

دانشکده فنی و مهندسی تهران جنوب

جزوه درس علم مواد

استاد: کرانمایه

Eng-hvac.mihanblog.com

*
MAJIDE PIRI

مجید پیری

منابع:

انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان دکتر حسین توپسرکانی ۱- اصول علم مواد

ترجمه آقای بیوت Dell.k. Allen ۲- تئوری عملی مثالورژی

physical Metallurgy: A Venet ۳-

Mechanical Metallurgy: Deter ۴-

Deformation & fracture mechanics & Engineering ۵-

Metals: Hertzberg

Metals & Hand book vol: ۶- منابع تحقیقی:

- casting & Forging
- coating
- Heat Treatment
- welding

صیانه ترا + کوپرز + تکلیف → 6 grades سرده پایان ترا:

اینال → 14 grades

or:
تحقیق → 3 grades

اینال → 11 grades

۳۴	بردار برگ	۱۵	تفاوت بین آلیاژهای آهن و غیر آهن	*	منابع
۳۵	اثر پلاستیسیته	۱۶	راههای جلوگیری از خستگی	**	موضوع پررنگها
۳۵	نایب جایی بیخستگی	۱۶	خزش	۱	خواص سول
۳۹	نایب جایی خراط	۱۷	عوامل اثر بر خزش	۲	خواص مکانیکی
۳۹	عیوب سطحی			۴	آزمایش کشش
۳۸	عیوب حجمی	۱۸	سختی منحنی	۵	انواع سختیهای مختلف
۳۹	دیاگرامهای تعادلی در حالت	۱۸	روشنر نیل	۶	دومرئی
۴۰	قانون آهرا	۱۹	روشنر سایر	۷	تقریر
۴۱	سختی حرارت	۱۹	روشنر بکوز	۷	عیوب میکروگرافی
۴۱	ترجمه نمودارها	۲۰	روشنر راکول	۸	نمودارهای خالی
۴۴	تغییر حالت پرتکتیک	۲۱	نکات مهم در سختی منحنی	۸	جامت منحنی
۴۸	تغییر حالت پرتکتیک	۲۱	آزمایش شریه	۸	بین منحنی
۵۱	تغییر حالت سولتکتیک	۲۲	عوامل اثر بر استحکام شریه	۸	نایب جایی
۵۴	دیاگرامهای تعادلی در حالت	۲۲	درجه حرارت تبدیل	۹	کار سختی
۵۹	انواع خورد	۲۳	رابطه بین استحکام و تغییرات	۱۰	انواع سکنست
۶۱	عملیات حرارتی	۲۴	تئوری رانجیاد	۱۰	عوامل اثر بر سختیهای مختلف
۶۹	رسم منحنیهای درجه حرارت-زمان	۲۴	مکانیسم پدید آمدن خورد	۱۲	نورد
۷۲	نمودار سولات	۲۷	خوردناها	۱۲	بر چمنرنگ
		۲۸	تئوری خورد سولانی	۱۲	حفرگی
		۲۹	آزمایش میلر	۱۳	تابلیت انعطاف پذیری
		۳۱	آزمایش خراط	۱۳	تابلیت شکن خرواری
		۳۱	تراکم در میکروگرافی	۱۳	خستگی
		۳۳	عیوب میکروگرافی	۱۴	شکست خستگی
		۳۴	نایب جاییها	۱۵	آزمایش خستگی

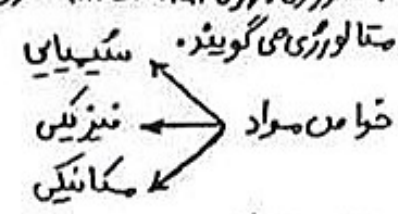
موضوع پروژه ها

۲۹ ✓ جوشکاری چدن ها
۳۰ جوشکاری زیر آب دریا

- ۱- نور
- ۲- کسشن عمیق
- ۳- فرج (آهنگری) For8
- ۴- کسشن سیم
- ۵- کسشن لوله
- ۶- تولید لوله های بیرون درز
- ۷- مکانیزم های مقاوم شدن
- ۸- تفسیر مکانیکس مکانیزم های سگست
- ۹- فسنگی - ترکهای خستگی (striation) و اثرات آنها در فسنگی
- ۱۰- کریستالوگرافی با امسه X
- ۱۱- تولید فایبرگلاس
- ۱۲- کامپوزیتها - تولید و خواص مکانیکی آنها
- ۱۳- تئود و مکانیزم های آن (حد اقل ۳ مکانیزم)
- ۱۴- ایجاد پوشش های فلزی بر روی پلاستیکها یا آلیاژی فلزی
- ۱۵- مواد فرومگناطیس پلاستیکی و سرمیکی
- ۱۶- ریخته گری گریز از مرکز
- ۱۷- ریخته گری با مدل های یکبار مصرف (نقالب یکبار مصرف)
- ۱۸- جوشکاری TIG (Tungstine mer gas) جوش با لیس
- ۱۹- جوشکاری MIG (Metal Iner gas) جوشکاری GMAW
- ۲۰- آلیاژهای حافظه دار (Shape Memory alloy)
- ۲۱- متالوگرافی با امسه X
- ۲۲- میکروسکوپ های الکترونی SEM (scan) - TEM (Transmitted)
- ۲۳- ریخته گری تریش (با ضربه)
- ۲۴- الکترو پولیش
- ۲۵- تولید تک کریستالها
- ۲۶- پلیمرها و علت سه مرحله ای شدن منحنی تنش و کرنش آنها
- ۲۷- تولید سرمایه های تجاری و صنعتی
- ۲۸- جوشکاری آلومینیوم

مورد استفاده در صنعت را

متالورژی: (metallurgy) هنر و علم استخراج فلزات از سنگهای معدن و تبدیل کردن آنها به قطعات



خواص فیزیکی

۱) وزن مخصوص:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{kg}{m^3} \quad \frac{g}{cm^3}$$

الکتریسیته رسانایی σ ، چگالی m ، چگالی ρ

۲) نقطه ذوب: درجه حرارت ثابتی است که در فشار ثابت جامد به مایع تبدیل می شود.

۳) نقطه انجماد: درجه حرارت ثابتی است که در فشار ثابت مایع به جامد تبدیل می شود.

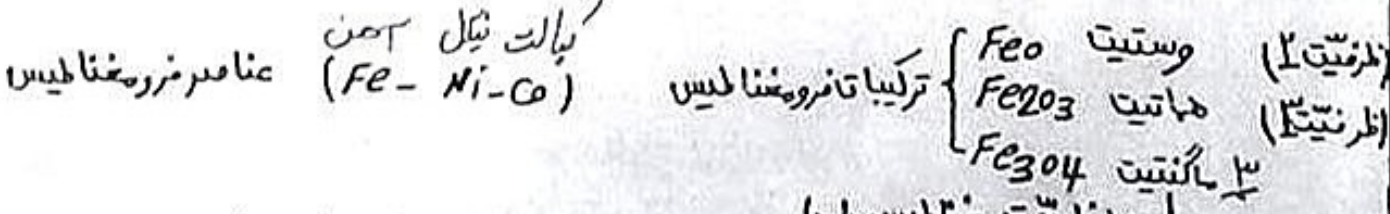
* فقط در شرایط تعادلی است که نقاط ذوب و انجماد برهم منطبقند.

۴) هدایت حرارتی و الکتریکی

۵) خواص مغناطیسی: (دیامغناطیس) نامد تک الکترون در لایه d است و جذب میدان مغناطیسی نمی شود و اولاً خاصیت مغناطیسی ندارد.

۶) پارامغناطیسی: (پارامغناطیس) دارای تک الکترون هستند و جذب میدان مغناطیسی می شوند ولی پس از قطع میدان خاصیت مغناطیسی آنها از بین می رود مانند: (سربیم - پتاسیم - لیتیم - کلسیم)

۷) فرومغناطیسی: (فرومغناطیس) جذب میدان مغناطیسی می شوند و با قطع میدان مغناطیسی ر تا حدی خواص مغناطیسی را نگه می دارند و در لایه d هم خط سرن دو قطبی هلی مغناطیسی جسم با میدان خارجی است که با قطع میدان دو قطبی ها بعضاً تحت تأثیر میدان مغناطیسی زمین قرار می گیرند و خاصیت مغناطیسی آنها ضعیف می شود.



آلیاژهای فرومغناطیسی
فولاد بکیر (فولادی که قابلیت مغناطیسی سرن دارد.)
فولاد نگیر (فولادی که قابلیت مغناطیسی سرن ندارد.)

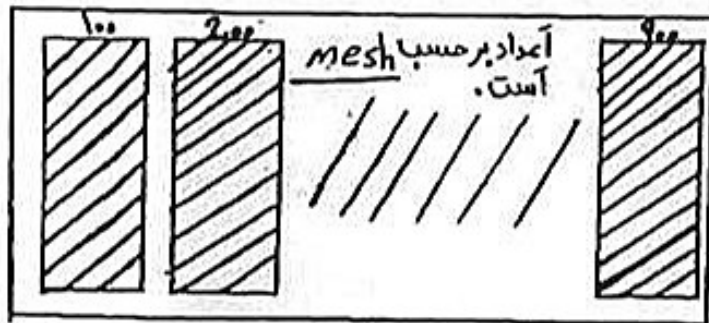
* فولاد نئیر مانند فولاد خفتر زنگ که حاوی ۱۸ درصد کروم و ۰.۸ درصد نیکل می باشد.

۲) جلای فلزی بستگی دارد به:
 ← رنگ سطح (خاصیت ذاتی)
 ← کیفیت سطح (قابل بهبود)

* کیفیت سطح را توسط پولیش کردن می توان بهبود داد.

مراحل پولیش کردن:

۱) ابتدا توسط یک سطح که سباده با افرامتهای مختلف دارد (یا سطح لکتروموتوری که دارای سباده های مختلف است) جسم را سباده می زنیم. به طریق زیر:



فلز را روی سباده زیر تر آن قدر سباده می زنیم تا خطوط سباده روی آن ظاهر شود. فلز را چرخانده و روی سباده بعدی سباده می زنیم تا خطوط قبلی پاک شده و خطوط جدید ایجاد شود. این کار را تا آخری و نرم تر سباده انجام می دهیم در این صورت کیفیت سطح فلز

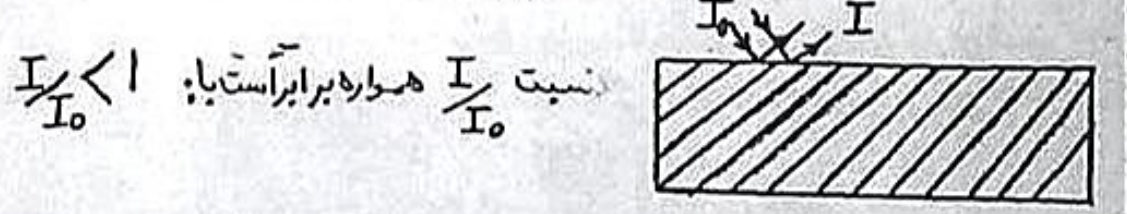
تقریباً هم کیفیت با آخرین سباده می شود. سپس نمونه را روی یک لکتروموتور دیسکی قرار می دهیم که روی آن نند میسبیره است. بدین ترتیب باریختن آب و مواد ساینده (محلولهای خورنده etch) سطح فلز را پولیش می کنیم.



* mesh: تعداد سوراخ های موجود در اینج مربع است.
 مثلاً سباده ۹۰۰ mesh یعنی ذراتی که برای ساختن این سباده به کار رفته آن غریبال داری

۹۰۰ سوراخ گذشته اند پس سباده ۹۰۰ mesh ظریفتر از سباده ۱۰۰ mesh است.

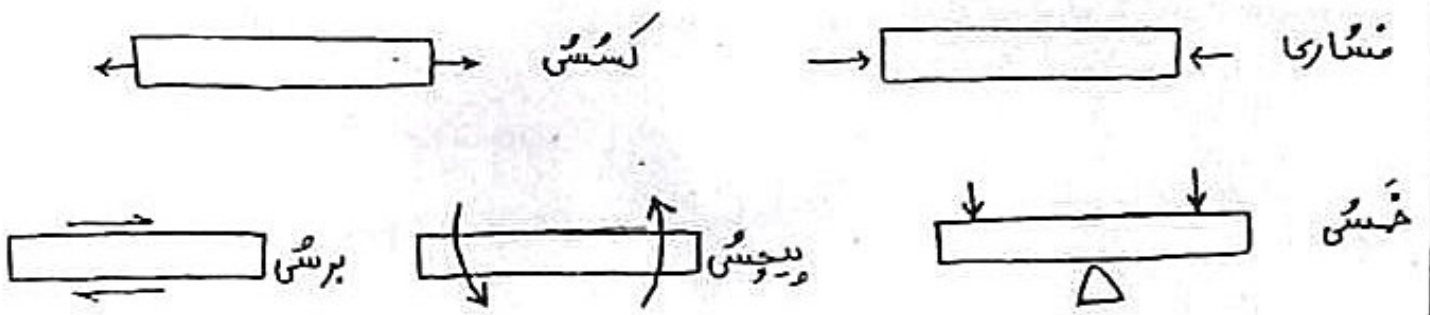
* برای مقایسه جلای فلزی یک فلز به سطح فلزی که پولیش شده است یک دسته است با شعاع I می تابانند. این دسته است با شدت I منعکس می شود. هرچه نسبت I/I_0 به عدد (یک) نزدیکتر باشد جلای فلزی و شدت تابش بیشتر است.



خواص مکانیکی:

تنش (stress): نیروی وارد شده بر واحد سطح را تنش می گویند.
 $\frac{F}{A} = \frac{kg}{m^2} = \frac{psi}{1.47}$
 تنش \rightarrow $\frac{نیرو}{سطح مقطع}$
 $\frac{dy}{cm^2}$

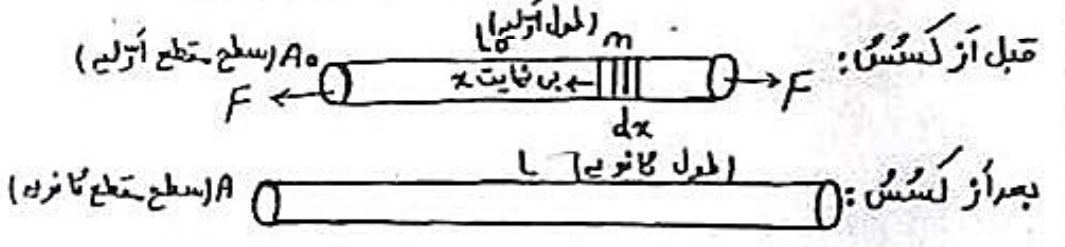
انواع تنش:



کرنش: (strain) عکس العمل یا تغییر شکل را که جسم در مقابل اعمال تنش از خود نشان می دهد را کرنش می گویند.

انواع کرنش:
 - الاستیک: با قطع اعمال نیرو جسم به شکل اولیه برمی گردد.
 - پلاستیک: با قطع اعمال نیرو جسم به شکل اولیه بر نمی گردد.

می توان تنش و کرنش را به صورت حقیقی و مهندسی (تقریبی) نشان داد.



تنش مهندسی: $\sigma = \frac{\text{نیروی}}{\text{مساحت مقطع اولیه}} = \frac{F}{A_0}$

کرنش مهندسی: $e = \frac{\text{تغییرات طول}}{\text{طول اولیه}} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$ * چون دو طول برهم تقسیم می شوند پس e واحد ندارد زیرا هر دو در واحد بیان می شوند.

تنش حقیقی: $\sigma_{\text{حقیقی}} = \frac{\text{نیروی}}{\text{مساحت مقطع لحظاتی}} = \frac{F}{A}$ (زیلیا)

کرنش حقیقی: $\epsilon = \ln \frac{L}{L_0} \times 100$

* برای محاسبه کرنش حقیقی طول اولیه را به بینهایت تقسیم می کنیم بنابراین تغییر طول های L می شود dL که بنا بر تعریف e داریم: $d\epsilon = \frac{dL}{L} \Rightarrow \epsilon = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln \frac{L}{L_0}$
 $\int \frac{dL}{L} = \ln L - \ln L_0 = \ln \frac{L}{L_0}$

مسئله (مسئله) میله ای به طول $L_0 = 25 \text{ cm}$ از به قطر $D_0 = 0,25 \text{ cm}$ تحت نیروی کششی $F = 450 \text{ kg}$ قرار میگیرد. اگر قطر نمونه $D = 0,22 \text{ cm}$ برسد مطلوب است: ϵ و δ (طول نهایی نمونه) و σ و τ (تنش و کرنش هندسی) ϵ و δ (تنش و کرنش حقیقی).

حل: با توجه به اینکه حجم نمونه ثابت است مسئله را حل می کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} \begin{cases} \text{ثابت} \\ \text{ثابت} \end{cases} \rightarrow V = V_0 = A_0 L_0 = A L$$

$$A_0 L_0 = A L \rightarrow \frac{\pi D_0^2}{4} L_0 = \frac{\pi D^2}{4} L \Rightarrow (0,25)^2 (25) = (0,22)^2 L$$

$L = 32,3 \text{ cm}$

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{450}{\frac{\pi (0,25)^2}{4}} = 182.67 \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{32,3 - 25}{25} \times 100 = 29.2$$

$$\delta = \frac{F}{A} = \frac{450}{\frac{\pi (0,22)^2}{4}} = 11842.1 \quad \epsilon = L_n \frac{\Delta L}{L} \times 100 = L_n \frac{32,3}{25} \times 100 = 25.6$$

مسئله: روابط زیر را ثابت کنید (در رابطه حین مسم) که در متن مذکور است

$$\epsilon = L_n \ln(1 + e)$$

$$\delta = \delta (1 + e)$$

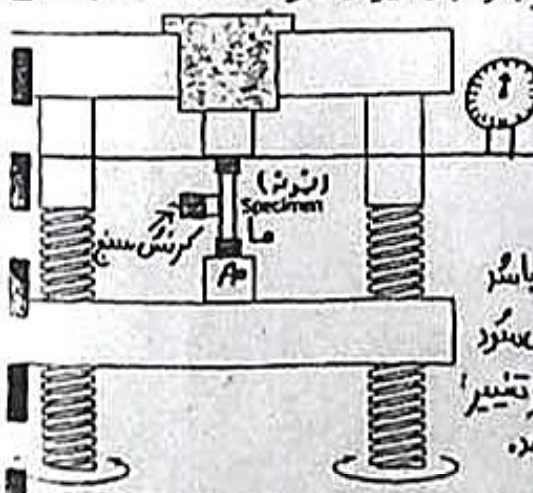
نتیجه $\Rightarrow 1 + e = \frac{L}{L_0}$

$$\frac{F}{A} = \frac{F}{A_0} (1 + e) \Rightarrow \frac{F}{A} = \frac{F}{A_0} \left(\frac{L}{L_0}\right) \Rightarrow A L = A_0 L_0 \rightarrow V = V_0$$

 حجم اولیه = حجم نهایی

آزمایش کشش (Tensile Test)

از ورق یا میله گرد جنس مورد نظر نمونه هایی به شکل زیر می سازند و با اعمال نیرو با سرعت ثابت طول را اندازه می گیرند. (توسط وسایل تکثیر ساعت اندازه گیری و یا کرنش سنسج)



* ساعت اندازه گیری: سنسج ای مدرج به ۱۰۰ قسمت دارای عقربه ای متشکل به فنر که با کشیده شدن فنر عقربه حرکت می کند.

* کرنش سنسج (Strain Gauge): دقیق تر از ساعت اندازه گیری می باشد و به صورت یک مقاومت است که چون سبک می باشد روی نمونه سنجیده می شود و تستی از نمونه حسسورهای فنر و با تغییرات طول نمونه طول آن نیز تغییر می کند و با تغییرات طول سطح مقطع جسم تغییر طول و سطح مقطع می دهد.

$$R = \frac{F L}{A}$$

لبق را بیا زیر داریم:

* سپس جدول زیر را تکمیل می کنیم:

F	ΔL	$\frac{F}{A}$	e (ب.ا)	σ (م.ر)	ϵ (ن.ا)
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

انواع منحنی های تنش - کرنش ($\sigma - \epsilon$)

۱- منحنی های تغییر شکل الاستیک همگن (یکنواخت)

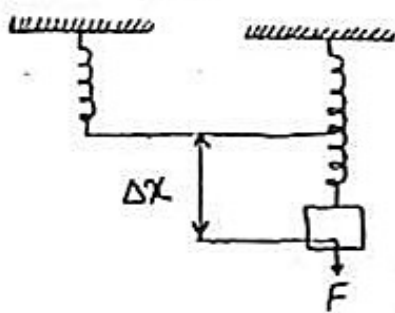
در برخی مواد تغییرات $\epsilon - \sigma$ خطی است که تغییر شکل الاستیک دارند پس یا خطی سخت و ترد هستند و یا خطی نرم و کُسا نند.

$$\sigma = E \epsilon$$

قانون هوک در الاستیسیته
 مقدار تغییر شکل نسبی
 مدول یا نمدیا الاستیسیته

* نسبت $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ را که در محدوده الاستیک برای هر ماده در یک درجه حرارت ثابت و عدد ثابتی است مدول الاستیک یا الاستیسیته می نامند که با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد.

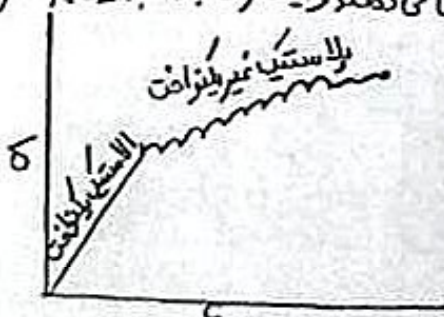
* $\tan \theta = \frac{\sigma}{\epsilon} = E$ برای فهم بهتر مطلب فرمول $\sigma = E \epsilon$ را می توان تشبیه به فرمول $F = k \Delta x$ در فنرها کرد که بدین ترتیب به جای k مدول E قرار گرفته است و F بر A تقسیم شده و به جای Δx قرار گرفته است و ϵ تقسیم شده و به جای Δx قرار گرفته است.



$$F = k \Delta x$$

۲- منحنی های تغییر شکل الاستیک همگن و الاستیک غیر همگن:

در فلزات با شبکه های b.c.c یا h.c.p که با مکانیزم دو قلوئی تغییر شکل می دهند و یا فلزات با شبکه f.c.c اگر

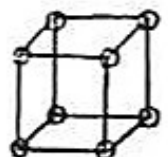


با سُر خواهیم داشت:

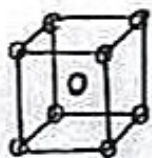
{
 دما کم
 سرعت اعمال نیرو بالا

* برای آنکه فلزات با شبکه های b.c.c یا h.c.p شکست نسگونی باید دما را بالا برده و سرعت اعمال نیرو را پایین بیاوریم.

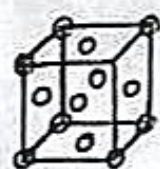
شرایط خالص شکل دادن



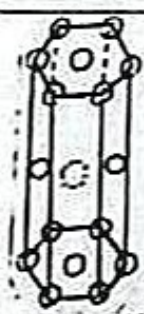
مکعبی ساده
simple cubic
(S.C)



مکعبی مرکزدار
body center cubic
(b.c.c)

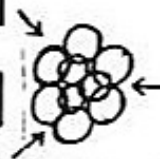


مکعبی با وجوه مرکزدار
Face center cubic
(F.C.C)



هگزائگونال منسّره
hexagonal close
packed (h.c.p)

* مولکول‌های رجهه (h.c.p) در داخل خود سبک، اندر داخل سبک مولکول‌های رجهه (h.c.p) و رجهه (F.C.C) متعلق به سبک بعدی یعنی unit cell (سلول واحد) بجز می‌باشند.
* سیاه آتم رجهه هگزائگونال منسّره یکی در میان قرار دارند. مولکول‌های رجهه سیاه و جفا



* تنش برشی حاصل از تنش نرمال (تنشی که نیروی عمود بر سطح منجر به تغییر شکل الاستیکی نمی‌شود) است که باعث تغییر شکل می‌شود.



$$\tau = \frac{F \cos \phi}{\frac{A}{\cos \theta}} \rightarrow \tau = \frac{F}{A} \cos \theta \cos \phi$$

تنش نرمال ضریب استیج

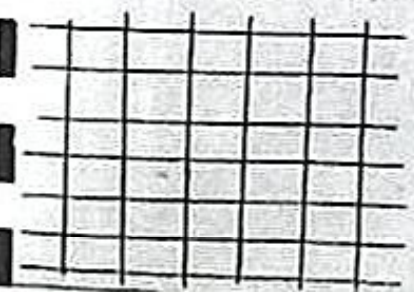
$$\tau = \frac{F}{A} \cos \theta \cos \phi$$

قانون تنش برشی استیج

* اگر یک دسته صافاً بخولند زودتر از بی نهایت صافاً موجود در حجم حرکت کنند باید تنش برشی آنها بیشتر باشد. (به محض اینکه در یک سیستم لغزشی مقدار تنش برشی مؤثر در جهت لغزش به مقدار معین که لا تنش برشی بحرانی نامیده می‌شود برسد لغزش شروع می‌شود) لغزش آسان همیشه در 45° است؛ $\tau_{max} = \frac{F}{2}$ $\theta = \phi = 45^\circ$

* ابتدا آن سیستم لغزشی که ضریب استیج در آن به مقدار max می‌رسد شروع به لغزش می‌کند. چنانچه این ضریب برای چند سیستم لغزشی برابر باشد لغزش به لورهم زمان در آن سیستم‌ها صورت می‌گیرد.
* فلزات با سبک b.c.c و h.c.p قادر به لغزش آسان 45° نیستند. چنین سبک‌هایی (وسبک‌های FCC با سرعتی کم در آن صورت در طولی تغییر شکل می‌دهند.)

برایه تشکیل در طولی یکا نیکی بدین صورت انجام می‌گیرد که آتم‌های یک نسبت از سبک کربستال تحت تاثیر تنش برشی به طور دسته جمعی چنان حرکت می‌کنند که نسبت تغییر شکل یافته نسبت به تغییر شکل نیافته کربستال یک شکل متقاضی را به وجود می‌آورد.



تغییر شکل در طولی



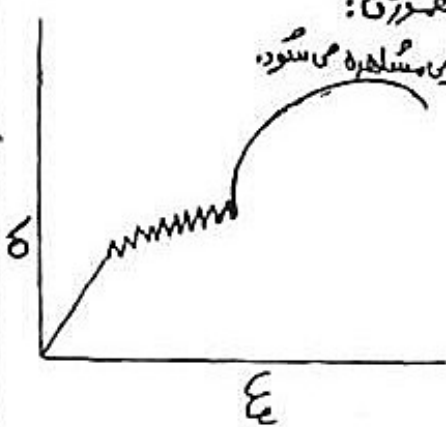
تربینه A نسبت به مرز در طولی پایله شده است که به علت تغییر نامیله به نقطه B منتقل شده است.

* دو تلوئی در فاصله چند میکرومتری بوجود می آید و در بسیاری از حالات با یک همراهِ است که فریاد قطع نام دارد و صدای ایجاد شده در فشردن آنها گام طاقی قطع در دندان در دندان بزرگی نیز همین صدای را به همراه دارد.

* دو تلوئی بیشتر در درجه حرارت تمامی پایین و سرعت های زیاد بار تشکیل می شود زیرا در تغییر شکل پلاستیک این گونه بارها با تنش های بالایی همراه است.

* فلزات با شبکه های F.C.C در شرایط غلط شکل دادن یا بایر بستند و یا توسط دو تلوئی تغییر شکل دهند. (فلزات C.F.C در غیر شرایط غلط شکل دادن و شکل نیز تری فلزات می باشند.)

۳- منحنی های تغییر شکل الاستیک هموزن و پلاستیک غیر هموزن و پلاستیک هموزن:
این گونه رفتار در فولادهای کم کربن به دلیل نفوذ آتم های C و Mn زیر فلز نا به جای مسئله می شود.
* فولاد: آلیاژ آهن با حداکثر 2% کربن را متولد می گویند.

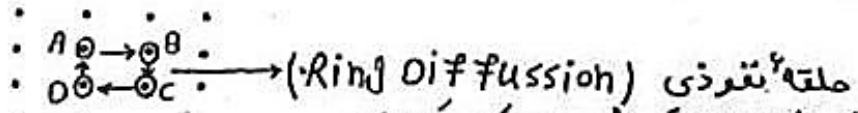


نفوذ (Diffusion)

نفوذ در جامدات:

* جامد: آتم های، هستند که با نظم بلند دامنه ای تقریباً به حالت سکون در کنار هم قرار دارند.

برای اینکه آتم A سین آزادان انرژی بتواند درجات مختلف حرکت کند مثلاً در جهت آتم B (بلور تعدادی) باید آتم B نیز در محدوده ای جنبش کند و برای این کار مثلاً آتم B به طور تصادفی به جهت C برود باید آتم C نیز حرکت کند و بدین ترتیب برای نفوذ در جامدات باید یک حلقه نفوذی تشکیل شود که عملاً مسئله است و با نفوذ با جاهای خالی را تو منبج داد.



* نفوذ در شبکه گازی زیاد است چون جنبش در گازها زیاد است و در مایع کمتر است و در جامد بسیار کمتر است.

عیب جای خالی (vacancy) موصلیتی در داخل شبکه که توسط هیچ آتمی اشغال نشده است.
 $n = Ne^{-\frac{ES}{KT}}$
 n: تعداد جاهای خالی در شبکه
 E: انرژی لازم برای خارج کردن یک آتم از موقعیت خود در شبکه
 T: دما (K)
 K: ثابت بولتزمن
 در نقطه ذوب n_{max}
 در مفرکولونی n_{min}
 جانگسین: $\pm 4\%$ (اختلاف ابعاد) بین نسین

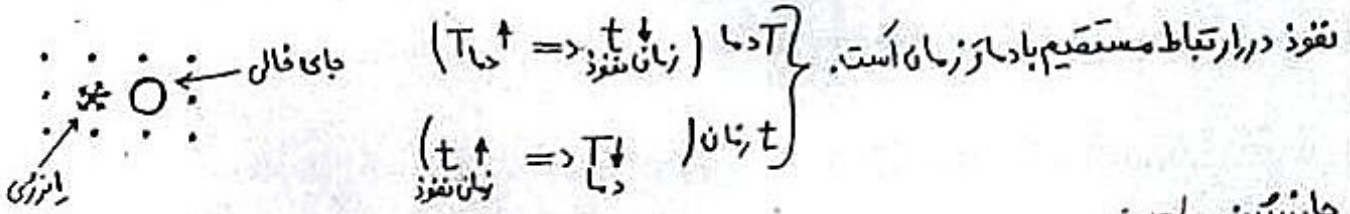
عیوب شبکه های کریستالی

- عیوب نقطه ای
- عیوب خطی
- عیوب سطحی
- عیوب حجمی

عیوب خطی (dislocation) بنا به جایی (dislocation) گساره

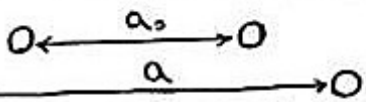
نفوذ یا جاهای خالی:

یک اتم (مثلاً آهن) بر اثر دادن انرژی باید جنبش کند و بر اثر دافعه اتم‌های کناری جنبش آن به سمت جای خالی خواهد بود.



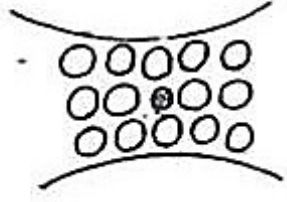
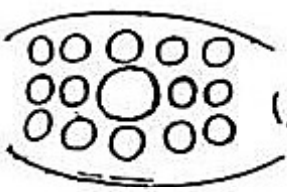
جانشینی: جانشینی

اتمی که بخواهد محلول در شبکه باشد مستلاً سایر آن با اتم‌های شبکه فرق دارد. اگر سایزش بزرگتر باشد که محلول نیست پس باید تقریباً هم سایز یا کوچکتر باشد.



$$\frac{a - a_0}{a_0} \times 100 = \pm 14\%$$

اگر اختلاف ابعاد پارامتر شبکه عنصر محلول و حلال $\pm 14\%$ باشد رآتی که بخواهد محلول در شبکه باشد یا باید 14% بزرگتر یا 14% کوچکتر باشد.

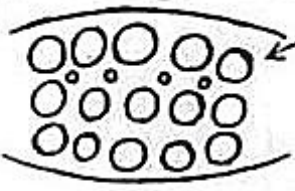


* اتم‌های جانشینی به عنوان اتم‌های ناخالص موجود در شبکه کریستال می‌باشند.

شکله برای دفع نیروهای دافعه سبب یا منقبض می‌شود. در این صورت مجموعه از حالت تعادل خارج می‌شود پس انرژی ذخیره در جسم زیاد می‌شود پس استحکام آلیاژ زیاد می‌شود و به همان نسبت شکل نیز بری آنها کم می‌شود.
* هر چه در مدار انحلال شبکه بیشتر باشد استحکام شبکه بیشتر است.

بین نشینی:

اگر اتمی که در شبکه می‌نشاند خیلی کوچکتر از اتم‌های شبکه باشد به سرعت بین نشینی در شبکه می‌نشاند. انرژی استحکام تک اتم‌های بین نشینی نسبت به جانشینی کمتر است و لی چون حلالیت اتم‌های بین نشینی بیشتر است در کل انرژی استحکام کم می‌شود که اتم‌های بین نشینی به آلیاژ می‌دهند بیشتر است. مثلاً $Z_{Fe} = 56$ و $Z_{C} = 12$ است پس سه‌صیت اتم‌های کربن در آهن به صورت بین نشینی است.



* عیب بین نشینی بیشتر در شبکه‌های با فریب تراکم پایین دیده می‌شود.

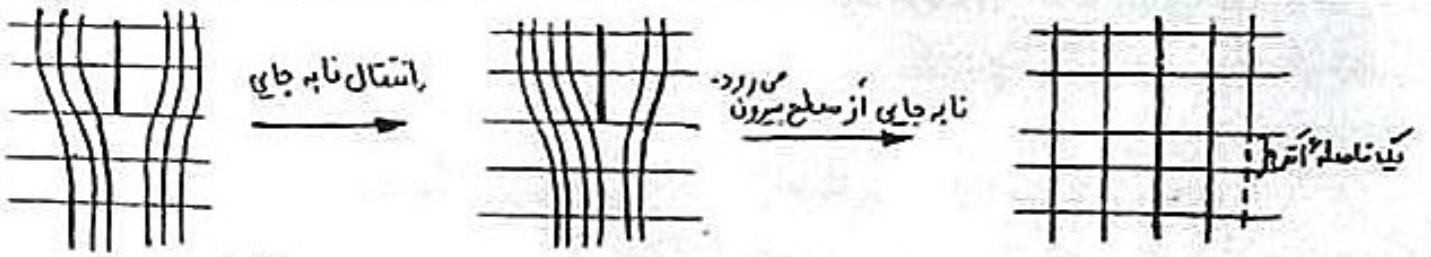
ناپه جایی:

مزین معیت تغییر شکل یافته و معیت تغییر شکل نیافته را ناپه جایی می‌گویند. (در شبکه کریستال ناپه جایی‌ها عیبی هستند که در امتداد یک خط در شبکه دیده می‌شوند و برین جهت است که جزا عیب خطی به شمار می‌آیند).
پیکان ناپه جایی به عنوان عیب خطی در آمدن یک خط ناپه جایی است.

مقاومت در مقابل تغییر شکل

شکل نیز بری

توجیح ناپه جایی‌ها



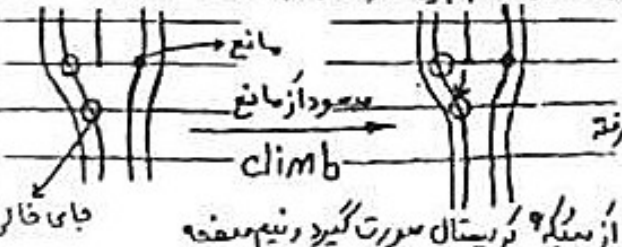
تعداد ناب جایی ها بسیار زیاد است. $\frac{10^{12}}{cm^2}$ تا 10^7 ناب جایی

از سر ناب جایی (منحن حرکت) ناآتومهای بلوک کشته وجود داشته باشند (مانند میسستم دو تلوئی - ناب جایی در جهت مخالف آتومهای بین نشین - سرزده حل -) ناب جایی بلوک می شود و می ایستد.

پدیده کار سختی: (work hardening)

سخت می کند در اثر کار مکانیکی (تنش اعمال شده) بدلیل بلوک شدن ناب جایی را کار سختی می گویند.

از طرف ناب جایی جایی خالی وجود داشته باشد و می تواند از طول خود کم کند و از طرفی مانع بگردد (یعنی می تواند آتوم را متعادل خود را به جای خالی بفرستد).

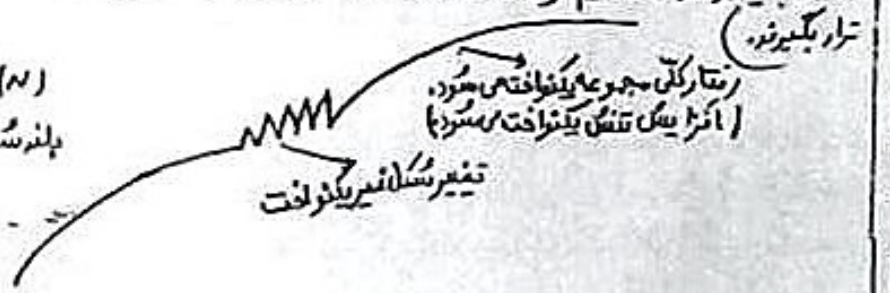
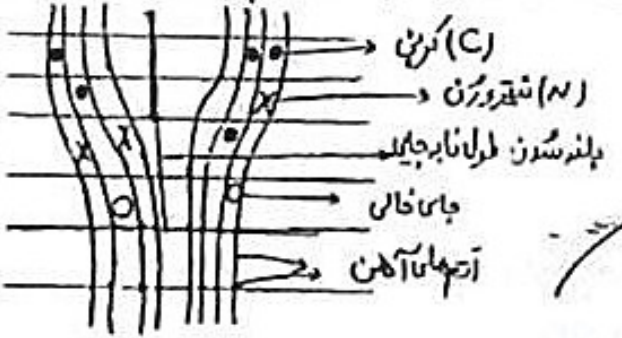


طبق مسئله روبرو ابتدا یکی از آتومهای نیم صفحه که در جلوی جای خالی قرار گرفته ریسوس آتوم که در مقابل مانع قرار گرفته به طرف جای خالی حرکت می کند.

چنانچه مانع جایش را نمی تواند ببرد جای خالی در دیگر صفحات موازی این صفحه از سبک تر استال صورت گیرد و نیم صفحه بالا را منتقل نماید جایی به اندازه یک فاصله آتوم کاهش یافته و در نتیجه لغزش جوی می برود و می رسد و ناب جایی حرکت خود را ادامه می دهد.

در فولاد:

آتومهای بین نشینی در جاهایی در فولاد پخش شده اند احتمال بر خورد با مانع بیشتر می شود و مانع جوی می رسد تنش بیشتر می اعمال کنیم پس تنشها بر دانشهای کناری نیز می رسد و برای اینکه سلج از یک یا بین بیاید باید آتومها بین نشین در جاهای خالی قرار بگیرند.

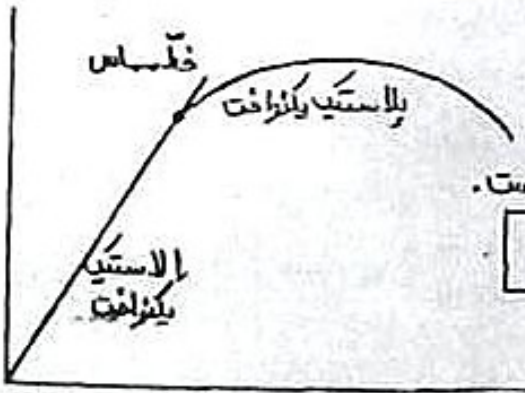


۲- منحن های تغییر شکل الاستیک هموزن و پلاستیک هموزن:

این گونه منحنی ها برای مدادی نرم مثل Cu و Al می باشد.

* خط ساس به خاطر این است که در رفتار الاستیک قانون هوک صادق است.

$$\sigma = E \epsilon$$



حد تناوب: حداکثر تنش است که رفتار جسم الاستیک باشد و قانون هوک هم صادق باشد ($\sigma = E \epsilon$).

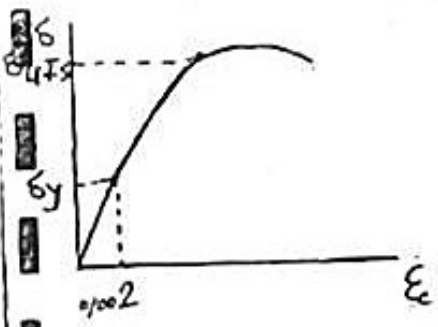
حد الاستیک: سرزواقی بین تغییر شکل الاستیک و پلاستیک است و آن حداکثر تنش است که رفتار جسم الاستیک باشد ولی دیگر لزوماً قانون هوک صادق نباشد.

تنش تسلیم قراردادی: تنش است که بتواند کرنش معادل ۰.۲٪ را ایجاد کند. (σ_{y} یا $\sigma_{0.2}$)

$$\epsilon = \ln \frac{l}{l_0} \times 100 = 0.2\% = 0.002$$

استقام کششی (U.T.S = ultimate tensile strength)

حداکثر تنش است که بیشتر از آن استقام کششی جسم می‌شکند.



تغییر شکل و جابجایی متمرکزی است که تنش متمرکز شود بنا بر این نکته شروع گلوئی نقطه‌ای است که در آن نقطه آهنگ کار سختی برابر تنش است.



واحد (۴) یون از U.T.S در طرف پایینی می‌رود و این قسمت از منحنی عملاً اعتبار ندارد و جزو ضلایا محسوب می‌شود زیرا آن U.T.S به بعد دیگر جسم شکسته است.

- انواع شکست
- ۱- ترد: بدون تغییر شکل پلاستیکی (محور اعمال نیرو و مقطع شکست برهم عمودند)
 - ۲- نرم: تغییر شکل پلاستیکی در 45°
 - ۳- مخلوط: ابتدا تغییر شکل پلاستیکی و در انتها بدون تغییر شکل پلاستیکی

* شکست نرم زمان بر است اما شکست ترد لحظه‌ای است.
 * بسیاری از فلزات در تمام درجه‌های حرارت با شکست نرم دارند. شکست نرم به آرامی و بین از تغییر شکل پلاستیکی زیاد و به ازای تنش‌های زیاد از استقام کششی ظاهر می‌شود. آزمایشات شکست نرم تحت تأثیر تنش کششی و ظاهر کششی گلوئی یا تارگی شدن موضعی و ایجاد حفره‌های بسیار ریز در درون قسمت گلوئی و انتقال آنها تا رسیدن به حد نیک تر تا ریز و ریز آرام تر تا حد پارگی یا شکست نهایی است.

