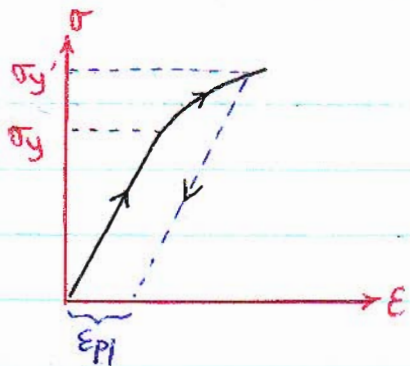


بنابراین اطراف AB موجی از نابجایی بوجود می آید و جلوه‌ی رود -

منابع فرانگ - رید بلافاصله بعد از تنش تسلیم فعال می‌شوند.

$$\text{افزایش دانسیته} = \text{افزایش طول} = \text{حرکت نابجایی}$$

تأخیر از محدوددهی پلاستیک، تقریباً با حذف نیرو، دانسیته‌ی نابجایی افزایش نمی‌یابد. اما بعد از



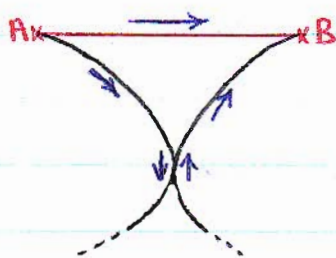
و σ_y ، دانسیته و σ_y جدید هر دو زیاد خواهد شد.

اما جواب سوالی که مطرح شد:

با حرکت نابجایی چون b ثابت باقی می‌ماند، کاراکتر

نابجایی عوض می‌شود. مثلاً اگر پله‌ای است، پیچی یا مصلط می‌شود. جهت بردار برگرس به

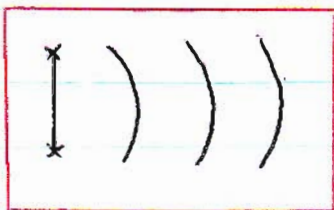
جهت دید به خط نابجایی بستگی دارد. مثلاً اگر جهت از A به B باشد، در محل برخورد *



جهت دو نابجایی با هم فرق می‌کند.

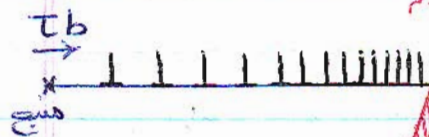
نابجایی روی یک سطح لغزش هم نام هستند. این نتیجه

منابع فرانگ رید است. بعبارت دیگر:



از منبع، نابجایی‌های یکسان خارج می‌شود.

حال اگر سرراه این نایجائی‌ها مانع وجود داشته باشد :



چون این نایجائی‌ها یکسان هستند، همدیگر را دفع می‌کنند.

پس در این جا دو نوع نیرو داریم : ۱- نیرویی که از منبع نایجائی‌ها را به سمت جلوه‌ی راند.

۲- نیروی رافعین خوردنایجائی‌ها. اولین نایجائی که به مانع می‌رسد مثل میزدانه، دیگر

نمی‌تواند به حرکت خود ادامه دهد. به همین دلیل نایجائی‌های بعدی افزوده می‌شوند. به نوبی

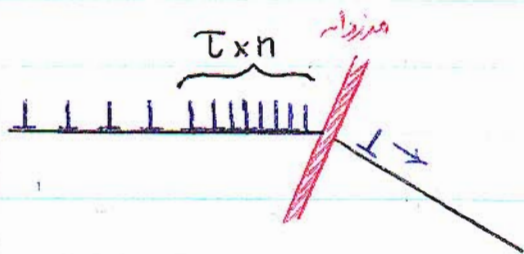
در نزدیکی مانع، انباشتگی نایجائی بوجود می‌آید. و این تراکم تنش را بوجود می‌آورد.

اگر n نایجائی انباشته شده باشد و تنش اعمالی τ باشد، تنشی که اولین نایجائی تحمل

می‌کند و یا به مانع وارد می‌کند (τ^*) برابر است با :

$$\tau^* = n\tau$$

در نتیجه‌ی این تراکم تنش، یک نایجائی در طرف دیگر میزدانه، روی سطحی جدید، جوانه می‌زند.



تذکره: نایجائی‌های انباشته شده از میز عبور نکرده‌اند

بلکه جوانه زنی همروگن اتفاق افتاده است. باین

جوانه زنی، تراکم تنش از بین نمی‌رود بلکه چون ماده تغییر شکل می‌دهد و یا بعبارت دیگر،

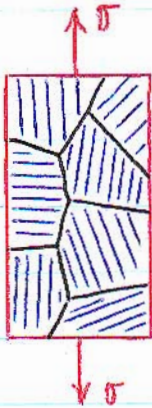
وجود داشتن خط نایجائی دیگر بدون انباشتگی تنش، از اضافه شدن میزان تنش به این منطقه

جلوگیری می‌کند و τ اعمالی به جاهایی وارد می‌شود که نایجائی می‌تواند حرکت کند.

مکانیزم های استحکام بخشی :

۱- مرزدانه الف - مرزدانه اصلی ب - مرزدانه فرعی

مرزدانه اصلی و تغییر شکل پلاستیک :



یک پلی کریستال در نظر می گیریم. در هر دانه سطوح لغزش

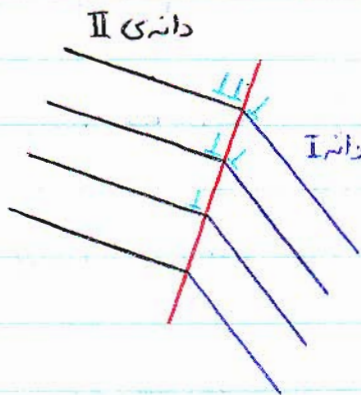
فرق می کند. در هر دانه τ_{cr} (تنش بحرانی) داریم که

برای هر دانه در زمان های مختلف فرق می کند.

بعبارتی میزان تغییر شکل پلاستیک در دودانه ای مجاور به دلیل جهت بلوری متفاوت است.

مثلاً یک دانه در جهت تنش است و بر اجزای تغییر شکل می دهد و یک دانه در جهت عمود بر σ

است و تغییر شکل نمی دهد. اما در مرزدانه داریم :



فرض : نیروی بگونه ای است که دانه I بیشتر می لغزد.

اگر یکی از دانه ها حرکت کند و دیگری حرکت نکند مرزدانه

چه می شود؟ برای اینکه مرز گسسته نشود باید یکسری

ناجایز در مرز بوجود آید؛ که این ناجایز طوری مرزدانه را شکل می دهد که مرز گسسته نشود.

این ناجایز ها، ناجایز های لازم هندسی نام دارند. (Geometrically necessary)
dislocation

* مثالی دیگر. در مورد همان فاز دوم در یک فاز زمینه:



در حالت اول (تعداد): $r = r_0$ فاز دوم $r = r_0$ حفره

با افزایش دما یا تغییرات دما: r_{02} : شعاع فاز دوم r_{01} : شعاع حفره

اگر ضریب انبساط حرارتی حفره از فاز دوم بیشتر باشد نتیجه می شود که: $r_{01} > r_{02}$

اما این ها (فاز دوم و حفره) از هم جدا نمی شوند. در غیر این صورت ترک ایجاد می شود.

اینجا یک سری نابجائی بوجود می آید که از این گسستگی جلوگیری می کند. (بصورت حلقه های

نابجائی). این نابجائی، نابجائی لازم هندسی نامیده می شود. بعبارت دیگر، در یک حلقه ی

جای خالی، یک حلقه ی نابجائی ایجاد می شود.

* مثالی دیگر. اگر فاز دوم بصورت مکعب مستطیل باشد:



اگر فاز دوم تغییر شکل ندهد ولی فاز اول تغییر شکل دهد،

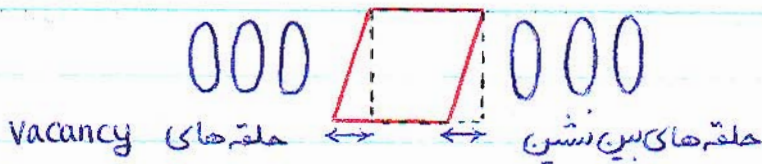
(حفره تغییر شکل دهد) مثل SiC در Al.

اگر این جسم را بیرون آوریم و به جسم اول نیروی برشی وارد کنیم شکل زیر بوجود می آید. جسم



دوم نمی تواند تغییر شکل دهد، از طرفی باید در حفره جای گیرد.

بنابراین حالت زیر بوجود خواهد آمد:



بنابراین در این جا هم یکسری نابجائی بوجود می‌آید که از گسستگی جلوگیری می‌کند. حلقه‌های بین‌نشین بصورت نیم صفحه‌ای اضافی و حلقه‌های vacancy بصورت نیم صفحه‌ای جدا شده. در این مثال عدم انطباق تغییر شکل پلاستیک داریم. اما در مثال قبلی عدم انطباق تغییر شکل حرارتی. این مورد هم نابجائی لازم هندسی است.

به همین دلیل (وجود مازدوم) است که کار سختی در آلیاژها خیلی بیشتر از فلزات خالص است. بین حلقه‌های بین‌نشین و vacancy تنش زیاد است. بنابراین اتم‌ها از حلقه‌های بین‌نشین به حلقه‌های vacancy و یا vacancy‌ها از حلقه‌های vacancy به حلقه‌های بین‌نشین بر راحتی نفوذ کرده و همیگر را از بین می‌برند (خوشی می‌کنند). بنابراین، این مورد از نابجائی ناپایدار است. (چون تنش بالاست، نفوذ راحت‌تر است).

عموماً نابجائی‌ها دورسته‌اند:

1- نابجائی انباشتی تصادفی (statistically stored dislocation)

2- نابجائی لازم هندسی (Geometrically necessary dislocation)

86.1.19

P(76)

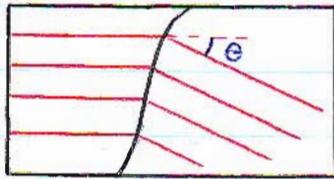
ناجیائی تصادفی انباشته شده مثل : لومرکاترل که بطور تصادفی بوجود می آید. و ناجیائی های دیگر پشت آن جمع می شود. یا مثل ناجیائی فرانک که حرکت نمی کند.

تذکر. ناجیائی های لازم هندسی زود بازیابی می شوند.

86.1.21

استحکام بخشی در اثر مزد دانه :

یک پلی کریستال با یک مزد در نظر می گیریم. استحکام را بر حسب θ بحث کرده اند. (σ_y, θ)



اگر $\theta = 0$ باشد، σ_y این پلی کریستال تقریباً

مساوی است با σ_0 مونوکریستال.

$$\sigma_y = \sigma_0 + K D^{-\frac{1}{2}}$$

رابطه هال - پیچ :

D : قطر متوسط دانه K : ضریب قفل شدگی برای ناجیائی

σ_0 : استحکام یا تنش اصطکاک کی شبکه

ناجیائی نمی تواند روی سطح لغزش، خود به خود حرکت کند. (σ_0) قبلاً گفته شد که در

حرکت ناجیائی، چون ناجیائی خود در موقعیت \min انرژی قرار دارد باید از یک قله انرژی

عبور کند که σ_0 را ایجاد می کند. (انرژی بر واحد طول ناجیائی تابع موقعیت است)

$$M : \text{عانتور جهت} \quad \tau = \frac{\sigma}{M} \quad \text{or} \quad \tau = \frac{1}{2} \sigma \cos \theta \cos \lambda \quad \text{از قبل}$$

رابطه‌ی تنش برشی در پلی‌کریستال:



هر دانه یک M دارد. این σ ، τ های مختلف در هر دانه ایجاد

می‌کند. در نتیجه کاهای مختلفی در دانه های مختلف ایجاد می‌کند.

$$\underbrace{\sigma}_{\text{انرژی کل}} d\varepsilon = \sum_{i=1}^n \underbrace{\tau_i}_{\text{انرژی حرانه}} d\gamma_i = \tau \sum_{i=1}^n d\gamma_i$$

τ به این دلیل از \sum بیرون آمده است که

$$\rightarrow \frac{\sigma}{2} = \frac{\sum d\gamma_i}{d\varepsilon}$$

یک τ میانگین وجود دارد که $\frac{\sigma}{\tau} = \bar{M}$

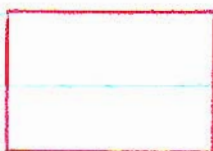
میزدانه‌ی فرعی:

اگر اختلاف جهت بین دودانه کمتر از 10° باشد، میزدانه‌ی فرعی است اما عموماً نابجائی‌ها

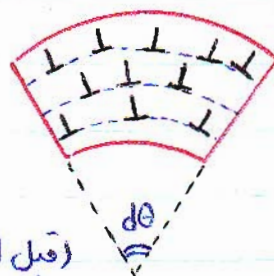
آرایشی را بوجود می‌آورند که میزدانه‌ی فرعی نام دارد.

در خمش، چون تغییر طول داریم، یکسری نابجائی بوجود می‌آید. در اثر تغییر حرارت دادن و

بالا بردن درجه حرارت، آرایش خاصی از نابجائی بوجود می‌آید، که میزدانه فرعی ایجاد می‌کند.

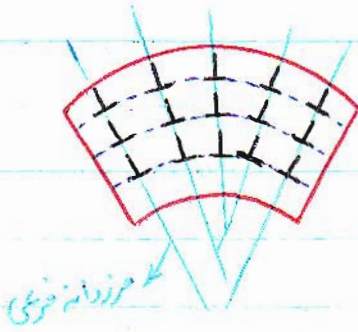


Bending →



(قبل از حرارت دادن)

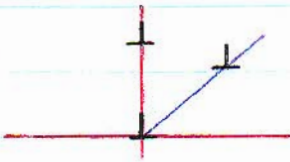
بعد از حرارت دادن :



علت این است که دو نایجائی در $\theta = 45^\circ$ و $\theta = 90^\circ$

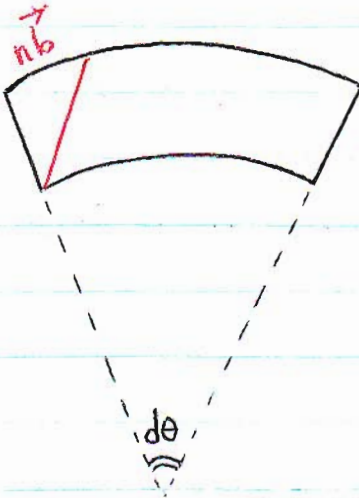
نیروی به هم وارد نمی کنند و انرژی min است. (گاه روی $\theta = 45^\circ$ و گاه روی $\theta = 90^\circ$)

این آرایش یک نوع بازیابی مکانیکی نایجائی هاست. (مزرانه فرعی)



اگر n نایجائی داشته باشیم :

چون هر نایجائی با اندازه \vec{nb} حرکت می کند و اگر نایجائی

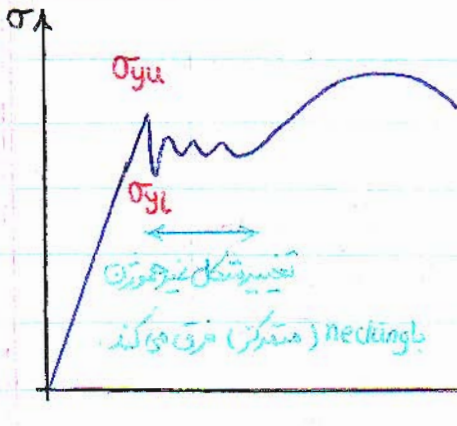


نباشد، مدار برگرس بسته است ولی اگر باشد، مدار باز

می ماند، میزان بازماندن \vec{nb} خواهد شد. چون $d\theta$

هم معلوم است، دانسته می نایجائی بدست خواهد آمد.

پدیده نقطه تسلیم:

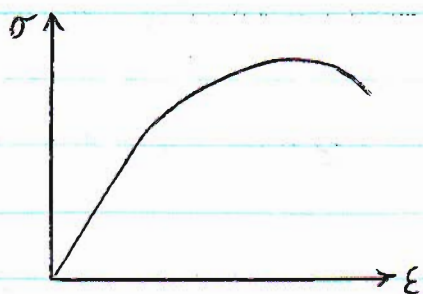


اگر نمودار $\sigma - \epsilon$ را برای فولاد کم کربن رسم کنیم

نمودار آن با سایر فلزات فرق می کند. اگر از این فولاد

کربن زدایی و نیتروژن زدایی کنیم، نمودار بصورت شکل

II در خواهند آمد . حتی اگر چند ppm کربن و نیتروژن



وجود داشته باشد ، نمودار اولی مشاهده می شود .

بنابراین می توان گفت این پدیده بدلیل وجود کربن و

نیتروژن است .

واکنش نابجائی با عیب نقطه ای :

نابجائی و عیب نقطه ای (بین نشین ، ناخالصی و vacancy) هر دو میدان تنش هستند در نتیجه

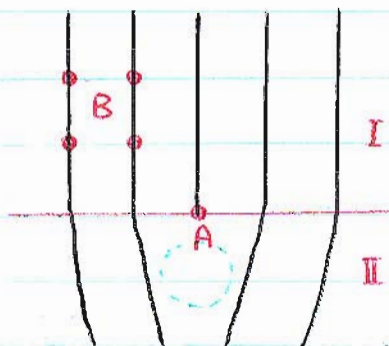
با هم واکنش می دهند . یا دافع و یا جاذبه .

یک vacancy در اطراف خود ، میدان کرنش انبساطی ایجاد می کند . یعنی اتم های اطراف خود

را به سمت خودش می کشد و این اتم ها فضای بیشتری را خواهند داشت .

در مورد نابجائی به شکل زیر میدان کرنش در بالا و پایین خط نابجائی فرق می کند . در بالا انقباضی

و در پایین انبساطی است چون فاصله اتم ها در زیر خط نابجائی از یکدیگر زیاد شده است .



پس اگر vacancy در موقعیت I باشد چون میدان

انقباضی نابجائی را تضعیف می کند و اثری را کاهش

می دهد ، جاذبه بین vacancy و نابجائی وجود دارد .

برعکس اگر vacancy در موقعیت II باشد چون میدان انبساطی نابجائی را افزایش می‌دهد و انرژی را بالا می‌برد، نیرو از نوع دافعه است.

اگر رسوب در شبکه ی فلزی موجود باشد و از اتم‌های شبکه کوچکتر باشد، میدان انبساطی ایجاد می‌کند. مثل رسوب Cu در شبکه ی Al.

اتم‌های C و N معمولاً بین نشین هستند. بهترین جا برای این اتم‌ها زیر اتم A در شکل صفحه‌ی قبل است چون منطقی‌تری حالتی است. در واقع اگر این ناخالصی از B به A آمده باشد، انرژی را کاهش می‌دهد و تعادل نسبی ایجاد می‌کند. حرکت نابجائی یعنی هم غلبه بر σ (تنش اصطکاکی) و هم غلبه بر افزایش انرژی بخاطر اینکه موقعیت اتم C یا N باید از A به موقعیتی مثل B تغییر می‌کند. عبارتی دیگر این تعادل نسبی از جایگزینی اتم C یا N از بین می‌رود. بنابراین به نوعی C یا N نسبت به نابجائی نیروی جاذبه دارد. به همین دلیل

نسبت به حرکت نابجائی مقاومت نشان می‌دهد و نابجائی را قفل می‌کند. در مورد نابجائی پیچ

I دافعه | • N or C

II جاذبه •

هم همیشه طور است.

در حالت I، با اعمال نیرو، نابجائی تا حدی جلو می‌رود اما چون نیروی دافعه وجود دارد در یک

جایی متوقف می‌شود و قفل می‌شود.

حالت II هم بحث شد و نشان داریم این حالت هم قفل ایجاد می‌کند.

اگر کل خط نایجائی را رسم کنیم، انقصری از C و N در اطراف آن
 وجود دارد. با اعمال تنش، خط نایجائی حرکت می‌کند اما نمی‌تواند
 خیلی دور شود زیرا نسبت به ناخالصی‌ها نیروی جاذبه دارد. با اعمال

تنش‌های بیشتر این جاذبه با هم وجود دارد. با افزایش طول نایجائی، انرژی بر واحد طول آن

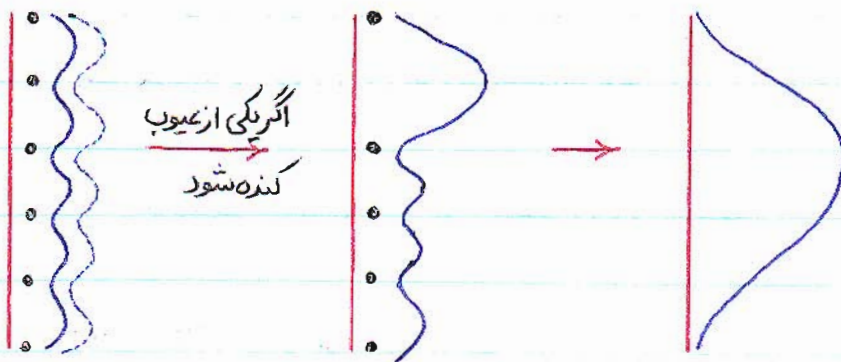
زیاد می‌شود در نتیجه کشش خطی هم زیاد می‌شود. عکس العمل این نیرو به عیب وارد

می‌شود (C یا N). پس با افزایش طول، نیروی وارد برای خنثی کردن این جاذبه بیشتر

می‌شود. اگر یکی از این عیب‌ها کنده شود چون طول یک قسمت یکبار زیاد می‌شود دوباره

نیروی وارد بر عیب زیاد می‌شود و از این به بعد کل عیوب کنده خواهند شد. و در نتیجه نایجائی

حرکت عاری خود را دنبال می‌کند.



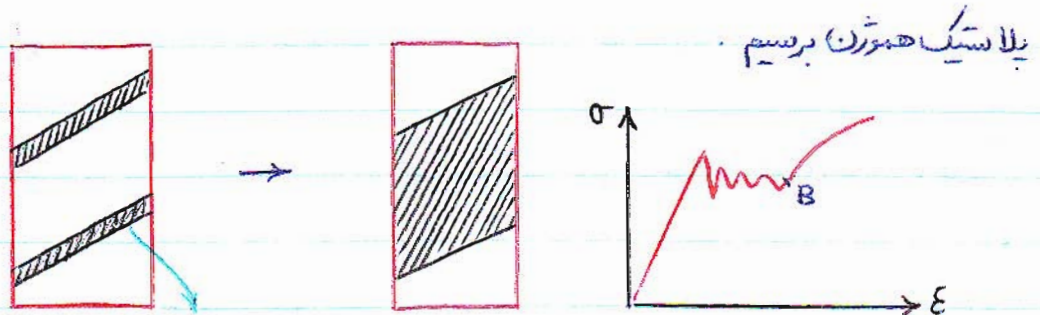
نایجائی در یک لحظه از انقصر ناخالصی رها می‌شود در نتیجه این کنده شدن موجب یک افت

تنش می‌شود. این پدیده همچون نام دارد. یعنی با کنده شدن یک ناخالصی، بقیه هم کنده می‌شوند.

در نمونه ، در یکسری از جاها تغییر شکل بوجود می آید . (عموماً در زاویه 45°) چون

max تنش در این راستاست . این تغییر شکل غیر هموزن است بصورت غیر متمرکز . با

ادامی اعمال نیرو ، این مناطق وسیعتر می شود تا اینکه به نقطه B یعنی شروع تغییر شکل



باندلور (Lüder)

علت اینکه در ابتدا یکسری از مناطق تغییر شکل می دهند این است که در همه جای قطعه اتم های

N و C بطور یکسان پراکنده نشده اند . در نتیجه یک جای قطعه تنش کمتری لازم دارد .

نقطه B : باندلور گسترش یافته است . اگر تغییر شکل با تاخیر انجام شود ، اتم های

N و C که کنده شده بودند ممکن است دوباره در جاییشان قرار گیرند و دوباره پدیده ی فوق

اتفاق افتد . در غیر اینصورت وقتی N یا C کنده شدند دیگر به خط نابجائی نخواهند رسید .

زیرا : سرعت نابجائی ها < نفوذ کربن و نیتروژن

strain aging (پیرگشتی) :

در نمودار زیر اگر به A برسیم و بعد اعمال تنش را قطع کنیم ، نمودار برمی گردد به A'

86. 1. 21

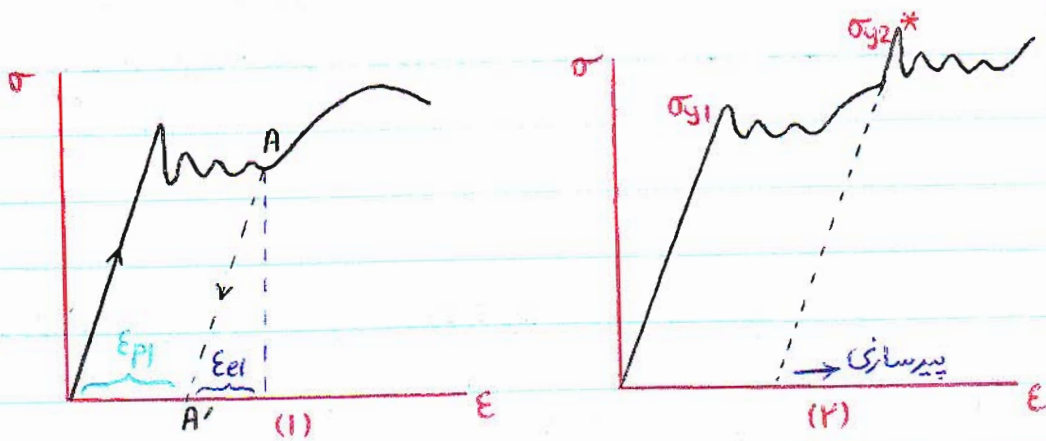
P (83)

خواهد رسید. اگر بلافاصله تنش را دوباره اعمال کنیم، نمودار ادامه‌ی راهی که قبلاً

می‌خواستیم طی کند را می‌دهد. نمودار شکل 1.

اما اگر وقتی به A رسیدیم و اعمال تنش را قطع کردیم و بعد از مدت طولانی (پیرشدن عنصر)

دوباره اعمال نیرو کنیم نمودار شکل 2 رخ می‌دهد. یعنی پدیده‌ی لودر تکرار می‌شود.



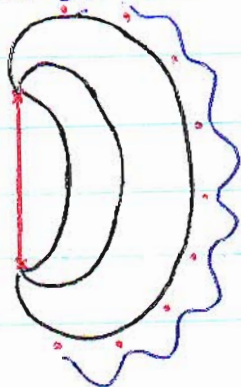
هم چنین ملاحظه می‌شود در حالت (2) تنش تسلیم نیز زیاد شده است.

86. 1. 26

در نمودار بالا $\sigma_{y2} > \sigma_{y1}$ - ϵ_{el} در نمودار بالا، ناشی از برگشت الاستیک خط نایجائی است.

در پیرسازی، نفوذ اتم‌های کربن و نیتروژن وابسته به دما و زمان است. یعنی وقتی خط نایجائی

از انقباض N و C خارج شد، در اثر پیرسازی دوباره اتم‌های N و C زیر خط نایجائی قرار



می‌گیرند و نایجائی را قفل می‌کند.

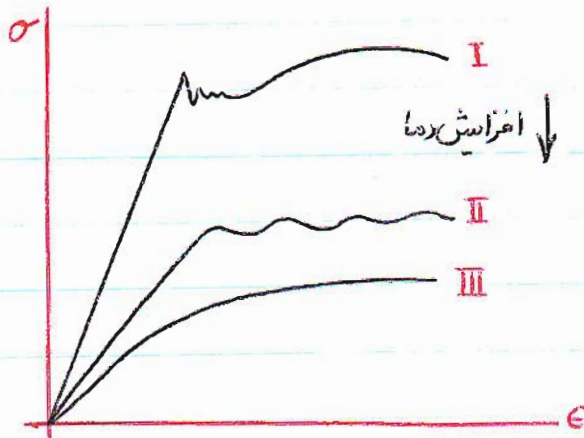
در A که نیرو بلافاصله دوباره اعمال می‌شود، اتم‌های C و N

فرصت نکرده اند که نفوذ کنند و جایگاه تعادلی خود را پیدا کنند .

در * روی نمودار با اولین افت تنش ، جاهائی در نمونه بوجود می آید که تغییر شکل غیر هموزن می دهد . این محل ها ، باند لودر نام دارد .

در کشش ، تغییر شکل یکنواخت مطلوب است . بایک نورد اولیه یا کشش سطحی می توان با بوجود آوردن تعداد کافی از نابجائی ، باند لودر را از بین برد و می توان از این به بعد کشش عمیق انجام داد .

با افزایش دما ، منحنی تنش - کرنش فولاد کم کربن بصورت زیر تغییر می کند :



وقتی نابجائی از اتمسفر N و C رها شد ،

سرعت نابجائی بیشتر از سرعت نفوذ اتم ها^ک

N و C است . بنابراین دیگر اتم ها به

نابجائی نخواهند رسید . اما وقتی دما بالاست

(حالت II) نفوذ اتم ها نیز بالاست . در نتیجه سرعت نفوذ اتم ها^ک N قابل مقایسه با سرعت

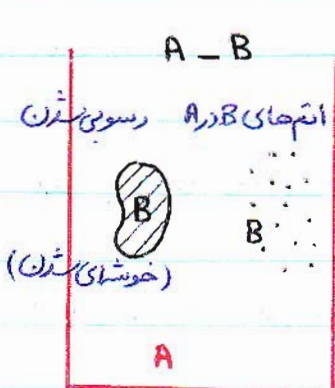
حرکت نابجائی است . بصورت متساوی ، نابجائی از اتمسفر N و C رها می شود و دوباره

در این اتمسفر گیر می کند . برای حالت III که دما خیلی زیاد است ، دیگر این پدیده اتفاق

نمی‌افتد. قبلاً گفتیم که خلاص شدن نابجائی از اتم‌های N و C انرژی را بالا می‌برد زیرا حالت تعادل این است که این اتم‌ها زیر خط نابجائی قرار گیرند. در جائیکه نابجائی از اتمسفر این اتم‌ها رها می‌شود، این افزایش انرژی را تنش اعمالی تأمین می‌کند. اما در دمای بالا، افزایش انرژی را دمای نیاز تأمین می‌کند. در نتیجه نابجائی بطور دائم از این اتمسفر رها می‌شود. وقتی دانسیته‌ی نابجائی خیلی بالا است، دیگر نابجائی خود به خود قفل است و دیگر نیاز به اتم‌های C و N برای قفل کردن نداریم.

سخت کردن در اثر محلول جامد:

محلول جامد یعنی اتم‌های ناخالصی که به دو صورت است: جانشینی - بین نشینی در مورد محلول جامد جانشینی بیشتر بحث می‌شود. برای داشتن فاز دوم، اول باید محلول جامد ایجاد کرد. بنابراین محلول جامد اولین قدم در سخت کردن آلیاژهاست.



بعضی اوقات اتم‌های ناخالصی بصورت اتم به اتم در A پراکنده می‌شود و بعضی وقت‌ها هم بصورت رسوب در A است. البته با افزایش درصد B، احتمال رسوب شدن بیشتر است.

چه موقع محلول جامد و چه موقع رسوب تشکیل می شود؟

مذاب $A-B$ $\frac{70}{100}$ و $\frac{80}{100}$ را در نظر می گیریم. اتم های A از فاز مذاب جدا می شود و به فاز جامد

می آید. احتمال اینکه اتم B در کنار A بنشیند و با اتم A در کنار A به غلظت A و B بستگی

دارد.

1- اگر احتمال نشستن اتم B بیشتر از غلظت آن باشد \leftarrow محلول جامد (یعنی بیش از 20٪)

2- اگر احتمال نشستن اتم B کمتر از غلظت آن باشد \leftarrow خوشه ای شدن (در این مثال کمتر از

20٪)

در این جا سه پیوند $A-A$ ، $B-B$ و $A-B$ مطرح است. اگر پیوند $A-A$ و $B-B$

قوی تر از $A-B$ باشد در نتیجه احتمال نشستن اتم A در کنار A و B در کنار B از غلظت

بیشتر است \leftarrow خوشه ای شدن

اگر پیوند $A-B$ قوی تر از $A-A$ و $B-B$ باشد \leftarrow محلول جامد. زیرا تشکیل پیوند

گرماده است و انرژی سیستم را پائین می آورد.

در واقع علاوه بر غلظت، این پیوندها احتمال را کم و زیاد می کند. اگر حلالیت 4٪ باشد تا

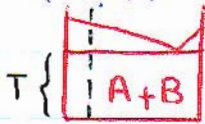
4٪ از B در A محلول جامد است و بیشتر از 4٪ خوشه ای شدن است. اما همین عناصر

تایک حدی درهم مخلوند. بعبارتی عنصر نام مخلول نداریم.

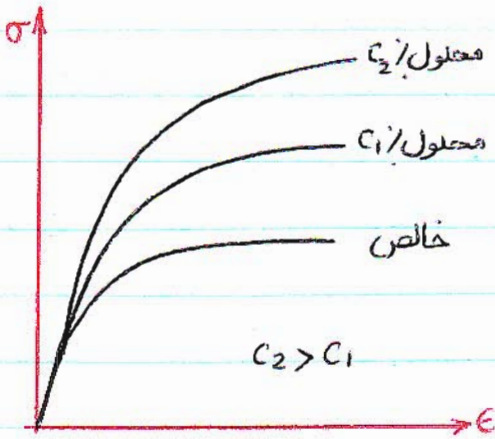
در نمودار زیر در ترکیب مشخص شده در محدوده‌ی دمایی T ، در بسببیت در ترکیب A و B عوض

ندی شود. در حالتیکه درجه آزادی در مناطق دوفازی 1 است. و این با قانون نازر هاندنی خوانند.

در نتیجه مخلول جامد همیشه وجود دارد. (ممکن است به میزان چند ppm باشد)



* ادامه بحث سخت شدن در اثر مخلول جامد :



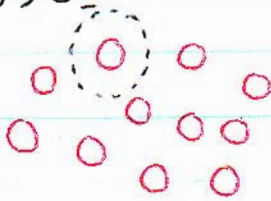
مخلول جامد، استحکام را افزایش می‌دهد. هر چه

درصد انحلال بیشتر باشد، استحکام بیشتر است.

اتم‌های حل‌شونده (فقطاً جانشینی) با ناانجائی‌ها

واکنش می‌دهند. اگر اتم‌های ناخالصی بصورت

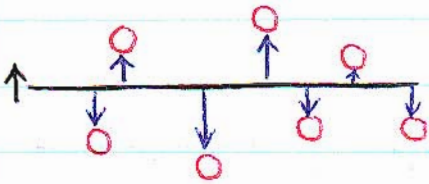
میدان کرنش



تصادفی پخش شده باشند :

هم‌ناجائی‌ها و هم‌اتم‌های ناخالصی میدان کرنش

دارند. لزومی ندارد عیب نقطه‌ای (فقطاً روی خط‌ناجائی



باشد. مهم این است که میدان‌هایشان با هم برخورد

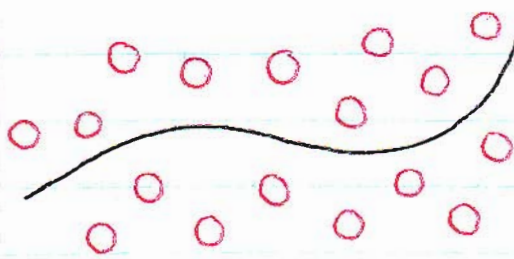
کنند تا واکنش دهند. اگر فرض کنیم که واکنش از نوع جاذبه است خواهیم داشت :

86.1.26

P(88)

اتم‌های بالای خط نابجایی، خطر به سمت بالا می‌کشند. و نابجایی را به سرعت به سمت خود می‌کشند و اتم‌های پائین این حرکت را کنده می‌کنند. چون احتمال اتم‌های بالا و پائین خط نابجایی یکسان است، در نتیجه نیروی وارد بر خط نابجایی صفر است. و این استحکام بخشی را توجیه می‌دهد. برای دانه هم به همین ترتیب است.

حالت دوم. خط نابجایی در اتمسفر عیوب طوری قرار می‌گیرد که کمترین برخورد با این عیوب داشته باشد و انرژی \min پیدا کند. بعبارتی تعادل نسبی با اتم‌های ناخالصی دارد.



وقتی ما اعمال تنش می‌کنیم، یعنی می‌خواهیم

خطوط نابجایی را حرکت دهیم. در نتیجه این

خطوط را از حالت تعادل خارج کرده ایم. در نتیجه استحکام را بالا می‌برد و به همین ترتیب برای

حرکت خط نابجایی به تنش بالا می‌نیاز داریم.

