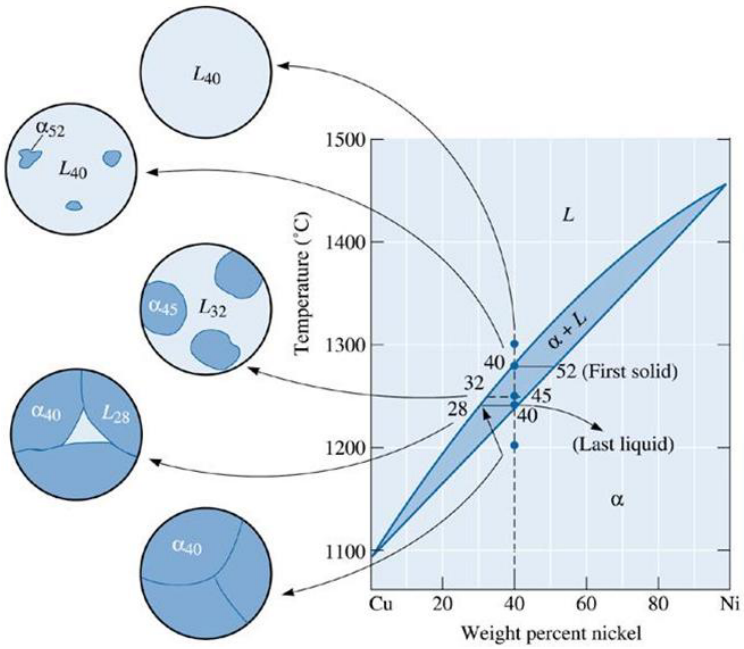


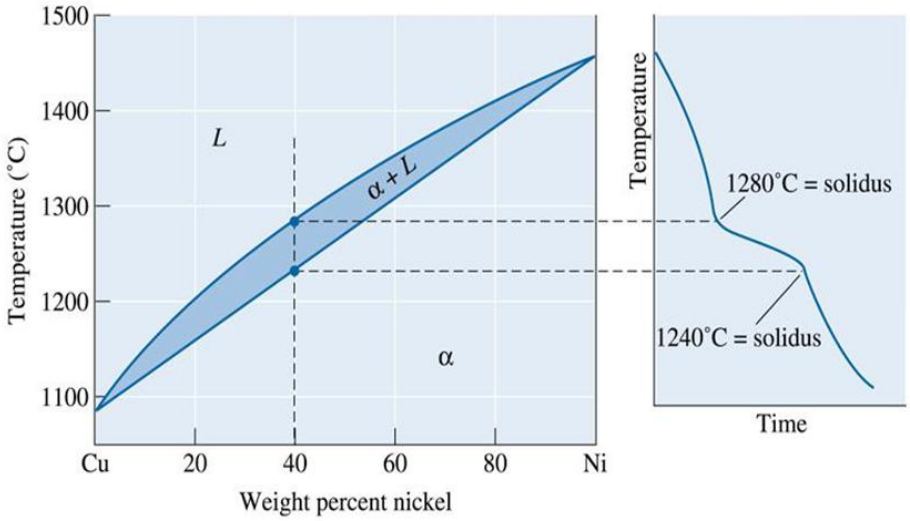
شکل۷- تغییرات ترکیب شیمیایی و ریزساختار حین انجماد تعادلی یک آلیاژ محلول جامد

برای رشد جامد α دو شرط لازم است:

۱) رشد نیازمند این است که گرمای نهان ذوب (ΔH_f) از فصل مشترک جامد – مذاب خارج شود.

۲) بر خلاف انجماد فلزات خالص، انجماد آلیاژ باید «نفوذ اتمی» رخ دهد به گونه ای که حین سرد شدن ترکیب شیمیایی فازهای جامد و مذاب طبق منحنی های لیکدوس و سالیدوس تعادلی تغییر کند.

گرمای نهان ذوب در محدوده دمایی انجماد از مذاب خارج می‌شود و منحنی سرد شدن آلیاژها بر خلاف عناصر خالص یک تغییر در شیب نشان می‌دهد (شکل ۸)



