

بسمه تعالی

**جزوه**

طراحی اجزاء ۱

**دانشگاه**

صنعتی شریف

**استاد**

دکتر بهزادی پور

## ملاحظات طراحی

۱. کار آل 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 تعمیرات
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. انعطاف پذیری

مراحل طراحی محموله  
شکل : ماشین پرست کن سب زمینی

۱. تشخیص دقیق سب و کمی سب و اندازه ها

- برداشتن لایه بر ضخامت ۳ تا ۳.۵ سانتیمتر از سطح سب زمینی

- نوع سب زمینی : پسته

- اندازه سب زمینی : قطر بزرگ بین ۵ تا ۲۰ سانتیمتر

۲. طرح ایده - راه عمل

- طرح راه عملها بر روی دفتر گرس ملاحظه طراحی

- استفاده از ابزارهای تعدیل کننده ایده پردازش مانند طرد زنی

\* سب زمینی چرخان + تیغه ثابت

\* سب زمینی ثابت + تیغه متحرک

\* سب زمینی چرخان + تاس با تیغه زیر

ح \* سب زمینی متحرک + سطح زیر ثابت



طرح ساخته شده دید اول

\* برای ایده های دیگر به تصویر

بیدیت مراجعه کنید

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

شکل: در پیاده سازی در فیدهای بیدیت از ایده شماره ۱

۴. مغز با لری طرحها: حذف طرحها که بزرگتر به ملاحظات طراحی فضا هستند

- انتخاب ملاحظات: کارایی، هزینه اولیه، سادگی، اندازه و حجم

- انتخاب وزن کوچک از ملاحظات (بصایرها)

ردش برای مرتب کردن بصایرها

کارایی	هزینه	اندازه	سادگی
۱	۱	۵	۱
۵	۱	۵	۵
۱	۱	۱	۱
۵	۱	۵	۱

بزرگ اهمیت ← ۲ ۳ ۱ ۳

آن‌ها را معیار را طرح می‌کنند تا تعیین کنند

مقایسه طرحها

دو طرح مختلف را در ع

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

۵. مدل زک : این مدل در بعضی از طرح به مقدار تعیین پارامترهای دستگیر طرح

مدل تحسین

مدل عددی

مدل تجربی

۶. حوام جزئی → در این مدل انجام می‌دهند

۷. نمونه سازی

۸. مونتاژ، تست و اصلاح سازی

۹. ارزیابی نهایی (بر اساس نتایج مرحله ۱)

۱۰. ارائه طرح دست سازگی

تخمین و تقریب هندسی

\* تخمین شده به اندازه قابل ملاحظه

\* با این مکانیزمها که نسبت عدد گتین را می سازند

در مقدار انرژی مورد نیاز از سطح یک لیتر بنزین

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

- نیروی مقادلت هوا  $10 \text{ hp}$

- اصطکاک  $20\%$

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

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

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

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

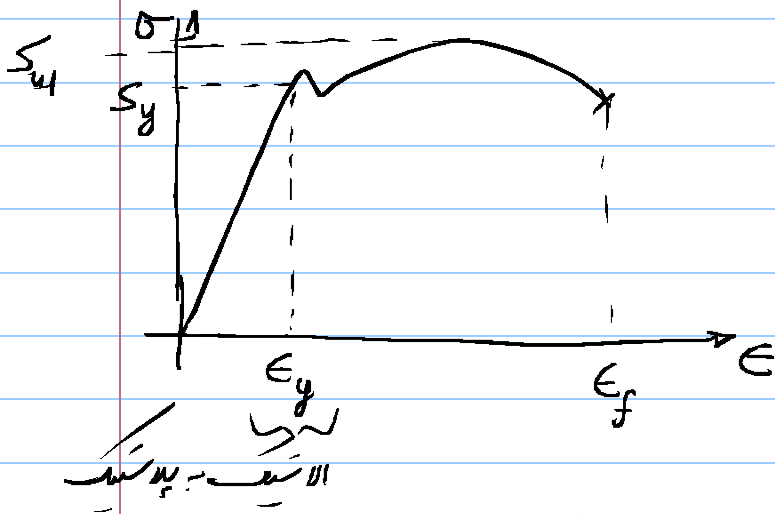
جواب (صیقل)  $32.5 \text{ MJ}$  (  $32\%$  )

برای هیدروژن تابع  $E = 11.4 \frac{MJ}{kg}$

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

خواص اصلی مواد:

مواد فشر  $\rightarrow$  سبک کردن در دانه‌ها و اتصال دانه‌ها به هم، بنزدک‌های ضعیفتر



چسبندگی:

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

$\epsilon_f > 5\%$   $\rightarrow$  چسبندگی

نمونه (لعبه سنگ درشت است برابر تخمین استقامت لعبه سنگ فشر خرد)

$HB = \frac{F}{A}$  (لنز معکوس)  $A = \text{مساحت}$

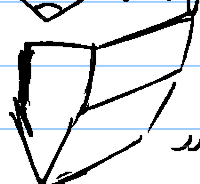
۱. برنیل

A ۱۲۵ ۶۰ kgf

B ball ۱/۱۶ ۱۰۰ kgf

C ۱۲۵ ۱۵۰ kgf

۲. راکول  $\leftarrow$



۳. ویکرز: سبک برنیل است

بجای سایه نزدیک محاسبه لوله‌ها شکل استقامت دارند

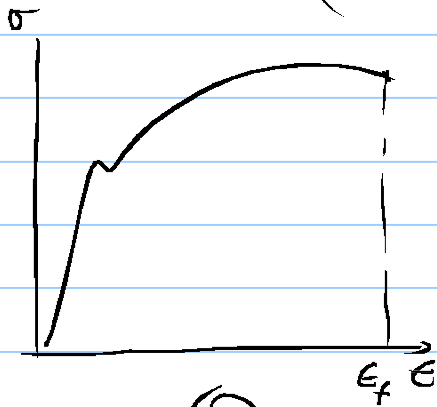


برابر فولادها، در رابطه تجربی زیر بین HB و  $S_{ut}$  برقرار است

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

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

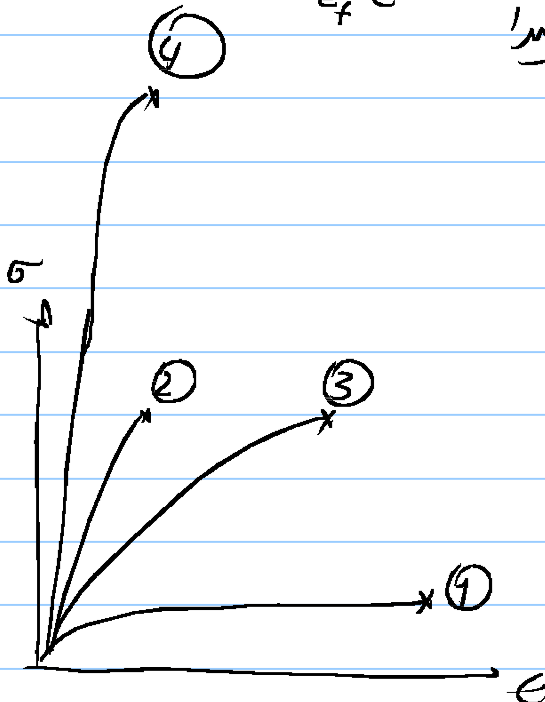
چگونگی مقادیر در مقابل سفتی ترک (تحمل ضربه)



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

(ارزش در واحد حجم)

برابر مقادیر مدار به لحاظ تحمل ضربه مقادیر است



۱. چگن خرد - استحکام پائین

چگونگی پائین

۲. ترد، چگونگی پائین

۳. استحکام در حد ۲ تا

۴. چگن خرد با لایه ترد چگونگی

۵. استحکام بالا، چگن خرد کم، چگونگی نسبتاً بالا

مثال :

سپر سائمنٹ سے زبردستی ہم اسے پتھر سے پتھر بنا لیا

وہج سے تعمیر تمام پلاسٹک اور سفت شدہ ہج ہم اسے بنا لیا

عملیات سوراخی

بنظر

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

Annealing - آئینه کردن

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

در اثر این عمل دانه‌ها حویت کرده و نابجایها حاصل می‌شود و در نتیجه این عمل امکان کار سرد صمدی فراهم می‌شود. همچنین باعث حذف تنشهای پسماند می‌شود

Tempering

سبب آئینه کردن است اما در دماهای پایین‌تر تا حدود 200°C عملیات تنشهای پسماند را حذف می‌کند اما کاهش سختی و بازگرداندن یکسختی جزایی بسیار محدود اتفاق می‌افتد

Quenching

عبادت است از سرد کردن تا ابله در دمای بحرانی سرد کردن تا 400 درجه در این ترتیب سطح فولاد سخت شده و استحکامش آن نیز افزایش می‌یابد  
\* باعث ایجاد تنشهای پسماند بین لایه‌ها شده که منجر است باعث پدیده شکن فولاد شده

لاختگی کردن تا 400 با دوش آب افزودن در آب یا روغن در حال با سرد کردن در هوا حاصل می‌شود

## Case Hardening: سخت سازی سطح بدون آلیاژ شدن پسماند

مثال: Carburizing فروردادن فولاد دیگره به همراه پودر کربن که باعث دفعیور شدن کربن در سطح فولاد شده و سختی آن را افزایش میده

### مواد مهندسی در طراحی:

چدن: Cast iron سنده، فاکتوری درجه، رتبه به میزان کربن

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

دانه‌ها اسبج که کربن و اضافت کربن در فرزدانه‌ها رسوب کرده که به صورت ترک عمل کرده باعث افت استحکام کششی می‌شود