86.1.28

سخت شدن در اثر ذرات فاز دوم:

- 1 - اندازه‌ی دانه‌های دوفاز با هم قابل مقایسه باشد.
 - 2 - فاز دوم بصورت ذرات ریز پخش شده باشند.
- تغییر شکل پلاستیک یک جسم دوفازه

1 - تغییر شکل به درصد فازهای موجود، توزیع فازها و اتصال بین فازهای مختلف

بستگی دارد.



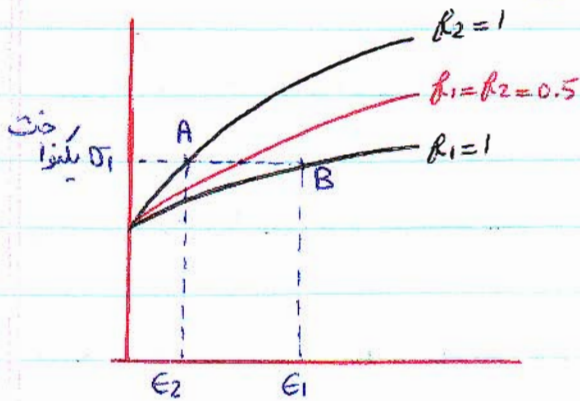
* تغییر شکل پلاستیک یک جسم دو فازه فقط بر حسب درصد

فازهای موجود ، قانون مخلوط ها :

در حالت عادی ، منحنی تنش کرنش دو فازه بین منحنی های فاز اول و دوم قرار دارد .

حالت اول : توزیع تنش در هر دو فاز یکنواخت باشد :

در نتیجه ، کرنش بر حسب درصد فازهای موجود توزیع خواهد شد .



$$\epsilon_{average} = \epsilon_1 \beta_1 + \epsilon_2 \beta_2$$

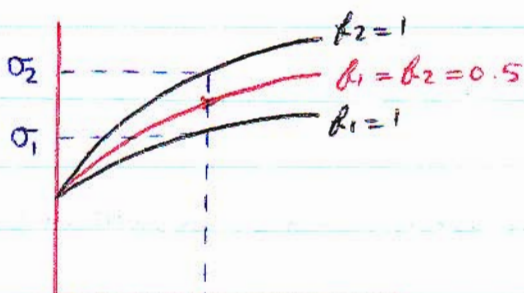
β_i : درصد حجمی فاز i

ϵ_i : کرنش فاز i

σ_1 در دو فاز کرنش های متفاوت دارد . در مخلوط $\beta_1 = 0.5$ ، نمودار از وسط AB می گذرد .

همچنین نمودار از صفر شروع نشده است و از نقطه ی تسلیم به بعد رسم شده است .

حالت دوم : کرنش بصورت یکنواخت پخش شده باشد :



$$\sigma_{average} = \sigma_1 \beta_1 + \sigma_2 \beta_2$$

σ_i : تنش فاز i

2 - فاز دوم بصورت ذرات زیر در فاز اول پخش شده است :



تشکیل رسوب چه تغییری در انرژی سیستم بوجود می آورد؟

کاهش انرژی. زیرا این رسوب بصورت فوق اشباع در فاز اول بوده است.

در نتیجه اگر رسوب تشکیل شود انرژی را کاهش می دهد. این کاهش انرژی

متناسب است با حجم رسوب (تعداد اتم های فاز دوم) از طرفی یک فصل مشترک بین فاز دوم

(β) و فاز اول (α) بوجود می آید، که انرژی را افزایش می دهد (انرژی تشکیل سطح) این افزایش

انرژی متناسب است با سطح. اگر رسوب بصورت کره باشد، کاهش انرژی متناسب است

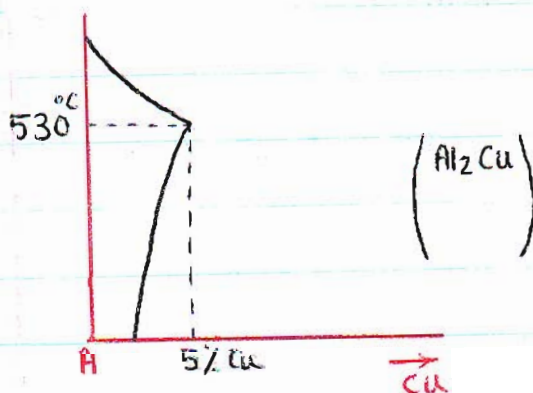
با r^3 و افزایش انرژی متناسب است با r^2 . بنابراین در هر دو مای این تغییرات انرژی به ایتیم

می رسد. (در یک شعاع r_0) بنابراین یک تعادل وجود دارد پس رسوب وجود دارد.

اندازه ی رسوب به دمای سیستم (دمای پیرسختی یا عملیات حرارتی) بستگی دارد یا بستگی به

انرژی دارد که به سیستم می دهیم.

تأثیر رسوب در سختی آلیاژ Al-Cu :



چسب رسوب از نظر تعادل باید Al_2Cu باشد.

زیرا Al_2Cu در نمودار (سمت دیگر) وجود دارد.

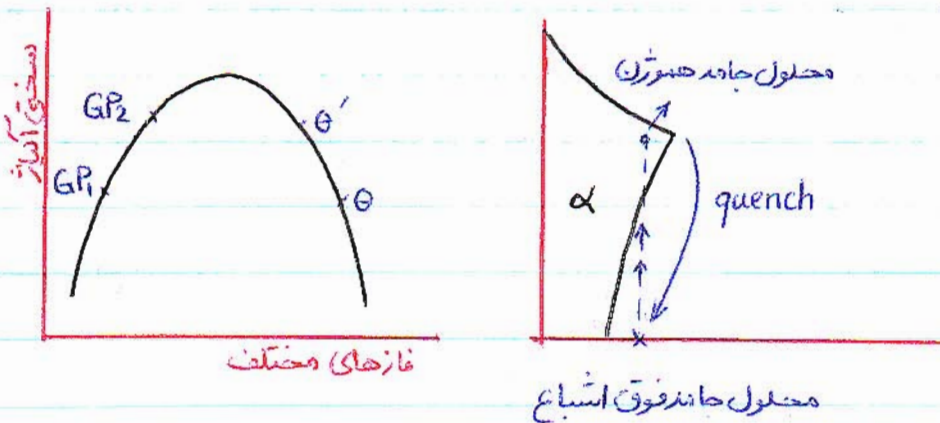
مراحل تشکیل رسوب از محلول جامد فوق اشباع :

Guinier - Preston

$$\text{فوق اشباع} \rightarrow \overbrace{GP_1} \rightarrow GP_2 (\theta'') \rightarrow \theta' \rightarrow \theta$$

بنابراین فاز دوم مراحل را طی می کند . این فازها در دماهای مختلف تشکیل می شود و

نسبتاً پایدارند .

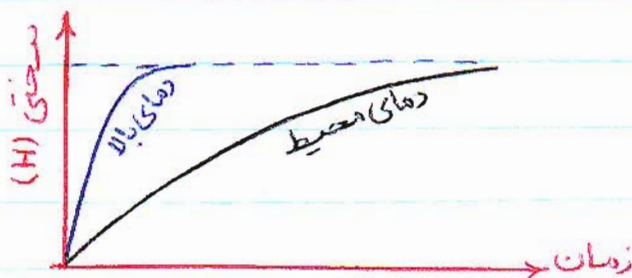


در مسیر رفت حرارت دادن نمی توان رسوبها را مطالعه کرد . زیرا فازهای گوناگونی وجود دارد

و ترتیب مشخصی ندارد .

اثر دما را روی نمونهی quench شده بررسی می کنیم .

در دمای محیط هم نمونه سخت می شود اما زمان زیادی می خواهد . هم چنین سختی از بیک



حدی بالاتر نمی رود .

در عملیات حرارتی تأثیر دما خیلی

بیشتر از زمان است . مثلاً اگر دما را 50°C زیاد کنیم، زمان سخت شدن نصف می شود .

86. i. 28

P(92)

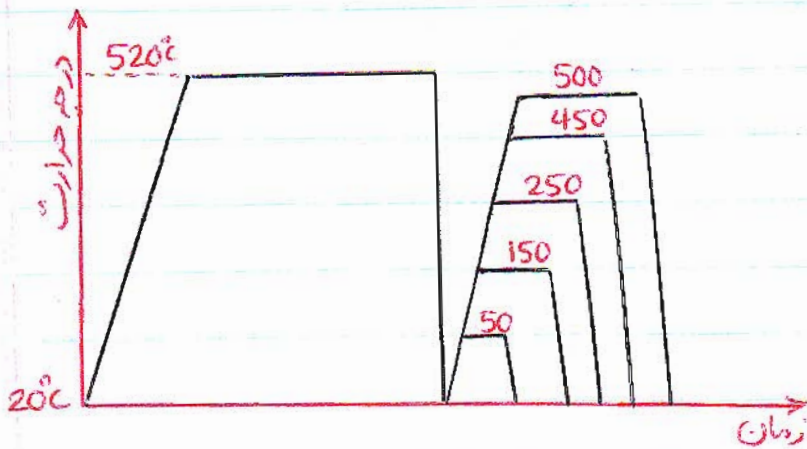
حال 5 نمونه Al-5%Cu در نظر می‌گیریم که در دمای 520°C به مدت 2 ساعت در کوره

مانده‌اند. همه‌ی نمونه‌ها را quench کرده و به دمای 20°C می‌رسانیم. در اینصورت

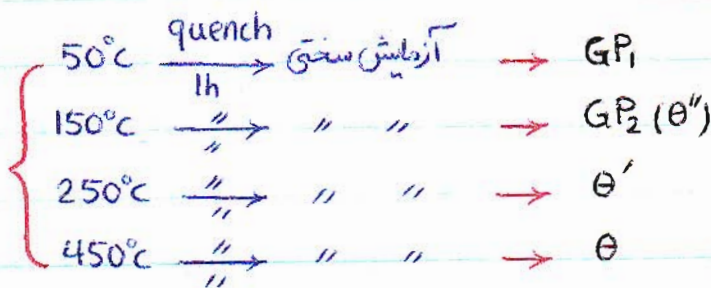
5 محلول جامد فوق‌اشباع داریم. نمونه‌ی اول را در همین دمای 20°C نگه می‌داریم. نمونه‌ی

دوم را تا 50°C حرارت می‌دهیم به مدت 1 ساعت و دوباره تا 20°C، کوئنچ می‌کنیم. همین

کار را برای نمونه‌ی دوم می‌کنیم ولی آن را تا 150°C حرارت می‌دهیم و به همین ترتیب.



مسیر انجام فرایند:

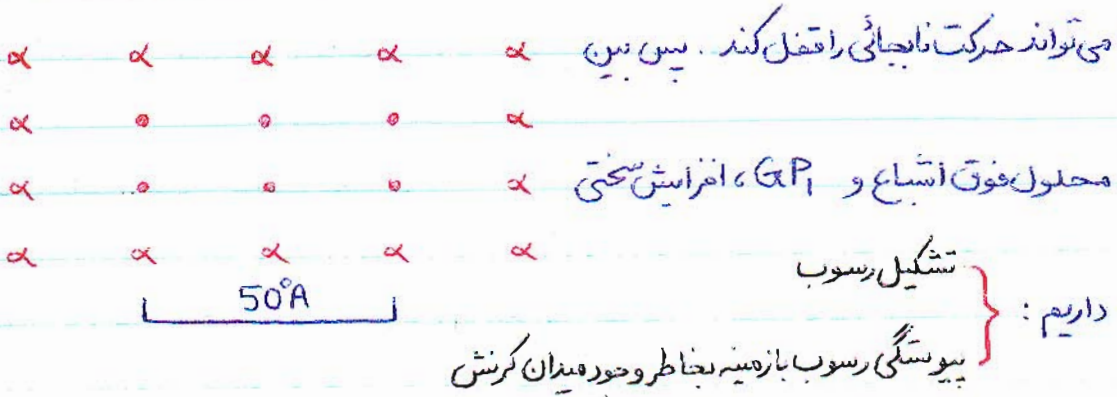


GP₁: نسبت به Cu غنی بوده و ذرات Al با ابعاد خیلی کوچک (50Å) در داخل

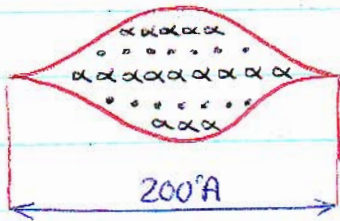
آن وجود دارد. رسوب با شبکه‌ی زمینه پیوستگی دارد (کوئورنت) چون اندازه اتم‌ها

Cu و Al یکسان نیست، میدان کرنش وجود خواهد داشت. (در اطراف رسوب)

اندازهی $Cu < Al$. از طرفی رسوب هم بازمینه پیوسته است . همین میدان کرنش



GP_2 : لایه ای از مس و Al داریم . ابعاد این رسوب در حدود $200^{\circ}A$ است .



از GP_1 به GP_2 افزایش سختی داریم :

بزرگ شدن رسوب ها }
 میدان کرنش پیوستگی (کوئرنیتی)

θ' : هنوز سختی بالاست . این رسوب ها ابعاد بزرگتری دارند ($1000^{\circ}A$) . در این حالت

شروع از دست دادن پیوستگی بازمینه است . یعنی از این مرحله به بعد ، پیوستگی شبکه‌ی

رسوب بازمینه کاهش می‌یابد . افزایش سختی ناشی از دو عامل است :

بزرگ شدن رسوب }
 پیوستگی ضعیف (با اندازه ای کوئرنیتی)

رسوب غیر پیوسته مقاومت بیشتری در برابر حرکت نابجایی دارد .

θ : (فاز تعادل ، 450°) یک فاز غیر پیوسته است با ابعاد خیلی بزرگ و اشکال مختلف .

در این حالت کاهش سختی داریم . و دلیل آن بزرگ شدن بیش از اندازه‌ی رسوب‌هاست .

تا قبل از این مرحله ، بزرگ شدن رسوب ، سختی را افزایش می‌داد . اما در این جا ، سختی

کاهش یافته است . علت چیست ؟

آلیاژ $Al-5\%Cu$ بود . یعنی مقدار مس محدود است . در حالت های قبلی ، رسوب‌ها

ریز بودند بنابراین تعدادشان زیاد بود و با ناچگائی‌ها برخورد می‌کردند . اما در این جا رسوب‌ها

بزرگ هستند بنابراین تعدادشان کم است . و ناچگائی‌ها می‌توانند از بین آن‌ها حرکت کنند .

بین تعداد رسوب و اجزاء آن یک حالت ایتیم وجود دارد :

ابعاد رسوب بزرگ شود ، میدان کرنش زیاد می‌شود و مقاومت بالا می‌رود .

ابعاد رسوب بزرگ شود ، از تعداد رسوب‌ها کم می‌شود و مقاومت پائین می‌آید .

بنابراین در یک حد وسطی ، مقاومت max خواهد بود .

رسوب پیوسته : در دمای پائین رسوب پیوسته بوجود می‌آید چون انرژی کمتری دارد . این

مقدار افزایش انرژی کم با اعمال تنش جبران می‌شود .

رسوب غیر پیوسته : هیچ اتصال بین رسوب و شبکه نیست . در نتیجه یک فصل مشترک

وجود دارد . هم چنین میدان کرنش را از دست می‌دهد . افزایش انرژی ناشی تشکیل سطح

با افزایش دما جبران می شود. بجای آنی افزایش دما این اثری را فراهم می کند.

نتیجه رسوب بزرگ تعادل دارد با جدا شدن از زمینه. و رسوب کوچک تعادل دارد با پیوسته بودن

باز زمینه.

86.2.2

1- رسوب پیوسته باز زمینه
2- رسوب غیر پیوسته باز زمینه } واکنش نابجائی با رسوب

در مورد رسوب پیوسته باز زمینه، جهات کریستالوگرافی رسوب و زمینه تقریباً یکی است. در نتیجه


نابجائی در برخورد با رسوب می تواند از آن عبور کند. در این مورد مکانیزم برش رسوب و یا

Catling مطرح است. در مورد رسوب غیر پیوسته باز زمینه، دوززدن رسوب یا **looping** مطرح است.

1- در ابتدا یک حالت قفل شدگی ایجاد می شود اما به دلیل آنکه زگر شد، نابجائی از رسوب عبور

می کند. نتیجه ی این عبور چیست؟

با دور شدن نابجائی رسوب بریده می شود.



یعنی یک لغزش در صفحات رسوب دیده می شود.

یعنی دو صفحه ی رسوب روی هم می لغزند. و این لغزش دلیل حرکت نابجائی است. (برای

نابجائی پله ای شکل مثل بالا می شود.)

دور شدن نایجائی همراه با افزایش انرژی است. چون فصل مشترک رسوب و زمینه افزایش

می یابد. در نتیجه نایجائی های بجری سطح بیشتری را باید طی کند. بجای آن میدان گسترده تری

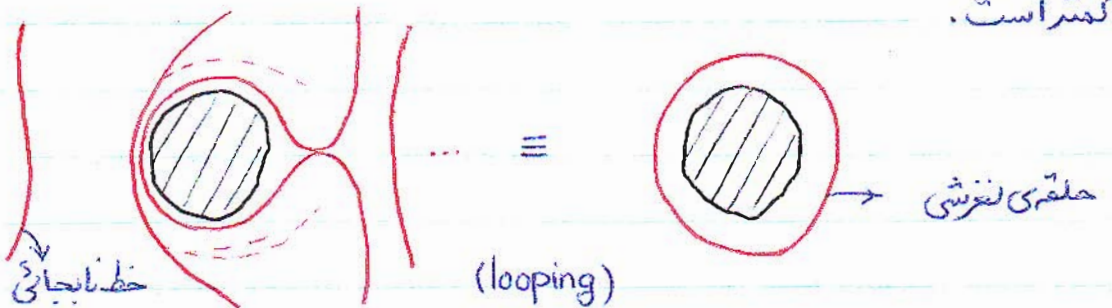
را باید طی کند.

2- رسوب غیر پیوسته باز زمینه :

در این حالت هیچ ارتباطی بین رسوب و زمینه وجود ندارد. در نتیجه نایجائی نمی تواند وارد

رسوب نشود. (اتصال بلوری وجود ندارد.) البته میدان کرنش نسبت به حالت قبلی

کمتر است.



