

ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВА V - 4TI - 4CR, МЕТОДОМ СПЕКАНИЕ ПРИ ТЕМПЕРАХ 1600 - 1800 °С

Т.В. Демент, Н.А. Каракчиева

Научный руководитель: профессор, д.ф.м.н. И.А. Курзина

Томский Государственный Университет,

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

E-mail: tarasevi416@mail.ru

OBTAINING OF V-4TI-4CR ALLOYS, SOLVING METHOD AT TEMPERERS 1600 - 1800 °С.

T.V. Dement, N.A. Karakchieva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Kurzina

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

***Abstract.** In this paper, was considered the preparation of vanadium alloys by the powder metallurgy method. Samples of vanadium alloys of different compositions were obtained (V = 4.3% Ti = 4.2% Cr, V = 4.5% Ti = 4.4% Cr, V = 4.7% Ti = 4.6% Cr, V-4.9% Ti-4.8% Cr, V -5% Ti-5% Cr). X-ray phase studies of the samples showed that all phases of the vanadium alloy contain 3 phases. The morphology of the surface of the samples and the average grain size were investigated using SEM.*

Введение. Существующие и применяемые в настоящее время материалы имеют ограничения по ряду характеристик и не позволяют максимально полно реализовать возможности энергетических установок нового поколения. Так, материал оболочек тепловыделяющих (ТВЭЛ) и других ответственных элементов активной зоны реакторов на быстрых нейтронах (БР) нового поколения для работы в режиме замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) должен обеспечить их надежную и безопасную эксплуатацию при максимальном выгорании топлива до 20 % тяжелых атомов, при повреждающей дозе до 180-200 сна, при температурах 370 – 700 °С и иметь предел длительной прочности $\sigma_{10000}^{600} \geq 100$ МПа.

Поэтому создание нового материала, одновременно обладающего высокой жаропрочностью, радиационной и коррозионной стойкостью является актуальным.

Как показали исследования [1-3], в качестве конструкционных материалов для реакторов на быстрых нейтронах наиболее перспективными являются сплавы на основе ванадия с титаном и хромом. Сплав V-Ti-Cr обладает высоким значения прочностных свойств до 800 °С, низким уровнем наведенной радиоактивности и быстрым ее спадом, низким остаточным тепловыделением, высоким значением параметра термостойкости и высокой радиационной стойкостью.

В настоящее время для получения ванадиевых сплавов высокой чистоты применяется метод вакуумной дуговой гарнисажной плавки (ВДГП) разработанный авторами [4]. Задачей, решаемой с помощью данного метода, является получение высококачественных слитков сплавов ванадия с титаном и хромом, исключаяющее необходимость формирования расходоуемого электрода из шихтовых материалов или их компактирования и обеспечивающее снижение трудозатрат в 1,22 раза. Недостатком данного способа являются значительные потери массы закладываемого материала, они составляют 33%.

Методом спекания порошков достигается высокая чистота получаемых сплавов, а так же за счет всестороннего прессования и подбора оптимальной температуры спекания, происходят минимальные потери сплава на выходе закладываемого сплава, они составляют менее 5%.

Материал и методы исследования. Для получения ванадиевого сплава, был использован: порошок ванадия (ВЭЛ – 1); порошок титана (ПТС – 1); порошок (ПХ1М) с суммарным содержанием примесей не более 1,5 % мас. Для получения ванадиевого сплава, был проведен двухступенчатый нагрев образцов с температурой нагрева 350 °С, с последующим отжигом в течении 2 часов при температуре 1700 °С (таблица 1).

Таблица 1

Стадии спекания ванадиевого сплава

T ₀	T ₁	Время, ч:мин:сек	Скорость нагрева, °С/ч
1. 20 °С	350 °С	00:38:40	512
2. 350 °С	1700 °С	02:38:12	512
3. 1750 °С	1700 °С	01:00:00	
		Общее: 4:16	-

Съемки образцов для рентгеноструктурного анализа проводили на дифрактометре ДРОН–3М при напряжении 30 кВ с автоматическим сканированием рентгеновского пучка в интервале углов 18–150 градусов в фильтрованном монохроматизированном Cu–K_α излучении.

Исследования методом РЭМ выполняли на сканирующем электронном микроскопе QUANTA 200 3D FEI при ускоряющем напряжении 35 кВ и рабочих увеличениях 50–10000 крат. Электронно-микроскопические исследования проводили на электронном микроскопе ЭМ–125 при ускоряющем напряжении 125 кВ. Рабочее увеличение в колонне микроскопа в зависимости от задачи исследования – от 10000 до 52000 крат.

Результаты и их обсуждение. В процессе изготовления ванадиевых сплавов, были получены образцы с разными химическими составами. Были проведены: исследования химического состава и морфологического строения сплавов; рентгенодифракционные исследования.

В ходе работы предполагалось получить ванадиевые сплавы следующих составов: V – 4,3 % Ti – 4,2 % Cr (далее образец №1), V – 4,5 % Ti – 4,4 % Cr (далее образец №2), V – 4,7 % Ti – 4,6 % Cr (далее образец №3), V – 4,9 % Ti – 4,8 % Cr (далее образец №4), V – 5 % Ti – 5 % Cr (далее образец №5). Однако после прессования, спекание и отжига, химический состав некоторых ванадиевых сплавов отклонился от заданного.

