

سرفصل مطالب:

۱- تعریف و طبقه بندی دیرگدازها

۲- مبانی ترمودینامیکی دیرگدازها:

الف. دیاگرام‌های فازی تعادلی (عمدتاً سه جزئی)

ب. دیاگرام‌های فشار بخار تعادلی اجزادگاری در مقابله با دیرگدازها

بسیاری از دیرگدازها در دمای بالا و تحت فشارهای خاص می‌توانند تجزیه شوند در نتیجه فشار

بخار اهمیت پیدا می‌کند و پیش بینی می‌شود که چه دیرگدازی تحت چه فشار و دمای می‌تواند پایدار

بماند.

۳- تست‌های مربوط به دیرگدازها:

الف - اندازه‌گیری دماهای بالا: ترموکوپل

ب - اندازه‌گیری دیرگدازی

ج - خواص فیزیکی: انواع دانسیته و تخلخل (از جمله تست‌های عمومی است)

د - خواص شیمیایی: مقاومت به اکسیداسیون، هیدروکربن و خوردگی و ...

مهم ترین آن خوردگی است مخصوصاً در اثر سرباره. این مورد خوردگی در دماهای بالا

مطرح است.

ر. خواص مکانیکی: انواع استحکام‌ها مطرح است (کششی، فشاری، خمشی، برشی و ...)

عموماً تست‌هایی که برای دیگران مطرح است، فشاری (CCS) و خمشی (MOR) می‌باشند.

ز. خواص ترمودینامیکی: در این مورد شوک پذیری در اثر سرد و گرم شدن ناگهانی و استحکام

خمشی گرم (HMOR) و RUL مطرح است.

RUL: دیگراری تحت فشار در دمای بالا چگونه است؟ (قابل مقایسه با خزش)

د. خواص حرارتی: ضریب انبساط حرارتی، ضریب هدایت حرارتی.

شوگ پذیری خود به این ضرایب بستگی دارد.

۴- جزئیات انواع مهم دیگرانها:

برای هر دیگران ← مقده، مواد اولیه، فرایند ساخت، خواص و کاربرد

۲- دیگرانهای آلومینوسیلیکاتی

۱- دیگرانهای سیلیسی

۴- دیگرانهای منیزیتی - کرومیتی

۳- دیگرانهای منیزیتی



6.26

(3)

۵- دیرگدازهای دولومیتی

۶- دیرگدازهای غیراکسیدی: SiC، گرافیتی

۷- دیرگدازهای حاوی کربن: MgO-C ، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiC

۸- دیرگدازهای بی شکل (مونولیتیک)

این نوع دیرگدازها (مورد ۸) بصورت کیسه‌ای خریداری می‌شوند، برخلاف آجر قالب ندارد و

در محل نصب می‌شود؛ انواع مختلفی هم دارد:

۱- ریختنی (Castable)

۲- کوبدنی

۳- پاشیدنی

۴- داغ

خود "ریختنی" بر حسب نوع بایندر یا چسب یا نوع اتصال انواع مختلفی دارد:

الف- سیمانی (معمولی) - LCC (کم سیمان) - ULCC (خیلی کم سیمان) - NCC (بدون سیمان)

ب- فسفتی

ج- سیلیکاتی

د- رزینی

ذ- ویژه

۹- دیرگدازهای ویژه: زیرکونی، BN

۱۰- دیرگدازهای ذوب و ریخته‌گری (شیشه‌گری)

همه‌ی این دیرگدازها، سرمایه‌ی هستند؛ ممکن است دیرگدازهای فلزی هم داشته باشیم

## منابع:

1. Refractories Handbook

2. Monolithic Refractories Handbook ; by Banerjee

ترجمه هم دارد - مخصوص دیرگدازهای بی شکل است

3. The technology of ceramics and refractories.

۴ - چستفر (چرتسفر) ؛ 1973

۵ - کتاب دکتر نعیمی  
۶ - دیرگدازها (انواع، خواص، کاربرد)

## تقسیم بندی نموده:

۱ - کلاسی (2-3) نمره

۲ - میان ترم 8 ~ نمره

۳ - پایان ترم 9 ~ نمره

امتحان میان ترم اواخر آبان ماه می باشد.



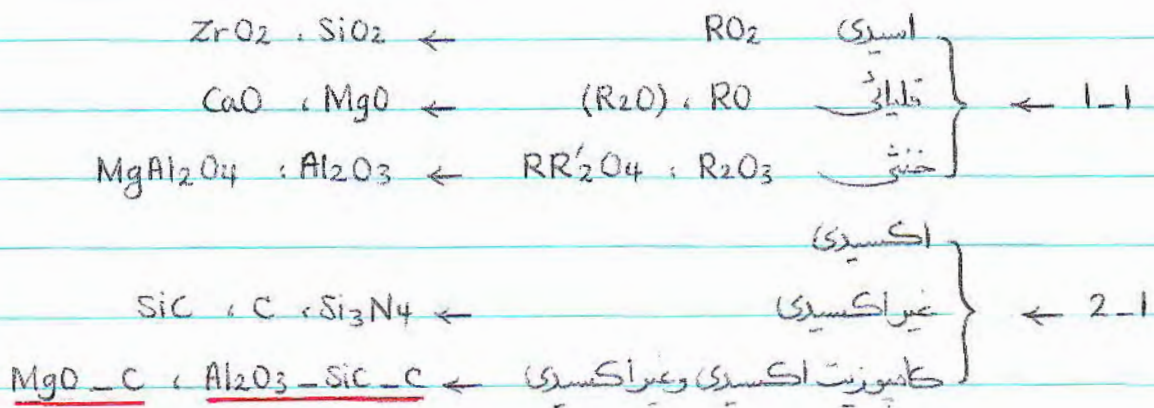
## تعریف دیرگزار:

موادیکه بتواند دمای بالاتر از  $1500^{\circ}\text{C}$  را تحمل کند، تحمل یعنی: اگر مسئله خوردگی مطرح است باید بتواند در آن دما مقاومت نسبت به خوردگی، اکسیداسیون داشته باشد و یا استحکام خود را در آن دما حفظ کند. این دیرگزارها باید خواص مورد نظر را در دمای فوق داشته باشد. کاربرد دیرگزارها در کوره‌ها، پاتیل‌ها و مخازن دمای بالاست.

## طبقه بندی دیرگزارها:

چندین نوع طبقه بندی وجود دارد:

## 1- طبقه بندی بر اساس ترکیب شیمیایی:



\* دیرگزارهای اسیدی در مقابل سرباردهی اسیدی مقاومت بهتری دارند.

## 2- طبقه بندی بر اساس کاربرد:

2-1. صنعت شیشه 2-2. صنعت سیمان 2-3. صنعت فولاد

2-4. صنعت نیروگاهها و نفت 2-5. سرامیک

هردیگرگذاری در یک صنعت کاربرد دارد. صنعت شیشه نسبت به بقیه متفاوت تر بوده

و دیگرگذاریهای آن خیلی خاص است.

3- طبقه بندی بر اساس شکل ظاهری :

3-1. شکل دار (آجر) 3-2. بی شکل (مونولیتیک، Monolithic)

3-3. فایبر، پنجه های نسوز، پتو، نمد، بورد (تخته)، (به هر شکل دلخواه درمی آیند)

4- طبقه بندی بر اساس تخلخل :

4-1. دندس (متراکم) : برای اینکه مذاب وارد دیگرگذار نشود.

4-2. عایق (متخلخل) : برای اینکه انرژی تلف نشود و حداکثر انرژی ذخیره شود.

### مبانی ترمودینامیکی دیگرگذارها:

ابتدا دیاگرام های فشار بخار تعدادی اجزای گذاری در مجاورت مواد متراکم را بررسی می کنیم

هر ماده ای بجز گاز، متراکم محسوب میشود.



## اهمیت دیاگرام‌ها:

آب در دمای محیط هم می‌تواند تبخیر شود درحالی‌که دمای جوش آن  $100^\circ\text{C}$  است.



پس در هر دمایی یک فشار تعادلی  $\text{H}_2\text{O}(g)$  یا  $P_{\text{H}_2\text{O}(g)}$  داریم چون  $K_{eq}$  تابعی از دماست.

پس در  $25^\circ\text{C}$  ما یک فشار بخار آب داریم. این فشار، فشار بخار آب تعادلی است.

یک فشار بخار آب هم در محیط داریم. در محیط‌های خشک این فشار کمتر از محیط‌های مرطوب

است. در نتیجه دو فشار بخار آب داریم: تعادلی - محیط

برای اینکه آب تبخیر شود: محیط  $P_{\text{H}_2\text{O}} >$  تعادلی  $P_{\text{H}_2\text{O}}$

چون  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  در محیط با تبخیر آب تقریباً ثابت است، پس تبخیر مثلاً یک لیوان آب آنقدر

ادامه می‌یابد تا آب کلاً بخار شود.

دیگر گازهایی مثل  $\text{MgO}$  هم در کوره‌ها در دمای بالا و در اتمسفر خاص مثل آب تبخیر می‌شوند.

در دمای ذوب فولاد مشکلی برای  $\text{MgO}$  پیش نمی‌آید اما ممکن است با تبخیر فشار اکسیژن

شرایط تعادل کاملاً عوض شود.

برای مثال سیستم  $MgO$  و یا  $(Mg-O)$  را بررسی می‌کنیم:

مواد دس یا هتراکم در این سیستم عبارتند از:  $Mg(s)$ ،  $Mg(l)$ ،  $MgO(s)$  و  $MgO(l)$ .

چون در حدود دمای  $1700^\circ C$  هستیم  $MgO(s)$  ذوب نشده اما  $Mg(s)$  ذوب خواهد شد. بنابراین

$Mg(s)$  و  $MgO(l)$  نداریم. پس مواد دس عبارتند از:  $Mg(l)$  و  $MgO(s)$ .

می‌خواهیم بررسی کنیم در کدام  $MgO$  در کوره در چه شرایط اتمسفری و دمایی کوره پایدار خواهد

ماند و تغییر نمی‌شود. این موضوع به سه پارامتر  $P_i$ ،  $P_o$ ،  $T$  بستگی دارد.

$P_i$ : فشار بخار جزئی اجزای مختلف  
 $P_o$ : فشار جزئی اکسیژن

گازهای موجود در سیستم:  $O_2$ ،  $Mg(g)$ ،  $Mg_2(g)$ ،  $MgO(g)$  است.

البته  $O_2$  و  $Mg(g)$  مهم تر هستند.

فشار کل سیستم را  $1 \text{ atm}$  فرض می‌کنیم. اگر  $C(s)$  هم در سیستم باشد  $O(g)$  و  $CO_2(g)$

هم به سیستم اضافه خواهد شد.

یک راه رسم دیاگرام این است که یکی از سه متغیر:  $P_i$ ،  $P_o$  و  $T$  را ثابت بگیریم.

حالت اول: دما را ثابت بگیریم. مثلاً  $T = 1800^\circ K$ .





از رابطه ثابت تعادل:

$$\log P_{\text{O}_2} = -2 \log K_p$$

چون  $\text{MgO}(s)$  و  $\text{Mg}(l)$  را حاضر فرض کنیم، اکتیویته‌ی آنها 1 است.

در نتیجه فشار تعادلی اکسیژن در این دما بدست می‌آید. ( $K_p$  در جدول ترمودینامیکی موجود است)

$$\text{فرض: } P_{\text{O}_2} = 10^{-23} \text{ atm} : \log P_{\text{O}_2} = -23$$

طبق اصل لوشاتلیه اگر فشار اکسیژن از این حد ( $10^{-23} \text{ atm}$ ) کمتر شود،  $\text{MgO}$  تجزیه خواهد

شد و دیگر گاز از این خواهد رفت. معادله فوق خط عمودی در نمودار را نشان می‌دهد.

حال می‌خواهیم بینیم فشار بخار تعادلی اجزای گازی در مجاورت ماده مذاب  $\text{Mg}(l)$  چگونه است:



پس مقدار  $P_{\text{Mg}(g)}$  در مجاورت  $\text{Mg}(l)$  مقداری ثابت بوده و نقطه  $K_p$  این واکنش

در نتیجه نقطه دما را بسته است. پس در نمودار  $P_i - P_o$  در محور عمودی  $\text{Mg}(l)$ ،  $P_{\text{Mg}(g)}$  ثابت است.

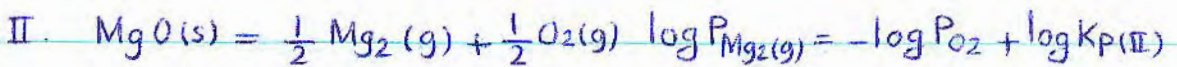


پس  $P_{\text{Mg}_2(g)}$  هم مقدار ثابتی است.

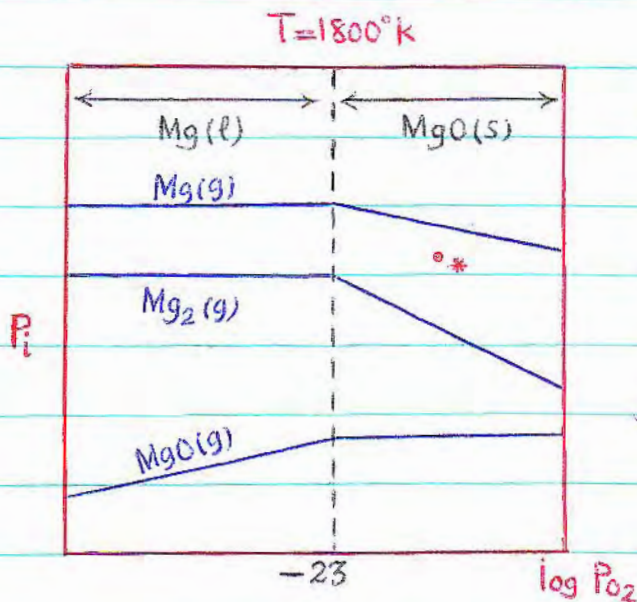


این معادله‌ی یک خط است.

فشاربخار اجزای گازی در مجاورت ماده‌ی دهنده  $\text{MgO}(\text{s})$ :



بین معادله‌ی I و II، شیب هر دو منفی بوده و برای دومی، 2 برابر اولی است.



اگر شرایط کوره طوری باشد که ما

در نقطه‌ی \* از یادگرم قرار داشته

باشیم، طبق اصل لوشاتلیه چون مقدار

فشار بخاری  $\text{Mg}(\text{g})$  از حالت تعادل

یعنی خط مربوط به  $\text{Mg}(\text{g})$  کمتر است، دیرگداز  $\text{MgO}(\text{s})$  از بین می‌رود.



در این دیاگرام شرایط پایداری دیگر گاز را جزئی تعیین می‌کند که فشار بخار

جزئی آن از اجزای دیگر بیشتر باشد. در این مورد  $Mg(g)$  تعیین کننده است.

