

УДК 546.112

**СИНТЕЗ МАТЕРІАЛА-НАКОПИТЕЛЯ ВОДОРОДА $Ti_{21,5}V_{40}Cr_{38,5}$ МЕТОДОМ ПЛАВЛЕННЯ
В ПЛАЗМЕ АНОМАЛЬНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА**

А.Е. Жданов, Т.Л. Мурашкина

Научный руководитель: к.т.н. М.С. Сыртанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: aez14@tpu.ru

**SYNTHESIS OF $Ti_{21,5}V_{40}Cr_{38,5}$ HYDROGEN STORAGE MATERIAL BY ABNORMAL GLOW
DISCHARGE PLASMA METHOD**

A.E. Zhdanov, T.L. Murashkina

Scientific Supervisor: Ph.D., M.S. Syrtanov

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

Email: aez14@tpu.ru

Abstract. *In the course of the work, $Ti_{21,5}V_{40}Cr_{38,5}$ samples were synthesized by two different methods: abnormal glow discharge plasma and arc melting. X-ray diffraction analysis shows the presence of the TiVCr main phase and Ti_2O phase. The phase composition of the alloy does not significantly change during annealing at 1400 °C for 48 hours. However, the annealing leads to the shift of the reflections on diffraction patterns that indicates stress relieving at high temperature.*

Введение. Водород является одним из наиболее перспективных носителей возобновляемой энергии и, возможно, способствует созданию низкоуглеродистого общества. Одной из актуальных целей на сегодняшний день, является поиск оптимальных материалов для хранения водорода, которые могли бы иметь более высокую объемную плотность, чем сжатый и/или жидкий водород. Кроме того, очень важным критерием для системы хранения водорода является цикличность сорбции/десорбции водорода [1]. Материалы для хранения водорода являются ключевыми для реализации возобновляемой энергии. Интерметаллиды могут более безопасно хранить высокую плотность водорода по сравнению с системами хранения газообразного и жидкого водорода при комнатной температуре [2]. Одними из наиболее перспективных материалов накопителей водорода являются интерметаллиды на основе Ti благодаря своей доступности в РФ и емкости по водороду, которая составляет около 3.5-4 масс%. [3]. Целью данной работы являлось синтез сплава TiVCr методом плавления в плазме аномального тлеющего разряда и с помощью дугового плавления и исследование структурно-фазового состояния [4].

Материалы и методы исследования. Для синтеза материала со стехиометрией $Ti_{21,5}V_{40}Cr_{38,5}$, использовались порошки титана, ванадия и хрома. Для синтеза порошки были предварительно спрессованы холодным статическим одноосным методом в закрытой пресс-форме. Образцы были подготовлены сплавлением шихты из исходных компонентов на медном водоохлаждаемом поду электродуговой печи с не расходуемым вольфрамовым электродом и с помощью магнетрона. На следующем этапе проводился 48-часовой отжиг при температуре 1400 °C. Синтезированные сплавы до и после отжига были проанализированы методом рентгенофазового анализа.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе работы методом рентгенофазового анализа были проанализированы образцы после синтеза. На втором этапе исследовались образцы подверженные

термічної обробки при 1400 °С в течение 48 годин. Дифрактограми синтезованих і отожжених зразків отриманих двома методами представлені на рис. 1 і 2.

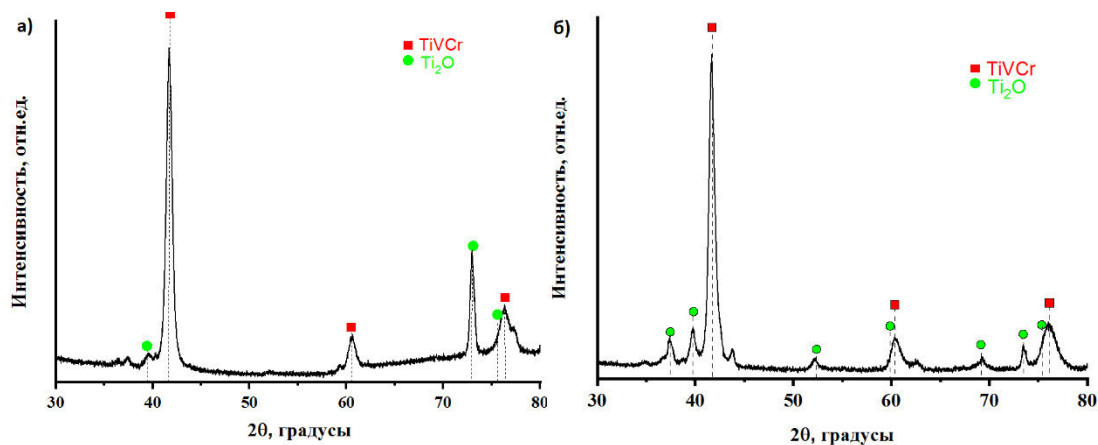


Рис. 1. Дифрактограми сплаву $Ti_{21.5}V_{40}Cr_{38.5}$ отриманого методом плавлення в плазмі аномального тлеючого до (а) і після (б) високотемпературного отжига при 1400 °С в течение 48 годин

