

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 پیش‌بینی 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، هیدروکربن‌زدایی 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 تست هائیکه برای دیگران مطرح است، فشاری (CCS) و خمشی (CMOR) میباشد.

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: دیگرانی 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 ، Al₂O₃-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 - کوئیدی

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 - چسترف (چرتسفر) ؛ 1973

۶ - دیرگدازها (انواع، خواص، کاربرد)

۵ - کتاب دکتر نعیمی

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.

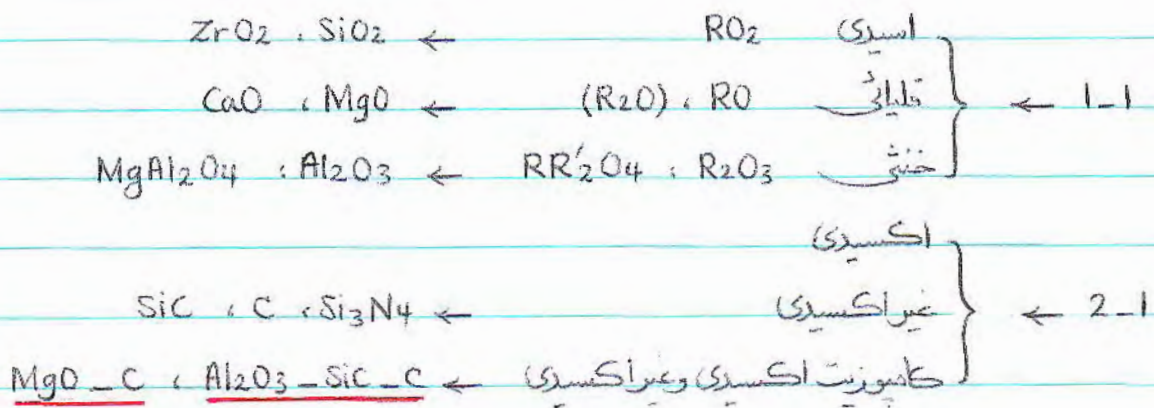
تعریف دیرگزار:

موادیکه بتواند دمای بالاتر از 1500°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 دیگرگذازی 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، پنبه های نسوز، پتو، نمک، بورد (تخته)، (به هر شکل دلخواه در می آیند)

4- طبقه بندی بر اساس تخلخل :

4-1. دس (متراکم) : برای اینکه مذاب وارد دیگرگذاز نشود.

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

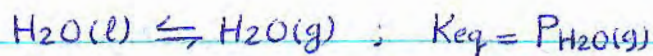
مبانی ترمودینامیکی دیگرگذازا:

ابتدا دیاگرام های فشار بخار تعدادی اجزای 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°C است.



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

پس در 25°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 MgO هم در کوره‌ها در دمای بالا و در اتمسفر خاص مثل آب تبخیر می‌شوند.

در دمای ذوب فولاد مشکلی برای 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 atm فرض می‌کنیم. اگر $C(s)$ هم در سیستم باشد $(O(g))$ و $(O_2(g))$

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 $T = 1800^\circ K$.



$$\text{از رابطه ثابت تعادل:} \quad \log P_{\text{O}_2} = -2 \log K_p$$

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

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

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

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

شد و دیگر گاز $\text{MgO}(s)$ 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 بر روی 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.

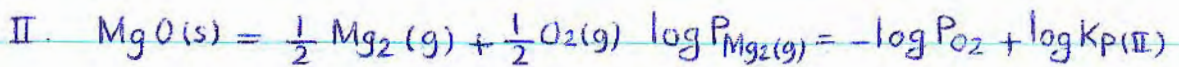


پس $P_{\text{Mg}_2(g)}$ هم مقدار ثابتی است.

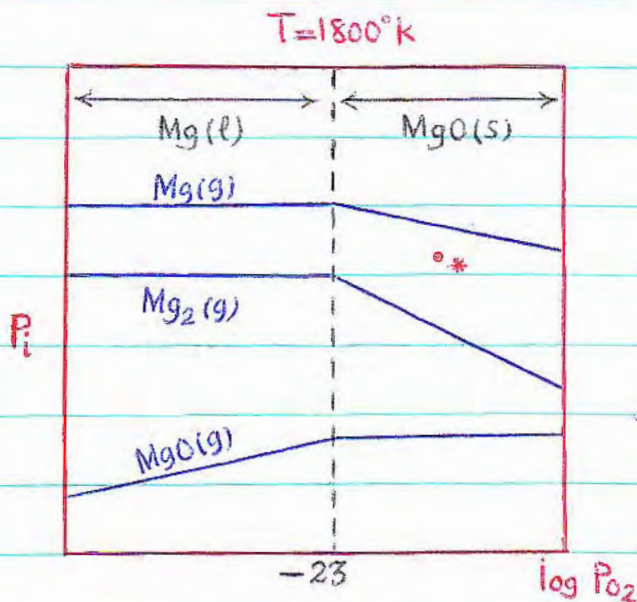


این معادله‌ی یک خط است.

فشاربخار اجزای گازی در مجاورت مادهٔ 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.

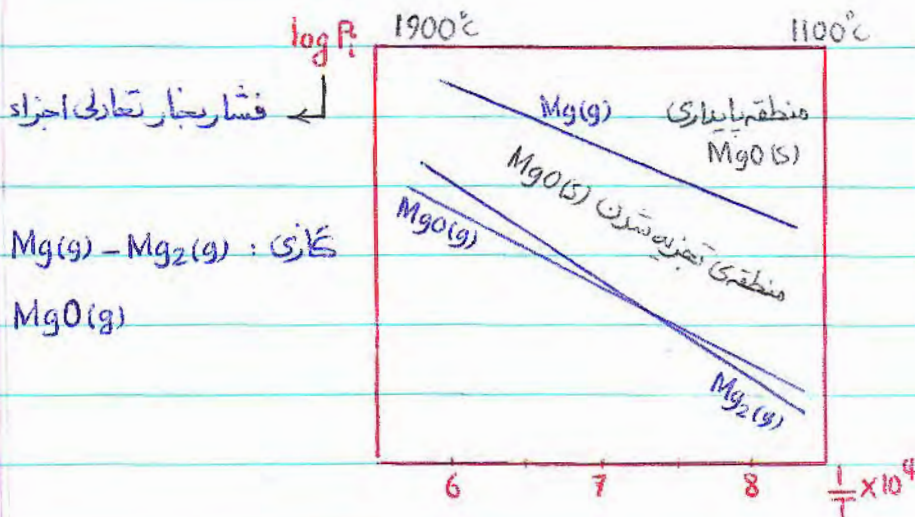
حالت دوم. اگر فشار جزئی اکسیژن را ثابت بگیریم: $P_{O_2} = 10^{-10}$ atm

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 می‌دانیم $\log K_p$ با $\frac{1}{T}$ متناسب است. و البته به گونه‌ای

بودن یا گرمای بودن واکنش هم بستگی دارد.

