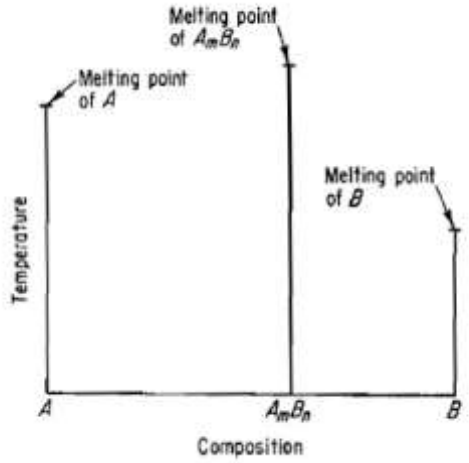
نوع IV ، فاز واسطه

هنگامی که فلزی به صورت هم دما به فاز دیگری تبدیل شود و این تبدیل بدون تغییر در ترکیب شیمیایی باشد به آن تغییر فاز یا دگرگونی متجانس گویند. تمام فلزات خالص بدین صورت منجمد می شوند. فاز های واسطه نیز به همین نام خوانده می شوند، چون تک فازهایی هستند که بین فازهای انتهایی روی یک نمودار فازی قرار دارند. نوع IV متضمن تشکیل یک فاز واسطه به وسیله ذوب متجانس است ، در حالی که نوع V ، فاز واسطه با نقطه ذوب نامتجانس را در بر می گیرد. هر فاز واسطه می تواند به عنوان یک جزء روی نمودار فاز در نظر گرفته شود. اگر فاز های واسطه دارای یک محدوده ترکیب باریک باشند، ترکیبات بین فلزی یا ترکیبات بین نشینی هستند و روی نمودار فاز به صورت یک خط عمودی نشان داده می شوند و با فرمول شیمیایی نامگذاری می شوند. اگر فاز واسطه در یک محدوده ای از ترکیب پایدار باشد، معمولا یک ترکیب الکترونی است و با حرف یونانی نام گذاری می شود.
در شکل ۳۵-۱ فاز واسطه به صورت یک خط عمودی نشان داده شده است .

