

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Шаталова Романа Львовича на диссертационную работу Барабошкина Кирилла Алексеевича на тему «Исследование и разработка сквозной технологии производства электросварных труб группы прочности K55 с заданным комплексом механических свойств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы

Основными производителями стальных обсадных труб группы прочности K55 по API 5CT являются трубопрокатные станы металлургических заводов, где горячекатаные трубы изготавливаются бесшовным способом, но высокой себестоимостью. Технологии производства сварных труб является более эффективными, но требуют качественных горячекатаных полосовых заготовок. На ТЭСА условие формоизменения, при котором происходит пластическое деформирование, состоящее в формовки и сварки плоской заготовки в трубу, когда образуются дополнительные дислокации, которые приводят к изменению механических свойств. Для компенсации вклада дислокаций в упрочнение проката и получения требуемых механических свойств сварных труб используют термическую обработку, которая приводит к снижению производительности и удорожанию процесса производства. Однако параметры формирования структуры и свойств электросварных труб после воздействия на него пластических деформаций (формовка) в процессе трубного передела по технологии формовки труб непрерывным методом, не достаточно исследованы. При решении задачи получения заданных механических свойств сварных труб и повышения эффективности производства актуальны исследования и разработки сквозной технологии и рациональных режимов производства качественных горячекатаных полос на НШПСГП и обсадных труб на ТЭСА, что обуславливает актуальность диссертационной работы.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Работа содержит 165 страниц основного текста, 79 рисунков и 44 таблицы. Состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 147 наименований, 4 приложений.

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы с обоснованием актуальности темы, отражены цель работы и задачи исследования, показана ее теоретическая и практическая значимость, научная новизна, степень достоверности и разработанности.

В первой главе проведен анализ современного состояния исследований, практика и перспективы развития вопросов термомеханической обработки толстых стальных полос с учетом трубного передела. На основании работ отечественных и зарубежных авторов выполнен анализ существующих технологий производства труб для стальных обсадных и насосно-компрессорных труб, используемых для нефтяных скважин в нефтяной и газовой промышленности. Освещено современное состояние вопроса изменения

механических свойств стального проката после трубного передела. По результатам изучения состояния вопроса были сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе представлены результаты проведенных анализов свойств высокопрочных марок сталей, производимых на НШСГП 2000 ПАО «Северсталь», методики измерения, лабораторное оборудование, использованное при проведении исследовательских работ, описаны требования к механическим свойствам стали и варианты химических составов.

Проведены расчеты и серии экспериментов с применением физического моделирования на листовом стане 300 в ЦНИИЧермет. Определены химический состав и условия производства по двум вариантам технологий. Сделаны выводы о применении технологий ГП+УО и КП с последующим охлаждением на воздухе. Определена микроструктура и условия ее формирования. Отмечено, что на $\frac{1}{2}$ толщины полосы структура характеризуется большим размером зерна феррита. После применения технологии ГП+УО формируется структура, состоящая из полигонального и квазиполигонального феррита и достаточно большой доли углеродсодержащей фазы (что обусловлено высоким содержанием углерода в стали).

В ходе экспериментов установлено, что повышение скорости охлаждения при прочих равных условиях приводит к измельчению зерна феррита, понижение температуры скотки также приводит к измельчению зерна феррита и к увеличению доли квазиполигонального феррита.

В третьей главе описаны рекомендации для производства опытно-промышленной партии, результаты экспериментальных прокаток новой марки стали, сделаны выводы по результатам производства опытной партии горячекатаного рулонного проката толщиной 8,9 мм из стали марки К55 по API 5СТ на стане 2000 ПАО «Северсталь». Проведен анализ влияния трубного передела на уровень механических свойств стали группы прочности К55 показал, что для всех исследованных труб временное сопротивление основного металла и сварного соединения, изготовленных из полосы опытных партий. Проведен анализ изменения предела текучести в результате трубного передела при производстве труб диаметром 168,28 мм и толщиной стенки 8,9 мм. На основании анализа результатов испытаний рулонного проката и влияния трубного передела на механические свойства основного металла труб, были даны рекомендации по режимам прокатки и скотки для второй опытной партии рулонного проката из стали группы прочности К55 по API 5 СТ.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния трубного передела при производстве труб диаметром 168,28мм из экспериментальной стали на изменение уровня механических свойств. Описаны результаты разработки нового химического состава с учетом влияния трубного передела. Проведена оценка уменьшения ширины штрипса при трубном переделе, установлена закономерность изменения механических свойств от ширины штрипса при формовке труб. Установлено, что корректировка режимов прокатки экспериментальной стали в сторону увеличения температуры нагрева и снижения температуры скотки позволила

