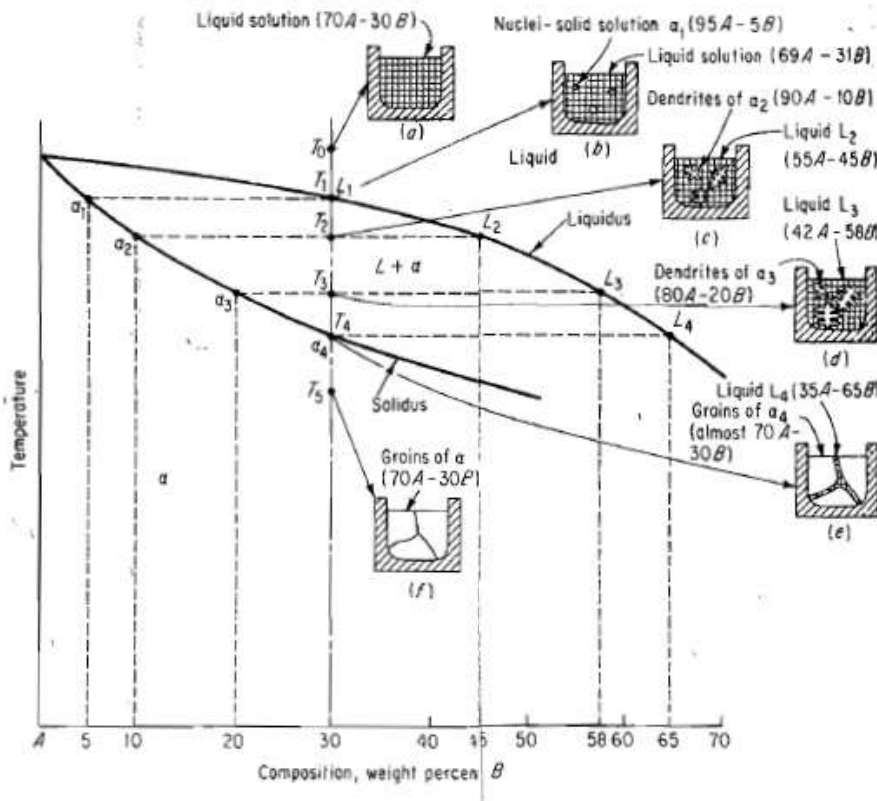


سرد کردن تعادلی یک آلیاژ محلول جامد

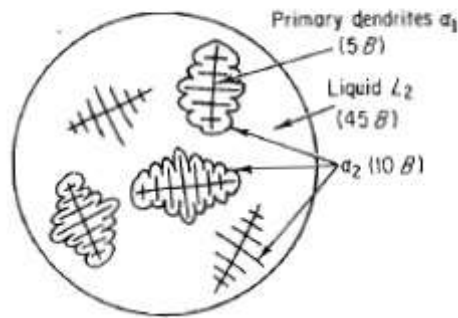
هنگامی که یک آلیاژ محلول جامد ذوب و سپس سرد می شود، انجماد با جوانه زنی و رشد فاز جامد انجام می شود. زمانی که آلیاژ به دمای لیکوئیدوس رسیده انجماد با جوانه زنی محلول جامد شروع می شود. رشد فاز جامد نیاز به این دارد تا گرمای نهان ذوبی که در اثر انجماد آزاد می شود از فصل مشترک جامد/ مذاب خارج شود. از طرف دیگر برای این که ترکیب فاز های جامد و مذاب از منحنی های سالییدوس و لیکوئیدوس در حین سرد کردن تبعیت کند نفوذ اتمها نیز باید انجام شود. در این حالت گرمای نهان ذوب در محدوده ای از دما آزاد می شود و منحنی سرد کردن تغییری در شیب نشان می دهد.