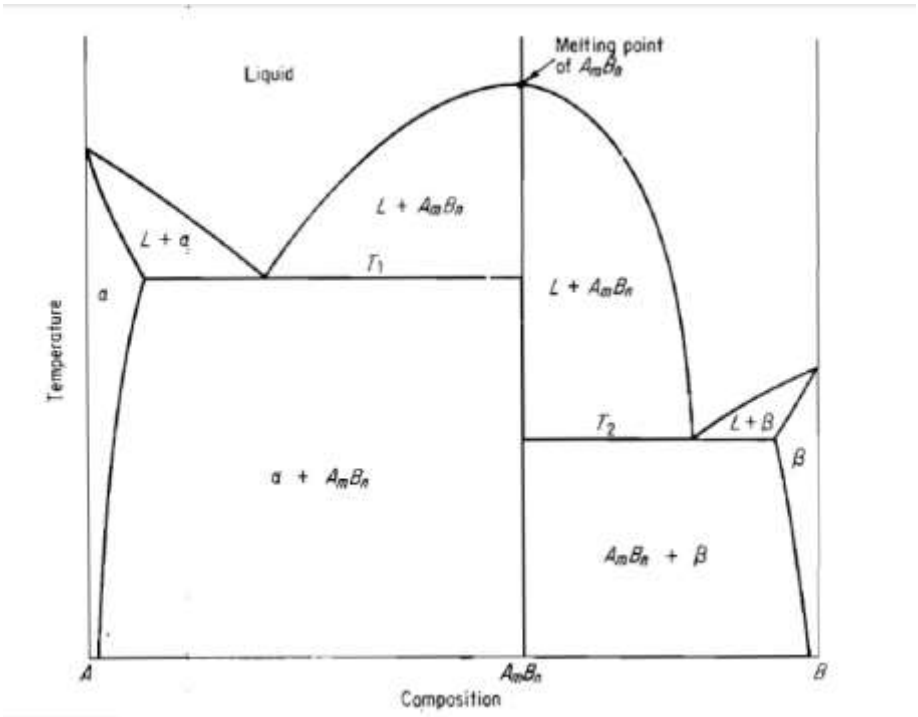


شکل ۳۵-۱ ترکیب و نقطه ذوب A خالص ، B خالص و ترکیب A_mB_n

چون این یک ترکیب است به صورت A_mB_n نشان داده می شود که m و n زیر نویس هایی هستند که تعداد اتم ها در ترکیب را نشان می دهند. برای مثال منیزیم و قلع فاز واسطه ای با فرمول شیمیایی Mg_2Sn تشکیل می دهند. در این حالت Mg معادل A و m برابر ۲ است و Sn معادل B و n برابر ۱ است. از شکل بالا دیده می شود که سیستم A-B به دو بخش مستقل تقسیم می شود. یک بخش بیانگر همه آلیاژهای بین A و ترکیب A_mB_n و بخش دیگر بین A_mB_n و B است. نمودارهای فازی بین A و A_mB_n و بین A_mB_n و B می توانند هر نوع سیستمی باشد.
اگر ترکیب هیچ گونه حلالیتی در فلز خالص نشان ندهد و فلزات خالص مقداری حلالیت در یکدیگر نشان دهند، نمودار تعادلی مانند شکل ۳۶-۱ است. این نمودار دو مخلوط یوتکتیک مختلف را نشان می دهد. معادلات یوتکتیک به صورت زیر نوشته می شود.

$$\text{At } T_1: \quad \text{Liquid} \underset{\text{heating}}{\overset{\text{cooling}}{\rightleftharpoons}} \alpha + A_mB_n$$

$$\text{At } T_2: \quad \text{Liquid} \underset{\text{heating}}{\overset{\text{cooling}}{\rightleftharpoons}} A_mB_n + \beta$$



شکل ۳۶-۱ نمودار تعادلی یک آلیاژ واسطه با یک ترکیب بین فلزی.

نوع V ، واکنش پری تکتیک

در واکنش پری تکتیک ، یک مذاب و یک جامد برای تشکیل یک فاز جدید در دمای ثابت در هنگام سرد کردن واکنش انجام می دهند. واکنش به صورت کلی به صورت زیر می باشد.

$$\text{Liquid} + \text{solid}_1 \underset{\text{heating}}{\overset{\text{cooling}}{\rightleftharpoons}} \text{new solid}_2$$

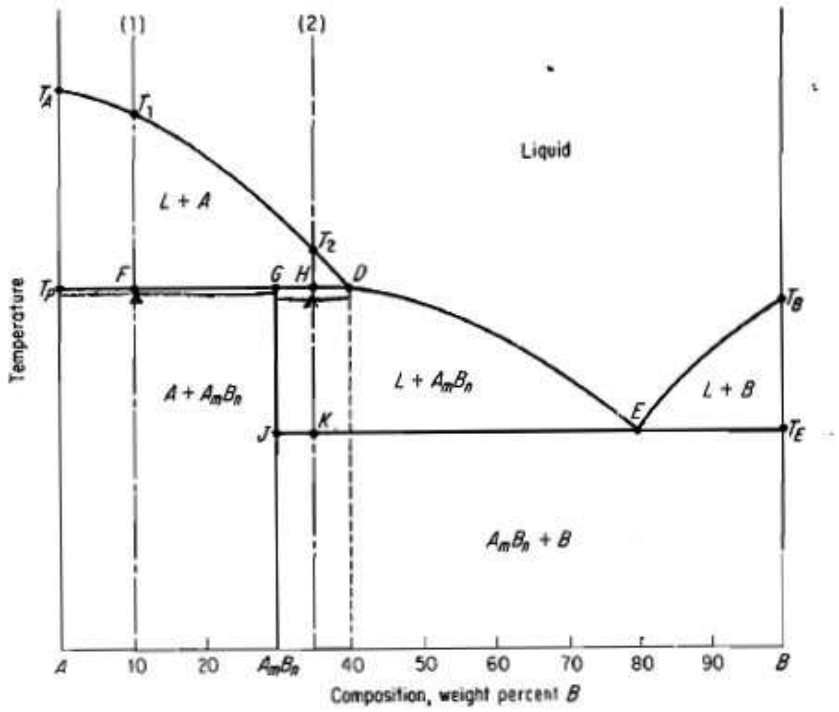
جامد تشکیل شده معمولا یک فاز واسطه است. (شکل ۳۶-۱) ، اما در بعضی از موارد می تواند یک محلول جامد انتهایی باشد. این شکل نشان می دهد که ترکیب واسطه ، A_mB_n (30B-70A) است . هنگامی که این ترکیب تا دمای پری تکتیک گرم شود (نقطه G) ، به دو فاز مذاب و جامد A تجزیه می شود . بنابراین مثالی از یک آلیاژ واسطه با نقطه ذوب نامتجانس است. واکنش پری تکتیک درست عکس واکنش یوتکتیک است که در آن یک فاز تشکیل دو فاز جدید در هنگام سرد کردن را می دهد. خط لیکوئیدوس، $T_ATPGJT_ET_B$ و خط سالیدوس ، T_ATPDET_B است. خط واکنش پری تکتیک، T_PD است. ملاحظه می شود که فقط بخشی از این خط (طول T_PG) بر خط سالیدوس منطبق است. حال سرد کردن تعادلی چند آلیاژ مورد بررسی قرار داده می شود.

