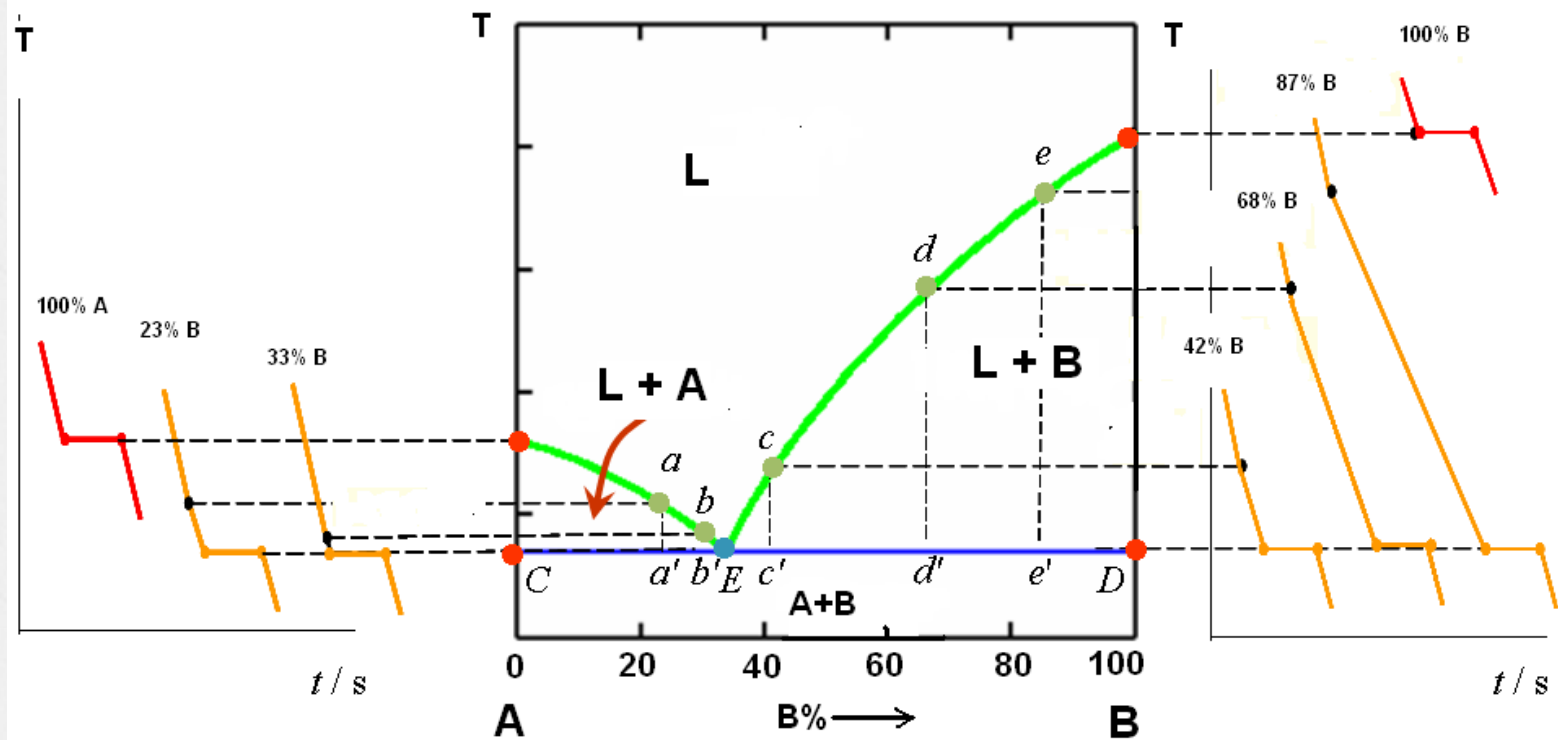
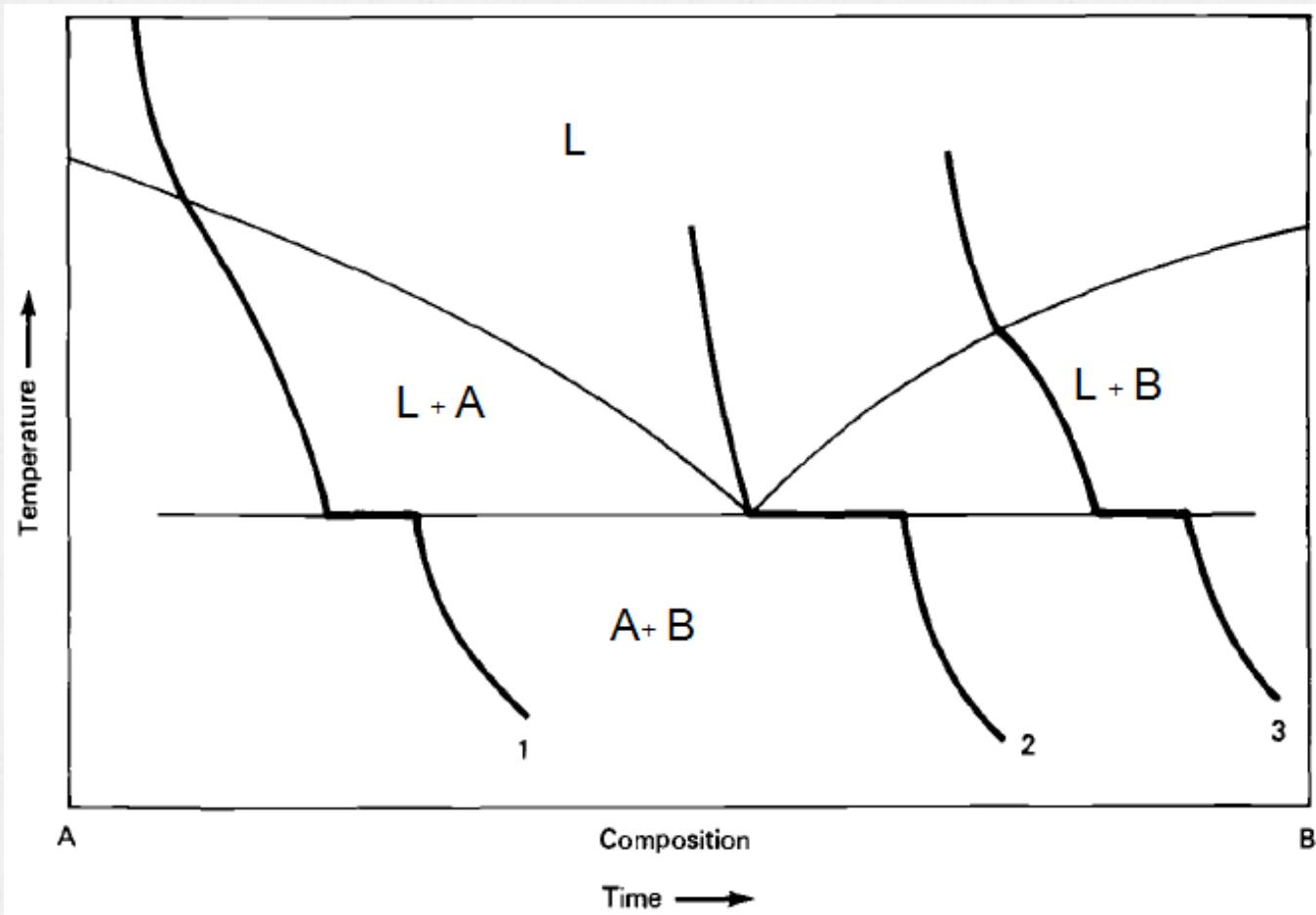


## نمودار تعادلی فازها (نوع دوم)

نامحلول در حالت جامد: واکنش اتکتیک

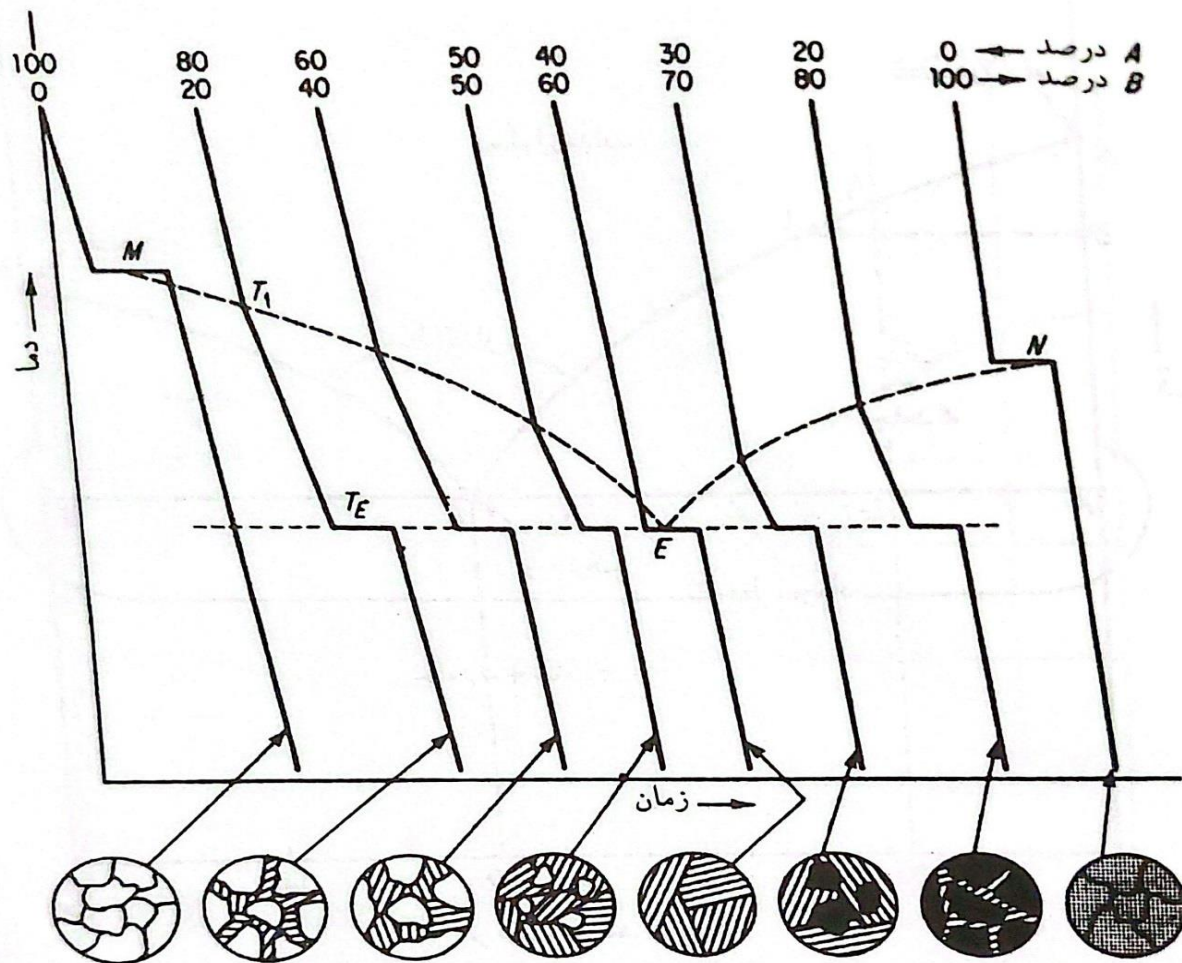


## نمودار تعادلی فازها (نوع دوم)



- عملاً هیچ دو فلزی وجود ندارند که کاملاً در هم نامحلول باشند. ولی در بعضی موارد حلالیت آنقدر کم است که آنها را نامحلول فرض می کنند.
- قانون راول بیان می کند که نقطه انجماد هر جسم خالص با افزودن جسم دوم کاهش می یابد به شرط اینکه ماده افزوده شده در حالت مایع محلول و در حالت جامد نامحلول باشد. میزان کاهش نقطه انجماد با وزن مولکولی حلال متناسب است.
- منحنی های سرد کردن فلزهای خالص A و B در نقطه انجمادشان خطی افقی است. با اضافه شدن B به A و همچنین A به B دمای آغاز انجماد کاهش می یابد. چون هر کدام از فلزها نقطه انجماد دیگری را کاهش می دهد پس که خطی که نقاط آغاز انجماد را به هم پیوند می دهد یا همان خط گداز باید مینیمم داشته باشد. این خط نقطه مینیممی را در E نشان می دهد که نقطه اتکتیک نامیده می شود و ترکیب آن 60 B - 40 A است.
- در گستره وسیعی از ترکیب های شیمیایی بخشی از منحنی سرد شدن که پایان انجماد را نشان می دهد در دمای ثابتی قرار دارد. این خط افقی پایینی در دمای TE که با خط چین نشان داده شده است دمای اتکتیک نامیده می شود.
- در آلیاژ با ترکیب اتکتیک 40 A - 60 B انجماد کامل در یک دما یعنی دمای اتکتیک رخ می دهد. انجماد ترکیب اتکتیک شبیه انجماد فلز خالص است ولی نمی توان آن را به عنوان آلیاژ با ذوب متجانس در نظر گرفت چون جامد حاصل ترکیب دو فاز است.





