

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Пильника Андрея Александровича

«Кинетика кристаллизации и кавитации расплавов при больших отклонениях от равновесия», представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

1. Актуальность

Диссертационная работа Пильника Андрея Александровича посвящена исследованию фазовых переходов в средах, быстро приведённых в метастабильное состояние.

Множество технологических процессов в металлургии, а также природных явлениях, таких как извержения и деятельность вулканов, в которых многофазные течения сопровождаются большим количеством физико-химических превращений, происходит при высоких температурах и давлениях. Причём кинетика и величины эмпирических параметров, описывающих эти явления, заранее неизвестны и экспериментальное нахождение их значений в лабораторных условиях также представляет сложную проблему. Поэтому теоретическое моделирование и численный эксперимент на основе этих моделей это, зачастую, единственная возможность для технологического и детального анализа рассмотренных в диссертации задач. В этой связи актуальность работы сомнений не вызывает.

2. Наиболее важные результаты

1. На основе теоретической модели, описывающей кристаллизацию расплава, быстро приведённого в переохлажденное состояние, изучен механизм роста кристаллического зародыша. Интенсивность кристаллизации на фронте фазовых переходов принята пропорционально величине переохлаждения. Получены численные и приближенные аналитические решения, которые неплохо согласуются между собой. На основе этих решений проанализирована динамика процесса кристаллизации.
2. Изучена проблема возможности образования кавитационных полостей в процессе кристаллизации. При этом учтены два наиболее вероятных механизма образования кавитационных пузырьков. Причем, первый механизм связан с вытеснением растворенного газа фронтом кристаллизации, а второй обусловлен усадкой вещества в процессе затвердевания. Установлены критические условия определяющие возникновение кавитации.

3. Изучен и детально проанализирован процесс дегазации высоковязкого газонасыщенного расплава при его быстрой декомпрессии, характеризующий начальную стадию вулканического извержения. Эта задача решена как в приближении одиночного пузырька, так и для распределенных по объему системы пузырьков и образование новых пузырьков.

3. Научная новизна и практическая значимость результатов

При выполнении диссертационной работы, автором получены следующие новые результаты.

- Найдено новое аналитическое решение задачи о росте сферического кристалла в переохлажденном расплаве в условиях сильной нестационарности процесса, в том числе и при больших отклонениях от равновесия.
- Разработана теория объемной кристаллизации переохлажденного расплава как при мгновенном, так и при постепенном создании переохлажденного состояния, корректно учитывающая изменение переохлаждения расплава в процессе фазового превращения.
- Построена кинетическая модель кавитации расплава в процессе его объемной кристаллизации, обусловленной усадкой вещества при затвердевании.
- Найдены новые аналитические решения задачи о сегрегации растворенного в расплаве газа в процессе его кристаллизации для произвольного закона роста кристалла для трех различных геометрий фронта кристаллизации.
- Получено новое аналитическое решение задачи о росте газового пузырька в высоковязком газонасыщенном расплаве при его быстрой декомпрессии.
- Разработана новая кинетическая модель нуклеации и роста газовых пузырьков в высоковязком газонасыщенном расплаве при его быстрой декомпрессии.

Предсказательная способность развитых в работе моделей кристаллизации и нуклеации переохлажденных расплавов может быть использована для предварительных расчётов при получении новых материалов с определенными физико-химическими характеристиками. Результаты исследования кавитационных процессов в жидкости могут быть использованы для предсказания как процессов, протекающих в энергетических установках при сбросе давления, при кристаллизации газосодержащих расплавов и т. д., так и при моделировании ряда природных явлений, таких как вулканические и гейзерные извержения.

4. Достоверность результатов

Достоверность приближенных и численных решений обеспечена сравнением с экспериментальными данными и согласием полученных результатов с известными решениями в области их применимости.

5. Оценка содержания работы, ее завершенности

Диссертация А.А. Пильника состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы из 127 наименований. Общий объем диссертации 85 страниц.

После введения, содержащего обоснование актуальности и изложение целей и основных задач исследования, его научной новизны и фундаментальной и практической значимости, в первой главе дан краткий обзор литературы по тематике диссертации.

Вторая глава посвящена исследованию процесса кристаллизации расплава, быстро приведённого в переохлажденное состояние. Рассматривается неравновесный механизм роста кристаллического зародыша в переохлаждённом расплаве. Строится модель объёмной кристаллизации расплава, быстро переведенного в переохлаждённое состояние, заключающаяся в корректном учете тепловыделения в процессе фазового перехода, путём подстановки в кинетические уравнения, описывающие процесс суммарного превращения, реального распределения температур в объеме расплава вокруг растущих центров новой фазы.

Третья глава посвящена исследованию кавитации расплава в процессе его кристаллизации. Рассматриваются два механизма кавитации: сегрегационный, связанный с вытеснением фронтами кристаллизации растворённого в расплаве газа, и механизм, обусловленный усадкой вещества в процессе затвердевания. Показано, в каких случаях кавитация расплава неизбежна, а в каких случаях её можно предотвратить.

