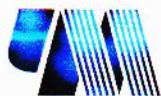


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



"Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина"

ГНЦ ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина"

105005 г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. +7(495)777-93-01; факс +7(495)777-93-00
e-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

Первый заместитель генерального директора

ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина



В.А. УГЛОВ

«17» 05 2019 год № 489-2/14
на № от

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Однобоковой Марины Викторовны «Ультрамелкозернистые структуры деформационного происхождения и свойства метастабильных аустенитных сталей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации

В настоящее время аустенитные хромоникелевые стали нашли применение в различных отраслях промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости в большинстве рабочих сред и хорошей технологичности. Низкий предел текучести аустенитных коррозионностойких сталей после традиционной горячей обработки на твердый раствор существенно ограничивает возможность их практического применения в качестве конструкционного материала. Актуальной задачей, которая решается в данной работе, является разработка механизмов формирования ультрамелкозернистой структуры с высокой плотностью дислокаций и механизмов упрочнения аустенитных коррозионностойких сталей в процессе больших пластических деформаций, а также изучение стабильности ультрамелкозернистой структуры при отжиге. Дополнительно были проведены систематические исследования по анализу влияния структурных изменений на эволюцию текстуры в аустенитных коррозионностойких сталях, холодная пластическая деформация которых сопровождается мартенситным превращением.

Структура диссертации и ее основное содержание

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы из 185 источников.

Во введении обоснована актуальность решаемой научной и технической проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, обозначены научная новизна и практическая значимость.

В первой главе дан краткий литературный обзор по влиянию легирующих элементов на фазовый состав аустенитных коррозионностойких сталей. Рассмотрены структурные изменения в аустенитных сталях в процессе деформационной обработки при температурах ниже $0,4 T_{пл}$. Рассмотрены процессы, идущие при нагреве в аустенитных сталях, подвергнутых деформационной обработке. Приведены современные представления о влиянии деформации и отжига на формирование текстуры в ГЦК и ОЦК металлах.

Во второй главе диссертации обоснован выбор материала исследований, его механико-термическая обработка, методики структурных исследований и механических испытаний.

В третьей главе диссертации изучены закономерности формирования ультрамелкозернистой структуры в аустенитных коррозионностойких сталях в процессе холодной и теплой прокатки, а также последующего отжига. Показано, что формирование ультрамелких зерен в процессе холодной и теплой прокатки происходит гетерогенно в результате деформационного двойникования, формирования микрополос сдвига и развития мартенситного превращения (при холодной деформации). Изменение объемной доли ультрамелких зерен в процессе деформации описывается модифицированным уравнением Джонсона-Мела-Аврами-Колмогорова. Средний размер зерен, как в аустените, так и в мартенсите (при холодной деформации) можно оценить по изменению доли ультрамелких зерен в процессе деформации. Зарождение мартенсита деформации при холодной прокатке происходит на пересечениях деформационных двойников и микрополос сдвига и приводит к постепенному увеличению объемной доли мартенсита, которую можно выразить сигмоидальной функцией Олсона-Когена. Последующий отжиг деформированных сталей сопровождается развитием непрерывной рекристаллизации и обратного фазового превращения (в случае холоднокатаных образцов), что позволяет получить равноосную ультрамелкозернистую структуру.

Четвертая глава посвящена исследованию взаимосвязи между механизмами формирования ультрамелкозернистой структуры и эволюцией текстуры в аустенитных коррозионностойких сталях в процессе холодной и теплой прокатки, а также последующего отжига. Установлено, что текстура аустенита после прокатки характеризуется сильными компонентами Латунь ($\{110\} \langle 112 \rangle$), S ($\{123\} \langle 634 \rangle$) и Госс ($\{110\} \langle 001 \rangle$). Компоненты Латунь и S связаны с формированием полос сдвига, их удельные доли составляют около 30% и 10%, соответственно, после холодной прокатки до $\epsilon = 3$. Компонента Госс ($\{110\} \langle 001 \rangle$) наблюдается в областях свободных от полос сдвига, ее удельная доля составляет около 5 -

10%. Повышение температуры прокатки приводит к усилению S компоненты; удельные доли компонент Латунь и S составляют по 25% после $\epsilon = 3$. Текстура мартенсита деформации в обоих сталях после $\epsilon = 3$ включает γ -волокно ($\langle 111 \rangle // \text{HN}$) с сильной компонентой F ($\{111\}\langle 112 \rangle$, удельная доля около 15%), формированию которой способствует трансформация аустенита с ориентацией Латуни в соответствии с ориентационным соотношением Курдюмова-Закса или Нишиямы-Вассерманна, и компоненту I* ($\{223\}\langle 110 \rangle$, удельная доля более 25%). Показано, что текстуры деформации ослабляются в процессе отжига, хотя основные текстурные компоненты качественно не изменяются, что обусловлено сдвиговым механизмом обратного фазового превращения по ориентационным соотношениям Курдюмова-Закса или Нишиямы-Вассерманна, в соответствии с которыми аустенит, трансформированный из мартенсита с ориентацией I* ($\{223\}\langle 110 \rangle$), будет иметь ориентировку близкую к Госс ($\{110\}\langle 001 \rangle$), и развитием непрерывной рекристаллизации, при которой рост зерен не сопровождается зарождением новых кристаллитов с отличной от деформированных ориентировкой.

