

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора Черепанова Анатолия Николаевича на диссертацию Пильника Андрея Александровича «Кинетика кристаллизации и кавитации расплава при больших отклонениях от равновесия», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Пильника Андрея Александровича посвящена разработке математических моделей и исследованию на их основе фазовых превращений в жидких и многофазных средах, приведенных в метастабильное состояние.

Актуальность данных исследований не вызывает сомнений, т. к. неравновесные процессы тепло – и массообмена в многофазных средах, сопровождаемые фазовыми переходами, до сих пор еще мало изучены и представляют известные трудности для чисто экспериментального изучения. Поэтому математическое моделирование здесь является наиболее эффективным методом исследования.

Научная новизна результатов. К новым обоснованным научным результатам прежде всего следует отнести следующие. Получено новое аналитическое решение задачи о росте зародыша кристалла в переохлажденном расплаве в условиях больших отклонений от равновесия и высокой нестационарности процесса. Предложена модель объемной кристаллизации переохлажденного расплава при различных скоростях создания переохлаждения. Развита кинетическая модель кавитации расплава, обусловленной усадкой вещества в процессе его объемной кристаллизации, позволяющая рассчитать размер кристаллического зерна и кавитационных включений, предложена модель зарождения и роста газовых пузырьков в высоковязком газонасыщенном расплаве в условиях быстрой декомпрессии.

Практическая значимость. Предложенные автором математические модели и аналитические решения по кинетике кристаллизации переохлажденных расплавов могут найти практическое применение при разработке современных технологий создания новых материалов в энергетике, машиностроении, микроэлектронике и др. Исследования кавитационных явлений при фазовых превращениях в жидких газосодержащих средах представляют интерес при анализе некоторых природных и технологических процессов, связанных с переходными режимами работы.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием проверенных методик численного и аналитического решений уравнений математической физики, совпадением полученных решений как качественно, так и во многих случаях количественно с экспериментальными данными, согласием полученных результатов в предельных случаях с известными апробированными результатами других авторов.

В целом, диссертация А.А. Пильника выстроена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным текстам. Стиль изложения ясный, лаконичный; качество оформления – хорошее. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, одного приложения и библиографического списка из 127 наименований. Общий объем диссертации составляет 85 страниц, включая 28 рисунков и 2 таблицы

Во введении приведен обзор литературы по тематике диссертации. Формулируются основные цели и задачи исследования, обосновывается их актуальность и научная новизна.

В первой главе приводится обзор научной литературы по тематике диссертации.

Вторая глава посвящена исследованию кинетики кристаллизации расплава при быстром переохлаждении. Получено аналитическое решение для роста сферического кристалла в расплаве при различных степенях переохлаждения. Развивая сформулированные ранее в работах Колмогорова, Аврами, Чернова и др. подходы автором предлагается макроскопическое описание объемной кристаллизации переохлажденного расплава в условиях бесконечно большой и конечной скоростях охлаждения жидкости. Получены аналитические зависимости для доли твердой фазы, скорости образования и числа центров кристаллизации от параметров задачи.

В третьей главе исследуются явления кавитации расплава при его затвердевании с учетом усадки вещества в процессе фазовых превращений. Дается подробный анализ механизма образования пор при объемной кристаллизации расплава, сопровождаемой усадкой вещества и развитием кавитационных процессов в расплаве. Предложенный подход позволяет оценивать не только размер формирующихся зерен металла, но также размер и число газовых включений в затвердевшем металле, т.е. объемную пористость слитка.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса дегазации высоковязкого газонасыщенного расплава при его быстрой декомпрессии. Выполнен численно – аналитический анализ динамика роста одиночного пузырька в расплаве; по аналогии с теорией нуклеации и роста кристаллической фазы рассмотрена кинетическая модель зарождения и роста газовых пузырьков в высоковязком газонасыщенном расплаве в условиях быстрой декомпрессии. Получены новые аналитические зависимости для времени нуклеации, числа образующихся газовых пузырьков и скорости дегазации от начальной декомпрессии.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в диссертации.