\* اضافت کربن نیز هم باعث افزایش چسبندگی می‌شود

\* در چدن کربن اضافت در دانه‌ها باعث ایجاد خاصیت دینیل شده فولاد از چدن در ساخت پایه ماشین آلات استفاده می‌شود

### فولاد:

فولادهای ساختمانی:

$E_f$  بلا چسبندگی، استحکام معمولاً در حدود 350 - 600 MPa

در استاندارد DIN به St یک عدد در قوس آن داده می‌شود

St 37 → 0.37% کربن →  $S_{ut} = 370 \text{ MPa}$  → ( $S_y = 210 \text{ MPa}$ )

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

گسترده‌ای دارد

\* ماشین‌کاری آن ساده است

\* چون برآیند کوئینج نمی‌شود در حوض کار بسیار شستنی نخواهد بود

فولادهای آلیاژی :

استحکام آنها 450 - 1000 Mpa

Ductility ↑  
Toughness ↑  
critical temperature ↑  
Wear resistance ↑

۱. گرم

Strength ↑ (Sy, Su)  
Ductility

۲. سفت

\* معمولاً همراه با گرم بهار می‌دهد

۳. سفتتر : برای خارج کردن لوله از فولاد به جهت کاهش استحکام خواهد بود

باعث ایجاد نیروی عمیق و حرکت کار می‌شود

Hysteresis ↓  
Magnetic permeability ↑  
Ductility ↓

۴. سلیس

در ماشینها کمتر می‌مانند حتی ترانسفورماتورها و موتورهای  
الکتریکی کاربرد دارند

۵. مدولین او انادیم و نیتروژن

در دمای جریانی ↑ جهت کاربرد در دماهای بالا (انزلی)  
تنگین باعث افزایش چقرمی نیز می‌شود



حلبه پنجم

انواع آلودگی

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

در هفت سری تولید شده با ابعاد چهار رقیب شکل داده شده

۱. سری 1000 : نرم، قابلیت انتقال حرارت و جریان آئرلیته - کاربرد در کابینای آلومینیومی، بدنه‌های هوا

۲. سری 2000 : آلیاژ آلومینیم، با کارکرد استخوانی در حد فولاد پیدا می‌کنند.

قابلیت خوب برای ماشینکاری (بسیار کاربرد در صادرات ماشین سازی)

۳. سری 3000 : آلیاژ آلومینیم، کارکنی، استحکام متوسط، مقاوم در مقابل خوردگی، قابلیت جوشکاری - کاربرد در ورق سازی، ظروف آبمیوه‌خانه

۴. سری 4000 : آلیاژ آلومینیم، استحکام متوسط، قابلیت لحیم، قابلیت

انجام عملیات حرارتی، قابلیت جریان یابی خوب در فرآیندهای تغییر شکل.

شکل پذیر در فرآیندها

۵. سری 5000 : آلیاژ آلومینیم، مقاوم در خوردگی، مقاوم در دماهای بسیار پایین

جوش پذیر - کاربرد در ساخت بدنه کشتی، کنتینرهای حمل بار

۶. سری 6000 : آلیاژ آلومینیم، استحکام بالا، مقاومت در برابر خوردگی

قابلیت تغییر شکل خوب در اکثر شدن، مقاوم در خوردگی، کاربرد در ساخت

پرندک‌های آلومینیومی

۷. سری 7000 : آبیاز، تلخ (گنجهات غنی سبزی 2000)  
 کاربرد در صنعت هوافضا

\* برای توصیفات بیشتر، جزوه مربوط به CW درجعه باشد \*

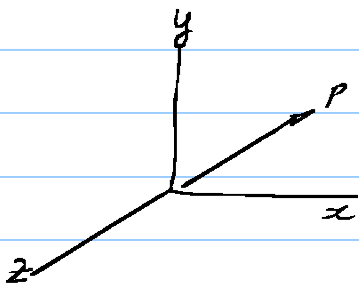
بازگردانی (سرد)

تنش یک کمیت تیزی است که زبان ریاضی آن را به یک تانسور  $2^2$  در نظر

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

آنرا با مولفه های تنش در صفحات اصلی در جهات اصلی این دستگاه گنجهات

در



بردار تیزی  $\vec{P}$  را می توان  
 آن را با مولفه های آن در دستگاه  
 گنجهات نشان داد

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

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

با تغییر جهات دستگاه گنجهات  $(x', y', z')$  مولفه های  $P_x, P_y, P_z$  در این سیستم

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 تیزی در اینم)



$T \hat{e}_i$  مقدار تنش که مربوط به صفحه  $i$  در برده و در امتداد  $i$  است

مثلاً  $T_{xz} = \hat{e}_z \cdot T \hat{e}_x$  مولفه تنش در صفحه  $xz$  در امتداد  $x$  است

مقدار  $T_{ij}$  است. به این ترتیب در این دستگاه مختصات همانند آن تنش  $T$  را با مولفه‌های

آن نشان دادیم

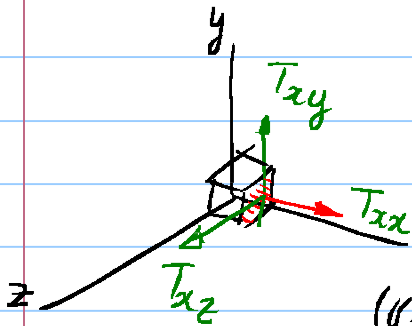
$$T = \begin{bmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

دارد. دستگاه مختصات تغییر کند طبق تبدیل  $R$  (یعنی  $R$ ) این تبدیل در

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

\* تنش یک سیت ناندول است

\* برای یک دستگاه گویا کارتنی XYZ را در نظر بگیرید که در یک جهت دیگر



در کارتنی نورد

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

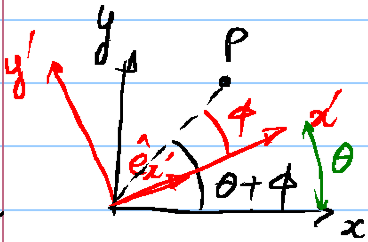
و به دور دستگاه گویا اگر چه T تغییر نکند (سیت ناندول)

اما مولدها که آن در دستگاه جدید تفاوت می‌کنند

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

تنش منفرجه

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



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

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

\* با دقت در میان بردار P در دستگاه x'y' و x, y, z و x', y', z' در یک جهت است

بردار را به اندازه theta در جهت CW دوران دادند.

پس اگر قرار باشد theta مثبت در جهت CW باشد باید در ماتریس R

$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$  (ماتریس دوران استاندارد)  $\theta$  درجه CCW  
 (همچنین  $R$  بیان بردار  $P$  را از دستگاه  $xy$  به دستگاه  $x'y'$  تبدیل می‌کند)

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

استفاده از همین تبدیل ماتریس بین تنش‌ها را نیز تغییر داد.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\sigma_1$  : یہ ماگزیمم ( $\sigma_2$ ) کی مقدار ہے (یعنی  $\sigma_1$ ) کی مقدار ہے  $\tau = 0$

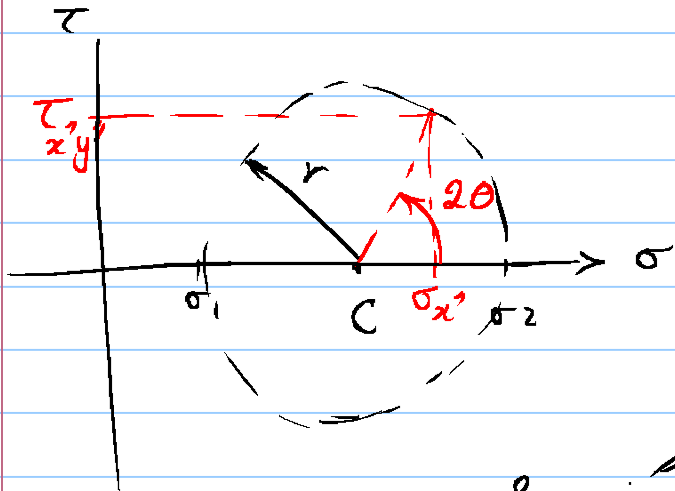
\* سؤال :  $\tau$  کی ماگزیمم کی مقدار؟

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

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

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

مگر ان دو رابطوں کو ملا کر ہم  $\begin{bmatrix} \sigma_{x'} \\ \tau_{x'y'} \end{bmatrix}$  کی مقدار کی ایک دایہ بنا سکتے ہیں اور اس دایہ کی مرکز اور شعاع ان  $\sigma$  اور  $\tau$  کی مقدار کی نشاندہی کرتے ہیں



