

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Перевозчикова Данила Викторовича**

«Совершенствование технологии изготовления горячекатаных труб из стали марки 08Х18Н10Т с целью улучшения структуры», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

### **Актуальность темы диссертации**

Одним из наиболее важных факторов, влияющим на эксплуатационные свойства сталей, является микроструктура проката и величина зерна. В частности, от размера зерна зависят механические свойства и коррозионная стойкость материала, и, как следствие, долговечность изготовленных изделий.

В таком материале, как коррозионностойкая сталь марки 08Х18Н10Т, в широком диапазоне температур отсутствуют точки аллотропического перехода. В следствие этого получение мелкозернистой структуры возможно лишь при горячей деформации путем динамической или постдинамической рекристаллизации, а также путем статической рекристаллизации в процессе отжига после холодной деформации. В диссертационной работе показано, что производство изделий рассматриваемого сортамента на действующем оборудовании без применения дополнительных инвестиций возможно лишь путем горячей прокатки. Таким образом, заявляемая автором актуальность диссертационной работы, заключающаяся в проведении поисковых исследований по совершенствованию режимов горячей прокатки труб с улучшенной структурой, не вызывает сомнений.

### **Основное содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов по работе, библиографического списка из 96 наименований и семи приложений.

**Во введении** показана актуальность диссертационной работы и степень проработанности темы исследования, сформулирована цель и поставлены 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** дано описание технологических схем производства бесшовных труб диаметром 530 мм и 630 мм, используемых на АО «ЧТПЗ». Показаны и объяснены преимущества изучаемого в работе способа производства.

Приведены теоретические сведения о процессах формирования структуры, протекающих при горячей деформации (динамическая рекристаллизация и динамический возврат), а также после ее завершения (постдинамическая рекристаллизация и последеформационный рост зерна). Для ряда марок стали аустенитного класса приведены коэффициенты, входящие в математические зависимости, описывающие эти процессы, в том числе значения энергии активации.

Представлены результаты выполненных ранее расчетов распределения величины и температуры деформации при прошивке и пикигримовой прокатке с использованием метода конечных элементов. Выделены факторы, которые могут оказывать влияние на неоднородность микроструктуры проката.

**Во второй главе** приведено описание методик и результатов лабораторных исследований процессов структурообразования в стали 08Х18Н10Т. Рассмотрены процессы динамической и постдинамической рекристаллизации. Исследования проводились для сталей двух химических составов – с относительно высокой ( $T_i = 0,50\%$ ,  $C = 0,070\%$ ) и относительно низкой ( $T_i = 0,21\%$ ,  $C = 0,025\%$ ) массовой долей титана и углерода. Из анализа приведённых диаграмм напряженно-деформированного состояния материалов сделан вывод, что процессы динамической и постдинамической рекристаллизации протекают активнее и быстрее в стали с низкой массовой долей титана и углерода. Следует отметить, что выводы, сделанные по диаграммам, подтверждаются микроструктурными исследованиями образцов.

Также показаны результаты исследований кинетики роста зерна в стали марки 08Х18Н10Т ( $C = 0,07\%$ ,  $T_i = 0,50\%$ ) в изотермических и неизотермических условиях. В данном разделе автором убедительно показано, что известное функциональное выражение вида  $D^m = D_0^m + k^m t$ , описывающее кинетику роста зерна при изотермической выдержке, допустимо использовать для анализа процесса роста зерна в неизотермических условиях, для чего данное выражение следует дискретизировать.

**В третьей главе** выполнены расчеты температурных полей, сделанные автором с использованием метода конечных разностей. Для этого была написана авторская программа для ЭВМ, выполняющая необходимые вычисления. В компьютерную программу встроены математические зависимости, описывающие кинетику роста зерна, что позволяет оценивать его величину в узлах конечно-разностной сетки. С использованием данной программы выявлено, что основным фактором, определяющим конечный размер зерна в микроструктуре труб, является кинетика его роста. При этом установлено, что зерно будет интенсивно расти вне зависимости от исходного размера, формирующегося при деформации.

В данной главе также показано, что полученные в результате теоретических расчетов размеры зерна совпадают с данными металлографических исследований металла гильз, что говорит о высокой адекватности применяемого математического аппарата. В частности, у наружной поверхности в металле гильз наблюдается слой относительно мелкого зерна, что совпадает с толщиной подстуженного слоя, определенного при выполнении температурных расчетов.

**В четвертой главе** на основании расчетов, выполненных методом конечных элементов, показано, что при пилигримовой прокатке в доконтактной с валком зоне возможно некоторое увеличение толщины стенки, что объясняется особенностями течения металла в этой зоне. При контакте металла с валком данное утолщение раскатывается, а величина деформации меняет знак на противоположный. Показано, что наличие такой знакопеременной деформации характерно для слоёв, прилегающих к наружной поверхности труб. В слоях у

внутренней поверхности трубы в течение всего процесса прокатки наблюдаются только деформации сжатия при отсутствии сдвиговых компонентов, поэтому величину деформации в них допустимо оценивать по начальным и конечным размерам зерна. Для исследования этого процесса применялся метод недоката.

