

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.012.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.01.2015 № 90

О присуждении Изюмовой Анастасии Юрьевне, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование эволюции источников тепла в процессе упруго-пластического деформирования металлов и сплавов» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите 27.11.2014, протокол № 85 диссертационным советом Д 004.012.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк.

Соискатель Изюмова Анастасия Юрьевна 1988 года рождения, в 2011 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Диссертация выполнена в лаборатории Физических основ прочности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук Плехов Олег Анатольевич, профессор кафедры Динамики и прочности машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Вавилов Владимир Платонович, д.техн.н., профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор по кафедре «Автоматизация теплоэнергетических процессов»;

Матвиенко Юрий Григорьевич, д.техн.н., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. Благонравова Российской академии наук, заместитель директора по научной работе,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанным Морозовым Никитой Федоровичем, доктором

физико-математических наук, академиком РАН, ведущим научным сотрудником ИПМаш РАН, указала, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, представляют интерес для исследовательских групп, изучающих процессы тепловыделения при деформировании и разрушении материалов. Диссертация полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 38 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях 12 (11 статей в журналах, рекомендуемых ВАК). В работах решены проблемы, связанные с прямым использованием метода инфракрасной термографии (ИКТ) для исследования термодинамического состояния материала при его деформировании. Разработаны численные алгоритмы компенсации относительного движения объектива камеры, фильтрации данных, расчета поля мощности источников тепла. На основе алгоритмов обработки экспериментальных ИК данных получены результаты оценки критического значения накопленной в материале энергии. Предложена оценка значения J-интеграла и скорости роста трещины по данным мощности источников тепла, рассчитанным на основе метода ИКТ. Большая часть работ выполнена в соавторстве, с определяющим вкладом соискателя. Наиболее значительные работы:

1. *Изымова А.Ю., Плехов О.А., Вшивков А.Н., Прохоров А.А., Уваров С.В.* Исследование скорости диссипации энергии в вершине усталостной трещины // ПЖТФ. – 2014. – т. 40. – вып. 18. – С. 72-77 (A.Yu. Izyumova, O.A. Plekhov, A.N. Vshivkov, A.A. Prokhorov, S.V. Uvarov. Studying the Rate of Heat Dissipation at the Vertex of a Fatigue Crack // Technical Physics Letters. – 2014. – Vol. 40. – No. 9. – P. 830–832).
2. *Iziyomova A., Plekhov O.* Calculation of the energy J-integral in plastic zone ahead of a crack tip by infrared scanning // Fatigue Fract Engng Mater Struct. – 2014. – Vol. 37. – P. 1330–1337.
3. *Fedorova (Iziyomova) A., Bannikov M., Terekhina A., Plekhov O.* Heat dissipation energy under fatigue based on infrared data processing // Qualitative Infrared Thermography Journal. – 2014. – Vol. 11. – Issue 1. – P. 2-9.
4. *Kostina A., Fedorova (Iziyomova) A., Plekhov O.* Energy dissipation and storage in iron under plastic deformation (experimental study and numerical simulation) // Fracture and Structural integrity. – 2014. – Vol. 27. – P. 28-37.
5. *Plekhov O., Fedorova (Iziyomova) A., Kostina A., Panteleev I.* Theoretical and experimental study of strain localization and energy dissipation at fatigue crack tip // Procedia Materials Science. – 2014. – Vol. 3. – P. 1020 – 1025.
6. *Fedorova (Iziyomova) A.Yu., Bannikov M.V., Plekhov O.A.* A study of the stored energy in titanium under deformation and failure using infrared data // Fracture and structural integrity. – 2013. – Vol. 24. – P. 81-88.
7. *Fedorova (Iziyomova) A., Bannikov M., Plekhov O.* Study of stored energy evolution at fatigue crack tip based on infrared data // Proceeding of the 13th International Conference on Fracture (ICF13), 16-21 June, Beijing, China. – 2013. – S18-039.

