

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Перевозчикова Данила Викторовича

«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

Нержавеющая труба марки 08X18H10T наряду с другими сплавами является одним из востребованных сегментов во многих областях промышленности. Главным образом производится в бесшовном варианте. Обладает хорошей свариваемостью при различных видах обработки. Тщательно сбалансированный химический состав обеспечивает способность изделия из стали выдерживать без проявлений коррозии воздействие повышенной влажности и некоторых кислот, химически агрессивных веществ. В сочетании с высокой коррозионной стойкостью, имеет высокие показатели по теплопроводности и жаропрочности.

В нержавеющих сталях аустенитного фазы отсутствует фазовый переход, при котором происходит перестроение решетки и изменение размеров зерен в процессе охлаждения. Поэтому при разработке технологии термомеханической обработки изделий из сталей и сплавов, которым свойственен процесс фазового перехода, результаты подобных исследований, выполненных на аустенитной нержавеющей, стали удобно использовать в качестве базы для сравнения.

Эти обстоятельства делают **актуальным** проведение исследований, направленных на изучение влияния горячей деформации на структуру металла.

Основное содержание диссертации

Диссертация включает в себя введение, пять глав, выводы по работе, библиографический список из 96 наименований и семь приложений.

Во введении сформулирована актуальность диссертационной работы и степень разработанности темы исследования, поставлена 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 перечисляются сферы применения труб из нержавеющей сталей аустенитного класса.

Приведено описание технологических процессов, используемых на АО «ЧТПЗ» для производства горячекатаных труб из стали марки 08X18H10T и показаны примеры микроструктуры, формирующейся в процессе производства, в том числе и несоответствующей требованиям нормативно-технической документации.

Далее рассмотрены сопутствующие горячей деформации процессы, такие как: динамический возврат, динамическая рекристаллизация, постдинамическая рекристаллизация, приведены основные теоретические сведения и математические выражения, описывающие эти процессы. Обсуждается в частности влияние углерода, и образующихся карбидов титана на свойства и рекристаллизационные процессы в стали. Обсуждаются результаты лабораторных исследований горячей деформации стали AISI 321 (выполненных разными исследователями) при различной массовой доли титана и углерода.

Кратко приведены результаты работ, в которых выполнены расчеты скорости, величины и температуры деформации для процессов прошивки и пилигримовой прокатки.

Во второй главе проведен ряд опытов по физическому моделированию направленных на изучение процессов структурообразования сопровождающих горячую деформацию стали. Исследования были выполнены для стали 08X18H10T двух химических составов, с высокой ($\%C=0,07$, $\%Ti=0,50$) и низкой ($\%C=0,025$, $\%Ti=0,21$) массовой долей титана и углерода.

Методом одноосной осадки цилиндрических образцов исследован процесс динамической рекристаллизации, определены значения энергии активации. Методом двойного нагружения построена диаграмма разупрочнения стали из которой следует что в области температур ниже $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в стали с высокой массовой долей титана и углерода происходит задержка разупрочнения, т.е. и

постдинамической рекристаллизации. Такой задержки не отмечено в стали с низкой массовой долей титана и углерода. Методом многошагового кручения в стали ($\%C=0,07$, $\%Ti=0,50$) была определена температура начала рекристаллизации, которая составила $1120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Что совпадает с результатами опытов, выполненных методом двойного нагружения и металлографическими исследованиями структуры образцов.

Помимо прочего в данном разделе проведены исследования кинетики роста зерна для стали марки 08X18H10T ($\%C=0,07$, $\%Ti=0,50$). Исследования выполнены методом изотермической выдержки образцов после которой они были подвергнуты металлографическим исследованиям.

В третьей главе с использованием метода конечных разностей проанализировано температурное поле в гильзах. Программа для расчета температурного поля была совмещена с выражениями, описывающими кинетику роста зерна. Выявлено что в процессе транспортировки гильзы к стану формируется подстуженный слой. В силу низкой температуры этого слоя, в процессе деформации в нем формируется зерно малого размера при динамической рекристаллизации и дальнейший постдеформационный рост зерна в нем происходит медленнее, чем в середине толщины стенки, где температура конца деформации высокая. При температурах свойственных срединным слоям гильзы скорость роста зерна настолько высока, что в результате не имеет значения, какого размера зерно будет сформировано в процессе динамической рекристаллизации, а определяющим параметром, влияющим на конечный размер зерна, является температура конца деформации.