Для определения фазового состава, были проведены рентгенодифракционные исследования сплавов, которые подтвердили, что во всех образцах ванадиевого сплава присутствует 3 фазы. На рисунке 1 представлена рентгенограмма сплава V – 4,9 % Ti – 4,8 % Cr в отожженном состоянии.

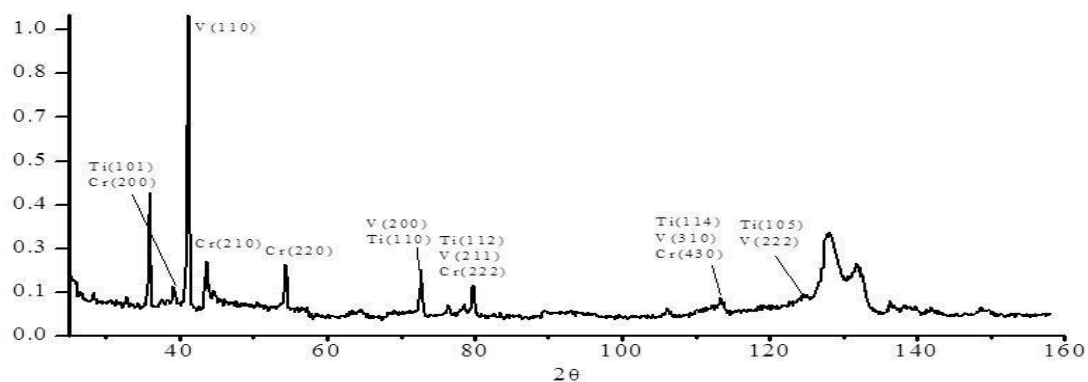


Рис. 1. Рентгенограмма ванадиевого сплава №4

Из рисунка 1 видно, что на рентгенограмме присутствуют дифракционные максимумы, как твердого раствора ванадия, так и дифракционные максимумы титана и хрома. С помощью растровой электронной микроскопии, были определены средние размеры зерен, а так же был проведен спектральный анализ сплавов.

Размеры зерен ванадиевых сплавов разных состав оказались примерно одинаковые. Фракционное распределение зерен по размерам, ванадиевых сплавов разных составов представлено на рисунке 2.

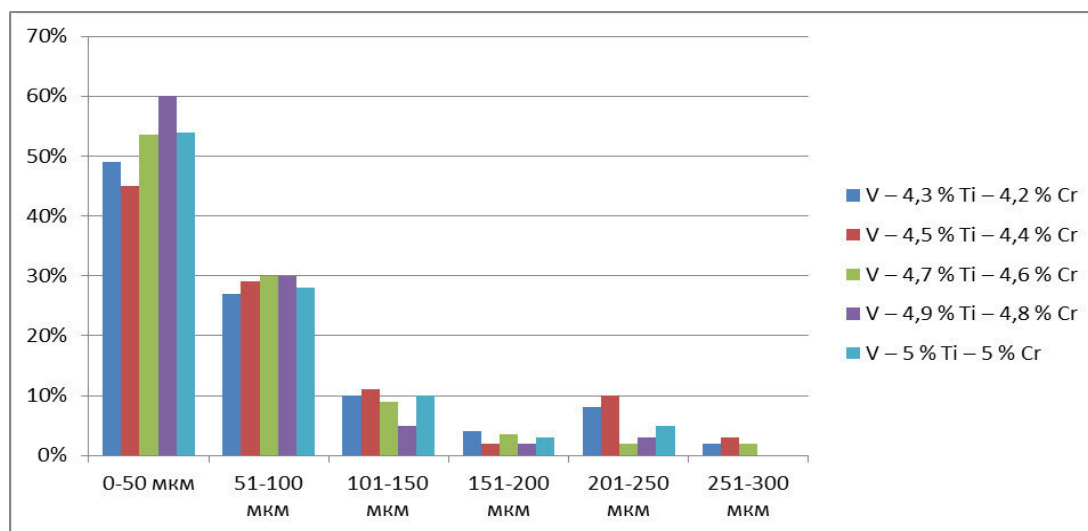


Рис. 2. Фракционное распределение зерен по размерам, ванадиевых сплавов разных составов

Таким образом, наиболее мелкозернистую структуру имеет сплав V – 4,9 % Ti – 4,8 % Cr, 90 % зерна которого имеют размер ≤ 100 мкм.

Заключение. Методом порошковой металлургии были получены образцы ванадиевых сплавов, потеря массы на выходе составила менее 5%, с помощью рентгенофазового анализа и растровой микроскопии был определен состав с наиболее мелкозернистой структурой.

В дальнейших исследованиях планируется произвести испытания механических свойств образцов, до и после облучения тяжелыми нейтронами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации. Соглашение № 14.575.21.0123, идентификатор RFMEFI57517X0123.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефимов Ю.В., Барон В.В., Савицкий Е.М. Ванадий и его сплавы // Изд-во «Наука», 1969. – 254 с.
- 2 Сайт «Все о металлургии - применение ванадия». Дата обновления: 04.02.20015. URL: <http://metal-archive.ru/vanadiy/950-primenenie-vanadiya.html> (дата обращения: 02.02.2018).
- 3 Черноусов, П. И. Ванадий: производство, потребление, структура рынка // Снабженец. – 2005. – 4. – С. 124 – 129.
- 4 Патент. RU 2167949. Способ получения слитков из сплавов на основе ванадия с титаном и хромом вакуумной дуговой гарнисажной плавкой. – 2001.