

В первой главе диссертации выполнен анализ современного состояния производства толстолистого проката для труб большого диаметра. Рассмотрены механизмы формирования механических свойств проката и факторы трансформации ликвационной неоднородности, проанализированы способы предотвращения распространения лавинообразного разрушения в трубопроводах, выполнен анализ современных способов испытаний материалов, в том числе способов оценки трещиностойкости. Рассмотрены современные концепции разработки технологии производства толстолистого проката для труб большого диаметра, эксплуатируемых в тяжелых климатических условиях.

Во второй главе диссертации представлена математическая конечно-элементная модель процесса горячей прокатки толстого листа, позволяющая анализировать напряженно-деформированное состояние металла с учетом наличия осевой ликвационной неоднородности толщиной менее 1% толщины сляба. Установлены закономерности между режимами обработки и параметрами, характеризующими ликвационную неоднородность в очаге деформации.

Третья глава диссертации посвящена исследованию механических свойств и трещиностойкости толстолистого проката. Предложен метод испытаний для оценки динамической трещиностойкости толстолистого проката – поперечный изгиб с вращением, а также и статической трещиностойкости – трехточечный изгиб полнотолщинных образцов.

В четвертой главе диссертации с применением корреляционного анализа исследовано влияние различных химических элементов на полосчатость, механические свойства и трещиностойкость толстолистого проката. Представлен алгоритм совершенствования технологии производства толстолистого проката для труб большого диаметра, основанный на результатах моделирования и оценке трещиностойкости при механических испытаниях. Изложены результаты усовершенствования и опробования технологии производства толстолистого проката класса прочности К60 для труб большого диаметра с пониженным баллом полосчатости и повышенным комплексом механических свойств.

Диссертационная работа изложена квалифицированным научно-техническим языком.

Научная новизна теоретических положений, изложенных в диссертации

Наиболее значимыми научными результатами диссертации являются:

1. Математическая конечно-элементная модель процесса горячей прокатки толстого листа, отличающаяся от известных возможностью анализа напряженно-деформированного состояния металла с осевой ликвационной неоднородностью толщиной менее 1% толщины сляба.
2. Установленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния толстолистого проката с ликвационной неоднородностью при прокатке в зависимости от технологических параметров процесса.
3. Новый научно-обоснованный алгоритм совершенствования технологии производства толстолистого проката для труб большого диаметра, основанный на результатах моделирования, оценке трещиностойкости при механических испытаниях и

подтвержденный экспериментальными данными, полученными при термомеханической обработке высокопрочного толстолистого проката.

Результаты исследований дополняют существующие представления о термомеханической обработке высокопрочного толстолистого проката для труб большого диаметра, предназначенных для магистралей нефтегазопроводов, эксплуатируемых в чрезвычайно сложных условиях.

Подтверждение опубликованных основных результатов в научной печати и соответствия содержания автореферата основным положениям диссертационной работы

Основные положения диссертации изложены в 19 печатных работах, из которых 3 статьи опубликованы в рецензируемых журналах и изданиях из перечня ВАК, 2 статьи – в научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 2 монографии.

Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных результатов

Теоретические исследования процесса термомеханической обработки металла построены на известных, проверяемых данных с применением классических подходов в области теории пластичности с использованием универсального программного комплекса для математического моделирования методом конечных элементов процессов обработки металлов давлением и с применением статистического метода анализа.

Экспериментальные лабораторные исследования неоднородности микроструктуры образцов, а также механических свойств материала и трещиностойкости толстолистого проката при поперечном изгибе с вращением и трехточечном изгибе выполнены на полнотолщинных образцах с применением стандартных методов и современного оборудования.

Достоверность научных результатов работы была подтверждена экспериментально в условиях толстолистого стана 5000 ПАО «ММК».

Практическая значимость результатов диссертации

Наиболее значимые практические результаты диссертации заключаются в следующем:

1. Разработана и внедрена методика оценки ликвационных полос в листовом прокате на ПАО «ММК» с целью их минимизации.
2. Разработаны рекомендации по совершенствованию технологии производства высокопрочного листового проката для трубопроводов, работающих в условиях повышенной сейсмичности.
3. Разработана и освоена технология производства толстолистого проката класса прочности K60 на стане 5000 ПАО «ММК», обеспечивающая минимизацию балла полосчатости, повышение механических свойств, включая статическую и динамическую

трещиностойкость листов для труб магистральных нефтегазопроводов, эксплуатируемых в сейсмоактивных регионах. Экономический эффект от внедрения составил 5,3 млн руб.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанный алгоритм совершенствования технологии производства высокопрочного толстолиствого проката для труб большого диаметра может быть эффективно использован при выработке рекомендаций по минимизации ликвационной неоднородности в готовом прокате на толстолистовых станах металлургических предприятий ПАО «Северсталь» и ОАО «Выксунский металлургический завод».

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать в учебном процессе в технических университетах страны при выполнении научно-исследовательской работы обучающихся и чтении специальных дисциплин по направлению «Металлургия».

Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертационной работы имеются следующие замечания.

1. К сожалению, в работе не раскрыты вопросы изменения температуры по сечению и формирования максимальной накопленной деформации от прохода к проходу при толстолистовой прокатке с наличием различных зон неравномерности по твердости и пластичности по толщине проката.

2. Из содержания диссертации не совсем понятно, как трансформируется ликвационная полоса, моделируемая в середине толщины сляба, в полосчатость стали, которая может отмечаться в различных слоях по толщине проката.

3. Автором не приводятся результаты ультразвукового контроля листов, являющегося обязательным в оценке качества трубной продукции, а также не уточняется, есть разница в результатах при прокатке по базовой и новой технологиям.

Отмеченные замечания не оказывают влияния на общую положительную оценку данной работы и могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследования.

Общее заключение о диссертационной работе

По актуальности темы, научной новизне, практической значимости, объему выполненных исследований, полноте освещенности результатов в технической литературе и международных конференциях данная диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Круг рассматриваемых вопросов соответствует специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертационная работа Пожидаевой Евгении Борисовны «Совершенствование технологии производства высокопрочного толстолиствого проката для трубопроводов, работающих в условиях повышенной сейсмичности» является законченной научно-квалификационной работой. Полученные результаты исследований представляют новые

научно-обоснованные технические решения по оценке и выбору термомеханических режимов обработки высокопрочного толстолистового проката во взаимосвязи с качественными показателями, внедрение которых существенно повышает уровень технологических и потребительских свойств листового проката для трубопроводов, работающих в условиях повышенной сейсмичности, внося значительный вклад в развитие листопрокатного производства и повышение конкурентоспособности металлопродукции.

Все выносимые на защиту результаты получены при определяющем вкладе автора и соответствуют п. 2 «Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»; п. 4 «Оптимизация процессов и технологий обработки давлением для производства металлопродукции с заданными характеристиками качества»; п. 6 «Разработка способов, процессов и технологий для производства металлопродукции, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий» паспорта специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Пожидаева Евгения Борисовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертационная работа Е.Б. Пожидаевой «Совершенствование технологии производства высокопрочного толстолистового проката для трубопроводов, работающих в условиях повышенной сейсмичности» обсуждена, и отзыв на нее утвержден на расширенном заседании кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет» (протокол заседания № 10 от 19 мая 2021 г.).

Заведующая кафедрой металлургии, машиностроения
и технологического оборудования
доктор технических наук, доцент,
(05.16.05 – Обработка металлов давлением),



Кожевникова Ирина Александровна

Отзыв составил:
доцент кафедры металлургии, машиностроения
и технологического оборудования
кандидат технических наук, доцент,
(05.16.05 – Обработка металлов давлением)



Болобанова Наталия Леонидовна