حال سرد کردن بسیار آرام یک آلیاژ با ترکیب 30B-70A برای مشاهده تغییرات فازی در آن ، مورد بررسی قرار داده می شود. این آلیاژ در دمای T_0 ، یک محلول مذاب همگن تک فازی است و تا دمای T_1 به این صورت باقی می ماند. چون T_1 بر روی خط لیکوئیدوس است ، انجماد این آلیاژ در این دما شروع می شود. نخستین جوانه محلول جامد که تشکیل می شود α_1 است که از فلز A با نقطه ذوب بالاتر بسیار غنی است. ترکیب این جوانه محلول جامد 5 B- 95A خواهد بود. چون تشکیل این محلول جامد از مذاب بسیار غنی از A تشکیل می شود، مذاب باید از B غنی تر شود. درست بعد از شروع انجماد ترکیب مذاب تقریباً 69A- 31B است.



شکل ۲۶-۱ سرد کردن آرام آلیاژ 30 B- 70 A و ساختار میکروسکوپی در نقاط مختلف در حین انجماد.

در دمای T_2 ، ترکیب مذاب در L_2 است و تنها محلول جامد در تعادل با L_2 در این دما ، α_2 با ترکیب 10 B % است. بنابراین با کاهش دما، نه تنها ترکیب مذاب از B غنی تر می شود بلکه محلول جامد نیز از B غنی تر می شود. در این دما بلور های α_2 تشکیل می شود که جوانه های با ترکیب α_1 را احاطه می کنند. دندریت های α_2 به طور جداگانه نیز تشکیل می شوند. برای ایجاد تعادل در T_2 ، تمام فاز جامد باید دارای ترکیب α_2 باشد، که نیاز به نفوذ اتم های B به طرف جوانه غنی از A ، نه تنها از طریق جامدی که در همان لحظه تشکیل شده است، بلکه از طریق مذاب نیز دارد. این کار تنها هنگامی امکان پذیر است که سرد کردن بسیار آهسته باشد ، به گونه ای که نفوذ با رشد بلورها برابر باشد. شکل ۲۷-۱ به طور شماتیک آلیاژ 30B را در T_2 قبل از نفوذ نشان می دهد.

