

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

На правах рукописи

АХМЕДОВА Дуняханым Алиага кызы

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО
УПРОЧНЕНИЯ ТРУБ НЕСТЯННОГО СОРТАМЕНТА

Специальность 05.16.01 "Металловедение и термическая
обработка металлов"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск-1996

669.017
621.78

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00373743 (R)

Работа выполнена в Государственном научном институте
Министерства промышленности Украины

г.Днепропетровск

Научный руководитель кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Г.Д.Сухомлин

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор И.Е.Долженков

кандидат физико-математических
наук А.Д.Лычков

Ведущее предприятие: ОАО Нижнеднепровский трубопрокатный
завод, г.Днепропетровск

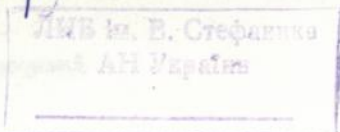
Защита состоится "26" марта 1996 г. в 12³⁰ часов
на заседании специализированного Совета Д 03.11.01 при
Государственной металлургической Академии Украины по адресу:
320635, г.Днепропетровск, пр.Гагарина,4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственной металлургической Академии Украины

Автореферат разослан "19" февраля 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
доктор технических наук,
профессор

М.М.Сафьян



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В экономике Азербайджана нефть является одним из основных источников национального дохода и в дальнейшем ее роль будет непрерывно возрастать, поэтому закономерно, что значительный объем продукции Азербайджанского трубопрокатного завода (АзТЗ), традиционно составляют трубы нефтяного сорта - мента: обсадные, насосно-компрессорные (НКТ) и бурильные.

Прогноз развития структуры производства АзТЗ показывает, что дефицитными видами труб на перспективу останутся высокопрочные трубы нефтяного сортамента. Расширение производства труб этих видов в условиях рыночной экономики для обеспечения конкурентоспособности следует решать на основе разработки поточных ресурсосберегающих технологий и использования наиболее дешевых исходных материалов. Несмотря на позитивные изменения на АзТЗ в этой области для решения проблемы требуется проведение дальнейших комплексных исследований по оценке, выбору и разработке наиболее эффективных направлений производства отдельных видов высокопрочных труб и муфт, совершенствованию действующих технологий и расширению сортамента дефицитной продукции.

Цель работы. Комплексное исследование и совершенствование эффективных технологий упрочнения НКТ, обсадных и бурильных труб. В работе поставлены и решены следующие задачи:

- выбраны и исследованы два варианта контролируемой прокатки (КП) применительно к условиям ТПУ 140 и 250 АзТЗ;
- проведен анализ качества высокопрочных обсадных труб промышленного производства на линии БТМО ТПУ 250-2, разработаны и опробованы технические решения, направленные на совершенствование технологии и оборудования линии;
- разработаны и внедрены технологии производства высокопрочных муфтовых труб и муфтовых заготовок;
- выполнены предварительные исследования альтернативной технологии изготовления высокопрочных бурильных труб;
- выбраны и опробованы для высокопрочных бурильных труб группы прочности М и Р стали марок 32Г2Ф и 32Г2ФРТ.

Теоретическая ценность исследований и их научная новизна.

Впервые проведено исследование влияния параметров импульсного охлаждения на механические свойства и структуру труб из стали 45 и 36Г2С. Изучены процессы структурообразования при ИП с импульсным ускоренным регулируемым охлаждением (УРО) и динамическим деформационным упрочнением углеродистой и низколегированной стали.

Предложена новая методика оценки морфологического состояния цементитной составляющей квазиэвтектоида, основанная на введении специального морфологического коэффициента, и получены статистические данные о его изменении в зависимости от параметров процесса ИП.

Исследована зависимость механических свойств толстостенных муфтовых труб из выбранной углеродистой стали и стали 20Х от условий БТМО и разработана технология их производства. Изучена возможность и показана реальность осуществления альтернативной технологии производства высокопрочных бурильных труб.

Исследован процесс распада переохлажденного аустенита стали марок 32Г2Ф и 32Г2ФРТ.

