

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Еремина Геннадия Николаевича на тему: «Разработка способов производства электротехнической анизотропной стали с высокой магнитной индукцией при использовании различных методов образования нитрида алюминия в качестве ингибиторной фазы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы

К настоящему времени в мировой теории и практике накоплен достаточно обширный материал по вопросам формирования текстуры в электротехнической анизотропной стали (ЭАС), основанных на применении нитрида алюминия AlN в качестве ингибиторов роста зерна, однако часть проблем промышленного производства ЭАС с высокой магнитной индукцией в России остается неразрешенной.

Варианты технологии производства, когда ингибиторная фаза, необходимая для протекания вторичной рекристаллизации с образованием идеальной «ребровой» текстуры, формировалась в исходном горячекатаном прокате (традиционный метод «врожденного» ингибитора), и с введением регулируемого количества азота (азотирование) в холоднокатаный прокат с целью формирования дополнительной ингибиторной фазы (новый метод «приобретенного» ингибитора) отражены в отечественных и зарубежных публикациях. Вместе с тем использование инновационных технологических решений ставит ряд технических и технологических задач, металлургических вопросов оптимизации производственных процессов.

В связи с этим, диссертационная работа Еремина Г.Н., направленная на исследование технологических способов производства ЭАС с высокой магнитной индукцией при использовании различных методов образования ингибиторной фазы роста зерна, выполненная в рамках Программы технического перевооружения и развития производства электротехнической анизотропной стали в ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (ПАО «НЛМК»), Липецк, является актуальной.

Общая методология и методика исследований

Комплексные экспериментальные исследования по реализации новой технологической схемы производства электротехнической анизотропной стали с применением способов образования «врожденного» и «приобретенного» ингибитора с выпуском опытно-промышленных партий готовой товарной продукции выполнены в условиях специализированного производства ПАО «НЛМК».

Исследования и технологический контроль при изготовлении горячекатаного и холоднокатаного проката ЭАС проводились с использованием современных методов физического металлургии и оборудования: электронная микроскопия (просвечивающий электронный микроскоп с функцией энергодисперсионного анализа JEM-2100 фирмы «JEOL»), сканирующий электронный микроскоп Carl Zeiss ULTRA Plus с приставкой элементного рентгеновского микроанализа INCA 350 Oxford Instruments, металлографический оптический и рентгеновский анализы (универсальный

металлографический микроскопе Axiovert 200 MAT/M, дифрактометр ДРОН-3М, спектрометр тлеющего разряда GDA), неразрушающий магнитный контроль структурного состояния полупродукта (установка ИМПОК) и готового проката (магнитоизмерительный комплекс EVA) в промышленных условиях, стандартные методы магнитных и механических испытаний (ГОСТ 12119.4, ГОСТ 12119.5), специальное программное обеспечение «STATGRAPHICS Plus 5.0» при обработке результатов экспериментов.

Диссертационная работа состоит из разделов: введение, семь глав с выводами, общие выводы по основным результатам работы, библиографический список, включающий 87 наименований.

Объем работы составляет 181 страницу. Основная часть работы изложена на 163 страницах текста и содержит 93 рисунка и 25 таблиц.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Проведенный анализ научно-технической литературы и патентов источников позволил определить базовые предпосылки для получения готового проката ЭАС с высокой магнитной индукцией без высокотемпературного нагрева литых слябов с применением газового азотирования холоднокатаного проката, обосновать и сформулировать цели и задачи для выполнения активных экспериментов, результатом которых являются разработанные технологические решения по оптимизации ключевых технологических режимов обработки ЭАС на базе способа образования «приобретенного ингибитора» роста зерна, позволяющие снизить неравномерность распределения магнитных свойств при сохранении необходимого уровня, соответствующего готовому прокату класса Hi-B.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации основываются результатах обширных многоплановых экспериментов и подтверждены практической реализацией основных результатов работы в условиях действующего производства.