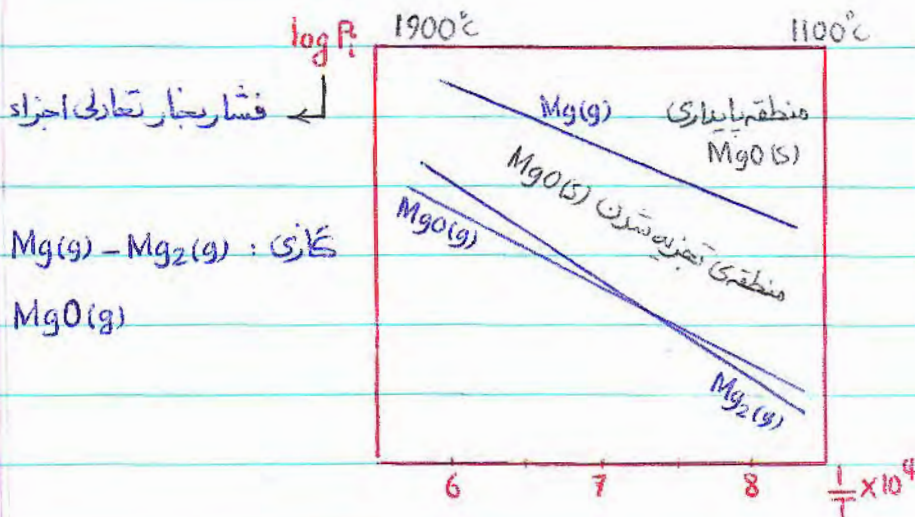
**حالت دوم.** اگر فشار جزئی اکسیژن را ثابت بگیریم:  $P_{O_2} = 10^{-10}$  atm

از همان روابط حالت اول استفاده می‌کنیم تا این تفاوت که  $\log K_p$  و  $\log P_{O_2}$  ثابت بوده و

با  $\log K_p$  همبستگی دارد. از نمودار می‌توانیم  $\log K_p$  با  $\frac{1}{T}$  مناسب است. البته به گونه‌ای

بودن یا گرمای بودن واکنش هم بستگی دارد.

در نمودار چون دما بالای  $1700^\circ$  است،  $\frac{1}{T}$  را در  $10^4$  ضرب می‌کنیم.

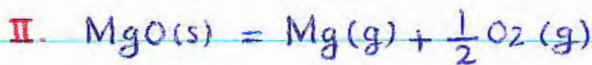
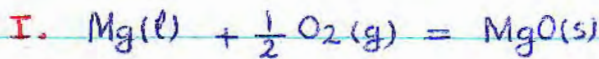


در این مورد نمودار را بر حسب  $\log P_i - \frac{1}{T}$  رسم کردیم تا خطی بدست آید.

**حالت سوم.** اگر فشار بخار اجزای گازی ثابت باشد: (شبه به دیاگرام الینگهام)

چون  $P_{Mg}$  از همه مهمتر است،  $P_{Mg}$  را ثابت می‌گیریم:  $P_{Mg(g)} = 10^{-2}$  MPa

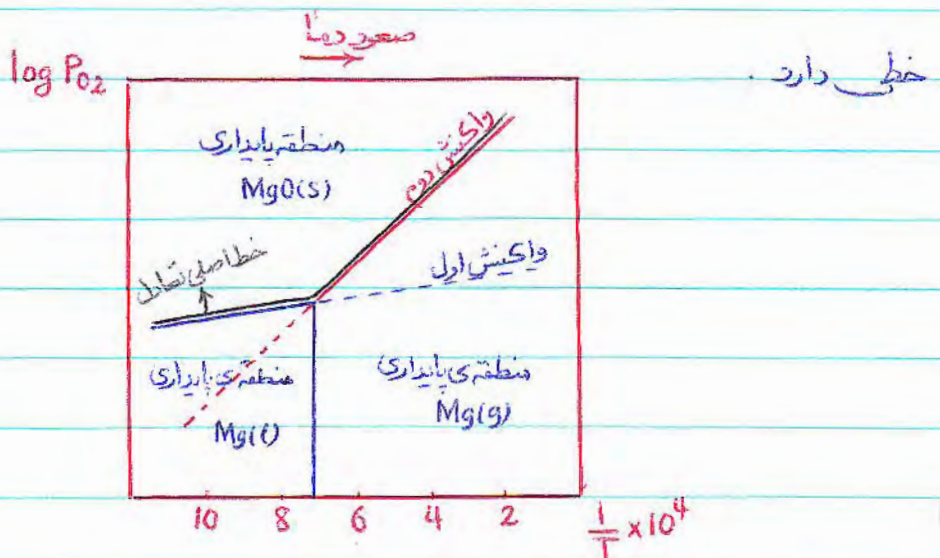
یکی از این دو واکنش‌های برآیند است،  $P_{Mg}$  و  $P_{O_2}$  و بقیه‌ی واکنش‌ها به‌رودنی خود.



$$III \Rightarrow \log P_{Mg(g)} = -\frac{1}{2} \log P_{O_2} + \log K_p$$

$$\Rightarrow \log P_{O_2} = 2 \log K_p - 2 \log P_{Mg(g)}$$

$\log P_{O_2}$  با  $\log K_p$  رابطه‌ی خطی دارد پس  $\log P_{O_2}$  با  $\frac{1}{T}$  رابطه



اهمیت این دیاگرام‌ها زمانی یافت می‌شود که کربن نیز به این سیستم اضافه شود و

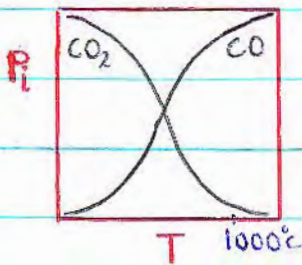
سه جزئی شود. (Mg-O-C): دیگر گازهای مشبک‌گرافی



وقتی کربن جامد وارد سیستم می‌شود که دمای آن بالای  $1000^\circ\text{C}$  است، CO تولید می‌شود نه

CO<sub>2</sub>. بعباری واکنش  $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2 = 2\text{CO}(\text{g})$  انجام شده و ذرات سفید کوره CO وجود دارد.

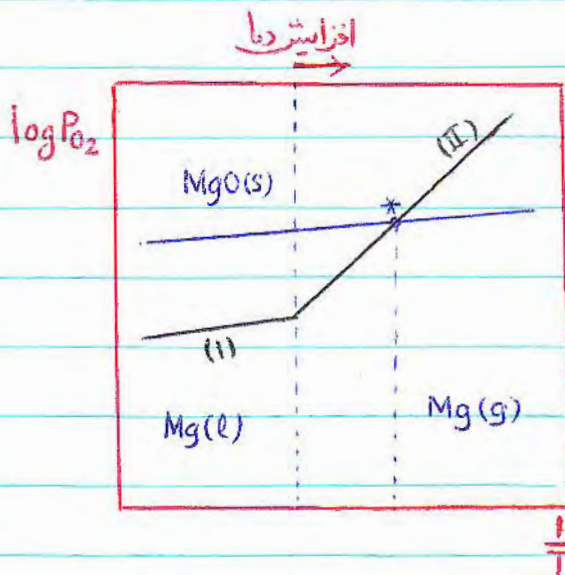
این مطلب از رسم دیاگرام‌هایی مانند دیاگرام زیر فهمیده می‌شود:



در این طورهالتهای فشار جزئی CO

تقریباً 1 atm است. نتیجه  $P_{\text{O}_2}$  بر

حسب دما رسم می‌شود.



در نمودار قبلی خط آبی رنگ مربوط به واکنش:  $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$  ;  $P_{\text{CO}} = 1 \text{ atm}$

نیز اضافه می‌شود. خط II مربوط به واکنش  $\text{MgO}(\text{s}) = \text{Mg}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$  ;  $P_{\text{Mg}} = 10^{-2} \text{ MPa}$

است. مفهوم نقطه‌ی \* این واکنش است:  $\text{MgO}(\text{s}) + \text{C}(\text{s}) = \text{Mg}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$

تا وقتی کربن جامد در این سیستم است، فشار اکسیژن دریا گرام هر جایی نمی تواند

باشد بلکه  $\log P_{O_2}$  فقط می تواند روی خط آبی رنگ یعنی مربوط به واکنش  $2C(s) + O_2 = CO(g)$

تغییر کند.

نقطه چپ نقطه \* پایداری  $MgO$  را نشان می دهد. عبارتی:

وقتی  $MgO$  در کنار  $C$  باشد یک دمای مشخصی وجود دارد البته تحت شرایط  $P_{Mg} = 10^{-2} \text{ MPa}$

و  $P_{CO} = 1 \text{ atm}$ . این دما نشان می دهد که بالاتر از آن  $MgO$  کنار کربن

ناپایدار می شود.

86.7.9

دریا گرام های سه جزئی:

$$F = C - P + 2 \quad \text{درجه آزادی}$$

$C$ : تعداد اجزا (از این کث  $C=3$ )

$P$ : تعداد فاز

$$F = 3 - 1 + 2 = 4 \quad \text{چون حداقل 1 فاز داریم}$$

یعنی برای رسم دریا گرام نیاز به 4 بُعد داریم. بنابراین فشار را ثابت می گیریم.

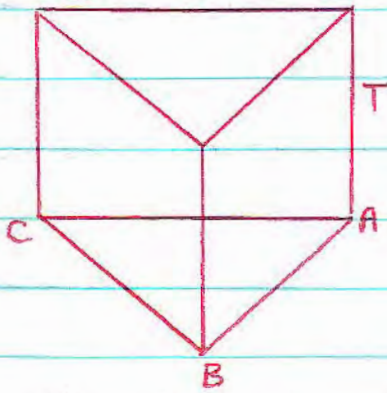
با حذف فشار  $P = cte$   $F = 3$  : ترکیب  $C, B$  - ترکیب  $A, B$  - ترکیب  $T$



برای سه جزء A ، B و C برای اینکه ترکیب مشخص شود باید غلظت دو جز را داشته

باشیم پس 2 درجه آزادی مربوط به ترکیب شیمیایی است و سه برای دما.

مَسَارِی الاَضْلَاع :  $\triangle ABC$



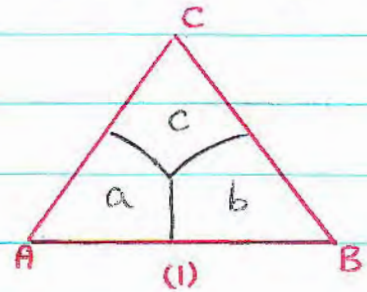
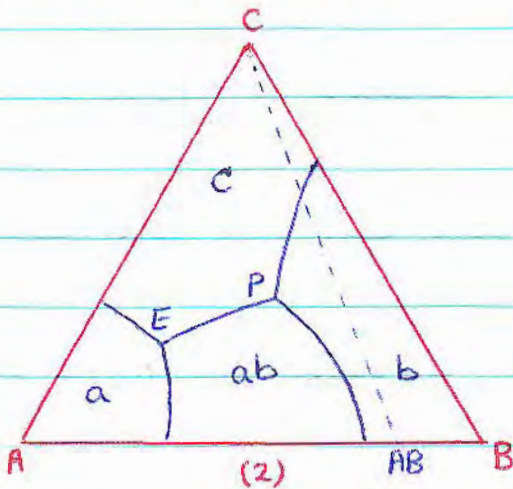
بنواد سه بعدی بصورت زیر خواهد بود :

برای سادگی کار دیاگرام را روی صفحه

ABC تصویر می کنیم و دیاگرام دو بعدی میشود.

وقتی که هیچ کدام از اجزا ترکیب استوکیومتری بهم ندهند ، دیاگرامی مشابه زیر

خواهیم داشت . (1) فرض می کنیم دیاگرام (2) را داریم ؛ می خواهیم آن را بررسی کنیم .



در شکل (2) ، A و B یک ترکیب استوکیومتری

AB می دهند .

نقطه ای AB بیرون از منطقه ای ab است . در واقع این نوع ذوب شدنش بدین

صورت بوده که قبل از ذوب یکسری استحاله انجام داده است ( تجزیه شده است )

\* فاز اولیه (مادر) : به کلیه ی فازهای با ترکیب استوکیومتری مشخص در سیستم مورد

نظر گرفته میشود. هر کدام تنها بایک نقطه مشخص میشوند. مثل  $AB$ .

در اینجا 4 فاز اولیه داریم :  $AB, C, B, A$ .

\* حوزه فاز اولیه : هر کدام از این سطوح که با مرزهای از هم جدا شده اند، حوزه فاز

اولیه هستند.

\* خط آلی میید : خطی است که دو بنایزه ی دو فاز اولیه را که حوزه هایشان با هم

مرز مشترک دارد به هم وصل می کند.

دو حوزه ی  $a$  و  $c$  ← بنایزه هایشان :  $A$  و  $C$  ← خط  $AC$  آلی میید است.

اما  $AB$  آلی میید نیست چون  $a$  و  $b$  با هم مرز مشترک ندارند.

خط  $A-AB$  خط آلی میید است چون  $a$  و  $b$  مرز مشترک دارند.

نکته : به تعداد مرزها (بین حوزه ها) خط آلی میید داریم. در اینجا خط آلی میید

مساظر با  $EP, C-AB$  است که رسم نشده بود. (خط چین)

قانون آلی میید : محل تقاطع هر خط آلی میید با مرز مساظر با آن یا امتدادشان یک



دمای max است روی خط مرز و یک دمای min است روی خط آلکی مید.

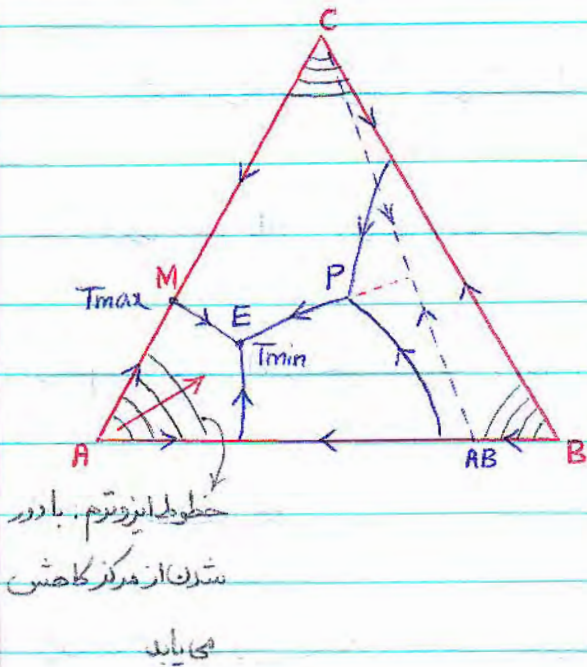
روی مرز \* دما از Tmax کاهش می یابد تا به Tmin برسد ← این قانون مسیر

سرد کردن را نشان می دهد.

