

УДК 536.24

**СИНТЕЗ МАТЕРИАЛА-НАКОПИТЕЛЯ ВОДОРОДА $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОННО-ДУГОВОГО ПЛАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ**

Е.Д. Анжигатова, И. Саквин

Научный руководитель: к.т.н., В.Н. Кудияров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: eda5@tpu.ru

**SYNTHESIS OF HYDROGEN STORAGE MATERIAL $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$ BY ELECTRON-ARC
MELTING IN AN INERT GAS ENVIRONMENT**

E.D. Anzhigatova, I. Sakvin

Scientific Supervisor: PhD., V.N. Kudiyarov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: eda5@tpu.ru

Abstract. During the work, the samples $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$ was synthesized using an electric arc furnace at three different current modes. The results of the scanning electron microscope show the separation of the phase composition and the separation of the $TiCr_2$ phase and the $ZrCr_2$ phase. The phase composition of the alloy changes slightly during annealing at $1100^{\circ}C$ during 50 hours. However, annealing leads to relative homogenization of the alloy.

Введение. В настоящее время рост индустриализации и повышение динамики потребления ресурсов заставляет задуматься об их исчерпаемости, что активно подталкивает человечество для поиска альтернативных источников энергии. Помимо этого, присутствует фактор ухудшения экологической ситуации в мире [1]. Актуальной целью является поиск материалов накопителей водорода, так как с их помощью можно реализовать источник возобновляемой энергии. В связи с этим материалы накопители должны обладать высокой емкостью и устойчивостью к водородному разрушению (после нескольких циклов использования). Такие характеристики можно придать материалу благодаря введения новых добавок [1, 2]. Целью данной работы является синтез сплава $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$ методом электронно-дугового плавления в среде аргона.

Экспериментальная часть. Для синтеза материала $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$, использовались чистые порошки (не менее 99.9 масс. %): ванадия, титана, циркония и хрома. Перед синтезом порошки были предварительно спрессованы холодным статическим одноосным методом в закрытой пресс-форме. Плавку 8 г навесок производили в дуговой печи 5SA Centorr Vacuum Industries с нерасходуемым вольфрамовым электродом на водоохлаждаемом медном поде в атмосфере аргона (содержание Ar не менее 99,998 об. %) при силе тока от 150 до 300 А, время выдержки при максимальной температуре составляло от 15 до 30 сек. Для гомогенизации состава образцов слитки переплавили от 3 до 8 раз. С целью придания сплавам однородной структуры и избавления сплавов от примесей производился отжиг образцов при температуре $1100^{\circ}C$ в течении 50 часов.

Результаты. ИМС $V_{75}Ti_{10}Zr_{7,5}Cr_{7,5}$ изготавливали с помощью электродуговой печи при трёх режимах спекания (Таблица 1) в г. Екатеринбург.

Таблица 1

Режимы спекания исследуемых образцов

Ток, А	240	220	200
N (Номер образца)	1	2	3

Для сплавления один образец (диаметром 12мм, высотой 5-7мм, массой 3г) помещался в вакуумную камеру. Затем в камеру подавался инертный газ (аргон) под давлением 0,5 атм. На рис.1 изображены снимки микроструктуры образца N1.

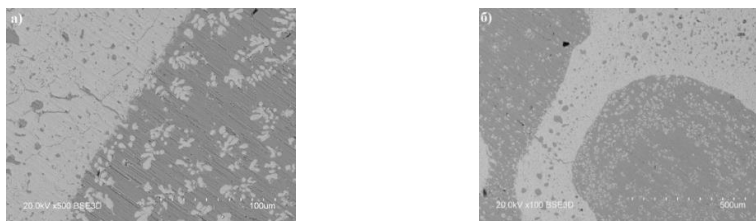


Рис. 1. Микроструктура образца N1 при увеличении: а) 100 мкм; б) 500 мкм

На рис.1а изображена микроструктура сплава при увеличении 100 мкм, на ней можно наблюдать разделение две области. Первая область – это матрица циркония (светло-серый) с вкраплениями ванадия (темно-серый), и вторая область матрица ванадия (темно-серый) с вкраплениями циркония (светло-серый). Рис. 1б демонстрирует глобулярное включение ванадия (темно-серый), окруженное слоем циркония (светло-серый). Аналогичная картина наблюдается и для образца N2 (рис. 2).