Практическая ценность. На основе экспериментальных исследований предложена для промышленной реализации на ТПУ 140 технология ИП насосно-компрессорных труб с применением импульсного УРО.

Статистическая обработка качества высокопрочных обсадных труб из углеродистой стали, изготовленных на линии БТМО, установила возможность их работы в условиях Крайнего Севера и перспективность использования как коррозионностойких в среде сероводорода. Разработанные и опробованные технические решения улучшают технологические условия БТМО и могут быть использованы при реконструкции или проектировании новых трубопрокатных установок.

Исследованы два способа производства заготовок для высокопрочных муфт. Изготовление высокопрочных муфт в потоке трубопрокатной установки является новой технологией.

Исследованные и усовершенствованные режимы термообработки и технические решения по оборудованию обеспечили повышение равномерности структуры и свойств закаленных бурильных труб и уменьшили энергоемкость процесса закалки.

Уровень реализации и внедрение научных разработок. Разработанные технологии производства муфтовых труб на линии БТМО и заготовок в термостделе БМАГ, позволившие значительно улучшить качес-

во высокопрочных муфт, внедрены на АзГЗ.

По результатам исследования качества труб, изготовленных способом ВТМО, составлены технические условия на хладостойкие обсадные трубы групп прочности Е, Д и М ГОСТ 632-80.

Новые технические решения по оборудованию термоотдела ТПЦ-2 внедрены в практику промышленного производства бурильных труб.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены, обсуждены и получили одобрение на:

- конференции молодых ученых в Азербайджанском политехническом институте, Баку, 1991 г.;

- научном семинаре отдела термической обработки труб и трубных изделий Государственного трубного института ГТИ (БНИТИ), Днепропетровск, 1993-1995 г.г.;

- техническом совещании НТС Азербайджанского трубопрокатного завода, Сумгаит, 1994 г.;

- объединенном научном семинаре кафедры МТО Государственной металлургической академии Украины и отделения термической обработки труб и трубных изделий Государственного трубного института ГТИ (БНИТИ), Днепропетровск, 1995 г.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 7 опубликованных в печати работах. Оригинальное техническое решение защищено положительным решением Госкомизобретений (а.с. 1837078).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, основных выводов, библиографического списка из 171 наименования, приложений и содержит 138 страниц машинописного текста, 91 рисунок, 32 таблицы.

Декларация конкретного вклада диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту:

- установлено влияние параметров импульсного охлаждения на механические свойства и структуру труб из стали 45 и 36Г2С;

- изучены процессы структурообразования при КИ с импульсным УРО и динамическим деформационным упрочнением сталей 45, 36Г2С и 32Г2;

- разработана методика оценки морфологического состояния цементитной составляющей квазиэвтектоида;

- исследовано качество высокопрочных обсадных труб и разра-

- ботаны новые технические решения по оборудованию линии БТМО;
- разработана и внедрена новая технология промышленного производства высокопрочных муфтовых труб на линии БТМО;
 - изучен процесс распада переохлажденного аустенита стали марок 32Г2Ф и 32Г2ФРТ;
 - выполнены исследования новой технологии упрочнения бурильных труб с использованием закалки с ковочного нагрева.

Характеристика методологии, методов исследований и объекта.

Основная часть работы связана с экспериментальными исследованиями. Объектом исследования являлись НКГ, обсадные и бурильные трубы, а также оборудование для их упрочнения. В качестве материала служили мартеновские стали мало- и среднеуглеродистые по ГОСТ 1050-88, низколегированные 36Г2С по ОСТ 14-21-77, типа 30Г2 по ГОСТ 4543-71, а также микролегированные на этой же основе стали марок 32Г2Ф и 32Г2ФРТ.

Механические свойства труб определяли на круглых и плоских образцах по ГОСТ 10006-80. Испытания на ударный изгиб проводили на образцах с U и V-образным надрезом по ГОСТ 9454-78 в интервале температур от +20 до -160°C, а процент вязкой составляющей в изломе определяли по ГОСТ 4543-71, приложение 3.

