

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНФОРМАЦІЯ

SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION

УДК 669.245.018.044:620.193.53

- Ольшанецький В. Ю. д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри фізичного матеріалознавства Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: olshanolshan@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-9485-4896
- Кононенко Ю. І. старший викладач кафедри фізичного матеріалознавства Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: juliakon7335@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-0676-4015
- Скребцов А. А. канд. техн. наук, доцент кафедри механіки Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, *e-mail: nic_tz@ukr.net*, ORCID: 0000-0002-4669-9625

УРАХУВАННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ДЕФЕКТІВ ТВЕРДОЇ ФАЗИ (ПЕРЕДУСІМ ВНУТРІШНІХ МЕЖ ЗЕРЕН) В СИГАРОПОДІБНИХ ДІАГРАМАХ ДВОФАЗНИХ СТРУКТУР

Відомо, що будь-яка сигароподібна діаграма, яка має в системі «температура – хімічний склад» лінії ліквідус та солідус, може бути побудована в два способи.

Перший полягає в урахуванні фігуративних критичних точок стосовно температур «ліквідус» та «солідус» для різних хімічних складів в системі компонентів А-В. Точно таку ж діаграму можна отримати шляхом врахування критичних точок ліквідусу та солідусу, що належать різним сплавам при різних фіксованих температурах перетворення.

Виходячи з принципів геометричної термодинаміки, можна шляхом проведення загальної дотичної знайти термодинамічні потенціали (для кожного розташування загальної дотичної) компонентів А та В у рідкій та твердій фазах. При цьому будь-яка вертикаль, що перетинає загальну дотичну для фіксованого хімічного складу, відповідає найменшій вільній енергії системи і тому похідна вільної енергії у кожному випадку буде дорівнювати нулю.

Крайні точки кожної дотичної відповідають мінімумам U - подібних кривих вільних енергій рідкої та твердої фаз. В той же час ці точки належать відповідним дотичним, котрі включають у себе відповідні дотичні та перетинають температурні координатні осі компонентів А та В. Спільні розв'язання рівнянь, що відповідають U - подібним кривим та побудованим прямим, дають можливість отримати значення гіббсових вільних енергій суміші фаз (рідкої та твердої), які відповідають точкам дотику будь-якої дотичної.

До того ж, кожна U - подібна крива вільної енергії для твердої фази містить окрім таких вільних параметрів, як температура і тиск, ще і усереднену вільну енергію меж зерен, що повинно суттєво вплинути на характер розташування точок сигароподібної діаграми в системі координат «температура-хімічний склад».

Процедура вирішення проблеми побудови діаграми сигароподібного типу може бути здійснена методом «натягнутої струни».

Нехай маємо дві U - подібні криві, що відповідають двом фазам – рідкій та твердій. Якщо провести загальну дотичну вказаним способом при певному розташуванні обох кривих, будемо мати дві точки дотику, які характеризують мінімуми термодинамічних потенціалів ординат в цих точках, тобто мінімуми потенціалів при крайніх концентраціях C_A^{liq} та C_B^{sol} низки дотичних. При цьому ці концентрації у кожному випадку є незалежними одна від одної. Приймемо, що температура кристалізації рідкої фази T^{liq} менша за температуру утворення твердої фази T^{sol} . Тоді в будь-якій точці отриманої прямої ордината термодинамічного потенціалу для кожної вертикалі буде мати найменше значення.

Використовуючи значення отриманих похідних, можна у відомий спосіб (з урахуванням того, що вищезгадані концентрації незалежні) отримати такі аналітичні співвідношення:

$$C_A^{liq} \approx e^{-\frac{dU}{kT}} \quad \text{та} \quad C_B^{sol} \approx e^{-\frac{d(U+\gamma V)}{kT}}, \quad (1)$$

де U – вільна енергія зародкового кластера у рідкій фазі;
 γV – осереднене значення внеску вільної енергії меж зерен в ентропію розподілу елемента B відносно усіх неоднорідностей системи передусім стосовно внутрішніх меж будь-якого типу.

Отримані різниці концентрацій нанесені на низку паралельних температурних прямих.

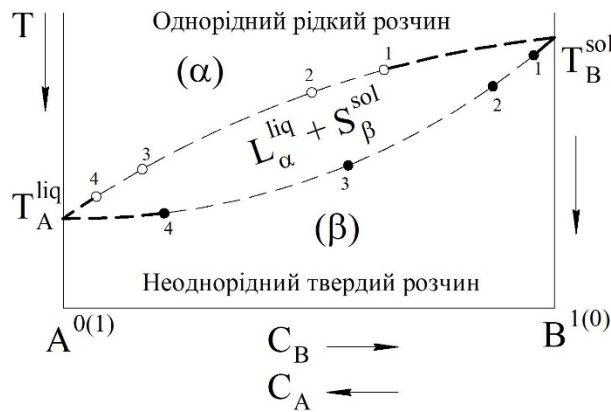


Рисунок 1. Сигароподібна діаграма системи двох компонентів А та В

Оскільки в цьому випадку внаслідок сингулярності самих температурних точок на ординатних осях для отримання кінцевого вигляду діаграм, необхідно додатково провести екстраполяцію в той чи інший спосіб на ці осі. Сигароподібна діаграма, що отримана цим методом, буде дещо ушкоджена відносно своєї ідеальної форми. Причинами цього є ентропійний ефект при врахуванні поверхневих особливостей щодо розподілу легувальних елементів.

Список літератури

1. Ольшанецкий В. Е. Об использовании парциальных химических потенциалов компонентов термодинамических систем при описании фазовых равновесий /В. Е. Ольшанецкий // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2008. – № 2. – С. 34-39.

Одержано 21.03.2023

CONSIDERATION OF THE ENERGETICS OF SOLID PHASE DEFECTS (MAINLY INTERNAL GRAIN BOUNDARIES) IN CIGAR-SHAPED DIAGRAMS OF TWO-PHASE STRUCTURES

- Ol'shanetskii V. Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Physical Material Science, National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: olshan@zp.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9485-4896
- Kononenko Yu. Senior lecturer of the Department of Physical Materials Science, National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: juliakon7335@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0676-4015
- Skrebtsov A. Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanics, National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: nic_tz@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4669-9625

References

1. Ol'shanetskii V. (2008). On the use of partial chemical potentials of components of thermodynamic systems in the description of phase equilibria. *New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering*, 2, 34–39, [in Russian].