

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Григорьевой Полины Михайловны на тему «Влияние деформаций высокопрочных конструкционных материалов на транспорт водорода из внешней среды», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 (ранее 01.02.04) – «Механика деформируемого твердого тела»

В 2017 г. Григорьева П.М. получила степень магистра по направлению «Механика и математическое моделирование» на кафедре Теоретической механики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (диплом с отличием). В том же году поступила в аспирантуру в Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого по направлению «Математика и механика», окончила аспирантуру в 2020 г. С 2017 года работает в ИПМаш РАН в должности стажера-исследователя. С 2018 г. выполняла научно-исследовательскую работу под моим руководством. В течение пяти лет является членом научного коллектива гранта РНФ.

Коррозионные процессы и взаимодействие металлических конструкций с водородосодержащими средами приводят к водородной хрупкости, индуцированному водородом разрушению, снижению ударной вязкости и трещинно-стойкости металлов. Новые высокопрочные сплавы становятся более чувствительны к концентрациям водорода, чем считалось ранее, и существующие модели не способны адекватно описать весь спектр явлений, связанных с индуцированной водородом деградацией металлов. Поэтому взаимодействие нагруженных конструкций с водородом является актуальной темой исследования.

Одной из задач, лежащей в основе моделей водородных феноменов, является задача об адсорбции и диффузии водорода внутрь металла, которая может протекать в металле, находящемся под внешней нагрузкой и дополнительно индуцировать внутренние напряжения. Исследование взаимовлияния транспорта водорода из внешней среды на напряженно-деформированное состояние металла, изучение параметров диффузии под нагрузкой, представляет фундаментальный и практический интерес.

Диссертационная работа Григорьевой П.М. посвящена разработке моделей диффузии, абсорбции и десорбции водорода методами механики сплошных сред и линейной неравновесной термодинамики, которая позволяет за счет учета напряженно-деформируемого состояния твердого тела объяснить некоторые аспекты комплексного явления водородной деградации. Учет напряженно-деформированного состояния позволил определить эффективный коэффициент диффузии и связанные с напряженно-деформированным состоянием термодинамические силы, инициирующие дополнительные потоки диффундирующего вещества. Учет ловушечных мод позволил описать влияние перераспределения связанного водорода на профиль концентрации в ходе его абсорбции и дальнейшего транспорта в металле. Применение разных подходов позволило описать ряд малоисследованных в литературе эффектов, возникающих при описании возникновения приповерхностного наводороженного слоя при диффузии водорода в стальных изделиях.

К наиболее существенным результатам, полученным Григорьевой П.М., можно отнести следующие. Определен вклад переменного коэффициента диффузии, зависящего от напряженно-деформированного состояния вещества, на скорость распространения фронта химической реакции, кинетика которого описывается с помощью тензора химического сродства. Для различных переменных коэффициентов диффузии решены краевые задачи распространения плоского, сферического и аксиально-симметричного фронта реакции в твердом теле. По результатам анализа дискретных термодесорбционных спектров водорода и его изотопов при ступенчатом изменении температуры экстракции, для которого был использован традиционный подход Киссингера, получены значения энергии активации для процесса абсорбции и десорбции водорода в титане. Проанализированы также зависимости энергии активации от времени десорбции, количества вышедшего водорода и температуры его экстракции. На основе полученных экспериментальных данных значений энергии активации выведено, что диффузия водорода из гидрида титана не может быть аппроксимирована согласно Киссингеру, как разложение химического соединения. Внесены уточнения и дополнения в модели диффузии газа, учитывающие напряженно-деформированное состояние твердого тела в рамках подхода линейной неравновесной термодинамики. Произведен анализ учета влияния напряженно-деформированного состояния твердого тела, концентрации в нем газовой компоненты, учтены каналы диффузии, описывающие транспорт связанного водорода. Впервые предложена ловушечная модель с учетом тензора поврежденности металла, феноменологически описывающая диффузию водорода в ловушечных модах. Решены краевые задачи о нахождении распределения водорода в сплошном цилиндре под действием аксиальных напряжений и о полукруглой плоской полубесконечной трещине. Предложены модели для описания возникновения тонкого поверхностного слоя, который содержит в себе повышенную концентрацию водорода.

Разработанные в работе подходы и полученные на их основе результаты позволили провести анализ влияния напряженно-деформированного состояния твердого тела на процесс массопереноса внутри него, что представляет значимость, в частности, при оценке сроков службы стальных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных и водородосодержащих средах; при разработке способов хранения водорода и прогнозировании деградации соединений водорода с металлами; при разработке новых функциональных материалов с внутренней микроструктурой.

Результаты диссертационной работы Григорьевой П.М. опубликованы в 10 работах, в том числе в 2 работах в изданиях, включенных в перечень ВАК, и в 6 работах в изданиях, входящих в международные базы данных SCOPUS и Web of Science. Результаты докладывались Григорьевой П.М. на российских и международных конференциях и семинарах. При подготовке публикаций и докладов Григорьева П.М. продемонстрировала способность вдумчиво работать с научной литературой, логически излагать материал и анализировать полученное решение. Во время устных выступлений Григорьева П.М. продемонстрировала владение материалом, широкий научный кругозор и умение отвечать на вопросы. Стоит отметить владение Григорьевой П.М. научной терминологией на русском и английском языках.

При выполнении диссертационной работы Григорьева П.М. показала себя как квалифицированный специалист в области механики деформируемого твердого тела и

самостоятельный и инициативный исследователь, способный к аналитическому и творческому мышлению.

Считаю, что диссертационная работа Григорьевой Полины Михайловны удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 (ранее 01.02.04) - «Механика деформируемого твердого тела», а ее автор заслуживает присуждения ей соответствующей ученой степени.

Научный руководитель

Полянский В.А.

Полянский Владимир Анатольевич

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук

Полное название места работы, должность: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, директор

Адрес места работы (вкл. индекс): 199178, г. Санкт-Петербург, Большой пр. В.О., д. 61

Тел.: +7 (812) 321-47-78

E-mail: pva@ipme.ru



Полянского В.А.

Помощник директора

Андреева С.И.

2022 г.