Технологические испытания обсадных труб на сплющивание проводили по ГОСТ 8695-75. Стеновые испытания на смятие и прострел осуществляли в АзНИПИнефть. Определение порогового напряжения против сероводородного растрескивания выполняли по методике МСКР ОI-85. Для построения термокинетических диаграмм использовали дилатометрический и микроструктурный методы. Статистическую обработку данных по анализу качества высокопрочных обсадных труб проводили на ЭЕМ ЕС-1033. Количественный структурный анализ выполняли методами оптической и электронной микроскопии реплик и фольг на оптическом микроскопе НЕОФОРТ-2, автоматическом анализаторе структуры "Эпиквант" и электронном микроскопе ЭМ-125.

Разработана методика оценки морфологии цементитной составляющей перлита, основанная на введении морфологического коэффициента k , величина которого определяет морфологический вид цементитной составляющей в субколони.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса и задачи исследования.

В первом разделе работы выполнен краткий анализ развития процессов термического и термомеханического упрочнения проката и труб, на основе которого показано, что магистральным направлением развития производства упрочненных видов металлопродукции являются различные виды ТМО, среди которых важное значение занимают технологии КП. Подробно рассмотрены металловедческие аспекты КП, оценена роль различных структурных факторов в процессах упрочнения при КП, показана целесообразность упрочнения труб групп прочности К и Е способом КП с УРО.

Обоснована целесообразность проведения комплексного анализа качества труб промышленного производства и путей совершенствования технологии ВТМО, а также поиска новых технологических решений процесса упрочнения бурильных труб.

Исследование процесса и определение основных параметров технологии КП на ТПУ I40 и 250-2.

Изучаемый вариант КП применительно к производству НКТ на ТПУ I40 предусматривает проведение ускоренного охлаждения не посредственно после завершения редуширования. Поскольку эффект упрочнения при такой схеме процесса наблюдается при большой доле перлита в структуре стали, исследование проведено на трубах из широко применяемых сталей марок 45 и 36Г2С.

Для изучения влияния параметров УРО на структуру и свойства разработали специальную лабораторную установку. Охлаждение проводили по вариантам непрерывного и импульсного УРО, каждый цикл которого состоит из активного охлаждения и паузы. Результаты исследований выявили сильную зависимость свойств труб в узком интервале продолжительности непрерывного УРО, трудно поддающемуся управлению, поэтому предпочтение было отдано импульсному УРО. В лабораторных и производственных условиях показано, что для исследованного размера труб 73x5,0-5,5 мм свойства групп прочности Е (ст.45) и Д (ст.36Г2С) обеспечиваются при 4-5 циклах охлаждения (длительность активного охлаждения в цикле 0,6 с, паузы - 1 с) при удельном расходе воды 220-250 м³/м².ч и давлении 0,15-0,20 МПа.

Исследование структуры после непрерывного и импульсного УРО показало, что на наружной поверхности трубы образуется тонкий

слой мартенсита, величина которого меньше и переход к основной феррито-перлитной структуре более плавный при импульсном УРО. Структуры переходного слоя последовательно изменяются от мартенситной к бейнито-мартенситной и бейнито-перлитной и при отогреве, за счет тепла внутренних слоев, как показали исследования тонкой структуры на фольгах, происходит их отпуск. В целом структура по толщине стенки, в основном, неоднородна, поэтому стенка условно была разделена на несколько слоев и проведено статистическая оценка соотношения структурных составляющих в сталях 45 и 36Г2С после различных вариантов импульсного УРО. Полученные результаты позволили обосновать перспективные режимы КП с импульсным УРО.

Изучение тонкой структуры труб методами электронной микроскопии после различных режимов импульсного УРО показало, что плотность дислокаций в доэвтектоидном и квазиэвтектоидном феррите составляет для стали 45 и 36Г2С $1,5 \cdot 10^9$ и $2-3 \cdot 10^9$ см⁻² соответственно, поэтому в стали 36Г2С могут образоваться субграницы дислокационного типа с углом разориентировки $\sim 1^\circ$. Количественными методами исследовали параметры квазиэвтектоида: определены толщина пластин цементита, межпластиночное расстояние и размеры субколоний. С увеличением количества циклов импульсного УРО все эти параметры уменьшаются, причем уменьшается одновременно толщина ферритных и цементитных пластин, особенно последних, что свидетельствует о снижении содержания углерода в квазиэвтектоиде. Исследование тонкой структуры субколоний по специально разработанной методике позволило определить при различных режимах УРО соотношение колоний с различным морфологическим типом цементитной составляющей. В целом результаты исследований позволили сформулировать основные задачи для промышленной реализации процесса КП с УРО на ТПУ I40 АзТЗ.

