E_2 = \frac{2FDNa}{Gd^2}$$

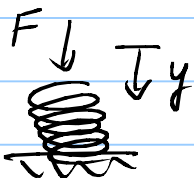
$$E = E_1 + E_2 = \frac{4FD^3Na}{Gd^4} \left( 1 + \frac{1}{2C^2} \right)$$

ناشی از برش مستقیم

با توجه به اینکه  $C \ll 1$  ،  $\frac{1}{2C^2}$  در حدود 1 یا بیشتر است پس همان درک می کنیم

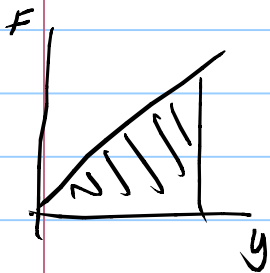
از آن صرف نظر کرد

$$E \approx E_1 = \frac{4FD^3Na}{Gd^4} \quad (1)$$



$$U = \frac{1}{2} F \cdot y$$

یادمان



$$\left( y = \frac{F}{k} \right) \Rightarrow U = \frac{1}{2} \frac{F^2}{k} = \frac{F^2}{2k} \quad (2)$$

بسیار نزدیک دارم (1), (2)

$$\frac{F^2}{2k} = \frac{4FD^3Na}{Gd^4}$$

$$\Rightarrow k = \frac{Gd^4}{8D^3Na}$$

$N_0$  : تعداد عناصر فعال

در تعداد شش

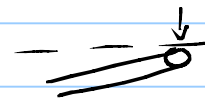
حقیقتاً غیر موثر

$$\frac{N_0}{N_t}$$

طول مرده  
 $d[N_t] = d(N_t+1)$

طول آزاد

$$P_{N_0+d}$$



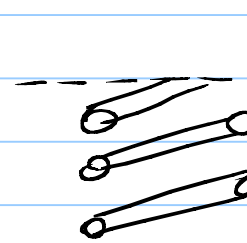
۱. ساد

$$P(N_0+1)$$

$$N_t \cdot d$$

$$N_t - 1$$

۱



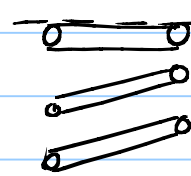
۲. ساد نیست  
شوده

$$P_{N_0+3d}$$

$$d(N_t+1)$$

$$N_t - 2$$

۲



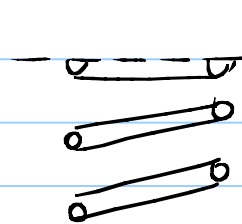
۳. گسسته شده

$$P_{N_0+d}$$

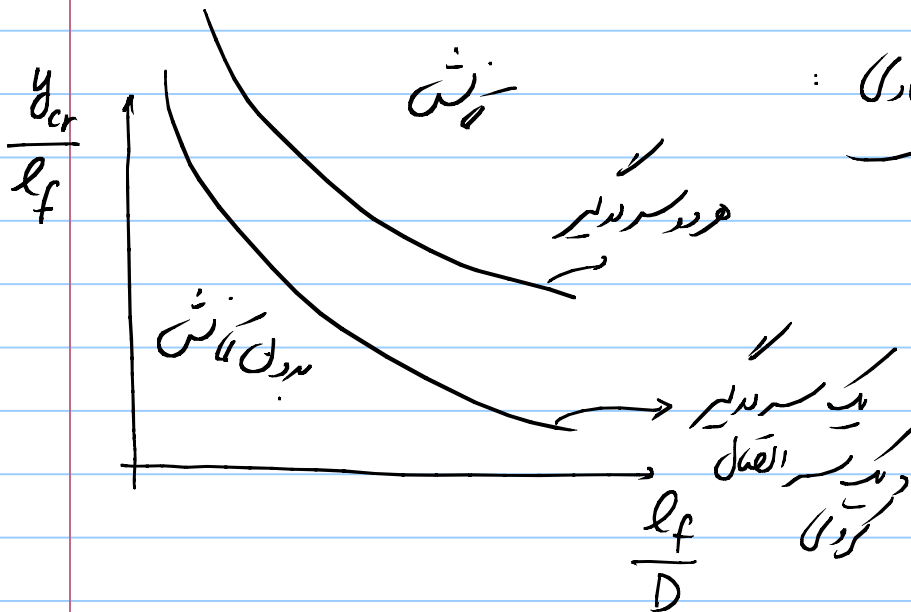
$$dN_t$$

$$N_t - 2$$

۲



۴. گسسته شده  
سنگ خورده



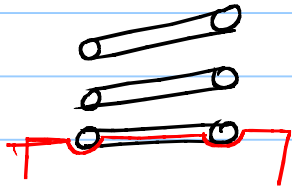
محاسبه کاهش طول شش



ریشه حریف

$$\frac{y_{cr}}{l_f} = C_1 \left( 1 - \left( 1 - \frac{C_2}{\lambda_{eff}^2} \right)^{1/2} \right)$$

$$C_1 = \frac{E}{2(E-G)}, \quad C_2 = \frac{2\pi^2(E-G)}{2G+E}, \quad \lambda_{eff} = \alpha \frac{l_f}{D}$$



