

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

DOI: 10.17223/24135542/2/12

Фундаментальные принципы создания сплавов с многоуровневой структурой для работы в условиях низких температур

Руководитель проекта: **Лев Борисович Зуев**, доктор физ.-мат. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет (г. Томск, Россия). E-mail: lbz@ispms.tsc.ru.

Ответственный исполнитель: **Светлана Александровна Баранникова**, доктор физ.-мат. наук, Национальный исследовательский Томский государственный университет (г. Томск, Россия). E-mail: bara71s@yandex.ru.

Аннотация исследования:

Явление охрупчивания металлов и сплавов при низких температурах (хладноломкость) является комплексной проблемой, которая, несмотря на длительный период исследований, не нашла полного и адекватного решения. Длительная эксплуатация стальных конструкций в условиях Сибири и Крайнего Севера сопровождается изменением состояния металла, которое может привести к преждевременному разрушению в условиях воздействия рабочих механических нагрузок. Для его предотвращения важна информация о техническом состоянии металла, которое можно оценивать с использованием современных ультразвуковых технологий, позволяющих идентифицировать стадийность деградации материала. Основы решения проблемы хладноломкости связаны с выбором оптимального в технологическом и экономическом планах легирования. Легирование, в свою очередь, существенно меняет развитие механизмов пластической деформации и разрушения. По этой причине в настоящем проекте во главу угла ставятся проблемы изменения пластических свойств при легировании сталей. Решение инженерных задач технической диагностики возможно при условии комплексного использования соответствующих подходов, развиваемых в материаловедении, механике разрушения материалов и неразрушающих методах их контроля. С этой целью установлены связи акустических свойств металлов и сплавов с картинами локализации пластической деформации. В работе предложены эффективные методы диагностики изменений объемного распределения структурного состояния и повреждаемости эксплуатируемого металла на ранних стадиях его деградации с использованием современных ультразвуковых методов. Для этой цели разработа-

ны методики определения пространственного распределения в объеме изделия акустических свойств металлов с использованием бесконтактных (лазерных) методов регистрации ультразвуковых волн и прогрессивных информационных технологий обработки ультразвуковых сигналов, в том числе на основе ультразвуковой компьютерной томографии. Это позволило развить методологию оценки деградации конструкционных сталей в зависимости от условий их эксплуатации, в том числе при воздействии технологических и / или внешних коррозионно-агрессивных сред, и на этой основе прогнозировать остаточный ресурс конструкций.

Ключевые слова: пластичность; локализация деформации; прочность; хладноломкость; дефекты кристаллической решетки; автоволны; самоорганизация; примеси; упругие модули; скорость ультразвука.

Данное научное исследование выполнено в Междисциплинарной лаборатории компьютерного моделирования и анализа конденсированных сред Центра превосходства – Центра исследований в области материалов и технологий при поддержке Программы «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета» в 2015–2016 гг. по направлению «Наука в Сибири и о Сибири».

The fundamental principles involved in the development of new low-temperature multiphase alloys

Project supervisor: **Lev Borisovich Zuev**, Professor, Tomsk State University (Tomsk, Russia), e-mail: lbz@ispms.tsc.ru

Responsible executor: **Svetlana Alexandrovna Barannikova**, Tomsk State University (Tomsk, Russia), e-mail: bara71s@yandex.ru

Abstract:

Metals and alloys are known to exhibit cold brittleness, which still remains challenging for both the scientists and engineers. When in service under extreme conditions of Siberia and Far North, steel constructions would undergo premature failure due to the mechanical wear, which is the result of degradation of material class. This problem could be avoided provided information on the technological state of material is available. At present experts can estimate the degree of material degradation with the aid of sophisticated ultrasound technologies. To solve the problem of cold brittleness of metals, both technologically and economically, optimization of alloying element concentration has to be done. Alloying is known to significantly affect the development of mechanisms involved in the plastic deformation and fracture of material. In view of the above, the basis for the given project is the problem of optimizing alloys for maximum performance, in particular, for an enhancement of material plasticity. An optimal approach to engineering problems pertaining to the diagnostics technique

involves methods applied in material science and fracture mechanics, in particular, nondestructive techniques for preserving structural integrity intact. Thus the acoustic properties of metals and alloys were correlated with the localized plasticity patterns observed for the same materials. Effective modern ultrasound methods were applied to enable diagnostics of variation in the structural state and defect distribution in the material bulk at the early stages of material degradation. With this aim in view, noncontact (laser) methods were developed for ultrasound wave recording, which permit determination of acoustic properties for the bulk of material. Recorded data processing was performed using sophisticated information technologies, in particular, ultrasound computer tomography. Thus a methodology was developed for estimating the extent of degradation of construction steels, with special emphasis on the effects of commercial operation conditions and technological and/or external corrosion aggressive media. On the base of experimental evidence, the remaining service life of constructions was determined.

Keywords: plasticity, deformation localization, strength, cold brittleness, lattice imperfections, autowaves, self-organization, impurities, elastic modules, ultrasound rate This research carried out in 2015–2016 at the Interdisciplinary Laboratory of Computer Modeling and Condensed Matter Analysis of the Centre of Excellence – Centre of research in the field of materials and technologies and was supported by «The Tomsk State University Academic D.I. Mendeleev Found Program» of the contest «Science in Siberia and about Siberia».