Достоверность и новизна научных положений и результатов

Достоверность результатов работы, выполненной в лабораторных и промышленных условиях, обеспечивают апробированные методы исследования и анализа результатов, применяемые приборы контроля и технологическое оборудование в единой цепочке специализированного производства ПАО «НЛМК».

Полученные результаты и выводы не противоречат, а дополняют и обобщают результаты работ российских и зарубежных ученых.

Научную новизну имеют установленные закономерности формирования структурных характеристик и магнитной индукции ЭАС при использовании различных способов образования ингибиторной фазы роста зерна на основе нитрида алюминия AlN в горячекатаном прокате («врожденный» ингибитор) и в холоднокатаном прокате после химико-термической обработки («приобретенный» ингибитор). Установлены необходимые структурные предпосылки получения ЭАС с высокой магнитной индукцией. Проведено научное обоснование необходимости использования системы автоматизированного управления качеством продукции.

Научная и практическая значимость.

Впервые в опытно-промышленных условиях специализированного производства ПАО

«НЛМК» выполнены комплексные экспериментальные исследования при опробовании нового технологического проекта производства ЭАС с применением способа образования «приобретенного» ингибитора.

По результатам исследований предложена структурная схема управления технологическими факторами при различных способах образования ингибиторной фазы и адаптации технологической модели по способу образования «приобретенного ингибитора» с использованием азотирования холоднокатаного проката для промышленного производства ЭАС с высокой магнитной индукцией.

Использование разработанных технологических решений в опытно - промышленных условиях специализированного производства ПАО «НЛМК» обеспечили увеличение выхода готового проката ЭАС с высокой магнитной индукцией класса Ni-V (удельные магнитные потери $P_{1,7/50}$ не более 1,0 Вт/кг и магнитная индукция B_{800} не менее 1,90 Тл) и создали предпосылки для совершенствования и развития новой технологии производства с использованием методов образования «врожденного» и «приобретенного» ингибитора роста зерна.

Впервые, с участием автора работы, разработан новый национальный стандарт ГОСТ Р 53934-2010 «Прокат тонколистовой холоднокатаный из электротехнической анизотропной стали. Технические условия», подготовлен и введен в качестве национального на территории Российской Федерации межгосударственный стандарт ГОСТ 32482-2013 «Прокат тонколистовой холоднокатаный из электротехнической анизотропной стали для трансформаторов. Технические условия» с отражением инновационных марок и видов ЭАС, которые планируется производить.

Основные положения диссертационной работы отражены в 9 статьях в научно-технических журналах («Сталь», «Производство проката», «Проблемы черной металлургии и материаловедения»).

Замечания по работе

1. Не приведена методика построения графических карт линий разного уровня поверхностей отклика (в частности, отсутствует информация об использованных для построения поверхностей отклика уравнениях связи структурных и физических характеристик проката с контролируемыми технологическими факторами, а также массивах экспериментальных данных для их нахождения), что затрудняет оценку достоверности прогноза по данным картам.

2. В работе утверждается, что температура конца черновой прокатки (за 5-й клетью) «может оказывать основное влияние на состояние дисперсной ингибиторной фазы и, как следствие, на уровень магнитных свойств», но не приводится физически обоснованного объяснения такого влияния.

3. Отмечена очевидная роль химического и фазового состава стали на уровень магнитной индукции готового проката ЭАС, но недостаточно раскрыта их роль в процессе формирования «приобретенного» ингибитора.

4. На стр. 144 диссертации имеется ссылка на отсутствующий в библиографическом списке источник.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы.

Общая оценка

Диссертация Еремина Г.Н. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по разработке и освоению промышленной технологии производства холоднокатаного проката ЭАС с высокой магнитной индукцией. Полученные результаты способствуют совершенствованию научной и практической базы российской технологии производства высокоэффективных марок и видов ЭАС, развитию экономики Российской Федерации.