برابر  $\alpha$  :  
۱. هر دو کت و دو لیر  $\alpha = 1/2$

۲. یک سر دگر و سر دگر لولا  $\alpha = 0.7$

۳. هر دو لولا  $\alpha = 1$

۴. یک سر دگر و سر دگر آزاد  $\alpha = 2$

اگر در رابطه بالا هر دو طرف حقیقی برابر  $\lambda_{cr}$  پیدا شد این حداب ماژولیم حاجی نفران لوز  
گانش است.

اگر حداب حقیقی برابر  $\lambda_{cr}$  نداشته باشیم یعنی  $\lambda_{cr}$  این است که نفران  $\lambda_{cr}$  ناپیدا لوز

$$1 - \frac{C_2}{\lambda_{eff}^2} < 0 \Rightarrow \frac{C_2}{\lambda_{eff}^2} > 1 \Rightarrow l_f < \frac{\pi D}{\alpha} \left[ \frac{2(E-G)}{2G+E} \right]^{1/2}$$

نفر پیدار است.

## فركانس طبيعي تتر

تتر معيبران آنه كه د ابعاد نيمس د حجم ي باشد در برخی فركانس (يعني تتر گشته) د موج لرغاشگي  
 بدراننه زياد در آن به حرکت درم ايد كه گمان است باعث گشتگي تتر گردد.

گيچل لرغاشگي تتر به لوله به گسترده حجم در آن بنجوبه بهت اگرد فركانس حار تتر  
 به فركانس زيادتر گورد.

$$\omega_{(rad/s)} = n \pi \sqrt{\frac{k_s}{m}}$$

$$n = 1, 2, \dots$$

فركانس گشته تتر يار يچ

$$\omega_{(Hz)} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k_s}{m}}$$

(در صده كه دوسر فتر دگر باشند  
 بعضي تههايك دهه از اذن برابر  
 حرکت دلته باشد)

$$\omega_{(1+g)} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{k_s}{m}}$$

د صده به فتر يک سر دسر ديک سر از اربا

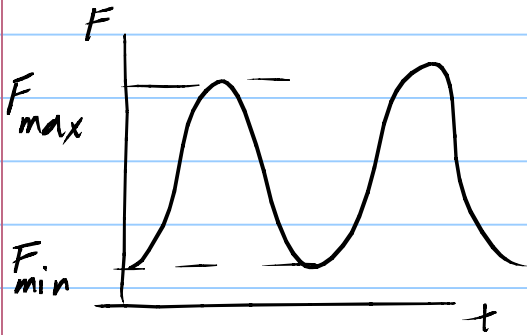
$$m = \frac{\pi d^2}{4} (\pi D N a) \rho$$

د  
 چفا

\* فركانس كار فتر به ۱۵-۱۰ برابر فركانس طبيعي آن باشد



## بارنداری دینامیک تر - خستگی

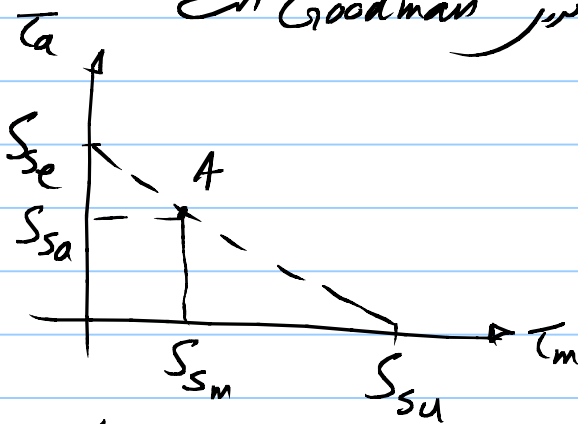


$$F_m = \frac{1}{2} (F_{min} + F_{max})$$

$$F_a = \frac{1}{2} (F_{max} - F_{min})$$

$$\tau_m = k_w \frac{8 F_m D}{\pi d^3}, \quad \tau_a = k_w \frac{8 F_a D}{\pi d^3}$$