Значимость результатов работы для науки и практики продемонстрирована как в диссертации, так и автореферате. Исследования, проведенные А.А. Пильником, хоть и являются по содержанию фундаментальными, однако имеют непосредственное практическое приложение. В частности, они могут быть использованы в технологиях, основой которых является метод закалки из жидкого состояния; при изучении природных явлений (извержении вулканов, геотермальных явлений) и д. р.

Использование результатов диссертационной работы А.А. Пильника может быть рекомендовано в следующих организациях и учреждениях: ИТ СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИГиЛ СО РАН, ИФПМ СО РАН, ИМЕТ УрО РАН, ИМЕТ РАН, НГУ, МГУ и др.

Соблюдены необходимые принципы соответствия диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней: соответствие целей и задач исследования; соответствие автореферата и диссертации; соответствие содержания диссертации и содержания опубликованных работ, а также соответствие темы диссертации и научной специальности.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно опубликованы в открытой печати. Основные научные положения диссертации полностью отражены в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях (18 публикаций), внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией.

Результаты работы А.А. Пильника хорошо апробированы. Они неоднократно докладывались на различных всероссийских и международных конференциях.

Таким образом, диссертационная работа А.А. Пильника актуальна, содержит новые научные результаты, имеет теоретическую значимость для науки и представляет практическую ценность.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В главе 2 на стр. 21, рис. 24 в подрисуночной подписи отсутствует описание обозначений кривых температуры θ_l и скорости нуклеации J ;
2. В обзорной части диссертации следовало бы указать широко известные в России работы Баландина, Самойловича, в которых на основе подхода Колмогорова – Авраами создана упрощенная теплокинетическая теория формирования кристаллического строения отливки;
3. Во второй и третьей главах автором делается попытка рассмотреть комплексное гомо – и гетерогенное зародышеобразование, используя для свободной критической энергии Гиббса известное соотношение для зародыша на плоской поверхности включения. Далее при вычислении доли образовавшейся новой фазы без соответствующих допущений и пояснений рассматривается рост гомогенного и гетерогенного зародышей как одинаковых сферических частиц. Остается также без описания и кинетическая константа (В) при гетерогенной части скорости нуклеации (формулы 3.8, 3.9).
4. Являясь во многом развитием идей и подходов руководителя диссертации работа диссертанта имеет много пересечений с его ранее опубликованными трудами, поэтому следовало бы в конце каждой главы делать краткое изложение новизны и оригинальности полученных диссертантом конкретных результатов исследования.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы, выполненной на современном научно - исследовательском уровне.

Заключение

Диссертация Пильника Андрея Александровича, на тему «Кинетика кристаллизации и кавитации расплава при больших отклонениях от равновесия», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, обладает внутренним единством и является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой. Совокупность полученных А.А. Пильником новых научных результатов и теоретических положений вносит важный вклад в понимание внутренних механизмов тепломассопереноса при фазовых переходах в средах приведенных в метастабильное состояние.

По своей актуальности, объёму выполненных исследований, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа А.А. Пильника соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.01.2002 года № 74 (с изменениями, внесёнными Постановлением Правительства Российской Федерации от 20.06.2011 года № 475), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Черепанов Анатолий Николаевич

630090, Новосибирск, ул. Терешковой, д.6, кв.90.

Тел. 8(952)902 87 44. Эл. почта: ancher@itam.nsc.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христановича Сибирского отделения РАН

Главный научный
сотрудник лаборатории
Термомеханики и
прочности новых
материалов,
доктор физико-математических
наук, профессор
(383) 354-30-49

А.Н. Черепанов

Черепанов А. Н.

Подпись Черепанова А.Н. удостоверяю:

Ученый секретарь ИТПМ СО РАН

К.ф.-м.н.

Ю.В. Кратова

Кратова Ю.В.

