

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу
Терентьева Павла Сергеевича

”Кинетические закономерности роста морфологически сложных диссипативных структур”,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.4.14 – Теплофизика и теоретическая теплофизика.

Актуальность диссертационной работы

Одной из важнейших проблем теплофизики является теоретическое и экспериментальное изучение свойств веществ в жидком и твердом состояниях, а ее решение затрагивает большой диапазон задач в различных сложных и разноплановых системах.

В диссертационной работе П.С. Терентьева рассмотрены вопросы, направленные на поиск общих закономерностей, присущих структурообразованию в разных самоорганизующихся системах в неживой и живой природе, поэтому ее тема, безусловно, актуальна, а результаты представляют большой интерес, как для фундаментальной науки, так и для практики.

Содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Материал представлен на 102 страницах, включает 35 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 121 наименований и два приложения.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель, задачи и научная новизна работы.

Первая глава посвящена аналитическому обзору научной литературы по теме исследований. Наиболее подробно проанализированы вопросы, касающиеся структурообразования при кристаллизации металлических и органических соединений, приведены классические зависимости, описывающие изменения их массы. В конце главы сформулированы основные задачи диссертационной работы, и обоснован выбор основных параметров – массы и времени для описания кинетики роста кристаллов и живых организмов.

Во второй главе описана методика проведения эксперимента по измерению массы растущего кристалла при кристаллизации из водного раствора хлорида аммония. Приведен алгоритм сегментации экспериментальных снимков и расчет площади кристалла, дана методика оценки погрешности обработки экспериментальных данных. В конце главы описан программный модуль автоматического сегментирования и расчет площадей по хронологическим снимкам, отображающим рост кристаллов.

Вх. № 05 - 19/1-400
от 08.12.14 г.

Третья глава посвящена исследованию закономерностей роста дендритов разной морфологии в пересыщенном водном растворе хлорида аммония. Обосновывается возможность существования универсального параметра для описывания свободного роста кристаллических систем – удельного прироста массы (площади). Подробно анализируются результаты определения площади дендритных структур, полученные на основании экспериментальных данных. Построены зависимости площади и скорости её изменения от времени для дендритов с симметричным и несимметричным расположением вторичных ветвей. Кроме того, проведено сравнение кинетики роста дендритных и нерегулярных структур. В конце главы приведена оценка качества аппроксимаций удельного прироста массы аналитическими функциями и дано описание DS – модели.

В четвертой главе представлены экспериментальные данные по описанию наращивания массы в процессе онтогенеза с помощью DS – модели. В начале работы обосновывается применимость данной модели для биологических объектов. Экспериментальные данные по изменению массы от времени взяты из известных литературных источников и сопоставлены с предлагаемой автором DS - моделью. По результатам обработанных данных получены значения безразмерного коэффициента a , и доказано, что его значения для биологических объектов близки к значениям, полученным при исследовании кристаллического роста. Подобие зависимостей безразмерной массы от безразмерного времени подтверждено автором для большого количества кристаллов и биологических объектов.

В конце каждой из глав приведены краткие выводы. Общие результаты и выводы сформулированы в Заключение диссертационной работы.

Научная новизна и достоверность результатов

К настоящему времени существует достаточное количество моделей дендритного роста, тем не менее, наиболее сложным и малоизученным остаётся процесс образования боковых (вторичных) ветвей дендритов, т.к. известные механизмы [например, механизм селективного усиления шума, действующего на вершине дендрита (J.Lange, E.Brener, D.Temkin) и механизм динамических осцилляций вершины дендрита (D.Kessler)] не всегда позволяют реально описать имеющиеся экспериментальные данные.

В диссертационной работе П.С.Герентьева эти вопросы получили оригинальное развитие и новое решение. В частности, измерены зависимости площади от времени у первичного ствола и вторичных ветвей дендритов хлористого аммония, и получены доказательства совпадения величин удельного изменения их площади (массы) от времени, свидетельствующие о подобии развития целого кристалла и его частей.

Кроме того, существенным преимуществом предлагаемой автором DS-модели является тот факт, что отношение коэффициентов a/b , входящие в формулу для описания величины удельного объёма массы растущих кристаллов, даёт возможность оценки времени остановки их роста.

