

УДК 614.8

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ НА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ МЕТАЛЛОГИДРИДНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Ю.П. Ключка, ст. научн. сотр., к.т.н., В.И. Кривцова, профессор, д.т.н.,
В.Г. Борисенко, доцент, к.ф.-м.н.,
Национальный университет гражданской защиты Украины

Аннотация. Экспериментальным путем получены зависимости давления водорода в патроне с гидридом при воздействии на него открытого пламени. Показано, что экспериментальные данные соответствуют теоретическим значениям, приведенным в [4], с погрешностью $\approx 7\%$.

Ключевые слова: водород, гидрид, давление, время, температура, эксперимент.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІДКРИТОГО ПОЛУМ'Я НА ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКУ МЕТАЛОГІДРИДНОЇ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ

Ю.П. Ключка, ст. наук. співр., к.т.н., В.І. Кривцова, професор, д.т.н.,
В.Г. Борисенко, доцент, к.ф.-м.н.,
Національний університет цивільного захисту України

Анотація. Експериментальним шляхом отримано залежності тиску водню в патроні з гідридом при впливі на нього відкритого полум'я. Показано, що експериментальні дані відповідають теоретичним значенням, наведеним у роботі [4], з похибкою $\approx 7\%$.

Ключові слова: водень, гідрид, тиск, час, температура, експеримент.

ASSESSMENT OF OPEN FLAME IMPACT ON THE RISK OF METALHYDRIDE HYDROGEN STORAGE SYSTEMS EXPLOSION

Yu. Kluchka, senior researcher, Candidate of Technical Sciences,
V. Krivtsova, Professor, Doctor of Technical Sciences,
V. Borisenko, Associate Professor, Candidate of Physics and Mathematics,
National University of Civil Defence of Ukraine

Abstract. Experimentally there have been obtained the differences of hydrogen pressure in the hydride cartridge when exposed to the open flame. It is shown that experimental data match with theoretical values which were given in [4], with the accuracy of about $\approx 7\%$.

Key words: hydrogen, hydride, pressure, time, temperature, experiment.

Введение

Одним из способов хранения водорода в автомобиле является хранение в связанном состоянии, в частности в форме гидридов интерметаллидов [1]. Наиболее перспективным и изученным является LaNi_5 [2]. Одной из проблем использования этих систем является их пожаровзрывоопасность, обусловленная свойствами водорода и самой системой хра-

нения. В связи с этим определение изменения характеристик металлгидридного патрона с водородом и времени до его разрушения под воздействием внешнего источника тепла является актуальной задачей.

Анализ публикаций

В работах [2, 3] приведены характеристики металлгидридных систем, динамика выде-

ления водорода из гидрида, а также ряд их теплофизических характеристик. Однако на сегодняшний день отсутствуют результаты испытаний гидридных систем в случае воздействия на них тепловых потоков, имеющих место при пожаре.

В работе [4] были получены теоретические оценки времени до разрушения насыщенных гидридных систем с водородом под воздействием повышенной внешней температуры, а также получены дискретные модели зависимости давления в системе под воздействием температуры окружающей среды, характера ее изменения, а также степени насыщения гидрида водородом. Однако в работе [4] отсутствуют результаты экспериментальных исследований, которые бы позволили судить об адекватности приведенных моделей.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является получение экспериментальным путем зависимостей давления водорода в патроне с металлогидридом, в частности с LaNi_5H_x , при воздействии на него открытого пламени и их сравнение с теоретическими значениями, полученными в работе [4].

Проведение эксперимента

Для проведения эксперимента был использован гидридный патрон диаметром 38 мм и длиной 240 мм, выполненный из стали толщиной 1 мм, заполненный интерметаллидом LaNi_5 в количестве 800 г (рис. 1).



Рис. 1. Фото гидридного патрона

В качестве измерителя температуры использовался прибор измерительный и регулирующий РТЭ-4.8-11 «Эргос» с погрешностью измерения температуры $\pm 0,25\%$ и хромель-копелевая термопара – ТХК – Тип L (ГОСТ Р 8.585-2001). Давление в патроне измерялось с помощью манометра МТП-160, рассчитанного на максимальное давление 400 атм. с классом точности 1,5. Экспери-

мент проводился при температурах и временных диапазонах, характерных для пожара [5]. Патрон был размещен горизонтально в пламени костра на высоте 25 см (рис. 2). Размер костра и необходимое время горения определялись исходя из получения стабильных показаний термопарой путем проведения предварительных экспериментов.

