

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Е.А. Колесниковой «Температурное условие адгезии и определение температурных полей в системе «капля-подложка», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Повышение эффективности технологий нанесения порошковых покрытий становится возможным на основе выявления условий получения их качественной адгезии, определения эффективных условий организации этого процесса. Среди параметров, влияющих на качество адгезии, важным является глубина плавления подложки под каплей. При этом не допустим перегрев капли или подложки, который может изменить структуру материала подложки.

Определение достоверных параметров технологического процесса, обеспечивающих получение качественной адгезии покрытий, является актуальной задачей. Вследствие сложности процесса, зависящего от множества факторов, его анализ возможен применением сочетания теоретического и экспериментального подходов.

В диссертации Е.А. Колесниковой на основе предложенного метода расчета установлены температурные условия адгезии в модельной системе «капля-подложка» и осуществлена их проверка опытным путем. Обеспечение таких условий позволит повысить качество нанесения покрытий. Перечисленные обстоятельства являются основанием считать актуальной тему диссертации.

Работа изложена на 116 страницах, состоит из введения, четырех глав в которых имеется 28 рисунков и 6 таблиц, заключения и списка использованной литературы, включающего 140 наименований, из них 89 источников на иностранном языке.

Во введении определен объект исследования, обоснована актуальность своей работы и приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ современного состояния проблемы взаимодействия частиц порошковых материалов с поверхностью подложки, находящихся в расплавленном состоянии. Основное внимание уделено рассмотрению существующих критериев достижения качественной адгезии, а также физико-математическим моделям процесса взаимодействия расплавленной капли с подложкой. Отмечено, что расчет температурного поля в известных моделях требует значительных временных и ресурсных затрат, поэтому требуется разработать более простую математическую модель, позволяющую контролировать и управлять параметрами процесса нанесения покрытий в реальном режиме времени.

Во второй главе рассмотрен процесс адгезии кристаллизирующейся капли расплавленного металла на металлической подложке. Получены выражения для начальной контактной температуры, являющейся основной характеристикой процесса, с помощью которой определяется наличие или отсутствие плавления поверхности подложки и образование металлической связи в системе «капля–подложка», а также для определения безразмерного температурного условия адгезии. Проверка адекватности полученных температурных условий адгезии осуществлена экспериментально.

В третьей главе описана предложенная автором методика расчета нестационарного температурного поля в системе «капля – подложка» методом выравнивания температур малых соседних объемов кубической формы. Тестирование этого метода выполнено на примере расчета температурного поля бесконечной пластины и шара. Разработаны модификации этой методики, позволяющие учитывать зависимость удельной массовой теплоемкости и теплопроводности от температуры, а также плавление или затвердевание материала. Достоверность расчетов температур по предложенному методу подтверждена экспериментальными результатами.

В четвертой главе с применением разработанной методики осуществлен расчет температурных полей и исследовано движение границы между жидкой и твердой фазами в объемах сплэта и подложки.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы.

Теоретическая значимость работы заключается в получении новой информации, требующейся для уточнения существующих физико-математических моделей процесса адгезии в системе «капля–подложка».

Установление температурного условия в системе «капля–подложка», дающего возможность оценить адгезию капли на поверхности подложки в зависимости от начальных температур и теплофизических характеристик капли (частицы) и подложки, подтверждает практическую значимость работы. Это условие может быть использовано для разработки эффективного режима термического нанесения порошковых материалов.

Достоверность представленных в диссертации Е.А. Колесниковой научных результатов и выводов, полученных экспериментальным методом, подтверждена необходимым количеством опытов и достаточной их повторяемостью с привлечением прошедших поверку приборов. Численный анализ выполнен с использованием разработанного метода, который был протестирован на задачах, имеющих точное аналитическое решение; количественным сопоставлением с расчетными и опытными данными других авторов.

Основные научные результаты, приведенные в диссертации, соответствующие критерию новизны, заключаются в следующем:

- получено выражение для расчета контактной температуры между каплей расплава и подложкой;
- получено температурное условие адгезии в системе «капля–подложка», позволяющее оценить адгезию сплэта на поверхности подложки в зависимости от теплофизических характеристик материалов капли и подложки и начальной температуры;
- разработана методика расчета температурного поля в системе «капля–подложка», основанная на методе выравнивания температур малых соседних кубических объемов, учитывающая зависимость теплофизических характеристик материалов капли и подложки от температуры и фазовые

переходы. Адекватность и достоверность методики подтверждена тестовыми расчетами и экспериментальными результатами.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов заключается в установлении температурных условий в системе «капля – подложка», с помощью которых можно оценить адгезию капли на поверхности подложки в зависимости от начальных температур и теплофизических характеристик материалов капли и подложки, выбрать эффективные режимы процесса термического нанесения порошковых материалов.

Основные результаты диссертации опубликованы в виде трех статей в списке изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 статьи, 7 докладах на научно-практических конференциях разного уровня. Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (09–08–00488–а).

По рукописи и автореферату диссертации Е.А. Колесниковой необходимо сделать следующие замечания.

1). Часть пункта №7 выводов диссертации, касающихся оптимизации параметров технологического процесса, являются мало обоснованными, т.к. отсутствует постановка и решение соответствующей задачи.

2) Предложена методика расчета температурного поля системы «капля–подложка», основанная на выравнивании температур малых соседних кубических объемов, которая имеет сложный алгоритм, трудно реализуемый на компьютере (например, из равных кубов формирование столбиков на с. 69, учет частных случаев, описанных на с.73–74). Это затрудняет подтверждение практической значимости диссертационной работы.

3) При расчете температурных полей и движения границы жидкой и твердой фаз системы «капля–подложка» использовались адиабатические условия поверхности сплэта и подложки. Какие соображения можно привести в обоснование такого допущения?

4) В таблицах 3.1 и 3.2 приведены значения вычисленных погрешностей расчета температур пластины и шара с четырьмя знаками после запятой; на с.93 имеется неравенство $T'' > -380$ К, но не указаны условия его выполнения.

В выводах дважды описан параметр адгезионного процесса и теплофизические величины, входящие в него.

В оформлении рукописей диссертации и автореферата имеются опечатки, стилистические огрехи. Отмеченные выше замечания не затрагивают принципиальные положения работы и не снижают ее ценности. Диссертация Е.А. Колесниковой является законченной научно-квалификационной работой, в которой приведены результаты решения задачи, имеющей существенное значение для порошковой металлургии. Автореферат полностью соответствует диссертации.

По мнению оппонента, диссертационная работа «Температурное условие адгезии и определение температурных полей в системе «капля-подложка» полностью соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней п.9, а ее автор – Елена Александровна Колесникова – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Профессор кафедры теоретической и
промышленной теплотехники Энергетического
института Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, 

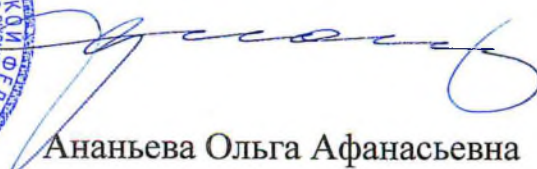
Голдаев Сергей Васильевич
05.12.2014

Адрес: 634050 г. Томск, пр. Ленина, д.30,
ФГАОУ ВО НИ ТПУ
E-mail: SVGoldaev@tpu.ru
Тел.: 8(3822) 701-777 доп. 1633

Подпись С.В. Голдаева удостоверяю

Ученый секретарь Национального
исследовательского Томского
политехнического университета




Ананьева Ольга Афанасьевна