ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА
Т. 9, № 4 (2008) С. 859-861

PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATE
V. 9, № 4 (2008) P. 859-861

УДК 669.788:536.42

ISSN 1729-4428

Ю.К. Івашина, Г.О. Івашина, О.В. Немченко

Оцінка величини сегрегацій водню на дислокаціях в танталі

Херсонський державний університет
вул. 40 років Жовтня, 27, м. Херсон, 73000, тел.: 32-67-68
E-mail: baloow@ksu.ks.ua

На основі дослідження впливу пластичної деформації на фазове перетворення в системі Та-Н виділено складову пониження температури початку виділення гідридної фази, обумовлену переходом частини водню на дислокації, і відповідну концентрацію водню, пропорційну $\sqrt{\varepsilon}$ і близьку до 0,1% ат.

Ключові слова: виділення гідриду, дислокації, сегрегації водню.

Стаття поступила до редакції10.01.2007; прийнята до друку 15.09.2008.

Вступ

Водень, розчинений в гідридоутворюючих металах, взаємодіє з дислокаціями, утворюючи на них водневі атмосфери і гідридоподібні сегрегації. Оцінка величини сегрегацій водню на дислокаціях важлива не тільки з теоретичної, а також і з практичної точки зору, що обумовлено проблемами боротьби з водневою крихкістю металів.

Кількість водню, який переходить на дислокації після деформації зразків, визначали на основі дослідження впливу пластичної деформації на температуру початку виділення гідридної фази $T_П$ при охолодженні зразків. Методика експерименту описана в [1].

Для точнішого виявлення впливу водню на електричний опір зразків і зменшення похибки за рахунок визначення їх геометричних розмірів вивчався нормований диференціальний опір

$$\Delta r_H(T) = \left(\frac{r_T}{r_a}\right)_{Ta-H} - \left(\frac{r_T}{r_a}\right)_{Ta} \qquad (1)$$

де $(r_T)_{Ta-H}$ і $(r_T)_{Ta}$ – опори насиченого і вихідного зразків при температурі Т, а r_a – відповідні їм опори при 77 К. Нормування по r_a виконувалося на підставі того, що при 77 К питомі електроопори насиченого воднем і вихідного зразків відрізняються не більш як на 0,5 %, тоді як похибка, пов'язана з визначенням геометричних розмірів, досягає кількох процентів. Такий метод дозволив також виключити вплив інших структурних дефектів зразків.

Приріст Δr_H в зразках з воднем пропорційний його вмісту в α-фазі. Початку виділення гідридної фази при охолоджені недеформованих зразків відповідає різке зменшення електроопору, обумовлене упорядкуванням частини водню в гідридній фазі, і відповідно, при температурі $T_П$ спостерігається злом на залежності $\Delta r_H(T)$. Експериментальна залежність $\Delta r_H(T)$ для різних деформацій ε зразка складу $TaH_{0,005}$ приведена на рисунку.

Пластична деформація збільшує ширину петлі гістерезису і викликає спрямлення залежності $\Delta r_H(T)$ в області початку виділення гідридної фази T_H, внаслідок чого температура початку фазового перетворення понижується до $T'_П$. Розширення петлі

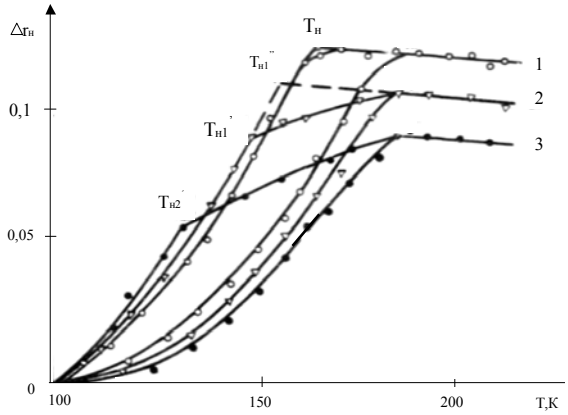

Рис 1. Вплив пластичної деформації ступеню ε на температуру початку виділення гідридної фази $T_П$ для зразку складу $TaH_{0,005}$ для ε: 1 – 0, 2 – 9,2%, 3 – 27,9%.

гістерезису обумовлено впливом внутрішніх напруг на ріст гідридної фази, яка має більший питомий об'єм [2]. Другий ефект обумовлений переходом частини атомів водню на дислокації, які утворилися

після деформації. Внаслідок цього концентрація водню в регулярній решітці зменшується, що зміщує термодинамічну рівновагу фаз в сторону більш низьких температур. Вплив останнього фактору послаблюється із зростанням концентрації водню в зразках і практично зникає при вмісті водню більше одного атомного проценту. Це можна пояснити тим, що ємність дислокацій, як резервуарів водню, на які він переходить із регулярної решітки, незначна і більш інтенсивною температурною залежністю фазового перетворення, яка має експоненціальний характер, при підвищенні температури. Тому при високому вмісті водню утворення водневих сегрегацій на дислокаціях практично не впливає на температуру початку виділення гідридної фази.

