НИЦ «Курчатовский институт»-
ЦНИИ КМ «Прометей»
ДОУ
Вх. № 3668/17
«18» 11 2024 г.
Осн. 3 л.
Прил. — л.
в ДЕЛО
№
подп.

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Кузенова Сергея Ризабековича «Оптимизация ванадиевых сплавов для создания мембран, обладающих высокопроизводительным переносом водорода», представленной в диссертационный совет НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» 75.1.018.01 на соискания ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение»

Диссертационная работа Кузенова Сергея Ризабековича посвящена исследованию оптимизации легирования ОЦК-сплавов ванадия на основе определения термодинамических и кинетических параметров, ответственных за транскристаллический перенос водорода, а также изучению минимизации риска водородного охрупчивания мембран из рассмотренных сплавов ванадия. Актуальность темы данной работы напрямую связана с технологией глубокой очистки водорода с помощью высокопроизводительных мембран, обладающих 100% селективностью по изотопам водорода, для использования в энергетической и транспортной отраслях экономики в связи с развитием водородной энергетики, а также в рамках текущих задач ядерной энергетики и промышленности. Определение оптимальных концентраций легирующего элемента в ОЦК-сплавах ванадия с целью снижения растворимости и одновременного сохранения высокой подвижности водорода в решетке металлов позволяет повысить механическую стабильность композитной мембраны в эксплуатационных условиях, а выбор оптимального температурного диапазона работы мембраны дает возможность ее применения в течение длительного времени без существенного снижения производительности.

Диссертационная работа Кузенова Сергея Ризабековича состоит из введения, пяти глав, заключений и приложений, что обеспечивает логичность изложений, при этом описание экспериментов и выводов из них построено на хорошем уровне и соответствует предъявляемым требованиям. Основные результаты работы подтверждают эффективность легирования ванадия железом для уменьшения растворимости водорода, что снижает вероятность водородного охрупчивания при эксплуатации. Полученные экспериментальные данные демонстрируют, что при содержании железа свыше 7 ат.% риск охрупчивания снижается до приемлемого уровня, а производительность мембран значительно превышает палладиевые аналоги. Важным достижением является доказательство сохранения высокой скорости переноса водорода даже при увеличении легирующего элемента, что свидетельствует о потенциале данных сплавов для использования в водородной энергетике.

Методологическая часть автореферата показывает использование современных аналитических методов материаловедения, подробное обоснование и

строгий подход к обработке данных. Такие исследования, в частности применение PCT-метода для определения растворимости и диффузионных свойств, повышают достоверность полученных результатов и их применимость для реальных условий эксплуатации.

Научная новизна работы Кузенова Сергея Ризабековича состоит в том, что в ней:

- установлено, что железо эффективнее других легирующих элементов в ОЦК-сплавах ванадии снижает растворимость водорода, при этом твердые растворы водорода с содержанием Fe выше 7 ат.% ведут себя как идеальные вплоть до концентраций H/M, близких к насыщению;

- установлено, что для материала из ОЦК-сплава V-Fe с содержанием легирующего элемента 7.0-13.1 ат.% в диапазоне температур 300-400 °C наступает риск водородного охрупчивания при давлениях водорода выше 0.6 МПа;

- получены значения константы растворимости водорода для ОЦК-сплава V-Fe с содержанием железа 3.5-13.1 ат.% в диапазоне температур 250-450 °C, при этом константа растворимости снижается только за счет изменения энтальпии растворения при легировании ванадия железом, а неизменность предельной концентрации H/M и энтропийного множителя говорит о том, что число мест абсорбции для атомов водорода в решетке ОЦК-сплавов практически не меняется;

- определены значения проникающего потока водорода через мембраны из ОЦК-сплава V-Fe с содержанием железа 3.5-13.1 ат.% в температурном диапазоне 300-450 °C при входных давлениях водорода 0.1-0.8 МПа и атмосферном выходном давлении, при этом плотность проникающего потока снижается с ростом степени легирования, но остается в 2-3 раза выше потока через палладиевую мембрану аналогичной толщины в указанных условиях;

- определены значения коэффициентов диффузии водорода в ОЦК-сплава V-Fe с содержанием железа от 3.5 до 13.1 ат.%;

- установлена корреляция скорости снижения потока водорода через мембрану из ОЦК-сплава V-Pd с содержанием Pd 9 ат.%, покрытую с обеих сторон слоями палладия толщиной 1.5 мкм, с известной скоростью процесса взаимной диффузии в системе V-Pd при температурах 300-400 °C и времени экспозиции до 18 тысяч часов.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

- в тексте автореферата присутствуют несколько опечаток, в частности в ссылке на рисунок 4 (стр.12) даны обозначения в латинской транскрипции вместо русской, а при упоминании закона Сивертса в контексте диффузии водорода в сплавах даны ссылки на рисунок 2 вместо рисунка 4 (стр.15 и 16);
- для коэффициента диффузии водорода в выражении (9) указан некорректный индекс «V-6.3Fe» вместо «V-3.5Fe» (похоже на опечатку, стр.17);
- не вполне раскрыт смысл «термодинамического фактора» в модифицированном законе Фика и не приведены альтернативные гипотезы отклонения отдельных экспериментальных данных от закона Сивертса;

- работы проведены с использованием изотопа протия и отсутствуют предположения поведения рассмотренной системы для других изотопов водорода;
- несмотря на подробные исследования с материалом из ОЦК-сплава V-Fe, изучение термостабильности мембран показаны только для сплава V-Pd.

Сделанные замечания не снижают значимость представленных исследований. Диссертация Кузенова Сергея Ризабековича представляет собой квалификационную работу, выполненную на высоком уровне и содержащую завершенное и актуальное исследование с научно обоснованными выводами, результаты которого важны как для фундаментальных аспектов водородопроницаемости, так и для практической разработки мембранных технологий для водородной энергетики. С учетом этого считаем, что работа Кузенова Сергея Ризабековича полностью отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно пп. 9-11, 13 и 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Отзыв составили:

доктор технических наук (01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»), заместитель начальника НИО-19 по НИР Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», РФ, 607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37,
тел: +7 (83130)23473, arkad@triton.vniief.ru

Юхимчук Аркадий Аркадиевич

кандидат физико-математических наук (01.04.17 «Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва»), ведущий научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», РФ, 607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37,
тел: +7 (83130)23479, rkmusyaev@vniief.ru

–Мусяев Рафаэль Камилевич

Подписи и сведения
доктора технических наук А.А. Юхимчука
и кандидата физико-математических наук Р.К. Мусяева
заверяю:

Учёный секретарь ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ",
кандидат физико-математических наук _____ А.О. Бликов
07.11.2024