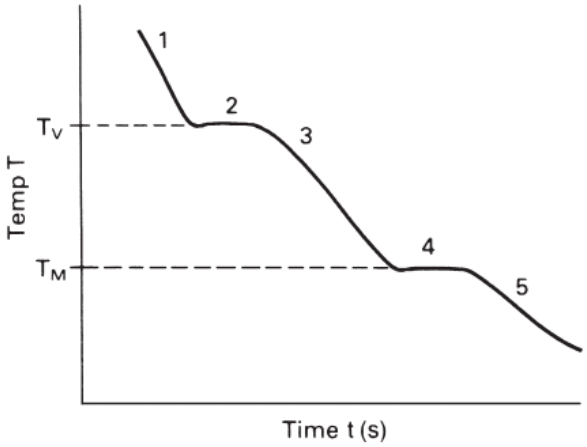



شکل ۲ –منحنی سرد شدن عنصر جامدی که فقط یک فاز جامد دارد.

همان طور که ملاحظه می شود منحنی ۵ منطقه دارد.

۱- بخار ، ۲- تغییر فاز از بخار به مایع (مذاب) ، ۳- مایع (مذاب)، ۴- تغییر فاز از مایع (مذاب) به جامد ، ۵-جامد

سیستم در مناطق 5, 3, 1 تک فاز است. تغییرات فازی در دماهای متناظر با مناطق 4,2 رخ می دهد. هنگامی که یک استحاله فازی رخ می دهد با گرمای پنهان استحاله آزاد می شود (حین سرد شدن) یا جذب می شود (حین گرم کردن). به همین علت دما حین استحاله تقریبا ثابت مانده و سرد شدن فقط هنگامی ادامه می یابد که استحاله کامل شود. قسمت‌های ثابت منحنی سرد شدن بیانگر وقوع استحاله‌های فازی می باشد.

## ۵-۳-معیارهای بیان غلظت و ترکیب شیمیایی:

در اینجا پیش از پرداختن به دیاگرام های فازی دوتایی، ابتدا به روش های بیان غلظت و ترکیب شیمیایی می‌پردازیم:

### 1ـ درصد وزنی

$$(\%wt) = \frac{m_B}{m_A + m_B} \quad 100$$

که در آن: $m_B, m_A$ به ترتیب جرم عنصر A و جرم عنصر B درکل آلیاژ است.

### 2ـ درصد اتمی

$$(\%at)_B = \frac{\text{تعداد اتم های B}}{\text{تعداد اتم های A + تعداد اتم های B}} \quad 100 = (\%at) = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad 100$$

که در آن $n_B, n_A$ به ترتیب تعداد مول از عنصر A و تعداد مول از عنصر B در کل آلیاژ است.

**تذکر:** گاهی اوقات لازم است واحدهای غلظت را به هم تبدیل کنیم. با توجه به ارتباط بین تعداد مول و وزن ماده می‌توان ارتباط یعنی درصد وزنی و درصد اتمی را به دست آورد:

$$(\%Wt)_B = \frac{(\%at)_B M_B}{(\%at)_A M_A + (\%at)_B M_B} \quad 100$$

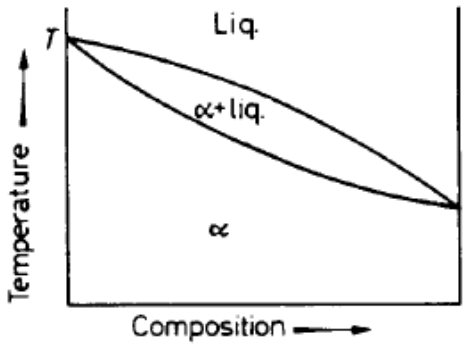
$$(\%at)_B = \frac{\frac{(\%wt)_B}{M_B}}{\frac{(\%wt)_A}{M_A} + \frac{(\%wt)_B}{M_B}} \quad 100$$

## ۵-۴-دیاگرام های فازی دو تایی

در سیستم های دو جزئی متغیرهای حالت دما، فشار و ترکیب شیمیایی هستند. معمولا در بررسی دیاگرام های فازی آلیاژها فشار را ثابت و برابر 1 atm در نظر می‌گیرند.