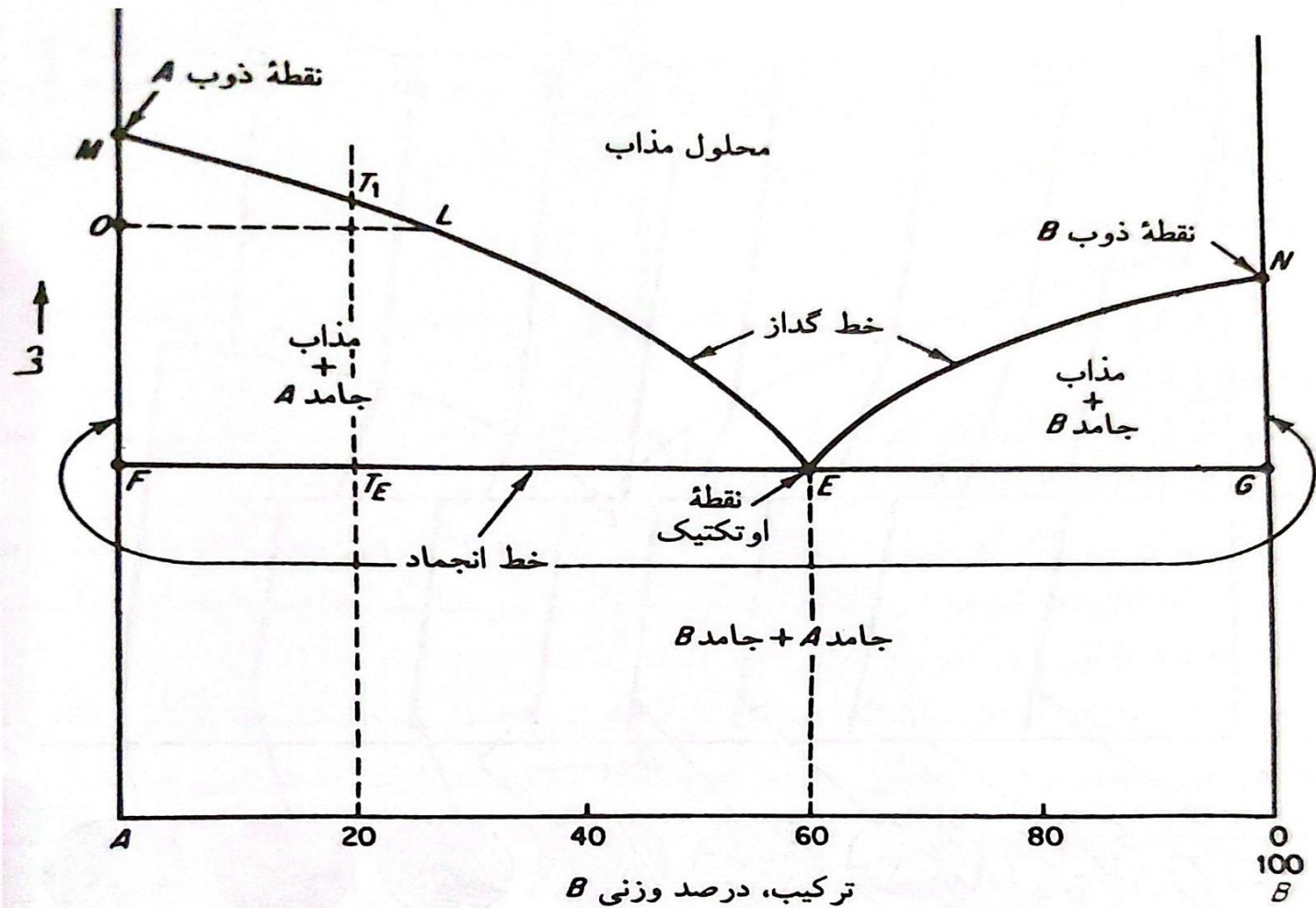
متحنیهای سرد شدن و ریز ساختار در دمای محیط برای گروهی از آلیاژهای دو فلز که در حالت جامد در هم محلول اند. خط چین بالایی خط گداز و خط چین پایینی خط انجماد را تشکیل می دهند.

❖ نمودار فازی عملی با انتقال نقاط شکست منحنی سرد کردن به نموداری با محورهای دما و ترکیب شیمیایی ترسیم می شود. دمای آغاز و پایان انجماد آلیاژ  $80\text{ A} - 20\text{ B}$  یعنی  $T_1$  و  $TE$  در شکل دیده می شود. از همین شیوه در مورد آلیاژهای دیگر نیز استفاده می کنند. خط بالایی در نمودار فازی که دو نقطه ذوب را به هم متصل می کند یعنی  $MEN$  خط گداز یا نشان دهنده آغاز انجماد است. نقطه ای که خط گداز حداقل مقدار خود را دارد  $E$  نقطه اتکتیک نامیده می شود.  $TE$  دمای اتکتیک و  $40\text{ A} - 60\text{ B}$  ترکیب اتکتیک است. خط انجماد همواره خط پیوسته ای است که نقاط انجماد دو فلز خالص را به هم پیوند می دهد. به طوری که خط انجماد کامل  $MFGN$  است.



✓ این نمودار فازی شامل چهار منطقه است. منطقه بالای عط گداز محلولی مذاب، تک فاز و همگن است زیرا دو فلز در حالت مذاب در هم محلول هستند. سه منطقه دیگر منطقه دو فازی هستند. هر منطقه دو فازی در نمودار باید در امتداد خطی افقی به تک فازها متصل باشد. چنانچه ابتدا مناطق تک فاز نامگذاری شوند، تعیین مناطق دوفازی به سادگی امکانپذیر است.

✓ برای تعیین فازهایی که در منطقه دوفازی MFE قرار دارند خط رابط افقی OL رسم شده است. این خط، خط گداز را در L قطع می کند. بدین معنی که یکی از فازهای موجود در منطقه دوفازی مذاب است و محور چپ را در نقطه O قطع می کند. محور چپ نشانگر یک تک فاز یعنی فلز خالص A است که در زیر نقطه ذوب خود به حالت جامد است. بنابراین دو فاز موجود در منطقه MFE یکی مذاب و دیگری جامد A است. استدلال مشابهی برای تعیین دو فاز موجود در منطقه NEG به کار می رود. اینها هم فازهای مذاب و جامد B هستند. روش بالا را می توان در هر نمودار فازی اعمال کرد و برای نامگذاری نمودارهای خیلی پیچیده بسیار سودمند است.



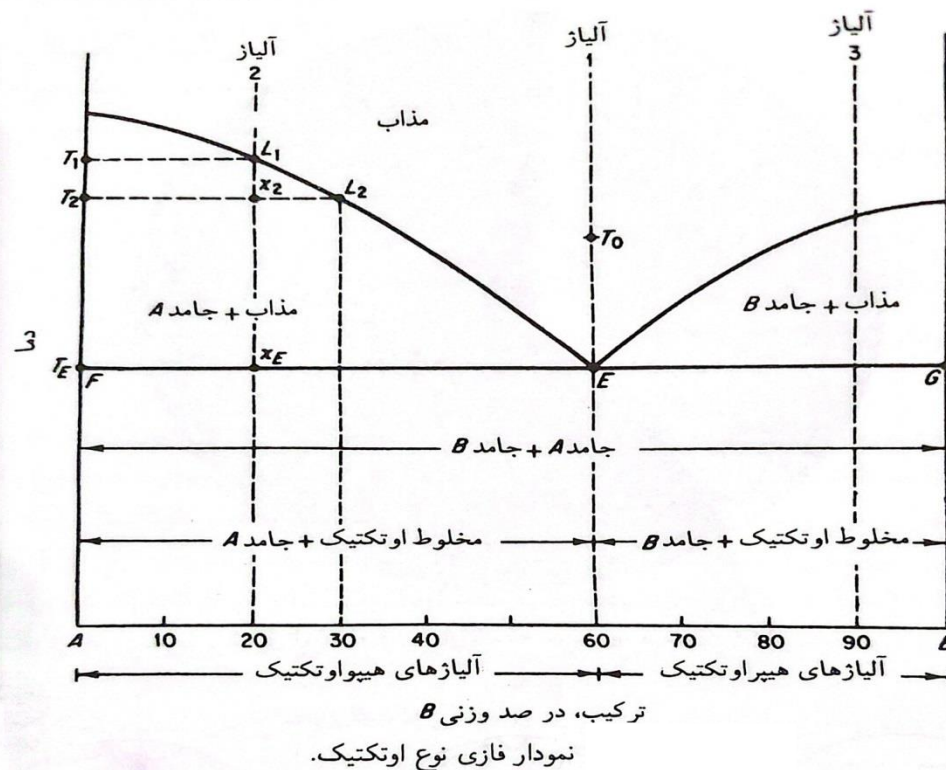
نمودار فازی نوع اوتکتیک.



چون دو فلز در حالت جامد کاملاً غیرمحلول فرض شده اند وقتی انجماد آغاز می شود تنها جامدی که می تواند تشکیل شود فلزی خالص است. همین طور وقتی آلیاژی کاملاً منجمد شد باید مخلوطی از دو فلز خالص باشد. معمولاً آلیاژهای سمت چپ ترکیب اتکتیک را آلیاژ هیپواتکتیک و آنهایی که در سمت راست هستند را آلیاژهای هیپراتکتیک می نامیم.



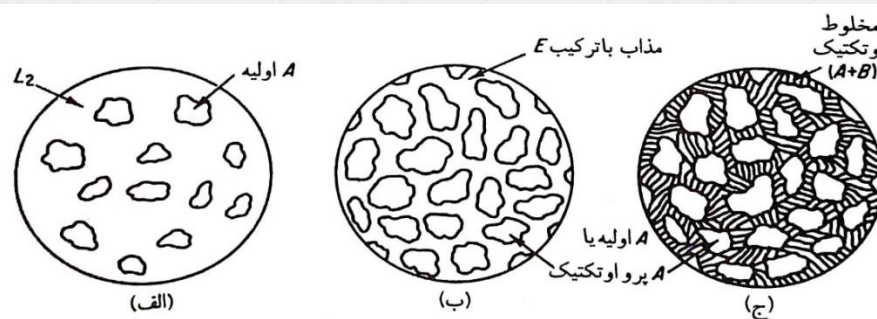
مخلوط اوتکتیک سرب-بیسمت،  $\times 100$ .





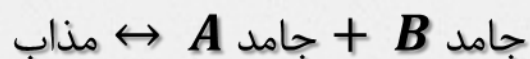
○ آلیاژ ۱ ترکیب اتکتیک 40 A- 60 B است. با سرد شدن از دمای  $T_0$  تا رسیدن به نقطه E در خط دمای یوتکتیک محلول مذاب یکنواختی باقی می ماند. چون این نقطه تقاطع خط های انجماد و گداز است ماده شروع به انجماد می کند و تا انجماد کامل آلیاژ دما پایین نمی آید و مذاب به مخلوطی از دو فاز جامد تبدیل می شود. این فازها در دو سر خط افقی دمای اتکتیک قرار دارند. در این حالت دو انتها عبارتند از نقطه F که فلز حالص A و نقطه G که فلز حالص B است.

○ اکنون فرض می کنیم مقدار کمی فلز A منجمد شده است. این موضوع سبب غنیتر شدن مذاب باقیمانده از B می شود. ترکیب مذاب کمی به سمت راست انتقال می یابد. برای بازگشت ترکیب مذاب به مقدار تعادلی، B منجمد خواهد شد. اگر مقدار B منجمد شده بیش از حد باشد ترکیب مذاب به سمت چپ منتقل می شود و باید A منجمد شود تا حالت تعادل برقرار گردد. بنابراین در دمای ثابت مذاب متناوباً به صورت A خالص و B خالص منجمد می شود. در نتیجه مخلوط فوق العاده ظریفی به وجود می آید که تنها زیر میکروسکوپ قابل تشخیص است و مخلوط اتکتیک نام دارد.



مراحل آهسته سرد شدن آلیاژ ۲۰ B - ۸۰ A.

تبدیل مذاب با ترکیب E در دمای ثابت به دو جامد را واکنش اتکتیک می گویند که به صورت ذیل است:



چون آلیاژ اتکتیک در دمای ثابت منجمد می شود منحنی سرد کردن آن همانند فلز خالص یا آلیاژ با ذوب متجانس است ولی انجماد اتکتیک نامتجانس است زیرا بین ترکیب مذاب و هر کدام از فازهای جامد تفاوت وجود دارد.

➤ آلیاژ ۲ آلیاژی هیپواتکتیک با ترکیب B 20 - A 80 است که تا رسیدن به خط گداز در دمای T1 محلول مذاب یکنواختی باقی می ماند. در این نقطه مذاب L1 از A اشباع است و با کمی افت دما لزوماً A اضافی منجمد می شود. با رسوب بلورهای خالص A مذاب از B غنیتر می شود. با اعمال قانون ۱ در دمای T2 مشخص می شود که ترکیب فاز جامد A خالص و ترکیب مذاب L2، B 30 - A 70 است. با اعمال قانون ۲ می توان مقداری را که تا این دما منجمد شده است پیدا کرد:

$$\begin{aligned}\%A &= \frac{x_2 L_2}{T_2 L_2} \times 100 = \frac{10}{30} \times 100 = 33\% \\ \%L_2 &= \frac{T_2 x_2}{T_2 L_2} \times 100 = \frac{20}{30} \times 100 = 67\%\end{aligned}$$



➤ با ادامه انجماد به تدریج مقدار جامد خالص A با ادامه رسوب از مذاب افزایش می یابد و ترکیب مذاب از B غنیتر می شود و آهسته به پایین و سمت راست در امتداد منحنی گداز پیش می رود، به طوری که مقدار مذاب به تدریج کاهش می یابد. وقتی آلیاژ به XE بر خط اتکتیک می رسد مذاب در نقطه E است. شرایط وقتی به اندازه کسری از درجه بالاتر از TE باشیم چنین است.

