

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук
заведующего кафедрой математики ФГБОУ ВО СПбГТИ(ТУ)
Груздкова Алексея Андреевича
на диссертацию Свентицкой Веры Евгеньевны
«Влияние теплопереноса на термоупругий отклик металлов на импульсное лазерное
воздействие»,
представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа посвящена теоретическому и экспериментальному анализу моделей термоупругого отклика металлов на кратковременное лазерное воздействие с учётом физических механизмов распространения тепла.

Актуальность темы

Классические модели теплопроводности и термоупругости связаны с предположением о квазистационарном характере процесса и концепцией локального равновесия. В частности, закон теплопроводности Фурье связан с бесконечной скоростью распространения температурного возмущения. В условиях кратковременного воздействия и быстрого изменения температурного поля такой подход оказывается неприменим. Несмотря на то, что модели, учитывающие волновой характер теплопереноса, начали разрабатываться достаточно давно, многие существенные вопросы остаются неясными, о чём свидетельствуют многочисленные исследования, проводимые в настоящее время в ведущих российских и зарубежных научных центрах.

Решение связанных задач динамической термоупругости оказывается довольно сложным с математической точки зрения, поэтому представляет интерес анализ области применимости различных моделей и определение диапазонов, в которых можно использовать упрощённый анализ.

Дополнительный интерес к вопросам, рассматриваемым в диссертации, связан с появлением лазеров, генерирующих импульсы в пико- и фемтосекундном диапазоне длительностей, а также с задачами радиационного облучения материалов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность выводов работы обусловлена использованием классических уравнений механики сплошных сред и применением известных математических методов (операционного исчисления, метода последовательных приближений, асимптотических методов). Обоснованность экспериментальных результатов обеспечивается использованием современных измерительных приборов и проведением испытаний на большом числе образцов с последующей статистической обработкой результатов.

Результаты работы опубликованы в ведущих научных изданиях и докладывались на многочисленных научных конференциях, в том числе международных.

Оценка достоверности и новизны результатов

В первой главе диссертации даётся обзор современных моделей термомеханики, в частности, разбирается обобщённая модель теплопереноса Каттанео и предложенная Цоу модель с двумя временами релаксации.

Автор демонстрирует неплохое знакомство с современной литературой по теме диссертации, хотя, вероятно, стоит заметить, что некоторые современные подходы не нашли отражения в обзорной части работы.

Во второй главе анализируется обобщённая динамическая задача термоупругости с двумя временами релаксации, для которой получены дисперсионные соотношения. Производится сравнение с аналогичными соотношениями для однопараметрической модели и для классической задачи термоупругости. Даётся количественная оценка диапазона частот, для которых теплоперенос носит волновой характер. Отмечается, что в этом случае может происходить значительный энергообмен между тепловыми и упругими полями.

В этой же главе представлены результаты экспериментального исследования распространения акустического сигнала, возбуждаемого коротким лазерным импульсом. Показано, что характер процесса принципиально различается для материалов с высокой и низкой теплопроводностью. Для металлов с высокой теплопроводностью обнаружено, что фаза растяжения по длительности превышает фазу сжатия, причём значительный вклад вносит теплоперенос после окончания действия лазерного импульса. Этот результат обладает научной новизной, поскольку в большинстве работ подобный анализ не проводился. Заключительная часть второй главы даёт теоретическое обоснование полученных экспериментальных результатов.

В третьей главе даётся теоретический и экспериментальный анализ термоупругого и термоэлектрического отклика металлов на кратковременное лазерное воздействие. Расчёты, выполненные на основе разработанного в работе двустадийного подхода, продемонстрировали хорошее соответствие с экспериментальными данными.

Заключительная часть третьей главы посвящена сопоставлению термоупругого и термоэлектрического отклика для металлов с исходной структурой, после интенсивной пластической деформации кручением и после ударного нагружения. Обнаружено существенная зависимость характеристик от структуры материала.

Таким образом, в работе получен ряд результатов, обладающих безусловной научной новизной. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Значимость для науки и практики

Результаты диссертационной работы связаны с различными прикладными задачами, такими как изучение работы высокоскоростных электронных устройств, анализ воздействия коротких лазерных импульсов, в том числе в медицине, контроль переноса тепла в топливных стержнях ядерных реакторов и многими другими.

Полученные во второй главе количественные данные о частотных диапазонах и характерных масштабах, на которых проявляется волновой характер процесса теплопереноса, позволяют оптимизировать расчёты. Представленные в третье главе экспериментальные данные о существенном влиянии структуры металла на характеристики термоупругого и термоэлектрического отклика могут служить основой для разработки методов неразрушающего контроля.

Замечания по диссертационной работе в целом

Отмечая высокий уровень работы в целом, можно сделать следующие замечания.

- 1) Имеется ряд недостатков в оформлении работы. В тексте имеются опечатки, стилистические ошибки, крайне неудачные формулировки, как, например, «границевые частоты процесса» (в выводах) или на стр. 23: «термическое равновесие температур происходит при ...» (с последующим некорректным указанием единиц измерения). Недостаточно подробное описание затрудняет понимание рисунка 2.20 и некоторых других.
 - 2) В работе отмечается существенное влияние структурных параметров металла на термоупругий и термоэлектрический отклик, однако как описание самого эффекта, так и его объяснение проводится только на качественном уровне.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не ставят под сомнение полученные в работе результаты.

Заключение

Несмотря на сделанные выше замечания, диссертационную работу можно оценить как законченный научно-исследовательский труд, выполненный автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих научных журналах (3 статьи в журналах списка ВАК и базы Scopus), докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

Диссертация полностью соответствует критериям, установленным разделом II положения «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Свентицкая Вера Евгеньевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой математики
Санкт-Петербургского государственного
технологического института
(технического университета)

А. А. Груздков

« 24 » апреля 2019 г.

Тел.: +7 (911) 288-37-48; email: gruzdkov@mail.ru

190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 26.

