

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Жолаевой Фатимат Башировны**
**"Теоретическое моделирование процессов плавления в бинарных
эвтектических системах",**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности

01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность темы исследований. Практический интерес к новым материалам приводит к потребности углубленного изучения физических явлений, способствующих получению и использованию новых материалов. Контактное плавление, наблюдающееся в эвтектических системах, является важным инструментом, как для исследования, так и для получения новых материалов. Особенности контактного плавления позволяют разработать технологию металлизации керамики. Явления, сопутствующие контактному плавлению, позволяют легировать полупроводники. Контактное плавление лежит в основе создания многих композиционных материалов.

Большинство технологических особенностей в машиностроении и приборостроении связаны с контактами разнородных материалов при высоких температурах. Изучение контактных явлений, математическое описание процессов, происходящих при этом, является важной составляющей совершенствования существующих и создание новых технологий. Знание закономерностей, происходящих при контактном плавлении необходимо для совершенствования методов пайки. Исследование процессов переноса в области контактов позволяет совершенствовать методы диффузионной сварки.

Общая характеристика работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Содержание диссертации изложено на 142 страницах, включающих в себя 21 рисунок, 3 таблицы и список используемых источников из 107 наименований.

Во Введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы основные цели и задачи работы, показана научная новизна и практическая значимость основных результатов и выводов, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, апробация работы и личный вклад автора. Приводится обзор краткий состояния исследований в данной научной области, обосновывается выбор теоретического описания.

В первой главе проводится теоретическое рассмотрение процессов контактного плавления в нестационарном диффузионном режиме. Для трех граничащих областей записана система дифференциальных уравнений, описывающих процессы диффузии атомов при контактном плавлении. Сформулированы начальные и граничные условия с учетом движения границ при

контактном плавнении. Решена задача концентрационного распределения атомов в каждой из областей.

Во второй главе рассматривается нестационарная задача контактного плавнения. Для бинарной эвтектической системы квазистационарным методом получено аналитическое решение задачи, исследованы условия применимости и законы перемещения фазовых границ. Решается задача о плавнении кристалла сферической формы в расплаве другого состава. Анализируется влияние теплоты фазовых превращений на скорость контактного плавнения. Исследуется задача вычисления диффузионного потока масс при контактном плавнении (эффект Киркендалла).

В третьей главе рассматривается задача о контактном плавнении в стационарном диффузионном режиме при выдавливании расплава из зоны контактного плавнения. Решается задача о течении расплава в зазоре между контактирующими телами в процессе контактного плавнения.

В четвертой рассматривается задача описания ΔT эффекта – возможность контактного плавнения при температурах, ниже температур эвтектики.

В конце каждой главы приведены выводы, характеризующие полученные в ней результаты. В Заключение изложены наиболее важные результаты и выводы диссертационной работы.

По теме диссертации опубликованы 6 статей в журналах из перечня ВАК и 5 тезисов, которые достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Оценка проведенных исследований и полученных результатов.

Отмечу, прежде всего, постановку задачи. Корректно сформулирована задача описания процессов атомной диффузии при контактном плавнении в нестационарном режиме. Записаны дифференциальные уравнения и сформулированы начальные условия и условия на движущихся границах твердых фаз с жидкой, которым должны удовлетворять решения этих уравнений. Это позволило диссертанту получить аналитическое решение, описывающее процессы контактного плавнения в бинарных эвтектических системах. Показано, что выполняется параболический закон перемещения фазовых границ при контактном плавнении. Получено решение для скорости движения фазовых границ. При фиксированной температуре скорости зависят только от коэффициентов диффузии. Автором предложен новый метод определения энергий активации и коэффициентов диффузии компонент в бинарных эвтектических системах на основе экспериментов по контактному плавнению. Это оказалось возможным благодаря полученным аналитическим решениям.

В рамках квазистационарного метода автором получено аналитическое решение для движения фазовых границ и соотношения между концентрациями на фазовых границах. Диссертантом решена задача описания распределения и эволюции температуры в разных фазах при контактном плавнении. Получено аналитическое решение, определяющие изменение температуры на движущихся границах раздела фаз, с учетом поглощения теплоты на фронте плавнения. На основе полученного решения для переноса массы диссертантом описан эффект

Киркендалла и предложен еще один метод определения коэффициентов диффузии в расплаве.