В четвёртой главе исследуется процесс дегазации высоковязкого газонасыщенного расплава при его быстрой декомпрессии, моделирующий начальную стадию вулканического извержения. Исследуется рост изолированного газового пузырька в высоковязком газонасыщенном расплаве. Исследуется суммарный процесс дегазации, включающий образование новых газовых пузырьков и рост коллектива уже образованных.

В заключении приводится обобщение полученных в диссертации результатов.

6. Критические замечания:

1. При описании процесса кристаллизации, эффект неравновесности описывается введением одного эмпирического параметра K . Нам представляется, что недостаточно полно приведено обоснование кинетики и определение этого параметра. По работе непонятно откуда и на основе каких опытов определяется значение параметра K для разных материалов. Неясно также, каким образом в реальных процессах жидкие металлы оказываются в переохлажденном состоянии. Для темпа процесса охлаждения используется термин «мгновенное и постепенное охлаждение». При этом нет пояснения для характерного времени, разделяющего эти два режима.

2. В работе отмечено, что одной из причин возникновения кавитации является усадка материала при кристаллизации. По-видимому, этот режим может реализовываться в герметических реакторах. Здесь также следовало бы пояснить более подробно такую ситуацию.
3. Не совсем четко и детально описан механизм колебания давления представленного на рис. 3.4 (стр. 36). По работе не понятно в результате решений каких уравнений и какими физическими механизмами определяется период и амплитуда этих колебаний.

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе. Исследования, представленные в диссертации, проведены на высоком научном уровне и имеют, несомненно, научную и практическую значимость.

7. Публикации, отражающие основное содержание работы, и апробация работы

По теме диссертационной работы опубликовано 12 статей в изданиях, входящих в Перечень, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией. Результаты диссертационной работы прошли хорошую апробацию, докладывались на различных всероссийских и международных научных конференциях.

Заключение

Диссертация Пильника Андрея Александровича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Сама диссертация, представленная к защите, полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника и её автор заслуживает присвоения указанной ученой степени.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник Института механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, профессор, академик АН РБ



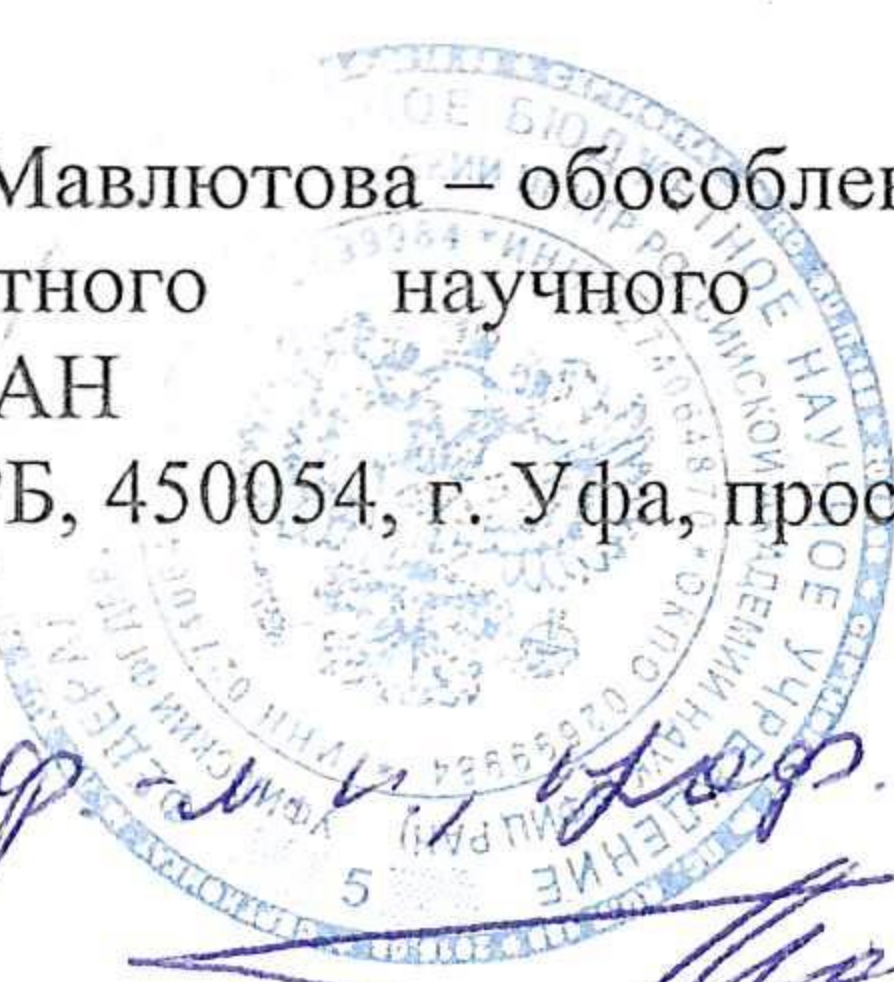
Шагапов Владислав Шайхулагзамович

« 04 » февраля 2019 г.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН

Адрес организации: Россия, РБ, 450054, г. Уфа, проспект Октября, 71; Тел.: (347)235-52-55;

e-mail: shagapov@rambler.ru



М.П. Мавлютов В.М. заверено.
М.П. Мавлютов В.М. заверено.