



**ИНСТИТУТ ВОДОРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ**

607181, Россия, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, дом 29,  
офис 309  
ИНН 5254032750, КПП 525401001, ОГРН 1065254018147  
(83130) 6-31-07, 9-44-72

**INSTITUTE OF HYDROGEN ECONOMY LIMITED**

607181, Russia, Nizhny Novgorod region, Sarov, Moscow Str., 29

**Исх. №912**  
от 15.09.2021

**ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Дышлюк Марии Александровны на тему: «Закономерности калориметрических эффектов в твердых растворах внедрения металл-водород, железо-углерод и железо-азот», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение в (в металлургии)**

Автореферат соискателя ученой степени кандидата технических наук Дышлюк Марии Александровны представлен на 18 страницах, содержит 15 научных печатных трудов, опубликованных в ведущих российских и зарубежных научных журналах, включенных в Перечень ВАК. Автореферат представляет собой добротную научную работу, которая прекрасно обоснована и хорошо представлена, содержит 6 глав и 18 рисунков. В работе показано, что введение в аморфные сплавы водорода усложняет процессы расстеклования аморфной матрицы во всех исследованных сплавах и увеличивает тепловой эффект при переходе из аморфного состояния в кристаллическое.

Водород образует гидридоподобные фазы, деструкция которых при нагреве сопровождается эндотермическим эффектом и эвакуацией водорода из образца. Введение водорода в быстрозакаленные сплавы с эффектом памяти формы позволяет изменять температуру мартенситного превращения, что расширяет область применения таких сплавов. Изучение состояния поверхности сплавов до и после насыщения сплавов водородом, показало, что в рентгеноаморфном состоянии существуют, по всей видимости, зародыши кристаллизации, ориентированные нормально к поверхности. После насыщения сплавов водородом можно получить ультрамелкодисперсную наноструктуру. Методами DSC и TG анализа показано, что разложение гидроксида титана имеет трехступенчатый дискретный переход от модификации гидроксида

титана с высоким содержанием водорода к другой, с более низкой концентрацией водорода.

При термоциклировании в двухфазных сплавах металл V группы-Н низкотемпературные и высокотемпературные эффекты формально можно отнести к фазовым переходам I рода, которые не описываются известными фазовыми ДС металл V группы - Н. Низкотемпературные явления обусловлены процессами образований около линий ограниченной растворимости концентрационных флуктуаций гидридной фазы в твердом растворе водорода в металле.

Высокотемпературные эффекты связаны с переходом не полностью упорядоченных по водороду структур квазиоднородного твердого раствора в абсолютно неупорядоченную по водороду  $\alpha$ -фазу, с единовременным выходом водорода из образца. Осуществлено прецизионное определение критических точек и тепловых эффектов при нагреве и охлаждении в сталях 12Х2Н4, 20Х3МВФА и 38Х2МЮА. Зафиксирован двухступенчатый переход из перлитного состояния и обратно, присущий только легированным низкоуглеродистым сталям.

При введении в стали 12Х2Н4 и 20Х3МВФА углерода при цементации, калориметрические эффекты при аустенизации значительно отличаются по температурам регистрации и величине тепловых эффектов от имеющих место в заэвтектоидных углеродистых сталях. Обнаружено заметное влияние содержащегося в стали азота на фазовые трансформации при нагреве азотированного слоя стали 38Х2МЮА: потеря веса образца и отсутствие на DSC кривой особенностей, которые можно отнести к протеканию превращения браунит  $\rightarrow$  аустенит и растворению избыточного феррита.

Полученные в работе данные были применены при выборе режимов термической и химико-термической обработки, а также при проведении коррекции технологических процессов цементации и азотирования деталей ответственного машиностроения на АО «Редуктор-ПМ», что зафиксировано в акте внедрения. Системы металл-водород могут рассматриваться как модельные при исследовании структурно-фазовых превращений в твердых растворах и присутствующих в них фаз внедрения. Это обусловлено высокой диффузионной подвижностью атомов водорода, на порядки превышающей диффузионную подвижность, например, атомов углерода или азота в сплавах на основе железа.

**Таким образом, проведенное исследование показывает, что применение метода DSC позволяет обнаружить и исследовать *in situ* неизвестные ранее особенности при структурно-фазовых превращениях в металлических сплавах различной этимологии.**

**Актуальность работы.** Метод дифференциальной сканирующей калориметрии высокого разрешения (DSC) наиболее успешно применяемый в последнее время метод изучения превращений в металлах и сплавах. Достоинствами данного метода являются: широкой температурный интервал исследований (от  $-90^{\circ}\text{C}$  до  $+1600^{\circ}\text{C}$ ); возможность оценивать энтальпию и энтропию фазового перехода, соотносить такие переходы с фазовыми превращениями I или II рода; отсутствие жестких требований к геометрии образцов; возможность регистрации изменения веса образца при нагреве метастабильных сплавов, в том числе и сплавов системы металл-водород. Такими возможностями не обладает ни один другой метод исследования. При его применении с достаточно высокой точностью фиксируются экзо- и эндотермические эффекты как в твердом состоянии, так и при плавлении или кристаллизации различных сплавов. Метод DSC дает нам представление о процессах, происходящих во всем объеме исследуемого материала. И поэтому он лишен известных неопределенностей и субъективизма при выборе микроучастков материала для структурных исследований и анализа полученной при микроскопических исследованиях информации. Проведенные исследования основаны на использовании метода DSC для изучения структурно-фазовых превращений в тех научных направлениях, где данная методика применялась эпизодически или вообще до настоящего времени не использовалась. В частности, в области альтернативной энергетики в той ее материаловедческой части, которая связана с изучением взаимодействия водорода с кристаллическими и аморфными материалами. Это изучение способов нетрадиционного формирования структур в содержащих водород материалах. Как известно, введение водорода в сплавы изменяет их свойства, а материалы с водородом могут служить как, катализаторами различных процессов (например, гидрид титана), так и аккумуляторами водорода (сплавы V группы с водородом). Особый промышленный интерес представляет область знаний о калориметрических эффектах, протекающих в низкоуглеродистых сталях, предназначенных для цементации и азотирования. Калориметрия таких сталей после цементации и азотирования ранее никогда не проводилась.

**Замечания по научной работе.** Хотелось бы пожелать соискателю шире раскрыть прикладные возможности работы на примере конкретных технических решений.

Вместе с тем представленная диссертация является законченным научным исследованием, содержание которой полностью соответствует заявленной специальности.

Диссертационная работа «Закономерности калориметрических эффектов в твердых растворах внедрения металл-водород, железо-углерод и железо-азот» Дышлюк Марии Александровны соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013г., а автор, Дышлюк Мария Александровна, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение в (в металлургии).

Я, Гусев Александр Леонидович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дышлюк, и их дальнейшую обработку.

Гусев Александр Леонидович, генеральный директор Института водородной экономики. Адрес организации: 607183, Нижегородская область, г. Саров, ул. Московская, дом 29; тел. +7 904 788 44 77, e-mail: [gusev@hydrogen.ru](mailto:gusev@hydrogen.ru)

**Руководитель Групп компаний «Альтернативная энергетика и экология» и «Водород», главный редактор Международного научного журнала «Альтернативная энергетика и экология», научный руководитель, генеральный директор Института водородной экономики**

**15 сентября 2021 года**



**А.Л. Гусев**

А.Л. Гусев, +7 (904)-788-44-77, telegram: +79047884477; e-mail: [gusev@hydrogen.ru](mailto:gusev@hydrogen.ru)  
15.09.2021