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

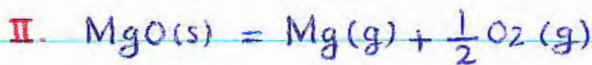
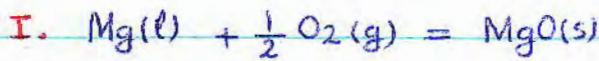


در این مورد نمودار را بر حسب $\log P_i - \frac{1}{T}$ رسم کردیم تا خطی بدست آید.

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

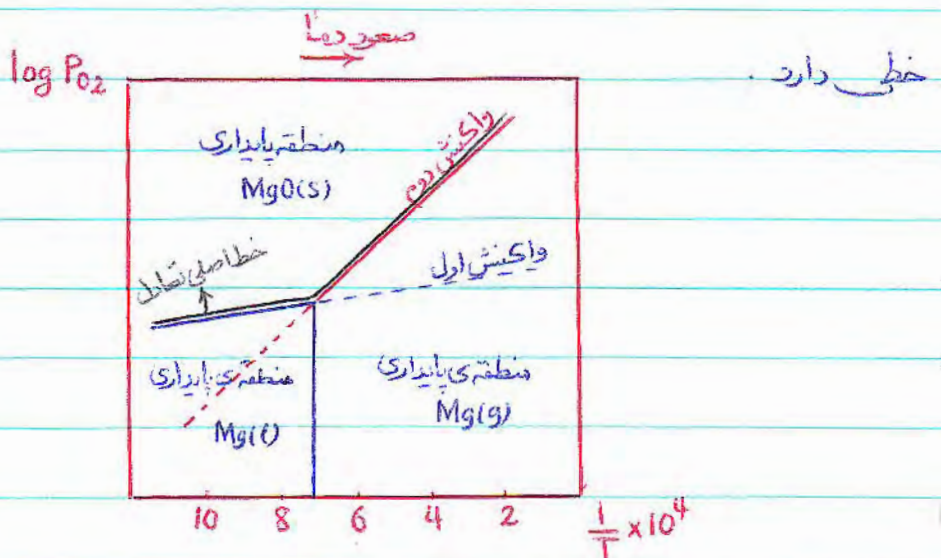
یکی از این دو واکنش‌های برآیند است ، P_{Mg} و P_{O_2} و بقیه‌ی واکنش‌ها به‌روشنی خود



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

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

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



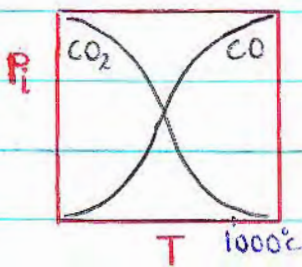
اهمیت این دیاگرام‌ها زمانی یافت می‌شود که کربن نیز به این سیستم اضافه شود و

سه جزئی شود. (Mg-O-C) : دیاگرام‌های متزیرگرافی

وقتی کربن جامد وارد سیستم می‌شود که دمای آن بالای 1000°C است، CO تولید می‌شود نه

CO_2 . بعباری واکنش $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2 = 2\text{CO}(\text{g})$ انجام شده و ذرات سفید کوره CO وجود دارد.

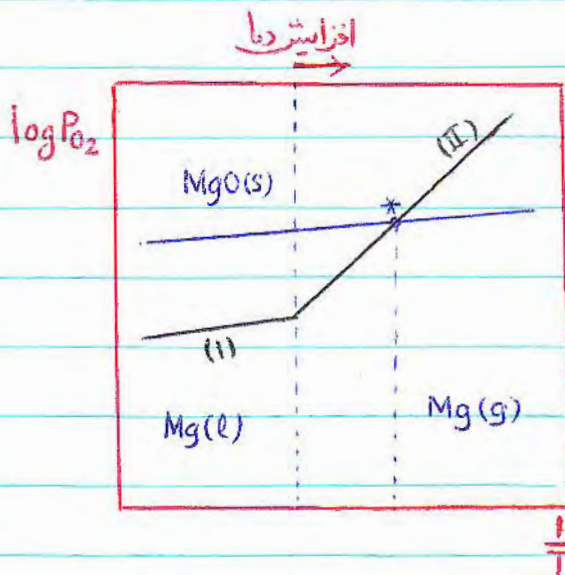
این مطلب از رسم دیاگرام‌هایی مانند دیاگرام زیر فهمیده می‌شود:



در این طورهالتهای فشار جزئی CO

تقریباً 1 atm است. نتیجه P_{O_2} بر

حسب دما رسم می‌شود.



$\frac{1}{1} \times 10^4$

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.

نست چپ نقطه * پایداری MgO را نشان می دهد. بعبارتی:

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

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

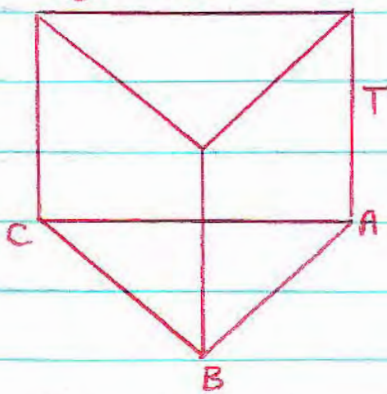
یعنی برای رسم دریا گرام نیاز به 4 بُعد داریم. بنابراین فشار را ثابت می گیریم.

$$\xrightarrow{\text{باعدف فشار}} F = 3 \quad \text{ترکیب } C, B, A - \text{ترکیب } T - B, A \quad P = cte$$

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.

مساوی الاضلاع : $\triangle ABC$



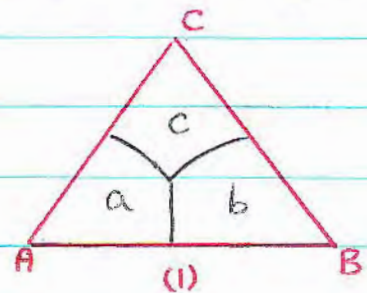
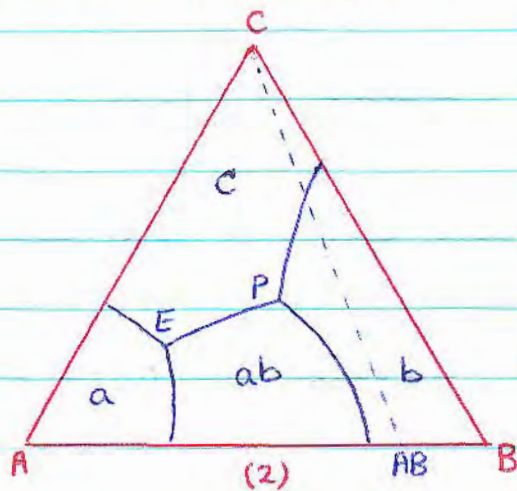
بنواد سه بعدی بصورت زیر خواهد بود :

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 بنایزده ی دو فاز اولیه را که حوزه هایشان با هم

مرز مشترک دارد به هم وصل می کند.