یعنی نایجائی، یک حلقه نایجائی دور رسوب بوجود می آورد. در نتیجه نایجائی بجری رسوب

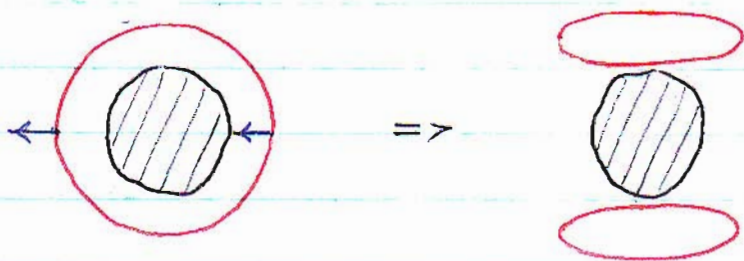
بزرگتری راهی بیند و یک حلقه دیگر دور آن بوجود می آورد. و به همین ترتیب. این حلقه

نایجائی یک میدان کرنش است که دور رسوب وجود دارد. اگر این میدان کرنش بالا تر برود ممکن

است رسوب دیگر نتواند تحمل کند. چون رسوب ها معمولاً سرد هستند. بنابراین بایک

مکانیزمی این رسوب باید از حلقه دور شود.

نابجایی چه با رسوب نیروی دافعه داشته باشد و چه جاذبه، در رسوب حلقه ایجاد می کند. بنا بر این وقتی که حلقه شده، اگر یک طرف، نیرو جاذبه باشد، طرف دیگر دافعه خواهد بود. در این صورت این حلقه، به دو حلقه می منشوری تبدیل می شود.



در واقع این نیروها، خط نابجایی را به گونه ای حرکت می دهند که یک حلقه به دو حلقه تبدیل می شود. در این صورت رسوب راحت تر می شود. واثری کاهش می یابد. با این حال، این حلقه در تابی پائین ترین سطح اثری نیست. اما اثری شروع آن کمترین است. بجای آن با کمترین اثری شروع می شود اما کمترین اثری نیست.

استحکام بخشی توسط الیاف :

کامپوزیت ها:

فاز ترد و سخت با استحکام بالا

فاز نرم

کامپوزیت از دو فاز تشکیل شده است :

مثلاً سرامیک استحکام بالایی دارد اما ترد و شکننده است و نسبت به خراش سطحی حساس

است. مثال دیگر AI است که نرم است و استحکام آن پائین است. اما وقتی الیاف

Al_2O_3 که ترداست در Al قرار می‌دهیم، سختی Al بالا می‌رود. چون Al_2O_3

در آن وجود دارد و فصل مشترک Al و Al_2O_3 نیز دیگر خیلی شکننده نیست.

کامپوزیت از دو قسمت تشکیل شده است:

1- فاز تقویت‌کننده: ذرات - الیاف 2- فاز زمینه (matrix)

روش ساخت کامپوزیت: مذاب - مذاب، مذاب - جامد، جامد - جامد (پودر)

روش ذرات سخت:

مثلاً مذاب Al را بطور مداوم توسط هیزن، هم می‌زنیم و در حین آن ذرات سخت SiC

را به آن اضافه می‌کنیم. بعد مذاب را در قالب ریخته و شیش $Al + SiC$ بزیست می‌آید.

البته خود این ذرات باید پیش‌گرم شوند تا احتلاط راحت‌تر صورت گیرد؛ چون دمای مذاب

بالاست؛ هدف این است که فاز SiC توسط مذاب تر شود.

روش دیگر: (Squeeze Casting)

در این روش پری‌فورم ذرات یا الیاف را در مرحله‌ی اول درست می‌کنند. مثلاً برای الیاف؛

ابتدا الیاف را با فشارده کردن به درصدی می‌رسانیم که مورد نظر است. مثلاً 30٪ الیاف و بقیه

چیزهای دیگر است، از جمله هوا. این پری‌فورم ممکن است از جنس ذرات باشد. در

این حالت، ذرات رافشرده می‌کنند و از چسب کلونتری هم استفاده می‌کنند. این چسب

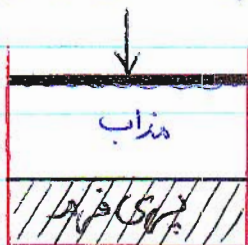
پف می‌کند. در نتیجه یک اسفنج از ذرات درست می‌دهد. در دما و فشار بالا این چسب

تبخیر می‌شود.

بعد از اینکه پری فورم آماده شد، آن را در انتهای محفظه قرار می‌دهند. به طرف چند سوراخ

وجود دارد تا هوا از آنجا خارج شود. بعد مذاب را در محفظه می‌ریزند و بعد با یک سببه فشار

اعمال می‌کنند. خود این پری فورم باید در برابر فشار ناشی از سببه و مذاب، استحکام داشته



باشد.

ماتورری پودر:

مثلاً ۱۰ درصد پودر SiC و ۹۰ درصد پودر Al را مخلوط می‌کنیم تا توزیع یکنواخت داشته

باشند. سپس پرس می‌کنیم و بعد هم زینتر انجام می‌دهیم. (در یک کوره حرارت می‌دهیم

بشرطی که ذوب نشود اما نفوذ هم راحت باشد.)

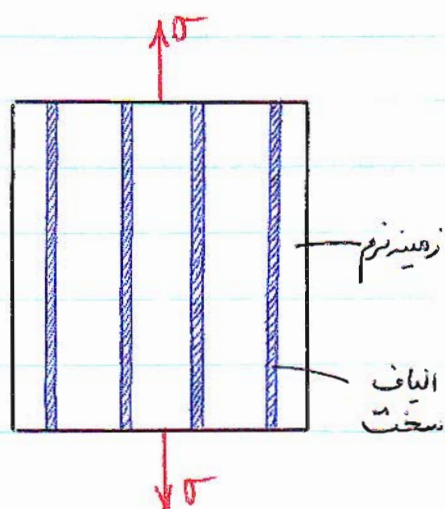
در واقع هدف رسیدن به دانسیته‌ی نسبی است. زیرا به هر حال مقداری حفره تشکیل می‌شود.

مکانیزم استحکام بخشی ذرات سخت:

تفاوت این مورد با سختی رسوبی در آن است که این ذرات با زمینه هم جنس نیستند. و ما این

ذرات راهی توانیم جدا کنیم . در نتیجه اختلاف ضریب انبساط حرارتی بین زره و محیط وجود دارد . بنابراین تعدادی حلقه های نایجائی ریا نایجائی در اطراف زره بوجود می آید . زیرا از دمای بالا به دمای محیط می رسیم . بنابراین اطراف زره ، دانسیته ی نایجائی بالاست و این خود باعث افزایش استحکام می شود . بنابراین هم خود زره و هم افزایش دانسیته ی نایجائی ها ، استحکام را بالا می برد . به همین علت ، اگر در صد ذرات زیاد شود ، سردی بالا برده و کارپذیری کم است . یک کامپوزیت زمانی ایده آل است که آرایش نایجائی ها در اطراف زره با هم تداخل نداشته باشد . بنابراین برای استفاده از کامپوزیت ، دانسیته ی ذرات محدود است . اگر آرایش نایجائی ها در اطراف زره با هم تداخل داشته باشند ، سردی بیشتر بالا می رود . مثل اینکه یک فلز را خیلی تغییر شکل دهیم ؛ در واقع سرد خواهد شد . برای همین باید یک اپتیمم را در نظر گرفت . این نایجائی ها ، نایجائی های لازم هندسی هستند .

استحکام بخشی توسط الیاف :

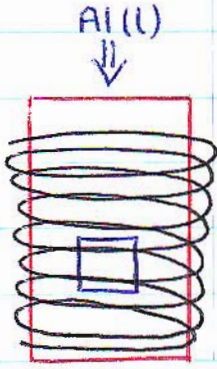


الیاف در یک جهت بوده و اعمال نیرو ننیزد

جهت الیاف است .

در روش Squeeze چون الیاف فشرده شده اند، در یک جهت نیستند. اما می توان

کامپوزیت را طوری ساخت که الیاف در آن موازی باشد:



دور یک ورقه فولادی کلفت، الیاف می بچیم.

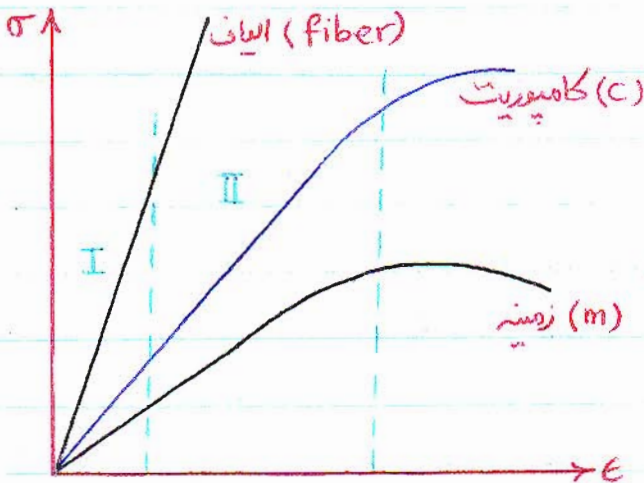
بعد از بالا مذاب (مثلاً Al(l)) را می ریزیم.

سطح ستان داده شده الیاف بصورت موازی هستند.

در کامپوزیت، زمینه نقش انتقال تنش و الیاف نقش تحمل تنش را دارند. بین زمینه و الیاف

یک فصل مشترک قوی وجود دارد و جدا نمی شوند.

کامپوزیت چسبی دوفازه است و می توان معنی تنش - کرنش آن را رسم کرد. حین منطقه



راهی توان تشخیص داد:

I الیاف و زمینه در محدوده

الاستیک هستند. (حد این منطقه

یک زمینه است)

II الیاف در منطقه الاستیک و زمینه در منطقه پلاستیک است.

III الیاف و زمینه هر دو در محدوده پلاستیک هستند. اگر الیاف کاملاً الاستیک باشد،

کامپوزیت می شکنند . اگر الیاف مثل فولاد باشد می توان وارد منطقه ی III شد .

IV . الیاف شکسته میشود . در نتیجه کامپوزیت می شکنند . بنابراین کامپوزیت یا در مرحله

سوم یا در مرحله چهارم می شکنند و این بستگی به فاز الیاف دارد که به منطقه ی IV (بعد از پلاستیک)

می رسد یانه . اما در کل منطقه ی I و II مهم است .

I . در این منطقه ، خود کامپوزیت هم در محدوده ی الاستیک است .

$$E: \text{مدول یانگ} \quad v: \text{درصد حجمی} \quad E_c = E_f V_f + E_m V_m$$

II . کامپوزیت نیمه الاستیک است . (شبیه الاستیک) چون زمینه موقع رفتن (کشیده شدن)

تغییر شکل پلاستیک داده ، اما الیاف تغییر شکل الاستیک . با حذف نیرو چون اتصال بین این

دوقوی است ، الیاف ، فاز زمینه را هم با خود به حالت اول می آورود . یعنی زمینه یک نیروی

فشاری را تحمل می کند .

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f)$$

(درصد حجمی زمینه)

σ_c : استحکام کششی کامپوزیت (در محدوده ی II)

σ_f : استحکام کششی الیاف V_f : (درصد حجمی الیاف)

σ'_m : تنش است که زمینه در آن لحظه تحمل می کند ، چون الیاف نمی گذارند زمینه به استحکام کششی

خود برسد .

هدف از به کار بردن الیاف در کامپوزیت، قوی کردن زمینه است. بنابراین کامپوزیت

زمانی مفید است که: $\sigma_c > \sigma_u = \sigma_{uts}$ زمینه

می توان یک حجم بحرانی (V_{cr}) تعریف کرد بطوریکه در این حجم، $\sigma_c = \sigma_u$. در نتیجه

کامپوزیت مفید دارای حجم الیافی بیش از V_{cr} است.

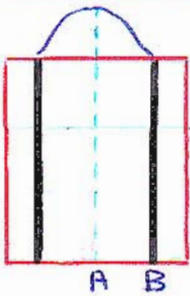
$$V_F > V_{cr} \Rightarrow \sigma_c > \sigma_u \quad ; \quad V_F = V_{cr} \Rightarrow \sigma_c = \sigma_u$$

$$\sigma_c = \sigma_F V_F + \sigma'_m (1 - V_F) = \sigma_u \quad \Rightarrow \quad V_{cr} = \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_F - \sigma'_m}$$

آیا می توان درصد حجمی الیافی در نظر گرفت که استحکام را کاهش دهد؟ بله. در این

حالت V_{min} از الیاف وجود دارد که حجم های کمتر از آن، زمینه را تقویت نمی کند بلکه

تضعیف می کند.



$V < V_{min}$: الیاف سرعت می شکنند:

در A تغییر شکل max است چون الیافی وجود ندارد. در B

تغییر شکل صفر است زیرا الیاف تغییر شکل پلاستیک نمی دهد و به زمینه چسبیده است.

در واقع گرادیان تغییر شکل وجود دارد. بنابراین نیروی فشاری به الیاف وارد می شود. هر چه

میزان گرادیان بیشتر باشد، نیروی وارده به الیاف نیز بیشتر است. بنابراین الیاف خواهد

شکست و در نتیجه کامپوزیت می شکند.

$$\sigma_c = \sigma'_m (1 - V_F) = \sigma_u (1 - V_F) \quad : V_F < V_{min}$$

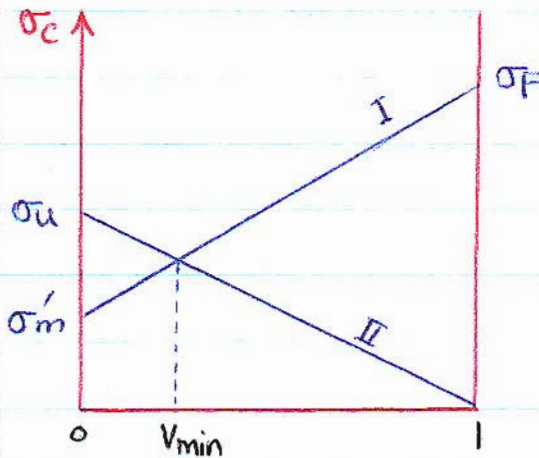
σ_F صفر است. ملاحظه می شود σ_c از σ_u کمتر است.

$$\sigma_c = \sigma_F V_F + \sigma'_m (1 - V_F) \quad : V_F > V_{min}$$

درست آوردن V_{min} :

$$\sigma_u (1 - V_F) = \sigma_F V_F + \sigma'_m (1 - V_F) \Rightarrow V_F = V_{min} = \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_F + \sigma_u - \sigma'_m}$$

منحنی تغییر استحکام بر حسب درصد الیاف:



$$\left\{ \begin{array}{l} V_F = 0 \rightarrow \sigma_c = \sigma'_m \\ V_F = 1 \rightarrow \sigma_c = \sigma_F \end{array} \right.$$

$$\text{I) } \sigma_c = \sigma_F V_F + (1 - V_F) \sigma'_m$$

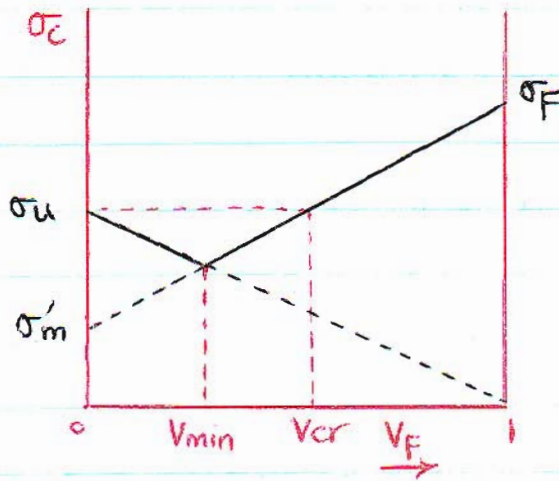
$$\text{II) } \sigma_c = \sigma_u (1 - V_F) \quad \text{برای خط II}$$

$$V_F = 0 \rightarrow \sigma_c = \sigma_u \quad ; \quad V_F = 1 \rightarrow \sigma_c = 0$$

بین V_{min} و V_{cr} با افزایش درصد الیاف، تازه استحکام به σ_u می رسد که هنوز مفید

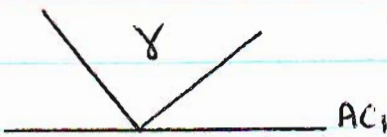
دهی باشد. از V_{cr} به بعد، افزایش استحکام مفید (بالای σ_u) شروع می شود.

از طرف دیگر ایف زیادی هم سردی را بالا می برد و مفید نمی باشد.

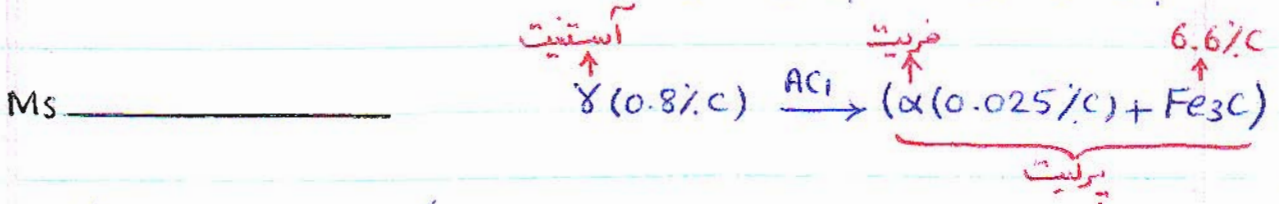


منحنی در واقع خطوط پیرنگ می باشد.

استحکام بخشی توسط فاز مارتنزیت:



برای فولاد با 0.8٪ کربن (یونکتوئید):



استحکامی که α به γ وابسته به نفوذ است. زیرا توزیع اتم کربن عوض شده است. یک فاز

کربن کم تر دارد (α) نسبت به فاز دیگر (γ). یعنی اتم های کربن باید یکجا جمع شوند تا

سختی (Fe3C) را بوجود آورد. این حرکت اتم های کربن تابع دما و درجه حرارت یا بطور

کلی نفوذ است.

اگر آلیاژ فوق از دمای آستنیت به Ms کولنج شود:

آهن از F.C.C به B.C.C تبدیل می‌شود. هم‌چنین نفوذ انجام نمی‌گیرد.