هر نقطه دیگر روی AC (آلکی مید) دما بیش

از M بیشتر است. جهت دما روی مرزها

طوری است که از خط آلکی مید دور میشود.



مثلت ترکیبی:

مثلتی است که سه رأسش نماینده سه فاز اولیه ای هستند که جزوهایشان در یک نقطه مشترکند

A-AB-C : مثلث ترکیبی - در E مشترکند

C-AB-B : مثلث ترکیبی - در P مشترکند

بسته به اینکه چندتا ترکیب بین اجزاد داشته باشیم، مثلث های ترکیبی هم زیاد میشود.

فرض کنید ترکیب  $\gamma$  را داریم. ترکیب فوق را مخلوط کرده و حرارت میدهیم تا به  $\begin{matrix} A: 25 \\ B: 40 \\ C: 35 \end{matrix}$

مذاب بکنواخت برسیم. بعد شروع به سرد کردن می کنیم. چه اتفاقی می افتد؟

مراحل . 1 - خطوط آلکی مید را رسم یا کامل می کنیم .

2 - جهت های سرد شدن را روی خطوط تعیین می کنیم .

3 - موقعیت ترکیب صورت مسئله را در دیاگرام تعیین می کنیم .

=> روی ضلع AB ، درصد 25٪ برای A را انتخاب میکنیم . از آن خطی موازی با BC

رسم می کنیم تا AC را قطع کند . روی این ضلع هم درصد 25٪ A (خود به خود)

انتخاب می شود .

برای B هم همین کار را می کنیم و خطی موازی با AC رسم می کنیم . این سه خط در یک



نقطه هم رسند .

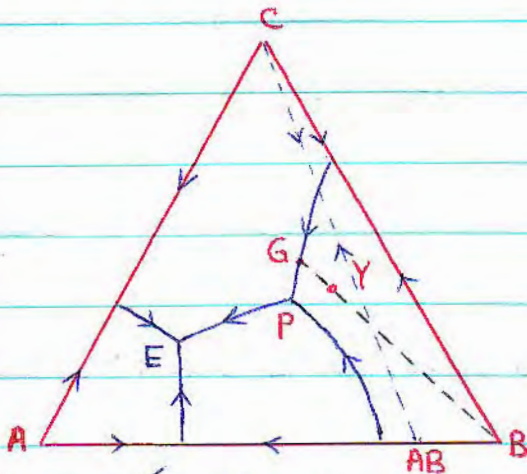
چون  $\triangle ABC$  متساوی الاضلاع است ، اگر روی AB یک نسبتی جدا کنیم ، روی AC هم

همان نسبت جدا میشود (تالس)

در مورد مسئله ی فوق نیز همین کار را می کنیم . برای اینکه بینم در انتخابه فازهای

داریم باید بینم نقطه ی Y در کدام مثلث ترکیبی افتاده است . سه رأس این مثلث





سه تا نهضاتی خزا آمد بود. در اینجا  $A-C-AB$

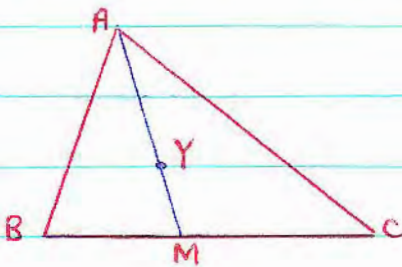
از موقعیت  $Y$  در این مثلث می توان میزان

هر طاز را بدست آورد. برای این کار دو راه داریم:

1- برعکس بالا عمل می کنیم: از نقطه  $Y$  فوق به موازات هر ضلع خطی رسم می کنیم. در اینجا

چون مثلث ترکیبی می تواند مساوی الاضلاع نباشد روش 2 مناسب است.

2- یک رأس را انتخاب کرده، به  $Y$  وصل کرده و امتداد می دهیم (کدام رأس؟)



مانند قانون اهم:

$$A: \frac{MY}{AM} \quad B+C: \frac{AY}{AM}$$

$$B: \frac{AY}{AM} \times \frac{MC}{BC}$$

به میزان  $\frac{BM}{BC}$  در  $B+C$  موجود است:

$$C: \frac{AY}{AM} \times \frac{BM}{BC}$$

امتحان کردن جوابها:  $A+B+C=100$

\* همه این محاسبات با خط کش است و محاسبات پیچیده ای ندارد و لازم نیست خطوط

مثلث را درجه بندی کنیم.

ابتدا باید مسیر سرد کردن را مشخص کرد. این مسیر منحصر بفرد است. ابتدا باید

۲ را به نماینده‌ی حوزه، وصل کنیم و بعد امتدادش می‌دهیم تا اولین مرز را قطع کند.

**نقطه‌ی ۲:** بالای سطح لیگوتیدوس است یعنی مذاب یکنواخت داریم، در همین

سرد کردن اولین کریستال‌هایی که از مذاب جدا می‌شود، B است چون در

حوزه‌ی با هستیم. هر نقطه‌ای که فازهای A-C-AB در آن وجود دارد، نقطه‌ی پایانی

است. در اینجا E نقطه‌ی پایانی است. اگر به E برسیم و سرد کردن را ادامه

دهیم، استتال‌های رخ نمی‌دهد فقط فازهای نهایی سردتر می‌شوند.

مسیر سرد کردن:  $Y \rightarrow G \rightarrow P \rightarrow E$

در دیاگرام خطوط ایزوترم وجود دارد پس در هر نقطه از مسیر، دما مشخص

می‌شود. هر جا که مسیر این خطوط ایزوترم را قطع کرد، دما مشخص می‌شود. در این

مسیر، دما همواره کاهش می‌یابد.

\* اگر در مثلث ترکیبی A-C-AB باشیم (Y) نقطه‌ی پایانی E است.

\* اگر در مثلث ترکیبی B-C-AB باشیم (Y) نقطه‌ی پایانی P است.



اگر ۴ درجه بالاتر از  $\gamma$  روییم ( $\gamma^+$ ) : بالای خط لیکوئیدوس هستیم : یک فاز مذاب

داریم . ( 100٪ مذاب ) ترکیب این مذاب همان ترکیب  $\gamma$  است :

$\gamma$	25
	40
	35

اگر ۴ درجه پائین تر از  $\gamma$  روییم ( $\gamma^-$ ) : روی خط  $\gamma G$  هستیم : مذاب داریم بجای کرسیتال های

B که از مذاب جدا می شوند .

از  $\gamma$  تا E هر نقطه یک دمائی دارد . هر نقطه روی این مسیر را نماینده ی فاز مذاب میگیریم

چون از  $\gamma$  تا E حداقل یک فاز مذاب داریم . بنابراین باید یک نماینده داشته باشد و نماینده ی

آن همان دمائی است که در آن قرار داریم ؛ یعنی همان نقطه روی خط . بنابراین در هر نقطه از

مسیر یک دمائی داریم و این نقطه نماینده ی فاز مذاب است .

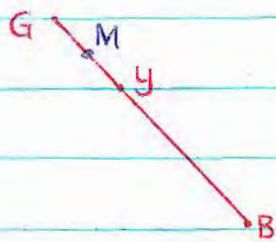
\* از  $\gamma$  تا G : روی BG هستیم . یک طرفه نماینده ی کرسیتال های B است و طرف

دیگر نماینده ی مذاب . بنابراین در منطقه ی دوخازی هستیم . B و L .

$\gamma^-$  : از قاعن اهرم ← L : 100٪ B : 0٪

اگر M نقطه ای بین  $\gamma$  تا G باشد (دمائی کمتر  $\gamma$  و بیشتر از G) ، M نماینده ی مذاب

و B نماینده ی کرسیتال های B و  $\gamma$  تکیه گاه است .



قانون اهم :  $\% L = \frac{YB}{MB} \times 100$

$$\% B = \frac{MY}{MB} \times 100$$

مقدار B مشخص شد. ترکیب خود مذاب را بصورت زیر درست می آوریم :

در L ، A و B و C وجود دارند پس برای اینکه میزان این سه فاز در L درست

آید باید نقطه‌ی M مثلث ABC را در نظر گرفت.  $M / \triangle ABC$

==> برای تعیین ترکیب مذاب، نماینده‌ی مذاب مثلث ABC را در نظر می‌گیریم.

G : G<sup>+</sup> : دو فاز L و B داریم و مقدار آن‌ها از قانون اهم درست می‌آید.

$$L : \frac{YB}{GB}$$

$$B : \frac{YG}{GB}$$

$$G / \triangle ABC : \text{ترکیب مذاب}$$

G<sup>-</sup> : روی مسی GP هستیم. چون روی هر دو مشترک دو حوزه هستیم، نماینده‌ی دو فاز

را داریم بعلاوه مذاب. پس از G پائین تر باور C هم علاوه بر B رسوب میکند.

پس سه فاز داریم : L ، B ، C. از G هم خطی به C وصل می‌کنیم و خطی

هم به B و مثلث ترکیبی موضعی GBC تشکیل می‌شود. یک رأس (G) نماینده

مذاب و دو رأس دیگر دو نماینده‌ی اصلی B و C.



در  $G^-$ ، صفر درصد باور  $C$  داریم و:

$$L: \frac{YB}{GB}$$

$$B: \frac{YG}{GB}$$

\* پایش تراز  $G$ : اگر  $N$  نقطه‌ای در مسیر  $GP$  باشد، سه فاز داریم با ترکیب:

$$Y/NBC \quad \text{ترکیب مذاب هم} \quad N/ABC$$

برای تعیین ترکیب شیمیایی  $Y$  ثابت است، مثلث تعیین می‌کند. برای تعیین

ترکیب مذاب، مثلث ثابت است و نقطه‌ی نماینده‌ی مذاب تعیین می‌کند.

$P^+$ : روی  $PG$  هستیم با مثلث  $PCB$  مذاب و  $B$  و  $C$  داریم. ترکیب شیمیایی

با  $Y/PCB$  تعیین می‌شود. ترکیب مذاب  $P/ABC$  است.

$P^-$ : روی  $PE$  هستیم. سه فاز  $L$ ،  $C$ ،  $AB$  را داریم. ترکیب شیمیایی  $Y/PC(AB)$

است و ترکیب مذاب  $P/ABC$  است. یعنی در  $P$  یک تحول داریم که مقدار

مذاب تعیین می‌کند اما ترکیب آن ثابت است. چون در  $P$  مثلث موضعی ترکیبی  $PCB$

است و در  $P^+$  مثلث موضعی ترکیبی  $P(AB)C$  است. اما چون نقطه‌ی  $P$  تعیین

نکرده است ترکیب آن ثابت است (مذاب)  $\{P/ABC\}$

اگر  $F$  نقطه‌ای بین  $P$  تا  $E$  باشد: سه فاز داریم:  $AB - L - C$

ترکیب شیمیایی این سه فاز:  $Y/FC(AB)$  است. (درصد این سه فاز)

وقتی به  $E$  می‌رسیم:  $(E^+)$  سه فاز داریم:  $AB - C - L$ . ترکیب شیمیایی این سه فاز

$Y/EC(AB)$  است.

$E^-$  نداریم چون  $E$  نقطه پایانی است.

اساس و پایداری تست های استاندارد مربوط به دیرگزارها:

86.7.16

۱- اندازه گیری دمای بالا:

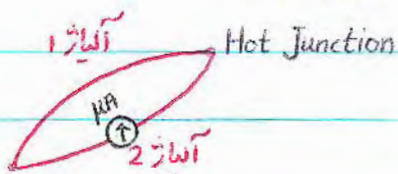
برای اندازه گیری دمای بالای  $1300^{\circ}C$  از ترموکوپل استفاده می‌کنیم. ترموکوپل وسیله‌ایست

که از دو فلز یا آلیاژ که از دو انتهای هم جوش خورده‌اند، تشکیل شده است. یک انتهای

جوش خورده را در کوره و انتهای دیگر را در محیط با دمای معین قرار می‌دهیم. بین این دو

یک اختلاف پتانسیل الکتریکی بوجود می‌آید که با اندازه گیری این ولتاژ و تطبیق با جدول موجود

و منحنی های رسم شده، می‌توان اختلاف دمای دو جوش را اندازه گرفت.



دو سطح ترموکوپل یکی می‌تواند آلیاژ باشد

Cold Junction

دیگری هم آلیاژ ولی با درصد آلیاژی متضاد.



$\mu V$	$\Delta T$
...	...
...	...
...	...

بجاری دو الیازم جنس اند اما درصد آلیاژی متفاوتی دارند.

برای دماهای بالاتر از  $1800^{\circ}C$ ، از ترمومتر یا نورسنج استفاده

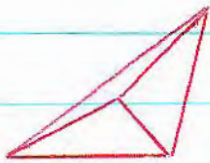
میکنند و بر اساس اینکه هر عنصری در دماهای مختلف طول موج های مختلفی از خود گسیل می کند، کاری کند.

2- تست دیرگذاری : مخروط نرگر (آلمانی) - اورئون (آمریکائی)

در واقع تست دیرگذاری است، اما دما را هم می توان حساب کرد. نیک سری مخروط با البعاری

مشخص هستند و با ترکیب شیمیائی خاص که با کدگذاری مشخص می شوند. این مخروط ها

استاندارد شده هستند و قابل می باشند.



شکل، زوایا، ابعاد مخروط استاندارد شده است.

دمای دیرگذاری	کد	ترکیب شیمیائی	برای هر کد، دمای دیرگذاری یا نقطه نرمی محاسبه شده است. برای اندازه گیری دیرگذاری نیک ماده
$1000^{\circ}C$	SK022	K, O, NO <sub>2</sub> , Mg, ...	
$600^{\circ}C$	021		
$900^{\circ}C$	0.16		
	0.15a		محصول، آن را پودر کرده و آن را در قالب مخروط نرگر
	01a		
	42		می ریزیم تا از آن نمونه استاندارد تهیه شود.

این نمونه را به همراه چند مخروط استاندارد که حدس می‌زنیم دیرگذاری نزدیک به نمونه دارند درون کوره قرار می‌دهیم. بعد از مدتی خواهیم دید که نوک مخروط‌ها خم می‌شود. سپس کوره را خاموش کرده و مقایسه می‌کنیم که خم شدگی نمونه مجهول به کدام نمونه استاندارد نزدیک‌تر است. بدین ترتیب دیرگذاری مجهول تقریب زده میشود.

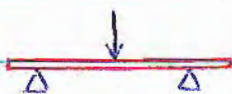
مزیت این روش این است که دمای واقعی دیرگذاری را تعیین می‌کند و دیگر بستگی به شرایط محیطی و ... ندارد. مثلاً بستگی به محل ترموکوپل، برقراری تعادل گرمایی، آملاف انرژی و ... ندارد.

دمای کوره را تا جایی بالا می‌بریم که نمونه‌ها شروع به خم شدن کنند [ البته نمونه‌های مجهول ] در این روش ممکن است 30-40 درجه اختلاف با ترموکوپل وجود داشته باشد.