Вариант КП с теплой деформацией при субкритических температурах исследовали в линии ВТМО ТПУ 250-2 на обсадных трубах размером $146 \times 10,7$ мм из стали 45 и 32Г2. После раскатки черновые трубы охлаждали перед печью с шагающими балками до температуры несколько выше заданной, а температуру в печи устанавливали на 30-40°C ниже температуры теплового калибрования (450-800°C). Суммарное обжатие при калибровании составляло 12,8 %.

Механические свойства труб из стали 45 после теплой прокатки в интервале 595-560°C соответствовали группе прочности Е, а для получения этой же группы прочности теплая прокатка труб из стали

32Г2 должна проводиться при 610-640°C. Результаты испытаний на ударный изгиб показали, что при таких прочностных характеристиках труб из стали 45 KCU=0,4-0,5 МДж/м², а KCV=0,17-0,23 МДж/м², из стали 32Г2 - KCU=0,97-1,17 МДж/м², а KCV=0,19-0,31 МДж/м². Определены температурные и деформационные режимы, обеспечивающие получение труб повышенной прочности.

Исследования тонкой структуры труб, выполненные количественными и качественными методами дифракционной электронной микроскопии показали, что после деформации при субкритических температурах в дозвтектоидном и квазизвтектоидном феррите присутствуют дислокации и субзеренные границы с разориентировкой от нескольких минут до 2°. Средний размер субзерен в дозвтектоидном феррите в зависимости от температуры деформации изменяется от 3,2 до 8 мкм, а в квазизвтектоидном - от 1,3 до 4,3 мкм вдоль пластин и 0,7 - 1,7 мкм - поперек пластин.

Установлено, что теплая деформация существенно влияет на изменение структуры цементитной составляющей: цементитные пластины на краях разрывов утолщаются, в сплошных пластинах возникают утолщения и перетяжки, в них появляются отверстия и щели. В местах стыковки межзеренных границ в феррите с цементитными пластинами такие дефекты наблюдаются редко. Эти результаты свидетельствуют о признаках начальных стадий сфероидизации и позволяют объяснить изменения свойств труб в такой схеме КП.

Полученные данные позволили обосновать технологию изготовления обсадных труб повышенной прочности (К и Е) на оборудовании линии БТМО способом КП с теплой деформацией стали 45 при 700-560°C, а стали 32Г2 - 700-600°C. Исследованная схема процесса может быть реализована без изменений в действующей технологии с минимальными энергозатратами в сравнении с горячей прокаткой.

Анализ качества и совершенствование технологии производства высокопрочных обсадных труб на линии БТМО

В процессе эксплуатации линии БТМО проведены длительные наблюдения, сбор и статистическая обработка данных о качестве высокопрочных труб, на основе которых сделаны следующие выводы: для изготовления высокопрочных обсадных труб групп прочности Е, Д, М используют углеродистую сталь со средним коэффициентом крепости (К) 0,37; 0,38 и 0,42 соответственно. Преимущественное содержание углерода в стали для групп прочности Е, Д состав-

лет 0,17-0,22 %, для М - 0,17-0,27 %.

Установлено, что металл высокопрочных обсадных труб обладает высокой пластичностью и ударной вязкостью (для группы прочности Л КСV=0,7-1,6 МДж/м²). Точность геометрических размеров труб полностью удовлетворяет требованиям исполнения А ГОСТ 632-80. Исследование хладостойкости труб промышленного производства показало, что они могут работать в жестких климатических условиях (КСV⁻⁶⁰ = 0,4-1,3 МДж/м²).