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

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

یہ دایہ اصل دایہ کی مرکز نشاندہی کرتا ہے

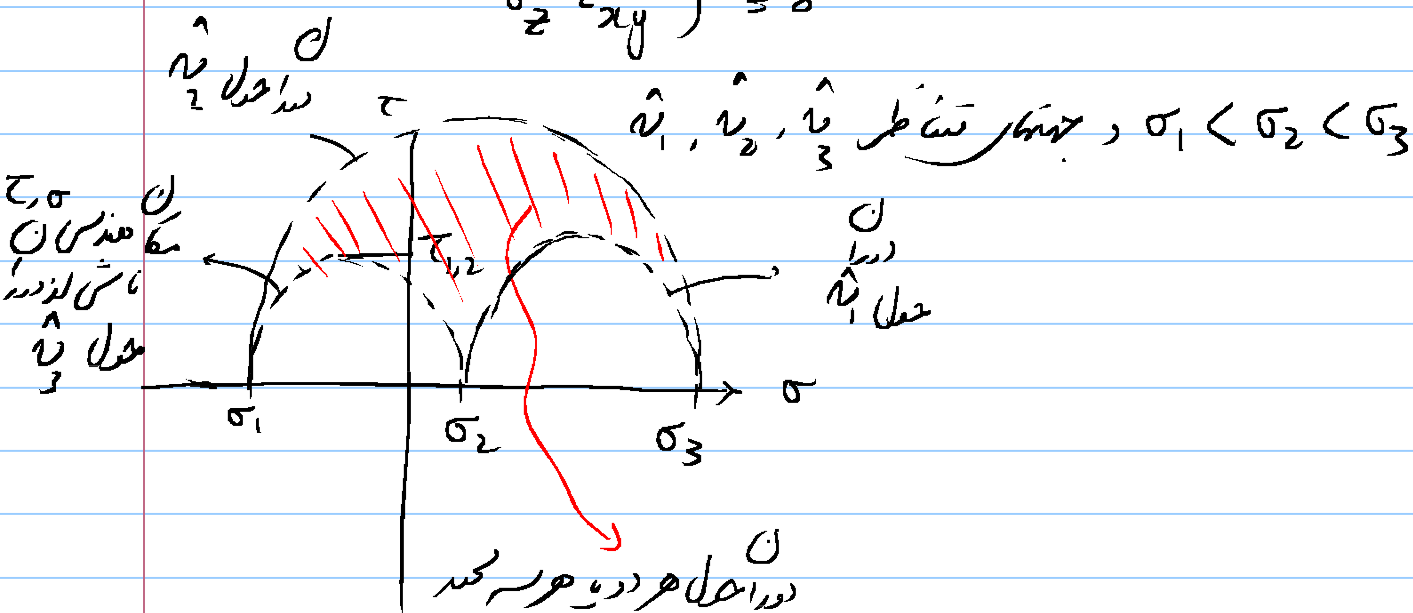
پس اگر تنش  $\sigma_x$  در اندازه  $\tau_{xy}$  برش باشد  $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$  قابل کاسه و زردی  
 دایره اینها نیز مشخص باشد

\* فرکانس دار علامت بار  $\tau$  : اگر تنش برش  $\tau$  بخوابد  $\sigma$  را CW بچرخاند،  $\tau$  را مثبت  
 یعنی بالای محور  $\sigma$  در نظر بگیریم

در تنشها سه بعدی و در دو بعدی آمدن تنشها (فایرکمها) در دایره محور  $\sigma$  صورت میگیرد

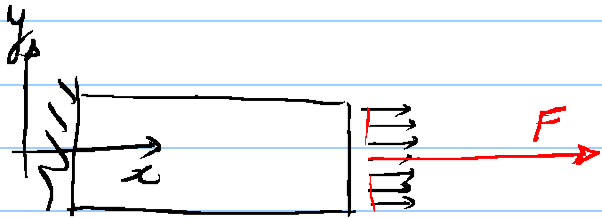
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  از حل معادله زیر بدست میآیند

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



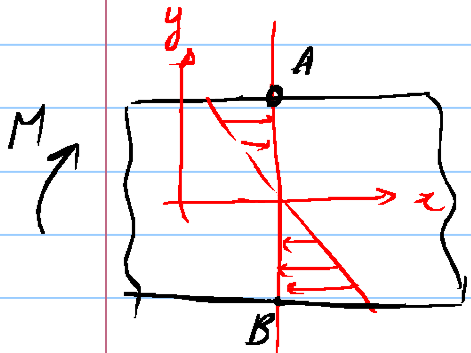
رود بار دوار در گنبد

اشتباه است



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

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

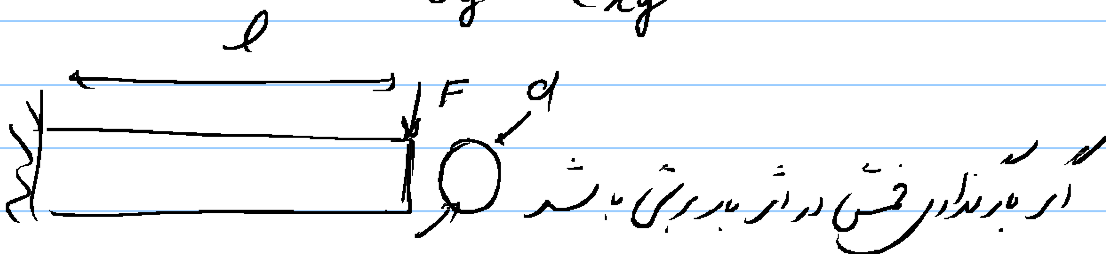


۲. تنش - کشش در تیر ادر - بریز

جزایرین نقطه A و B است در این

نقاط  $\sigma_x = -\frac{My}{I}$

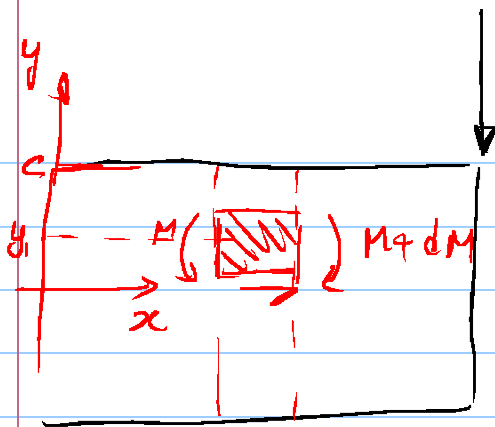
$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$



سدال این است که چه مدفع اثر تنش کشش بر آن است و چه موقع اثر برش

عمولاً برش کشش بر آن است  $\rightarrow \frac{l}{d} < 10$

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



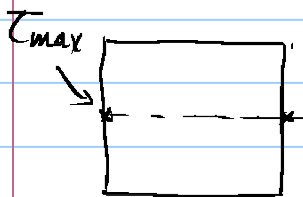
۳۰. بزرگترین برش

( \* بزرگترین اثر بخش نیز در وسط حدادها

عاب دارند ← ۵ )

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

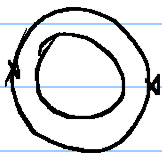
طریقی  $Q = \int_{y_1}^c y dA$  ،  $I$  ،  $b$  سیم



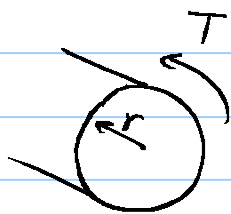
$$\rightarrow \tau_{max} = \frac{3}{2} \frac{V}{A}$$



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



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



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

J طریقی

همین :

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J}$$

کسر سطح دایره دایره باشد

تعیین مقطع مجزا ، انتخاب مجزا جهت مجرأ که بهای آن را می توانیم

تلف به روابط بزرگاری مختلف  
استفاد از جمع آثار

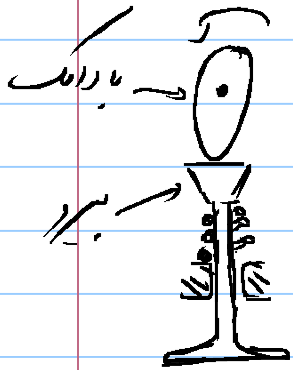




## بارندگی تاس (نرمال بارگذاری)

- در اثر تاس در صدمه جلد تغییر شکل پذیر حاصل می‌شود
- معمولاً چون سطح تاس کوچک است مماندرتس تاس بزرگ خواهد بود

شکل : تاس چرخ باریک



- تاس درزانه‌های چرخ دنده

- تاس باریک در بزرگ

- تاس باریک در بزرگ در بزرگ

- اهمیت اثر تخریب
۱. ترک crack
  ۲. تغییر فرم Pit
  ۳. پودر شدن flake

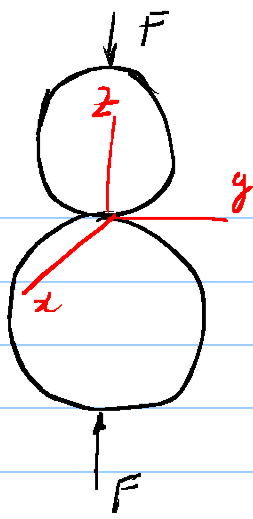
## تئوری هرتز

تاس درگ : سطح تئوریک تاس باریک نقطه باشد (به فرض جلد بود در صورت)

اما در عمل این سطح تبدیل به یک دایره با شعاع  $a$  می‌شود

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

$F$  : نیروی تاس



اگر یکی از دو کره اصغر باشد  $d = 0$

تشریحی اصل در وسط دایره تماس در محورین است

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

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

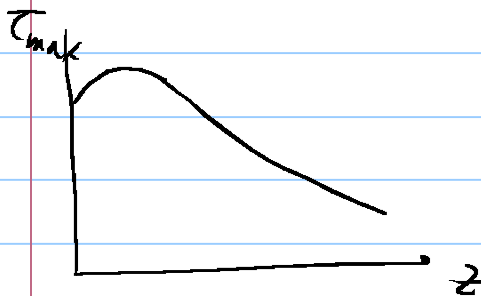
$$P_{max} = \frac{3F}{2\pi a^2}$$

تشریحی اصل زینا در نقطه تماس بیشتر هستند

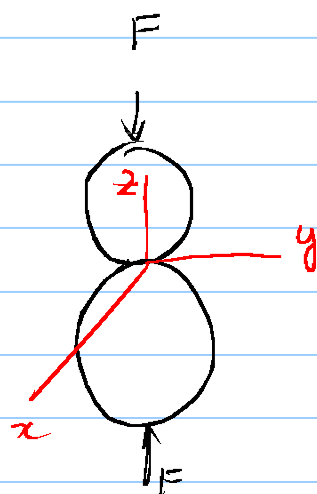
اما اگر  $r_{max}$  را در حد بی نهایت در نظر بگیریم با فاصله اندک از سطح تماس (ردی که در 2)