➤ مذاب باقیمانده (۳۳٪) به نقطه اتکتیک می رسد و به شکل مخلوط ظریف و نزدیک به هم از A و B منجمد می شود. پس از انجماد، آلیاژ حاوی ۶۷٪ دانه های A اولیه یا A پرواتکتیک که بین T1 و TE پا پیش از واکنش اتکتیک تشکیل شده است و ۳۳٪ مخلوط اتکتیک (A+B) خواهد بود. هر آلیاژی در سمت چپ نقطه اتکتیک E پس از انجماد حاوی دانه های پرواتکتیک A و مخلوط اتکتیک خواهد بود. هر چه ترکیب آلیاژ به ترکیب اتکتیک نزدیکتر باشد مقدار مخلوط اتکتیک در آلیاژ منجمد شده بیشتر است.

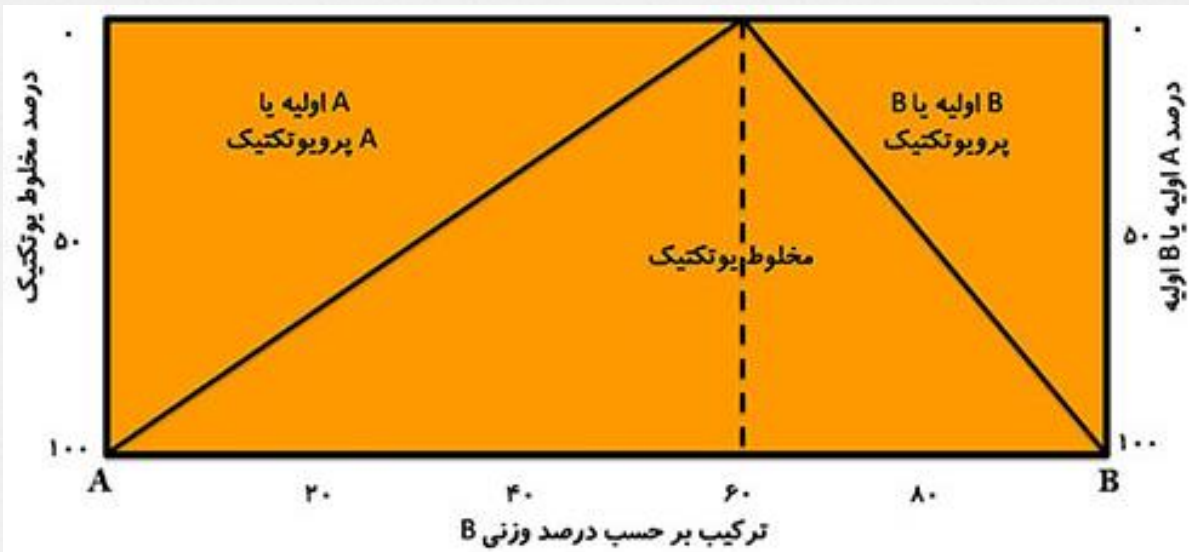
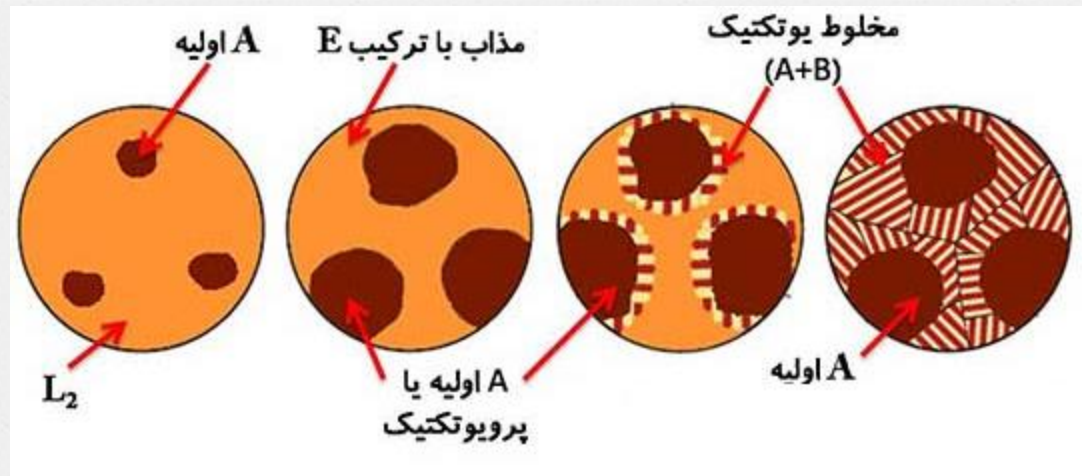
فازها	مذاب	جامد A
ترکیب	$40A - 60B$	$100A$
مقدار نسبی	$\frac{T_E x_E}{T_E E} \times 100 = 33\%$	$\frac{x_E E}{T_E E} \times 100 = 67\%$

○ آلیاژ ۳ آلیاژی هیپراتکتیک با ترکیب 10 A - 90 B مراحل سرد شدنی شبیه آلیاژ ۲ را طی می کند. با این تفاوت که وقتی به خط گداز رسید به جای A بلورهای خالص B رسوب می کنند. با کاهش دما مقدار بیشتر و بیشتری از B منجمد و مذاب از A غنیتر می شود. مقدار مذاب به تدریج کاهش می یابد و ترکیب آن تدریجاً به سمت پایین و چپ در امتداد خط گداز پیش می رود تا در دمای اتکتیک به نقطه E برسد. حال مذاب باقیمانده به صورت مخلوط اتکتیک (A+B) منجمد می شود. پس از انجماد آلیاژ حاوی ۷۵٪ دانه های B اولیه یا پرواتکتیک و ۲۵٪ مخلوط اتکتیک (A+B) است. تمام آلیاژهای واقع در سمت راست نقطه اتکتیک هنگام منجمد شدن حاوی دانه های پرواتکتیک B و مخلوط اتکتیک خواهند بود. تنها تفاوت در مقدار نسبی هر فاز است.

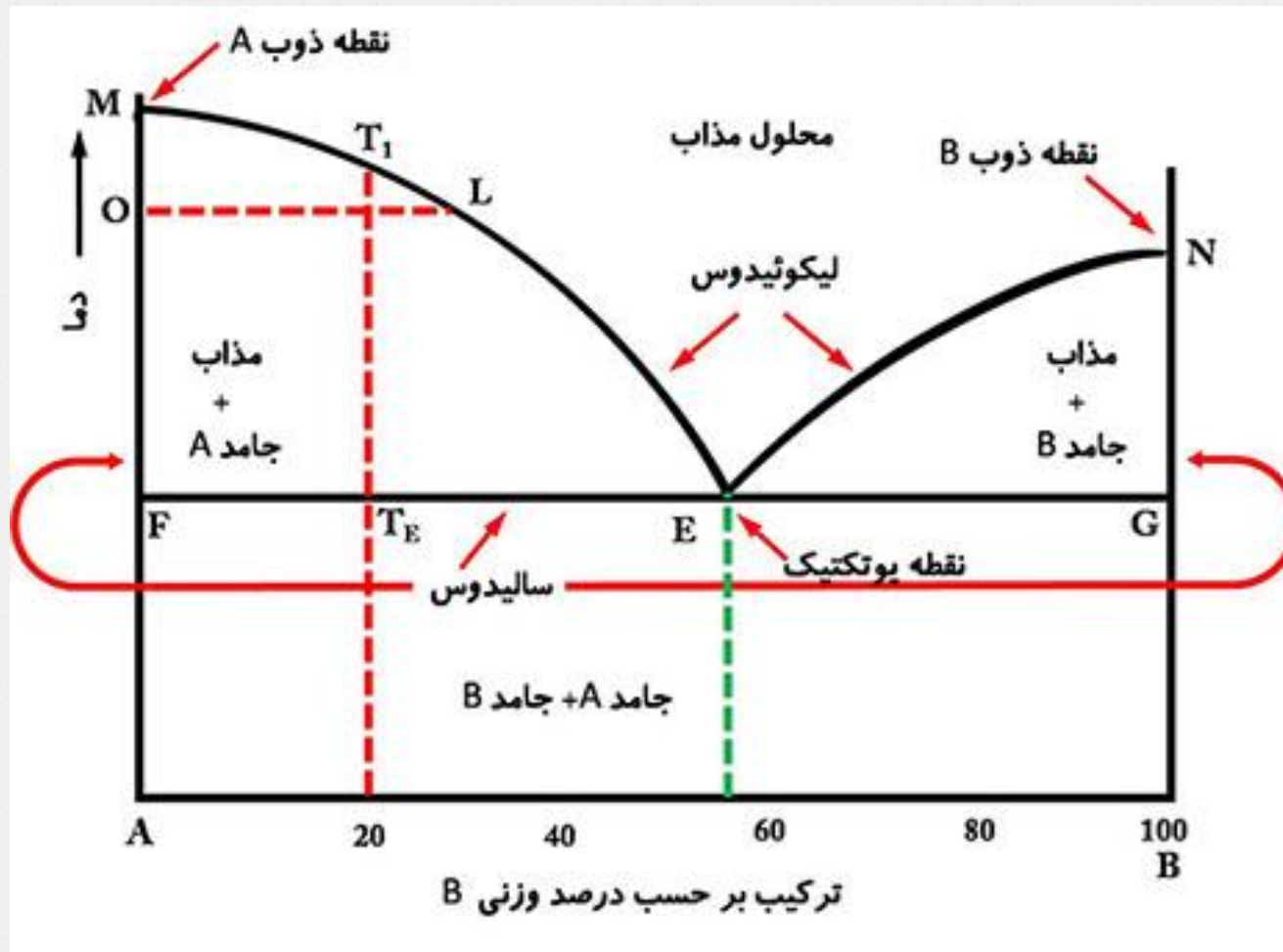
○ ارتباط بین ترکیب آلیاژ و ریزساختار را می توان با استفاده از ترکیب اتکتیک به عنوان مرز فرضی نشان داد. منطقه زیر خط انجماد که در سمت چپ ترکیب اتکتیک قرار دارد به عنوان مخلوط اتکتیک + جامد A و قسمت سمت راست اتکتیک جامد B + مخلوط اتکتیک نامیده می شود.

○ انجام واکنش اتکتیک تنها مستلزم این است که مخلوط اتکتیک شامل دو فاز جامد متفاوت باشد. این مخلوط می تواند دو فلز خالص، دو محلول جامد، دو فاز میانی یا ترکیبی از آنها باشد.