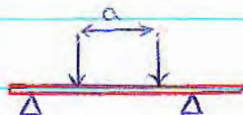
### 3- تست های اندازه گیری خواص مکانیکی:

تست های خواص مکانیکی زیاد هستند اما فقط چند مورد برای دیرگازها مطرح است: استحکام

خشی و فشاری. دیرگازها استحکام کششی خوبی ندارند.



\* استحکام خشی: یا بصورت سه نقطه است یا چهار نقطه:  
(MOR)



4 نقطه به راحتی نزدیک‌تر است. در 3 نقطه نیروی در یک نقطه



مستمر است و احتمال یافتن عیب در یک نقطه مطرح است. اما در 4 نقطه احتمال یافتن عیب در

یک بازه طول  $a$  مطرح است پس مطمئن تر است. برخی مواقع با چندین بار تست سه نقطه و

موسط گیری به یکبار تست 4 نقطه می رسند. اما باین حال 3 نقطه متداول تر است.

\* استحکام فشاری: Cold Compressive Strength (CCS)

استاندارد نمونه ها: استوانه به قطر 50mm و ارتفاع 50mm.

استحکام فشاری، ارقام و آمار دقیقتری نسبت به خشی بدست می دهد.

اگر سایش را جزو خواص مکانیکی بدانیم در دیگر دارهاسایش هم مطرح است:

روش سند بلاست (Sand Blast): ذرات ریز و سخت از جنس  $Al_2O_3$  یا  $SiC$  با فشار و سرعت

به سطح قطعه می پاشند. از اختلاف وزن قطعه قبل و بعد از سند بلاست، می توان میزان سایش

شدن را بدست آورد. (روش جت هوای حاوی ذرات سخت)

البته شرایط باید استاندارد باشد: دبی جریان ذرات، زمان، شکل ذرات، زاویه تابیدن و جنس ذرات

4- خواص فیزیکی: (انواع دانسیته و تخلخل):



$$V_{Bulk} = V_{solid} + V_{porosity}$$

↑ کلی
↓ ذرات جامد
↓ تخلخل

$$V_p = V_{o.p} + V_{c.p}$$

open porosity = o.p : تخلخل باز - به یکدیگر و به سطح نمونه راه دارند.

closed porosity = c.p : تخلخل بسته - نه به یکدیگر و نه به سطح راه دارند.

← سیال نمی تواند وارد تخلخل بسته شود.

m: حجم نمونه

V<sub>app</sub>: حجم ظاهری

$$\rho_{bulk} = \frac{m}{V_{bulk}} = \frac{m}{V_b} = \rho_b \quad \text{دانشیه کلی}$$

$$\rho_{app} = \frac{m}{V_{app}} \quad \text{دانشیه ظاهری}$$

V<sub>app</sub>: اگر جسمی را داخل سیال قرار دهیم، مقداری از آن بیرون سیال می ماند چون سیال

$$V_{app} = V_s + V_{c.p} \quad \text{وارد C.P نمی شود:}$$

$$\rho_{true} = \rho_t = \frac{m}{V_s} \quad \text{دانشیه حقیقی: از روی ساختار بلوری می یابید}$$

ندست می آید البته باید خوب رانیند در نظر گرفت

$$\rho_{relative} = \rho_r = \frac{\rho_b}{\rho_t} \quad P = \frac{V_p}{V_b} \quad \text{تخلخل:}$$

$$OP = \frac{V_{op}}{V_b} \quad \text{تخلخل باز} \quad \Rightarrow \rho_r = 1 - P$$



فرض می‌کنیم  $\rho_t$  را داریم. [ از جدول ] می‌خواهیم بقیه‌ی فاکتورها را بدست آوریم:

1- نمونه را کاملاً خشک می‌کنیم؛ وزن آن را با ترازوی سنگین:

$$W_1 = m = \text{وزن نمونه خشک در هوا بر روی ترازو}$$

2- نمونه را داخل سیال (آب، الکل یا روغن) قرار می‌دهیم. برای این که به خوبی داخل حفره‌های

باز هم از سیال پر شود؛ سعی می‌کنیم قطعه را وکیوم (vacuum) کنیم:

$$\begin{aligned} \text{وزن نمونه‌ی معلقی در آب} &= W_2 = W_1 - (V_{app} \times \rho_{\text{سیال}}) = m - V_{app} \cdot \rho_{\text{سیال}} \\ &= m - (V_s + V_{cp}) \end{aligned}$$

(هانون ارشمیدس)

3- نمونه را از داخل سیال بیرون می‌آوریم و فقط سطح آن را با دستمال خشک می‌کنیم:

$$\text{(وزن آب هم حجم کلنل باه)} = m + V_o \cdot \rho \times \rho_{\text{سیال}} = W_3 = m + V_o \cdot \rho \times \rho_{\text{سیال}}$$

وزن نمونه بر آب در هوا روی کفه ترازو

اگر قطعه در آب واکنش دهد، آنرا در وقت می‌گذاریم. برای آب خالص داریم:  $\rho_{H_2O} = 1 \text{ gr/cm}^3$

$$\Rightarrow W_3 = m + V_o \cdot \rho \Rightarrow \begin{cases} W_3 - W_2 = V_b \\ W_3 - W_1 = V_o \cdot \rho \end{cases} \Rightarrow V_{cp} \checkmark$$

$$V_t = V_s = \frac{W_1 \text{ or } m}{\rho_t} \quad \text{چون } V_s \text{ از رابطه‌ی معادل بدست می‌آید:}$$

و داشتن  $V_b$ ،  $V_s$  و  $V_o$ ،  $V_{cp}$  بدست می‌آید. (روش ارشمیدس)

بعضی اوقات هم رانداریم چون ممکن است فازهای زیادی داشته باشیم و با درصدهای مختلف.

در نتیجه هم راباید بصورت تجربی تعیین کرده

**بیکنومتر:**

روی ظرف حجم را 50ml نوشته است اما برای اینکه

مقدار دقیق را تعیین کنیم: در حالت خشک، وزن ظرف

را حساب می‌کنیم. بعد آب حاصل را در آن ریخته و در ظرف



را می‌گذاریم تا از لوله‌های بارک آب اضافی خارج شود. هر چه این لوله نازک‌تر باشد، وقت کار

بیشتر است. از بدست آوردن اختلاف وزن، وزن آب بدست آمده در نتیجه حجم آن بدست

می‌آید. مثلاً  $49.92 \text{ cm}^3$ .

بعد پوره ماده مورد نظر را به وزن 21.25gr درون ظرف ریخته { پوره در حد 40-50 میکرون

طوری که C.P نداشته باشیم } و به آن آب اضافه کرده و به حجم می‌رسانیم. حجم آب را با اندازه‌گیری

وزن بدست می‌آوریم. در نتیجه حجم پوره بدست می‌آید و با داشتن حجم پوره، هم بدست می‌آید.

\* تغلظت نوع و مقدارش در خیلی از پاراسترها از جمله خوردگی تأثیرگذار است.



## 5- خواص حرارتی :

(ضریب هدایت حرارتی، ضریب انبساط حرارتی،  $C_p$  و  $C_v$ )

فایده ضریب هدایت حرارتی : بدست آوردن میزان انتقال حرارت از کوره به دیگداز.

اگر ضریب انتقال حرارتی دیگداز زیاد باشد ، اطلب انرژی زیادی شود در نتیجه برای جبران آن می توان در انتهای آجر از عایق استفاده کرد.

هرچه ضریب هدایت حرارتی بیشتر باشد ، دیگداز دهنتر است چون تنش های گرمایی درون

آن کمتر می شود ، در واقع گرادیان حرارتی در داخل دیگداز و دیواره کمتر می شود.

حضور تنش گرمایی  $\equiv$  انبساط غیر یکسان

پس این ضریب ، مقاومت دیگداز در برابر سرد و گرم کردن های تشارب را تعیین می کند . هرچه

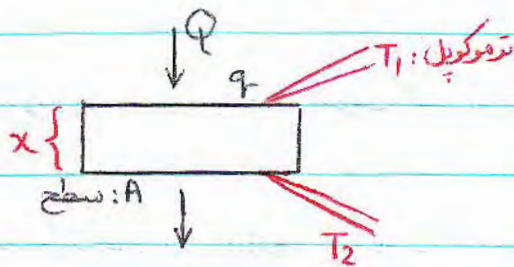
$\lambda$  or  $K$  بیشتر باشد ، شوک پذیری حرارتی دیگداز بیشتر میشود . (مقاومت حرارتی بالاتر)

محاسبه  $\lambda$  :

دو حالت داریم : 1- steady state 2- non-steady state

(1) یک آجر را مطابق شکل همراه یک جریان حرارتی  $Q$  قرار می دهیم . در ابتدا  $T_1$  و  $T_2$

بالا می رود تا جاییکه به تعادل برسد و دیگر ثابت نباشد. (steady state)



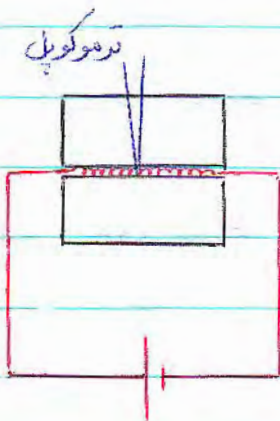
حالت این شرایط دستگاهی وجود دارد که  $q$

را محاسبه می کنند.

$$q = \frac{dQ}{dt} = -A \lambda \frac{dT}{dx} = -A \lambda \frac{\Delta T}{x}$$

این روش زمان بر است تا حالت پایدار برقرار شود.

(2) روش سیم داغ: (Hot wire method: (non-steady state))



دائرة جریان الکتریکی، سیم گرم می شود. با روابط

می توان میزان این حرارت را دست آورد. حرارت

همواره از آن جرها به بیرون می رود و همواره هم تولید

می شود.  $t_1 = 5 \text{ min} \rightarrow T_1 = 500^\circ \text{C}$

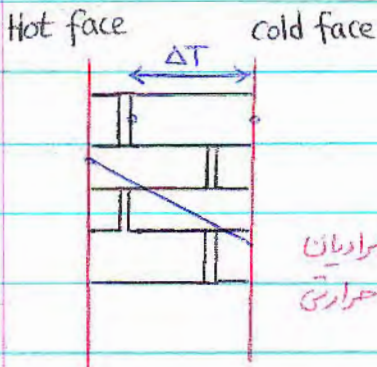
ترموکوپل دمای وسط را اندازه می گیرد.  $t_2 = 10 \text{ min} \rightarrow T_2 = 600^\circ \text{C}$

هرچه  $k$  بزرگتری داشته باشد  $\Delta T$  کمتر می شود چون حرارت بیشتری تلف می شود.

$$\lambda = \left\{ \frac{I^2 R}{4\pi} \right\} \cdot \left\{ \frac{2.303 \log(t_2/t_1)}{(T_2 - T_1)} \right\}$$



ضریب انبساط حرارتی:



هرچه  $\Delta T$  بیشتر باشد در اجزای شوک حرارتی بیشتری داریم.

گرادین  
حرارتی

و انبساط در قسمت گرم تر بیشتر از قسمت گرم تر است. نتیجه

تنش داریم.

در اجزای کوره ها بین آجرها باید فواصل معینی باشند تا در درجه حرارت های بالا که تغییر

طول زیاد است، آجرها دفرمه نشوند.

منشأ ضریب انبساط حرارتی یا تغییرات ابعادی:

تغییرات ابعادی طولی (linear):

(a) ناپایدار (برگشت پذیر):  $(\alpha)$ . با گرم شدن طول زیاد می شود و با سرد کردن بر می گردد.

$$\alpha = \frac{1}{l} \frac{dl}{dT} \left( \frac{1}{^\circ\text{C}} \right)$$

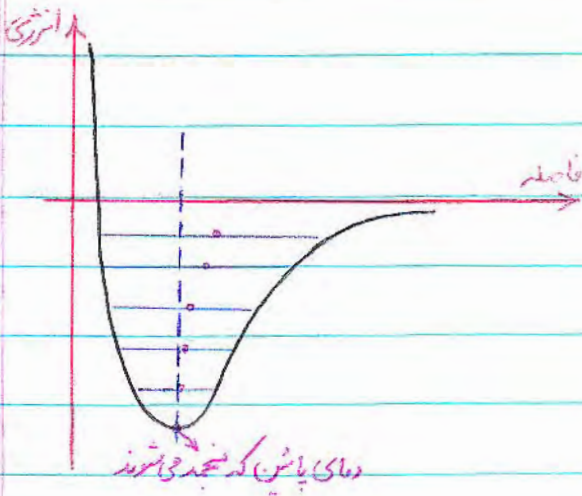
(b) پایدار (برگشت پذیر): (PLC): تغییر طول بر نمی گردد. چه انبساط و چه انقباض.

\* در یک تغییر طول ممکن است یک قسمت پایدار و یک قسمت ناپایدار باشد.

منشأ تغییر طول با درجه حرارت، تغییر فاصله ی بین اتم ها است.

هرچه چاه پتانسیل بیشتر باشد، تغییرات طول

میوند با دما کمتر است.



منشأ تغییرات ابعادی ناپایدار (α) :

(α) تکان و شکل چاه پتانسیل (طول میوند) .

(b) استحاله‌ی برگشت پذیر.