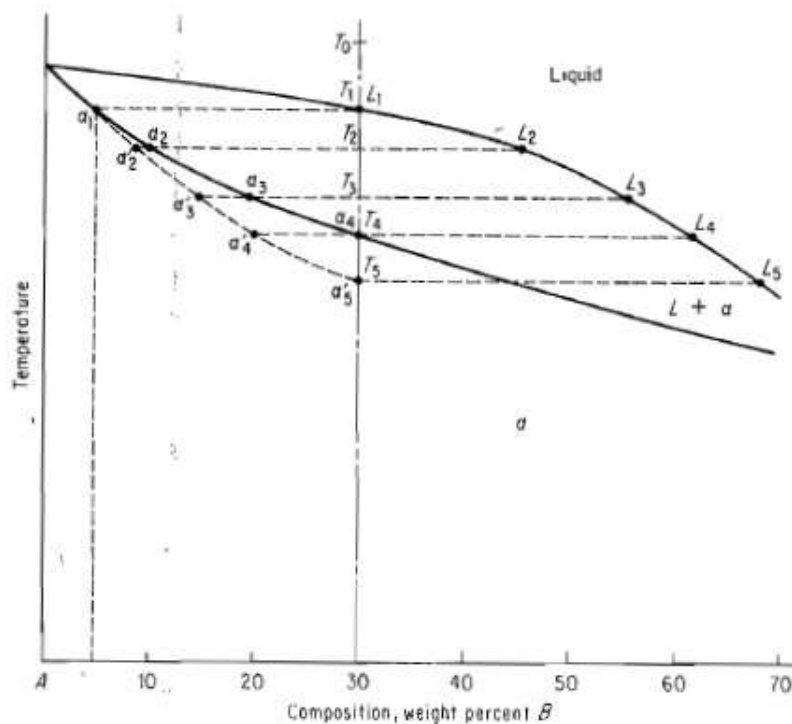


شکل ۲۷-۱ تصویر شماتیک آلیاژ 30 B

با کاهش دما از T_2 ، محلول جامد به هزینه کاهش مذاب به رشد خود ادامه می دهد. ترکیب محلول جامد از خط سالییدوس و ترکیب مذاب از خط لیکوئیدوس تبعیت می کند. با کاهش دما هر دو فاز از B غنی تر می شوند. در دمای T_3 ، محلول جامد تقریباً ۷۵٪ کل مخلوط را خواهد ساخت. با ادامه سرد کردن ، در نهایت ، دما به T_4 می رسد و آخرین مذاب با ترکیب L_4 که بسیار غنی از B است، در مرز دانه منجمد می شود. با وجود این ، نفوذ انجام شده و همه محلول جامد دارای ترکیب همگن α (30B-70A) خواهد شد که ترکیب کلی آلیاژ است. ساختار میکروسکوپی این آلیاژ که به آرامی سرد شده است ، شامل دانه ها و مرز دانه ها خواهد بود و هیچ گونه اختلافی در ترکیب شیمیایی در داخل دانه ها وجود نخواهد داشت. این امر به دلیل انجام نفوذ اتم ها است که دانه هایی با ترکیب همگن می سازد.

سرد کردن غیر تعادلی-منشا جدایش دندریتی

در عمل ، سرد کردن آلیاژ تحت شرایط تعادلی بسیار مشکل است. از آنجایی که نفوذ در حالت جامد بسیار کند صورت می گیرد، انتظار می رود که در سرعت های سرد کردن معمولی، اختلافاتی با نمودار تعادلی ، وجود داشته باشد. مجدداً آلیاژ 30 B- 70 A در نظر گرفته می شود. (شکل ۲۸-۱)