دو حوزه ی a و c ← بنایزده 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

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

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

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

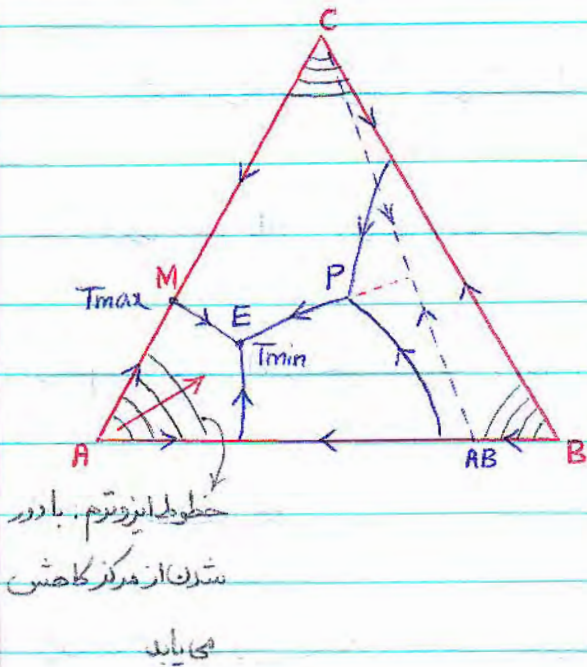
روی مرز * دما از Tmax کاهش می یابد تا به Tmin برسد ← این قانون مسیر

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.



مثلث ترکیبی:

مثلثی 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 بی اجزا داشته باشیم، مثلث های ترکیبی هم زیاد میشود.

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

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 .

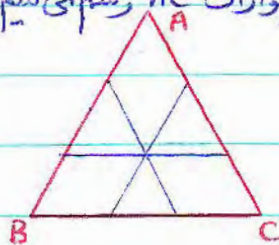
3 - موقعیت ترکیب صورت مسئله را در دیاگرام تعیین می کنیم .

\Leftarrow 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



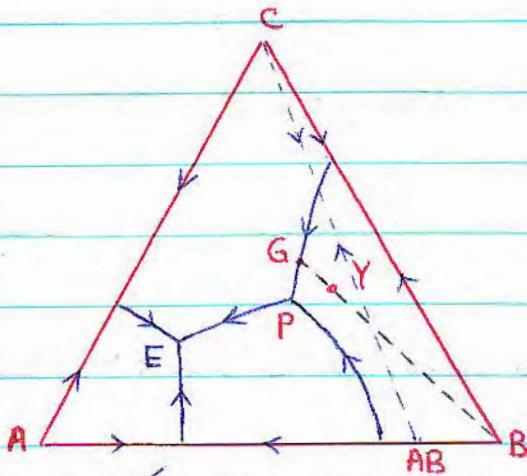
نقطه هم رسند .

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 حد بود. در اینجا $A-C-AB$

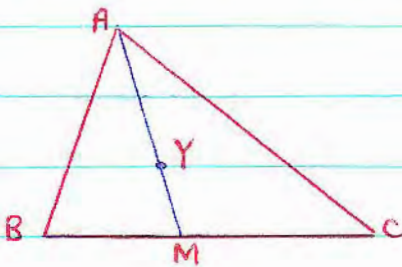
از موقعیت Y در این مثلث می توان میزان

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

1- بر عکس 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 لیکوئیدوس است یعنی مذاب یکنواخت داریم. در همین

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

حوزه‌ی ۲ 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، استحالته‌ای 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 γ روییم (γ^+) : بالای خط لیکوئیدوس هستیم : یک فاز مذاب

داریم . (100٪ مذاب) ترکیب این مذاب همان ترکیب γ است :

25	
40	γ
35	

اگر ۴ درجه پایین تر از γ روییم (γ^-) : روی خط γG هستیم : مذاب داریم بجای کرسیتال های

B که از مذاب جدا می شوند .

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

چون از γ 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 .

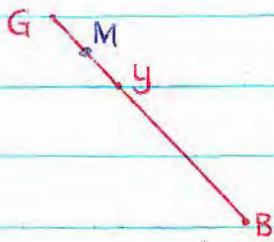
* از γ تا G : روی BG هستیم . یک طرفه نماینده ی کرسیتال های B است و طرف

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

γ^- : از قاعده اهم ← L : 100٪ B : 0٪

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

و B نماینده ی کرسیتال های B و تاکید 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 A 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 می گیریم.

G : G⁺ : دو فاز L و B داریم و مقدار آن‌ها از قانون اهم درست می آید.

$$L : \frac{YB}{GB} \quad B : \frac{YG}{GB} \quad G / \triangle ABC : \text{ترکیب مذاب}$$

G⁻ : روی مسی GP هستیم چون روی هرز 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 می کنیم و خطی

هم به B و مثلث ترکیبی موضعی GBC^A تشکیل می شود. 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 ، ترکیب مذاب هم 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.

$P^+ : P$: روی PG هستیم با مثلث PCB ، مذاب 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 نقطه پایانی است.

اساس و پایداری تست‌های استاندارد مربوط به دیرگزارها:

86.7.16

۱- اندازه‌گیری دمای بالا:

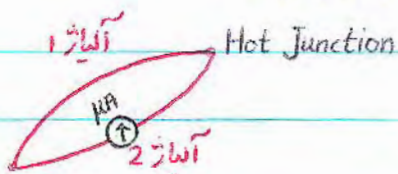
برای اندازه‌گیری دمای بالای $1300^\circ C$ از ترموکوپل استفاده می‌کنیم. ترموکوپل وسیله‌ایست

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

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

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

و منحنی‌های 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.

μV	ΔT
...	...
...	...
...	...

بجاری دو الیازم جنس اند اما درصد آلیاژی متفاوتی دارند.

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

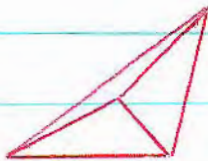
میکنند و بر اساس اینکه هر عنصری در دماهای مختلف طول موج های مختلفی از خود گسیل می کند، کاری کند.

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

در واقع تست دیرگذاری است، اما مدار هم می توان حساب کرد. یک 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 یک ماده
$1000^{\circ}C$	SK022	K, O, NO_2, Mg, \dots	مجموعه، آن را پودر کرده و آن را در قالب مخروط نرگر
$600^{\circ}C$	021	⋮	می ریزیم تا از آن نمونه استاندارد تهیه شود.
$900^{\circ}C$	0.16	⋮	
⋮	0.15a	⋮	
⋮	01a	⋮	
⋮	42	⋮	

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 .

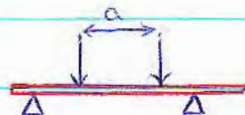
3- تست های اندازه گیری خواص مکانیکی :

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

خشکی و فشاری . دیرگازها استحکام کششی خوبی ندارند .



