

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минковой Ирины Олеговны «Структура и магнитные свойства нанокompозитов на основе железа, синтезированных в процессе объемного азотирования методами высокотемпературного спекания и механосплавления» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности  
05.16.09 «Материаловедение (металлургия)»

Поиск дешевых и недефицитных материалов, пригодных для получения постоянных магнитов, является актуальной задачей современного материаловедения. Одной из возможностей успешного создания таких материалов является их азотирование. При этом, учитывая невысокую термическую стабильность нитридов металлов, с одной стороны, и необходимость образования нитридов во всем объеме изделия, с другой стороны, метод азотирования должен отличаться от известных технологических приемов, типичных для химико-термической обработки железа и сталей. Автору удалось найти оригинальное решение той проблемы. В связи с этим тема представленной диссертационной работы представляется весьма актуальной и востребованной.

Цель представленной работы заключалась в установлении закономерностей изменения химического и фазового состава, структуры и гистерезисных магнитных свойств композитов на основе железа или его соединений, синтезированных путем объемного азотирования в процессе выплавки сплавов методами высокотемпературного спекания, а также методом механосплавления в атмосфере азота с последующим отжигом.

Автором проведен большой объем исследований, как по количеству разнообразных примененных методов (рентгеноструктурный анализ, электронная микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, мёсбауэровская спектроскопия, измерение магнитных свойств и т.д.), так и по количеству исследованных образцов, отличающихся по составу и способам их получения. Такой системный подход к изучению возможности азотирова-

ния железа и сплава  $\text{Ce}_{0,6}\text{Zr}_{0,4}\text{Fe}_{10}\text{Si}_2$  с использованием нитридов бора, алюминия и кремния позволил автору убедительно обосновать основные выводы работы. В частности, И.О.Минковой определены оптимальный режим спекания в системе Fe-BN, а также соотношение Fe:BN для получения материала с максимальной коэрцитивной силой 0,5 кЭ.

Диссертанту удалось сделать интересные заключения на основании полученных результатов, касающиеся роста магнитных гистерезисных характеристик сплава  $\text{Ce}_{0,6}\text{Zr}_{0,4}\text{Fe}_{10}\text{Si}_2$  за счет замены кремния на нитрид кремния и циркония на нитрид титана. Для изначально магнитомягкого железа и немагнитного нитрида бора после высокоэнергетического помола в шаровой планетарной мельнице и последующего отжига диссертантом получены магнитные характеристики, соответствующие магнитотвердому материалу на основе дисперсионно-твердеющих сплавов Fe-Mo, Fe-Co-Mo и Fe-Co-W.

Подход И.О.Минковой к рассмотрению возможности оценки пути направления химической реакции в случае необратимых химических процессов видится весьма интересным. Важно подчеркнуть, что предложенный подход подтвержден экспериментально в ходе выполнения диссертационной работы, а также позволяет объяснить отмечаемые в литературе противоречия между экспериментальными и расчетными данными.

Рассматриваемая работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и обладает практической значимостью. Результаты работы отражены в 12 статьях, 5 из которых в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ и входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; имеется 1 патент на изобретение.

В качестве замечания к выполненной диссертационной работе можно отметить следующее: в автореферате в главе второй указано, что в работе была использована мёссбауэровская спектроскопия, тогда как нет никаких упоминаний ни о необходимости и целесообразности её использования, ни о каких – либо полученных результатах в результате использования этого метода.

В заключение следует отметить, что диссертация Минковой Ирины Олеговны «Структура и магнитные свойства нанокompозитов на основе железа, синтезированных в процессе объемного азотирования методами высокотемпературного спекания и механосплавления» однозначно является научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», а ее автор, Минкова Ирина Олеговна, несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 «Материаловедение (металлургия)».

Главный научный сотрудник ИМЕТ РАН,

д.т.н.



(И.М. Миляев)

Подпись И.М. Миляева удостоверяю:

Учёный секретарь ИМЕТ РАН

к.т.н.



(Фомина О.Н.)

09.09.2021