

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 544.582.2

DOI: 10.17223/00213411/63/3/97

*И.С. ПЕТРИЕВ, М.Г. БАРЫШЕВ, К.А. ВОРОНИН, И.С. ЛУЦЕНКО, П.Д. ПУШАНКИНА, Г.Ф. КОПЫТОВ***ЗАВИСИМОСТЬ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Pd–Ag-МЕМБРАН ОТ СТРУКТУРЫ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ**

Разработаны методики получения модифицирующих покрытий для газодиффузионных мембран на основе сплава Pd – 23 % Ag. В целях интенсификации стадий хемосорбции и диссоциации и ускорения общего процесса переноса водорода через мембрану синтезированы высокоразвитые поверхностные структуры. Плотность потока водорода для мембран Pd – 23 % Ag с развитой поверхностью до 7 раз превышает значения плотности потока водорода для аналогичных мембран без модифицирующего слоя, при избыточном давлении водорода до 0.6 МПа и температуре до 100 °С. В ходе анализа разработанных методик было установлено, что плотность потока водорода для мембран с модифицирующим покрытием, синтезированным по методике, включающей стадию перекристаллизации, выше в 1.3 раза, чем плотность потока водорода для аналогичных мембран, синтезированных по стандартной методике. Экспериментально подтверждена возможность увеличения скорости переноса водорода для мембран, находящихся в режиме SLR (лимитирования поверхностными процессами), путем создания высокоразвитых поверхностных структур.

Ключевые слова: мембранные технологии, палладийсодержащие пленки, водородопроницаемость, наноструктурированная поверхность, модификация поверхности, водородные переносчики, высокочистый водород, комбинированные пленки.

Введение

Развивающаяся водородная энергетика с каждым годом требует увеличения объема производства водорода высокой чистоты. Высокочистый водород используется в технологиях микроэлектроники и нефтехимии для производства углеводородного топлива. Одним из самых простых и эффективных способов получения сверхчистого водорода является его мембранное выделение [1]. Такое извлечение производят при помощи высокотемпературных мембранных фильтров водорода на основе палладиевых сплавов, обладающих уникальной способностью избирательно транспортировать водород. Диапазон рабочих температур таких мембранных фильтров находится в области 500–600 °С, что создает некоторые ограничения и недостатки в использовании: во-первых, энергопотери в процессе производства водорода; во-вторых, загрязнение продифундировавшего водорода примесями, выделяемыми из конструкционных материалов аппаратуры диффузионной очистки водорода. Эти аспекты ограничивают использование палладиевых мембран и препятствуют их массовому внедрению в промышленность. Ситуация обстоит бы по-другому, если бы существовали мембраны, способные транспортировать водород в диапазоне температур до 200 °С с достаточной скоростью массопереноса. В идеальном случае они должны быть работоспособны при температуре окружающей среды.

На сегодняшний день, несмотря на большое количество публикаций и патентов, ввиду нестабильных и плохо воспроизводимых результатов низкотемпературной водородопроницаемости, область исследования металлических мембран для извлечения водорода из газовой смеси при температурах ниже 200 °С остается малоизученной и практически не разработанной [2]. Это, прежде всего, может объясняться до сих пор непреодоленным научным препятствием, общим для систем металл – водород, кинетическим торможением достижения равновесия при температуре ниже 200 °С, причиной которого является замедление перехода водорода через металлическую поверхность. Данное условие частично можно преодолеть с помощью модификации рабочей поверхности мембраны порошкообразными хемосорбирующими водород веществами (например, Fe, Co, Ni, Cu, платиновые металлы), которые при соприкосновении с компактными образцами Pd могут значительно ускорять растворение водорода при комнатной температуре или делать это растворение вообще возможным. В некоторых немногочисленных исследованиях, затрагивающих температурный диапазон до 200 °С, показано критическое падение водородопроницаемости вплоть до нестабильности получаемых результатов [3, 4]. Однако работы, показывающие стабильные воспроизводимые результаты водородопроницаемости низкотемпературных палладийсодержащих

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>