

ОТЗЫВ

на автореферат докторской диссертации И.Р. Манашева «НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СВС-ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЛЕГИРУЮЩИХ И ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ»

В России растет выпуск ферросплавов и легирующих материалов, которые играют важную и незаменимую роль в современном сталеплавильном производстве, однако в то же время их выпуск сопровождается образованием большого количества техногенных отходов – пылей, шламов, шлаков и пр., требующих утилизации. Однако до сих пор эффективная переработка ферросплавных пылей и других дисперсных некондиционных материалов остаётся нерешенной проблемой отечественных ферросплавных заводов. Традиционные способы их утилизации путём окускования и последующего передела или непосредственного применения брикетов в плавке стали отличаются довольно низкой эффективностью, так как при этом значительная часть материала сгорает или теряется со шлаком. В связи с этим важное значение имеет разработка новых энергоэффективных и экологически чистых технологий, позволяющих обеспечить максимально полное извлечение ценных компонентов мелкодисперсных ферросплавов в процессе их утилизации. Несомненный интерес для решения этой проблемы имеет применение метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), открытого в 1967 г. советскими учёными А.Г. Мержановым, И.П. Боровинской, В.М. Шкиро как энергоэффективного и высокопроизводительного способа получения тугоплавких неорганических соединений – карбидов, силицидов, нитридов и прочих в режиме горения. СВС-продукты, в отличие от материалов, получаемых в традиционных печах, имеют уникальную композиционную структуру и отличаются чистотой по вредным примесям из-за их разложения и удаления при высоких температурах горения. В связи с этим диссертационная работа И.Р. Манашева, посвященная разработке научных и технологических основ новой энергосберегающей и экологически чистой промышленной технологии производства композиционных легирующих и огнеупорных материалов при утилизации мелкодисперсных ферросплавов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, несомненно, является актуальной.

В работе И.Р. Манашева получен ряд новых важных научных результатов.

1. Впервые выполнен термодинамический анализ и рассчитаны адиабатические температуры Тад СВС композиционных материалов на основе нитридов и боридов при переработке ферросплавных циклонных пылей и отсевов, а также других некондиционных материалов, таких как шлам карбида бора и счистка с реторт титановой губки. Показано, что при азотировании некондиционных ферросплавов высокими значениями Тад обладают сплавы ферросилиция, феррованадия и ферросиликохрома, что свидетельствует о высокой вероятности реализации СВС-процессов в данных системах. Более низкие значения адиабатических температур горения отмечены у сплавов ферросиликомарганца и низкоуглеродистого феррохрома, в связи с чем возможность азотирования данных материалов в режиме СВ-синтеза требует практического подтверждения. Крайне низкое значение Тад получено для высокоуглеродистого феррохрома марки, в связи с чем реализовать азотирование такого материала в режиме горения будет практически невозможно. В борсодержащих системах Tiγуб.-B4Cш; Alвт.-B2O3; Alвт.-B4Cш; Alвт.-B2O3- N2; Tiγуб.-B2O3 также получены высокие значения расчётных температур горения, что говорит о высокой вероятности реализации СВС-процессов в данных системах и возможности получения композиционных борсодержащих антиоксидантов для углеродсодержащих огнеупоров.

2. Впервые проведено экспериментальное исследование возможности азотирования различных мелкодисперсных ферросплавов в режиме фильтрационного горения при

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	27.10.2023
Фамилия регистратора	_____

принудительной фильтрации азота и повышенном давлении в опытно-промышленном проточном реакторе СВС объёмом 0,05 м³. Показана определяющая роль давления азота в реакторе и размеров частиц ферросплавов на пределы горения и реализацию различных режимов горения, на однородность продуктов горения и содержание азота в них.

3. Показана принципиальная возможность реализации СВ-синтеза в борсодержащих системах при использовании в качестве исходных компонентов шламов карбида бора, некондиционной титановой губки (счистка с реторт), вторичного алюминия и борного ангидрида. Определены пределы горения и зависимости скорости горения данных систем от соотношения шихтовых компонентов.

Практическая значимость работы определяется следующими результатами.

1. Разработана и внедрена в производство в ООО «НТПФ «Эталон»» энергосберегающая и экологически чистая технология утилизации ферросплавных пылей, отсевов и прочих некондиционных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. За период 2011-2021 гг. при переработке мелкодисперсных ферросплавов и прочих некондиционных материалов была произведена продукция в виде композиционных легирующих и огнеупорных материалов на сумму 1,68 млрд руб. без НДС, за счёт реализации которой получен экономический эффект более 100 млн руб.