عوامل مؤثر بر منحنی‌های $\sigma - \epsilon$ (عوامل مؤثر در رفتار کششی مواد):

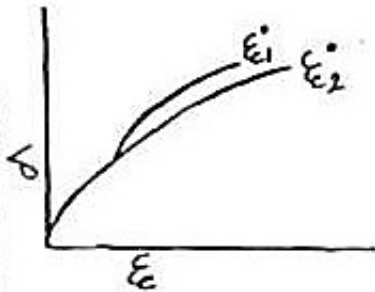
۱- درجه حرارت: اگر تعداد جاهای خالی شبکه بیشتر مقدار نفوذ بیشتر می‌شود پس ناهمبندی‌های بلوک سده زودتر از سوانح خلاص می‌شوند یعنی با نیروی ثابت کرنش بیشتری پیدا می‌شود.

↓ کار سختی ⇒ ↑ شکله نرم‌تر ⇒ ↑ بلوک سده از منبع ⇒ ↑ h ⇒ |oi ≠ ↑ |

سرعت آزاد شدن ناهمبندی‌های بلوک سده

۲- سرعت:

هرچه سرعت اعمال نیرو بیشتر باشد ناب جان زودتر به بلوک برمی خورد و در زمان کمتری به بلوک رسیده و بلوک می شود پس زودتر به کار سختی می رسد



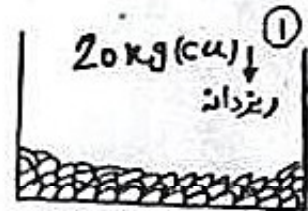
$\epsilon_1 > \epsilon_2$

↑ سرعت کار سختی ⇒ ↓ مقاومت و آزاد شدن ناب جان ها ⇒ ↑ سرعت برضد ناب جان ها ⇒ ↑ سرعت اعمال نیرو ⇒ ↓ شکل پذیری

۳- تاریخچه:

تاریخچه از زمان محسن و استخراج (تعمیر و آلیاژ کردن ...) تا قلعه نهایی می تواند روی خواص مکانیکی دخیل باشد. مثلا اگر در ظرف یکی متری و دیگری مسه ای داشته باشیم و در هر کدام 20kg مس ذاب بزنیم می داند که سرعت انتقال حرارت در ظرف خنک می کند.

ظرف فلزی ① طرف ماسه ای ②

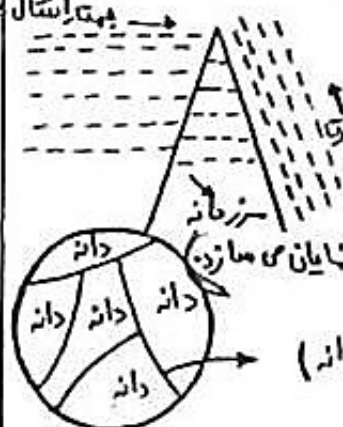


- ① < ② سرعت انتقال حرارت
- ① < ② زمان گلی برای رانندگی
- ① < ② نفوذ
- ① < ② رسک دانه ها
- ① < ② مقدار دانه های مجید
- ① < ② کار سختی
- ① < ② شکل پذیری

سوال: چرا شکل ① متعلق به ظرف فلزی است؟

چون ظرف ماسه ای دیرتر گرمای خود را از دست می دهد پس مقدار نفوذی که از آن طرف می آید کمتر است و به مقدار بیشتری خواهد بود. پس مذاب ظرف فلزی ریزدانه است چون فرصت کافی برای رسک کردن ندارد و مذاب طرف ماسه ای درست دانه است چون فرصت کافی برای رسک کردن دارد.

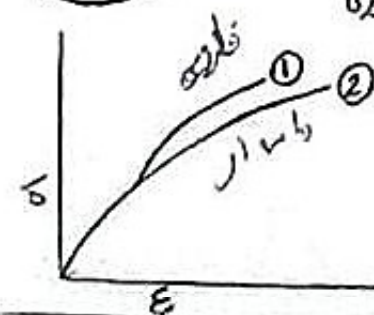
* در حالت مذاب جهت انتقال حرارت در فلان جهت شکل گیری می باشد. (در حالت مذاب آتم ها در فلان جهت انتقال حرارت منجر می شود)



سرزدانه: آتم هایی که در هنگام شکل گیری فرصت نمی کنند به هم بچسبند و از طرف بچسبند این ها از حالت تعادل خارج هستند و این آتم ها برای انرژی زیادی هستند و به عنوان یک مانع برای ناب جان ها عمل می کنند. هر یک از دانه ها در یک جهت انتقال با سرزدهای از دانه های مجاور رسک جدا شوند شکل سرزدانه ها را می بینیم

سوال: کدام یک از سختی های زیر سر بر لبه ظرف فلزی دارای مذاب و کدام یک سر بر لبه (سرزدانه)

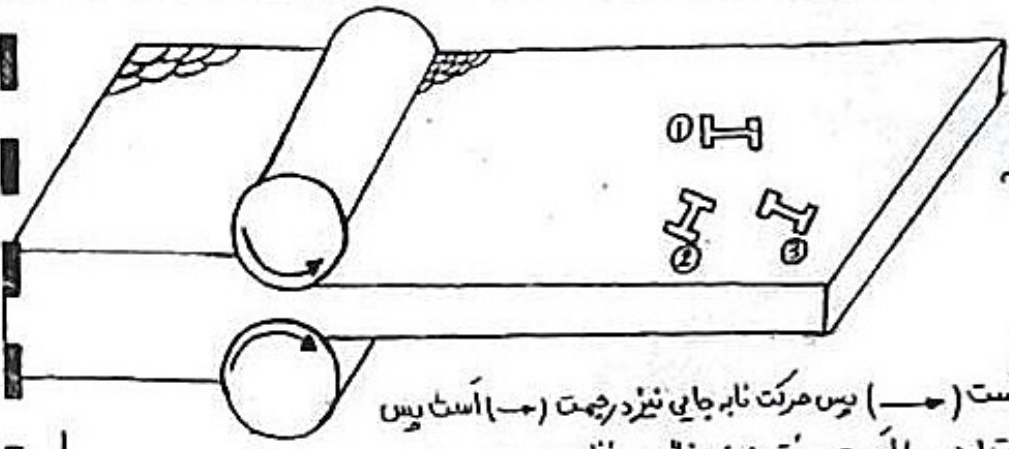
ظرف ماسه ای است. جواب: هر چه دانه های یک فلز بیشتر باشد استحکام فلز بیشتر است و شکل پذیری کمتر است. پس ① و ② و ③ و ④ و ⑤ کمتر است چون دارای شکل پذیری بیشتری می باشد. پس ① متعلق به ظرف فلزی است که دانه های ریزتری دارد و ② متعلق به ظرف ماسه ای است.



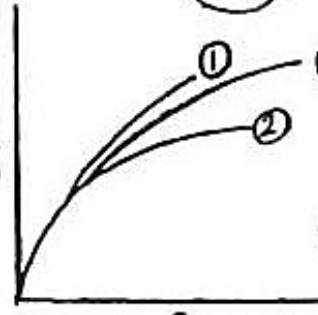
هر چه دانه های یک کربیتال بیشتر باشد استحکام کششی بیشتر و کار سختی بیشتر و شکل پذیری کم تر است.

نورد کردن:

در شکل زیر روش جسم برای نورد کردن وجود دارد که منحنی (ع-ک) آنها به صورت زیری باشد.



چون جهت نورد در جهت فلش است (→) پس حرکت ناپه جایی نیز در جهت (←) است پس بیشترین احتمال بلوکه شدن در جهت (→) است در نتیجه نمونه مورد نظر در جهت (→) بیشتری کار سختی روی آن انجام می شود.



سوال: چرا کرنش نمونه 2 از کرنش نمونه 1 بیشتر است؟

چون ناپه جایی ها برای مورد 1 در جهت نورد کردن است پس کار سختی بیشتری نسبت به مورد 2 دارد پس به ازای تنش های برابر برای مورد 1 و 2 کرنش بیشتری برای 2 داریم و اینکه در جهت (→) مقدار ناپه جایی های بلوکه شده بیشتر می باشد (برای نمونه 1) ولی در جهت (←) ناپه جایی ها به طور کمتری حرکت می کنند (برای نمونه 2).

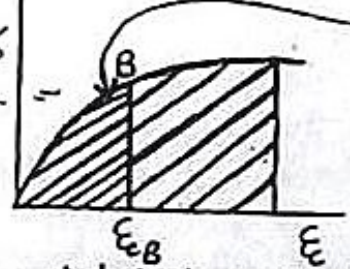
۱- برجهنگی (ضرب کسسانی) - مدل ارتجاعی (Visiellence)

مقدار انرژی یا کار انجام شده در واحد حجم قطعه است برای اینکه جسم تغییر شکل الاستیک پیدا کند و مقدار آن برابر است با سطح محصور زیر منحنی (ع-ک) تا حد الاستیک.

۲- چقرمگی (تافتس) (Toughness): مقدار انرژی یا کار انجام شده در واحد حجم تا حدی که جسم بشکند و مقدار آن برابر است با سطح محصور زیر منحنی (ع-ک) تا نقطه شکست.

با فرض $F = cte$ $dw = F \cdot dl$ ($\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma \cdot A$) $\Rightarrow dw = \sigma A dl$

از طرف دیگر $dw = \sigma \cdot A \cdot L \cdot \frac{dl}{L}$ $\rightarrow \frac{1}{V} dw = \sigma d\epsilon$ $\rightarrow \frac{W}{V} = \int_0^{\epsilon_B} \sigma d\epsilon$



$\int_0^{\epsilon_{UT.S}} \sigma d\epsilon$ کل سطح زیر منحنی (چقرمگی)
 $\int_0^{\epsilon_{UT.S}} \sigma d\epsilon$ سطح زیر منحنی تا حد الاستیک

در رسم این منحنی از واحد است
 سمت راست و بالا مقیاس است

مثال: منحنی (ع-ک) ماده ای به صورت زیر است. مطلوب است تا حدی که ماده را در زیر:

$\sigma_y, \sigma_{UT.S}, \epsilon_{UT.S}, Res, Tough, \epsilon_y$

استقامت $\sigma_{UT.S} = 10^6$
 $\sigma_y = 10^6$
 $\epsilon_y = 0.02$
 $\epsilon_{UT.S} = 5\%$ (کرنش شکست)
 $Res = \frac{10^6 \times 0.002}{1000} = ?$
 $Tough = Res + (15 - 0.002) \times 10^6 = ?$

مثال: مغزی ($\epsilon - \epsilon_0$) ماده ای از رابطه $\epsilon = k \epsilon_0$ پیروی می کند. وقتی مقدار تغییر شکل ($\epsilon = 25\%$) است تنش لازم $12 \times 10^8 \text{ mm}^2$ k می باشد. مطلوب است: الف) کار انجام شده در واحد حجم نمونه تا این مقدار تغییر شکل. ب) اگر حداکثر کرنش تا شکست $\epsilon_{UTS} = 49\%$ باشد مقدار استحکام کششی را بیا بید.

$$\sigma = k \epsilon^{1/2} \rightarrow 12 = k(25)^{1/2} \rightarrow k = 24$$

$$\frac{W}{V} = \int \sigma \cdot d\epsilon \Rightarrow \int_0^{25} 24 \epsilon^{1/2} d\epsilon \Rightarrow 24 \times \frac{2}{3} \epsilon^{3/2} \Big|_0^{25}$$

$$\sigma_{UTS} = 24(\epsilon_{UTS})^{1/2} \rightarrow \sigma_{UTS} = 24(0.49)^{1/2} \Rightarrow \sigma_{UTS} = 16.8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

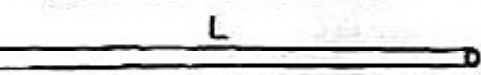
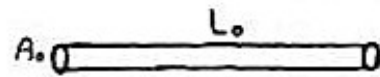
* حداکثر کرنش وقتی است که حداکثر تنش باشد.

قابلیت انعطاف پذیری (ductility) حداکثر تغییر شکل که جسم قبل از شکست متحمل می شود و مقدار آن یا برای محاسبه آن می توان از کرنش مهندسی (تقریبی) استفاده کرد.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

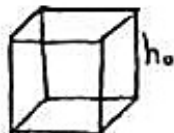
$$\eta = \frac{\Delta A}{A_0} = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100\%$$

در صورت کاهش نسبی سطح مقطع شکست با کاهش سطح نیز می توان قابلیت انعطاف پذیری را توضیح کرد.



قابلیت شکش خواری: (malleability)

حداکثر تغییر شکل که جسم قبل از شکست تحت نیروی ضربه ای پیدا می کند. (تفاوت انعطاف پذیری و شکش خواری در سرعت اعمال نیرو است.) برای محاسبه قابلیت شکش خواری از معیار منطقت استفاده می شود.

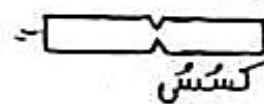
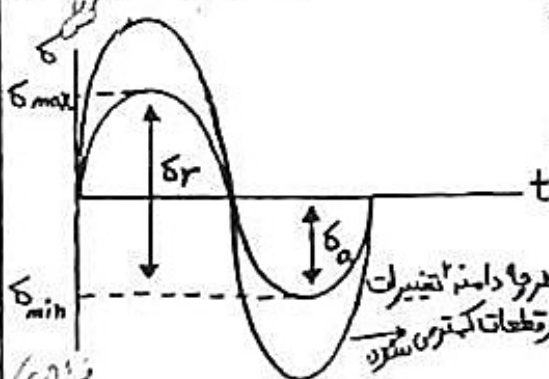


هر چه قدر که نسبت $\frac{h_0}{h}$ کم تر از 1 باشد میزان شکش خواری بیشتر است.

خستگی: (Fatigue) (مکالمه و راست کردن مدارم یک ممتدل)

شکست در تنش های حقیقی زیر حد تنش تسلیم بدلیل تکرار متناوب تنش تحت تنش های پر پدیده یا سیکنلی که منجر به جوش زنی ترک در سوراخ و اشاعه آن در نهایت شکست می شود را خستگی می گویند. بار گذاری های پر پدیده های از قبیل: پیچ ها - لوله های دزد - میل لنگ ها - فنرها و کمانرها - چرخ دنده ها - بلبرینگها و ریل بریدگما و ...

سوراخ ساده ترین حالت خستگی به صورت سینوسی است:



* حداکثر نسبت تنش برابر (-1) است. یعنی تنش منهای فشار

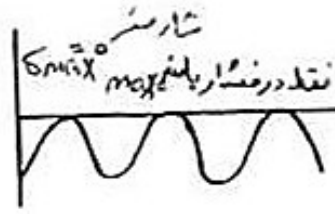
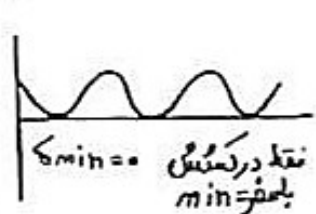
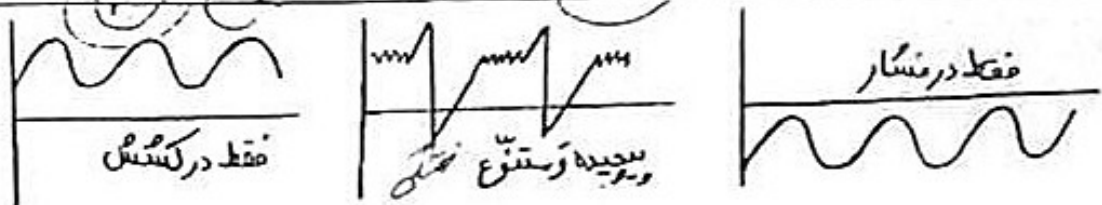
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

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

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

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

انواع دیگر نمودارها:

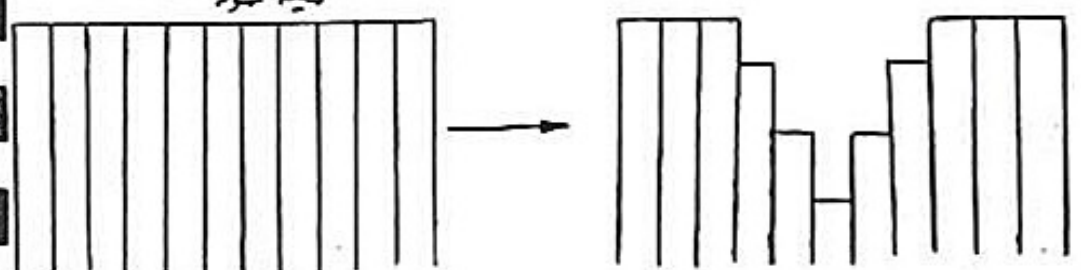


مثل دستگیره ها که یا بار ندارند و یا در فشارند.

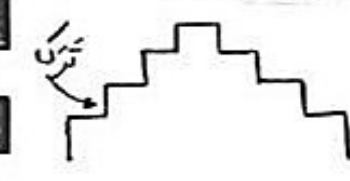
سکست خستگی:

ترد: بدون تغییر شکل و الاستیسیته بوده و محور اعمال نیرو و مقطع سکست بر ۴ محدودند.
 انواع سکست: تغییر شکل بلااستیسی در ۵ تا ۱۰ درصد در تنش برش (در سکست نرم مقطع سکست و اعمال نیرو در این زون ها هستند.)
 مخلوط: ابتدا با تغییر شکل بلااستیسی و در انتها بدون تغییر شکل بلااستیسی همراه است.

انواع سکست
 در زون تنش برش
 در زون کشش
 در زون تغییر شکل



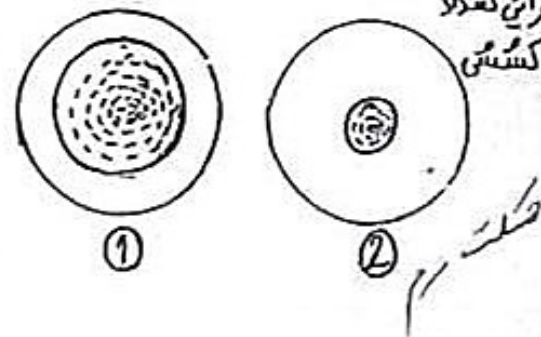
مناطق برقی: به خاطر سائیده شدن مناطق ترک به یکدیگر بر وجود می آیند که با بیشتر ترکها سطح مقطع آزادتر کوچک می شود که منجر به انجام به صورت ترد می شوند، پس دیگر سائیده شدن قراریم و مناطق برقی در وسط مناطق زیر تنش بوجود می آیند.



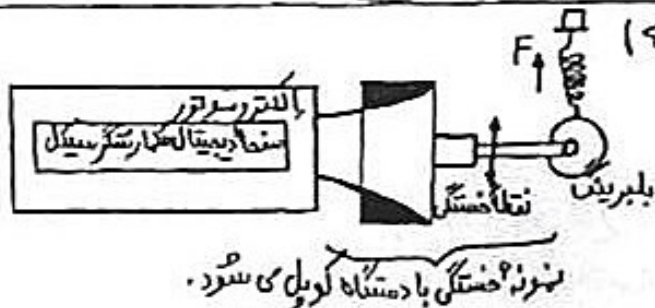
خطوط ساحلی: تعداد دفعاتی که ترکها روی هم دیگر سائیده می شوند را خطوط ساحلی می گویند.
 یعنی ایند سرعت سائیده ترک (کمتر) → تکثیر سطح مقطع → تعداد خطوط ساحلی
 یعنی ایند سرعت سائیده ترک (کمتر) → تکثیر سطح مقطع → تعداد خطوط ساحلی (بیشتر)

مثال: کدام یک از موارد زیر دارای استحکام کششی بیشتری است؟

استحکام کششی شماره ② بیشتر است چون نسبت زیر تنش کوچکتر دارد و در کل هر چه سطح زیر تنش کمتری داشته باشیم مسلماً منطقه نرم بیشتری داریم بنابراین تعداد خطوط ساحلی بیشتر بوده و سرعت سائیده ترک کم تر است پس دارای استحکام کششی بیشتری می باشد.



تست تسلیم بیرونی فلز



آزمایش خستگی و رسم منحنی های تنش - تعدد سیکل (N - σ)
 * در یک زمان مشخص است.
 * در این آزمایش چون نمونه دائماً در حال حرکت است 2/2
 من توان از مدخلی که تنش استفاده کرد در این آزمایش
 مقدار تنش حقیقی و مدولسی با هم برابرند.

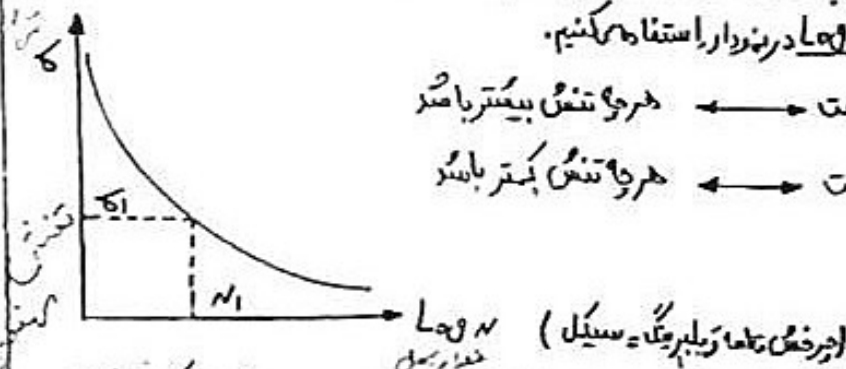
F	N
F ₁	N ₁
F ₂	N ₂
⋮	⋮

* بهترین مقادیر برای خستگی آنهایی هستند که دارای بهترین و درجه سخت با سندان دارای ریزه سخت که ترکها نرم نشوند و دارای بهترین نرم که ترکها خوردند نشکند.

* برای تست خستگی باید 15-20 نمونه در هر درجه مختلف تحت خستگی قرار دهیم.

* در زیر حد تسلیم تسلیم رفتار الاستیک داریم که در اینجا تنش حقیقی و مدولسی هم هستند پس در نمودارها از تنش مدولسی استفاده می کنیم و چون ممکن است در سیکل ها بالا باشد از $\log N$ در نمودار استفاده می کنیم.

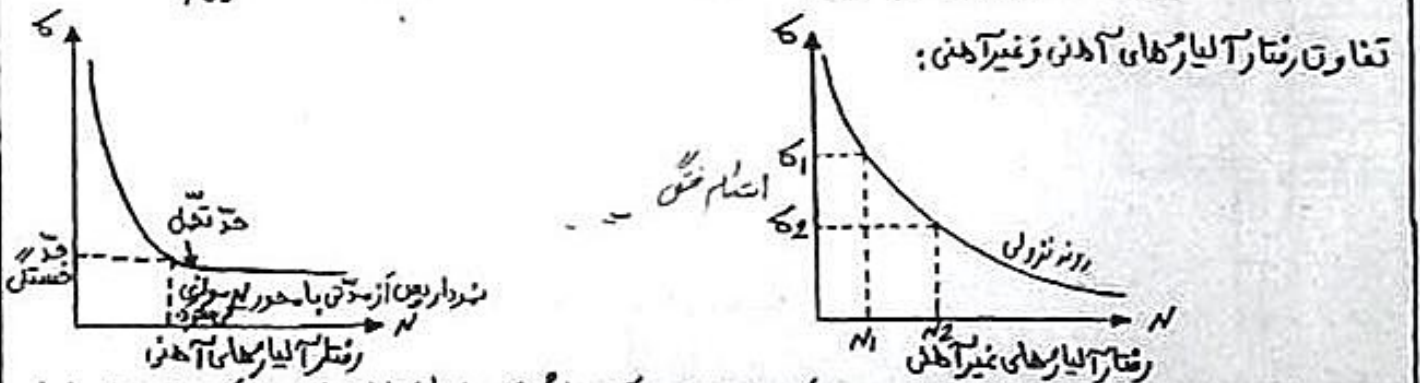
تعدد سیکل برای سبکست کمتر است ← هرچه تنش بیشتر باشد
 تعدد سیکل برای سبکست بیشتر است ← هرچه تنش کمتر باشد



مثال: فرض کنیم برای قطعه ای $N_1 = 100000$ اندازه گیری شده است و قطعه روزی $\frac{8 \text{ hour}}{\text{day}}$ کار می کند و به آن

$50 \frac{\text{cycle}}{\text{hour}}$ (سیکل در ساعت) با مال می شود. طول عمر آن را حساب کنید.
 یعنی روزی 400 سیکل به قطعه اعمال می شود.
 $50 \frac{\text{cycle}}{\text{hour}} \times 8 \frac{\text{hour}}{\text{day}} = 400 \frac{\text{cycle}}{\text{day}}$

یعنی قطعه تقریباً 25 ماه و 8 روز کار می کند $= 250 \text{ days} \approx 8 \text{ months}$
 $\frac{100000}{400} = 250 \text{ days}$ طول عمر



* در نمودار آلیاژهای غیر آهنی یک رانچن وجود دارد که حاصل حد خستگی می باشد و در نمودار آلیاژهای آهنی یک رانچن در نمودار حاصل از تنش و تعدد سیکل داریم.

* میزان حداکثر تنش را قبل از سبکست که برسیم؟ قسمت آنتی نمودار نشان داده شده است را حد تحمل می گوئیم.

حد خستگی: حداکثر تنش است که کمتر از آن فولاد یا آلیاژ آهنی دچار خستگی نمی شود (منی شکند) یعنی دارای عمر بی نهایت میزند.
 است اما چون روی یک قطعه فقط یک عامل صرف عمل نمی کند و چون طول عمر بی نهایت نیست.

استخام خستگی: در رابطه با آلیاژهای غیر آهنی به ازای هر سیکل در طولانی راهی توان یافت که آلیاژ مورد نظر در آن دچار سبکست و شکست نشود.

راههای جلوگیری از خستگی:

۱- حتی الامکان بارگذاری حاشیاری باشند (باعث بسته شدن دهانه اثر نمی شود) و گسستی نباشند (با یک بازنگار دهانه ترک نمی شود).

سرمه کمتر تنش (ترک)

۲- حتی الامکان سطح نه و نه مسافان و مسیقلی باشد.

۳- حتی الامکان از مواد نرم تر استفاده شود. سیم لانی سی و آلومینیومی

مثال: فرض کنیم منحنی های $\sigma_{max} = 50 \frac{Kw}{mm^2}$ برهنگز از جدول زیر را بکار بگیرید و مشخص کنید که از چهار تای آن کدام مناسب ترند. همین آنرا با جدول بعدی مقایسه کنید.

ردیف	σ_y	σ_{UTS}	ϵ	$8Kw$
1	20	60	40	100
2	30	70	35	120
3	40	80	30	135
4	55	95	25	160
5	55	90	27	148
6	100	130	15	200

هر چه عدد سختی کمتر باشد منحنی نرم تر است.
 حل: در مورد چهار تای آن چون 3 و 2 را از جهت الاستیک هستند پس نمونه 4 مناسب تر است زیرا حداکثر تنش تسلیم آن بیشتر از 50 است پس نمونه 4 و 5 را ملاک بگیرد. اول در مقایسه 4 و 5 چون تنش تسلیم هر دو بیشتر از 50 است بنابراین 5 بهتر بوده و مناسب تر است و در مورد 6 طبق رابطه $\sigma_y = 2(\sigma_{max})$ نمونه 6 مناسب تر است.

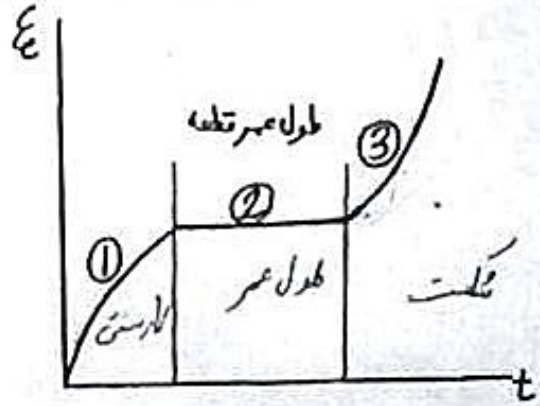
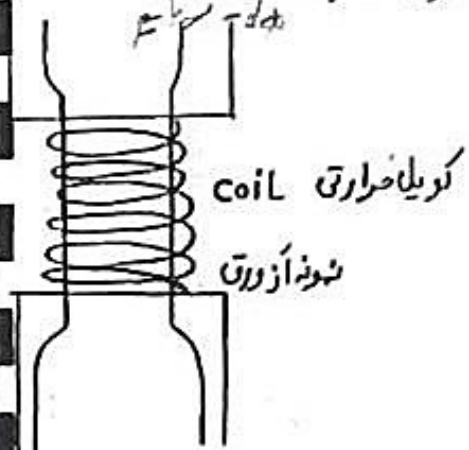
خزش (Creep)

شکست در تنش های حتی زیر حد تنش تسلیم به دلیل قرار گرفتن نمونه تحت نیرو یا تنش ثابت به مدت طولانی در دمای بالا که منجر به جوامع زنی ترک و رشد و راستی آنها در نهایت شکست با مکانیزم لغزش سرزمانه ها می شود. مانند پیراهن های توربین های بخار سازها (دکله نفت و ساختن ر...)- کابل های برق بین تیرهای چراغ برق.

$$\sigma = cte$$

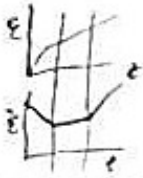
+ t
T

رفتار تعلق در شرایط خزشی - آرایش خزشی نتیجه آن به صورت منحنی های کرنش - زمان $(\epsilon - t)$ تغییرات طول را در هر لحظه آنرا زهی گیرند و به صورت کرنش بر حسب زمان رسم می کنند که دارای سه مرحله می باشند:



خزش سه مرحله دارد:

- مرحله 1: مکانیزم کار سختی (work-hardness) پیوسته می شود. در این مرحله تعداد نابجایی ها بیشتر از بلوک شده ها است یعنی کرنش زیادی در پی و سپس کم کم کاهش می یابد.
- مرحله 2: متعادل کننده طول عمر تقطه است. در این مرحله تعداد نابجایی ها تقریباً برابر است و کار کرنش ثابت داریم و کار سختی نیز ثابت می شود. هر چه طول عمر بیشتر باشد استحکام خزشی بیشتر است. در این مرحله تغییرات کرنش با زمان چندانی محسوس نیست و تقریباً برابر می شود. مکانیزم این مرحله برابر شدن تقریبی سرعت کار سختی و سرعت بازجایی است یعنی دانستیم نابجایی های بلوک شده تقریباً برابر با نابجایی های متحرک است.



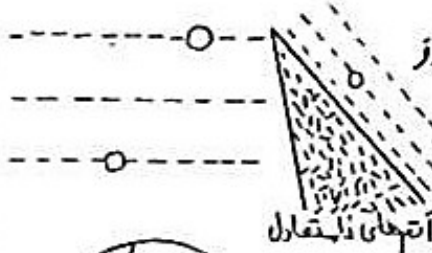
۷

اگر دما و زمان به قطعه بدهیم هم نفوذ و هم جای خالی داریم. دما و زمان در خزش داریم پس کرنش تقریباً تا مرحله III ثابت است.

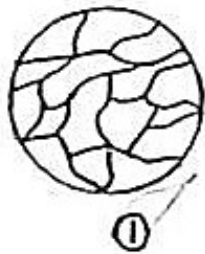
$$n = Ne^{-\frac{E_s}{KT}}$$



مرحله III: شکست بزرگ محلی جاهای خالی به سمت سرزدانهها و بهم پیوستن جاهای خالی و تشکیل حفرهها که در اصل جویلههای ترکها هستند. و در نهایت رگد و اسحاق ترکها کمترین لغزش سرزدانهها می شود. سرزدانه: اختلاط آرایشی بین دو یا چند دانه بسیار است.



برای رسیدن به حد اتم انرژی باید نفوذ است باسیم تا اتم های نامتقارن در جای تقارن قرار بگیرند و جاهای خالی بزرگترند که پس از آن دیگر عامل جعبین در دانه بسیار که سالم شده اند از بین می رود پس دانه های لغزش بر واقع جاهای خالی چایسکان را به اتم های سرزدانه های دیگر

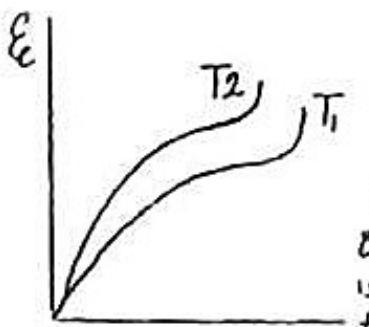


استحکام کمتری و خزش را بر می آورد زیرا در جهت کنید؟
 * در کسب و استحکام سرزدانهها از استحکام دانهها بیستتر است. (در یک کپسول هر چه سرزدانههای بیشتری داشته باشیم استحکام کمتری بیستری خواهیم داشت).
 * در خزش استحکام سرزدانهها از استحکام خود دانهها کمتر است. (در یک کپسول هر چه سرزدانههای کمتری داشته باشیم استحکام خزش بیستری خواهیم داشت).
 پس خواهیم داشت:

1 استحکام کمتری
 خود دانهها > سرزدانهها
 (خوش تقارن دانهها بیستتر است)
 سرزدانهها ضعیفتر

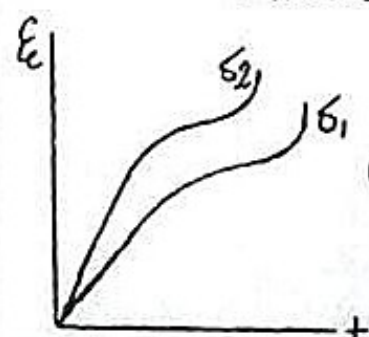
2 استحکام خزش
 سرزدانهها > خود دانهها
 (خوش سرزدانهها کمتر است)

* بیستری استحکام خزش را وقتی داریم که تک کپسول داشته باشیم. (که کپسول با سیم و لایه شفاف)
 عوامل مؤثر بر خزش: برای در نمونه یکسان 1- درجه حرارت 2- تنش



مورد 1: $\epsilon_2 > \epsilon_1, \sigma = cte$

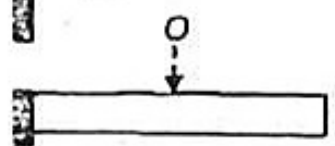
فعل انتقالی که بر اثر انرژی حرارتی از دانهها به سرزدانهها می شود یا معکوسا به جاییها از موانع و لغزش سرزدانهها بر روی این بگر و درجه حرارت تمام بالا (تغییر شکل در درجه حرارت تمام بالا به ازای تنش های بسیار کم صورت می گیرد).



مورد 2: $\sigma_2 > \sigma_1, T = cte$

سرعت خزش با افزایش تنش افزایش می یابد. مرحله 1: کربنهای سنگین بر اثر بالارفتن که سرعت کار سختی بالا می رود پس زمان نابرابر سنگین ناب جاییها آزاد شده با ناب جاییها بلر که سخته بر اثر می شود. مرحله 2: کربنهای سنگین بر اثر بالارفتن تنش سرزدانههای خالی و نوبه کوچک هم حرکت می کنند پس سرعت اسحاق ترکها بالا می رود. مرحله 3: لغزش سرزدانهها است.

سختی سنگی: (مقاومت در برابر تغییر شکل) (Hardness Test)



۱- جویا با تری تحت نیروی فشار به ای (روش مقایسه ای) هر چه سطح سخت تر باشد گلوله بی بیشتر به سمت بالا بری گردد و اثر نیروی جذب شده توسط سطح کم تر است.

۲- مقاومت در برابر خراش: همیشه جسم سخت تر روی جسم نرم تر خراش ایجاد می کند.

در بهما سخت: پر در جویا

Talc دروزرهای: پروری که دروزر برداری و... به دست می زتند.
در صنعت: (سپاریت) مورد استفاده در قالبها برای جلوگیری از چسبیدن در قالبگیری

شماره	moh's table	فرمول
1	Talc (سپاریت)	$mg_3 [OH]_2 Si_4 O_{10}$
2	Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Calcite	$CaCO_3$
4	Flourite	CaF_2
5	Alpatite	$Ca_5 (Cl, F, OH, FO_4)_3$
6	Orthoclase	$Na [Al Si_3 O_8]$
7	Quartz	SiO_2
8	Topaz	$Al_2 [F_2 SiO_4]$
9	Corundum	$\alpha - Al_2O_3$
10	Diamond	C

جدول سختی مو

نرم ترین
سخت ترین

Talc
ما در زندگی با تالمک
برای که با تالمک
در دست ۵۳ ایجاد
شده است.

سختی ۲.۵
۶.۵

۳- مقاومت در برابر ساییدگی

۴- قابلیت ماشین کاری و برشکاری و سوراخکاری و...
۵- مقاومت در برابر اعمال نیروی فرورونده (به صورت عددی)

۵- روش بریل (Brinell hardness) (BHN) سختی سنگی

برای آلیاژهای آهنی 30 sec
30S
65 sec
برای آلیاژهای غیر آهنی

نوع فرورونده: سایه فولادی به قطر 10mm
برای اجسام سخت 3000 kg
برای اجسام با سختی متوسط 1500 kg
برای اجسام نرم 500 kg

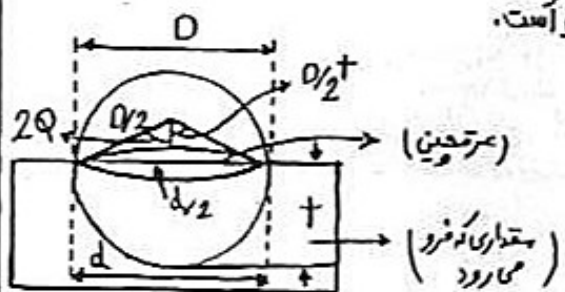
در انتخاب روش بریل در این حالت که سطح اثر فرورودگی نسبتاً بزرگ است بر طوری که در اندازه گیری سختی و تغییر رفتارهای بسیار جزئی در نتیجه آزمایش تأثیر ندارد.

مردود نیل از حد و استفاده مکنیم فروردنی است
 برنیل روش انکلیس و باید ۲ تا ۱۰ است

۱۹

(تنگی از نوع فشاری) $BHN = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح اثر ایجاد شده}}$ سختی برنیل

اگر سایه ای به قطر D روی یک سطح اعمال کنیم فروردنی آن عمق t به قطر d است.



$$\cos \varphi = \frac{D/2 - t}{D/2} = \frac{D - 2t}{D} = 1 - \frac{2t}{D}$$

$$t = \frac{D}{2} (1 - \cos \varphi)$$

$$S = \pi D t = \frac{\pi D^2}{2} (1 - \cos \varphi)$$

$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi D^2}{2} (1 - \cos \varphi)}$$

سایه اغلب به شکل (استوادی شکل) است

لژی می یازد که قطر سایه حتی ۱۰ mm باشد ولی از هر سایه ای استفاده شود باید نسبت $F/D^2 = cte$ ثابت شود

$$F/D^2 = cte \rightarrow \frac{F_1}{D_1^2} = \frac{F_2}{D_2^2}$$

مثلاً اگر بخواهیم از سایه ای به قطر ۲ mm استفاده کنیم باید نیروی برابر ۱۲۰۰۰

$$\frac{3000}{(10)^2} = \frac{F_2}{(2)^2} \rightarrow F_2 = 12000$$

به آن وارد کنیم.

در همه روش ها باید سطح را صاف و polish شده بگیریم.

تصویر عمقین یک دایره است که با بزرگنمایی و قطر متوسط d آن در جهات مختلف تعیین می شود که با این قطر در کنار دستگاه جدول است که

F	d	BHN
==	==	==
==	==	==
==	==	==



عدد BHN را می دهیم. * روش برنیل روش مناسبی برای سختی سنجی آلیاژهای غیر آهنی است.

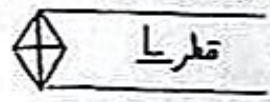
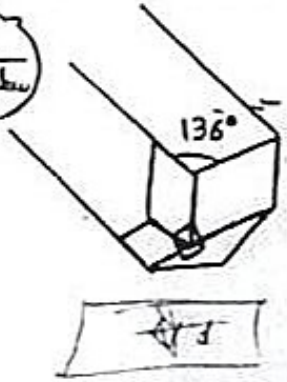
۲-۵ روش ملیر (Meyer hardness) MHV کار به دور برنیل نیست.

$$MHV = \frac{\text{نیرو}}{\text{تسویه سطح اثر ایجاد شده}} = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

۳-۵ روش ویکرز (Vickers hardness) VHN

فروردنی استاندارد شده آلیاژها به شکل هرم مربع القاعده که زاویه بین صفحات مقابل آن 136° است و $F \leq 125N$ و $1 \leq \theta \leq 36^\circ$.

$$VHN = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح اثر ایجاد شده}}$$



$$\text{مساحت هر مربع القاعده} = \frac{L^2}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$$

$$VHN = \frac{1854 F}{d^2}$$

$$\frac{F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}$$

محدودیت های ویکرز:

- ۱- سطح شیشه ها به نسبت روش برنیل باید مانع و صیقل تر باشد.
- ۲- به خاطر زیاد بولینگ کردن سرعت عمل کم است.
- ۳- فلزهای آهسته گیری زیاد است.
- ۴- مقدار غیر اعمال و تجربی است.

۴-۵ روش راکول (Rockwell hardness) (RH)

دارای انواع مختلف است.

شورورونده استفاده شده از نوع سایرهای فولادی یا آلومینیوم به شکل مخروطی با زاویه رأس 120° برای بارگذاری اصلی را بکار می‌گیرد. بارگذاری اولیه می‌شود که شورورونده تثبیت می‌شود.

۱۰۳۶

راکول	نوع شورورنده	شماره (K)	کاربرد
A	مخروطی آلومینیوم	60	کربیدها - سنسیتیتها - فولادهای نازک
B	سایه فولادی به قطر $1/8$ اینچ	100	آلیاژهای Cu و Al - فولادهای نرم و چدن مالیبوم (چدن فولاد)
C	مخروطی آلومینیوم	150	فولادها - چدن های سفت و چدن مالیبوم پرلیت
D	مخروطی آلومینیوم	100	فولادهای نرم و فولادهای با سختی متوسط
E	سایه $1/8$ اینچ	100	چدن و آلیاژهای Cu و Al
F	سایه $1/16$ اینچ	60	آلیاژهای Cu آئیل شده و سفحات نرم و نازک فولاد
G	سایه $1/16$ اینچ	150	Cu - چدن مالیبوم - برنز و ...
H	سایه $1/8$ اینچ	60	Al و Zn و Pb و آلیاژهای آنها

نقشه سه وجهی کلاس

کاربیدها: نازکترین قوی‌ترین ماده ترد و شکننده و ترکیبات بین فلزی بین کربن و عناصر سرعت چوب آهن در جدول تناوبی.
 سنسیتیت: کاربید آهن (Fe_3C): متشکل از $6.67\% C$ و $93.33\% Fe$. آئیل: دسولفور برای عملیات حرارتی.
 مسن آئیل: تا حد امکان نرم شده.

