

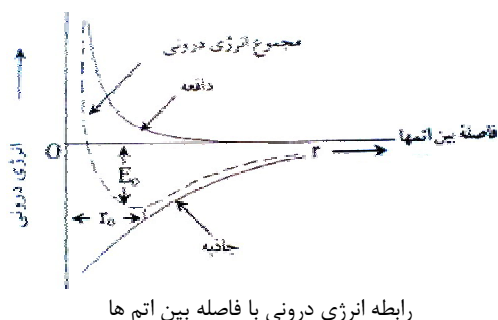
1-1- علم مواد

علم مواد در واقع علمی است که به بررسی ساختار مواد، عناصر تشکیل دهنده آن، نحوه تشکیل و بسیاری موارد دیگر می پردازد. در ابتدا تعاریف زیر ارائه می شوند.

1-2- پیوند فلزی

این پیوند وقتی حاصل می شود که هر یک از اتم های فلز یا آلیاژ، الکترون های ظرفیت خود را برای تشکیل یک ابر الکترونی مشترک بین تمام اتم های فلز جامد به اشتراک بگذارند و ساختار نهایی به شکل تعدادی یون فلزی است که بوسیله الکترون ها احاطه شده است.

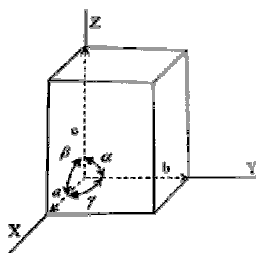
b نکته 1: هدایت الکتریکی و حرارتی در فلزات بواسطه وجود ابر الکترونی در ساختار فلزات می باشد. اتم های یک فلز بر همدیگر دو نیروی جاذبه و دافعه را وارد می کنند که با توجه به فاصله این اتم ها مقدار آن ها مختلف می باشد که این تفاوت در شکل زیر نشان داده شده است. انرژی درونی برابر با مجموع جبری این دو در فاصله معین می باشد.



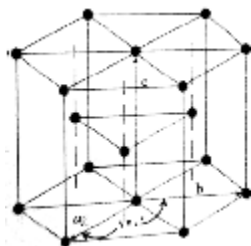
رابطه انرژی درونی با فاصله بین اتم ها

1-2-1- ساختار بلوری

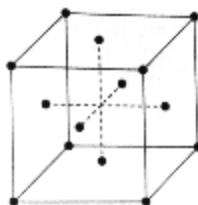
در هر ماده اتم ها در محل معینی قرار می گیرند که با اتصال محل این اتم ها به همدیگر، شبکه ای سه بعدی حاصل می شود که به آن شبکه فضایی می گویند. سلول کوچکترین واحد از ساختار بلوری است که همانند خود بلور و متقارن است. ساختار بلور با پارامترهایی تعریف می شوند که در شکل زیر نشان داده شده است.



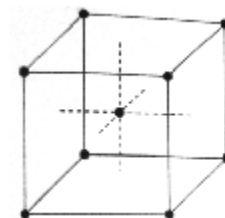
از جمله ساختار ها یا شبکه های فضایی می توان به سه حالت عمده F.C.C و B.C.C و H.C.P اشاره کرد که در شکل زیر نشان داده شده اند که اکثر فلزات به یکی از سه حالت فوق متبلور می شوند.



ساختر H.C.P



ساختر F.C.C



ساختر B.C.C

b نکته 2: نیروی جاذبه میل به کاهش انرژی درونی و نیروی دافعه میل به افزایش آن دارد. در یک فاصله خاص مقدار این دو نیرو با هم برابر بوده که به آن فاصله تعادل می گویند.

(آزاد 83)

تست: کدام گزینه در مورد سلول واحد درست است؟

- (1) از کوچکترین گروه اتمی تشکیل شده است که به شکل مکعب پیچیده می شود.
- (2) از کوچکترین گروه اتمی تشکیل شده است که به طور منظم در کریستال تکرار می شود.
- (3) مکعبی است که شامل کمترین تعداد اتم می باشد.
- (4) از کوچکترین گروه اتمی تشکیل شده است که موجب پراش اشعه ایکس می شود.

پاسخ: گزینه 2 صحیح است.

2-2-1- جرم مخصوص

طبق تعریف، نسبت وزن اتم های موجود در هر واحد شبکه بلور (سلول) به حجم سلول را جرم مخصوص می گویند. در این میان لازم است تا تعداد اتم ها را در سلول و حجم آن را محاسبه کنیم. توجه شود که وزن اتم ها در ساختار مفروض برابر با حاصل ضرب تعداد اتم ها در جرم اتمی می باشد. برای سه ساختار اشاره شده در بالا داریم:

تعداد اتم ها در مرکز شبکه	N_i
تعداد اتم ها در مرکز سطوح	N_f
تعداد اتم ها در گوشه ها	N_c

با توجه به موارد فوق رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$N = N_i + \frac{N_f}{2} + \frac{N_c}{8}$$

بدین ترتیب برای ساختارهای مهم زیر می توان تعداد اتم ها، حجم شبکه و جرم مخصوص در ساختار را

تعیین کرد.

جرم مخصوص در ساختار	حجم شبکه در ساختار	تعداد اتم ها در ساختار	
$\rho = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \frac{N \cdot M_m}{V}$	$V = \left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3$	$N = 1 + \frac{0}{2} + \frac{8}{8} = 2$	B.C.C

$\rho = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \frac{N.M_m}{V}$	$V = (2\sqrt{2}r)^3$	$N = 0 + \frac{6}{2} + \frac{8}{8} = 4$	F.C.C
$\rho = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \frac{N.M_m}{V}$	$V = 16.97r^3$	$N = 3 + \frac{2}{2} + \frac{12}{8} = 6$	H.C.P

2-2-1- ضریب فشردگی

طبق تعریف، ضریب فشردگی در هر واحد شبکه بلور (سلول) برابر است با نسبت حجم اتمهای موجود در واحد شبکه به حجم واحد شبکه. توجه شود که اتم ها کروی بوده و حجم هر اتم آن برابر است با $V = \frac{4\pi r^3}{3}$ و حجم واحد شبکه نیز به شکل آن بستگی دارد.

✓ نکته 1: در شبکه مکعبی ساده، تعداد اتم ها برابر با 1 بوده و ضریب فشردگی آن برابر با 52 درصد می باشد.

تست: رابطه بین شعاع اتمی و پارامتر شبکه F.C.C کدام است؟ (سراسری 79)

$$4R = a\sqrt{3} \quad (4) \quad a = R\frac{\sqrt{2}}{4} \quad (3) \quad R\sqrt{2} = 4a \quad (2) \quad R = a\sqrt{2} \quad (1)$$

پاسخ: با توجه به مطالب ارائه شده در متن درس گزینه 1 صحیح است.

تست: تعداد اتم های موجود در شبکه F.C.C در کدام گزینه آمده است؟ (سراسری 79)

$$8 \quad (4) \quad 6 \quad (3) \quad 4 \quad (2) \quad 12 \quad (1)$$

پاسخ: با توجه به مطالب ارائه شده در متن درس گزینه 2 صحیح است.

تست: ضریب فشردگی در شبکه F.C.C برابر چند درصد است؟ (سراسری 79)

$$52 \text{ درصد} \quad (1) \quad 68 \text{ درصد} \quad (2) \quad 74 \text{ درصد} \quad (3) \quad 84 \text{ درصد} \quad (4)$$

پاسخ: با توجه به مطالب ارائه شده در متن درس گزینه 3 صحیح است.

3-1- صفحات کریستالوگرافی

لایه های اتمی یا صفحه هایی که اتم ها در امتداد آن ها آرایش یافته اند، صفحه های کریستالوگرافی می گویند. هر صفحه را با یک مختصات خاص معرفی می کنند. در صورتی که هر کدام از محور های مختصات را در نقطه ای خاص قطع کند، آن مقدار همان مؤلفه مربوط به X یا Y یا Z آن مختصات است. اگر صفحه ای موازی یکی از محور های مختصات باشد، مختصه آن را برابر با صفر در نظر می گیریم. صفحه را با { } و جهت را که در واقع بردار واصل است را با [] نشان می دهیم.

✓ نکته 2: مختصه {0 1 0} یعنی صفحه در 1 محور Y را قطع کرده و موازی صفحه XOZ می باشد.

✓ نکته 3: مهمترین صفحه، آن هایی هستند که جمعیت اتمی و فاصله بین صفحه ای بیشتری داشته باشند.

✓ نکته 4: در ساختار B.C.C متراکم ترین صفحه {1 1 0} و متراکم ترین جهت [1 1 1] می باشد.

✓ نکته 5: در ساختار F.C.C متراکم ترین صفحه {1 1 1} و متراکم ترین جهت [1 1 0] می باشد.

- ✓ نکته 6: در ساختار S.C (مکعبی ساده) متراکم‌ترین صفحه {100} و متراکم‌ترین جهت [100] می‌باشد.
- ✓ نکته 7: در صورت داشت مقدار گویا یا کسری می‌توان مختصات را در عددی ضرب یا بر عددی تقسیم کنیم تا مقداری صحیح داشته باشیم. در این حالت می‌توان از مخرج مشترک برای کسرهای با مخرج نابرابر استفاده نمود.

1-4- عدد همسایگی

عبارت است از تعداد اتم و یون همسایه و مماس یک ذره به عبارت دیگر تعداد اتم‌هایی که اتم خاصی را احاطه کرده اند.

- ✓ نکته 8: هرچه عدد همسایگی بیشتر شود، ماده متراکم‌تر شده و شکل پذیری آن کمتر می‌شود.
- ✓ نکته 9: عدد همسایگی برای شبکه B.C.C برابر با 8 و برای شبکه F.C.C برابر با 12 و برای شبکه هگزاگونال برابر با 12 می‌باشد.

تست: عدد همسایگی برای کریستال‌های با شبکه ساده برابر است با:

(1) 4 (2) 6 (3) 8 (4) 12

پاسخ: با توجه به نکته (9) گزینه 2 صحیح است.

تست: با افزایش عدد همسایگی در پیوند‌های کریستالی یک نمونه فلزی یا آلیاژی:

- (1) تراکم اتمی نمونه کم می‌شود.
- (2) شکل پذیری نمونه کمتر می‌شود.
- (3) شکل پذیری نمونه بیشتر می‌شود.
- (4) مقاومت به ضربه نمونه زیادتر می‌شود.
- پاسخ: با توجه به نکته (8) گزینه 2 صحیح است.

1-5- عیوب شبکه کریستالی

کریستالی که دارای شبکه کاملاً منظم باشد کریستال ایده آل می‌گویند ولی چنین کریستالی به ندرت یافت می‌شود. در کریستال‌ها عیوب زیر موجود هستند:

- عیوب نقطه‌ای: جای خالی، عیب بین نشینی، عیب جانشینی.
- عیوب خطی: نابجایی لبه ای یا خطی، نابجایی پیچی، نابجایی مختلط.
- عیوب صفحه‌ای: عیوب لایه، مرز دانه‌ها، دو قلو شدن.
- عیوب حجمی.

1-5-1- عیوب نقطه‌ای

عیب نقطه‌ای خود به چند دسته تقسیم می‌شود.

1-5-1-1- جای خالی

عیب جای خالی از مهمترین و ساده‌ترین عیوب نقطه‌ای به شمار می‌رود. این عیب در صورت نبود یک اتم در شبکه کریستالی رخ می‌دهد. با توجه به رابطه زیر می‌توان تعداد جاهای خالی را بدست آورد که K

ثابت بولتزمن، E مقدار انرژی برای بیرون کشیدن یک اتم، T دما بر حسب کلوین و N تعداد کل محل های اتمی در شبکه می باشد.

$$n = N$$

2-1-5-1- عیب بین نشینی

این عیب در اثر قرار گرفتن یک اتم در موقعیت نامناسب در ساختار بوجود می آید. این عیب باعث کجی و تغییر شکل موضعی ساختار می شود. این عیب بیشتر در شبکه های با تراکم پایین دیده می شود. در این حالت در ساختار تنش فشاری ایجاد می شود.

3-1-5-1- عیب جانیشینی

این عیب در اثر قرار گرفتن یک اتم از جنس و اندازه متفاوت با سایر اتم ها در ساختار ایجاد می شود. اگر اتم مورد نظر کوچکتر از اتم های ساختار باشد ایجاد کشش و اگر بزرگتر باشد ایجاد فشار می کند

2-1-5-2- عیوب خطی

عیب خطی به چند دسته تقسیم می شود. در این عیب کمیتی به نام بردار برگرز برای تعیین مقدار و جهت عیب بکار می رود و مقدار و جهت آن بر اساس مسیر نابجایی تعیین می شود.

1-2-1-5-2- نابجایی لبه ای یا خطی

این عیوب در امتداد یک خط در شبکه دیده می شوند که می توانند مجموعه ای از عیوب نقطه ای باشند. این عیب مهمترین عیب خطی یا دو بعدی است که در فلزات ایجاد تغییر شکل پلاستیک می کند. اگر عیب خطی در اثر عیب بین نشینی در راستای یک خط باشد به آن نابجایی لبه ای مثبت و اگر در اثر عیب جای خالی در راستای یک خط باشد به آن نابجایی لبه ای منفی می گویند.

✓ نکته 10: اساس پدیده لغزش همین عیب نابجایی در شبکه کریستال می باشد.

✓ نکته 11: در عیب نابهجایی لبه ای بردار برگرز عمود بر خط نابهجایی می باشد.

2-2-1-5-2- نابجایی پیچی

در این حالت صفحات عمود بر خط نابجایی کاملاً از یکدیگر جدا نبوده بلکه دو سطح در خلاف جهت هم و بر روی هم لغزش داشته و یک سطح پیچ را نشان می دهند.

✓ نکته 12: در عیب نابجایی پیچی بردار برگرز موازی با خط نابجایی می باشد.

3-2-1-5-2- نابهجایی مختلط

از پیوستن نابهجایی های لبه ای و پیچی، نابجایی پیچی بدست می آید. در شبکه کریستالی بتر از دیگر عیب ها این عیب مشاهده می شود. در نابهجایی ها اگر مانعی بر سر راه نابجایی وجود نباشد، تغییر شکل خواهیم داشت. از جمله موانع می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- برخورد دو نابجایی با همدیگر.
- مرز دانه های که مانع از حرکت نابجایی می شود.

- مرز های بین فازی در ساختار.
- حضور میدان تنشی در بر سر راه نابجایی.
- مرزهای قرعی ناشی از قرار گرفتن نابجایی های خطی زیر همدیگر

☑ نکته 13: هرچه دانه های فلز ریز تر باشد، مرز ها بیشتر می شود و در نتیجه نابجایی ها با موانع بیشتری روبرو شده و تغییر شکل سخت تر شده یعنی استحکام و سختی افزایش می یابد.

3-5-1- عیوب صفحه ای

عیب صفحه ای یا سطحی نیز به چند دسته تقسیم می شود.

1-5-3-1 عیوب لایه

این عیب از روی هم قرار گرفتن بدون نظم و ترتیب صفحات اتمی روی همدیگر بوجود می آید. به عنوان مثال در سیستمی که صفحات به شکل $ABCABCABC...$ تکرار شوند عیب لایه نداریم ولی اگر صفحه ها به صورت $ABCBCABC..$ باشند، عیب لایه وجود دارد.

☑ نکته 14: در سیستم مکعبی با وجوه مرکز دار و سیستم هگزاگونال متراکم عیب لایه وجود دارد.

2-5-3-1 مرز دانه ها

از جمله دیگر عیوب دو بعدی، مرز دانه ها می باشد که اهمیت خاصی در خواص مکانیکی مواد دارد. توجه شود مناطقی که دانه ها را با هم متصل می کند، مرز دانه ها می گویند.

3-5-3-1 دو قلو شدن

دومین مکانیزم تغییر شکل در فلزات که همراه با صدای "تق" می باشد را دو قلو شدن می گویند.

4-5-1- عیوب حجمی

کل فضاها ی خالی ماکروسکوپی و میکروسکوپی مانند: حفره های انقباضی، حفره ناشی از خرج گازهای ترکهای موئی، عیوب ناشی از جوشی، از جمله این عیب به شمار می روند. وجود عیب حجمی باعث افزایش انرژی داخلی قطعه می شود.

☑ نکته 15: به غیر عیب ساده جای خالی که در حالت تعادل ترمودینامیکی است مابقی عیوب در حالت تعادل نیستند و انرژی را افزایش می دهند.

تست: عیب جای خالی در سیستم های کریستالی در چه شرایطی افزایش پیدا می کند؟ (سراسری 81)

1) انحلال جانشینی 2) کاهش سرعت انجماد 3) همگن سازی 4) افزایش سرعت انجماد
پاسخ: با توجه به مطالب ارائه شده در متن درس گزینه 4 صحیح است.

تست: کدام یک از عیب های کریستالی زیر معرف یک عیب صفحه ای است؟ (آزاد 83)

2) جای خالی 2) نابجایی 3) اتم بین نشینی خودی 4) نقص در چیده شدن
پاسخ: با توجه به مطالب ارائه شده در متن درس گزینه 4 صحیح است.

تست: کدام مورد در باره عیوب کریستالی صحیح است؟ (سراسری 80)

- 1) با عملیات حرارتی روی قطعه کار شده عیوب کریستالی تغییر نمی کند.
- 2) با افزایش عیوب کریستالی هدایت الکتریکی قطعه بیشتر می شود.

(3) عیوب کریستالی در اثر کار مکانیکی در قطعه پدید می آید.

(4) عیوب کریستالی تغییری در خواص الکتریکی و مکانیکی قطعه ایجاد نمی کند.

پاسخ: گزینه 3 صحیح است.

1-6- آلیاژها

آلیاژ ماده ای است با خواص فلزی و تشکیل شده از دو یا چند عنصر شیمیایی که حداقل یکی از آن ها فلز باشد. اگر سیستمی از دو عنصر تشکیل شده باشد، سیستم آلیاژی دوتایی و اگر از سه عنصر تشکیل شده باشد، سیستم آلیاژی سه تایی می گویند. آلیاژها ممکن است همگن یا مخلوط باشند. اگر آلیاژ از یک فاز تشکیل شده باشد به آن یکنواخ و اگر از چند فاز تشکیل شده باشد به آن مخلوط می گویند. هر گونه تغییر در ساختار آلیاژ اعم از تغییر نوع ساختار کریستالی، تغییر در پارامترهای شبکه ای و همچنین تغییر در ترکیب و درصد اتم ها را تغییر فاز می گویند. در حالت جامد سه فاز می تواند وجود داشته باشد که عبارت اند از:

- فلز خالص

- فاز آلیاژی یا ترکیب واسطه

- محلول جامد

☑ نکته 16: از معمول ترین فازهای آلیاژی واسطه عبارت اند از (1) ترکیب های بین فلزی یا ظرفیتی.

(2) ترکیب های بین نشینی. (3) ترکیب های الکترونی.

☑ نکته 17: دو نوع محلول جامد داریم که عبارت اند از: (1) محلول جامد جانشینی. (2) محلول جامد

بین نشینی.

تست: از شرایط انحلال بین نشینی دو فلز در یکدیگر کدام است؟ (سراسری 81)

(1) اختلاف زیاد شعاع اتمی

(2) نزدیک بودن شعاع اتمی

(3) مختلف بودن شبکه کریستالی

(4) تساوی شعاع اتمی

پاسخ: گزینه 1 صحیح است.

تست: کدام گزینه صحیح است؟

(1) در حلالیت نفوذی شعاع اتمی حلال و حل شونده بایستی تقریباً یکسان باشد.

(2) حلالیت نفوذ در شبکه FCC بیش تر از شبکه BCC است.

(3) حلالیت نفوذ در شبکه BCC بیش تر از شبکه FCC است.

(4) حلالیت جانشینی و بین نشینی فقط در حالت جامد انجام می شود.

پاسخ: گزینه 2 صحیح است.

تست: ترکیبات بین فلزی، غالباً سخت و شکننده هستند. علت آن: (آزاد 83)

(1) نوع پیوند فلزی و اشتراکی اتم ها است.

(2) نوع پیوند یونی و اشتراکی اتم ها می باشد.

(3) نوع پیوند فلزی و یونی اتم ها می باشد.

(4) به نوع پیوند اتم ها ارتباط ندارد.

پاسخ: گزینه 2 صحیح است.

1-7- نمودار فازی آلیاژی دوتایی

نمودارهای فازی ارتباط فازها را در شرایط تعادل نشان می دهند. تحت شرایط تعادل با گذشت زمان تغییری در فازها رخ نمی دهد. توجه شود که شرایط تعادل با گرم یا سرد کردن بسیار کند و آرام امکان پذیر است.

1-7-1- قانون فازها

قانون فاز ها به شکل زیر تعریف می شود:

$$F + P = C + 1$$

در عبارت قانون فاز ها، F تعداد درجات آزادی، P تعداد فاز های در حال تعادل و C تعداد اجزای سازنده سیستم می باشد که یک جزء می تواند یک عنصر، یک ماده مرکب و یا یک محلول جامد باشد.

1-7-2- مشخصات نمودار های فازی

در نمودار فازی، دما برحسب سانتی گراد یا فارنهایت روی محور عمودی و ترکیب شیمیایی برحسب درصد وزنی روی محور افقی نشان داده می شود. می توان درصد وزنی و درصد اتمی را به شکل زیر با هم مرتبط ساخت:

$$A_{\text{درصد اتمی}} = \frac{100X}{X + Y(\frac{M}{N})} \quad B_{\text{درصد اتمی}} = \frac{100Y(\frac{M}{N})}{X + Y(\frac{M}{N})}$$

در رابطه فوق داریم:

M : وزن اتمی فلز A X : درصد وزنی فلز A
 N : وزن اتمی فلز B Y : درصد وزنی فلز B

1-8- مهمترین دیاگرام ها

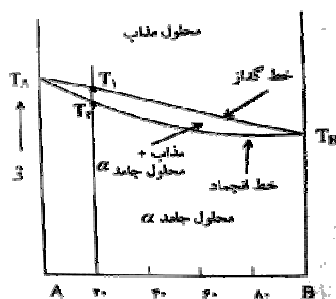
در علم مواد نمودارهای مهمی در رابطه با ترکیب های فازی مختلف وجود دارد.

1-8-1- اجزایی که در حالت مایع کاملاً در هم محلولند.

1-8-1-1- در حالت جامد کاملاً محلولند. (نوع 1)

در این حالت دو فلز در حالت جامد کاملاً در هم حل می شوند. نمودار فازی در این حالت به شکل زیر می باشد. نکات مهم در رابطه با این نمودار عبارت اند از:

- خط گداز
- خط انجماد
- محدوده مذاب، محلول جامد و ترکیب این دو
- نقطه انجماد و ذوب



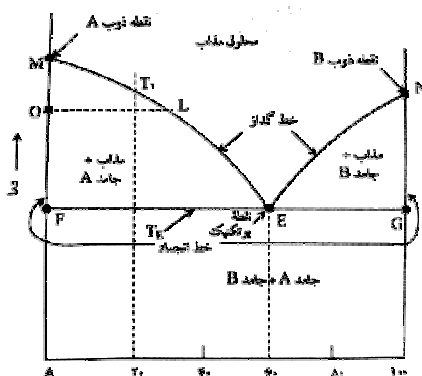
نکته 18: در نمودار فاز، ترکیب شیمیایی بر حسب درصد وزنی روی محور افقی از صفر تا 100 درصد نشان داده شده است.

نکته 19: با استفاده از نمودار فاز می توان موارد زیر را بدست آورد:

- تعیین نوع فازها
- تعیین ترکیب شیمیایی
- تعیین درصد فازها
- شکل شماتیکی فازها

1-8-1-2- در حالت جامد کاملاً نامحلولند. تحول یوتکتیک (نوع 2)

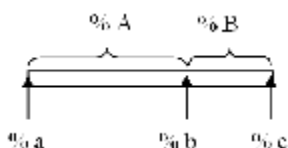
در این حالت دو فلز در حالت مذاب کاملاً در هم محلول هستند ولی در حالت جامد کاملاً نامحلول هستند. حالت نامحلول را اینگونه فرض می کنیم که حلالیت خیلی کم است. نمونه ای از این حلالیت در شکل زیر که مربوط به بیسموت-کادمیوم Bi-Cd و سیلیسیم-آلومینیوم Si-Al است در شکل زیر نشان داده شده است.



نکته 20: در نقطه یوتکتیک، مذاب تبدیل به دو جامد می شود. یعنی: $L \rightleftharpoons S_1 + S_2$

نکته 21: به آلیاژ سمت چپ نقطه یوتکتیک، هیپویوتکتیک و به آلیاژ سمت راست آن آلیاژ هایپریوتکتیک می گویند.

نکته 22: برای حل مسائل با استفاده از نمودار فاز جهت تعیین درصد دو عنصر A و B از رابطه زیر استفاده می کنیم. شک زیر قسمتی از نمودار فاز در فاصله دو دمای a و c است. نقطه b نیز نقطه یوتکتیک است.

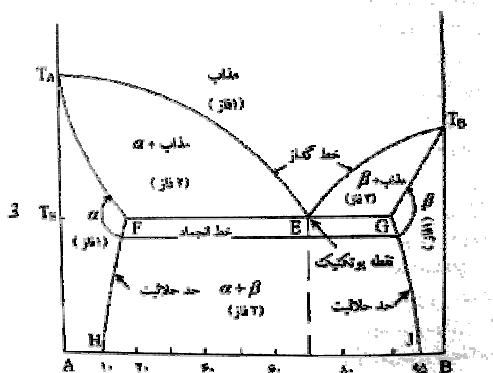


$$\%A = \frac{b-a}{c-a} \times 100$$

$$\%B = \frac{c-b}{c-a} \times 100$$

1-8-1-3- در حالت جامد مقداری محلولند. تحول یوتکتیک (نوع 3)

در این حالت دو فلز در حالت مذاب کاملاً محلول بوده و در حالت جامد به طور مختصر در یکدیگر محلول هستند. این نمودار در شکل زیر نشان داده شده است.



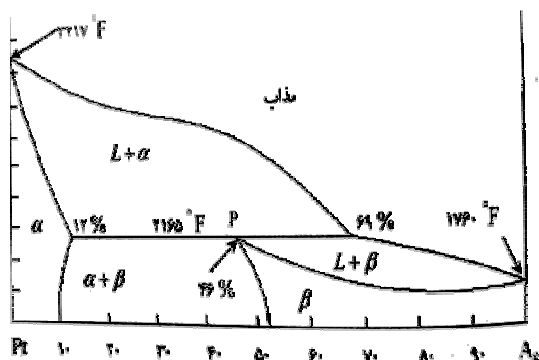
☑ نکته 23: سیستم یوتکتیک فوق در میان سیستم ها حداکثر استحکام را دارد.

1-8-1-4- یک فازی میانی با ذوب متجانس تشکیل می دهند. (نوع 4)

هنگامی که فازی در شرایط همدما به فاز دیگری تبدیل شود و هیچگونه تغییری در ترکیب شیمیایی رخ ندهد گفته می شود که تغییر فاز متجانس یا تحول متجانس رخ داده است. تمام فلزات خالص به صورت متجانس منجمد می شوند.

1-8-1-5- واکنش پری تکتیک (نوع 5)

در واکنش پری تکتیک به هنگام سرد کردن، یک مذاب و یک جامد به طور همزمان واکنش می کنند تا جامد جدید تشکیل دهند. این واکنش یک دما ثابت بوده و آلیاژها دو فازی هستند. نمونه ای از دیاگرام فازی برای این تحول به شکل زیر می باشد.

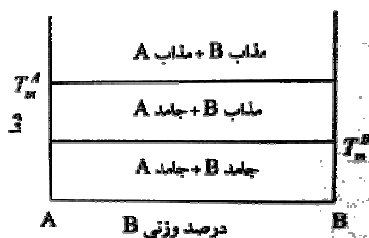


2-8-1- اجزای که در حالت مذاب مقداری محلولند. تحول منوتکتیک (نوع 6)

در این حالت دو فاز مذاب که در حالت مذاب تا حدودی در هم حل می شوند و تشکیل یک مذاب جدید و یک جامد می دهد.

2-8-1- اجزایی که در حالت مذاب و جامد نامحلولند. (نوع 7)

این قسمت کامل کننده بررسی فازهای اساسی یا نمودارهای تعادلی است که شامل حالت های مذاب و جامدند. نمونه ای از این نمودار فازی به شکل زیر می باشد.

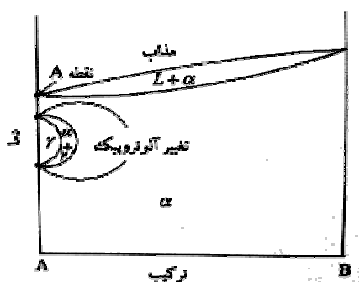


2-8-1- تبدیل ها و تحول ها در حالت جامد

تغییرات تعادلی و واکنش های متعددی وجود دارند که همگی در حالت جامد رخ می دهند. این تحول ها 4 تا بوده و عبارت اند از:

1-2-8-4- تغییرات آلوتروپیک

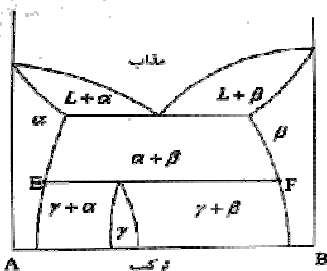
درباره فلزات و ساختار بلورب برخی فلزها بسته به دما، ممکن است که بیش از یک نوع ساختار بلوری داشته باشند. این خاصیت را آلوتروپی می گویند. تحول الوتروپیک را به صورت نقطه یا نقاطی بر خط عمودی همانند شکل زیر مشخص می کنند. آهن، قلع و منگنز فلزهایی هستند که این خاصیت را دارند.



در هنگام تشکیل یک محلول جامد، جانمایی، اتم های حل شونده جای مشخصی را اشغال نمی کنند بلکه به صورت اتفاقی در ساختار شبکه حلال پخش می شوند، در این صورت می گویند آلیاز در شرایط نامنظم قرار دارد. در برخی محلول های فلزی، اگر آهسته سرد شوند، اتم های حل شده به محل های معینی در شبکه حرکت می کنند. این ساختار را محلول جامد منظم می گویند.

این واکنش شبهات زیادی به واکنش یوتکتیک دارد با این تفاوت که در واکنش یوتکتوئید، مذاب حضور نداشته و واکنش در حالت جامد می باشد. در این واکنش جامد اولیه به دو جامد دیگر تبدیل می شود. نمودار فازی این واکنش در شکل زیر نشان داده شده است. در شکل زیر نقطه M را نقطه یوتکتوئید می نامند.

واکنش پری تکتونید از ترکیب دو جامد و تشکیل دو جامد دیگر حاصل می شود. این تحول زیر از جمله تحولات در حالت جامد می باشد، نمودار تعادلی این تحول در شکل زیر نشان داده شده است.



☑ نکته 9: در جدول زیر واکنش های مهم و معنای عمومی آن ها آورده شده است. توشیه می شود که این معادلات را برای حل تستها به خاطر بسپارید.

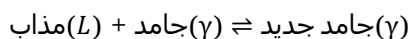
منو تکتیک
یو تکتیک
یو تکتوئید
پری تکتیک
پری تکتوئید

9-1- ساختار شبکه آهن

آهن فلزی آلوتروپیک است و بسته به دما بیش از یک ساختار دارد. اگر آهن در دمای 1535 درجه سانتیگراد منجمد شود ساختار b.c.c با نام دلتا δ دارد. با کاهش دما در 1394 درجه سانتی گراد ساختار f.c.c را خواهیم داشت که گاما γ نام دارد. در دمای 910 درجه سانتی گراد آهن گاما به آهن بتا با ساختار b.c.c غیر مغناطیسی مبدل می شود و سرانجام در دمای 768 درجه سانتی گراد، آهن آلفا α با شبکه b.c.c را داریم.

10-1- ترکیب آهن – کاربرد آهن Fe_3C

در این فرآیند محصولات مختلف تحت شرایط مختلف خواهیم داشت. این فرآیند ها را به شکل زیر داریم:
در دمای 1493 درجه سانتی گراد فرآیند پری تکتیک رخ می دهد یعنی داریم:



جامد γ را در ترکیب فوق آستنیت می گویند.

در دمای 1147 درجه سانتی فرآیند یوتکتیک رخ می دهد یعنی داریم:



ترکیب $Fe_3C + \gamma$ را لدبوریت نیز می نامند.

در دمای 723 درجه سانتی گراد فرآیند یوتکتوئید رخ می دهد یعنی داریم:

(جامد)

ترکیب $Fe_3C + \alpha$ را پرلیت می نامند. به عبارتی دیگر در این حالت آستنیت تبدیل به پرلیت می شود.

نکته 24: در زیر دمای یوتکتوئید که همان 723 درجه سانتی گراد می باشد آلیاژهای آهن-کاربید، مخلوطی از فریت و سمنتیت می باشند.

نکته 25: درصد اتمی کربن در ترکیب آهن و کربن را به شکل زیر می توان محاسبه نمود:

$$\text{درصد اتمی کربن} = \frac{\text{اتم های کربن}}{\text{اتم های عناصر آلیاژی} + \text{اتم های آهن} + \text{اتم های کربن}} \times 100$$

نکته 26: آهن α خاصیت آهن ربایی دارد ولی آهن γ خاصیت آهن ربایی ندارد.

نکته 27: میزان حلالیت کربن در ساختار F.C.C آهن نسبت به دیگر ساختار ها بیشتر است.

نکته 28: در ساختار سمنتیت، که یک هشت وجهی است، در رأس اتم های آهن و در مرکز هر کدام یک اتم کربن وجود دارد.

10-1-1- دماهای بحرانی

در نمودار آهن کربن، دماهای بحرانی و به عبارت دیگر، فصل مشترک نواحی در نمودارها به عنوان مثال فصل مشترک ناحیه دوفازی فریت-آستمیت و یا سمنتیت-آستنیت از نظر عملیات حرارتی اهمیت زیادی دارند.

2-10-1- کاربردها

فاز کاربرد در فولاد تنها فقط توسط فلزاتی که در جدول تناوبی عناصر در سمت چپ و پایین آهن هستند تشکیل می شود. همانند آهن فلزات یاد شده جزو گروه عناصر واسطه هستند. کاربردها به دو گروه تقسیم می شوند که اگر M را معرف یکی از عناصر واسطه در نظر بگیریم، عبارت اند از:

- کاربردهای گروه یک که در آن M دارای ضرایب بیش از 2 می باشد. مانند: M_6C , M_7C_3
- کاربردهای گروه دو که در آن M دارای ضرایب 1 یا 2 می باشد. مانند: MC , M_2C

11-1- فولادهای آلیاژی

فولاد آلیاژی فولادی است که خواص مشخصه آن از عناصر دیگری غیر از کربن ناشی می شود. فولادهای کربنی ساده که مقداری منگنز و سیلیسیم برای اکسید زدایی به آن اضافه شده است را نمی توان فولاد آلیاژی نامید. هدف از آلیاژی کردن فولاد، افزایش سختی پذیری، افزایش استحکام در دماهای معمولی، افزایش خواص مکانیکی، افزایش چقرمگی و مقاومت سایشی، افزایش خواص مغناطیسی و ... می باشد.

تست: شبکه کریستالی γ و β به ترتیب کدام است؟ (سراسری 81)

(1) bcc-fcc (2) hcp-fcc (3) fcc-اورترومبیک (4) fcc-اورترومبیک

پاسخ: گزینه 1 صحیح است.

تست: کدام تحول آلوتروپیک است؟ (سراسری 80)

(1) پری تکتیکی (2) پری تکتوئیدی (3) منوتکتیکی (4) مینیم

پاسخ: گزینه 2 صحیح است.

www.iranmodares.com