

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.03, профессора ОЭФ ИЯТШ ТПУ, д.ф.-м.н. Тюрина Юрия Ивановича, на диссертацию Бордулева Юрия Сергеевича «ВОДОРОД-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ДЕФЕКТЫ В СПЛАВЕ $Zr1\%Nb$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния

Актуальность

Проблемы исследований систем металл-водород концентрируют различные фундаментальные и прикладные аспекты неизбежного проявления водорода в качестве временного или постоянного легирующего элемента, позволяющего управлять структурообразованием и свойствами металлов и сплавов, водородной хрупкостью материалов, циклируемостью и аккумулирующими свойствами накопителей водорода в гидридообразующих металлических материалах.

В изделиях из циркониевых сплавов, взаимодействие с водородом происходит в активной зоне ядерного реактора в процессе эксплуатации и сопровождается деградацией физико-механических свойств материалов. Одной из причин этого, является образование и рост дефектов, ускоряемый воздействием водорода. Проникая в материал, водород активно взаимодействует с имеющимися дефектами и индуцирует образование новых. Природа водород-индуцированных дефектов и механизм их образования в настоящее время до конца не изучена.

Многие результаты изучения дефектной структуры систем металл-водород получены в основном теоретическими методами, ввиду отсутствия или недоступности широкому кругу исследователей экспериментальных установок, с требуемыми характеристиками. В этом ряду особенно перспективным направлением исследования структурных дефектов в системах металл-водород является метод электрон-позитронной аннигиляции (ЭПА), позволяющий определять тип дефектов и концентрацию дефектов.

Сказанное выше говорит о том, что выбранная Бордулевым Ю.С. тема диссертационной работы, посвященная исследованию дефектной структуры в сплаве $Zr1\%Nb$ является, безусловно, актуальной.

Целью диссертационной работы Бордулева Ю.С. служит установление закономерностей эволюции дефектной и кристаллической структуры сплава $Zr1\%Nb$ при водородном насыщении на основе теоретических с использованием теории функционала электронной плотности и приближения псевдопотенциала спроецированных волн, реализованных в программном комплексе ABINIT и экспериментальных исследований позитронной спектроскопии дефектов и структурных методов анализа и исследования механических характеристик.

Диссертационная работа содержит 128 страниц машинописного текста, четыре главы, 44 рисунка, 4 таблицы, библиографический указатель из 205 наименований. Объем и структура диссертации соответствует требованиям ВАК.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы, сформулирована цель и задачи диссертационной работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, обоснованы научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов и апробация работы.

В первой главе выполнен аналитический обзор по взаимодействию водорода с металлами и сплавами. Рассмотрены физические основы поведения позитронов в материале, характеристики позитронной аннигиляции и влияние водорода на параметры аннигиляции позитронов в дефектных структурах.

Во второй главе определены методы подготовки и изучения $Zr1\%Nb$, насыщенного водородом, наиболее полно соответствующие поставленным целям и задачам диссертационной работы. Подробно описаны методы аннигиляции позитронов. Отдельное место занимают результаты определения вклада и источника на основе изотопа ^{44}Ti в спектры времени жизни позитронов, а также разработки способа подготовки образцов системы “металл-водород” для позитронных исследований.

Третья глава посвящена теоретическому и экспериментальному определению характеристик позитронной аннигиляции в основных типах дефектов водородного происхождения в цирконии.

В четвертой главе автор представил результаты исследования эволюции водород-индуцированных дефектов в сплаве $Zr1\%Nb$ различными методами с обсуждением эволюции как дефектной, так и кристаллической структуры на основе полученных результатов.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Впервые, количественно определены значения базовых характеристик позитронной аннигиляции (время жизни, коэффициент захвата позитронов) в дислокациях циркония.
2. Численно определено влияние расширения решетки, растворения водорода в междоузлиях и захвата водорода вакансиями в цирконии на время жизни позитронов и импульсное распределение аннигиляции позитронов.
3. Экспериментально установлены закономерности эволюции дефектной и кристаллической структуры сплава $Zr1\%Nb$ при насыщении водородом из газовой фазы.

Достаточно высокий уровень выполненных исследований аргументированно отражен в публикациях по теме диссертационной работы: 4 статьи в журналах из списка ВАК, 9 статей в журналах из базы данных Scopus, а также тезисы в 6 сборниках трудов и материалов международных конференций.

Практическая ценность работы Бордулева Ю.С. определяется востребованностью установленных в ней характеристик позитронной аннигиляции в циркониевом сплаве для анализа и контроля дефектной и электронной структуры циркониевых материалов при радиационных и механических воздействиях.

Основные результаты и выводы в диссертации достоверны и укладываются в рамки современных представлений о взаимодействии водорода с дефектами в металлических системах.

Автореферат соответствует диссертации и в полной мере отражает её содержание.

Положения, выносимые на защиту, основные результаты и выводы по диссертации в полной степени опубликованы автором в научных журналах и трудах конференций.

В качестве замечаний к диссертации отметим следующее:

1. Известно, что при эксплуатации изделий из циркониевого сплава в нормальных условиях в реакторе, насыщение водородом происходит неравномерно по глубине. Однако соискателем данный вопрос не исследован для случаев «тонкий» и «толстый» образец.
2. В ходе эксперимента образцы насыщали при повышенной температуре, после чего происходило остывание образцов. В работе не описано, какой вклад вносит остывание после наводороживания на эволюцию дефектной структуры. Не использованы возможности альтернативных насыщения образцов (катодный, плазмохимический).
3. Следует с осторожностью относиться к логическим построениям типа:

стр.73 «С другой стороны, можно заметить, что спектры, измеренные для образцов с различным уровнем деформации внешне неотличимы.

... Далее спектры времени жизни позитронов были разложены на 2 экспоненциальные компоненты с применением стандартной модели захвата. В результате была получена компонента аннигиляции позитрона в дислокациях, время жизни позитронов в которой составило 217пс.

... Видно, что с увеличением уровня деформации наблюдается рост S- и снижение W- параметров формы во всех случаях, кроме образца, прокатанного до уровня деформации 10 %, где зависимость имеет обратный характер. Исходя из представленных данных, можно заключить, что это снижение времени жизни и S-параметра является свидетельством не ошибки обработки соответствующих данных, но отражением физической картины »

Разложением на две экспоненты, можно достичь в пределах точности измерений таких разностей двух больших величин, в значения величин которой может быть уложены самые разные экспериментальные кривые.

Несмотря на замечания, диссертация Бордулева Ю.С. представляет законченное исследование, расширяющее представление о взаимодействии водорода с дефектами в сплаве Zr1%Nb.

Диссертация написана ясным языком и аккуратно оформлена.

Результаты работы могут быть использованы в различных отраслевых, вузовских и академических учреждениях России : АО Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара (г. Москва), Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург), Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск), Институт проблем сверхпластичности металлов РАН (г. Уфа) и другие организации.

По объему и актуальности выполненных исследований, уровню научной новизны и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Ю.С. Бордулева удовлетворяет требованиям ВАК РФ а также п.8 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (dis.tpu.ru)., а сам соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку своих персональных данных.

Профессор

Тюрин Юрий Иванович

Ю.И. Тюрин
07.02.2020

Сведения: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, проспект Ленина, 30 , Доктор физико-математических наук , профессор , ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор отделения экспериментальной физики ИЯТШ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, tyurin@tpu.ru, 8-_____

Подпись Ю.И. Тюрина заверяю

Ученый секретарь ТПУ

Ананьева О.А.
Ананьева О.А.