برنز (Bronze): مس و قلع (Cu و Sn) دارای مقاومت مکانیکی فیزیکی بالا است و در بازار به آن مس - قلع هم می‌گویند.
 چدن: مالیبوم: شکل ذرات گران به صورت برقی شکل است.

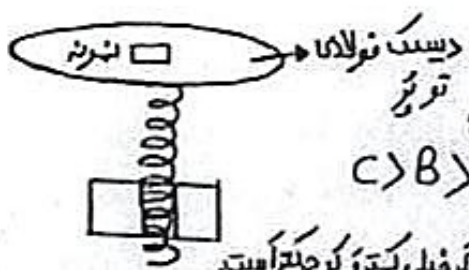
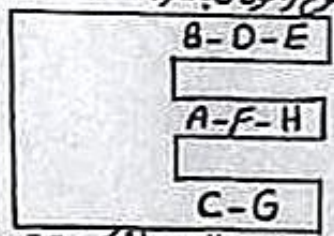


فالسنتی: شکل ذرات گران و نرم شکل است.

چدن مالیبوم پرلیت: ساختن آن لایه لایه است. Fe_3C لایه ها (سختی سطح) و Fe زمینه (سختی سطح).
 روش راکول در زمینه آلیاژهای آهن مطرح است.
 سختی سطحی



دستگاه راکول: برای بارگذاری اولیه و عمر به باید از سفر تا اتمام جلی هاستور ضروری باید.
 در کنار دستگاه آهنی برای انتخاب نوع راکول می‌باشند.



دیسک فولادی تورژ: $C > B > A$
 راکول و روش مطرح علی‌الخصوص برای فولاد می‌باشد که به ترتیب اهمیت راکول داریم:
 جدول تبدیلی سختی ها به یکدیگر ۱۶۹-۱۹۹ کتاب تورجسترگانی

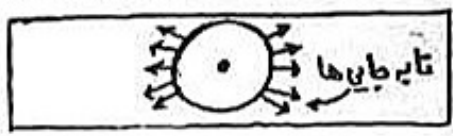
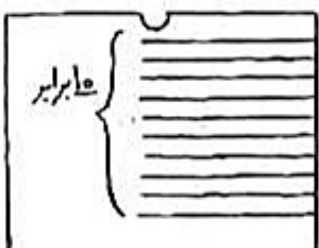
مزا یا [آلیاژ خنثی سطحی که شورورنده روی سطح بجای گوارد نسبت به روش های دیگر فیزیکی کمتر و کمتری است.
 * روش راکول برای اندازه گیری سختی های بالی مناسب است.

۵-۵ روش میکروسکوپی (Knoop hardness) اساس آن سنج و کوز است.

شود سختی سنجی ممکن است خیلی نازک باشد. $25 \leq F \leq 3600 \text{ g}$ در حالی که در سنجی کابل با سختی است.

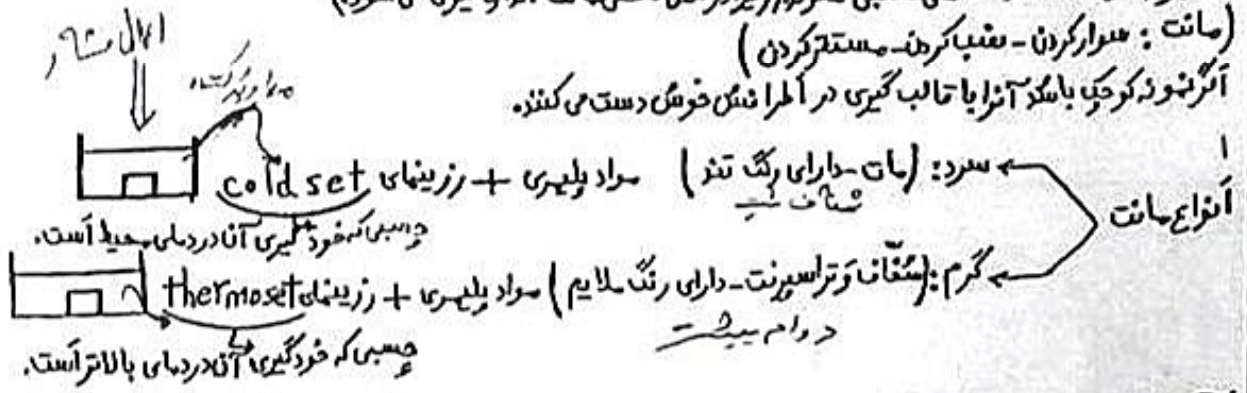
قطر L کابیت نیرو در ده ۱۸۵۴ $= \frac{F}{LC}$ = $\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح اثر ایجاد شده}}$ $\times 117$

- نکات کلی که زمین سختی سنجی باید رعایت شود:
- ۱- سطح شیشه ها ساف و تغییر عمود بر محور اعمال نیرو باشد.
 - ۲- سرعت اعمال نیرو استاندارد باشد. *بسیار با سرعت نامده سه در ده است.*
 - ۳- منخلت شیشه ها حداقل به برابر عمق اثر باشد برای اینکه تنش موضعی است و برای اینکه جسم نشکند.
 - ۴- فاصله بین در نقطه سختی سنجی شده ۵ تا ۳ برابر قطر اثر باشد (برای دفع کار سختی ایجاد شده).



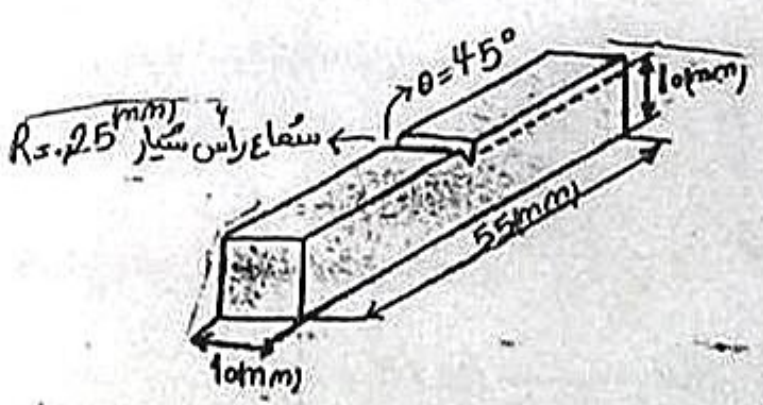
۵- تا حد امکان نزدیک لبه های آزاد جسم سختی سنجی نشود (مکن است در نقطه مخروطی و زنده شکست ایجاد شود و بعد سختی لبه ها از مقیساتی دیگر بیشتر است.)

۶- نموده های سانت شده سختی سنجی نشوند (زیاد در اعمال سختی سانت اندازه گیری می شود.)
 (سانت: سوار کردن - تعبیر کردن - مستقر کردن)
 اگر نشود کوچک باشد اثر با قالب گیری در اطرافش خوش دست می کنند.

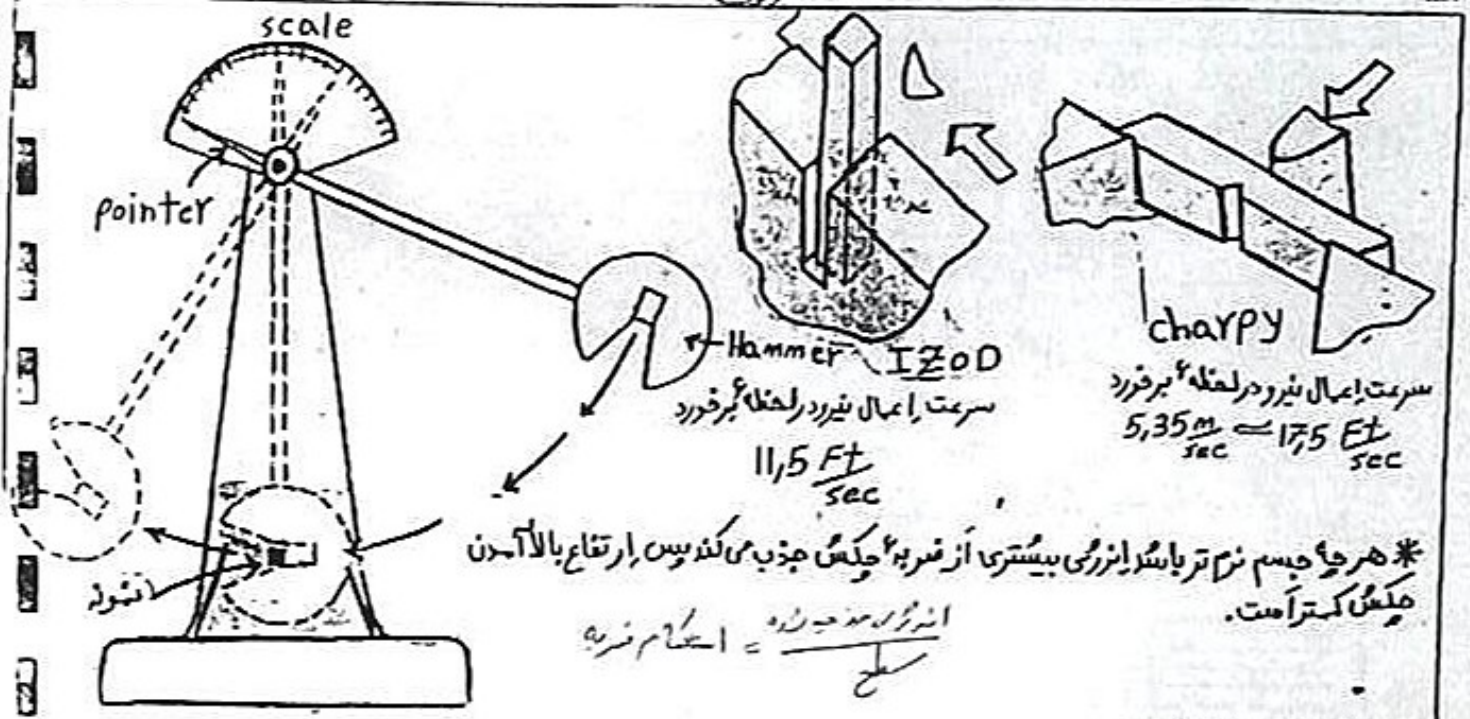


آزمایش ضربه: (Impact Test)
 در این جا با سرعت اعمال نیرو تست و کار داریم.

هرچه سرعت اعمال نیرو بیشتر باشد ← شکست ترد بیشتر است ← شکست نرم کمتر است.

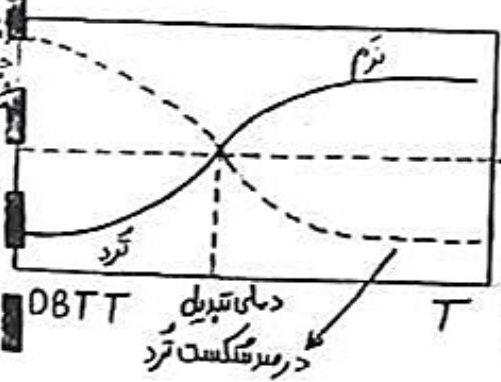


برای هر در روش شکست



عوامل مؤثر بر استحکام ضربه:

- ۱- نوع شیار و عمق شیار و زاویه شیار و زاویه رأس: زاویه 45° کمترین استحکام را دارد و زاویه های کم تر یا بیشتر از 45° باعث افزایش استحکام می شود.
 - ۲- هرچه سرعت اعمال نیرو بیشتر باشد استحکام ضربه کمتر است.
 - ۳- هرچه درجه حرارت بالاتر باشد استحکام ضربه بیشتر است.
- درجه حرارت تبدیل (ductile brittle transition)



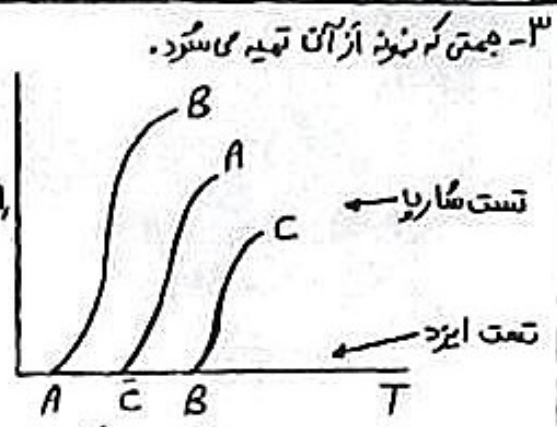
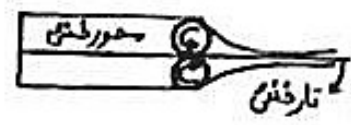
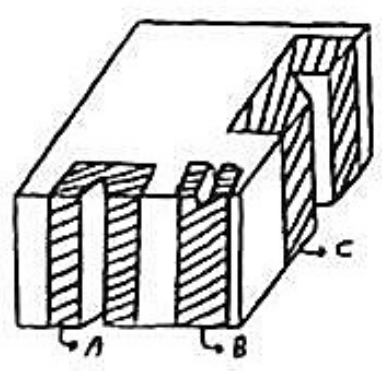
درجه حرارتی است که در آن دما 50% شکست نرم و 50% شکست ترد داریم.
* هرچه دمای تبدیل کمتر باشد شکست ترد بیشتر است.
* هرچه دمای تبدیل بالاتر باشد شکست نرم بیشتر است.
مثلاً اگر $DBTT(A) > DBTT(B)$ باشد یعنی A از B سخت تر و تردتر بوده و این نرمی را تا دمای بیشتری حفظ می کند و در دماهای ضربه ای $DBTT(B)$ باید کم باشد.
مثلاً: اگر دمای تبدیل جسم A 20 باشد و دمای تبدیل جسم B 40 باشد در 30° و بالاتر خواهد افتاد و از A از B سخت تر و تردتر است. اما در 30° برای جسم B هنوز شکست ترد داریم.

عوامل مؤثر بر درجه حرارت تبدیل:

- ۱- اندازه دانه: هرچه تعداد سرزده ها بیشتر باشد مقدار دانه ها بیشتر بوده و دمای تبدیل بالاتر و استحکام کمتری بیشتر است.
هرچه قدر که تعداد سرزده ها کمتر دانه ها کمتر باشد دمای تبدیل پایین تر و استحکام کمتری کمتر است.
-
- A B

۲- ترکیب شیمیایی: استحکام را با افزودن DBTT را نیز بالا می برد.





* چون نمونه C درجهت سرد است دارای کمترین درجه حرارت تبدیل است.
 ایجاد یا کریستالیزاسیون

گرما در داخل تغییرات انرژی
 آنتروپی
 $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$
 درجه حرارت
 مطلق

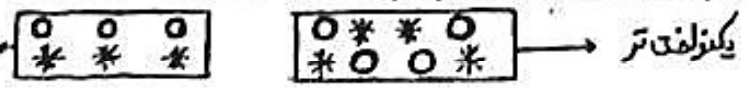
I $E = W + Q$
 قانون اول
 ترمودینامیک

II $\Delta H = \int \Delta C_p dT$
 قانون دوم ترمودینامیک

III $\Delta S = \int \frac{\Delta C_p dT}{T}$
 قانون سوم ترمودینامیک
 آنتروپی

* Cp: گویا در فشار ثابت

* در یک سیستم هرچه آنتروپی بیشتر باشد مقدار نظم بیشتر است و این یعنی که مقدار یکنواختی مجموعه بیشتر است.



- $\Delta E < 0$ گرمازا
- $\Delta E = 0$ تعادل
- $\Delta E > 0$ گرماگیر

- $\Delta G < 0$ تغییر حالت انجام پذیر است.
- $\Delta G = 0$ تعادل
- $\Delta G > 0$ تغییر حالت انجام پذیر نیست.

نقطه ایجاد $T_{SL} = \Delta G_{SL} = \Delta H_{SL} - (T_{SL} \times \Delta S_{SL}) = 0 \rightarrow \Delta S_{SL} = \frac{\Delta H_{SL}}{T_{SL}}$

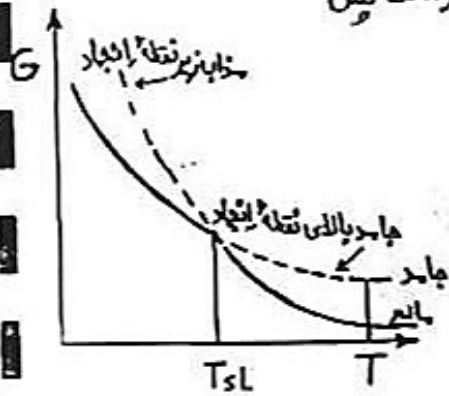
* قانون منجم ترمودینامیک: گرما از جسم گرمتر به سردتر منتقل می شود.
 * تغییر آنتروپی هیچ گاه منفی نباشد یا منفی نباشد یا منفی نباشد (آنتروپی یک سیستم بسته فقط می تواند افزایش یا بدیاری یا ثابت باشد).
 * ΔG کار را به سرعت انجام و انجام می دهد.
 * در هر دمای غلظی و پایداری است که دارای سطح انرژی پایین تر باشد.
 * خرف کنیم $1070 \leftarrow 1083 = T_{SL}$

$\Delta G_{SL} = \Delta H_{SL} - T_{SL} \Delta S_{SL} \quad (\Delta S_{SL} = \frac{\Delta H_{SL}}{T_{SL}})$
 $\Delta G_{SL} = \Delta H_{SL} - T_{SL} \Delta H_{SL}$

تغییرات انرژی آزاد منجم ایجاد
 به ازای کل حجم مواد در حال
 کمتر از نقطه ایجاد $T_{SL} < T$

فرض کنید ΔT (افزایش دمای سردی) از حالت تعادل) $\Rightarrow \Delta G_{SL} = \frac{\Delta H_{SL} \Delta T}{T_{SL}}$
 (super cooling) $\Delta T = T_{SL} - T$

سطح انرژی آزاد جامد و مایع که در دمای پایین تر از نقطه انجماد یازد و با آست. جامد پایدارتر است پس سطح انرژی آن پایین تر است.
 * در دماهای پایین تر از نقطه انجماد باید جامد داشته باشیم.



تئوری انجماد

۱- Eyring model - مذاب شیبی بگاز: اگر مایک مول مذاب داشته باشیم چقدری 22.110²³ از آن می باشد. این آتم ها به هر سمت می روند پس در یک لحظه امکان دارد که تعدادی از آتم ها به گونه ای در کنار هم باشند که از این آتم ها به مرور زمان جامد باشد که هسته تشکیل می شود. اگر تشکیل هسته سطح انرژی را پایین ببرد چنانچه تشکیل می شود که در صورت رسنگ جوانه و دانه بوجود می آید و اگر هسته سطح انرژی را بالا ببرد هسته تشکیل نمی شود.

۲- clustering theory (تئوری خوشه ای) - مذاب شیبی به جامد: فرض اینکه یک جامد داشته باشیم در باره دور می کنیم تا دوری تبدیل به جامد شود. یک سری خوشه ها بوجود می آیند. در این خوشه ها وقتی ما تک تک پیوندها را بشکنیم تغییر ایجاد می شود. در این مدل هسته را داریم که همان خوشه ها هستند که بعضی ها کوچکند و بعضی ها بزرگند. اگر سائیری از این خوشه ها تراشند که ΔG را کند آتم های دیگر را در اطراف خود جمع می کند و دانه تشکیل می شود. اما اگر همان ها توانستند که ΔG کنند آتم ها هسته ها هستند آتم دانه تشکیل نمی شود.

* هسته (embryo) دانه (grain) جوانه (nuclea)

مثال: آزما یکی نشکن می دهد میل فولادی که تحت نیروی ثابت 1000(N) قرار می گیرد در دمای 1000^oC از لحاظ با سرعت 5 در ساعت فرسایش می کند. اگر طول اولیه نمونه 20(cm) و قطر آن 1(cm) باشد طول بست طول نهایی بعد از 100 ساعت و تنش و کرنش حقیقی در این زمان را بیابید.

$$F = 1000 (N)$$

$$L = 20 \quad \epsilon = 5 \quad \kappa = 3$$

$$0 < t < 1000 (hr)$$

$$\epsilon = 10^{-5} \left(\frac{1}{hr} \right)$$

$$L_0 = 20 (cm)$$

$$D_0 = 1 (cm)$$

$$t = 100 \text{ hr}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta t} = 10^{-5} = \frac{\Delta \epsilon}{100} \Rightarrow \Delta \epsilon = 10^{-3} \quad \epsilon_0 = 0 \rightarrow \epsilon = 10^{-3}$$

$$\epsilon = \ln \frac{L}{L_0} \Rightarrow 10^{-3} = \ln \frac{L}{20} \Rightarrow \text{برستیم از این جا} \rightarrow 2.01021$$

$$V_0 = V \Rightarrow A_0 L_0 = A L \Rightarrow \frac{\pi D_0^2}{4} \times 20 = A L \rightarrow \text{محلی}$$

$$\kappa = \frac{F}{A} = \frac{1000}{A} = \kappa \text{ برستیم از این جا} \quad A = 0.7845$$

* جوانه ها گروی شکل تر به شعاع هستند چون دارای کمترین حجم و بیشترین سطح می باشند.

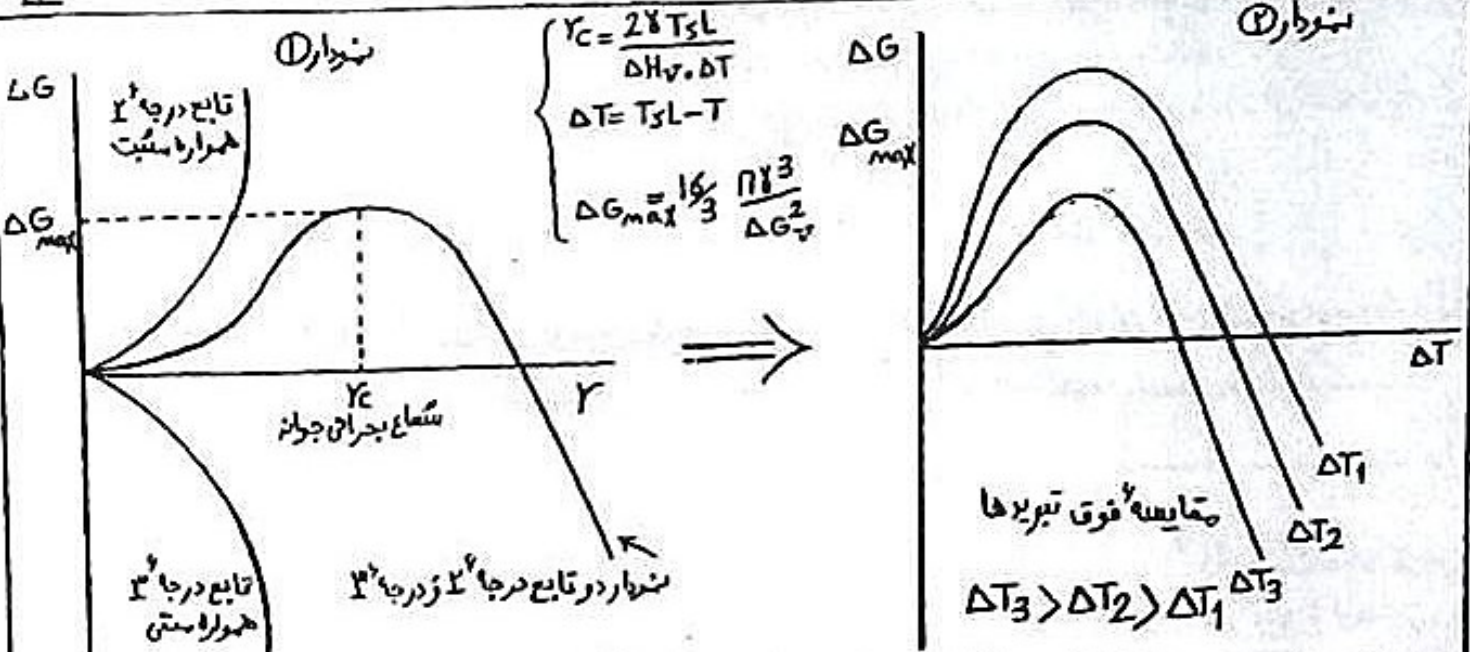
کانتزیم های جوانه زنی

۱- جوانه زنی هموزن: فرض برای این است که قطره مذاب بدون آتم به سطح جامد دیگری ضو لده خود را اولین جوله جامد را بوجود آورد (آتم فوق خیرید یا سرعت سرد کردن برای کاهش سائیردانه ها را بیستندادی کند). اگر فرض کنیم جوله ای به صورت کره تشکیل شده باشد:

$$\Delta G = -\frac{4}{3} \pi r^3 \Delta G_v + 4 \pi r^2 \gamma$$

تغییرات انرژی آزاد جیبس به ازای واحد حجم = ΔG_v (منفی) رابطه 1
 انرژی آزاد سطح به ازای واحد سطح = γ (مثبت)
 * هر چه دمای پایین تر باشد دانه ها ریزتر است.

هسته هایی که ΔG آنها از ΔG_c بزرگتر باشد سطح انرژی را پایین می برد و از این جوانه شروع به رشد می کند و اگر ΔG_c آنها کوچکتر از ΔG_c باشد هسته از بین می رود یا آنهایی که وجود دارند ریز می کنند.



* شعاع بحرانی جوانه: حداقل آتی که باید کنار هم بنشینند تا سطح انرژی را کاهش دهد.

* هنگامی که $r < r_c$ است در Eyring model هسته تشکیل نمی شود و در تئوری خوشه ای رهاسته وجود دارد ولی به دردی نمی خورد (چون دما از مندرجیه بالاتر رفته و سطح انرژی بالاتر می رود).

* هنگامی که $r > r_c$ است در Eyring model و تئوری خوشه ای هسته مسعود کننده به دانه تشکیل می شود. (چون از کاریه دمایی پایین تر رفته و سطح انرژی پایین می رود).

* فوق تبرید با شعاع بحرانی رابطه عکس دارد. دانه ها ریزتر → تعداد جوانه ها ↓ شعاع بحرانی → هر جوانه فوق تبرید

از قبل داریم $\Delta G_v = \frac{\Delta H_v \cdot \Delta T}{T_s L}$ حالا به جای ΔG_v در رابطه (III) قرار می دهیم و رابطه (IV) را بدست می آوریم.

$\frac{dG}{dr} = 0 \Rightarrow -4\pi r^2 \Delta G + 8\pi r \gamma = 0$ (II) دو جواب بدست می آید.

$r_c = 0$ غنی غنی چون شعاع کم نمی تواند منفر بشود و بر مسا به شعاع بحرانی.

$r_c = \frac{2\gamma}{\Delta G_v}$ (III) با قرار دادن r_c در معادله (I) $\Delta G_{max} = \frac{16}{3} \frac{\pi \gamma^3}{\Delta G_v^2}$

$r_c = \frac{2\gamma}{\Delta G_v} \Rightarrow \frac{2\gamma T_s L}{\Delta H_v \cdot \Delta T}$

$\Delta G_{max} = \frac{16}{3} \frac{\pi \gamma^3}{\Delta G_v^2} \Rightarrow \frac{16}{3} \frac{\pi \gamma^2 T_s^2}{\Delta H_v^2 \Delta T^2}$

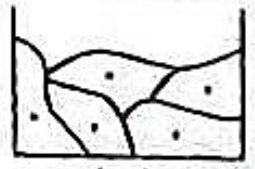
* زمان می تواند فوق تبرید را بالا برد و حتی فوق گذار یا ما را بالا ببریم.

هر جوانه ای فوق تبرید بیشتر باشد دانه ریزتر است. $r_c \propto \frac{1}{\Delta T}$

$\Delta G_{max} \propto \frac{1}{(\Delta T)^2}$

با بالا رفتن ΔT هسته های کوچک بیشتری می شوند چون r_c کوچک است. پس تعداد جوانه ها بیشتر می شود در نتیجه دانه ریزتر و برای رسیدن کم می شود. اگر یک ماده را در دو نوع ظرف بریزیم:

در ظرف فلزی با افزایش فوق تبرید هسته های کوچکتر هم می توانند بایدار شوند پس سائزها کوچکترند ← تعداد هسته ها



ظرف ماسه ای



ظرف فلزی

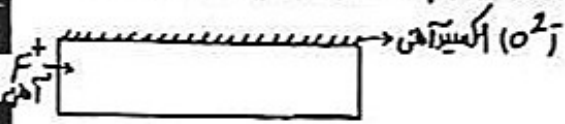
در ظرف ماسه ای یا کاهش فوق تبرید چون جای برای رشد زیاد است پس سائز دانه ها درشت تر و تعداد هسته ها کم است.

$\Delta T \downarrow \rightarrow r_c \uparrow \rightarrow n \downarrow$ تعداد هسته ها

چون ما کفیتیم تا فوق تبریر را بالا ببریم ولی مزایای داشته باشیم و وقتی فوق تبریر را می توان بالا برد که هسته بزرگتر باشد با سیم چون نزدیک به ∞ است و مگر در این صورت می توان از نقطه ذوب پایین بیاید نمی آید هسته ها که بزرگتر است شروع به جوانه زنی می کند.
 * چه موقعی می توان هسته ریز داشت؟ وقتی که فوق گواز بالا برود می توان فوق تبریر را بالا آورد که در این صورت دانه درست نداریم و می توان مزایای هم داشت.

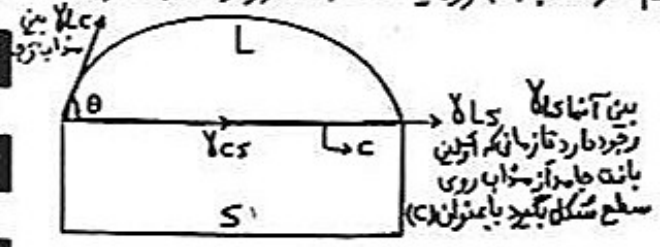
* عملاً ایجاد شروع سوره $\Delta T \approx 0.02 T_m$ نقطه ذوب T_m $\Delta T \approx 0.2$ فوق تبریر

* **Sulfur factant**: ماده ای برای عوض کردن تراکم بار سطح می باشد. برای اینکه نفوذ را بالا ببریم باید شروع تراکم بار سطح عوض شود تا آید به طور کامل روی سطح بنشینند. مانند ترکیب آهن و آب



۱- **جولج زنی هتروژن**: افزایش فوق تبریر به همراه جوانه زنی

خشک کننگی (wettability): سیمهای مختلف در سطح جلد را به نسبتی مختلف خیس می کنند قطره مذاب به سکن است تا برای خیس کردن سطح نوشته باشد و یا سکن است تمام سطح را خیس کند. فرض کنیم قطره مذاب (L) روی یک قطعه جامد قرار گرفته و می خولد روی این جامد منبسط شود و یک کسین سطحی (S) بین قطره و جامد داریم.



انرژی آزاد سطحی کسین سطحی تا زمانی وجود دارد که اولی بانته جامد شکل بگیرد و بعد از تشکیل بانته جامد در رابطه کسین وجود آید.
 ۱- δc_s : کسین سطحی بین بانته جامد و جامد
 ۲- δL_c : کسین سطحی بین بانته جامد و مذاب

$\delta L_s = \delta L_c \cos \theta + \delta c_s$ → ضریب خشک کننگی $\cos \theta = \frac{\delta L_s - \delta c_s}{\delta L_c}$

اگر با این شرایط تغییرات انرژی آزاد را بنویسیم داریم:

$\Delta G = \delta L_c \cdot 2\pi r^2 (1 - \cos \theta) + \frac{1}{3} \pi r^2 (2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta) \Delta G_v + (\delta c_s - \delta L_s) \pi r^2 (1 - \cos^2 \theta)$

$\frac{dG}{dr} = 0$ در شرایط هتروژن $r_c = \frac{2\gamma}{\Delta G_v}$
 $\Delta G_{max} = \frac{16}{3} \frac{\pi \delta^3}{\Delta G_v^2} f(\theta)$

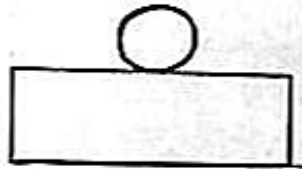
$f(\theta) = \frac{1}{4} [2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta]$

۱- اگر $\theta = 0$ باشد خیس کننگی ۱۰۰٪ است. فاز می شکل - همیشه فازی (خواص ماگنوسیتی جامد و میکروسکپی باید)

یعنی برای شروع ایجاد هیچ قطره انرژی لازم نداریم و به محض ریختن مذاب ایجاد شروع شده است پس تک تک آنم ها جوانه هستند و رشد معنی ندارد و بانته که شکل می گیرد آمورف یا سگینه فازی: شکل است.

۲- اگر $\theta = 180^\circ$ باشد اصلاً خیس کننگی نداریم.

$\theta = 180^\circ \rightarrow f(\theta) = 1 \rightarrow \Delta G_{max} = \frac{16}{3} \frac{\pi \delta^3}{\Delta G_v^2} \frac{2}{15L}$



در این جا داریم $\Delta G_{max} = \Delta G_{max} (heterogen) (homogen)$

هر جا θ کوچکتر باشد خیس کننگی بیشتر است: $0 < \theta < 180^\circ \rightarrow 0 < f(\theta) < 1$
 از طرفی ΔG_{max} در ضربین کوچکتر از یک ضرب می شود پس قطره انرژی برای حالت هتروژن کوچکتر از قطره انرژی برای حالت هتروژن است در هتروژن سرعت ایجاد بیشتر دانه ها بیشتر است که به خاطر خیس کننگی می باشد.

* بافتار شکسته ای در فلزات و در مولی با پیوندهای یونی خالص تنها در اثر سرد کردن سریع به دست می آید در دماهای پایین باید آهسته با سرد کردن سریع فلزات از حالت مذاب می توان شکسته های فلزی را بدست آورد. شکسته های فلزی خرد و پاره ای از خود نشان می دهند از این رو کاربرد متعارف دارند. آنها رفتار شناختی نرم و مقاومت خوبی در مقابل خوردگی دارند.

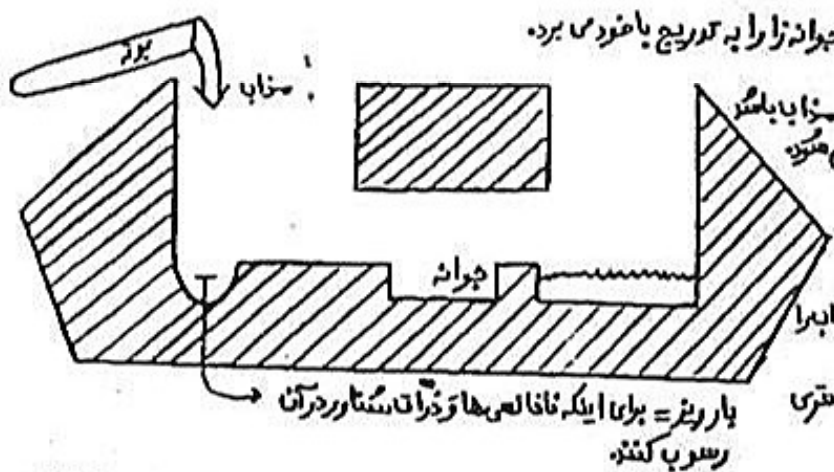
چوانه زها (nucleator): اگر ذرات پروری که مذاب برای آنها خیس کننده خوبی باشد را به مذاب اضافه کنیم، ایجاد زودتر انجام می شود و ذرات پهن تر می شوند.

- ۱- چوانه زها در مذاب و ذریه یا حل نشود چون دیگر سطح جامد نداریم.
- ۲- شکله کریستالی یکسان بین چوانه زها و جلی که از مذاب شکل می گیرد وجود داشته باشند.
- ۳- پارامتر شکله که به معنای نزدیکی بین چوانه زها و جلی شکل گرفته از مذاب باشد.

$$\frac{a_0 - a_\infty}{a_0} \times 100\% = \pm 14\%$$
- ۳/۱- چوانه زها در حادته های مذاب به دلیل آنکه شروع ایجاد به مذاب اضافه می شود.
- ۳/۲- چوانه زها در حادته زمان باقی مانده تا شروع ایجاد به مذاب اضافه می شود.

عوامل تاثیرگذار
چوانه زها

* راه اول: چوانه زها در روزگله ریخته و داخل بوته آنراخته و هم بزینم و ل در این جامد فلزات نیاز لازم را نداریم.
* راه دوم: مذاب هنگام عبور از روی سطل سرد نظر چوانه زها به توزیع باغومی برود.

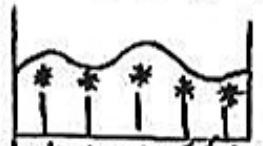


* چوانه زها از جنس مذاب با سوزن یا اگر غیر از جنس مذاب باشد بهتر است که
* در این جا جنس قالب حتی باید متغی باشد چون طرف
* ماسه ای تخریب می شود
* برای استفاده از قالب ماسه ای باید باید تا اول مذاب را
* به داخل طرف ماسه ای بریزیم.
* طرف های قازی می تواند از جنس مس و چون خالصتری
* باشند.

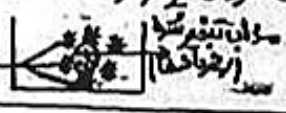
* اگر بعد از ایجاد مذاب در اطراف دیواره قالب، آن را تا آن دهیم (Vibrate) بعضی قطعه های سنجید به عنوان چوانه زها وارد می شود.
* ایجاد از دیواره ها شروع می شود ۱- خیس کننده دیواره ۲- انتقال حرارت

سه مکانیزم به ترتیب اهمیت
۱- شکسته شدن و خرد شدن در سسته شدن چوانه زها ترانه ها از دیواره های قالب و مخلوط شدن آنها با مذاب. (75%-70%)

۲- بارش (Yanin): هر چه سطح تماس با هوا بیشتر باشد سرعت انتقال حرارت زیاد می شود پس چوانه هار سطح بالایی شکل می گیرند و گویا آنها بالا می رود که به تلام سطح مذاب سقوط می کنند. (20%)
* چوانه زها در مذاب عمده ای در چوانه زها می آید تا تلام مذاب داخل حفره قالب است.

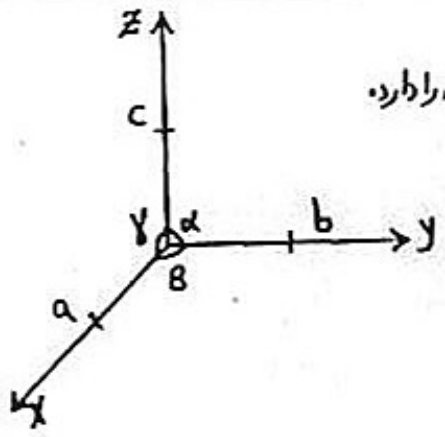


۳- حفره دار شدن (cavitation): با تلام مذاب با حفره های از فلا در مذاب تشکیل می شود و برای اینکه از بین برود مذاب را به درون خود می مکند و مذاب داخل فلاه ایجاد شده تبخیر می شود (به دلیل اختلاف فشار) و گویا از اثرات خود می گیرد (گرمای نشان تبخیر) بنابراین در اطراف آن چوانه ها شکل می گیرند.



شکله های کریستالی چهارده گانه برآورد

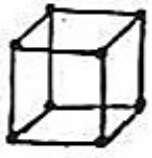
Unit cell (سلول واحد) کوچکترین چیزی از یک شبکه کریستالی که تمام خصوصیت شبکه را دارد. برای تعریف سلول واحد به یک دستگاه سه محوری نیاز داریم.



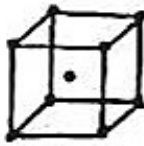
کلاس های تبلور
 ۱- مکعبی (cubic)
 simple cubic (s.c) مکعبی ساده
 body centered cubic (b.c.c) مکعبی مرکزدار
 face body centered cubic (F.c.c) مکعبی با وجه مرکزدار

$a = b = c$

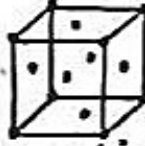
$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



(SC)
آهن س



(bcc)
 آهن، کربن، مس، برنج، آلومینیم و نیکل
 و نادریم مولیبدیم: (Mo) از عنصر
 آلیاژ کاربیدها برای تولید فولادها برای



آهن (ک)، آلومینیم، مس، نیکل، برنج، طلا و نقره، لانتان
 fcc

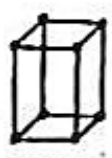
$a = b \neq c$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

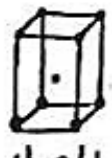
تتراگونال ساده (simple Tet: (st)

۲- تتراگونال (Tetragonal)
 body cent. Tet (bct) تتراگونال مرکزدار

مثال های دگر تتراگونال: TiO_2 و $Sn(B)$



(st)



(bct)

ساده (simple orthorhombic)

مرکزدار (body centered orthorhombic)

با وجه مرکزدار (face centered orthorhombic)

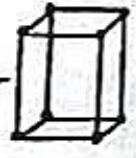
با قاعده های مرکزدار (base centered orthorhombic)

۳- ارتورومبیک (orthorhombic)
 مکعب مستطیل کامل

$a \neq b \neq c$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

گوگرد (S), فسفر (P), گوگرد (S), گالیم (Ga), آهن (Fe), کربن (C), سیلیسیم (Si)



ساده (simple mono)

۴- مونوکلینیک (monoclinic)
 با قاعده های مرکزدار (base cent mono)

سیلیسیم و کربن پلیمر
 $CaSO_4 \cdot H_2O$
 گچ (در چوب سفت می شود)

$a \neq b \neq c$

$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$

گوگرد (S) (B)



$a \neq b \neq c$

$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



دی کرومات و تاسیم
 $K_2Cr_2O_7$

۵- تری کلینیک
(Triclinic)
متوازی السطوح که هر یک از
وجهش متوازی الاضلاع.

$a = b = c$

$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



۶- رومبوهدرال
(Rhombohedral)
متوازی السطوح با وجوه لوزی
کربنات کلسیم $CaCO_3$ ، بیسموت Bi ، Sb ، As آرسنیک

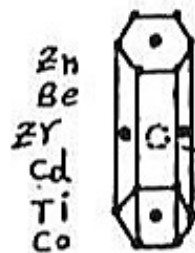
$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$

$c \perp a_1, a_2, a_3$

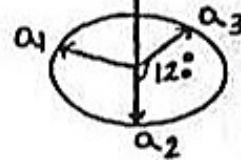
ساده simple hexagonal

$\hat{a}_1, \hat{a}_2 = \hat{a}_1, \hat{a}_3 = \hat{a}_2, \hat{a}_3 = 120^\circ$

۷- هگزاگونال
(Hexagonal)
ششگانه hexagonal closed packed
(h.c.p.)
یک منشور با قاعده ششگانه

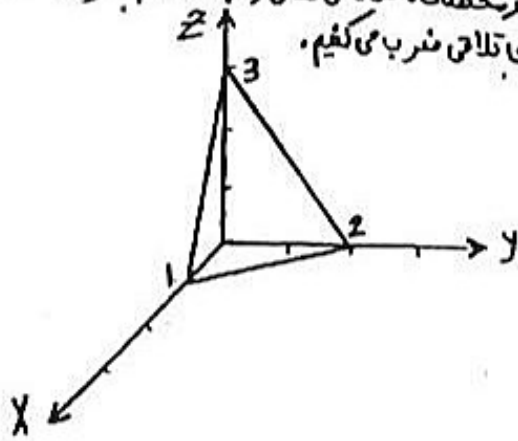


اتم خاوری
وجهی در
میان هستند.