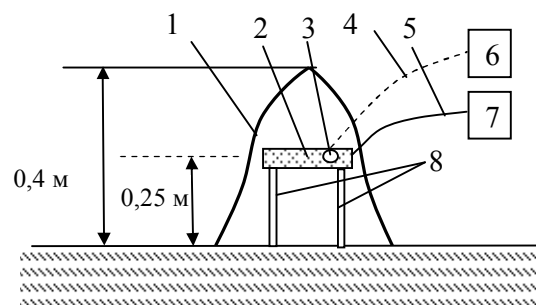


Рис. 2. Схема экспериментальной площадки: 1 – пламя костра; 2 – гидридный патрон с насыщенным гидридом; 3 – хромель-копелевая термопара – ТХК; 4 – кабель термопары; 5 – магистральная линия к манометру; 6 – преобразователь температуры; 7 – манометр; 8 – металлические опоры для гидридного патрона

На рис. 3 приведены полученные результаты изменения давления в патроне по времени при температуре пламени (1000 ± 35) К.

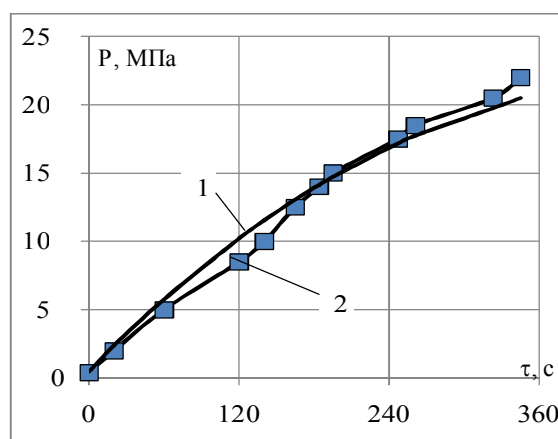


Рис. 3. Зависимость давления водорода в патроне при его нагревании: 1 – расчетное значение давления в соответствии с [4]; 2 – экспериментальные значения давления в патроне

Из рисунка следует, что по истечении 190 с расчетные значения давления становятся немного меньше, чем экспериментальные. Это можно объяснить погрешностью измерения

давления, погрешностью определения насыщенности гидрида, а также колебанием значения температуры в костре.

На рис. 4 приведены зависимости относительной погрешности определения давления от времени, а на рис. 5 приведено фото взорвавшегося гидридного патрона в результате эксперимента.

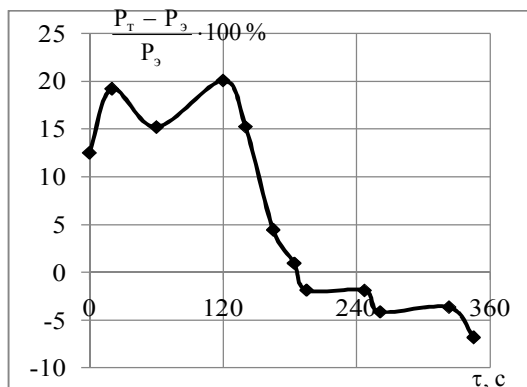


Рис. 4. Относительная погрешность расчетных значений давления водорода в патроне от времени

Из рис. 4 следует, что максимальное значение относительной погрешности составляет 20%. Среднее значение относительной погрешности составляет около 7%, что позволяет говорить об адекватности модели, полученной в работе [4].



Рис. 5. Фото взрыва и гидридного патрона после взрыва

В ходе эксперимента гидридный патрон взорвался при значении $P = 22$ МПа. Ожидаемое расчетное давление, при котором разрушится гидридный патрон, составляло $P = 19$ МПа, что говорит о некотором рассогласовании экспериментальных данных и теоретических. Разницу экспериментального и теоретического давления разрушения можно объяснить погрешностью определения насыщенности гидрида на начальном этапе, а также колебанием значения температуры в костре.

Выводы

Экспериментальным путем получены зависимости давления водорода в патроне с гидридом LaNi_5H_x при воздействии на него открытого пламени. Полученные экспериментальные значения позволили сделать вывод об адекватности теоретической модели, приведенной в [4]. Показано, что погрешность расчетных значений, в соответствии с [4], составляет в среднем 7%.

Литература

1. Ключка Ю.П. Особенности использования водорода на автомобильном транспорте / В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – № 26. – С. 49–61.
2. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей / А.И. Мищенко. – К.: Наукова думка, 1984. – 281 с.
3. Кривцова В.И. Теоретические и экспериментальные пути создания систем хранения и подачи водорода на основе твердых веществ для двигательных и энергетических установок летательных аппаратов: дисс... д-ра техн. наук: 05.07.05 / Валентина Ивановна Кривцова. – Х., 2001. – 420 с.
4. Ключка Ю.П. Определение времени разрушения гидридного патрона, обусловленного изменением температурных параметров окружающей среды / Ю.П. Ключка // Науковий вісник будівництва. – 2011. – № 68. – С. 77–80.
5. Клаус Д.П. Роль естественно-научной криминалистики / Д.П. Клаус. – М.: Юридическая литература, 1985. – 312 с.

Рецензент: М.Н. Кравцов, доцент, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2011 г.