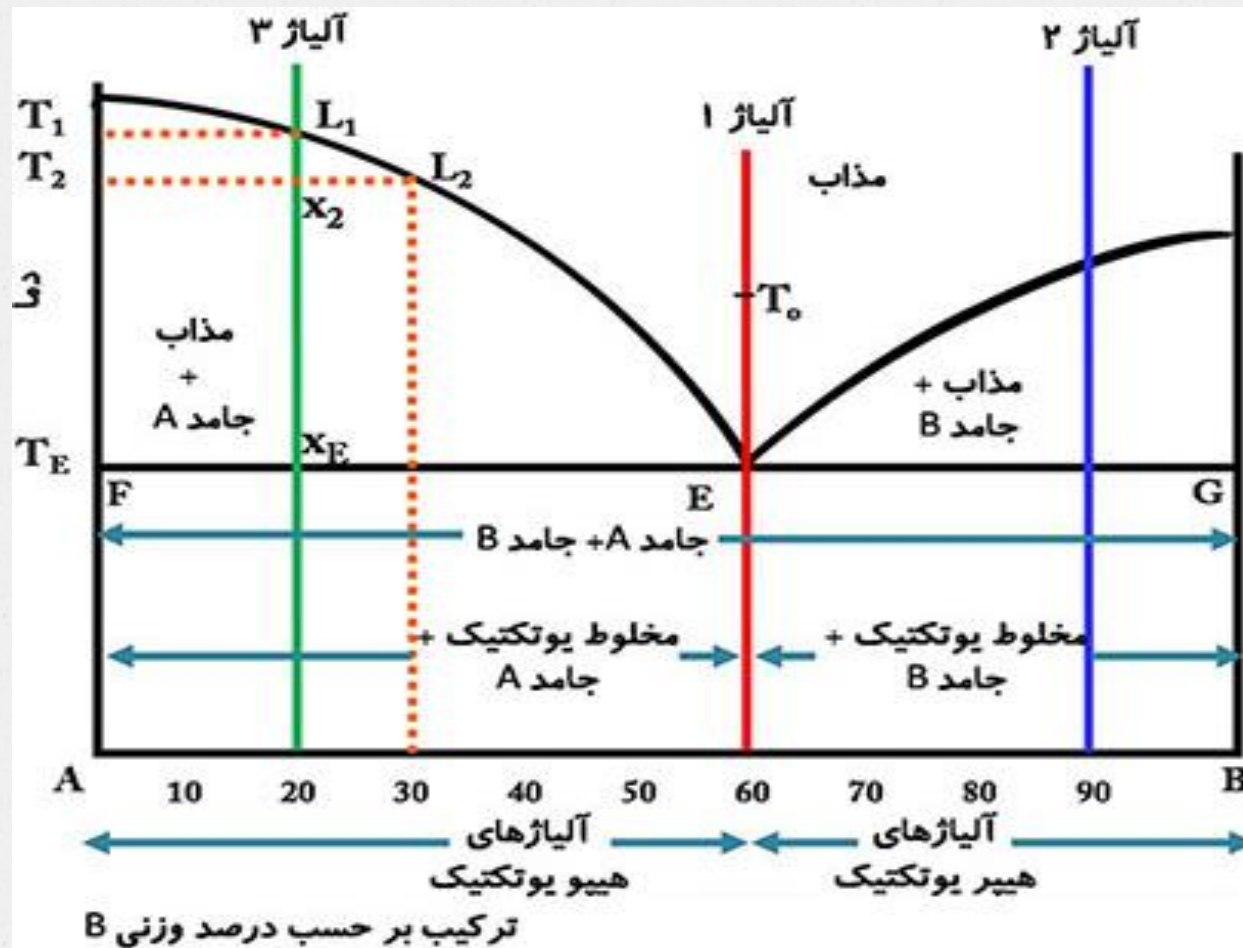


## نمودار تعادلی فازها (نوع دوم)

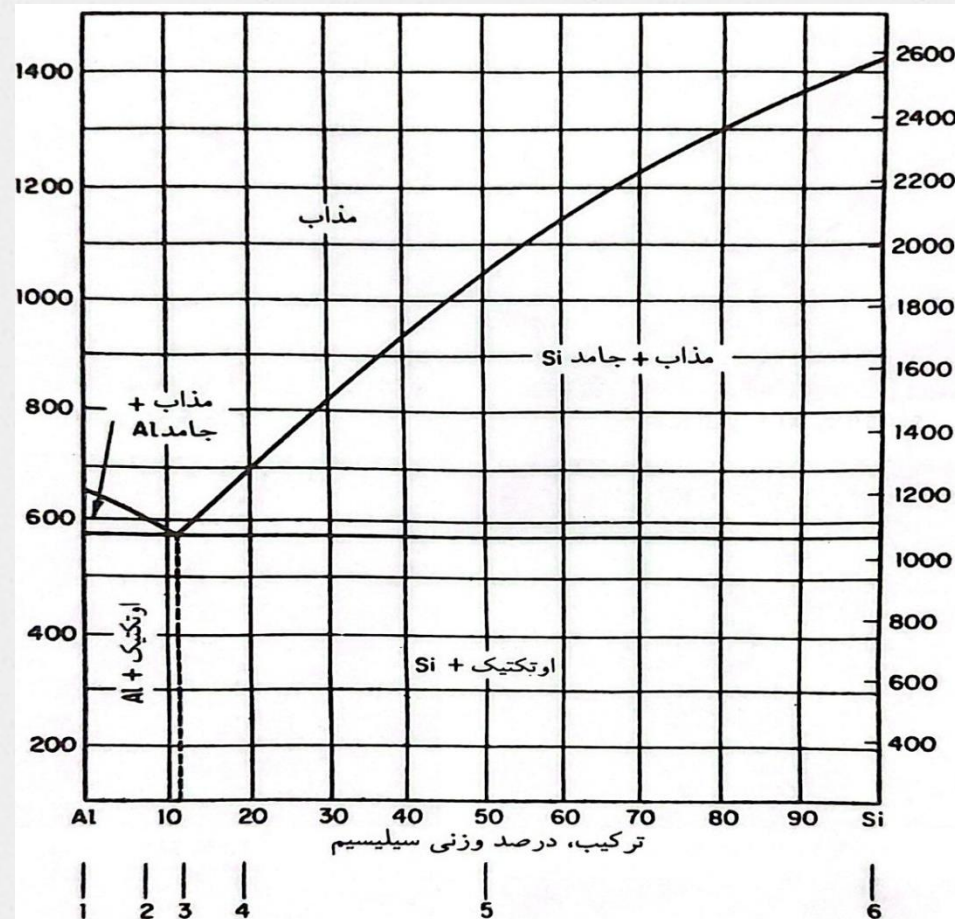




## نمودار تعادلی فازها (نوع دوم)



نمودار فازی ساده شده آلومینیم - سیلیسیم  
(حالات کم سیلیسیم در آلومینیم نادیده گرفته شده است)



نمودار فازی ساده شده آلومینیم-سیلیسیم. اعداد زیر، شماره عکسهای ریزساختار است

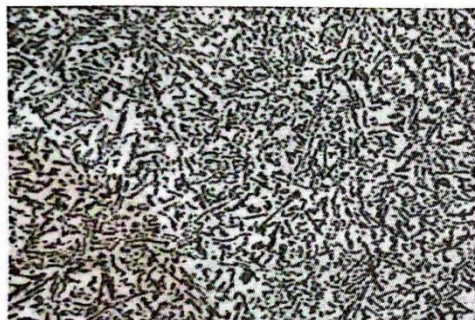




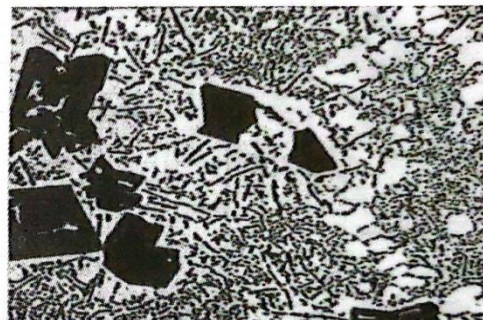
(الف) آلیاژ ۱ Al 99.95%



(ب) آلیاژ ۲ Si 8%



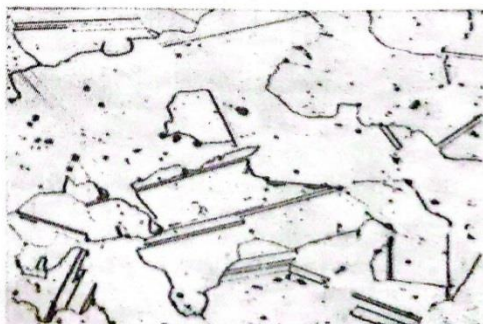
(ج) آلیاژ ۳ Si 12%



(د) آلیاژ ۴ Si 20%



(ه) آلیاژ ۵ Si 50%



(و) آلیاژ ۶ Pure Si

عکس ریزساختار آلیاژهای آلومینیم-سیلیسیم،



✓ آلیاژ ۱: ریزساختار آلومینیم خالص

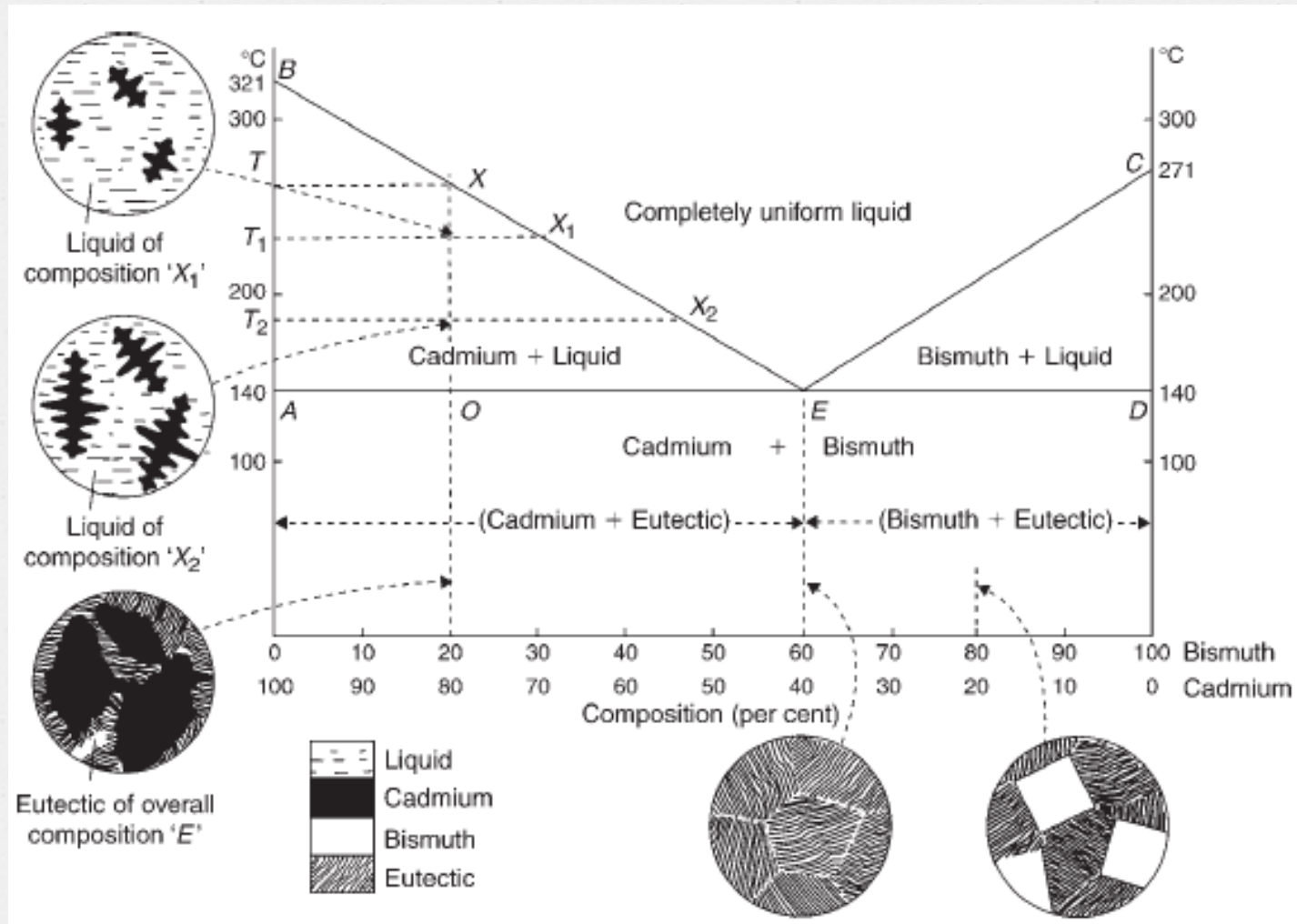
✓ آلیاژ ۲: حاوی ۸٪ سیلیسیم شامل شاخه های آلومینیم اولیه یا پرواتکتیک که با مخلوط اتکتیک آلومینیم و سیلیسیم احاطه شده است. اتکتیک ساختار متناوب روشن و تیره دارد. چون اتکتیک از آخرین مذاب منجمدشده تشکیل می شود فضای بین شاخه ها را پر می کند.

✓ آلیاژ ۳: ترکیب اتکتیک ۱۲٪ سیلیسیم و تماماً از مخلوط اتکتیک تشکیل می شود.

❖ در سمت راست به ریزساختاری که شامل سیلیسیم اولیه (سیاه رنگ) و مخلوط اتکتیک است می رسیم. مقدار سیلیسیم اولیه با افزایش سیلیسیم در آلیاژ افزایش می یابد.



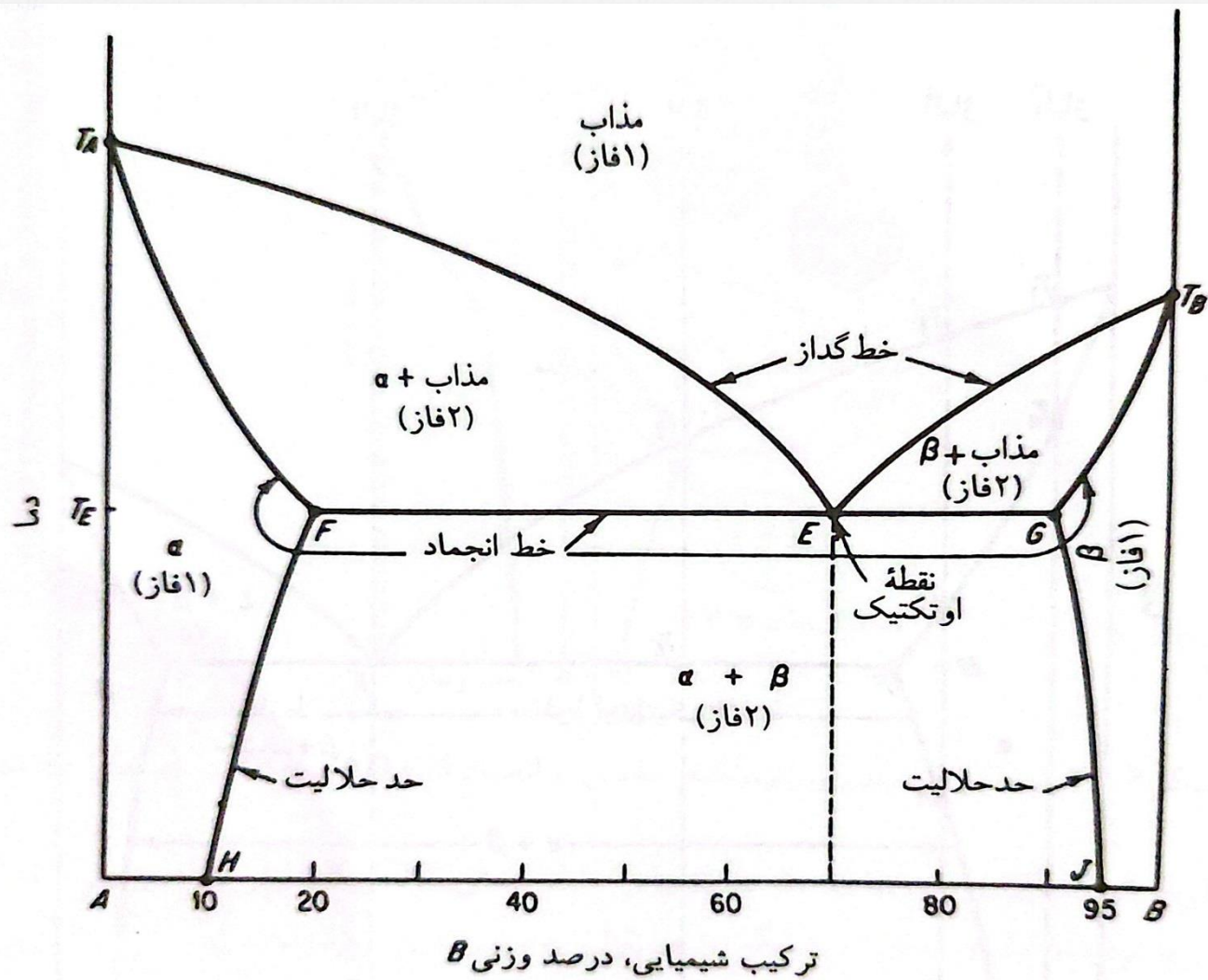
## نمودار تعادلی فازها (نوع دوم)



## نوع ۳ - دو فلز در حالت مذاب کاملاً محلول و در حالت جامد فقط تا حدودی محلول هستند.

- چون اغلب فلزها در حالت جامد قدری در هم حل می شوند این نوع رایجتر است و بنابراین مهمترین سیستم آلیاژی محسوب می شود. نقاط ذوب دو فلز خالص با TA و TB مشخص شده اند. خط گداز TAETB و خط انجماد TAFEGTB است.
- نخست باید منطقه تک فاز را نامگذاری کرد. بالای خط گداز تنها یک تک فاز یعنی محلول مذاب داریم. در نقاط ذوب جایی که خط های گداز و انجماد به هم می رسند نمودار سیگاری شکل و همانند نوع ۲ یعنی حلالیت کامل در حالت جامد است. ولی چون این فلزات تنها تا حدودی در هم حل می شوند بنابراین باید محلول جامد تشکیل شود. آلیاژهای این سیستم هیچگاه به صورت بلورهای خالص A یا B منجمد نمی شوند، بلکه همواره به صورت محلول جامد یا مخلوط محلول های جامد منجمد می شوند.
- حال منطقه های تک فاز محلول جامد  $\alpha$  و  $\beta$  نامگذاری می شوند. چون این محلول های جامد به محور نزدیک هستند به نام محلول های جامد پایانی شناخته می شوند. اکنون سه منطقه دوفازی باقیمانده را می توان با عناوین  $\alpha + L$  ،  $\beta + L$  و  $\alpha + \beta$  نامگذاری نمود.





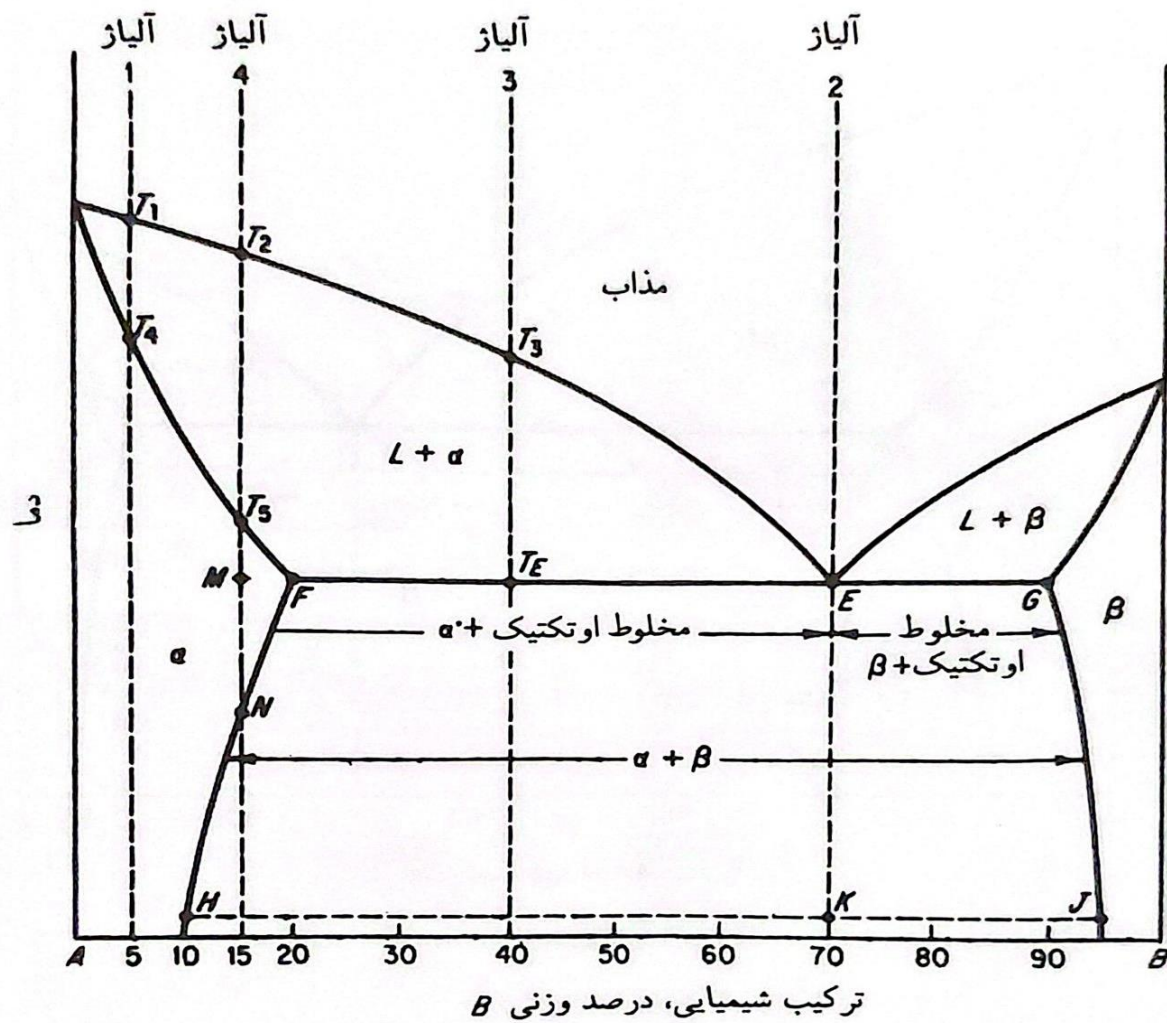
نمودار فازی که نشاندهنده حلالیت جزئی در حالت جامد است.

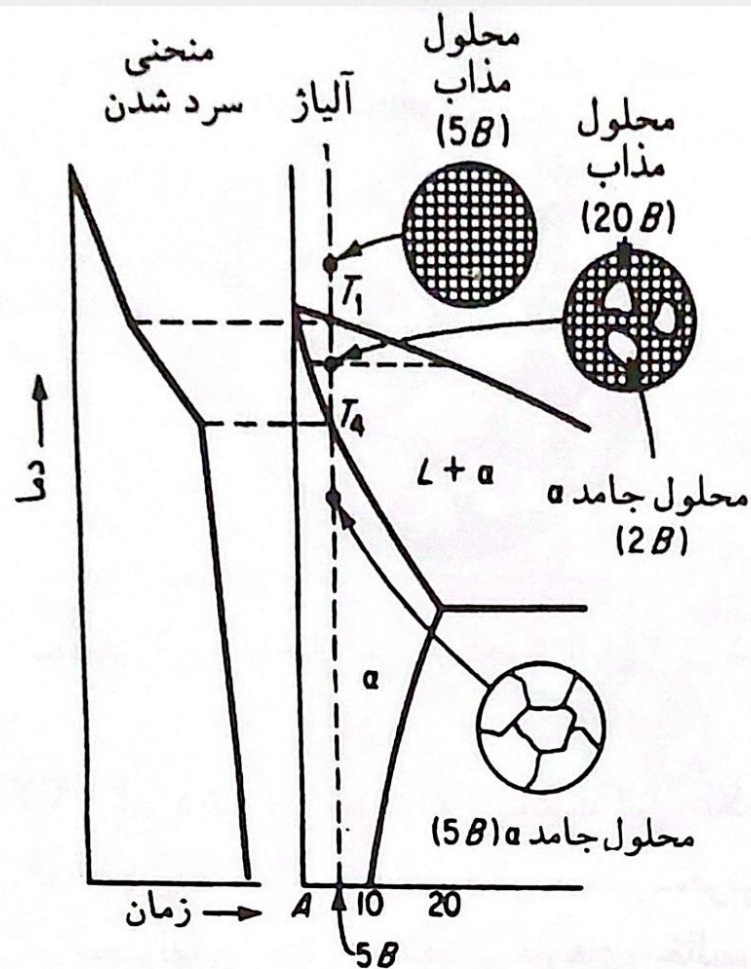
□ در TE محلول جامد  $\alpha$  حداکثر ۲۰٪ B را در خود حل می کند که با نقطه F نشان داده شده است و محلول جامد  $\beta$  حداکثر ۱۰٪ A را حل می کند که با نقطه G نشان داده شده است.

□ با افت دما حداکثر مقدار فلزی که می تواند حل شود کاهش می یابد که این مطلب با خطهای FH و GJ مشخص شده است. این خط ها را حد حلالیت می نامند که حداکثر حلالیت (محلول اشباع) B در A (محلول  $\alpha$ ) یا A در B (محلول  $\beta$ ) را نشان می دهد و تابعی از دما است. نقطه E جایی که خط گداز دارای مینیمم می شود مشابه نوع ۲ نقطه اتکتیک نام دارد.

□ آلیاژ ۱ متشکل از  $95 A - 5 B$  است. در صورت آهسته سرد شدن مراحل شبیه آلیاژهای نوع ۱ را طی می کند. موقیت خط گداز در دمای T1 قطع شود انجماد با تشکیل بلورهای محلول جامد  $\alpha$  که از A بسیار غنی است آغاز می شود. این فرآیند ادامه می یابد، مذاب از B غنیتر می شود و ترکیب آن به تدریج به طرف پایین در امتداد خط گداز حرکت می کند. محلول جامد  $\alpha$  نیز در حین حرکت رو به پایین در امتداد خط انجماد از B غنیتر می شود. سرانجام وقتی خط انجماد در دمای T4 قطع شود و نفوذ پا به پای رشد بلور انجام شود محلول جامد تماماً از محلول جامد همگن  $\alpha$  تشکیل خواهد شد و تا رسیدن به دمای محیط نیز این حالت حفظ می شود.



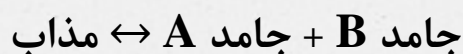




منحنی سرد شدن و ریزساختار حاصل از انجماد آلیاژ ۵B - ۹۵A در دماهای مختلف.



❖ آلیاژ ۲، 30 A - 70 B ترکیب اتکتیک است و تا رسیدن به دمای اتکتیک در نقطه E به حالت مذاب باقی می ماند. چون این نقطه بر خط انجماد واقع شده است مذاب در دمای ثابت دچار واکنش اتکتیک می شود و مخلوط بسیار ظریفی از دو جامد را تشکیل می دهد. دو جامدی که مخلوط اتکتیک را می سازند در دو انتهای خط دمای اتکتیک قرار دارند، یعنی  $\alpha$  با ترکیب F و  $\beta$  با ترکیب G. واکنش اتکتیک را می توان به صورت زیر نوشت:



❖ این واکنش همانند واکنشی است که در نوع ۲ دیده شد با این تفاوت که به جای محلول جامد فلز خالص داشتیم. مقادیر نسبی فازها در مخلوط اتکتیک را می توان با اسنفاده از قانون اهرم تعیین کرد:

$$\% \alpha = \frac{EG}{FG} \times 100 = \frac{20}{70} \times 100 = 28.6\%$$

$$\% \beta = \frac{EF}{FG} \times 100 = \frac{50}{70} \times 100 = 71.4\%$$

❖ به دلیل تغییر حلالیت B در A مطابق خط FH و A در B مطابق خط GJ، با سرد شدن آلیاژ تا دمای محیط تغییر کمی در مقادیر نسبی  $\alpha$  و  $\beta$  ایجاد خواهد شد. مقادیر نسبی  $\alpha$  و  $\beta$  در دمای محیط عبارتند از:

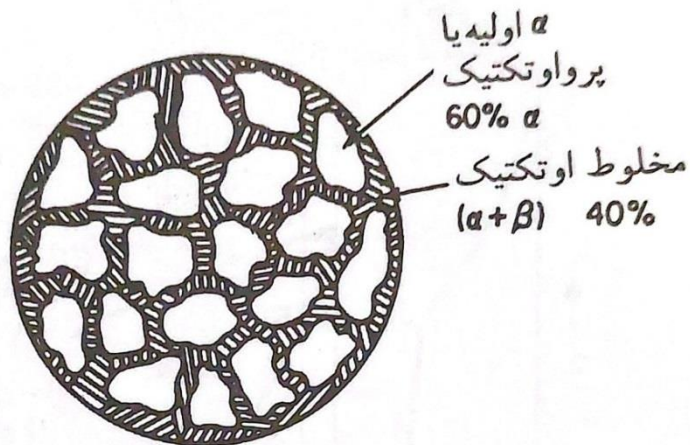
$$\% \alpha = \frac{KJ}{HJ} \times 100 = \frac{25}{85} \times 100 = 29.4\%$$

$$\% \beta = \frac{HK}{HJ} \times 100 = \frac{60}{95} \times 100 = 70.6\%$$

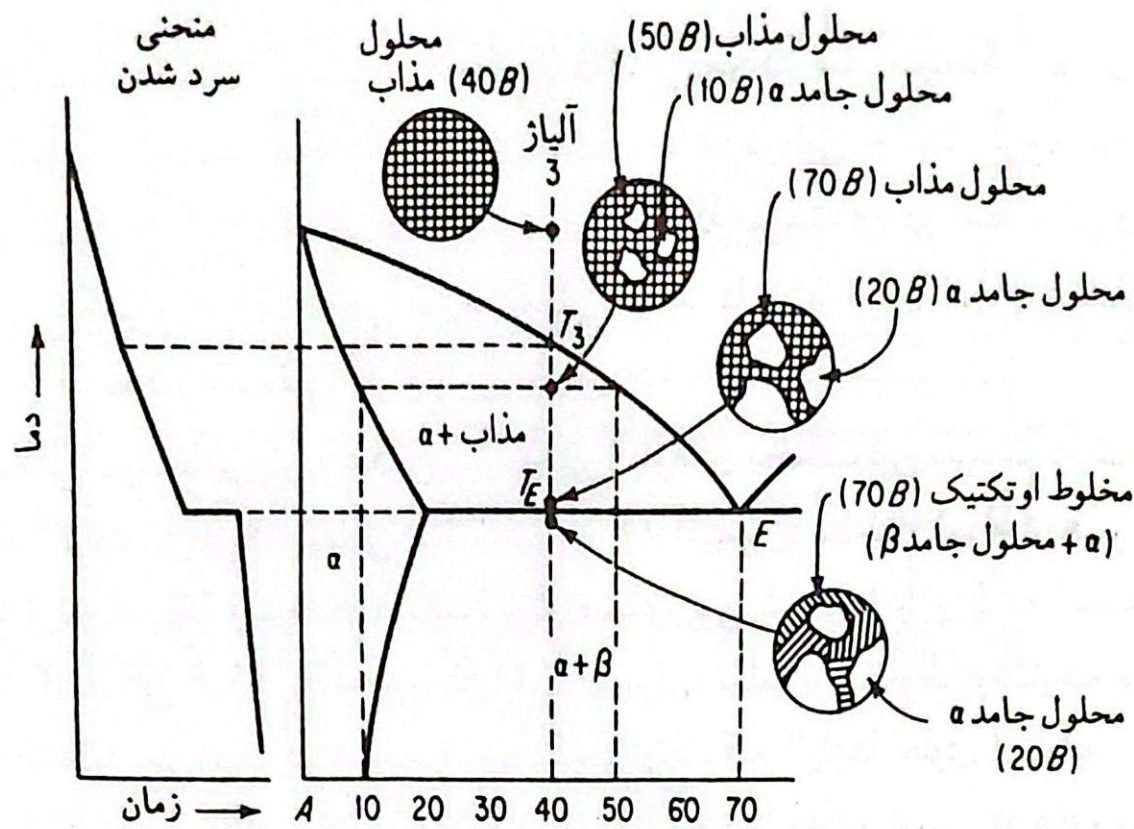
❖ آلیاژ ۳، B 40 – A 60 تا رسیدن به خط گداز در دمای T3 مذاب است. سپس مذاب شروع به انجماد به صورت بلورهای محلول جامد  $\alpha$  اولیه یا پرواتکتیک می کند که از A خیلی غنی است. با کاهش دما مذاب از B غنی و عنیتر می شود و به تدریج به سمت پایین و سمت راست در امتداد خط گداز حرکت می کند تا به نقطه E برسد. بررسی در شرایطی که دما فقط کمی بالاتر از دمای اتکتیک یا TE است نشان می دهد که دو فاز جامد وجود دارد:  $\alpha$  اولیه (B 20 – A 80) به میزان ۶۰٪ و مذاب (B 70 – A 30) به میزان ۴۰٪.



➤ با رسیدن مذاب باقیمانده (۴۰٪) به نقطه E، دما و ترکیب شیمیایی برای تشکیل مخلوط اتکتیک مناسب می شود و مذاب با تشکیل متناوب بلورهای  $\alpha$  و  $\beta$  که ترکیب آن در دو انتهای حط دمای اتکتیک مشخص شده است (نقطه های F و G) منجمد می شود. تا کامل شدن انجماد دما افت نمی کند و وقتی انجماد کامل شد ریزساختار به صورت شکل زیر خواهد بود. ریزساختار این آلیاژ مشابه آلیاژ نوع ۲ است. با سرد شدن آلیاژ تا دمای محیط به دلیل تغییر حلالیت که توسط حط حد حلالیت FH نشان داده شده است مقداری  $\beta$  اضافی از محلول رسوب می کند.



تصویر ساده‌ای از ریزساختار، پس از انجماد آلیاژ ۳

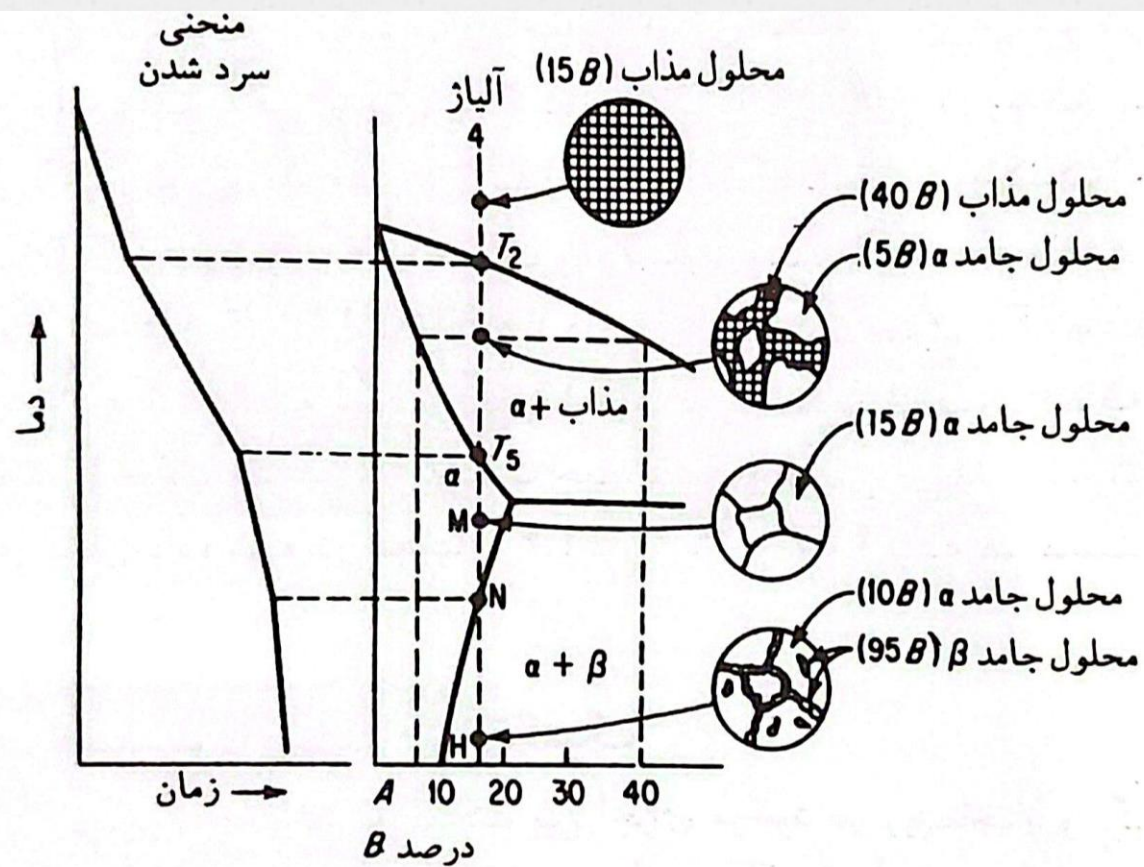


منحنی سرد شدن و ریزساختار در دماهای مختلف به هنگام انجماد آلیاژ  $40^\circ B - 60^\circ A$ .



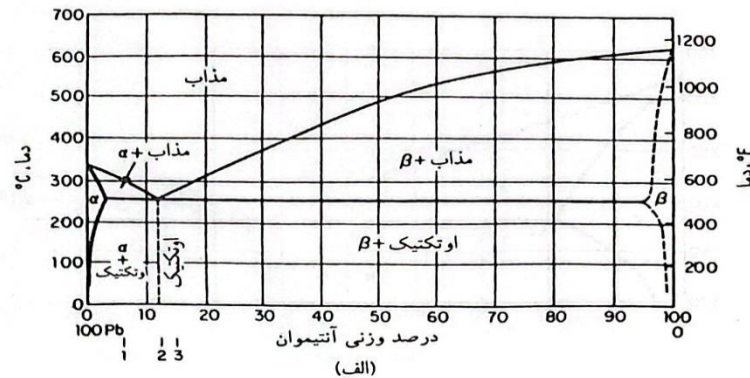
➤ آلیاژ ۴، 15 B - 85 A از فرآیندی مشابه آلیاژ ۱ پیروی می کند. انجماد در T2 آغاز و در T0 کامل می شود. جامد حاصل تک فازی همگن یعنی محلول جامد  $\alpha$  است. در نقطه M محلول غیراشباع است. خط حد حلالیت FH کاهش حلالیت B در A را بر اثر کاهش دما نشان می دهد. با سرد شدن آلیاژ خط حد حلالیت به نقطه N می رسد. حال محلول  $\alpha$  از B اشباع می شود. پایینتر از این دما با سرد شدن آهسته B اضافی باید از محلول خارج شود. چون A در B محلول است رسوب حاصل فلز خالص B نیست و محلول جامد  $\beta$  است. در دمای محیط آلیاژ حاوی مقدار زیادی  $\alpha$  با کمی  $\beta$  اضافی در امتداد مرزدانه ها است.

➤ اگر فاز  $\beta$  نسبتاً ترد باشد آلیاژ بسیار محکم یا داکتیل نخواهد شد. استحکام هر آلیاژ به فازی که در آلیاژ به صورت پیوسته وجود دارد بسیار وابسته است. در این حالت اگرچه محلول جامد  $\beta$  فقط حدود ۵٪ آلیاژ را تشکیل می دهد ولی دارای شبکه پیوسته ای در امتداد مرزدانه ها است. بنابراین آلیاژ به شکست در امتداد این مرزها تمایل خواهد داشت. اما با انجام عملیات گرمایی مناسب می توان استحکام و سختی آن را بسیار تغییر داد.

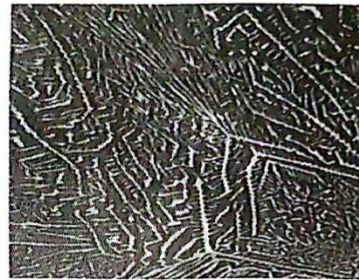


نحنی سردشدن و ریزساختار در دماهای مختلف برای آلیاژ ۱۵B - ۸۵A.





(الف) آلیاژ ۱



(ب) آلیاژ ۲



(ج) آلیاژ ۳

الف) نمودار تعادلی سرب-آنتیموان. ب) آلیاژ ۶٪ آنتیموان  $\times 75$ . ج) آلیاژ اوتکتیک، ۱۱٫۵٪ آنتیموان  $\times 250$ . د) آلیاژ ۲۵٫۲۵٪ آنتیموان،  $\times 250$ .

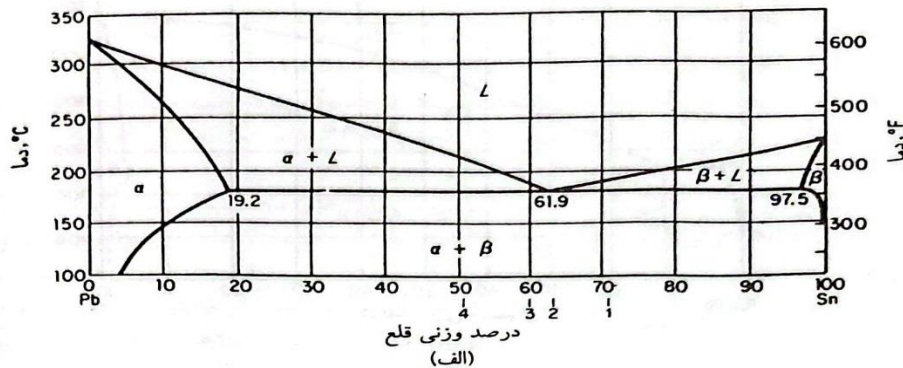
شکل ب: آلیاژ ۱ با ۶٪ آنتیموان ساختار نمونه وار هیپوآوتکتیک شاخه های  $\alpha$  اولیه (سیاه) و مخلوط اتکتیک که فضای بین شاخه ها را پر کرده است.

شکل ج: آلیاژ ۲ حاوی ۱۱٫۵٪ آنتیموان تماماً شامل مخلوط اتکتیک محلول های جامد  $\alpha$  و  $\beta$

در سمت راست ترکیب اتکتیک آلیاژها حاوی  $\beta$  اولیه (سفید) هستند که با مخلوط اتکتیک احاطه شده (شکل د) و تنها مقادیر نسبی فازهای موجود در آن تفاوت دارد.

مقدار مخلوط اتکتیک با دور شدن ترکیب آلیاژ از ترکیب اتکتیک کاهش می یابد.





شکل ب: آلیاژ ۱ با ترکیب ۷۰٪ قلع در سمت راست اتکتیک واقع است. ریزساختار شامل شاخه های  $\beta$  اولیه (سفید) که با مخلوط اتکتیک احاطه شده اند.

شکل ج: آلیاژ ۲ ترکیب اتکتیک است و از مخلوط بسیار ظریف محلول های جامد  $\alpha$  و  $\beta$  تشکیل می شود.

شکل د و ه: آلیاژهای ۳ و ۴ که به ترتیب حاوی ۶۰٪ و ۵۰٪ قلع هستند از شاخه های محلول جامد  $\alpha$  اولیه غنی از سرب (سیاه) که با مخلوط اتکتیک احاطه شده تشکیل می شوند.

با حرکت ترکیب آلیاژ به سمت چپ مقدار  $\alpha$  افزایش می یابد.



(ب) آلیاژ ۱



(ج) آلیاژ ۲



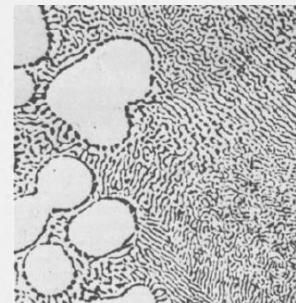
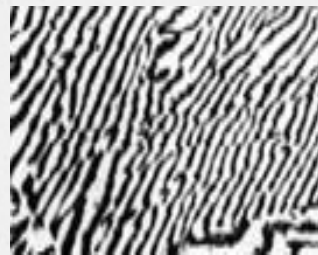
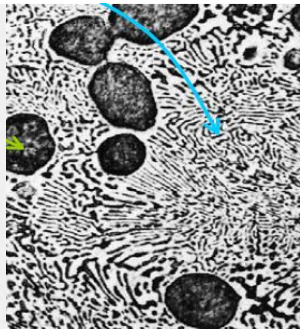
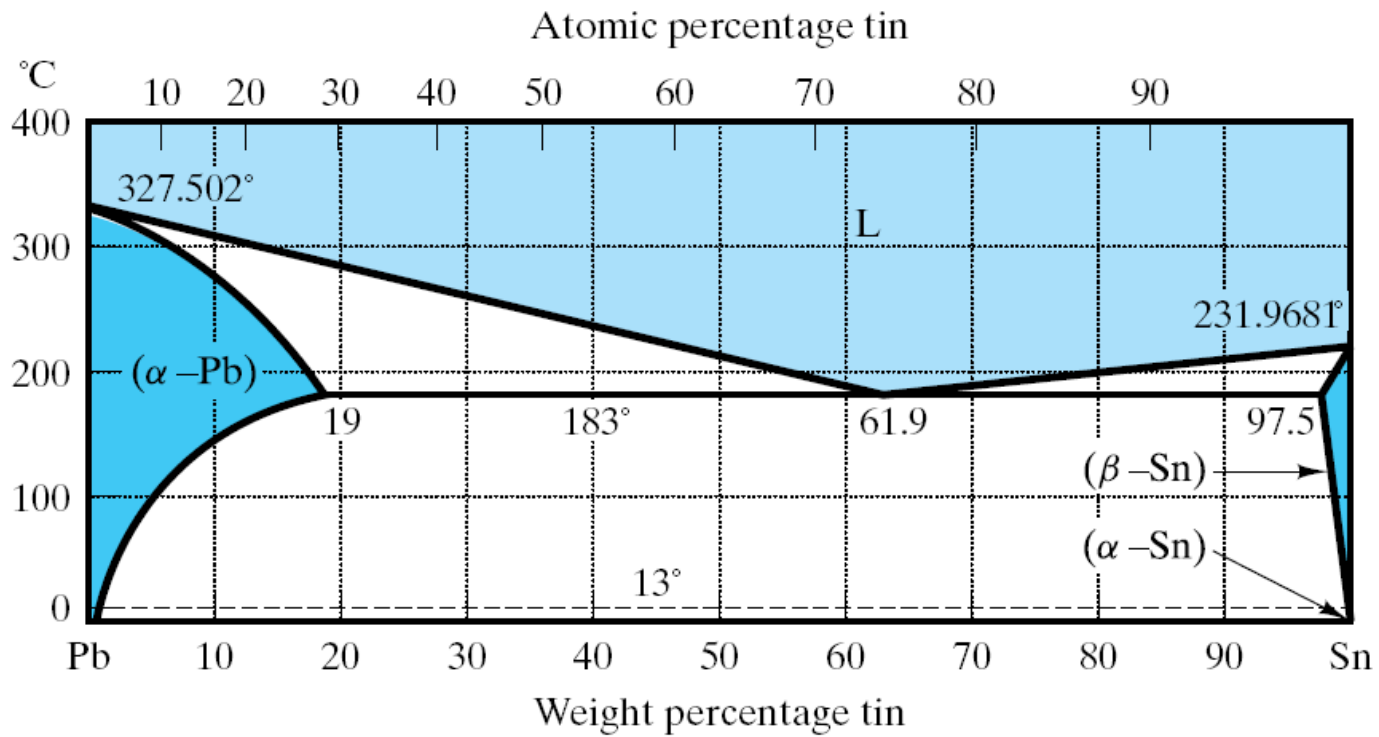
(د) آلیاژ ۳



(ه) آلیاژ ۴

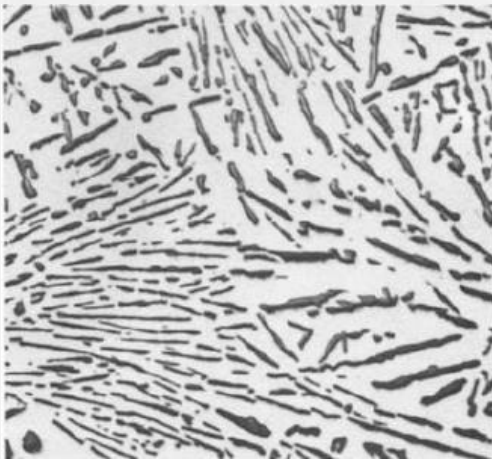
الف) نمودار تعادلی سرب-قلع. ب) آلیاژ ۷۰٪ قلع. ج) آلیاژ اتکتیک. د) آلیاژ ۶۰٪ قلع. ه) آلیاژ ۵۰٪ قلع. تمام عکسها با بزرگنمایی  $\times 200$  گرفته شده اند.



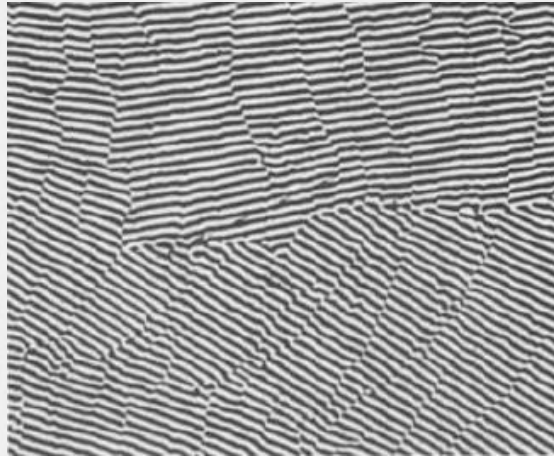


## ویژگی های آلیاژ های اتکتیک

- ✓ نقطه ی ذوب پایین
- ✓ قابلیت ریخته گری خوب
- ✓ تردی و شکنندگی



Al- 13% Si



Al- 33% Cu



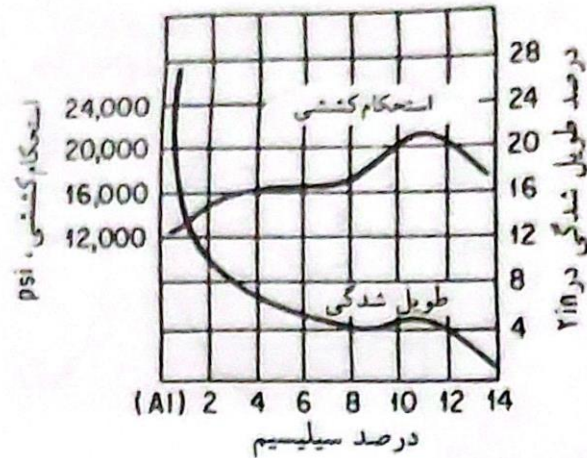
Mg- 37% Sn



## خواص سیستم های آلیاژی اتکتیک

✓ در سیستم اتکتیک بین اجزای موجود در ریزساختار و ترکیب آلیاژ ارتباط خطی وجود دارد. این مطلب حاکی از آن است که تغییرات خواص فیزیکی و مکانیکی سیستم های اتکتیک نیز خطی است. در عمل به ندرت این رفتار ایده آل دیده می شود. خواص هر آلیاژ چندقازی به مشخصه های هر کدام از فازها و همچنین نحوه توزیع این فازها در ریزساختار بستگی دارد. این موضوع به خصوص در سیستم های آلیاژی اتکتیک صحت دارد. استحکام، سختی و داکتیل بودن به اندازه، تعداد، توزیع و خواص بلورهای هر دو فاز بستگی دارد. با

✓ در بسیاری از سیستم های آلیاژی اتکتیک که در صنعت اهمیت دارند یک فاز نسبتاً ضعیف و مومسان و دیگری نسبتاً سخت و شکننده است. هنگامی که از ناحیه فاز مومسان به نقطه اتکتیک نزدیک می شویم استحکام آلیاژ افزایش می یابد. پس از ترکیب اتکتیک به دلیل کاهش مقدار ذرات ریز اتکتیک و افزایش اندازه و مقدار فاز ترد پرواتکتیک استحکام کاهش می یابد. بنابراین در این سیستم ترکیب اتکتیک معمولاً حداکثر استحکام را دارد.



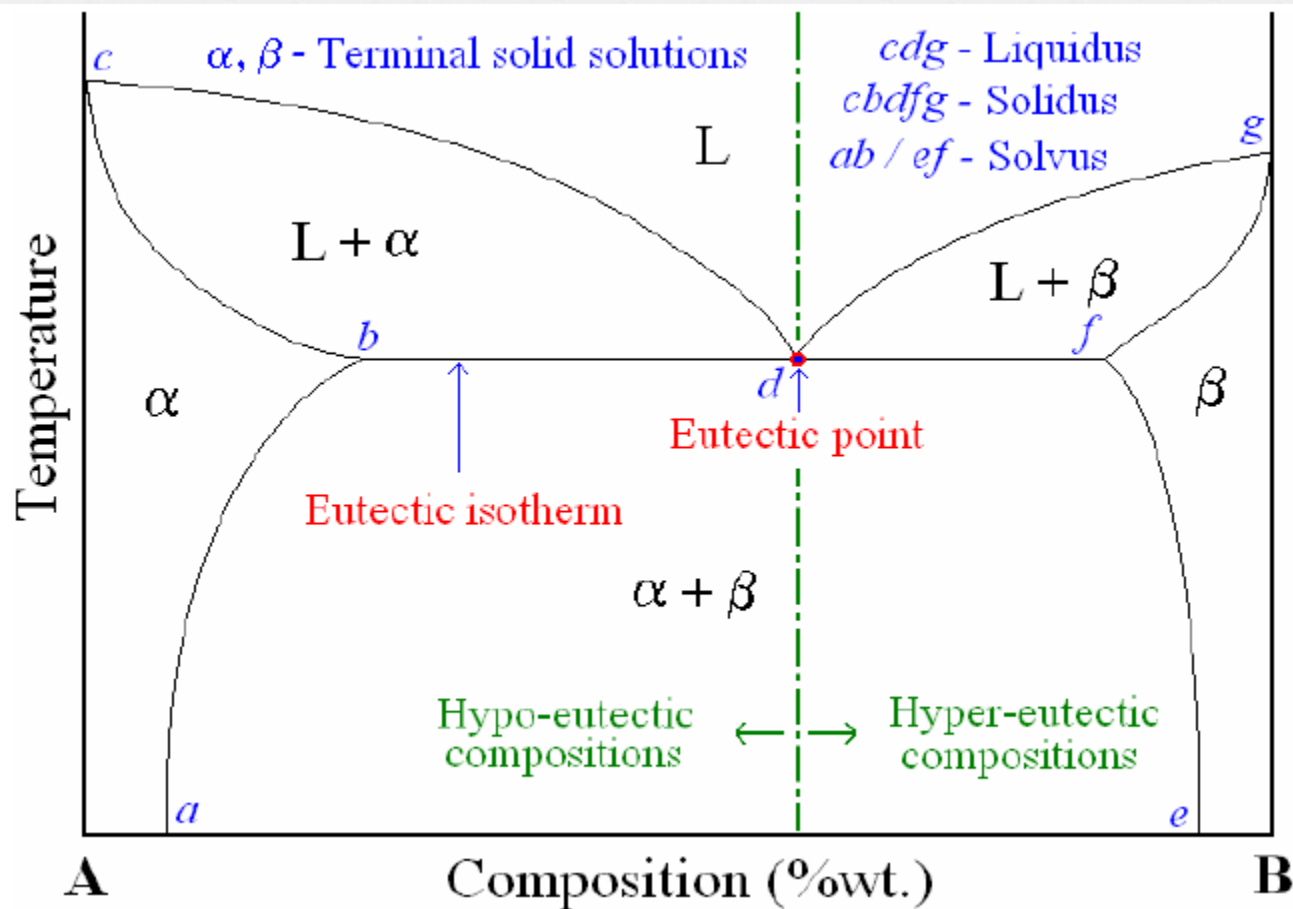
تغییرات نمونه‌وار خواص مکانیکی آلیاژهای ریختگی آلومینیم-سیلیسیم تا ۱۴٪ سیلیسیم.

❖ حداکثر استحکام کششی در ترکیب خیلی نزدیک به اتکتیک به دست می آید. خواص حاصل از یک مخلوط بسیار شبیه فاز پیوسته است، یعنی فازی که زمینه را می سازد و ذرات فاز دیگر در آن نشسته اند. مخلوط اتکتیک تشکیل دهنده ای است که همواره پیوسته است، زیرا آخرین مذابی است که منجمد می شود و دانه های اولیه را احاطه می کند و در خود مخلوط اتکتیک هم عموماً فازی که بخش بزرگتری را می سازد فاز پیوسته خواهد بود. اگر این فاز مومسان باشد تمام آلیاژها تا حدودی مومسان خواهند بود. اگر این فاز ترد باشد تمام آلیاژها نسبتاً شکننده خواهند بود. علاوه بر عامل های فوق، با افزایش آهنگ سرد کردن در حین انجماد مخلوط اتکتیک ظریفتری به دست خواهد آمد که مقدار آن بیشتر است و دانه های اولیه ریزتری دارد که بر خواص مکانیکی بسیار تاثیر می گذارد.

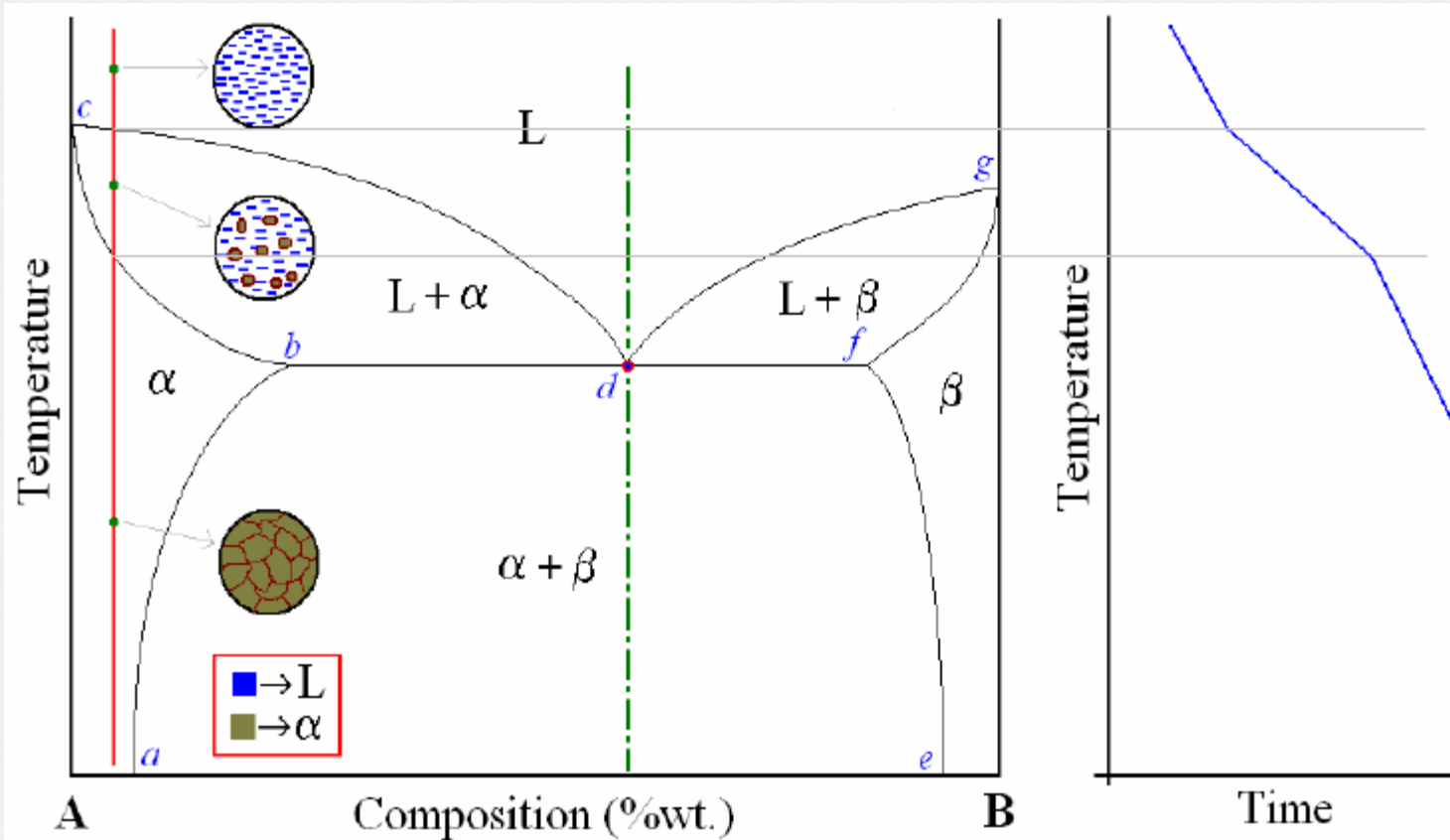


## نمودار تعادلی فازها (نوع سوم)

انحلال نسبی (محدود) در حالت جامد: واکنش اتکتیک

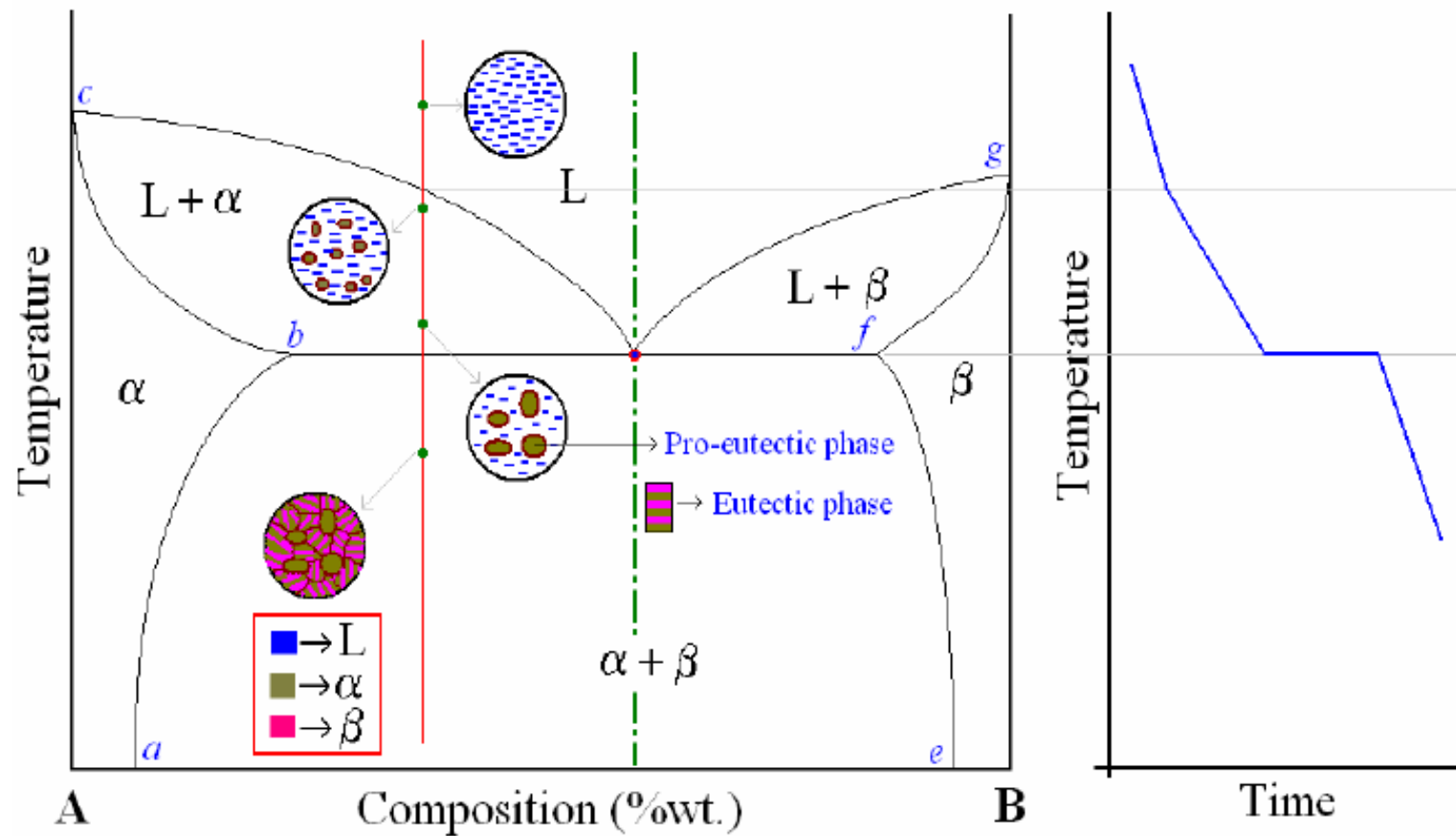


## نمودار تعادلی فازها (نوع سوم)

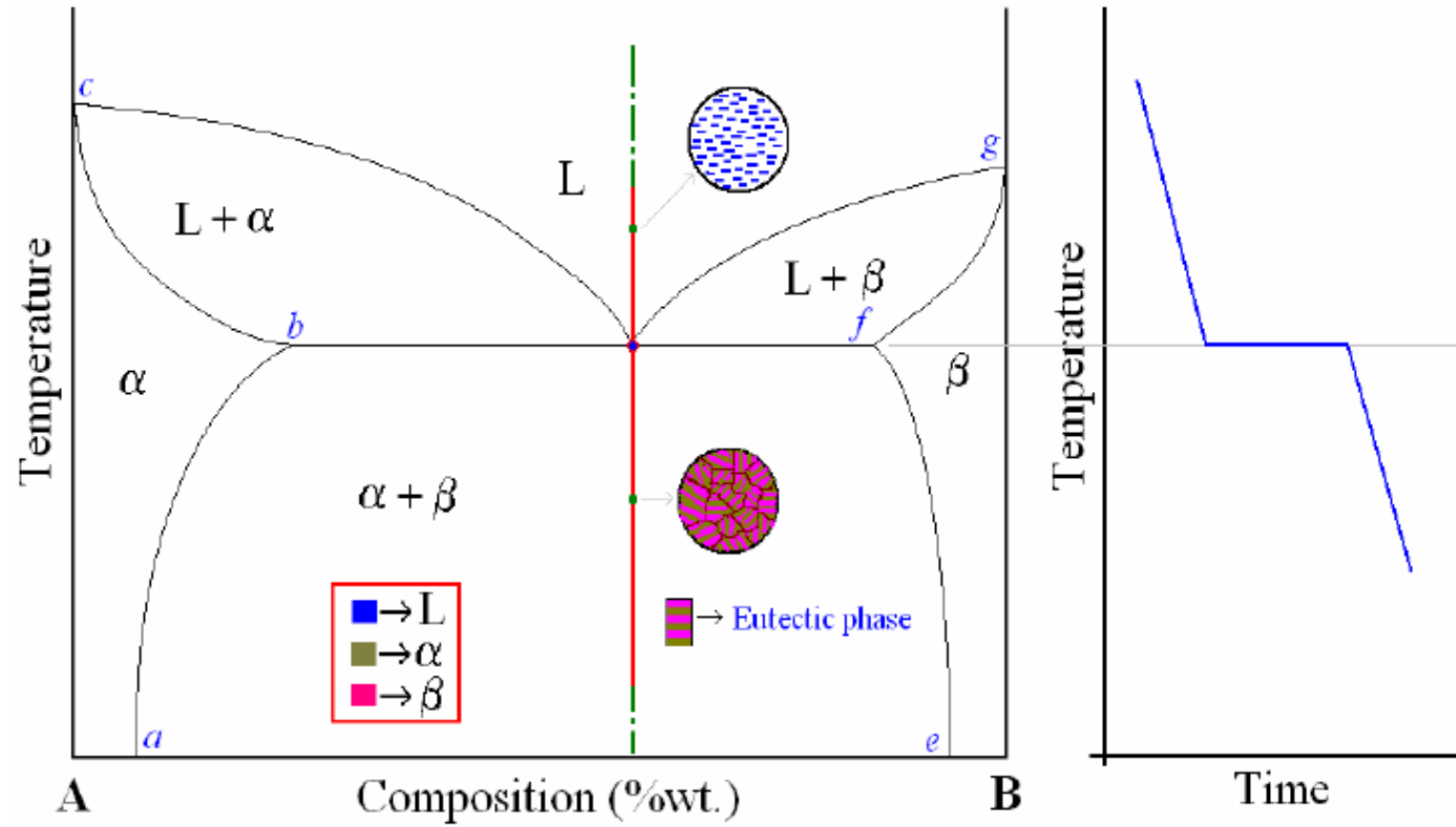




## نمودار تعادلی فازها (نوع سوم)



## نمودار تعادلی فازها (نوع سوم)





## انجماد غیر تعادلی

