

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Б. Н. ФИНКЕЛЬШТЕЙН и А. И. ЯМЩИКОВА

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ МЕЖДУАТОМНЫХ СВЯЗЕЙ СЕРЕБРА

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 18 V 1954)

Одним из центральных вопросов современного металловедения является выяснение факторов, влияющих на величину межуатомных связей в чистых металлах и сплавах.

Электронная теория металлов приводит к выводу о существенном влиянии на силы сцепления в металлах электронов проводимости. Кинетическая энергия последних, практически не зависящая от температуры вплоть до точки плавления, является источником сил отталкивания в металлах (1). Отсюда следует, что энергия связи в металлах должна зависеть от концентрации электронов проводимости.

Так например, Си и Zn, являющиеся соседями в периодической системе Д. И. Менделеева, обладающие полностью застроенной 3d-подгруппой, отличаются друг от друга лишь тем, что у Си имеется лишь один 4s-электрон, а у Zn их два.

С другой стороны, теплота сублимации, которую можно принять за меру энергии связи, у Си составляет 82 ккал/г-ат, а у Zn она равна лишь 31 ккал/г-ат. Столь значительное уменьшение энергии связи при переходе от Си к Zn можно объяснить вдвое большим числом валентных электронов у Zn, чем у Си. Аналогичная картина наблюдается и при переходе от Ag к Cd и от Au к Hg. При сплавлении двух металлов прочность кристаллической решетки сплава отлична от прочности решеток, образующих сплав чистых компонент.

В общем случае обычно бывает затруднительно разделить влияние различных факторов, к числу которых относятся, например, искажения кристаллической решетки, обусловленные различием в размерах атомов обеих компонент (2). Особый интерес в этом отношении представляет система Ag—Al, где весьма близки друг к другу атомные объемы ($V_{\text{Ag}} \cong V_{\text{Al}} \cong 10 \text{ см}^3/\text{г-ат}$) и атомные диаметры ($d_{\text{Ag}} = 2,88 \text{ \AA}$, $d_{\text{Al}} = 2,85 \text{ \AA}$) обеих компонент; благодаря этому здесь исключается влияние на межуатомные связи «геометрического фактора».

Однако вследствие того, что Ag одновалентен, а Al трехвалентен, увеличение в сплаве содержания Al должно сопровождаться увеличением концентрации электронов проводимости. Но при этом должно произойти возрастание сил отталкивания и уменьшение энергии кристаллической решетки.

Для экспериментальной проверки указанного здесь предположения мы обратились к измерению концентрационной зависимости энергии активации самодиффузии Q серебра в сплаве Ag—Al. Эта величина связана с теплотой сублимации L_s , принимаемой за меру энергии кристаллической решетки, эмпирическим соотношением $Q = \alpha L_s$, где α для

Таблица 1

№ сплава	Ag., ат. %	Интервал температур в °C	D_0 , см ² /сек.	Q , ккал/г-ат
0	100,0	700—860	0,905	45,0
1	92,4	680—800	$0,432 \cdot 10^{-3}$	31,2
2	89,0	650—810	$0,689 \cdot 10^{-4}$	27,0
3	85,9	700—850	$0,126 \cdot 10^{-4}$	25,9
4	4,7	525—600	43,5	39,0
5	2,3	490—580	29,7	37

металлов с гранецентрированной кубической решеткой лежит в пределах от 0,6 до 0,8 ⁽³⁾. Для Ag $\alpha = 0,69$ ⁽⁴⁾ или 0,68, по нашим данным.

В настоящей работе величина Q была экспериментально определена как для больших, так и для малых содержаний серебра в области

Таблица 2

Авторы	D_0 , см ² /сек	Q , ккал/г-ат
С. Н. Крюков . .	1,8	47,4
Джонсон	0,895	45,95
Настоящая работа	0,905	45,0

существования однородного твердого раствора (α - и δ -фазы). С этой целью методом А. А. Жуховицкого и С. Н. Крюкова ⁽⁵⁾ были измерены значения коэффициента самодиффузии Ag для шести составов сплава Ag—Al, указанных в табл. 1. Здесь же помещена сводка полу-

ченных нами значений величин D_0 для указанных составов.

Нам не удалось экспериментально определить коэффициент диффузии Ag в чистом Al. По литературным данным, в этом случае $Q = 32,6$ ккал/г-ат. Линейной экстраполяцией к чистому Al значений Q для сплавов №№ 4 и 5 получается $Q = 35,1$. Для суждения о точности наших измерений сопоставим наши данные для чистого Ag с результатами С. Н. Крюкова ⁽⁴⁾ и Джонсона (см. табл. 2).

Таким образом, результаты измерения параметров диффузии в системе Ag—Al подтверждают наше предположение о влиянии валентности компонент на межуатомные связи. Это предположение подтверждается также данными о влиянии содержания алюминия на модуль сдвига сплава.

На рис. 1 представлен температурный ход относительных значений модуля сдвига μ чистого Ag и сплавов №№ 1, 2 и 3. Определение относительных значений μ производилось путем измерения частоты f свободных крутильных колебаний малой амплитуды проволочного образца длиной в 300 мм и диаметром в 0,7 мм. Перед измерением образцы отжигались 1 час при 780°. Модуль сдвига μ и f связаны соотношением

$$\mu = 8\pi ILf^2 / r^4,$$

где I — момент инерции относительно оси образца системы, совершающей крутильные колебания; r — радиус кругового сечения образца; L — длина образца. Следовательно, модуль сдвига μ пропорционален f^2 .

Рис. 1 показывает, что с повышением содержания алюминия упругий модуль, как и следовало ожидать, понижается во всем исследованном интервале температур. Заметим, что теория Зинера ⁽⁶⁾, связывающая концентрационную и температурную зависимости модуля сдвига двойных сплавов, учитывает лишь «геометрический фактор», совершенно оставляя в стороне влияние валентности компонент.

Московский институт стали
им. И. В. Сталина

Поступило
4 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Я. И. Френкель, Введение в теорию металлов, 2-е изд., 1951. ² В. А. Ильина, В. К. Крицкая, Г. В. Курдюмов, Проблемы металловедения и физики металлов, 3, 95 (1952). ³ П. Л. Грузин, там же, стр. 214. ⁴ С. Н. Крюков, Диссертация, МИС, 1953. ⁵ С. Н. Крюков, А. А. Жуховицкий, ДАН, 90, № 3 (1953). ⁶ С. Zener, Acta crystallographica, 2, 163 (1949).

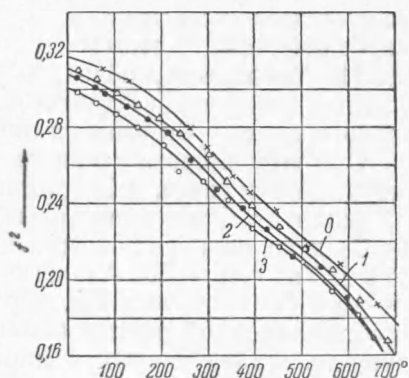


Рис. 1. Температурная зависимость модуля сдвига серебра (0) и сплавов № 1 (1), № 2 (2), № 3 (3)