(زیرکسیم)

استحاله های دمای بالا معمولاً با انقباض یا بازشدگی در ساختار همراه است اما استثناً هم دارد : Zr

منشأ تغییرات ابعادی پایدار (PLC) :

(a) استحاله‌ی برگشت ناپذیر (irreversible transformation)

(b) تکمیل زینترینگ : زینترینگ از نوع PLC بوده و عمدتاً از نوع انقباض است :

در دمای بالا، زینترینگ :

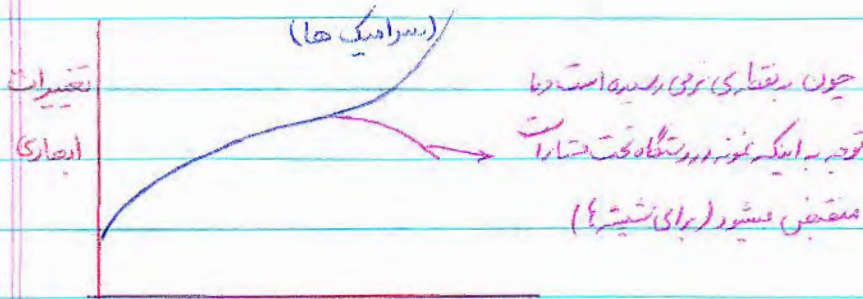




### نحوه اندازه گیری :

بوسیله ی پیرو الکتریک تغییرات ابعادی به پالس الکتریکی تبدیل می شود این دستگاه دیلاتومتر

نام دارد. در نتیجه منحنی تغییرات ابعاد را بر حسب تغییرات دما رسم می کنیم



ضریب انبساط حرارتی سرامیک ها یک عدد دورقمی صریح در  $10^{-7}$  است :  $\alpha \times 10^{-7} (\frac{1}{\text{°C}})$

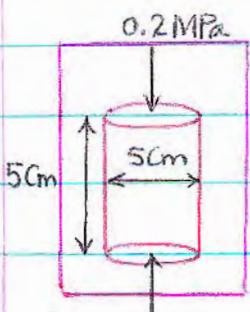
[مقایسه شود با دیگر مواد از جمله فلزات]

### خواص ترمومکانیکی :

\* RUL : ریگرادری تحت بار (Refractories Under Load)

\* HMOR : استحکام خمشی داغ - همان خمش در نقطه انکلی سیستم را در کوره می بینیم

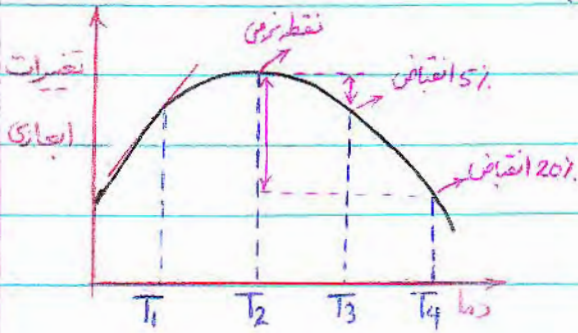
\* (گاهی اوقات) استحکام فشاری داغ



RUL :

نمودار تغییرات ابعادی - دما تا دمای  $T_2$  [نقطه یری] صعودی است چون

انبساط حرارتی نسبت به نیروی کششی غالب است.



اما بعد از نقطه نرمی، نمودار نزولی می شود.

T1: شروع انقباض ← انتظار داشتیم افزایش

ابعاد مطابق با شیب رسم شده باشد.

دمای دیگر داری وابسته به استادهای مختلف، T1، T2، T3 و T4 در نظر می گیرند و پارامترها

که این دماها در آن وجود دارد.

استاد دارد نمونه های استوانه ای مثل CCS است.

### تست شوک پذیری:

این تست تغییرات مقاومت دیگر گذار را در برابر تغییرات ناگهانی دما نشان می دهد. در اثر سرد و گرم

کردن ناگهانی، در داخل قطعه گرادیان دمائی بوجود می آید. هرچه تغییرات سریع تر باشد، گرادیان

هم بیشتر می شود. هرچه قطعه عایق تر باشد، گرادیان در آن بیشتر است. بنابراین شوک پذیری در

مواجهه ای بیشتر است که ضریب انتقال حرارتی بیشتر باشد. و بنابراین گرادیان دمائی در آن کم است

هم چنین علاوه بر ضریب هدایت حرارتی بالا، ضریب انبساط حرارتی باید کم باشد تا تست کم باشد.



شوگ پذیری خوب : (a) ضریب هدایت بالا (b) ضریب انبساط حرارتی کم

شوگ پذیری بسته به اینکه ماده پلی کریستال باشد، دهنش باشد یا متخلف و ... فرق میکند.

اندازه گیری شوگ پذیری:

یک درگداز راحت سیلیکون های حرارتی سرد گرم قرار می دهیم (ناگهانی) مثلاً از کوره در آورده و در

آب سرد قرار می دهیم. فرایند فوق یک سیلیکون شوگ حرارتی است. معیارهای مختلفی وجود دارد:

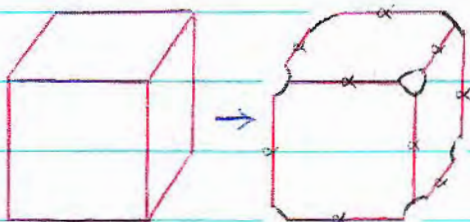
1- مشاهده ترک سطحی: اگر ترک به سطح برسد یعنی ماده شکسته است. اگر این ترک دیده

نشود، سیلیکون حرارتی را دوباره اعمال می کنیم تا اینکه مثلاً در 14 امین بار تست کند. در نتیجه عدد

شوگ پذیری آن 14 است. اما در حالت عادی می توان مثلاً 100 بار کوره را روشن و خاموش کرد

بدون آنکه بشکند.

2- تغییرات وزن: یک آجر را اگر بطور ناگهانی سرد گرم کنیم، گوشه های آن از بین می رود و

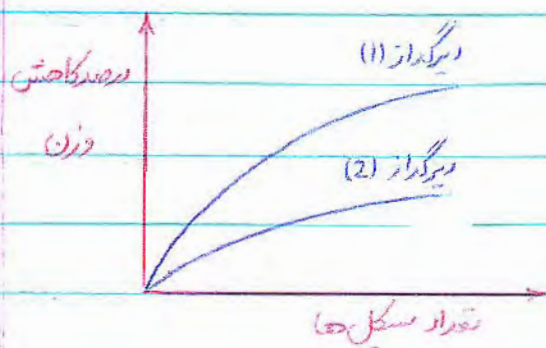


گرد می شود. با تکرار این عمل، لبه ها نیز از بین

می رود چون این قسمت ها، نسبت به حجم سطح

بیشتری دارد. مثلاً در هوای سرد ترک انگشتان زووتر سطح می شود. (شوگ در لبه ها بیشتر است)

دیگر داز (2) شوک پذیرتر است :



3- تغییرات استحکام : ممکن است یک ترک و فاصله‌ی 1mm باشد و ما آن را بنیم (1mm)

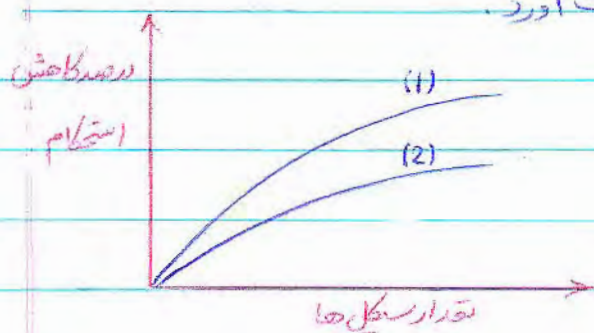
از سطح درستی ( اما مسلماً استحکام کاهش یافته است. برای اینکه استحکام ماده را بنیم

در هر بار تست نمونه شکسته شدن و باید نمونه‌ی دیگری انتخاب کرد. اما در مورد مصالحی قبلی

با یک نمونه تست انجام می‌شد. اما در این معیار بعد از عملیات حرارتی باید استحکام آنرا بدست

آورد و بعد نمونه‌ای کاملاً مشابه به نمونه اول را انتخاب کرد. می‌توان چند بار عملیات حرارتی

انجام داد و بعد از این چند سیکل، استحکام را بدست آورد.



نمونه‌ی (2) شوک پذیرتر است :

در مثال‌های علمی معیار سوم ایگاری می‌برد

اما در صنعت معیار اول

معیار سوم علمی‌تر است



## تست های خواص شیمیایی :

مهم ترین خواص شیمیایی مربوط به خوردگی است. سه دسته هستند.

1- خوردگی : خوردگی در دمای بالا و در تماس با مواد جانی، این ماده جانی می تواند، گاز خورنده

یاسیل خورنده مثل سرباره های فولادی ایجاد خورنده مثل دو آجر نارم باشد.

3- هیدراتاسیون

2- اکسیداسیون

عمده ی بحث ما خوردگی در برابر عوامل خورنده مذاب است مثل سرباره ها.

اکسیداسیون در مورد دیگر دانه های خاص که اکسیدی نیستند، انجام می شود مثل  $\text{SiC}$ ، گرافیتی

اما  $\text{MgO}$  دیگر بیش از این اکسید نمی شود.

هر دگر داری نیز هیدراتاسیون نمی شود  $\text{MgO}$  در محیط های مرطوب به  $\text{MgH}_2$  تبدیل میشود.

یعنی با بخار آب محیط واکنش داده و هیدراته می شود. در نتیجه برای انجام تست باید آنها در وقت گذاشت

\* عامل خورنده در خوردگی می تواند مایع، جامد و گاز باشد. مایع مثل سرباره که شدیداً

دیگر دانه ها را از زمین می برد

در این جا به خوردگی توسط مذاب می پردازیم :

عوامل مؤثر بر خوردگی در این حالت عبارتست از:

1- دما: روی واکنش شیمیایی، و میکروبی تأثیر می‌گذارد.

2- جنس سرباره

3- جنس دیم‌گذار: مثلاً در مورد دیم‌گذار اسیدی و سرباره قلیایی خوردگی شدید است.

\* هرچه میکروبیته بیشتر باشد، خوردگی کمتر است چون نفوذ پذیری کمتری شود. هرچه سیال تر

باشد، خوردگی بیشتر است.

4- تخلخل دیم‌گذار: هرچه سطح بیشتر باشد، خوردگی بیشتر است؛ در نتیجه اگر تخلخل باز

بیشتر باشد، خوردگی بیشتر است.

5- ویژگی‌های جریان مذاب: نسبت به هم ساکن اند یا حرکت می‌کنند، جریان طبیعی است یا

اجباری و نوع جریان و ...

6- شرط اینکه خوردگی اتفاق بیفتد (خوردگی دیم‌گذار توسط مذاب) این است که سطح دیم‌گذار

توسط مذاب تر شود؛ تماس بین این دو برقرار باشد.

اگر مذاب دیم‌گذار را تر نکند وارد تخلخل بازمی‌شود



در دیگر دانه‌های مینیوگرافی، از گرافیت به این دلیل استفاده می‌شود که مذاب نتواند گرافیت را ترکند؛ همچنین دلیل خوردگی به شدت کاهش می‌یابد.

روش اندازه‌گیری خوردگی:

1- روش های استاتیکی: عامل خوردنده و دیگر گذار نسبت به هم ساکن اند. یا مذاب و دیگر گذار نسبت به هم حرکت نمی‌کنند.

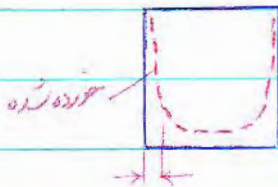
2- روش های دینامیکی: دیگر گذار نسبت به مذاب یا بالعکس حرکت می‌کنند.  
روش های استاتیکی:

(1) بونه: یک ظرف که خودش خورده نمی‌شود را انتخاب کرده و تیغه‌ای از دیگر گذار را در آن قرار

می‌دهیم. درون ظرف را از چپ به سرپاره بگردانیم و در آن را بسته و در کوره قرار می‌دهیم میزان

دهایسته به کار برده است. سرپاره ذوب شده و با وزن مقطع بر تیغه میزان خوردگی را

می‌توان دید.



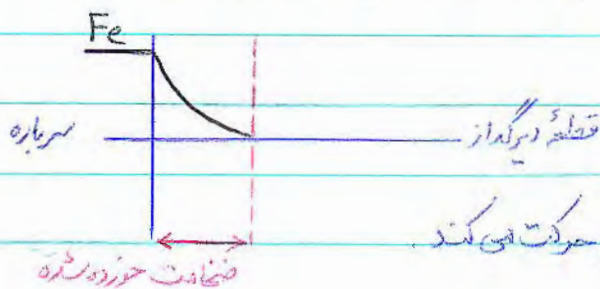
عمق خوردگی: معیار خوردگی

(عمق نمونه سرپاره داخل دیگر گذار)

می‌توان میزان خوردگی را به روش زیر حساب کرد:

عضوی از سرباره را انتخاب می‌کنیم که ضریب نفوذ بیشتری در دیگر داز دارد یعنی بیشترین خوردگی

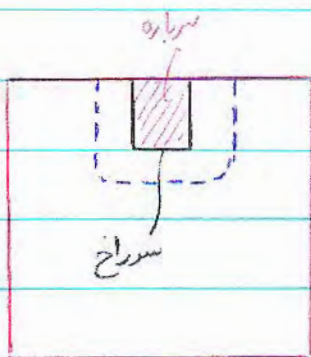
را ایجاد می‌کند. بعد با آن الیزابین عنصر در دیگر داز می‌توان حد خوردگی را حساب کرد مثلاً Fe:



البته خوردگی مشترک هم حرکت می‌کند.

(2) سوراخ در دیگر داز: با درن حفره‌ای در دیگر داز ایجاد می‌کنیم و بعد سرباره را در این سوراخ

قرار داده و آن را داخل کوره قرار می‌دهیم.



بسی مقطع زده و عمق را بعد از خوردگی بدست می‌آوریم.

قطر را نیز بدست می‌آوریم. با تغییر ضخامت یا آنالیز عنصری

خطی میزان خوردگی به دست می‌آید. محاسبه‌ی عمق خوردگی

هم مشکل است. ما گوییم عکس از این منطقه بصورت

ماکروسکوپی قسمت کوچکی از خوردگی معلوم است اما درصد کوچکی خوردگی را نمی‌توان بدست

آورد. پیدا کردن مرز دیگر داز و سرباره هم مشکلی دارد.



در بحث اندازه گیری مقاومت در برابر خوردگی، حالت استاتیکی بررسی شد. در این جا به حالت دینامیکی آن می پردازیم.

\* دینامیکی ← تست دو تار (گورهی دو تار) : یک پوسته ی فلزی انتخاب کرده و درون آن را

از آجر مورد نظری چینم. اگر تعداد آجرهای نمونه کم باشد، این نمونه ها را به همراه دیگر آجرها

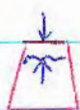
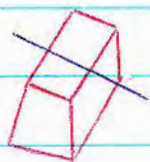
در گوره قرار می دهیم تا مقایسه کنیم.



در این حالت، خوردگی شدیدتر است چون هر لحظه

سرباره قبلی رفته و سرباره جدید وارد پوسته می شود. بعد آجر را در آورده و با مقطع رزن، عمق

خوردگی را می سنجند. برای مقایسه باید تمام شرایط یکسان باشد. معیار خوردگی، عمق نفوذ



است.

اندازه گیری مقاومت در برابر هیدراتاسیون : (واکنش با بخار آب)

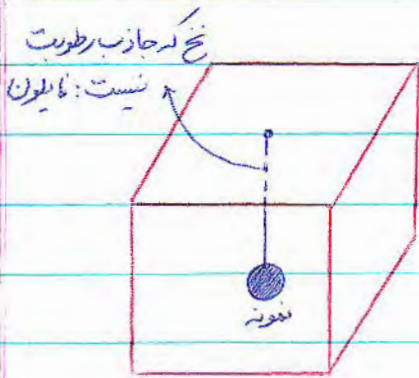
دیگر داره ها در محیطی که به مقدار کمی رطوبت وجود دارد، با رطوبت واکنش داده و هیدراته

می شود :  $CaO - MgO$  و  $Al_4C_3$  هیدراته می شوند [به ترتیب شماره گذاری: میا<sup>1</sup>]

$Al_4C_3$  : بعنوان یک گاز میانی در دیگر داره ها تشکیل می شود.

