

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации С.Р. Кузенова «Оптимизация ванадиевых сплавов для создания мембран, обладающих высокопроизводительным переносом водорода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук (по специальности 2.6.17 Материаловедение).

Диссертационная работа Кузенова Сергея Ризабековича посвящена исследованию растворимости и переноса водорода в ОЦК-сплавах V-Fe – перспективном материале для изготовления высокопроизводительных мембран, обладающих 100% селективностью к водороду, а также определению оптимальному содержанию железа в сплавах V-Fe для предотвращения разрушения мембран из данных сплавов при их эксплуатации. Актуальность темы исследования связана с созданием недорогих и высокопроизводительных мембран, обладающих 100% селективностью по водороду, которые могут быть использованы в технологиях глубокой очистки водорода: очистка водорода от углеродсодержащих газов в газовой и нефтехимической промышленности, для питания низкотемпературных водородных топливных элементов, глубокая очистка водорода для полупроводниковой промышленности.

Перечисленным требованиям потенциально могут удовлетворять ванадиевые мембраны с защитно-каталитическим покрытием, однако в условиях их возможной эксплуатации имеются жесткие температурные ограничения. С одной стороны, для предотвращения охрупчивания материала мембраны из-за высокой растворимости водорода в ванадии, требуется высокая температура их эксплуатации (более 400°C), с другой стороны, при высоких температурах эксплуатации увеличивается скорость взаимной диффузии между ванадием и материалом покрытия, приводящая к образованию включений новых сплавов в материале мембраны, блокирующих перенос водорода.

В связи с этим, важнейшей задачей является создание сплава на основе ванадия с пониженной растворимостью водорода, позволяющей мембране не разрушиться при эксплуатации при температурах ниже 400°C. В то же время скорость диффузии водорода в сплаве должна быть сравнима с таковой в чистом ванадии.

В автореферате диссертации Кузенова Сергея Ризабековича подробно описаны результаты экспериментального исследования растворимости и переноса водорода в ОЦК-сплавах V-Fe, из которых делается обоснованный вывод, что данные сплавы являются подходящим материалом для создания высокопроизводительных мембран, обладающих 100% селективностью к водороду. Определена оптимальная концентрация легирующего элемента, позволяющая предотвратить разрушение мембраны при ее эксплуатации и одновременно сохранить высокую производительность, в несколько раз превышающую производительность палладиевой мембраны аналогичной толщины. Кроме этого, определена оптимальная температура эксплуатации мембран из сплавов V-Fe, имеющих защитно-каталитическое покрытие, при которой их производительность сохраняется высокой в течение 18000 часов 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, растворы водорода в сплаве с содержанием Fe выше 7 ат.% ведут себя как идеальные вплоть до концентраций Н/М, близких к значениям предельной растворимости;

- установлено, что для материала из ОЦК-сплава V-Fe с содержанием легирующего элемента 7.0-13.1 ат.% в диапазоне температур 300-400 °С 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 °С, при этом константа растворимости снижается только за счет изменения энтальпии растворения при легировании ванадия железом, а неизменность предельной концентрации Н/М 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 °С 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 переноса 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 °С и времени экспозиции до 18 тысяч часов.

По содержанию автореферата можно сделать несколько замечаний:

1. Поскольку автором было установлено, что минимальное содержание железа в сплаве должно составлять 7 ат.% (для предотвращения разрушения мембраны во время ее работы с водородом), открытым является вопрос о сохранении целостности мембран из малолегированного сплава (3.5 ат.%) после экспериментов с водородом;
2. В разделе автореферата, посвященном 3 главе, указана концентрация растворенного водорода, при которой происходит переход металла из пластичного в хрупкое состояние. Зависит ли эта концентрация от степени легирования ОЦК-сплавов V-Fe?

Сделанные замечания не снижают значимость представленных результатов и выводов. Диссертация Кузенова Сергея Ризабековича представляет собой квалификационную работу, выполненную на высоком уровне и содержащую завершённое и актуальное исследование с научно обоснованными выводами. Результаты работы важны как для развития теории водородопроницаемости металлических сплавов, так и для практической технологий для водородной энергетики. Считаю, 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».

К. ф.-м. н., доцент каф.

Электроники твердого
тела СПбГУ

Денисов Евгений Александрович

Личную подпись
И.О. начальника отдела
И.И. Константинова

Е.А. Денисов
К.И. Константинов

12.11.2024



Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>