

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Григоровского Вячеслава Валерьевича на тему: «Формирование разнофункциональных покрытий низкотемпературным, гетерогенным, сверхзвуковым потоком», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Исследование Григоровского Вячеслава Валерьевича посвящено разработке научно обоснованной технологии формирования разнофункциональных покрытий низкотемпературным, гетерогенным, сверхзвуковым потоком. Актуальность темы обусловлена растущей потребностью в новых высоко производительных методах нанесения покрытий, улучшения традиционных технологий формирования покрытий.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

1. Проведено критическое сопоставление низкотемпературного газодинамического метода нанесения разнофункциональных покрытий с альтернативными методами. Выявлены потенциальные производственные и технологические возможности метода. Установлены преимущества метода по сравнению с плазменным, газопламенным и другими газодинамическими методами. Например, показано, что низкая температура двухфазной струи и высокая скорость соударения частиц с подложкой при формировании покрытий НТГДМ позволяет:

- использовать в качестве газа-носителя обычный воздух, что значительно удешевляет метод;
- исключить в процессе нанесения покрытий химическое взаимодействие частиц с газом-носителем и, в связи с этим, повысить степень дисперсности частиц, что улучшает качество покрытия, его микроструктуру;
- очищать поверхность подложки от окисных и других пленок непосредственно в процессе нанесения покрытия, то есть исключить операции предварительной подготовки поверхности подложки;
- активировать сопряжённые поверхности подложки и частиц, обеспечить прочное физическое и химическое взаимодействие покрытия и подложки за счёт локального давления и значительного повышения температуры в пятне контакта в момент удара в результате перехода части кинетической энергии частицы в тепловую.

2. Предложена и апробирована методология диагностики сверхзвуковых гетерогенных потоков и исследования механических и теплофизических характеристик разнофункциональных покрытий.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«16» 12 2025 г.

3. Разработаны физическая и математическая модели установившегося гетерогенного потока в газодинамическом тракте. Представлен алгоритм решения задачи. По результатам расчёта установлено что скорость частиц определяется родом материала и размерами частиц, скоростью и плотность газового потока, а также характером течения газа-носителя в ускорителе.

Рассмотрены особенности течения в микросоплах с большим удлинением. Показано что при проектировании таких каналов необходимо учитывать влияние пограничного слоя на течение гетерогенной смеси. Установлено, что влияние нарастания пограничного слоя приводит к уменьшению скорости газа-носителя примерно на 16%, а скорости частиц — до 10%.

4. Проведён анализ механизма взаимодействия высокоскоростной дисперсной фазы с подложкой. Установлено, что интервал скоростей частиц, в котором реализуются покрытия на поверхности, ограничен двумя предельными скоростями:

- первая критическая скорость — это предельная скорость частицы, при которой происходит упругий удар о поверхность, покрытие не реализуется;
- вторая критическая скорость — это скорость частиц, при которой твердая поверхность начинает механически разрушаться в результате взаимодействия частиц с поверхностью, что приводит к процессу эрозии подложки.

Предложена математическая модель определения критических скоростей.

5. Проведён анализ возможных механизмов взаимодействия частиц с твердой подложкой, отмечено, что ударное действие динамического давления приводит к дроблению отдельных частиц, а также снижению энергии активации на величину, пропорциональную уровню давления.

6. Рассмотрены характеристики защитных покрытий, полученных с применением НТГДМ. Сравнительно тонкий поверхностный слой покрытия из карбида ниобия (NbC) толщиной ~ 40 мкм заметно влияет на статическую прочность образца из CuAgZr диаметром 5 мм. Например, если при криогенных температурах напряжения разрыва σ_b указанного материала с покрытием и без него совпадают, то в области повышенных температур (700K) σ_b материала с покрытием возрастает до 20%.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате недостаточно уделено внимание анализу работ в области исследования нанесения разнофункциональных покрытий выполненными другими авторами.
2. В автореферате не полно отражено описание математической модели расчёта течения при натекании сверхзвукового гетерогенного потока на плоскую преграду.

Выявленные недостатки являются уточняющими и не снижают общего качества исследования, выполненного в диссертационной работе.

В заключении следует отметить, что диссертационная работа Григоровского Вячеслава Валерьевича соответствует специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», имеет важное научное и практическое значение. Удовлетворяет требованиям пункта 9 раздел 2 Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Григоровский Вячеслав Валерьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Заведующий отделением теплофизики
Государственного научного учреждения
«Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова»
Национальной академии наук Беларуси,
д.ф.-м.н., член-корреспондент


П.С. Гринчук
08.12.2025

Контактные данные:

Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова» Национальной академии наук Беларуси.

Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, д. 15.

Тел.: +375 (17) 379-13-46, E-mail: gps@hmti.ac.by, сайт: <http://www.itmo.by>

Даю согласие на обработку указанных в отзыве персональных данных

*подпись Гринчука не
уточнено
Григорьевский*

