

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по науке и инновациям
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Дальневосточный федеральный
университет» (ДФУ),
т.н., профессор
Фаткуллин А.А.

«01» *февраль* 2016 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Медневой Анастасии Витальевны по теме:

«Синтез комплексно-легированных алюминидов никеля из оксидных
соединений алюминотермическим методом»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности

05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении)

Актуальность темы диссертации

Потребность в качественных материалах растет постоянно. В первую очередь это относится к сплавам с высоким комплексом физико-механических свойств, а именно: сплавам, содержащим интерметаллидные соединения, которые показали повышенную прочность в сочетании с достаточной пластичностью и технологичностью. Особенно это относится к сплавам на основе системы никель-алюминий, потребность в которых испытывает машиностроение, авиастроение, энергетика и другие отрасли экономики. Получение алюминидов и их сплавов решают в настоящее время применением литейных технологий или порошковой металлургии, что не

всегда возможно, технологически сложно и требует дорогостоящего оборудования. Актуальность работы состоит в том, что разработан и предложен упрощенная технология получения сложнолегированных алюминидов никеля путем совместного алюмотермического восстановления исходных оксидов металлов за счет использования СВС-металлургии. Это снижает себестоимость получения новых жаропрочных материалов для нужд экономики.

Научная новизна, достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

1. Дана термодинамическая оценка и выполнен термический анализ реакций синтеза новых композиционных материалов на основе никельалюминиевой матрицы с тугоплавкими металлами и их боридами. Результаты анализа указывают на высокую вероятность получения композиционных материалов.

2. Установлены и научно обоснованы закономерности формирования структурных составляющих никелевых сплавов (Ni – Al, Ni – Al – Cr, Ni – Al – Mo, Ni – Al – W, Ni – Al – Ti, Ni – Al – Cr – Mo – W, Ni – Al – Cr – Mo – W – Ti, Ni – Al – Cr – V, Ni – Al – Cr – V – Mo) и их твердости в зависимости от состава шихты из оксидных соединений и количества восстановителя алюминия. Показано, что все полученные сплавы формируются на основе β' -фазы (твердого раствора легирующих элементов в алюминиде никеля NiAl) и квазиэвтектики из β' -фазы и интерметаллидов легирующих элементов. По степени повышения микротвердости сплавы располагаются в следующем порядке: Ni – Al – Cr (4672 МПа) → Ni – Al – Mo (5441 МПа) → Ni – Al (5484 МПа) → Ni – Al – W (6226 МПа) → Ni – Al – Cr – Mo – W – Ti (6246 МПа) → Ni – Al – Cr – V (6439 МПа) → Ni – Al – Ti (6908 МПа) → Ni – Al – Cr – Mo – W (7007 МПа) → Ni – Al – Cr – V – Mo (7914 МПа).

3. На основе исследования термодинамических характеристик и физико-химических параметров реакций восстановления установлены закономерности структурообразования и свойства алюминидов никеля, легированных тугоплавкими и высокотвердыми соединениями Mo_2B_5 , MoB , W_2B_5 , WC , для синтеза композиционных сплавов. Синтезируемые сплавы формируются при совместном алюминотермическом восстановлении оксидов Cr, Mo, W, V и Ti, боридов Mo и W и карбида W. По степени повышения нанотвердости исследованные сплавы расположены в следующем порядке:

- NiAl – WC (ат. %: 37,04 Ni; 52,16 Al; 7,65 W; 3,15 C); 7100 МПа (NiAl), 19500 МПа (WC);
- NiAl – Mo_2B_5 (ат. %: 44,82 Ni; 41,29 Al; 10,63 Mo; 3,26 B); 8440 МПа (NiAl), 24400 МПа (Mo_2B_5);
- NiAl – Mo – β -MoB (ат. %: 34,46 Ni; 33,62 Al; 22,3 Mo; 9,62 B); 8050 МПа (NiAl), 26320 МПа (β -MoB + Mo);
- NiAl, Ni_2Al_3 – W_2B_5 (ат. %: 45,99 Ni; 39,54 Al; 11,6 W; 2,74 B); 16700 МПа (NiAl + Ni_2Al_3), 29200 МПа (W_2B_5).