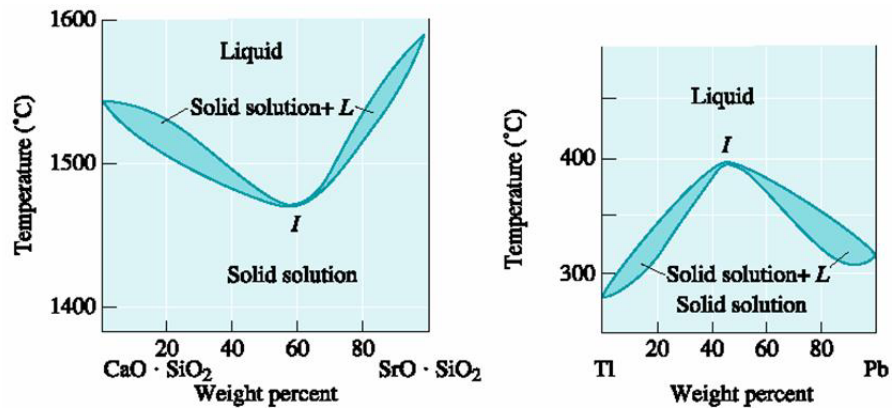
### ۵-۴-۱-دیاگرام فازی نوع اول – حلالیت کامل در حالت مذاب و حالت جامد

قوانین هیوم – روتاری شرایط تشکیل محلول جامد کامل را بیان می‌کند. بسیاری از سیستم های آلیاژی فلزی (همانند Ni ـCu) و سیستم های سرامیکی (مانند MgO-NiO) تشکیل محلول جامد کامل می‌دهند. دیاگرام فازی این سیستم های آلیاژی به طور شماتیک مشابه شکل ۳ خواهد بود.




شکل۳-دیاگرام فازی محلول جامد کامل

**تذکر:** در برخی شرایط خاص، دیاگرام‌های فازی آلیاژهایی که محلول جامد کامل تشکیل می‌دهند، دارای مینیوم و ماکزیمم هستند. به شکل ۴ توجه کنید. در نقطه‌ی مینیوم یا ماکزیمم رفتار ذوب و انجماد آلیاژ مشابه یک فلز خالص است.




شکل۴- دیاگرام‌های فازی محلول جامد که دارای مینیوم و ماکزیمم هستند.

### ۵-۴-۲-اطلاعات قابل استخراج از دیاگرام های فازی

**تذکر:** دیاگرام های فازی فقط اطلاعات ترمودینامیکی در مورد تعادل فازها به ما می‌دهند و هیچ نوع اطلاعات سینتیکی به ما نمی‌دهد.

#### ۱) اطلاعات در مورد ذوب و انجماد

۱. فرایند ذوب و انجماد در عناصر خالص در یک نقطه مشخص رخ می‌دهد.

۲. بر خلاف فلزات خالص، آلیاژها معمولا در یک محدوده دمایی منجمد و یا ذوب می‌شوند.

۳. به منحنی که در دماهای بالاتر از آن فقط فاز مذاب پایدار است، منحنی لیکدوس گفته می‌شود و به منحنی که در دماهای پائین تر از آن فقط فاز جامد پایدار است منحنی سالیدوس گفته می‌شود.

۴. دمای لیکدوس $(T_L)$ دمای شروع انجماد و دمای پایان ذوب شدن یک آلیاژ است و دمای سالیدوس $(T_S)$ دمای پایان انجماد و دمای شروع ذوب شدن یک آلیاژ است.

۵. دامنه انجماد یا برد انجماد یک آلیاژ برابر است با: $\Delta T_S = T_L - T_S$

۶. $\Delta T_S$ وابسته به ترکیب شیمیایی یک آلیاژ است.

۷. هر چه $\Delta T_S$ کمتر باشد احتمال تشکیل ریز تخلخلی های بین دندریتی کاهش می‌یابد.

#### ۲) اطلاعات در مورد فازهای موجود

**الف- تعداد و نوع فازها**

با مشخص کردن نقطه آلیاژ یعنی ترکیب شیمیایی و دمای مورد نظر روی منحنی با منطقه فازی آلیاژ مشخص می‌شود.

