

И. И. КОРНИЛОВ

О МЕТОДЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЯТЕРНЫХ И БОЛЕЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 14 IX 1951)

Геометрический метод исследования многокомпонентных равновесных систем имеет, наряду с аналитическим методом, большое значение. Изображение систем до четверных включительно осуществляется, как известно, в пределах трехмерного пространства и никаких особенных трудностей не представляет.

Переход к изображению систем более сложных, чем четверные, вызывает необходимость привлечения методов многомерной геометрии. Работам в этом направлении были посвящены исследования Н. С. Курнакова и его сотрудников (1-5).

Возможность широкого использования этих методов при исследовании двойных, тройных и четверных систем определяется их наглядностью. Но недостаточная наглядность способов изображения методами многомерной геометрии более сложных систем делает необходимым широкое использование проекций в пространство меньшего числа измерений, например проекций геометрических фигур четырех измерений в трехмерное пространство. Для облегчения понимания этих методов изображения прибегают также к уменьшению числа переменных величин систем путем замены двух переменных их отношением.

Многие металлические системы характеризуются образованием непрерывных или ограниченных твердых растворов. Эти случаи представляют большой интерес, и широкое изучение подобных сложных систем на основе важнейших металлов: железа, никеля, хрома и др. заслуживает особого внимания. Для таких многокомпонентных металлических систем можно легко обосновать и использовать способ изучения и изображения областей твердых растворов и сопряженных с ними фаз, основанный на приведенных выше условиях.

Одной из таких возможностей изображения металлических систем, включающих пять, шесть и более компонентов, является предложенный нами способ пространственного изображения частичных систем при любом заданном числе компонентов, входящих в состав твердого раствора металла-растворителя (железа, никеля, кобальта и др.).

Этот способ изображения заключается в следующем. Определенный химический состав (в процентах) двойного, тройного или более сложного состава твердого раствора берется за начало координат x , y и z . Эта точка отвечает одной фазе твердого раствора данного металла-растворителя (железа, никеля или др.). Состав заданного твердого раствора можно изменять за счет добавления одного, двух или трех новых компонентов, которые откладываются на осях координат x , y и z . Таким образом можно получать тетраэдрическую фигуру для изображения отдель-

ных областей пяти-, шести- и более компонентных систем. Вершина этого тетраэдра будет изображать состав одной фазы, отвечающей двойному, тройному или более сложному по составу твердому раствору. Тогда, очевидно, можно откладывать по одной оси, например по оси x , процентное содержание одного компонента, изучать область распространения двойного, тройного или более сложного состава твердого раствора с этим компонентом и определять границы появления избыточной фазы при возрастающем его содержании. Откладывая по второй оси (y) или по третьей оси (z) второй или третий компонент, мы можем определять границы распространения этих твердых растворов и появление избыточных фаз при возрастающей концентрации этих компонентов. Можно изучать эти области твердых растворов при совместном присутствии двух или всех трех компонентов в основной фазе твердого раствора, состоящего в свою очередь из двух и более компонентов.

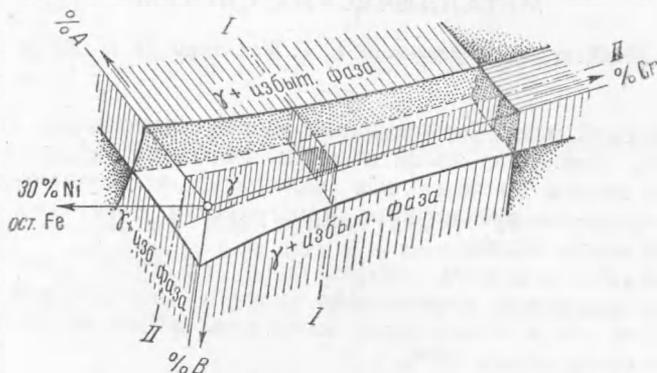


Рис. 1. Пятерная система Fe—Cr—Ni—A—B

На рис. 1 приводится схематическая диаграмма состояния части пятерной системы, основанная на описанном выше методе изображения. В качестве основы этой схематической диаграммы выбираем состав какого-либо твердого раствора, например тройной системы Fe—Cr—Ni. Для изображения области распространения пятерных твердых растворов и сопряженных с ними двух- и трехфазных областей этой системы возьмем за исходную точку на осях координат (см. рис. 1) отвечающую одному какому-либо составу твердого раствора, например составу сплава с 30% Ni и 70% Fe из двойной системы Fe—Ni.

Такой состав сплава по диаграмме состояния двойной системы Fe—Ni отвечает аустенитному твердому раствору γ . Далее, проводя от этой исходной точки оси координат x , y и z , откладываем по оси x (вправо) содержание хрома в процентах. Точками на ребре тетраэдра по оси x можно изображать составы тройных сплавов Fe—Cr—Ni при постоянном отношении концентрации Fe и Ni и при переменном содержании Cr, или же с постоянным содержанием Cr и при переменном содержании Cr и Fe (при этом содержание Cr возрастает за счет уменьшения содержания Fe в системе). Точка максимального насыщения на этой оси соответствует границе распространения тройного твердого раствора аустенита для данного тройного разреза. Повышение содержания Cr выше этого предела, очевидно, будет вызывать выделение избыточной фазы. Как можно судить по фазовой диаграмме тройной системы Fe—Ni—Cr, такой избыточной фазой при этом будет являться феррит или α -фаза.