تدریجاً میرود. این تنش باعث ایجاد ترکهای مدیانی زیر سطح شده و در اثر تدریج

آنها پدید آمدن سطح انتقالی شده



تماس دایره استوانه



سطح تماس

سطح انتقالی عرض

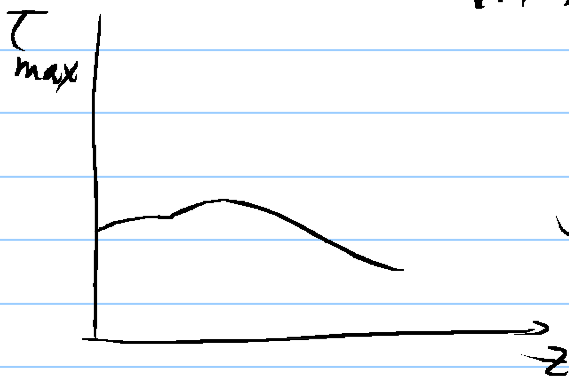
2b , طول l

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

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

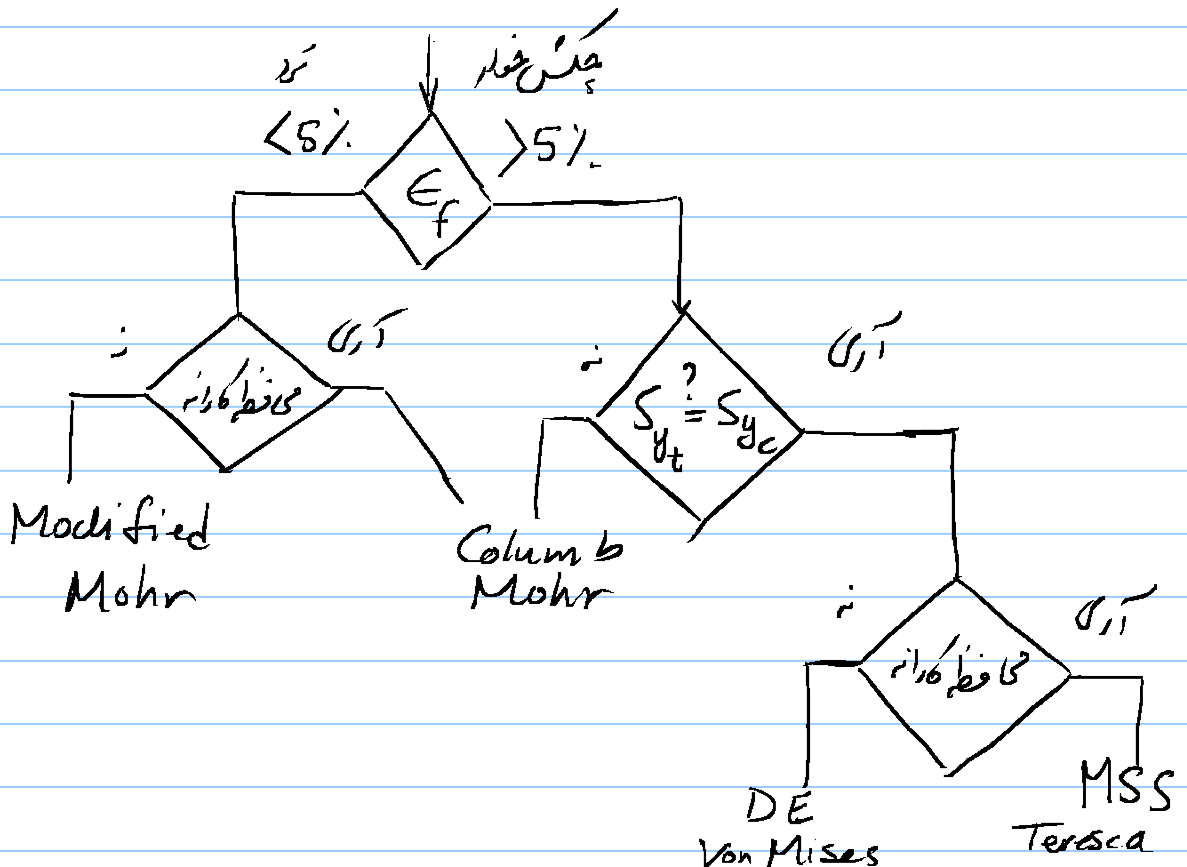
$$\sigma_2 = \sigma_y = -P_{max} \left( \frac{1 + 2\frac{z^2}{b^2}}{\sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}}} - 2\left| \frac{z}{b} \right| \right)$$

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

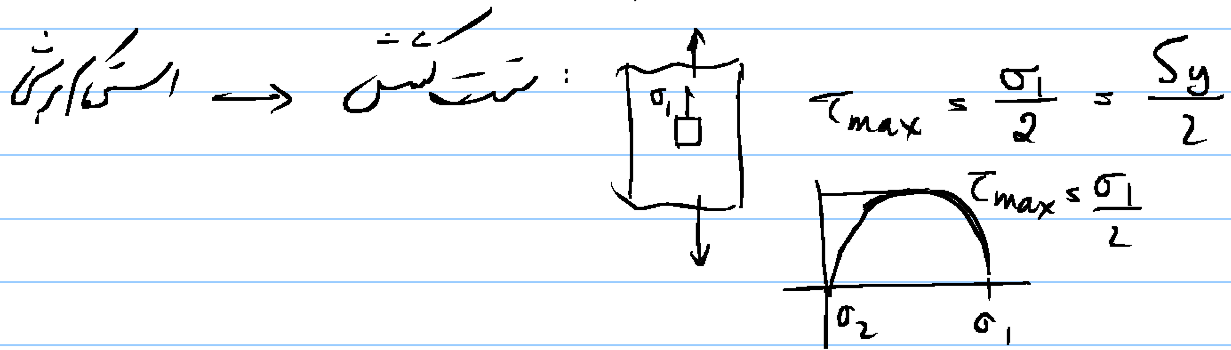


در حدود تنش برشی مازای کم در نقاط  
در سطح ماکس - مقدار بیشینه کاربرد

تئوری الاستیسیته - استاتیکی



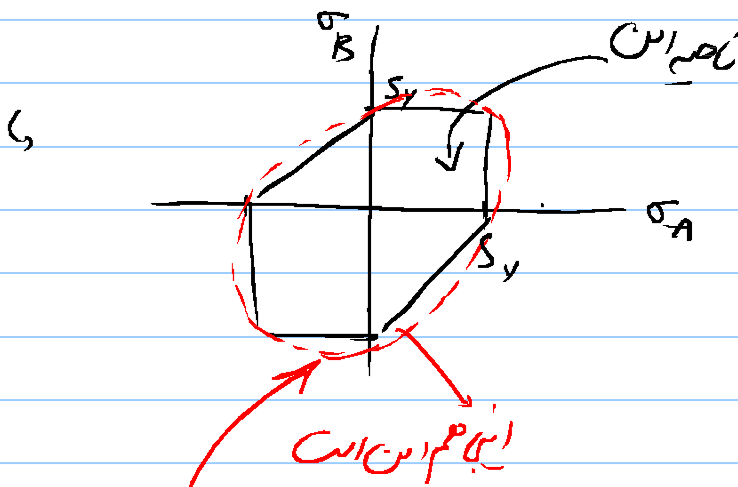
Tresca : نسبت دایره عبور  $\tau_{max}$  لذا استیکار بیش اتفاقاً باشد



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

نسبت اتفاقاً نمی‌باشد

در حالت تنش صفحه‌ای در یک ماده انیستروپیک  $\rightarrow$  تنش‌ها  $\sigma_A, \sigma_B$



تئوری انرژي - Von Mises

نتیجه نتایج نشان داده که اطراف ناحیه ترکیبی این است

این 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 (  $\sigma_3 = 0$  )  $\rightarrow$

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

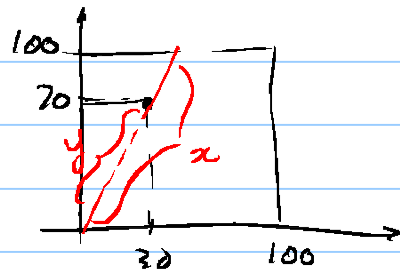
$$= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq S_y \quad \text{نصف این}$$

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

۱۵ بار تنش زیر ضرب المینک را به دست آوریم

$$\sigma_1 = 30 \text{ kpsi}, \quad \sigma_2 = 70, \quad \sigma_3 = 50$$

Teresca :



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

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

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

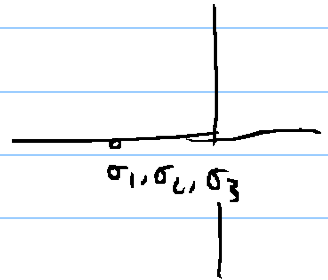
(b)