8. *Bannikov M., Fedorova (Iziumova) A., Terekhina A., Plekhov O., Naimark O.* Experimental study of heat dissipation process into fatigue crack tip in titanium alloys // Proceeding of the 13th International Conference on Fracture (ICF13), 16-21 June, Beijing, China. – 2013. – S11-005.
9. *Банников М.В., Федорова (Изюмова) А.Ю., Терехина А.И., Плехов О.А.* Экспериментальное исследование фрактальных закономерностей роста усталостной трещины и диссипации энергии в ее вершине // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2013. – № 2. – С. 21-36.
10. *Fedorova (Iziumova) A.Yu., Bannikov M.V., Plekhova E.V., Plekhov O.A.* Infrared thermography study of the fatigue crack propagation // Fracture and Structural Integrity. – 2012. – Vol. 21. – P. 46-53.
11. *Plekhov O., Bannikov M., Terekhina A., Fedorova (Iziumova) A.* Infrared Study of Heat Dissipation under Fatigue Crack Propagation // Proceedings of the 4th International Conference on CRACK PATHS (CP 2012), 19 - 21 September, Gaeta, Italy. – 2012. – P. 693-700.
12. *Федорова (Изюмова) А.Ю., Банников М.В., Плехов О.А.* Применение метода инфракрасной термографии для определения параметров линейной механики разрушения // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2012. – № 2. – С. 214-225.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Вавилова Владимира Платоновича. В отзыве указывается, что в диссертации имеют место неточные фразы и спорные утверждения о калибровке ИК тепловизоров, о связи скорости тепловизионной съемки и адиабатического характера теплообмена, о погрешности тепломера. Оппонент также считает, что нельзя говорить о точном выводе кинетического соотношения для скорости роста трещины, так как не определен коэффициент пропорциональности. Отмечено, что имеются повторные обозначения нескольких констант.

2. Положительный отзыв официального оппонента Матвиенко Юрия Григорьевича. Оппонент отмечает излишне подробно изложенные широко известные теоретические основы и традиционные методы определения J-интеграла. Указывается, что формула 3.23 корректна только для тела неограниченных размеров и не содержит поправочных функций на геометрию тела и схему нагружения. Оппонент замечает, что автор пренебрегает упругой составляющей J-интеграла, не оценивая ее вклад.

3. Положительный отзыв ведущей организации, подписанный академиком РАН Морозовым Никитой Федоровичем. Отмечено, что отсутствуют ссылки на работы проф. Розакиса. В отзыве указывается, что основные расчеты и выводы диссертации разработаны в основном для двумерной системы, в то время как основной интерес представляют исследования трехмерных систем.

На автореферат поступило 11 положительных отзывов, из них 2 отзыва – без замечаний от: Бетехтина В.И., д.физ.-мат.н., профессора, главного научного сотрудника Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН; Кащенко М.П., д.физ.-мат.н., профессора, заведующего кафедрой физики Уральского государственного лесотехнического университета;

9 отзывов с замечаниями от: Богомолова Л.М., д.физ.-мат.н., заместителя директора по научной работе Института морской геологии и геофизики ДВО РАН; Бродовой И.Г., д.техн.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории цветных сплавов Института физики металлов им. Михеева УрО РАН; Волкова А.Е., д.физ.-мат.н., профессора, зав. лаб. прочности материалов НИИ Математики и механики им. акад. В.И. Смирнова Санкт-Петербургского государственного университета; Макарова П.В., д.физ.-мат.н., профессора кафедры прочности и проектирования Национального исследовательского Томского государственного университета; Панина С.В., д.физ.-мат.н., профессора, заместителя директора по научной работе Института физики прочности и материаловедения СО РАН; Пушкина В.А., д.техн.н., начальника сектора Российского Федерального Ядерного Центра ВНИИЭФ, г. Саров, Нижегородская обл.; Семенов И.П., д.техн.н., ведущего научного сотрудника НИИ Уфимского государственного авиационного технического университета; Смирнова С.В., д.техн.н., заместителя директора по научной работе Института машиноведения УрО РАН; Столярова В.В., д.техн.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории узлов трения для экстремальных условий Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН.

