

Ю.К. Івашина, В.Ф. Колотун, О.В. Немченко, В.В. Одінцов
Вплив стиснення на виділення гідридної фази в системі Та-Н

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

Досліджено вплив стиснення на фазове перетворення в системі Та-Н. Встановлено, що прикладання зовнішнього навантаження викликає підвищення температури початку виділення гідридної фази і розширення температурного інтервалу фазового перетворення. В системі спостерігається термопружна рівновага.

Ключові слова: водень в металах, фазові перетворення, термопружна рівновага.

Стаття поступила до редакції 09.05.2004; прийнята до друку 31.08.2004.

Гідридна фаза має більший питомий об'єм, ніж твердий розчин водню в металі (α -фаза), тому прикладання зовнішнього навантаження, яке змінює вільну енергію системи, повинно впливати на виділення гідридної фази. Так в [1] показано, що прикладання розтягуючих напружень викликає виділення гідридної фази в системі Nb-H, що не спостерігалось при їх відсутності. Отримані авторами експериментальні результати вказують на те, що внутрішні напруги, які виникають внаслідок деформації зразків танталу, в які введено водень, суттєво впливають на зародження і ріст гідридної фази [2]. Але деформація призводить не тільки до появи внутрішніх напруг, але і змінює структуру зразка. Тому суттєвий інтерес представляє дослідження впливу зовнішніх напруг (зовнішнього стиснення) на виділення гідридної фази.

Нами проводилося дослідження впливу пружних напруг на виділення гідридної фази в системах Та-Н. Водень вводився у відпалені зразки танталу електролітично. Методика підготовки зразків описана в [2]. Виділення гідридної фази контролювалося за допомогою дослідження температурної залежності нормованого диференційованого опору Δr_n [2]. Початку фазового перетворення відповідає злом на температурній залежності $\Delta r_n(T)$.

Для проведення досліджень була виготовлена установка, в якій зразки зазнавали дії зовнішнього стиснення з одночасним вимірюванням їх електроопору. Пристрій, в якому закріплювався зразок, знаходився в термостаті, який розміщувався всередині посудини Дюара "Харків - 15" із скрапленим азотом. Тиск від штока на зразок передавався через шар радіотехнічної кераміки з метою теплової і електричної ізоляції зразка.

Нестабільність підтримання температури при вимірюваннях не перевищувала $\pm 0,02$ К, точність вимірювання останньої ± 1 К.

Експериментальні результати дослідження впливу зовнішнього стиснення на виділення гідридної фази приведені на рис. 1. Температура початку фазового перетворення T_n визначалася як точка перетину залежностей $\Delta r_n(T)$ до і після початку фазового перетворення (злomu на графіку $\Delta r_n(T)$ з допомогою математичної обробки експериментальних результатів.

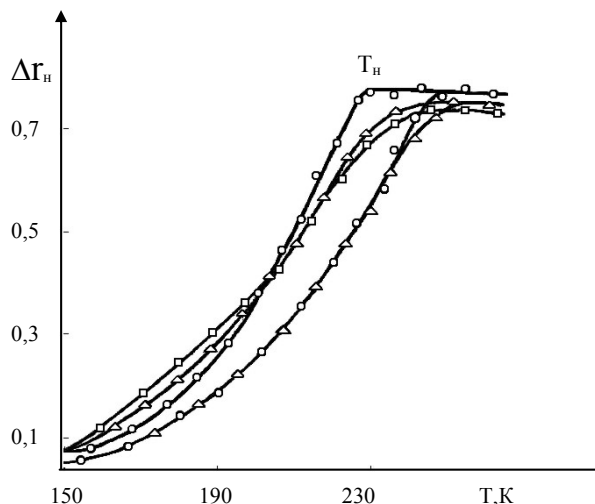


Рис. 1. Вплив стискуючих напруг σ на виділення β -фази в зразку складу ТаН_{0,03} для σ рівних:
о – 0; Δ – 300 МПа; □ – 420 МПа.

Як видно із графіків, прикладання зовнішнього навантаження викликає підвищення температури початку виділення гідридної фази T_n і зменшує нахил

кривої $\Delta g_n(T)$ в області виділення гідридної фази (при $T < T_n$), тобто сприяє початку перетворення, але і ускладнює подальше виділення гідридної фази.

Дослідження впливу стискуючих напруг на виділення гідридної фази не виявило зменшення температури початку фазового перетворення у відповідності з рівнянням Клаузіуса-Клапейрона [3]. Отримані результати ніби протирічать рівнянню, згідно з яким для екзотермічних перетворень зі збільшенням питомого об'єму, до яких відноситься виділення гідридної фази, стиснення повинно зменшувати температуру фазової рівноваги.