آلیاژ ۱ با ترکیب 10B-90A تا T_1 به صورت مذاب است. در این دما، انجماد با تشکیل بلورهای فلز خالص A آغاز می شود. با کاهش دما، مقدار مذاب کاهش می یابد و ترکیب به سمت پایین در امتداد خط لیکوئیدوس حرکت می کند. شرایط درست بالای دمای پری تکتیک (T_P) به صورت زیر است:

Phases	Liquid	Solid *A*
Composition	60*A*-40*B*	100 *A*
Relative amount	$\frac{T_pF}{T_pD} \times 100 = 25\%$	$\frac{FD}{T_pD} \times 100 = 75\%$

شرایطی که درست در زیر دمای پری تکتیک وجود دارد به صورت زیر است:

Phases	A_mB_n	Solid A
Composition	70A-30B	100 A
Relative amount	$\frac{T_pF}{T_pG} \times 100 = 33\%$	$\frac{FG}{T_pG} \times 100 = 67\%$

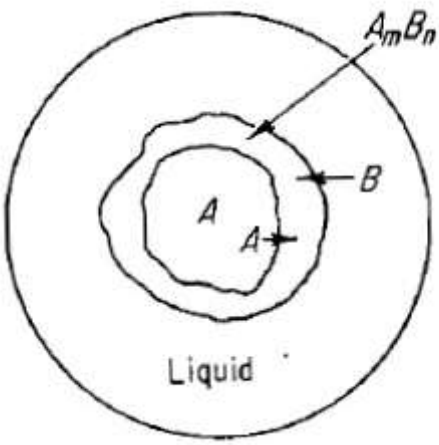


شکل ۳۶-۱ نمودار فازی که تشکیل واسطه با نقطه ذوب نامتجانس را به وسیله یک واکنش پری تکتیک نشان می دهد.

در اولین نگاه به نظر می رسد که در خط افقی مذاب ناپدید شده و به جای آن ترکیب A_mB_n تشکیل شده است. اما بررسی ترکیب شیمیایی نشان می دهد که این کار امکان پذیرنیست ، زیرا مذاب شامل 60%A است در حالی که A_mB_n شامل 70%A است . بنابراین مذاب به تنهایی برای تشکیل این ترکیب از A غنی نیست . مذاب باید با مقدار صحیح جامد A واکنش انجام می دهد (در این حالت 8%A) واکنش زیر در دمای پری تکتیک برای رسیدن ترکیب مذاب به ترکیب A_mB_n انجام می شود.

$$\underset{25\%}{60A\ \text{Liquid}} + \underset{8\%}{100A\ \text{solid } A} \xrightarrow{\text{cooling}} \underset{33\%}{70A\ \text{solid } A_mB_n}$$

این واکنش در اطراف سطح هر دانه جامد A که در تماس با مذاب است رخ می دهد. هنگامی که به ترکیب صحیح رسیده شود لایه A_mB_n منجمد می شود ، که هر دانه A را احاطه می کند. سپس سرعت واکنش تا اندازه ای کند می شود ، زیرا برای ادامه واکنش ، نفوذ اتم از طریق دیواره A_mB_n پری تکتیک صورت می گیرد. (شکل ۳۷-۱)



شکل ۳۷-۱ –تصویر شماتیک واکنش پریتکتیک ، لایه A_mB_n، ضخامت لایه با نفوذ اتم های A به سمت خارج و B به سمت داخل افزایش می یابد.