در دماهای بالا تا $2/2$ محلول است F.C.C :

حد اکثر 0.025٪ کربن در خود حل می‌کند B.C.C :

با کاهش درجه حرارت، میزان حلالیت بشدت کاهش می‌یابد در نتیجه این اتم‌های

اضافی کربن موجب سخت شدن مارتنزیت می‌شود. سختی مارتنزیت بدلیل دانسیته^s

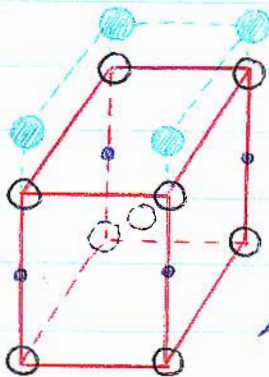
بالای نایجابائی‌ها هم می‌باشد. (بدلیل کوئنچ کردن) در تبدیل مارتنزیت نفوذ اصلاً تأثیری

ندارد. چون حرکتی صورت نمی‌گیرد.

وجود اتم‌های اضافی کربن :

در شبکه‌ی B.C.C حلالیت نسبت به اتم کربن کم است. اتم‌های کربن در این صورت

بصورت فوق اشباع در محل‌های بین نشینی قرار می‌گیرند. در این صورت شبکه‌ی B.C.C



به BCT (Body Centered Tetragonal) تغییر می‌یابد.

رواقع بخاطر قرار گرفتن اتم‌های کربن در موقعیت‌های مشخص

در یک جهت فواصل آتی زیاد شده است. خود این تغییر ساختار

استحکام را بالا می‌برد. این انبساط شبکه بخاطر یک جهت است نه در هر سه جهت

توجیه دیگر: اتم‌های کربن بصورت خوشه‌ای در می‌آیند. مثل منطقه‌ی GP.
 در کونینج‌کران، تنش‌های داخلی زیاد می‌شود، در نتیجه دانسیته‌ی نابجائی‌ها زیاد است.

* تشکیل فاز مارتنزیت با افزایش حجم همراه است.

ساختار جسم کار سرد شده (Cold-work):

وقتی جسمی را تغییر شکل پلاستیک می‌دهیم، هم خواص فیزیکی و هم مکانیکی تغییر می‌کند:

1- افزایش دانسیته‌ی نابجائی‌ها

2- افزایش دانسیته‌ی عیب نقطه‌ای (vacancy)

در هر دو حالت افزایش بی‌نظمی داریم و در نتیجه افزایش انرژی.

تنها 10٪ از انرژی در داخل جسم ذخیره می‌شود، بقیه بصورت گرما هدر می‌رود.

بعد از این افزایش انرژی، می‌خواهیم آنرا به حالت تعادل برگردانیم. باید برای این کار، آنرا

حرارت بدهیم. (Annealing) به عبارتی خواص فیزیکی و مکانیکی بازیابی شود و به

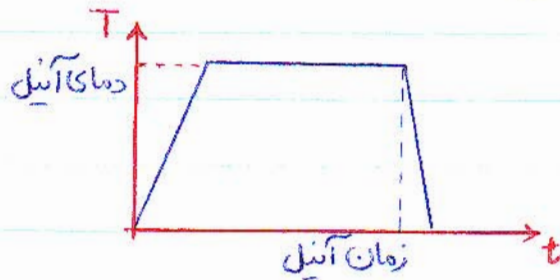
حالت تعادل برگردد. برگشتن به حالت تعادل چند مرحله دارد:

1- بازیابی: اولین قدم در برگشتن به حالت تعادل است. معمولاً برای عیب نقطه‌ای است.

دردهای پائین هم بازیابی شروع می‌شود.

2- تبلور مجدد

نسیکل آئیل کردن بصورت زیر است:



تعریف کار سرد: تغییر شکل پلانسٹیک در دمای که هیچگونه بازیابی صورت نمی‌گیرد.

به همین خاطر، در منحنی تنش - کرنش، دما باید ذکر شود.

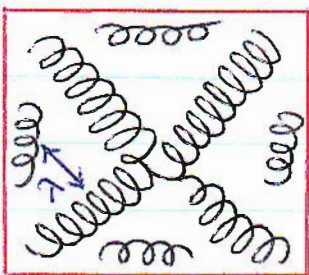
کار سرد در واقع بصورت نسبی است. AI تجارتی در دمای محیط کار سرد است اما AI

خالص در دمای محیط کار سرد نیست.

* ممکن است در حین تغییر شکل پلانسٹیک نیز بازیابی انجام شود.

کار سرد یعنی افزایش دانسیته‌ی نایجائی‌ها. یعنی در محل‌هایی دانسیته بالاست و در

محل‌های دیگر پائین است.



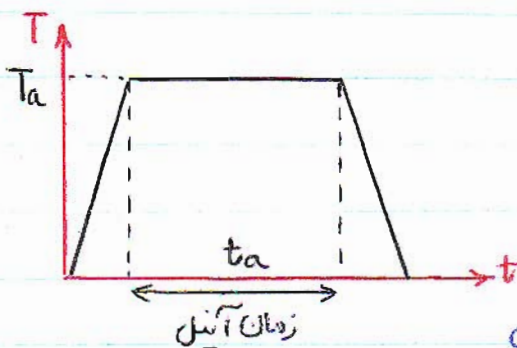
با افزایش درصد کار سردی (تغییر شکل پلانسٹیک)

محل‌های با دانسیته‌ی بالای نایجائی فشرده‌تر

می‌شوند. و وسعت این محل‌ها زیاد خواهد شد.

ساختار، همان ساختار AI اولیه می شود اما دانه بزرگی آن فرق می کند. بعباری خواص اولیه AI را پیدا می کند که تغییر شکل پلاستیک نداده است؛ انگار AI دیگری داریم که خواص AI اولیه را ندارد اما مانند AI می ماند که تغییر شکل پلاستیک پیدا نکرده است. در واقع اندازه دانه های این AI با AI اولیه فرق می کند. مثلاً اندازه دانه های AI اولیه در حد mm بوده ولی اندازه دانه های AI بعد از annealing در حد μm است.

آینل کلمه ای عام است. بسته به هدفی که داریم، فرایند آینل کردن عوض می شود. (T و t_a)



سیکل آینل کردن:

مثلاً برای آلیاژ Ni-Cu که دچار زنگار گسیون

کریستالی (coring) شده است یک فرایند برای

آینل داریم (هموزن کردن)

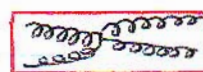
تنش زدایی خودی نوع annealing است. (ابتدا گرم کرده سپس سرد می کنیم تا بخاطر

کاهش دانسیته ی نابجایی، نرم تر شود.)

آینل کردن مورد نظر ما، رگزیستالیزاسیون (تبلور مجدد) است: (Recrystallization)



تغییر شکل
پلاستیک



دانسیته ی نابجایی بالاست و انرژی و بی نظمی دانه بالا می باشد.

مراحل تجدید تبلور:

1- بازیابی ← عیوب نقطه‌ای به حالت اولیه برمی‌گردند.

2- بوجود آمدن حوانه‌های جامد جدید ← دما و زمان اثر دارد.

3- رشد حوانه‌های جدید ← " " " "

4- تشکیل دانه بندی جدید ← " " " "

5- رشد دانه

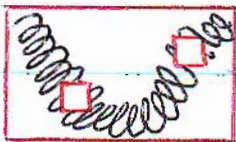
1- ← عیوب نقطه‌ای نسبت به دما خیلی حساس هستند و اولین عیوبی هستند که به تعادل

می‌رسند (Vacancy). در این مرحله خواص فیزیکی بدست می‌آید. (بازیابی خواص فیزیکی)

مثلاً مقاومت الکتریکی برمی‌گردد.

2- ← در قسمتی که بی‌نظم تر است یک حوانه جدید بوجود می‌آید که کمترین عیب را دارد. مثل

حوانه‌های انجماد. چون انرژی بالاست امکان ایجاد حوانه وجود دارد.



حالت دوم. مرزدانه از قسمت‌های پاداشسته‌ی

ناجائی کمتر به سمت عیوب بالا حرکت می‌کنند.

بکسری مناطق بی‌عیب ایجاد می‌شود.

3 ← بارشد این جوانه‌ها دانه بیزی جدید شروع می‌شود. اندازه و جهت این دانه بیزی

به دانه بیزی قبلی ربطی ندارد. در این مرحله خواص مکانیکی بازیابی می‌شود.

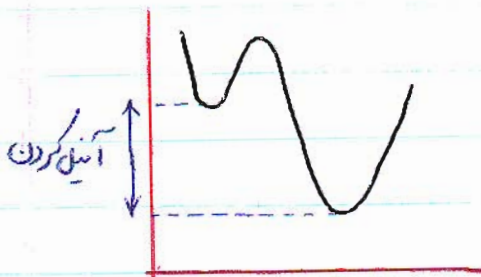
4 ← با ادامه دادن آنبیل یعنی حرارت دادن، دانه بیزی موجود رشد می‌کند.

کاهش انرژی → حرارت دادن → افزایش انرژی → تغییر شکل پلاستیک

مقداری از این حرارت پس داده می‌شود و مقداری از آن با اندازه‌ی انرژی تغییر شکل پلاستیک

است. در واقع ما انرژی مصرف نمی‌کنیم (انرژی در جسم ذخیره نمی‌شود) در واقع این

انرژی حرارتی، انرژی اکتیواسیون است. بجای انرژی می‌دهیم تا انرژی اش را پس دهد.



جوانه‌های جدید در جاهای بوجود می‌آیند که حالت

خاصی دارد. تعداد جوانه‌های جدید وابسته به

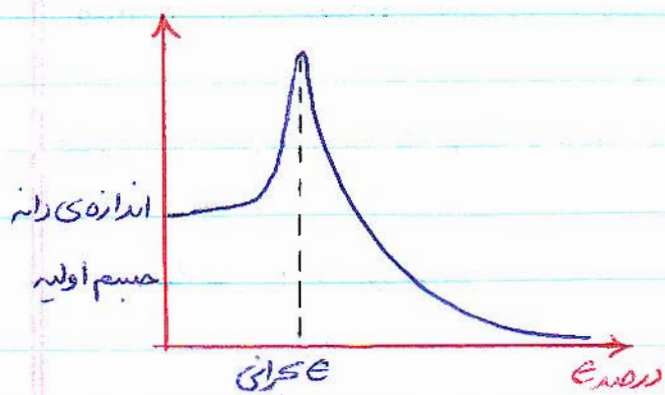
درصد تغییر شکل پلاستیک است.

بی نظمی متناسب است با درصد تغییر شکل پلاستیک. پس احتمال جوانه زنی رابطه‌ی مستقیم

با بی نظمی دارد. هرچه تعداد جوانه‌های جدید بیشتر شود، اندازه بیشان کوچکتر می‌شود. پس

اندازه‌ی دانه‌های جدید رابطه‌ی عکس با درصد تغییر شکل پلاستیک دارد.

در نمودار اندازه‌ی دانه‌ها بعد از آنبیل کردن - درصد ϵ بصورت زیر است:



تا قبل از E بحرانی، اندازه‌ی دانه‌های

جسم تغییری نگرفته است. در E_{cr}

اولین جوانه‌ها بوجود می‌آید.

از E_{cr} به بعد، کاهش اندازه‌ی دانه

مشاهده می‌شود. درصد E باید از E_{cr} بیشتر باشد تا تجزید تبلور با آئیل کردن

صورت گیرد. تا قبل از E_{cr} ، پلی‌گونیزاسیون صورت می‌گیرد. پلی‌گونیزاسیون به

معنی چندشکلی شدن است. با حرارت دادن نابعجائی‌ها فرم خاصی می‌گیرند. یعنی نابعجائی‌ها

به تعادل مکانیکی می‌رسند. بجای نابعجائی‌ها در جهاتی قرار می‌گیرند که کمترین نیرو را به

هم وارد کند.



بدین ترتیب مرزهای غریبی فرم می‌گیرند.

پس: قبل از E_{cr} پلی‌گونیزاسیون داریم و بعد از E_{cr} تبلور مجدد داریم.

تذکر: در شرایط مساوی یعنی زمان و دمای آئیل یکسان، جسمی که تغییر شکل بیشتری

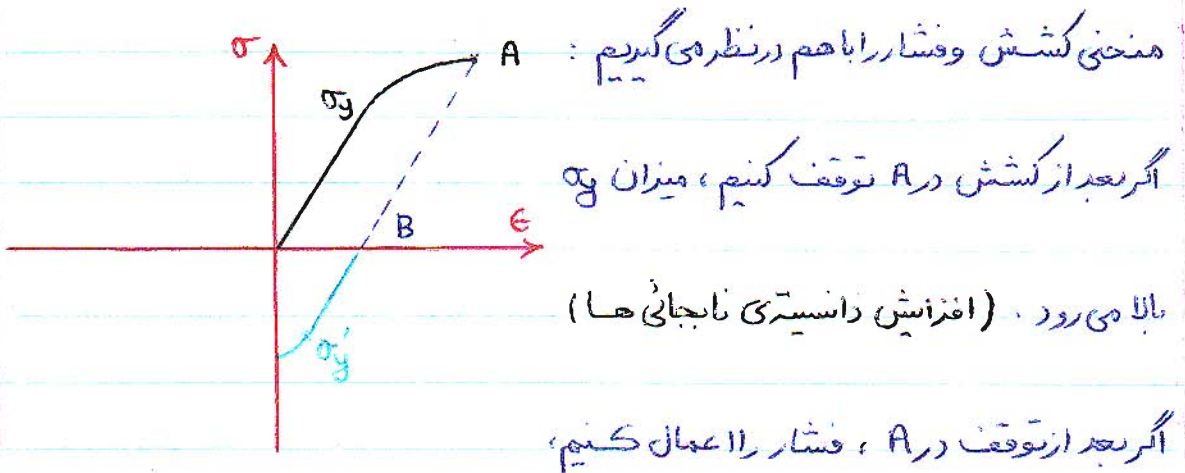
دارد، دانه‌های ریزتری دارد.

اثر دما در آئیل کردن خیلی بیشتر از زمان است. دما اگر 50° زیاد شود، زمان نصف می‌شود.

میزان دما و زمان آنیل کردن مخصوصاً دما، به خلوص نیربستگی دارد. اگر دمای آنیل کردن Al تجاری، 450°C باشد برای Al خالص، 200°C کافی است. پس خلوص هم در شرایط آنیل تأثیر دارد.

اثر بویسینگر:

وابسته بودن تغییر شکل به جهت اعمال نیرو را نشان می دهد.



مبهم حین راحتی تر تغییر شکل می دهد (این بار منحنی از B شروع می شود).

یعنی تنش تسلیم گفته می شود در صورتیکه اگر در B دوباره بخواهیم اعمال کشش کنیم، σ_y بالا رفته است. علت چیست؟ تنش های پسماند.

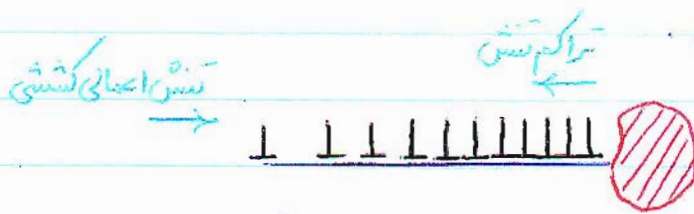
قبلاً گفتیم حرکت نابجائی ها ادامه می یابد تا به یک مانع برسند. در این صورت در اثر افزایش

تراکم نابجائی ها، نیرویی خلاف جهت، تنش اعمالی بوجود می آید.

حال اگر در جهت عکس تنش وارد شود، نایجائی‌ها برنخواهند گشت زیرا همواره با اعمال تنش طول نایجائی زیاد می‌شود. در حالت اول این تراکم تنش به سمت چپ نیرو وارد می‌کند (مخالف تنش اعمالی کشش) اما با فشار دادن، تنش در جهت تنش تراکمی است و نایجائی‌ها راحت‌تر می‌توانند حرکت کنند.

هم چنین می‌توان گفت در جهات خاصی تنش به میزان بحرانی نرسیده است و هنوز

نایجائی حرکت نکرده و خود دارد.



شکست : Fracture:

عبارست از جدا شدن یا خوردن یک قطع به چند تکه در اثر یک تنش استاتیکی در دمای پایش نسبت به نقطه ی ذوب .

رو نوع شکست داریم : ترد و نرم . دسته بندی بر اساس قابلیت تغییر شکل پلاستیک انجام میشود . مواد نرم قبل از شکست تغییر شکل پلاستیک انجام میدهند و انرژی زیادی جذب میکنند .

نرمی ممکن است با درصد زیاد طول در صد کاهش سطح مقطع نشان داده شود . نرمی تابعی از دمای ماده ، نرخ کرنش ، و حالت تنش است .

فرایند شکست در پانچ به اعمال تنش ، دو مرحله دارد : شکل گیری ترک و اشاعه ی آن . نوع شکست به مکانیزم انتشار ترک بسیار وابسته است . شکست نرم توسط تغییر شکل وسیع در نزدیکی ترک در حال رشد ، شکل می گیرد . علاوه بر این فرایند با افزایش طول ترک به آرامی اتفاق می افتد . (ترک پایدار) این بدان معنی است که ماهنگامه تنش اعمالی ثابت است ، ترک گسترش نمی یابد . علاوه بر این بطور معمول گواه تغییر شکل محسوس در سطح شکست است .

برای شکست ترد ، ترک ها بدون کوچکترین تغییر شکل پلاستیک ، بسیار سریع اشاعه می یابد . (ترک نا پایدار) و اشاعه ی ترک به یکباره شروع می شود و خود بخود بدون تغییر در اندازه ی تنش اعمالی گسترش می یابد .

به دو دلیل همواره شکست نرم برای ما برجسته است : شکست ترد بطور آبی و فاجعه بار بدون هشدار اتفاق می افتد که این ناشی از اشاعه سریع ترک است . از طرف دیگر در شکست نرم تغییر شکل پلاستیک به ما هشدار می دهد که شکست در حال اتفاق افتادن است . دوم آنکه چون مواد نرم ، چقرمه تر هستند انرژی کرنشی بیشتری نیاز است تا شکست نرم اتفاق افتد .

اکثر آلیاژها ، نرم و سرامیک ها ترد و پلیمرها نرم و ترد (گاهی نرم و برضی ترد) هستند .