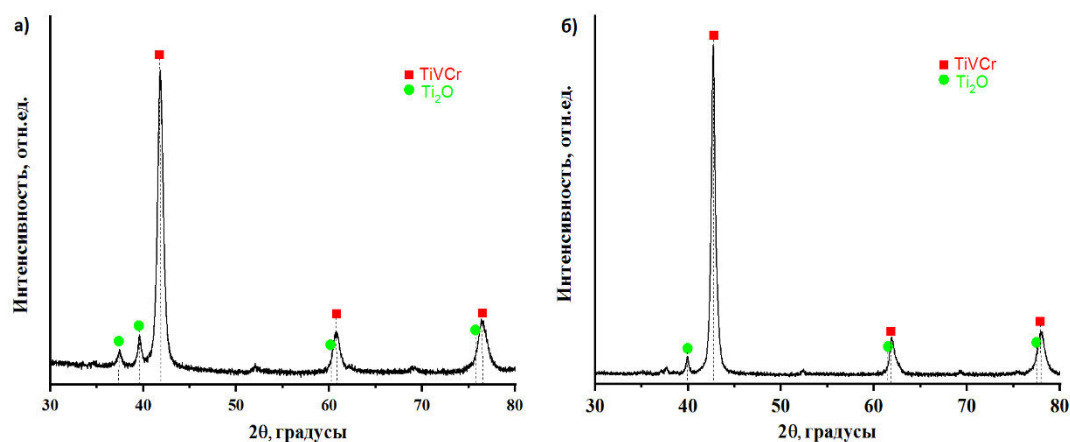


Рис. 2. Дифрактограми сплаву $Ti_{21.5}V_{40}Cr_{38.5}$ отриманого методом електродугової плавки до (а) і після (б) високотемпературного отжига при 1400 °С в течение 48 годин

В результаті синтезу методом плавлення в плазмі аномального тлеючого розряду на дифрактограмі спостерігаються рефлекси, що належать до основної фази $TiVCr$ з об'ємноцентрованою кубічною ґраткою, а також фази оксиду титану Ti_2O з гексагональною щільноупакованою модифікацією. Дифрактограма зразка, отриманого методом дугової плавки представлена такими ж фазами $TiVCr$ і Ti_2O . Формування фази оксиду титану обумовлено наявністю залишкового кисню в реакційній камері як в разі методу електродугової плавки, так і в плазмі аномального тлеючого розряду. Після отжига суттєвих змін фазового складу в зразках не спостерігалося. Однак, аналіз дифрактограм показав, що отожженим зразкам притаманне зменшення ширини всіх рефлексів, що свідчить про зняття внутрішніх напружень в аналізованих матеріалах.

Висновки. В ході роботи були синтезовані зразки $Ti_{21.5}V_{40}Cr_{38.5}$ двома різними методами: методом плавлення в плазмі аномального тлеючого розряду і з допомогою дугової плавки. Аналіз

фазового стану сплавів показав наявність основної фази $TiVCr$ і фази Ti_2O в обох методах одержання матеріалів. Встановлено, що відпал при температурі $1400\text{ }^\circ C$ в час не призводить до суттєвих змін фазового складу сплавів незалежно від методу синтезу. Виявлено, що в результаті вказаної термічної обробки спостерігається зменшення ширини всіх рефлексів на дифрактограмах, що свідчить про зняття внутрішніх напружень в одержаних сплавах. На наступному етапі роботи будуть проведені дослідження по оцінці сорбційних характеристик одержаних сплавів.

Дослідження виконано при фінансовій підтримці Державного завдання в рамках наукового проекту № FSWW-2021-0017.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Schlapbach L., Züttel A. Hydrogen-storage materials for mobile applications // Nature. – 2001. – Vol. 414. – P. 353-358.
2. Yang J., Sudik A. et al. High-capacity hydrogen storage materials: attributes for automotive applications and techniques for materials discovery // Chemical Society Reviews. – 2010. – Is. 2. – P. 656-675.
3. Колачев Б.А., Шалин Р.Е., Ильин А.А. Сплавы-накопители водорода. Справочник. М.: Металлургия, 1995. – 384 с.
4. Yukawa, H. Alloying effects on the hydriding properties of vanadium at low hydrogen pressures / H. Yukawa, A. Teshima, D. Yamashita [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2002. – V. 337. – № 1-2. – P. 264-268.