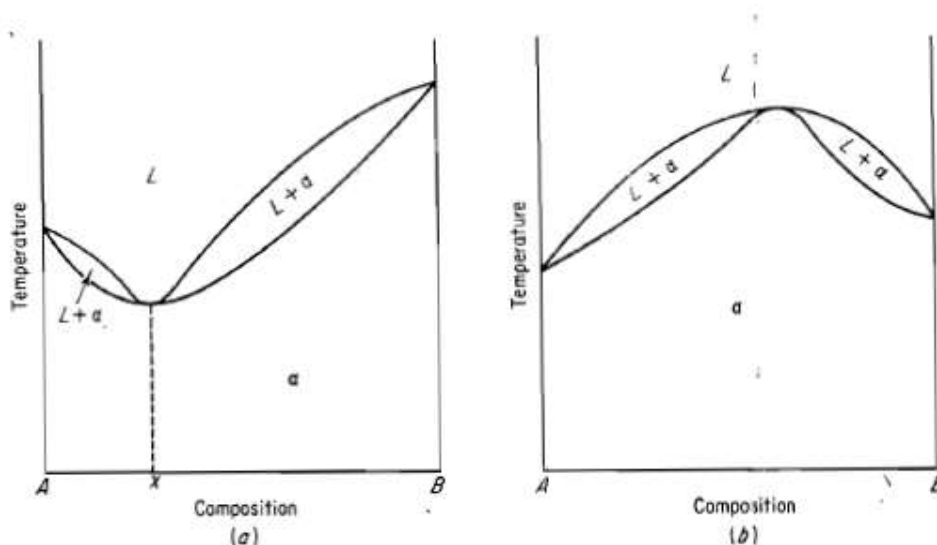


شکل ۲۸-۱ سرد کردن غیر تعادلی

انجماد در T_1 شروع می شود و محلول جامد با ترکیب α_1 تشکیل می شود. در T_2 مذاب دارای ترکیب L_2 و محلول جامد دارای ترکیب α_2 است. از آنجایی که نفوذ آنقدر کند است که نمی تواند همگام با رشد بلور پیش برود، به عبارت دیگر زمان کافی برای رسیدن به همگنی در جامد وجود ندارد، ترکیب متوسط جامد بین α_1 و α_2 خواهد بود. با افت دما، ترکیب متوسط محلول جامد از شرایط تعادلی دورتر خواهد شد. به نظر می رسد که ترکیب محلول جامد از یک خط سالییدوس غیر تعادلی تبعیت می کند، ترکیب مذاب اساساً بر روی همان خط لیکوئیدوس تعادلی قرار دارد، زیرا نفوذ در مذاب نسبتاً زیاد است. در T_3 ، محلول جامد دارای ترکیب متوسط آلفا پریم ۳ به جای آلفا ۳ خواهد بود. تحت شرایط تعادلی سرد کردن، انجماد باید در T_4 کامل شود. اما چون ترکیب متوسط محلول جامد آلفا پریم ۴ به ترکیب آلیاژ اولیه نرسیده است، مقداری مذاب باید وجود داشته باشد. بنابراین انجماد تا دمای T_5 ادامه پیدا خواهد کرد. در این دما، ترکیب محلول جامد آلفا پریم ۵ با ترکیب آلیاژ (30B) برابر است و انجماد در این دما کامل می شود. آخرین مذابی که منجمد می شود دارای ترکیب L_5 است که نسبت به آخرین مذابی که تحت شرایط تعادلی منجمد می شود، از B غنی تر خواهد بود. بدیهی است که هر چه آلیاژ سریعتر سرد شود، محدوده ترکیب در آلیاژ منجمد شده بیشتر خواهد بود. چون سرعت خوردگی شیمیایی با ترکیب فرق می کند، حکاکی کردن صحیح، ساختار دنتریتی را نشان خواهد داد. جامد نهایی شامل یک ساختار مغزه ای با نقطه ذوب بالاتر احاطه شده به وسیله یک پوسته (آخرین مذابی که منجمد می شود) با نقطه ذوب پایین تر است. شرایط بالا کورینگ یا جدایش دنتریتی نامیده می شود.

نمودار های فازی مختلف از نوع I

هر آلیاژی در نوع اول نقطه ذوبی بین نقاط ذوب A و B دارد. در بعضی از سیستم هایی از این نوع، ممکن است خطوط لیکوئیدوس و سالییدوس همدیگر را در یک مینیمم یا ماکزیمم قطع کنند. آلیاژی با ترکیب X شبیه یک فلز خالص رفتار می کند و هیچ اختلافی در ترکیب شیمیایی مذاب و جامد وجود ندارد. (شکل ۲۹ - ۱)



شکل ۲۹-۱ سیستم محلول جامد با الف (یک مینیمم ب) یک ماکزیمم.

انجماد در یک دمای ثابت انجام می شود. یعنی آغاز و پایان انجماد، بدون هیچ گونه تغییری در ترکیب در یک دمای ثابت صورت می گیرد. منحنی سرد کردن این آلیاژ شامل یک خط افقی خواهد بود. چنین آلیاژهای با نقطه ذوب متجانس معروف هستند. سیستم های آلیاژی Cu-Au و Ni-Pb سیستم هایی هستند که یک مینیمم را نشان می دهند. سیستم های با یک ماکزیمم به ندرت وجود دارند.