Диссертационная работа соответствует пунктам 1, 2, и 9 паспорта специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Работа проведена с использованием современных методов экспериментальных исследований, сформулированная цель и поставленные задачи решены. Выводы являются достоверными и основываются на обработке большого объема экспериментальных данных. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает содержание, отражает структуру диссертационной работы и соответствует ее основным положениям.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор работы, Еремин Геннадий Николаевич, заслуживает присвоение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор кафедры «Физическое металловедение»

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Шкатов Валерий Викторович

« 14 » марта 2019 г.

Докторская диссертация защищена по специальности
05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 14

Телефон: 8-950-803-07-62

Электронная почта: shkatov@mail.ru



Я, Шкатов Валерий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Еремина Геннадия Николаевича, и их дальнейшую обработку.



Подпись удостоверяю
Специалист ОК ЛГТУ

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Еремина Геннадия Николаевича «Разработка способов производства электротехнической анизотропной стали с высокой магнитной индукцией при использовании различных методов образования нитрида алюминия в качестве ингибиторной фазы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv.

Фамилия, имя, отчество: Шкатов Валерий Викторович.

Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация: 05.16.01 - Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv i spлавов.

Ученая степень и отрасль науки: доктор технических наук.

Ученое звание: профессор.

Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Занимаемая должность: профессор кафедры «Физическое материаловедение».

Почтовый индекс, адрес: 398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 30.

Телефон: +7 950 803 07 62.

Адрес электронной почты: shkatov@mail.ru

Не является членом экспертного совета ВАК.

Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Шкатов В.В., Мазур И.П., Кнапински М., Четверикова Т.С. Моделирование динамической рекристаллизации и сопротивления деформации углеродистых и

низколегированных сталей при горячем формоизменении // Черные металлы. 2018. № 11. С. 22-26.

2. Tatiana Zhuchkova, Sergey Aksenov, **Valeriy Shkatov**, Igor Mazur. Comparison of results of dynamic recrystallization research of HC420LA steel by two types of tests on Gleeble 3800 // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2018. № 53 (2). P. 354-359.

3. **Valery V. Shkatov**, Anatoly K. Pogodaev, Dmitriy N. Romanenko, Igor P. Mazur. The Influence of Nanoscale Precipitation of Aluminum Nitride on the Formation of Recrystallization Texture in Aluminum Deoxidized Low-Carbon Steels // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2017. № 52 (4). P. 617-620.

4. Oleg M. Gubanov, Dmitriy N. Romanenko, **Valery V. Shkatov**, Alexey A. Kozhukhov. Formation of non-uniform grain structure of steel in the process of heat treatment and method of evaluation of microstructure with significantly non-uniform grain // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2017. № 52 (5). P. 996-1001.

5. **Шкатов В.В.**, Мазур И.П., Кавалек А., Жучкова Т.С. Модель кинетики статической рекристаллизации аустенита в углеродистых и низколегированных сталях при горячей прокатке // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. № 2. С. 69–74.

6. Щеренкова И.С., Гадалов В.Н., **Шкатов В.В.**, Романенко Д.Н. Влияние сверхтвердых частиц на повышение эксплуатационных свойств электрохимических покрытий // Заготовительные производства в машиностроении. 2017. Т. 15. № 2. С. 84-90.

7. Гадалов В.Н., Филонович А.В., **Шкатов В.В.**, Тураева О.А., Ворначева И.В., Розин А.Ю. Описание процесса электроискрового легирования (обобщенная модель) // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 4 (21). С. 58-66.

8. Шкатов М.И., Артеменко Ю.А., Лукин А.С., **Шкатов В.В.** Влияние химического состава на условия начала динамической рекристаллизации в двухфазных сталях // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. № 10. С. 37-40.

9. Shcherenkova I.S., **Shkatov V.V.**, Gadalov V.N., Romanenko D.N. Study of electrolytic chromium coatings with an ultrafine superhard filler // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Volume 51. Issue 3-4. P. 277-283.

Не являюсь членом экспертного совета ВАК.

Профессор кафедры «Физическое металловедение»

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический

университет», д.т.н.

Шкатов Валерий Викторович

398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 30

+7 950 803 07 62; shkatov@mail.ru



Подпись удостоверяю
Служба кадров ЛГТУ

20.12.2018