اندیس میلر صفحات آتی

برای آنریس کردن یک صفحه را ابتدا آنرا با محورهای مختصات تلاثی می دهیم و مختصات محل های تلاثی را ثبت می کنیم سپس اعداد بدست آمده را معکوس کرده و در نهایت کسرهای بدست آمده را در کم ا ک محل های تلاثی ضرب می کنیم.



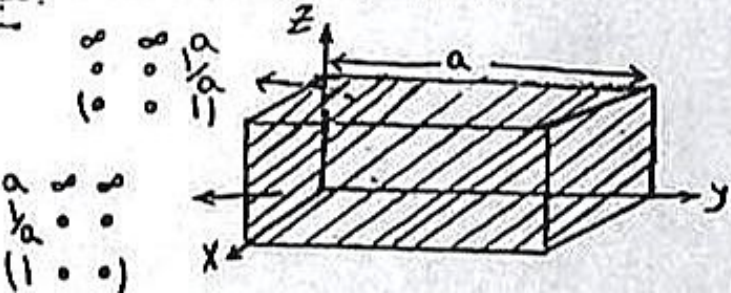
محل تلاثی	x	y	z
محل ۱	۱	۲	۳
محل ۲	۱	1/2	1/3
محل ۳	6	3	2
محل ۴	6x1	6x1/2	6x1/3

آنریس میلر = (2) = 6x1/3

تعبیر: آنریس میلر هیچ صفحه ای کبری یا بینهایت نباید باشد.
چون در کم ا ضرب می شود. چون رأس هیچ صفحه ای در مرکز مختصات نمی توان قرار بگیرد.

فرم عمومی صفحه: $[HKL]$ نماد صفحات هم خانواده ای است که از نظر شرایط یکسان هستند.

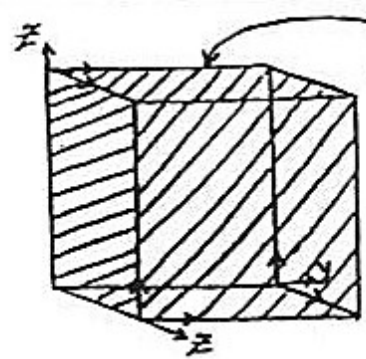
نماد $\{100\}$ به شکل کریستالی



* فرم عمومی باید از بزرگ به کوچک مرتب شود.

فرم اختصاتی صفحه: (hkl)

$\infty \quad a \quad \infty$
 $\cdot \quad 1/a \quad \cdot$
 $(\cdot \quad 1 \quad \cdot)$



برای صفحه $x-z$ بقیه

$$\begin{pmatrix} \infty & \infty & \infty \\ -\frac{1}{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

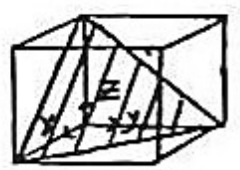
برای صفحه $x-z$ بقیه راست

$$\begin{pmatrix} \infty & a & \infty \\ 0 & -\frac{1}{a} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

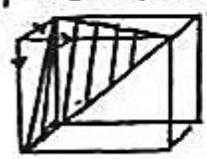
بردار نرمال بر صفحه
 بردار نرمال بر صفحه

$$\begin{pmatrix} \infty & \infty & -a \\ 0 & 0 & -\frac{1}{a} \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

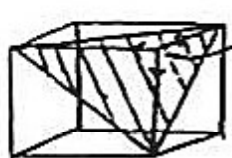
اگر بردار نرمال بر صفحه به عنوان یک بردار نگاه کنیم در اصل بردار نرمال صفحه است.
 * محورهای مختصات می‌توان به هر صورتی قرار داد ولی نباید بر اساس محورهای عوض شوند.



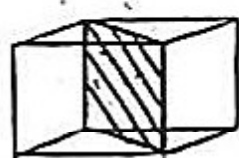
$$\begin{pmatrix} a & a & a \\ -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



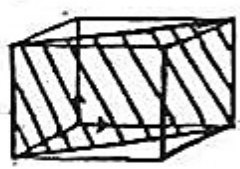
$$\begin{pmatrix} -a & a & -a \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$



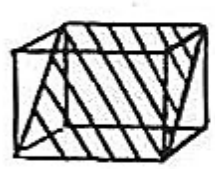
$$\begin{pmatrix} a & a & a \\ -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



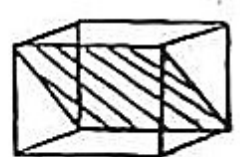
$$\begin{pmatrix} -a & a & \infty \\ \frac{1}{a} & \frac{1}{a} & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} a & a & 0 \\ -\frac{1}{a} & -\frac{1}{a} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

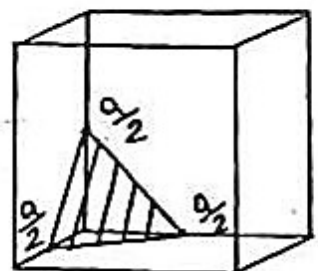


$$\begin{pmatrix} a & \infty & a \\ \frac{1}{a} & 0 & \frac{1}{a} \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

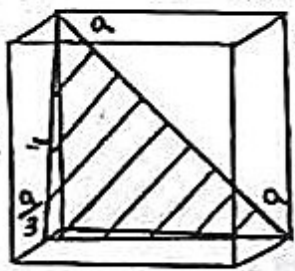


$$\begin{pmatrix} -a & 0 & a \\ -\frac{1}{a} & 0 & -\frac{1}{a} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

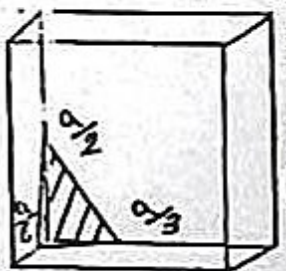
صفحاتی را مشخص کنید که آنرا می‌توان آن‌ها (632)، (311) و (222) باشد



$$\begin{pmatrix} \frac{a}{2} & \frac{a}{2} & \frac{a}{2} \\ \frac{2}{a} & \frac{2}{a} & \frac{2}{a} \\ (2 \ 2 \ 2) \end{pmatrix}$$

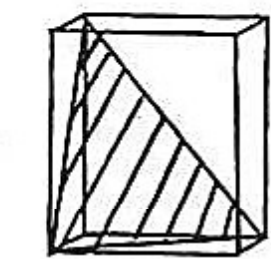


$$\begin{pmatrix} a & a & a \\ \frac{3}{a} & \frac{1}{a} & \frac{1}{a} \\ (3 \ 1 \ 1) \end{pmatrix}$$



$$\begin{pmatrix} \frac{a}{6} & \frac{a}{3} & \frac{a}{2} \\ \frac{6}{a} & \frac{3}{a} & \frac{2}{a} \\ (6 \ 3 \ 2) \end{pmatrix}$$

اگر سیستم مکتبی نبود مگر آنرا در صورتیکه $(a \neq b \neq c)$

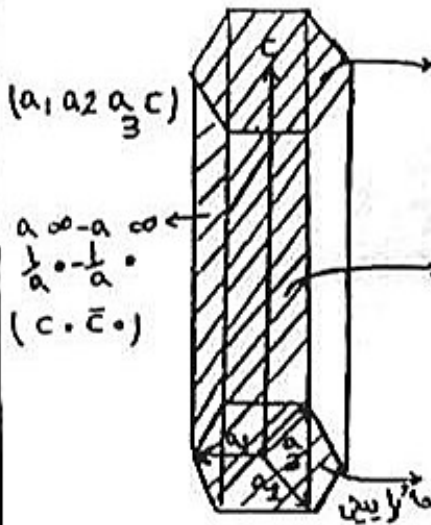


$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ \frac{1}{a} & \frac{1}{b} & \frac{1}{c} \\ (bc \ ac \ ab) \end{pmatrix}$$

۲۲۲: abc

در هگزائونال

برای محور $(h k i l)$



$$\begin{pmatrix} \infty & \infty & \infty & c \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{c} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \infty & a & -a & \infty \\ 0 & 1 & \bar{1} & 0 \end{pmatrix}$$



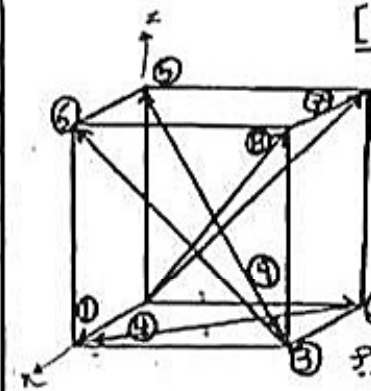
$$\begin{pmatrix} a & \infty & -a & c \\ \frac{1}{a} & 0 & -\frac{1}{a} & \frac{1}{c} \\ c & 0 & c & a \end{pmatrix}$$

* هرگاه مساحت‌های میلر دو صفحه مغزب منحصی از یکدیگر باشند آن دو صفحه باهم موازی هستند. مثلاً دو صفحه (101) و (202) باهم موازی هستند.

اندیس خطوط

فرم امتقاس خط: $[u v w]$

فرم عمودی خط: $\langle u v w \rangle$



- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① $[100]$ | ⑥ $[101]$ |
| ② $[010]$ | ⑦ $[1\bar{1}0]$ |
| ③ $[110]$ | ⑧ $[111]$ |
| ④ $[1\bar{1}0]$ | ⑨ $[11\bar{1}]$ |
| ⑤ $[10\bar{1}]$ | |

مثال: در مکعبی به ضلع (a) در صفحه (111) و (110) را رسم کنید و زاویه بین دو صفحه را حساب کنید.

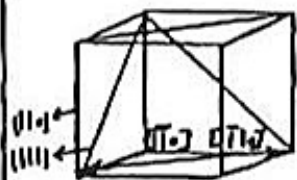
$$(a, b, c) \cdot (x, y, z) = a x + b y + c z = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \cos \theta$$

$$(111) \cdot (110) = 1 + 1 + 0 = \sqrt{3} + \sqrt{2} \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{\sqrt{2}}{3} \Rightarrow \theta = \arccos \frac{\sqrt{2}}{3}$$

$$[abc] \cdot (111) = 0 \rightarrow a + b + c = 0$$

$$[abc] \cdot (110) = 0 \rightarrow a + b + 0 = 0 \rightarrow \begin{matrix} c = 0 \\ a = -b \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} [1\bar{1}0] \\ [110] \end{matrix}$$

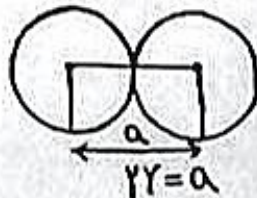
تراکم در شبکه‌های کریستالی \rightarrow فک (محل)



حجم آم‌های موجود در سلول $\times 100\%$
حجم کل سلول واحد

تراکم فضایی: ضریب تراکم یا ضریب فشردگی (Packing Factor) \rightarrow ضریب تراکم یا ضریب فشردگی

اگر فرض کنیم شعاع آم r باشد و پارامتر شبکه یا unite cell برابر a باشد

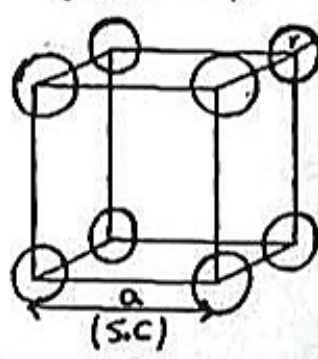


شکل فضایی ساده داریم: متغی از کمترین قطر است. تعداد آم‌ها

$$n = 8 \times \frac{1}{8} = 1$$

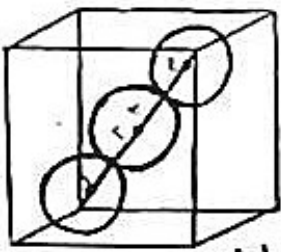
$$P.F = \frac{1 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3} \quad , \quad a = 2r$$

$$\rightarrow P.F = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3}{(2r)^3} = 0.53 \text{ یا } 53\%$$



شماره ۲

اندازه هر یک از سلول‌ها

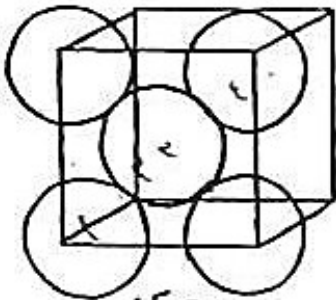


$$n = 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$$

$$P.F. = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3} = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r\right)^3} = 68\% \text{ یا } 68\%$$

طول قطر کعب = $\sqrt{3} a$

(b.c.c.) روی قطر اصلی آتم ها می‌ایستند. $\sqrt{3} a = 4r \rightarrow a = \frac{4}{\sqrt{3}} r$



$$n = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

تراکم
نسبتی در سلول
واحد یکدی است.

$$a\sqrt{2} = 4r \rightarrow a = \frac{4}{\sqrt{2}} r$$

$$P.F. = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{2}} r\right)^3} = 74\% \text{ یا } 74\%$$

(F.C.C)

۰۵۲۲۰۱۲

* در سلول های مکعبی بیستری تراکم را FCC دارد

ارتباط شکل ذره با اعداد تراکم در این است که در شبکه های کریستالی هر چه تراکم بیشتر باشد شکل ذره نیز بیستری است زیرا نیروی دافعه بین آتم ها با عکس مجذوری نامیده می‌شود و ترتیب آنست و می‌تواند نیروی وارده را منتقل کند.

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ جاذبه جری}$$

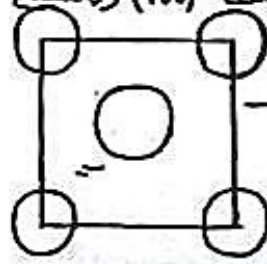
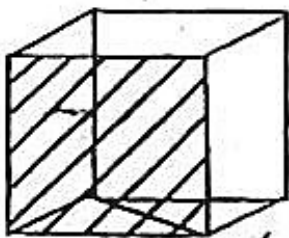
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ جاذبه الکتریک}$$

آمار FCC می‌تواند نیرو را وارد کرد چون در مسرت اعمال نیرو جسم می‌سکند مثل آلباس.

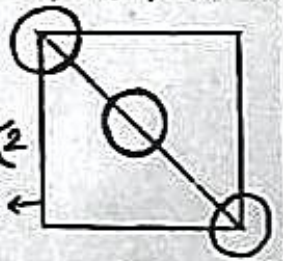
تراکم سطحی و فنی: تعریف آتم رادیه است. $f_s = \frac{\text{تعداد آتم های روی سطح}}{\text{مساحت سطح}}$ دانستنی: آتم سطحی

تعریف آتم رتله آتم است. $f_l = \frac{\text{تعداد آتم های روی خط}}{\text{طول خط}}$ دانستنی: آتم خطی

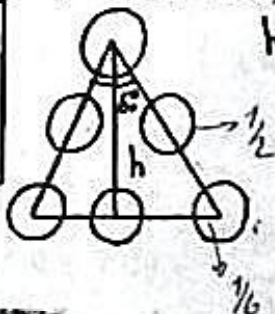
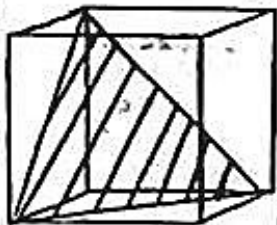
مسئله: در شبکه کریستالی سرب (Pb) دانستنی سطحی مسطحه (100) و دانستنی فنی [110] را حساب کنید؟



$$\begin{aligned} n &= 4 \times \frac{1}{4} + 1 = 2 \\ S &= a^2 \Rightarrow f_s = \frac{2}{a^2} \\ n &= 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2 \\ L &= a\sqrt{2} \rightarrow f_l = \frac{\sqrt{2}}{a} \end{aligned}$$



مسئله: در شبکه FCC دانستنی سطحی برای مسطحه (111) و دانستنی فنی برای [110] را حساب کنید؟

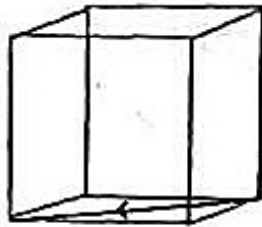
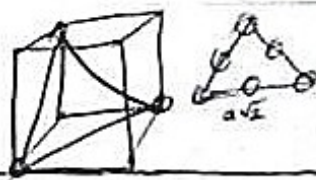


$$h = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(a\sqrt{2})$$

$$n = 3 \times \frac{1}{6} + 3 \times \frac{1}{2} = 2$$

$$S = \frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{a\sqrt{2}\sqrt{3}}{2} \rightarrow S = a^2 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

FCC (111) [110] →
BCC (110) [110]



[110]

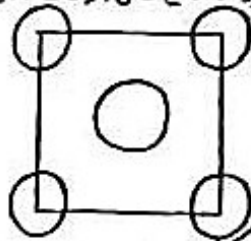
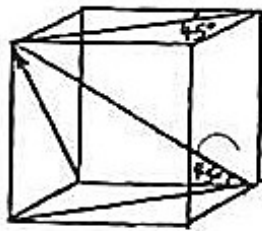


$n = 1 + 2 \times \frac{1}{2} = 2$

$L = a\sqrt{2} \rightarrow f_L = \frac{\sqrt{2}}{a}$

این دو مکال بیستری دانستیه آتی سطحی رادر شبکه های FCC و BCC نشان داد یعنی صفحه ای که دانستیه بالا دارد را نشان داده اند.

سوال: در شبکه BCC دانستیه سطحی برای صفحه (110) و دانستیه خطی برای [110] را محاسبه کنید.



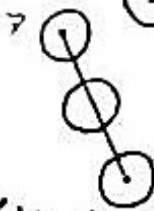
$n = 4 \times \frac{1}{4} + 1 = 2$

$S = a\sqrt{2}$

$f_S = \frac{\sqrt{2}}{a^2}$

دانستیه خطی [111] با دانستیه خطی (111) فرق نمی کند.

$n = 2 \quad L = a\sqrt{3} \rightarrow f_L = \frac{2\sqrt{3}}{3a}$



صفحه لغزشی: صفحه یا صفحات هم فائزده ای هستند که بیستری دانستیه آتی سطحی را داشته باشند.
FCC و BCC بالاترین لغزشی را دارند.

جهت لغزش: جهت یا جهات هم فائزده ای هستند که بیستری دانستیه آتی خطی را داشته باشند.
سیستم لغزش: مجموع یک صفحه لغزشی و جهت لغزشی و یا مطابق بر آن صفحه و تشکیل یک سیستم لغزشی را می دهد در شبکه های کریستالی هر دو تعداد سیستم های لغزشی و تراکم بیستری با شکل نوبری نیز بیستری است.
* در شبکه FCC تعداد سیستم های لغزشی به نسبت شبکه BCC کمتر است ولی تراکم در این سیستم ها به مراتب بیستری بوده و لذا شبکه نوبری بیستری است.

در سیستم های لغزشی اصلی نسبت به محورهای اصلی سیاه تم زاویه 45° دارند.
* قبلاً دیدیم که تغییر شکل پلاستیکی توسط تنش برشی ایجاد می شود و تنش برشی در زاویه 45° تا کمترین مقدار است. حال در کوچکترین مکان حجمی نیز پلاستی می شود که سیستم های لغزشی نسبت به محورهای اصلی تحت زاویه 45° هستند.

عیوب شبکه های کریستالی

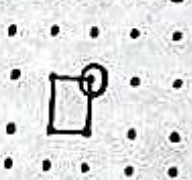
هم صیوب نقطه ای: عیبی که اطراف چند اتم ظاهر می شود و بهترین مکان آن جای خالی است.

1- جای خالی: موثرترین در شبکه که توسط هیچ اتمی اشغال نشده با نگر.

بیستری جای خالی در نقطه ذوب و کمترین جای خالی در مشر کلونی است.

تعداد جاهای خالی روی فلوس مکانیکی در فلینا نیست. با افزایش جاهای خالی مقاومت الکتریکی زیاد می شود. همین دیگر جاهای خالی برای شوره گت.

$Dif \begin{cases} T \\ + \end{cases}$



↑ جای خالی →

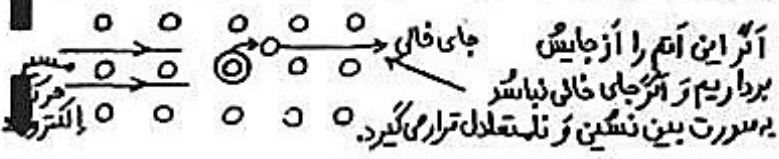
جانبی: اختلاف ابعاد $\pm 14\%$ در این حالت چون سبک از حالت تعادل خارج می شود، اثر گسبک زیادی ستردینا بر این استحکام نیز بیستری می شود.

۲- آتم های دانه ای



۳- آتم های بین نشین خودی: (آتم های ذاتی سبک که به خاطر ترک موقتی به صورت بین نشین قرار می گیرد.)

با اضافه شدن آتم بین نشین خودی استحکام بیستری وجود جای خالی استحکام را کم می کند. دهر آتم تعادلی بین نشین خودی و جای خالی داریم بین خودی پیدا می کنند و روی ضامن مکانیکی تاثیر ندارد. * وقتی جای خالی را تعریف می کنیم آتم بین نشین خودی هم تعریف می کنیم پس برای حرکت الکترونها مانع بیستری وجود دارد پس مقاربت الکترونی بیستری است.

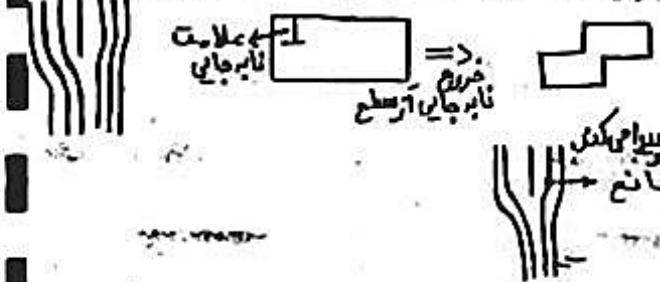


اگر قطعه ای دانه با ستم و بیضی مقامت الکترونی را کم کنیم آنرا گرم کرده و سپس آنرا سرد می کنیم که آتم های بین نشین وقت داشتند در جاهای خالی نفوذ کنند. اگر سریع قطعه را سرد کنیم مقامت الکترونی زیادی می شود. $(R = R_0(1 + \alpha \Delta \theta))$ چون الکترون ها باید در بین آتم ها عبور کنند و وقتی آتم ها نامنظم عبور می کنند با ستم آتم ها مقامت زیاد می شود.

(B) عیب خلی - نابه جای (dislocation)

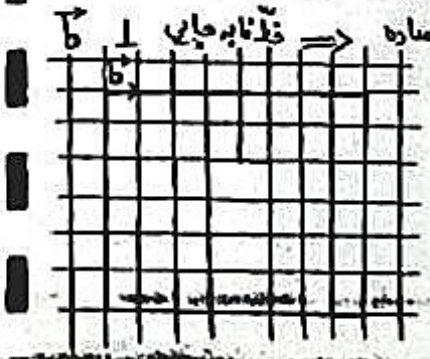
نابه جای در کلا تحت عنوان مرز بین قسمت تغییر شکل یافته و قسمت تغییر شکل نیافته تعریف می شود و در کلا سه دسته اند. عیوب خلی - نابه جای } ساده - پله ای یا لبه ای } پیچ } مخلوط

۱- نابه جای ساده (پله ای یا لبه ای): اگر این نابه جای مانع توانست بر اثر اعمال تنش به سطح می رسد و یک فاصله آتمی را بوجود می آورد اگر به مانع برخورد کند کار سختی بوجود می آورد که باید معود کند.



بردار برگر (Bergers vector)

بردار برگر به طول یک فاصله آتمی که ماهیت نابه جای و جهت حرکت نابه جای را نشان می دهد. اطراف خلی نابه جای با فاصله آتمی یکسان و متناهی را تشکیل می دهد که شماره مستطولی سالم و ناسالم با هم برداری که را نشان می دهد و بنا بر این می گذرد بردار برگر است و جهت بردار و جهت حرکت خلی نابه جای است (جهت بر حسب قرارداد ساعتگرد است). هر جا بردار برگر معود بر خلی نابه جای با هم آن نابه جای نابه جای ساده است.



⊕ همان شکل رو بر است و با علامت قطع می شود (⊥) نابه جای ساده ⊖ تریده مثبت است (A)

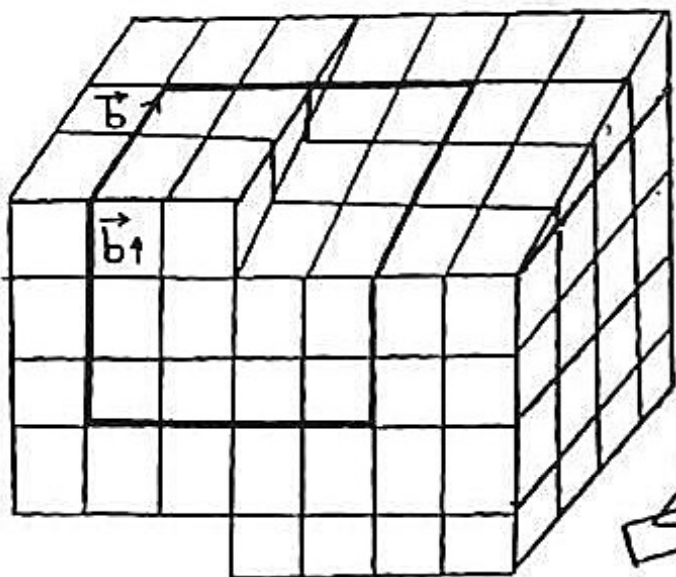
معمود مثبت ⊕ (climb) گزار از بالای مانع در برخورد با مانع معمود منفی ⊖ یا تریده گزار از پایین مانع در برخورد با مانع

اثر باوشینگر (Bauschinger)

تاب جایی های مختلف علامه (اثر هم سطح باشند) یادگیراخن می کنند حال اگر در تاب جایی یک Level فاصله داشته باشند یک جایی عالی بوجود می آورند و اثر چوند Level فاصله داشته باشند یک عیب خلقی بوجود می آورند در تاب جایی مثل از بین می روند و جایی عالی تشکیل می شود و عیب خلقی ستوی بوجود می آید.

۱- تاب جایی بیجوشی :

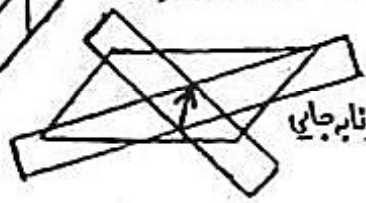
تاب جایی بیجوشی \Rightarrow خط تاب جایی $\parallel \vec{b}$



تاب جایی: مرز بین قسمت تغییر شکل یافته و نیافته است. چون از صفحه بالایی نکل کردیم در ترازوی است. تاب جایی بیجوشی اثر به مانع برخورد کثیر بلوک می شود زیرا عبور کردن از مانع صفحه لغزش فرد را عین می کند (بن نهایت صفحه متقاطع یا صفحه اصلی وجود دارد که فصل مسترک آن: یا تاب جایی سوازی است) به سطر طی که تنش برشی در این صفحات به حدی رسیده باشد بتواند حرکت کند.

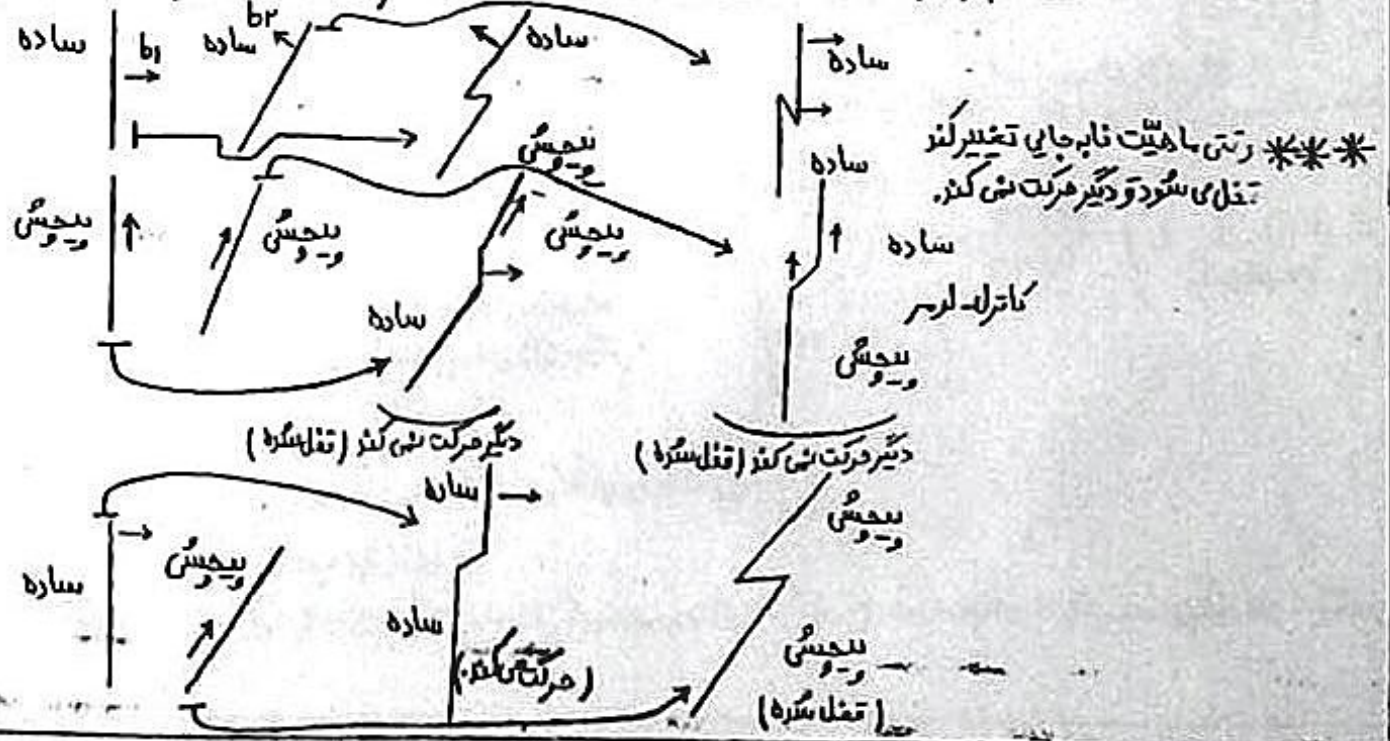
$$T = \sigma \cos \theta \cos \phi$$

\downarrow
 $\frac{F}{A}$



* هر جا بردار برگر سوازی تاب جایی بود تاب جایی بیجوشی است.

* این تاب جایی بر این جهت بیجوشی نصیبه می شود که صفحات آن عمود بر خط تاب جایی نباشد جدا از یکدیگر بلورده و بلکه یک سطح بیجوشی را نشان می دهد و یا می توان همین تصور کرد که در قسمت از یک شبکه کریستالی در جهت مخالف بر روی یکدیگر لغزیده است به طوری که این لغزش تنها بر روی یک صفحه در جهت سوازی خط تاب جایی به اندازه یک فاصله آن انجام گرفته و آن هم جدا از هم قرار می گیرند در بین ترتیب تاب جایی بیجوشی به وجود می آید. اگر صفحه ای برای عبور کردن تاب جایی صفحه ای پیدا نکرد تاب جایی بیجوشی بلوک می شود * اثر تاب جایی های متقاطع به هم برخورد کنند به اندازه بردار برگر دگیری تغییر می کنند. (حول در صفحه خود در فرم می شوند.)



* * * رتن باهلیت تاب جایی تغییر کند خلقی شود و دیگر حرکت نمی کند.

۳- نایب جایی مخلوط (سرگین):

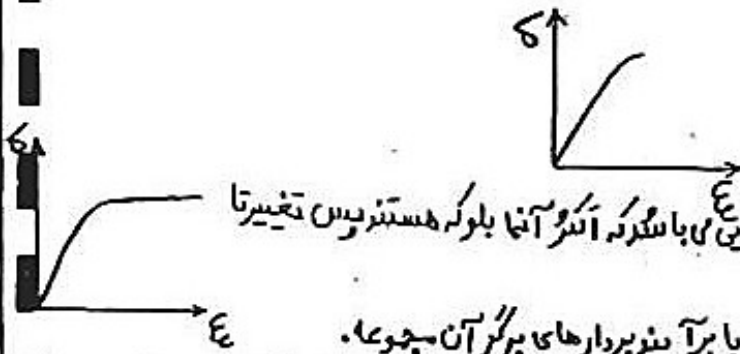
منابع تکثیر نایب جایی ها (منابع فرانتا- ریز): وقتی که یک قطعه در نرم ترین حالت خود است درای $\frac{1}{7}$ نایب جایی است و لی وقتی به آستانه شکست می رسد تعداد نایب جایی ها زیاد می شود $\frac{1}{10}$ نایب جایی است. (رازدیاد از طریق منابع تکثیر است). $\frac{1}{cm^2}$

این خود به نایب جایی می توان تبدیل شود.



نایب جایی مخلوط

در ابتدا $\frac{1}{10}$ نایب جایی بلوک هستند پس تغییر شکل داریم.



وقتی وقتی که جسم به آستانه شکست می رسد درای $\frac{1}{10}$ نایب جایی می باشد که اکثر آنها بلوک هستند پس تغییر تا شکست محسوس نیست.

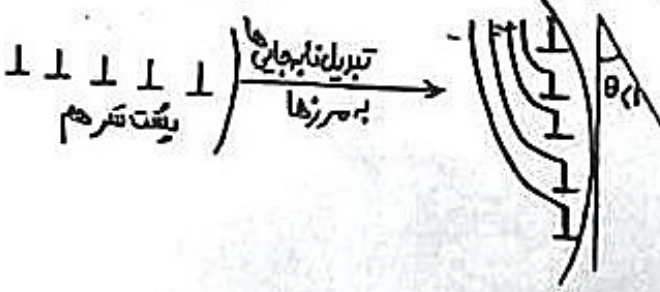
بردار بزرگ که مجموعه که مجموعه با آن بازی می شود برابر است با برآیند بردارهای بزرگ آن مجموعه.

نایب جایی مخلوط: از طریق تکثیر شدن توسط منابع فرانتا ریز و بلوک شدن کل حلقه با بلوک شدن یکی از نایب جایی ها در مجموعه می تواند اتفاق بیفتد.

(C) عیوب با سطحی: عیوبی که در یک سطح متمرکز می شوند. ۱- مرزدانه ها ۲- مرزدونگولی ۳- نقص در محدوده شدن صفحات مرزدانه ها اصلی یا مرزدانه ها فرعی. در این فرع مرزدانه ها مکانیزم های برشی در دسته جمعی وجود دارند. نکته مهم: این نوع مرزدانه ها میل به نفوذ دارند.

مرز اصلی: زمانی که $\theta > 90^\circ$ باشد که منجر به ایجاد بر وجودی آیند. مرز فرعی: زمانی که $\theta < 90^\circ$ باشد که منجر به عملیات حرارتی تبلور مجدد بوجود می آیند.

تبلور مجدد: دمای بین $0.3T_m - 0.7T_m$: تا بلایت تغییر شکل پذیری بیشتر را تعریف می کنند و بعد از اعمال مختلف سافتنارها در باره به حالت اول برمی گردانند.

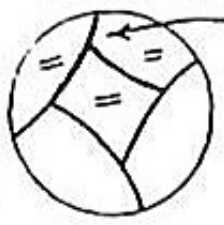


* هر چه مرز اصلی تر و نامنظم تر باشد تراکم استخفاف بیشتر است چون سوانج جلوی حرکت را زیاد می کنند و سختی سنگین بیشتر می شود.

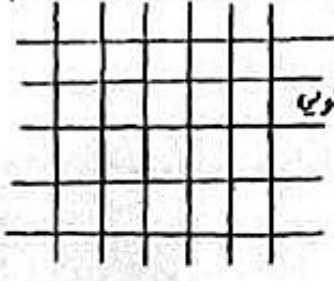
۲- مرزدونگولی: مکانیزم: ذرات منی کار کائین بوجود می آیند. حرارتی آنیل.

در مکتب های کریستالی که با تبلور سیستم های لغزشی محدود باشد یا تراکم در این سیستم های لغزشی محدود باشد لغزش آسان و

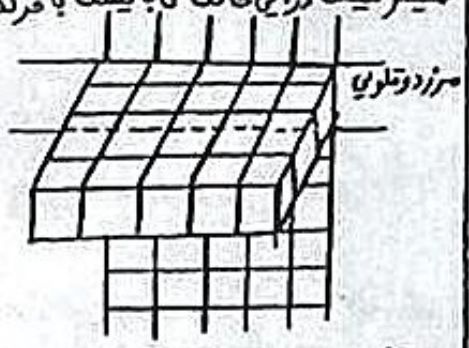
متغیر نسیج در این حالت می بایست با حرکت دسته همی اتم ها در خلقت کل تغییر شکل انجام شود که در این حالت در طولی بر جرم می آید.



مرزهای در طولی



تشکیل در طولی



در طولی های حرارتی (آنیله): ضمن عملیات حرارتی آنیل تنش گیری بوجود می آید. آنیل تنش گیری: عملیات حرارتی است که سعی دارد تنش های یکن مانده در قطعات را بگیرد. تنش های یکن مانده: مکانیکی: ضمن کار مکانیکی بوجود می آید.

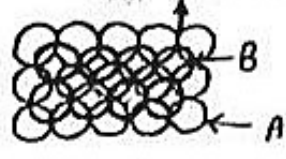
* تنش زدایی نوعی از عملیات حرارتی است که به منظور حذف تنش های داخلی ایجاد شده و انجام می گیرد. تنش های داخلی می توانند دلیل از سرد شدن غیر یکنواخت قطعه بعد از ریخته گری و جو سازی و عملیات حرارتی و تغییر شکل گرم یا تغییر شکل سرد باشد. اساساً وجود تنش های داخلی در قطعات نامطلوب بوده و می توانند موجب ترک خوردن و تاب برداشتن و بالاخره تخریب آن شوند. از این رو برای حذف یا کاهش این تنش های داخلی قطعه مورد تندر در دمای معینی برای مدت زمان معینی که به ابعاد قطعه و درجه حرارت بستگی دارد در حرارت داده و سپس آنرا به آرامی سرد می کنند به گونه ای که تنش های داخلی جرمی ایجاد نشود.

ضمن کنیم تنش یکن مانده با سرد شدن تسلیم $400 < \sigma < 475$ و جسم در 400 بردیم اگر $400 < \sigma < 475$ باشد تنش آزاد می شود (رفتار الاستیک) و اگر $400 < \sigma < 475$ باشد جسم سست تر می خورد و اگر $400 < \sigma < 475$ باشد جسم تغییر شکل می دهد.

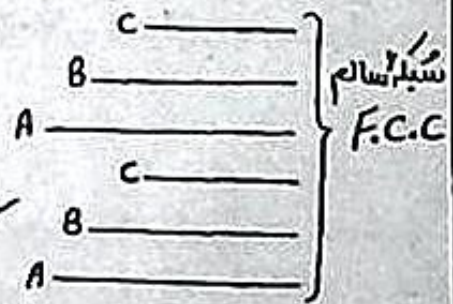
اگر قطعه ای داشته باشیم که نقطه باد در طولی تغییر شکل به هر دو عملیات آنیل تنش گیری کنیم که $400 < \sigma < 475$ باشد جسم باید تغییر شکل دهد پس در طولی ایجاد می شود که زیر میکروسکوپ باد در طولی های مکانیکی فرق ندارد.

۳- نقش در جعبه شدن صفحات آنتی:

در شبکه کریستالی نحوه تعبیر شدن صفحات روی هم منظم است که در صورت بهم ریختن و نقص در جعبه شدن داریم:

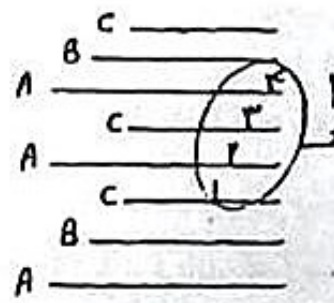


آتم های C بر روی آتم های B است.

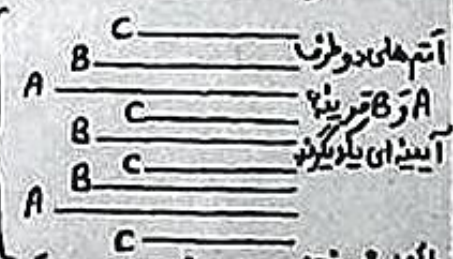


شبکه سالم F.C.C

جا افتادن بی لای



شبکه h.c.p در 4 لای از h.c.p در F.C.C تشکیل می شود.



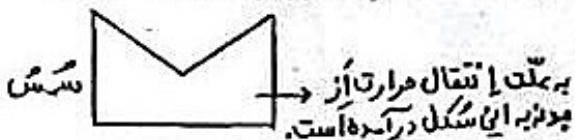
آتم های در ظرف A و B قرار می گیرند آینه ای می یابند

با افزایش نقص در جعبه شدن صفحات آنتی را انرژی نقص در جعبه شدن هم اثر می رسد می یا بر بعضی سطح را انرژی سیه هم اثر می رسد یا فته و میل به سست بیشتر و میل به تغییر شکل کمتر می شود و استحکام بیشتر می شود.

(D) عیوب حجمی:

قلکما یا حفره‌ها] گازی: بر لیک کاهش حرهٔ حلالیت آتم هلی گازی در مذاب منمن انجامیده وجودی آید.] انقباضی

قلکمای انقباضی به دلیل انقباض حاصل از انجماد مذاب بر وجودی آید. حره در حالت انجماد حجم کم سگده و این حجم کم سگده به صورت حفره باقی می ماند.

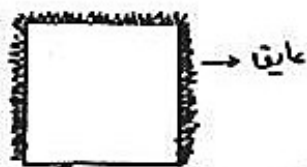


ریخته گری } مضمون ریخته گری } ذوب با سگده
عملیات مکانیکی }
قطعه ریخته گری

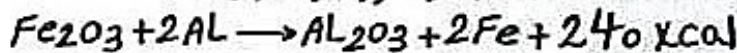
اگر ذوب داشته باشیم این عیب را بر طرف می کنیم. اگر قطعه عیوب را بر روی برافرومان ریخته کم می شود.

$$M = \frac{\text{وزن قطعه پوست آمده}}{\text{وزن مذاب معمرنی}} \text{ راندهای ریخته}$$

اگر کاری کنیم که انجماد از پایین سطح شروع شود راندهای سگده در دست صورت می گیرد.