2. Создана конструкция опытно-промышленного проточного СВС-реактора объёмом 0,05 м³, позволяющего синтезировать материалы в условиях спутного потока и противотока газов. На базе нового реактора разработан энергосберегающий способ получения спеков низкоуглеродистого нитрида феррохрома массой до 120 кг в режиме спутного горения порошков низкоуглеродистого феррохрома, полученных из промышленных отсевов. Синтезированный низкоуглеродистый нитрид феррохрома рекомендован к серийному использованию в ООО «ЗМЗ» и других предприятиях для производства нержавеющей азотсодержащих сталей различного назначения: 12Х25Н16Г7АР (ЭИ835), 07Х21Г7АН5 (ЭП 222), 12Х17Г9АН4 (ЭИ878) и др.

3. В конвертерном цехе АО «ЕВРАЗ НТМК» разработана и внедрена технология микролегирования азотом и ванадием рельсовой, конструкционной и других азотсодержащих марок сталей (К76ХФ, 16Г1АФ-1 и др.). Новая технология основана на использовании при выплавке металла СВС-нитрида феррованадия марки Fervanit, полученного путём переработки отсевов феррованадия в режиме фильтрационного горения.

4. Разработан новый способ получения композиционных азот- и борсодержащих антиоксидантов для углеродсодержащих огнеупоров при переработке в режиме горения некондиционных материалов в виде шламов карбида бора, циклонного кремния, счистки с реторт титановой губки. По предложенному методу в НТПФ «Эталон» освоена СВС-технология получения антиоксидантов на основе диборида титана (BoгTiX MM), нитрида бора (Нитро-борал НБ-1) и нитрида кремния (НК-2). Новые антиоксиданты испытаны в составе периклазуглеродистых изделий марки «ПУПК Ш» производства ООО «Огнеупор». В результате проведённых испытаний показано улучшение физико-механических и физико-химических характеристик опытных изделий, содержащих композиционные антиоксиданты, в сравнении с серийными.

5. Разработаны новые импортозамещающие лёточные и желобные массы для доменного производства, модифицированные упрочняющими композиционными материалами на основе нитрида кремния марок Nitro-fesil и Refrasin (последние синтезированы в результате СВС-утилизации циклонных пылей ферросилиция и технического кремния). В условиях ООО «Динур» освоено производство модифицированной лёточной массы марки ВГМЭ-308М с нитридным упрочнением. Проведены опытно-промышленные испытания новой лёточной массы, по результатам которых она рекомендована для использования в доменном цехе ПАО «ММК», где серийно применяется, начиная с 2020 г, на всех доменных печах.

6. Разработана СВС-технология получения композиционных материалов на основе нитрида кремния путём утилизации циклонных пылей ферросилиция и технического кремния в режиме фильтрационного горения. Синтезированные нитридокремниевые материалы с ферросилицидной связкой внедрены в ООО «Дельта» в качестве металлокерамической связки алмазного шлифовального и режущего и инструмента. По результатам опытно-промышленных испытаний новый связующий материал рекомендован для серийного применения в металлических матрицах алмазного инструмента в качестве замены более дорогих и дефицитных карбид-вольфрамовых сплавов.

В качестве замечаний по автореферату следует отметить следующие.

1. Не очень понятно, почему термодинамический анализ и расчёт адиабатических температур горения композиционных материалов при СВС-переработке мелкодисперсных ферросплавов и прочих некондиционных материалов проводили по устаревшей методике, описанной в работе Новикова Н.П. с соавторами, а для расчёта равновесного состава продуктов синтеза использовали программный комплекс "Терра". Более современный программный комплекс "Терра" позволяет рассчитывать и адиабатические температуры горения.

2. На стр. 14 проводится сравнение энтальпий образования нитридов ванадия и хрома, но для нитрида ванадия она приводится в ккал/моль, а для нитрида хрома в кДж/моль.

3. На стр. 22 есть неисправленная опечатка «экзомермических реакций».

Однако эти замечания не играют существенной роли. Диссертационная работа И.Р. Манашева производит большое впечатление объемом проведенных исследований, их высоким научным уровнем, редким сочетанием научных результатов с их практическим использованием. По результатам диссертации впервые в России и мире создано многотоннажное СВС-производство композиционных легирующих и огнеупорных материалов на основе утилизации мелкодисперсных ферросплавов.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и соответствует специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов, а ее автор, Манашев Ильдар Рауэфович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по этой специальности.

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Зав. кафедрой «Металловедение,
порошковая металлургия, наноматериалы»
ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет», профессор,
доктор физико-математических наук (01.04.17 –
Химическая физика, том числе физика горения и взрыва)

Амосов
Александр Петрович

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.
Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru

16.10.2023

Подпись А.П. Амосова заверяю.
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»
доктор технических наук



Ю.А. Малиновская