Безусловно, новаторским является сформулированное в 6 выводе утверждение автора, что нормировка найденного степенного закона на полное время нестационарного роста объекта и его массу позволяет получить универсальный закон для растущих кристаллических структур и живых организмов.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается большим объемом выполненных экспериментов на аттестованных образцах. В работе уделено большое внимание оценке достоверности получаемой информации, в частности, разработаны специальные алгоритмы сегментации экспериментальных снимков и расчёта площади кристаллов, и проведена оценка погрешности измерения этих величин во временном диапазоне. Благодаря этому, относительная ошибка всех приведённых в работе экспериментальных данных не превышает 20%. Кроме того, сравнение полученных результатов для кристаллических и биологических объектов с традиционными S-образными временными зависимостями показало их хорошее соответствие, подтверждая тем самым достоверность предлагаемой в диссертации модели

Научная и практическая значимость диссертационной работы

В первую очередь хочется отметить удачно выбранный автором объект исследования, т.к. дендритная кристаллизация является типичным примером формирования пространственных неоднородных диссипативных структур и имеет множество аналогов в природе. Учитывая, что дендритная форма кристаллов является наиболее общей формой роста объектов, все новые результаты о закономерностях их роста, полученные в диссертационной работе на примере дендритов хлористого аммония, значительно расширяют и дополняют научные знания о законах развития различных систем во времени.

Кроме того, экспериментальные данные, полученные при использовании предложенной DS- модели, дают реальную возможность оценки важных характеристик растущих объектов в различных сферах практической деятельности. На разработанный автором Программный модуль сегментирования и расчёта по хронологическим снимкам, отображающих рост кристаллов, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы, есть ряд замечаний и уточняющих вопросов.

Замечания по работе:

1. В научной литературе понятие дендритных структур тесно переплетаются с понятием фрактальных структур в физико-химических системах. Обладают ли дендриты хлористого аммония фрактальными свойствами, и есть ли корреляция между фрактальной размерностью и коэффициентом a , входящим в степенную функцию DS-модели?

2. Из текста диссертации (глава 2) не ясно, каким образом регулировалась форма растущего дендрита, т.е. при каких параметрах ростовой системы формировались дендриты с симметричным и несимметричным расположением ветвей, а также более разветвлённые нерегулярные структуры, показанные на рисунках 2.2-2.4.

3. При сравнении характера роста дендритов при массовой кристаллизации и биологических объектов (глава 1) автор отмечает их общее свойство – фактор конкуренции за ростовой ресурс. Действительно, известно, что в металлах и сплавах разница скоростей роста вершины дендрита и вторичных ветвей обусловлена существованием кристаллографических направлений преимущественного роста. Требуется пояснить, каким образом, это важное свойство растущих систем учтено в DS-модели?

4. В тексте диссертации встречаются опечатки и неудачные выражения, касающиеся, в основном, терминов, широко употребляемых в научной литературе для описания особенностей структурообразования. Например, “родительские” ветви (первичные), кристаллические “ядра” (зародыши), боковые “рёбра” (стволы) и т.д.

Отмеченные недостатки, безусловно, не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

Заключение

Содержание диссертации полностью соответствует формуле специальности 01.4.14 – Теплофизика и теоретическая теплофизика и пп. 1,6 паспорта специальности для физико-математических наук.

Текст автореферата в достаточной мере отражает содержание диссертации. Полученные результаты соответствуют цели и задачам диссертационной работы и отражены в публикациях автора в рецензируемых и включенных в Перечень ВАК журналах.

Диссертация Терентьева П.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены новые результаты в области теоретической и экспериментальной теплофизики, имеющие важное научно-практическое значение.

Содержание работы соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным пунктом 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

Считаю, что Терентьев П.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.4.14 – Теплофизика и теоретическая теплофизика.

Доктор технических наук,
профессор

Ирина Григорьевна Бродова

*Главный научный сотрудник
лаборатории цветных сплавов
ИФМ УрО РАН
620990 г. Екатеринбург,
ул. С. Ковалевской, д. 18.
тел. (343)378-36-11
e-mail: brodova@imp.uran.ru*

