

Створення литих бар'єрних оболонок для біметалевих і комбінованих балонів зберігання водню.

Создание литых барьерных оболочек для биметаллических и комбинированных баллонов хранения водорода.

The creation of cast barriered shell for bimetallic and combined hydrogen-storage balloons

1. Номер державної реєстрації теми – 0110U001217.

2. Науковий керівник – чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Чернега Д.Ф., Чернега Д.Ф., Chernega Dmitriy F.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Аналіз сучасних конструкцій балонів виготовлених з аустенітних сталей вказує на те, що вони характеризуються недостатньою корозійною стійкістю в водневому середовищі, що призводить до виникнення «водневої деградації» стінок ємностей і значних втрат водню в навколишнє середовище. Існуючі технології виготовлення захисних бар'єрних оболонок, шляхом нанесення срібних, золотих і мідних покриттів на внутрішню стінку із нержавіючої сталі, дозволяють запобігти проникненню водню через стінки балонів і забезпечити надійність в процесі їх експлуатації. Однак, такі ємності характеризуються високою трудомісткістю і собівартістю, складністю їх виготовлення.

З метою усунення «водневої деградації» аустенітної сталі розроблено спосіб нанесення захисної бар'єрної оболонки на внутрішню стінку ємності зберігання водню, що базується на двох послідовних технологічних операціях: перша – створення суцільного дифузійного шару товщиною 600-700 мкм шляхом алітування сталюї поверхні; друга – нанесення на дифузійний шар бар'єрної оболонки із сплаву типу АК9 товщиною 2-3 мм.

Створення литих бар'єрних оболонок для комбінованих балонів, з внутрішньою захисною бар'єрною стінкою з корозійностійкого алюмінієвого сплаву, а зовнішньою силовою – з високоміцного алюмінієвого сплаву або полімерного матеріалу, досягається за рахунок отримання їх в кокілі з послідовно направленою кристалізацією рідкого металу і з використанням методу зворотного видавлювання деталей типу «стакан» із литих заготовок. В кокілі з направленою кристалізацією рідкого металу отримуються пошарові двохфункціональні стінки алюмінієвого балону зберігання водню, де внутрішня стінка виконана з корозійностійкого сплаву типу АК9, а зовнішня силова – з високоміцного сплаву типу АК8МЗ. Виготовлення бар'єрних оболонок, з використанням методу зворотного видавлювання деталей типу «стакан» із литих заготовок, ведеться в два етапи: на першому – отримується порожнина деталі глибиною 0,75-0,8 від максимально заданої, а на другому – формується дно і отримується задана глибина деталі типу «стакан». Отримані захисні бар'єрні оболонки (деталі типу «стакан»), що являють собою дві половини ємностей зберігання водню, надійно з'єднуються між собою аргонно-дуговим зварюванням.

Впровадження комплексної технології створення литих бар'єрних оболонок в виробництво дозволить з успіхом вико рсхати сплави типу АК9 і АК8 М в яко ті конструкційних матеріалів при виготовленні ємностей зберігання водню принципово нової конструкції, знизити металоемність, повністю виключити проникнення водню через стінки балонів, підвищити термін експлуатації в 1,5 – 2,0 рази і рекомендувати їх для безпечного зберігання водню при тиску в межах 2-10 МПа.

(рос.)

Анализ современных конструкций баллонов изготовленных из аустенитных сталей указывает на то, что они характеризуются недостаточной коррозионной стойкостью в водородной среде, что приводит к возникновению «водородной деградации» стенок емкостей и существенным потерям водорода в окружающую среду. Существующие технологии изготовления защитных барьерных оболочек, путем нанесения серебрянных, золотых и медных покрытий на внутреннюю стенку из нержавеющей стали, позволят

предотвратить проникновение водорода через стенки баллонов и обеспечить надежность в процессе их эксплуатации. Однако, такие емкости характеризуются высокой трудоемкостью и себестоимостью, сложностью их изготовления.

С целью устранения «водородной деградации» аустенитной стали разработан способ нанесения защитной барьерной оболочки на внутреннюю стенку емкости хранения водорода, который базируется на двух последовательных технологических операциях: первая – создание сплошного диффузионного слоя толщиной 600-700 мкм путем алитирования стальной поверхности; вторая – нанесение на диффузионный слой барьерной оболочки из сплава типа АК9 толщиной 2-3 мм.

