

21-я линия, д.2
Санкт-Петербург, 199106, Россия



21st Line, 2
Saint-Petersburg, 199106, Russia

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НИИЦ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»		
доу	Вх. № 1710	в ДЕЛО
	06.06.2018 г.	№
	Осн. 8 л.	подп.
	Прил. л.	

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского горного
университета
Д.э.н., профессор

И.Б. Сергеев
« 06 » 2018г.



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Санкт – Петербургский
горный университет» на диссертационную работу

Вихаревой Татьяны Викторовны

**на тему «Управление структурой и свойствами маломагнитной
стали при термической и термомеханической обработке на основе
исследования кинетики выделения вторичных фаз и процессов
рекристаллизации»,**

представленную на соискание ученой степени **кандидата технических наук**
по специальности **05.16.01 «Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов»**

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном
унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт
конструкционных материалов «Прометей» имени академика И.В. Горынина
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Актуальность темы диссертации обусловлена повышением требований к применяемым сталям, в связи с ужесточением условий эксплуатации ответственных деталей и узлов. Так данные стали должны обладать наряду с высокой прочностью высокой пластичностью и вязкостью, высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах, низкой магнитной проницаемостью. Эффективным путем решения такой задачи могут быть детальные данные об эволюции структуры при кристаллизации и затвердевании стали, а также серьезные технологические новации при проведении термомеханической и термической обработки стали. Такой комплексный подход должен позволить гарантировать получение однородной мелкозернистой изотропной структуры аустенита, что соответственно обеспечит получение высокого комплекса механических и эксплуатационных свойств.

В связи с вышеизложенным, возможность эффективного управления формированием структуры в процессе технологических переделов является **очень важной и актуальной задачей**. В связи с этим исследования, проведенные автором, позволили решить ряд научно–практических задач при разработке технологических режимов изготовления листового проката из высокопрочной коррозионно–стойкой азотсодержащей стали толщиной менее 20 мм, основанных на установленных закономерностях формирования структуры в процессе горячей пластической деформации и термической обработки, что позволяет управляемо получать заданную структуру и обеспечить стабильность механических свойств в широком диапазоне значений.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав с выводами по каждой, общих выводов, списка использованной литературы и приложения, содержащего акт внедрения.

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертационной работы, цели и задачи исследований, научную новизну и практическую значимость, сведения о личном вкладе соискателя и апробации работы.

В первой главе представлены результаты аналитической проработки литературных источников. Подробно рассмотрены вопросы фазообразования в коррозионно-стойких сталях аустенитного класса, в том числе азотсодержащих, при кристаллизации и затвердевании и влиянию параметров горячей деформации (температура, степень и скорость деформации) и фазового состава на механизмы формирования структуры. Сформулированы основная цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведены сведения об исследуемой стали, представлены методы и методики ее исследований и испытаний, используемое оборудование.

Третья глава содержит результаты термодинамического моделирования эволюции структуры исследуемой стали при кристаллизации и затвердевании, которые подтверждаются металлографическими исследованиями. Подробно изучены процессы формирования структуры в ходе горячей деформации и установлены необходимые условия реализации основных процессов структурообразования в исследуемой стали: динамической, метадинамической и статической рекристаллизации в зависимости от изменения параметров деформирования (температуры, степени и скорости). Также приведены результаты исследований по влиянию второй фазы и выделяющихся частиц на формирование структуры стали в процессе горячей деформации и определены температурно-временные параметры распада твердого раствора. В итоге установлены граничные условия для реализации процессов структурообразования в ходе горячей деформации, позволяющие получать однородную мелкозернистую структуру по сечению листа.

В четвертой главе представлены результаты имитационного моделирования на установке Gleeble 3800 и апробации режимов многопроходной горячей деформации на опытном стане на формирование структуры исследуемой стали, основанных на установленных закономерностях формирования структуры в ходе горячей деформации, с учетом уже имеющегося опыта изготовления листового проката толщиной менее 20 мм. Приведены результаты исследования влияния термической обработки на структуру и свойства листового проката. Определены условия начала и развития статической рекристаллизации при термической обработке.

В пятой главе приведены результаты промышленного опробования разработанных технологических режимов изготовления листового проката толщиной менее 20 мм из исследуемой стали: горячей прокатки и термической обработки, основанные на результатах проведенных исследований, которые позволили получать однородную мелкозернистую структуру и гарантировать стабильное получение механических свойств в широком диапазоне значений предела текучести 475–875 МПа при сохранении высоких пластических и вязких свойств, которые сохраняются до температуры -80°C . Показано, что сталь с однородной мелкозернистой структурой обладает высокой коррозионной стойкостью к разным видам коррозии, проявляет высокую сопротивляемость усталостным нагрузениям в различных средах.

Научная новизна диссертационной работы состоит в установлении принципиальной взаимосвязи особенностей условий кристаллизации аустенитной азотсодержащей стали марки 04X20H6Г11M2АФБ (через δ - феррит по механизму: $\text{Ж} \rightarrow \text{Ж}+\delta -\text{Ф} \rightarrow \text{Ж}+\delta -\text{Ф}+\text{А} \rightarrow \delta -\text{Ф}+\text{А} \rightarrow \text{А}$) с условиями начала, развития и завершения процессов динамической, статической и метадинамической рекристаллизации при многопроходной

горячей деформации. Всестороннее изучение вопросов формирования структуры при горячей деформации и комплексный анализ результатов проведенных исследований, представленных в диссертационной работе автора, позволили обосновать выбор технологических параметров горячей прокатки для изготовления листового проката толщиной менее 20 мм на основании установленных термдеформационных условиях начала и развития основных структурообразующих процессов, таких как динамическая, метадинамическая и статическая рекристаллизация. Следует отметить, что также автор учел влияние второй фазы на формирование структуры исследуемой стали в процессе изготовления.

Практическую ценность диссертационной работы Вихаревой Т.В. определяют разработанные научно–обоснованные технологические режимы изготовления листового проката из азотсодержащей стали толщиной менее 20 мм в промышленных условиях АО «ВМК «Красный Октябрь», позволяющие управлять формированием структуры в процессе производства и основанные на результатах изучения кинетики рекристаллизации и выделения вторичных фаз в зависимости от влияния характерных параметров многопроходной горячей пластической деформации и термической обработки и гарантировать стабильное получение механических свойств в широком диапазоне значений предела текучести 485–875 МПа при сохранении высоких пластических и вязких свойств стали. Все исследования данной диссертационной работы не только апробированы, но и внедрены в технологические процессы производства листового проката толщиной менее 20 мм, что подтверждено актом внедрения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций базируется на большом объеме выполненных лабораторных экспериментов с применением современных методов исследования и современного оборудования, анализе расчетных и экспериментальных

данных, подтвержденных положительными результатами промышленного опробования.

Основные результаты работы опубликованы в 11 печатных работах, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных перечнем ВАК и обсуждены на международных конференциях и научных-школах.

Диссертации грамотно изложена и логически выстроена, соответствует требованиям ВАК. В автореферате и публикациях отражены основные положения, новизна и выводы диссертационной работы.

К работе имеются следующие **замечания**.

1. Аналитический обзор литературных источников выполнен на высоком уровне. Подробно рассмотрены вопросы формирования структуры и фазового состава при кристаллизации стали, а также в процессе горячей деформации. Однако следует отметить, что недостаточно уделено внимания вопросам формированию структуры стали при термической обработке.

2. В работе приведены результаты исследований по влиянию δ -феррита на формирование структуры в процессе изготовления листового проката для двух крайних случаев с минимальным и максимальным его содержанием, на основании которых строятся выводы. Для получения более полного представления о влиянии δ -феррита на структуру и свойства стали необходимо рассмотрение промежуточных состояний с содержанием менее 7 %.

3. Автор провела исследования сопротивления деформации исследуемой стали в различных термомеханических условиях, установила механизмы формирования структуры в зависимости от влияния температуры, степени и скорости деформации. В работе тщательно изучены вопросы структурообразования при горячей прокатке. При этом недостаточно уделено внимания процессам формирования структуры стали при ковке.

4. В работе приведены экспериментальные данные по формированию вторичных фаз в зависимости от различных условий обработки стали: в ходе горячей деформации, при термической обработке. Исследованы и идентифицированы выделяющиеся частицы, при этом практически нет количественных оценок этих фаз.

Приведенные замечания не снижают общего положительной оценки диссертационной работы. Разработанные технологические режимы горячей прокатки и термической обработки научно обоснованы и внедрены в производство. Результаты диссертационной работы можно **рекомендовать** для дальнейшего освоения технологии изготовления листового проката толщиной менее 20мм из высокопрочной коррозионно-стойкой азотсодержащей аустенитной стали.

Диссертационная работа Вихаревой Т.В. является законченной научно-исследовательской работой. По актуальности, научной новизне, практической значимости, достоверности и объему работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа соответствует паспорту специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Автор диссертационной работы Вихарева Татьяна Викторовна заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Работа заслушана и обсуждена на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий Санкт-Петербургского горного университета 24 мая 2018 г., протокол № 11

Отзыв составлен:

Пиирайнен Виктор Юрьевич,
доктор технических наук, профессор,
кафедры материаловедения
и технологии художественных изделий,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



Ученый секретарь кафедры,
Горшкова Тамара Петровна
доцент, кандидат технических наук
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный университет»,
Почтовый адрес: 199106, Санкт-Петербург, 21 линия, д.2.
Кафедра материаловедения и технологии художественных изделий,
Пряхин Евгений Иванович, тел. (812) 328-89-37, e-mail: mthi@spmi.ru