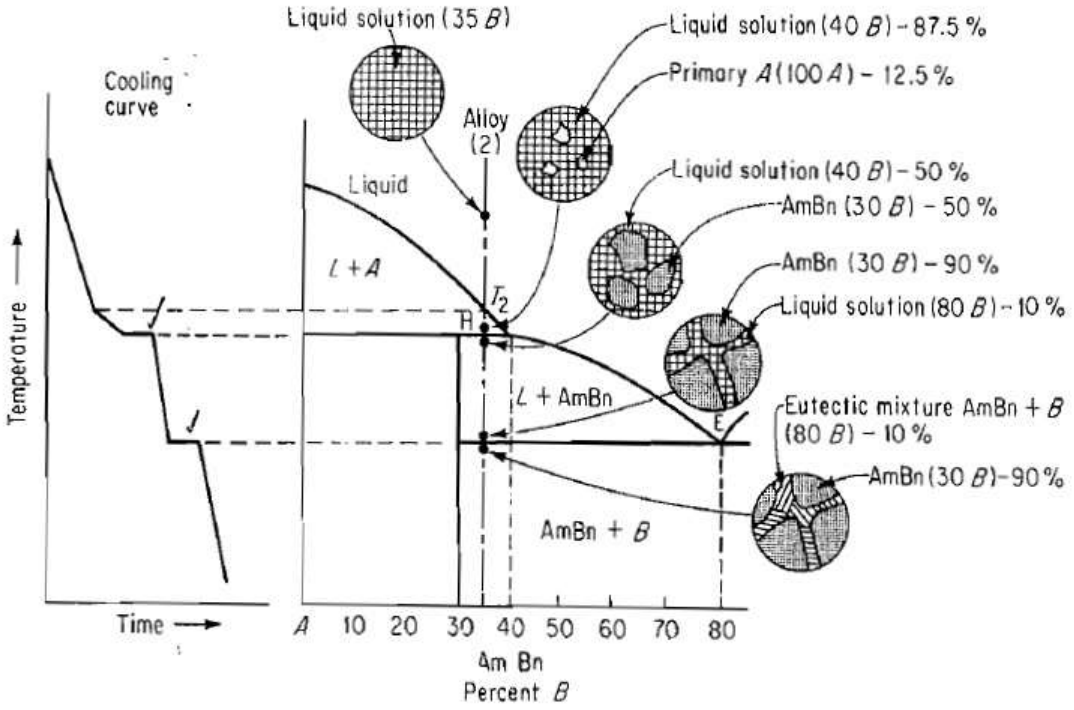
هنگامی که نفوذ کامل شد ، همه مذاب مصرف می شود. چون 8A% برای این واکنش لازم است ، 67A% باقی خواهد ماند و ساختار میکروسکوپی نهایی متشکل از دانه های A اولیه احاطه شده به وسیله ترکیب A_mB_n خواهد بود. داستان برای هر آلیاژی درسمت چپ نقطه G بدین شکل است ، با این تفاوت که مقدار A اضافی باقی مانده بعد از واکنش پری تکتیک متفاوت خواهد بود . هر چه ترکیب آلیاژ به ترکیب A_mB_n نزدیکتر باشد، A اولیه کمتری در ساختار میکروسکوپی وجود خواهد داشت.
در آلیاژ ۲ (35B- 65 A) در T2 ، A خالص منجمد می شود و با ادامه انجماد ، مذاب از B غنی تر می شود. در نقطه H ، ترکیب مذاب (40 B- 60 A) است . با استفاده از قانون اهرم دیده می شود که آلیاژ شامل 87.5% مذاب و 12.5% جامد A است . چون خط GD بخشی از خط سالیدوس نیست ، پس از این واکنش باید مقداری مذاب باقی بماند. بنابراین در واکنش باید جامد A با مقداری از مذاب برای تشکیل A_mB_n ناپدید شود . مجددا همان واکنش اتفاق می افتد.

Composition: 60A 100A 70A
Reaction: Liquid + solid $A \xrightarrow{\text{cooling}} A_mB_n$

مقدار مذابی که در واکنش بالا شرکت می کند، می تواند با استفاده از قانون اهرم در یزر دمای واکنش تعیین شود:

$$\text{Liquid (percent)} = \frac{GH}{DG} \times 100 = \frac{10}{20} \times 100 = 50 \text{ percent}$$

چون قبل از واکنش 87.5% مذاب و بعد از واکنش 50% مذاب وجود دارد. بدیهی است که مذاب وجود دارد. بدیهی است که 37.5% مذاب با 12.5% جامد A برای تشکیل 50% ترکیب A_mB_nدر دمای پر تکتیک واکنش انجام داده است. با ادامه سرد کردن ، بلورهای A_mB_n از مذاب جدا می شود و مذاب از B غنی تر می شود و ترکیب آن به تدریج به سمت پایین در روی خط لیکوئیدوس حرکت می کند تا به نقطه E برسد . در این دما فقط 10% مذاب باقی مانده است. چون مذاب دارای ترکیب یوتکتیک است به مخلوط یوتکتیک (A_mB_n+B) است .
شکل ۳۸-۱ منحنی سرد کردن و ساختار میکروسکوپی در دماهای مختلف در هنگام سرد کردن تعادلی این آلیاژ را نشان می دهد.



شکل ۳۸-۱ منحنی سرد کردن و ساختار میکروسکوپی در دماهای مختلف در هنگام سرد کردن تعادلی آلیاژ با ترکیب 35B-65A

واکنش پری تکتیک که در بالا توضیح داده شد، تحت شرایط تعادلی بود. اما در عمل این شرایط به ندرت به دست می آید. زیرا فاز جدید تشکیل یک دیواره اطراف فاز اولیه می دهد. این فاز به عنوان مانعی در برابر نفوذ عمل می کند. با ضخیم تر شدن این لایه فاز جدید ، مسیر نفوذ زیاد می شود، به گونه ای که اغلب واکنش پری تکتیک به طور کامل انجام نمی شود.