## تغییر نسبت خستگی در مدل در نظر گرفتن Goodman است



در مورد  $S_{su}$  همان از تقریب

$$S_{su} = 0.67 S_u$$

استفاده نمود

در مورد  $S_{se}$  اطلاعات جامعی وجود ندارد برابر عمل این مسئله از یک نقطه کلی در خط

$$S_{se} = \frac{S_{su} S_{sa}}{S_{su} - S_{sm}}$$

گذاشتن مانند نقطه A استفاده می‌شود ←

برابر نقطه A :

$$S_{sa} \approx 241 \text{ MPa} \quad \text{ترسایم زنده}$$

$$S_{sm} \approx 379 \quad \text{''}$$

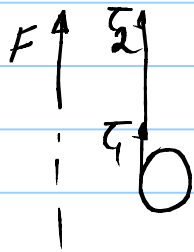
$$S_{sa} \approx 398 \quad \text{''} \quad \text{ترسایم زنده}$$

$$S_{sm} \approx 539 \quad \text{''}$$



کشی : تنش در تنش در در نقطه کمین است محاسبه  
 A : در سطح دایره حلقه ها (مانند تنش در)

B : در سطح دایره حلقه در دورترین نقطه از مرکز F



$\tau_2$  در اثر بیخ  
 $\tau_1$  در اثر برش مستقیم

A

تنش در این نقطه در است مانند تنش در قابله که سبب جدا شدن

$$\tau_A = k_A \frac{8FD}{\pi d^3} \quad k_A = \frac{4c-1}{4(c-1)}, \quad c = \frac{D}{d}$$

(ضریب تصحیح برش در تنش فشارت از  $k_B, k_C$  است)

B : تنش زوال ناشی از تنش در محس درم

$$\sigma = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}} + \frac{F \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = F \left( \frac{4}{\pi d^2} + \frac{16D}{\pi d^3} \right)$$

برای آن که حلقه ها بجا بمانند  
 زوال ناشی از تنش به ضریب

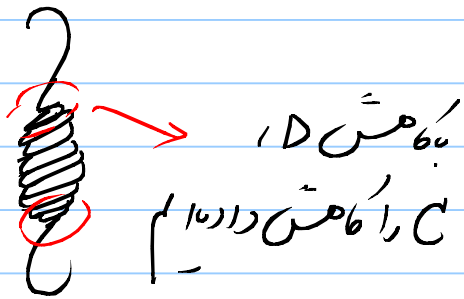
K اصلاح باشد

$$\sigma = F \left( \frac{4}{\pi d^2} + k \frac{16D}{\pi d^3} \right)$$

$$K = \frac{4c^2 - c - 1}{4c(c-1)}$$

K بر حسب C افزایش است پس با کاهش C در دوسرین، احتمال شکست

در قلابها دوسرین کاهش میابد



نیمگی نرها گسی : هاشد ترف در محاسبه شد. اگر چه قلابها دوسرین خود مانند  
 نیز یک سر دوسر واحد نیمگی دارد، که با نیمگی اصلی نرسرا است. اما چون معمولا  
 نیمگی اصلی نرسرا است، از نیمگی نرسرا قلابها مرفظرا شد

مثال

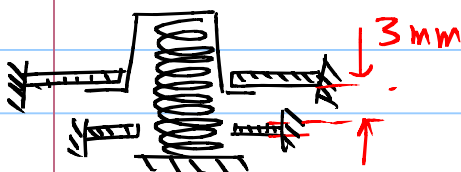
مطلوب است طراحی نرسرا در ده ها صغیر صید یک کاسیر

این نرسرا در این بار به مقدار  $F_0 = 50 \text{ grf}$

تغییرات نرسرا در این آمک در که 40٪ نرسرا در این باشد  $\Delta F = 0.4 F_0$

مقدار یابن آمک  $\Delta = 3 \text{ mm}$  و 10٪ تغییر در طول نرسرا در هر بار

سایر صید یک ربع به صغیر 8 mm است.



حل :

طراحی تیر به بعضی پدیده‌ها  $D, d, k, N_a$  و مشخص شد لازم

① حین: بدنه به طرافت طراحی و تعداد بالابر نیز در یک صفحه (از یک تیر بشکل صفحه به بعد یعنی گرم) از سه مدولین استفاده کنیم:

$$G = 82.7 \text{ GPa}$$

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \rightarrow \text{جدول } 10.4 \rightarrow A = 2211, m = 0.145$$

② قطر انداز: قطر انتقال به صورت لیور نسبت در برابر این انداز و جدول A-28 و عدد دار انتخاب باشد:

انتخاب انداز:  $C = 10$  برابر شد سخت تر

خیزد حالت قطر انتقال را در نظر بگیریم

$$d = 0.1 \text{ mm} \rightarrow \frac{D}{d} = 10 \rightarrow D = 1 \text{ mm}$$

قطر بزرگ برده در یک است بجز به کاش فرزند

$$d = 0.25 \text{ mm} \rightarrow \frac{D}{d} \leq 10 \rightarrow D = \underline{2.5 \text{ mm}}$$

$$K = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{0.4(0.05 \times 10)}{3} = 0.067 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \text{ نخی } \textcircled{3}$$

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3 N_a} \rightarrow N_a = \frac{Gd^4}{8kD^3} = 39$$

بفرض دوسرکت برابر تر  $N_t = N_a + 2 = 41$

$$l_s = N_t (0.25) = 41 (0.25) = 10.25 \text{ mm}$$

بند  $3 \text{ mm}$  کویس عیسی طول تر بیسی کز  $14 \text{ mm}$  و ضعیف کیورد در عدد

$20-25 \text{ mm}$  خواهد بود که زیاد است. برابر عیسی علقها (بناست بنداشتن منحنی) به

اندیس را زیاد کنیم (بعبادت  $D$  را زیاد کنیم)

$$C = 15 \rightarrow D = 15 (0.25) = 3.75 \text{ mm} \quad ( < 8 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} )$$

$$N_a = \frac{Gd^4}{8kD^3} = 11 \rightarrow l_s = (11 + 2) 0.25 = 3.25 \text{ mm}$$

$$l_f \rightarrow l_1 \xrightarrow{\text{طول قتر}} l_2 \rightarrow l_s$$

$$l_2 - l_s = 0.1 (3) = 0.3 \text{ mm} \rightarrow l_2 = 3.25 + 0.3 = 3.55 \text{ mm}$$

$$l_1 - l_2 = 3 \Rightarrow l_1 = 6.55 \text{ mm}$$

$$l_f - l_1 = \frac{0.05 \times 9}{0.067} = 7.46 \text{ mm} \Rightarrow l_f = 14 \text{ mm}$$

$$l_f = P N_a + 3d \Rightarrow P = \frac{14 - 3(0.25)}{11} = 1.2 \text{ mm}$$

④ تنش : بزرگتر نش

که، آن تنش را در  
که، آن تنش را در

$$\tau_{max} = K_w \frac{8FD}{\pi d^3}, \quad K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$

$$C = 15, \quad K_w = 1.09, \quad F = k(l_f - l_2) = 0.067(14 - 3.55)$$

$$\tau_{max} = 466 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{min} = K_w \frac{8(0.05 \times g)D}{\pi d^3} = 333 \text{ Mpa}$$

$$\Rightarrow \tau_a = 66.5 \text{ Mpa}, \quad \tau_m = 399.5 \text{ Mpa}$$

$$S_{su} = 0.67 S_u, \quad S_u = \frac{A}{d^m} = \frac{2211}{(0.25)^{0.145}} = 3775 \text{ Mpa}$$

$$\Rightarrow S_{su} = 2529 \text{ Mpa}$$

که، آن تنش را در

$$S_{su} = 398$$

$$S_{sm} = 534$$

$$\Rightarrow S_{se} = \frac{S_{su} S_{sa}}{S_{su} - S_{sw}} = 504.5$$

Goodman

$$\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}} = \frac{1}{n} \Rightarrow n = 3.45$$

که، آن تنش را در

است (1.2 < n < 1.4) (1.6)

در مدته جازن ممکن است فربه طول برده برده به برده کنیم در این لحظه

$$\Delta l_{\max} = l_f - l_s \quad \text{تکثیر است تا آنجا نیافتد}$$

$$= 14 - 3.25 = 10.75 \text{ mm} \rightarrow F_{\max} = k \Delta l_{\max} = 0.72 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \tau = k_w \frac{8FD}{\pi d^3} = 455 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0.45 S_u = 0.45(3775) = 1699 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow F.S. = \frac{1699}{455} = 3.7$$

$$L_f < \frac{\pi D}{\alpha} \sqrt{2 \frac{E-G}{2G+E}} \quad \text{⑤ باش}$$

$$\checkmark \quad \alpha = 0.5 \Rightarrow \frac{\pi D}{\alpha} \sqrt{2 \frac{E-G}{2G+E}} = 19.4 \text{ mm}$$

$$L_f = 14 < 19.4 \text{ mm}$$

فتره پایداری مطلق ندارد.

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{⑥ زنکس طبیعی} \quad k = 0.067 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$m = \frac{\pi d^2}{4} (\pi D N_a) \rho \quad \rho = 7600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m \approx 5 \times 10^{-2} \text{ gr}$$

$$f = 581 \text{ Hz}$$