Але в системах з мобільними домішковими атомами, яскравим прикладом яких є водень, прикладені напруги змінюють не тільки енергію і термодинамічний потенціал фази, що виділяється, але й хімічний потенціал розчиненого водню. Вважається, що вплив пружних напруг σ на розчинність водню в металах ґрунтується на зміні його хімічного потенціалу під дією σ . Згідно з [4], для мобільної домішки:

$$\mu_\sigma = \mu_0 - \frac{\sigma \bar{V}_n}{3},$$

де μ_σ і μ_0 – хімічні потенціали водню в напруженому і ненапруженому металі, \bar{V}_n – парціальний молярний об'єм водню. Звідси видно, що розтягуючі напруги зменшують хімічний потенціал водню, а стискуючі – підвищують його. Згідно рис. 2, підвищення останнього, для випадку стиснення, призводить до підвищення T_n . Навантаження зразка полегшує також зародження гідридної фази, так як при цьому збільшується кількість місць з підвищеною енергією, де можливе зародження β -фази.

Зміна нахилу кривої $\Delta g_n(T)$ внаслідок прикладання зовнішніх зусиль в області фазового перетворення залежить від того, гальмують чи сприяють вони росту гідридної фази. Роботу по взаємодії перетворення і зовнішньої напруги можна

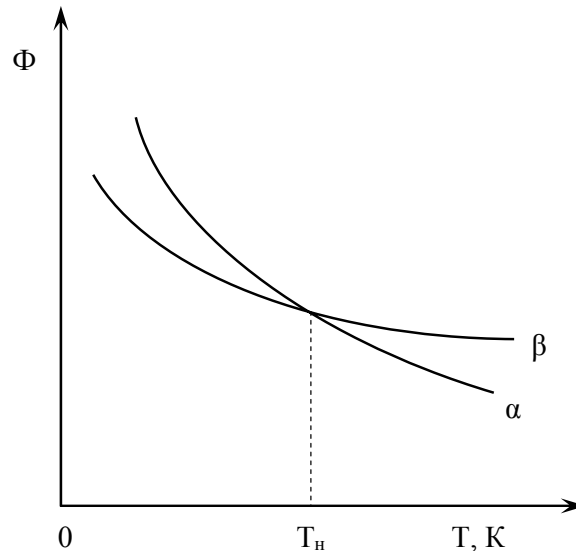


Рис. 2. Схема зміни термодинамічних потенціалів фаз.

представити у вигляді двох складових: робіт дилатації решітки і зсуву. Так як питомий об'єм гідридної фази більший, ніж у α -фази, то прикладання стискуючої напруги ускладнює подальший ріст гідридної фази. Для виділення останньої весь час необхідно створювати додаткове переохолодження порівняно з ненапруженою системою. Це і призводить до зменшення нахилу кривої $\Delta g_n(T)$ і збільшення температурного інтервалу фазового перетворення.

Отримані результати вказують на те, що пружні напруги впливають на зародження і ріст гідридної фази. При кожній температурі нижче T_n встановлюється рівновага фаз із збереженням частини вихідної фази. Вона може бути зміщена за рахунок зміни температури або під дією зовнішніх сил. В системі спостерігається термопружна рівновага, характерна для мартенситних перетворень.

- [1] N.K. Birnbaum, M.L. Issobeck, M. Amano. Hydride precipitation in Nb and some properties of HbH // *J. Less – Com. Metals*, **49**(1), pp. 357-370 (1976).
- [2] Ю.К. Івашина, Г.А. Івашина, В.Ф. Немченко. Влияние пластической деформации на растворимость водорода в тантале // *Ж. физ. химии*, **54**(11), сс. 2827-2830 (1980).
- [3] Р.А. Савелин. *Термодинамика твердого состояния*. – Металлургия, М., 314 с. (1968).
- [4] J.C.H. Li, R.A. Oriami, L.S. Darken. The thermodynamics of stressed solids// *Z. Phys. Chem. N.F.*, **49**, pp. 271-279 (1966).

Y.K. Ivashina, V.F. Kolotun, O.V. Nemtchenko, V.V. Odintsov

Compression's Influence on the Phase Transformation in Ta-H System

Kherson State University,
27, 40 Let Oktyabray Str., Kherson, 73000, Ukraine

Influence of compression on the phase transformation in Ta-H system is investigated. It is established, that the external stresses cause rising of beginning's temperature of hydride precipitation. It is observed the thermoelastic balance in system.