Диссертантом решена задача о контактном плавлении тел в стационарном режиме, когда учитывается механическое выдавливание расплава из зоны контактного плавления. Получено распределение атомов в твердых фазах и в расплаве. Определена толщина жидкой прослойки при действии одноосного давления на внешние границы цилиндрических образцов. Автором решена задача о зависимости и распределении радиальной скорости течения расплава из зоны контакта от внешнего сдавливающего усилия. Автор предложил новый метод определения коэффициентов диффузии расплава при контактном плавлении в стационарном режиме.

Диссертантом рассмотрена диффузионная задача контакта двух металлов при температуре ниже температуры эвтектики. Привлекая значения энергии активации атомов при диффузии, автором получены условия существования ΔT эффекта, найдены соотношения между параметрами диффузии контактирующих веществ, при выполнении которых это возможно. Им также выведены условия для температуры выше температуры эвтектики, при которой контактному плавлению предшествует образование жидкой фазы.

Недостатки и замечания

1. Объяснение причины плавления твердого раствора при замещении атомов на стр.13, второй абзац, не вполне корректно, так как не привязано к диаграмме плавления и к температуре сплава.

2. При вычислении глубины проникания в твердой фазе (параграф 1.3, конец стр. 39) автор требует выполнения условий, характерных для экспоненциального распределения, а не использует полученные им формулы. Поэтому п.5 выводов к главе 1 не верен.

3. В формуле (2.29) на стр. 56 для потока массы должен стоять квадрат радиуса, следовательно, последующие формулы параграфа 2.2 следует откорректировать.

4. Пункт 8 выводов к главе 2 не имеет отношения к этой главе.

5. Диссертант в 4 главе последовательно и непротиворечиво получает условия существования ΔT эффекта. Однако вывод делает неправильный (пункт 1. выводов к главе 4). Пересыщение при температуре, ниже температуры эвтектики, если справедлива диаграмма состояния, не может привести к плавлению.

6. Рукопись диссертации не лишена некоторых погрешностей оформления: опечатки:

стр. 20 "... возникают...пересыщение.",

стр. 22, последняя формула
$$\frac{n_A^{(B)}(-\xi_1, t)}{n_{\text{ж}}^{(B)}(-\xi_1, t)} = \frac{n_A^{(B)}(-\xi_1, t)}{n_{\text{ж}}^{(B)}(-\xi_1, t)} = k_1' = k_1,$$

стр. 39 $e=2,73$,

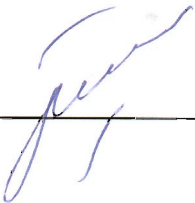
стр. 88 "... диссепируемой..."

непонятное слово:

стр. 87 "... диссепирующейся ..."
и, по видимому, незаконченного предложения:
стр. 102., конец 3 главы "Влияние сдвигающего усилия ... слабее, ... чем
влияние сдвигающего усилия".

Общая характеристика диссертационной работы

Отмеченные замечания не влияют на основное содержание и выводы диссертации. В целом представленная диссертационная работа является законченным научным исследованием, выполненном на современном уровне, в которой решены задачи, имеющие практически важное значение для развития технологий на основе контактного плавления. Результаты проведенных исследований опубликованы в рецензируемых научных изданиях и представлены на конференциях. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Считаю, что содержание работы и форма ее представления соответствуют требованиям пунктов 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», ВАК Минобрнауки России в редакции постановления Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жолаева Фатимат Башировна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.



Широков Владимир Борисович,
доктор физико-математических наук
(спец. 01.04.07 – физика
конденсированного состояния),
ведущий научный сотрудник,
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Южный научный центр РАН,
отдел физики и астрономии,
доцент, **официальный оппонент**,
(Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону,
пр.Чехова, 41, тел. 8(918)5600867,
e-mail: shirokov-vb@rambler.ru)

Подпись официального оппонента Широкова В.Б. заверяю:
Ученый секретарь ЮНЦ РАН,
канд.биол.наук.



Булышева Наталья Ивановна