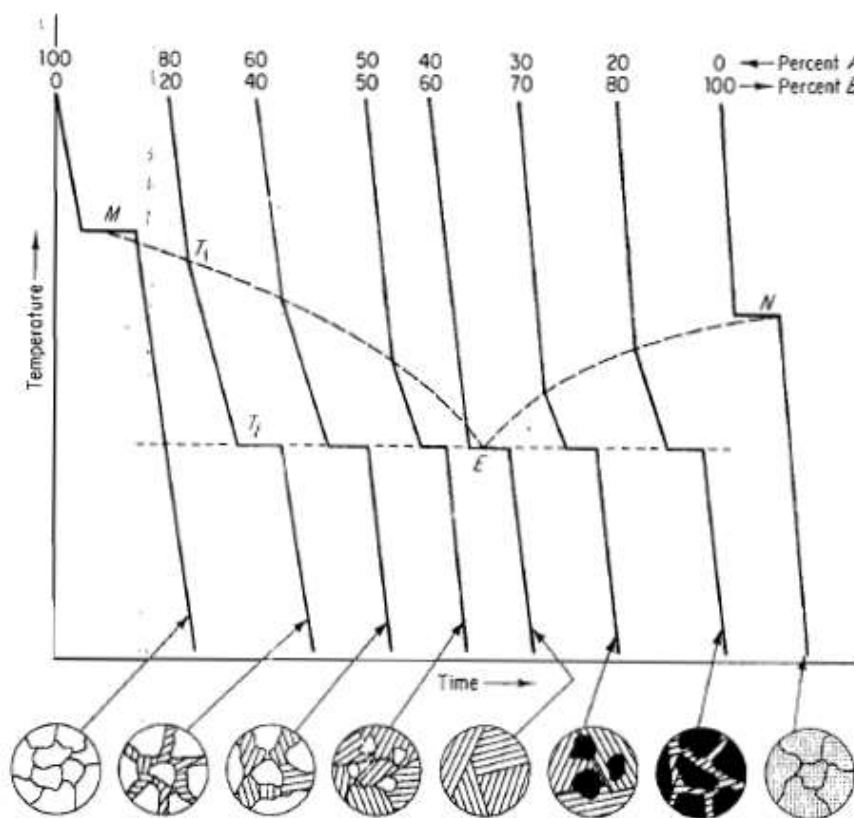
نوع II : محلول در حالت مذاب و نامحلول در حالت جامد

در عمل هیچ دو فلزی در یکدیگر به طور کامل غیر قابل حل نیستند. با وجود این در بعضی از موارد حلالیت آنقدر محدود است که می توان آن ها را غیر قابل حل در یکدیگر در نظر گرفت.

قانون رائولت

قانون رائولت بیان می کند که نقطه انجماد یک ماده خالص با افزایش ماده دوم کاهش می یابد، مشروط به این که ماده دوم در حالت مذاب به طور کامل در ماده اول قابل حل باشد ولی در حالت جامد در آن قابل حل نباشد. کاهش نقطه انجماد متناسب با وزن مولکولی فلز محلول است.

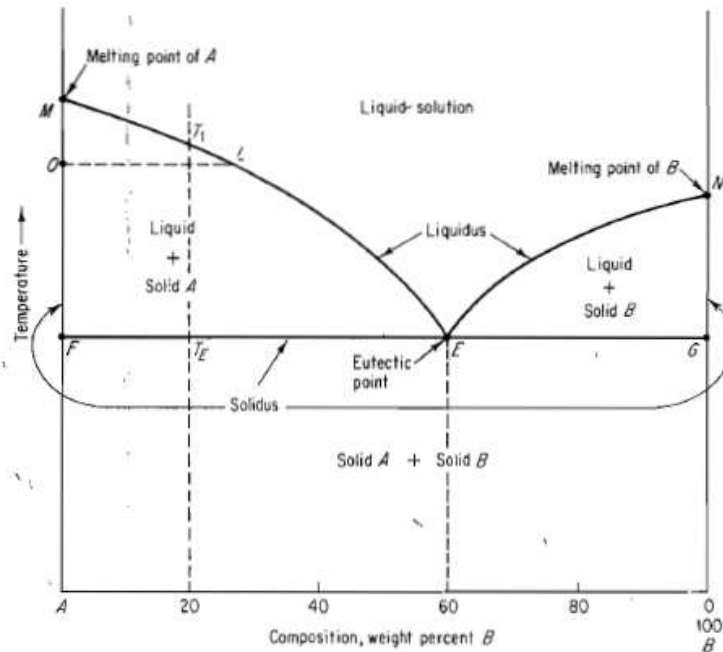
این نوع نمودار فازی می تواند از یک سری منحنی های سرد کردن شبیه به آن چه برای نمودار های فازی محلول جامد استفاده شد، ساخته شود. اما در این حالت منحنی های آزمایشگاهی یک رفتار متفاوت را نشان می دهند. یک سری از منحنی های سرد کردن برای این سیستم در شکل ۱-۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۰ منحنی سرد کردن و ساختار میکروسکوپی در دمای محیط برای یک سری آلیاژهای دوتایی که در حالت جامد در یکدیگر حل نمی شوند. نقطه چین بالایی منحنی لیکوئیدوس و نقطه چین پایینی منحنی سالییدوس را نشان می دهد.