Результаты испытаний на сероводородное растрескивание под напряжением свидетельствуют о перспективности применения высокопрочных труб, изготовленных на линии БТМО, как стойких в среде сероводорода. Трубы после БТМО выдержали испытание кумулятивным перфоратором без образования трещин около простреленных отверстий и стендовые испытания на смятие без потери формы.

Таким образом, результаты исследований установили высокое качество труб, изготавливаемых способом БТМО. Наблюдения, сделанные в ходе промышленных прокаток в режиме БТМО, выявили необходимость дальнейшего совершенствования оборудования и технологии процесса. Разработанное техническое решение узла водоподвода и крепления стакана стержня-спрейера, а также устройство для его удержания после завершения процесса раскатки, позволили улучшить равномерность структуры и свойств по длине закаленных труб. Предложенная и испытанная импульсная система охлаждения калибров валков способствовала стабилизации температурных условий теплового калибрования. Для исключения подстуживания задних концов труб с тонкой стенкой перед закалкой в раскатном стане предложили новый тип ступенчатого внутреннего спрейера.

Исследование и разработка технологии упрочнения муфтовых труб и заготовок

Муфты являются неотъемлемой и важной составной частью большинства видов НКТ и обсадных труб. К их качеству предъявляются требования, аналогичные трубам, а в стандарте АНУ 5СТ даже более жесткие. Оценка действующей технологии выявила низкое качество высокопрочных муфтовых труб после термического упрочнения в термоотделе ТПЦ-1. Поэтому было намечено два направления исследований: упрочнение муфтовых труб на линии БТМО и муфтовых заготовок в термоотделе, поставленном западногерманской фирмой EМАГ.

На основе анализа технологии и оборудования линии БТМО была установлена принципиальная возможность упрочнения муфтовых труб с толщинами стенок до 22 мм, рассчитаны основные технологические параметры процесса и произведен выбор марок стали для исследования. С целью улучшения условий закалки муфтовых труб была усовершенствована конструкция внутреннего спрейера. Результаты экспериментальных исследований подтвердили, что при уменьшении линейной скорости раскатки до 0,35 м/с, штучной производительности ТПУ до 70-100 шт/ч в зависимости от толщины стенки труб (при сохранении производительности в тоннах), а также сужающего обжатия на калибровочном стане до 5 % можно изготавливать высокопрочные муфтовые трубы исполнения А на оборудовании линии БТМО, используя углеродистые стали с $K=0,35-0,55$ для групп прочности Е и Л и сталь 20Х - для М и Р.

Исследования структуры и свойств опытных труб установили их равномерность по толщине стенки и длине, а результаты испытаний на ударный изгиб - высокую хладостойкость труб из обеих сталей (для групп прочности Е, Л, М $KCV^{-60} > 0,6$ МДж/м², а для Р - $KCV^{-60} > 0,45$ МДж/м²). По результатам исследований разработано и утверждено дополнение № I к ТИ I63-03-29-88 и вся техническая документация на промышленное производство высокопрочных муфтовых труб по новой технологии на линии БТМО.

Исследование упрочнения муфтовых заготовок в термостде БМАГ было предпринято с целью установления возможностей такой технологии. На первом этапе выполняли работы по наладке оборудования индукционно-закалочных установок и отпускной печи и реконструировали выходную сторону отпускной печи.

На основе изучения термокинетических диаграмм с нанесенными на них реальными кривыми охлаждения муфтовых заготовок при закалке, для исследования выбрали углеродистую и низколегированную стали с $K=0,40-0,70$. Теплотехнические исследования процесса нагрева под закалку позволили определить оптимальные параметры этих операций: время цикла в каждом индукторе 4I-44 с (время нагрева 33-34 с, передачи -8-10 с) и время нагрева до заданной температуры при отпуске. Исследованиями структуры и свойств заготовок после различных вариантов термообработки установлены предпочтительные температуры нагрева под закалку углеродистой стали I100-1150°C и низколегированной стали 32Г2 - 1000-1050°C, а также рекомендуемые режимы отпуска (температура нагрева, скорость движения конвейера).

Установлена целесообразность применения углеродистой стали для получения заготовок групп прочности Е-М, а сталь 32Г2 -Р и Т. Заготовки групп прочности Е-Д имеют высокую хладостойкость ($KCV_{-60} > 0,8 \text{ МДж/м}^2$), а Р и Т - удовлетворительную.

По разработанной технологии изготовили промышленные партии муфтовых заготовок группы прочности Д. Результаты исследований позволили разработать и утвердить ТИ 163-04-41-88 на серийное производство высокопрочных муфтовых заготовок.

Исследование и совершенствование технологии упрочнения бурильных труб

Процесс термического упрочнения бурильных труб осложнен из-за наличия утолщенных высаженных концов. Качество термической обработки зависит от ряда технологических факторов и, прежде всего, от условий закалки. Анализ действующей технологии и результатов эксплуатации оборудования термоотдела ТПЦ-2 показал, что они взаимосвязаны и не являются оптимальными. Температура нагрева под закалку фактически завышена против необходимой на $50-80^\circ\text{C}$ из-за большого открытого пространства между печью и спрейером, длительность пребывания труб при высокой температуре технологически не оправдана, установленное спрейерное устройство в условиях недостаточной очистки воды не обеспечивает стабильной эксплуатации. В работе предложены, опробованы и внедрены в производство технические решения по неотапливаемому термостату, новой конструкции спрейера, позволившие существенно улучшить равномерность свойств по длине труб, а также скорректирован и опробован режим нагрева под закалку ($T_H = 840-880$ вместо $900-940^\circ\text{C}$), позволивший уменьшить количество окалина на поверхности труб и улучшить условия их охлаждения.

В связи с появлением спроса на бурильные трубы группы прочности М исследовали возможность их изготовления из стали собственного производства АзТЗ - 32Г2Ф и 32Г2ФТ. Исследована кинетика распада переохлажденного аустенита обеих марок стали и определено, что в термоотделе ТПЦ-2 можно получить в трубах после закалки мартенсито-бейнитную (сталь 32Г2Ф) и мартенситную структуру (сталь 32Г2ФТ). Результаты испытаний опытных партий высокопрочных труб подтвердили, что стали 32Г2Ф и 32Г2ФТ могут быть рекомендованы для труб групп прочности М и Р соответственно.

В связи со сложностью традиционной технологической схемы уп-

рочнения бурильных труб провели исследования альтернативной технологии их термического упрочнения, в основу которой заложено проведение операции высадки предварительно термически упрочненной гладкой трубы и последующее упрочнение высаженного конца с ковочного нагрева. Оценили возможность осуществления этого этапа технологии на оборудовании ТПЦ-2 и провели экспериментальное исследование, результаты которого показали принципиальную возможность ее реализации.

Исследование структуры и свойств по длине высаженного конца и прилегающего участка трубы после закалки с ковочного нагрева показало, что высаженные концы имеют мартенсито-бейнитную структуру и удовлетворительные механические свойства. Однако при этом имеется участок зоны термического влияния (ЗТВ) с неблагоприятной структурой, соответствующей нагреву до температур нижней части межкритического интервала. Сокращение длительности индукционного нагрева позволяет уменьшить длину и разупрочнение в ЗТВ. Поскольку полностью избежать образование неблагоприятных структур в ЗТВ невозможно, составной частью предлагаемой технологии является локальное поверхностное термическое упрочнение этого участка трубы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ тенденций развития процессов упрочнения проката и труб. Установлено, что предпочтительным направлением для высокопрочных труб является разработка и совершенствование технологий ТМО. В условиях АзГЗ применительно к НКТ целесообразно использование схемы КП с УРО.

2. В результате исследований процесса УРО в лабораторных и промышленных условиях установлены преимущества импульсного УРО перед непрерывным и определены его оптимальные режимы для НКТ из стали марок 45 и 36Г2С. Показано, что КП с импульсным УРО позволяет повысить свойства труб из стали 45 до группы прочности Е, а стали 36Г2С - II ГОСТ 633-80.

3. Исследование структуры стали количественными методами световой и электронной микроскопии позволили получить сведения о взаимосвязи между параметрами технологии КП, свойствами труб и тонкой структурой. Для оценки морфологического состояния цементитной составляющей квазиэвтектоида предложена новая методика, основанная на использовании морфологического коэффициента K_m и получены статистические данные с его изменении при различных

условиях процесса.

4. Исследования на линии БТМО процесса КП с теплой деформацией при субкритических температурах показали, что свойства обсадных труб из стали 45 можно повысить до группы прочности К, а стали 32Г2 - Е ГОСТ 632-80. Определены температурные и деформационные режимы изготовления труб повышенной прочности.

5. Проведены светооптические и электронномикроскопические исследования структуры и дислокационной субструктуры тепलोдеформированных труб. Получены данные о соотношении между количеством колоний с различной морфологией цементита в квазиэвтектоиде. Определены размеры субзерен в феррите, квазиэвтектоиде и величина преимущественной разориентировки субгранц.

6. Проведена статистическая обработка результатов промышленной эксплуатации линии БТМО, которая показала, что высокопрочные обсадные трубы из углеродистой стали, выплавленной на АзГЗ, удовлетворяют всем требованиям исполнения А ГОСТ 632-80. Исследованиями установлено, что трубы после БТМО имеют высокие хладостойкость ($KCV^{-60} = 0,4-1,3 \text{ МДж/м}^2$), пороговое напряжение сероводородному растрескиванию и сопротивление импульсным нагрузкам.

7. На основе исследований по совершенствованию процесса БТМО разработан и успешно прошел промышленное опробование комплекс устройств и узлов на выходной стороне раскатного стана и система охлаждения валков калибровочного стана, которые позволяют значительно улучшить технологические условия заковки и теплового калибрования труб. Предложен и защищен а.с. № 1837078 новый тип внутреннего спрейера для заковки обсадных труб с тонкими стенками.

8. Проведены исследования и разработана новая технология производства высокопрочных муфтовых труб на линии БТМО. Муфтовые трубы групп прочности Е и Л ГОСТ 632-80 рекомендовано изготавливать из углеродистой стали с К = 0,35-0,55, а М и Р - из стали 20Х. Установлено, что высокопрочные муфтовые трубы имеют высокую ударную вязкость ($KCV = 0,69-1,66 \text{ МДж/м}^2$) и хладостойкость ($KCV^{-60} = 0,4-1,3 \text{ МДж/м}^2$). Изготовлена опытно-промышленная партия муфтовых труб, разработана и утверждена нормативно-техническая документация на промышленное производство высокопрочных муфтовых труб на линии БТМО.

9. В результате выполненных исследований освоено оборудова-

ние и разработана технология термического упрочнения муфтовых заготовок на импортной линии фирмы ЕМАГ. Для муфтовых заготовок групп прочности Е-М предложено использовать углеродистую сталь с $K = 0,40-0,70$, а Р и Т - сталь 32Г2. Заготовки групп прочности Е-Л имеют высокую хладостойкость ($KCV^{-60} = 0,8-1,1 \text{ МДж/м}^2$), а Р, Т - удовлетворительную. Изготовлены промышленные партии муфтовых заготовок группы прочности Л, разработана и утверждена технологическая инструкция ТИ 163-04-41-90 на серийное производство высокопрочных заготовок.

10. Выполнены исследования процесса распада переохлажденного аустенита стали марок 32Г2Ф и 32Г2ФРТ, выбранных для изготовления высокопрочных бурильных труб. Предложенные в работе режимы термообработки и усовершенствованные технические решения по оборудованию позволили значительно улучшить равномерность структуры и свойств закаленных бурильных труб.

11. Проведены предварительные исследования альтернативной технологии производства высокопрочных бурильных труб. Установлена принципиальная возможность изготовления их путем высадки гладкой высокопрочной трубы, совмещенной с закалкой высаженного конца, его последующим отпускком и поверхностным термоупрочнением.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Определение возможности проведения контролируемой прокатки труб на ТПУ 140/ В.М.Янковский, Ф.Д.Гамидов, М.С.Халилов, Е.Л.Васильев, Д.А.Ахмедова //Сталь. - 1993. - № 2. - С. 71-75.