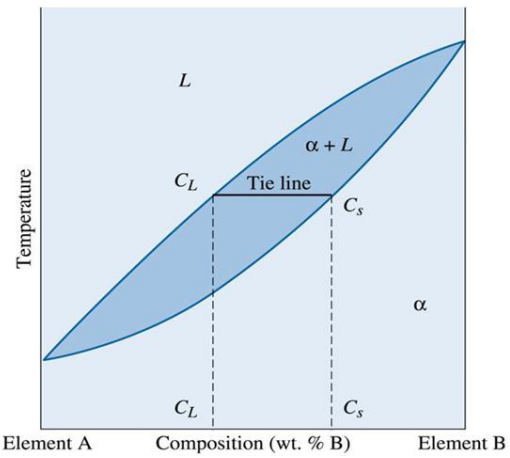
**ب- ترکیب شیمیایی فازهای موجود**

**قدم اول:** ابتدا نقطه آلیاژ (ترکیب شیمیایی و دما) روی دیاگرام فازی مشخص شود.

**قدم دوم:**

الف- اگر در منطقه تک فازی باشیم، ترکیب شیمیایی فاز برابر است با ترکیب شیمیایی آلیاژ.

ب- اگر در منطقه دو فازی باشیم، یک خط افقی گذرنده از نقطه آلیاژ رسم می‌کنیم، به این خط Tie-Line یا خط رابط گفته می‌شود. سپس محل تقاطع این خط با مرزهای فازی را مشخص می‌کنیم. ترکیب شیمیایی متناظر با محل تقاطع، ترکیب شیمیایی فاز مربوطه است. به شکل ۵ توجه کنید.




شکل ۵-روش پیدا کردن ترکیب شیمیایی فازهای موجود در منطقه‌ی دوفازی

**پ ـ مقدار نسبی فازهای موجود**

قدم اول: ابتدا نقطه آلیاژ را روی دیاگرام فازی مشخص می‌کنیم.

قدم دوم: الف ـ اگر در منطقه تک فازی باشیم،درصد وزنی نسبی فاز در آلیاژ برابر با ۱۰۰٪ خواهد بود.

ب ـ در صورتی که در منطقه دو فازی باشیم:

۱) ابتدا Tie ـ Line مورد نظر را رسم می‌کنیم.

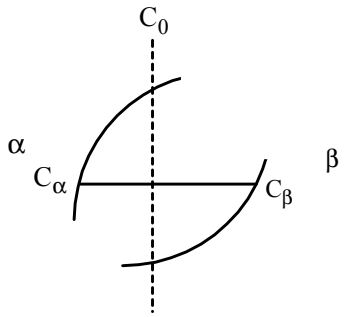
۲) از قانون اهرم استفاده می‌کنیم:

با توجه به شکل ۶ در یک منطقه دو فازی روابط زیر برقرار است:

$$W_\alpha = \frac{C_\beta - C_0}{C_\beta - C_\alpha} \quad 100$$

$$W_\beta - \frac{C_0 - C_\alpha}{C_\beta - C_\alpha} \quad 100$$

$$W_\alpha + W_\beta = 100$$




شکل۶- قانون اهرم

## ۵-۵-ریز ساختار یک آلیاژ

بسیاری از خواص آلیاژها وابسته به ریز ساختار آنها است. برای تعیین ریز ساختار یک آلیاژ موارد زیر باید تعیین شود:

۱-اطلاعات قابل استخراج از دیاگرام های فازی:

ـ تعداد و ماهیت فازهای موجود

ـ ترکیب شیمیایی فازهای موجود

ـ درصد نسبی فازهای موجود

۲- اطلاعات وابسته به سینتیک استحاله های فازی، نحوه عملیات حرارتی و یا عملیات های حرارتی – مکانیکی:

ـ شکل و اندازه دانه ها

ـ شکل و اندازه و نحوه توزیع فازهای موجود

## ۵-۶-انجماد یک آلیاژ محلول جامد

برای توضیح تحولات ریز ساختاری حین انجماد تعالی آلیاژهای محلول جامد به مثال زیر توجه کنید. وقتی یک آلیاژ برای مثال Cu-40Ni ذوب شده و سرد می‌شود، فرایند انجماد نیازمد جوانه زنی هسته های جامد اولیه و رشد آنهاست. جوانه زنی هتروژن منجر به این امر خواهد شد که تحت انجماد بسیار کمی برای شروع انجماد نیاز باشد. بنابراین انجماد آلیاژ با رسیدن دمای مذاب به دمای لیکدوس آغاز می‌شود. (دیاگرام فازی شکل ۷) و تای لاین رسم شده در دمای لیکدوس بیانگر این مطلب است که ترکیب شیمیایی «اولین جامد که تشکیل می‌شود» برابر Cu-52Ni است.