

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Тороповой Любови Валерьевны
«Математическое моделирование устойчивой моды дендритного роста при
различных условиях кристаллизации»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.14 —
Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Тороповой Любови Валерьевны посвящена математическому моделированию устойчивого дендритного роста при различной симметрии кристаллической решетки в присутствии конвективного переноса вблизи поверхности растущего дендрита. **Актуальность** исследований, выполненных в диссертационной работе, обусловлена тем, что в рамках расширенной модели параболического дендрита Иванцова анализ устойчивой моды приводит к эффективному критерию роста вершины дендритного кристалла для бинарных сплавов с учетом конвекции. В работе выполнен анализ кинетики роста кристаллов, полученные модели количественно сопоставлены с расчётными данными, полученными методом фазового поля, а также с экспериментальными исследованиями скорости роста и морфологических особенностей кристаллов, зависящих от интенсивности конвективного течения.

Теоретическая и практическая значимость исследования обусловлена тем, что математическое моделирование дендритного роста позволяет существенным образом оптимизировать процессы кристаллизации. Аналитические и полуаналитические модели роста позволяют быстро оценивать качество и режимы формирования микроструктуры в сплавах и таким образом получать материалы с заданными расчетными характеристиками.

Во **введении** приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, обосновывается актуальность исследований, формулируются цель и задачи работы, излагается научная новизна и теоретическая и практическая значимость диссертации.

В **первой главе** автор приводит обзор эффективных моделей роста дендритных кристаллов с точки зрения их применимости на атомном, мезоскопическом и макроскопическом уровнях для широкого спектра материалов.

Во **второй главе** формулируется модель роста дендритных кристаллов для многокомпонентных систем с учётом различных граничных условий. Проводится анализ линейной устойчивости, выводится критерий устойчивого роста теплового и термо-концентрационного дендрита при кондуктивных граничных условиях в общем виде и различных предельных случаях. Во второй части главы формулируются граничные условия, соответствующие интенсивной вынужденной конвекции. Выводится аналитическое решение и критерии устойчивого роста вершины дендрита.

В **третьей главе** приведено сравнение теоретических моделей с результатами численного моделирования и экспериментальными данными по росту кристаллов для ряда металлических, органических систем и воды.

В **заключении** сформулированы основные результаты работы и перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

В целом текст диссертации написан последовательно, ёмко и ясно, с грамотным использованием терминологии. По содержанию диссертации имеются некоторые **замечания**:

1. В разделе 2.4 (стр. 44) выполнено разложение компонент скорости поверхности параболического дендрита в ряд в окрестности постоянной параболы. При этом в разложении учитываются только члены первого порядка точности. Однако данное округление не обосновано в тексте диссертации. Возможно, такая обрезка может обуславливать тривиальный вывод о независимости тангенциальной компоненты скорости от набегающего потока.
2. Рассчитанная в разделе 3.3 (стр. 78, рис. 3.5) зависимость скорости роста вершины дендрита от переохлаждения для кристаллов различной симметрии показывает качественное и количественное расхождение с результатами по методу фазового поля. Не вполне понятно, можно ли такое расхождение для одной конкретной системы объяснить только тем, что рост ледяных кристаллов в основном определяется кинетикой присоединения атомов.
3. Раздел 3.6 описывает влияние на скорость роста двух типов граничных условий на поверхности дендрита, а именно только кондуктивного и только конвективного теплообмена. В экспериментальных данных явно существуют две различные области, в которых соответственно доминируют тот или иной механизм переноса. Хотелось бы увидеть способ одновременного учёта этих механизмов в виде общего решения задачи.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значения диссертационной работы.

В целом, диссертация Тороповой Л.В. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, содержит **новые оригинальные результаты** по динамике кристаллического роста, которые имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Результаты диссертации с достаточной полнотой опубликованы в 11 печатных работах, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, 10 из которых входят в базы данных Web of Science и Scopus. По результатам работы получены 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Материалы диссертации успешно прошли апробацию на российских и международных конференциях.

Тема и содержание работы соответствуют паспорту специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника. Автореферат и опубликованные работы правильно и полно отражают содержание диссертации. Достоверность и новизна полученных результатов хорошо обоснованы, личный вклад автора ясно определен.

Считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Торопова Любовь Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 — теплофизика и теоретическая теплотехника

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник Теоретического отдела
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт физики высоких
давлений им. Л. Ф. Верещагина Российской
академии наук



Анкудинов Владимир Евгеньевич



« 6 » сентября 2020 г.

Адрес: 108840, г. Москва, г. Троицк,
Калужское шоссе, стр. 14
Тел.: +7 (495) 851-05-82
E-mail: hpp@hppi.troitsk.ru

Подпись Анкудинова В.Е. заверяю

ученый секретарь ИФВД РАН
к.ф.-м.н. В.В. Волынский