Создание литых барьерных оболочек для комбинированных баллонов, которые состоят с внутренней защитной барьерной стенки с коррозионностойкого алюминиевого сплава и внешней силовой – с высокопрочного алюминиевого сплава или полимерного материала, достигается за счет получения их в кокиле с последовательно направленной кристаллизацией жидкого металла и с использованием метода обратного выдавливания деталей типа «стакан» из литых заготовок. В кокиле с направленной кристаллизацией жидкого металла изготавливаются послойные двухфункциональные стенки алюминиевого баллона для хранения водорода, где внутренняя стенка выполнена с коррозионностойкого сплава типа АК9, а внешняя силовая – с высокопрочного сплава типа АК8М3. Изготовление барьерных оболочек с использованием метода обратного выдавливания деталей типа «стакан» из литых заготовок ведется в два этапа: на первом – получается полость детали глубиной 0,75-0,8 от максимально заданной, а на втором – формируется дно и получается заданная глубина детали типа «стакан». Полученные защитные барьерные оболочки (детали типа «стакан»), которые представляют собой две половины емкостей хранения водорода, надежно соединяются между собой аргоно-дуговой сваркой.

Внедрение комплексной технологии создания литых барьерных оболочек в производство позволит успешно использовать сплавы типа АК9 и АК8 М в качестве конструкционных материалов при изготовлении емкостей хранения водорода принципиально новой конструкции, понизить металлоемкость, полностью устранить проникновение водорода через стенки баллонов, повысить срок эксплуатации в 1,5-2,0 раза и рекомендовать их для безопасного хранения водорода под давлением в пределах 2-10 МПа.

(англ.)

Analysis shows modern design balloons from austenitic steels, which they characterizes lack resistance to corrosion in a hydrogen environment. This leads to a «hydrogen degradation» of the vessel wall and loss of hydrogen in environment deference. There exists an technology of manufacturing the protective barrier membranes by coating the inner wall of the silver gold and copper, stainless steel, can prevent the penetration of hydrogen through the walls of the cylinders and to ensure reliability during their operation. However, these containers are characterized by high complexity and the cost and complexity of their manufacture.

The way to eliminate the «hydrogen degradation» of austenitic steel designed for applying protective barrier coating on the inner wall of the storage capacity of hydrogen. It consists of two successive technological operations. The first -the creation of a continuous diffusion layer thickness of 600-700 microns using aluminizing surface of steel. The second – the application layer on the diffusion barrier of shell-type alloy АК9 2-3 mm thick.

Create barrier membranes cast for cylinders combined with internal protective barrier wall made of corrosion-resistant aluminum alloy and the cternal pover-from high-strength aluminum alloy, or polymeric material is achieved by getting them into the molds with consistent directional solidification of the molten metal and using the back extrusion-type parts «glass» of the castings. The walls of the aluminum cylinder are obtained by cross-sectional bifunctional in molds with directional solidification of the molten metal storage of hydrogen. Wall interior is made of corrosion-resistant alloy type АК9. External power – from high-strength alloy type АК8М3. Manufacturing is carried out in two stages of barrier membranes, using the back extrusion parts

such as «glass» of the castings. Shell protective barrier (the details of the «glass») is the two halves of the storage tanks of hydrogen are joined firmly together argon-welding.

Implementation will allow the creation of barrier membranes cast in the production of complex technologies are successfully used alloys of AK9 and AK8M3 as a structural materials in the manufacture of storage tanks of hydrogen fundamentally new design, to reduce metal consumption, eliminate completely the penetration of hydrogen through the wall of the cylinder, increasing the life of 1,5-2,0 times and recommend them for safe storage of hydrogen at a pressure of 2-10 MPa range.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

На розроблений спосіб алітування виробів з аустенітних сталей при створенні біметалевих балонів зберігання водню одержано патент України на корисну модель № 61649 від 25.07.2011 року, бюл. № 4.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Порівняльний аналіз існуючих способів отримання захисних бар'єрних оболонок для ємностей зберігання водню як у вітчизняних, так і зарубіжних засобах інформації вказує на те, що розроблена комплексна технологія створення литих бар'єрних оболонок для біметалевих і комбінованих балонів зберігання водню дозволить вперше використати сплави типу АК9 і АК8М3 в якості конструкційних матеріалів при виготовленні ємностей принципово нової конструкції, які по своїм технічним характеристикам майже не поступаються деформованим алюмінієвим сплавам, а по корозійній стійкості в водневому середовищі перевищують аустенітні нержавіючі сталі, з яких традиційно виготовляються балони для зберігання водню.

- 6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).** Комплексна технологія отримання литих бар'єрних оболонок на основі алюмінієвих сплавів типу АК9 і АК8М3, що включає водневу та позапічну обробку рідкого металу, спосіб нанесення бар'єрних оболонок на внутрішню поверхню стінки сталевих балонів зберігання водню та технологію створення литих бар'єрних оболонок для комбінованих ємностей зберігання водню дозволяє значно підвищити показники міцності, герметичності і корозійної стійкості цих сплавів. В порівнянні з існуючими технологіями виготовлення ємностей зберігання водню використання алюмінієвих сплавів в якості конструкційних матеріалів для отримання литих бар'єрних оболонок повністю усуває проникнення водню через стінки балону, забезпечує зниження матеріалоемності і собівартості виготовлення балонів на 20-30 %. Вартість реалізації розробленої технології при терміні впровадження 16-20 місяців не перевищує 250 тис. грн. Розроблена технологія характеризується достатньою економічною привабливістю і адаптованістю до існуючої інфраструктури ливарних цехів машинобудівних підприємств, оскільки впровадження її у виробництво не потребує спеціального обладнання і при цьому дозволить замінити сталеві балони на біметалеві і комбіновані ємності, подовжити термін їх експлуатації при тиску водню в межах 2-10 МПа і за рахунок цього отримати річний економічний ефект 150 тис. грн.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Розроблена технологія може бути використана, в першу чергу, на підприємствах по виробництву балонів для зберігання водню та інших газоподібних продуктів, а також у ливарних цехах машинобудівних підприємств різної форми власності, де виникає потреба отримання ливарних алюмінієвих сплавів з підвищеною міцністю, герметичністю, корозійною стійкістю і технологічністю щодо зварювання.

