

О Т З Ы В

официального оппонента **Мунтина Александра Вадимовича**
на диссертацию **Сафонова Андрея Александровича**
«**Снижение обрывности полос из электротехнической анизотропной**
стали при холодной прокатке»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением»

1. Актуальность темы диссертации

В представленной диссертации, автором которой является Сафонов А.А., диссертант поставил перед собой цель разработку научно обоснованных рекомендаций для снижения обрывности при холодной прокатке полос из электротехнических анизотропных (трансформаторных) сталей (далее ЭАС). Данная сталь отличается высоким содержанием кремния, что, в свою очередь, делает ее склонной к повышенному трещинообразованию.

Определить первопричины обрывов в промышленных условиях достаточно сложно. При этом систематизация, поиск причинно-следственных связей с параметрами обработки на переделах представляют практическую пользу. Особенno интересным являются представленные автором диссертации исследования распределения обрывов по длине, что в данный момент малоизучено. Работа Сафонова А.А. актуальна, т.к. ее результаты позволяют повысить эффективность прокатного производства, снизить расход металла и материалов, тем самым снижая себестоимость продукции.

2. Анализ структуры и содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 114 наименований и двух приложений, содержащих акт внедрения результатов диссертационного исследования. Текст диссертации изложен на 105 страницах, содержит 57 рисунков и 6 таблиц.

В **первой главе** представлен обзор технической литературы по теме исследования, а также патентный поиск существующих методов снижения

обрывности. На основании выполненного обзора сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе проведено исследование существующей обрывности ЭАС на стане 1400 Цеха динамной стали (ЦДС), которое основано на данных, полученных из системы автоматической фиксации обрывов. Автором сделан вывод о неравномерности обрывов по длине горячекатанных полос: на первых 24% и последних 15% длины горячекатаной полосы отмечены явные всплески обрывности. Дальнейший анализ сводится к поиску причин неравномерности по длине механических свойств, структуры и параметров обработки проката.

В третьей главе для поиска причин неравномерности обрывов по длине Сафоновым А.А. проведены следующие исследования:

- анализ механических свойств по длине и ширине горячекатанных полос;
- исследование микроструктурного состояния металла, полученное вследствие неравномерного охлаждения на отводящем рольганге;
- физическое моделирование фазовых превращений ЭАС при разных условиях охлаждения. Исследования проведены на современных исследовательских комплексах Gleeble 3800 и Дилатометр DIL 805A/D.

По результатам исследований построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита. На основании данной диаграммы автор определил рациональные режимы для получения в металле безкарбидной структуры, что важно, т.к. наличие карбидов повышает хрупкость металла и может приводить к обрывам при холодной прокатке.

В четвертой главе автором проведен сравнительный анализ параметров профиля поперечного сечения горячекатанных полос, как с последующим обрывом при холодной прокатке, так и без обрыва. Исследование проведено для трех характерных участков полос: головной участок (с 0% до 24% длины), центральный участок (с 25% до 84% длины) и хвостовой участок (с 85% до 100% длины). Выявлены наиболее значимые параметры полос, влияющие на обрывность: плоскость, приромочная клиновидность и клиновидность профиля. Все параметры показали статистическую значимость их влияния на обрывность, исходя из чего автором разработана математическая зависимость обрывов полос ЭАС от комбинации параметров профиля поперечного сечения горячекатанных полос

на примере переднего конца полосы. По совокупности всех проведенных исследований установлены параметры профиля, при соблюдении которых будет достигнута минимизация обрывов полос ЭАС.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В целом диссертация изложена грамотно и представляет собой законченную работу. Важные материалы проиллюстрированы графиками, рисунками, схемами и таблицами, позволяющими оценить полученные результаты. Содержание диссертации соответствует поставленным целям и задачам.

3. Соответствие диссертации паспорту специальности 2.6.4. – Обработка металлов давлением.

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением:

- п.2. Исследование способов, процессов и технологий обработки давлением металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования;
- п.3. Исследование структуры, механических, физических, магнитных, электрических и других свойств металлов, сплавов и композитов в процессах пластической деформации;
- п.4. Оптимизация способов, процессов и технологий обработки металлов давлением для производства металлопродукции с целью повышения характеристик качества продукции.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность.

Полученные в результате выполнения работы научные и практические результаты основаны на применении современных исследовательских комплексов, вычислительных методов и пакетов программ, статистической обработке полученных данных. Результаты работы согласуются с реальными

существующими показателями технологических процессов горячей и холодной прокатки. Автором использованы основные принципы теории обработки металлов давлением и металловедения. Все это дает основание считать их достоверными.

5. Научная новизна и практическая значимость работы.

В диссертации Сафонова А.А. получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Установлена неоднородность обрывов по длине горячекатанных полос ЭАС, в которой явно выделяются три характерных участка изменения обрывности: начало рулона (до 24% длины полосы), середина (25-84% длины полосы, конец рулона (85-100% длины полосы). Изучен и выявлен характер зависимости обрывности от параметров микроструктуры, параметров профиля поперечного сечения горячекатанных полос, механических свойств.

2. Методами физического моделирования построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита для электротехнической анизотропной стали нитридно-медного варианта производства. Разработанная термокинетическая диаграмма позволяет определить температурно-скоростные условия охлаждения полос ЭАС, при которых происходит выделение карбидов.

3. Разработана математическая модель вероятности обрыва холоднокатанных полос ЭАС, определяющая критические зоны повышенной обрывности в зависимости от параметров неплоскости и профиля поперечного сечения горячекатаного подката. Модель основана на бинарнологистической регрессионной зависимости.

4. На основе данных математического моделирования, данных графического и статистического анализа установлены оптимальные диапазоны геометрических параметров профиля и параметров неплоскости, при которых минимизируется вероятность обрыва.

5. Установлено, что наиболее эффективным методом снижения обрывности является увеличение заданной выпуклости профиля поперечного сечения горячекатаного подката ЭАС, т.к. его увеличение расширяет

допустимые диапазоны изменения других геометрических параметров профиля.

Полученные в диссертации результаты работы являются практически значимыми и применимыми в условиях реального производства, что подтверждается актом внедрения. Выносимые в работе практические результаты построены на основании реальных процессов и применимы на металлургических предприятиях, производящих тонкий стальной прокат.

6. Апробация работы и публикация основных результатов.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на пяти конференциях. Материалы, изложенные в диссертации, опубликованы в 10 научных изданиях, из них 2 – в рецензируемых изданиях, рекомендемых ВАК РФ, 4 статьи проиндексированы международной базой Scopus и/или Web of Science и 4 статьи опубликованы в других изданиях.

7. Личный вклад соискателя.

Все основные результаты, представленные в диссертации Сафонова А.А., получены лично автором или при его непосредственном участии.

8. Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. В диссертации отсутствует информация о химическом составе исследуемых сталей. Особено важно понимать химический состав в разделе про исследование фазовых превращений. Также в разделе 3.3 неоднократно ошибочно подменяется понятие «химический состав» термином «химия», при этом опять же нет информации о содержании химических элементов.

2. В Таблице 1 указаны параметры микроструктуры образцов промышленного проката. В частности, «размер поверхностного зерна феррита», однако ни в таблице, ни в тексте не указано в каких единицах измерения приведены значения.

3. На Рисунке 27 показана значительная неравномерность температуры горячекатаной полосы после отводящего рольганга. Исследования структуры показывают, что из-за данной неравномерности в отдельных участках полосы формируются карбиды, которые являются причиной обрывов при холодной прокатке. В связи с этим непонятно, почему автор не занимался вопросом снижения данной температурной неравномерности или по крайней мере не дал явные рекомендации о её снижении при внедрении результатов работы (информация отсутствует в справке об использовании результатов).

4. Непонятно, чем обусловлено использование в исследованиях на Дилатометре и Gleeble образцов квадратного сечения, хотя более распространённой практикой является применение цилиндрических образцов.

5. В Разделе 3.3 представлены результаты испытаний при скоростях деформации 50 c^{-1} и 100 c^{-1} . В тексте не описано, почему именно эти условия приняты для проведения эксперимента. Также возникает вопрос, не было ли проблем с качеством регистрируемых данных при такой высокой скорости деформации (возможно применены какие-то положительные практики).

6. В диссертации приведена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита, с помощью которой определена скорость охлаждения горячекатаной полосы трансформаторной стали, при которой карбиды еще не начинают выделяться. Как применение этих скоростей охлаждения может отразиться на величине зерна и магнитных свойствах холоднокатаной трансформаторной стали?

Приведенные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

9. Заключение по работе

Диссертация по своему содержанию отвечает требованиям ВАК РФ и требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, с дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что автор Сафонов А.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук А.А. Сафонова.

Официальный оппонент
Директор Инженерно-
технологического центра АО
«Выксунский металлургический
 завод»
Канд. техн. наук, кандидатская
диссертация защищена по
специальности 05.02.09 –
Технологии и машины обработы
давлением

Адрес: 607061, Нижегородская обл.,
г. Выкса, ул. Бр.Баташевых, 45
тел.: +7 (910) 384-12-05, +7 (8317)
54-83.
E-mail: muntin_av@omk.ru

А.В. Мунтин

Подпись А.В. Мунтина заверена
руками центра документацион-
но-информационного обеспечения

Ирина Чербакова 10.03.2024