В качестве замечаний отмечено следующее: в тексте автореферата не приведены данные об условиях проведения механических испытаний; не обсуждаются различия/сходства характерных особенностей процесса накопления энергии, отсутствует количественная оценка процессов накопления и диссипации энергии при деформировании; не характеризуется ход зависимости мощности источников тепла от времени (рис.3); не приведена информация о том, как разная природа материала отражается на характере рассчитанных зависимостей накопленной энергии от времени; не конкретизируется величина части работы, переходящей в тепло; ставится под вопрос наглядность цветных изображений, приведенных на рис.1.

В отзывах отмечено, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, тема работы является актуальной, результаты имеют несомненный научный и практический интерес, вносят заметный вклад в развитие экспериментально-теоретических методов изучения термодинамики процессов деформирования и разрушения металлических материалов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их теоретических и экспериментальных исследований в области неразрушающего контроля, механики разрушения и механики трещин.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена экспериментальная методика для исследования процессов пластического деформирования и распространения трещин в металлах, включающая в себя системы бесконтактного измерения температуры и контактного измерения потока тепла, а также систему регистрации текущей длины трещины;

разработан комплекс программ для обработки данных ИКТ, позволяющий исследовать эволюцию источников тепла и проводить расчет скорости поглощения энергии при квазистатических и циклических испытаниях металлов и сплавов;

получены экспериментальные данные по диссипации энергии в металлах и сплавах при деформации в условиях квазистатического растяжения, а также в вершине усталостной трещины в металлах при циклическом нагружении;

предложен метод оценки величины J -интеграла по данным ИКТ;

получено кинетическое соотношение, выражающее скорость роста усталостной трещины как функцию скорости диссипации энергии и текущей длины трещины по данным контактного датчика потока тепла и метода ИКТ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны утверждения, уточняющие представления о процессах диссипации и накопления энергии, сопровождающих упруго-пластическое деформирование материала, в частности, подтверждена возможность использования значения скорости и значения накопленной энергии в качестве критерия разрушения, показана связь между мощностью источника тепла, значением J -интеграла, а также скоростью распространения трещины.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс экспериментальных методов, позволяющий в режиме реального времени проводить анализ эволюции источников тепла, связанных с изменением структуры материала при упруго-пластическом деформировании;

изложена совокупность новых экспериментальных данных, иллюстрирующих закономерности процессов диссипации и накопления энергии при упруго-пластическом деформировании материала в условиях квазистатического и циклического нагружения образцов из титанового сплава ОТ-4, армо-железа и конструкционной стали 08Х18Н10;

раскрыты особенности применения метода ИКТ для исследования термодинамики процесса упруго-пластического деформирования;

изучена связь между мощностью источников тепла, вызванных процессом локализации пластической деформации в окрестности вершины трещины, и значением J -интеграла, а также скоростью распространения трещины.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена методика экспериментального исследования тепловыделения при упруго-пластическом деформировании материала на основе совместного использования метода ИКТ и разработанного контактного датчика потока тепла;

создан комплекс численных алгоритмов обработки данных тепловизионных измерений: процедура компенсации относительного движения образца и объектива ИК камеры, процедура фильтрации шумов, алгоритм определения параметра, отражающего потери тепла, алгоритм расчета поля мощности источников тепла;

определены новые возможности использования метода ИКТ, особенности применения разработанных алгоритмов обработки данных для оценки состояния материала при его упруго-пластическом деформировании;

представлены методические рекомендации по совместному применению метода ИКТ и контактного метода измерения потока тепла для анализа термодинамического состояния материала в условиях квазистатического растяжения и циклического нагружения.

