

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГАОУ ВО

«Балтийский федеральный университет

имени Иммануила Канта»,

кандидат физико-математических наук, доцент



Демин М.В.

2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» на диссертационную работу Фортунa Анастасии Сергеевны «Особенности формирования ферромагнитной τ -фазы в сплавах системы Mn-Al, легированных Ga и V, в массивном и быстрозакалённом состояниях», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Актуальность темы диссертации

Обеспечение технологического суверенитета Российской Федерации в области электротехники требует решения проблемы импортозамещения постоянных магнитов. Критическая зависимость от поставок из КНР, усугубленная недавним запретом на экспорт высокоэффективных магнитов, создает риски для производства электрических машин. В условиях отсутствия отечественных предприятий полного цикла по выпуску редкоземельных магнитов поиск альтернативных материалов становится стратегической задачей.

Ключевой характеристикой постоянных магнитов выступает максимальное энергетическое произведение $(BH)_{max}$, которое определяет их способность запасать магнитную энергию. К настоящему времени на редкоземельных магнитах на основе Nd-Fe-B достигаются значения $(BH)_{max}$ до 358 кДж/м³, тогда как на относительно доступных ферритных магнитах не превышает 30 кДж/м³. Данный существенный технологический разрыв формирует нишу для материалов со средними характеристиками, способных обеспечить баланс между стоимостью и эффективностью. Соединения на основе марганца, в частности сплавы системы Mn-Al, демонстрируют предпосылки к заполнению этого промежутка благодаря теоретической способности сочетать высокую намагниченность насыщения с значительную

коэрцитивную силу. Актуальность задачи заключается в необходимости физической реализации этого потенциала для преодоления разрыва между двумя классами магнитных материалов.

Научная новизна работы

Новизна полученных результатов в области магнитных свойств состоит в выявлении конкретного микроструктурного механизма, ответственного за снижение намагниченности τ -фазы (упорядоченный твёрдый раствор с тетрагональной решёткой типа L10 системы Mn-Al) в быстрозакалённых лентах, легированных галлием, по сравнению с массивными образцами. Количественно установлено, что намагниченность τ -фазы в лентах Mn55Al36Ga9 примерно на 15 % ниже, чем в массивном аналоге, и впервые дано физическое обоснование этому эффекту через анализ дефектной структуры. Для быстрозакалённой ленты состава Mn53Al44V3 достигнуто значение удельной намагниченности насыщения $107,6 \text{ A}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$ непосредственно после закалки, что соответствует намагниченности чистой τ -фазы около $122,2 \text{ A}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$ и сопоставимо с наилучшими значениями для сплавов Mn-Al, известными из литературных данных. Показано, что в данном составе высокое содержание τ -фазы (87,9 %) реализуется уже в процессе закалки, что открывает возможность сокращения длительности последующей термообработки. Также в диссертационной работе впервые демонстрируется гистерезис температуры Кюри в быстрозакалённых лентах Mn53Al44V3 и высказывается предположение о природе данного явления.

Практическая значимость работы

Полученные для систем Mn-Al-Ga и Mn-Al-V данные о составах, обеспечивающих максимальный выход τ -фазы (Mn55Al36Ga9 и Mn53Al44V3 соответственно), а также установленные для них режимы термической обработки и диапазоны скоростей закалки формируют технологический задел для создания отечественного производства безредкоземельных постоянных магнитов на основе сплавов марганца. Это напрямую отвечает государственной задаче по снижению критической зависимости от импорта редкоземельных материалов в стратегически важных отраслях машиностроения в рамках Национального проекта «Новые материалы и химия». Кроме того, в магнитных сплавах на основе марганца заинтересованы отечественные производители синхронных электродвигателей, датчиков и магнитных систем, такие как «Русэлпром», «Электросила», «НПО «Энергомаш», «НПП МИП-НАНО» а также компании, входящие в кластеры электромобилестроения госкорпораций «Росатом» и «Ростех».

Достоверность

Представленные результаты обладают высокой степенью надежности, что обеспечено применением комплекса современных физических методов диагностики и расчетов из первых принципов. Корректность экспериментальных данных подтверждена широкой вариативностью исследуемых систем (четыре состава, массивное и быстрозакаленное состояние) и детальным анализом температурно-временных режимов формирования τ -фазы. Научная достоверность работы прошла независимую верификацию в ходе рецензирования в журналах первого и второго квартилей Scopus, а также на международных и всероссийской научных конференциях.

Структура и объём научной работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложения. Полный объём диссертации составляет 144 страницы, включая 54 рисунка и 14 таблиц. Список литературы содержит 135 наименований. Автореферат диссертации насчитывает 24 страницы.

Замечания к работе

1. При определении вектора Бюргерса дислокаций, проведённом в разделе 3.2.3 было бы более корректно получить два изображения от одной области в разных осях зоны в двух различных отражениях, выбранных таким образом, чтобы в обоих отражениях дислокации были невидимыми. Такое определение вектора Бюргерса являлось бы более строгим.

2. Как следует из литературы, а также из диссертационного исследования, литые и отожжённые образцы системы Mn-Al-Ga содержат две τ -фазы, в то время как в состав быстрозакалённых лент системы Mn-Al-Ga после проведённой термической обработки входит только одна из τ -фаз, а именно $\tau(\gamma_2)$. Для сравнения без каких-либо допущений следовало получить образец в литом и отожжённом состоянии, содержащий только фазу $\tau(\gamma_2)$.

Заключение

Замечания носят рекомендательный характер и не снижают общую положительную оценку работы. Цель работы достигнута, поставленные задачи решены, положения, выносимые на защиту, подтверждаются результатами экспериментов и расчётов. Диссертационная работа обладает внутренним единством, является завершённым научным исследованием, содержит новые научные результаты по актуальной проблеме, полученные результаты имеют практическую значимость. В работе даны практические рекомендации относительно дальнейших направлений исследования. Все представленные результаты получены автором работы лично, либо при непосредственном участии. Автореферат полностью передаёт содержание диссертации, публикации отражают выносимые на защиту положения.

Диссертационная работа «Особенности формирования ферромагнитной τ -фазы в сплавах системы Mn-Al, легированных Ga и V, в массивном и быстрозакалённом состояниях», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС». Автор диссертации Фортуна Анастасия Сергеевна заслуживает присуждение степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Отзыв обсужден и утвержден на заседании Учёного совета образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» (протокол №5 от «31 августа 2026 г.»). На заседании присутствовало 17 сотрудников. Результаты голосования: «за» - 17 «против» - 0 «воздерживаюсь» - 0.

Председатель Учёного Совета
ОНК «Институт высоких технологий»

А.В. Юров

Секретарь Учёного Совета

А.А. Шпилевой

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Адрес: 236041, г. Калининград, ул. Александра Невского, д. 14

Тел.: +7 (4012) 59-55-95

E-mail: post@kantiana.ru