

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Кучумовой Иванны Денисовны
«Структура и свойства покрытий с аморфной фазой, полученных методом
детонационного напыления порошковых сплавов системы Fe-Cr-Nb-B»,
представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
2.6.17. – Материаловедение

Актуальность темы диссертационной работы

Разработка новых методов и материалов для формирования функциональных покрытий с перспективными свойствами являются одной из наиболее важных направлений в современном материаловедении. Газотермическое напыление порошков аморфных сплавов на основе железа позволяет получить покрытия на стальных подложках для эффективного сопротивления износу и коррозии. Высокая стойкость покрытий с аморфной структурой к воздействию агрессивных сред и изнашиванию обусловлена особенностями структуры сплавов с высокой способностью к аморфизации (отсутствием дальнего порядка симметрии и структурных дефектов). Среди газотермических методов формирования покрытий детонационное напыление имеет ряд преимуществ, которые позволяют формировать покрытия из аморфных сплавов с высокой адгезионной прочностью, низкой пористостью и меньшим содержанием кристаллической фазы. Также актуальными являются исследования, направленные на определение параметров детонационного напыления сплавов на основе железа с различной способностью к аморфизации, определяющих формирование покрытий с высокой долей аморфной составляющей и комплексом функциональных свойств.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа является комплексным научным исследованием. Поставленные задачи последовательно раскрываются в пяти главах. Диссертационная работа изложена на 201 странице, иллюстрирована рисунками, таблицами и приложениями.

Во введении отражена актуальность работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы научная новизна и положения, выносимые на защиту, а также степень достоверности полученных результатов. На основании аналитического обзора сформулированы цель исследования и задачи, обеспечивающие ее достижение.

В первой главе представлен литературный обзор по теме исследования. Рассмотрены методы газотермического напыления, которые наиболее часто используются для формирования покрытий с аморфной фазой. Проанализированы результаты оценки износостойкости и коррозионной стойкости в различных условиях испытаний и механизмы разрушения газотермических покрытий из аморфных сплавов на основе железа.

Вторая глава диссертационной работы посвящена описанию материалов, используемых в ходе проведения исследований, а также технологических процессов и режимов формирования покрытий и объемных материалов по технологиям детонационного напыления и электроискрового спекания. Представлены методы исследования микроструктуры, фазового состава, физико-химических, механических и триботехнических свойств разработанных материалов.

В третьей главе диссертации представлены результаты исследования исходных порошков сплавов $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{V}_{19}$ и $\text{Fe}_{62}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_{12}\text{V}_{16}$ различных фракций и теоретического анализа процесса детонационного напыления при варьировании зарядов и состава газовой смеси, состоящей из ацетилена и кислорода, с применением программного обеспечения LИH. Результаты исследования фазового состава и структуры, сформированных покрытий согласуются с данными, полученными в рамках теоретического анализа процесса их напыления. Сформированные покрытия из сплавов системы Fe-Cr-Nb-V характеризуются низкой пористостью и высоким содержанием аморфной фазы. Показано, что детонационное напыление позволяет формировать покрытия с высокой степенью аморфности из порошка $\text{Fe}_{62}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_{12}\text{V}_{16}$ с исходной кристаллической структурой.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена исследованию коррозионных, трибологических и механических свойств покрытий и объемных материалов из сплавов системы Fe-Cr-Nb-V. В данной главе отражены результаты оценки стойкости покрытий к электрохимической коррозии в электролитах 3,5 масс. % NaCl (pH 3–10) и атмосферной коррозии. Износостойкость разработанных материалов оценивалась в условиях абразивного изнашивания, сухого трения скольжения и царапания алмазным индентором. Автором установлено, что покрытия из сплава $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{V}_{19}$, полученные в широком диапазоне зарядов взрывчатой смеси ($\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2 \approx 1$), проявляют схожее поведение в условиях электрохимической и атмосферной коррозии, а также абразивного изнашивания и царапания индентором Берковича. Показано, что износостойкость материала, полученного методом электроискрового спекания сплава $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_{10}\text{Nb}_5\text{V}_{19}$, находится на уровне стали 12X18H10T.

Стойкость покрытий из сплавов системы Fe-Cr-Nb-B в 5–10 раз выше, чем у нержавеющей стали.

В пятой главе диссертации представлены материалы, отражающие практическую ценность проведенных в работе исследований. В данном разделе приведены рекомендации по практическому применению детонационных покрытий из порошков сплавов системы Fe-Cr-Nb-B. Разработаны технологические рекомендации по параметрам детонационного напыления покрытий, которые применяются на предприятиях, специализирующихся на детонационном напылении защитных покрытий различного назначения. Отражено использование результатов исследований, представленных в диссертационной работе, в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Методом детонационного напыления были сформированы покрытия из порошков сплавов $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ (имеет высокую способность к аморфизации) и $Fe_{62}Cr_{10}Nb_{12}B_{16}$ (имеет низкую способность к аморфизации) с низкой пористостью, высоким содержанием аморфной фазы (более 86 масс.%) и высокой адгезионной прочностью (более 125 МПа).