منحنی های سرد کردن فلزات خالص A , B یک خط افقی را در نقطه انجماد خود نشان می دهند. با اضافه کردن A به B ، دمای آغاز انجماد کاهش پیدا می کند. با اضافه کردن B به A نیز دمای شروع انجماد این آلیاژ ها کاهش می یابد. چون هر فلز دمای انجماد فلز دیگر را پایین می آورد، خط وصل کننده نقاط آغاز انجماد باید یک مینیمم را نشان دهند . (نقطه E). نقطه E به عنوان نقطه یوتکتیک معروف است و دارای ترکیب 60 B- 40 A است . توجه شود که در محدوده ای از ترکیب قسمتی از منحنی سرد کردن که پایان انجماد را نشان می دهد، در یک دمای ثابت انجام می گیرد. خط افقی پایینی در TE به دمای یوتکتیک معروف است. انجماد

آلیاژی با ترکیب 60B-40A در یک دمای مشخص، شبیه به یک فلز خالص انجام می شود که همان دمای یوتکتیک است، اما یک آلیاژ با نقطه ذوب متجانس نیست. زیرا جامد حاصل مخلوطی از دو فاز است در حالی که آلیاژ با نقطه ذوب متجانس جامد تک فازی است. نمودار فاز واقعی را می توان با انتقال تغییر شیب ها در منحنی های سرد کردن به یک نمودار دما- ترکیب ساخت. نقاط M و N بر روی خطوط عمودی نشان دهنده نقطه ذوب دو فلز خالص است. برای آلیاژی 20B- 80A دمای آغاز انجماد T_1 و پایان آن T_E است. روش مشابه برای آلیاژهای دیگر استفاده می شود. شکل ۱-۳۱ این نمودار را نشان می دهد.



شکل ۱-۳۱ نمودار فازی از نوع یوتکتیک

خط بالایی در نمودار فازی که دو نقطه را به هم وصل می کند (MEN) خط لیکوئیدوس است و آغاز انجماد را نشان می دهد. نقطه ای که در آن خطوط لیکوئیدوس یکدیگر را قطع می کنند، نقطه یوتکتیک است. T_E دمای یوتکتیک و 60B-40A ترکیب یوتکتیک نامیده می شود. خط سالییدوس همواره یک خط پیوسته است که نقاط ذوب فلزات خالص را به هم وصل می کند، به طوری که خط سالییدوس کامل MFGN است. این نمودار فازی شامل چهار ناحیه است. چون دو فلز در حالت مذاب به طور کامل در یکدیگر حل می شوند. ناحیه بالای خط لیکوئیدوس یک محلول مذاب همگن تک فازی است. به ناحیه باقی مانده مناطق دو فازی هستند. هر ناحیه دو فازی باید در امتداد یک خط افقی به نواحی تک فازی محدود شود. اگر ابتدا نواحی تک فازی نامگذاری شوند، آنگاه نواحی دو فازی به آسانی مشخص می شوند.