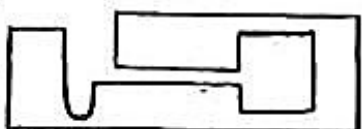
برای اینکار روی سطح مذاب مواد حرارت زام ریخته.



رانجماد از این نقطه شروع می شود. انتقال حرارت

به عنوان مثال (Al) را روی (Fe) می ریخته. آهن مذاب میل زیادی به رنگ زدن دارد پس می توان که Fe_2O_3 را روی مذاب (Al) بر ریخته.

بنابراین گرمای آزاد سگده در روی سطح باعث می شود که مذاب از بالا شروع به انجماد بکند و در آخرین لحظه منجمد شود. تغذیه محفظه ای است که مذاب انقباضی جهت جبران کاهش حجم مذاب داخل محفظه قالب را تأمین می کند.



$$\text{معدل حجمی} = \frac{\text{حجم}}{\text{سطح}}$$

هرچه حجم بیشتری از مذاب با سطح کمتری داشته باشد معدل حجمی بیشتر و زمان انجماد بیشتر است. محور استوانه همیشه تا آخر انجماد مذاب می ماند و پس همیشه کانال انتقال حرارت وجود دارد. ما باید کاری کنیم که تغذیه در تمام طول مذاب بر منجمد شود و این کار بر وسیله معدل حجمی صورت می پذیرد.

توسیح راهگاه قالب تغذیه

لیترای کارهای قالب از تغذیه بیشتر و لی قالب زمان بیشتری طولی انتقال حرارت دارد پس دمای قالب کمتر از تغذیه می شود. بعد از انجماد سطح جسم دارای ایراد می باشد و راندهای ریخته گری پایین می آید پس برای جلوگیری از این کار در محفظه تغذیه را عایق می کنند یا اینکه سگده کمی بعد از انجماد تغذیه را در باره می کنند.

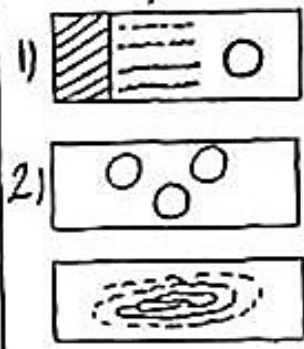
داخل ← در داخل قالب هستند و از جنس مذاب

خارجی ← در دیواره قالب هستند و یک لایه ماسه روی آن قرار دارد.

سبدها (chiller) داخلی: جای سبدها در درون ترین نقطه نسبت به منبع تغذیه می باشد. سبدهای خارجی در دیواره های قالب می باشد و اتصال با مذاب ندارند. کار سبدها این است که دمای منبع کمتر از دمای تغذیه کنند.

حقوقی گازی: به دلیل کاهش ضریب ملائمت آتم‌های گازی در مذاب شدن را نچلا بوجود می‌آیند. مذاب دارای انرژی جنبشی زیاد است و در حالت ایجاد گازهای موجود در مذاب به طرف خارج حرکت می‌کنند. چپه ایجاد آهسته حرکت می‌کند و چپا به‌ار ایجاد از خود بیرون می‌کند و چپایی خارج شکسته از چپه به هم می‌پیوندند و در بالای سطح گیر می‌کنند.

در حالت دوم کسی که چپا به هم می‌پیوندند و با مذاب یکی می‌آیند در حالت سوم چپا به هم فرست می‌کنند به هم پیوندند پس به صورت شکلی کوچک ایجاد پیدا می‌کنند. برای جلوگیری از قوس‌های دی‌گازور استفاده می‌شود مگر مگر اگر مذاب (AL) داشته باشیم در آن قوس دی‌گازور می‌ریزند و گاز (Ca) در مذاب متعادلش زیادتر آهسته شکسته تو بیرون می‌آید و در این حال باید ایجاد نوراً متورق بگیرد چون در غیر این صورت از هزار دوباره گاز وارد مذاب می‌شود.



1) متعادل
2) سریع

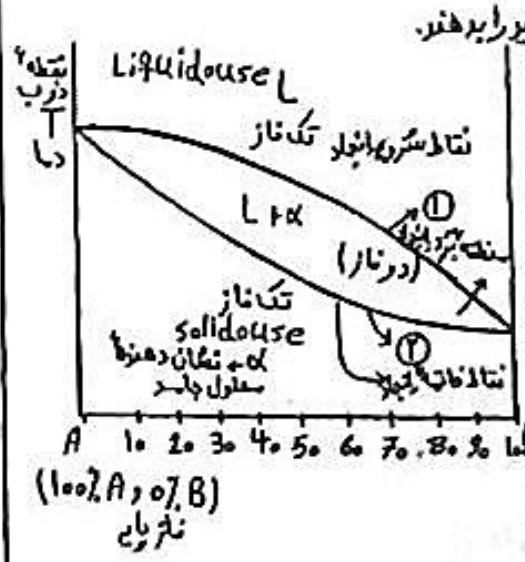
مگر مگر در فولاد (Fe) می‌دند و این (Fe) گاز (O) را خارج می‌کند.

دی‌گرام‌های تعدادی دوتایی

ناز: هر یک از قسمت‌های همگن موجود در سیستم غیرهگن را یک ناز نامند. به عبارت دیگر قسمت از یک ماده با ترکیب مشخص که توسط سزری از سایر قسمت‌ها جدا شده باشد.

تعادل: رسیدن به پایایی تری سطح انرژی را حالت تعادل می‌نامند. در تعادل داریم: $\frac{\Delta T}{\Delta t} \approx 0 \approx \frac{c}{c}$

انحلال جامد در جامد در محلول جامد یا solid solution است. آتم‌ها یا یون‌کترول‌های چند جامد به گونه‌ای در یکدیگر می‌گیرند و تشکیل یک ناز جدید را برهنند. محلول جامد چنانچه ± 14 جانشین بین نقشین سزایید تشکیل محلول چنانچه: ۱- سببه که بیستانی یلعان ۲- پارامتر سبکه نزدیک ± 14 باشد. ۳- میل به ترکیب شیمیایی نداشتن باشد. ۴- اختلاف الکترونگاتیوی کم باشد.



انحلال: حرارتی آتم‌های دورا چند ناز در یکدیگر به گونه‌ای که تشکیل یک تک ناز جدید را برهنند. این انحلال کامل در حالت مذاب و انحلال کامل در حالت جامد:

- ① محلی لیکوئیدوس: مکان هندسی تعالی است که نکه فازها در حالی بالاتر از این محلی مذاب هستند.
- ② محلی لیکوئیدوس: مکان هندسی تعالی است که نکه فازها در حالی پایین‌تر از این محلی جامد هستند.

مغلقاً بزرگ ایجاد: محوره‌های حرارتی که در آن محوره ایجاد شروع شده و در تمام شکسته است.

* بین A تا B خالصاً می‌تواند انواع آلیاژ خالص داریم. هر جا خط ثابت خط آلیاژ را قطع کند آلیاژ در آن محوره است.

برای رسم تعیین نقاط ایجاد و ذوب بر وسیله طول موج‌هایی که از (X-Ray) به سمت مذاب می‌فرستند و مقدار منعکس شدن آن را اندازه می‌گیرند ($\lambda = 2d \sin \theta$) و با اندازه‌گیری ایجاد (نقطه‌ای) محلی طرز رسم می‌کنند. فاکتور ایجاد $\left\{ \begin{array}{l} T \\ \text{سزری} \\ \text{فاکتور ایجاد} \end{array} \right\}$ کالریتری X-Ray $\left\{ \begin{array}{l} + \\ \end{array} \right\}$

سذاب 40% داریم با رسیدن به دمای Liquidouse اولین فاز ایجاد بر وجود ما آید.

$$T_1 \begin{cases} L \rightarrow 60 \\ \alpha \rightarrow 10 \end{cases}$$

$T_2 \begin{cases} L \rightarrow 70 \rightarrow \text{Liquidouse} \text{ با } T_2 \\ \alpha \rightarrow 20 \rightarrow \text{solidouse} \text{ با } T_2 \end{cases}$

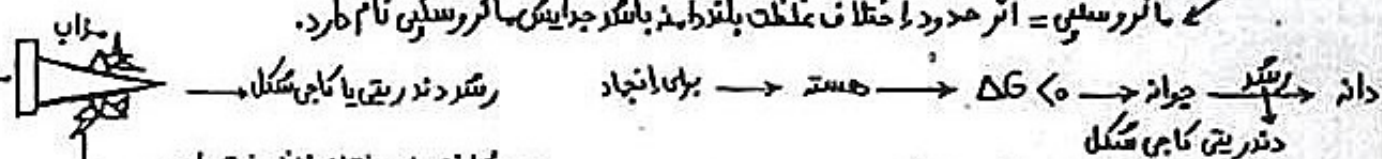
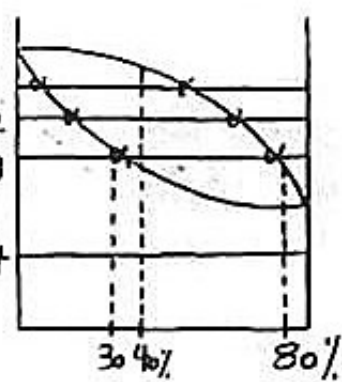
$$T_3 \begin{cases} L \rightarrow 80 \\ \alpha \rightarrow 30 \end{cases}$$

$$T_4 \begin{cases} \alpha \rightarrow 40 \end{cases}$$

اختلاف خلقت در سازه های مختلف را جدایش می گویند.

جدایش ← میکروسکپی = اثر حدود اختلاف خلقت کوتاه دامنه باشد جدایش میکروسکپی نام دارد.

← ماکروسکپی = اثر حدود اختلاف خلقت بلند دامنه باشد جدایش ماکروسکپی نام دارد.



بین سازه های مختلف خلقت فرق دارد بنابراین خواص مکانیکی هر قسمت فرق دارد.

* اثر جدایش با سیم با سیم خوانس مکانیکی جسم هم بارها می شود از داخل خورده می شود.

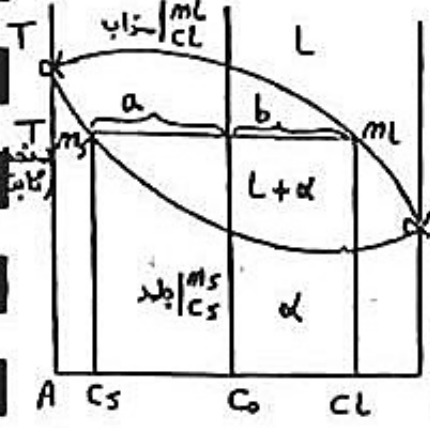
اگر سرد شدن تعادلی باشد خلقت یکساخت است. برای از بین بردن اختلاف خلقت باید نفوذ صورت گیرد. برای پروده نفوذ باید دما را تا زیر

solidouse کم کنیم یعنی زمان لازم کمتر از اختلاف خلقت از بین می رود که بر این عملیات حرارتی آنیل هورناسیون گرفته

برای جدایش میکروسکپی عملیات حرارتی آنیل هورناسیون را انجام می دهیم تا این خاصیت از بین برود تا بهتر شود. برای این کار دما را تا زیر

شماره 1) بالا می بریم و به قدر کافی به آن زمان می دهیم.

قانون آهرم در محاسبه درصد وزن فازهای در حال تعادل در مناطق درونتری



مرفه کنیم سذاب به جرم و خلقت رو بروداریم | در صدوزنی 100 یا 100%
 این سذاب در دما دلخواه آدر منطقه L + α قرار گرفته است.
 خلقت C_o

CL و CS از روی نمودار خوانده می شوند | مجبرلات ML
 MS

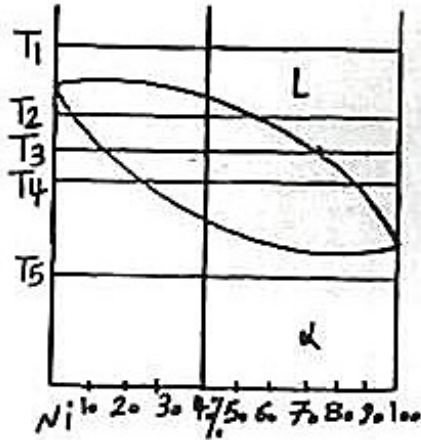
جرم عنصر آلیاری در جرم عنصر آلیاری در سذاب
 $m_L C_L = m_S C_S$

$$\begin{cases} m_L + m_S = m_o \\ m_L C_L + m_S C_S = m_o C_o \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_S = m_o - m_L \\ m_L C_L + (m_o - m_L) C_S = m_o C_o \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_L = \left| \frac{C_o - C_S}{C_L - C_S} \right| \times m_o = \frac{a}{a+b} \times 100\% \\ m_S = \left| \frac{C_L - C_o}{C_L - C_S} \right| \times m_o = \frac{b}{a+b} \times 100\% \end{cases}$$

* برای پیدا کردن جرم مورد نظری توان گفت که: $\frac{\text{طول مقابل}}{\text{کل طول}}$

مسئله: در دیاگرام شکل مقابل مللر بست محاسبه ترکیب شیمیایی و درصد وزنی فازهای در حال تعادل برای یک آلیاژ 40٪ مس در دمای T_5 تا T_1 .



۷۵ کیلوگرم از این که ۵۰٪ آن مس بوده است.

$T_1 | L \rightarrow 40\%$ نغفتا $\rightarrow mL = 100\%$

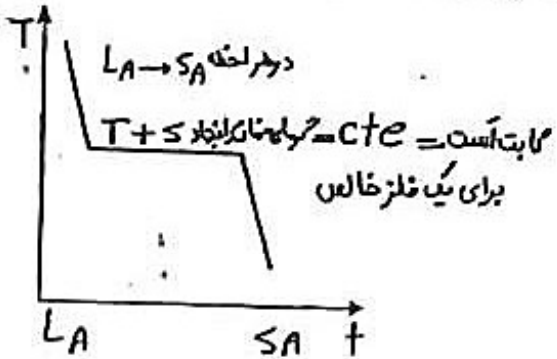
$T_2 | L \rightarrow 50$
 $\alpha \rightarrow 10 \rightarrow mL = \frac{40-10}{50-10} = 75\% \rightarrow \frac{37.5}{40}$
 $m\alpha = \frac{50-40}{50-10} = 25\% \rightarrow \frac{2.5}{40}$

$T_3 | L \rightarrow 70$
 $\alpha \rightarrow 20 \rightarrow mL = \frac{40-20}{70-20} = 40\% \rightarrow \frac{28}{40}$
 $m\alpha = \frac{70-40}{70-20} = 60\% \rightarrow \frac{14}{40}$

$T_4 | L \rightarrow 80$
 $\alpha \rightarrow 30 \rightarrow mL = \frac{40-30}{80-30} = 20\%$
 $m\alpha = (100-20) \times 100 = 80\%$

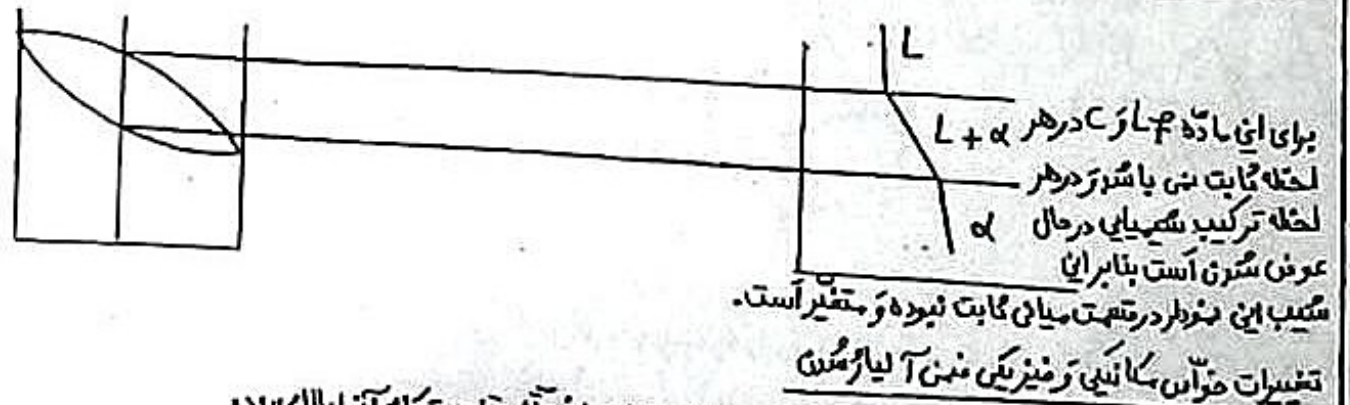
$T_5 | \alpha \rightarrow 40\% \rightarrow m\alpha = 100\%$

جمعاً درجه‌ها مساوی است و ۴۰٪ مس باقی مانده است. (جرم ثابت است نقطه بین درون فاز جابجایی سرد که باعث می‌شود تا نقطه‌ها تغییر کنند)

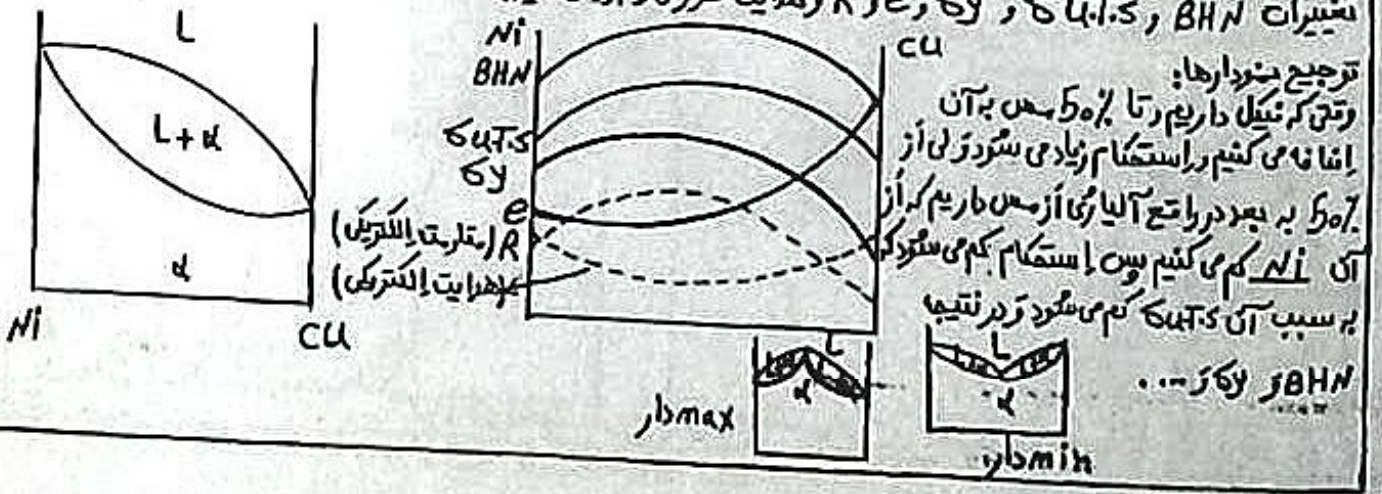


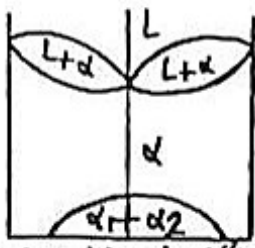
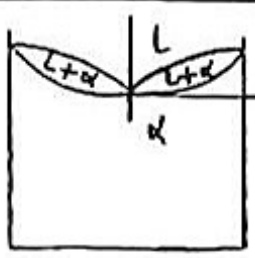
رسم منحنی‌های درجه حرارت بر حسب زمان طبق رابطه زیر: $Q = mc\Delta\theta + mLf$

برای آلیاژها

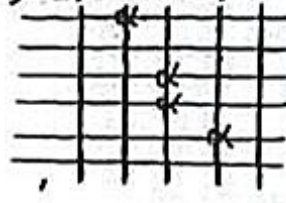


مسئله: نیکل و مس محلول جامد جا نشین هستند و در اینجاست در این نقطه منحنی استحکام آنها بالا می‌رود. تغییرات BHN, U.T.S, σ_y و R_e و هدایت حرارتی را بررسی کنید.



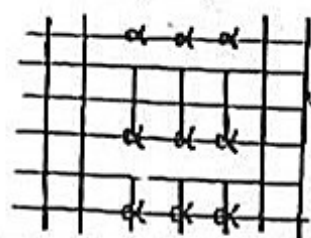


شرط تشکیل محلول جلد چانهایی اختلاف پاراستر سبک در حدود ۱۴٪ است. اگر این اختلاف بیشتر شود محلول بی‌ساختار می‌شود.



شبکه یبوسته (coherent)

از لحاظ سائروسکوپی بیشترین غلظت در مرکز است و از لحاظ میکروسکوپی در سزدها است.



شبکه یبوسته (semi coherent)

با ادرای متفاوتی محلول با هم می‌شود و یون‌ها در اطراف هم قاطع می‌کنند.

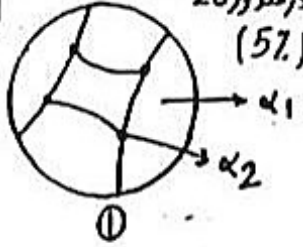
هرگاه در دما یا برآمدهای تعدادی این شیب‌ها وجود داشته باشد به آن نقشه اختلاف می‌گویند.

جگه‌هایی که غلظت آن‌ها کم است به صورت سوراخ می‌شود و آن‌ها که محل تلاقی سه دانه است.

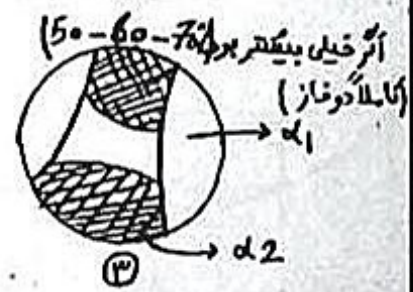
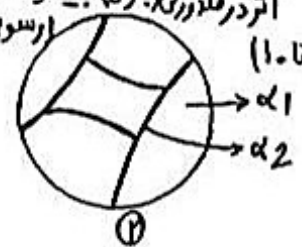
محلول جامد غنی از $\alpha_1 = A$

محلول جلد غنی از $\alpha_2 = B$

اگر در سزدها α_2 به نسبت α_1 کم باشد (57)

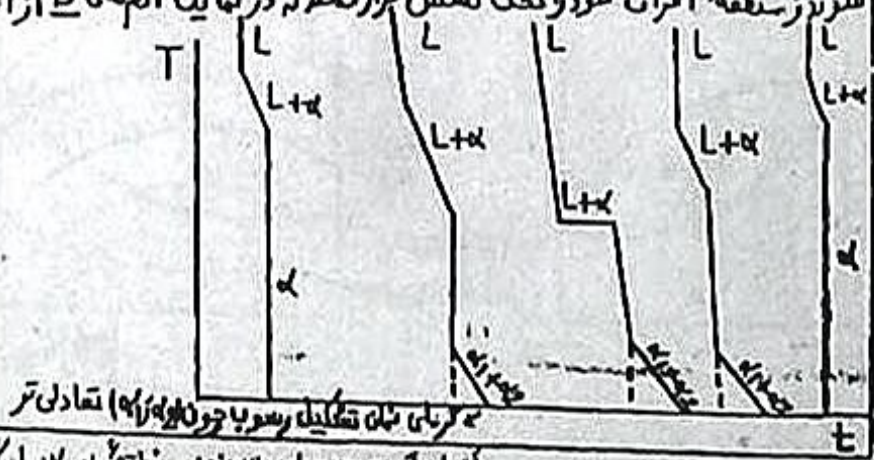
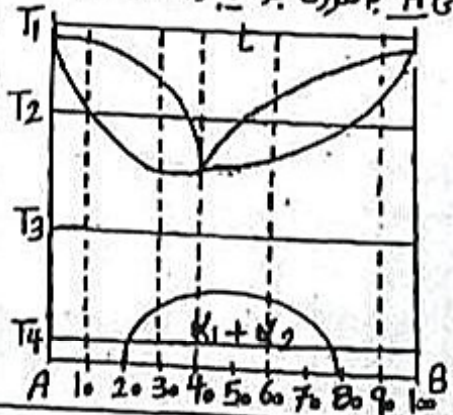


اگر در سزدها α_1 به نسبت α_2 کم باشد (20 تا 10) (ارسطو به تئوری)



به ترتیب سفیدی $3 > 2 > 1$

*** وقتی آتم‌های پارامتر سبک و آتم‌های پارامتر سنگین دیگر آلیاژ باشند بنا بر این هنگامی که این دو آلیاژ در حال چینی‌گری می‌باشند تنش زیادی احساس نمی‌شود آثار متی گرمایی نشان از آتم‌های آبی در این سزدها به شروع به ایجاد می‌کنند در این صورت محلول آتم‌های B که بزرگتر از A هستند یا می‌خواهند بزرگتر قرار بگیرند که منطقه اطراف خود را تحت فشار قرار دهند و یا می‌خواهند جمع شوند و منطقه اطراف خود را تحت کشش قرار دهند که در نهایت آتم‌های B از آتم‌های A به صورت جدا ایجاد شکل می‌کنند.



برای نشان تشکیل رسوب چون در نمودار تعادلی تر

از آن است که در سزدها α_1 و α_2 به نسبت α_1 کم باشد

$T_1 | L \rightarrow 10\%$ $m_L = 100\%$ سواب ۱۰٪

$T_2 | L \rightarrow 25\%$
 $T_2 | \alpha \rightarrow 5\%$
 $m_L = \frac{10-5}{25-5} \times 100 = 25\%$
 $m_\alpha = 75\%$

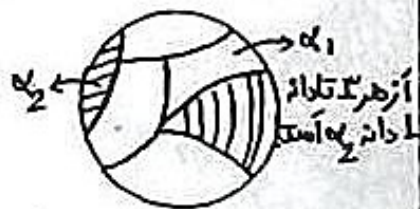
$T_3, T_4 | \alpha \rightarrow 10\%$ تکفاز یعنی از A
 منفی اعتبار
 $m_\alpha = 100\%$

$T_1, T_2 | L \rightarrow 30\%$ $m_L = 100\%$ سواب ۳۰٪

$T_3 | \alpha \rightarrow 30\%$ $m_\alpha = 100\%$
 $T_4 | \alpha_1 \rightarrow 20\%$
 $T_4 | \alpha_2 \rightarrow 80\%$
 $m_{\alpha_1} = \frac{80-30}{80-20} \times 100 = 83,3\%$
 $m_{\alpha_2} = 16,6\%$
 رسوب نوازی

$T_1, T_2 | L \rightarrow 40\%$ $m_L = 100\%$ سواب ۴۰٪

$T_3 | \alpha \rightarrow 40\%$ $m_\alpha = 100\%$
 $T_4 | \alpha_1 \rightarrow 20\%$
 $T_4 | \alpha_2 \rightarrow 80\%$
 $m_{\alpha_1} = \frac{80-40}{80-20} \times 100 = 66,6\%$
 $m_{\alpha_2} = 33,3\%$
 رسوب دلتای



$T_1 | L \rightarrow 60\%$ $m_L = 100\%$ سواب ۶۰٪

$T_2 | L \rightarrow 55\%$
 $T_2 | \alpha \rightarrow 80\%$
 $m_L = \frac{80-60}{80-55} \times 100 = 80\%$
 $m_\alpha = 20\%$

$T_3 | \alpha \rightarrow 60\%$ $m_\alpha = 100\%$
 $T_4 | \alpha_1 \rightarrow 20\%$
 $T_4 | \alpha_2 \rightarrow 80\%$
 $m_{\alpha_1} = \frac{80-60}{80-20} \times 100 = 33,3\%$
 $m_{\alpha_2} = 66,6\%$

از هر ۱ دانه ۲ تا آن α_2 و ۱ تا آن α_1 است. (بر عکس حالت قبل)

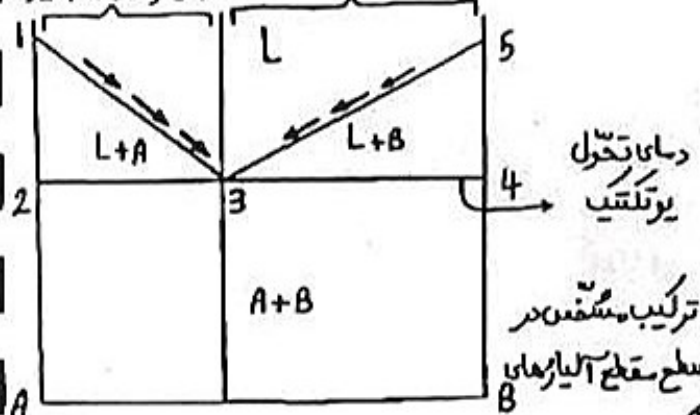


$T_1 | L \rightarrow 90\%$ $m_L = 100\%$ سواب ۹۰٪

$T_2, T_3, T_4 | \alpha \rightarrow 90\%$ $m_\alpha = 100\%$ تکفاز یعنی از B

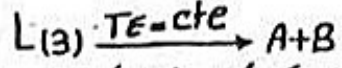
انحلال کامل در حالت مذاب و عدم انحلال در حالت جامد:

آلیاژهای مایع یوتکتیک / آلیاژهای جامد یوتکتیک

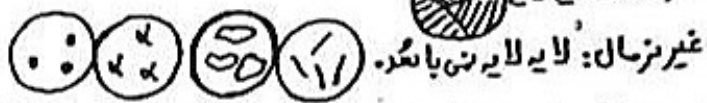


Solidouse → 12345
Liquidouse → 135

در نقطه 3 تغییر حالت یوتکتیک داریم. (Eutectic)

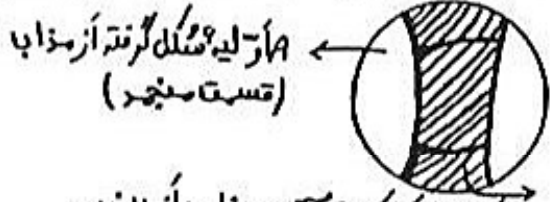


تغییر حالت یوتکتیک تغییر حالتی است که ضمن آن از مذاب با ترکیب مشخص در دمای ثابت دو جامد با ترکیب متفاوت شکل می‌گیرد. ساختار آن سطح مقطع آلیاژهای یوتکتیک عبارت است از:

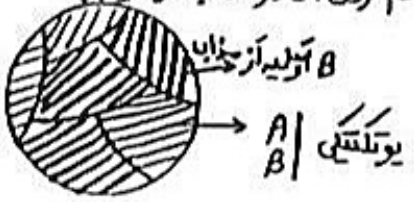


در ناحیه $L+A$ با ایجاد بیشتر A روی خط 3 مقدار انحلال B در مذاب بیشتر می‌شود پس به یوتکتیک می‌رسیم. (چون برای پیوستن به یوتکتیک یا باید B اضافه کرد و یا باید A کم کرد. برای زیاد کردن B بیشتر از عدد در عدد را اضافه و وزن خواهیم داشت پس باید A را کم کرد که با ایجاد این عمل امکان پذیر است.)

یوتکتیک نقطه‌ای نسیم ندارد است پس نقطه ذوب پایین دارد.

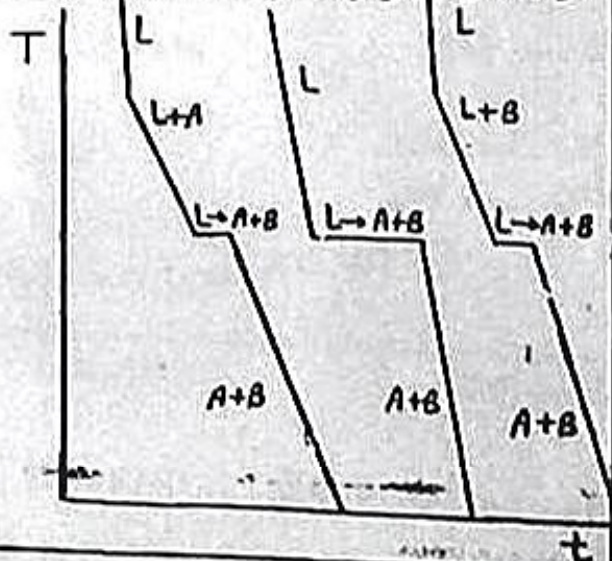
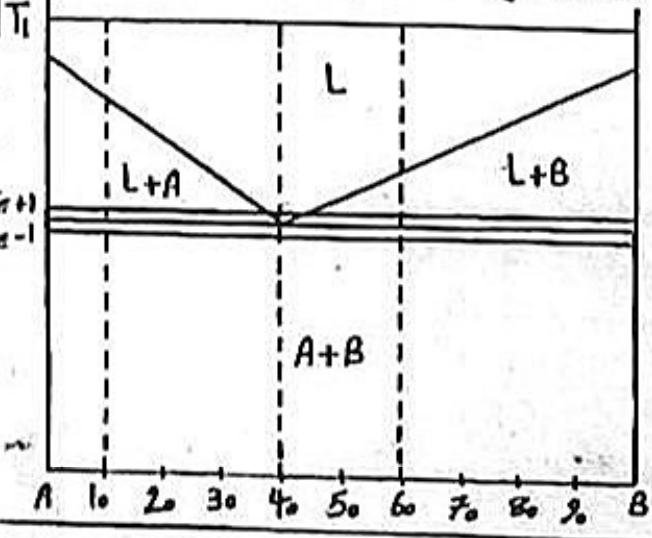


در مذاب مایع یوتکتیک برای شرکت در یوتکتیک باید B اضافی را توسط منجمد کردن و کم کردن آن در مذاب از بین برد.



مزایای یوتکتیک نسبت به مایع و مایع:

- ۱- یکپارختی (خواص مکانیکی در یوتکتیک همگن تر است.)
 - ۲- کامپوزیت: قرار گرفتن آلیاژی از جنس نرم تر داخل آلیاژی از جنس سخت تر را کامپوزیت گویند. (مثل کاه و گل)
- آلیاژهای یوتکتیک نسبت به آلیاژهای مایع و مایع یوتکتیک ترجیح دارند. مگر در ریخته‌گری چون نقطه ذوب را به حداقل min می‌خواهیم مگر آنکه: یکپارختی است زیرا ناهمگنی از طرف A با B بلور می‌شوند و برعکس در پس استحکام بیشتر است.



$T_1 | L \rightarrow 10\%$ $m_L = 100\%$ مذاب ۱۰٪

$T_{E+1} | \begin{matrix} L \rightarrow 40 \\ A \rightarrow 0 \end{matrix}$ $m_L = \frac{100-0}{40-0} \times 100 = 25\%$
 به صورت تقریبی است چون یک در چادر
 مشابه بود که با تعیین درجه ای ۱۰٪ تا ۱۴٪
 چیزی نیست.
 یعنی در A بر آلوده است
 مگر در B وجود دارد.

$m_A = 75\%$

$T_{E-1} | \begin{matrix} A \rightarrow 0 \\ B \rightarrow 100 \end{matrix}$ $m_A = \frac{100-10}{100-0} \times 100 = 90\%$
 تخلط کامل $m_B = 10\%$

در (TE-1) مقدار ۹۰٪ است ولی قبل در (TE+1) مقدار ۷۵٪ است و مجرد بود. یعنی اختلاف بین در صد آن از قبل وجود داشته پس مقدار A بر وجود آمده در (TE-1) می شود. (۹۰-۷۵=۱۵) از طرفی در (TE-1) مقدار ۱۰٪ است پس داریم (۱۵-۲۵) مقدار ۲۵٪ برابر است با همان m_L در (TE+1) می باشد یعنی بر هر همان وزن مذاب.

$m_L \rightarrow m_{(A+B)}$
 در (TE+1) در (TE-1) تأثیر یکدیگر

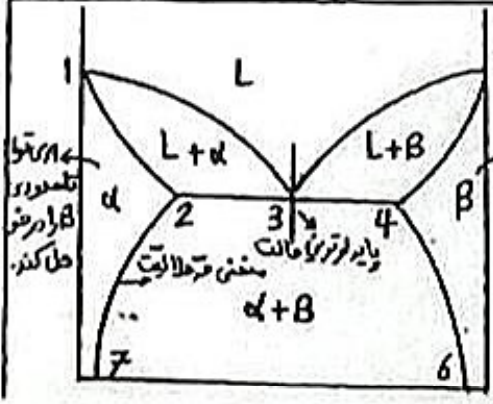
$T_1, TE+1 | L \rightarrow 40\%$ $m_L = 100\%$ مذاب ۴۰٪

$T_{E-1} | \begin{matrix} A \rightarrow 0 \\ B \rightarrow 100 \end{matrix}$ $m_A = \frac{100-40}{100-0} \times 100 = 60\%$
 $m_B = 40\%$

$T_1 | L \rightarrow 60\%$ $m_L = 100\%$ مذاب ۶۰٪

$T_{E+1} | \begin{matrix} L \rightarrow 40 \\ B \rightarrow 100 \end{matrix}$ $m_L = \frac{100-60}{100-40} \times 100 = 66,6\%$
 $m_B = 33,3\%$
 چون هر دو هست B است

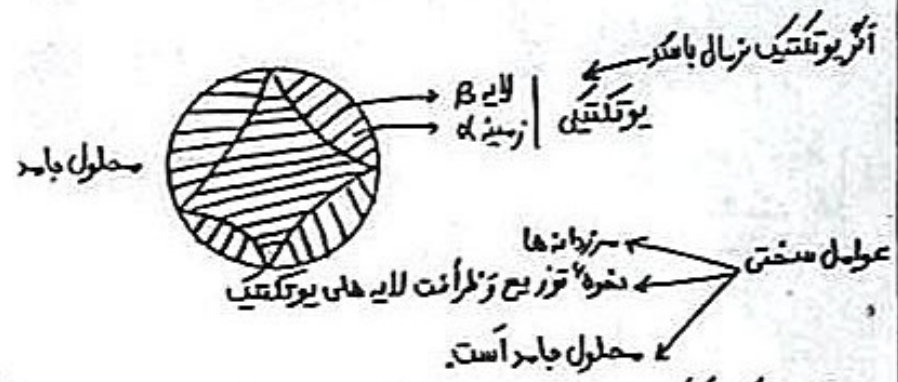
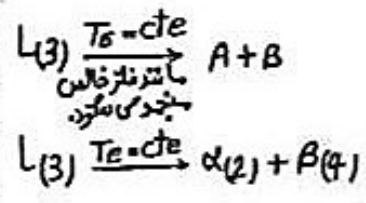
$T_{E-1} | \begin{matrix} A \rightarrow 0 \\ B \rightarrow 100 \end{matrix}$ $m_A = \frac{100-60}{100-0} \times 100 = 40\%$
 $m_B = 60\%$



انتقال کامل در حالت مذاب و تراشغال نسبی در حالت جامد:
 الف) تغییر حالت یوتکتیک: تلفاز است و پس از قطع خط عمود
 رسوب alpha می دهد.

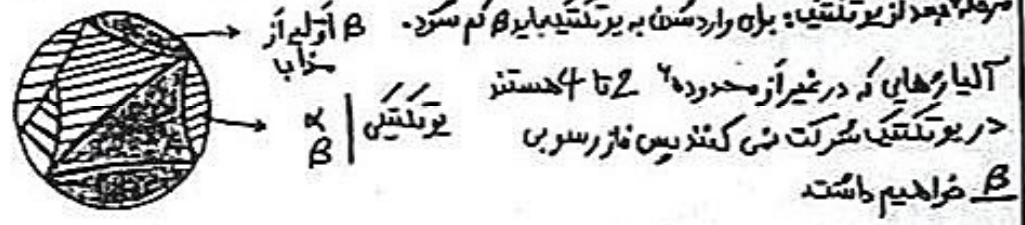
Liquidouse = 135
 Solidouse = 12345
 خط یا منحنی ملاقات = 4627

منطقه حلالیت کناری = مناطق مثلثی شکل در دیاگرام
 127 ←
 546 ←
 منحنی حلالیت = حلالیت کم می شود
 27 ←
 46 ←



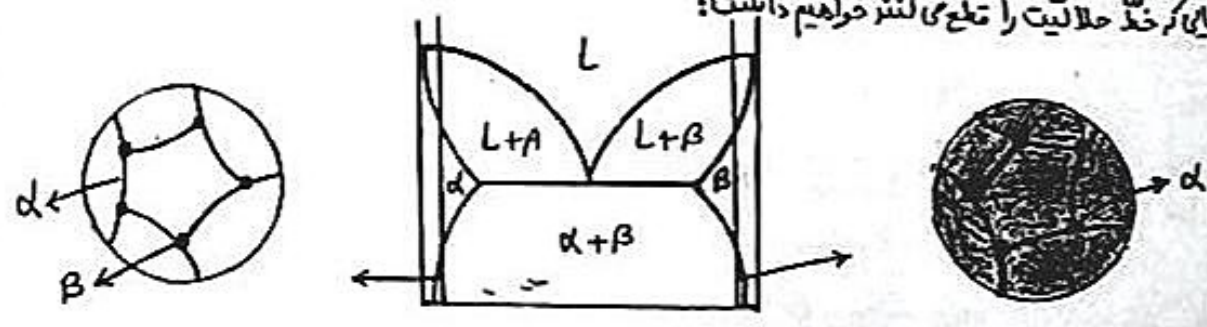
مرحله قبل از یوتکتیک: هر چه alpha بیشتر باشد سزوانها کمتر است.
 alpha | یوتکتیک

سختی یوتکتیک alpha و B بیشتر از A و B است چون محلول جامد است و آنم ها باین نشین و جانشین شکل می گیرند
 alpha اولی از سزوانها



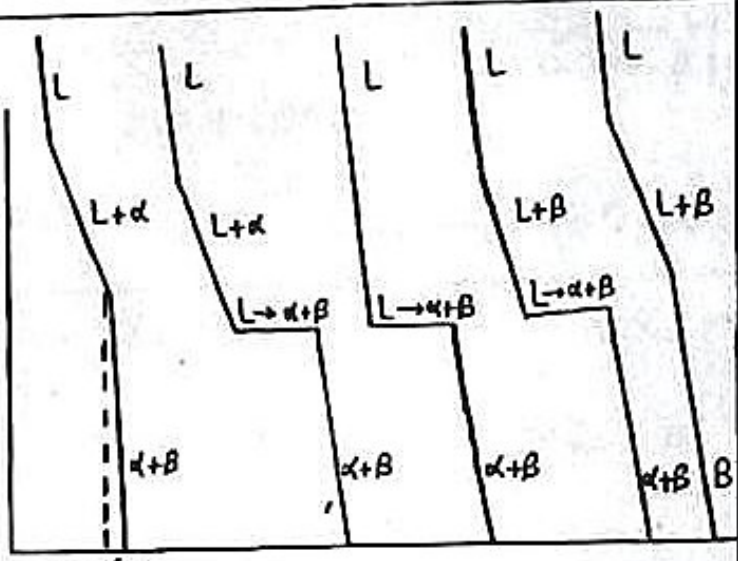
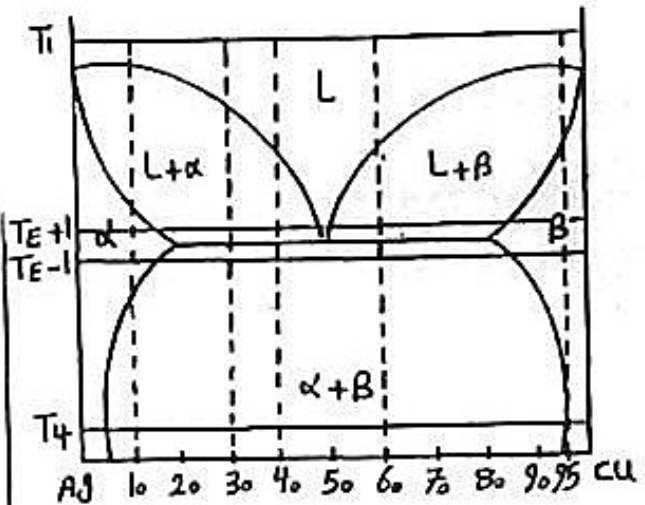
* آلیاژهایی که خط حلالیت را قطع نمی کنند در رسوب نمی دهند تکفاز می مانند.