Розділимо вище приведені фактори зміщення термодинамічної рівноваги фаз графічно. Для цього виключимо спрямлення залежності $\Delta r_H(T)$ в околі температури T_H. Екстраполюємо температурні залежності опору в області α-фази і α+β фаз (вище і нижче $T_П$) до перетину їх в точці $T''_П$. Екстраполяція проводилася на основі досліджених нами температурних залежностей опору зразків з введеним воднем з використанням математичних методів. За рахунок переходу частини атомів водню на дислокації, що визвало зменшення концентрації водню в α-фазі, температура початку виділення гідридної фази понизилася від $T''_П$ до $T'_П$. Точність визначення $\Delta T_П$ - ± 1К, $T_П$ – 0,5К. Дослідження, проведені нами, показали, що розчинність водню в танталі має експоненціальний характер. Температура початку виділення гідридної фази пов'язана із вмістом водню в зразках Арреніусовою залежністю

$$\ln\frac{H}{Ta} = 2{,}1 \pm 0{,}15 - \frac{(0{,}11 \pm 0{,}005)eB}{kT_П} \qquad (2)$$

Дана залежність добре корелює з результатами, приведеними в [3]. На основі залежності (2) і визначених $T'_П$ і $T''_П$ розраховувався вміст водню (відношення числа атомів водню до числа атомів танталу H/Ta), який обумовлював початок виділення β-фази з врахуванням і без врахування переходу частини атомів водню на дислокації. Різниця цих вмістів і визначає концентрацію водню, який

Таблиця 1

Результати розрахунків концентрації водню на дислокаціях $(\frac{H}{Ta})_д$ для зразків складу $TaH_{0,005}$ і $TaH_{0,0105}$ і ступені деформації ε.

Склад	ε,%	$T'_П$, К	$T''_П$, К	$\left(\frac{H}{Ta}\right)_д$ *10^3
$TaH_{0,005}$	9,2	151	158	0,84
$TaH_{0,005}$	27,9	128	149	1,23
$TaH_{0,0105}$	13,7	178	181	0,82
$TaH_{0,0105}$	29,4	169	175	1,27

переходить із α-фази на дислокації, що утворилися внаслідок деформації, перед початком виділення гідридної фази $(H/Ta)_д$. Результати розрахунків для зразків складу $H/Ta = 0{,}005$ і $H/Ta = 0{,}0105$ і ступеню деформації ε приведені в таблиці (1). Похибка визначення $(H/Ta)_д$ не перевищує 20%.

Отримані значення кількості водню, який переходить на дислокації, добре корелюють із аналогічною величиною $C = 5*10^{-3}$, одержаною для паладію[4]. Вищі значення для паладію, можливо, обумовлені суттєво більшими ступенями деформації зразків.

Аналіз результатів, наведених в таблиці, показує, що розраховані значення $(H/Ta)_д$ пропорційні $\sqrt{\varepsilon}$. Згідно [5], густина дислокацій пропорційна кореню з відносної деформації. Таким чином, одержані нами результати свідчать, що кількість водню, який перейшов на дислокації пропорційна їх густині. Проведені нами дослідження амплітудозалежного внутрішнього тертя для зразків танталу із введеним воднем [6] показали, що водень на дислокаціях утворює водневі атмосфери і зародки гідридної фази.

Івашина Ю.К. – кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри фізики;
Івашина Г.О. – кандидат хімічних наук, доцент;
Немченко О.В. – кандидат фізико-математичних наук, доцент.

[1] Ю.К. Івашина, В.П. Немченко, М.Д. Смолін. Вплив водню і пластичної деформації на деякі властивості насиченого воднем танталу // *Доповіді АН УРСР*, сер. А (3), сс. 75-79 (1980).

[2] T.R. Waite, W.E. Wallace, R.S. Craig. Structure and phase relationships in the tantalum-hydrogen system // *J. Chem. Phys,* **24**(3), pp. 634-637 (1956).

[3] G. Cannelli, F.M. Mazzolai. An investigation on the Ta-H system by internal friction measurements // *Nuovo Cimento,* **B64** (1), pp. 42-48 (1969).

[4] Ю.С. Нечаев. Характеристики гидридоподобных сегрегаций водорода на дислокациях в палладии // *Успехи физ. наук,* **171**(11), сс. 1251-1261 (2001).

[5] И.В. Эгиз, Л.Н. Гусева. Субструктура и текстура прокатки чистых металов с решеткой ОЦК // *Изв. АН СССР Металлы (5),* сс 114-118 (1975).

[6] А.В. Немченко., Ю.К. Ивашина, М.Д. Смолин. Концентрационная аномалия амплитудозависимого внутреннего трения в системе тантал – водород. // *Электронное строение и свойства тугоплавких соединений и металлов*. ИПМ АН УССР, К. сс. 34-38 (1991).

Y.K. Ivashina, G.O. Ivashina, O.V. Nemchenko

The Estimation of the Value of Hydrogen Segregation on Dislocation in Tantalum

Kherson State University 40 Let Oktyabray, 27, Kherson, 73000

On the basis of our research plastic deformation influence on the part of temperature lowering of the beginning of the hydride phase growth, which is conditioned by hydrogen part transition on dislocation, was selected. The concentration of hydrogen on dislocation depends on deformation proportional $\sqrt{\varepsilon}$ and is near 0,1 at %.