

ОТЗЫВ

официального оппонента Бахтина Сергея Васильевича на диссертационную работу Никульченкова Николая Николаевича «Формирование структурных состояний в сплавах на основе железа, склонных к аморфизации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность диссертационной работы. В настоящее время, как и в мире, так и в Российской Федерации ведутся работы по разработке новых энергоэффективных материалов для электротехнической промышленности. Одними из них являются аморфные и нанокристаллические сплавы. Исследования, описанные в диссертационной работе, касаются темы фазовых и структурных превращений, происходящих в нанокристаллических сплавах на основе железа. Актуальность темы заключается в том, что в настоящее время существует только один способ получения аморфного сплава на основе железа по технологии быстрой закалки из жидкого состояния, продуктом которого является тонкая лента, имеющая небольшие размеры. Вследствие этого, магнитопровод, изготовленный из нее, имеет ограниченный спектр применения. Также в составе аморфных сплавов на основе железа присутствует большое количество элементов, снижающих магнитную индукцию и, как следствие, также ограничивающих их сферу применения. Поиск новых, оптимизация составов и технологии производства существующих аморфных сплавов являются актуальной задачей для исследователей в данной области.

Научная новизна работы заключается в демонстрации модели структуры сплава FINEMET в аморфном и кристаллическом состоянии с учетом энергетической составляющей.

По итогам выполнения работы построена атомная модель аморфного, кристаллического и рекристаллизованного состояний, представляющих собой области (зерна), отличающиеся размерами и заполненные ячейками одного типа.

Определена возможная последовательность термохимических реакций, реализующихся при образовании грунтового слоя ЭАС при высокотемпературном отжиге. Определен механизм формирования аморфной фазы в грунтовом слое.

Впервые обнаружено термостабильное аморфное состояние в системе Fe-Si-Mg-Cu, возникающее путем аморфизации из твердого состояния в температурном интервале 900-950 °С.

Практическая значимость полученных результатов диссертационной работы:

Разработана модель отжига магнитопровода из аморфного сплава типа FINEMET. Данный алгоритм может быть использован для оптимизации термической обработки магнитопроводов с целью получения структуры, обладающей максимальным комплексом магнитных свойств.

Показана возможность получения аморфного термостабильного твердого раствора на основе железа диффузионным способом при температурах 900-950 °С.

Поданы 2 заявки на патенты на изобретения, по одной из которых было принято положительное решение о выдаче патента.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести количество методик и глубину методов исследования, которые были использованы при исследовании структуры и процессов, протекающих в аморфном сплаве.

Также в работе применен, по-видимому, впервые, оригинальный подход, в котором на основе результатов химического GDOES-анализа послойный равновесный фазовый состав рассчитывается термодинамически с использованием пакета ThermoCalc. Таким образом, можно говорить о разработке новой методике анализа послойного фазового состава тонких пленок.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др. По теме диссертации опубликовано 12 научных трудов, в том числе 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и проиндексированных в международных базах цитирования Scopus и Web of Science.

Основные положения и выводы диссертационной работы достоверны и обоснованы. Это обеспечено использованием современного оборудования, взаимодополняющих методов структурного анализа, воспроизводимостью и статистической обработкой результатов исследования.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Аморфный сплав в системе Fe-Mg-Si в массивном виде получен из дисперсного порошка системы Fe-3% Si-0,5% Cu с двумя последовательными химико-термическими обработками. Рассматривалась ли возможность получения сплава более простым способом – за счет выплавки сплава необходимого химического состава?

2. При исследовании состава грунтового слоя, в котором была обнаружена аморфная фаза, были получены данные о присутствии в нем различных оксидов. За счет чего была исключена вероятность того, что аморфным является не твердый раствор на основе железа, а какой-нибудь из оксидов?

3. В диссертации автор провел большую работу по описанию фаз в тонких пленках путем проведения термодинамических расчетов для химических составов на различной глубине и при разных температурах. Конечная модель образования грунтового слоя использует лишь часть полученных данных. При этом, исходя из полученных результатов, образование комплексов Mg_2Si , диффузия которых в твердый раствор на основе железа, должна приводить к аморфизации. Не вполне понятно, почему данный факт в расчетах не учтен?

Заключение по работе

Диссертация представляет собой завершенную работу, в рамках которой проведено большое количество уникальных экспериментальных и теоретических исследований. Вышеуказанные замечания не снижают общий высокий уровень представленной работы.

Диссертационная работа Никульченкова Н. Н. «Формирование структурных состояний в сплавах на основе железа, склонных к аморфизации» соответствует паспорту научной специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», а именно пунктам: 2, 6 и 9.

Диссертационная работа Никульченкова Н. Н. является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в УрФУ, в которой содержится решение научно-технической задачи по установлению механизма образования грунтового слоя на поверхности технического сплава Fe-3%Si при его высокотемпературном отжиге с возникновением аморфной термостабильной фазы системы Fe-Si-Mg-Cu, а также изложены рекомендации по управлению структурой промышленных аморфных сплавов типа Finemet с использованием термической обработки.

Считаю, что Никульченков Николай Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент:

Эксперт по термической обработке проката

Направления по развитию технологий

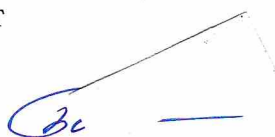
производства проката

Дирекции по разработке новых

технологий процесса

ПАО «НЛМК»,

кандидат технических наук, доцент



Бахтин Сергей Васильевич

Дата подписания отзыва: « 11 » мая 2023 г.

Публичное акционерное общество «Новолипецкий-металлургический комбинат»

Почтовый адрес: 398040, Россия, г. Липецк, пл. Metallургов, д. 2

Тел. +7(950) 805-82-13

E-mail: bahtin_sv@nlmk.ru

Подпись Бахтина С. В. заверяю:

