

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19761**

(13) **С1**

(46) **2016.02.28**

(51) МПК

**С 01В 3/08** (2006.01)

**В 01J 7/00** (2006.01)

(54)

**ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ  
ЭНЕРГОУСТАНОВКИ**

(21) Номер заявки: а 20121019

(22) 2012.07.09

(43) 2014.02.28

(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Брестский государственный тех-  
нический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Есавкин Вячеслав Ивано-  
вич; Есавкин Артур Эдуардович  
(ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Брестский государственный  
технический университет" (ВУ)

(56) US 5372617 А, 1994.

RU 2385288 С1, 2010.

RU 2001134347 А, 2003.

RU 2007103411 А, 2008.

RU 2357333 С2, 2008.

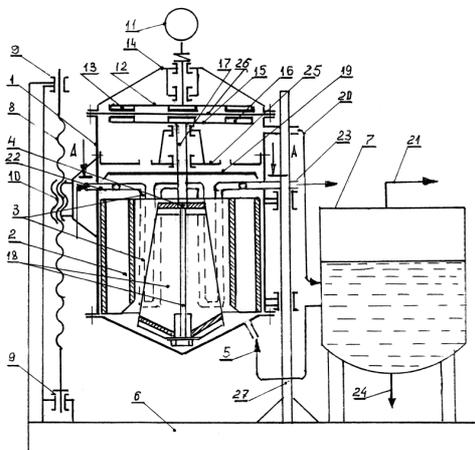
KZ 1724 А, 1995.

RU 2407701 С2, 2010.

RU 2253606 С1, 2005.

(57)

Генератор водорода для транспортной энергоустановки, содержащий реакционный сосуд с твердым реагентом, теплообменник и устройство для перемешивания, установленные в реакционном сосуде, и магистраль отвода из реакционного сосуда водорода, отличающийся тем, что содержит механизм вертикального перемещения реакционного сосуда и раму, на которой неподвижно установлены ресивер жидкого реагента с трубопроводом отбора шлама, при этом реакционный сосуд включает крышку с перегородкой и соединен с ресивером жидкого реагента магистралью подачи жидкого реагента и магистралью отвода водорода; механизм вертикального перемещения реакционного сосуда, выполнен в виде передачи винт-гайка, винт которой смонтирован с возможностью вращения



Фиг. 1

**ВУ 19761 С1 2016.02.28**

в неподвижных опорах, а гайка установлена жестко на корпусе реакционного сосуда; устройство для перемешивания выполнено в виде ротора с вертикальными ребрами и вертикально расположенным валом, на котором установлена отражательная шайба, при этом вертикальные ребра выполнены из алюминия или его сплавов, а привод ротора включает ведущий диск, выполненный из немагнитного материала и установленный на крышке с возможностью вращения, и ведомый диск, выполненный из немагнитного материала и жестко установленный на валу ротора, постоянные магниты, установленные на ведущем и ведомых дисках, при этом перегородка крышки выполнена из немагнитного материала и расположена между ведущим и ведомым дисками, твердый реагент выполнен из алюминия или его сплавов в виде гофрированной оболочки, расположенной по периметру стенки реакционного сосуда, а жидкий реагент представляет собой водный раствор гидроокиси кальция.

---

Изобретение относится к энергетическому оборудованию и может использоваться для получения водорода как в стационарных установках, так и в двигателях внутреннего сгорания, работающих на водородном топливе или в электромобилях, использующих электрохимические генераторы на водороде, что дает экологически чистый выхлоп отработанных газов.

Известны сплав и газогенератор для получения водорода. Сплав выполняется на основе алюминия, содержит алюминий и обезвоженный гидроксид щелочного металла в весовом количестве до 10 % или обезвоженный гидроксид щелочного металла и медь до 5 % так, чтобы в сумме этот сплав содержал эти добавки до 10 %. Способ получения сплава заключается в том, что обезвоженный гидроксид щелочного металла помещают на дно тигля, а сверху размещают алюминий и при необходимости медь, плавку ведут в индукционной печи в вакууме при 0,2-0,5 атм. или в защитной атмосфере инертного газа. Сначала расплавляют гидроксид щелочного металла и в его расплаве при температуре выше 660 °С плавят алюминий и при необходимости медь. Газогенератор водорода содержит реактор, выполненный в виде теплообменника, в котором пластины и трубки изготовлены из этого сплава, а промежутки между пластинами и трубками заполнены водой [1]. В качестве обезвоженного гидроксида щелочного металла сплав содержит обезвоженный гидроксид натрия, лития или калия.

Недостатками сплава и генератора для получения водорода являются высокая энергоемкость плавки, трудоемкость приготовления сплава и высокая его стоимость, поскольку используются гидроксиды легких металлов. Этот сплав используется для изготовления генератора, который содержит реактор, выполненный в виде теплообменника, в котором пластины и трубки выполнены из того же сплава, что существенно повышает стоимость генератора и стоимость получаемого водорода. Кроме того, сам сплав содержит щелочь, что повышает степень ядовитости устройства.

Известен генератор водорода для питания энергоустановки на основе тепловых элементов, используемой на подводном аппарате [2]. Данный реактор также использует реакцию гидролиза, а в качестве твердого реагента используются металлгидриды (то есть соединения металлов с водородом). Генератор включает реакционный сосуд, в который помещается камера с гидридом металла, теплообменник для отвода тепла реакции, устройство для перемешивания воды в реакционном сосуде (размещенное внутри последнего) и магистрали для подачи в реактор воды и отвода из реактора водорода.

При этом для улучшения габаритно-весовых характеристик ЭУ применяются гидриды легких металлов, которые являются дорогостоящими (LiH, BeH<sub>2</sub>...), что существенно повышает стоимость получаемого водорода и является недостатком генератора.

Помимо этого к недостаткам следует отнести следующее:

# ВУ 19761 С1 2016.02.28

высокая трудоемкость получения металлгидридов;

жесткая расходная характеристика генератора, обусловленная сильной зависимостью скорости химической реакции от температуры и, как следствие этого, сложность стабилизации работы генератора;

энергоемкость системы терморегулирования генератора;

тепловая инерционность, затрудняющая его использование в транспортных энергоустановках.

Последнее обусловлено тем, что для функционирования генератора на стационарном режиме необходимо поддерживать определенную температуру твердого и жидкого реагентов. Если их много, поддержание температурного режима генератора усложняется технически и требует существенных энергозатрат (например, на работу перемешивающих устройств). Кроме того, переходные режимы работы такого генератора занимают в этом случае достаточно много времени, что для транспортных задач это является огромным недостатком.

Технический результат, на решение которого направлено изобретение, заключается в разработке генератора водорода с более "мягкой" расходной характеристикой, с автоматической стабилизацией режима работы, с повышенным быстродействием и использованием его на транспорте с применением дешевых и не ядовитых сырьевых материалов.

Технический результат достигается тем, что в генераторе, работающем на гидролизе твердого реагента с жидким реагентом, содержащем механизм вертикального перемещения реакционного сосуда и раму, на которой неподвижно установлены ресивер жидкого реагента с трубопроводом отбора шлака, при этом реакционный сосуд включает крышку с перегородкой и соединен с ресивером жидкого реагента магистралью подачи жидкого реагента и магистралью отвода водорода; механизм вертикального перемещения реакционного сосуда выполнен в виде передачи винт-гайка, винт которой смонтирован с возможностью вращения в неподвижных опорах, а гайка установлена жестко на корпусе реакционного сосуда; устройство для перемешивания выполнено в виде ротора с вертикальными ребрами и вертикально расположенным валом, на котором установлена отражательная шайба, при этом вертикальные ребра выполнены из алюминия или его сплавов, а привод ротора включает ведущий диск, выполненный из немагнитного материала и установленный на крышке с возможностью вращения, и ведомый диск, выполненный из немагнитного материала и жестко установленный на валу ротора, постоянные магниты, установленные на ведущем и ведомых дисках, при этом перегородка крышки выполнена из немагнитного материала и расположена между ведущим и ведомым дисками, твердый реагент выполнен из алюминия или его сплавов в виде гофрированной оболочки, расположенной по периметру стенки реакционного сосуда, а жидкий реагент представляет собой водный раствор гидроокиси кальция.

В генераторе водорода устройство для перемешивания жидкого реагента выполнено в виде ротора с вертикальной осью вращения, с установленными на нем отражательным диском и вертикальными ребрами, выполненными из алюминия или его сплавов, а привод ротора осуществляется посредством механизма с магнитной связью.

В генераторе водорода механизм с магнитной связью привода ротора выполнен из двух дисков из немагнитного материала, ведущего с установленными на нем постоянными магнитами и смонтированного на крышке реакционного сосуда с возможностью вращения относительно последней и ведомого с постоянными магнитами, смонтированного жестко на валу ротора, причем между дисками ведущим и ведомым смонтирована перегородка из немагнитного материала.

В генераторе водорода механизм вертикального перемещения реакционного сосуда выполнен на основе механической передачи винт-гайка, винт смонтирован с возможностью вращения в неподвижных опорах рамы, а гайка установлена жестко на корпусе реакционного сосуда.

# ВУ 19761 С1 2016.02.28

Изобретение поясняется фигурами, где на фиг. 1 приведен общий вид предлагаемого устройства, на фиг. 2 приведен разрез по сечению А-А.

Обозначения: 1 - реакционный сосуд; 2 - твердый реагент; 3 - теплообменник; 4 - ротор; 5 - магистраль подачи жидкого реагента; 6 - рама; 7 - ресивер; 8 - винт; 9 - опоры винта; 10 - гайка; 11 - двигатель; 12 - ведущий диск; 13 - постоянные магниты ведущего диска; 14 - крышка; 15 - ведомый диск; 16 - постоянные магниты ведомого диска; 17 - вал; 18 - ребра ротора; 19 - отражательная шайба; 20 - магистраль отвода водорода к ресиверу; 21 - отводной трубопровод водорода к потребителю; 22 - входной патрубок теплообменника; 23 - выходной патрубок теплообменника; 24 - трубопровод отбора шлака; 25 - внутренняя перегородка; 26 - перегородка крышки реактора из немагнитного материала; 27 - направляющая.

Устройство содержит реакционный сосуд 1, в котором помещается твердый реагент 2, выполненный в виде гофрированной оболочки с целью повышения активной поверхности твердого реагента и обеспечения установки в нем теплообменника 3. Твердый реагент выполняется из алюминия или его сплавов.

Внутри реакционного сосуда 1 установлен ротор 4 с ребрами 18, обеспечивающими перемешивание жидкого реагента и его перемещения по твердому реагенту вверх до отражательной шайбы 19, а затем по ребрам 18 вниз. Ребра 18 ротора 4 и отражательная шайба 19 также выполнены из алюминия или его сплавов с целью увеличения активной поверхности твердого реагента, т.е. твердым реагентом являются ребра 18 и отражательная шайба 19.

Привод ротора 4 осуществляется от двигателя 11 механизмом с магнитной связью, представляющим собой магнитную муфту, выполненную из ведущего диска 12 с установленными на нем постоянными магнитами 13 и смонтированного на крышке 14 реакционного сосуда 1 с возможностью вращения относительно ее, и ведомого диска 15 с установленными на нем постоянными магнитами 16, смонтированного на валу 17 ротора 4.

Для обеспечения регулировки производительности генератора реакционный сосуд 1 установлен на раме 6 с возможностью вертикального перемещения при помощи механизма винт-гайка. Винт 8 установлен в опорах 9, а гайка 10 жестко закреплена на реакционном сосуде 1.

Жидкий реагент (водный раствор гидроокиси кальция) помещается в ресивер 7 и из ресивера 7 поступает в реакционный сосуд 1 по магистрали подачи жидкого реагента 5. Отвод водорода к ресиверу 7 выполняется по магистрали 20, а к потребителю по отводному трубопроводу 21. Шлак из ресивера 7 удаляется через трубопровод отбора шлака 24.

Предлагаемый генератор работает следующим образом: ресивер 7 заполняется жидким реагентом (водным раствором гидроокиси кальция). При помощи механизма вертикального перемещения реакционного сосуда 1, содержащего винт 8, установленный в неподвижных опорах 9 и его гайки 10, жестко установленной на корпусе реакционного сосуда 1, его опускают вниз до заполнения на 1/3 жидким реагентом вращением винта 8. Жидкий реагент при необходимости при запуске подогревают теплоносителем, подаваемым в входной патрубок теплоносителя 22 теплообменника 3, а через выходной патрубок 23 теплоноситель поступает на охлаждение. Включают двигатель 11 механизма привода ротора 4. Механизм привода ротора 4 представляет собой механизм с магнитной связью (магнитную муфту), содержащую 2 диска, выполненных из немагнитных материалов, ведущего 12 с установленными на нем постоянными магнитами 13 и смонтированного на крышке 14 реакционного сосуда 1 с возможностью вращения относительно ее и ведомого 15 с установленными на нем постоянными магнитами 16, смонтированного на валу 17 ротора 4.

За счет магнитных сил обеспечивается взаимное притяжение дисков 12 и 15 и передача вращающего момента от двигателя 11 на ротор 4. Применение такого механизма привода ротора позволяет обеспечить высокую герметичность реакционного сосуда 1, в

котором вращается ротор 4, и исключает утечки водорода через уплотнительные детали (сальники и др.), их в устройстве нет, поэтому коэффициент полезного действия такого механизма высок, что способствует стабилизации режима работы генератора. Кроме того, герметичность в реакционном сосуде, обеспеченная механизмом с магнитной связью  $\gamma$  и на выходе установленным ресивером, исключает проникновение кислорода из воздуха и образование оксидной пленки на твердом реагенте, что повышает быстродействие такого генератора.

