

К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРОВКИ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА

В. В. Яковлев,

аспирант

Д. А. Огорелков,

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

Аннотация. Водород — один из наиболее перспективных элементов для замещения углеводородов. В статье рассматриваются некоторые аспекты применения водорода в различных отраслях и отмечаются проблемы транспортировки, применения, хранения. Определяются задачи механики на пути дальнейшего распространения и применения водорода.

Ключевые слова: водород, транспортировка водорода, хранение водорода, водородная хрупкость.

ON THE ISSUE OF TRANSPORTATION, STORAGE AND USE OF HYDROGEN

Abstract. On the Issue of Transportation, Storage and Use of Hydrogen

Hydrogen is one of the most promising elements for replacing hydrocarbons. The article discusses some aspects of the use of hydrogen in various industries and notes the problems of transportation, use, storage. The tasks of mechanics on the way of further distribution and application of hydrogen are determined.

Keywords: hydrogen, hydrogen transportation, hydrogen storage, hydrogen fragility.

Введение. Водород является наиболее распространенным элементом во Вселенной (93 %) и одним из самых распространенных на Земле. Основным источником водорода на Земле являются вода и органические соединения. Водород начинает играть роль в энергетике соизмеримо углеводородам и газу. В наше время немаловажным экологическим фактором выходят обязательства по борьбе с изменениями климата. Водород является одним из необходимых элементов для достижения этих обязательств.

Производится водород в основном из углеводородов и применяется в месте производства. Актуальна проблема создания инфраструктуры для транспортировки и хранения, использования в значительной части промышленности. Важными направлениями потребления водорода являются нефтепереработка и химическая промышленность [1; 2].

Транспортировка водорода. Технологии транспортировки водорода известны давно, но с повышением потребления требуют переосмысления. На наземном транспорте перевозят водород в сжатом или сжиженном состоянии. Газообразный водород обычно транспортируется в стальных цилиндрических контейнерах емкостью 20 и 24 м³ под давлением до 20 МПа [3]. При транспортировке сжиженного водорода применяются автоцистерны 25 и 25 м³, при этом неизбежны потери в связи с непрерывным испарением водорода

и технологическими операциями. Одна из важных проблем механики — это обеспечение прочности цистерн различной формы для сжиженного водорода [4; 5].

Водород обычно транспортируют по трубопроводам двух видов: специальные водородные трубопроводы и трубопроводы природного газа. В существующих трубопроводах природного газа остро стоит вопрос о водородном охрупчивании [6]. Для оценки возможности транспортировки трубопроводы необходимо проверка НИОКР [7]. Такая транспортировка требует значительных вложений в строительство специальных трубопроводов поэтому имеет высокую стоимость транспортировки при малых объемах.

Хранение водорода. Водород хранится в виде сжатого газа или в сжиженном состоянии. Сжатый водород в водородных баках под давлением до 10 МПа. Из-за того что газообразный водород имеет малую плотность, хранить его выгодно в емкостях с малым объемом. Если повышать давление более 10 МПа, то возникают проблемы водородной хрупкости стали и удорожания конструкций. Жидкий водород в больших количествах хранят в специальных хранилищах. Жидкий водород имеет жесткие требования по хладостойкости, требуется постоянно поддерживать температуру. Еще одна проблема хранения сжиженного газа — это его испарение. Хранение водорода в жидком виде нецелесообразно для небольших

количеств. Подземное хранение водорода — это практика хранения водорода в пещерах, соляных куполах и истощенных месторождениях нефти и газа. Также используются системы хранения водорода в виде различного типа носителей (гидриды металлов, аланаты, борогидриды, амиды) и хранение водорода в мульти капиллярных структурах [8].

Применение водорода. В химической промышленности основными потребителями являются предприятия, производящие аммиак. Основной областью применения водорода в металлургии является производство металлизированного сырья методом прямого восстановления железа. Сейчас в этом процессе потребляется около 320 тысяч тонн водорода. В производстве холоднокатаной стали водород применяют для создания водородной среды при отжиге стали. По сравнению с азотоводородной смесью чистый водород обладает в 6,5 раз большей теплопроводностью и более высокой восстановительной способностью. Вследствие этого в водородных колпаковых печах в два раза выше коэффициент теплопередачи, что

способствует повышению производительности печей и обеспечивает существенно лучшее качество и чистоту поверхности отжигаемого металла. Эта технология не только повышает производительность процесса, но и улучшает механические свойства отжигаемого металла. Такие технологические показатели как предел прочности и предел текучести для отожженной по НРН технологии холоднокатаной полосы ниже и, что еще важнее, меньше по разбросу вследствие более равномерного распределения температуры. Чистота поверхности полосы, отожженной в среде водорода, лучше, чем при остальных методах отжига, прежде всего при температурах менее 700 °С [9].

Закключение. Многие специалисты считают, что водородная экономика — это будущее мировой экономики, где водород будет более эффективным энергоносителем, чем углеводороды. Но для этого предстоит решить еще немало проблем, связанных с транспортировкой, хранением и эффективным производством. Решить задачи водородной хрупкости стали и разработать новые композитные материалы, снижающие потери при диффузии.

Список литературы

1. *Moriarty P., Honnery D.* Prospects for hydrogen as a transport fuel // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. Vol. 44. Iss. 31. P. 16029–16037. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.04.278.
2. *Ajanovic A., Haas R.* Economic prospects and policy framework for hydrogen as fuel in the transport sector // Energy Policy. 2018. Vol. 123. P. 280–288. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.08.063.
3. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение / под ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубровкина. М. : Химия, 1989. 672 с.
4. *Emelyanov I. G., Mironov V. I., Lukashuk O. A.* Phenomenon of embrittlement in titanium shells from hydrogen exposure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. Iss. 2. P. 022067. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022067.
5. *Emelyanov I. G., Mironov V. I., Hodak A. S.* The boundary value problem of determining hydrogen concentration and the stress state in a titanium shell // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2176. P. 030005. DOI: 10.1063/1.5135129.
6. Effect of hydrogenation temperature and tensile stress on the parameters of the complete deformation diagram for steel 09G2S / V. I. Mironov, I. G. Emelyanov, D. I. Vichuzhanin et al. // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2020. Iss. 1. P. 24–33. DOI: 10.17804/2410-9908.2020.1.024-033.
7. *Алексеева О. К., Козлов С. И., Фатеев В. Н.* Транспортировка водорода // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. № 3 (21). С. 18–24.
8. Проблемы аккумуляирования и хранения водорода / В. Н. Фатеев, О. К. Алексеева, С. В. Коробцев и др. // Chemical problems. 2018. № 4 (16). С. 453–483.
9. Достижения в применении техники отжига в колпаковых печах [Электронный ресурс] // Черная металлургия России и стран СНГ в XXI веке : сб. науч. трудов. Т. 2. URL: <http://engineeringssystem.ru/sbornik-nauchnih-trudov-chernya-metalurgiya-rossii-i-stran-sng-tom2/dostizheniya-v-primeneniitehniki-otzhiga.php> (дата обращения: 10.12.2020).