

«Утверждаю»



Директор Института проблем
машиноведения РАН

Член-корреспондент РАН

Индейцев Д.А.

«29» декабря 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Изюмовой Анастасии Юрьевны
«Исследование эволюции источников тепла в процессе упруго-пластического
деформирования металлов и сплавов», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика
деформируемого твердого тела

Представленная диссертационная работа посвящена определению поля источников тепла, связанных с процессом пластической деформации, на основе данных метода инфракрасной термографии. Этот метод позволяет бесконтактным путем измерить температуру на поверхности образца и получить поле температур у вершины растущей трещины в процессе циклического нагружения. **Актуальность** связана с разработкой современной экспериментальной методики, включающей в себя алгоритмы обработки инфракрасных данных и способы верификации расчетов мощности источников тепла, полученных на их основе, которые позволяют оценить значение накопленной в материале энергии, значение J-интеграла, скорость роста усталостной трещины на основе экспериментальных данных температуры исследуемой поверхности. Особый интерес представляет возможность использования разрабатываемой методики в условиях, когда не известны параметры нагружения материала, а возможно применение лишь бесконтактных экспериментальных методов контроля состояния материала, таких как метод инфракрасной термографии.

В **первой главе** диссертации представлен обзор работ, посвященных исследованию эволюции структуры материала и связанными с ней процессами диссипации и накопления энергии в материалах при деформировании. Коротко сказано о теоретических моделях деформирования материала, учитывающих указанные процессы. Дается анализ современного состояния проблемы использования метода инфракрасной термографии для исследования процесса распространения трещин, намечены пути преодоления трудностей, связанных с применением метода инфракрасной термографии.

Вторая глава диссертации посвящена разработке методики обработки данных инфракрасной термографии для получения поля мощности источников тепла из исходных экспериментальных данных температуры поверхности материала. В главе описаны основные алгоритмы, применяемые автором для получения корректных значения мощности источников тепла. Предлагаемые алгоритмы не являются новыми, их аналоги применяются в различных областях знаний для обработки данных, однако, заслуга автора заключается в их комбинации, модификации и адаптации к получаемому методом инфракрасной термографии типу данных. Интерес представляет предлагаемый автором метод проверки значений мощности источников тепла, получаемых на основе инфракрасных данных. Разработан контактный датчик на основе элементов Пельтье, позволяющий достаточно точно (приборная точность около 1%) оценить интегральный поток тепла при деформировании образца. Он может использоваться как самостоятельный метод для оценки потока тепла в различных условиях нагружения, при этом, как следует из диссертации, получаемые указанным датчиком данные не требуют дополнительной обработки.

В **третьей главе** описан способ оценки накопленной в материале энергии при деформировании как разницы между работой пластической деформации и диссипированной энергией, рассчитанной по данным инфракрасной термографии. Показана возможность использования критерия по скорости и значению накопленной энергии для определения момента разрушения материала. Данный критерий был получен в 1979 году в работе В.В. Федорова на основе созданной им экспериментальной установки. В диссертации этот результат подтвержден с помощью метода инфракрасной термографии. Наиболее интересным представляется оценка значения J-интеграла на основе разработанной автором методики расчета источников тепла, связанных с пластической деформацией. Этот результат может использоваться как аналог инженерного метода расчета J-интеграла без использования данных по нагрузке. Новым результатом в данной главе является полученная экспериментально линейная зависимость скорости роста усталостной трещины от потока тепла и ее длины, которая позволяет по данным мощности источников тепла определить значение скорости роста усталостной трещины и спрогнозировать динамику ее распространения.

Таким образом, **научную новизну** диссертационной работы представляют разработка методики применения инфракрасной термографии к анализу энергетического состояния материала при его деформировании, определение J-интеграла и новое кинетическое соотношение для скорости роста усталостной трещины на основе данных о диссипации энергии.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов подтверждается использованием поверенных средств измерений и сопоставлением с результатами, полученными традиционными методами. Результаты диссертационной работы были опубликованы в ведущих научных журналах и докладывались на многочисленных научных конференциях.

Практическая значимость состоит в разработке экспериментальной установки, которая включает в себя совокупность системы бесконтактного измерения температуры с помощью инфракрасной камеры, контактного датчика потока тепла и систему регистрации длины трещины. Полученные данные о процессе диссипации энергии могут быть использованы при разработки математической модели процесса деформирования и разрушения материала с учетом термодинамических характеристик.

Результаты работы можно **рекомендовать к использованию** в экспериментальных лабораториях, применяющих метод инфракрасной термографии для исследования процесса диссипации энергии при деформировании и разрушении материалов.

Замечания по работе

1. К сожалению, в диссертации полностью отсутствуют ссылки на работы Prof. Rosakis из Калифорнийского Технологического Института, который провел обширные экспериментальные по измерению тепловых эффектов, возникающих при пластическом деформировании твердых тел.
2. К недостаткам работы можно отнести так же и то, что основные расчеты и выводы диссертации разработаны в основном для двумерной системы (2D), в то время как основной интерес представляют исследования трехмерных (3D) систем.

Заключение

Приведенные замечания не отражаются на высокой оценке работы в целом. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Научные результаты, полученные диссертантом, представляют интерес для исследовательских групп, изучающих процессы тепловыделения при деформировании и разрушении материалов, а так же существенно расширяют круг возможного использования метода инфракрасной термографии.

Существенных замечаний по оформлению диссертации нет. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты работы опубликованы автором диссертации в научных журналах.

Диссертация “Исследование эволюции источников тепла в процессе упруго-пластического деформирования металлов и сплавов” отвечает требованиям “Положения о присвоении ученых степеней” П.9, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой

степени кандидата наук, а ее автор Изюмова Анастасия Юрьевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждён и одобрен на научном семинаре Института проблем машиноведения РАН (г. Санкт-Петербург) от “_15_”
Декабря 2014 г., протокол № 12.

Отзыв составили:

Ведущий научный сотрудник ИПМаш РАН,
академик РАН


Морозов Н.Ф.
(подпись)

Зав. лабораторией структурных
и фазовых превращений в конденсированных средах
ФГБУН Института проблем машиноведения РАН
д.ф.-м.н., профессор


Кукушкин С.А.
(подпись)



Морозова Н.Р.; Кукушкина С.А.

Удостоверено: Помощник директора

ИПМаш РАН

СЕРОВО Е.В.

Декабрь 2014 г.