تست : باید کاری کنیم که هیدراتاسیون تشدید شود تا نتیجه مطلوب در مدت زمان کمتری

حاصل شود . در نتیجه بخار آب را زیاد کرده و دما را هم بالا می بریم .



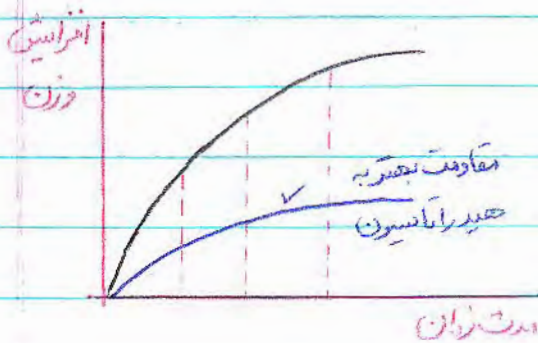
humid chamber

(relative Humidity) رطوبت

$Hr = 70\%$

$T = 90^{\circ}C$

بعد از مدتی تغییرات وزن را بدست می آوریم .



در اثر هیدراتاسیون وزن افزایش می یابد چون :



اندازه گیری مقاومت در برابر اکسیداسیون :

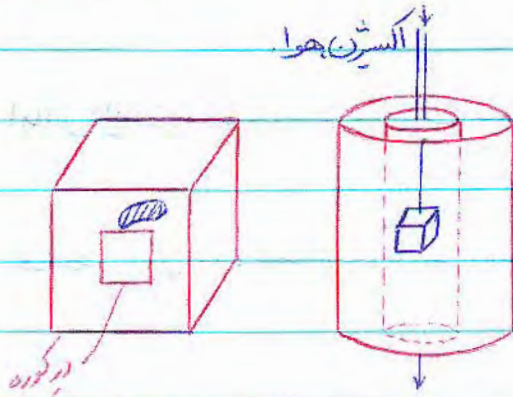
مانند هیدراتاسیون در مورد همه دیگر دارها مطرح نمی باشد . برای دیگر دارها (غیر اکسیدی) مهم

نی باشد . مثل گرافیت (Gr) ،  $MgO - C$  ،  $SiC$  ،  $Si_3N_4$  .

دما باید بالا باشد و اتمسفری از اکسیژن نیز داشته باشیم . عموماً هوا استفاده می شود . بعضی

اوقات هم  $CO_2$  . مثلاً  $Al_2O_3$  بیش از این اکسید نمی شود .





برای این تست به کوره نیاز داریم. موارد زیر

هم باید عنوان شود:

$$\text{air} / T^{\circ}\text{C} / t (\text{hr})$$

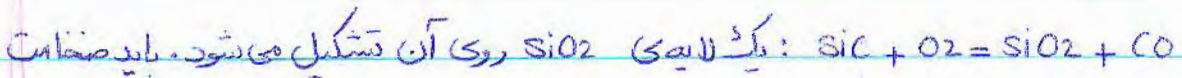
حالا باید معلوم شود چه چیزی را می خواهیم بررسی کنیم.

اکسیداسیون دیک و اکسیداسیون سطحی است یعنی از سطح شروع می شود. معیارهای مختلفی

وجود دارد:

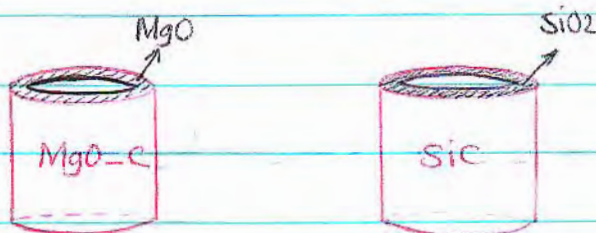
۱- ضخامت لایه ی اکسید شده: در همه جا به کاردهی رود چون بعضی اوقات در یک دواز در اثر

اکسایش می سوزد مثل گرافیت. اگر SiC داشته باشیم و اکسید شود:



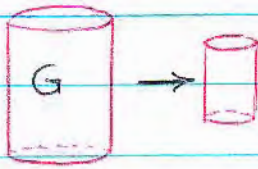
این لایه را بدست آورد. اگر منیزوگرافانی داشته باشیم  $(\text{MgO} - \text{C})$  و اکسید شود، کربن می سوزد

و می رود فقط  $\text{MgO}$  می ماند و باید ضخامت  $\text{MgO}$  را بدست آورد. در هر دو مثال رنگ هم

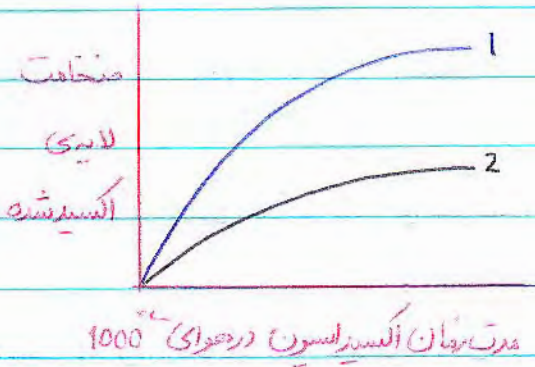


کاملاً مشخص کننده است.

اما اگر گرافیت داشته باشیم، گرافیت سوخته و از بین



می رود. پس این معیار برای گرافیت به کار نمی رود.



مقاومت اکسیداسیون روی بهتر است.

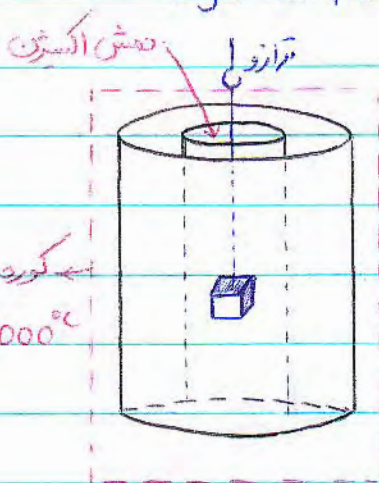
2- تغییرات وزن: بسته به نوع ماده وزن کم یا زیاد می شود:



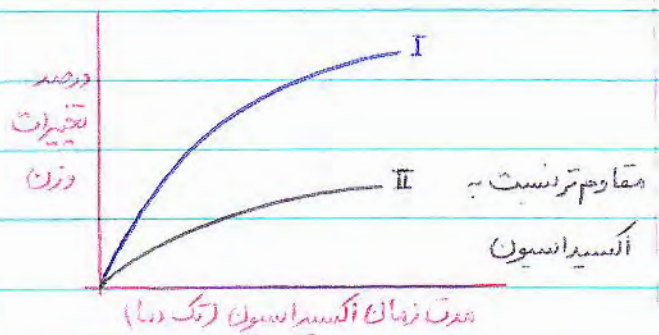
زیاد می شود:



کم می شود:



"اکسیداسیون ترک دما": دستگاه TG(A)



در دیگر گاز MgO-C ممکن است Al (آلی اکسیدان) هم وجود داشته باشد در نتیجه

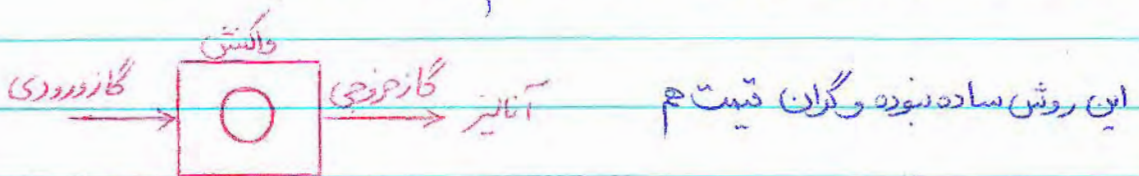


معیار دوم جراب نسی دهد چون در مورد  $MgO - C$  کاهش وزن و در مورد  $Al$  افزایش

وزن داریم

3- آنالیز گازهای خروجی :

هوای اربابی معین وارد می کنیم و از نسبت دیگر خارج می شود و آنالیزی شود



می باشد. مثلاً با میزان اندازه گیری  $CO$  و  $CO_2$  می توان محاسبه کرد که چگونه ساخته است

جزئیات مربوط به دیگر دانه ها :

{ مقدمه - مواد اولیه - فرایند ساخت - خواص و کاربرد }

\* دیگر دانه های سیلیسی با ترکیب شیمیایی  $(SiO_2)$  :

سیلیس دارای فرم های مختلف بلوری بوده و استحاله های زیادی هم دارد. دو نوع ساختار

بلوری برای آن در نظر می گیرند :

Cristobalite

Tridimite

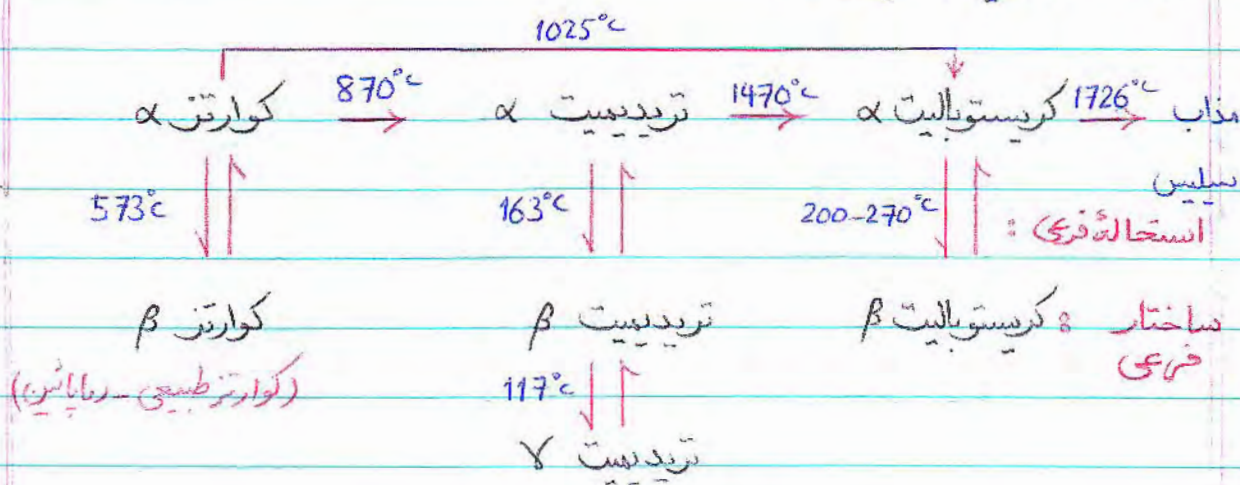
Quartz

اصلی : کوارتز ← تردیمیت ← کریستوبالیت

ساختارهای سیلیسی :

فهرتی

بین ساختارهای اصلی استحالته وجود دارد اما خیلی کند است. زیرا یک ساختار بلوری کاملاً باید تغییر کند. (تغییر اساسی) تا ساختار جدید بوجود آید. این استحالته‌ها در جهت نشان داده شده هستند و یک‌طرفه نیز می‌باشند.



مذاب سیلیس در دمای  $1726^{\circ}\text{C}$  اگر سرد شود به کریستوبالیت  $\alpha$  تبدیل نمی‌شود بلکه به شیشه تبدیل می‌شود. (شیشه‌های سیلیسی: گرانیت)

در استحالته‌های فری نفوذ آنچنانی وجود ندارد؛ ناگهانی و سریع و برگشت پذیر هستند.

و تغییرات اساسی نداریم و فقط جای پیوندها عوض می‌شود.

در طبیعت کوارتز  $\beta$  داریم. در دمای  $573^{\circ}\text{C}$  بطور سریع به کوارتز  $\alpha$  تبدیل می‌شود.

در دمای  $870^{\circ}\text{C}$  خیلی آرام و به سختی به تریدیمیت  $\alpha$  تبدیل می‌شود. در دمای بالاتر



یعنی  $1025^{\circ}\text{C}$  کوارتز  $\alpha$  به کریستوبالیت  $\alpha$  نیز تبدیل می‌شود. در دمای  $1470^{\circ}\text{C}$ ، تردیدیت  $\alpha$

به کریستوبالیت  $\alpha$  تبدیل می‌شود. با افزایش دما ممکن است هر سه‌ی این تبدیل‌ها را با هم

داشته باشیم. بین ساختارهای فرعی، استحالتهای نداریم. ساختارهای این بلورها معلوم است.

④ اگر دیرگداز سیلیسی بخواهم، کدامیک مطلوب‌تر است؟

این استحالتهای با تغییر حجم همراه است. این تغییرات هرچه سریع‌تر و ناگهانی‌تر هرچه

بیشتر باشد، خطرناک‌تر است.

استحالتهای اصلی مشکلی را بوجود نمی‌آورند چون کند هستند و برگشت پذیر هم نمی‌باشند یعنی

اگر در کوره گرم شوند و بعد بیرون بیایند دوباره برگشت نمی‌کنند. استحاله وقتی که ناگهانی باشد و

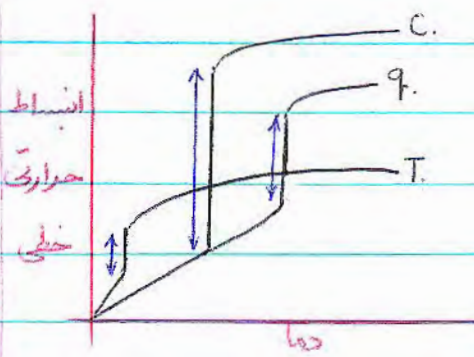
برگشت پذیر و دارای انبساط حرارتی بالا هم باشد خطرناک‌تر است چون شوک حرارتی بیشتری ایجاد

می‌کند. انبساط ناشی از استحالتهای اصلی زیاد است اما خطری ندارد چون کند است.

دیرگدازها مونتج گرم کردن ناگهانی کمتر شوک می‌بینند تا سرد کردن ناگهانی.

استحاله‌های فرعی ناگهانی، برگشت پذیر و سریع هستند. استحالتهای فرعی در برطانیه

کریستوبالیت انبساط بیشتری دارد و ناگهانی هم هست. [در دمای نزدیک  $200^{\circ}\text{C}$ ]



مطابق نمودار روبرو مشاهده میشود که تردید بیشترین

انبساط ناشی از استحاله را دارد. نتیجه تردید نیست

برای دیگر گذاری مناسب تر است. چون تغییرات کمتری

دارد. بنابراین تمایل داریم دیگر گاز سیلیسی انتخاب کنیم که در آن فاز تردید بیشترین باشد

اما مشکلی وجود دارد: کوارتز  $\beta$  را چگونه به تردید تبدیل کنیم. با اجزای دادن حلالی طول

می کشد؟ راه دیگری دارد که بعداً بررسی می شود

دیگر گازهای سیلیسی:

بالای 95٪ سیلیس دارند. هر چه خلوص بالاتر باشد، گران تر است.