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



4 نقطه به راحیت نزدیک‌تر است . در 3 نقطه نیروی نزدیک نقطه

مستقر 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 دارنهاسایش 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 جاری 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_{app}: 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_{app}: 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 رانیز 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 ρ_t را داریم. [از جدول] می‌خواهیم بقیه‌ی فاکتورها را بدست آوریم:

1- نمونه را کاملاً خشک می‌کنیم؛ وزن آن را با ترازو می‌سنجیم:

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

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:

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

(هانون ارشمیدس)

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

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

اگر قطعه در آب واکنش دهد، آنرا در نفت 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 کرد:

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 نازک تر باشد، وقت کار

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

می‌آید. مثلاً 49.92 cm^3 .

بعد پورر ماده مورد نظر را به وزن 21.25gr درون ظرف ریخته { پورر 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 پورر بدست می‌آید و با داشتن حجم پورر، هم بدست می‌آید.

* تغلظت نوع و مقدارش در خیلی از پاراسترها از جمله خوردگی تأثیر گذار 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

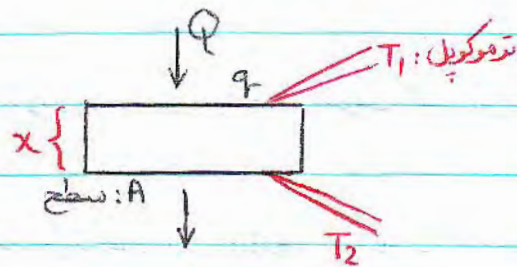
λ or K بیشتر باشد، شوک پذیری حرارتی دیگداز بیشتر می شود. (مقاومت حرارتی بالاتر)

محاسبه λ :

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)



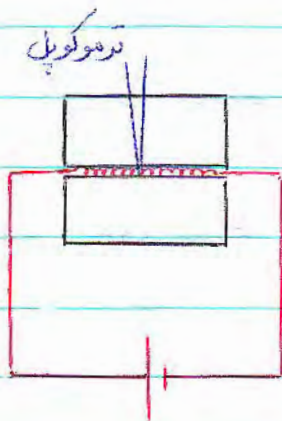
حالت این شرایط دستگاهی وجود دارد که q

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))



دراثر 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

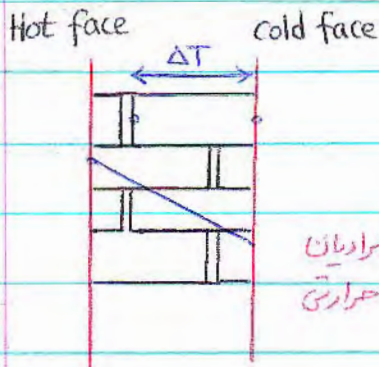
می شود. $t_1 = 5 \text{ min} \rightarrow T_1 = 500^\circ \text{C}$

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

هرچه k بزرگتری داشته باشد ΔT 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 ΔT بیشتر باشد در اجزای شوک حرارتی بیشتری داریم.

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

گرادیان
حرارتی

تشنه 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): (α) . با گرم شدن طول زیاد می شود و با سرد کردن بر می گردد.

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

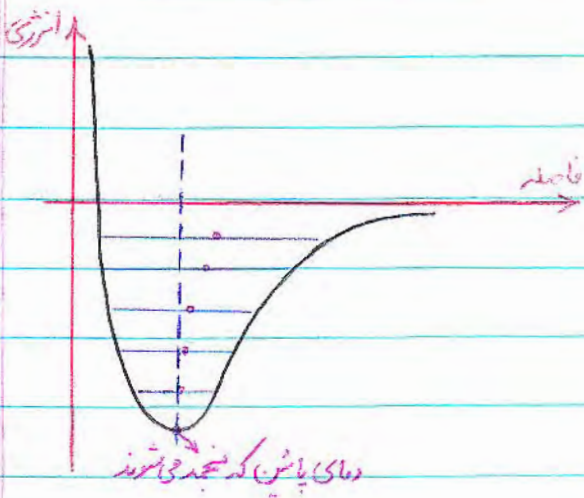
(b) پایدار (برگشت پذیر): (PLC): تغییر طول بر نمی گردد. چه انبساط و چه انقباض.

* 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 هم کمتر است.



منشأ تغییرات ابعادی ناپایدار (α) :

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

(b) استحاله‌ای برگشت پذیر.

(زیرکسیم)

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

منشأ تغییرات ابعادی پایدار (PLC) :

(a) استحاله‌ای برگشت ناپذیر (irreversible transformation)

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

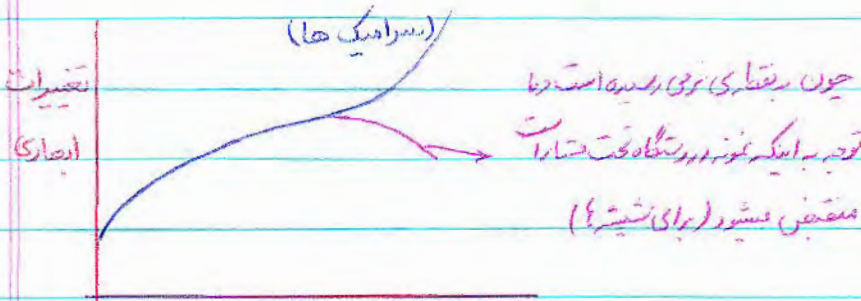
در دمای بالا، زینترینگ :



نوعی 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 : $\alpha \times 10^{-7} (\frac{1}{^{\circ}C})$

[مقایسه شود با دیگر مواد از جمله فلزات]

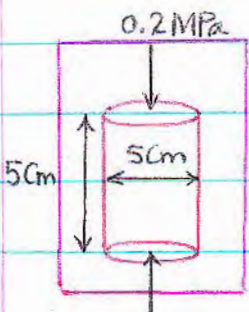
خواص ترمومکانیکی :

* RUL : برگرداری تحت بار (Refractories Under Load)

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

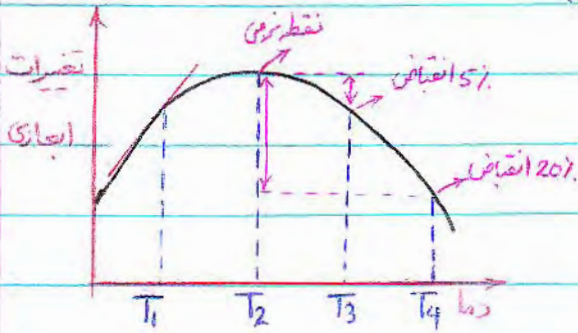
* (گاهی اوقات) استحکام فشاری داغ

: RUL



دموات تغییرات ابعادی - دما تا دمای T_2 [نقطه ذوب] 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 استوار داری های مختلف، T_1 ، T_2 ، T_3 و T_4 در نظر می گیرند و پارامترها که این دماها در آن وجود دارد.

استوار داری 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 هدایتی 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 و 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:

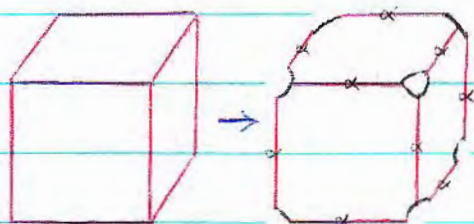
1- مشاهده ترک سطحی: اگر ترک به سطح برسد یعنی ماده شکسته است. اگر این ترک دیده

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 و گرم کنیم، گوشه های آن از بین می رود و

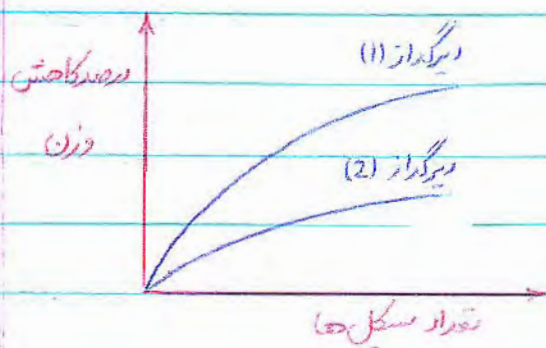


گرد می شود. با تکرار این عمل، لبه ها نیز از بین

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 آن را بنیم (1mm)

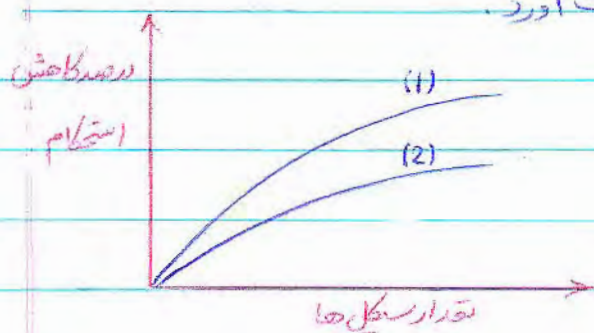
از سطح در عین (اما مسلماً استحکام کاهش یافته است. برای اینکه استحکام ماده را بنیم

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

یا سیال خورنده مثل سرباره های فولادی یا جامد خورنده مثل دو آکسید کربن باشد.

3- هیدراتاسیون

2- اکسیداسیون

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

اکسیداسیون در مورد دیگر دماهای خاص که اکسید می کنند، انجام می شود مثل SiC ، گرافیتی

اما MgO دیگر بیش از این اکسید نمی شود.

هر دیگر گذاری نیز هیدراتاسیون نمی شود. MgO در محیط های مرطوب به Mg(OH)_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 دما 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 بازنمی‌شود.

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.

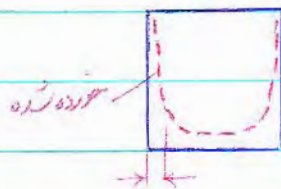
روش های استاتیکی:

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

می‌دهیم. درون ظرف را از چوب سرپاره بکوره 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.



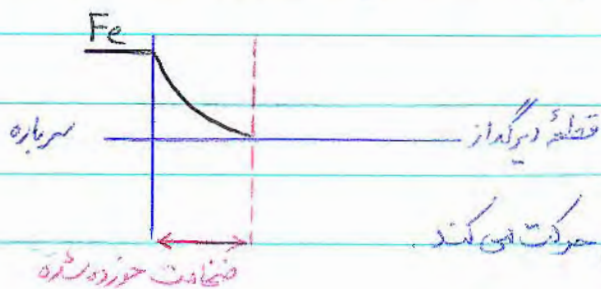
عمق خوردگی: معیار خوردگی

(عمق نمونه سرپاره داخل دیگر گذار)

می‌توان میزان خوردگی را به روش زیر حساب کرد:

عنصری از سرباره را انتخاب می‌کنیم که ضریب نفوذ بیشتری در سرباره دارد یعنی بیشترین خوردگی

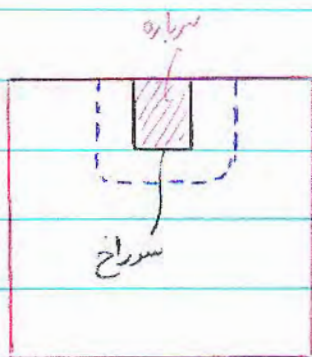
را ایجاد می‌کند. بعد با آن لیز این عنصر در سرباره می‌توان حد خوردگی را حساب کرد مثلاً Fe:



البته خوردگی مشترک هم حرکت می‌کند.

(2) سوراخ در سرباره: با درن حفره‌ای در سرباره ایجاد می‌کنیم و بعد سرباره را بر 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 درگداز 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 وزن، 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)

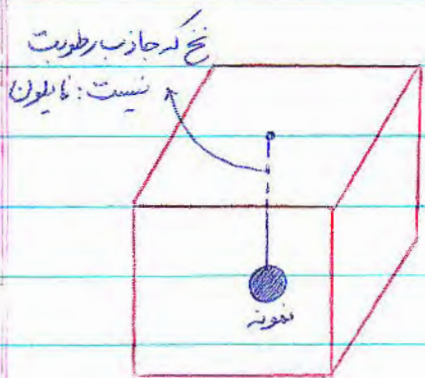
دیگر داره ها در محیطی که به مقدار کمی رطوبت وجود دارد، با رطوبت واکنش داده و هیدراته

می شود : $CaO - MgO$ و Al_4C_3 هیدراته می شوند [به ترتیب شماره گذاری: میا¹]

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

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

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

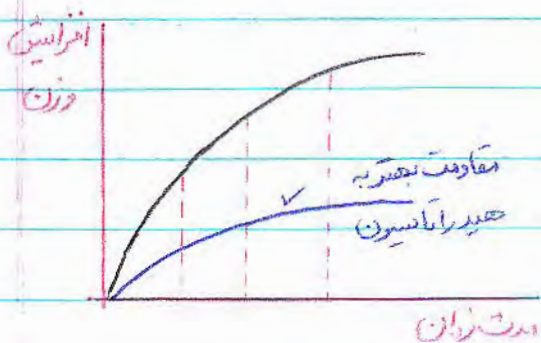


humid chamber محفظه رطوبتی

Hr = 70% رطوبت (relative Humidity)

T = 90°C

بعد از مدتی تغییرات وزن را بدست می‌آوریم.



در اثر هیدراتاسیون وزن افزایش می‌یابد چون:



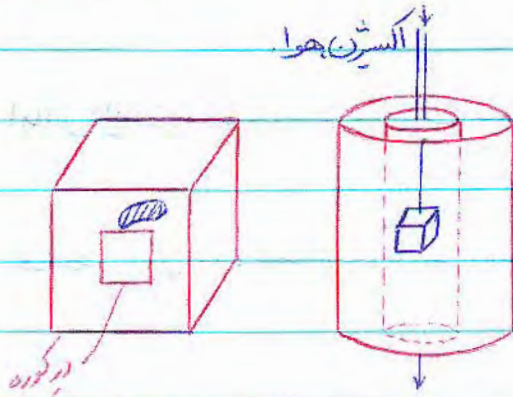
اندازه‌گیری مقاومت در برابر اکسیداسیون :

مانند هیدراتاسیون در مورد همه‌ی دیگرکارها مطرح نمی‌باشد. برای دیگرکارهای غیراکسیدی مهم

می‌باشد. مثل گرافیت (Gr) ، MgO-C ، SiC ، Si₃N₄.

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

اوقات هم CO₂ مثلاً Al₂O₃ بیش از این اکسید نمی‌شود.



برای این تست به کوره نیاز داریم. موارد زیر

هم باید عنوان شود:

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

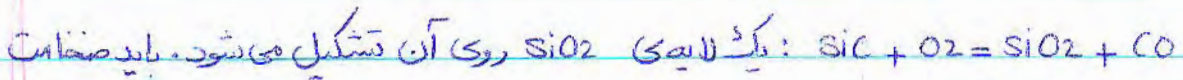
حالا باید معلوم شود چه چیزی را می خواهیم بررسی کنیم.

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

وجود دارد:

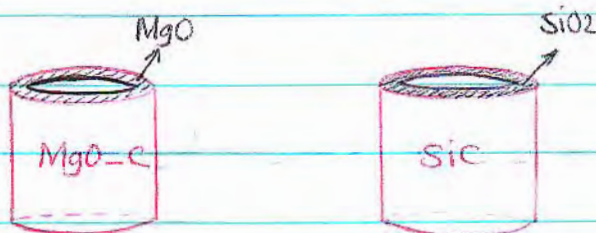
۱- ضخامت لایه ی اکسید شده: در همه جا به کاردهی رود چون بعضی اوقات در یک دوازده

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



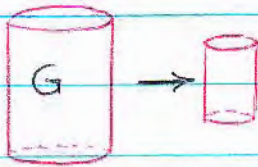
این لایه را بدست آورد. اگر منیزوگرافیتی داشته باشیم $(\text{MgO} - \text{C})$ و اکسید شود، کربن می سوزد

و می رود فقط MgO می ماند و باید ضخامت MgO را بدست آورد. در هر دو مثال رنگ هم

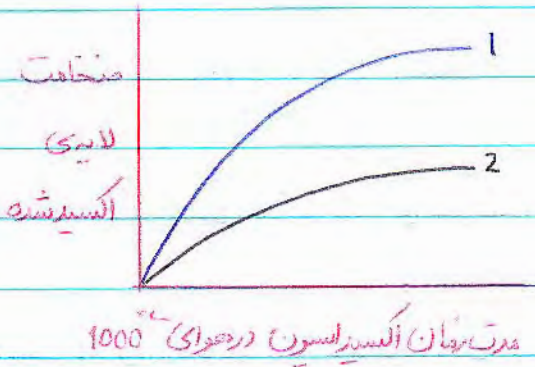


کاملاً مشخص کننده است.

اما اگر گرافیت داشته باشیم، گرافیت سوخته و از بین



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



مقاومت اکسیداسیون دومی بهتر است.

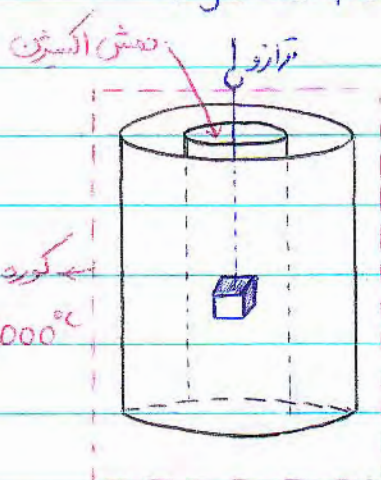
2- تغییرات وزن: بسته به نوع ماده وزن کم یا زیاد می شود:



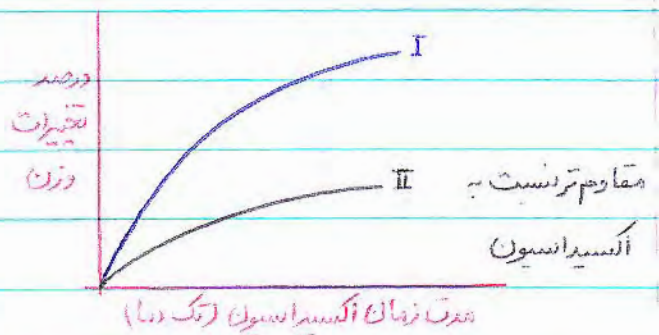
زیاد می شود:



کم می شود:



"اکسیداسیون تنگ دما": دستگاه TG(A)



مقاومت تر نسبت به اکسیداسیون

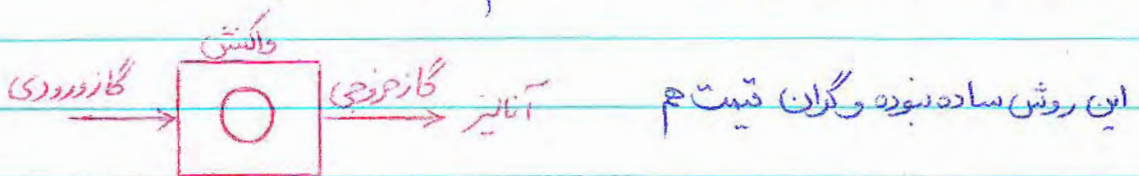
در دیگر گاز $MgO - C$ ممکن است Al (آنتی اکسیدان) هم وجود داشته باشد در نتیجه

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

وزن داریم

3- آنالیز گازهای خروجی :

هوای اباربی معین وارد می کنیم و از سمت دیگر خارج می شود و آنالیزی شود



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

جزئیات مربوط به دیگر دانه ها :

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

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

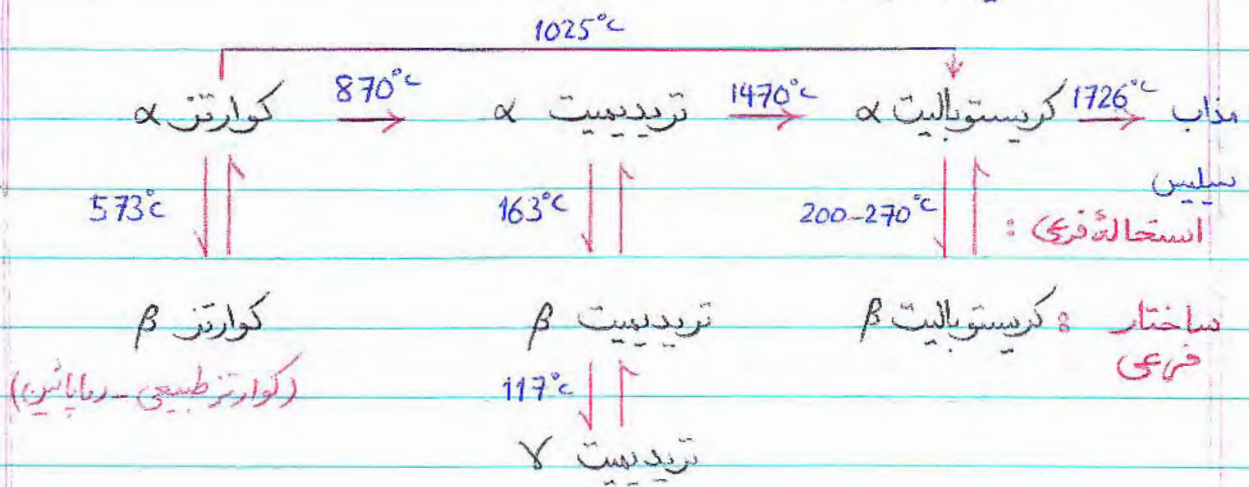
سیلیس دارای فرم های مختلف بلوری بوده و استحاله های زیادی هم دارد. دو نوع ساختار

بلوری برای آن در نظر می گیرند :

Cristobalite Tridimite Quartz

اصلی : کوارتز ← تردیمیت ← کریستوبالیت } ساختارهای سیلیس :
فشرده

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



مزاب سلیس در دمای 1726°C اگر سرد شود به کریستوبالیت α تبدیل نمی شود بلکه به شیشه تبدیل می شود. (شیشه های سلیسی: گران قیت)

در استحالهای فرعی نفوذ آنچنانی وجود ندارد؛ ناگهانی و سریع و برگشت پذیر هستند.

و تغییرات اساسی نداریم و فقط جای پیوندها عوض می شود.

در طبیعت کوارتز β داریم. در دمای 573°C بطور سریع به کوارتز α تبدیل می شود.

در دمای 870°C خیلی آرام و به سختی به تریدیمیت α تبدیل می شود. در دمای بالاتر

یعنی 1025°C کوارتز α به کریستوبالیت α نیز تبدیل می‌شود. در دمای 1470°C ، تردیدیت α

به کریستوبالیت α 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

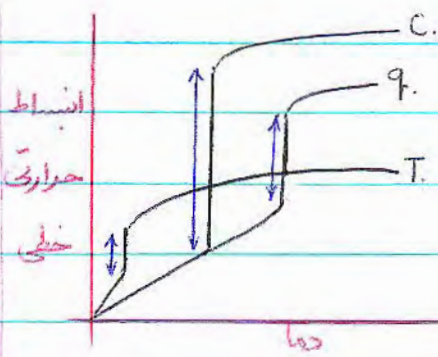
برگشت پذیر و دارای انبساط حرارتی بالا هم باشد خطرناک‌تر است چون شوک حرارتی بیشتری ایجاد

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 یونان

کریستوبالیت انبساط بیشتری دارد و ناگهانی هم هست. [در دمای نزدیک 200°C]



مطابق نمودار رو برو مشاهده میشود که تردید بیشترین

انبساط ناشی از استحاله را دارد. نتیجه تردید نیست

برای دیگرگداری مناسب تر است. چون تغییرات کمتری

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

اما مشکلی وجود دارد: کوآرتز β را چگونه به تردید تبدیل کنیم. با اجزای دادن حلی طول

می کشد؟ راه دیگری دارد که بعداً بررسی می شود

دیگرگدازهای سیلیسی:

بالای 95٪ سیلیس دارند. هرچه 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 کوآرتز 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 ستم است اما می‌توان Al_2O_3 را شست و شو کرد. اگر دیگر دانه‌ها راحت

خرد شود، رس است اما اگر سفت برد یعنی رس ندارد.

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

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

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

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

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

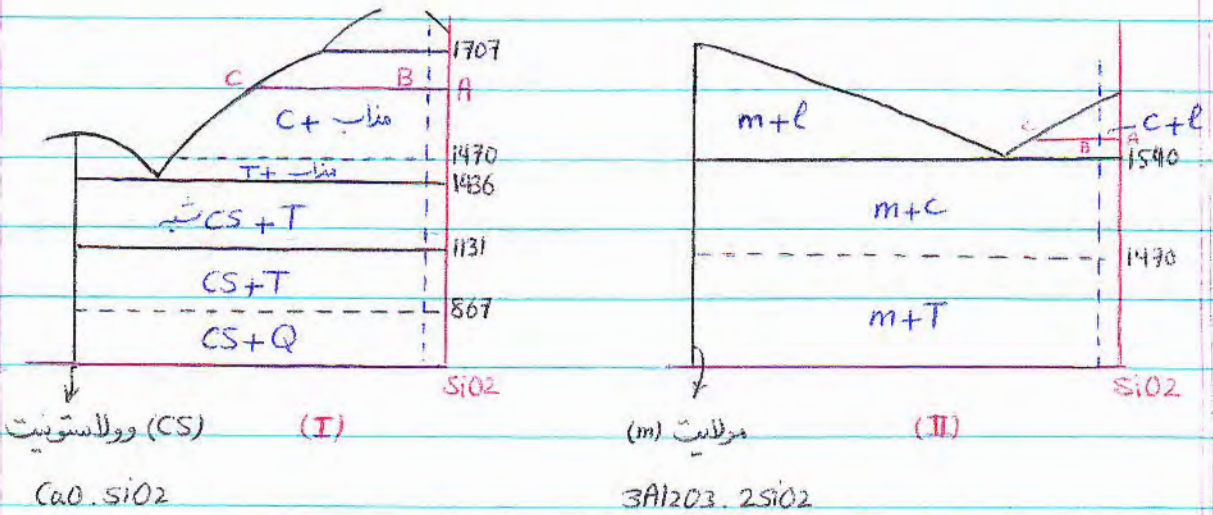
در صد Al_2O_3 خیلی خیلی کمتر از یک درصد است در صورتیکه در صد CaO بین 2 تا 3

در صد است چرا Al_2O_3 برای دیگر دانه‌ها ضرر دارد؟

Al₂O₃ 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 Al₂O₃.

می‌خواهم 1٪ Al₂O₃ و 1٪ CaO را در دیاگرام بررسی کنیم.



اگر برای 99 یا 98 درصد SiO₂ 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 SiO₂-Al₂O₃ 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 Al₂O₃ خطرناک تر است.

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

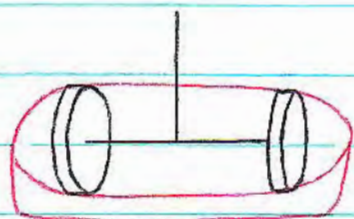
در $Al_2O_3 - SiO_2$ بدتر می شود. هرچه ویسکوزتر باشد دیگر گازی را کمتر پاشی می آورد.

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

فرایند ساخت دیگر دانه های سیلیسی:

عدد تاگزیم من خشک استفاده می کنیم (روش شکل دادن) پودر مواد اولیه را با هم مخلوط کرده

و از کوآرتز شسته شده استفاده می کنیم. به پودر کوآرتزیت شسته شده CaO اضافه می کنیم



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

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

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 پرس هیپروولیک می کشند. پرس

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، در نظر بگیریم تا دیگر دانه ها متراکم تر نشود. هر چه

تراکم بالاتر، بهتری

$$n = \frac{a^n + a_{min}^n}{a_{max}^n + a_{min}^n} \quad 0.2 < n < 0.8$$

در صورت ریز ترازی a : فرمول آندریاردن

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.

=> پودر کوآرتزیت شسته شده، دانه بندی شده (توزیع انواع دانه بندی ها)

تا اینجا برای انواع دیگر دانه ها مشابه است.

در حلقه 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 کنیم زیاد می کنیم تقریباً بالای 100°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 می کند. هم چنین با

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

اگر حرارت ببیند استحکام خود را از دست می دهد و به همین دلیل سیمان با آب دادن محکم می شود

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

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

در $573^\circ C$ واکنش $\alpha \rightarrow \beta$ رخ می دهد (کوآرتز $\alpha \rightarrow$ کوآرتز β)

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

می دهد و فازهای سیلیکات کلسیم غنی از کلسیم بوجود می آید. زیرا در ابتدا SiO_2 کمتری با CaO

واکنش می دهد و با افزایش دما، SiO_2 بیشتری وارد فاز شده و به سمت غنی از سیلیس می رود.

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

قبل از به اشباع رسیدن کوآرتز، تردیدیت به اشباع می رسد. بنابراین مذاب از دید تردیدیت به

اشباع رسیده اما از دید کوآرتز به اشباع نرسیده است. پس SiO_2 به شکل تردیدیت رسوب می کند

و SiO_2 به شکل کوآرتز حل می شود. تردیدیت تشکیل شده مورفولوژی سوزنی دارد.

با افزایش دما تا حدود $1300^\circ C$ ، کوآرتز مستقیماً به کریستوبالیت تبدیل می شود. 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 بلوره 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 می کند. در نتیجه استحکام بالا است.

4- استحکام گرم این دیرگدازها نیز بالاست (دیرگدازی بالا). فاز مذابی که بوجود می آید و سیکور

است (سفت است) و نقطه ذوب نیز بالاست و ماده‌ی مذاب از تداخل بیرون نمی آید و درون

آن باقی می ماند؛ مثل یک تکه آبر که آب را در خود نگه می دارد. یعنی دیرگداز دفرمه نمی شود.

از جهت دیگر هم استحکام گرم دیرگدازهای سیلیسی بالاست. بطوریکه تا نزدیک های نقطه‌ی ذوب

هم می تواند 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 نزدیک دمای ذوب انعطاف نمی آید.

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

شوک پذیری عالی در دمای بالای 600°C و شوک پذیری خیلی ضعیف در دمای زیر 600°C هستند.

چون اکثر استحاله‌ها در زیر 600°C وجود دارد و این استحاله‌ها شوک پذیری را کاهش می دهند.

گروه: 1- پیوسته: در یک قسمت دمای است. 2- بطور دائم دما بالا و پائین می رود.

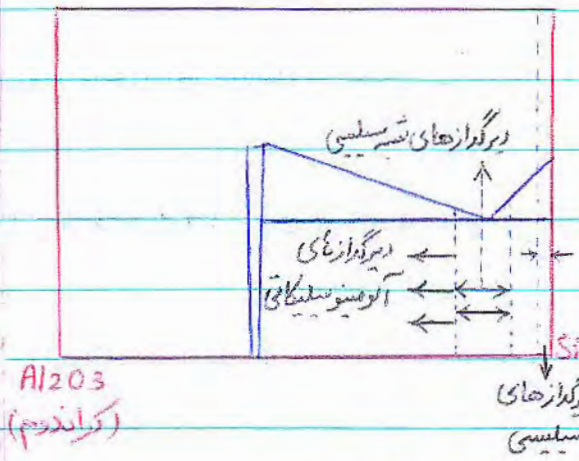
شمیسه‌های کوارتزی (SiO_2 خالص) دارای ضریب انبساط حرارتی خیلی کم هستند. (دیرگدازهای

سیلیسی به مقدار ناخالصی علی‌الخصوص Al_2O_3 خیلی حساس هستند.

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

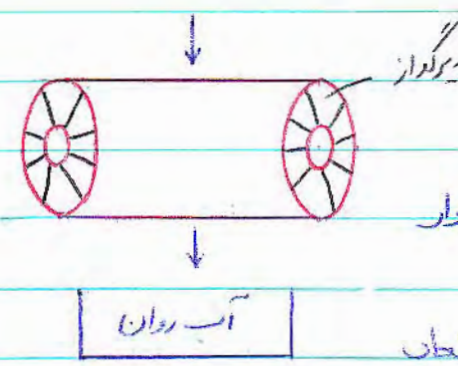
کاربرد دیگر دارهای سیلیسی :

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



کوارتزیت (حاوی کائولین) راهی توان مستقیم به دیگر دارهای شبه سیلیسی تبدیل کرد کاربرد این دیگر دارها در گروه های لعاب سازی (ریخت SiO_2) دیگر دارهای سیلیسی لعاب است. این دیگر دارها از دیگر دارهای سیلیسی هستند

گروه های لعاب سازی :



پودر مواد لعاب وارد گوره می شود و بعد این گوره دوار موجب ذوب پودر لعاب می شود دیگر دارها با ترکیب لعاب

واکنش داده و فاز مذاب و سیکور 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 - کیمیتی - آندالوزیتی : 45-65%

3- مولادیت : 65-75%

4- بوکسیتی : 75-90%

5- کوراندومیتی : 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) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

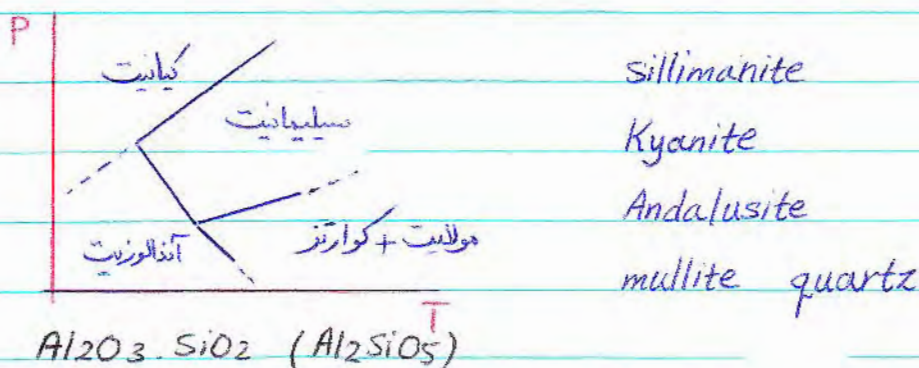
2- سیلیسانیت - کینایت - آندالوزیت: این‌ها فرم‌های مختلف یک ماده هستند:

$Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 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 فشار بالا بوجود می‌آیند (اما دریاگرام فوق در فشار

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



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