2. О возможности применения контролируемой прокатки при производстве труб из углеродистой и низколегированной стали / Г.Д.Сухомлин, Д.В.Прокофьев, Д.А.Ахмедова, А.А.Кривошеева, Е.М.Кузьмичев //Развитие техники и технологии трубного производства: Темат. сб. науч.тр. - М.: Металлургия, 1992. - С. 48-53.

3. Контролируемая прокатка с импульсным охлаждением насосно-компрессорных труб / В.М.Янковский, Ф.Д.Гамидов, В.С.Гараев, Е.Л.Васильев, Д.А.Ахмедова //Сталь.- 1995.- № 5.- С.66-72.

4. Производство высокопрочных обсадных труб способом ЕТМО на трубопрокатном агрегате 250 с автомат-станом /Т.Н.Херфен, Е.Л.Васильев, А.Э.Чихачев, Е.А.Соломадина, Д.А.Ахмедова // Черная металлургия. Бюл. НИИ. - 1992. - № 3. - С. 42-44.

5. Термомеханическая обработка муфтовых труб /Е.А.Соломадина, Ф.Д.Гамидов, Д.А.Ахмедова, В.Г.Исаев, В.М.Янковский // //Сталь. - 1992. - № II. - С. 70-72.

6. Технология термического упрочнения, структура и свойства высокопрочных муфтовых заготовок /В.М.Янковский, Д.А.Ахмедова, Е.А.Соломадина, Ф.Д.Гамидов, Г.Д.Сухомлин //Сталь.- 1993.- № 4. - С. 58-63.

7. Структура и свойства сталей 32Г2Ф и 32Г2ФРТ /Е.А.Соломадина, Д.А.Ахмедова, Ф.Д.Гамидов, Е.М.Кузьмичев, Г.Д.Сухомлин // // МнГОМ. - 1994. - №2.- С.12-14.

8. А.с. 1837078 СССР, С 21 Д 1/62. Спрейер /З.И.Ланге, В.П.Козинец, Д.А.Ахмедова и др. (СССР). - 4 с.

АННОТАЦИИ

Д.А.Ахмедова "Розробка, дослідження та удосконалення технології термомеханічного і термічного зміцнення труб нафтового сортаменту".

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук, спеціальність 05.16.01: Металознавство і термічна обробка металів; Державна металургійна Академія України, Дніпропетровськ, 1996 р.

Захищається 7 наукових робіт та 1 авторське свідоцтво, що містять теоретичне дослідження впливу параметрів ТМО на формування структури сталі та результати експериментальних досліджень.

Встановлено зв'язок між параметрами контрольованої прокатки, властивостями труб та тонкої структури сталі.

Здійснено промислове впровадження розробленої нової технології виробництва високоміцних муфтових труб та заготовок з дешевої вуглеродистої сталі.

Ключові слова: труби, нафтовий сортамент, ТМО, термообробка, властивості, структура, технологія, обладнання.

D.A.Akhmedova. "Development, investigation and improvement of the methods of thermomechanical and thermal strengthening of oil country tubular goods"

Dissertation for the academic degree of Candidate of

Science (Techn.) in physical metallurgy and heat treatment of metals (code 05.I6.OI); State Metallurgical Academy of Ukraine, Dniepropetrovsk, 1996.

The background of the dissertation comprises 7 research works and 1 investor's certificate which contain theoretical investigation of the effect of the parameters of thermomechanical treatment of oil country tubular on the formation of the structure of steel and the experimental results.

The relationship between the parameters of controlled tube rolling, product properties and fine steel structure has been established.

The new method of making high strength threaded tubes and billets of low-cost carbon steel for making them has been industrially implemented.

Key words: tubes, oil country, tubulars, thermomechanical treatment, properties, structure, method, equipment.



Подписано и печать 12.02.1996

Формат 60x84/16. Бумага типограф № 2. Печать

офсетная. Физ. п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,6.

Усл.п.л. 0,86. Тираж 100 экз. Заказ 69.

Государственный трубный институт ГТИ (ВНИТИ)

320600, Днепропетровск, ул.Писаржевского, 1-А

As 3-10-74

see page

AB 34.074

AB 34.074