По второй оси y (влево) пространственной фигуры, представленной на рис. 1, откладываем четвертый компонент A (например Fe), который, так же как и Cr, дает ограниченные твердые растворы с двойным спла-

вом Fe—Ni заданного состава. И по этой оси можно изображать составы тройных твердых растворов и отметить область выделения избыточной фазы, связанной с компонентом А. Этой избыточной фазой может быть чистый компонент А, или его соединение, или, может быть, твердый раствор другого химического состава.

Аналогичным образом, по третьей оси z (вниз) откладываем пятый компонент В и также определяем точки максимального насыщения твердого раствора и выделения избыточной фазы. Таким образом, пользуясь этим методом, можно изображать составы соответствующих четверных систем на плоскостях пространственной фигуры. В объеме этой пространственной фигуры (см. рис. 1) будут изображены составы пятерных твердых растворов, а поверхности изображают границы выделения избыточных фаз в этой системе.

Подобные частичные пятерные системы можно изучать по соответствующим лучевым разрезам, проходящим с вершины этой фигуры или параллельным разрезам, пересекающим ребро и грани тетраэдри-

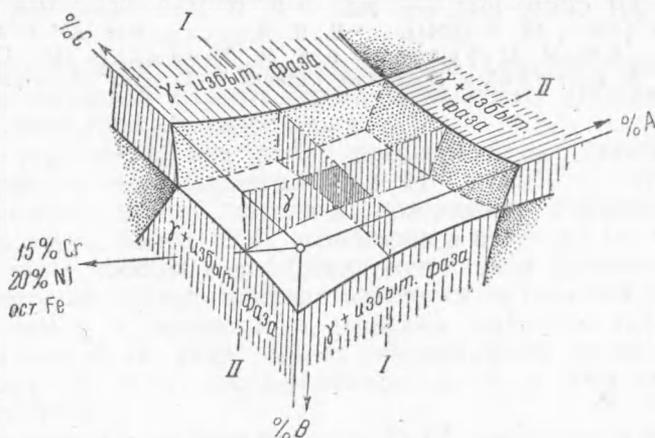


Рис. 2. Шестерная система Fe—Cr—Ni—A—B—C

ческой фигуры. На рис. 1 приводятся два подобных параллельных разреза I и II. Изображение изменения составов и фазового строения сплавов по этим двум плоскостным разрезам ясно из чертежа.

Аналогичным образом можно изображать составы и области распространения твердых растворов и избыточных фаз в шестерных и более сложных системах. На рис. 2 приводится изображение шестерной системы в схематической форме. Основой для этого изображения можно взять состав тройного твердого раствора любой системы, например Fe—Cr—Ni. В этом случае для исходной точки координат возьмем следующий состав тройного твердого раствора Fe—Cr—Ni: Cr 20%, Ni 20% и Fe остальное. Как можно убедиться по диаграмме состояния тройной системы Fe—Cr—Ni состав этого сплава отвечает аустенитному твердому раствору γ , т. е. одной фазе.

Изменяя состав этого тройного твердого раствора за счет добавления четвертого компонента, например А (за счет уменьшения содержания железа), мы можем откладывать его содержание в процентах по оси x , по оси y аналогичным образом можем откладывать компонент В и по оси z — компонент С. Тогда, очевидно, на осях координат будет отложено переменное содержание четверных сплавов, на плоскостях пространственной фигуры (рис. 2) будут отложены составы соответствующих пятерных твердых растворов с сопряженными областями избыточных фаз, а в объеме пространственной фигуры — составы шестерных твердых растворов с поверхностями выделения избыточных фаз дан-

ной системы. На рис. 2 приводятся также два параллельных разреза I и II, показывающие способы изучения этой сложной системы по этим разрезам.

Приведенным выше способом можно изображать частичные системы с ограниченными или неограниченными твердыми растворами с любым заданным числом компонентов, на чем здесь можно подробно не останавливаться.

Этот способ исследования многокомпонентных металлических систем, проводимый в лаборатории автора, нашел широкое распространение.

Институт общей и неорганической химии
им. Н. С. Курнакова
Академии наук СССР

Поступило
13 VII 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. С. Курнаков, Введение в физико-химический анализ, изд. АН СССР, 1940. ² С. А. Погодин и В. Я. Аносов, Основные начала физико-химического анализа, изд. АН СССР, 1947, стр. 785. ³ В. П. Радищев, Изв. СФХА, **11**, 5 (1938); **13**, 85 (1940); **15**, 5 (1941). ⁴ В. Я. Аносов, Изв. АН СССР, сер. хим., **4**, 855 (1938). ⁵ Ф. М. Перельман и А. Я. Зворыкин, Изв. СФХА, **19**, 144 (1949). ⁶ И. И. Корнилов, Железные сплавы, **2**, Твердые растворы железа, изд. АН СССР, 1951.