

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Мерсона Е.Д. «Исследование механизма разрушения и природы акустической эмиссии при водородной хрупкости низкоуглеродистой стали», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния

Проблемы, связанные с водородной хрупкостью сталей, особенно остро стоят в нефтегазовой отрасли, эксплуатирующей оборудование для хранения, переработки и транспортировки водородосодержащих сред. Образование твердых растворов внедрения водорода с металлами приводит к существенным изменениям механических свойств конструкционных материалов, прежде всего, к снижению пластичности. Предотвращение водородной хрупкости при эксплуатации оборудования осложняется многообразием форм присутствия водорода в металлах, что требует тщательного изучения взаимосвязи микроструктуры и механизмов деформирования и разрушения сталей при наличии в них водорода. В свете сказанного диссертационная работа Мерсона Е.Д., которая посвящена изучению формирования дефектов при деформировании низколегированной стали, содержащей диффузионно-подвижный водород, является **актуальной**.

В диссертационной работе исследованы закономерности электролитического наводороживания низкоуглеродистой стали S235JR и предложена физическая модель электролитического наводороживания низкоуглеродистой стали. Изучен процесс деформирования и разрушения низкоуглеродистой стали с различным содержанием водорода с использованием лазерной и электронной сканирующей микроскопии, акустической эмиссии при одноосном растяжении и трехточечном изгибе. Проведено сравнение акустической эмиссии при растяжении ненаводороженных и наводороженных образцов. Показано, что насыщение образцов водородом сложным образом влияет на поведение АЭ. Наводороживание при низкой плотности тока приводит к снижению энергии АЭ, а при более высокой плотности тока к сильному ее возрастанию. Снижение энергии акустической эмиссии при небольших концентрациях водорода связано с сокращением протяженности площадки текучести, тогда как повышение АЭ вызвано истечением водорода из металла при деформировании.

Рассмотрен рост дефектов типа «рыбий глаз» в низкоуглеродистой стали, насыщенной водородом, на разных стадиях деформирования. Для этого была применена методика «замораживания» дефектов на каждой стадии деформирования. Показано, что формирование этих дефектов происходит на стадии деформационного упрочнения, а на стадии локализованной деформации происходит интенсификация роста количества и размера дефектов «рыбий глаз».

Для сравнения был проведен анализ акустического излучения при деформировании высокоуглеродистой стали, который позволил установить



взаимосвязь сигналов АЭ с межзеренным растрескиванием. По характеру этого излучения выявлена стадийность и кинетика разрушения охрупченной водородом данной стали.

**Научная новизна** работы заключается в установлении закономерностей формирования дефектов типа «рыбий глаз» в электролитически наводороженной низкоуглеродистой отожженной стали в процессе ее одноосного растяжения, которые заключаются в том, что рост количества и площади данных дефектов начинается сразу после завершения площадки текучести на стадии деформационного упрочнения и интенсифицируется на стадии локализованной деформации.

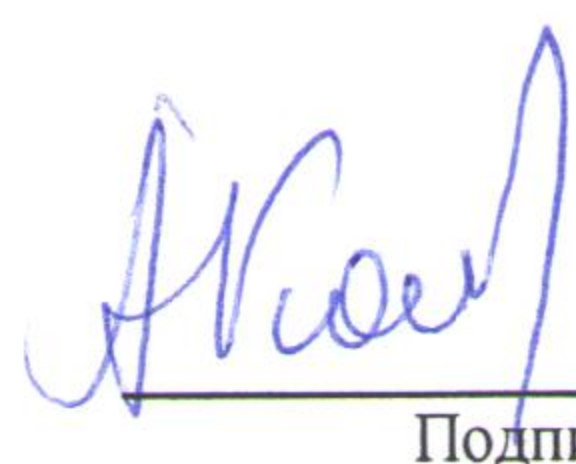
**Практическая значимость** связана с перспективой использования результатов исследований при разработке методик на основе акустической эмиссии для неразрушающего контроля и мониторинга оборудования, эксплуатируемого в условиях риска развития водородной хрупкости.

Диссертация хорошо апробирована, по теме диссертации опубликовано 30 печатных работ, из которых 8 в рецензируемых изданиях, входящих в систему цитирования Web of Science и Scopus и рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций. Результаты работы обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

К автореферату имеются следующие **замечания**:

1. На графиках не показаны погрешности измерений.
2. При перечислении изменений, к которым приводит вакуумный отжиг, говорится об «увеличении ... относительного удлинения». О каком удлинении идет речь?
3. В тексте автореферата к рисунку 2а деформационное упрочнение обозначено как  $\epsilon_{cw}$ . На самом рисунке такого обозначения нет.

Сделанные замечания не являются принципиальными, выполненная диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. II.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Мерсон Е.Д. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

 25.11.16  
Подпись, дата

Колубаев Александр Викторович,  
д.ф.-м.н., профессор

Заведующий лабораторией физики упрочнения поверхности  
Института физики прочности и материаловедения СО РАН  
634055, Томск, проспект Академический, 2/4  
Телефон: +7(3822)286-970  
e-mail: [kav@ispms.tsc.ru](mailto:kav@ispms.tsc.ru)

Подпись Колубаева А.В. удостоверяю,  
ученый секретарь ИФПМ СО РАН, д.т.н.



 В.С. Плешанов