

УДК. 669.788

**В. Прокоп'юк**

(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДИФУЗІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДНЮ В ГІДРИДОУТВОРЮЮЧИХ МЕТАЛАХ**

Гідридуотворюючі метали V групи (V, Nb, Ta) та сплави на їх основі широко застосовуються в сучасній техніці. Зокрема, для виготовлення деяких елементів та вузлів атомних і термоядерних реакторів, при розробці та створенні нових матеріалів для зберігання і транспортування водню, його очистки, розділення ізоотопів і т.п. При цьому важливого значення набуває вивчення закономірностей зміни дифузійних параметрів водню (розчинності, проникливості та коефіцієнту дифузії) в залежності від температури, способу наводнювання та умов хіміко-термічної обробки.

У сучасній енергетиці вироби з конструкційних матеріалів на основі металів V групи експлуатуються, в основному, за постійного тиску водню – змінюється лише температурний інтервал їх застосування. Тому всі дослідження і розрахунки за наводнювання з газової фази проведені за тиску  $H_2 - 10^5$  Па. Температурний інтервал досліджень  $600-1000^{\circ}C$ . Електролітичне наводнювання здійснювали при кімнатній температурі в 26%-ному розчині сірчаної кислоти  $H_2SO_4$  за густини струму  $35$  А/дм<sup>2</sup>.

Безпосередні вимірювання водневої проникливості ніобію показали, що вище  $950^{\circ}C$  вона описується залежністю  $P(\text{моль/м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}^{1/2}) = 6,9 \cdot 10^{-9} \cdot \exp(30,2 \text{ кДж/моль } /RT)$ , а нижче  $950^{\circ}C$   $P(\text{моль/м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}^{1/2}) = 6,0 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(8,2 \text{ кДж/моль } /RT)$ .

Щоб визначити водневу проникливість в інтервалі робочих температур атомних та термоядерних реакторів ( $600-800^{\circ}C$ ), застосовували підхід, який полягає у визначенні коефіцієнта дифузії  $D$  водню на основі зміни електроопору при наводнюванні металів V групи. В цьому випадку  $P$  визначали, за відомою розчинністю водню  $S$ , на основі співвідношення  $P = S \cdot D$ .

В основу досліджень покладена методика, яка базується на пропорційності між кінетикою зміни електроопору і концентрацією втіленого водню:  $\Delta\rho(\tau) = k \cdot Q(\tau)$ , де  $k$  – константа пропорційності

За електролітичного наводнювання застосовували дві методики: перша з них полягала у визначенні кінетики зміни електроопору при насиченні воднем зразків з наступним розрахунком  $D$ , друга – базується на визначенні часу насичення металу.

Для  $\alpha$ -твердого розчину водню в металах V групи коефіцієнти дифузії водню, отримані за різних способів наводнювання, практично співпадають і описуються рівняннями:

$$\text{для ванадію} \quad D(\text{м}^2/\text{с}) = 3,1 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(-4,6 \text{ кДж/моль } /RT),$$

$$\text{для ніобію} \quad D(\text{м}^2/\text{с}) = 5,0 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(-10,2 \text{ кДж/моль } /RT),$$

$$\text{для танталу} \quad D(\text{м}^2/\text{с}) = 2,0 \cdot 10^{-8} \cdot \exp(-14,0 \text{ кДж/моль } /RT).$$

Аналогічні результати отримані і під час безпосереднього вимірювання водневої проникливості ніобію в інтервалі  $800-1050^{\circ}C$  за тиску водню  $10^5$  Па.

В ході досліджень встановлено, що незалежно від температури і способу наводнювання коефіцієнти дифузії водню в металах V групи, розраховані за зміною електроопору при наводнюванні, описуються єдиною експоненційною залежністю до температури  $\alpha \leftrightarrow \beta$  фазового переходу. Показано, що за низьких тисків водню існує кореляційна залежність між результатами, отриманими методом проникання, і розрахунковими даними з використанням  $D$ , визначеного за зміною фізичних властивостей, тобто методами, незалежними від стану поверхні.