شکل ۸- نمودار سرد شدن یک آلیاژ محلول جامد و ارتباط آن با دیاگرام فازی

در ابتدای سرد کردن مذاب آلیاژهای حاوی Cu-40Ni است و اولین جامدی که منجمد می‌شود دارای Cu-52Ni است. اتم های نیکل باید به اولین هسته جامد نفوذ کرده تا اولین هسته جامد شود. اما پس از سرد کردن تا دمای $1250^{\circ}C$ فرایند انجماد به پیش رفته و دیاگرام فازی به ما می‌گوید که در این دما فاز مذاب باید حاوی 32% Ni و فاز جامد باید حاوی 45% Ni باشد. با سرد کردن از دمای لیکدوس به دمای $1250^{\circ}C$ با برخی اتم های نیکل باید از اولین هسته جامد تشکیل شده به طرف جامد جدید نفوذ کنند و بدین ترتیب غلظت نیکل در اولین جامد را کاهش دهد. اتم های نیکل اضافی از مذاب در حال انجماد به طرف جامد جدید نفوذ می‌کنند. به این طریق، اتم های مس به دمای سالیدوس می‌رسد، جایی که آخرین مذاب که باید منجمد شود. و حاوی Cu-28Ni است، منجمد شود و به یک جامد ترکیب Cu-40Ni را تشکیل دهد. درست زیر دمای سالیدوس، تمام جامد دارای یک ترکیب شیمیایی یکنواخت برابر Cu-40Ni در سرتاسر خود خواهد بود.

تذکر:

۱) هنگام سرد کرن تعادل، ترکیب شیمیایی سرتاسر آلیاژ پس از انجماد برابر خواهد بود با ترکیب شیمیایی مذاب اولیه.

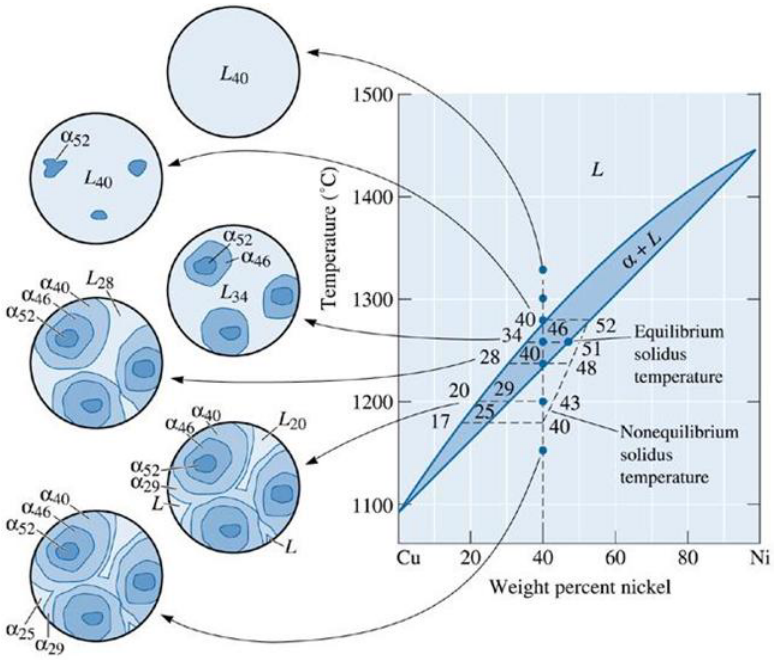
۲) برای رسیدن به ساختار تعادلی، سرعت سرد شدن باید بسیار آهسته باشد.

۵-۷-انجماد غیر تعادلی آلیاژهای محلول جامد

هنگامی که سرعت سرد شدن بالاباشد، زمان کافی برای نفوذ اتمی وجود نخواهد داشت بنابراین ترکیب شیمیایی فازهای تشکیل شونده حین انجماد از دیاگرام فازی تعادلی تبعیت نخواهد کرد. در بسیاری از فرایندهای ریختگری کلی ما انتظار تشکیل ساختارهای غیر تعادلی را خواهیم داشت.

اجازه دهید انجماد آلیاژ Cu-40Ni را این بار در شرایط غیر تعادلی بررسی کنیم.

دوباره اولین جامدی که منجمد شود، 52% Ni دارد (شکل ۹) . با سرد کردن تا دمای $1260^{\circ}C$ تای لاین به ما می‌گوید که فاز مذاب در این دما حاوی 34% Ni و فاز جامد در این دما حاوی 46% Ni است . از آن جایی که نفوذ در حالت مذاب به سرعت رخ می‌دهد، انتظار داریم که خط تای لاین با دقت بالایی ترکیب شیمیایی مذاب را پیش بینی کند. اما، نفوذ در جامدات نسبتا آهسته صورت می‌گیرد. اولین جامدی که تشکیل می‌شود 52% Ni دارد اما جامد جدید فقط شامل 46% Ni است. می‌توانیم میانگین ترکیب شیمیایی جامد را 51% Ni در نظر بگیریم و در واقع می‌توان یک خط سالیدوس جدید تعریف کرد. با ارائه انجماد، خط سالیدوس غیر تعادلی از سالیدوس تعادلی بیشتر جدا می‌شود. هنگامی که دما به دمای $1240^{\circ}C$ (دمای سالیدوس تعادلی) می‌رسد، مقدار قابل توجهی مذاب باقی مانده است. فاز مذاب به طور کامل منجمد نمی شود تا زمانی که مذاب تا دمای $1180^{\circ}C$ سرد شود. در این دما سالیدوس غیر تعادلی ترکیب شیمیایی اولیه آلیاژ Cu- 4% Ni را قطع می‌کند. آخرین مذابی که منجمد می‌شود حاوی 17% Ni است و آخرین جامدی که منجمد می‌شود حاوی 25% Ni است. میانگین ترکیب شیمیایی کل آلیاژ 40% Ni است اما ترکیب شیمیایی یکنواخت نیست.