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

\* طبق تدوین DE، MSS، تنش هیدرواستاتیک هر یک به تنهایی نمی توانند

\* در تنش هیدرواستاتیک فشار، تغییراتی که  $S_y > \sigma_H$  را باعث نسبی شدن

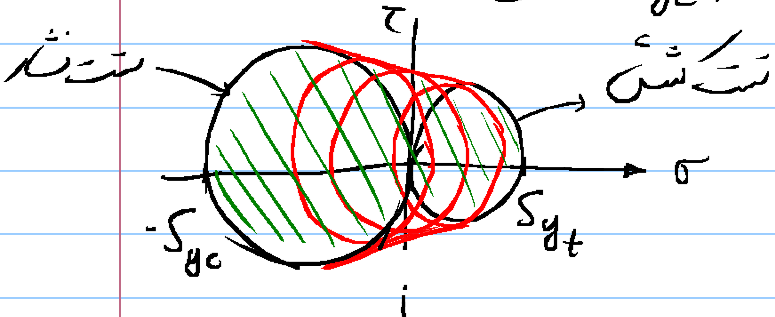
در نظر می گیرند

\* از آنجا که این بار تنش هیدرواستاتیک تنش تقریباً غیر ممکن است، تدوین در این مورد

دو مورد ندارد

تدوین کولب مد

\* در حالتی که  $E_f > E_t$ ،  $S_{yc} \neq S_{yt}$  از این تدوین استفاده می شود

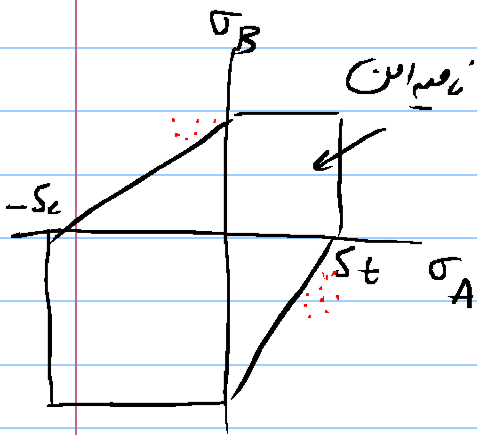


\* راجع به ضمیمه ها در جلسه

طبق این تدوین این است

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

آنها را خط راست فرض می‌کنیم



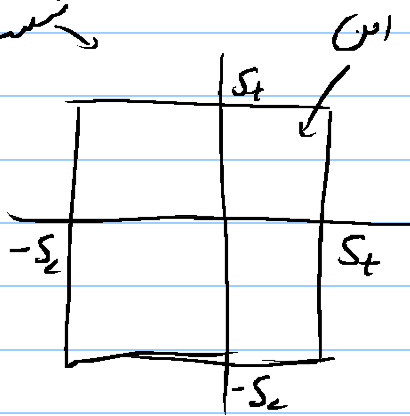
$$1. \sigma_A > \sigma_B > 0 \rightarrow n = \frac{S_t}{\sigma_A}$$

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

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

نمودار نسبت در موارد

نسبت



۱. نمودر تنش نرمال با زخم

بدلیل دیدن این نمودر خطی خوشبختانه بوده

لذا آن کم استفا ده می‌شود

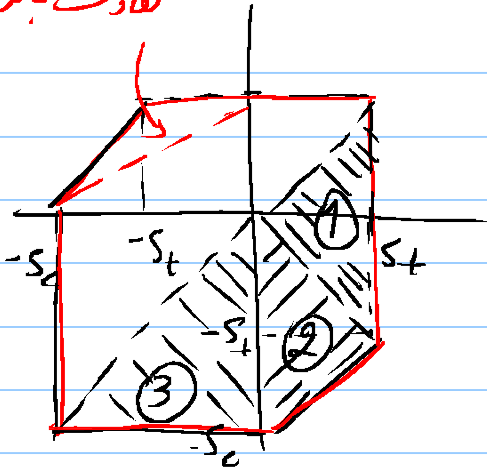
\* لذا آن برابر تعیین مایع نسبت استفا ده شد و در مایع این دقتی نیست

۲. نمودر کولمب - مدر

\* برای موارد تنش بی‌نی محافظه کارانه از مایع این استفاده کنند

(در رابطه غنی مانند حالت بالا برابر مدار چکش خود)

تفاوت با کولب مدار



۳. نمودر کولب - مدار تغییر یافته  
 \* برای آن مدارها هر چیزی که نشان شده  
 نشان آن مدار شده نیز جدا می آید  
 باشد

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.  $0 > \sigma_A > \sigma_B$

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

نتیجه

\* اثر خستگی عبارت است از شکست مدار در بارندگیهای تکراری با بارها کمتر از

حد استقامت ماده

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

اجزای سیر که در ماده وجود دارد اما به صورت آهسته آهسته اثر آنها در فشار تکرار و بار دیده

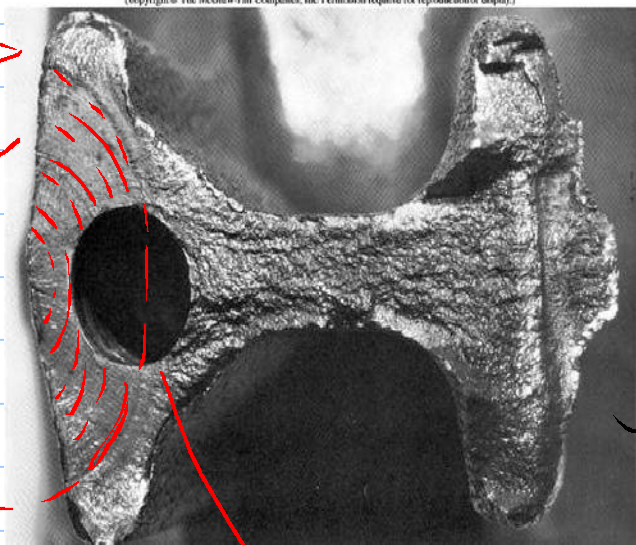


نمائند - تکرار بارندگی منجر به ایجاد و رشد ترک در این نواحی شده و نهایتاً

بابت شکست ناگهانی ماده می آید

خس: ( ایجاد ترکهای مکرر در شانهها در اثر هموار بارندگی )

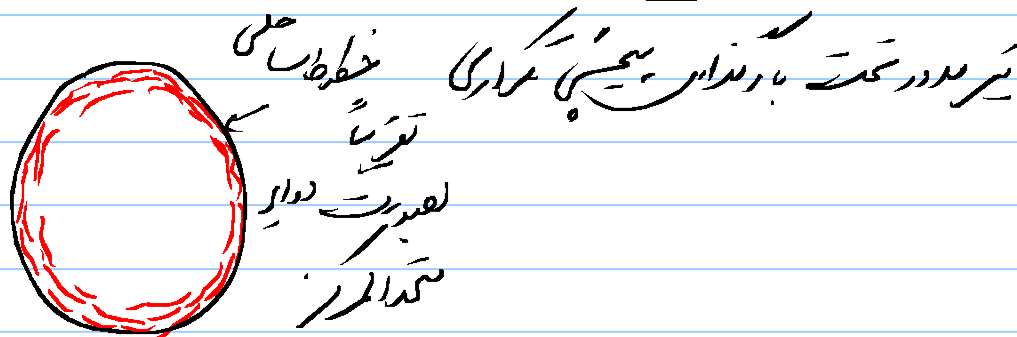
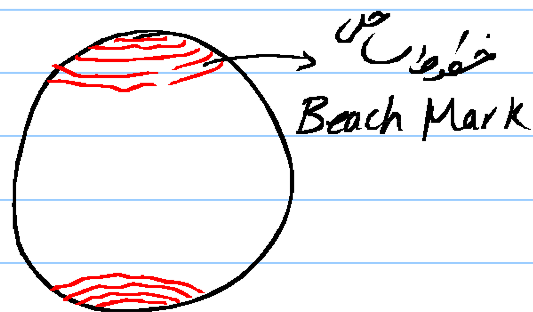
فرآیند شکست خس  
به صورت تدریجی  
در اثر هموار بارندگی  
اتفاق افتاده  
است



مقطع تیر در اثر بارندگی  
گردش شده است

شال از یک مقطع دایره تخت بارندگی  
خس در طرف

وقتی مقطع به این ناحیه می رسد شکست اتفاق می افتد  
اتفاق می افتد



خس شدن مدار هندسی عمدتاً برای آن در شهر مطالعه تجربی صورت میگیرد. در این مطالعه  
بدینال هندسی هستیم بنام استیگم خس که منشأ آن تحمل نداشتن بار است. آن بار در  
یک مدار معین سیکل بارندگی را در شرایط کنترل شده به دست می آید.

