

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.323.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.03.2024 г. № 33

О присуждении Сафонову Андрею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Снижение обрывности полос из электротехнической анизотропной стали при холодной прокатке» по специальности 2.6.4 «Обработка металлов давлением» принята к защите 22.01.2024 г. (протокол заседания №29) диссертационным советом 24.2.323.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30, приказ о создании диссертационного совета № 546/нк от 01 июня 2019 года.

Соискатель Сафонов Андрей Александрович, 03 февраля 1996 года рождения, в 2023 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», работает в должности специалиста управления развития технологии электротехнических сталей ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат».

Диссертация выполнена на кафедре обработки металлов давлением ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Бельский Сергей Михайлович, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», профессор кафедры «Обработка металлов давлением».

Официальные оппоненты:

Шаталов Роман Львович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» (г. Москва);

Мунтин Александр Вадимович, кандидат технических наук, директор Инженерно-технологического центра АО «Выксунский металлургический завод» (г. Выкса);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск) в своем положительном отзыве, подписанном Моллером Александром Борисовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой технологий обработки материалов, и утвержденным Тулуповым Олегом Николаевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной и инновационной работе, указала, что диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ (2 – ВАК РФ, 4 – Scopus / Web of Science).

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Сафонов, А.А. Анализ возможностей процесса докатки концевых участков полос электротехнической анизотропной стали при первой холодной прокатке / А.А. Сафонов, С.М. Бельский, И.И. Шопин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 467-470. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-467-468. – EDN HGDGJZ.

2. Сафонов, А.А. Влияние распределения механических свойств и толщины горячекатаных полос из электротехнической анизотропной стали на

стабилизацию холодной прокатки / А.А. Сафонов, И.И. Шопин, С.М. Бельский // Металлург. – 2022. – № 12. – С. 49-52. – DOI 10.52351/00260827_2022_12_49. – EDN RULRBQ.

3. Safronov, A.A., Shopin, I.I., Belskiy, S.M. Influence of the Variation of Mechanical Properties and Thickness in Hot-Rolled Strips of Electrical Anisotropic Steel to Stabilize Cold Rolling. Metallurgist 66, 1557–1561 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01470-y>.

4. Safronov A.A., Belskiy S.M., Filatov A.N. Study of the microstructure of electrotechnical anisotropic steel with accelerated cooling//9th International Conference on Physical and Numerical Simulation of Materials Processing (ICPNS'2019), Procedia Manufacturing 37 (2019). – p. 236–238.

5. Safronov A.A., Mazur I.P., Belskiy S.M., Chernyj V.A. Modeling of temperature influence on resistance to plastic deformation of electrotechnical steels in hot rolling// IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1134 (2018) 012050, VII International Conference: Functional Nanomaterials and High Purity Substances 1–5 October 2018, Suzdal, Russian Federation – p. 493-494.

6. Belskiy, S. M., Shopin, I. I., Safronov, A. A.. Improving Efficiency of Rolling Production by Predicting Negative Technological Events. In Defect and Diffusion Forum (Vol. 410, pp. 96–101). Trans Tech Publications, Ltd. 17 Aug. 2021. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ddf.410.96>.

7. Сафонов А.А., Бельский С.М., Шопин И.И. Об уменьшении расхода электротехнической анизотропной стали при первой холодной прокатке// МЕТАЛЛУРГИЯ XXI СТОЛЕТИЯ ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ, Донецк, 26-27 мая 2020 г. – С. 155-159.

8. Сафонов А.А., Бельский С.М. Исследование влияния температуры на диаграмму напряжение-деформация при горячей деформации трансформаторной стали// Сборник тезисов докладов XXVI областной научно-технической конференции «Повышение эффективности металлургического производства». Липецк, 2018. – С. 35-37.

9. Сафонов А.А., Бельский С.М. Исследование зависимости напряжение-деформация от температуры деформации трансформаторной стали на GLEEBLE 3800// XV всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов. Том I. Старый Оскол, 25-26 апреля 2018. – С. 92-94.

10. Сафонов А.А., Комаров В.С. Реологическое поведение металла в условиях сверхпластичности// Всероссийская научно-практическая заочная конференция с международным участием (25 ноября 2018 года): сборник научных трудов. Ульяновск: УлГТУ, 2018. – С. 317-320.