برای آلیاژهایی که خط حلالیت را قطع می کنند خواهیم داشت:



* هر آلیاژی که خط تقنا انزال را قطع کند رسوب ساز است.

مثال: توزیع و مسابیه نندار با آلیاژهای 10، 30، 40، 60 و 95 در سردی T1، T2، T3، T4، T5، T6، T7، T8، T9، T10، T11، T12، T13، T14، T15، T16، T17، T18، T19، T20، T21، T22، T23، T24، T25، T26، T27، T28، T29، T30، T31، T32، T33، T34، T35، T36، T37، T38، T39، T40، T41، T42، T43، T44، T45، T46، T47، T48، T49، T50، T51، T52، T53، T54، T55، T56، T57، T58، T59، T60، T61، T62، T63، T64، T65، T66، T67، T68، T69، T70، T71، T72، T73، T74، T75، T76، T77، T78، T79، T80، T81، T82، T83، T84، T85، T86، T87، T88، T89، T90، T91، T92، T93، T94، T95، T96، T97، T98، T99، T100، T101، T102، T103، T104، T105، T106، T107، T108، T109، T110، T111، T112، T113، T114، T115، T116، T117، T118، T119، T120، T121، T122، T123، T124، T125، T126، T127، T128، T129، T130، T131، T132، T133، T134، T135، T136، T137، T138، T139، T140، T141، T142، T143، T144، T145، T146، T147، T148، T149، T150، T151، T152، T153، T154، T155، T156، T157، T158، T159، T160، T161، T162، T163، T164، T165، T166، T167، T168، T169، T170، T171، T172، T173، T174، T175، T176، T177، T178، T179، T180، T181، T182، T183، T184، T185، T186، T187، T188، T189، T190، T191، T192، T193، T194، T195، T196، T197، T198، T199، T200، T201، T202، T203، T204، T205، T206، T207، T208، T209، T210، T211، T212، T213، T214، T215، T216، T217، T218، T219، T220، T221، T222، T223، T224، T225، T226، T227، T228، T229، T230، T231، T232، T233، T234، T235، T236، T237، T238، T239، T240، T241، T242، T243، T244، T245، T246، T247، T248، T249، T250، T251، T252، T253، T254، T255، T256، T257، T258، T259، T260، T261، T262، T263، T264، T265، T266، T267، T268، T269، T270، T271، T272، T273، T274، T275، T276، T277، T278، T279، T280، T281، T282، T283، T284، T285، T286، T287، T288، T289، T290، T291، T292، T293، T294، T295، T296، T297، T298، T299، T300، T301، T302، T303، T304، T305، T306، T307، T308، T309، T310، T311، T312، T313، T314، T315، T316، T317، T318، T319، T320، T321، T322، T323، T324، T325، T326، T327، T328، T329، T330، T331، T332، T333، T334، T335، T336، T337، T338، T339، T340، T341، T342، T343، T344، T345، T346، T347، T348، T349، T350، T351، T352، T353، T354، T355، T356، T357، T358، T359، T360، T361، T362، T363، T364، T365، T366، T367، T368، T369، T370، T371، T372، T373، T374، T375، T376، T377، T378، T379، T380، T381، T382، T383، T384، T385، T386، T387، T388، T389، T390، T391، T392، T393، T394، T395، T396، T397، T398، T399، T400، T401، T402، T403، T404، T405، T406، T407، T408، T409، T410، T411، T412، T413، T414، T415، T416، T417، T418، T419، T420، T421، T422، T423، T424، T425، T426، T427، T428، T429، T430، T431، T432، T433، T434، T435، T436، T437، T438، T439، T440، T441، T442، T443، T444، T445، T446، T447، T448، T449، T450، T451، T452، T453، T454، T455، T456، T457، T458، T459، T460، T461، T462، T463، T464، T465، T466، T467، T468، T469، T470، T471، T472، T473، T474، T475، T476، T477، T478، T479، T480، T481، T482، T483، T484، T485، T486، T487، T488، T489، T490، T491، T492، T493، T494، T495، T496، T497، T498، T499، T500، T501، T502، T503، T504، T505، T506، T507، T508، T509، T510، T511، T512، T513، T514، T515، T516، T517، T518، T519، T520، T521، T522، T523، T524، T525، T526، T527، T528، T529، T530، T531، T532، T533، T534، T535، T536، T537، T538، T539، T540، T541، T542، T543، T544، T545، T546، T547، T548، T549، T550، T551، T552، T553، T554، T555، T556، T557، T558، T559، T560، T561، T562، T563، T564، T565، T566، T567، T568، T569، T570، T571، T572، T573، T574، T575، T576، T577، T578، T579، T580، T581، T582، T583، T584، T585، T586، T587، T588، T589، T590، T591، T592، T593، T594، T595، T596، T597، T598، T599، T600، T601، T602، T603، T604، T605، T606، T607، T608، T609، T610، T611، T612، T613، T614، T615، T616، T617، T618، T619، T620، T621، T622، T623، T624، T625، T626، T627، T628، T629، T630، T631، T632، T633، T634، T635، T636، T637، T638، T639، T640، T641، T642، T643، T644، T645، T646، T647، T648، T649، T650، T651، T652، T653، T654، T655، T656، T657، T658، T659، T660، T661، T662، T663، T664، T665، T666، T667، T668، T669، T670، T671، T672، T673، T674، T675، T676، T677، T678، T679، T680، T681، T682، T683، T684، T685، T686، T687، T688، T689، T690، T691، T692، T693، T694، T695، T696، T697، T698، T699، T700، T701، T702، T703، T704، T705، T706، T707، T708، T709، T710، T711، T712، T713، T714، T715، T716، T717، T718، T719، T720، T721، T722، T723، T724، T725، T726، T727، T728، T729، T730، T731، T732، T733، T734، T735، T736، T737، T738، T739، T740، T741، T742، T743، T744، T745، T746، T747، T748، T749، T750، T751، T752، T753، T754، T755، T756، T757، T758، T759، T760، T761، T762، T763، T764، T765، T766، T767، T768، T769، T770، T771، T772، T773، T774، T775، T776، T777، T778، T779، T780، T781، T782، T783، T784، T785، T786، T787، T788، T789، T790، T791، T792، T793، T794، T795، T796، T797، T798، T799، T800، T801، T802، T803، T804، T805، T806، T807، T808، T809، T810، T811، T812، T813، T814، T815، T816، T817، T818، T819، T820، T821، T822، T823، T824، T825، T826، T827، T828، T829، T830، T831، T832، T833، T834، T835، T836، T837، T838، T839، T840، T841، T842، T843، T844، T845، T846، T847، T848، T849، T850، T851، T852، T853، T854، T855، T856، T857، T858، T859، T860، T861، T862، T863، T864، T865، T866، T867، T868، T869، T870، T871، T872، T873، T874، T875، T876، T877، T878، T879، T880، T881، T882، T883، T884، T885، T886، T887، T888، T889، T890، T891، T892، T893، T894، T895، T896، T897، T898، T899، T900، T901، T902، T903، T904، T905، T906، T907، T908، T909، T910، T911، T912، T913، T914، T915، T916، T917، T918، T919، T920، T921، T922، T923، T924، T925، T926، T927، T928، T929، T930، T931، T932، T933، T934، T935، T936، T937، T938، T939، T940، T941، T942، T943، T944، T945، T946، T947، T948، T949، T950، T951، T952، T953، T954، T955، T956، T957، T958، T959، T960، T961، T962، T963، T964، T965، T966، T967، T968، T969، T970، T971، T972، T973، T974، T975، T976، T977، T978، T979، T980، T981، T982، T983، T984، T985، T986، T987، T988، T989، T990، T991، T992، T993، T994، T995، T996، T997، T998، T999، T1000.



شکل نشان
تکثیر رسوب

$T_1 | L \rightarrow 10\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۱۰٪

$T_{E \pm 1} | \alpha \rightarrow 10\%$

$m_\alpha = 100\%$

$T_4 | \alpha \rightarrow 5\%$
 $\beta \rightarrow 90\%$

$m_\alpha = \frac{90-10}{90-5} \times 100 = \frac{80}{85} \times 100 = 94\%$
 $m_\beta = \frac{5}{85} \times 100 = 5.88\%$

$T_1 | L \rightarrow 30\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۳۰٪

$T_{E+1} | L \rightarrow 40\%$
 $\alpha \rightarrow 20\%$

$m_L = \frac{80-20}{40-20} \times 100 = 50\%$

$m_\alpha = 50\%$

$T_{E-1} | \alpha \rightarrow 20\%$
 $\beta \rightarrow 80\%$

$m_\alpha = \frac{80-30}{80-20} \times 100 = 83,3\%$

$m_\beta = 16,6\%$

$\frac{70-20}{80-20}$

$T_1, T_{E+1} | L \rightarrow 40\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۴۰٪

$T_{E-1} | \alpha \rightarrow 20\%$
 $\beta \rightarrow 80\%$

$m_\alpha = \frac{80-40}{80-20} \times 100 = 66,6\%$

$m_\beta = 33,3\%$

$T_1 | L \rightarrow 70\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۷۰٪

$T_{E+1} | L \rightarrow 40\%$
 $\beta \rightarrow 80\%$

$m_L = \frac{80-70}{80-40} \times 100 = 25\%$

$m_\beta = 75\%$

TE-1 | α → 20%
β → 80%

$$m_{\alpha} = \frac{80-70}{80-20} \times 100 = 16,6\%$$

$$m_{\beta} = 83,3\%$$

مذاب 70%

مجموع α و β یوتکتیک در TE برابر وزن مذاب قبلی است.

$$(83,3 - 75) + 16,6 = 25$$

T1 | L → 95%

$$m_L = 100\%$$

مذاب 95%

TE ± 1 | B → 95%
T4

$$m_B = 100\%$$

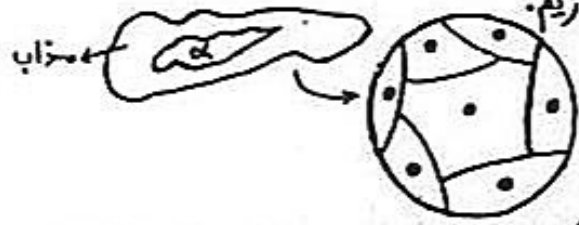
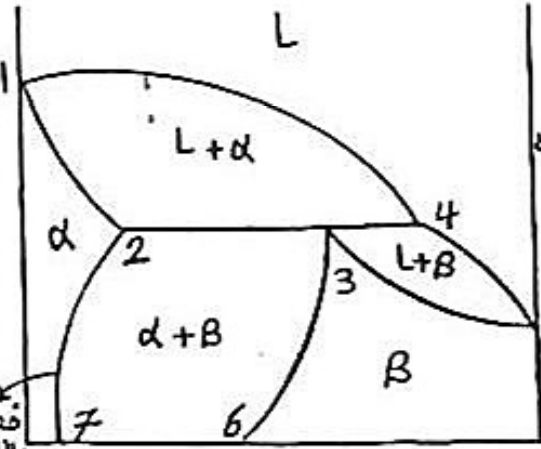
$$(M_L)_{TE+E} = M(\alpha+\beta)_{TE-E} *$$

لبا تغییر حالت یوتکتیک: چون mβ کم رسوب کرده است، مافصل مذاب mL داریم که این تازه می خواهد جلد یوتکتیک تشکیل بدهد یعنی مجموع جرم یوتکتیک با با به برابر جرم مذاب مرحله قبل با ستر. تغییر حالت یوتکتیک تغییر حالتی است که من آن از یک مذاب ترکیب با ترکیب مشخص در دمای ثابت و جامد ثانویه ای با ترکیب متعاقب بر جرمی آید.

Pa

Liquid use = 145
Solid use = 1235

هسته دار شدن یا مغز پر شدن (Corind): وقتی که نسبت های تشکیل شده بیشتر از مذاب با ستر که منن جدا یکل های ما کرومکیو corind را متلا در حالت یوتکتیک داریم.



آلیاژها بعد از یوتکتیک به مالتفازی می دهد و مابعد آن مثل بالا چند نازی می دهد.

$$L(4) + \alpha(2) \xrightarrow{Tp=cte} \beta(3)$$

آنتای که خط ملائیت را قطع نکند رسوب می دهند.

یک جامد ثانویه با غلظت میانی $Tp=cte$ یک جامد + یک مذاب

* درد یا تراکم های تعادلی به تعولا فعلی افقی تغییر حالت داریم:

مذاب مابعد یوتکتیک ← جامد با غلظت نقطه (4)
جلد با غلظت نقطه (2) ←

این مذاب به درد ریخته گرمی نمی خورد زیرا پدیدهای به نام corind داریم.

$$L(4) + \alpha(2) \xrightarrow{Tp=cte} \beta(3)$$

به نسبت یک به یک ترکیبی شکلورده اند یعنی می باشد.

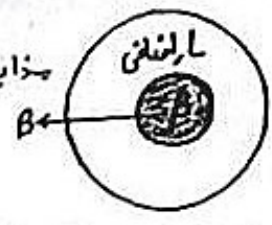
$$30 + 70 \rightarrow 60$$

از نقطه 3 تا عرض می شوند



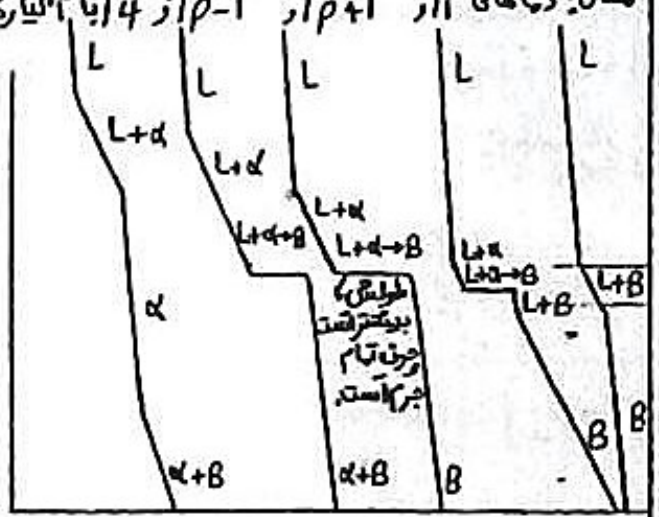
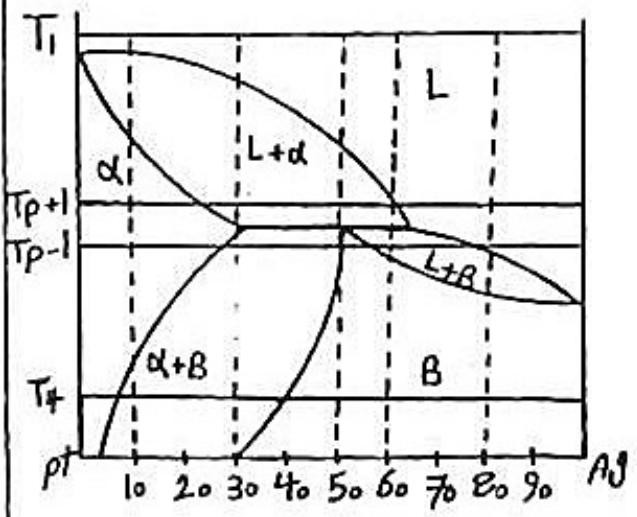
* ۲ لیاحه‌های در غیر از ۴ و ۲ در پرتکلیف شرکت نمی‌کنند.

مذابیدار است که در ابتدا گلبول β می‌شود ولی با سایر رانهای مختلف.



مذابیدار پرتکلیف:

مکان: دماهای T_1 ، T_{P+1} ، T_{P-1} ، T_4 با T_1 لیاحه‌های ۳، ۵، ۶، ۸، ۹ در دست.



$T_1 | L \rightarrow 10\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۱۰٪

$T_{P+1} | \alpha \rightarrow 10\%$

$m_\alpha = 100\%$

$T_4 | \alpha \rightarrow 5\%$
 $B \rightarrow 40\%$

$m_\alpha = \frac{40-10}{40-5} \times 100 = \frac{6}{7} \times 100\% = 85.7$

$m_B = \frac{1}{7} \times 100\% = 14.3$

$T_1 | L \rightarrow 30\%$

$m_L = 100\%$

مذاب ۳۰٪

$T_{P+1} | L \rightarrow 70\%$
 $\alpha \rightarrow 20$

$m_L = \frac{30-20}{70-20} \times 100 = 20\%$

$T_{P-1} | \alpha \rightarrow 20\%$
 $B \rightarrow 50\%$

$m_\alpha = 80\%$
 $m_\alpha = \frac{50-30}{80-20} \times 100 = 66.6\%$
 $m_B = 33.3\%$

$80 - 66.6 = 13.3$
 T_{P-1} در α وجود آمده در T_{P-1}

$L + \alpha \rightarrow \beta$
با $\frac{2}{3}$ جز خود ۶۰ ۸۰ ۱۰۰

$20 + \frac{2}{3}(20) = 33.3$
 $80 - 33.3 = 66.6$ coring جز

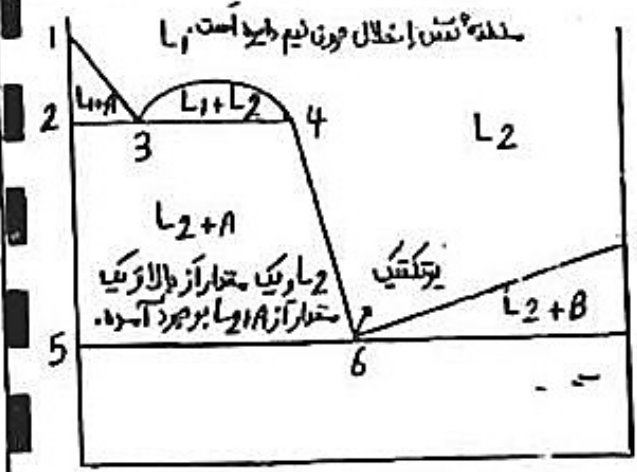
$T_1 L \rightarrow 50\%$	$m_L = 100\%$	مخاب 50%
$T_{p+1} \alpha \rightarrow 70\%$ $\alpha \rightarrow 20\%$	$m_L = \frac{50-20}{70-20} \times 100 = 60\%$ $m_\alpha = 40\%$	
$T_{p-1} \beta \rightarrow 50\%$	$m_\beta = 100\%$	
	$L + \alpha \rightarrow \beta$ $40 + 60 \rightarrow 100$	$m_L = \frac{2}{3} m_\alpha$ $m_\alpha = \frac{3}{2} m_L$

$T_1 L \rightarrow 60\%$	$m_L = 100\%$	مخاب 60%
$T_{p+1} \alpha \rightarrow 70\%$ $\alpha \rightarrow 20\%$	$m_L = \frac{60-20}{70-20} \times 100 = 80\%$ $m_\alpha = 20\%$	
$T_{p-1} \beta \rightarrow 50\%$	$m_L = 50\%$ $m_\beta = 50\%$	

$T_1, T_{p \pm 1} L \rightarrow 80\%$	$m_L = 100\%$	مخاب 80%
$T_4 \beta \rightarrow 80\%$	$m_\beta = 100\%$	

انتقال نسبی در حالت مخاب و عدم انتقال در حالت جامد:

تفسیر حالت متوتکتیک: تغییر حالتی است که طی آن از مخاب به یک عنصر در مخاب با ابعاد آن عنصر و یا مملوک جامدی یعنی آن از آن عنصر و مخاب باقی مانده نسبت به عنصر دوم یعنی نسبت به عنصر دوم غنی می شود.

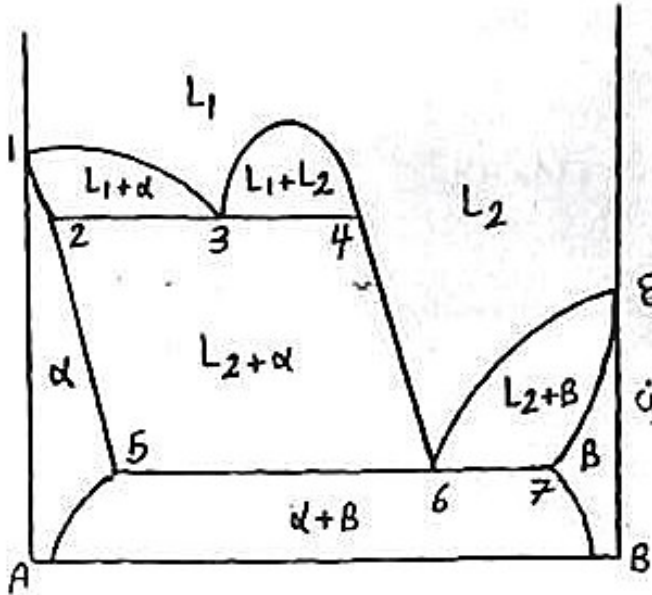


$L_1 \xrightarrow{T_m = cte} L_2 + A$
 Liquid use = 13468
 Solid use = 125678
 مخاب متوتکتیک

(L1) خود را از عنصر غنی آزادی کند یعنی (A) منجمی شود پس نسبت به عنصر دوم یعنی (L2) غنی می شود.
 * تا 5 در مخاب و 5 در مملوک بعد از ما داریم.

بارسیون به نقطه (6) (حالی قطه (5,7)) یوتکتیک است و محدوده (2,4) در متوتکتیک شرکت نمی کند.
 * به تعداد خطوط افقی در روی نمودار تغییر حالت داریم.

انحلال دانه‌ها در حالت مذاب و انحلال نسبی در حالت جامد:



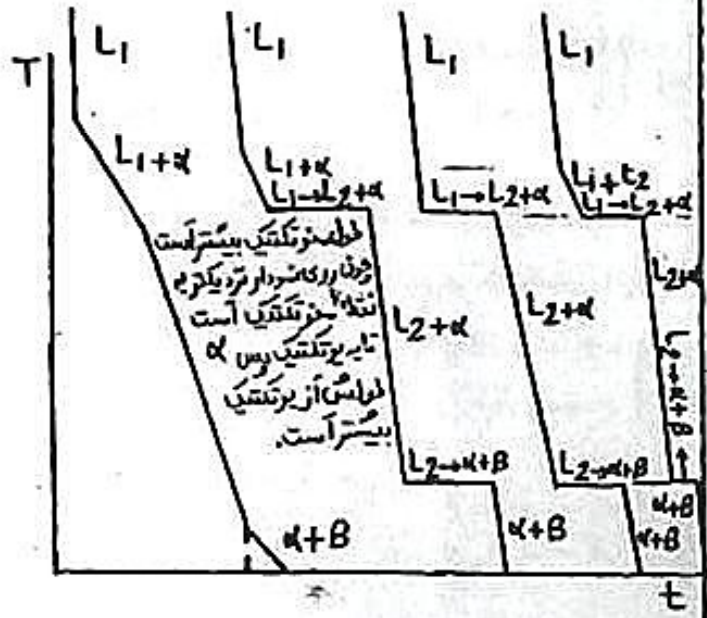
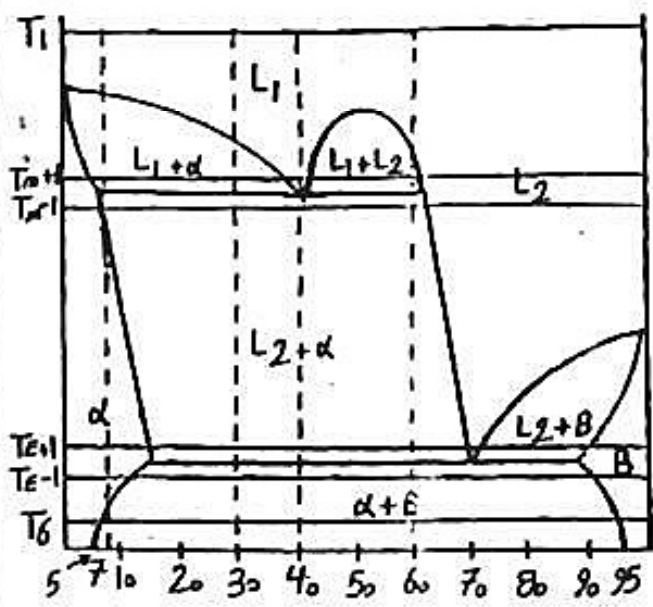
$$L_1 \xrightarrow{T_m = cT_e} L_2 + \alpha$$

Liquiduse = 13468
Soliduse = 125678

آلیاژهای مسی غیر از 2 تا 4 در سنو تکلیف شرکت نمی‌کنند.
آلیاژهای در مسی غیر از 5 تا 7 در یون تکلیف شرکت نمی‌کنند چون یون تکلیف نیستند.

* آنتهای که فذ حلالیت را قطع نکنند رسوب نمی‌دهند.

* * * سنو تکلیف - گنبدار یون تکلیف - تقویر پوسته‌ای - یون تکلیف - آبشار



$T_1 | L_1 \rightarrow 7\%$
 $T_m \pm | \alpha \rightarrow 7\%$
 $T_e \pm | \alpha \rightarrow 7\%$
 $T_6 | \alpha \rightarrow 5\%$
 $T_6 | B \rightarrow 95\%$

$m_L = 100\%$
 $m_\alpha = 100\%$
 $m_\alpha = 100\%$
 $m_\alpha = \frac{95-7}{95-5} = \frac{88}{90} \quad 97\%$
 $m_B = \frac{12}{90} \quad 2.5\%$

سحاب 7%

$T_1 L_1 \rightarrow 30\%$	$m_L = 100\%$	مذاب 30%
$T_{m+1} L_1 \rightarrow 40\%$ $\alpha \rightarrow 10\%$	$m_L = \frac{30-10}{40-10} \times 100 = 66,6\%$ $m_\alpha = 33,3\%$	
$T_{m-1} L_2 \rightarrow 70\%$ $\alpha \rightarrow 10\%$	$\frac{L_1 - \alpha}{L_2 - \alpha} \times 100$ $m_{L_2} = \frac{30-10}{70-10} \times 100 = 33,3\%$ $m_\alpha = 66,6\%$	
$T_{E+1} L_2 \rightarrow 80\%$ $\alpha \rightarrow 20\%$	$\frac{L_1 - \alpha}{L_2 - \alpha} \times 100$ $m_{L_2} = \frac{30-20}{80-20} \times 100 = 66,6\%$ $m_\alpha = 33,3\%$	
$T_{E-1} \alpha \rightarrow 20\%$ $B \rightarrow 90\%$	$\frac{L_1 - \alpha}{B - \alpha} \times 100$ $m_\alpha = \frac{30-20}{90-20} \times 100 = \frac{1}{7} \times 100\% = 14,2\%$ $m_B = \frac{6}{7} \times 100\% = 85,8\%$	

$T_1, T_{m+1} L_1 \rightarrow 40\%$	$m_{L_1} = 100\%$	مذاب 40%
$T_{m-1} L_2 \rightarrow 60\%$ $\alpha \rightarrow 10\%$	$m_{L_2} = 50\% \rightarrow \frac{40-10}{60-10} \times 100 = \frac{1}{3} \times 100 = 33,3\%$ $m_\alpha = 50\%$	

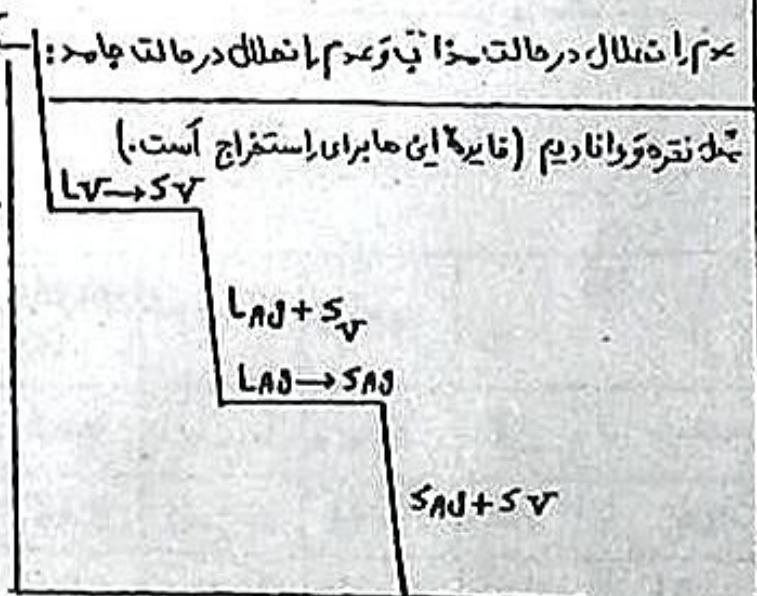
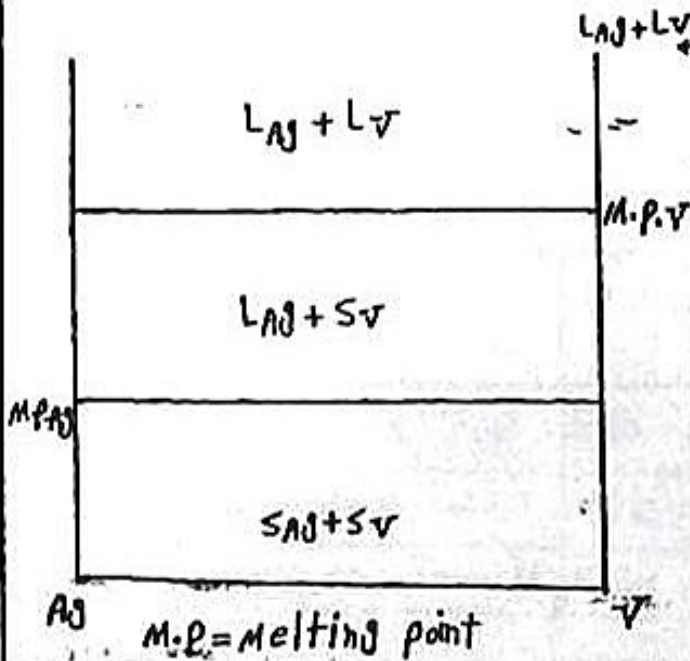
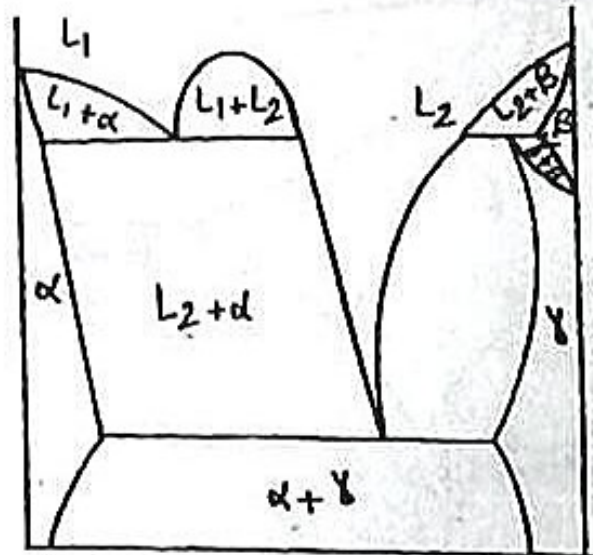
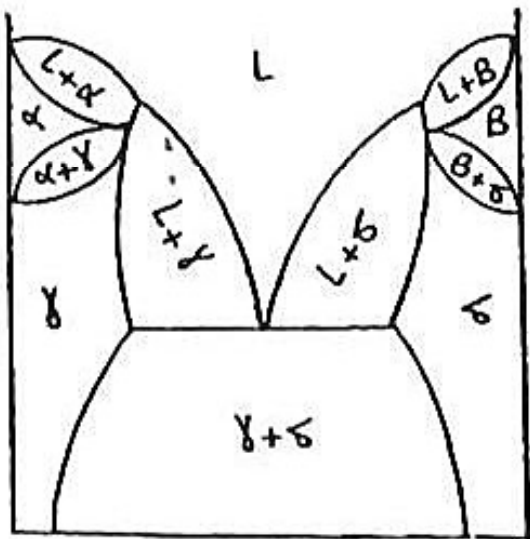
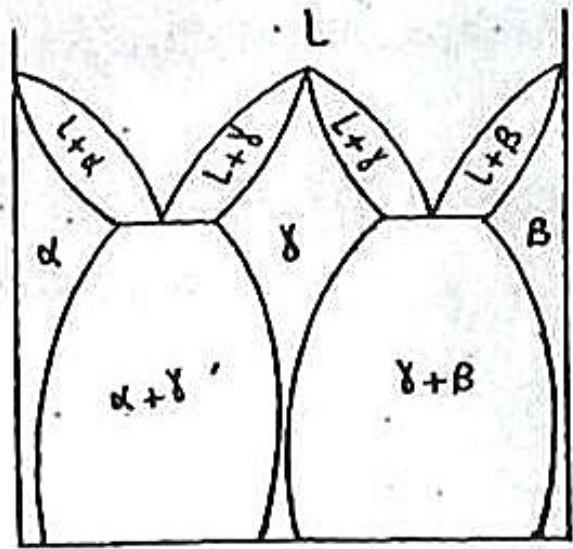
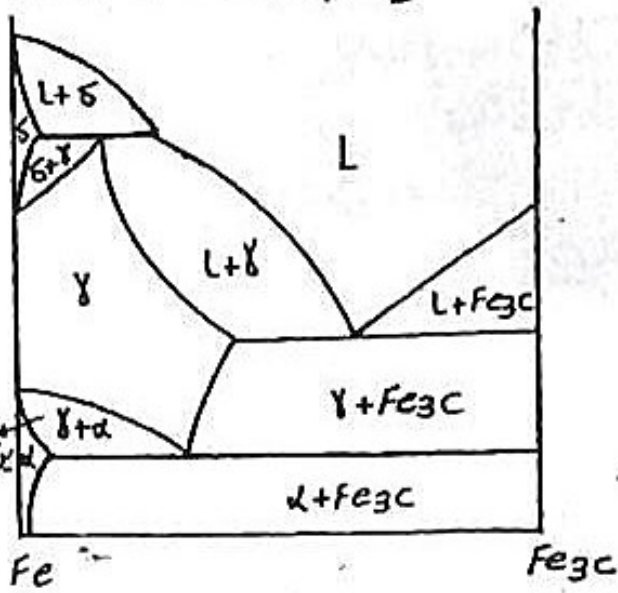
برای بدست آوردن مقدار مغزولکتی با به بیاییم و دمای قبلی را ببینیم که چه مقدار α داشته ایم و چه مقدار مغزولکتی که از روی آن می توان حساب کرد که چه مقدار α در مرحله قبل معرود شده و بلرجه و عین در این دما یا تفرقش مقدار آن بدست می آید

$T_{E+1} L_2 \rightarrow 80\%$ $\alpha \rightarrow 20\%$	$m_{L_2} = \frac{40-20}{80-20} \times 100 = 33,3\%$ $m_\alpha = 66,6\%$	
$T_{E-1} \alpha \rightarrow 20\%$ $B \rightarrow 90\%$	$m_\alpha = \frac{90-40}{90-20} \times 100 = 71,4\%$ $m_B = 28,6\%$	

جرم α مغزولکتی در T_{m-1} برابر 50 است

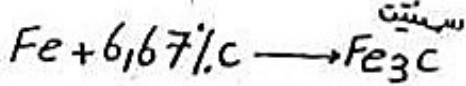
$T_1 L_2 \rightarrow 60\%$	$m_{L_2} = 100\%$	مذاب 60%
$T_{m+1} L_1 \rightarrow 40\%$ $L_2 \rightarrow 70\%$	$m_{L_1} = 33,3\%$ $m_{L_2} = 66,6\%$	
$T_{m-1} \alpha \rightarrow 10\%$ $L_2 \rightarrow 70\%$	$m_\alpha = 16,6\%$ $m_{L_2} = 83,3\%$	
$T_{E+1} \alpha \rightarrow 20\%$ $L_2 \rightarrow 80\%$	$m_\alpha = 33,3\%$ $m_{L_2} = 66,6\%$	
$T_{E-1} \alpha \rightarrow 20\%$ $B \rightarrow 90\%$	$m_\alpha = \frac{3}{7} \times 100$ $m_B = \frac{4}{7} \times 100$	

* با این وجود سرد یا گرمی را در به ما به هم می توان قسمت های مختلف آن را تعیین کنیم.
 مثال: $S_1 \xrightarrow{T \text{ cte}} S_2 + S_3$ یوتکتیک
 $L \rightarrow S_1 + S_2$ یوتکتیک



A₀ M.P. = melting point

دیگرام های تعادلی آهن - کربن



۱- دیگرام تعادلی آهن - سمنتیت (سولیدم ناویار آهن - کربن) ^{آرترو سیتیک}

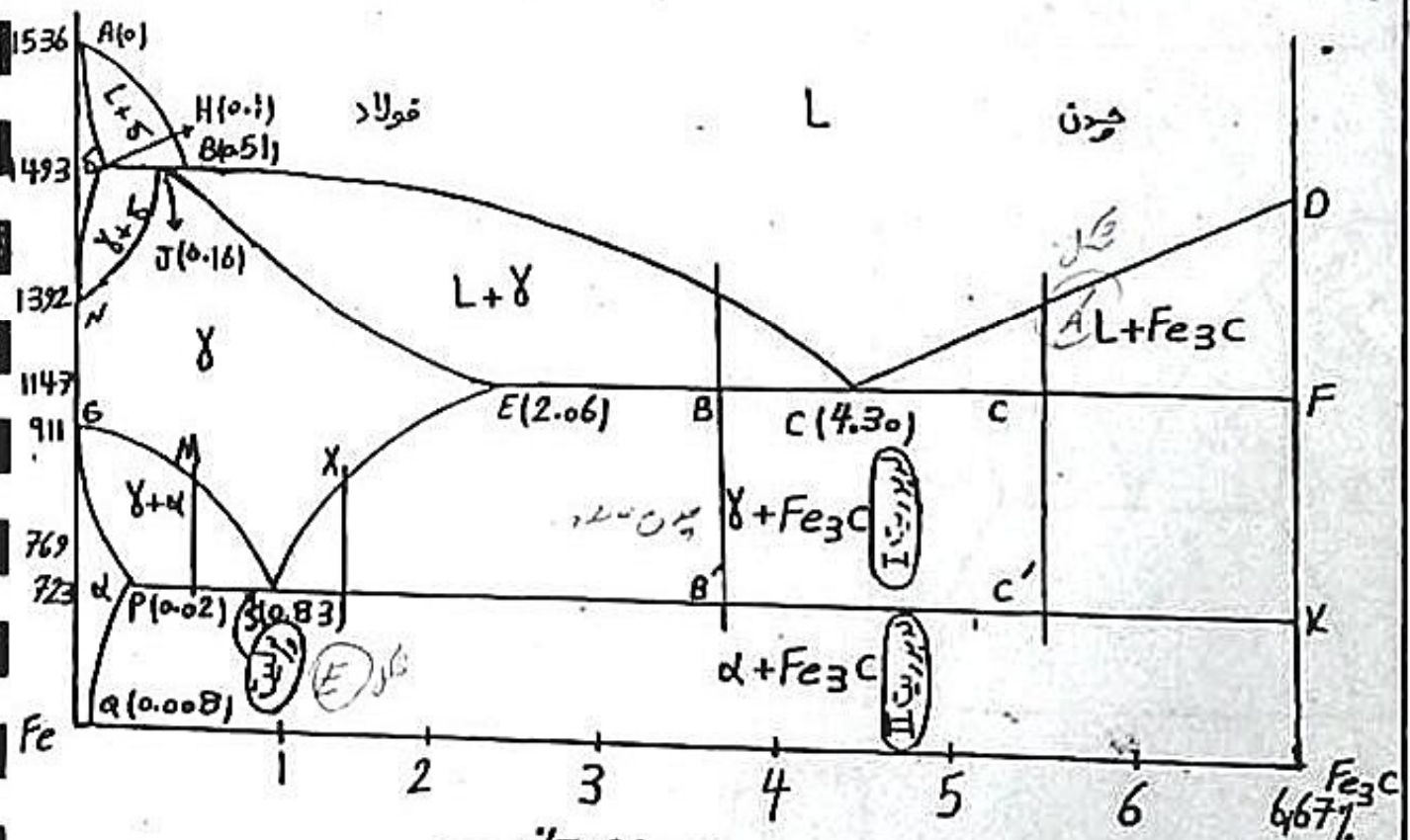
۲- دیگرام تعادلی آهن - گرافیت (سولیدم ناویار آهن - کربن) یا کربن به شکل گرافیت آزاد در کنار آهن باقی می ماند. چون کربن پایدارتر است.

II آهن با بیشترین از 2% کربن = چدن

I آهن با کمترین از 2% کربن = فولاد

* آلترتروپی: ترکیب شیمیایی ثابت دارد، زیرا شبکه کریستالی آن مواد تغییر می کند.

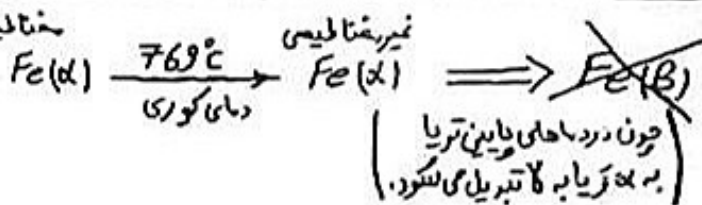
دیگرام تعادلی آهن - سمنتیت



→ % CARBON
 محلول جامد: قرار گرفتن اتم ها در محلول های ... نیاز در حالت جامد به گونه ای که تلفات سازنده.