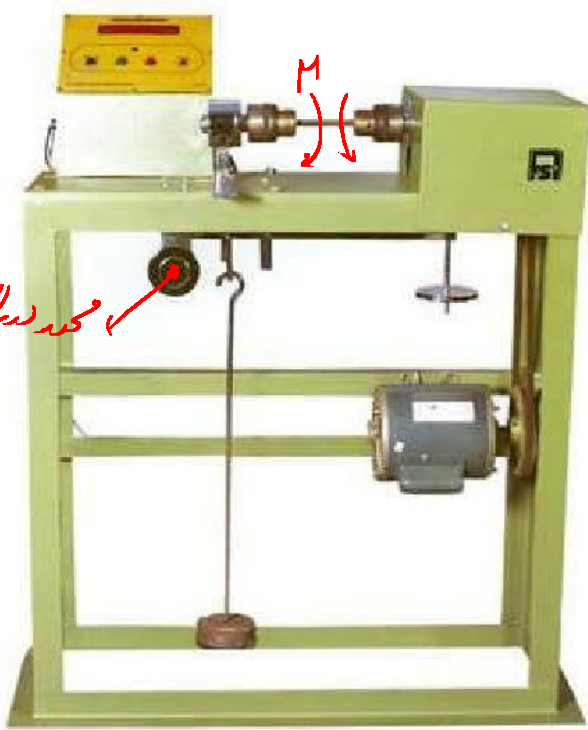
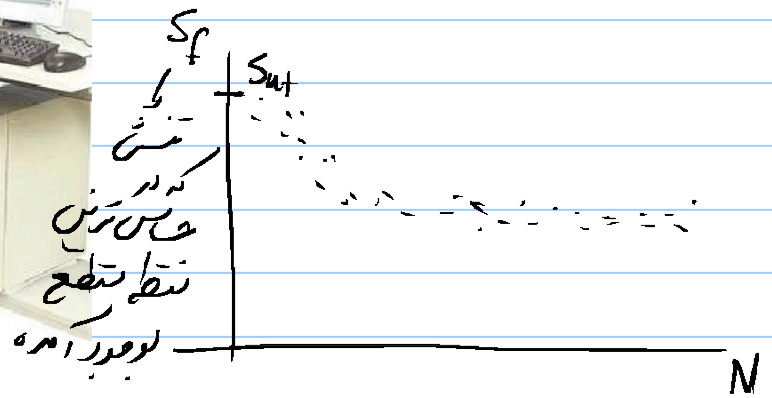


دستگاه تست هستن MTS

که در آن قطعه استاندارد

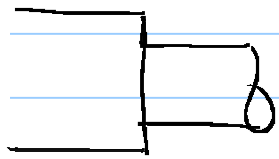
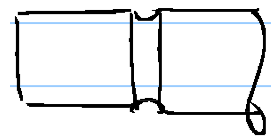
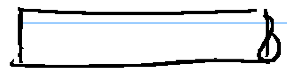
تحت بارندگی کششی قرار میگیرد

تا ببرد



که در آن به نقاط حساس

قطعه استاندارد



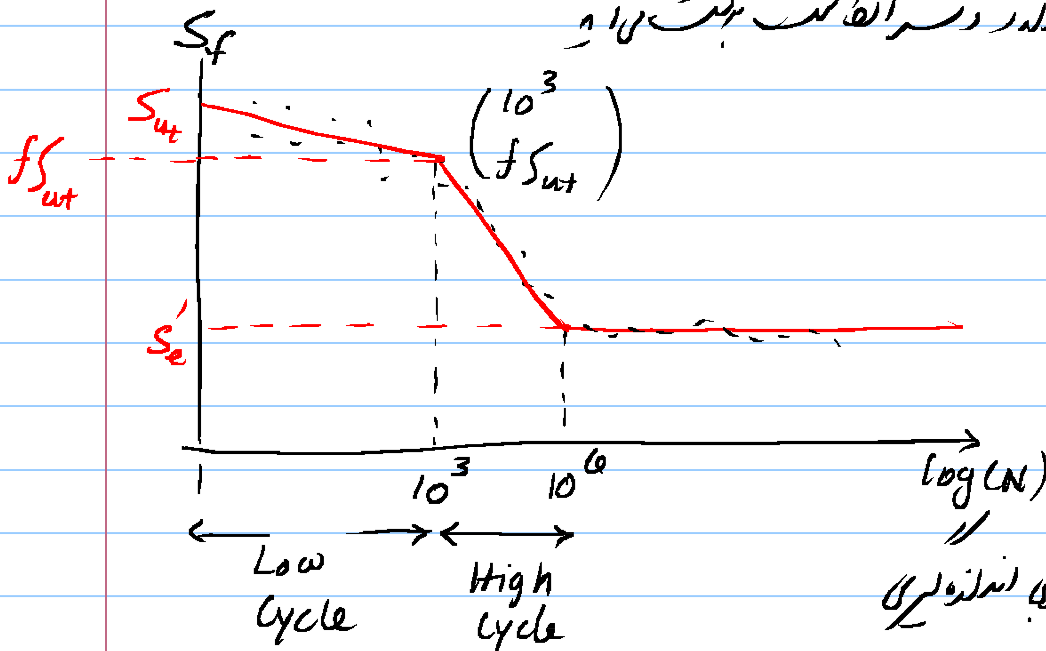
قطعه تحت بار کششی ثابت قرار میگیرد

و در آن کنترل می شود. چرخش نکرد باعث ایجاد بارندگی در آن به صورت نسبی می شود



با یکبار کشش تعیین میگردد  
 دو بار نظام این دسته هم تکرار  
 کشش هارمونیک (کش)  
 به قطع اعمال نموده

برای این اطلاعات جهت آموختن از تستهای فوق الذکر باید بدانیم که این تستها از تستهای دیگر چه تفاوتی دارند  
 تفاوت استاندارد در شرایط تست است



$S_e'$ : استقامت محدود  
 اثر خستگی بر این تستها  
 کمتر از  $S_e'$  تاثیرات  
 $S_e$  عموماً تعداد تستهای انجام داده  
 باشد

در مورد فولادها دیده شده که تغییرات آن به نوبت در رابطه تجربی زیر به دست می آید قابل گفتن است

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

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

$f$  : ضریب استقامت (خستگی) در  $10^3$  سیکل  $0.6 < f < 0.9$

SAE رابطه تجربی زیر را برای تعیین  $f$  در فولاد کربن می‌دهد

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

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

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

اگر اطلاعات فنی  $S_F - N$  در دسترس  $\log - \log$  رسم شود بسیار، خط بیست  
 می آید (مطابق شکل حیدر قبلی) و لذا می توان این منحنی را به یک این بسیار خط مدل نمود

Low cycle Fatigue : خاصیت دراز  $(1, S_{ut})$  ،  $(10^3, f S_{ut})$  می باشد

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

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

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

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

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

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

High Cycle Fatigue

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

$$S_f = a N^b$$

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

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

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

سؤال: برای فولاد آسترل با استقامت کششی  $S_{ut} = 780 \text{ MPa}$  این استقامت در یک چقرمات،

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

ب. عمر چقرمات با بارندگی  $\sigma_a = 300 \text{ MPa}$  چقدر است؟

$$\sigma_a < S_e' \rightarrow N \geq 10^6 \text{ چقرمات}$$

ج. عمر چقرمات با بارندگی  $\sigma_a = 480 \text{ MPa}$  چقدر است؟

ابتدا استقامت در  $10^3$  چقرمات را بدیم

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## تعریف استقامت

که در آزمایش استقامت در تحت شرایط خاص آزمایشی، بر روی خاص، شکل قطعه

خاص تعیین در ... انجام شود. در عمل با تغییر در این پارامترها استقامت در

به  $S_e$  تغییر کند که در رابطه تجربی زیر بیان می شود

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

که تمام ضرایب فوق در جداول مسدود می باشند



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

درا و برابر حالات دیگر از تعداد تجربی زیر استفاده کنند

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

ضرایب  $a$ ,  $b$  از جدول

6-2 کتاب

$K_b$  : ضریب اندازه : با تغییر اندازه قطع استقامت حدوداً تغییر می‌یابد

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

در صورتی که تقاطع غیر دایره‌ای باشد یک قطر معادل مناسب باشد. برابر این مقدار

اندازه‌ای است ناحیه از تقاطع دایره‌ای که  $K_{max} 0.95$  بیشتر را تحمل کنند

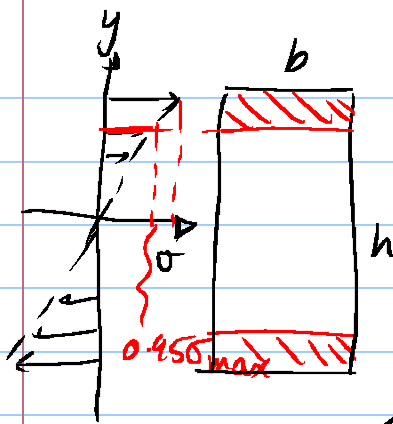
برای هر آیدم. این ناحیه حدوداً نوار خارجی سطح مقطع است

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

در هر نقطه به شکل تقاطع غیر دایره‌ای  $A_{0.95}$  آن ناحیه مناسب برده شود

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

برای  $d$  حل کرد



مثال: مقطع مستطیل تحت بار فشاری نوسانی

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

تین لایه درت خطی از  $h/2$  تا  $h/2$  تغییر می کنند

بین  $0.950_{max}$  و  $0.95 \frac{h}{2}$  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 محدودیت 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 مقطع است که محدودیت را عوض می کنند

$$K_d = \frac{S_T \rightarrow \text{است که در دما سرد تر است}}{S_{RT} \rightarrow \text{دما در حالت استاندارد}}$$

مورد 4-6

$K_e$  : اعتمادپذیری : از آنجا که بعد از تجربه با معیار بدست آمده  
 به این ضریب می‌توانیم 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، پدیده‌های سطح، اثرات اصطکاک و...)

اثر تمرکز تنش در حین

این اثر را می‌توان بعد از ضریب در بار نگار می‌بیند که حاصل استقامت حد دریا را  
 بر این ضریب تقسیم می‌کنند

\* اثر تمرکز تنش در حین بعد از ضریب  $K_f$  و  $K_{fs}$  بیان شده است  
 تابع  $K_t$  و  $K_{ts}$  (ضرایب تمرکز در بارندگی استاتیکی) هستند  
 مقادیر متفاوتی دارند

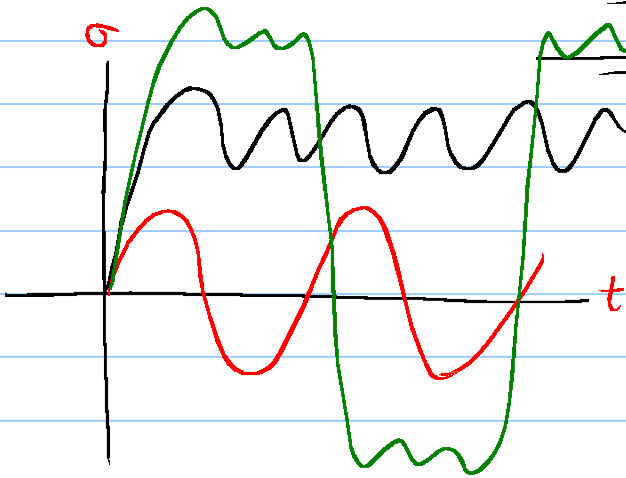
$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad , \quad K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

$K_t, K_{ts}$  از جدول A.15

$q$  ,  $q_s$  حالت به ترک ناپدید می‌شوند و برای آن  $S_{ut}$  مطابق جدول

20-6، 2-6 کتاب محاسبه الاستون

ترکیب بارهای استاتیکی و دینامیکی



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

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

$\sigma_m$  : تنش متوسط یا استاتیکی

$\sigma_a$  : دامنه تنش یا دامنه تغییرات

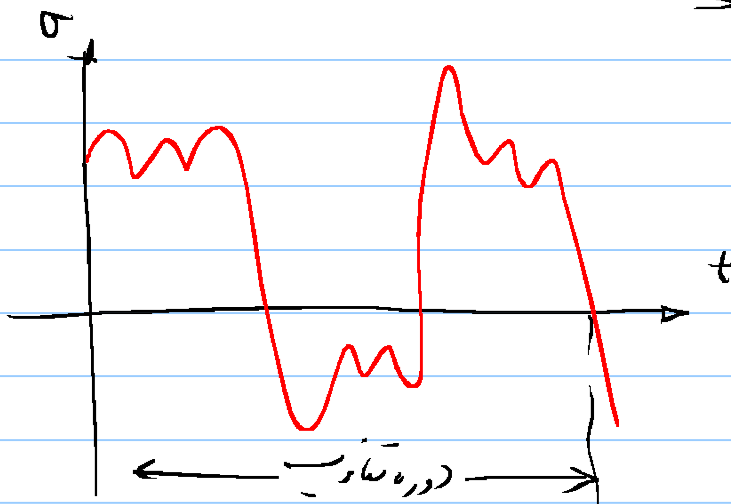
## تحلیل تنش در شرایط دینامی

باید به خاطر داشت که اصداعات تنش در شرایط دینامی در آزمایش به مدت هر آه در حالت بارزدن و دفعی اصطلاحاً زیر بار انجام گیرد.

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

۲. ترکیب نوع بار (ضربه و محوری)

۳. مجموع آثار تنش در دوره‌های دربارن



ترکیب بار ثابت و دینامی

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

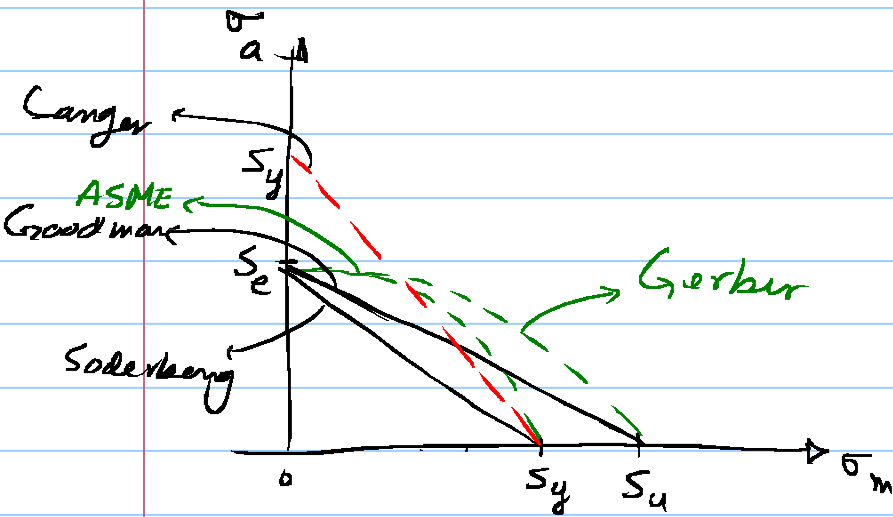
$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right|$$

$\sigma_m$  : تنش متوسط

$\sigma_a$  : دامنه تنش

# نظریه‌های شکست تحت بار چرخشی خاز

این نظریه‌ها در صورتی که در محضره  $\sigma_m \neq 0$  ناحیه این بار بردار را تعیین نمایند



Soderberg :  $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$  می‌نظر بارانه‌ترین نظریه

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

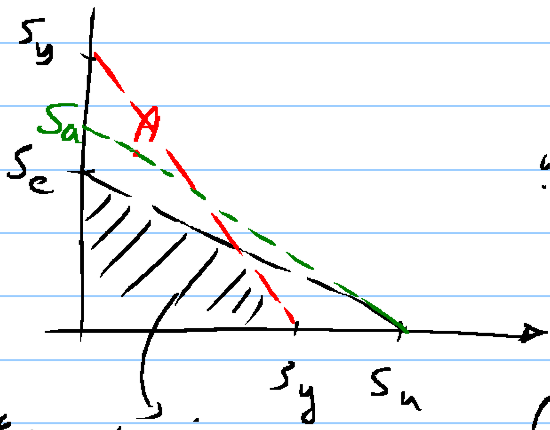
(Langer :  $\frac{\sigma_a}{S_y} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$ )

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 تحلیل قطعه ای که تحت سوله هر ثابت و دوتا قرار دارد چنین است شرایط زیر

اتفاق افتد



در صورتی که بارگذاری همانند نقطه A باشد

استفاده از ایده تئوری گداز من مغل

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

ناحیه این بار غیر دائم

تا کمترین مقدار داده  $S_a$  قطع نماید حال به یک مقدار S-N

هر نقطه داده بار  $S_e$  به است تمام



کنند

1. از آنجا که  $S_e$  برابر است با تنش به است که اگر  $S_e$  ناشی از بار محدود باشد بجز آنکه  $S_e$  را در  $S_y$  ضرب کنیم تنش را بر  $S_e$  تقسیم کنیم

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

2. ضریب ایمنی ناشی از خطای Lang در تحلیل چنین حالتی که در بار مقدار آن کمتر از ضریب ایمنی تئوری است چنین بود یعنی آن این است که

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

۳. در صورت وجود اثر کمترین بار فریب آن در هر دو  $\sigma_m$  و  $\sigma_n$

فریب شد.

از آنجائیکه محض است در طول ترک (منظور خاصه در استاتیکی که بهترین اثر را دارد) تنش وارد خاصه بلا شکست شد در این صورت امکان نداشت

اصداصیه زیر استفاده نمود:

- اگر حداکثر تنش  $\sigma_{max}$  به  $k_f \sigma_y$  زرد از همان  $k_f$  طبق

بالا استفاده کنید

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

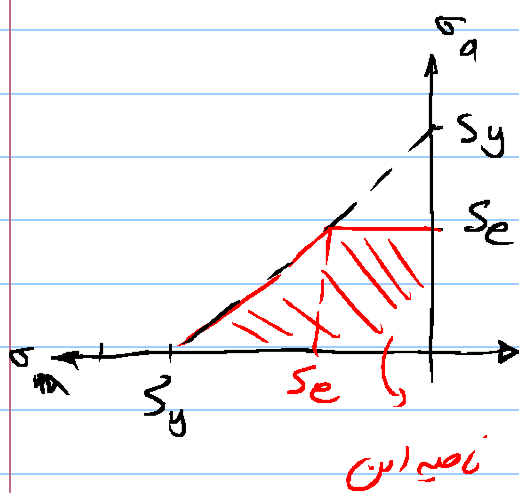
$$\sigma_a \leq k_f \sigma_{a0}, \quad \sigma_m \leq \sigma_{m0}$$

در مورد مواد ترک از آنجا که تحمل آنها در بارگذاری کمتر است (به کربن)

عموماً در کاربردها با بارندگی استفاده نمی شوند. با این حال هنوز زیر تقریباً



مقدار رین توش برابر طراحی است :



در دایره این توش نشان داده مدار

مردگت بارندار توش تا  $\sigma_m = S_e$  ها

پیش ثابت توش ندانید

کامل خستگی در مقدار بارندار تفاوت

اگر بارندار توش از بار فشی و کشش و ... باشد و این است که باید  
توش اثر توش معادل دن مایز در احس کرده و بانی کمال را برای آن  
اینی (همه)

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

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

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

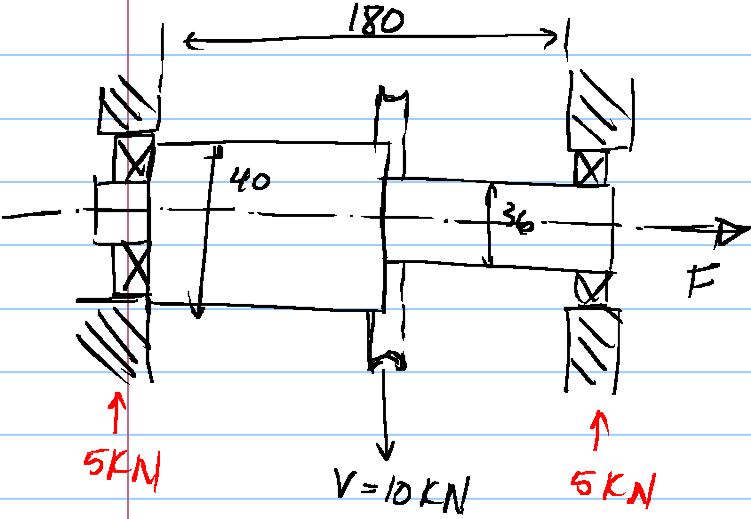
$$\text{Torsion, Shear} \rightarrow (\tau_a)_T = K_f (\tau_{a0})_T$$

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

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

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

\* اصلاحیه: ضریب اندازه  $K_t$  در شرایطی که بارگذاری مکرر باشد و دایره ای است \*



شکل: ضریب اهمیت در شفت در برابر محال بارگذاری استاتیکی و دینامیکی  
مکانیک

نسبت اهمیت = ۹۰٪

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

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

قطع حال سرپیچ و بارگذاری دورگش خواهد بود

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

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

ضریب تمرکز  $K_t$

A-15-9  $\rightarrow \begin{cases} \frac{r}{d} = 0.027 & (0.025 - 0.03 \text{ مقدار استاندارد}) \\ \frac{D}{d} = 1.4 \end{cases}$

$\Rightarrow K_t = 2.1$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5 (620) = 310 \text{ MPa} \quad \text{برابر استقامت (محدود)}$$

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

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

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

قطر دوار = 36

$$k_c = 1 \quad \leftarrow \text{بزرگترین فشار}$$

$$k_d = 1 \quad \leftarrow \text{دوار دایره ای آن مقدار شد}$$

$$\text{نسبت اطمینان: 90\%} \quad R = 90\% \Rightarrow Z_a = 1.288$$

$$\Rightarrow k_e = 0.897 = 0.9$$

$$k_f = 1 \quad \leftarrow \text{سایر اثرات}$$

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

$$k_t = 2.1 \quad \leftarrow \text{فرد تمرکز تنش حفره}$$

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

مبدل 6.20

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

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

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

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

در نتیجه ضریب ایمنی در محاسبه تنش به روش مودر و سطح در صورت افزایش در اثر تنش زیاد شده است.

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

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

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

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

$$n = 1.4$$

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

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

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

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

$$\Rightarrow n = 1.9$$

\* در مورد اثر تمرکز تنش در حالت استاتیکی و یا در  $\sigma_m$  در موارد چرخشی فشار

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

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

تئوری جمع آثار خستگی

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

می‌شود و در شکم عمر آن برابر باردهی‌ها در بعد از آن یک قطعه است با دقت کم‌تر و با خواص برابر

تئوری مینر Miner

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = C$$

$n_i$ : تعداد سیکل تکرار باردهی در  $\sigma_i$

$N_i$ : عمر قطعه دلت کم‌تر و در حرکت بار  $\sigma_i$  قرار گیرد

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

مثال: عمر قطعه با تنش‌های زیر را بدست آورده

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

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

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

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

$$N = \left( \frac{400}{1730} \right)^{\frac{1}{-0.127}} = 102 \times 10^3$$

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 بهینه چند است؟

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

برای بارگذاری جدید، ابتدا  $N_2$  را بدست می‌آوریم

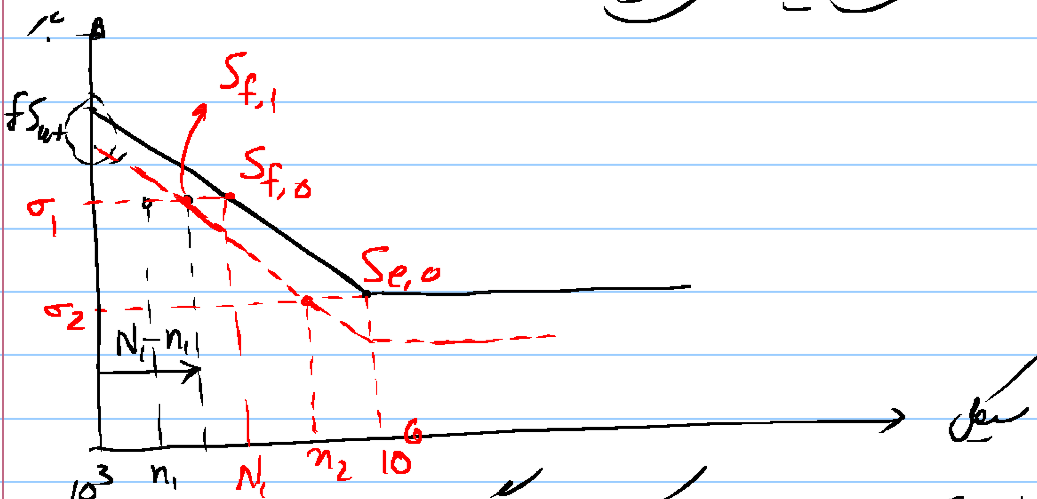
$$\sigma_2 = a N_2^b \Rightarrow N_2 = \left( \frac{350}{1730} \right)^{\frac{1}{-0.127}} = 296 \times 10^3$$

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

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

\* نمودار سائز برای سیکل High Cycle استفاده می‌شود

\* ترتیب بارگذاری در این نمودار اصلی ندارد



تفسیر: طبق نمودار سائز پس از یک دوره بارگذاری سائز عمر به مدت ۱۵۷ هزار سیکل



سفت کنند. بار 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 تعیین کننده تعداد

این نیمی عمر برابر است  $\Leftarrow$

$N_2$  عمر تعداد است

$$\begin{pmatrix} \sigma_2 \\ n_2 \end{pmatrix}$$

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

سفت نیمی عمر

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

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

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

سفت نیمی عمر تعیین کننده

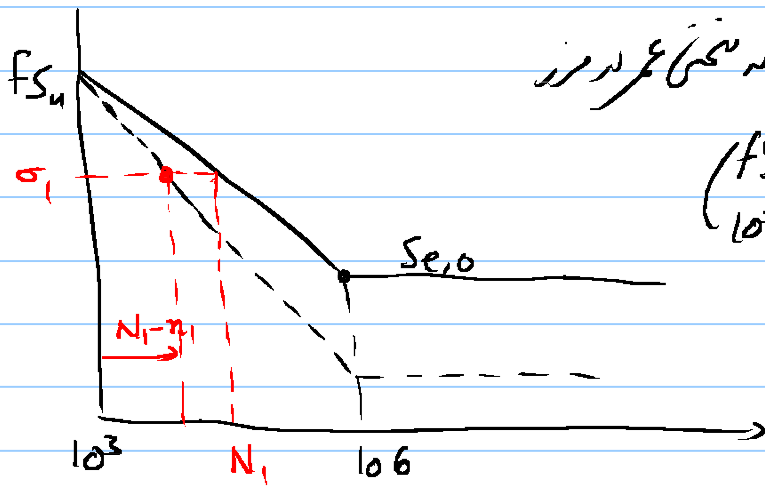
\* مدت این نمودار نیمی عمر سفت لایه در دینامی عمر تعداد در  $10^3$  اسکین دینامی

نیز عرض می شود. در حالی که طبق نتایج تجربی جمع آمار غش در ناحیه  $10^4$  تا  $10^5$

در محلی در استاک استاک لایه نیمی عمر است.

در نیمه برای رعایت ترتیب بارگذاری و همچنین باربردگفت در بارها نزدیک  $f_{S_{ut}}$

از تستور معبر (هائیک) استفاده کنیم. (همچنانکه فقط برای High Cycle)



در این تستور فرض می‌کنیم که منحنی عمر در نزد

low cycle تغییر نمی‌کند ( $f_{S_{ut}}$   $10^3$ )

برای به دست آوردن شیب

عبارت منحنی عمر در نظر

گاییم که این منحنی از  $(\sigma_1, N_1 - m_1)$  و  $(f_{S_{ut}}, 10^3)$  گذرد

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

مثال قبل با کمک تستور هائیک :

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

$$m_1 = 48000$$

$$\Rightarrow b' = \frac{\log (0.9) 8000 - \log 400}{3 - \log (102 - 48) 10^3} = -0.147 \Rightarrow S_f = a N^{b'}$$

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

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

طبقاً تدریس مانده عمر در حدود ۱/۳ پانچ تدریس مانده است.

پهیل بخش اول درس

بخش دوم - طراح اخرا هاسین

طراحی شادمانی در

مکروهات سنت از پرکار و پرکوشی تصاویر ماسین آلات است و عموماً بدین اندک

توان مکتوبی بصورت دریا با خنجر نسبتاً کمتر تولید می‌شود.

مثال: مدونر الکتریک - مدونر درون سوز (همچون توان و بصورت

دوراً تکمیل می‌دهند)

و در صفحات غیر استیکام در طراحی دانسته‌اند که نت ۱

۱- کوه یا تاقان بنبر: چیزی که بصورت سنت دور یا تاقانها طرزیم

بدون اصطلاح تالیف دور آراشته باشد

۲۔ سکرہ سبب فصحاء روکاشفت : جہیزم لہنہ قطعہ کا نندہ

جرح نندہ اہلوی اجمع زخمیہ

۳۔ سکرہ القفال روکاشفت ہم (کریمنہ)