مواد اولیه:

سیلیس در طبیعت (Si) بیشترین عنصر است. و بصورت ترکیبات سیلیکاتی (معدنی) وجود

دارد: رس، زیرکون، سیلیکات آلومینوم. اما بصورت آزاد هم وجود دارد. این سیلیس در طبیعت

بصورت تخته سنگ های سیلیس است.

۱- بیشتر از کوارتزیت استفاده می کنیم. که یک ماده سیلیسی است در زیر میکروسکوپ بصورت



مقابل است :



دانه‌های کوارتز در حد میکرون توسط زمینه‌ی آمورف احاطه

شده است. هر یک به سیلیس آمورف است. بصورت شدیدتر

رس است. (سیلیکات آلومینوم :  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) .  $Al_2O_3$  در

دیگر دانه‌های سیلیسی نسیم است اما می‌توان  $Al_2O_3$  را شست و شو کرد. اگر دیگر دانه‌ها راحت

خرد شود، رس است اما اگر سخت بود یعنی رس ندارد.

کوارتزیت خوب است چون : دانه‌ی کوارتز ریز بوده و فاز آمورف زمینه داریم که این کمک

می‌کند به تبدیل کوارتز به تری‌سیمیت. اما اگر از تخته سنگ‌های کوارتز استفاده کنیم تبدیل

کوارتز به تری‌سیمیت مشکل می‌شود. پس مواد اولیه کوارتزیت است علاوه بر میرالانیز.

2 - میرالانیز :  $CaO$  به میزان کم. در نتیجه درصد اصلی همان کوارتزیت است.

میرالانیز علاوه بر اینکه تبدیل کوارتز به تری‌سیمیت را تسهیل می‌کند نقش دیگری هم دارد.

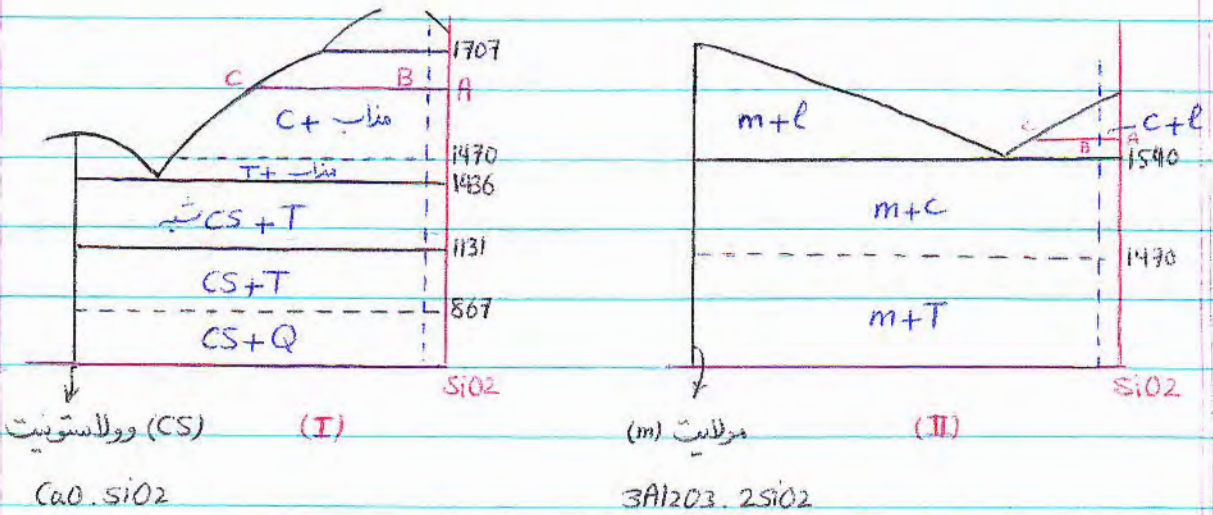
درصد  $Al_2O_3$  خیلی خیلی کمتر از یک درصد است در صورتیکه درصد  $CaO$  بین 2 تا 3

درصد است چرا  $Al_2O_3$  برای دیگر دانه‌ها ضرر دارد؟

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> درصد دیگری را شدیداً کاهش می‌دهد. چون فازهای مذاب بوجود می‌آورد.

واقع فازهای با درگیری کم بوجود می‌آید. علت برمی‌گردد به دیاگرام فاز سیلیس و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

می‌خواهیم 1٪ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و 1٪ CaO را در دیاگرام بررسی کنیم.



اگر برای 99 یا 98 درصد SiO<sub>2</sub> در دیاگرام خلی رسم کنیم:

در نمودار I:

در 1600°C در نمودار II:

$$\%l = \frac{AB}{AC} \times 100 \sim \frac{100}{30} \%$$

$$\%l = \frac{AB}{AC} \times 100 \sim \frac{100}{6} \%$$

پس در 1600°C در نمودار SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> فاز مذاب بیشتری پیش بینی می‌شود. پس درگیری

را کاهش می‌دهد. پس اولاً مقدار مذاب زیاد است و ثانیاً افزایش فاز مذاب با افزایش دما خیلی

شدیدتر است. پس Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> خطرناک تر است.



مذاب در  $CaO - SiO_2$  ویسکوزتر است تا در مذاب در  $Al_2O_3 - SiO_2$  پس دیگر گاز

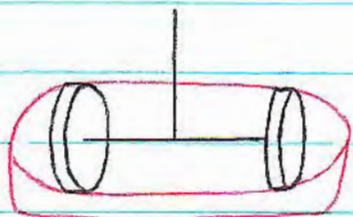
در  $Al_2O_3 - SiO_2$  بدتر می شود. هرچه ویسکوزتر باشد دیگر گازی را کمتر پاشی می آورد.

به این طریق نیاز به تست کردن نبوده و از طریق دیگر گرام پیش بینی می کنیم.

فرایند ساخت دیگر دانه های سیلیسی:

عدد تا از پیمس خشک استفاده می کنیم (روش شکل دادن) پودر مواد اولیه را با هم مخلوط کرده

و از کوارتز شسته شده استفاده می کنیم. به پودر کوارتزیت شسته شده  $CaO$  اضافه می کنیم



و آنرا در  $edge\ runner$  یا  $pan\ mill$  قرار می دهیم.

$CaO$  را بصورت دوغاب استفاده می کنند: آب +  $CaO$

و سریع در این سیستم می ریزند. نتیجه با پودر کاملاً مخلوط می شود. با اضافه کردن  $CaO$  تا

حرکتی دیگر گازی کاهش می یابد اما مزایای زیادی دارد. بعد پیمس هیدرولیک می کشد. پیمس

کردن دانه بندی اولیه خیلی مهم است.

با عبور پودر از چند مرحله الک، این

دشت 1-3 mm

متوسط 500-1000  $\mu m$

ریز 100-500  $\mu m$

دانه بندی

دانه بندی ها را جدا می کنیم.

باید بررسی کنیم که چه توزیعی از این دانه بندی ها، ارزش بگیریم تا دیگر دانه متراکم تر نشود. هر چه

تراکم بالاتر، بهتر.

$$\text{درصد ذرات ریزتر از } a = \frac{a^n + a_{\min}^n}{a_{\max}^n + a_{\min}^n} \quad 0.2 < n < 0.8$$

فرمول آندریان

$n$ : وابسته به شکل، دانسیته، مورفولوژی و ...

از این فرمول معلوم می شود، از هر دانه بندی چقدر داریم. این فرمول در هر سه مورد کاربرد دارد.

و استفاده می کنیم.

بعد از پوس کردن و خشک کردن، زینتر می شود.

⇐ پورکوارتزیت شسته شده، دانه بندی شده (توزیع انواع دانه بندی ها)

تا اینجا برای انواع دیگر دانه ها مشابه است.

در حلهای پخت است که برای دیگر دانه ها متفاوت است. بقیه مراحل برای دیگر دانه ها

86 . 8 . 7

مشابه همین است.

وقتی دما را کم کم زیاد می کنیم تقریباً بالای  $100^\circ\text{C}$  آب های قطعه خارج می شود یعنی رطوبت

حذف می شود. در دمای حدود  $300 - 400^\circ\text{C}$ ، چسب های آلی می سوزد و از سیستم خارج می شود.



این چسب سولفید لای نام دارد. با خروج چسب، استحکام افت پیدا می‌کند. هم چنین با

حذف آب نیز افت استحکام داریم؛ زیرا رطوبت از  $Ca(OH)_2$  خارج می‌شود. مثل سیمان که

اگر حرارت ببیند استحکام خود را از دست می‌دهد و به همین دلیل سیمان با آب دادن محکم می‌شود

در دمای  $500^\circ C - 450^\circ C$  واکنش معادل روی می‌دهد:

$$Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O \uparrow$$

در  $573^\circ C$  واکنش  $\alpha \rightarrow \beta$  رخ می‌دهد (کوآرتز  $\alpha \rightarrow$  کوآرتز  $\beta$ )

علاوه بر این انبساط ناشی از استحکام هم داریم. در دمای  $600 - 700^\circ C$ ،  $CaO$  با  $SiO_2$  واکنش

می‌دهد و فازهای سیلیکات کلسیم غنی از کلسیم بوجود می‌آید. زیرا در ابتدا  $SiO_2$  کمتری با  $CaO$

واکنش می‌دهد و با افزایش دما،  $SiO_2$  بیشتری وارد فاز شده و به سمت غنی از سیلیس می‌رود.

در دمای حدود  $1200^\circ C$  (فازی) مذاب نشیبه و ولادستونیت بوجود می‌آید (شبه  $CaO \cdot SiO_2 (CS)$ )

قبل از به اشباع رسیدن کوآرتز، تردی به اشباع می‌رسد. بنابراین مذاب از دید تردی به اشباع

اشباع رسیده اما از دید کوآرتز به اشباع نرسیده است. پس  $SiO_2$  به شکل تردی به اشباع رسوب می‌کند

و  $SiO_2$  به شکل کوآرتز حل می‌شود. تردی به اشباع تشکیل شده مورفولوژی سوزنی دارد.

با افزایش دما تا حدود  $1300^\circ C$ ، کوآرتز مستقیماً به کریستوبالیت تبدیل می‌شود. در بالای  $1400^\circ C$

دیگداز زینتر می شود. چون مقدار مذاب زیاد شده و ویسکوزیته به حدی رسیده است که منجر به زینترینگ شود. فازهای نهائی عبارتند از: تردیتمیت، کوارتز، کریستوبالیت و فازهای سیلیکات کلسیمی مثل وولاستونیت.

در حین سرد کردن مذاب، سیلیکات کلسیمی باوره می شود. این ترکیبات تمایلی به بلور شدن ندارند و بصورت آمورف (شیشه) هستند. این آمورف سیلیکات کلسیم است.

با این فازهای نهائی عبارتند از: تردیتمیت (50 درصد)، کوارتز، کریستوبالیت، فاز شیشه، فازهای سیلیکات کلسیم بلوری مثل وولاستونیت.

### خواص دیگدازهای سیلیسی :

1- دیگدازهای ارزان تری هستند. فرایند ساخت آن ها ساده تر و مواد اولیه ی آن ارزان تر است و هم چنین در دسترس هم هست.

2- در مقایسه با دیگر دیگدازها دانسیته ی کمتری دارد. (سبک تر است). دیگداز هر چه سبک تر باشد بهتر است چون فشار کمتری به دیگدازهای زیرین وارد می کند.

3- استحکام این دیگدازها در دمای اتاق خوب است. چون فاز تردیتمیت که تشکیل می شود به



شکل سوزنی است و مانند کامپوزیت عمل می‌کند. در نتیجه استحکام بالا است.

4- استحکام گرم این دیرگدازها نیز بالاست (دیرگدازی بالا). فاز مذابی که بوجود می‌آید و سیگور

است (سفت است) و نقطه ذوب نیز بالاست و ماده‌ی مذاب از تداخل بیرون نمی‌آید و بیرون

آن باقی می‌ماند؛ مثل یک تکه‌ای که آب را در خود نگه می‌دارد. یعنی دیرگداز دفرمه نمی‌شود.

از جهت دیگر هم استحکام گرم دیرگدازهای سیالین بالاست. بطوریکه تا نزدیک‌های نقطه‌ی ذوب

هم می‌تواند استفاده شود البته اگر خلوص بالا باشد. علت این است که فاز تردیست وجود دارد.

و شبکه‌ی به هم پیوسته‌ی ذرات سوزنی وجود دارد و برای تردیست تا نزدیک‌های ذوب انعطاف نمی‌آید.

5- شوک پذیری: شوک پذیری دیرگدازها را باید در دماهای خاصی در نظر گرفت. این دیرگدازها دارای

شوک پذیری عالی در دمای بالای  $600^{\circ}\text{C}$  و شوک پذیری خیلی ضعیف در دمای زیر  $600^{\circ}\text{C}$  هستند.

چون اکثر استحاله‌ها در زیر  $600^{\circ}\text{C}$  وجود دارد و این استحاله‌ها شوک پذیری را کاهش می‌دهند.

گروه: 1- پیوسته: در یک قسمت دما ثابت است. 2- بطور دائم دما بالا و پائین می‌رود.