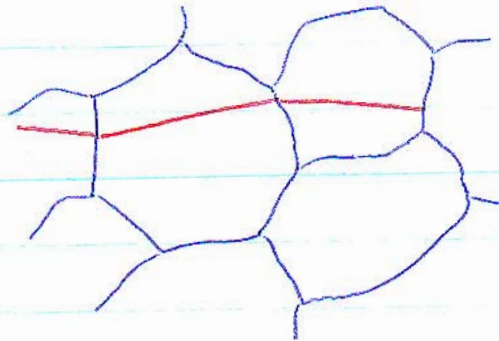
شکست ترد:

جهت حرکت ترک، تقریباً عمود بر جهت تنش کششی اعمالی می باشد و نتیجه‌ی آن سطوح شکستی نسبتاً مسطح است.

در سطح مقطع برخی قطعات فولادی، یک سری خطوط و علامت‌های V شکل ممکن است دیده شود که به سمت محل شروع ترک اشاره می‌کنند.

برای بسیاری از مواد کریستالی، انتشار ترک از شکستن بیایی پیوندهای اتمی در امتداد صفحات کریستالوگرافیک معین ناشی می‌شود که این فرایند، cleavage نام دارد. این نوع شکست را درون دانه‌ای می‌نامند. بدلیل اینکه ترک‌های شکست از میان دانه‌ها عبور می‌کنند. بطور ماکرو اسکوپ، سطح شکست می‌تواند دانه دانه یا برش برش باشد که این ساختار ناشی از تغییر در صفحات (جهت صفحه) از یک دانه به دانه دیگر است.

در برخی آلیاژها، انتشار ترک در مرز دانه‌ها صورت می‌گیرد. (شکست مرز دانه‌ای)



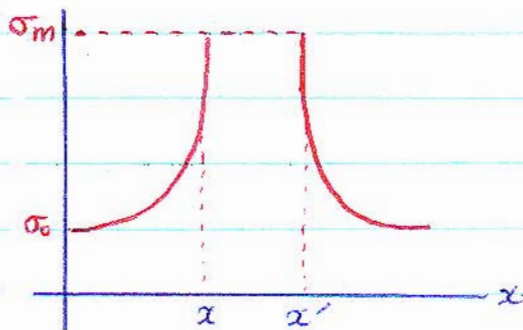
مکانیزم تنش:

مقاومت در برابر شکست یک ماده‌ی جامد، تابعی است از نیروهای چسبندگی موجود بین اتم‌های آن ماده. بر این اساس استحکام چسبندگی تئوری یک جامد الاستیک ترد، حدود $\frac{E}{10}$ تقریباً رده شده است. (E: مدول الاستیسیته‌ی ماده)

اختلاف بین مقدار تئوری و تجربی مقاومت در برابر شکست، وجود صفحات‌های یا ترک‌های بسیار ریز

می باشد که همواره در شرایط عاری در سطح اجسام و نیز در قسمت داخلی آنها وجود دارد. این ترک ها موجب کاهش مقاومت در برابر شکست می شوند زیرا تنش اعمالی در رأس ترک متمرکز می شود.

در واقع اگر بار اعمالی σ_0 باشد در محل های وجود ترک، بار فوق معادیر بیشتری خواهد داشت.



اگر فرض کنیم که ترک بیضی شکل است و نمودر جهت اعمال تنش قرار دارد، بیشترین تنش در انتهای ترک (σ_m) برابر است با:

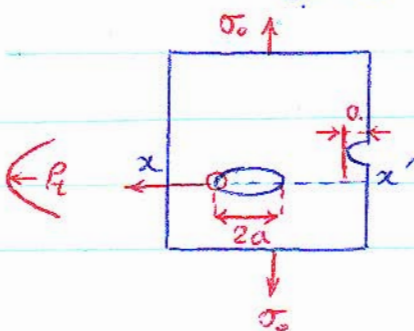
$$\sigma_m = 2 \sigma_0 \left(\frac{a}{\rho_t} \right)^{1/2}$$

σ_0 : تنش اعمالی نامی
 ρ_t : شعاع انحنا در رأس ترک
 a : طول ترک واقع در سطح مقطع یا نصف طول ترک داخلی

برای ترک های ریز نسبتاً بزرگی که شعاع انحنا کمی دارند: $\left(\frac{a}{\rho_t} \right)^{1/2}$ عددی نزدیک است:

$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2 \left(\frac{a}{\rho_t} \right)^{1/2}$$

K_t : ضریب تمرکز تنش. به معنای برای مقدار شدید تنش خارجی σ_0 .



تشدید تنش تنها به این ترک های میکرو کوبی محدود نمی شود بلکه این تشدید ممکن است در ناپایداری های داخلی مثل حفره ها، گوشه های تیز و سایرهای ۲ شکل رخ دهد.

مقدار بحرانی تنش مورد نیاز برای انتشار ترک در مواد ترد:

$$\sigma_c = \left(\frac{2E\lambda_s}{\pi a} \right)^{1/2}$$

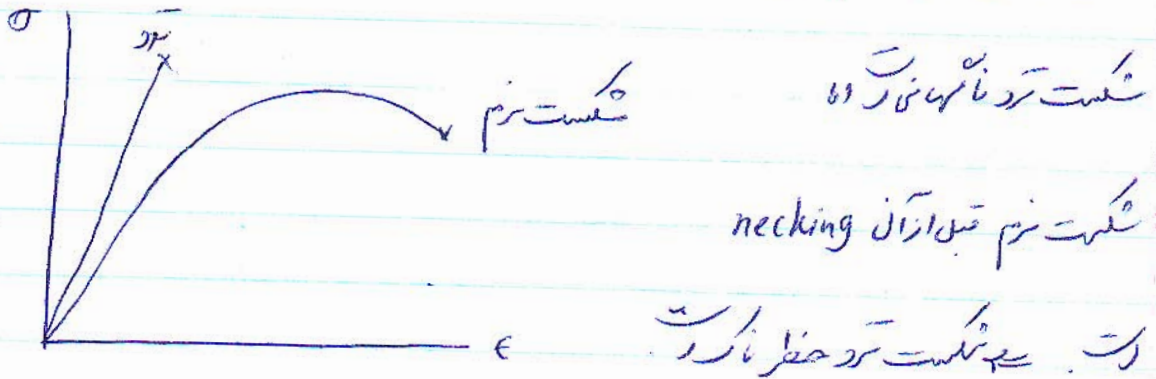
انرژی سطح: γ_s or λ_s

تذکره: اثر بالا برنده تنش بیشتر در مواد ترد محسوس تر است نسبت به مواد نرم. برای مواد نرم در صورت بالا رفتن مقدار تنش ماکزیمم از مقدار تنش تسلیم، تغییر شکل پلاستیکی رخ می دهد. در این پدیده باعث مینواختن تر تنش در مجاورت عوامل بالا برنده تنش و وجود آدنن max ضریب تمرکز تنش به مقدار کمتر از مقدار تئوری آن میشود.

(Fracture)

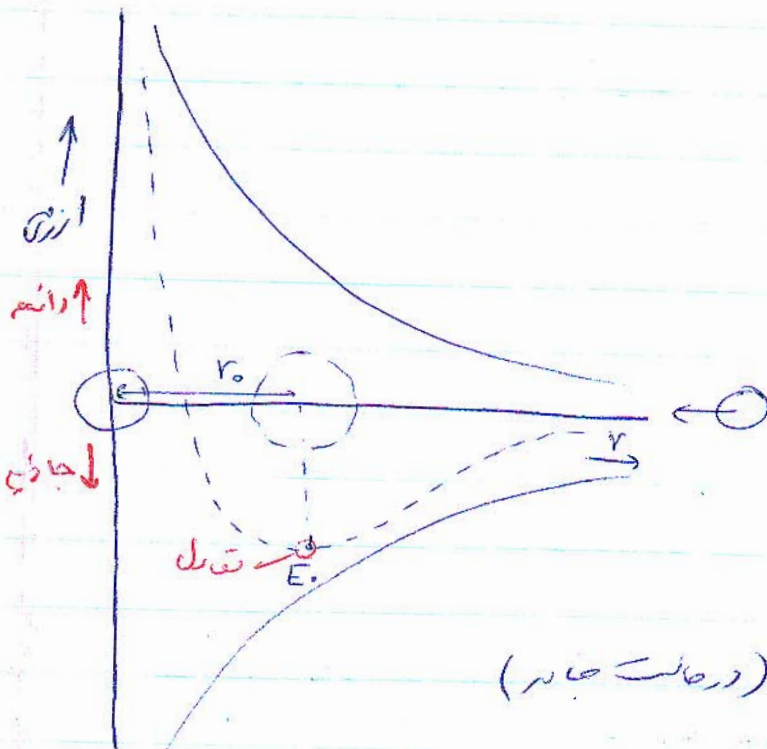
شکست :

بسم الله تعالی شکل بدستگاه انجام بوردینگ در نوع است : نرم - ترد



در استیت بیتری دارد شکست جداره سطحی است

تنش تئوری شکست :



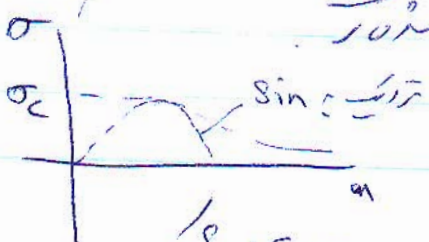
جاذبه بین یون ها

دانه بین اتم ها

در r_0 از ته \min است

جمع نیروها به هم دارد (در حالت جاذبه)

این فاصله برابر هوکسلی از اتم ها در جداره سطحی است



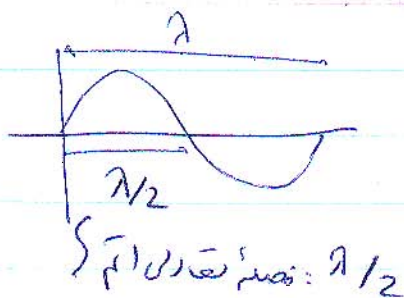
در این حالت این در اتم

P(2)

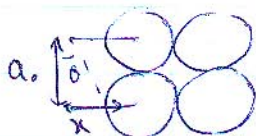
$$\sigma = \sigma_c \sin \frac{2\pi a_n}{\lambda} \approx \sigma_c \frac{2\pi a_n}{\lambda}$$

$$\frac{d\sigma}{da_n} = \frac{2\pi\sigma_c}{\lambda}$$

$$\sigma = E\epsilon$$



مکروبیات



$\tan \theta \sim \gamma = \frac{x}{a_0}$ یکی از اتم‌ها به اندازه x جابجا شود.

$$\frac{d\sigma}{da_n} = \frac{E}{a_0} \quad ; \quad \sigma = \frac{E x}{a_0}$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi\sigma_c}{\lambda} = \frac{E x}{a_0} \rightarrow \boxed{\sigma_c = \frac{E \lambda}{2\pi a_0}}$$

کماند تقریبی است. (10% = 20 خطا دارد)

$$a_0 \sim \lambda \quad \text{or} \quad a_0 \sim \frac{\lambda}{2}$$

$$a_0 \sim \frac{\lambda}{2} \rightarrow \boxed{\sigma_c = \frac{E}{\pi}}$$

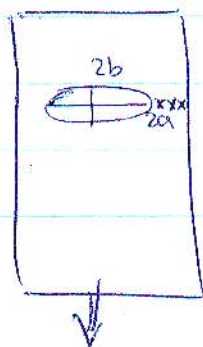
تنش حین بارگذاری

ما به این تنش نگاه می‌کنیم رسیدن اصطام ترد در تنش‌های حین کار از این خواهد بود.

$$\sigma_c \ll \sigma_F \text{ (تنش با محور کشش)}$$

$\int \sigma$ (applies)

مکانیزم دیگری وجود دارد:



در سگت ترد، فاکتور تراکم تنش را تعریف می‌کنند.

ترد در حجم ترد، صفه‌های سطحی شکل وجود دارند.

P(3)

ساده‌ترین موردی است که موضعی صحنی را در نظر می‌گیرد σ_L

$$\sigma_L = \sigma_a \left(1 + \frac{2a}{b}\right)$$

a: نصف قطر بزرگ صحنی
 b: " " " کوچک
 تنش موضعی در انتهای قطرها
 تنش اعمالی

$$\rho = \frac{b^2}{a} \quad \left(\begin{array}{l} \text{نصف ضخامت صحنی در انتهای} \\ \text{قطر بزرگ} \end{array} \right) \quad b \leq \sqrt{\rho a}$$

$$\Rightarrow \sigma_L = \sigma_a \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right)$$

فاکتور تراکم تنش

اما در واقع چنین موضعی وجود ندارد. اما شبیه به ترک‌های موضعی است. اینها ترک‌ها را می‌تواند موضعی عمل

می‌کند و در انتهای ترک تمرکز تنش وجود می‌آید و ترک‌ها را می‌تواند ایجاد کند.

در انتهای ترک، تنش جدیدی برقرار می‌شود.

در ترک، ضخامت آن (m) صحنی کوچک می‌شود.
 (کوچک): m. ضخامت آن در انتهای ترک

$$\frac{a}{\rho} \quad \left(\begin{array}{l} \text{صحنی بزرگ} \\ \text{قطر ترک} \end{array} \right)$$

$$1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \sim 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \quad \text{در ترک}$$

$$\sigma_L = 2\sigma_a \sqrt{\frac{a}{\rho}} \quad \therefore \sigma_a = \sigma_L \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho}{a}}$$

$$\sigma_c = \sigma_F \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right)$$

در لحظه شکست رابطه چنین می‌شود
 تنش اعمالی
 تنش موضعی
 تنش شکست

$$\sigma_F = \frac{1}{2} \sigma_c \sqrt{\frac{c}{a}} \quad (\sigma_c \text{ ثابت است})$$

در مقادیر کم کمتر باشد، σ_F کوچکتر است. (نسبت شکست کمتر است) \rightarrow زودتر شکسته شود
 (ترک نیز تر باشد)

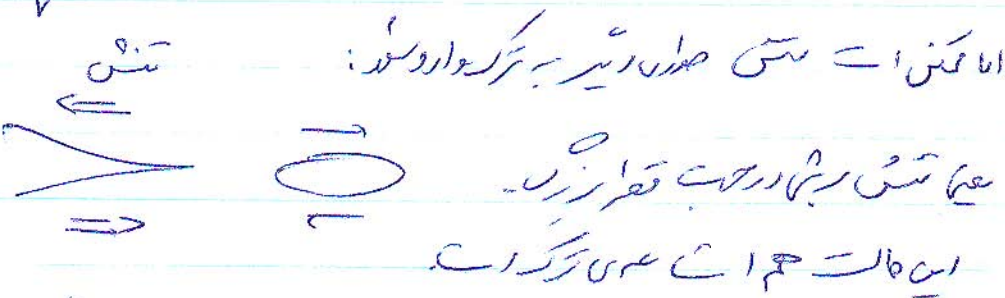
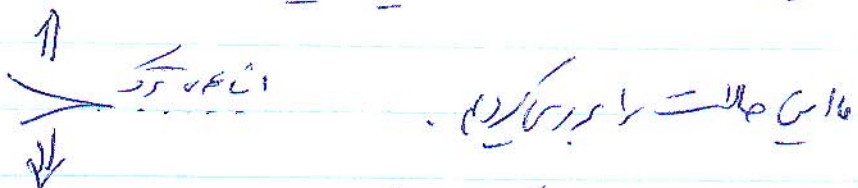
a بزرگتر است \rightarrow σ_F کوچکتر است. \rightarrow طول ترک بزرگتر باشد، زودتر شکسته شود.

حتی در یک a یکسانی، تغییرات در σ_F نیز در قسمت و قطعه می باشد.

ترک: جبهه سطح (حتی در اندازه های کم) آن هم به اندازه ترک

همانند طول جبهه سطح.

ترک حوضی عیب منافذ است. اما همیشه ایجاد نمی شود.



نسبت به فشار در جهت فشار کوچکتر؛ به هم آمده و ترک
 ترک در جهت فشار در جهت فشار کوچکتر؛ به هم آمده و ترک
 عمیق تر است و ترک را می بینیم.

تدریجی سیم‌کشی و تردد مطلق منابع

مدیریت تردد دارد اما ممکن است تغییر شکل به سیم‌کشی مجدد

تغییر (در حدی که در محدوده شلک ترز حدیته) (شلک ترز، رزوه)

1- ویا: حین لم ا. حوم ویا ترز به شلک ترز است. کاتر و شلک ترز

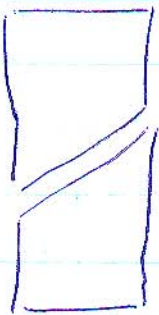
2- سرعت اعمال نیرو: (ریخ کرنش) $(\frac{d\epsilon}{dt})$ حوم ویا ترز به شلک ترز

3- وجود سیمار: شلک ترز ترز کند

(حوم ویا ترز تغییر شکل به سیم‌کشی قبل از شلک ترز به شلک ترز است)

اندزی شلک:

ارزوی جذب شده ارزولیت و ارزوی صرف شده ارزولیت ترز: تپو ارزوی جذب شده در حوم



ارزوی سطح است. چون در سطح امکان شده است

در شلک ترز، ارزوی شلک ترز صرف ارزوی سطح می‌شود

و هم ارزوی تغییر شکل به سیم‌کشی. در این سیم‌کشی

در شلک ترز، فقط ارزوی سطحی داریم. صرف ارزوی شلک ترز به سیم‌کشی

تغییر شکل به سیم‌کشی دارد }
ترز (مدار شلک ترز)
حوم ویا ترز (در ارزوی سیم‌کشی)

P(6)

بر حسب ارزش محبت و کثرت در لایه شکر ترداست یا تانف

چقرودن: نکات در برابر سنگین. به تری مفهوم قدری در اثر سنگین

بیت و تری را با چقرودن می بینم.

(حجم اشکال با لایه تری، چقرودن تری است)

در وقت ترک در اثر تمرکز تنش، تغییر شکل پدید می آید و این اثرات در

ترک صبری می کند.

پس نیز آن تغییر شکل پدید می آید و صبری می آید.