В работах, написанных в соавторстве и приведенных в автореферате, лично соискателем получены следующие результаты: [1-3] – проведен анализ обрывности полос электротехнической анизотропной стали нитридно-медного варианта производства; выделены три характерных участка по длине полосы, на которых число обрывов при первой холодной прокатке резко изменяется; [2-5] – разработана методика измерения и представлены результаты анализа распределения механических свойств и температурного поля горячекатаного подката электротехнической анизотропной стали (ЭАС); [4-5,8,10] – приведены результаты экспериментов с использованием измерительных комплексов Gleeble 3800 и Дилатометр DIL 805A/D для построения термокинетической диаграммы распада переохлажденного аустенита высококремнистой стали; [6] – разработана модель в виде бинарно-логистической регрессии зависимости вероятности обрыва холоднокатанных полос ЭАС с параметрами неплоскости и профиля поперечного сечения горячекатаного подката; [6-7,9] – приведены результаты исследования влияния различных параметров горячекатаного подката ЭАС на обрывность холоднокатанных полос при первой холодной прокатке.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения, об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Сидельникова С.Б., д. т. н., профессора, заслуженного изобретателя РФ, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессора кафедры обработки металлов давлением (г. Красноярск). Отзыв положительный, замечания:

1. В работе автор делает выводы по данным металлографических исследований образцов проката (стр. 12, 13 автореферата), которые вошли в научную новизну и практическую значимость работы (стр. 4, 5 автореферата), однако эти выводы не подтверждены снимками микроструктур, присутствие которых, на наш взгляд, является необходимым. 2. Анализ механических свойств образцов исследуемой электротехнической анизотропной стали очень важен для выполнения поставленной цели, но, к сожалению, в автореферате результаты их замера, приведенные на рис. 3 автореферата, практически не видны, а цветовой ключ не читаем, поэтому сделать анализ полученных результаты не представляется возможным. 3. Подобное замечание можно отнести и к рис. 9. 4. На стр. 22 автореферата имеется ссылка на приложение 2, которое в нем отсутствует.

2. Шварца Д.Л., д. т. н., доцента, заведующего кафедрой «Обработка металлов давлением», ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург). Отзыв положительный, замечания: 1. Обычно под понятием коэффициент детерминации понимают характеристику предопределенности отклика уравнением регрессии, зависящем от факторов (характеризует степень рассеяния опытных ~~данных~~ относительно линии регрессии). В уравнении (1) автореферата в качестве фактора используется величина R_{sq} – коэффициент детерминации профиля. Непонятен смысл этого термина. 2. В практических рекомендациях стр. 22 предложено снизить длину недушируемого переднего конца (что кажется логичным) и увеличить длину заднего недушируемого конца полосы. Поясните необходимость увеличения длины заднего недушируемого конца полосы. 3. В тексте автореферата не указано количество опытных значений (или количество рулонов), использованных при статистическом анализе в главе 4.

3. Фастыковского А.Р., д.т.н., профессора кафедры «Обработка металлов давлением и материаловедение ЕВРАЗ ЗСМК», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк). Отзыв положительный, замечания: 1. Из материала автореферата не понятно масштабов проблемы, связанной с обрывностью электротехнической стали при холодной

прокатке и с величиной материального эффекта от использования предлагаемых решений. 2. В выводе 5 делается ссылка на приложение 2, отсутствующее в автореферате.

4. Найзабекова А.Б., д.т.н., профессора, первого проректора ТОО «Инновационный Евразийский университет» (г. Павлодар, Республика Казахстан). Отзыв положительный, замечания: 1. В диссертационной работе приведены результаты разработки математической модели в виде бинарно-логистической регрессии, но в списке публикаций отсутствует свидетельство о государственной регистрации программы. 2. Как можно объяснить уменьшение температуры конца прокатки прикромочного участка горячекатаного подката со стороны приводной стороны (рис. 4в)? И что нужно сделать для предупреждения такого уменьшения? 3. На странице 9 автореферата указана неверная ссылка: должен быть указан рисунок 4 вместо рисунка 3.

5. Юсупова В.С., д.т.н., зав. Лабораторией пластической деформации металлических материалов, Института металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН (г. Москва). Отзыв положительный, замечания: 1. Научная новизна не во всех пунктах раскрыта. Например, в п.5 автореферата на с.5 написано «Установлено, что увеличение заданной выпуклости профиля поперечного сечения горячекатаного подката ЭАС способствует расширению допустимых диапазонов изменения его других геометрических параметров». Однако не указано, каких геометрических параметров, на сколько и т.п. Научная новизна более и корректнее изложена в выводах. 2. На рис.4 в (с 11. автореферата) шкала В указана в м, тогда как нужно указать в мм.

6. Зиновьева А.В., д.т.н., профессора кафедры «Обработка металлов давлением», Ионова С.М., с.н.с., к.т.н., ведущего эксперта кафедры «Обработка металлов давлением», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет МИСиС» (г. Москва). Отзыв положительный, замечания: 1. Не приведена технологическая схема производства ЭАС на стадии прокатного производства. 2. Нет данных о размерах горячекатаного подката и холоднокатаного проката после первой прокатки.

7. Песина Александра Моисеевича, д.т.н., профессора, профессора кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск). Отзыв положительный, замечания: 1. Несмотря на имеющиеся в диссертационной работе новые технические решения отсутствует информация о поданных заявках на изобретение.

8. Кожевниковой Ирины Александровны, д.т.н., доцента, заведующей кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования, ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет» (г. Череповец). Отзыв положительный, замечания: 1. Какие меры оценки качества бинарно-логистической модели вероятности обрыва холоднокатаных полос из электротехнических анизотропных сталей в зависимости от параметров горячекатаного подката рассматривались в работе. 2. Требует обоснования использование в работе математического термина «оптимальные». Может, следовало рассматривать термин «рациональные»? 3. Практические рекомендации по снижению обрывности холоднокатаных полос в работе сведены к мероприятиям, реализуемым в процессе горячей прокатки. Прорабатывались рекомендации в части ведения процесса холодной прокатки (режимы обжатий, натяжений, скоростей, профилировки и шероховатость рабочих валков и пр.)?

На замечания даны подробные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

определены факторы, влияющие на обрывность холоднокатаных полос ЭАС: механические свойства, микроструктура, геометрические параметры профиля поперечного сечения горячекатаного подката;

построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита для определения температурно-скоростных условий, влияющих на фазовые превращения в ЭАС при горячей прокатке;

разработана математическая модель в виде бинарно-логистической регрессии для оценки вероятности обрывов холоднокатаных полос ЭАС в зависимости от параметров профиля поперечного сечения и неплоскости;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

результативно использованы современные методы физического и математического моделирования с применением современных лабораторных и программных комплексов (Gleeble 3800, Дилатометр DIL 805A/D, ПО MiniTAB) в совокупности с основополагающими принципами теории обработки металлов давлением и металловедения;

разработана бинарно-логистическая регрессионная зависимость вероятности обрыва ЭАС от параметров профиля поперечного сечения и неплоскости горячекатаного подката, по результатам использования которой достигнута достоверность прогнозирования обрывов 80%;

доказана применимость полученной термокинетической диаграммы распада переохлажденного аустенита в ЭАС нитридно-медного варианта производства для прогнозирования влияния температурно-скоростных условий охлаждения на отводящем рольганге непрерывного широкополосного стана горячей прокатки 2000 Цеха горячего проката (ЦГП) на фазовые превращения;

изложены требования к параметрам профиля поперечного сечения и неплоскости горячекатаного подката ЭАС для снижения обрывности холоднокатаных полос, подтвержденное практикой производства горячекатаного и холоднокатаного тонколистового проката.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанная математическая модель прогноза обрывов холоднокатаных полос ЭАС в виде бинарно-логистической регрессии предназначена для технологов

Цеха динамной стали (ЦДС) ПАО «НЛМК» с целью определения склонных к обрывам участков;

разработанная термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита для ЭАС нитридно-медного варианта производства позволяет оптимизировать процесс охлаждения полос на отводящем рольганге стана 2000 ЦГП для минимизации выделения вторых фаз (карбидов) на концевых участках полос;

разработаны и приняты к использованию в Технической дирекции дивизиона «Электротехническая сталь» ПАО «НЛМК» требования к параметрам профиля горячекатаной полосы, способствующие минимизации обрывов холоднокатанных полос ЭАС;

полученные результаты могут быть использованы на таких металлургических предприятиях, как ООО «ВИЗ-Сталь», ПАО «Северсталь», ПАО «ММК», производящих тонколистовой стальной прокат;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

сходимость расчетных и фактических показателей технологических процессов горячей и холодной прокатки полос ЭАС в условиях реального производства;

результаты экспериментальных работ получены на действующем сертифицированном лабораторном оборудовании, в том числе Дилатометр DIL 805A/D и GLEEBLE 3800, показана сходимость теоретических расчетов и экспериментальных данных;

результаты математических методов исследования проведены с использованием современного лицензированного программного обеспечения на достаточном объеме данных;

установлена сходимость результатов исследований с основополагающими принципами теории обработки металлов давлением.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования, в том числе, постановке целей и определении методов исследования; проведении экспериментальных

исследований; обработке, анализе и интерпретации теоретических и экспериментальных данных; апробации предлагаемых решений; обобщении и формулировке основных положений и выводов; подготовке публикаций по теме докторской диссертации.

В ходе защиты докторской диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Сафонов А.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований в полученных результатах, а также отметил, что высказанные пожелания будут учтены в дальнейшей работе.

На заседании 26 марта 2024 года докторский совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения по снижению обрывности полос из электротехнической анизотропной стали при холодной прокатке, обеспечивающие экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих характеристики качества продукции, и имеющие существенное значение для развития страны, присудить Сафонову А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования докторский совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительные введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за – 12 против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

докторской диссертации


Погодаев Анатолий Кириллович

Ученый секретарь
докторской диссертации
«26» марта 2024 г.


Седых Ирина Александровна