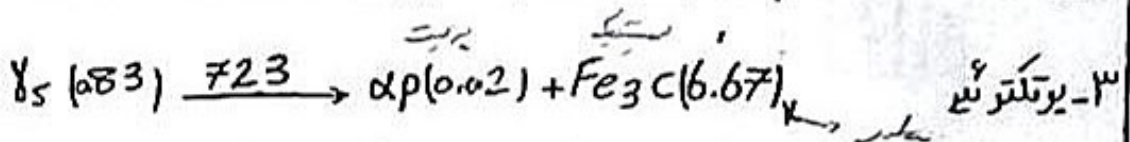
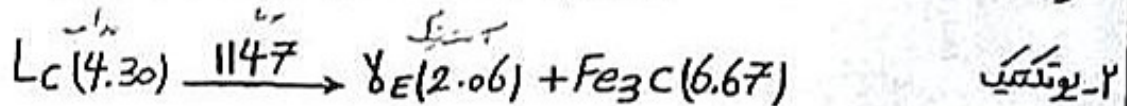
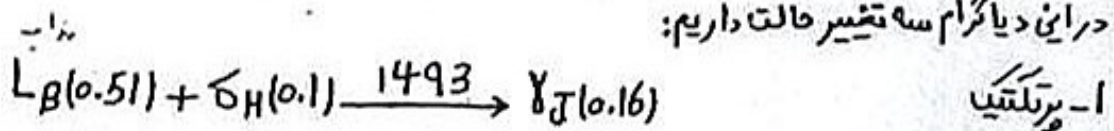
نوع آهن	سبک کریستالی	حد اکثر محلولیت کربن	دما	آز
Iron-δ	b.c.c	0.1	1493 تا 1536	1392
Austenite	F.c.c	2.06	1147 تا 1392	911
Ferrite	b.c.c	0.02	723 تا 911	تا دمای محیط

ختالیس



اسم درستی نیست اول حرف زهد یک هابی می کن

در این دیاگرام سه تغییر حالت داریم:



* پرتکتیک: تغییر حالتی است که منجر آن از یک جامد و دو جامد پوست می آید.

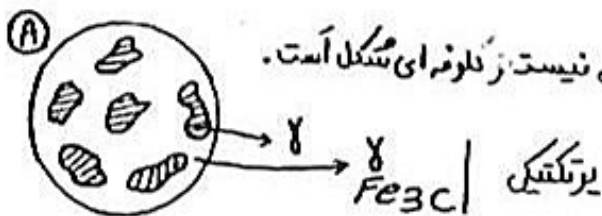
* هیچ فولادی بالاتر از دمای $796^{\circ}C$ قابلیت همقطب می ندارد.

آلیاژهای پرتکتیک و ما قبل و ما بعد سه تنگناز آستنیت هستند.

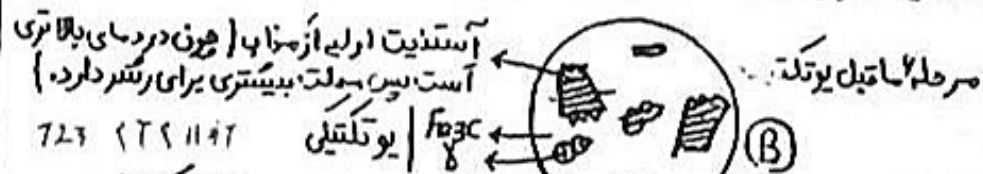


$723 < T < 1147$

در این جا یوتکتیک غیر نرمال است پس لایه لایه نیست ز کلافه ای شکل است.



ساختار یوتکتیک غیر نرمال مرکب از آستنیتی مرکب از 2.06% کربن و سمنتیتی با 6.67% کربن است یعنی لوبوریت I



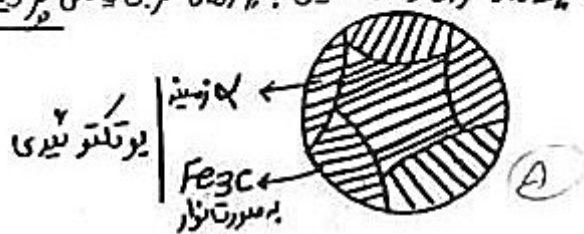
در مرحله ما قبل یوتکتیک غلظت کربن بیشتر از 4.3% است که باید یک فاز پر کربن (سمنتیت) آزاد کنده

تا وقتی که غلظت کربن به 4.30% در دمای 1147 برسد و ما دو فاز داریم: سمنتیت اولیه از مزاج و آستنیت سمنتیک

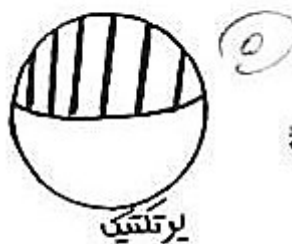


کار به همین ستمتیا از مزاج جدا شده و از ماهیت سمنتیک سمنتیک شکل برخوردار است.

ساختار سطح مقطع یوتکتو فیری نرمال ترکیب از فریت ۰.۰۲٪ کربن و سمنتیتی با ۶.۶۷٪ کربن یعنی پرلیت که در نقطه ۱ شکل می‌گیرد.



نحوه تشکیل پرلیتیک یوتکتو فیری

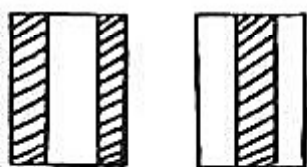
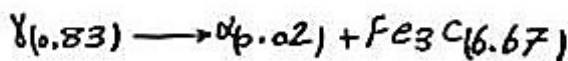


سختی



سختی و مقاومت بیشتر است. یوتکتو فیری چون از جامد شکل می‌گیرد و با انرژی جنبشی جامد کمتر است در سردی و سختی لایه‌ها کمتر است.

سوال: از آستنیت و آول فریت، جوادی زنی یا آول سمنتیت؟
جواب: فریتی نهی کند و سرد و با هم:



هر فریتی که تشکیل سرد یا به شکل آستنیت از ۰.۰۲ به ۰.۰۲ تبدیل می‌شود و هر سمنتیتی که تشکیل سرد یا به شکل آستنیت از ۰.۰۲ به ۶.۶۷ تبدیل می‌شود و هر فریتی با دو سمنتیت که این کمترین باعث لایه لایه شدن است.

ما قبل یوتکتو فیری:

(فاز کم کربن باید آزاد کند.)

یک فریت آولیه و یک سمنتیت یوتکتو فیری داریم:

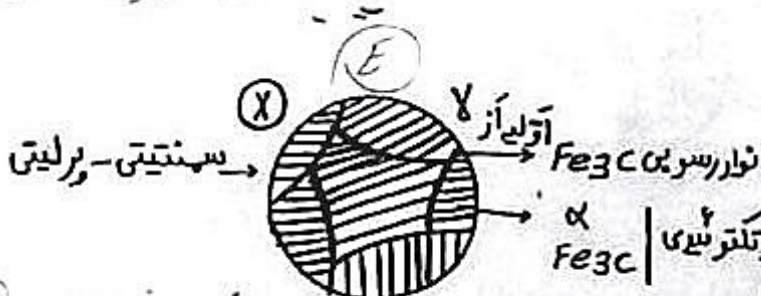


M

فریتی - پرلیتی: چون نامش X-5 از K-5
فیلن کمتر است از M-5 تا P-5 لذا
ناچار به سردی لایه‌های سردی در میان چون جوش
فیلن کم است.

ما بعد یوتکتو فیری:

(فاز پر کربن باید کاهش دهد.)



غلظت کربن چون بیشتر از ۰.۰۲ است باید کربنی که با Fe3C است را آزاد کند.

در $T < 723$ تمام آستنیت به فریت و سمنتیت پرلیتی تبدیل شده است یعنی لیبوریت II همان ساختار قبلی چون وارد رول هر چه آستنیت داشتیم یعنی (خال خالها) باید به فریت و سمنتیت تبدیل شود و هر چه راه هستند.



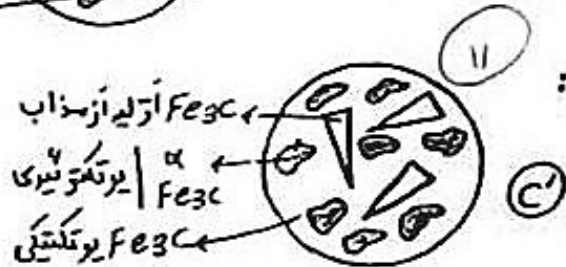
E

*** در 723 < T تمام آستنیت به فریت و سمنتیت پرلیتی تبدیل می شود بدون در حال تغییر شکل یونکتوری است پس تغییر شکل آلترتور بر داد و ستد ساختار ریزبستالی آنها عموماً می شود.

حدن ماقبل:



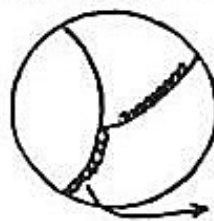
حدن مابعد:



در اینزد یا گرام سه جاسمنتیت... آن داریم:

آرلین سمنتیت آزاد نقره از مزاب ج. امی سگود (روی خط CD به شکل سمنتیری)
 دویم سمنتیت آزاد نقره از (ج. امی سگود) مابعد پرلکتی روی خط SE (به شکل نزارهای رسوری)

سومین سمنتیت آزاد نقره از (α) ج. امی سگود (روی خط PQ)

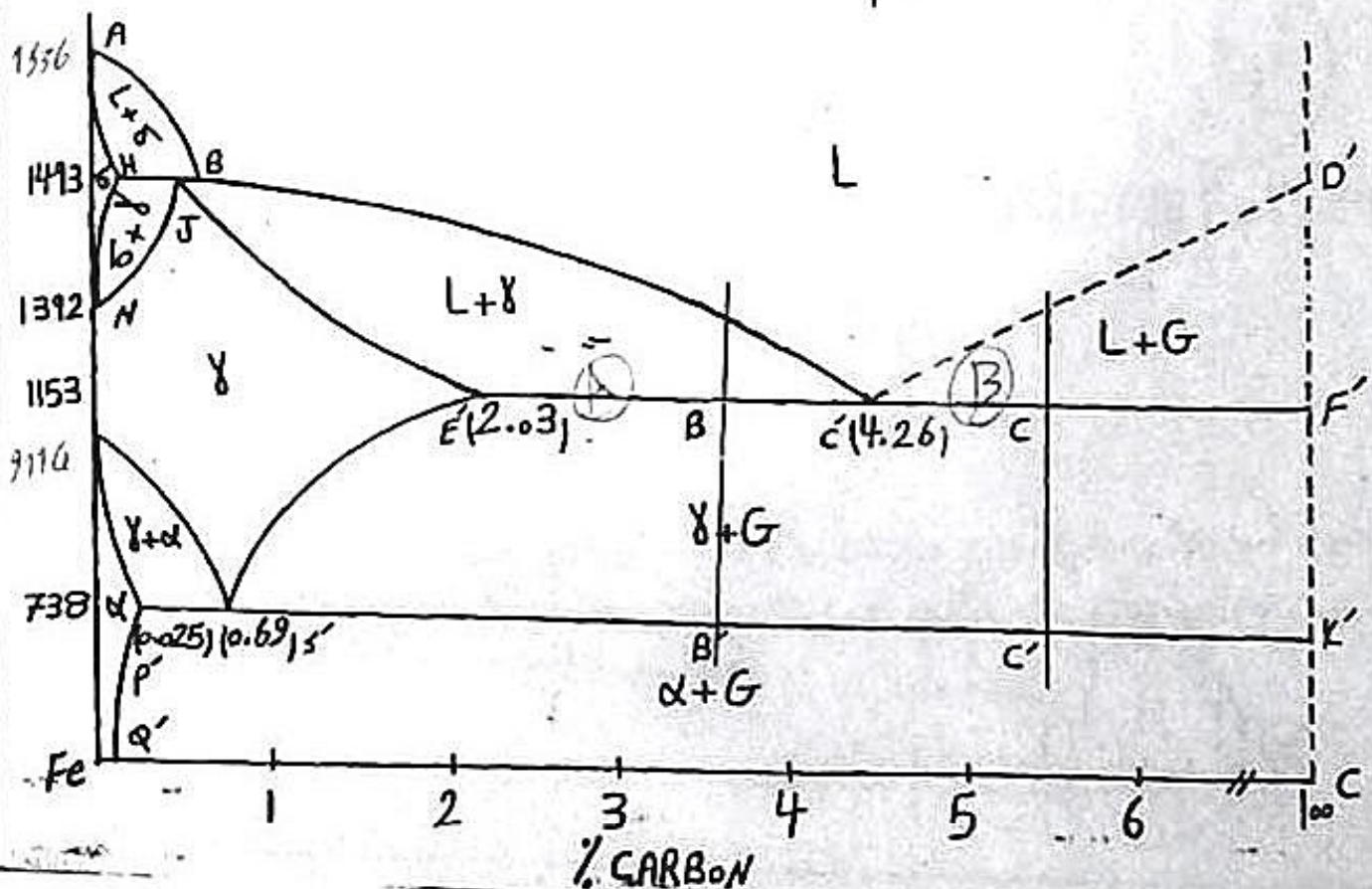


سومین سمنتیت

3

به صورت بانتهای ریز

دیاگرام تعادلی آهن-گرافیت Pa

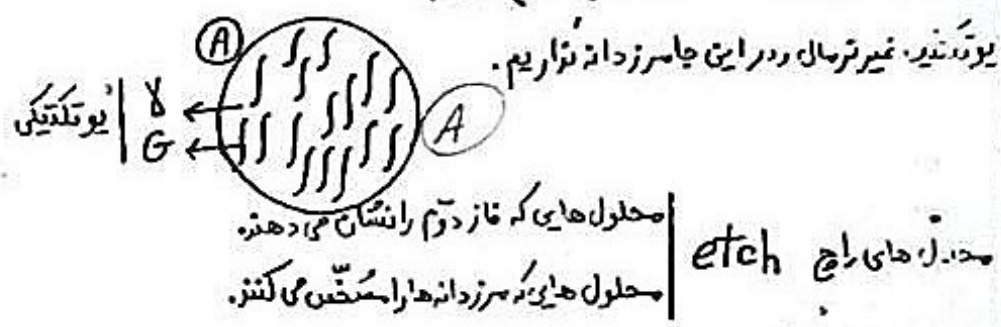


- ۱- یونکتیو \rightarrow مس در مس گرانبی $\rightarrow G + \epsilon(2.03) \rightarrow \lambda(4.26) \rightarrow L_c$
- ۲- یونکتور \rightarrow مس در مس گرانبی $\rightarrow G + \rho'(0.02) \rightarrow \lambda(0.69) \rightarrow \delta_s$
- ۳- یونکتیو \leftarrow عرض نشتره است $\rightarrow \lambda(0.16) \rightarrow \beta(0.51) \rightarrow \kappa_{H(1)} \rightarrow 1493$

Etchind: قراردادن نمونه در یک سیری از محلول‌های خورنده برای مشخص کردن سرزدانه‌ها که به این محلول‌ها محلول‌های راجع گویند.

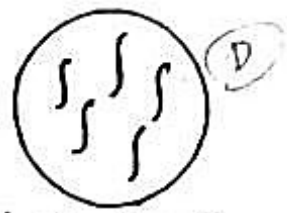
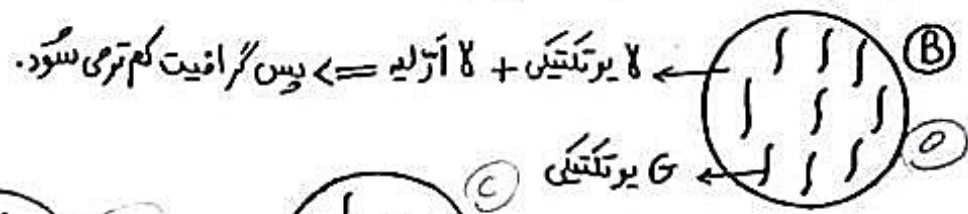
در $738 < T < 1153$ یونکتیو

شکل ما بهین
ناگرم گشته



مذاب‌های راجع etch

مذاب قبل از یونکتیو: خود در امتداد یونکتیو غفلت کریں از 4.26 است پس برای سرعت در یونکتیو یک فاز کم کریں باید آنرا کم کرد.



$4\% \lambda + 48\% \lambda + 12\% G$

$8\% \lambda + 2\% G$

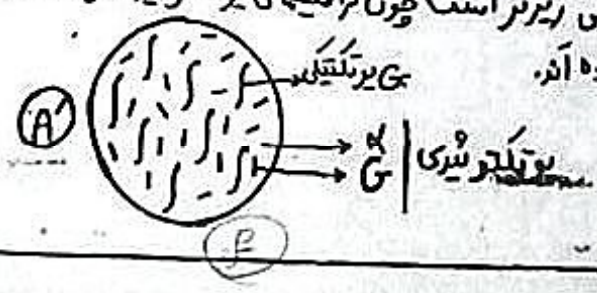
مذاب بعد از یونکتیو:

گرا. = بیشتر منجمد می‌شود.



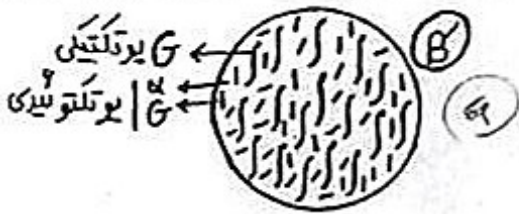
یونکتور غیر نرمال است ($T < 738$)

در این با یونکتور غیر نرمال به صورت نرمال هستند چون خیلی کم هستند و نمی‌توانند به صورت غیر نرمال خودشان را نشان دهند. سازگرا نسبتی یونکتور غیر نرمال نسبت به گرانبی‌های یونکتیو ریزتر است چون گرانبی‌های یونکتور غیر نرمال حالت جامد بوجود آمده آنزلی گرانبی‌های یونکتیو از حالت مذاب بوجود آمده اند.



چون ماقبل یوتکتوئیدی:

تکشفین از روی تعداد و به مراتب بیشتر گرافیتی یوتکتوئیدی است چون استخیزد بیشتر نسبت به (A) داشته راز تجزیه شدن آن مقدار بیشتری گرافیت به باقی دهد.



چون مابعد یوتکتوئیدی:

سه سایر گرافیت در این جا داریم:



* A و B و C راجع به های خاکستری فریتی می دانند.

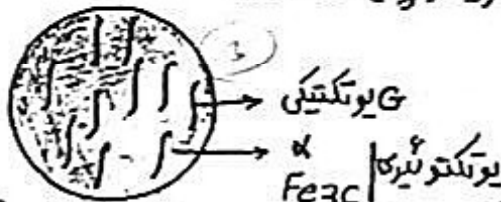
سرعت سرد شدن کامل مطابق سیستم آهن گرافیت $T > 750$ Fe-G

سرید شدن

سرعت زیاد سرد شدن مطابق سیستم آهن - سمنتیت $T < 750$ Fe-Fe₃C

تا ۷۵۰ یوتکتیک اند. سوره زلی بعد از ۷۵۰ فریت سمنتیت لایه می دهد پس چون یوتکتیدی و سبک قبلی را حفظ می کنند و زین به پرلایت تبدیل می شود و برای فریت و پرلایت می نشینند.

چون های پرلیتی:



سختی چون های پرلیتی از فریتی بیشتر است چون فازهای کاسپریتی کل زین را پوشانده اند.



چون ماقبل پرلیتی:



انواع چون های صنعتی:

- ۱- فاکستری
 - ۲- سفید
 - ۳- مالبل
 - ۴- داکتیل
- چون فاکستری (gray cast iron) (گرافیت رقه ای)

زمانی بوجود می آید که سرد شدن مطابق سیستم آهن - گرافیت باشد. در ریخته گری صنعتی زمان برای سرد شدن تعدادی هزاریم پس به آن جوانه زای قوه سیلیسیسیم (% > ۱) امانائی گفته به طوری که در صد سیلیسیسیم (جوانه زای گرافیت) در چون بیشتر از یک در صد باشد. سیلیسیسیم امانا فاسده به چون رسالیست سباب را هم بهبود می بخشد. مقاربت فشاری خوب دارد و در فرسودگی کم است. اما لاین ندرد زیرا در رأس گرافیتها سطح سطح کوچک است پس ترد است. ارتعاش و جرم را گرافیت جذب می کند (زیرا فاز نرم است). گرافیت آزاد قابلیت انتقال حرارت را هم بهبود می بخشد. قابلیت جذب روغن را دارد (یعنی برای روغن کاری خوب است). به علت موجود بودن گرافیت در ساختار قابلیت ماسین کاری خوب ندارد. نباید در مقابل شوک حرارتی قرار بگیرد چون حرارت را سریع از خود انتقال می دهد. (پوسته موثرتر ماسین از این جنبه است پس هنگامی که داغ است نباید روی آن آب ریخته شود چون تری می خورد). از این جهت این است.

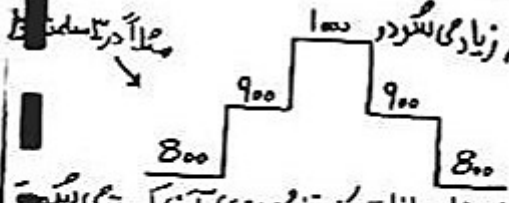
چدن سفید (white cast iron) (چدن کاربیدی) - چدن مالایبل (چدن چکس خوار (گرافیت برنکس))

در این جا گرافیت آزاد ندارد. تمام کربن محتوی آن به صورت سمنتیت است. برای تهیه آن مقداری سیلیسیم محتوی در چدن زیر یک در صد را به آن می افزایند ($Si < 1\%$) چون اثر بیستر یا سرد چدن فاستری می شود. سختی و تقارست با سینی دارد. استحکام ضربه کمی دارد. در جاهای استفاده می شود فقط تقارست با سینی مورد نظر باشد و در جاهای که عملاً می فولد چدن بسنگن (مثل ترکس خریداره). در تهیه نوع دیگری از چدن به نام چدن چکس خوار یا چدن با گرافیت برنکس شکل یا چدن مالایبل استفاده می شود.

برای چدن سفید: سختی و استحکام بیشتر چدن سفید

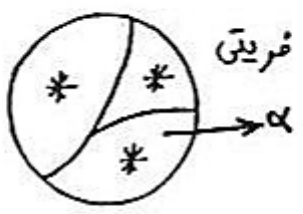
تهیه چدن مالایبل

ابتدا چدن به صورت سفید ریخته می شود ($Si < 1\%$) و به مدت (24-12) در محدوده دمای (800-850) عملیات حرارتی می شود در این صورت تمام کربن به Fe_3C به آهن زکری یا گرافیت تجزیه می شوند. وقتی شکل گرافیت از حالت نوک تیز به شکل تقریباً کروی رسیده استحکام ضربه زیادی شود. در نتیجه چکس خوار زیاد می شود.



ساختار چدن مالایبل
فریتی: زمینه α - گرافیت حالت نوک تیز ندارد لذا کمتر تنش روی آن کستری می شود.
چکس خوارتری می شود.

پرلیتی: (اثری که تقریباً مطابق سیستم آهن - گرافیت باشد).
که در سینی، استحکام زیاد و چکس خوار

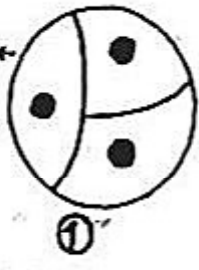


سختی پرلیتی بیشتر است چون زمینه آن پرلیتی است.

چدن نسکن (Ductive cast iron) (چدن با گرافیت کروی) (دالکتوا)

برای تهیه ای چدن و به مذاب چدن فرو سیلیکو منیزیم ($Fe simg$) می زنند به طوری که سیلیسیم موجود در مجموع به صورت ($2.8\% < Si < 1.8\%$) باشد. منیزیم به عنوان هسته آذنی می نسکند و آتم های کربن را به طور معمار با دور خود جمع می کند و باعث رشد کروی ذرات گرافیت می شود.

ساختار چدن نسکن
فریتی - آزد یا ترام آهن - گرافیت موجود می آید.
پرلیتی - آزد یا ترام آهن - سمنتیت موجود می آید.



سختی و استحکام کمتری
① < ②
استحکام ضربه و فسنگی
① > ②

عملیات حرارتی

یک سری فرآیندهای گرم و سرد کردن متناوب با سرعت های متفاوت به منظور دستیابی به خواص فیزیکی و مکانیکی مورد نظر را عملیات حرارتی گویند.

چرا که عنصر آلیاژی به سمت آمچه و باز خواسته ما را تأمین نمی کند.

بازیابی و تبلور مجدد (Recovery & Recrystallization And)

این عملیات ها زمانی اجرائی میشوند که قطعه تغییر شکل پلاستیک داده باشد.

$$n = Ne^{-\frac{ES}{KT}}$$

۱- تعداد جاهای خالی زیاد می شود.

۲- تعداد نابجایی ها، بلوک سرد و تعداد کل نابجایی ها از زیاد می شود.

۳- دانه ها در جهت تغییر شکل خرد و ریز می شوند.

آثار ناشی از کار سرد در بازیابی و تبلور مجدد و تغییر شکل پلاستیکی سردتر گرفته شده و تغییر شکل پلاستیکی سردتر گرفته شده است.

د- مربوط به بازیابی و (۱) و (۲) مربوط به تبلور می شوند.

با سرد کردن تعداد جاهای خالی افزایش می یابد. تعداد نابجایی ها هم از طریق نابجایی ها افزایش پیدا می کند. دانه ها در جهت تغییر شکل خرد و ریز و کشیده می شوند. در عملیات حرارتی قطعه را دوباره به حالت اولیه برمی گردانند.

بازیابی و تبلور مجدد: عملیاتی که تغییرات شکل به وجود آمده را به حالت اول برمی گردانند.

با بازیابی تعداد جاهای خالی را دوباره به حالت قبل برمی گردانند.

تبلور: پدید آمدن نابجایی بلوک سرد شده را به حالت اول برمی گردانند.

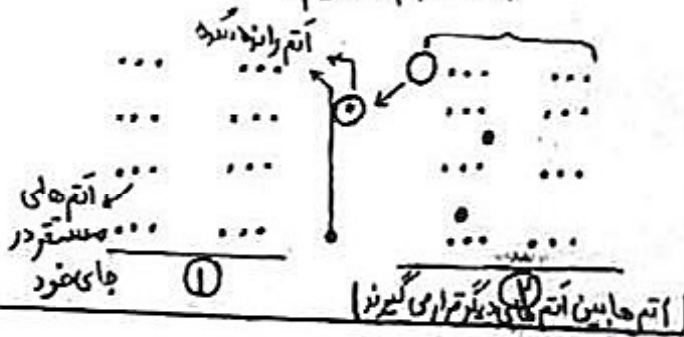
بازیابی برای دما انجام می شود ← نقطه ذوب $T_m^* K$ - 0.4 - 0.2

بلور متوسط $0.3 T_m^* K$

دما تبلور $0.4 - 0.7 T_m^* K$

$0.5 T_m^* K$

تعداد جاهای خالی موجود می آید...
در انجام می دهیم



آهسته سردی کنیم ←

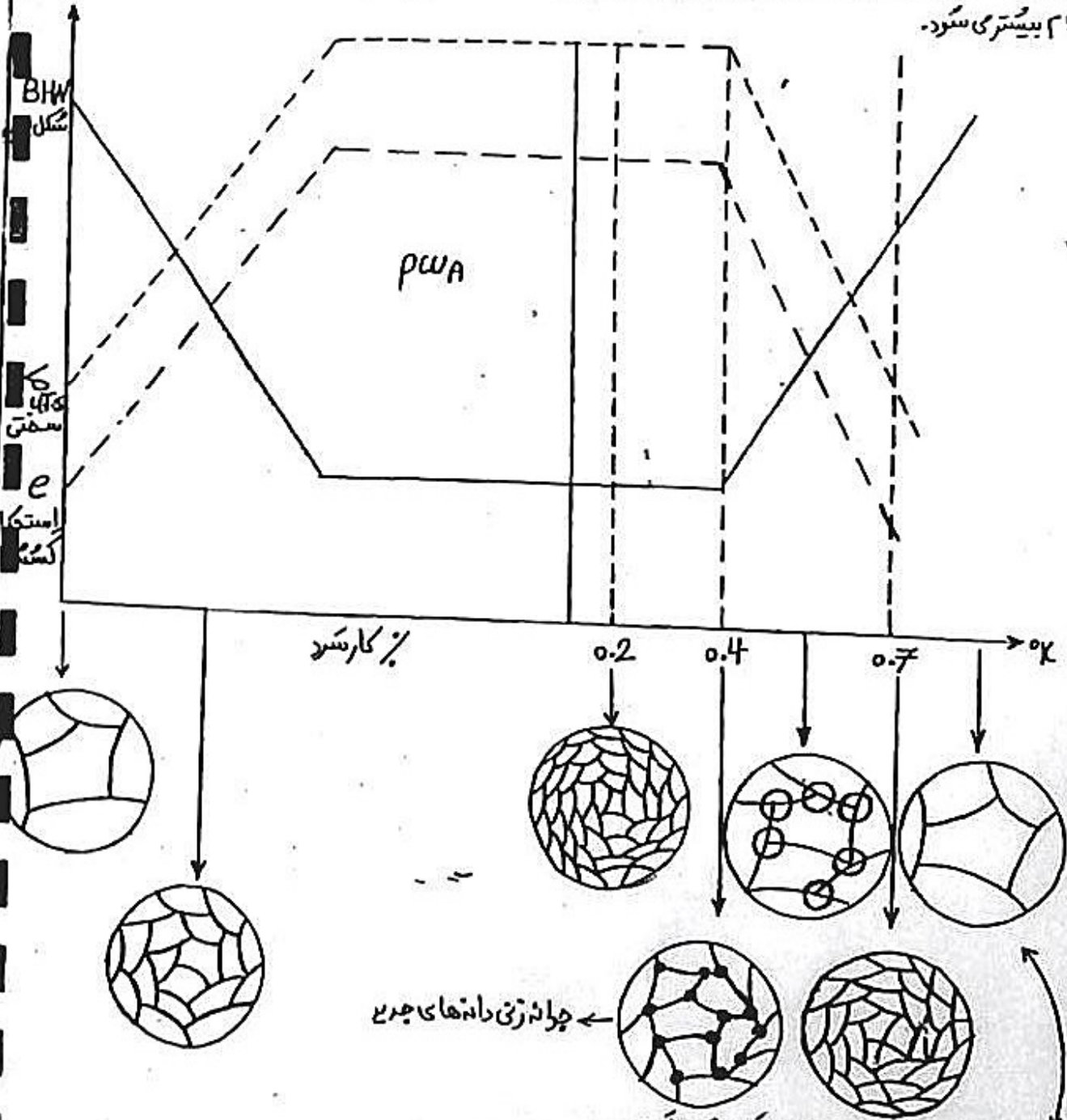
اثر مقاومت الکتریکی بالا با سردی به خاطر جای خالی می باشد.

(۴)

برای پائین آمدن مقاومت در سارابالای بریم (بین 0.4 - 0.2) و بعد آهسته سردی کنیم.

دبلور سولفید: خدا من کاشکی را به سردی زد و تا مدت تبدیله میزد!

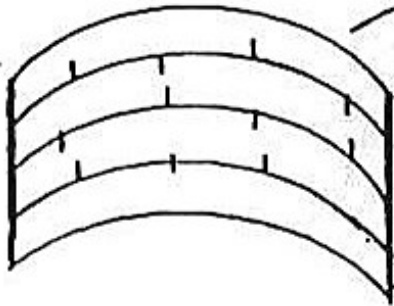
اگر تغییرات استحکام کششی و منحنی بر ذیل را یاد رنده کار سرد روی قطعه بستیم و هر چه دره نه کار مکانیکی (کار سرد) بالاتر برود استحکام بیشتری شود.



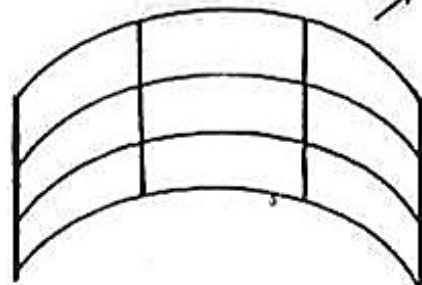
این ساختار عیناً سبب ساختار اولیه شده است در صورتی که زمان طولانی با سرد دانه ها بیشتر هم سردی کنند.

اگر مایک دانه را انتخاب کرده و خم کنیم و تنش در دانه ذخیره شده و تنش کششی ذایب جایی (+) و تنش فشاری ذایب جایی (-) ایجاد می کند.

حال اگر دما را بالا ببریم رنقود صورت می گیرد. پس در ایسکان دارد (+) و (-) ها بر هم برخورد می کنند.



در داخل دانه ذایب سیبری جایی (+) و (-) داریم که یک سیبری متحرک و یک سیبری بلوک شده در دمای (۵۰.۴) در دانه تغییر شکل یافته تنش ذخیره شده در دمای (۵۰.۴) ذایب جایی بلوک شده آزاد شده و در اثر تنش ذخیره شده ذایب جایی را به حرکت در می آورد.



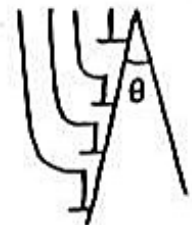
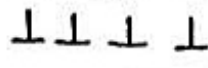
ذایب جایی جرمی برابر اصله باوستینگر کم می شوند.

چند تلسی سرن

(پلی کنیزاسیون)

پلی کنیزاسیون (polygonization)

پلیمر جراد ۲ جدید است. سطح انرژی پلی کنیز ما بین تراست پیس، جراد شروع به رسک می کند و دانه های رانک در اطراف آن است و سطح انرژی آن بالاست. به خود جذب می کند. مقدار ذایب جایی کمتر شده و تنش هم معین شده است و پلی کنیزاسیون جواز دانه تجزیه است. سطح انرژی پلی کنیزاسیون را بین تراست و تراست تراست های اطراف را به خود جذب کند. داده حرارت باعث می شود دانه های بزرگتر دانه های ریزتر را در خود حل کنند. چون ساکنتر یا به ارتک کر بیستال است. ذایب جایی که بیست سز بلوک می شوند و بر اثر حرارت زیدم ترازی، گینر و سز تشکیل می دهند.



قوانین تبلور مجدد:

- ۱- شرط لازم برای تبلور مجدد و حداثه تغییر شکل پلاستیکی داده باشد.
- ۲- هر قدر مقدار تغییر شکل اولیه بیشتر باشد دمای لازم برای تبلور مجدد را می توان کمتر کرد.
- ۳- با افزایش زمان حرارت دادن می توان دمای لازم برای تبلور مجدد را کاهش داد.
- ۴- هر قدر مقدار تغییر شکل اولیه بیشتر و زمان حرارت دادن کوتاه تر باشد و اندازه نهایی دانه ها ریزتر و عملیات حرارتی ریزتر است (زمان رسک ندارد!)

مسئله: چون خالصتری با ۴.۲۶٪ کرنی مغزوفن است. مطلوبیت محاسبه دمای تبلور مجدد آن؟

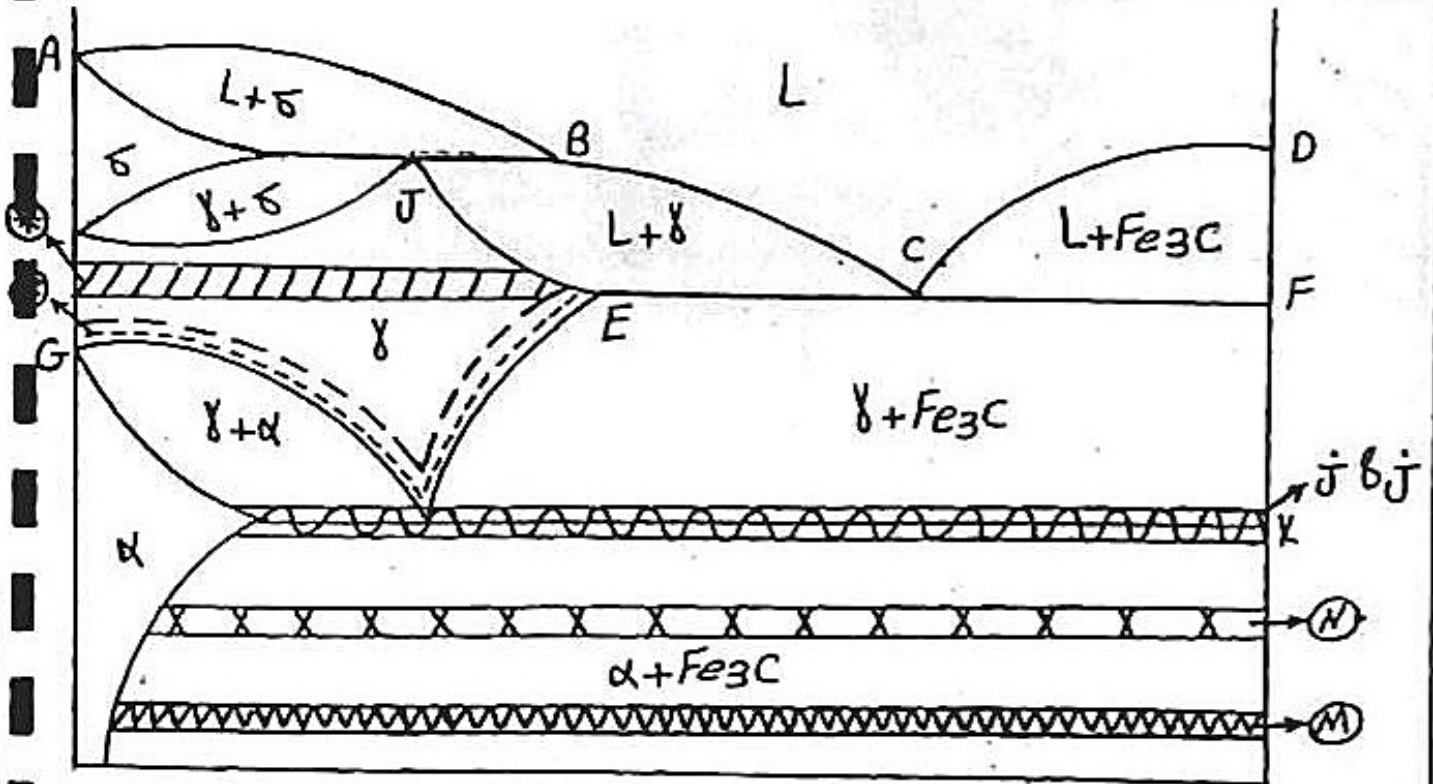
دمای یوتکتیک 1153°C \rightarrow یوتکتیک \rightarrow ۴.۲۶٪ چون خالصتری

$$1153^{\circ}\text{C} + 273 = 1426^{\circ}\text{K}$$

$$1426^{\circ}\text{K} * 0.5 = 713^{\circ}\text{K}$$

متوسط دمای تبلور مجدد $\Rightarrow 713^{\circ}\text{K} - 273 = 440^{\circ}\text{C}$

عملیات حرارتی فولادها



دمای A₁ و دمای تعریفی است که:

A₁: $\gamma \xrightarrow{723} \alpha + Fe_3C$

A₂: $Fe(\alpha) \xrightarrow{769} Fe(\alpha) \rightarrow$ غیر مغناطیسی \rightarrow آهن، خواص، مغناطیسی آهن را از دست می‌دهد

A₃: $\gamma \rightarrow \alpha (GS)$ (GS) خط جدایی است. نقطه آستنیت و فریت جدا می‌شود.

A_{3cm}: $\gamma \rightarrow Fe_3C (SE)$ آستنیت به سمنتیت تبدیل می‌شود.

A₄: $\delta \rightarrow \gamma (NH)$ آهن دلتا و آستنیت جدا می‌شود.

آهن‌کوبی فولاد

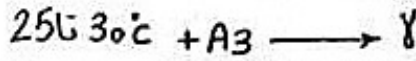
در فولادها یک عملیات حرارتی مهم داریم به نام آهن‌کوبی. فولادها به دمای کلسه ساخته می‌شوند و آستنیت با سرد شدن به فریت یا سمنتیت یا فریت و سمنتیت تبدیل می‌شود. آهن‌کوبی فولاد به دمای کلسه ساخته می‌شود و آستنیت با سرد شدن به فریت یا سمنتیت یا فریت و سمنتیت تبدیل می‌شود. آهن‌کوبی فولاد به دمای کلسه ساخته می‌شود و آستنیت با سرد شدن به فریت یا سمنتیت یا فریت و سمنتیت تبدیل می‌شود.

آهن‌کوبی فولاد

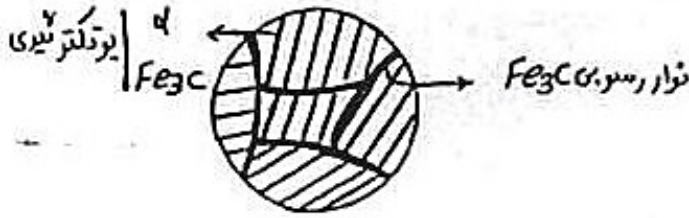
۱- آهن‌کوبی کامل (Full Anneal)

عملیات حرارتی که مقدار مقداری فولادها را با سرد کردن و یوتکتوئید استفاده می‌شود. به این ترتیب که فولادها را در دمای 25-30 درجه بالای 3 یوتکتوئید می‌سازند و بعد کوره خاموش می‌سازند و سرد کردن قطعه در داخل کوره انجام می‌گیرد (GS) مسیر روی شکل

اگر یوتکتیک نگیرد با دست به ما پر لیت. مدهوز اگر سابقه باشد به ما اثر تری پر لیتی مدهوز.

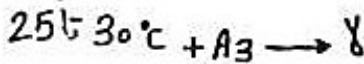


به این علت برای ما بعد استفاده نشود چون سمبلیتی - پر لیتی می دهد و نی فولاد سنگین است چون ساختارش به صورت زیر است.



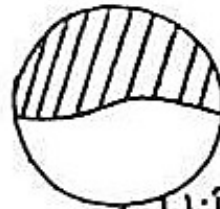
۲- آنیل ایزوترم (Isothermal Anneal)

چون آنیل کامل زمان پر است و آزایی روش استفاده می شود که مراحل آنزلیه آن همانند روش کامل است ولی در مرحله سرد کردن وقتی تله آستنیتم سرد در حتم منک میخا بدرد می آید که زیر A_1 قرار می دهند.



آنیل کامل

پر لیت RC 10-12



آنیل ایزوترم

سر ریت RC 15-30

یک ساختار یوتکتیکی که با سرعت بیشتر سرد شدن به آن می رسمیم.

۳- آنیل صرفه ای (Partial Anneal)

تبعی آنیل تنش گیری می مانده و فشرده کار سختی قطعات است که در دمای بین (550 تا 650) در $T < A_1$ می باشد (در شکل قسمت ۴)

۴- آنیل تنش گیری

کارش حذف تنش های رس مانده است که در دمای بین $400^\circ\text{C} \approx T < A_1$ انجام می شود (در شکل قسمت ۴).

