

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Аракчеева Алексея Сергеевича
«Теоретическое и экспериментальное исследование плавления, испарения и
образования трещин на вольфраме при мощной нагрузке»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальностям
01.04.08 - Физика плазмы; 01.04.07 - Физика конденсированного состояния

В связи с неизбежным истощением месторождений углеводородов неуклонно встает вопрос о новых источниках энергии. Одним из перспективных источников энергии является термоядерный синтез. Однако, в настоящее время нет технических решений, которые обеспечивают долговременную работу термоядерного реактора без значительной эрозии и деградации материала стенок. Основными процессами деградации являются: испарение, плавление со смещением расплава, образование трещин. Поэтому исследования в рамках диссертации, связанные с изучением указанных процессов и направленные на поиск материалов, способных выдержать энергетическое воздействие термоядерной плазмы, являются актуальными.

Высокотемпературная плазма действует на материалы через бомбардировку плазменными частицами, кондуктивного и лучевого теплового обмена. В большинстве исследований плазменного воздействия на твердые тела использовались: материалы на основе графита, вольфрам, бериллий. В настоящее время наиболее перспективных материалов для стенок термоядерного реактора считается вольфрам.

В диссертации изложены научные основы для выбора материала корпуса вакуумной камеры термоядерного реактора. В диссертационной работе исследуются процессы распыления материала, переосаждения распыленного вещества, имплантации плазменных частиц в материал, модификации поверхности. Судя по автореферату, диссертация содержит введение и пять глав, в четырех из которых изложены результаты оригинальных исследований.

Первая глава посвящена обзору литературы по теме диссертации.

Вторая глава связана с моделированием процессов плавления и испарения металлического вольфрама в условиях импульсного нагрева. Учитываются поглощение потока энергии от высокотемпературной плазмы облаком металлического пара, охлаждение стенки за счет испарения вещества, а также изменение свободной поверхности ванны расплава, в том числе после окончания энергетического воздействия.

В третьей главе приводятся результаты моделирования процесса образования трещин, перпендикулярных облучаемой поверхности, в результате воздействия импульсного потока энергии.

В четвертой главе приводятся результаты моделирования процесса зарождения и роста трещин в результате воздействия импульсного потока энергии. При этом учитываются двумерные эффекты. Задача Гриффитса сводится к интегральному уравнению Фредгольма второго рода, в котором в качестве ядра интегрального уравнения используются параметры смещения

твёрдого тела. Соискателем ядро интегрального уравнения было получено в виде математического ряда.

Пятая глава посвящена результатам экспериментального изучения распространения фронта нагрева под импульсной тепловой нагрузкой. Для этого использовали Береговскую дифракцию синхротронного излучения. Соискателем впервые предложена оригинальная методика анализа формы дифракционных рефлексов. Показано, форма рефлекса зависит от глубины проникновения в металл фронта нагрева.

В заключении сформулированы научные выводы по результатам диссертационного исследования.

Результаты исследований Аракчеева А.С. имеют несомненную научную новизну и практическую значимость.

Научная новизна исследований соискателя заключается в следующем:

- впервые сформулирована одномерная аналитическая модель экранирования потока энергии облаком металлического пара;
- для импульсного нагрева впервые установлены условия, при которых охлаждение за счет испарения вещества в значительной мере влияет на температуру мишени;
- апробирована новая методика измерения динамики распределения деформации по глубине материала при импульсном воздействии.

Практическая значимость связана с тем, что:

- результаты исследования процесса экранирования потока энергии аэрозольным облаком могут быть использованы в технологии лазерной резки листового материала;
- математическая модель процесса зарождения и роста трещин в результате воздействия импульсного потока энергии применим для анализа прочности конструкций в экстремальных условиях;
- методика измерения распределения деформации по глубине материала при импульсном воздействии является новым инструментом для изучения процесса теплопередачи в твердых телах.

Результаты оригинальных исследований соискателя достоверны, находятся в рамках современных научных представлений. Выводы по работе хорошо обоснованы. Полученные соискателем впервые научные результаты позволили обосновать диапазон условий, в которых возможно использовать в плазменных технологиях в качестве стенки вакуумной камеры вольфрам.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

- 1 В автореферате не указан личный вклад соискателя в результаты исследования. Для соискателя это очень актуально, так как из 17 статей лишь в 3 небольшое количество соавторов (4 или 6).
- 2 В 3-х главах излагаются результаты моделирования. В автореферате слабо представлены математические модели, использованные при моделировании различных процессов.
- 3 Выводы не содержат количественных характеристик, что странно для результатов физического исследования.
- 4 Хотелось бы, чтобы такие фразы, как «часть исходного дифракционного

тика сдвигается вправо» (стр. 22 строки 2, 3 снизу); «с ростом их номера по норме максимума модуля» (стр. 17 строка 3 снизу) соискатель излагал в более строгой научной формулировке. Такие фразы затрудняют восприятие содержания исследований (см. также стр. 24 строка 11 сверху).

Однако, эти замечания не умаляют общего положительного впечатления об уровне и результатах диссертационного исследования.

На основании рассмотрения автореферата можно сделать вывод о том, что по научной и практической значимости, апробации и полноты опубликования результатов исследований диссертационная работа Аракчеев А.С. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора наук.

Несомненно, автор диссертационной работы Аракчеев Алексей Сергеевич, достоин присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.04.08 - Физика плазмы; 01.04.07 - Физика конденсированного состояния.

Профессор Инженерной школы ядерных технологий
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
д.ф.-м.н., профессор

634050, г.Томск, пр. Ленина, д. 30, www.tpu.ru
8-3822-701-604, gos100@tpu.ru
01.04.08 – Физика плазмы

Подпись Мышкина В.Ф. заверяю
Ученый секретарь
ФГАОУВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

Мышкин Вячеслав Федорович
2021.03.11



О.А. Ананьева