شکل۹- تغییرات ترکیب شیمیایی و ریزساختار حین انجماد تعادلی یک آلیاژ محلول جامد

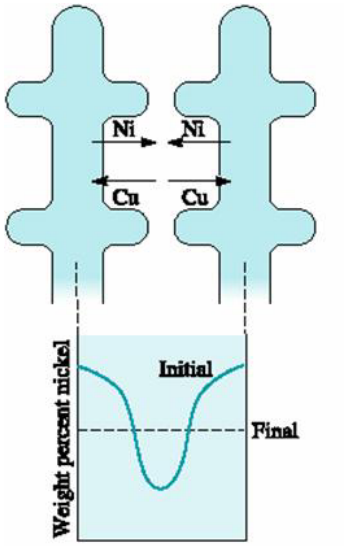
به طور خلاصه:

۱ـ حین سرد کردن غیر تعادلی، منحنی لیکدوسبا تقریب خوبی، ترکیب شیمیایی مذاب را پیش بینی می‌کند اما منحنی سالیدوس به سمت بالاتر عنصر با دمای ذوب بالاتر جابجا می‌شود. میزان جابجا شدن منحنی سالیدوس تابع نرخ سرد شدن است.

۲ـ دامنه انجماد تغییر تعالدی گسترده تر از دامنه انجماد تعادلی است. دمای پائین انجماد در شرایط غیر تعادلی کمتر از سالیدوس تعادلی است.

۳ـ در شرایط سرد غیر تعادلی ترکیب شیمیایی نقاط مختلف دامنه ثابت نیست و یک گرادیان ترکیب شیمیایی بین مراکز دانه و مرز دانه وجود دارد. مرکز دانه از عنصر با دمای ذوب بالاتر ، غنی می‌شود و مرز دانه از عنصر با دمای ذوب کمتر غنی می‌شود.

تذکر: در رشد دندریتی مرکز دندریت از عنصر با دمای ذوب بالا غنی شده و فضای بین دندریتی از عنصر با دمای ذوب کمتر غنی می‌شود (شکل ۱۰). به این پدیده میکرو جدایش یا جدایش بین دندریتی یا پدیده Coring (مغزه بندی شدن) گفته می‌شود.



شکل ۱۰- ریزجدایش بین دندریتی ناشی از انجماد غیرتعادلی، مرکز مناطق بین دندریتی از غنصر با دمای ذوب پایین‌تر (در این مورد مس نسبت به نیکل) غنی است.

تذکر:

۱ـ خواص ماده به علت ناهمگنی ترکیب شیمیایی ناش از جدایش تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۲ـ در هنگام عملیات حرارتی در دماهای پائین تر از دمای سالیدوس تعادلی اما بالاتر از دمای سالیدوس غیر تعادلی، ذوب بین دندریتی خواهیم داشت. به این پدیده Hot shortness گویند.

تذکر: برای کاهش جدایش بین دندریتی می‌توان از عملیات حرارتی همگن سازی استفاده کرد. زمان لازم برای همگن سازی یک قطعه ریختگی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد.

$$t = C\frac{\lambda^2}{4D_s}$$

که در آن:

λ: فاصله بین دندریت های ثانویه

D_s: ضریب نفوذ عنصر حل شونده در زمینه

C: یک ثابت

با کاهش λ و افزایش دمای عملیات همگن سازی می‌توان زمان لازم برای همگن سازی را کاهش داد.

تذکر: دمای عملیات همگن سازی به دمای سالیدوس غیر تعادلی محدود می‌شود.

۵-۸-خواص آلیاژهای محلول جامد

طبق مکانیزم محلول جامد استحکام با افزودن عنصر حل شونده افزایش می‌یابد. درجه یا میزان استحکام دهی به روش محلول جامد به دو فاکتور زیر وابسته است.

۱) فاکتور اندازه نسبی بین عنصر میهمان و میزبان. هر چه فاکتور اندازه نسبی بیشتر باشد، اعوجاج شبکه کریستالی عنصر میزبان بیشتر و در نتیجه حرکت نابجایی ها مشکل تر و استحکام بالاتر خواهد بود.