



В диссертационный совет 24.2.345.03,
созданный на базе Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Нижегородский
государственный технический
университет им. Р.Е.Алексеева»

ОТЗЫВ

Официального оппонента Выбойщика Михаила Александровича, доктор физико-математических наук, профессор кафедры "Нанотехнологии, материаловедение и механика" ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» на диссертационную работу Ворожевой Евгении Львовны на тему «Обеспечение микроструктуры и стабильных механических свойств стального проката при повышении толщины заготовки в условиях литейно-прокатного комплекса» по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность диссертационного исследования

В современном процессе литейно-прокатного комплекса производства высокопрочного проката достижение высоких прочностных и пластических свойств осложнено отсутствием фазовых превращений $\gamma \rightarrow \alpha$ во время охлаждения и $\alpha \rightarrow \gamma$ в ходе повторного нагрева сляба для рекристаллизации и измельчения структуры перед прокаткой. Поэтому структурное состояние непрерывнолитой заготовки является основным показателем, определяющим получаемую микроструктуру и свойства проката. Повышение производительности литейно-прокатного комплекса за счет увеличения толщины сляба не может быть решена без детальной научной и

технологической проработки вопросов на каждой стадии трубного производства. Актуальность темы обусловлена необходимостью обеспечения стабильности механических свойств и повышения хладостойкости готового проката трубных сталей при использовании производства слябов повышенной толщины. Поскольку формирование свойств связано со структурой, то реализация поставленной задачи связано с изучением структурных изменений в технологии производства сляба повышенной толщины в условиях непрерывной разливки, совмещённой с прокаткой, и разработка металловедческих решений для формирования стабильных вязкостных и прочностных механических свойств в прокате. Отсутствуют данные о фактических расстояниях между дендритными осями второго порядка в структуре слябов толщинами 90 и 105мм, которые используются в расчётах математического моделирования процессов затвердевания и охлаждения стали.

Таким образом, диссертационная работа Ворожевой Е.Л. направлена на решение актуальной проблемы современного производства горячекатаного проката, и имеет большое научное и прикладное значение.

Общая характеристика работы

Текст диссертации изложен на 152 страницах, содержит 73 рисунка, 15 таблиц, список литературы включает 127 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определена степень проработки основных вопросов и показаны отличия в подходе автора к исследованиям в данной работе от методики других исследований. Сформулированы цель и задачи работы, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Целью работы являлось обеспечение стабильности механических характеристик стального проката при изменении толщины сляба с 90 до 105мм в условиях непрерывной разливки и прокатки трубных сталей.

В первой главе выполнен информационно-аналитический обзор состояния вопроса в российских и зарубежных литературных источниках.

Рассмотрены проблемы формирования микроструктуры и свойств стали в процессах непрерывной разливки и горячей прокатки. Проанализирован теоретический аспект разработки технологии горячей прокатки. Обозначены основные проблемы формирования структуры и свойств в условиях совмещённого процесса разливки и прямой прокатки. Установлена недостаточная изученность влияния дендритных сегрегаций на формирование микроструктуры в цикле процессов разливки и прокатки. На основании аналитического обзора поставлены цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведён план предполагаемых исследований, их цели, описание методик и оборудования для их выполнения. Исследование проведено с использованием современного сертифицированного оборудования и программного обеспечения, защищённого лицензией.

Третья глава посвящена изучению структурных особенностей в непрерывнолитых заготовках разных толщин. Приведены результаты фактических измерений расстояний между дендритными осями второго порядка в слябах, произведённых на литейно-прокатном комплексе. Рассчитаны скорости охлаждения и выполнено моделирование процессов образования дендритных сегрегаций основных легирующих элементов при затвердевании и охлаждении непрерывнолитых заготовок. Результаты расчётов подтверждены экспериментальными данными микрорентгеноспектрального анализа. Для сравнения приведены параметры дендритной структуры и сегрегаций в слябах традиционных толщин более 200мм. Автором установлена зависимость продуктов распада аустенита от характера исходной дендритной структуры в образцах и сохранение уровня дендритной сегрегации в заготовках, поступающих на прокатку.

В четвёртой главе представлены результаты изучения структурообразования в процессе прокатки. Определено, что аустенитное зерно в ходе черновой прокатки формируется с учётом дендритных сегрегаций. Выполнено сравнение различных способов оценки локальных

деформаций по сечению раската. Экспериментами установлена закономерность между относительными изменениями расстояний между осями первого порядка и фактическими значениями относительных деформаций. Графическим представлением относительных изменений в размерах дендритной структуры можно получить картину распределения фактической деформации по толщине проката.

Пятая глава посвящена разработке металлургических подходов для обеспечения заданного комплекса механических свойств в низкоуглеродистой стали микролегированной ниобием с требованиями к хладостойкости при увеличении толщины сляба. Определены дендритные сегрегации марганца и ниобия и их влияние на формирование структуры в ходе горячей прокатки. На основании дилатометрических исследований автором рекомендованы температура завершения деформации и скорость охлаждения проката перед смоткой. Создана концепция формирования структуры и механических свойств в прокате, произведённом из сляба увеличенной толщины. За счёт увеличения объёма стали обеспечено повышение производительности в среднем на 4,0 %.

В заключении автором сформулированы основные выводы по диссертационной работе, а также определены дальнейшие перспективы развития темы исследования.

В приложении представлен акт промышленного внедрения.

Соответствие темы и содержания диссертации и научной специальности

Содержание представленной диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» по следующим пунктам исследования:

- п.1. «Изучение взаимосвязи химического и фазового составов (характеризуемых различными типами диаграмм, в том числе диаграммами состояния) с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов»,

-п.2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические воздействия, и влияние сварочного цикла на металл зоны термического влияния, их моделирование и прогнозирование»,

- п.3 «Теоретические и экспериментальные исследования влияния разнородных структур, в том числе кооперативного, на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов, их моделирование и прогнозирование» и

-п.9 «Разработка новых принципов конструирования и моделирования структур сплавов (включая создание технологий их получения), обладающих заданным комплексом свойств, в том числе для работы в экстремальных условиях» паспорта специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

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

Обоснованность подтверждается тем, что полученные теоретические результаты согласуются с известными опубликованными научными и экспериментальными данными других исследователей. использованием современных методов исследований и большим объёмом экспериментальных данных. Достоверность полученных результатов подтверждена воспроизводимостью полученных экспериментальных данных, использованием сертифицированных методик измерений, аттестованного оборудования и программного обеспечения, защищённого лицензией. Обработка экспериментальных данных проведена с соблюдением критериев достоверности измерений. Представленные в диссертации научные результаты прошли апробацию на международных семинарах и конференциях. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, из них 9 рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в

том числе 6 публикаций Scopus. По результатам работы получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023661645 РФ. Успешность полученных результатов подтверждается их внедрением в производство. В приложении к диссертации приведён акт промышленного внедрения. Научная и техническая новизна не вызывает сомнения. Научная новизна заключается в следующем: рассчитано, что при превращении $\delta \rightarrow \gamma$ в низкоуглеродистой микролегированной стали формируется дендритная сегрегация Nb. Дендритная сегрегация является одним из факторов, влияющих на образование структурных областей со слабым сопротивлением распространению трещины в прокате. Снижение доли ранее выделившихся карбонитридов за счёт повышения температуры непрерывнолитой заготовки обусловило измельчение зерна аустенита в ходе прокатки благодаря присутствию Nb в твёрдом растворе, что обеспечило в готовом прокате однородную микроструктуру с высокими значениями ударной вязкости. Техническая новизна заключается в разработке и внедрении новой технологии производства горячекатаного проката с высоким уровнем механических свойств из непрерывнолитых слябов толщиной 105мм и повышении производительности за счет увеличения объёма стали.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в заключении диссертации, согласуются с целью и задачами исследований, являются обоснованными и представляют собой логическое обобщение приведённых автором исследований и разработок.

