

ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Волченко Евгения Игоревича
«ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ НИТРИДОВ ЖЕЛЕЗА В УСЛОВИЯХ ТЕРМИЧЕСКОГО
СОПРЯЖЕНИЯ С СВС-РЕАКЦИЕЙ»

Нитриды железа обладают уникальным сочетанием магнитных, коррозионных и механических свойств, открывающим широкие возможности для их практического применения: в металлургии, катализе, микроэлектронике, биомедицине и энергетике. Существующие способы азотирования железа, такие как метод высокотемпературного газового азотирования, проводящийся в электрических печах при температурах от 300 до 650 °С в потоке аммиака, метод осаждения из паровой фазы, золь-гель метод, механохимический метод, характеризуются значительной энергоемкостью и длительностью процесса, требуют дорогостоящего оборудования. Выгодно отличается от них энергосберегающий и производительный метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Однако прямое азотирование железа в режиме классического СВС невозможно, так как железо не взаимодействует с молекулярным азотом, а реакция взаимодействия железа с атомарным азотом отличается низким тепловыделением. Для решения этих проблем в настоящей диссертации предложено использовать термически сопряженный процесс СВС, что и обусловило актуальность этой диссертации.

При проведении диссертационных исследований Е.И. Волченко получен ряд новых важных научных результатов. Впервые разработан и реализован метод одностадийного синтеза нитридов железа в условиях термического сопряжения с СВС-реакцией, позволяющий обеспечить протекание процесса азотирования порошка железа в присутствии азотсодержащих добавок. Доказано влияние природы азотсодержащей добавки и состава тепловыделяющей смеси на процесс формирования нитридов и карбонитридов железа. Определены условия процесса азотирования порошка карбонильного железа в присутствии $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ в сопряжении с тепловыделяющей смесью состава $\text{Ti}+\text{C}$, что позволило достичь выхода нитридов железа выше 80 мас. %. Предложена модель механизма формирования частиц со структурой «ядро-оболочка». На основании полученных экспериментальных данных показано, что образование фаз композиции $\text{Fe}_x\text{N}-\text{Fe}_3\text{C}$ преимущественно происходит на границе раздела между металлическим ядром и аморфной оболочкой состава CN_x . Экспериментально обоснована возможность частичного замещения азота углеродом в решетке $\varepsilon\text{-Fe}_3\text{N}_x$ при азотировании железа в условиях термического сопряжения с СВС-реакцией, что приводит к формированию карбонитридной фазы $\varepsilon\text{-Fe}_3\text{N}_{1-x}\text{C}_x$. Установлено, что продукты азотирования железа обладают термической стабильностью на воздухе до 350 °С. Повышение температуры до 400 °С приводит к диссоциации нитридов железа и последующим образованием оксидов железа. Установлено, что продукты азотирования железа характеризуются ферромагнитными свойствами, с удельной намагниченностью насыщения 142–165 эме/г и коэрцитивной силой до 125 Э.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в том, что разработан новый эффективный способ одностадийного синтеза порошков нитридов железа в виде сферических частиц со структурой «ядро-оболочка», включающей поликристаллическое ядро и нанокристаллическую или аморфную оболочку. Предложены методы управления фазовым составом и структурой продуктов азотирования железа.

Получены азотированные порошки железа с выходом нитридов железа выше 80 мас. %, в которых основной фазой является $\epsilon\text{-Fe}_3\text{N}_x$ с диапазоном параметра «х» = 0,88–1,23.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Нитриды железа являются термически относительно нестабильными соединениями и при перегреве склонны к диссоциации. Требуется пояснения механизма предотвращения термического разложения уже сформировавшихся нитридов при высоких температурах сопряженного СВС-процесса.
2. Происходит ли спекание или агрегатирование микроразмерных порошков нитридов железа под воздействием высоких температур сопряженной реакции, и требуется ли последующая стадия механического измельчения, которая может ухудшить магнитные свойства за счет наклепа?

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Волченко Евгений Игоревич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Авторы отзыва дают согласие на обработку персональных данных.

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

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.



Амосов
Александр Петрович

Доцент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кандидат технических наук (01.04.17 - Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), доцент

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: mtm.samgtu@mail.ru.



Майдан
Дмитрий Александрович

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.

31.08.2026

Подписи А.П. Амосова и Д.А. Майдана заверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»
доктор технических наук



Ю.А. Малиновская