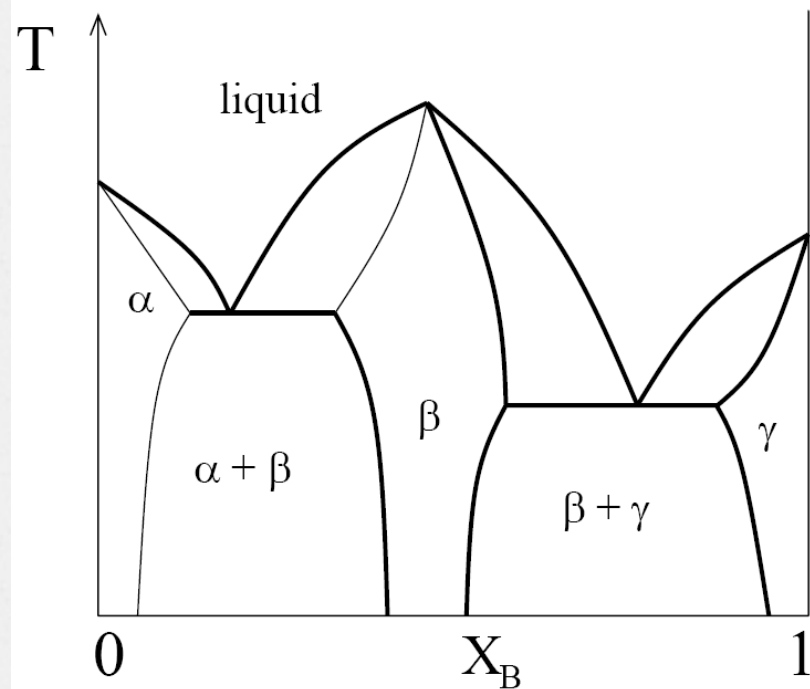
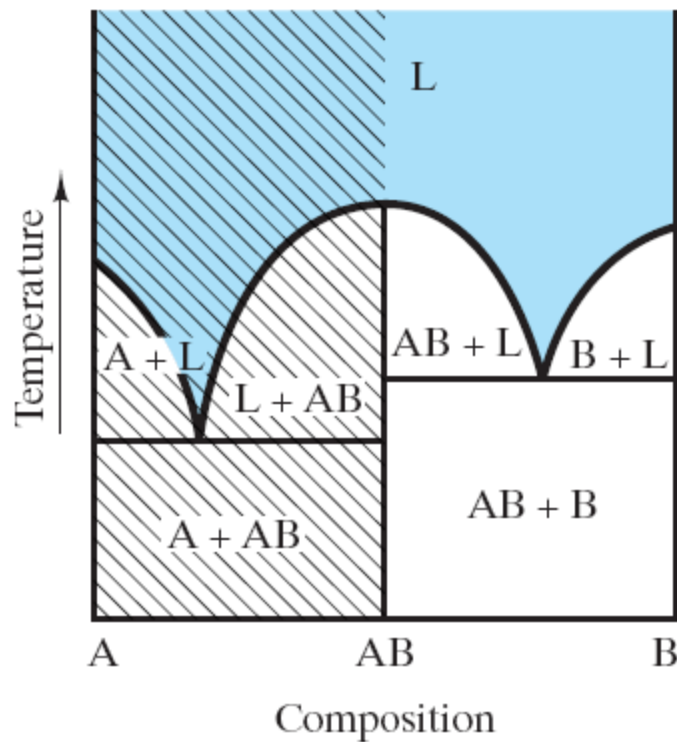


نمودار تعادلی فازها (نوع چهارم)

(تشکیل فاز میانی با ذوب متجانس)

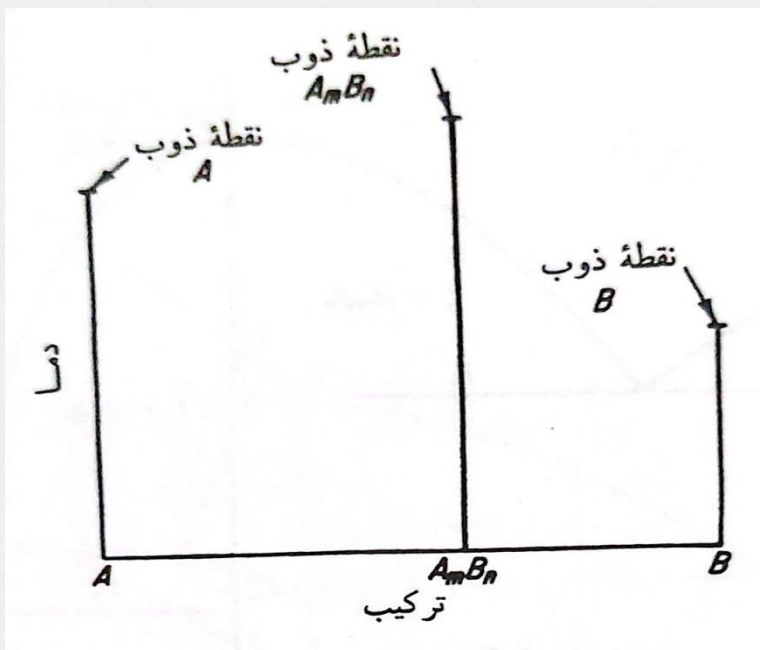


□ هنگامی که فازی در شرایط همدمای به فاز دیگری تبدیل شود و هیچگونه تغییری در ترکیب شیمیایی رخ ندهد تغییر فاز متجانس یا تحول متجانس رخ داده است. تمام فلزات خالص به صورت متجانس منجمد می شوند.

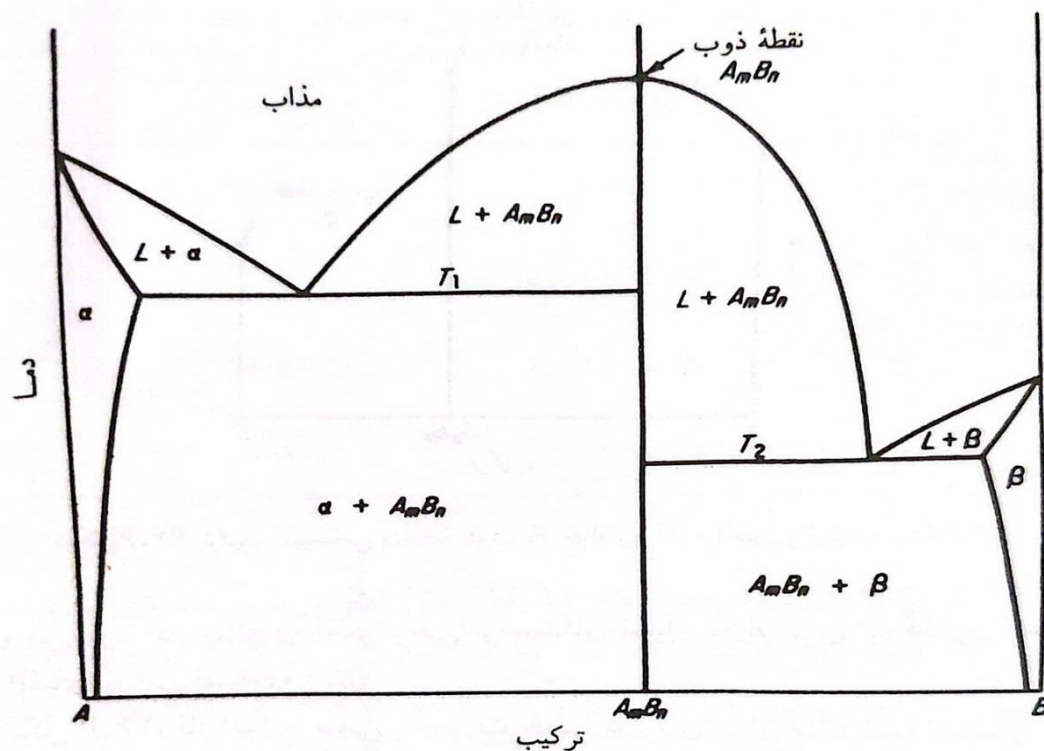
□ فازهای میانی بدین جهت این نام را دارند که تک فازهایی هستند که بین فازهای پایانی یک نمودار فازی قرار گرفته اند. نوع ۴ به عنوان تشکیل دهنده یک فاز میانی با ذوب متجانس شناخته می شود.

□ با هر فاز میانی می توان به عنوان جزء دیگری از نمودار فازی برخورد کرد. اگر فاز میانی گستره باریکی از ترکیب شیمیایی داشته باشد، همانند ترکیب های بین فلزی و بین نشینی، به صورت خط عمودی در نمودار ظاهر و با فرمول شیمیایی ترکیب نامگذاری می شود. اگر ترکیب شیمیایی فاز میانی گستره وسیعی داشته باشد معمولاً یک ترکیب الکترونی است و با حرفی از الفبای یونانی نامگذاری می شود. در سال های اخیر برخی نویسندگان تمایل دارند برای نامگذاری تمام فازهای میانی از الفبای یونانی استفاده کنند.

فاز آلیاژی میانی در شکل زیر به صورت خط عمودی نشان داده شده است و چون فازی ترکیب است به صورت $AmBn$ مشخص شده است. m و n زیرنمادهایی هستند که تعداد اتم های پیوندخورده در ترکیب را نشان می دهند. مثلاً منیزیم و قلع یک فاز میانی با فرمول شیمیایی Mg_2Sn را تشکیل می دهند. در این حالت Mg معادل A ، m معادل ۲، قلع یا Sn معادل B و n معادل ۱ است. سیستم $A-B$ را می توان به دو بخش مستقل تقسیم کرد: بخشی نشان دهنده تمام آلیاژهای بین A و ترکیب $AmBn$ و دیگری نشان دهنده آلیاژهای بین $AmBn$ و B . هر یک از این دو بخش می توانند مشابه یکی از انواعی که مورد بحث قرار گرفت باشند.



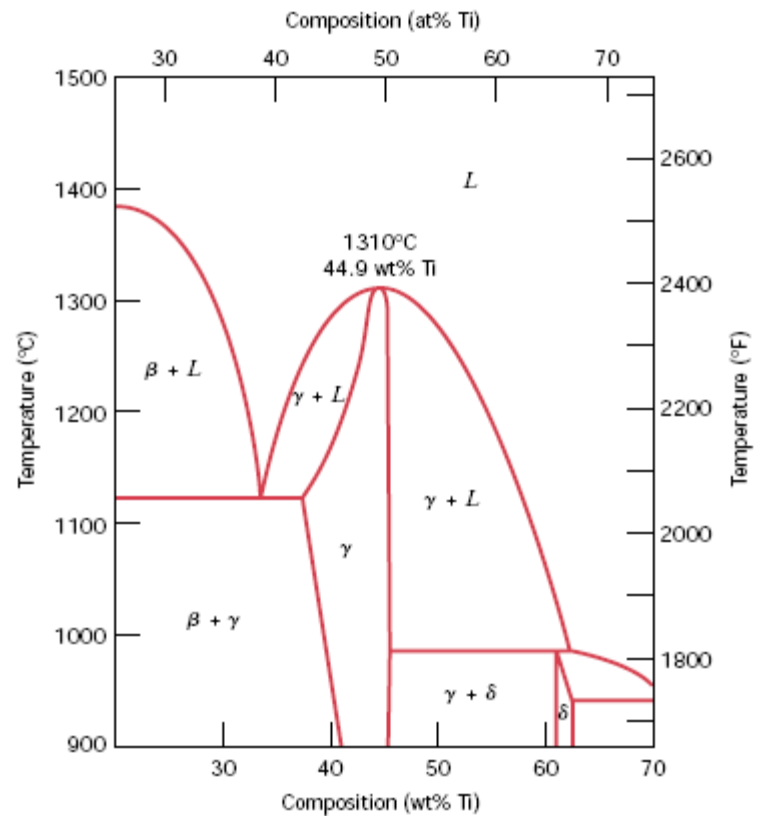
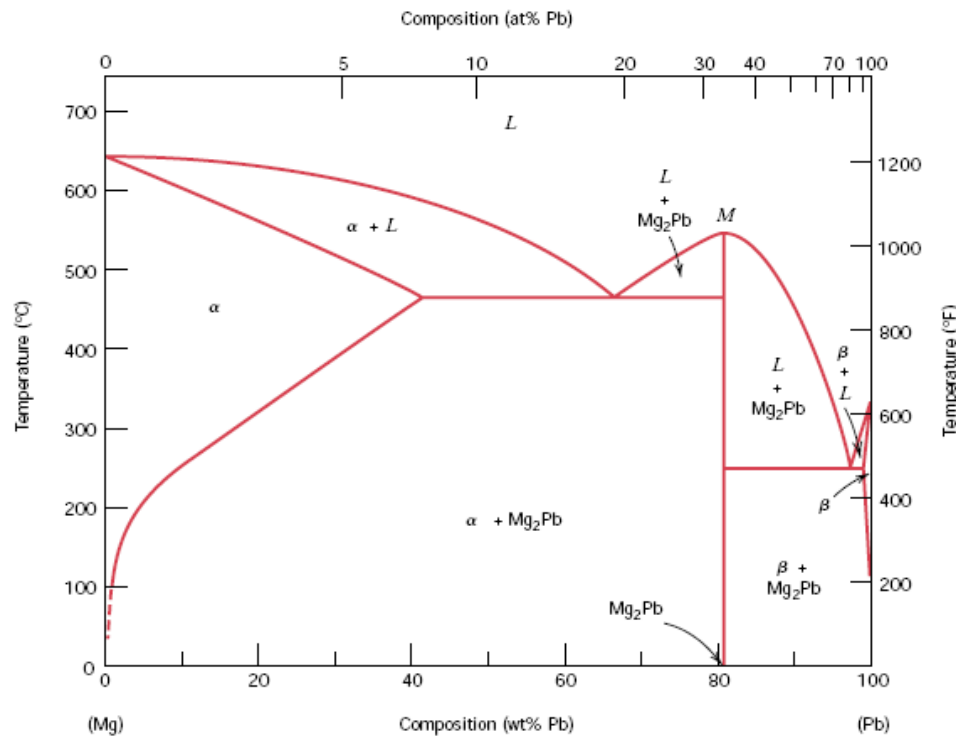
اگر ترکیب میانی نتواند هیچ یک از فلزات خالص را حل کند ولی فلزات خالص تا حدودی در هم حل شوند نمودار تعادلی همانند شکل زیر خواهد بود. این نمودار دو مخلوط اتکتیک متفاوت را نشان می دهد.



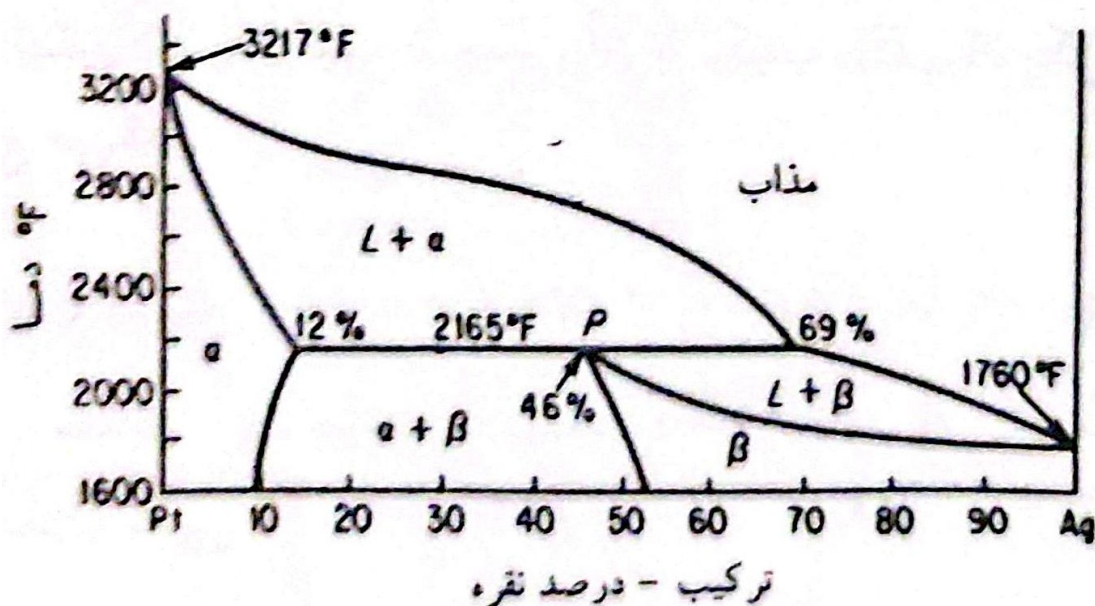
نمودار تعادلی که نشاندهنده آلیاژی میانی با ترکیب بین فلزی است.

نمودار تعادلی فازها (نوع چهارم)

(تشکیل فاز میانی با ذوب متجانس)

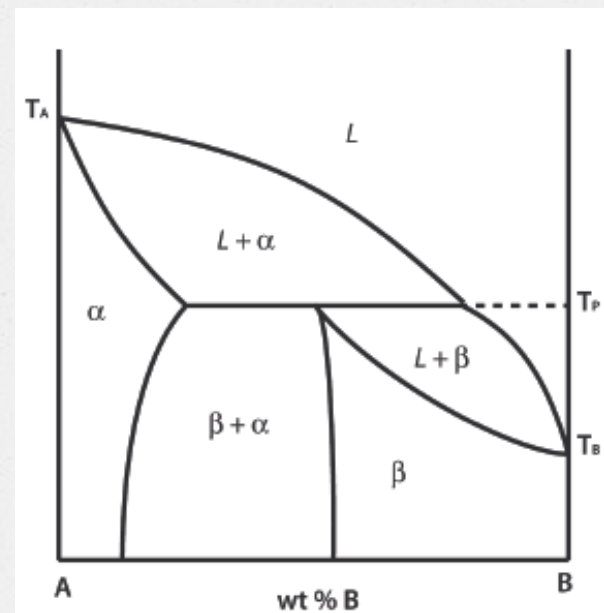
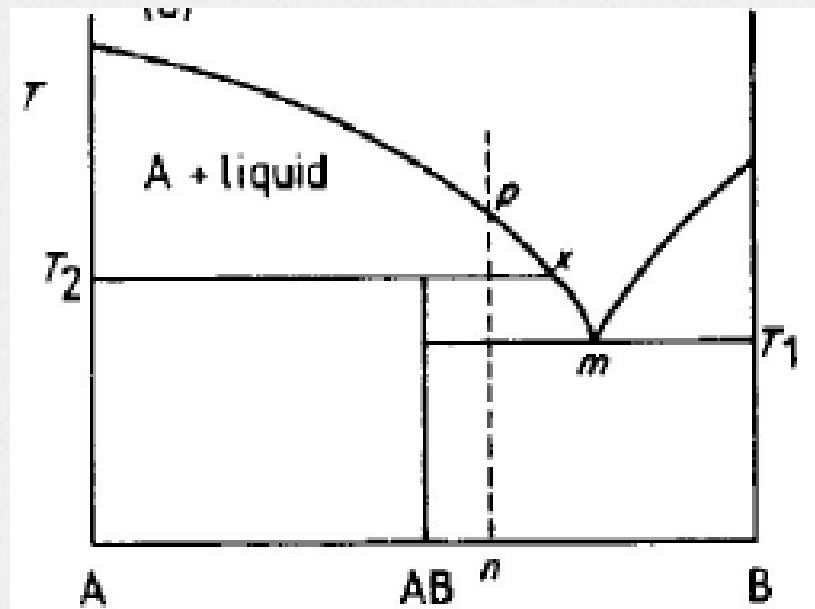
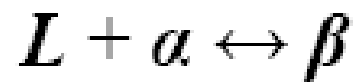


❖ در واکنش پریتکتیک به هنگام سرد کردن، یک مذاب و یک جامد به طور همدمای واکنش می دهند تا جامدی جدید تشکیل دهند. جامد تشکیل شده معمولاً فازی میانی است. اما در بعضی موارد ممکن است محلول جامد پایانی هم باشد.

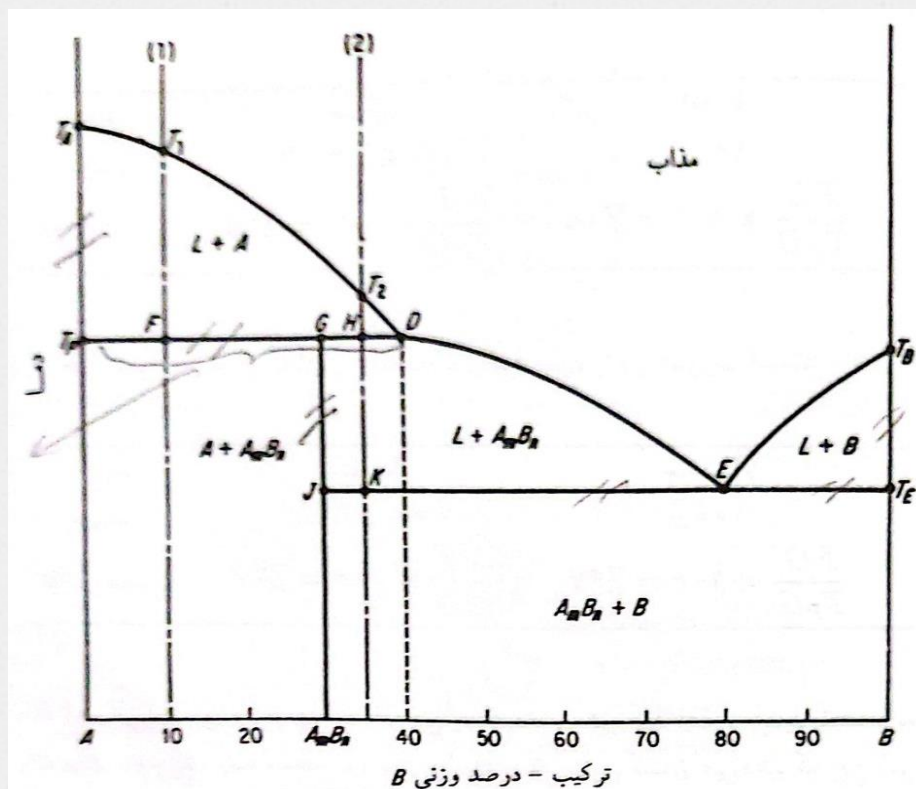


نمودار تعادلی فازها (نوع پنجم)

(واکنش پریتکتیک)



- ❖ ترکیب $AmBn$ یا $70 A-30 B$ بر اثر گرم شدن تا دمای پریتهکتیک، تا نقطه G ، به دو فاز مذاب و جامد A تجزیه می شود. بنابراین یک نمونه از آلیاژ میانی با ذوب متجانس است.
- ❖ واکنش پریتهکتیک معکوس واکنش اتکتیک است و یک تک فاز بر اثر سرد شدن دو فاز جدید را تشکیل می دهد.
- ❖ خط گداز $TADETB$ و خط انجماد $TATPGJTETB$ است. خط واکنش پریتهکتیک TPD است. تنها قسمتی از این خط یعنی پاره خط TPG بر خط انجماد انطباق دارد.



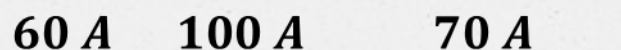
آلیاژ ۱، 90 A - 10 B تا رسیدن به خط گداز در دمای T1 به حالت ذوب باقی می ماند. حال با تشکیل بلورهای فلز خالص A انجماد اتفاق می افتد. با افت دما مقدار مذاب کم می شود و ترکیب آن مطابق خط گداز به سمت پایین حرکت می کند. حال شرایط موجود در دمایی کمی بالاتر از دمای پریتکتیک یعنی TP را بررسی می کنیم.

فازها	مذاب	جامد A
ترکیب	$60A - 40B$	$100A$
مقدار نسبی	$\frac{T_P F}{T_P D} \times 100 = 25\%$	$\frac{F D}{T_P D} \times 100 = 75\%$

شرایطی که تنها کمی پایتتر از دمای پری تکتیک وجود دارد بدین صورت است:

فازها	$A_m B_n$	جامد A
ترکیب	$70A - 30B$	$100A$
مقدار نسبی	$\frac{T_P F}{T_P G} \times 100 = 33\%$	$\frac{F G}{T_P G} \times 100 = 67\%$

➤ با یک نگاه اجمالی به این دو منطقه به نظر می آید که مذاب در خط افقی ناپدید شده و به جای آن ترکیب $AmBn$ به وجود آمده است. بررسی ترکیب های شیمیایی نشان می دهد این امر ناممکن است. مذاب حاوی ۶۰٪ A است، در حالی که $AmBn$ معادل ۷۰٪ A دارد. مذاب از A آنقدر غنی نیست که به تنهایی ترکیب را تشکیل دهد. بنابراین باید با مقدار کافی از جامد A که در این حالت ۸٪ است واکنش دهد تا ترکیب شیمیایی آن با ترکیب $AmBn$ یکی شود. واکنش زیر در دمای پریتکتیک رخ می دهد:



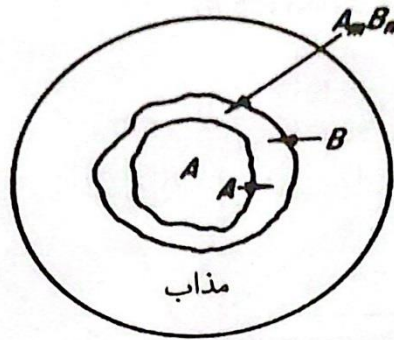
جامد $AmBn$ → جامد A + مذاب

25% 8% 33%

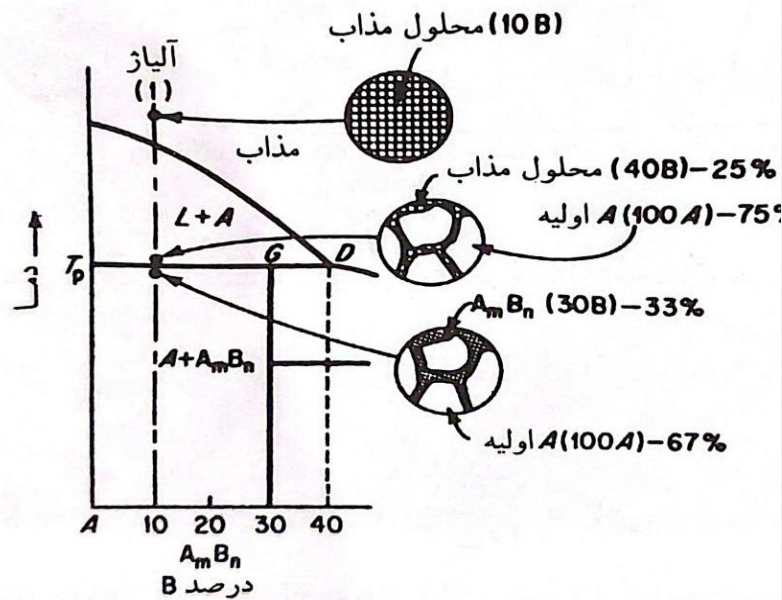
➤ واکنش در تمام سطوح هر دانه جامد A که با مایع در تماس است صورت می پذیرد. هنگامی که به ترکیب شیمیایی مناسب برسیم لایه منجمد شده از $AmBn$ دانه های A را احاطه می کند. واکنش به کندی ادامه می یابد زیرا باید منتظر نفوذ اتم ها از میان دیوار پریتکتیک $AmBn$ بمانیم تا واکنش بتواند ادامه یابد.

➤ هنگامی که نفوذ کامل شود تمام مذاب مصرف شده است و چون فقط ۸٪ A خالص برای انجام واکنش لازم بود بقیه جامد A باقی خواهد ماند. در نهایت، دانه هایی از A اولیه که با ترکیب $AmBn$ احاطه شده اند را نشان می دهد.

33% 8% 25%



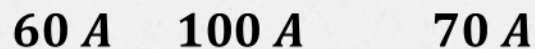
نمای شماتیک واکنش پری تکتیک. ضخامت پوشش $A_m B_n$ با نفوذ اتمهای A روبه بیرون و اتمهای B روبه درون افزایش می یابد.



ریز ساختار آلیاژ $10\% B - 90\% A$ در دماهای مختلف؛ آلیاژ آهسته سرد شده است.

برای تمام آلیاژهایی که در سمت چپ نقطه G قرار دارند، تنها تفاوت در مقدار A اضافی نهفته است که پس از تکمیل واکنش پری تکتیک باقی می ماند. هرچه ترکیب شیمیایی آلیاژها به ترکیب شیمیایی فاز ترکیبی نزدیکتر باشد A اولیه کمتری می ماند.

آلیاژ ۲، 65 A-35 B، با رسیدن به خط گداز در دمای T2، A خالص را منجمد می کند و با ادامه انجماد مذاب از B غنیتر می شود. وقتی به نقطه H برسیم ترکیب مذاب 60 A – 40 B خواهد بود. با استفاده از قانون اهرم در مورد این آلیاژ خواهیم داشت: ۳۵/۴۰*۱۰۰ یا ۸۷/۵٪ مذاب و ۱۲/۵٪ جامد A. چون خط GD بخشی از خط انجماد نیست مقداری مذاب پس از تحول باقی می ماند. بنابراین جامد A باید بر اثر واکنش با مقداری مذاب ناپدید شود و ترکیب AmBn را تشکیل دهد. چنین واکنشی دوباره رخ می دهد:

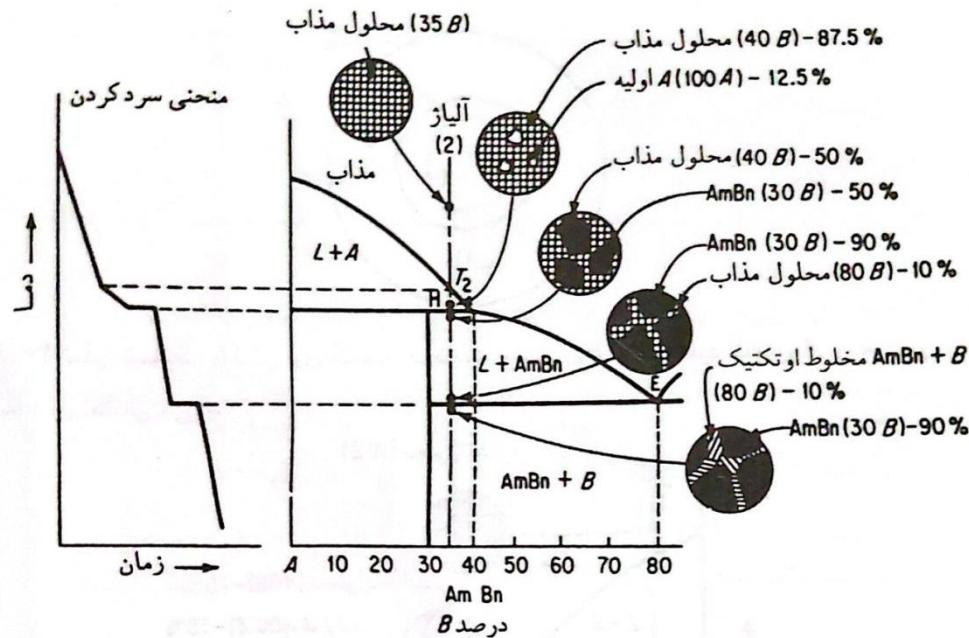


جامد $AmBn \rightarrow$ جامد A + مذاب

مقدار مذابی که وارد واکنش بالا می شود را می توان با استفاده از قانون اهرم در دمایی زیر دمای واکنش به دست آورد:

$$\% \text{مذاب} = \frac{GH}{DE} \times 100 = \frac{10}{20} \times 100 = 50\%$$

چون پیش از واکنش ۸۷/۵٪ و پس از آن ۵۰٪ مذاب داریم روشن است که ۳۷/۵٪ مذاب با ۱۲/۵٪ جامد A واکنش می دهد تا ۵۰٪ ترکیب AmBn در دمای پریتهکتیک تشکیل دهد. با ادامه سرد شدن بلورهای AmBn از مذاب جدا می شوند. مذاب از B غنیتر می شود و ترکیب شیمیایی آن به طرف پایین و سمت راست در امتداد خط گداز حرکت می کند تا به خط E یعنی دمای یوتکتیک برسد. در این دما فقط ۵۰/۵۰*۱۰۰ یا ۱۰٪ مذاب باقی می ماند. چون مذاب به نقطه یوتکتیک رسیده است به صورت مخلوط یوتکتیک AmBn + B منجمد می شود. این آلیاز در دمای اتاق شامل ۹۰٪ AmBn اولیه یا پروتکتیک است که با ۱۰٪ مخلوط (اتکتیک AmBn + B) احاطه شده است.



منحنی سرد شدن و ریزساختار آلیاز ۳۵B - ۶۵A. در دماهای مختلف، آلیاز آهسته سرد شده است.

□ واکنش پریتهکتیک تحت شرایط تعادلی تشریح شده ولی در عمل این شرایط به ندرت برقرار می شود. چون فاز جدید همچون پوششی در اطراف فاز اولیه تشکیل می شود و به صورت مانعی در برابر نفوذ که شرط اولیه ادامه واکنش است عمل می کند.

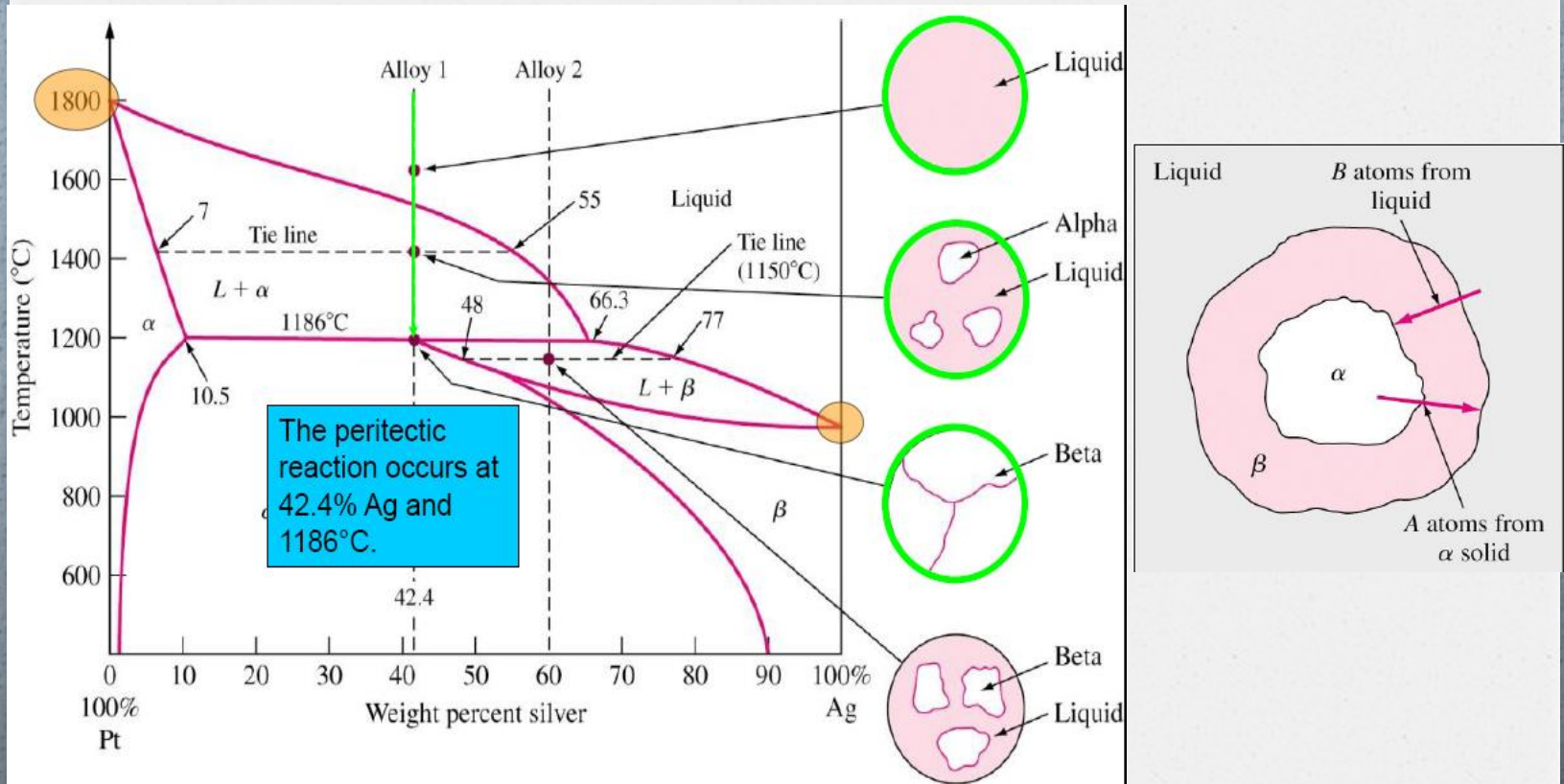
□ با ضخیمتر شدن لایه فاز جدید فاصله نفوذ افزایش می یابد و واکنش غالباً ناتمام می ماند. مثلاً مطابق نمودار فازی سیستم آلیاژی نقره- پلاتین، آلیاژ ۶۰٪ Ag در دمای محیط باید تک فاز β باشد. ولی ساختار واقعی قطعه ریختگی مطابق شکل زیر تک فاز نیست. مناطق روشن دانه های α اولیه هستند که با مناطق تیره β که شدت تیرگی آن کم و زیاد است احاطه شده اند و نشان می دهند واکنش پریتهکتیک کامل نشده است.

□ چون آلیاژهای پریتهکتیکی غالباً آلیاژهای دوفازی هستند خواص مکانیکی آنها از اصولی که درباره آلیاژهای یوتهکتیک بیان شد پیروی می کند اما با دو اختلاف: (۱) هر کدام از فازها احتمالاً از شرایط تعادلی پیش بینی شده دورتر هستند و (۲) دانه های قطعات ریخته شده معمولاً درشت است.

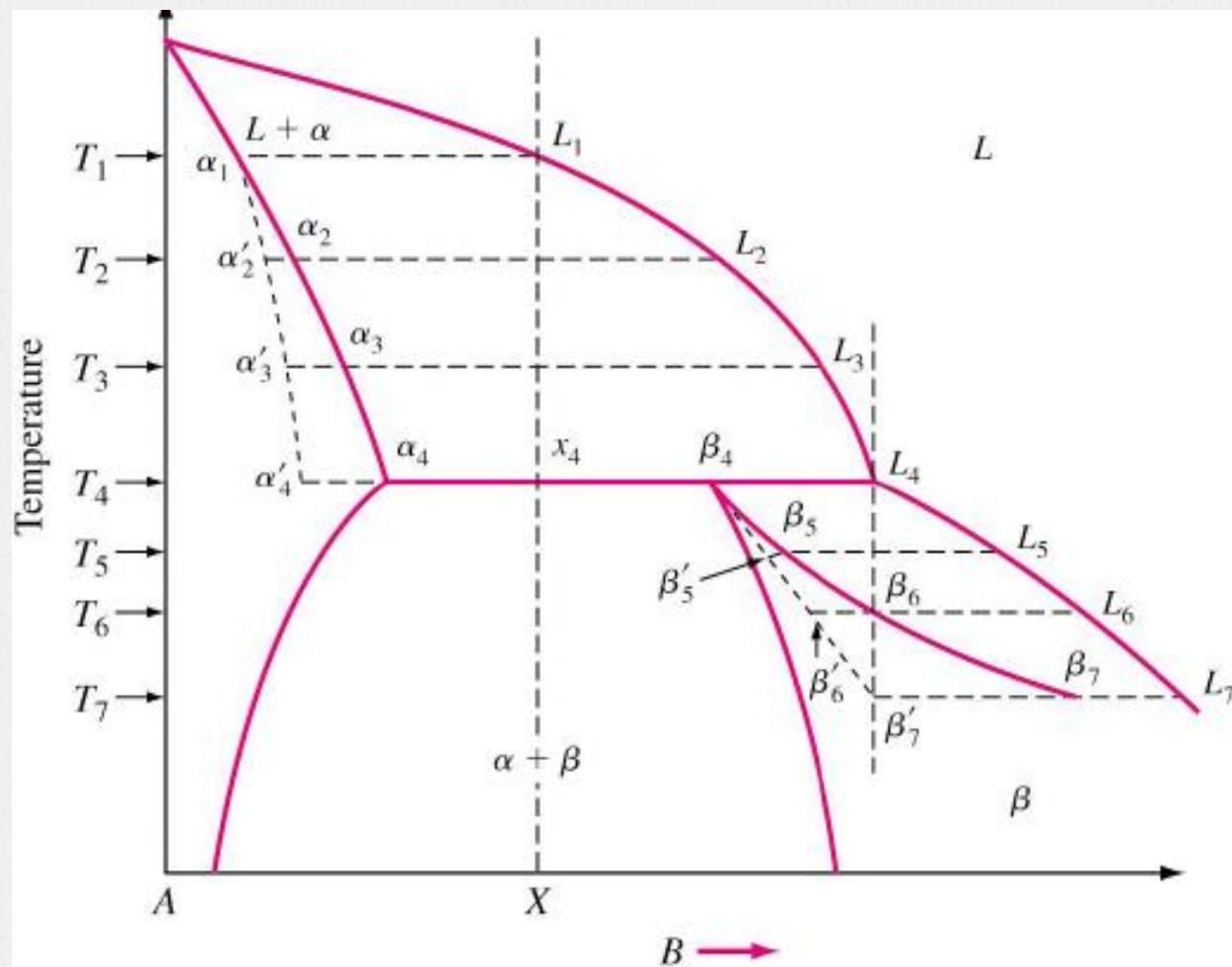


نمودار تعادلی فازها (نوع پنجم)

واکنش پریتکتیک



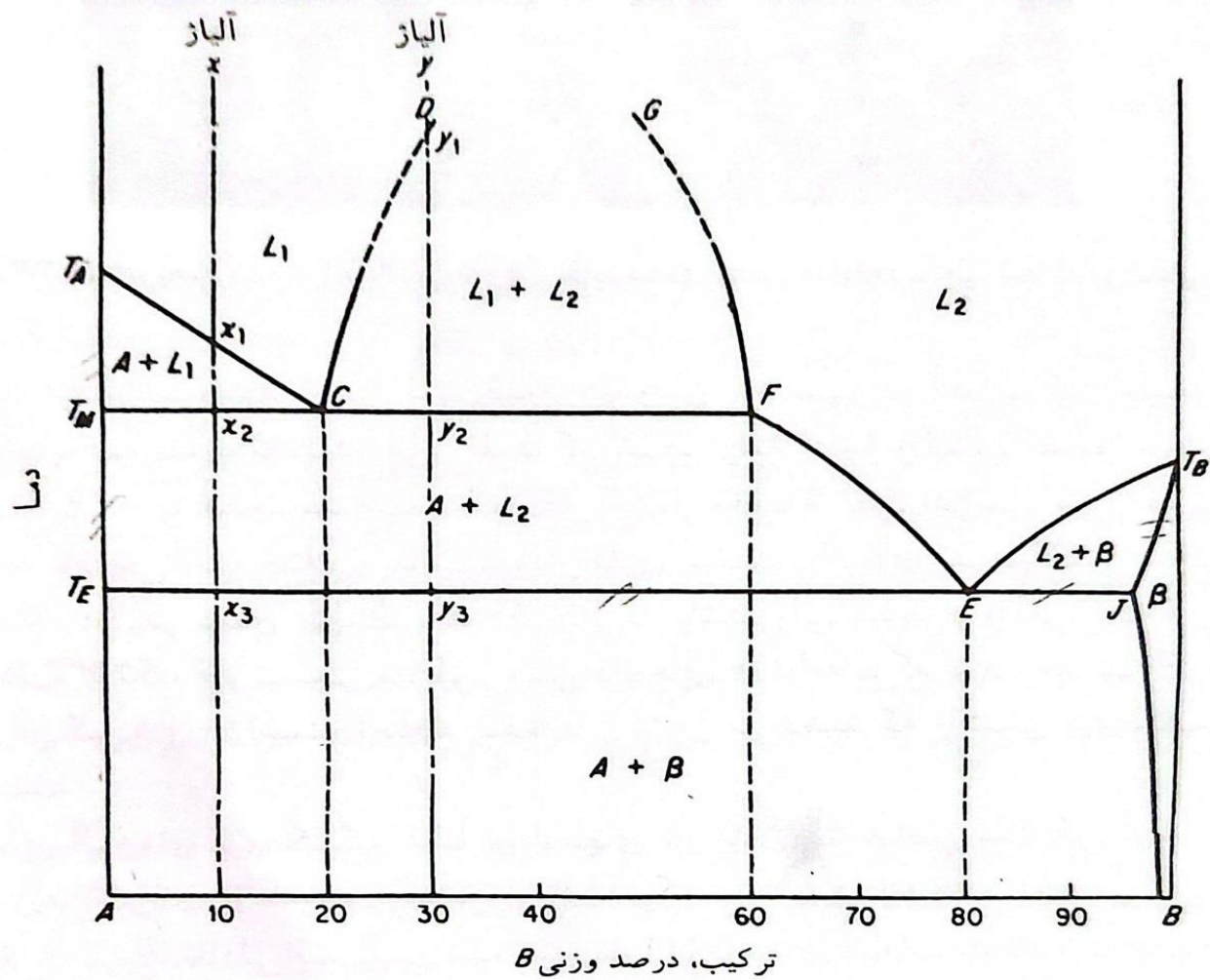
واکنش پریتکتیک در انجماد غیر تعادلی



نوع ۶ - دو فاز مذاب که در حالت مذاب تا حدودی در هم حل می شوند: واکنش مونوتکتیک

در تمام انواعی که قبلاً بحث شد فرض بر این بود که در حالت مذاب حلالیت کامل وجود دارد؛ ولی ممکن است در گستره مشخصی از ترکیب محلول های مذابی تشکیل شوند که در یکدیگر حل نشوند. اصطلاح معادل حلالیت آمیزش پذیری است. موادی همچون آب و روغن که در یکدیگر حل نمی شوند را آمیزش ناپذیر می گویند. در مورد موادی که تا حدودی در یکدیگر حل می شوند می گویند آمیزش پذیری آنها دچار خلل شده است.

خط گداز TACFETB و خط انجماد TATEJTB است. آلیاژهایی که ترکیب آنها بین نقاط C و F واقع شده است در دمایی کمی بالاتر از T_M در دو محلول مذاب L1 و L2 تشکیل می شوند. خط های CD و FG ترکیب فازهای مذاب در تعادل با یکدیگر در دماهای بالاتر را نشان می دهد. در اغلب موارد این خط ها به صورت خط چین نشان داده می شوند زیرا مشکلات آزمایش در دماهای بالا از تعیین دقیق موقعیت آنها جلوگیری می کند. چون این خط ها تمایل به رسیدن به یکدیگر دارند ممکن است در دماهای بالاتر منطقه کوچکتر شود و یک تک محلول مذاب همگن به وجود آید.



نمودار تعادلی فرضی دو فلزی که در حالت مذاب تا حدودی در هم حل می‌شوند؛ واکنش مونوتکتیک.

○ برای تعیین ترکیب شیمیایی $L1$ و $L2$ و مقادیر نسبی آنها در هر دمایی مانند دیگر مناطق دوفازی عمل می کنیم و از همان قوانین بهره می بریم. $L1$ محلول مذاب B حل شده در A و $L2$ محلول مذاب A حل شده در B است.

○ آلیاژ x حاوی $10\% B$ محلول مذاب تک فاز $L1$ است و تا برخورد با خط گداز در $x1$ در همین حالت باقی می ماند. انجماد با تشکیل بلورهای فلز خالص A آغاز می شود. مذاب از B غنیتر شده و به تدریج به طرف پایین و سمت راست در امتداد خط گداز حرکت می کند. وقتی آلیاژ در نقطه $x2$ به خط دمای مونوتکتیک TM رسید ترکیب مذاب را که $80 A - 20 B$ است نقطه C مشخص می کند.

○ خط افقی در هر نمودار فازی مشخص می کند که باید واکنشی انجام شود. زیر این خط افقی دو فاز وجود دارد که جامد A و $L2$ هستند. نخست به نظر می رسد که $L1$ ناپدید شده و جای آن را $L2$ گرفته است. اما بررسی دقیقتر نشان می دهد این اتفاق نمی تواند رخ داده باشد. ترکیب $L2$ با نقطه F مشخص شده و $60 B - 40 A$ است، در حالی که $L1$ دارای ترکیب $80 A - 20 B$ است. پس اگرچه $L1$ ناپدید شده است اما به تنهایی نمی تواند $L2$ را تشکیل دهد. $L1$ محلول مذاب غنی از A و $L2$ محلول مذاب غنی از B است. مسأله این است که مقدار A در $L1$ بیش از حد است. پس آنچه باید در خط افقی رخ دهد این است که جامد A به اندازه کافی از $L1$ رسوب کند تا ترکیب آن را برای تشکیل $L2$ آماده سازد.

برای اثبات این موضوع می توان قانون ۲ را در بالا و پایین خط افقی TM اعمال کرد. بالای خط ۵۰٪ جامد A (۱۰۰*۱۰/۲۰) و ۵۰٪ L1 داریم. زیر خط ۱۷٪ L2 (۱۰۰*۱۰/۶۰) و ۸۳٪ جامد A داریم. بنابراین در خط افقی ۵۰٪ L1 باید ۱۷٪ L2 و ۳۳٪ جامد A تشکیل دهد. این ۳۳٪ جامد A به علاوه ۵۰٪ که از قبل موجود بود جمعاً ۸۳٪ جامد A نتیجه می دهد که با محاسبه هم به دست آمده بود. واکنش به صورت زیر خلاصه می شود:

80 A 40 A 100 A

$L1 \rightarrow L2 + A$ جامد

50% 17% 33%

وقتی به هنگام سرد شدن یک مذاب مذابی دیگر به علاوه یک جامد تشکیل شود واکنش مونوتکتیک رخ می دهد. معادله عمومی واکنش مونوتکتیک به صورت زیر نوشته می شود:

$L1 \rightarrow L2 +$ جامد

➤ نقطه C نقطه مونوتکتیک نامیده می شود. واکنش مونوتکتیک مشابه واکنش اتکتیک است، با این تفاوت که یکی از محصولات به جای جامد مذاب است. ثابت شده است که تمام نقاط مونوتکتیک شناخته شده در سیستم های دوتایی فلزی در نزدیکی ترکیب یک فاز جامد قرار گرفته اند، به طوریکه فاز جامد در واکنش مسلط است. در این حالت ۳۳٪ جامد A و ۱۷٪ L2 تشکیل شده است. همانند اتکتیک آلیاژهای سمت چپ نقطه C همچون آلیاژ x را آلیاژهای هیپومونوتکتیک می نامیم و آلیاژهای سمت راست نقطه C تا نقطه F به عنوان آلیاژهای هیپرمونوتکتیک شناخته می شوند.

➤ آهسته سرد کردن آلیاژ x بهلدبن صورت است که پس از تکمیل واکنش مونوتکتیک و با افت دما از L2 جامد A بیشتری تشکیل می شود. با رسیدن به دمای اتکتیک در TE آلیاژ در x2 و L2 در نقطه E خواهد بود. این دما و ترکیب درست مناسب تشکیل مخلوط اتکتیک است. حال واکنش اتکتیک رخ می دهد و L2 مخلوط بسیار ظریفی از جامد A و جامد B تشکیل می دهد. ریزساختار نهایی شامل ۸۷/۵٪ دانه های A اولیه است که با ۱۲/۵٪ مخلوط اتکتیک (A+B) احاطه شده اند.

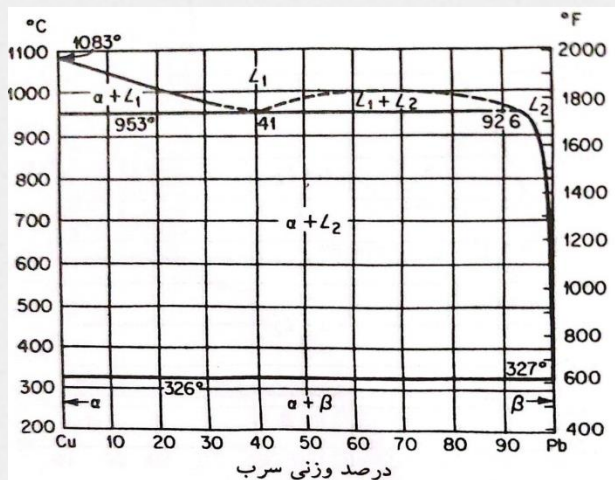
➤ پیدایش دو مذاب در آلیاژهای هیپرمونوتکتیک که ترکیب آنها بین نقاط C و F قرار دارد در بالای دمای مونوتکتیک ساختاری را مطرح می کند که تابحال آن را تشریح نکرده بودیم. در طی زمان کافی، دو مذاب به دلیل اختلاف چگالی به دو لایه مجزا تقسیم می شوند و لایه سبکتر در بالا قرار می گیرد. ممکن است مذاب ها به صورت امولسیون باشند، به طوری که قطره های ریز یکی از مذاب ها به صورت معلق در مذاب دیگر قرار گیرد. متأسفانه در حال حاضر دانسته های این رفتار در خصوص فلزها بسیار محدود است.

➤ آهسته سرد کردن آلیاژ هیپرمونوتکتیک y حاوی 79 A - 30 B بدین صورت است که در دمای بالا این آلیاژ از یک تک فاز مذاب همگن L1 تشکیل خواهد شد. با سرد کردن حد آمیزش پذیری مذاب در y1 قطع می شود و مذاب دوم یعنی L2 در سطح ظرف و یا در نقاط مختلف درون حمام مذاب ظاهر می شود. ترکیب شیمیایی L2 را می توان با رسم یک خط رابط در منطقه دوفازی و بکارگیری قانون ۱ به دست آورد. با کاهش دما مقدار L2 کاهش می یابد، به طوری که درست در بالای دمای مونوتکتیک در نقطه y2 مقدار L2 موجود مساوی ۱۰/۴۰*۱۰۰ یا ۲۵٪ است.

➤ در شرایط مساعد این مذاب به صورت لایه ای مجزا در بوته یا قالب وجود خواهد داشت. حال آن قسمت از مخلوط که متشکل از L_1 است مطابق معادله مونوتکتیک واکنش می دهد و جامد $L_2 + A$ بیشتری را تشکیل می دهد. با ادامه سرد شدن جامد A بیشتری از L_2 تشکیل می شود و ترکیب آن از B غنیتر می شود تا در نقطه y_3 به دمای اتکتیک برسیم. در آن دما L_2 باقیمانده ($37/5\%$) در معرض واکنس اتکتیک قرار می گیرد و به صورت مخلوط بسیار ظریفی از $A+B$ منجمد می شود.

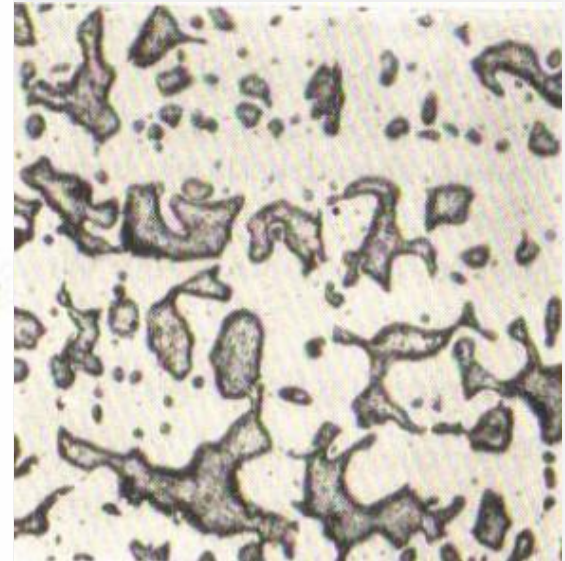
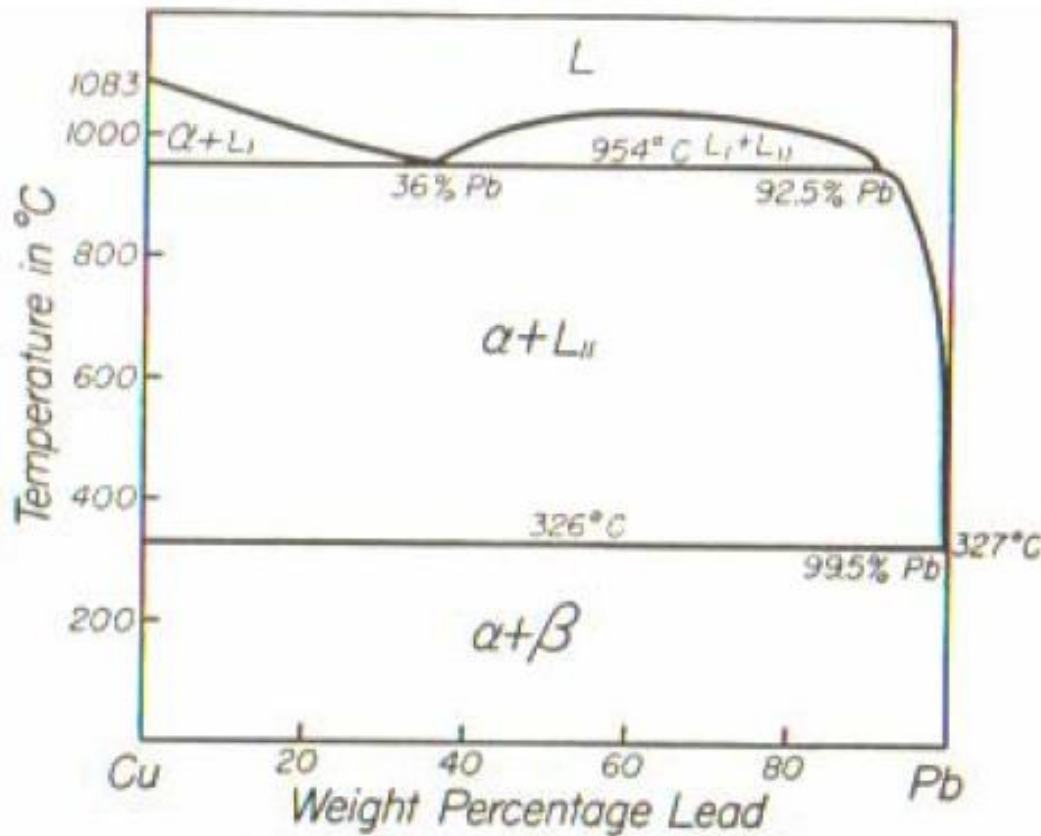
➤ مثال یک سیستم آلیاژی که دارای واکنش مونوتکتیک باشد سیستم مس سرب است. در این حالت منطقه $L_1 + L_2$ باریک است. همچنین اگرچه جامدهای پایانی به صورت α و β نشان داده شده اند ولی عملاً حلالیت انقدر کم است که آنها در واقع فلزهای خالص مس و

سرب هستند.



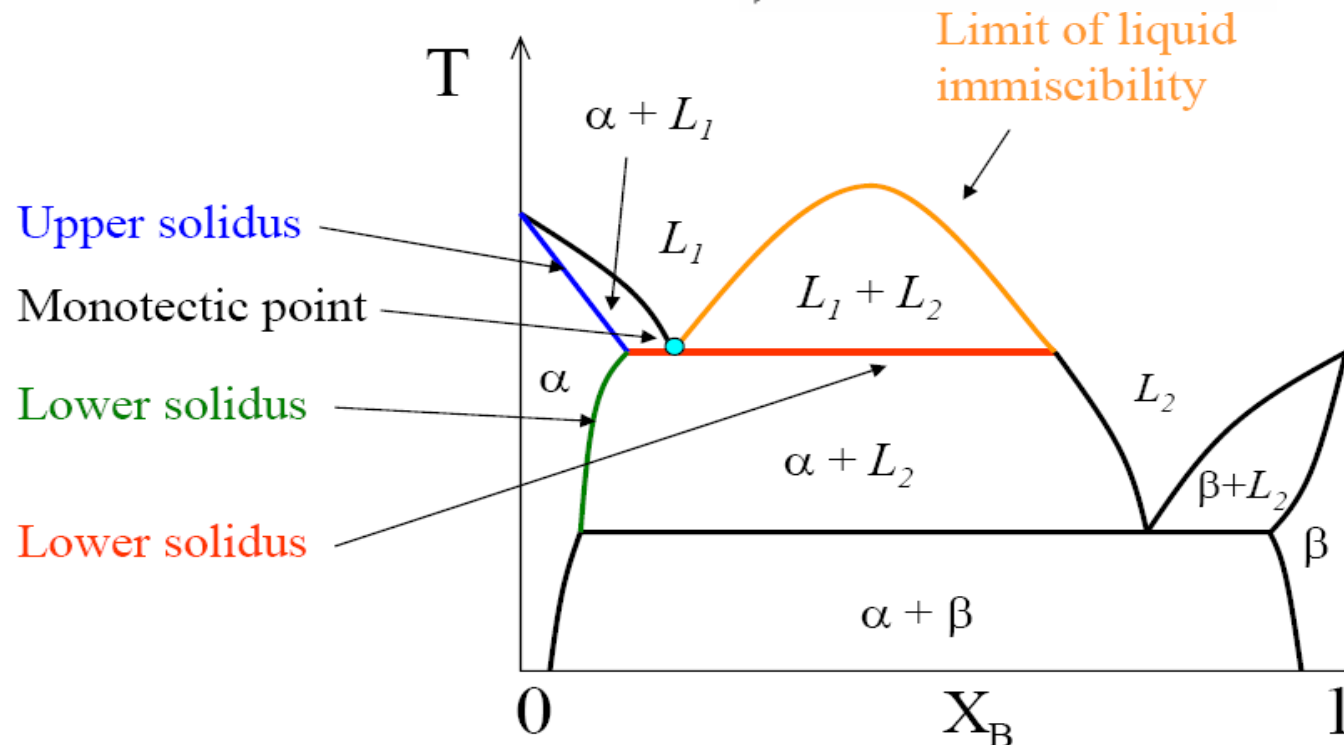
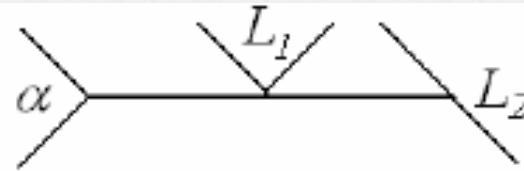
نمودار تعادلی فازها (نوع ششم)

انحلال جزئی در حالت مایع در یکدیگر (واکنش مونوتکتیک)



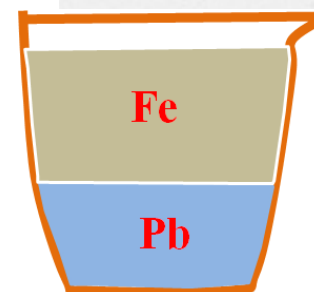
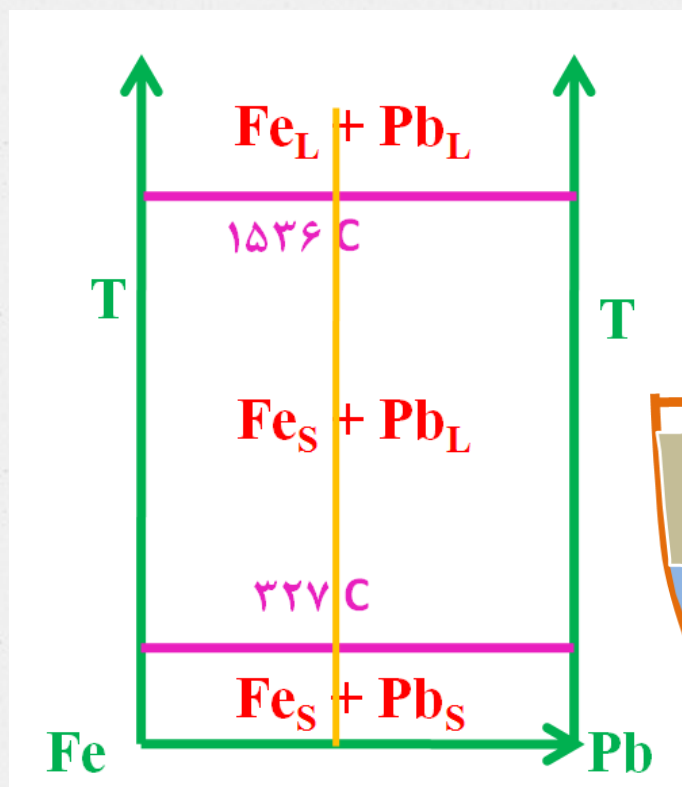
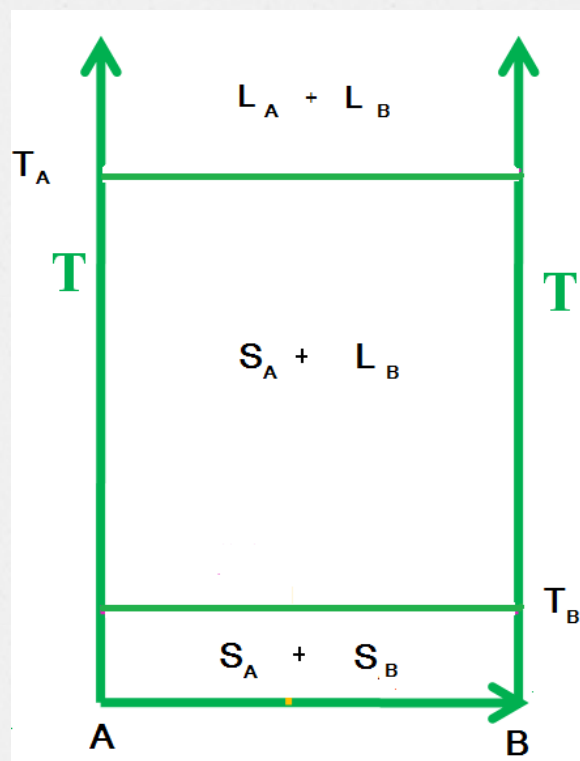
نمودار تعادلی فازها (نوع ششم)

انحلال جزئی در حالت مایع در یکدیگر (واکنش مونوتکتیک)



نمودار تعادلی فازها (نوع هفتم)

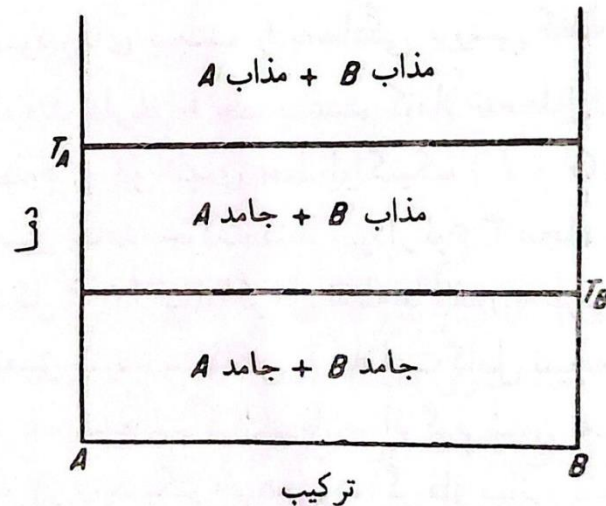
عدم انحلال در هر دو حالت مایع و جامد



نوع ۷- دو فلز در حالت های مذاب و جامد نامحلول هستند

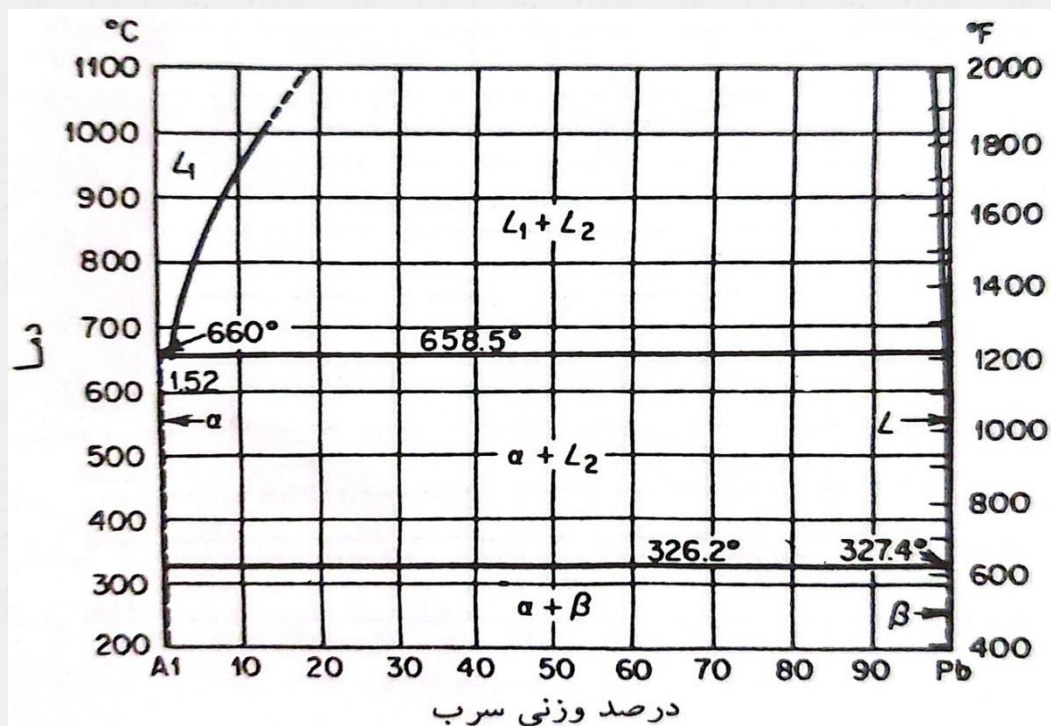
این قسمت کامل کننده بررسی فازهای اساسی یا نمودارهای تعادلی است که شامل حالت های مذاب و جامد هستند. اگر نقطه های C و F در نمودار مونوتکتیک در امتدادهای مخالف هم حرکت کنند سرانجام به محورها برخورد می کنند و نمودار نوع ۷ را به وجود می آورند.

ترکیب های مختلفی از فلزها وجود دارد که عملاً در یکدیگر نامحلول هستند و وقتی سرد شدند دو فلز در نقطه انجماد خود به صورت دو لایه مجزا با خط جدایش مشخص و بدون اثری از نفوذ منجمد می شوند.



نمودار تعادلی فرضی برای دو فلز که در حالت های مذاب و جامد نامحلول اند.

یک سیستم آلیاژی بسیار نزدیک به این نوع سیستم آلومینیم-سرب است. منطقه مذاب دوفازی در تمام عرض نمودار گسترده شده است. این شرایط مشابه حالت محدودی از واکنش های مونوتکتیک و اتکتیک است. بالاتر از دوخط افقی یک واکنش مونوتکتیک داریم که در آن نقطه مونوتکتیک به ترکیب و نقطه ذوب آلومینیم خالص بسیار نزدیک است. خط افقی پایینی نشاندهنده واکنش اتکتیک است که در آن عملاً نقطه اتکتیک بر ترکیب و نقطه ذوب سرب خالص منطبق شده است.



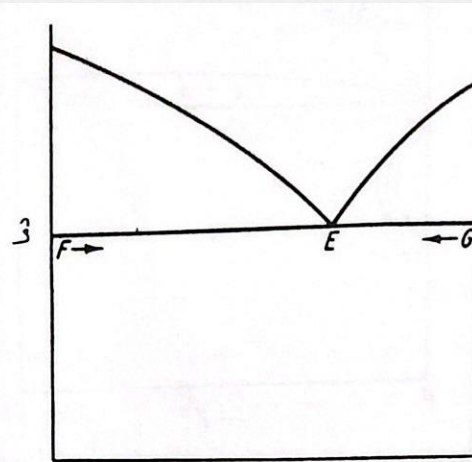
ارتباط متقابل انواع اصلی

✓ انواع مختلف نمودارهای تعادلی که مورد بحث قرار گرفتند را می توان به روش های گوناگونی با یکدیگر ترکیب کرد تا نمودارهای واقعی ایجاد شوند. سه نوع اول تنها از لحاظ حلالیت در حالت جامد تفاوت دارند.

✓ در یک سیستم کاملاً نامحلول اگر نقطه های دو انتهای خط اتکتیک (F و G) به سمت همدیگر یعنی به سوی حلالیت بیشتر در محلول جامد حرکت کنند نمودار نوع ۳ ایجاد می شود که در حالت جامد تا حدودی حلالیت دارد.

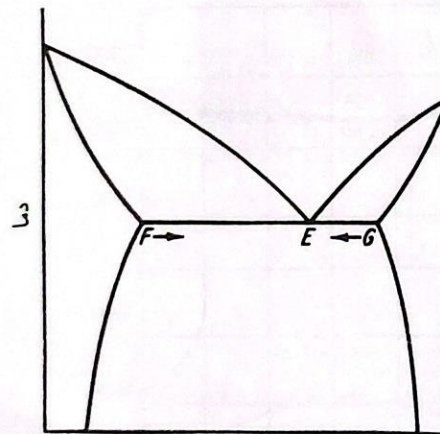
✓ اگر این نقطه ها آنقدر به طرف هم حرکت کنند که بر نقطه E یعنی ترکیب اتکتیک منطبق شوند سیستمی با حلالیت کامل نتیجه می شود

✓ انواع ۴ و ۵ با فاز میانی تعریف شده اند. اگر این فاز بر اثر گرم شدن تجزیه شود (ذوب نامتجانس) نمودار نشان دهنده یک واکنش پریکتیک خواهد بود. اگر فاز میانی نقطه ذوب واقعی داشته باشد (ذوب متجانس) ممکن است نمودار یک واکنش اتکتیک را نشان دهد.



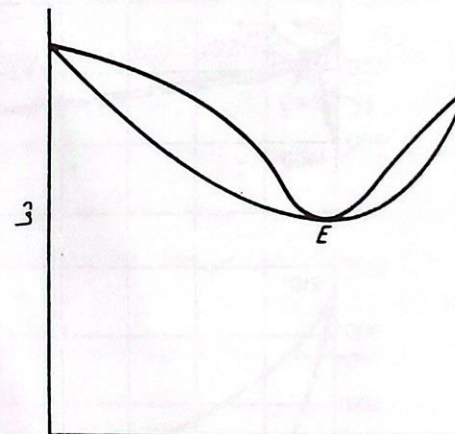
ترکیب

(الف) نامحلول در حالت جامد



ترکیب

(ب) حلالیت جزئی در حالت جامد



ترکیب

(ج) حلالیت کامل در حالت جامد

ارتباط متقابل بین نمودارهای تعادلی، در صورتی که حلالیت در حالت جامد تغییر کند.

نمودار تعادلی فازها (تحول در حالت جامد)

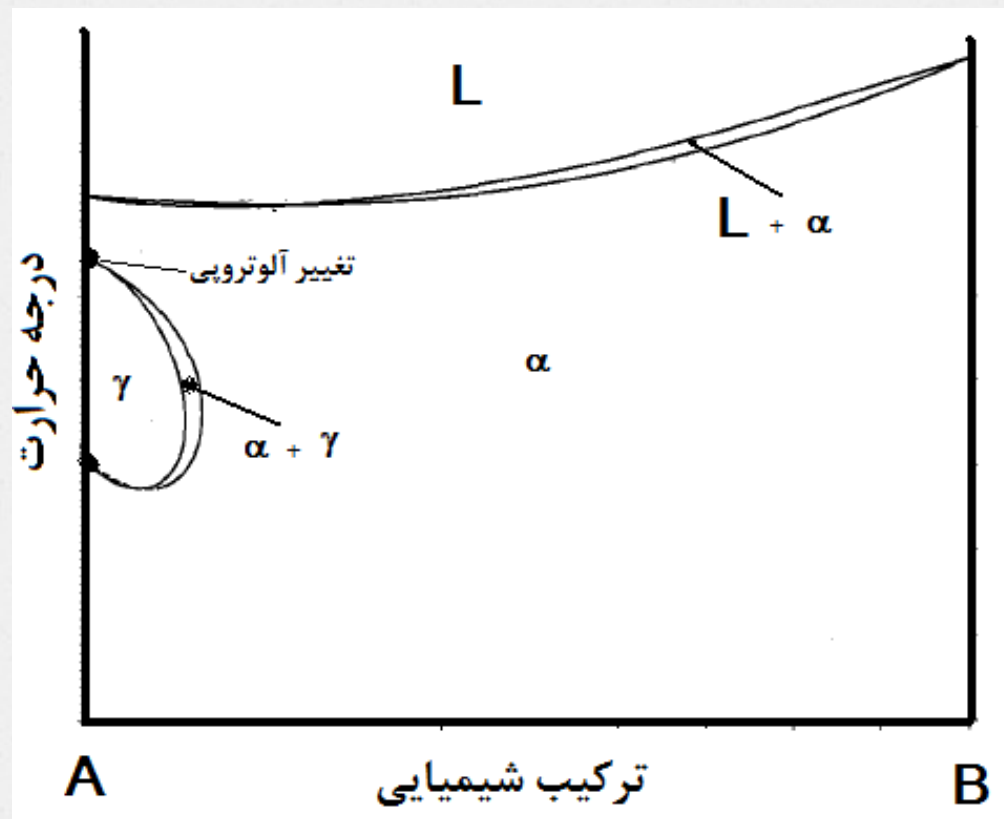
الف) تغییر آلتروپی

ب) تبدیل منظم - نا منظم

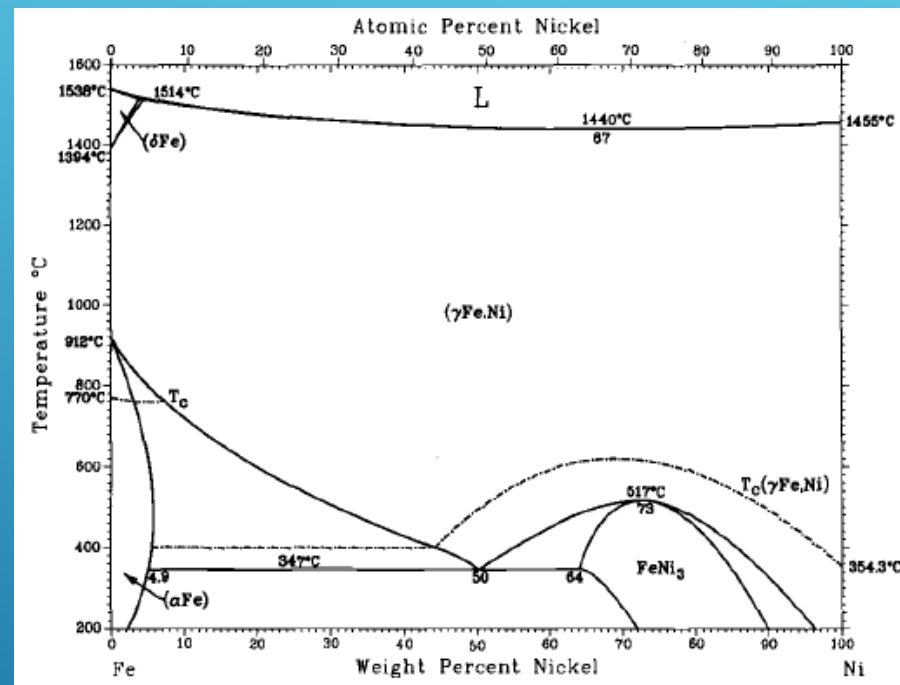
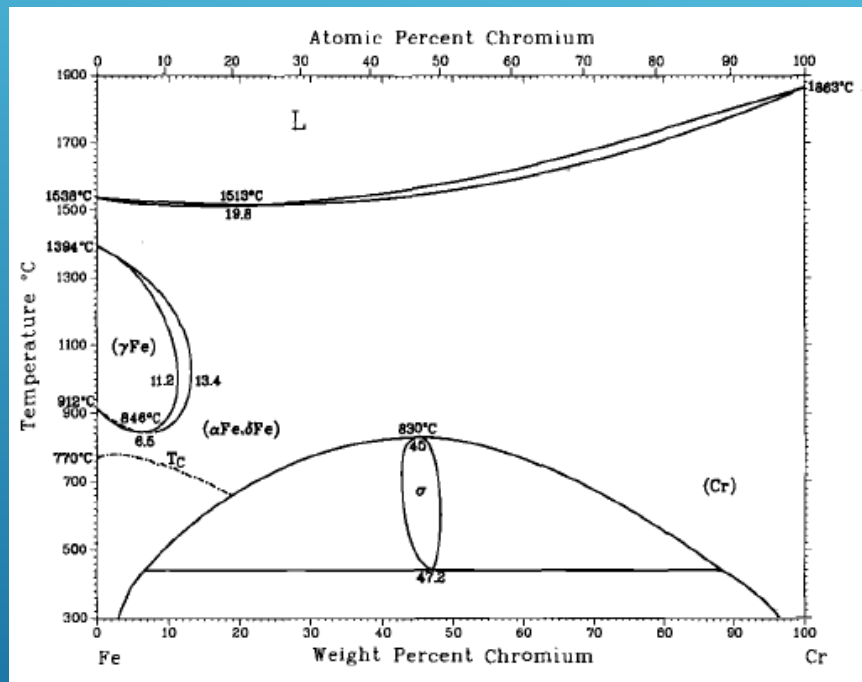
ج) واکنش اتکتوئید

د) واکنش پریتکتوئید

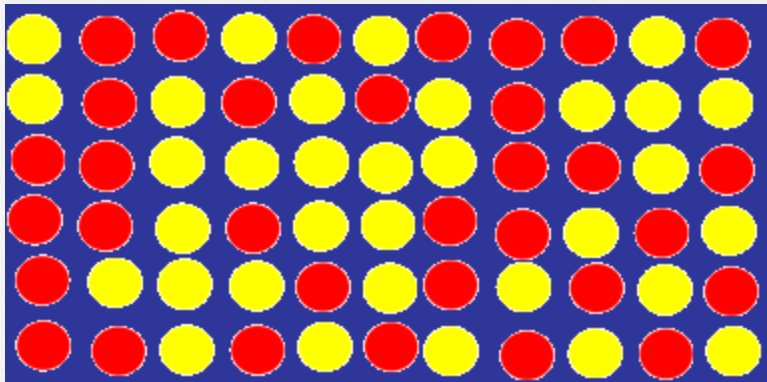
تغییر آلتروپی



تغییر آلتروپی (آلیاژهای پایه آهن)

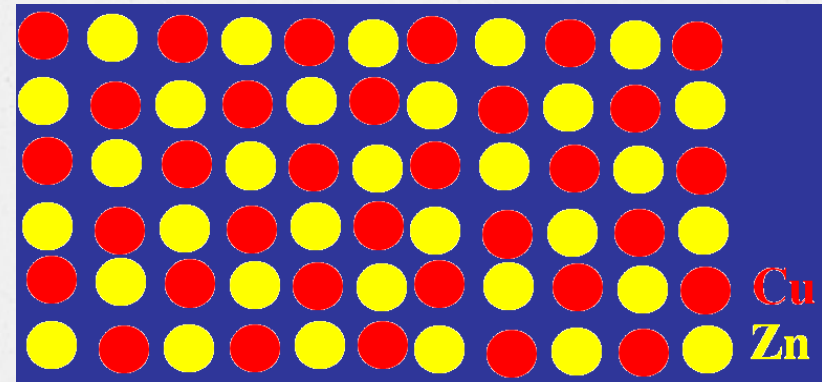


Order- disorder Transformation تبدیل ساختار منظم – نامنظم



Disordered نامنظم

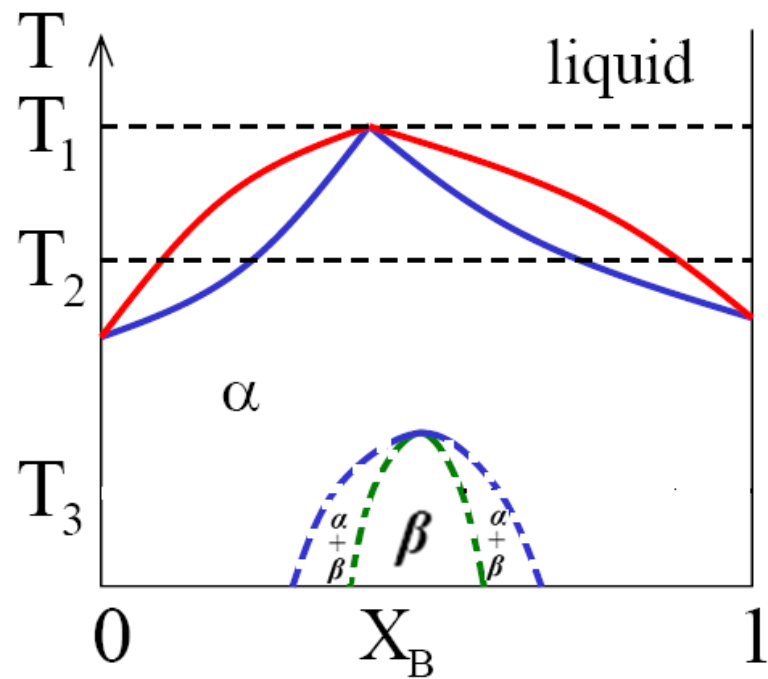
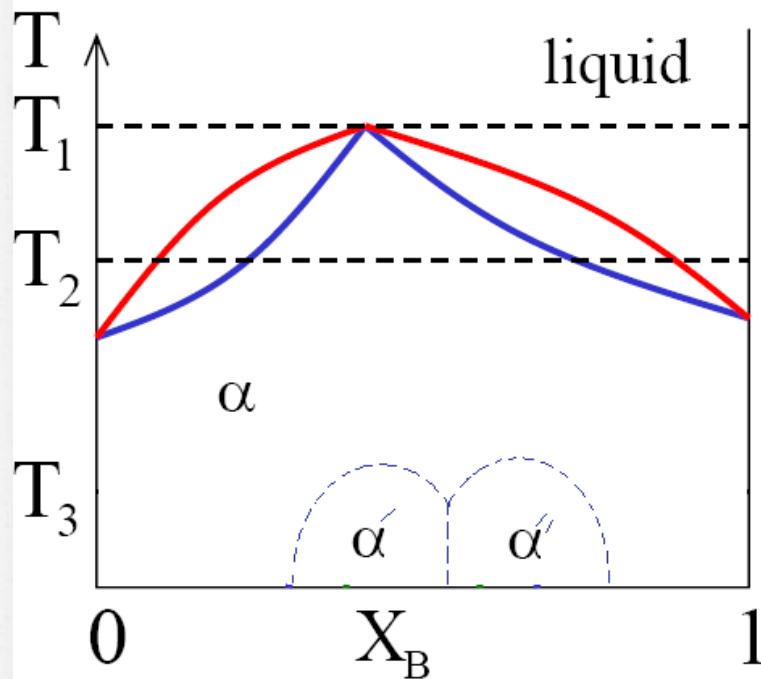
سرد شدن غیر تعادلی
تک فاز محلول جامد
کامل تا دمای محیط



Ordered منظم

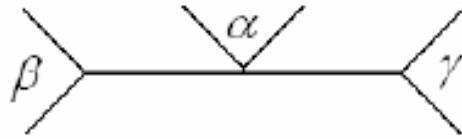
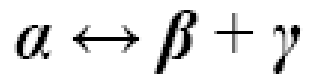
سرد شدن تعادلی (آهسته)
تک فاز محلول جامد کامل
تا دمای محیط

نمودار تعادلی همراه با تبدیل ساختار منظم – نامنظم

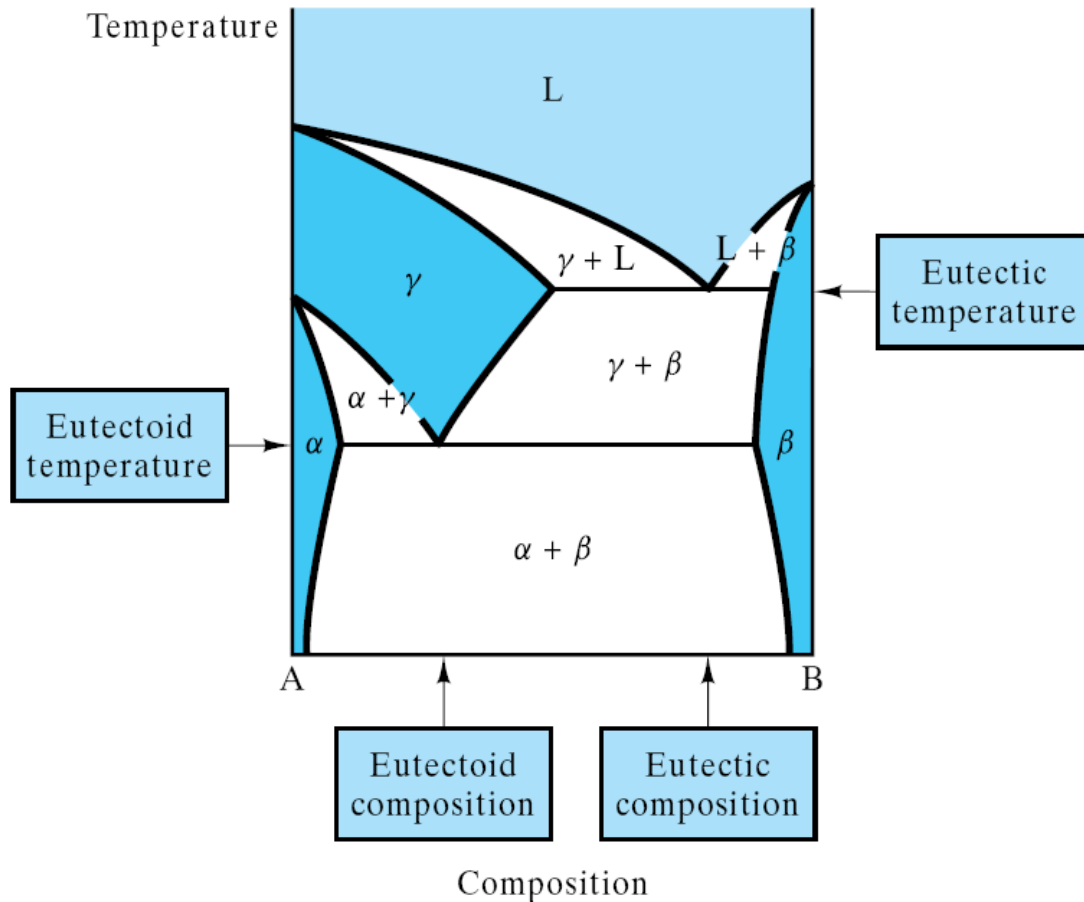


تغییرات خواص فیزیکی و مکانیکی ناشی از ایجاد ساختار منظم

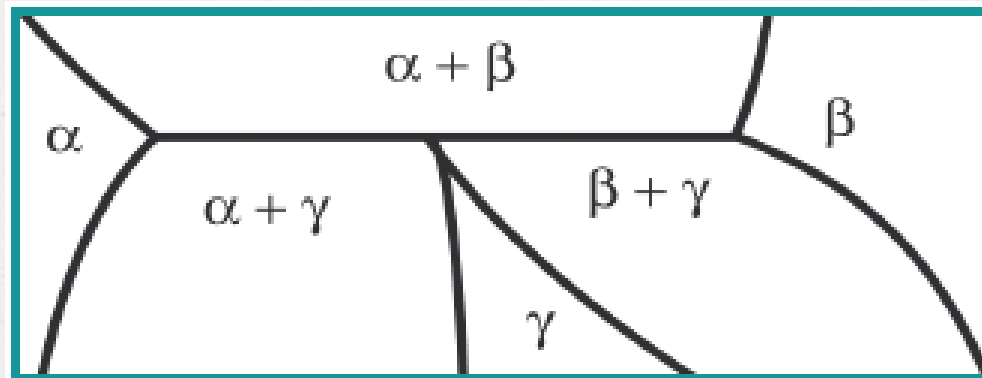
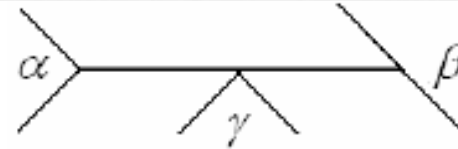
- ایجاد ساختار منظم بدون تغییر شبکه کریستالی
 - کاهش مقاومت الکتریکی
 - عدم تغییر خواص مکانیکی (سختی و استحکام)
- ایجاد ساختار منظم همراه با تغییر شبکه کریستالی
 - افزایش سختی و استحکام

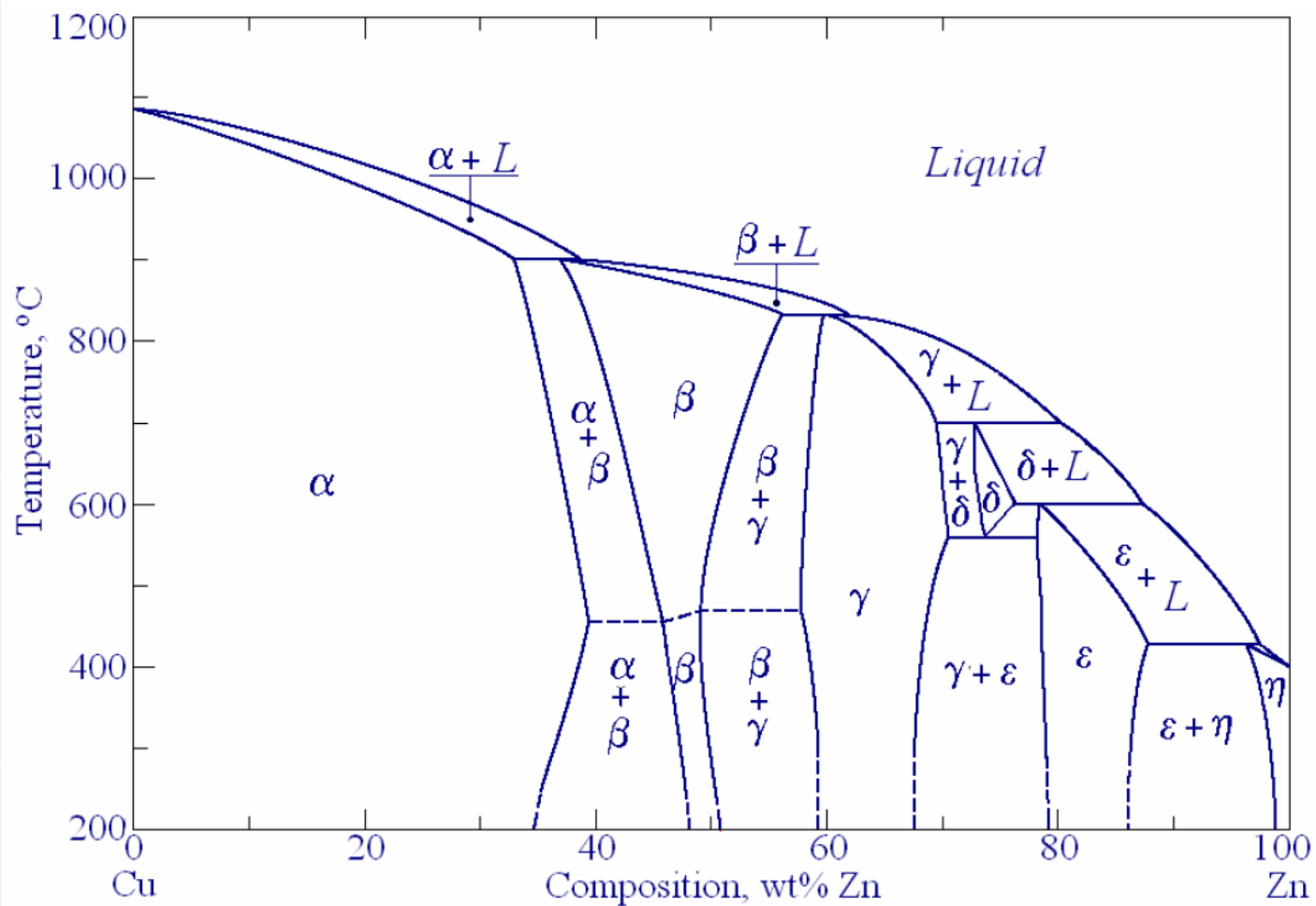


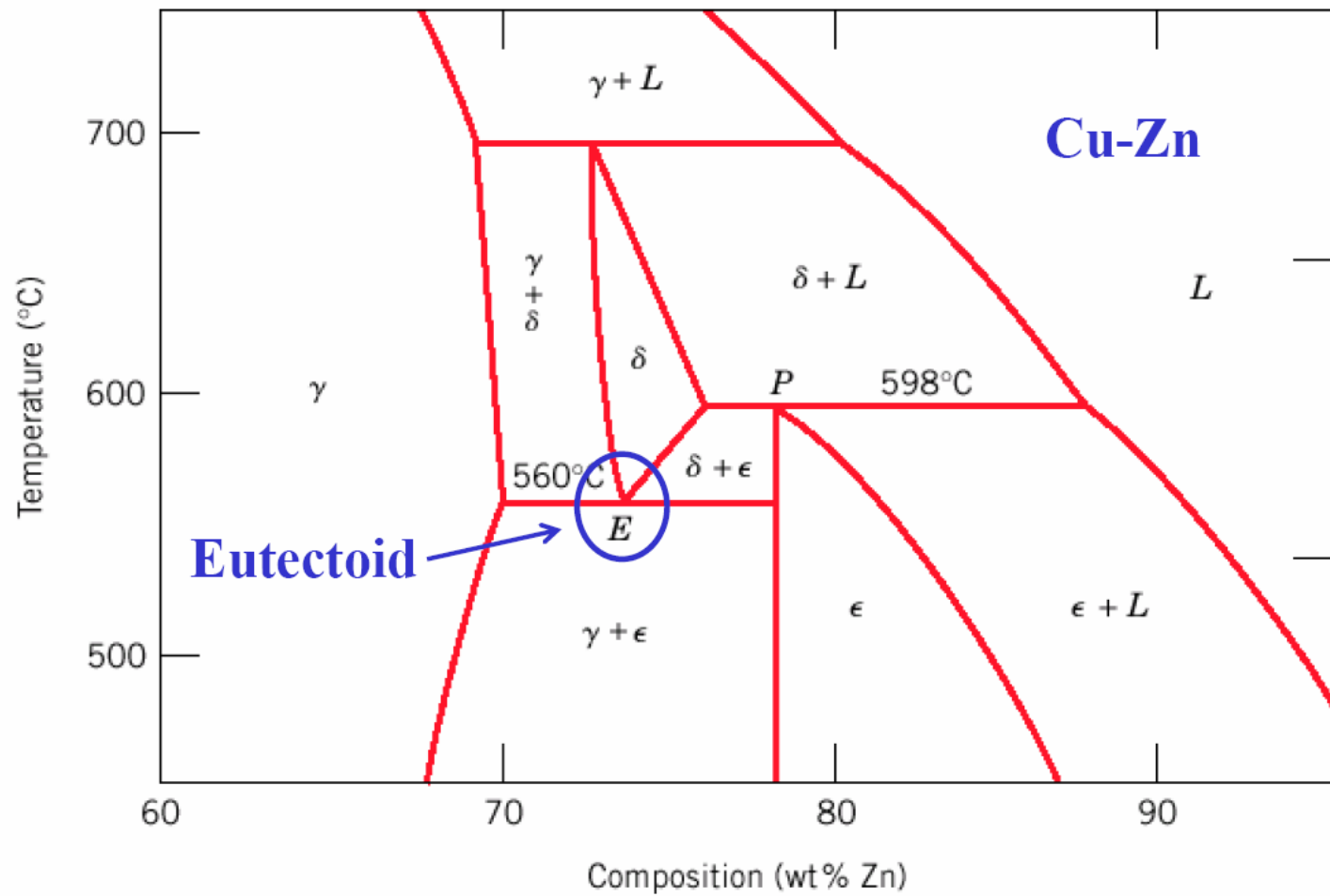
واکنش اتکتوئید

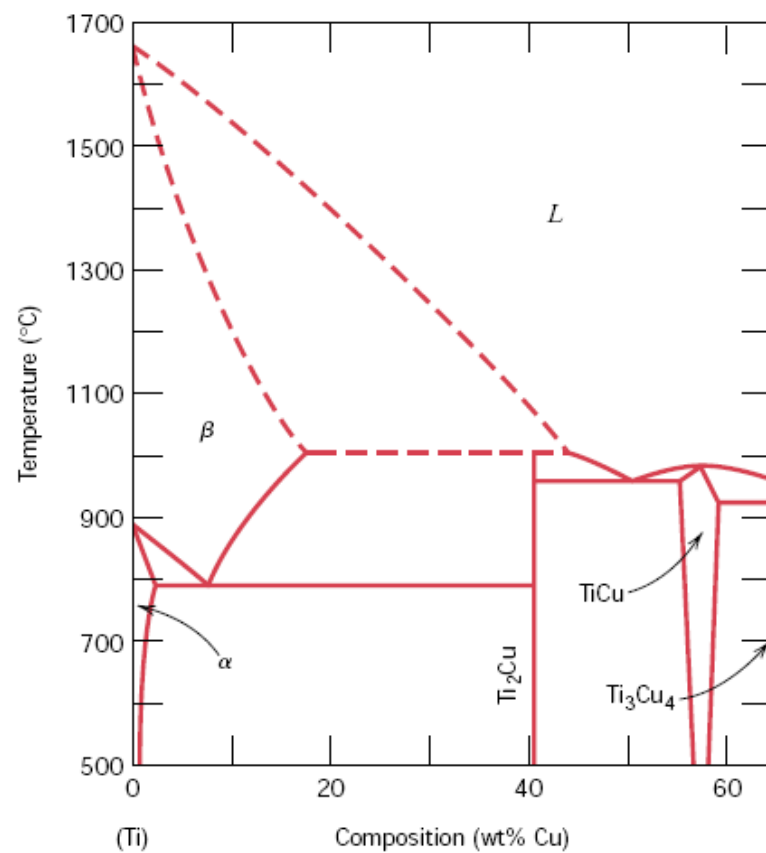
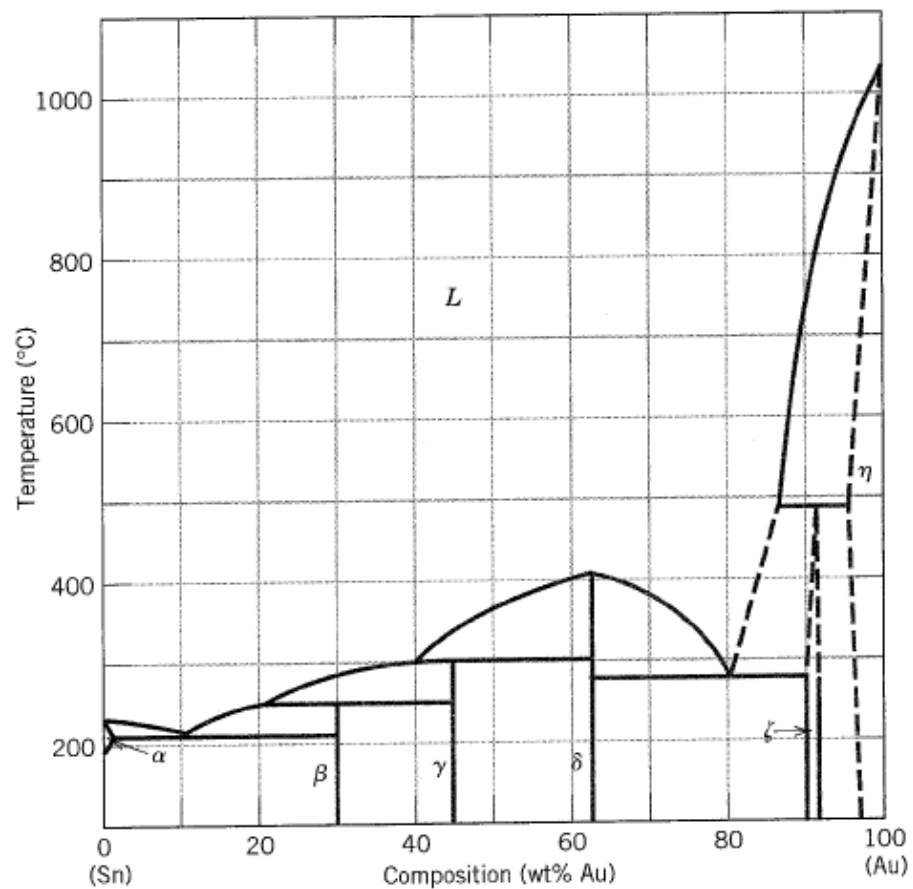


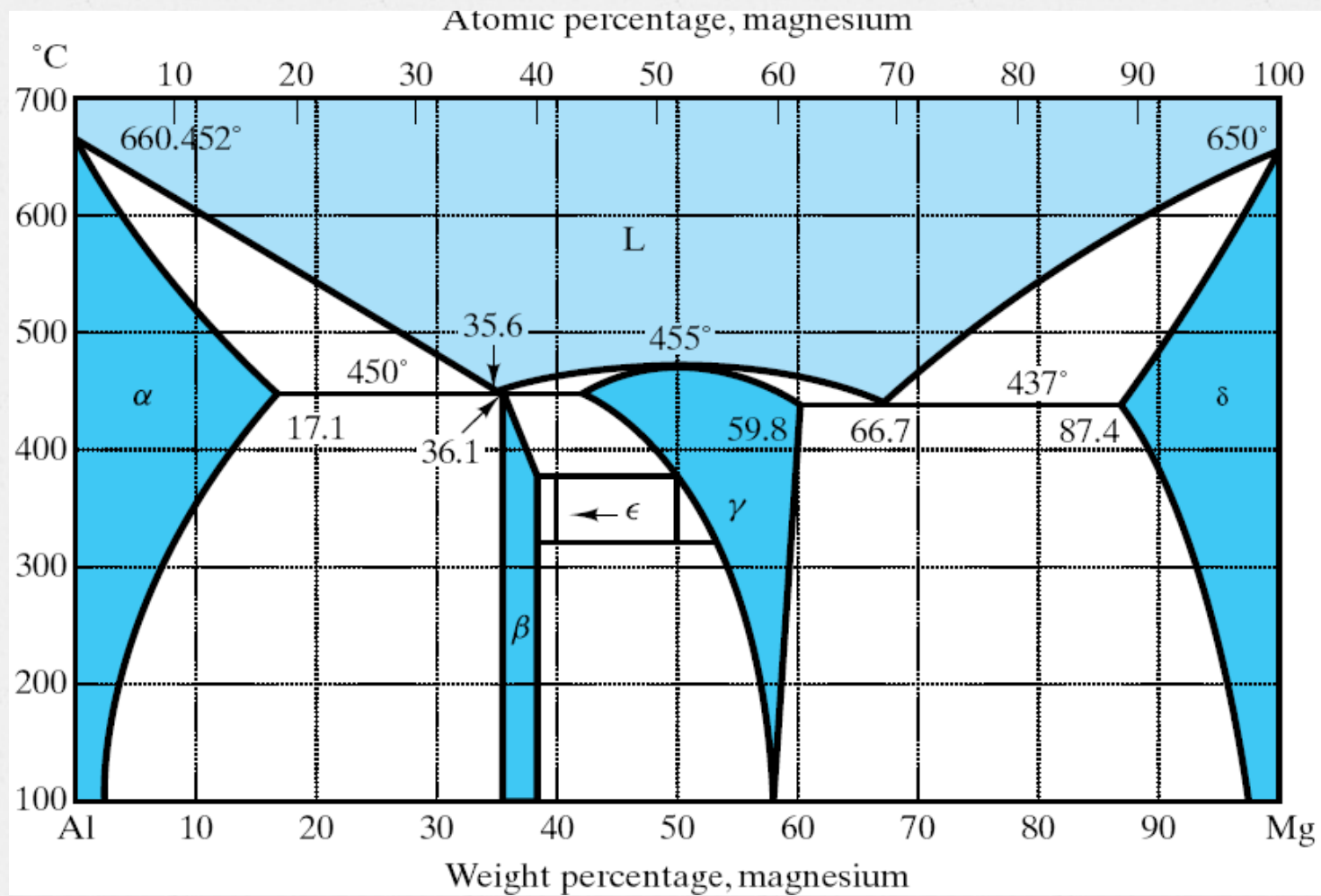
واکنش پریکتوئید

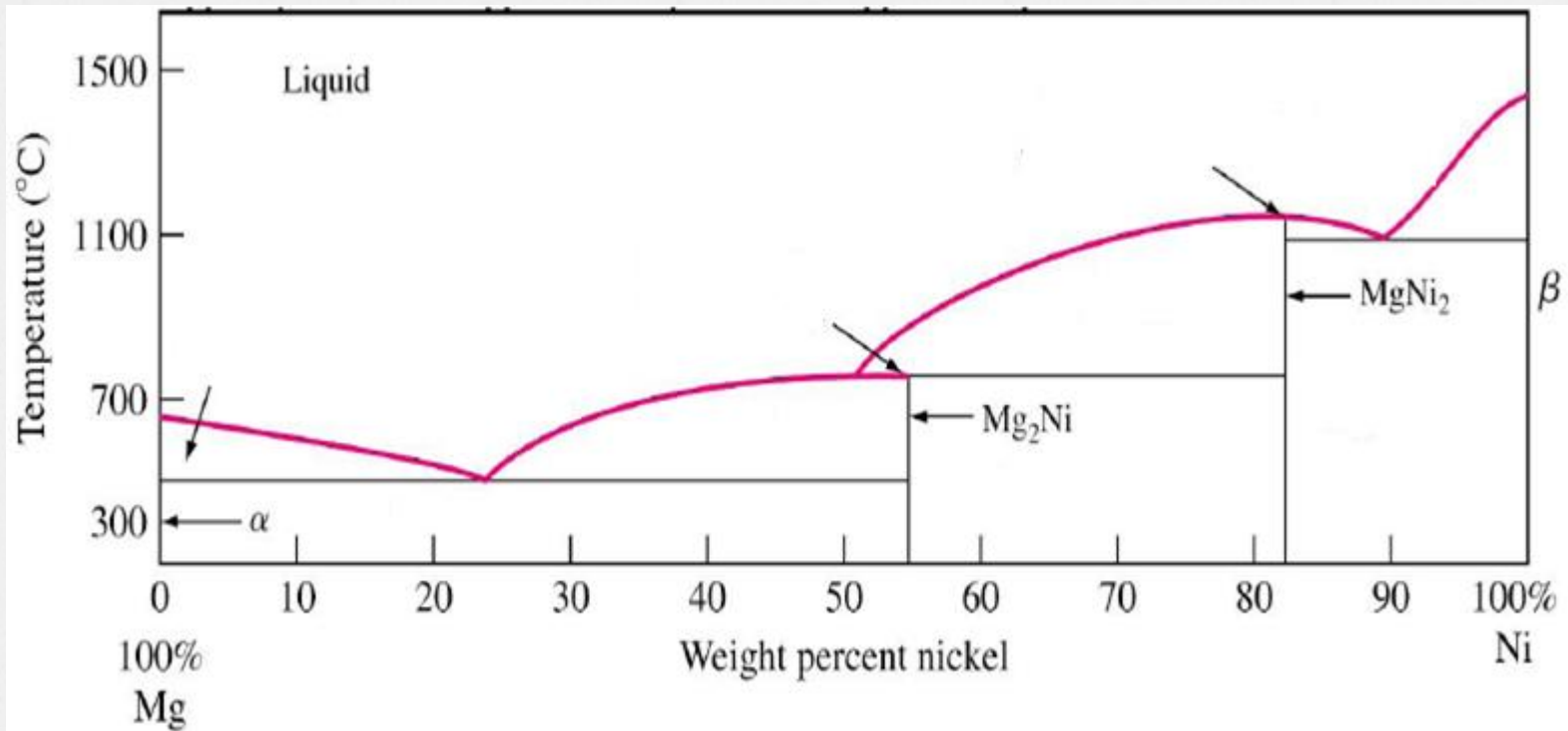






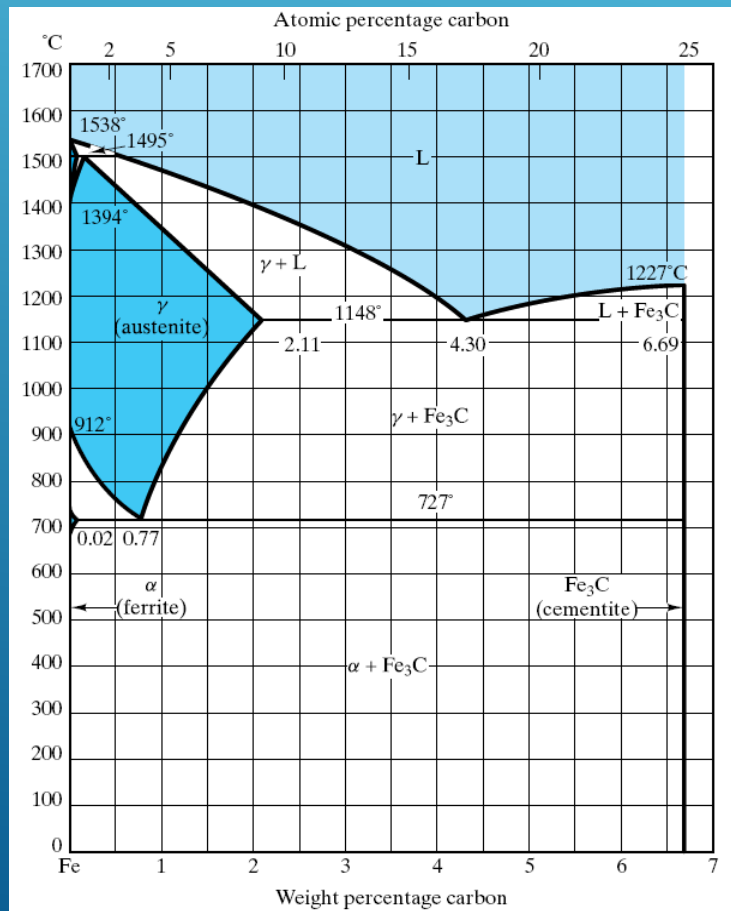




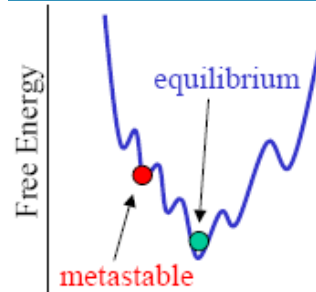
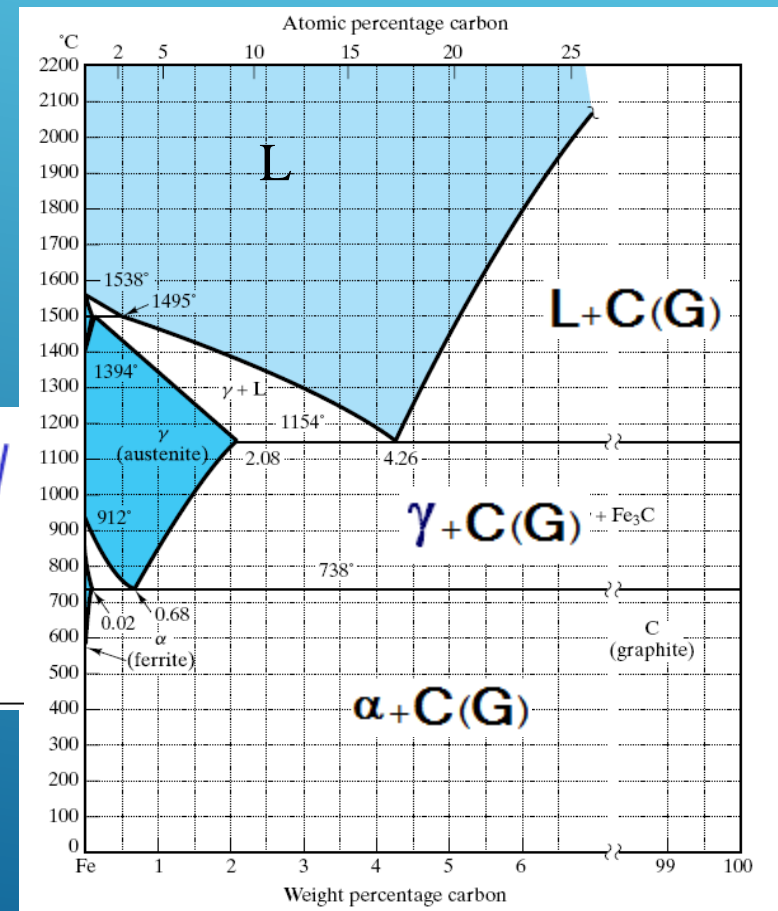


نمودار فازی تعادلی آهن-کربن

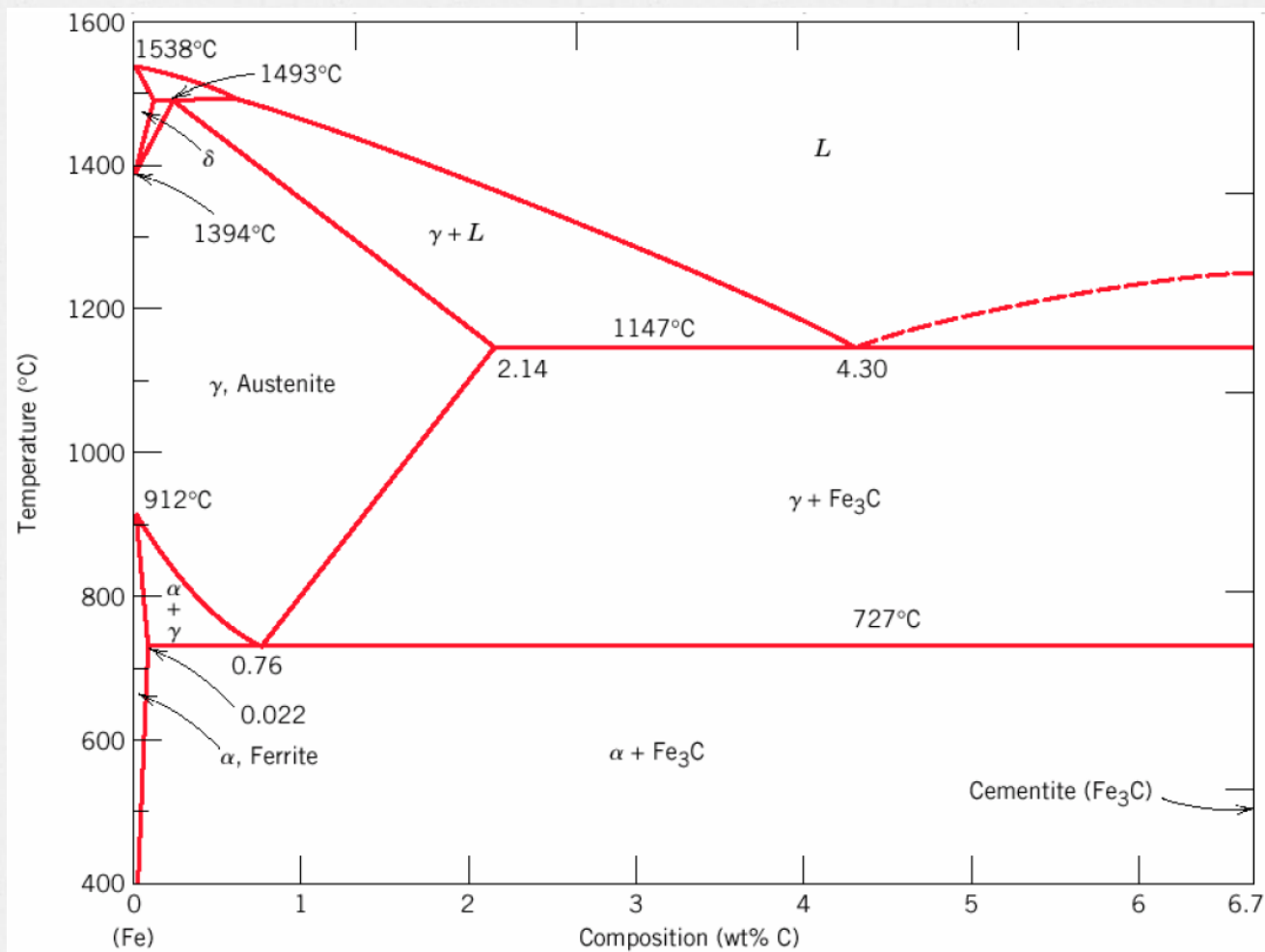
نیمه پایدار

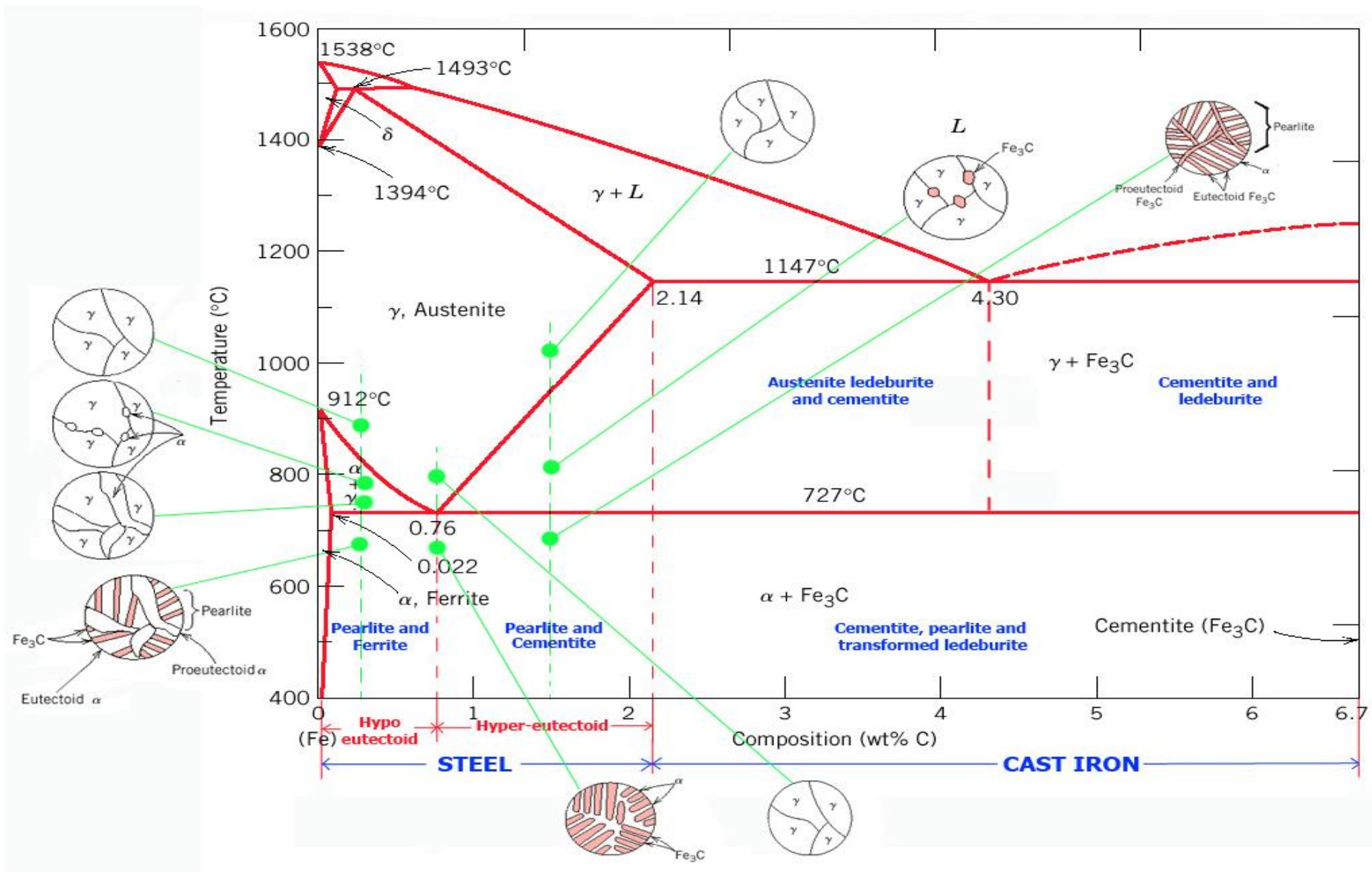


پایدار



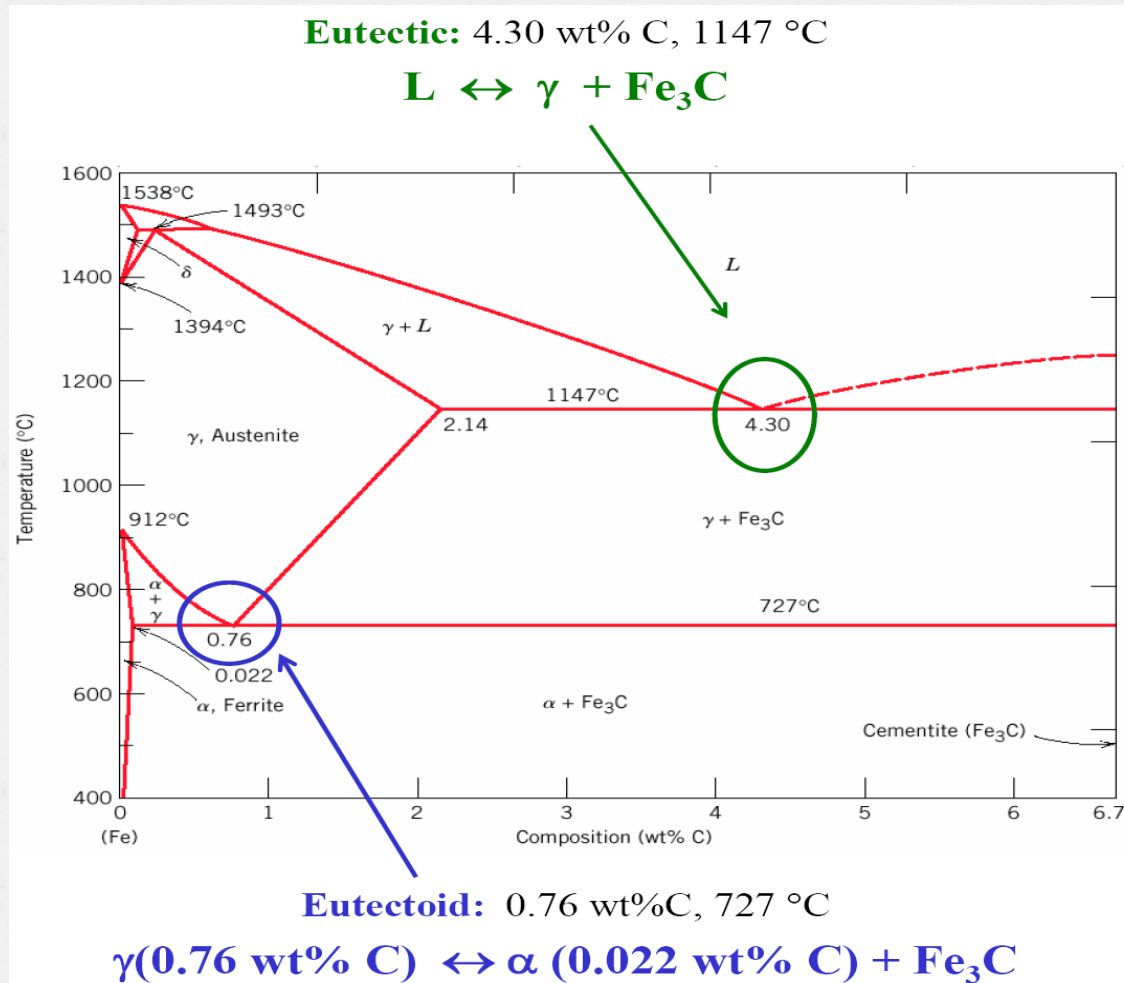
نمودار فازی تعادلی آهن-کربن (نیمه پایدار) (فازها و تحولات)

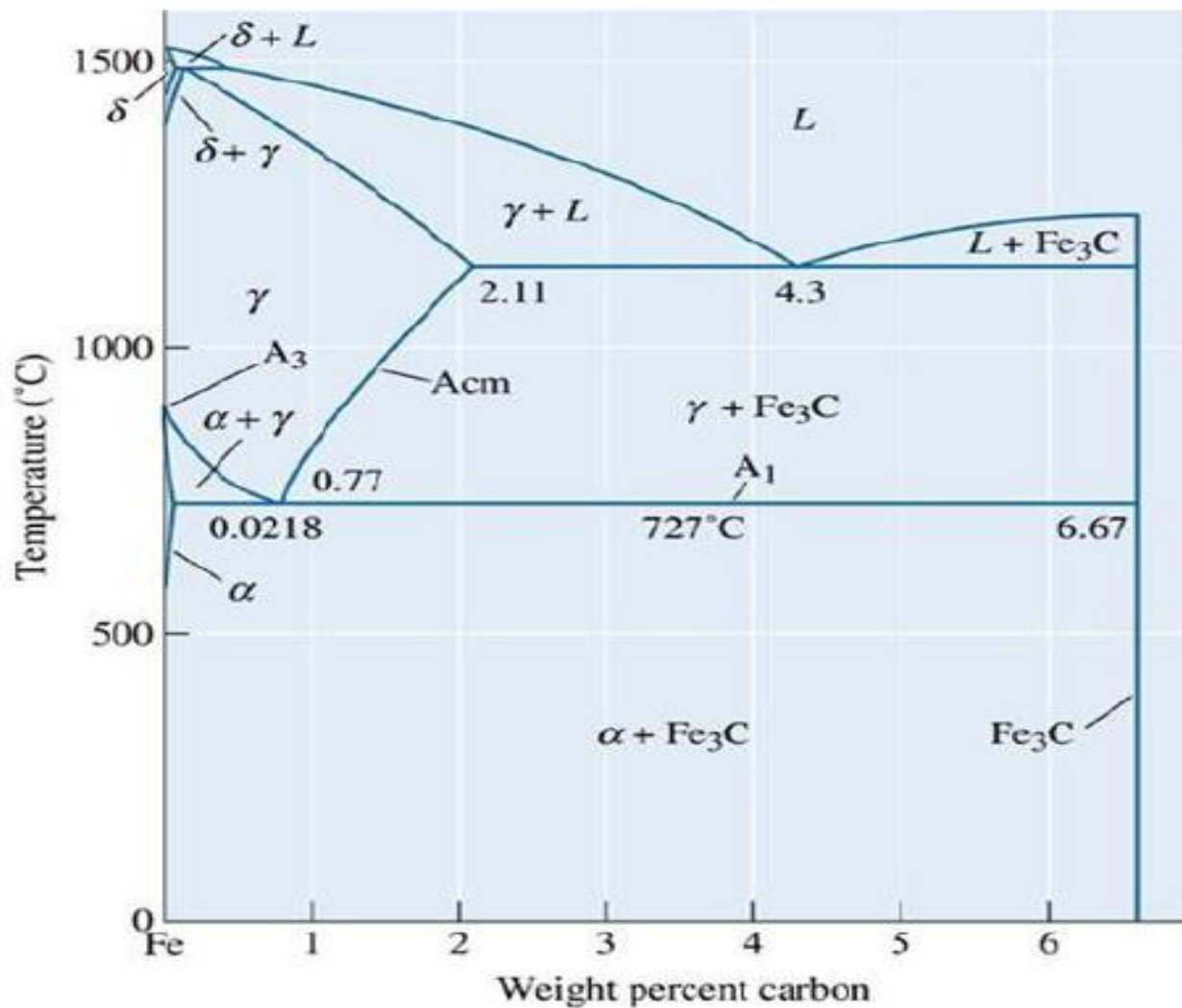




نمودار فازی تعادلی آهن-کربن

(فازها و تحولات)



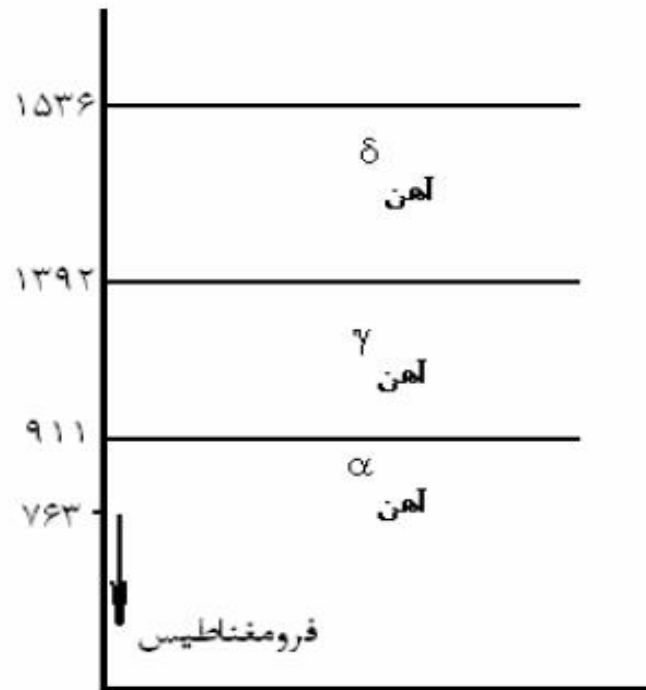


(۱) $\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$ واکنش یوتکتوئید (فاز پرلیت)

(۲) $L \rightarrow \gamma + Fe_3C$ واکنش یوتکتیک (فاز لدبوریت)

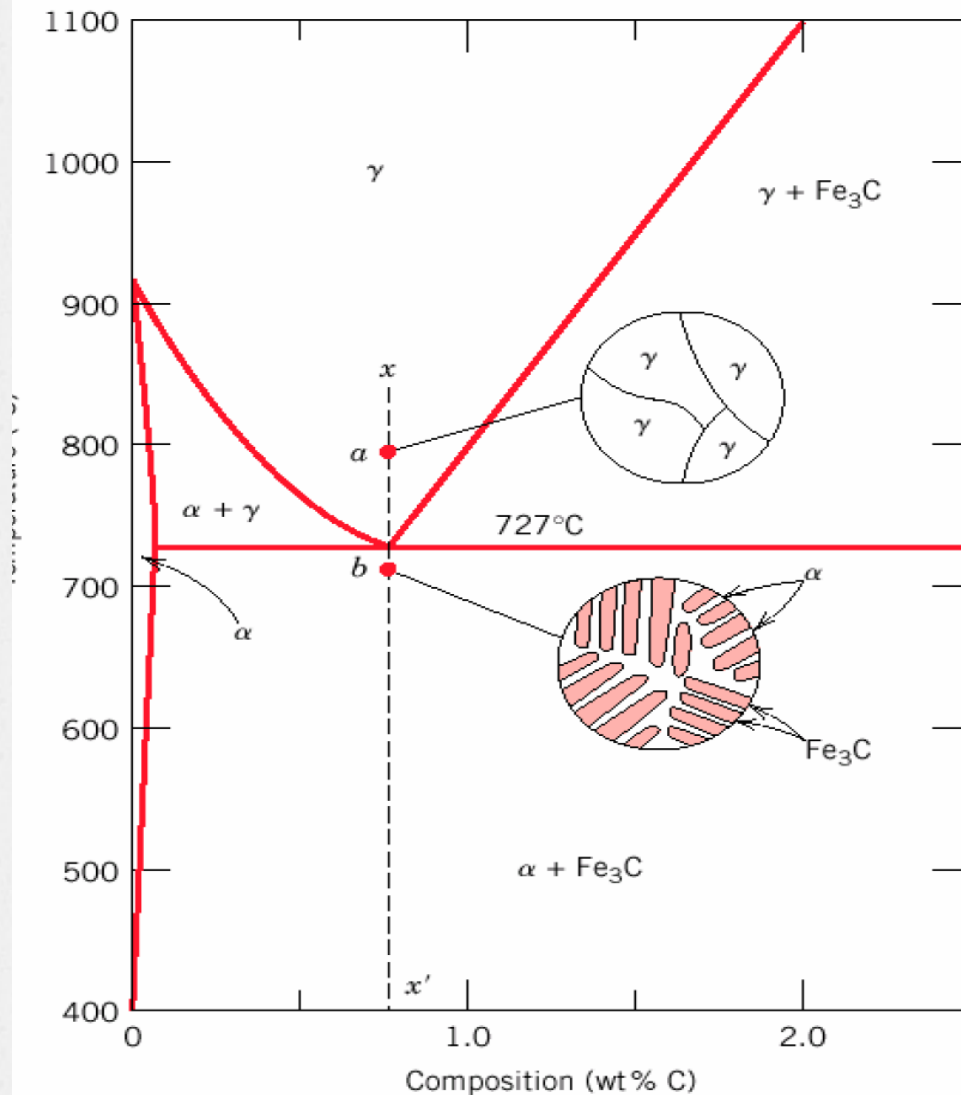
(۳) $\delta + L \rightarrow \gamma$ واکنش پریتکتیک (فاز آستینت)

اجزاء فازهای تشکیل دهنده نمودار:



به دمای 763°C دمای تغییر خاصیت مغناطیسی آهن گویند، چراکه زیر این دما خاصیت فرو مغناطیسی وجود دارد.

Microstructure of eutectoid steel (I)

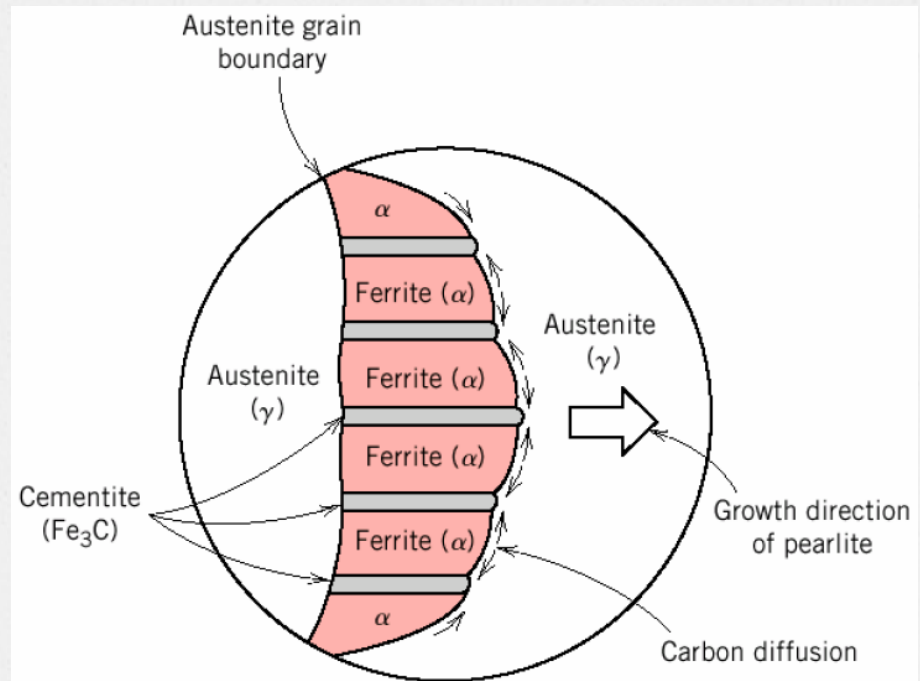
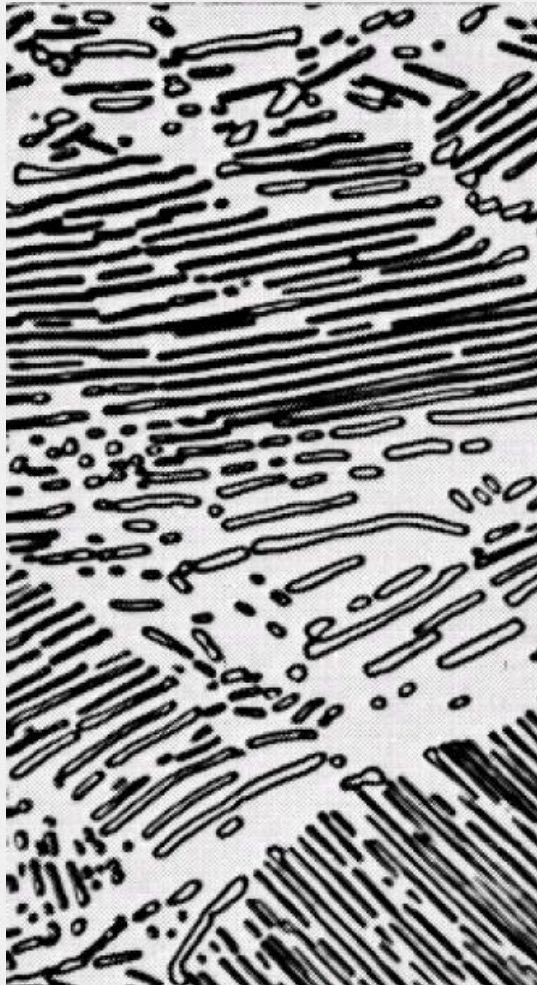


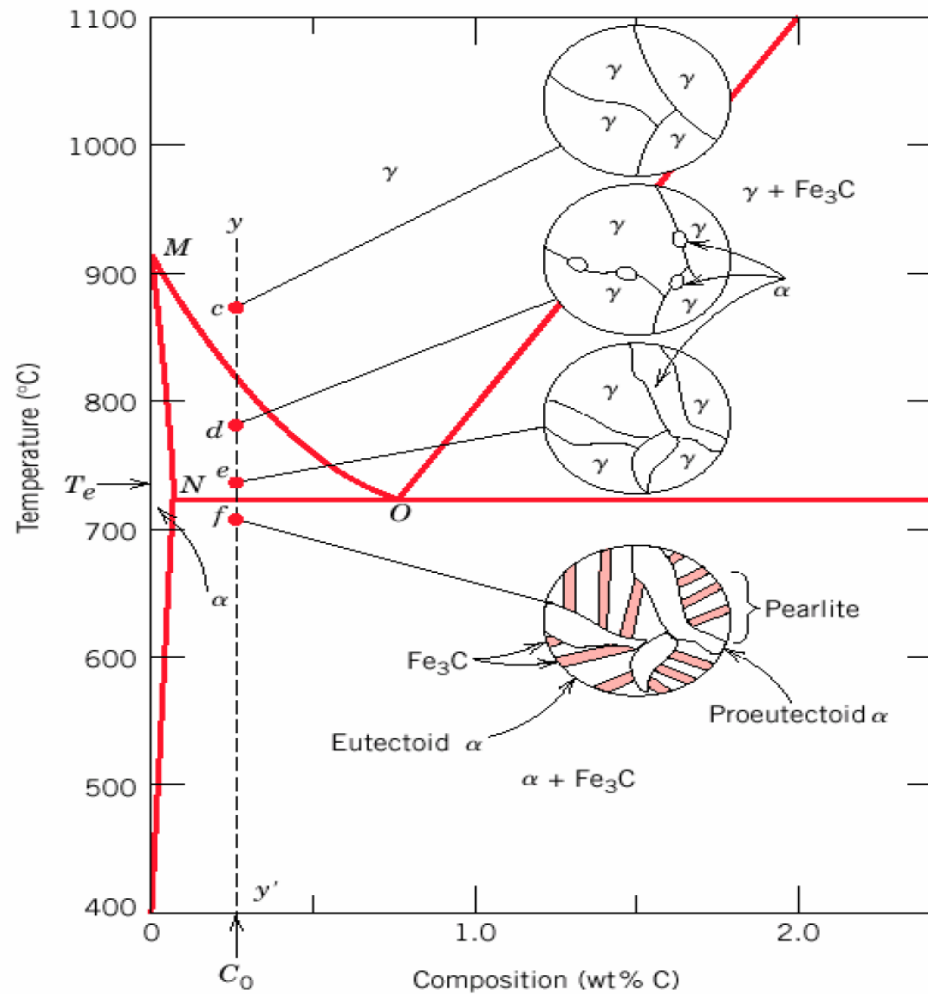
ریز ساختار فولادها

(فولاد اتکتوئیدی)

ریز ساختار فولادها

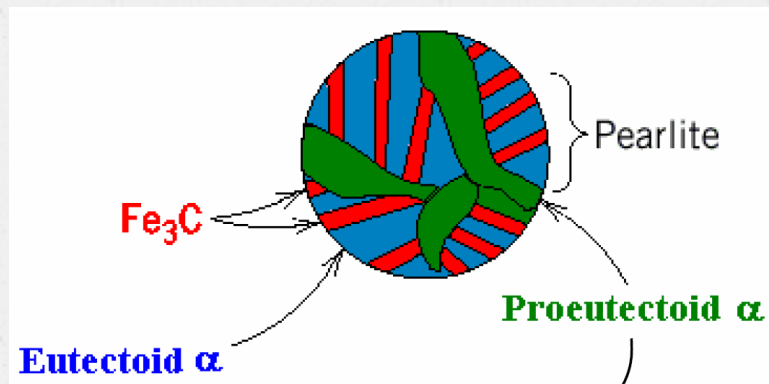
ساختمان پرلیت





ریز ساختار فولادها

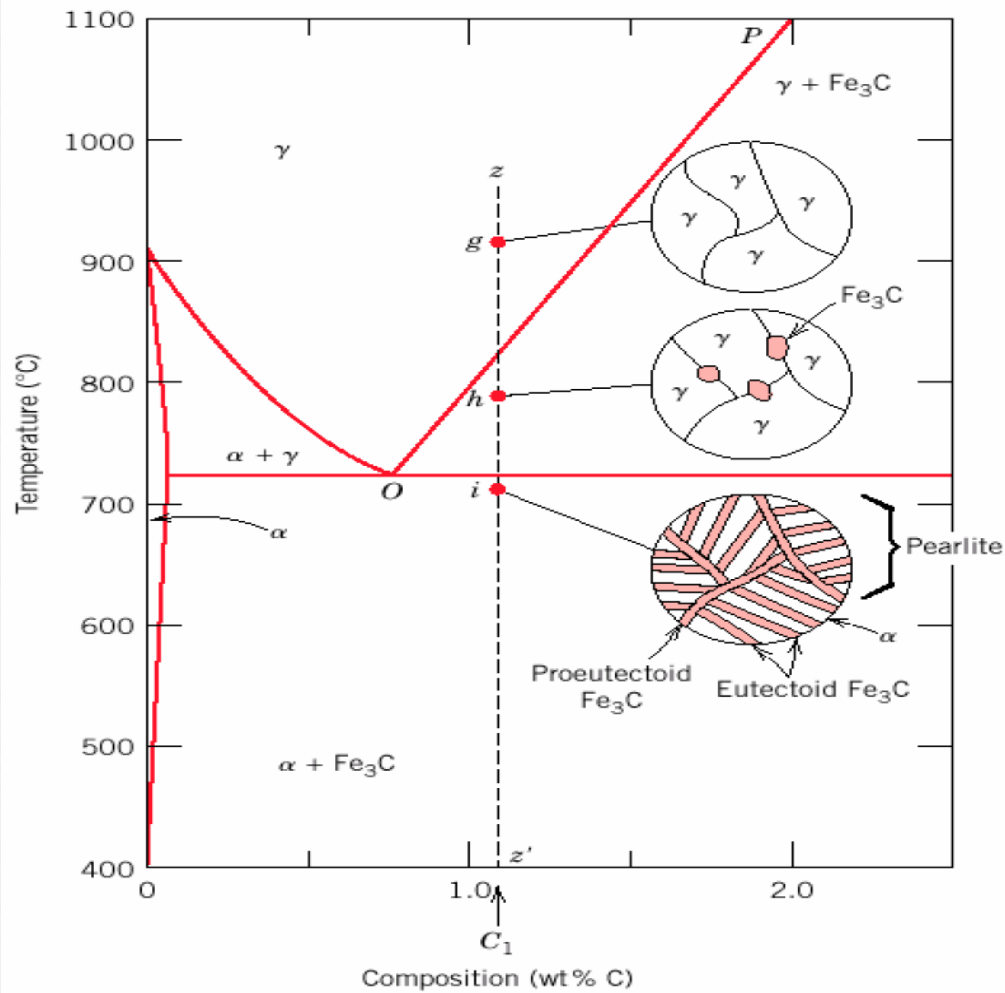
(فولاد هیپو اتکتوئیدی)



ریز ساختار فولادها

(فولاد هیپو اکتوئیدی)



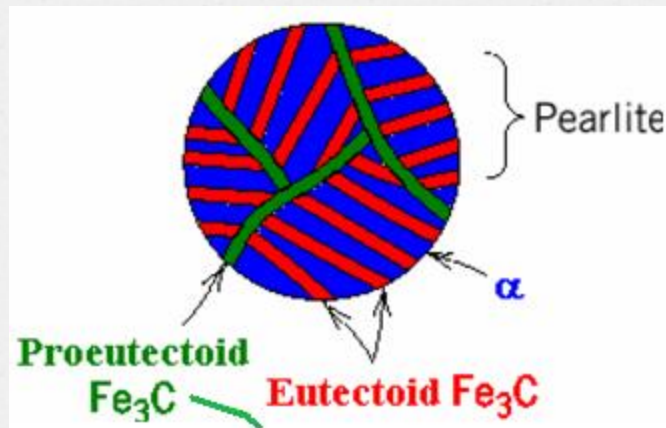


ریز ساختار فولادها

(فولاد های پیر اکتوئیدی)

ریز ساختار فولادها

(فولاد های پیر اکتوئیدی)



در آلیاژی با ترکیب $\text{Fe } 99.65\% - \text{C } 0.35\%$ در دمایی زیر یوتکتوئید موارد زیر را تعیین کنید.

(الف) کسر کلی فریت و سمنتیت

(ب) کسر فریت پرویوتکتوئید و پرلیت

(ج) کسر فریت یوتکتوئید

(الف)

$$W_{\alpha} = \frac{6/70 - 0/35}{6/70 - 0/0.22} = 0/95$$

(ب)

$$W_P = \frac{0/35 - 0/0.22}{0/76 - 0/0.22} = 0/44$$

$$W_{\alpha'} = \frac{0/76 - 0/35}{0/76 - 0/0.22} = 0/56$$

$$W_{\text{Fe}_7\text{C}_3} = \frac{0/35 - 0/0.22}{6/70 - 0/0.22} = 0/0.5$$

(ج)

$$W_{\alpha'} + W_{ae} = W_{\alpha}$$

$$W_{ae} = W_{\alpha} - W_{\alpha'} = 0/95 - 0/56 = 0/39$$

مثال- درصد فریت پرویوتکتیوئید و فریت یوتکتیوئید در یک فولاد با 0.2%C که به صورت تعادلی تا زیر دمای یوتکتیوئید سرد شده است، چقدر است؟ (درصد کربن در فریت 0.025، در یوتکتیوئید 0.8 و در سمنتیت 6.67% است).

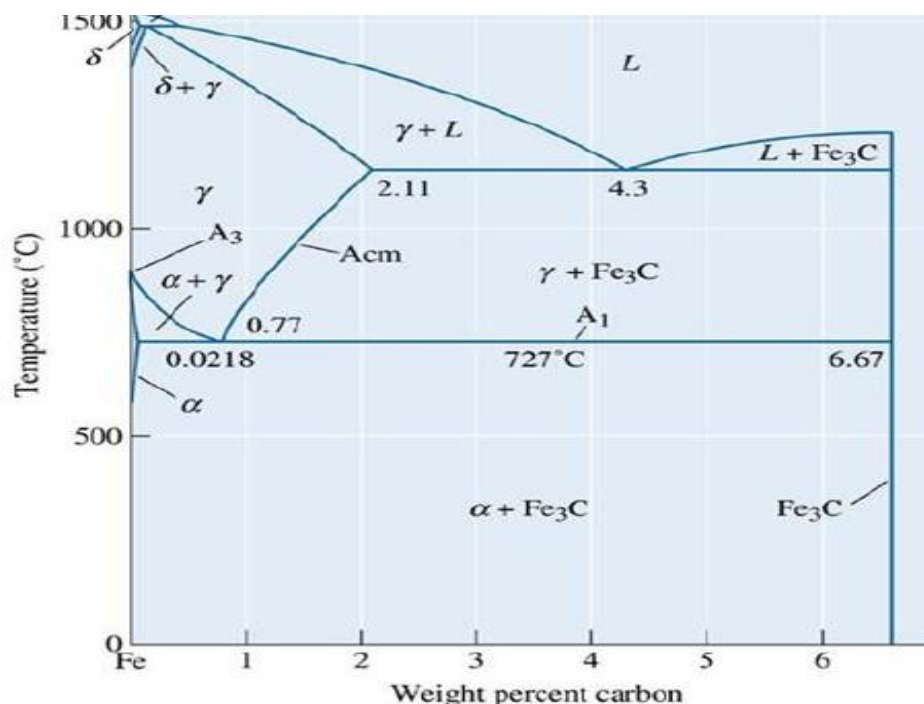
حل:

$$\% \text{ Primary } \alpha = \frac{0.8 - 0.2}{0.8 - 0.025} \times 100 = 36\%$$

$$\% \alpha_{\text{total}} = \frac{6.67 - 0.2}{6.67 - 0.025} \times 100 = 97\%$$

درصد فریت یوتکتیوئیدی را می‌توان با کم کردن درصد فریت اولیه از فریت کل محاسبه کرد.
بنابراین داریم:

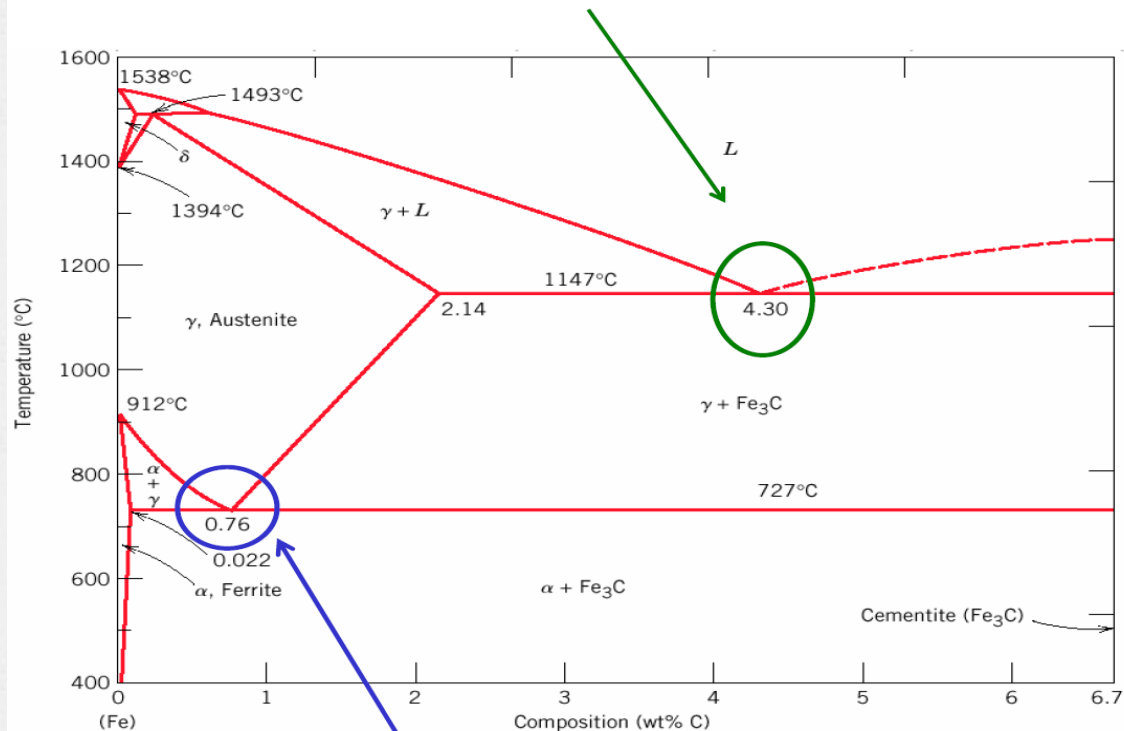
$$\% \text{Eutectoid } \alpha = 97 - 76.5 = 20.5\%$$



چدن ها Cast Iron

نمودار آهن-سمانتیت (تعادل نیمه پایدار)

Eutectic: 4.30 wt% C, 1147 °C

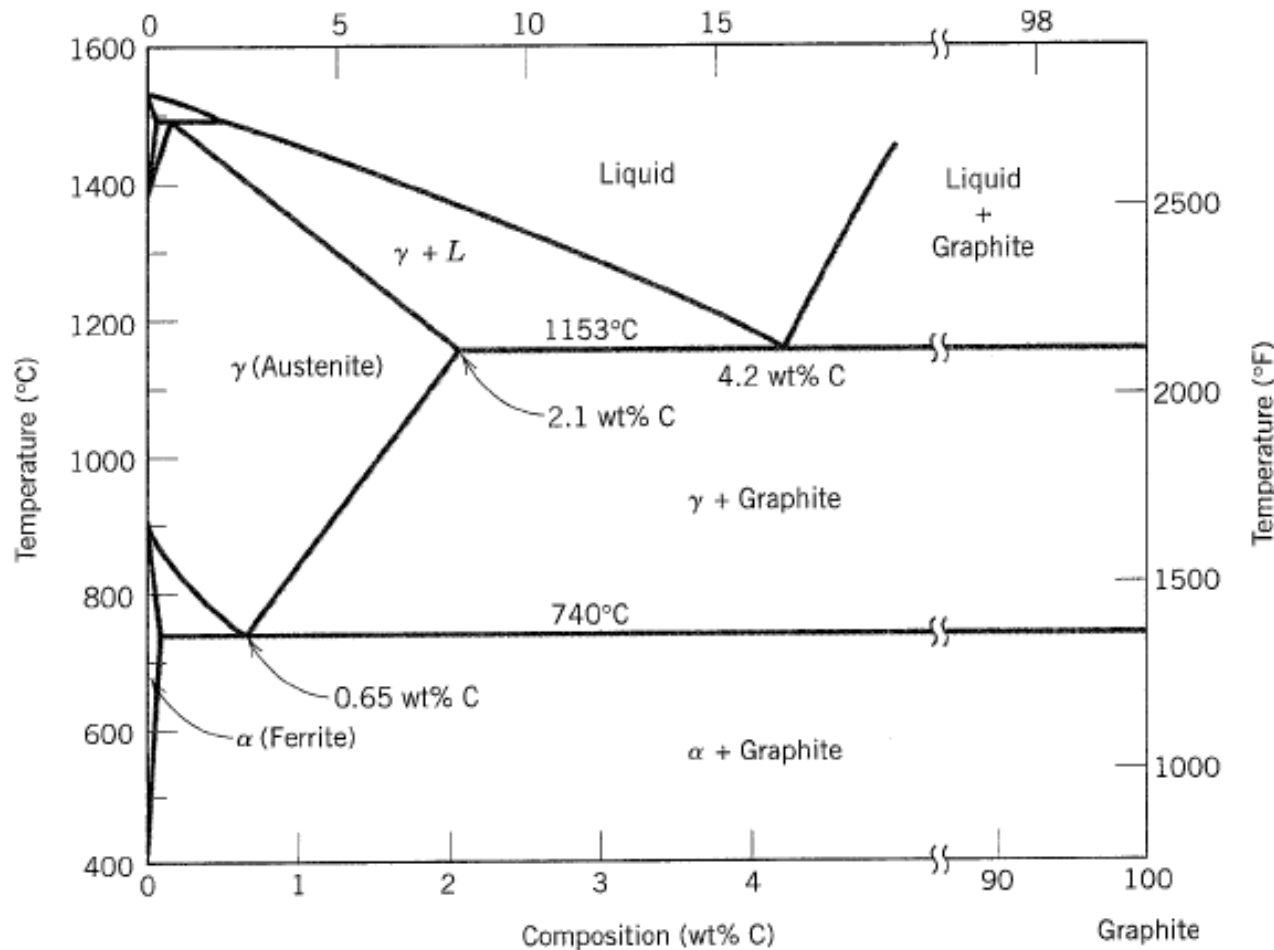


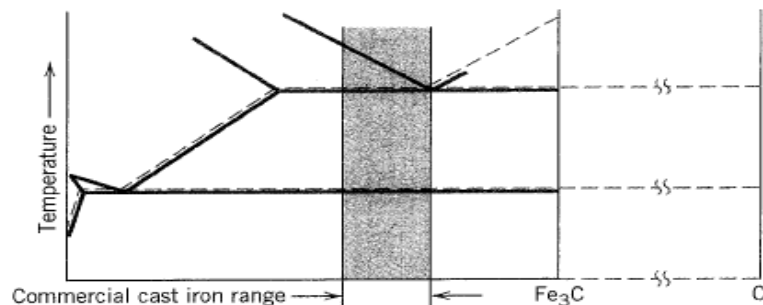
Eutectoid: 0.76 wt%C, 727 °C



چدن ها Cast Iron

نمودار تعادلی آهن-کربن (تعادل پایدار)





Fast cool	Moderate	Slow cool
$P + Fe_3C$	$P + G_f$	$\alpha + G_f$



White cast iron

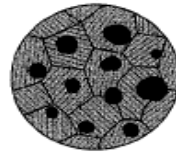


Pearlitic gray cast iron

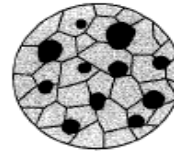


Ferritic gray cast iron

Moderate	Slow cool
$P + G_n$	$\alpha + G_n$



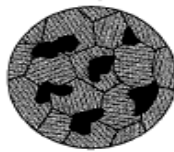
Pearlitic ductile cast iron



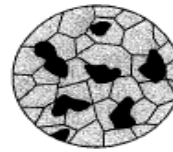
Ferritic ductile cast iron

Reheat: hold at
~700°C for 30 + h

Fast cool	Slow cool
$P + G_r$	$\alpha + G_r$



Pearlitic malleable



Ferritic malleable

ریزساختار چدن ها

عوامل موثر:

- میزان کربن
- سرعت سرد شدن