2. Результаты оценки стойкости покрытий $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ к электрохимической коррозии в растворах 3,5 масс. % NaCl (с различным pH) свидетельствуют о том, что покрытия имеют более высокую стойкость к воздействию электролитов, чем покрытия из сплавов системы Fe-Cr-Nb-B, сформированные другими методами газотермического напыления.

3. Износостойкость разработанных покрытий из сплавов $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ и $Fe_{62}Cr_{10}Nb_{12}B_{16}$ более чем в 5 раз выше по сравнению со сталью 12X18H10T, которая использовалась в качестве материала сравнения в диссертационной работе.

4. Показано, что электроискровое спекание сплава $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ позволяет формировать материал с высокой степенью аморфности за счет сохранения аморфной структуры в исходном порошке.

Теоретическая значимость результатов, полученных в диссертационной работе, заключается в исследовании структурных и фазовых превращений при детонационном напылении порошков сплавов Fe-Cr-Nb-B с различной способностью к аморфизации.

Практическая значимость работы заключается в разработке технологических параметров детонационного напыления порошков сплавов

$Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ и $Fe_{62}Cr_{10}Nb_{12}B_{16}$ с размером частиц 20–40 мкм и 45–75 мкм, обеспечивающих формирование покрытий с высокой долей аморфной фазы, низкой пористостью, высокой прочностью сцепления с подложкой из стали Ст3, высокими коррозионной стойкостью и износостойкостью.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечивается комплексным подходом к получению и обработке экспериментальных данных, использованию современного аналитического оборудования и надежных методик проведения экспериментов.

Замечания по диссертационной работе:

1. Не понятна научная ценность утверждения автора, что фракция с размером менее 45 мкм содержит менее 5 масс. % кристаллической фазы, а фракция 20...40 мкм (размер частиц меньше 45 мкм) содержит ~ 5 масс. % кристаллической фазы (стр. 75). На рис. 3.1а диссертации данные по фракции менее 45 мкм не приведены.

2. Не ясно, как автор на основании рентгенограммы рис. 3.1б установил, что порошок сплава $Fe_{62}Cr_{10}Nb_{12}B_{16}$ фракции 20...40 мкм состоит из нанокристаллов $\alpha-Fe(Cr)$ и $(FeCr)NbB$.

3. Из рис. 3.4в следует, что верхняя граница фракции 45...75 мкм порошка $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ не ограничивается 75 мкм, а имеет большие размеры. Возникает вопрос насколько корректно указывать, что фракция имеет размеры 45...75 мкм.

4. Не ясно какую цель преследовал автор при изучении возможности формирования композиционных покрытий «аморфная матрица - армирующие частицы» из порошковых смесей $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}-Al_2O_3$. Возможно стоило более тщательно подойти к выбору объекта исследования для достижения положительного результата.

5. Вывод о снижении содержания кристаллической фазы в покрытиях $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ после электрохимических испытаний по сравнению с исходными покрытиями на основании данных рисунка 4.5 неоднозначен.

6. Возможно ли использование покрытий $Fe_{66}Cr_{10}Nb_5B_{19}$ на Ст3 в случае циклических термических нагрузок как в диапазоне низких, так и высоких температур?

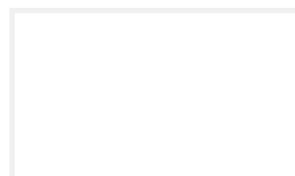
Указанные замечания не снижают общий высокий уровень диссертационной работы и ее практическую ценность.

Заключение

Диссертационная работа «Структура и свойства покрытий с аморфной фазой, полученных методом детонационного напыления порошковых сплавов системы Fe-Cr-Nb-B» Кучумовой И. Д. отвечает требованиям, изложенным в пункте 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842) и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 2.6.17. – Материаловедение в части пунктов 1, 2, 11, 16.

Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и в научных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает полученные научные результаты. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и достоверны. Материал диссертационной работы четко изложен и хорошо иллюстрирован. Считаю, что автор диссертации Кучумова Иванна Денисовна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – Материаловедение.

Официальный оппонент, заведующий Лабораторией физикохимии высокодисперсных материалов Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), г.н.с., доктор технических наук



25.11.2022г

Лернер Марат Израильевич

Контактная информация:

634055, Томская обл., г. Томск,
пр. Академический, д. 2/4
Тел.: +7 (3822) 49-26-19
e-mail: lerner@ispms.ru

Подпись д
Ученый с
ИФПМ СО



Матолыгина Наталья Юрьевна

Росстатм в совет
02.12.2022

Тюрин А.В.

Кучумова И.Д.

Созданная с помощью пера.

Кучумова И.Д.
25.11.2022г