Достоверность научных результатов диссертации основывается на использовании комплекса современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа, термического анализа, рентгенографии, термографии и больших объемов полученных экспериментальных данных. Экспериментальные результаты подтверждаются большим количеством проведенных опытов. Теоретические выкладки базируются на современных достижениях материаловедения, металлургии, металловедения и не противоречат их основным положениям.

Научные положения, выводы и достижения, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы.

Значимость полученных результатов для развития науки не вызывает сомнений и заключается в следующем:

- разработана технология получения комплексно-легированных алюминидов никеля с квазиэвтектиками в сплавах системы. Определены основные условия получения алюминидов никеля NiAl, легированных комплексно Cr, Mo, W, Ti, V при алюминотермическом восстановлении их оксидов.

- получены композиционные материалы NiAl + Mo; NiAl + β -MoB + Mo; NiAl + WC и NiAl + Ni₂Al₃ + W₂B₅.

Таким образом, разработана новая технология получения сложнолегированных сплавов и композиционных материалов. Полученные сплавы применены в качестве электродного материала для ЭИЛ и в качестве модификатора.

Практическая значимость полученных результатов

1. Разработана технология получения сплавов интерметаллидов Ni-Al, легированных хромом, молибденом, вольфрамом, титаном, ванадием, совместным алюминотермическим восстановлением оксидов исходных металлов.

2. Разработана технология позволяет получать комплексно-легированные алюминиды в одну стадию при использовании оксидов исходных металлов в отличие от традиционных технологий.

3. Полученные интерметаллидные сплавы (Ni-Al, Ni-Al-Cr, Ni-Al-Mo, Ni-Al-W, Ni-Al-Cr-Mo-W) были использованы в качестве анодных материалов для создания жаростойких покрытий методом ЭИЛ на стали 30, что позволило увеличить жаростойкость в 7,5 раз, а покрытие из сплава NiAl-Cr-Mo-W практически не окисляется при выбранных режимах испытаний.

4. Использование интерметаллида NiAl в качестве модифицирующих добавок в оловянной бронзе позволило при добавке 0,15 мас.% лигатуры увеличить микротвердость α -твердого раствора в 1,9 раз и микротвердость эвтектоида ($\alpha + \beta$ -фаза) в 2,7 раза.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанный способ получения интерметаллидных сплавов может быть успешно применен в действующем производстве для снижения себестоимости с сохранением их уникальных свойств.

Общая характеристика и анализ работы

Диссертация Медневой А.В. состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 149 отечественных и зарубежных источников, и трех приложений. Работа изложена на 164 листах машинописного текста, содержит 31 таблицу и 54 рисунка. Между разделами диссертации прослеживается логическая связь.

Во введении соискателем обоснована актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, сформулированы цели, задачи, объект и параметры исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе автор проанализировал состояние вопроса по теоретическим и технологическим основам получения интерметаллидных сплавов на базе алюминия и никеля. Выполнен информационно-аналитический обзор способов получения легированных сплавов. Проведена оценка перспективности предлагаемых сплавов на основе алюминидов никеля для высокотемпературной работы. В заключительной части главы сделан вывод о необходимости разработки нового способа получения сплавов на основе системы никель-алюминий и были поставлены задачи для дальнейшего исследования.

Во второй главе представлены методики проведения эксперимента. Описан комплекс современных методов исследования: микрорентгеноспектрального анализа, рентгенографии, сканирующей электронной микроскопии, микротвердости, термического анализа, термографии, жаростойкости.

В третьей главе рассмотрены условия получения алюминидов никеля и их легирования тугоплавкими элементами. Дана термодинамическая оценка реакций, показывающая, что образование конечной продукции в виде

слитков возможно с большой вероятностью. Восстановление оксидов металлов алюминием охарактеризовано методом дифференциального термического анализа (ДТА). Получены алюминиды никеля NiAl, легированные хромом, молибденом, вольфрамом, титаном при алюминотермическом восстановлении оксидов металлов. Установлены составы исходной шихты, определены основные условия получения сплавов. Также разработана технология получения комплексно-легированных алюминидов никеля в сплавах: Ni – Al – Cr – V; Ni – Al – Cr – Mo – V; Ni – Al – Cr – Mo – W и Ni – Al – Cr – Mo – W – Ti.

Четвертая глава посвящена исследованию и разработке технологии синтеза композиционных материалов на основе алюминидов никеля и тугоплавких соединений молибдена и вольфрама. Данная работа направлена на исследование возможности получения материалов на основе системы NiAl-Mo(W)V. Эта глава, по нашему мнению, наиболее ярко иллюстрирует квалификацию соискателя как исследователя-экспериментатора.

Пятая глава посвящена перспективам применения синтезированных легированных интерметаллидных сплавов для повышения эксплуатационных свойств покрытий и металлических сплавов.

Подтверждение опубликования основных результатов исследования. Основные результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в 17 публикациях в научных рецензируемых журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций, в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Личный вклад соискателя не вызывает сомнения и состоит в непосредственном участии при постановке задач исследований, проведении экспериментальных исследований, а также выполнении теоретической части работы, интерпретации экспериментальных данных научных экспериментов.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы. Оформление работы в целом соответствует действующим стандартам.

Диссертация написана грамотным техническим языком, что подтверждает квалификацию автора.

Замечания по диссертации

Работа Медневой А.В. имеет несколько недостатков.

1. Автор допустил небрежности в оформлении рисунков и текста. Например, на рисунках с термограммами исследованных материалов (рис. 3.2, например) показаны масштабированные оси координат. На самих рисунках показаны также кривые ДТА с цифровыми указателями температур превращений, которые не согласованы с осями координат.

2. Касательно второй главы. Автор подробно расписывает известные методики, например, даже методику приготовления шлифов. Достаточно было сослаться на соответствующие нормативные документы.

3. По третьей главе «Исследование и разработка технологии синтеза алюминидов никеля методом металлотермии из оксидных соединений» имеются следующие вопросы и замечания:

3.1. Почему в разделе 3.2. (с. 55) приведены частные реакции восстановления алюминием оксидов молибдена с карбидами бора и оксидами бора, если они относятся к главе 4 и в ней подробно рассматриваются (с. 94 и с.99)?

3.2. Как измерялась микротвердость легированных алюминидов никеля (с. 64)? Это средние значения микротвердости включений?

3.3. Как измерялась микротвердость сложнолегированных алюминидов никеля (с. 78)?

3.4. В выводе 3.6 (п. 2, с. 90) ошибочно вместо 658°C напечатано 659°C. Если рассматривать термограммы смесей на рисунке 3.2 (с. 56), то там получена температура 658°C.

4. По четвертой главе «Исследование и разработка технологии высокотемпературного синтеза на основе алюминидов никеля и тугоплавких соединений молибдена и вольфрама» имеется вопрос:

4.1. В какой среде выполнялась металлотермическая плавка?

5. По пятой главе «Перспективы применения синтезированных легированных интерметаллидных сплавов для повышения эксплуатационных свойств покрытий и оловянной бронзы» также имеется вопрос:

5.1. Почему в качестве электродного материала и модификатора не были использованы сплавы на основе алюминидов никеля и тугоплавких соединений молибдена ($\text{NiAl} - \text{Mo}_2\text{B}_5$; $\text{NiAl} - \beta\text{-MoB} - \text{Mo}$) и вольфрама ($\text{NiAl} - \text{Ni}_2\text{Al}_3 - \text{W}_2\text{B}_5$; $\text{NiAl} - \text{WC}$)?

6. Почему по результатам работы нет документов на объекты интеллектуальной собственности?

Заключение

Диссертация Медневой Анастасии Витальевны «Синтез комплексно-легированных алюминидов никеля из оксидных соединений алюминотермическим методом» соответствует специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении) и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой представлены новые научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития науки и практики. Автор диссертации «Синтез комплексно-легированных алюминидов никеля из оксидных соединений алюминотермическим методом» заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Результаты диссертационной работы, диссертация и автореферат диссертации Медневой Анастасии Витальевны, а также отзыв рассмотрены и обсуждены на открытом заседании кафедры «Материаловедение и технологии материалов» Инженерной школы федерального автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный

федеральный университет», 25 ноября 2016 г. (протокол № 3 от 25 ноября 2016 года).

Врио заведующего кафедрой

МВ и ТМ ИШ ДВФУ

к.т.н., доцент

Андреев Вадим Вячеславович



Федеральное государственной автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) 690091 г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел. 8 (423) 243-34-72, факс 8 (423) 243-23-15, e-mail: rectorat@dvfu.ru, <http://www.dvfu.ru>.