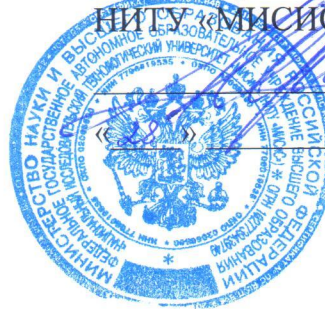


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
НИТУ «МЭСИС»



М.Р. Филонов

11 2022г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Перевозчикова Данила Викторовича

на тему: «Совершенствование технологии изготовления горячекатаных труб из стали марки 08X18H10T с целью улучшения структуры»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением»

Актуальность темы диссертации. Актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнения, поскольку направлена на совершенствование технологии производства и повышение качества бесшовных труб большого диаметра из коррозионностойких сталей. Этот вид металлопродукции не имеет альтернативы при строительстве атомных энергоблоков.

Основное содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка из 96 наименований и семи приложений.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и определены задачи диссертационного исследования, отражена научная новизна работы, теоретическая ценность и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, а также представлена информация об апробации результатов исследования и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных ученых по теме диссертации.

Проанализировано современное состояние производства бесшовных труб рассматриваемого размерного сортамента из аустенитных коррозионностойких сталей, обоснован выбор оборудования и технологической схемы производства для данной работы. Изложены особенности процессов структурообразования при горячей деформации

сталей; дан обзор работ, посвященных исследованию данных процессов для нержавеющей сталей аустенитного класса, в том числе для случая прокатки труб из стали AISI 321 в условиях пилигримового стана. Проведен обзор работ, посвященных моделированию методом конечных элементов процессов прошивки труб и пилигримовой прокатки.

Во второй главе представлены методика и результаты исследований рекристаллизационных процессов, происходящих в ходе горячей деформации, во время междеформационных пауз и по окончании деформации для стали 08X18H10T двух составов ($C=0,07\%$, $Ti=0,50\%$ и $C=0,025\%$, $Ti=0,21\%$) с использованием физического моделирования процесса горячей деформации.

По результатам испытаний на сжатие при температурах $1100 - 1280\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости деформации $0,01 - 1\text{ с}^{-1}$ построены диаграммы горячей деформации и проведено изучение микроструктуры. Определена величина энергии активации горячей деформации, получены уравнения для расчета условий горячей деформации (степени деформации), обеспечивающих полную динамическую рекристаллизацию, и для расчета размера рекристаллизованного зерна.

Также важное прикладное значение имеют результаты исследования возможных рекристаллизационных процессов между проходами и по окончании прокатки, проведенные с использованием методов многошагового кручения и двойного нагружения. Определена температура начала динамической рекристаллизации; исследована кинетика постдинамической рекристаллизации и построена диаграмма разупрочнения.

Кроме того, проведено исследование кинетики роста зерна стали 08X18H10T с $C=0,07\%$, $Ti=0,50\%$ после горячей деформации, предложена методика расчета размера зерна в условиях непрерывного охлаждения.

В третьей и четвертой главах приведены результаты математического моделирования процессов прошивки заготовки на стане поперечно-винтовой прокатки и прокатки гильзы на пилигримовом стане, позволившие получить распределение значений параметров нагрева, горячей деформации и охлаждения по объему металла и оценить их влияние на размер, тип и однородность формирующейся структуры.

В третьей главе представлены результаты расчетов температурных полей после каждой операции прошивки, а также скорости деформации при прошивке с использованием разработанных математических моделей.

Проведенная автором оценка размера зерна с учетом полученных температурных данных показала, что формирование неоднородной структуры связано с

неравномерностью температуры, возникающей в процессе транспортировки заготовки от печи к прошивному стану и, особенно, при охлаждении гильзы после прошивки.

В четвертой главе приведены результаты моделирования процесса пилигримовой прокатки. Моделирование с использованием метода конечных элементов показано наличие неоднородности деформации по толщине стенки при прокатке труб; выявлено наличие знакопеременной деформации металла в слоях, прилегающих к наружной поверхности раската. Установлено, что оценку диапазонов степени и скорости деформации в слоях, прилегающих к внутренней поверхности трубы, при прокатке на пилигримовом стане допустимо выполнять по начальным и конечным размерам заготовки. Сделанный вывод позволил оценить значения степени и скорости деформации внутренних слоев с использованием метода недоката.

В пятой главе на основе результатов, полученных в главах 2–4, предложены рекомендации по изменению технологии производства горячекатаных труб из стали марки 08X18H10T для реализации в условиях действующего производства ОА «ЧТПЗ». Во-первых, предлагается снижение температуры нагрева исходной заготовки перед прошивкой при производстве труб диаметром более 600 мм; расчетным путем показана эффективность данного предложения с точки зрения формирования заданной структуры, но и отмечены ограничения по его применению. Во-вторых, на этапе прокатки на пилигримовом стане труб диаметром 550 и 650 мм предложено и опробовано (для труб размером 550x40 мм из гильзы размером 705x102,5 мм) увеличение степени деформации. Показано, что данный способ позволяет увеличить величину слоя с требуемым размером зерна по сечению трубы. В-третьих, приведены рекомендации по использованию стали с меньшим содержанием титана и углерода при производстве труб размером 550x40 мм.

В заключении диссертационной работы по результатам проведенных исследований автор сформулировал основные выводы, отвечающие на все поставленные задачи.

Научную новизну представляют следующие результаты диссертации:

Исследованы процессы структурообразования в ходе горячей деформации стали марки 08X18H10T двух химических составов (с относительно высокой массовой долей титана и углерода и с относительно низкой). Показано, что стали марки 08X18H10T данных химических составов имеют близкие значения энергии активации горячей деформации, усредненное значение которых можно использовать для построения общих зависимостей размера зерна, критической степени деформации, степени деформации, необходимой для завершения рекристаллизации, от параметра Зинера-Холломона.

Установлено, что в относительно низкой температурной области (1000–1100 °С) рекристаллизационные процессы в стали марки 08X18H10T с C=0,025%, Ti=0,21% происходят более активно в сравнении с таковыми в стали 08X18H10T C=0,07%, Ti=0,50%.

Рассчитаны температурные поля в гильзах на всех этапах второй прошивки. Показано, что определяющим процессом, влияющим на конечный размер зерна, является его рост по окончании деформации.

Установлено, что формирование неоднородной структуры труб после прокатки на пилигримовом стане происходит по причине неоднородности поля температуры и деформации.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что предложены и научно-обоснованы следующие изменения в технологии производства труб диаметром 550 и 650 мм в условиях АО «ЧТПЗ» с целью формирования заданной структуры: снижение температуры нагрева исходной заготовки перед прошивкой при производстве труб диаметром свыше 600 мм, производимых из гильз; увеличение степени деформации при прокатке труб на пилигримовом стане за счет увеличения толщины стенки гильзы; снижение массовой доли титана и углерода в стали.

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается применением современных исследовательских методов и оборудования, а также успешным опробованием результатов в условиях производства.

Основные положения работы широко представлены и обсуждены на конференциях различного уровня, в том числе международных. По результатам диссертации опубликовано 8 научных работ, из них 6 – в изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК РФ, 2 – в изданиях, включенных в реферативную базу данных Scopus.

В ходе работы были разработаны 3 программы для ЭВМ, на которые получены свидетельства № 2021618828, 2021661825 и 2021661826.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание, новизну и выводы работы.

К работе имеются следующие **замечания**.

1. Не приведена информация об исходном состоянии и структуре заготовок перед прошивкой и перед пилигримовой прокаткой, соответственно, не обсуждено их влияние на формирующуюся структуру при горячей деформации. Также некорректно, с нашей точки зрения, утверждение, что размер динамически рекристаллизованного зерна не

оказывает влияния на конечную структуру.

2. Помимо температуры на структуру металла при деформации влияют и другие технологические факторы, такие как угол и величина подачи, схема деформации, калибровка валков, коэффициент овализации и т.д., однако их влияние в работе не рассмотрено.

3. В работе использовано несколько различных величин, характеризующих деформацию: «истинная деформация», «деформация по Мизесу», «накопленная деформация», причём не указано соответствие между ними, что вызывает вопросы.

4. В рекомендациях по изменению технологии приведены конкретные значения по снижению температуры (на 40 °С) и по увеличению степени деформации при прокатке (интенсивность с 0,7 до 1,1). Следовало бы приводить диапазоны (границы) рекомендуемых значений или допуск по отклонению этих параметров.

5. Возможно, рекомендация по изменению химического состава справедлива для формирования заданной структуры (при допустимом снижении σ_T , как оценил автор), но, с нашей точки зрения, некорректно давать такую рекомендацию без оценки зависящих от химического состава других служебных свойств стали.

Кроме того, имеются ошибки, опечатки в автореферате и диссертации. Так, в диссертации есть ссылка на рис. 5.4 со структурой, но структура не приведена (с. 112); не соответствуют названия главы 3 и пункта 5.3 в оглавлении и в тексте.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение. Диссертационная работа Перевозчикова Д.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, связанные с изучением влияния режимов деформации на процессы формирования структуры, а также путей и методов улучшения структуры труб, производимых методом прошивки и прокатки на пилигримовом стане в условиях АО «ЧТПЗ». Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью и вносят вклад в развитие теории и технологии прокатного производства металлов и сплавов.

Диссертационная работа Перевозчикова Д.В. на тему «Совершенствование технологии изготовления горячекатаных труб из стали марки 08X18H10T с целью улучшения структуры», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее

автор, Перевозчиков Данил Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Работа заслушана и обсуждена на научном семинаре кафедры Обработки металлов давлением Института экотехнологий и инжиниринга Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) 18 ноября 2022 г., протокол № 3/н-18.11.22.

Заведующий кафедрой ОМД
НИТУ «МИСИС», к.т.н., доцент



А.С. Алещенко