8. Стан готовності розробки.

Розроблена технологія пройшла дослідно-промислове випробування у Малому виробничо-впроваджувавальному підприємстві «МЕКОЛ» ФТІМС НАН України і рекомендована до впровадження на підприємствах по виготовленню ємностей зберігання водню при тиску 2-10 МПа. Розроблена технологічна інструкція по виплавці ливарних алюмінієвих сплавів з високими експлуатаційними характеристиками, отриманню з них

бар'єрних оболонок та технологічним засобам щодо створення біметалевих і комбінованих балонів зберігання водню. Створено дослідний зразок малогабаритного комбінованого балону на основі алюмінієвих сплавів, де в якості внутрішньої захисної бар'єрної оболонки використовується корозійностійкий сплав типу АК9, а зовнішньою силовою оболонкою – високоміцний сплав типу АК8МЗ.

9. Існуючі результати впровадження. Розробка знаходиться в стадії впровадження у виробництво.

10. Назва підрозділу, телефон, E-mail.

Інженерно-фізичний факультет, кафедра фізико-хімічних основ технології металів, тел. (044) 238-73-67, e-mail: admin@fhotm.kpi.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д. Влияние комплексной обработки расплава на структуру и механические свойства сплава типа АК9 // Процессы литья.-2010.-№ 1.-С.12-16.
2. Чернега Д.Ф., Кудь П.Д., Иванченко Д.В. Ливарний алюмінієвий сплав для ємностей зберігання водню // Наукові вісті НТУУ «КПІ».-2010.-№ 1.- С.125-130.
3. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д. Сплав для алітування поверхності сталей аустенитного класу // Процессы лиття.-2011.-№ 2.- С.12-17.
4. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д., Рыбак В.Н. Физико-химические основы влияния модифицирования карбамидом на свойства литейных алюминиевых сплавов // Процессы лиття.-2011.- № 3.- С.12-18.
5. Chernega D., Sorochenko V., Kud P. Usage of casting aluminium alloys for hydrogen-storing vessels // Journal «Innovations and Technologies News».- August 2011.
6. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д. Литейный алюминиевый сплав в качестве конструкционного материала для комбинированных емкостей хранения водовода // Процессы лиття.-2011.-№ 6.- С. 15-22.
7. Рыбак В.М. Видалення магнію з алюмінієвих сплавів за допомогою криолітово-карбамідного флюсу // Автореф. дис.канд.техн.наук.- 2011.-16 травня.- 25 с.
8. Железний А.Г. Виплавка у ВІП легованих алюмінієво-кремнієвих сплавів для виготовлення ємностей зберігання водню // Магістерська дисертація, НТУУ «КПІ».- 2010.-червень.- 135 с.
9. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д. Сплав на основі алюмінію для ємностей зберігання водню // Збірка праць співробітників кафедри ФХОТМ «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра», Київ, НТУУ «КПІ».- 2010.- С.249-255.
10. Чернега Д.Ф., Кудь П.Д., Железний А.Г. Вплив водневмісних сполук на механічні властивості Al-Si сплавів // Також там, Київ, НТУУ «КПІ».- 2010.- С.141-147.
11. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д., Сакал С.С. Технологія алітування сталей аустенітного класу // Також там, Київ, НТУУ «КПІ».- 2011.
12. Сороченко В.Ф. Модель впливу обробки розплаву водневмісними речовинами на вміст водню і властивості алюмінієвих сплавів // Також там, Київ, НТУУ «КПІ».- 2010.- С.268-275.
13. Чернега Д.Ф., Сороченко В.Ф., Кудь П.Д. Технологічні особливості способу алітування високолегованих сталей // Збірка праць міжнародної науково-технічної конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні», Київ, НТУУ «КПІ».- 2011.
14. Патент України на корисну модель № 61649 С22С 2/06 «Спосіб алітування виробів з аустенітної сталі» // Зареєстровано 25.07.2011. – бюл. №4.

12 . Фото наукової розробки надається.



Загальний вигляд малогабаритного комбінованого балону зберігання газоподібного водню