увеличить уровень временного сопротивления и получить уровень механических свойств стали K55 согласно API 5CT. Установлено, что для обеспечения относительно низкого прироста предела текучести при трубном переделе и обеспечения требований к пределу текучести проката из стали K55 в трубе необходимо создавать условия для формирования равновесной феррито-перлитной микроструктуры стали, что обеспечивается при использовании рекомендуемого химического состава, температуре нагрева $1220-1240^{\circ}\text{C}$ и $T_{\text{кп}}=910-940^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{см}}=670-700^{\circ}\text{C}$. Показано, что в промышленном производстве требуемые значения предела текучести будут обеспечены как в рулонном прокате, так и после трубного передела при производстве труб диаметром 168,28мм. В результате проведения исследования установлено, что при производстве труб 168x8,9мм уменьшение ширины штрипса на 6 мм (519мм) приводит к снижению прироста предела текучести с 131МПа до 79МПа, а дальнейшее уменьшение ширины штрипса до 517 мм приводит к снижению прироста предела текучести до 37МПа. Определены механические свойства полос экспериментальной стали, прокатанных на лабораторном стане 300 по различным режимам температуры конца прокатки. Представлены результаты испытаний механических свойств проката с НШПСГП 2000 и после производства труб размером 168,3x8,9мм на ТЭСА. По результатам анализа испытаний механических свойств сварных труб установлено: рациональным решением для производства проката для труб является прокатка полос с $T_{\text{кп}}=870-900^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{см}}=670-710^{\circ}\text{C}$, механические свойства труб полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к категории прочности K55.

Основные выводы и результаты работы представлены в заключении.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Разработана методика прогнозирования изменения предела текучести и временного сопротивления разрушению труб в зависимости от степени деформации на трубоэлектросварочном агрегате, позволяющая определить уровень механических свойств горячекатаной полосовой стали исходя из величины их прироста на трубном переделе. Выявлено, что окончательное формирование механических свойств металла происходит в результате пластической деформации на трубном переделе, в связи с этим рулонный прокат должен иметь низкое значение предела текучести и высокое значение временного сопротивления. Например, для получения заданного комплекса механических свойств основного металла труб размером 168x8,9 мм из стали группы прочности K55, деформируемых на трубоэлектросварочном агрегате со степенью 2–4%, предел текучести рулонного проката должен быть не более 410 МПа, предел прочности – не менее 655 МПа.

2. Получена математическая зависимость между величиной изменения предела текучести металла в результате трубного передела и процентным содержанием в стали углерода, показавшая, что снижение содержания углерода ведет к снижению прироста предела текучести.

3. Установлено, что низкое значение изменения предела текучести при трубном переделе обеспечивается равновесной феррито-перлитной микроструктурой полосовой стали после горячей прокатки, а высокое значение

временного сопротивления разрушению достигается повышением процентного содержания в стали углерода и марганца.

4. Выявлено, что снижение степени деформации при формовке труб, связанное с уменьшением ширины штрипса, приводит к снижению прироста предела текучести в результате трубного передела вследствие уменьшения плотности дислокаций.

Практическая значимость работы диссертационной работы:

1. Разработан химический состав стали с увеличенным содержанием углерода до 0,37–0,40% и марганца до 1,0–1,4% для получения требуемых значений механических свойств металла полосовых заготовок и в электросварных трубах, а также для обеспечения условий свариваемости полос и труб.

2. Разработана технология горячей прокатки, обеспечивающая получение полос с равновесной феррито-перлитной микроструктурой, в которой доля перлита составляет не менее 60%, и механическими свойствами, гарантирующими в дальнейшем получение сварных труб с временным сопротивлением не менее 665 МПа, пределом текучести – от 379 до 552 МПа, относительным удлинением – не менее 19%.

3. Разработаны рекомендации по применению в производстве труб малого и среднего диаметров из штрипса уменьшенной ширины для обеспечения степени продольной вытяжки труб после формовки не более 1,8%, что позволяет снизить рост предела текучести в результате трубного передела. Рациональной шириной штрипса при производстве труб размером 168×8,9 мм является ширина 519 мм.

4. Разработана сквозная с применением качественных полос с НШСГП 2000 Чер.МК технология производства электросварных труб группы прочности К55 с гарантированным комплексом механических свойств, позволяющая исключить дополнительную термическую обработку труб для компенсации вклада возникающих при формовке дислокаций в упрочнение материала и обеспечивающая получение экономического эффекта около 36 млн руб. в год.