При большой скорости вращения ротора 4 обеспечивается интенсивное движение жидкого реагента за счет центробежных сил по твердому реагенту 2 вверх, а затем от отражательной шайбы 19 по ребрам 18 ротора 4 вниз. При движении жидкого реагента в реакционном сосуде 1 и при подаче в теплообменник 3 горячего теплоносителя происходит механическое разрушение оксидной пленки алюминия абразивными частичками, содержащимися в жидком реагенте (песком, вводимым в жидкий реагент при приготовлении), а далее идут химические реакции и разложение оксидной пленки щелочью и взаимодействие алюминия с водой. В результате выделяется водород и через магистраль 20 поступает в ресивер 7, при этом выделяется тепло и водяной пар. Протекающие реакции экзотермические. Поэтому, чтобы реактор не взорвался, надо отводить тепло, пропуская холодный теплоноситель через теплообменник 3, а это еще дополнительный источник энергии, который можно использовать для обогрева (помещений, салона транспортного средства и др.). В ресивере 7 (он же конденсатор) вода и растворенные в ней примеси высвобождаются из парогазового потока и возвращаются в реакционный сосуд 1. Водород направляется по отводной трубе 21 потребителю.

Производительность генератора регулируется в два приема. Изменением интенсивности движения жидкого реагента в реакционном сосуде (т.е. изменением частоты вращения вала двигателя 11) и при выключенном двигателе 11 изменением уровня жидкого реагента в реакционном сосуде 1 при помощи механизма вертикального перемещения реакционного сосуда включением привода винта 8. Повышается уровень жидкого реагента в реакционном сосуде 1, соответственно увеличивается смоченная площадь твердого реагента 2 и ребер 18 ротора 4, которые представляют дополнительный твердый реагент. Как следствие, увеличиваются производительность генератора и расход генерируемого водорода. Понижается уровень жидкого реагента в реакционном сосуде 1, соответственно уменьшается смоченная поверхность твердого реагента и снижаются производительность и расход генерируемого водорода. Возможность регулировать расход водорода изменением частоты вращения вала двигателя 11 и перемещением реакционного сосуда 1 одновременно позволяет получить генератор с еще более "мягкой" расходной характеристикой и автоматической стабилизацией режима его работы при изменении производительности, введя в механическую систему дополнительно систему автоматического контроля, содержащую контрольноизмерительные приборы.

Кроме того, регулировка производительности генератора в два приема позволяет обеспечить его повышенное быстродействие на различных режимах работы, при различных нагрузках на двигатели транспортных средств при управлении ими в ручном и автоматическом режимах.

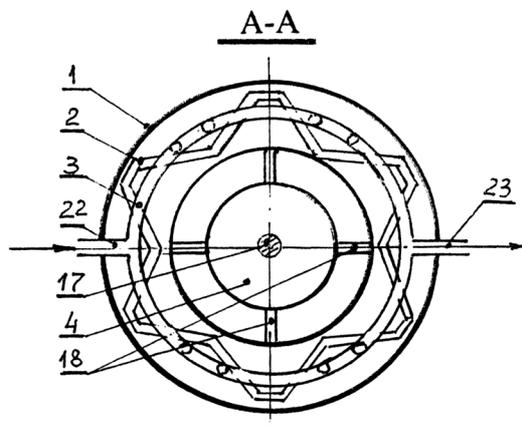
При остановке генератора механизмом вертикального перемещения поднимают реакционный сосуд 1 вверх, жидкий реагент перетекает в ресивер 7 по магистрали 5, а твердый реагент изолируется в атмосфере водорода. Выделение водорода прекращается.

Предлагаемое техническое решение позволяет создать генератор водорода, работающий на реакции гидролиза, имеющий глубокую степень регулировки, мягкую расходную характеристику, повышенное быстродействие и способный работать в режиме автостабилизации. Все это делает целесообразным использование такого генератора водорода на транспорте. Следует отметить, что в предлагаемом генераторе возможно использование в качестве жидкого реагента различных видов щелочей.

# ВУ 19761 С1 2016.02.28

## Источники информации

1. Патент РП на изобретение 2253606, МПК С 01В 003/08, 2004 (аналог).
2. Патент США 5372617, 1994 (прототип).



Фиг. 2