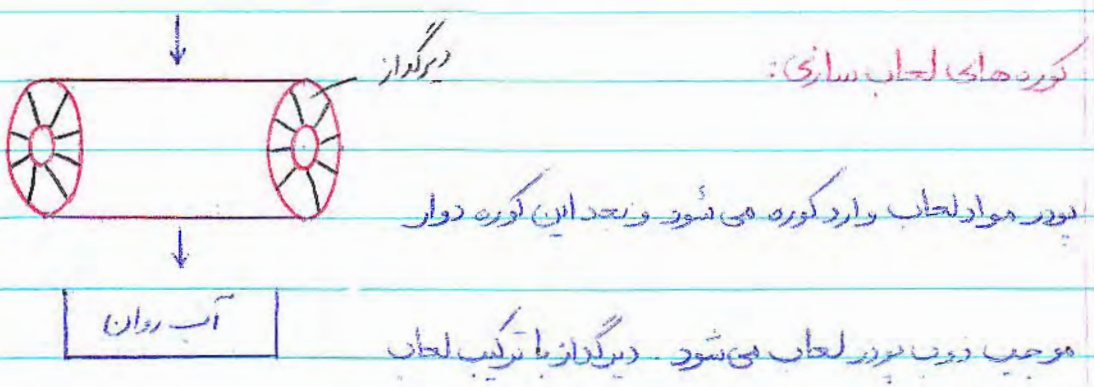
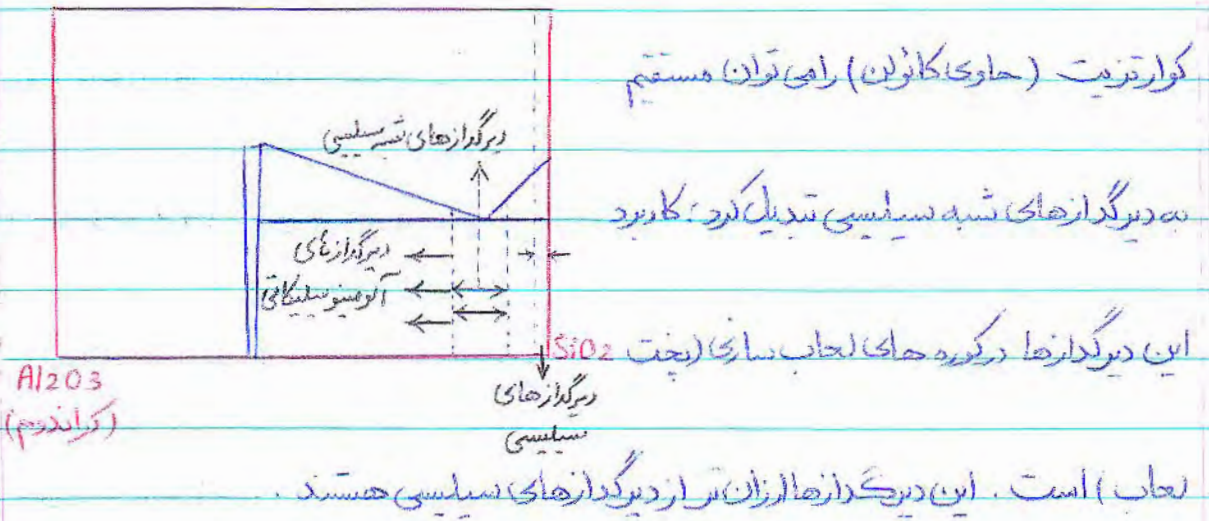
شیشه‌های کوارتزی ( $\text{SiO}_2$  خالص) دارای ضریب انبساط حرارتی خیلی کم هستند. (دیرگدازهای

سیالینی به مقدار ناخالصی علی‌الخصوص  $\text{Al}_2\text{O}_3$  خیلی حساس هستند.

فاکتور استحکام به وزن برای دیرگدازها خیلی مهم است. در این مورد دیرگدازهای سیلیسی مفید هستند. مهم ترین خاصیت این دیرگدازها از لحاظ شیمیایی مقاومت در برابر خوردگی است در برابر مذاب های اسیدی. { مقاومت به خوردگی بسیار بالا در برابر مذاب های اسیدی }

**کاربرد دیرگدازهای سیلیسی :**

با پیشرفت تکنولوژی استفاده از دیرگدازهای سیلیسی محدود شد. در گساری، ذوب نشیبه از دیرگدازهای سیلیسی استفاده می شود. (گروه های مذاب نشیبه در قسمت فوقانی)





واکنش داده و فاز مذاب و سگور و چسبندگی روی سطح دیگران بوجود می آید و جلوی خوردگی بیشتر

را می گیرد. لعاب یک جور شیشه است. عمده‌ی مواد اولیه  $SiO_2$  است. مذاب ایجاد شده در

کوره وارد آب در جریان شده و اصطلاحاً frit می شود.

لعاب یک جور اسید محسوب می شود و ماده‌ی اصلی آن  $SiO_2$  است.

### دیگر دانه‌های آلومینوسیلیکاتی:

این دیگر دانه‌ها، یک نوع نیستند و یک دسته دیگر دانه هستند.

مقدمه - مواد اولیه - فرایند ساخت - خواص - کاربرد

تقسیم بندی دیگران: (بر اساس درصد  $Al_2O_3$  تقسیم بندی می شوند)

1- شاموتی (خاک نسوز) : 25-45%

2- سیلیمانیتی - کیماتی - آندالوزیتی : 45-65%

3- مولادیت : 65-75%

4- بوکسیتی : 75-90%

5- کوراندومی : 90-95%

از یوتکتیک و از سمت راست، این دیگر دازه‌ها شروع می‌شوند.

### مواد اولیه:

1- خاک‌های نسوز رسی: خاک‌های رسی که آلومینای بلالائی دارند، خاک‌های نسوز نام

دارند. سردسته‌ی این خاک‌ها: کائولن (کائولینت)  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

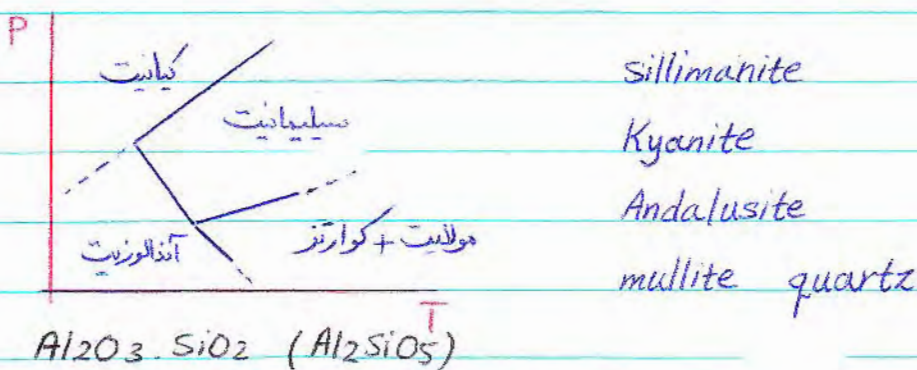
2- سیلیسانیت - کینایت - آندالوزیت: این‌ها فرم‌های مختلف یک ماده هستند:

$Al_2O_3 \cdot SiO_2$  یعنی نسبت مولی یکسان بین  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$ . این چنین ناری دریاگرام

دیده نمی‌شود و در دریاگرام فقط مولایت داریم. ترکیب فوق تعادلی بوده و پایدار هم می‌باشد پس چرا

دیگرام نیست؟ علت این است که این ذرات در فشار بالا بجزوی می‌آیند (اما دریاگرام فوق در فشار

یا 1atm رسم شده است.) و بهمان صورت هم باقی می‌مانند.



کینایت در فشار بالا بجزوی می‌آید و نتیجه بیشترین دانسیته را نیز دارد. (3.5 - 3.6)



دانشیهی آندالوزیت : 3.2-3.1 دانشیهی سیلیمانیت : 3.24-3.1

دانشیهی مولایت : 3.02

وقتی دما بالا و فشار پائین آید، کیمایت به مولایت تبدیل می شود.

3- بوکسیت : به مجموعه ای از مینرال های آب دار هیدروکسید آلومینوم می گویند.

هیدروکسید آلومینوم ساختارهای بلوری زیادی دارد. اگر بوکسیت را حرارت دهیم، آب از

دست می دهد و به آلومینا تبدیل می شود ( $Al_2O_3$  - کوراندوم)

آیا کوراندوم در طبیعت وجود دارد؟ خیر.  $Al$  در معادن بصورت یاقوت سرخ وجود دارد در

منجبه کوراندوم طبیعی نیست و سنتزی می باشد.

در آلومینا اگر کمتر از 1 درصد کروم باشد از رنگ سفید به سرخ تبدیل می شود (یاقوت). آلومینا

مهم ترین ماده کی سرمایه کی است

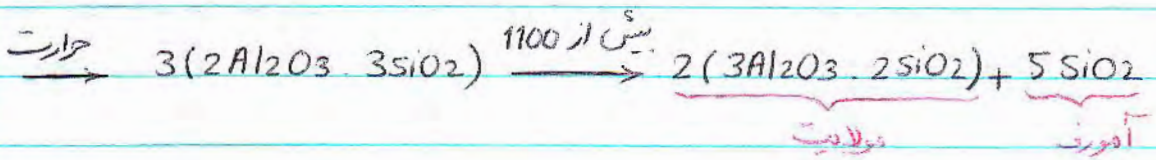
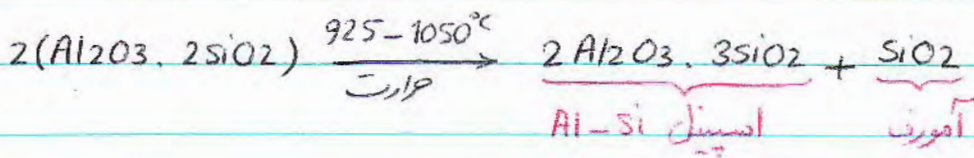
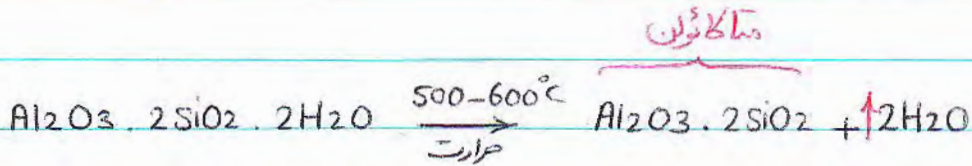
4- مولایت : در طبیعت به مقدار محدود وجود دارد. مولایت بصورت معدنی استحصال نمیشود.

ماده ای سنتزی است. ترکیب مولایت :  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

اگر  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  را حرارت دهیم به مولایت تبدیل می شود اما این کار را نمی کنیم چون

اولاً به حرارت زیادی نیاز داریم ( $1500^{\circ}\text{C}$ ) و ثانیاً آلومینا گران است. در نتیجه از کائولین استفاده

می‌کنیم:



هنوز فعال است و می‌تواند در حضور  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در  $1100^{\circ}\text{C}$  بالاتر، به مولایت تبدیل شود.

بالاتر از  $1200^{\circ}\text{C}$ ،  $\text{SiO}_2$  (آمورف) به  $\text{SiO}_2$  (کریستالین) تبدیل می‌شود.

در نتیجه با حرارت دادن کائولین به مولایت رسیدیم. اما  $\text{SiO}_2$  آمورف است. اگر معادل این

$\text{SiO}_2$  ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  اضافه کنیم البته با در نظر گرفتن نسبت‌های مولی، دوباره این  $\text{SiO}_2$  واکنش

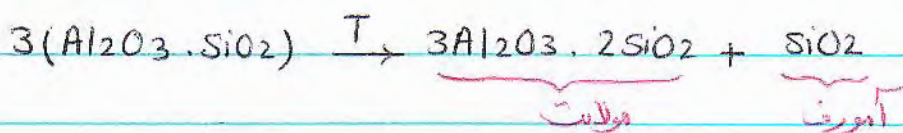
دارد و مولایت بر جود می‌آید. با این حال دو نوع مولایت داریم.

{  $\frac{3}{2} \text{SiO}_2$  باید  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (مول) همان اول اضافه کنیم این  $\text{Al}_2\text{O}_3$  می‌تواند بصورت

بوکسیت باشد }



راه دیگر تولید مولایت استفاده از کینایت، سیلیمانیت یا آندالوزیت است. چون نسبت بین  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  در آن ها نسبت به کائولن به مولایت نزدیک تر است. در نتیجه مولایت بیشتری بدست می دهد. کینایت زودتر به مولایت تبدیل می شود. سیلیمانیت از همه کمتر به مولایت تبدیل می شود.



T بستگی دارد به اینکه سیلیمانیت داشته باشیم یا کینایت و یا آندالوزیت.

محدوده‌های دمای مولایت زائی: 1550 - 1625 : سیلیمانیت

آندالوزیت: 1400 - 1500

کینایت: 1100 - 1400

بلل شروع

برای ساختن دیگر گدازهای مولایتی، نمی آیم ماده‌ی اولیه را بوکسیت و سیلیمانیت، کینایت و

آندالوزیت در نظر بگیریم تا در کوره خود به خود مولایت تشکیل شود چون به این ترتیب در کوره

انبساط حرارتی زیادی به دیگر گداز تبدیل می شود. در نتیجه دیگر گداز سالم از کوره بیرون نمی آید.

برای همین مولایت را بعنوان ماده‌ی اولیه مصرف می‌کنیم.

در همین مورد در دیگر دانه‌های کورانده‌ی از کورانده‌ی استفاده می‌کنیم نه اینکه بوکسیت را در کوره

قرار دهیم. چون در این صورت یک قسمت از دیگر دانه‌ی پرت می‌شود (رطوبت درون بوکسیت)

و دیگر دانه‌ی زمین می‌رود و کورانده‌ی تولید شده دارای تخلخل زیادی است.

86.8.14

پادآوری.

دیگر دانه‌های آلومینوسیلیکاتی:

شاموتی (خاک نسوز) - سیلیمانیتی، کینیتی، آندالوزیتی - مولایتی - بوکسیتی - کورانده‌ی

در مورد فرایند ساخت شاموتی:

اگر مواد اولیه (میزان) را با هم پرش کنیم، در مرحله‌ی پخت در اثر انبساط‌های حرارتی به مشکل

بری خواهیم خورد. در نتیجه، مواد اولیه را از قبل حرارت می‌دهیم تا تمام تغییر طول‌هایشان را داده باشند.

در نتیجه در کنار مواد اولیه‌ی اصلی، مواد اولیه‌ی خنثی خواهیم داشت و با این کار بخشی از تغییرات ابعادی

را حذف کرده ایم.

مثال. برای دیگر دانه‌ی شاموتی از سه نوع خاک رسی استفاده می‌کنیم که هر صد سیلیس متفاوتی دارند.



این مواد اولیه را دانه بندی کرده، پرس کرده، خشک کرده و حرارت می دهیم (قبلاً گفته شده است)

اگر کل مخلوط 100gr باشد، مثلاً 20gr آن را در نزدیکی دمای یخ تاجرا اولیه حرارت می دهیم و بعد

دوباره آن را خرد کرده و در کنار 80gr اولیه می گذاریم یعنی یک grog به آن اضافه می شود همان

فرمولاسیون و نسبت را دارد اما انبساط و انقباض های خرد را کرده است. حضور این ذرات

خنثی جلوی ترک را می گیرد. (grog شاموت) فرمولاسیون grog خیلی شبیه به دیگر گاز است.

در شرکت ممکن است یک سری از فرآورده ها بسازند. خود این ها می تواند بعنوان شاموت مصرف

شوند اگر آن ها را خرد کنیم. روش تهیه ی شاموت مثل خرد دیگر گاز است و باید به شکل آجر باشد

اما برای ما مهم نیست ما هم از کوره بیرون می آید یانه.

grog : یک قسمت از مخلوط اولیه را برداشته حرارت داده و بعد در کنار بقیه دوباره استفاده میشود.

برای سیلیسیانیت نیز همینطور است. 30٪ از مخلوط اولیه را بعنوان grog انتخاب کرده و تا

حدود دمای زینتریگ (30 پایش تر) [چون ترکیب آن مثل خود دیگر گاز است] حرارت

می دهیم. قیمت grog از خرد دیگر گاز بیشتر است چون انرژی صرف آن شده است.

کل اگر خشک شود ترک می خورد اما اگر در آن شن یا ماسه باشد از ترک خوردن آن جلوگیری می کند.