$\sigma_y < \sigma_u < \sigma_{UTS}$ ← تنش آزاد می شود (رنگار الاستیک)

در صورتی که تنش بین $\sigma_y < \sigma < \sigma_{UTS}$ ← تغییر شکل پلاستیک

$\sigma > \sigma_{UTS}$ ← می شکنند

۵- آنیل هوور ناسیون

یک تفاوت کردن ترکیب. برای این کار باید فولاد را به دمای ببریم که تکناز سرد تا همگن باشد. برای اینکه بخواهیم این کار سریعتر صورت بگیرد (در شکل قسمت ۵)

1200 تا 1050 → دما

200 تا 1100

۶- آئیل کروی کردن

عملیاتی که برای فولاد مایع یزدکنتر نیبر انجام می شود. عملیاتی که لایه ها را به صورت کروی در می آورد که به صورت زیر انجام می شود و سه روش مهم دارد که حول و هوشتر دمای A₁ انجام می گیرد یا پایین تر یا بالاتر یا مابین اینها (در شکل قسمت ۸ ن).
 $\delta_{(0.83)} \rightarrow \alpha_{(0.02)} + Fe_3C(6.67)$

(همانند قبلاً هاست که با سرعت شروع به درین می کنند و نسبت دمای ایستند که در این موقع دیگر تمام آولیه را ندارند.)



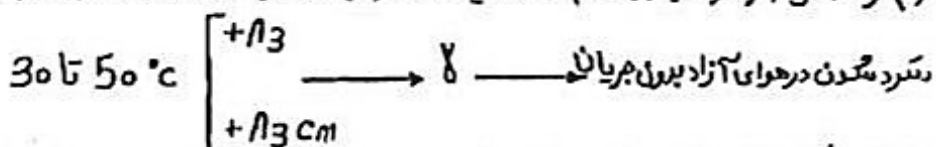
در این جا یک کاربرد نیا تعادلی بوجود می آید که ماهیت آن جوانه زنی و کروی می باشد. اگر استتیت تعادلی سرد شود تجزیه کروی صورت می گیرد و اگر گرم کنیم به اتحاد کربن صورت می گیرد و اگر سریعاً این کار را انجام دهیم یک کار بیعی بوجود می آید که مثل بالا اگر به آن کربن اضافه شود رسوب می شود که چون خود سدا کروی بوده این Fe₃C هم کروی می شود.

۷- آئیل تبلور مجدد

برای از بین بردن آثار ناسی از تغییر شکل بلاستکی صورت می گیرد (۰.۷ تا ۰.۴) به جز این هفت دسته رقیب عملیات حرارتی دیگر وجود دارد به نام:

نرمالیزه کردن

عملیات حرارتی است که برای فولاد های مایع و مایع و یزدکنتر نیبر کاربرد دارد. به این ترتیب که فولاد بسته به ترکیب و نام ۳ بالای A₃ (اگر یزدکنتر نیبر باشد) و A₃ cm (اگر مایع باشد) استتیت می شود و بعد سرد شدن در هوای آزاد برون جریان (در شکل قسمت ۸)



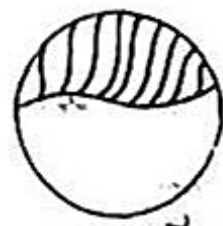
سرعت سرد شدن از آئیل کامل و اینزترم بیستتر می شود. (جرم در پی لایه های یزدکنتر نیبر توزیع می شود.)

↓ دما T



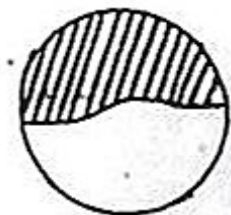
آئیل کامل

10-12 RC → سختی



آئیل اینزترم

سرربیت 15-30 RC



نرمالیزه

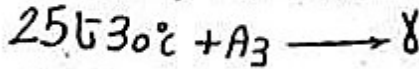
تورستتیت 30-42 RC

① T ↓ → فوق تبرید ↑ → Rc ↓ → تعادل جواد ها ↑
 (تغیاع بهران جواد)

② T ↓ → نفوذ ↓ → رسند ↓

① و ② ⇒ فلزات بالای رود.

حسن بزرگی که نرالیزه دارد این است که در فولادهای سابقیل یونکتورید هم انجام می شود که همان طور که گفته شده باید به این صورت باشد:



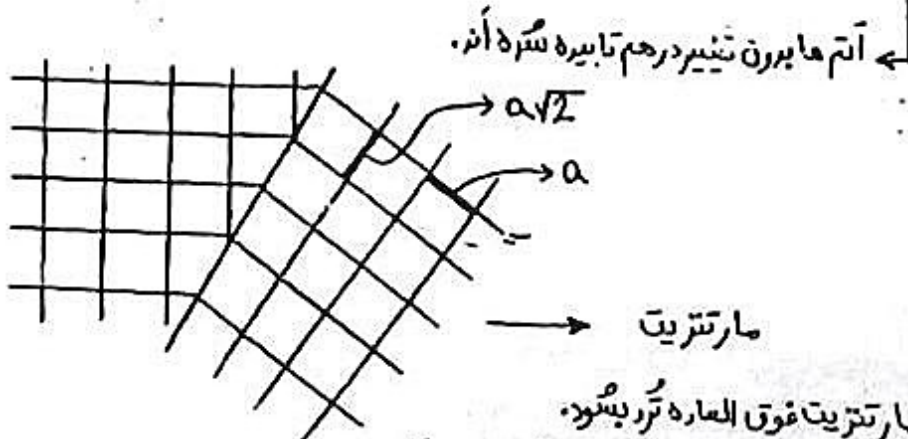
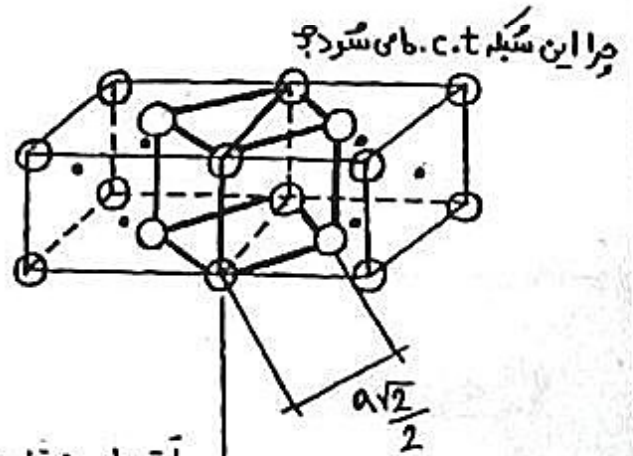
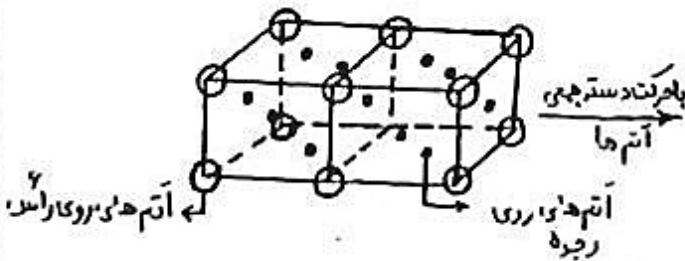
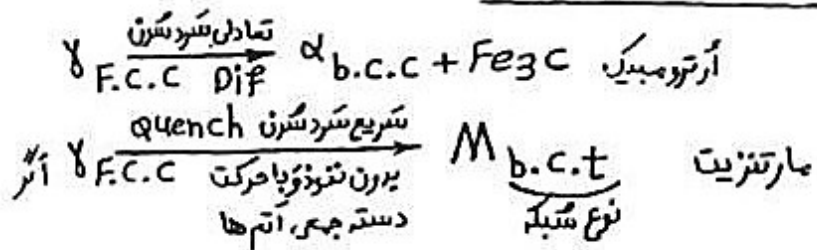
حال اگر بیستتر ماده سرد و آنگاه دانه های آستنیت اولیه در دست تر شده (به علت اینکه نفوذ بیستر شده) که فریت نمی تواند نفوذ شود و تمام دانه را پر کند لذا در ساقفتر می در نظر شکل آن به صورت زیر است که به صورت لوله ای می شود.



ولیس - انستن

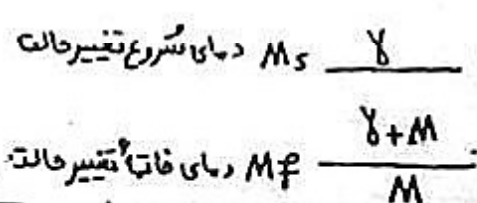
که این حاصل شده از عملیات آتیل کامل است که به صورت غلط انجام شده است و نتایج در دست آوردن آن نرالیزه کردن است.

تجزیه یا تبدیل غیر تعادلی آستنیت



این پرلیتی شدن با ... می شود که مارتنزیت فوق العاده ترد بشود.
 M \rightarrow 63-65 Rc

α b.c.c + Fe₃C \rightarrow 10-12 Rc \rightarrow سختی
 بنابراین مارتنزیت سختی را بالایی بود ولی تندی را بیستتر می کند.



به عنوان مثال در فولادها برای درست کردن استنیت و آستنیت گواخته را درون آب سرد فرو می‌برند که این عمل در اصل همان مارتنزیت کردن است.

عوامل مؤثر بر تغییر حالت مارتنزیت

۱- سرعت سرد کردن: هر چه سرعت سرد کردن بیشتر باشد تغییر حالت مارتنزیتی بیشتر است.

۲- ترکیب سلیسیایی فولاد: اثر کربن

- ۱- پایداری کننده آستنیت در دماهای Ms و Mf و M_s و M_f را کاهش دهد.
- ۲- با افزایش در مس کربن زحمت دترالوئالیت M (C) بزرگ می‌شود و سختی بالایی دارد.

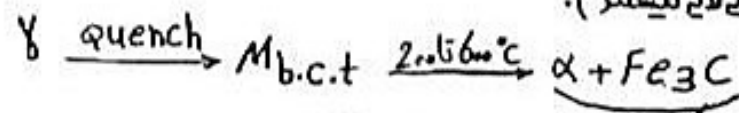
عناصر کلاً به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- پایدار کننده آستنیت ۲- پایدار کننده فریت که در مجموع اثر فاکتور در اول غالب می‌کند.

۳- اندازه دانه‌های آستنیت (A): اثر یک (A) دانه ریز را در آب سرد کنیم و مارتنزیتها ظریف تر می‌شوند. در شکل سمت راست (A) دانه‌ها بزرگتر می‌شوند. (میلدهای مارتنزیتی خیلی خشن هستند و دانسته‌های دارند).



حرارت دادن به منظور نرم کردن مارتنزیت

تمیز کردن یا بازرگانت: اگر مارتنزیت را در حدود 200 تا 600°C حرارت دهیم نفوذ اتم‌های کربن انجام می‌شود و تجزیه می‌شوند به یک فاز کم کربن و یک فاز پر کربن (فریت و سمنتیت که لایه لایه نیستند).

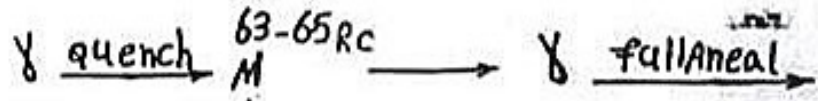


از فریت تمپرس شده RC 45-55 ^{کروی}

برای تمسین به هر کدام از سختی‌های بالا داریم:

- ۱- هر چه دما بالاتر برود: فازها درشتتر ← سختی کمتر ← 45_{RC}
- ۲- هر چه تمپر پایین‌تر: فازها ریزتر ← سختی بیشتر ← 55_{RC}

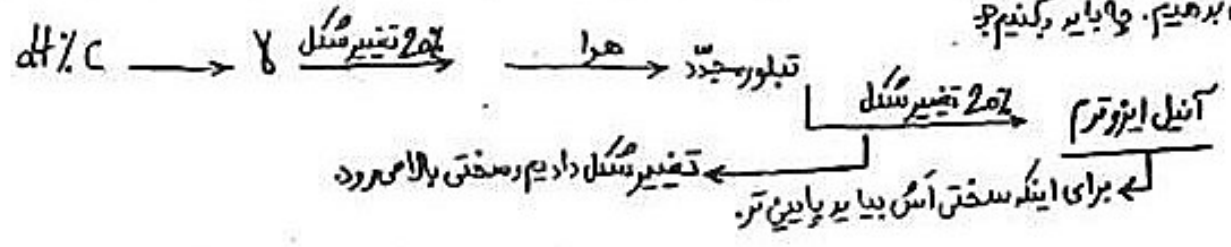
مثال: یک فولاد 83٪ کربن داریم و آستنیت کردیم. بعد quench کردیم. حال می‌خواهیم به سختی 120-100 برسانیم. باید چکار کنیم؟



اثر تمپر کنیم و کروی می‌شود و سختی آن را 45-55 می‌شود. پس چطور به دوباره آستنیت کنیم و مجدد تمپر کنیم.

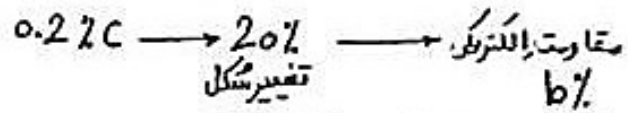
صرفی زمان سرد کردن بیشتر است. آستنیت بیشتر است.

مسئله: حالیه فولاد ۰.۴٪ C داریم. آستنیته می‌کنیم و ۲۰٪ تغییر شکل دهیم و بعد در هر استر می‌کنیم. حالیه می‌خواهیم در برابر ۲۰٪ تغییر شکل بدهیم. چاره باید بکنیم؟



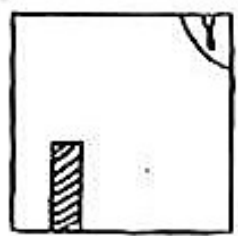
→ ۱۵-۳۰ Rc

مسئله: یک فولاد داریم ۰.۲٪ C که ۲۰٪ تغییر شکل دادیم و در حالیه می‌خواهیم مقارنته الکتریک آن کم شود و در عین حال قادر باشد ۱۰٪ تغییر شکل را بپذیرد.



* روشی عملیات حرارتی در دماهای بالاتر انجام دادیم و خود به خود عملیات تمامی دماهای پایین هم انجام می‌شود.

رسم سختی‌های درجه حرارت - زمان تغییر حالت (T.T.T) - شش



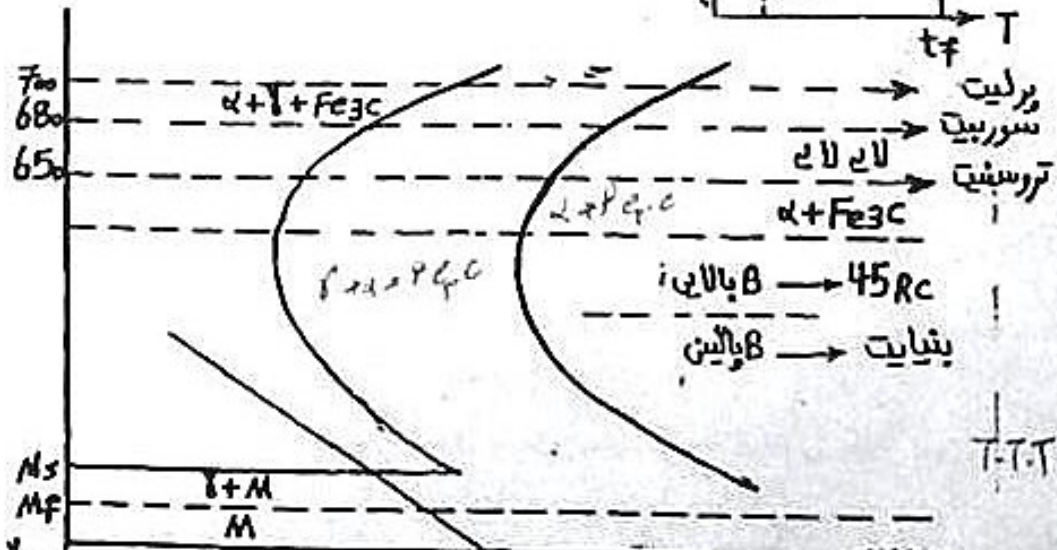
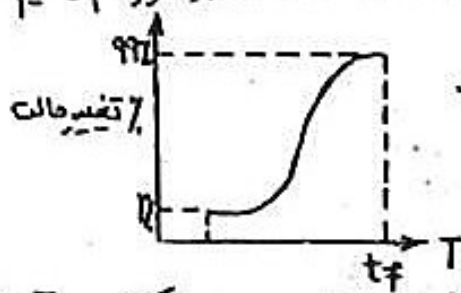
حمام نمک مذاب
 یا دمای مذاب

حمام آب سرد

$T = 700^{\circ}C = cte$

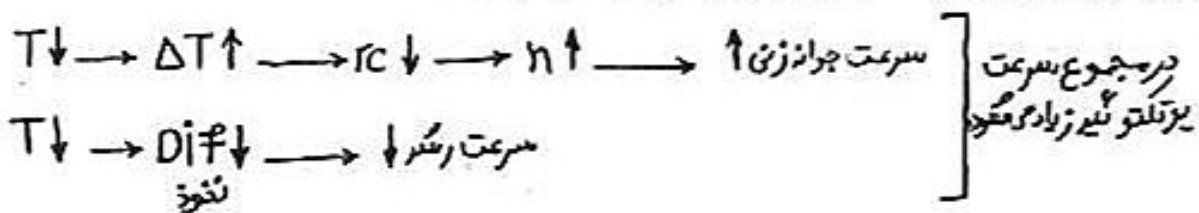
در هر زمان به تسمی ما فن منوبه در نمک مذاب که در هر استر در همه تغییر حالت باز تفریق بیشتر می‌شود. بعد از این مراحل منوبه هر چه در هر استر می‌کنیم بزرگ تر منوبه سختی زیاد می‌شود.

- مرحله: ① ۵ → quench
 ② ۱۰ → "
 ③ ۱۵ → "
 ⋮ ⋮ ⋮

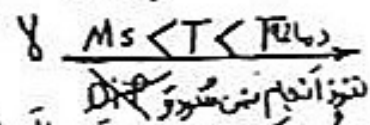
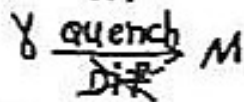
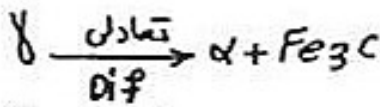


منطقه ای که در تغییرات حالت شروع و زنده تمام شده که در آن آستنیته (A) دارد

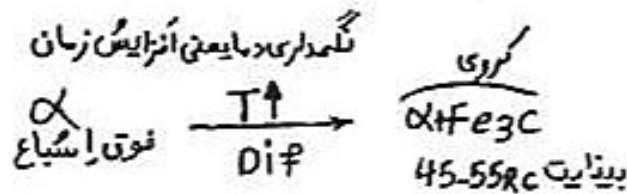
از ۷۰ تا ۶۵ هر چه دما پایین تر آید در یزتلو تیز تر شروع و زودتر تمام شده است.



از ۶۵ تا Ms تغییر حالتی داریم به عنوان بینایت (Bainite)
 (یک چیزی بنیابین یزتلو تیز و مارتنزیت)



تنوع انجام نمی شود و تمام با حرکت دسته همی آتم ها است.



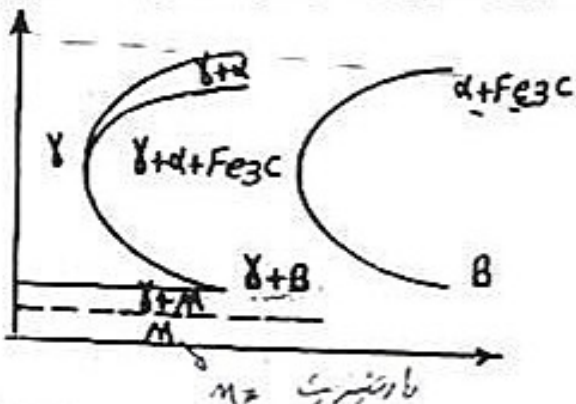
بینایت بالایی ساختار سفتی بال کبرتر است.



بینایت ها تیز، سان مار تفریت بوده و بعد تغییر شده و دیگر مستقیم شکل گرفت
 بینایت بالایی چون شوک حرارتی کمتر دیده و استحکام فنر به اسن بیشتر است.

رسم منحنی های سرد کردن پیوسته (C.C.T) (Continuous Cooling Transformation) است
 منحنی های سرد کردن پیوسته می کنند که بعد در محلی می گذارند که سرعت خنک کردن ثابت است (اساساً در هر نقطه است).

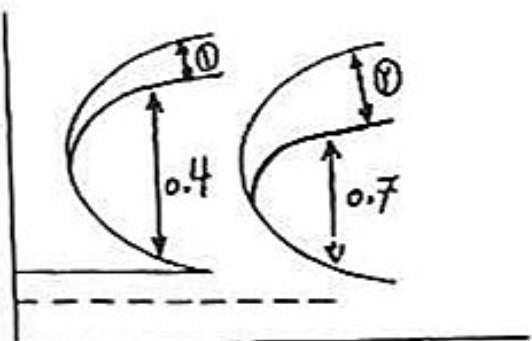
سوال: منحنی T.T فولاد ۰.۸۳ نشان داده شده حال اگر فولاد ما قبل سرد منحنی آن به صورت زیر بود: (حرف ساقی سرد)



صورتی که منحنی سرد کردن در دما فاصله شده در دما
 T از آنرا بیشتر می بیند است

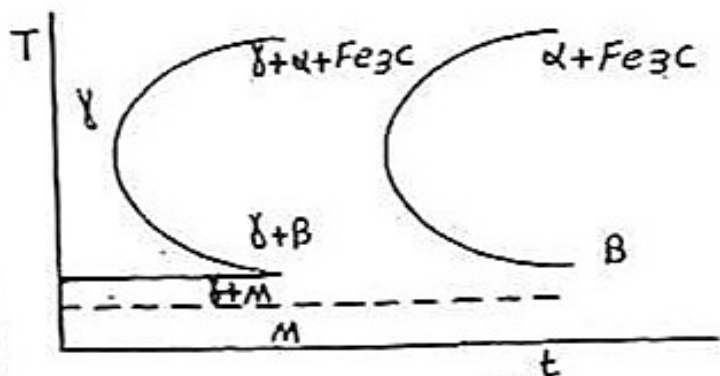
تفاوت مقدار ۰.۴٪ با ۰.۷٪ در چیست؟

چون ۰.۷٪ آستنیتس باید از تر است لذا منحنی به سمت راست می آید و منطقه آستنیت را اعلامی کند و دهنده دهنده تری شود
 (چون در دما تری کم می شود) و دمای Ms و Mf را پایین می آورد.



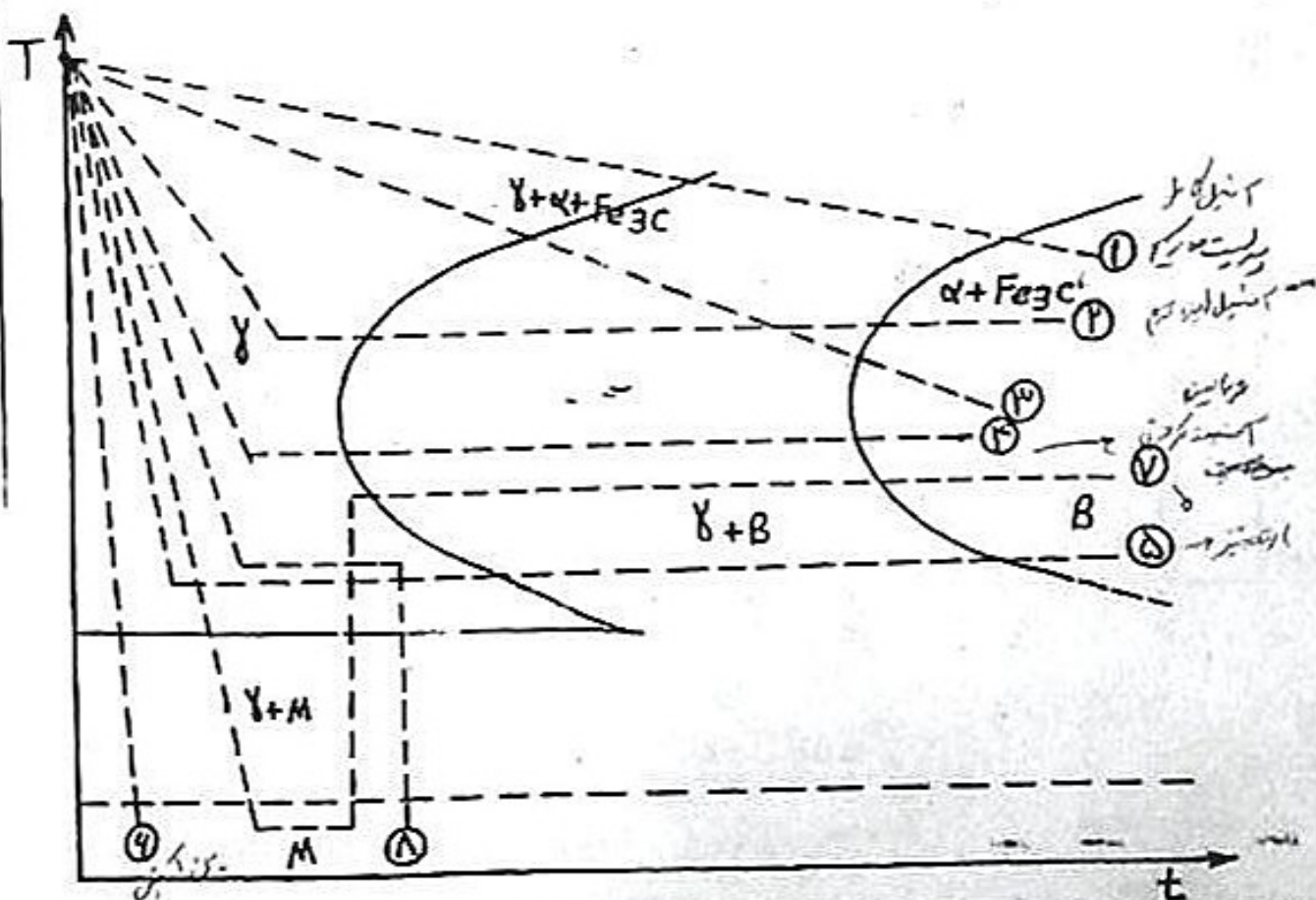
② > ①

برای رسم منحنی‌های سرد کردن پیوسته:
 نقاط مربوط به شروع تغییر حالت را به هم وصل می‌کنند و فقط فاصله را به هم وصل نمی‌کنند.
 هر قوس این است که با سرعت سرد کردن ثابت بررسی شود.



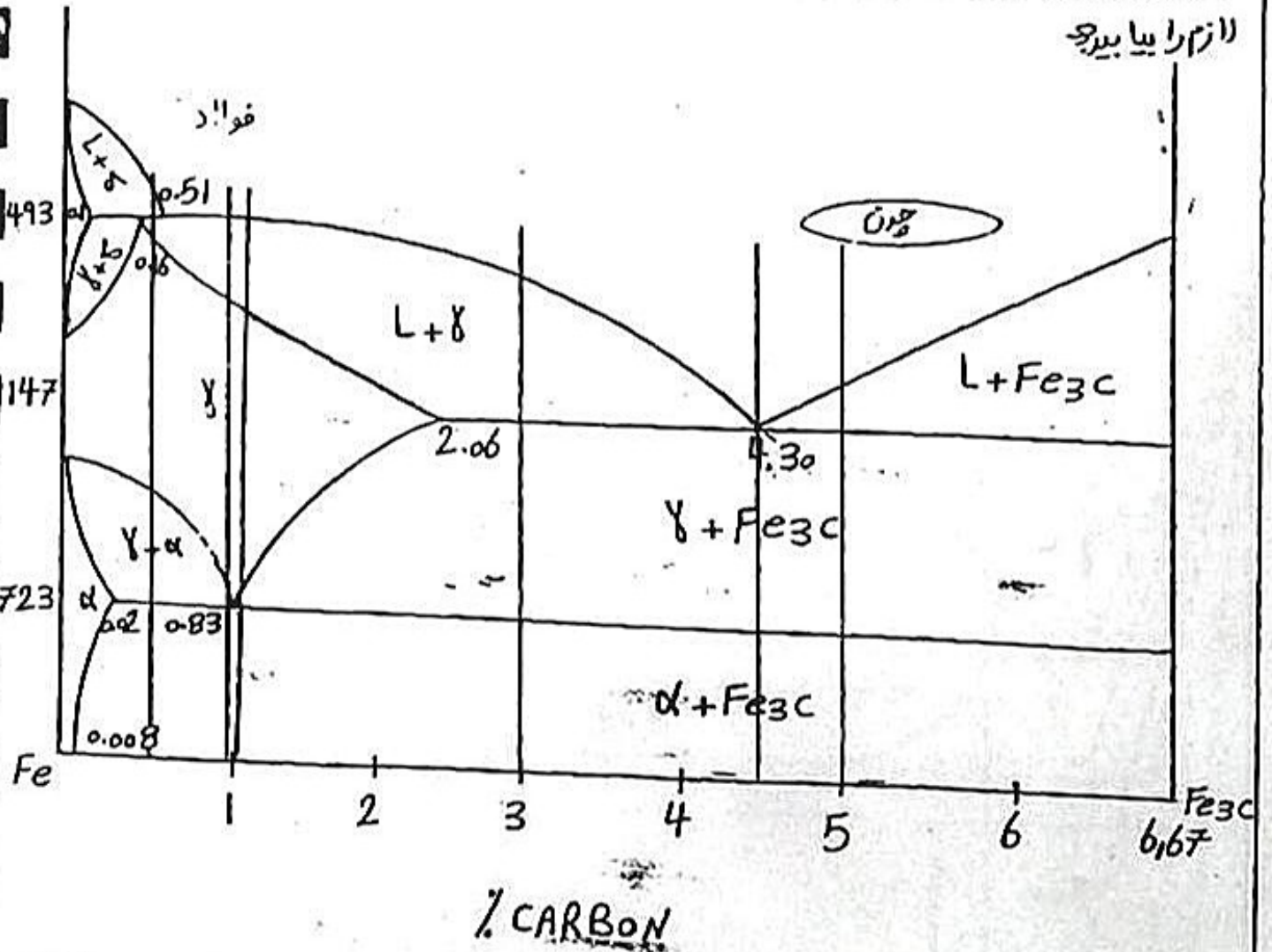
مسئله: دمای فازهای نهایی بر مسافت‌های نهایی و نام عملیات حرارتی سرد کردن و رابطه آن را بنویسید.

در مجموع ۸ دمای مختلف داریم:



د	نام نازها	نام ساختار	سختی	نام عملیات حرارتی
①	$\alpha + Fe_3C$ لایه لایه	پرلیت	10-12	آندیل کامل
②	$\alpha + Fe_3C$ لایه لایه	سوربیت	15-30	آندیل ایزوترم (چون در آخر تبلور)
③	$\alpha + Fe_3C$ لایه لایه	تروستیت	30-42	آندیل نونالیزه (سرعت بیشتر بوده و سفت تر است) پولکتور کمتر قرار است سرد شود
④	$\alpha + Fe_3C$ گرونی	بنیادیت بالین (زیری شکل)	45	آهن تسپرنیک
⑤	$\alpha + Fe_3C$ گرونی	بنیادیت بالین	55	آهن تسپرنیک
⑥	M	M	63-65	سخت کردن در اثر سریع سرد کردن Quench
⑦	$\alpha + Fe_3C$ گرونی	مارتنزیت تسپرنیک	50-55	Tempering
⑧	M	M	60	مارتنزینگ

مشورت سوالان))
 مثال: برای سخاب 0.4، 0.83 و 4.3 و 5 درصد در دماهای 1494 و 1492 و 1148 و 1146 و 723 و 722 مقادیر
 لازم را بیا بیرو



$$W = 11 \times \frac{1}{2} + 3 + 2 \times \frac{1}{2}$$

۷۳

$$1494 \left| \begin{array}{l} L \rightarrow 0.51 \\ \delta \rightarrow 0.17 \end{array} \right.$$

$$m_L = \frac{0.4 - 0.1}{0.51 - 0.1} \times 100 = 73\%$$

حساب ۴٪

$$m_\delta = 27\%$$

$$1492 \left| \begin{array}{l} L \rightarrow 0.51 \\ \delta \rightarrow 0.16 \end{array} \right.$$

$$m_L = \frac{0.4 - 0.16}{0.51 - 0.6} \times 100 = 68\%$$

$$\begin{array}{l} 1148 \\ 1146 \end{array} \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 0.4 \end{array} \right.$$

$$m_\gamma = 100\%$$

$$724 \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 0.83 \\ \delta \rightarrow 0.02 \end{array} \right.$$

$$m_\gamma = \frac{0.4 - 0.02}{0.83 - 0.02} \times 100 = 46\%$$

$$m_\alpha = 54\%$$

$$722 \left| \begin{array}{l} \alpha \rightarrow 0.02 \\ Fe_3C \rightarrow 6.67 \end{array} \right.$$

$$m_\alpha = \frac{6.67 - 0.4}{6.67 - 0.02} \times 100 = 94.28\%$$

$$m_{Fe_3C} = 5.72\%$$

در صد وزن پرلیت در ۷۲۲ چقدر است؟

راه اول: $m_{پرلیت} = m_\gamma = 46$
722 724

راه دوم: $94.28 - 54 = 46$

$$\frac{m_{پرلیت}}{722} = \frac{m_\gamma}{724}$$

$$\frac{m(\delta)}{722} \rightarrow \frac{m(\alpha + Fe_3C)}{722}$$

چرا سوئین سه تنیست در دمای سید چقدر است؟

$$m_{Fe_3C} = m_{Fe_3C} - m_{Fe_3C}$$

میز سه تنیست
در دمای سید

$$\begin{array}{l} \alpha \rightarrow 0.008 \\ Fe_3C \rightarrow 6.67 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{دمای سید} \end{array} \right.$$

$$m_\alpha = \frac{6.67 - 0.4}{6.67 - 0.008} \times 100 = 94.11\%$$

$$m_{Fe_3C} = 5.89$$

$$\rightarrow 5.89 - 5.72 = 0.17\%$$

$$\begin{array}{l} 1494 \\ 1492 \end{array} \left| \begin{array}{l} L \rightarrow 0.83\% \end{array} \right.$$

$$m_L = 100\%$$

حساب ۰.۸۳٪

$$\begin{array}{l} 1140 \\ 1140 \\ 724 \end{array} \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 0.83\% \end{array} \right.$$

$$m_\gamma = 100\%$$

$$722 \left| \begin{array}{l} \alpha \\ Fe_3C \end{array} \right.$$

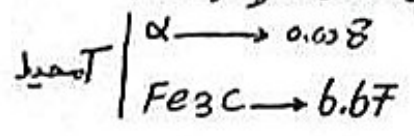
$$m_\alpha = \frac{6.67 - 0.83}{6.67 - 0.02} \times 100 = 87\%$$

$$m_{Fe_3C} = 13\%$$

چرا پرلیت در ۷۲۲ چقدر است؟ ۱۰۰٪ چون آلیاژ یوتکتوئید است.

جرم سربسین سمیتیت چقدر است؟

$$m_{Fe_3C} = \frac{0.83 - 0.008}{6.67 - 0.008} \times 100 = 12.3\%$$



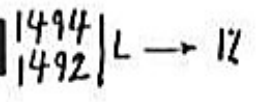
جرم کربن $13 - 12.3 = 0.7$

$$m_{\alpha} = \frac{6.67 - 0.4}{6.67 - 0.008} \times 100 = 94.11\%$$

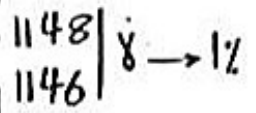
جرم سربسین سمیتیت \Rightarrow جرم سربسین $Fe_3C = 5.89 - 5.72 = 0.17\%$
 $m_{Fe_3C} = 5.89\%$

در سبب سمیتیت $\Rightarrow m_{Fe_3C}^{724^\circ} - m_{Fe_3C}^{1146^\circ}$
 $Fe_3C = 3 - 0 = 3$

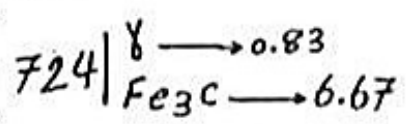
سذاب ۱٪



$m_L = 100\%$

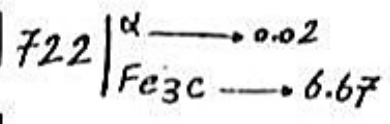


$m_{\gamma} = 100\%$



$$m_{\gamma} = \frac{6.67 - 1}{6.67 - 0.83} \times 100 = 97\%$$

$m_{Fe_3C} = 3\%$



$$m_{\alpha} = \frac{6.67 - 1}{6.67 - 0.02} \times 100 = 85\%$$

$m_{Fe_3C} = 15\%$

* جرم پرلایت می شود در جرم آستنیت قبلی.

* جرم پرلایتیک می شود در جرم سذاب قبلی.

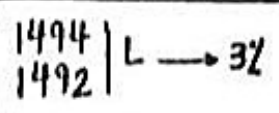
در سبب سربسین پرلایت در 722° چقدر است؟ \leftarrow

$m_{پرلایت} = m_{\gamma} = 97\%$

در سبب سربسین سمیتیت در 724° چقدر است؟ 3% = جرم سربسین سمیتیت (سبب)

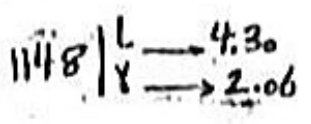
$$M = m_{Fe_3C}^{724^\circ} - m_{Fe_3C}^{1146^\circ}$$
 در سبب سمیتیت در 724°

جرم سمیتیت پرلایت $= 15 - 3 = 12\%$



$m_L = 100\%$

سذاب 3٪



$$m_{\alpha} = \frac{3 - 2.06}{4.30 - 2.06} \times 100 = 41\%$$

$m_{\gamma} = 59\%$

$$1496 \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 2.06\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\gamma} = \frac{6.67 - 3}{6.67 - 2.06} \times 100 = 79\%$$

$$m_{Fe_3C} = 21\%$$

$$724 \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 0.83\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\gamma} = \frac{6.67 - 3}{6.67 - 0.83} \times 100 = 62\%$$

$$m_{Fe_3C} = 38\%$$

$$722 \left| \begin{array}{l} \alpha \rightarrow 0.02\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\alpha} = \frac{6.67 - 3}{6.67 - 0.02} \times 100 = 55\%$$

$$m_{Fe_3C} = 45\%$$

در نمودار لایبریت I در 1146° چقدر است؟

$$m_{I \text{ لایبریت}} = m_{L} \text{ رزینا ایتیل} \\ 1146^{\circ} \quad 1148^{\circ}$$

$$m_{I \text{ لایبریت}} = 41\%$$

* یوتکتیک همیشه وزن، مذاب قبلی آن است و لایبریت هم یک یوتکتیک است.
در نمودار دومین سیستمیت در 724° چقدر است؟

$$38 - 21 = 17$$

$$m_{Fe_3C}^{724^{\circ}} = m_{Fe_3C}^{1146^{\circ}} - m_{Fe_3C}^{724^{\circ}}$$

در نمودار لایبریت در 722° چقدر است؟ $m = 62\%$

$$1494 \left| \begin{array}{l} L \rightarrow 5\% \\ 1492 \end{array} \right.$$

$$m_L = 100\%$$

مذاب 5%

$$1148 \left| \begin{array}{l} L \rightarrow 4.3\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_L = \frac{6.67 - 5}{6.67 - 4.3} \times 100 = 70\%$$

$$m_{Fe_3C} = 30\%$$

$$1146 \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 2.06\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\gamma} = \frac{6.67 - 5}{6.67 - 2.06} \times 100 = 36\%$$

$$m_{Fe_3C} = 64\%$$

$$724 \left| \begin{array}{l} \gamma \rightarrow 0.83\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\gamma} = \frac{6.67 - 5}{6.67 - 0.83} \times 100 = 28\%$$

$$m_{Fe_3C} = 72\%$$

$$722 \left| \begin{array}{l} \alpha \rightarrow 0.02\% \\ Fe_3C \rightarrow 6.67\% \end{array} \right.$$

$$m_{\alpha} = \frac{6.67 - 5}{6.67 - 0.02} \times 100 = 25\%$$

$$m_{Fe_3C} = 75\%$$

$$m = m_{Fe_3C} = 30\% \\ 1148^{\circ} \text{ اولین سیستمیت در } 1148^{\circ}$$

در نمودار لایبریت سیستمیت در 1148° چقدر است؟ (سستی)

در مدوزنی لایبورت I در 1146° چقدر است؟ $m_L = 70\%$ (وزن مذاب قابل)

در مدوزنی درستی نسبتی در 724° چقدر است؟ $72 - 64 = 8\%$

در مدوزنی پر لیت در 722° چقدر است؟ $m_Y = 28\%$

گابت کنید: $q = 1 - e^{-\epsilon}$ ← در مگامش سطح

$$q = \frac{A_0 - A}{A_0}, \epsilon = L_n \frac{L}{L_0} \rightarrow \frac{A_0 - A}{A_0} = 1 - e^{-L_n \frac{L}{L_0}} \rightarrow 1 - e^{-L_n \frac{L}{L_0}} = 1 - \frac{A}{A_0}$$

$$\rightarrow A_0 L - A L = A_0 L_0 - A_0 L_0 \rightarrow A L = A_0 L_0 \rightarrow v = v_0$$

هجم تغییر نکرده است.

نیروی نرسال (m) در جهت [b] بر یک سبیل F.C.C اعمال می شود. در این حالت اثر یک نا به جای پدیده‌ی بر روی صفحه (111) باید که سگی خواهد کرد که به صفحه (110) تغییر صفحه لغزش می کند. الف) بردار برتر نا به جای باید در چه جهتی باشد تا بتواند به صفحه (110) تغییر صفحه لغزش کند؟ ب) تنش برشی رو صفحه (111) را حساب کنید. ج) با فرض اینکه تنش برشی بحرانی رو صفحه (110) برابر $(\frac{2m}{3})$ باشد آیا این صفحه با این لغزش فعال می شود یا خیر؟

$$(110)(111) = \sqrt{2} \sqrt{3} \cos \alpha \rightarrow \cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{6}} \Rightarrow \alpha = \arccos(\frac{2}{\sqrt{6}})$$

$$F_t = F \sin \arccos(\frac{2}{\sqrt{6}}) = m \sin \arccos(\frac{2}{\sqrt{6}})$$

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} a \quad s = \frac{\sqrt{3}}{2} a^2 \quad \tau = \frac{m \sin \arccos(\frac{2}{\sqrt{6}})}{a^2 \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$(100)(110) \Rightarrow 1 + 0 + 0 = \sqrt{1} \times \sqrt{2} \cos \alpha \rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$F_t = m \sin 45^\circ = m \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \tau = \frac{m \frac{\sqrt{2}}{2}}{a^2 \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{m}{2a^2}$$

$$s = a^2 \sqrt{2}$$

$$\frac{m}{2a^2} > \frac{2m}{3} \rightarrow a^2 < \frac{3}{4} \rightarrow a < \frac{\sqrt{3}}{2}$$