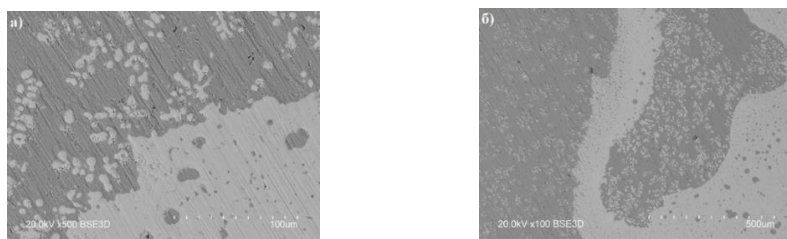
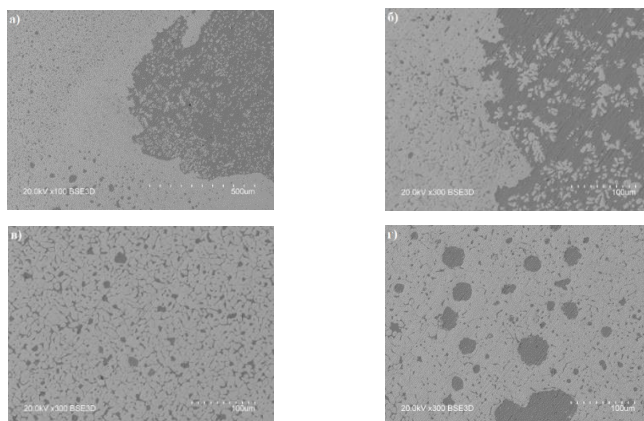


Рис. 2. Снимки микроструктуры ИМС N2: а) увеличение 100 мкм; б) увеличение 500 мкм

На рис. 3 изображены снимки микроструктуры образца N3.

Рис. 3. Снимки микроструктуры ИМС: а) увеличение 500 мкм; б) увеличение 100 мкм;
в) увеличение 100 мкм; г) увеличение 100 мкм

На рис. 3а изображена микроструктура сплава при увеличении 100 мкм, на ней можно наблюдать глобулярное включение ванадия (темно-серый), окруженное слоем циркония (светло-серый). Рис. 3б изображена микроструктура сплава при увеличении 100 мкм, на ней можно наблюдать разделение две области первая область – это матрица циркония (светло-серый) с вкраплениями ванадия (темно-серый), и вторая область матрица ванадия (темно-серый) с вкраплениями циркония (светло-серый). На рис. 3в изображена микроструктура сплава при увеличении 100 мкм, на ней можно наблюдать матрицу циркония и выделившиеся по границам ванадий. На рис. 3г изображена микроструктура сплава при увеличении 100 мкм, глобулярные включения ванадия (темно-серый), окруженное слоем циркония (светло-серый).

С целью придания сплавам однородной структуры и избавления сплавов от примесей, было принято решение производить отжиг образцов. Отжиг проходил при температуре 1100 °С в течении 50 часов.

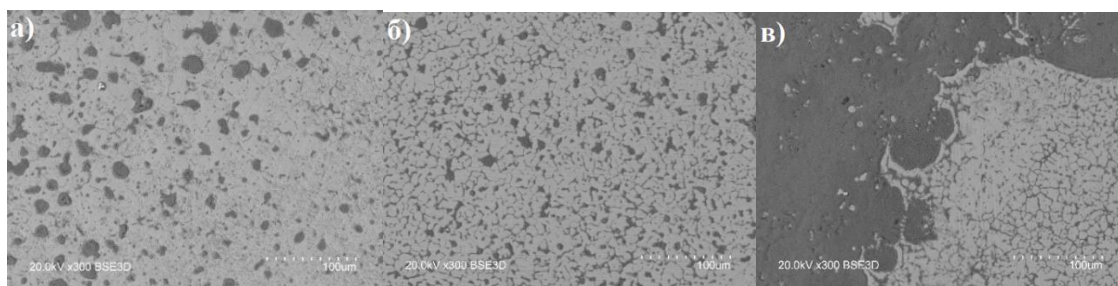


Рис. 4. Снимки микроструктуры ИМС: а) образец N1; б) образец N2; в) образец N3

На рис. 4а, б изображены микроструктуры сплавов N1 и N2 при увеличении 100 мкм, на ней можно наблюдать глобулярные объемные включения ванадия (темно-серый), в матрице циркония (светло-серый). Структура после отжига стала более однородной. Для образца N3 наблюдаются две области, в первой находится сплошная фаза циркония с неоднородными включениями и вкраплениями, во второй можно заметить выделившуюся сетку из циркония (светло-серая) в матрице ванадия (темно-серая).

Закключение. По результатам проведенных исследований, в образцах, помимо основных элементов, из которых и были произведены образцы, присутствуют ещё и кислород с углеродом, что свидетельствует о наличии оксидов и карбидов, что в дальнейшем может ухудшить водородную ёмкость сплавов. Анализ микроструктуры показал, что в полученных образцах N1 и N2 нет однородных областей, в глобулярные осадки выпали цирконий и ванадий. В образце N3 существует несколько областей, одна из них более однородная.

Работа выполнена в рамках государственного задания Наука № FSWW-2023-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Viano A.M. et al. Hydrogenation of titanium-based quasicrystals // Physical Review B. – 1995. – V. 51., №. 7. – P. 12026.
2. Lys A. et al. Enhancing the hydrogen storage properties of A_xB_y intermetallic compounds by partial substitution: a short review // Hydrogen. – 2020. – V. 1., №. 1. – P. 38-63.