В четвертой главе была сделана попытка оценить неоднородность величины и скорости деформации в процессе пилигримовой прокатки с использованием программного пакета основанного на методе конечных элементов. В результате расчетов было определено, что в слоях, прилегающих к наружной поверхности трубы металл течет от оси трубы в докантактной с валком зоне и что, естественно, после контакта с валком металл течет по направлению к оси трубы. Также в слоях, прилегающих к наружной поверхности трубы отличны от нуля сдвиговые составляющие тензора деформации. В слоях, прилегающих к внутренней

поверхности, направление течения металла не меняет своего направление, т.е. деформация не является знакопеременной, близки по значениям к нулевым и сдвиговые компоненты тензора деформации, таким образом было показано, что величину деформации в слоях, прилегающих к внутренней поверхности трубы можно оценивать с использованием метода недоката, т.е. по начальным и конечным размерам заготовки. Оценить же величину и неоднородность деформации по толщине стенки непосредственно с использованием применявшегося пакета затруднительно, в разделе объяснены причины этого.

В пятой главе приведены результаты микроструктурных исследований труб размером 550×40 мм, прокатанных по скорректированному маршруту прокатки, с увеличением величины деформации. Увеличение величины деформации является одним из мероприятий предложенным автором и направленным на улучшение микроструктуры.

Для получения размера зерна, соответствующего требованиям нормативной документации в трубах диаметром свыше 600 мм предложено снизить температуру нагрева, что приведет к снижению температуры конца деформации, а как следствие и уменьшению скорости роста зерна. Показано, что при снижении температуры на 40 °С (до температуры 1240 °С) в гильзах будет получено зерно не крупнее 3 номера по всей толщине стенки трубы.

В выводах по работе обобщены результаты выполненного исследования.

Диссертация представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу. Основные материалы опубликованы в 9 научных работах, из них 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – в издании, включенном в базу Scopus. В ходе работ были разработаны 3 программы для ЭВМ, на которые получены свидетельства №2021618828, 2021661825 и 2021661826.

Научную новизну представляют следующие результаты диссертации:

В ходе физического моделирования горячей деформации был получен ряд зависимостей, описывающих процессы структурообразования в стали марки 08X18H10T двух химических составов, а именно содержащих %C=0,07 и %Ti=0,50 а также %C=0,025 и %Ti=0,21. Определена энергия активации процесса

динамической рекристаллизации, получены зависимости описывающие размер зерна, деформацию пика, деформацию необходимую для завершения первого цикла рекристаллизации в зависимости от параметра Зиннера-Холомона. Для стали с содержанием $\%C=0,025$ и $\%Ti=0,21$ получено уравнение Авраами описывающее процесс постдинамической рекристаллизации. В стали с содержанием $\%C=0,07$ и $\%Ti=0,50$ изучена кинетика постдеформационного роста зерна как в стационарных, так и в нестационарных температурных условиях.

Из всех лабораторных исследований сделан вывод, что процессы структурообразования происходят медленнее при $\%C=0,07$ и $\%Ti=0,50$, и более активно при $\%C=0,025$ и $\%Ti=0,21$. Результаты подтверждены и металлографическими данными.

В работе вычислительными методами изучены температурные поля в металле перед прошивкой, а также при их охлаждении на воздухе после прошивки. В ходе работы было определено, что за время транспортировки гильзы к стану формируется захлаженный слой у наружной поверхности в котором температура конца деформации ниже чем в середине толщины стенки. Это приводит к формированию зерна малого размера в процессе динамической рекристаллизации, а в последствии и к медленному росту зерна в этом слое при охлаждении гильзы на воздухе. Помимо этого, в разделе показано, что в середине стенки температура металла настолько высока ($\sim 1260^\circ C$), что зерно вырастает в течение десятка секунд на несколько десятков микрон, а поэтому не имеет значение какого размера зерно было получено в процессе деформации. Таким образом процессом, определяющим размер зерна в середине стенки гильзы, является кинетика роста зерна.