Практическая значимость работы

Практическая значимость диссертационной работы доказана промышленным внедрением. К числу использованных результатов относится: формирование однородного рекристаллизованного аустенитного зерна при черновой прокатке и снижение доли выделившихся в ходе разлива стали частиц ниобия. В горячекатаном прокате низкоуглеродистой микролегированной Nb из слябов повышенной толщины обеспечена

микроструктура и механические свойства горячекатаного проката трубных сталей, а именно показатели ударной вязкости более 250 Дж/см² стабильно фиксируются до температуры -60°C. Доля вязкой составляющей проката при испытании продольных образцов также находится на стабильном и предельно высоком уровне 100%.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе

1. В работе используются две стали: заперитектическая 30Г и без перитектического превращения 05ХГБ, резко отличающиеся по содержанию углерода, легированию и микролегированию. Перенос результатов по закономерности кристаллизации и структурообразования стали 30Г на сталь 05ХГБ требует более обоснованной аргументации.

2. Исследования ликвационных процессов проведено при изменении толщины слитка стали 30Г от 355 мм до 90 мм необходимо более подробно указать на сколько эти результаты были использованы для практического решения при переходе толщины сляба стали 05ХГБ от 90 мм на 105 мм.

3. Сталь 05ХГБ используется для производства нефтегазопроводных труб, для которых коррозионная стойкость в нефтепромысловых средах является не менее важной характеристикой, чем механические свойства, поэтому отсутствие соответствующих испытаний, а тем более связи структурного состояния с коррозионной стойкостью вызывают сожаление.

4. Предложенная в работе блок-схема реализации способа оценки местных деформаций (стр.100, рис.4.13) ничем не отличается от традиционной схемы оценки изменения любой характеристики системы при внешнем воздействии (подготовка объекта-измерение до-воздействие-измерение после - обработка результатов).

5. В работе сообщается, что после черновой прокатки образуются протяженные области верхнего бейнита из грубых аустенитных зёрен (стр.122). Не ясно на каком основании, кроме низких значений ударной вязкости, автор утверждает, что в этих областях образовалась именно структура верхнего бейнита.

6. В работе приведены рекомендованные режимы контролируемой прокатки и полученные свойства, однако отсутствуют изображения и металлографическое описание структурного состояния, гарантировано обеспечивающего высокие механические свойства.

7. В работе содержится ряд неточностей, из которых наиболее оригинальными являются:

- Пункт №5 «Выводы по главе 4», стр.110 сообщает «Следующим этапом работы было изучение...». Мне представляется, что этот пункт больше относится к анонсированию, чем к выводам по работе;

- Подпись к рис.3.18, стр.84 «Микроструктура сляба трубных марок стали» и подпись к рис.5.1, стр.111 «Микроструктура поперечного направления низкоуглеродистой микролегированной стали». Целесообразней вместо таких глобальных обобщений при описании структуры указать марку стали, что также относится к некоторым другим фото микроструктур.

Указанные замечания не носят принципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку работы

Заключение

Диссертационная работа Ворожевой Евгении Львовны «Обеспечение микроструктуры и стабильных механических свойств стального проката при повышении толщины заготовки в условиях литейно-прокатного комплекса» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержит решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний металловедения и термической обработки металлов и сплавов. Работа нова по научному подходу и имеет большое прикладное значение. Считаю, что выполненная диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, а её автор - Ворожева Евгения Львовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Профессор кафедры "Нанотехнологии,
материаловедение и механика"

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,

доктор физико-математических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ


М.А.Выбойщик

Подпись Выбойщика М.А. заверяю:

Учёный секретарь ФГБОУ ВО «ТГУ»



М.П.



445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

Интернет-сайт: <https://tltsu.ru>

Email: office@tltsu.ru, vma63vma@yandex.ru