

УДК 532.71-1

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Б. ШАЛЬКЕВИЧ, Б. В. ЛИНЧЕВСКИЙ

ДИФФУЗИЯ ВОДОРОДА В ЖИДКИХ РАСПЛАВАХ НИКЕЛЯ  
С АЛЮМИНИЕМ И МЕДЬЮ

(Представлено академиком Н. В. Агеевым 7 III 1973)

Для сплавов никеля с легирующими элементами отсутствуют данные по коэффициентам диффузии растворенных газов. В данной работе была поставлена задача изучить концентрационную зависимость коэффициентов диффузии водорода в жидких бинарных расплавах Ni с Al и Cu. Эти системы характеризуются химическим взаимодействием между элементами и неограниченной растворимостью компонентов в жидким состоянии.

Методика исследования. Для определения коэффициентов диффузии водорода  $D_H$  был применен капиллярный метод, в котором используется диффузионная ячейка газ—жидкий металл (¹). В качестве шихтовых материалов использовали катодный никель НО, катодную медь М1, алюминий АВ000, электролитический хром (99,9%). Вес образца составлял 120 г. В качестве капилляра использовали алундовые трубы с внутренним диаметром 6 мм. Глубина погружения капилляра в расплав составляла 55 мм. Расчет коэффициентов диффузии проводили по формуле

$$D_H = \frac{666,67 \cdot \rho_{\Gamma}^2}{\pi \cdot d^4 \cdot \rho_M^2 \cdot [H]^2} \left( \frac{V}{V\tau} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (1)$$

где  $D_H$  — коэффициент диффузии водорода в жидким расплаве,  $\text{см}^2/\text{сек}$ ;  $\rho_{\Gamma}$  — плотность водорода,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $d$  — диаметр капилляра, см;  $\rho_M$  — плотность расплава,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $[H]$  — растворимость водорода в металле при данной температуре, вес. %;  $V$  — объем абсорбированного водорода при  $p_{H_2} = 1$  ат,  $\text{см}^3$ ;  $\tau$  — время абсорбции, мин.

Сплавы Ni—Al. Опыты проводили в интервале концентраций Al от 0 до 100% при температуре 1600°. Полученные результаты приведены на рис. 1, на котором показан участок диаграммы состояния Ni—Al и концентрационная зависимость растворимости водорода в сплавах Ni—Al при 1600°, по данным Е. С. Левина, а также зависимость кинематической вязкости сплавов Ni—Al при 1600—1700°, по данным (²).

Алюминий в количестве до 31,5 вес. % повышает значения коэффициента диффузии водорода в сплаве. Над алюминидом никеля (NiAl) расположен максимум значений  $D_H$ , далее следует монотонное убывание значений  $D_H$ . Нужно отметить отсутствие влияния на  $D_H$  соединения  $\text{Ni}_3\text{Al}$ , образующегося по перетектической реакции. Очевидно, диффузия газов в жидких расплавах является структурно-чувствительным свойством. Поэтому наличие максимума на кривой  $D_H$  говорит о сохранении в жидкости структуры ближнего порядка, характеризующей соединение NiAl. В области концентрации Al, отвечающей соединению  $\text{Ni}_3\text{Al}$ , отсутствие скачкообразных изменений хода кривой  $D_H$  можно объяснить значительным перегревом расплава.

Следует отметить, что измерения  $D_H$  в сплавах, отвечающих по составу алюминиду никеля, проводились при температуре 1650°, что в данном случае допустимо, учитывая слабо выраженную зависимость коэффициента диффузии от температуры. Полученная зависимость  $D_H^{\text{Ni—Al}}$  хорошо

согласуется с результатами работы <sup>(2)</sup>, посвященной изучению вязкости этой системы, подтверждая тем самым существование в расплаве Ni—Al устойчивых комплексов с сильным взаимодействием разнородных атомов.

Сплавы Ni—Cu. Опыты проводились в интервале концентраций меди от 0 до 100 %. Полученные результаты представлены на рис. 1 II. Там же показаны высокотемпературная часть диаграммы состояния Ni—Cu, зависимость растворимости водорода, по данным <sup>(3)</sup>, и вязкости, по данным <sup>(4)</sup>, от состава. Полученные значения  $D_H$  плавно возрастают с повышением содержания меди. По-видимому, близость атомных размеров никеля и меди,

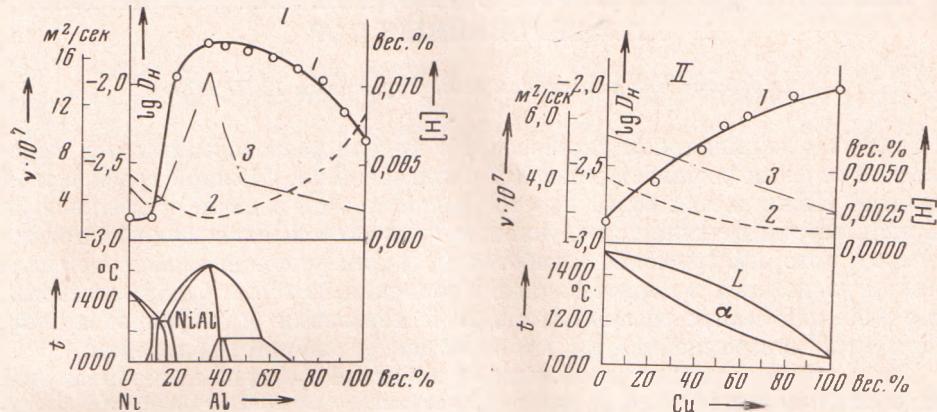


Рис. 1. Изотермы  $\lg D_H$  (1),  $[H]$  (2),  $\nu$  (3) в зависимости от состава сплава Ni—Al (I) и Ni—Cu (II);  $\nu$  — для I — 1700 °C, для II — 1600—1700 °C

а также неограниченная растворимость компонентов одного в другом объясняет такой ход кривой. Небольшое отклонение кривой от линейной зависимости очевидно дополняет данные <sup>(4, 5)</sup> о слабых отрицательных отклонениях от идеальности расплавов Ni—Cu.

Коэффициент диффузии водорода в чистых компонентах исследованных систем для 1600° равен:

$$D_{H^{Ni}} = 1,48 \cdot 10^{-3}, \quad D_{H^{Al}} = 4,69 \cdot 10^{-3}, \quad D_{H^{Cu}} = 1,094 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{сек.}$$

Московский вечерний  
металлургический институт

Поступило  
21 II 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> N. M. El-Tayeb, N. A. D. Parlee, Trans. TMS—AIME, **239**, 1345 (1967).
- <sup>2</sup> Е. С. Левин, Г. Д. Аюшина, П. В. Гельд, Изв. АН СССР, Металлы, **4**, 49 (1970).
- <sup>3</sup> T. Bagshaw, A. Mitchell, J. Iron and Steel Inst., **204**, № 2, 87 (1966). <sup>4</sup> А. А. Вертман, А. М. Самарин, Свойства расплавов железа, 1969, стр. 76. <sup>5</sup> О. Е. Есин, И. Т. Срывалин, Ю. П. Никитин, Изв. высш. учебн. завед., Цветная ме-таллургия, № 4, 66 (1958).