**В пятой главе** обсуждаются рекомендации по изменению технологии производства труб. Приведены результаты расчетов кинетики роста зерна в гильзах при снижении температуры нагрева до  $1240^{\circ}\text{C}$  (на  $40^{\circ}\text{C}$  ниже относительно текущего уровня). Показано, что такое снижение температуры позволит подавить рост зерна в микроструктуре гильзы, и получать зерно необходимого размера по всей толщине стенки гильзы.

Кроме того, представлены результаты опытной прокатки труб с увеличением величины деформации на пилигримовом стане, что стало возможным благодаря увеличению диаметра заготовки. Также предложено и обосновано использование стали со сниженной массовой долей титана и углерода для производства труб методом пилигримовой прокатки.

**В выводах по работе** обобщены результаты выполненного исследования.

**Научной новизной** обладают следующие результаты диссертации:

- результаты исследования процессов структурообразования в стали марки 08Х18Н10Т при относительно низкой ( $\text{C} = 0,025\%$ ,  $\text{Ti} = 0,21\%$ ) и высокой ( $\text{C} = 0,070\%$ ,  $\text{Ti} = 0,50\%$ ) массовой доли углерода и титана с определением энергии активации и параметров уравнения Селларса;
- найденные выражения, описывающие размер зерна, критическую степень деформации, а также степень деформации, необходимую для завершения первого цикла рекристаллизации в зависимости от параметра Зинера-Холломона;
- полученный по результатам анализа диаграмм «напряжение-деформация» вывод, что структурные процессы в стали при содержании  $\text{C} = 0,025\%$  и  $\text{Ti} = 0,21\%$  протекают более активно;
- обоснованное результатами теоретического исследования полей температур заключение, что основной причиной появления крупного зерна в прокатанных гильзах является высокая температура нагрева и температура конца деформации,

вне зависимости от размера сформированного в процессе рекристаллизации зерна;

– научное обоснование наличия знакопеременной деформации в слоях металла, прилегающих к наружной поверхности трубы, и её отсутствие в слоях, прилегающих к внутренней поверхности трубы при пилигримовой прокатке.

**Практическая значимость** диссертации заключается в разработке конкретных мероприятий, направленных на совершенствование технологии:

- уменьшение температуры нагрева, и, следовательно, температуры конца деформации при прокатке труб из заготовок - гильз;
- увеличение толщины стенки гильз, приводящее к существенному росту деформации при прокатке труб на пилигримовом стане;
- ограничение в химическом составе металла путем снижения массовой доли титана и углерода с целью уменьшения карбидов титана.

### **Достоверность полученных результатов**

Основные результаты исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследований докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня, в том числе международных.

Автореферат отражает содержание пяти глав, научную новизну, практическую значимость, заключение и другие ключевые аспекты диссертации. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, поскольку автор использовал современное научное оборудование и соответствующие методы исследования, а также успешно внедрил полученные в диссертации теоретические результаты в условиях промышленного производства.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе не обсуждалось влияние изменения химического состава на технологические свойства рассматриваемых марок стали, в частности – на горячую пластичность материала.

2. Чем обосновано отсутствие в работе исследований по оценке влияния первой прошивки на структурообразование и неоднородность структуры прокатываемого металла?
3. В диссертационном исследовании отсутствует обоснование температурного диапазона деформации при пилигримовой прокатки, в результате чего не понятно, почему диапазон температуры настолько большой и превышает 200°C?
4. В рамках работы не определялась температура начала динамической рекристаллизации стали марки 08Х18Н10Т с содержанием углерода 0,025% и содержанием титана 0,21%, а также отсутствуют исследования кинетики постдеформационного роста зерна в этой стали. Хотелось бы получить объяснение этому, поскольку недостающая информация ограничивает представление о протекании рекристаллизационных процессов в исследуемой стали со сниженной массовой долей титана и углерода.
5. Возможно ли увеличение скорости постдеформационного роста зерна в связи со снижением доли титана и углерода в стали? Может ли это привести к формированию равноосного крупного зерна в трубах, получаемых методом пилигримовой прокатки?

Сделанные замечания не снижают ценности полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

## **Заключение**

Диссертация Перевозчикова Д.В. является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические разработки, связанные с изучением влияния режимов деформации на механизмы формирования и улучшения структуры труб, производимых методом прошивки и пилигримовой прокатки. 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. Диссертация соответствует научной специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Основные материалы диссертации опубликованы в 9 научных работах, из них 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в издании, включённом в базу данных Scopus. По результатам работы получено три свидетельства на программы для ЭВМ.

Таким образом, 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, Перевозчиков Данил Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент –  
доктор технических наук, доцент,  
доцент кафедры технологий обработки  
материалов ФГБОУ ВО  
«МГТУ им. Г.И. Носова»

Чикишев  
Денис Николаевич



24.11.2022

Адрес: 455000, Россия, г. Магнитогорск, проспект Ленина, д.38  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»  
Тел. +7 (3519) 29-85-25  
e-mail: d.chikishev@magtu.ru

Я, Чикишев Денис Николаевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных приведенных в данном документе



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ  
Начальник отдела делопроизводства  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
Д.Г. Семенова