انرژی شکست:

در حد انرژی جذب شده ، اجسام در نوع شکست دارند :
تندروی }
toughness }

انرژی در خروجی شکست اجسام:

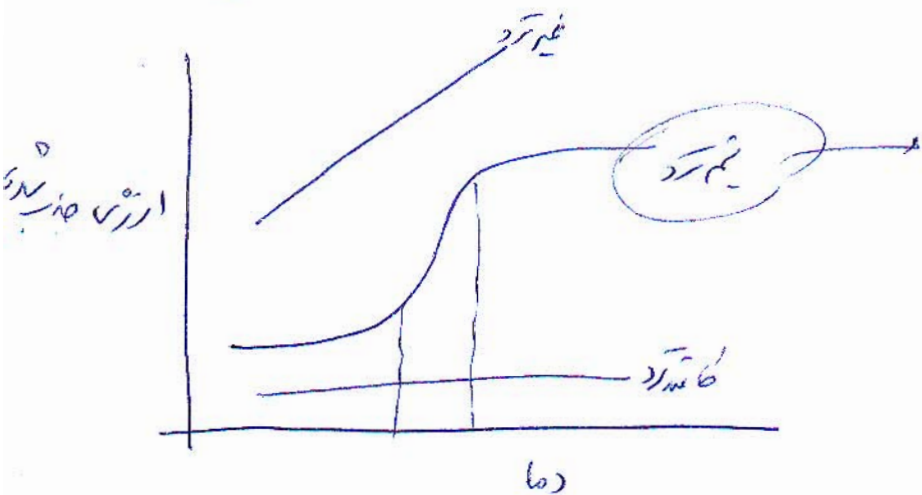
شکست اجسام

- کاتلرود: تغییر شکل پلاستیک قبل از شکست ندارند (حالت نیمه سیال و صدمه ندارند)

- نیم سرد: تغییر شکل پلاستیک کمی قبل از شکست موجود است. (تکرار)

نمایان ضربه کم است) مثل اعدب b.c.c ها.

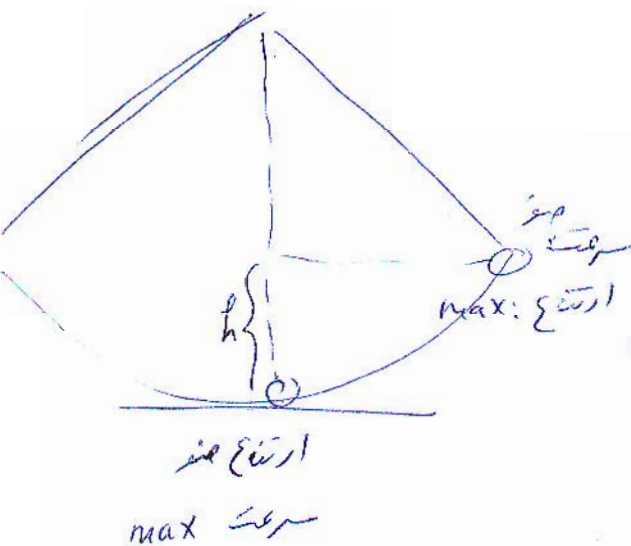
- غیر سرد: تغییر شکل خوبی قبل از شکست دارند. تکرار به نایاب داریم: f.c.c ها



رنگ مگرونی (مالا) رد و اورینجی فلز سرد است

Transition Temperature
(در جوارت تبدیل شکست سرد به غیر سرد)

- آرایش کریستال:



انرژی شکست & سرعت حرکت

انرژی تپسی & ارتفاع در آن انرژی است تعلیق

دشواری تبدیل این در آنجا یکدیگر را داریم.

این آرایش کریستال

P(2)

فردتای ضربا است نه درون جابجی دارد

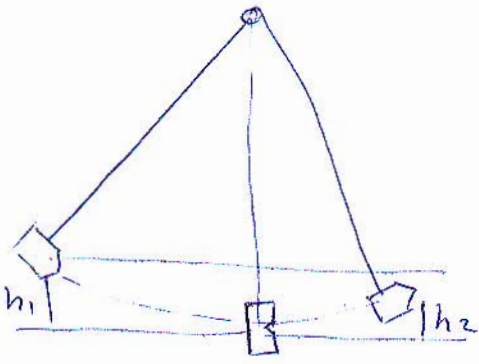


مکروهی ضربا

$$W = mg (h_1 - h_2)$$

بدون سید این آلود واقع شدت را بصورت مطلق موزن نمائید

اما بصورت مقایسه ای جواب بدهید.



جنبه های میکرو سکوپ :

رشته صاف

اجسام طاقه در : میکرو عیب بوجود نمی آید. ممکن است عیب ساختاری بوجود آید. پس

حوزه : یا اینکه از عیب هم نباید جدا شد. در این حالت هم سطح

اجسام نیمه در : تغییر شکل به نیک به آن ضربه کم. در این حالت هم جابجی ترک سطح

صحت این دسته ها خوش گذرد. در اثر تراکم نایب ها در جهت مدافع (میکرو اجزای کوچک تر از این)

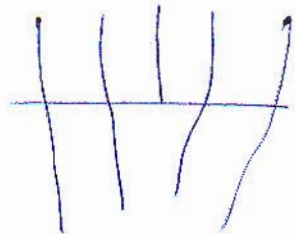
به سمت جابجی ترک می شود.

از ارقام (n) نایب های یک جابجی ترک بوجود می آید.

از ارقام این نایب های یک نایب بزرگتر بوجود می آید. و این سمت جابجی ترک می شود.

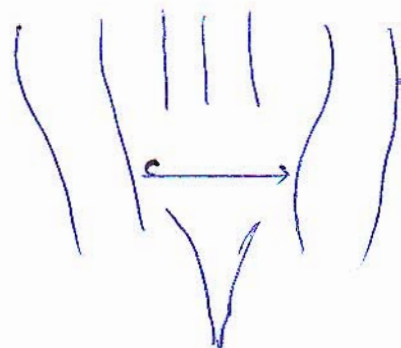
در پیرامون a بین دریا در سطح نشود. فاصله بین اینها که از

در پیرامون بسته است. با ارقام این نایب ها.



فاصله بین دریا در این سطح نشود زیادتر می شود

سمت جابجی ترک



این ارقام که از این نایب های یک که در لوله ترک هم است

میشه با ارقام این نایب های یک که از این نایب های یک که

با ایجاد ترک، انرژی جذب شده کمتر شود. حدس خود ترک میدان و حدود در (تغییر شکل پلاستیک) که اندازه عمر آن چقدر زیاد کند. این در toughness تاثیر دارد.

در دمای بالا، در نهایت با تغییر شکل پلاستیک ادامه پیدا می کند.

- اصل غیر تردی :

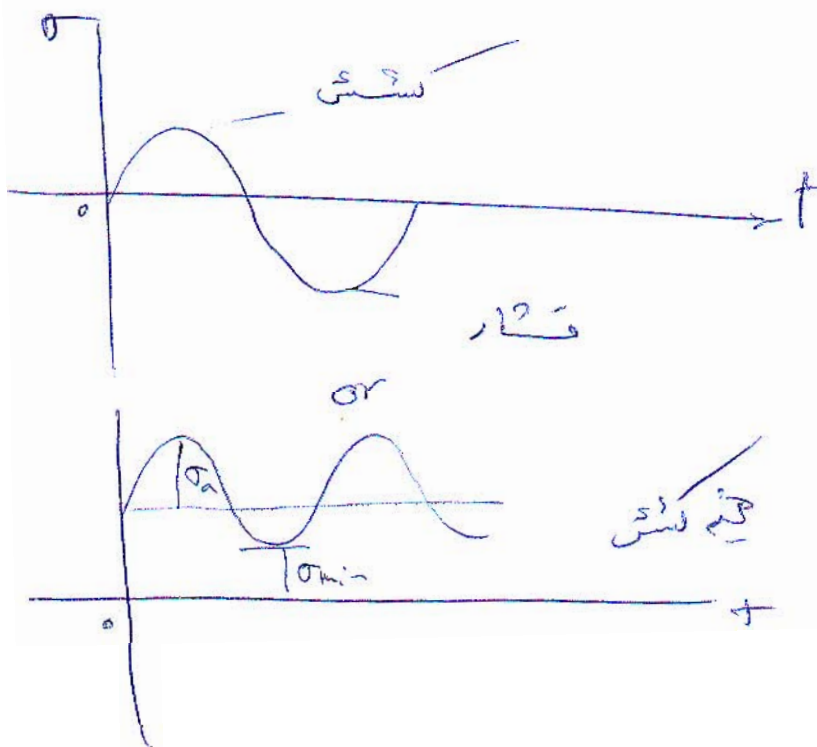
چون تغییر شکل پلاستیک انجام می شود - فزونی های نیروی کشش و برشی در جسم دارد. اصولاً در زمین لرزه، در اجزای ریب ترک زنی داریم (اصطلاح در زمین لرزه تغییر شکل پلاستیک) اگر ریب بکند، حفره وجود می آید. در اکثر تنگی این حفره ها بزرگ می شوند و به هم می پیوندند و ترک ایجاد می کنند. مقدار تباه هم این مقدار موصوفه می شود.

Fatigue : خستگی قطعات :

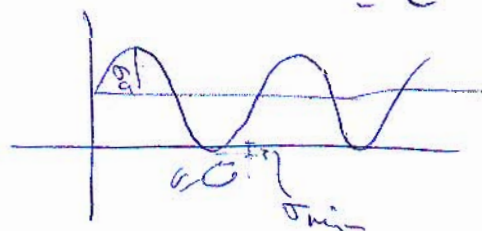
شکست در اثر خستگی : یک جسم تحت تاثیر تنش های متناوب به مرور زمان می شکند.

شکست در اثر خستگی، دارای عمرات (تایم لایف)

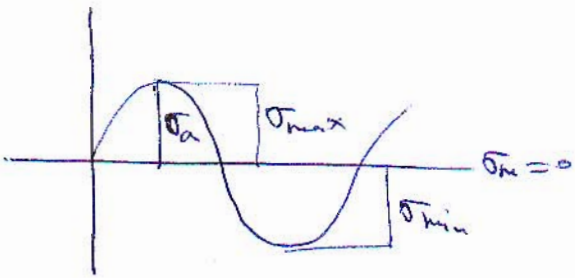
این تناوب هرگزانه توسط \sin و ارتعاش بیان می شود. (آزمون خستگی)



در تنش Sin :
پس از آن زمان هم متراکم می شود و خسته می شود
و در نهایت ترک



Q(4)



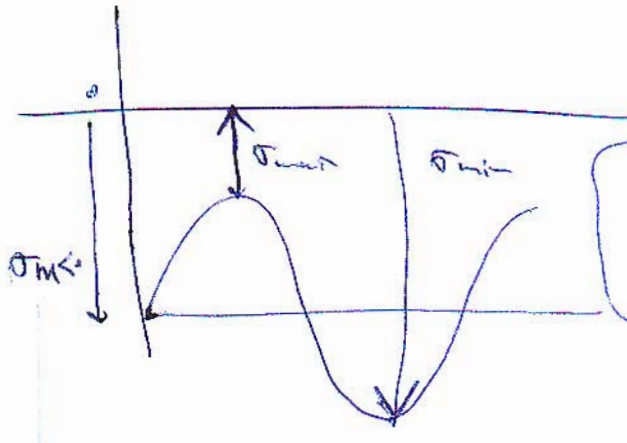
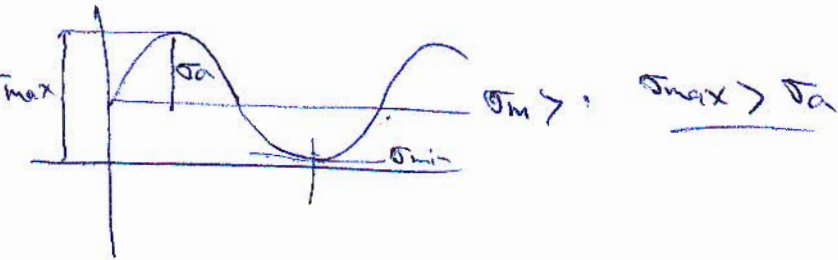
سینوس آکرناتیو : σ_a
(دائره سینوس)

σ_{max} : σ_{max}

σ_{min} : σ_{min}

range of stress : σ_r

$$\sigma_r = \sigma_{max} - \sigma_{min} = 2\sigma_a$$



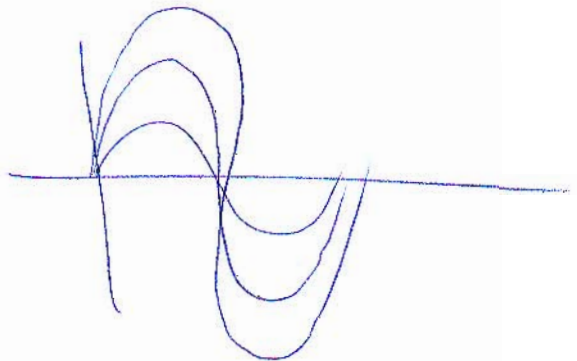
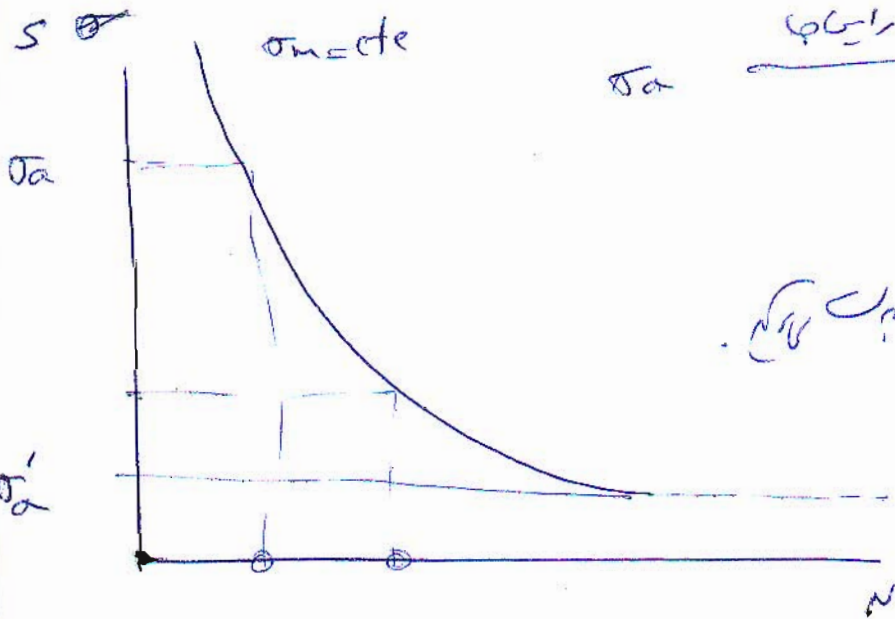
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

سینوس آکرناتیو در σ_{min}

σ_a و σ_m معنی پیدا می کنند

نسبت $\frac{\sigma_a}{\sigma_m}$: $S-N$ منحنی
(تعداد چرخه ها تا شکست)

عمر قطعه بر حسب تعداد چرخه ها

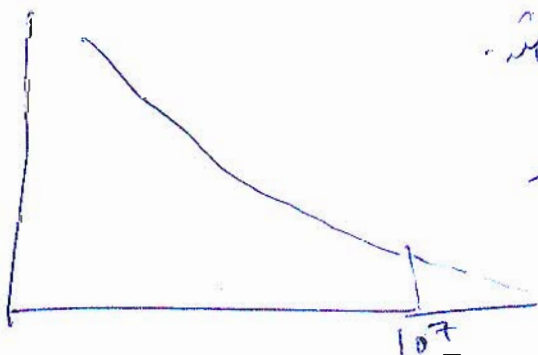


σ_a : درجه سختی : نسبت است در این معادله $M \cdot \sigma_a^m = N$

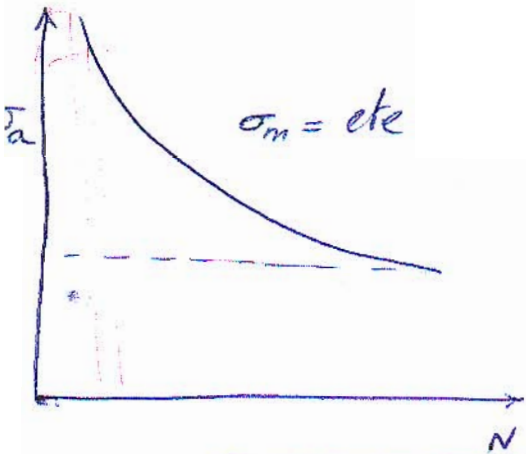
مغز سنجیده شده

معمولاً 10^7 تا 10^8 چرخه ها

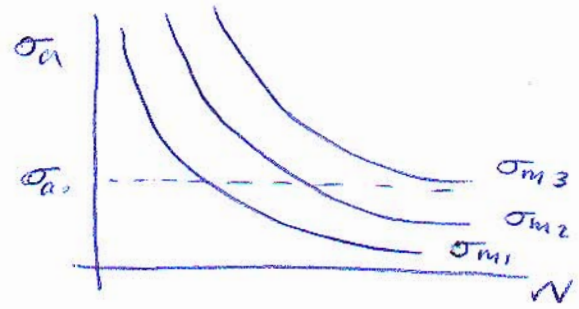
معمولاً 10^7 تا 10^8 چرخه ها



ادام چسبی:



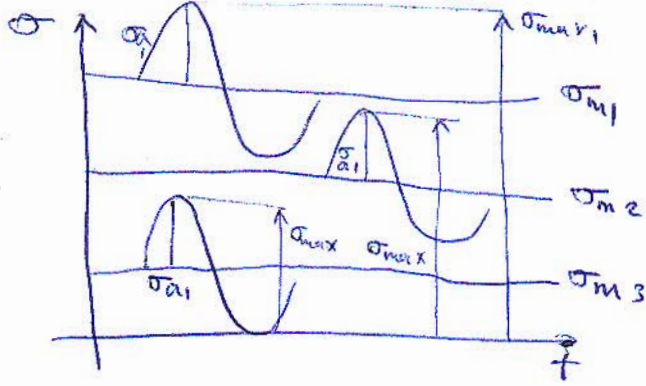
اندر تغییرات σ_m روی منحنی های S-N:



$\sigma_{m1} > \sigma_{m2} > \sigma_{m3}$

! σ_a ها برابر اما σ_m های برابر:

σ_{max} ها برابر و σ_{min} فرق می کند.

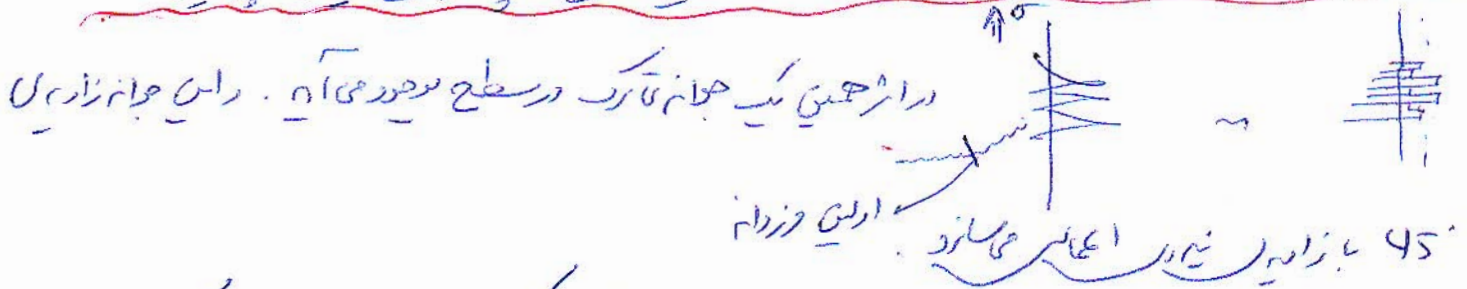


از σ_m ها که نسبت N ، هر کدام قدر بیشتر داشته باشد، هر قطعه کمتر خواهد بود.

جنبه های مهندسی چسبی:

در اثر چسبی و تغییر شکل های مومنی در صورتی آید اغلب در ترک سطح.

شده در اثر حرکت نیکنان ها، در سطح نا هم در این حالت در صورت نیکنان های بی هم پاری نمی کند.



بعد از برخورد با ارتعاش در زمان در جهت عمود بر نیروی اعمال حرکت می کند. درجه حرارت چسبیت می شود.

- عوامل:
- ایجاد نا هم پاری سطح
 - جواز ترک در محل نا هم پاری
 - اثر هم ترازی تا اولین در زمان
 - گذشتن ترک از در زمان
 - اسیب هم ترازی در طول هم و چسبیت
- و در حد یک برنگار دارد. مجموع این عوامل ها هر قطعه است.
- حواله که در این زمان ها، اتفردها، در هر قطعه تا به زمان دارد

شده چسبی نا هم پاری: در سطح هم پاری، در هر قطعه تا به زمان دارد و هر قطعه بسته می شود.

در سطح آزاد با صاف تر باشد - جابجایی ترک کمک می کند و هر قطعه کم تر خواهد بود.
 یا اینکه مصدر تنش در آنرا در نظر بگیریم:

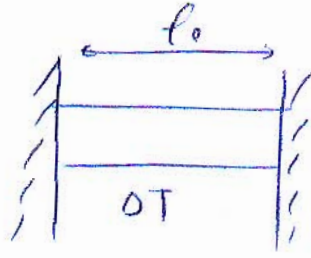
هم با دانستن درشت : کاهش روانه از سطح تیر است
 هم با دانستن : ترک خوردن به وزان خوردن.

وقتی ترک های عمیق ایجاد شود، تراکم تنسی جدید آن بوسیله نایب. حجم طلا ترک شریک بود، تراکم تنسی

آدم شریک بود
 دام درشت : ترک قدرت تیر دارد در آنجا ریز، وزان مانع خوبی بار و ترک

ات به دانستن ریز عمر تیر است به دانستن ترک دارد

در سطح رانگت کنیم، نایب ها نایب تر است به سطح رانگت به عمر قطعه بار مورد



* حساس حرارتی :

مردم کرنش مقطع در وضعیت مشکل

تنس ها که تغییر در حجم ایجاد می کند

$$l_1 = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta l = l_1 - l_0 = l_0 \alpha \Delta T \rightarrow \epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \alpha \Delta T$$

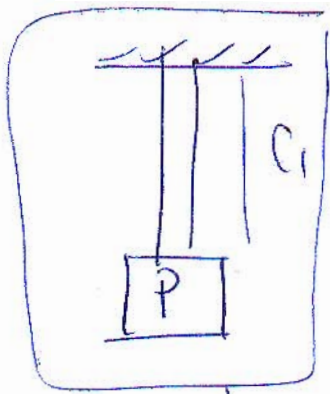
پس کرنش با افتد و با حرارت مورد آید - مردم کرنش (حساس حرارتی) قطع می کنند.

هر قطعه ضعیف داغ بلند آرزایید مردم تنس ات قطع می کند. در این صورت این تنس در اثر حساس است.

در محیط های خوردن، هر قطعه کم خواهد بود (حساس تراکم با خوردن) عدت ؟

* خزش (creep)

حرفه تقویت عمل پلاسید وقت تأثیر تنس نایب - خوردن. $(\epsilon(t))$

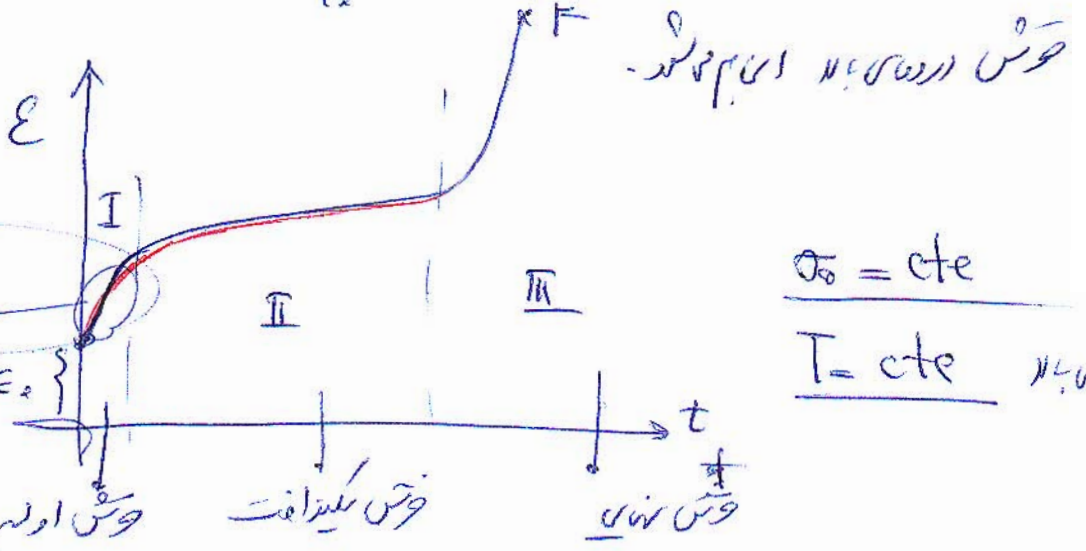


P(3)

تنش ثابت = تنش همسر ثابت

$$\epsilon_0 = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

دفعه کوره



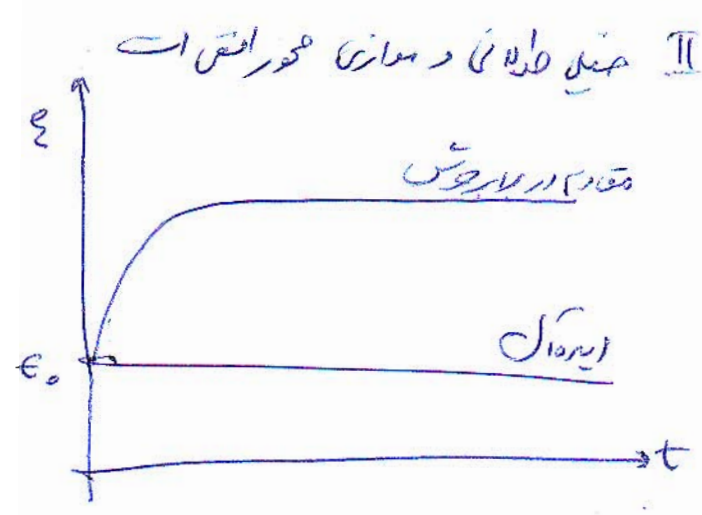
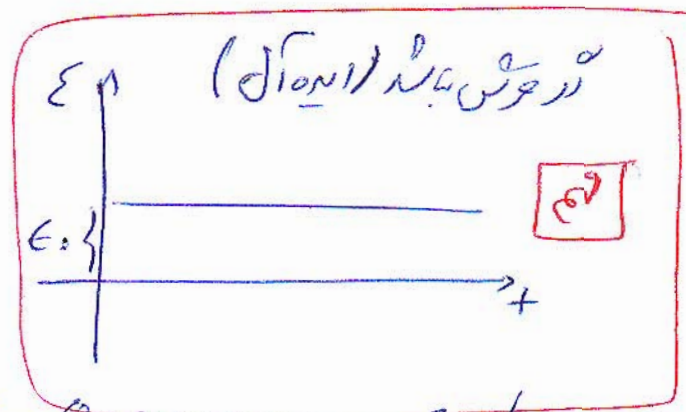
$$\sigma_0 = cte$$

$$I = cte$$

مکانیزم خوش
vacancy
نقطه خوش

I, III زمان کوتاه است. عمر در منطقه II تعیین می شود.

حجم ماکزیمم مقدار در برابر خوش، دارای منطقه

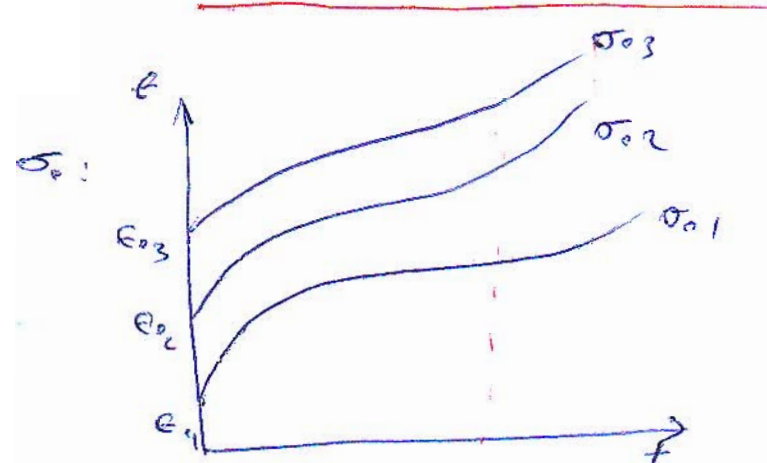


کارگزی
بزنایی
تغییر شکل

این دو خدمت است هم هسته. اینها در این تغییر شکل را می کنند و دیگر اینها

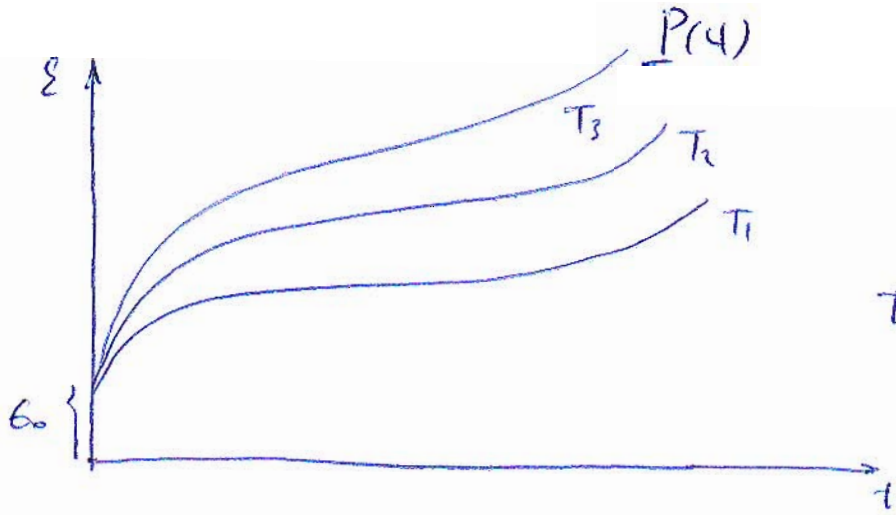
درست اول کارگزی کمزور دار (I) آثار II این دو در مقابل هم نیستند

* نرخ σ و دما در همگی خوش:



$$\epsilon_{03} > \epsilon_{02} > \epsilon_{01}$$

$$\sigma_{03} > \sigma_{02} > \sigma_{01}$$



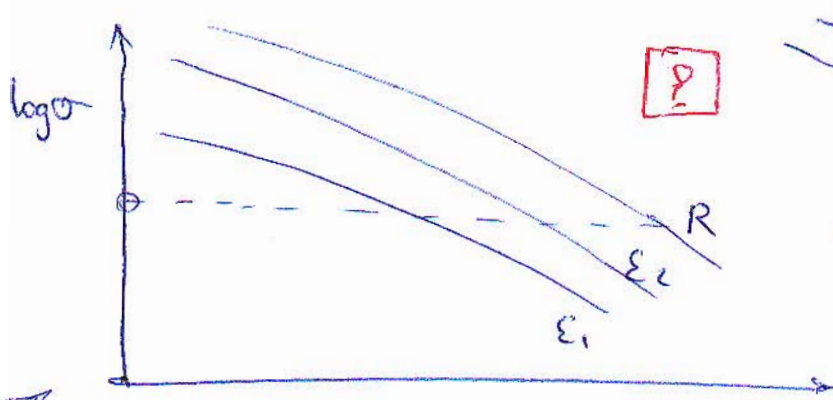
مغز دما :
 σ ثابت

$$T_1 < T_2 < T_3$$

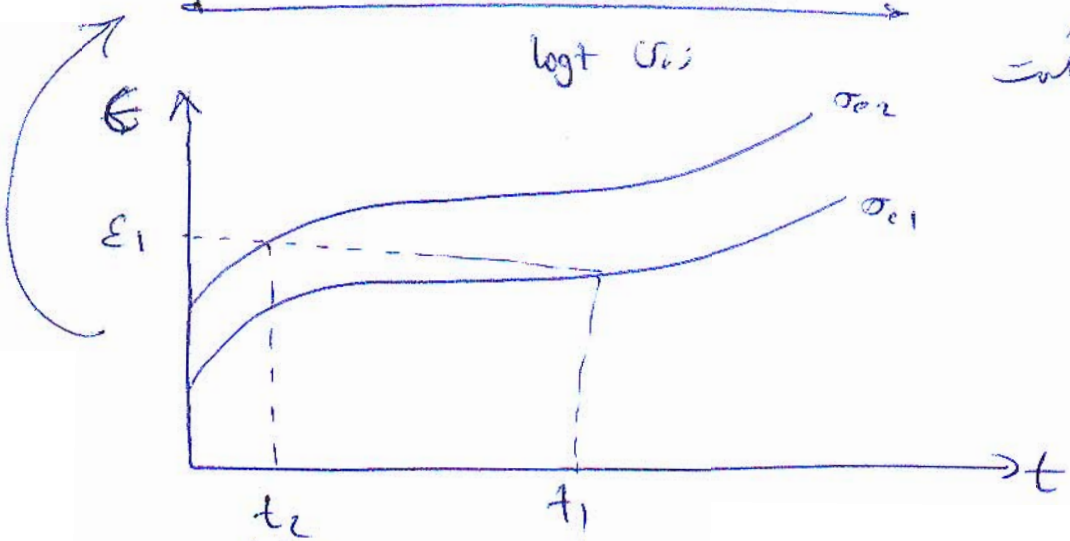
رابطه بین عمر خزش کمتر

در حوض زمانی حسی طول زمان است

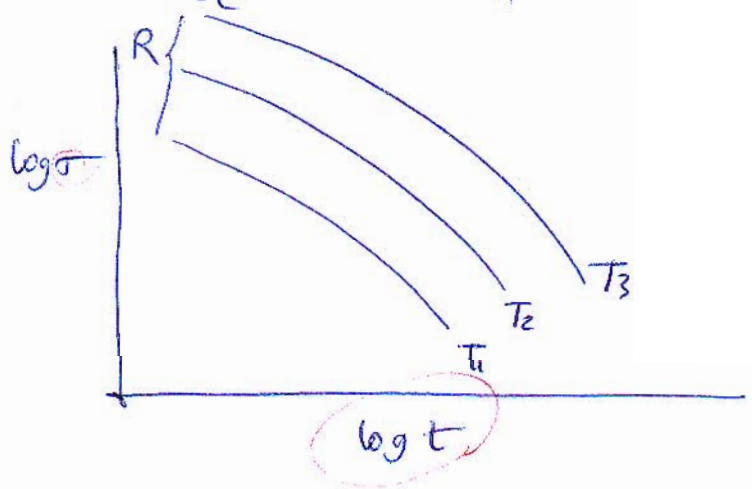
از صورت کنیم با هم اندازیم ϵ_1 که
 تغییر شکل دارد، عمر قطع کاملاً ندارد



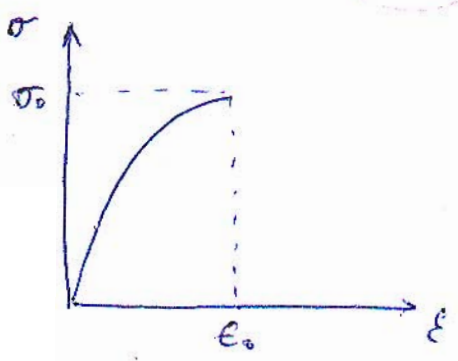
عمر قطع در تغییر شکل حاصل با کم است
 ممکن نیست



برای شکست :



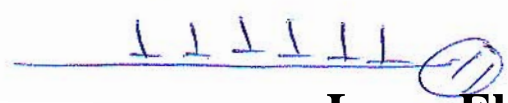
خزش از نظر میکرو و ماکرو :



در σ_0 و ϵ_0 برای ادا وقت به پیش در این
 پس اینها هم حرکت وقت کرده اند

یا پست مانع ایجاد شده اند

یا میکرون یا نانها حرکت درون سطح لغزش هست که در سگای پس میجر از سگای

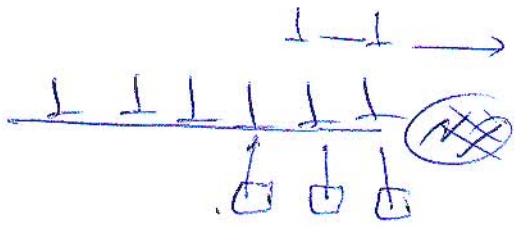


عمر و دما با است در زمان داریم :

جایگاه (15)

زمانی که تعداد ذرات بیشتر از ظرفیت است و متحرک هستند.

این نوعی تراکم در جهت مانع از حرکت صحیح است.



در صورتی که فضای خالی در آن تراکم Vacancy است.

در صورتی که تراکم ذرات در جهت حرکت صحیح است.