Апробация результатов диссертационной работы.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 8 научных трудах, 2 из которых в изданиях из Перечня ВАК РФ и 2 в изданиях из международной базы данных Scopus, получен 1 патент на изобретение. Основные научные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 7 научных конференциях и конгрессах.

Достоверность выводов и рекомендаций, определяется проведением комплекса исследований и экспериментов на действующих станах, использованием новейших измерительных приборов и аппаратуры, современных методов исследований и корректных методов статистической обработки данных измерений и расчетов. Сформулированные научные положения отвечают современным представлениям о природе деформирования металлов, а также согласуются с известными работами по проблемам повышения качественных показателей металлопродукции и эффективности производства.

Замечания по диссертационной работе:

1. Первая глава (Литературный обзор) перегружена рисунками из зарубежных источников с обозначениями блоков и оборудования на английском языке, что, по – видимому, затруднило проведение их подробного анализа. Выводы по главе не структурированы и перегружены второстепенными фразами. Сформулированные задачи исследования актуальны, но не полностью вытекают из материалов главы 1.

2. В главе 3 приведены температурные режимы прокатки опытных полос толщиной 8,9мм из новой стали на стане 2000 Чер.МК, показатели механических свойств, микроструктуры проката. Однако деформационный режим и силовые показатели прокатки не представлены, что сужает применение результатов исследования.

3. Не исследовано влияние изменения термомеханических режимов прокатки на формирование размеров и плоскостности горячекатаных полос на выходе из стана 2000.

4. Не достаточно исследовано влияние деформационного воздействия от поверхности к внутренним слоям при прокатке полос на НШПС 2000 по различным режимам термомеханической деформации, и как следствие изменения механических свойств по сечению при производстве труб на ТЭСА.

5. Закономерности формирования механических свойств по длине прокатываемых полос и сварных труб исследованы не достаточно подробно.

6. В диссертации не представлены подробные деформационные режимы формовки и редуцирования на ТЭСА исследованных сварных труб диаметром 168 и 245мм. Не приведены характеристики агрегата и наименование завода, на котором проведены исследования. В работе исследуется влияние отношения толщины проката к диаметру трубы, однако не приведены энергосиловые параметры формовки труб на ТЭСА, что не позволяет выделить слабые элементы оборудования главной линии прокатных клетей при формовке толстых, жестких полос.

7. Количество публикаций в журналах рекомендованных ВАК по теме диссертации невелико, всего три работы, что не позволило ученым и специалистам страны полностью использовать результаты полезной работы.

8. В диссертации встречаются опечатки, неточности, не обоснованные термины.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности полученных результатов и не меняют общей положительной оценки работы.

Заключение по диссертационной работе

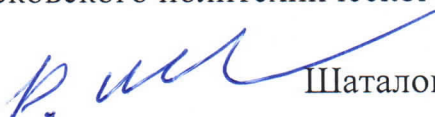
Анализ предоставленных на отзыв материалов позволяет заключить, что диссертационная работа, выполненная Барaboшкиным К.А., является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения, направленные на исследование и разработку сквозной технологии производства электросварных труб группы прочности К55 с заданным комплексом механических свойств.

Работа выполнена на достаточном экспериментальном уровне, полученные результаты являются новыми и имеют практическую значимость.

Достоверность результатов не вызывает сомнений и подтверждается их согласованностью с литературными данными. Это позволяет утверждать, что обозначенная в работе цель достигнута и задачи исследования решены, а положения, выносимые на защиту экспериментально доказаны. Автореферат отражает основное содержание диссертации и позволяет сделать обоснованные выводы о качестве проведенных исследований и получении новых научных результатов.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Барабошкин Кирилл Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Доктор технических наук (05.06.05.Обработка металлов давлением), профессор, профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета



Шаталов Роман Львович

05.11.2024 г.

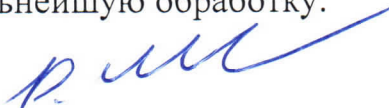
Контактные данные:

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38

Тел.: +7 (495) 223-05-23; +7 (905) 535-68-37

Эл.почта: r.l.shatalov@mospolytech.ru ; mmomd@mail.ru

Я, Шаталов Роман Львович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Барабошкина Кирилла Алексеевича и их дальнейшую обработку.



Шаталов Роман Львович

подпись Шаталова Р.Л. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.