Определено что при пилигримовой прокатке труб в слоях, прилегающих к внутренней поверхности трубы отсутствует сдвиговая деформация и для оценки величины деформации в них можно использовать начальные и конечные размеры. Что впоследствии и сделано с использованием недоката.

Также показано, что в наружных слоях, металл течет от оси трубы, что приводит к локальному увеличению толщины стенки, при контакте металла с валком данное утолщение раскатывается, а деформация меняет свой знак.

Помимо этого, в наружных слоях имеет место некоторая знакопеременность деформации.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке практических шагов, направленных на совершенствование технологии, а именно:

- снижение температуры нагрева на 40 °С (до 1240 °С), а, следовательно, температуры конца деформации при производстве труб из гильз, что позволит подавить рост зерна в гильзах и получить зерно размером не крупнее 3 номера по всей толщине стенки.

- увеличение величины деформации при производстве труб на пилигримовом стане, за счет увеличения толщины стенки гильзы. Что позволит превысить степень деформации необходимую для завершения первого цикла рекристаллизации в большей части диапазона температур и скорости деформации свойственных пилигримовой прокатки.

- Снижение массовой доли титана и углерода, что увеличит кинетику структурных процессов, протекающих при горячей деформации труб

Достоверность полученных результатов

Основные результаты исследования опубликованы в 6 статьях научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Апробация работы состоялась на международных конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, содержит научную новизну, практическую значимость, выводы по диссертационной работе. Материалы диссертации соответствуют заявленному паспорту специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Полученные в работе результаты содержат научную новизну и практическую значимость. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений в связи с использованием автором современного научного оборудования и методов исследования, а также внедрением полученных в диссертации результатов в условиях промышленного производства.

Замечания по диссертационной работе

1. Соискателем предлагается применение стали марки 08X18H10T со сниженным содержанием углерода и титана. Но при этом, не указывается как это повлияет на изменение механических свойств, и в частности, на снижение коррозионной стойкости готового изделия.

2. Постановка задач конечно-элементного моделирования процессов прошивки и пилигримовой прокатки прописана в работе не четко, нет конкретных указаний по принятым граничным условиям: коэффициентам трения, условиям теплообмена и т.д.

3. Соискателем в качестве рекомендаций повышения качества гильзы предлагается проводить процесс прошивки при более низких температурах (на 40° меньше чем по существующей технологии). Но не дана оценка влияния снижения температуры прошивки на пластичность и сопротивления деформации исследуемой стали.

4. Автор работы отмечает, что при производстве труб по действующей технологии прошивка сопровождается высокими нагрузками на привод, и использование технологии со снижением температуры нагрева несет риски выхода из строя привода прошивного стана. Есть ли результаты расчетов энергосиловых параметров (по МКЭ-моделированию), по которым можно было бы сопоставить степень влияния снижения температуры прошивки на усилие прошивки?

Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности результатов представленной диссертации и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Заключение

Ознакомление с содержанием и анализ результатов, изложенных Перевозчиковым Д.В. в диссертационной работе, позволяют сделать вывод, что представленная к защите работа является законченным научным исследованием. Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью и вносят вклад в развитие теории и технологии

прокатного производства металлов и сплавов. Автореферат отражает содержание диссертации, ее основные результаты и выводы.

Таким образом, диссертация Д.В. Перевозчикова является самостоятельной научно-квалификационной работой, 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 пилигримовой прокатки на АО «ЧТПЗ». Диссертация соответствует специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Данил Викторович Перевозчиков заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент,

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Обработка металлов давлением»

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого

Президента России Б.Н. Ельцина»

25.11.2022

 Нухов Данис Шамильевич

Россия, 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,
8(343)338-44-47, d.s.nukhov@urfu.ru, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»

Подпись Д.Ш. Нухова заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
университета



 Морозова Вера
Анисимовна

Я, Нухов Данис Шамильевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе 