

К ОБОСНОВАНИЮ УРАВНЕНИЯ ИЗОТЕРМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Калажоков З.Х.*

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

*z-kalazh@yandex.ru

На основе расчета изменений поверхностного натяжения бинарного расплава при переходе свежесформированной поверхности от неравновесного к равновесному состоянию и сравнения адсорбции поверхностноактивного компонента с полученными результатами установлена связь между ними. Анализ экспериментальных данных по изучению изотерм поверхностного натяжения показывает, что установленная корреляция между указанными параметрами поверхности выполняется с высокой точностью для всей области составов бинарных растворов.

Ключевые слова: изотерма, поверхностное натяжение, работа выхода электрона, адсорбция, бинарная система, компонент, жидкое, равновесное состояние.

ON THE JUSTIFICATION OF THE SURFACE TENSION ISOTHERM EQUATION

Kalazhokov Z.Kh.

Kabardino-Balkarian State University

Based on the calculation of changes in the surface tension of a binary melt during the transition of a freshly formed surface from a nonequilibrium to an equilibrium state and a comparison of the adsorption of the surfactant component with the results obtained, a connection between them was established. Analysis of experimental data on the study of surface tension isotherms shows that the established correlation between the indicated surface parameters is carried out with high accuracy for the entire range of compositions of binary solutions.

Keywords: isotherm, surface tension, electron work function, adsorption, binary system, component, liquid, equilibrium state.

Введение

В [1], из решения модельной задачи, было получено уравнение изотермы работы выхода электрона (РВЭ, $\varphi(x)$) бинарной системы:

$$\varphi(x) = \alpha_0 \frac{(F-1)(1-x)x}{1+(F-1)x} + \varphi_A(1-x) + \varphi_B x, \quad (1)$$

где φ_A и φ_B – РВЭ чистых компонентов бинарной системы А-В, α_0 и F – параметры уравнения (1), x – концентрация второго компонента системы А-В.

Применение уравнения (1) на практике в течение 12 лет показало положительные результаты: оно весьма удобно для практического использования и дает удовлетворительные результаты как в жидком, так и в твердом состоянии сплава бинарной системы.

Обзор литературы по изучению концентрационной зависимости ПН показывает, что одной из проблем является аналитическое описание экспериментальных изотерм ПН и их использование на практике для расчетов других характеристик растворов [2–4]. Для решения данного вопроса было предложено более 40 уравнений [3]. К сожалению, целая группа бинарных систем А-В, со значительными разностями поверхностных активностей, не описывается известными уравнениями [3]. Ознакомившись с

проблемой и изучив характер изменения РВЭ и ПН в зависимости от состава x , допустив, что РВЭ и ПН являются энергетическими параметрами одной и той же поверхности и, имея ввиду, что РВЭ и ПН изменяются одинаковым образом [5]? в зависимости от происходящих на поверхности процессов, нами было предложено по аналогии с [1] уравнение изотермы ПН бинарных систем [7]

$$\sigma(x) = \beta_0 \frac{(F-1)(1-x)x}{1+(F-1)x} + \sigma_A(1-x) + \sigma_B x. \quad (2)$$

Здесь σ_A и σ_B – ПН чистых компонентов, β_0 и F – параметры уравнения (2).

Использование этих уравнений показало вполне удовлетворительные результаты. Главное преимущество этих уравнений перед известными состоит в том, что постоянные α_0 , β_0 и F можно вычислить с использованием данных наиболее надежных экспериментов [8,9]. Однако по сегодняшний день остается не достаточно обоснованным уравнение (2), или выражение

$$\Delta\sigma(x) \sim \Delta x^{\sigma}_{adc}, \quad (3)$$

из которого выводится уравнение (2). Здесь $\Delta\sigma(x)$ – параметр, равный изменению ПН свежесформированной поверхности раствора до адсорбционной релаксации, ПН которого определяется аддитивным законом ($\sigma_{add}(x)$), а $\sigma(x)$ – ПН поверхности расплава, пришедшей в равновесное состояние после адсорбционной релаксации.

В настоящей работе сделана попытка обоснования выражения (3).

Решение поставленной задачи

Отмеченную выше задачу решим следующим образом. Вычислим по методике [10] величину

$$\Delta\sigma(x) = \sigma(x) - \sigma_A(1-x) - \sigma_B x \quad (4)$$

для нескольких наиболее надежно изученных экспериментально бинарных систем, концентрации, которых равны: $x_i=0.1, 0.2, 0.3$ и т. д.

Далее, вычислим значения выражения [2,11]

$$a_{adc}(x) = a_0 \frac{(F-1)(1-x)x}{1+(F-1)x}, \quad (5)$$

где a_0 – масштабный множитель, F – постоянная величина для рассматриваемой бинарной системы.

Подбирая произвольно значения a_0 и F убедимся, что при определенных значениях параметров a_0 и F результаты расчетов $|\Delta\sigma(x_i)|$ (точки) и $a_{adc}(x)$ (сплошные линии) совпадают наилучшим образом (рис. 1).

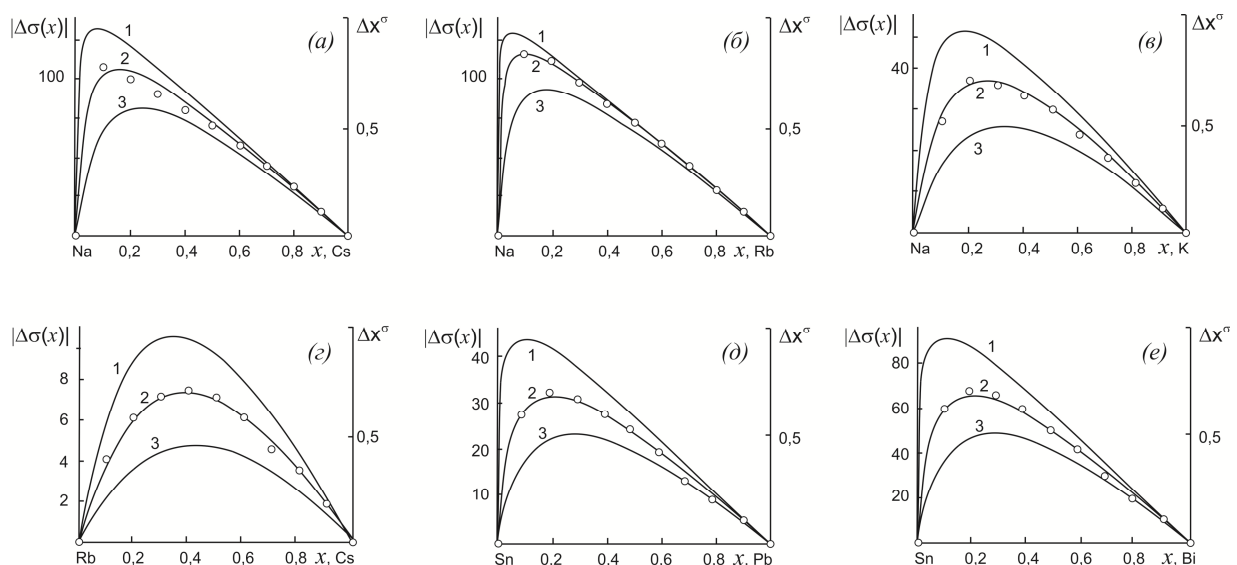


Рис. 1. Концентрационная зависимость изменений поверхностного натяжения $|\Delta\sigma(x_i)|$ и адсорбции (избыточных концентраций) $\Delta x^{\sigma}(x)$ поверхности жидких бинарных расплавов

Некоторые примеры

Ниже приведены полученные результаты для систем щелочных металлов (рис. 1а, б, в, г) и для некоторых систем р-металлов (рис. 1д, е, по оси x – концентрация добавляемого компонента).

Итак, из рис. 1 видно, что при определенных значениях параметров β_0 и F_i точки $|\Delta\sigma(x_i)|$ описываются кривыми $a_{адс}(x)$ а-е (5) вполне удовлетворительно. Это означает, что выражение (3) справедливо с точностью до постоянного множителя, то есть

$$\Delta\sigma(x) = \beta_0 (x^\sigma - x), \quad (6)$$

где β_0 – постоянный для данной системы А-В множитель.

Заключение

Таким образом, нами доказана справедливость выражения (3) для бинарных систем s- и р-металлов. Дальнейшее использование уравнения (2) показало также справедливость (5) для систем различных сочетаний металлов [6, 7, 12]: s-p, s-d и s-f-типов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Внутреннего гранта КБГУ.

The study was conducted with the financial support of an Internal grant from KBSU.

Библиография

1. Калажоков З.Х., Зихова К.В., Калажоков Заур Х., Калажоков Х.Х., Хоконов Х.Б. Расчет концентрационной зависимости работы выхода электрона бинарных сплавов // Известия вузов. Сев.-Кав. Регион. Серия Физические науки. 2010. № 6. С. 47–48.
2. Семенченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1957. 491 с.
3. Попель С.И. Поверхностные явления в расплавах. М.: Металлургия, 1994. 440 с.
4. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений: монография. М.: Физматлит, 2007. 280 с.
5. Лазарев В.Б., Семенченко В.К., Малов Ю.И. О связи между поверхностными свойствами расплавов и образующихся из них твердых фаз // Поверхностные явления в расплавах и возникающих из них твердых фазах/ под ред. С.Н. Задумкина. Нальчик, 1965. С. 185–189.
6. Калажоков З.Х. Расчет поверхностного натяжения и адсорбции сплавов бинарных систем р-металлов / З.Х. Калажоков., К.В. Зихова, Заур Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов // Теплофизика высоких температур. 2012. Т. 50, № 6. С. 781–784.
7. Калажоков З.Х., Калажоков З.Х., Зихова К.В., Калажоков Заур Х., Калажоков Х.Х., Хоконов Х.Б. // Расчет изотерм поверхностного натяжения и адсорбции бинарных систем р-металлов // ТВТ. 2012. Т. 50, № 6. С. 781–784.
8. Алчагиров Б.Б., Афаунова Л.Х., Таова Т.М., Архестов Р.Х., Коков З.А., Алчагирова Л.Г., Тлупова М.М. Расчет адсорбции калия в сплавах натрий-калий: учет активности компонентов // Вестник КБГУ. Сер. Физические науки. 2009. Вып. 12. С. 9–11.
9. Ибрагимов Х.И., Покровский Н.Л., Пугачевич П.П., Семенченко В.К. Исследование поверхностного натяжения систем: олово-висмут и олово свинец // Поверхностные явления в расплавах и возникающих из них твердых фазах. Нальчик: КБГУ, 1965. С. 269–276.
10. Калажоков З.Х., Калажоков З.Х., Калажоков Х.Х., Карамурзов Б.С., Хоконов Х.Б. Уравнение изотермы поверхностного натяжения бинарных сплавов металлических систем // Вестник Казанского технологического университета. 2014г. Т. 17, № 21. С. 104–107.
11. Семенченко И.К. Избранные главы теоретической физики. М.: Просвещение, 1966. 396 с.
12. Калажоков З.Х., Калажоков Заур Х., Барагунова З.В., Калажоков Х.Х., Квашин В.А., Реуцкая Н.С., Хоконов М.А. Поверхностные свойства расплавов бинарных систем щелочных металлов // ТВТ. 2019. Т. 57, № 3. С. 377–382.