В пятой главе рассмотрено влияние ультрамелкозернистой структуры, формирующейся в процессе холодной/теплой прокатки и последующего отжига, на механические и коррозионные свойства аустенитных коррозионностойких сталей. Показано, что холодная прокатка до истинной деформации $\epsilon = 3$ приводит к увеличению предела текучести до 1600 МПа в стали 03X19N10 и 1680 МПа в стали 03X17N12M2. Теплая прокатка позволяет получить предел текучести 1000 МПа и 1080 МПа в сталях 03X19N10 и 03X17N12M2, соответственно, после $\epsilon = 3$. Предел текучести сталей может быть выражен модифицированным уравнением Холла-Петча, учитывающим изменение удельной доли аустенита в процессе холодной прокатки, и дислокационное упрочнение аустенита при тепловой прокатке. Представлены режимы механико-термической обработки на механические свойства сталей 03X19N10 и 03X17N12M2, которые приводят к хорошей комбинации прочности ($\sigma_{0,2} > 850$ МПа) и пластичности ($\delta > 15\%$) при сохранении коррозионной стойкости.

Научная новизна диссертационной работы

В диссертационной работе впервые получены следующие научные результаты:

1. Закономерности микроструктурных изменений в метастабильных аустенитных коррозионностойких сталях в процессе больших пластических деформаций при температурах ниже 0,4 Тпл. Показано, что кинетика измельчения зерен описывается модифицированным уравнением Джонсона-Мела-Аврами-Колмогорова, на основе которого предложено соотношение для расчета среднего размера зерен в аустените и мартенсите деформационного происхождения.

2. Показано, что резкий рост объемной доли мартенсита деформации в стали 03X17N12M2 заканчивается после истинной степени холодной деформации $\epsilon = 1,0$, а в стали 03X19N10 после $\epsilon = 2,0$. В первом случае объемная доля мартенсита деформации составляет 25%, а во втором – 75% после холодной прокатки до истинных степеней деформации $\epsilon = 3,0$. В обоих случаях увеличение доли мартенсита деформации может быть выражено сигмоидальной функцией степени деформации, предложенной Олсоном и Когеном.
3. Установлены механизмы формирования текстуры деформации в аустените и мартенсите. Развитие в аустените сильной текстурной компоненты Латуни ($\{110\} \langle 112 \rangle$) и S ($\{123\} \langle 634 \rangle$) на фоне сравнительно слабой компоненты Госс ($\{110\} \langle 001 \rangle$) обусловлено деформационным двойникованием и формированием полос сдвига. Текстура мартенсита деформации характеризуется γ -волоконном ($\langle 111 \rangle // \text{HH}$) с сильной компонентой F ($\{111\} \langle 112 \rangle$) в интервале истинных степеней деформации 1-2, когда наблюдается резкое увеличение доли мартенсита в результате превращения аустенита с ориентацией Латуни по ориентационным соотношениям Курдюмова-Закса и Нишиямы-Вассерманна. С увеличением степени деформации в мартенсите усиливается текстурная компонента I* ($\{223\} \langle 110 \rangle$), которая связана с дислокационным скольжением в ОЦК - решетке.
4. Показано, что развитие непрерывной рекристаллизации, когда растут кристаллиты, сформированные при предшествующей деформации без зарождения новых ориентировок, и обратного мартенситного превращения в соответствии с ориентационными соотношениями Курдюмова-Закса и Нишиямы-Вассерманна, в результате которого мартенсит с ориентацией I* ($\{223\} \langle 110 \rangle$) преимущественно трансформируется в аустенит с ориентацией близкой к текстурной компоненте Госс в процессе последеформационного отжига после больших степеней деформации приводит к ослаблению текстуры аустенита, особенно компоненты Латуни, без качественного изменения других основных текстурных компонент.
5. Показано, что значение предела текучести аустенитных коррозионностойких сталей после холодной прокатки может быть выражено модифицированным уравнением Холла-Петча при суммировании вкладов от субмикроструктурного аустенита и мартенсита в соответствии с их объемными долями.

Практическая значимость диссертационной работы

Результаты диссертационной работы по исследованию закономерностей формирования ультрамелкозернистой структуры деформационного происхождения и ее влияния на свойства метастабильных аустенитных сталей могут быть использованы для прогнозирования структуры и свойств аустенитных коррозионностойких сталей, подвергнутых механико-термической обработке, а также при разработке технологии получения полуфабрикатов из аустенитных коррозионностойких сталей, обеспечивающей

необходимое сочетание механических свойств. Разработанный на основе полученных в работе результатов способ получения высокопрочного проката аустенитной нержавеющей стали с наноструктурой защищен патентом РФ № 2611252 от 13.10.2015.

Результаты диссертационной работы могут представлять интерес для научно-исследовательских, производственных организаций и ряда технических вузов. Результаты и выводы диссертации могут быть полезны для научных предприятий, занимающихся вопросами механо-термической обработки аустенитных коррозионностойких сталей.

Достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность положений и выводов в работе обеспечиваются проведением большого количества экспериментов с использованием современного научно-исследовательского оборудования, прошедшего аккредитацию и поверки; проведением испытаний в соответствии с действующими ГОСТами; воспроизводимостью и согласованностью результатов друг с другом. Результаты диссертационной работы не противоречат современным научным представлениям и качественно совпадают с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Оформление диссертации, публикации и апробация

Диссертация логично построена, структура и содержание соответствуют цели и задачам исследования. Результаты работы опубликованы в 12 научных публикациях, входящих в перечень ВАК, прошли апробацию на международных и российских конференциях, получен 1 патент на изобретение (№ 2611252 от 13.10.2015). Автореферат диссертации и публикации правильно и полно отражают содержание работы.

Замечания по диссертационной работе

1. Одной из задач диссертационной работы было повышение прочностных свойств исследуемых сталей, кроме того механическим и коррозионным свойствам посвящена целая глава, в связи с этим в диссертационной работе следовало бы привести более глубокий анализ литературных данных по механическим и коррозионным свойствам данного класса сталей.
2. В диссертационной работе приводятся данные по эволюции кристаллографической текстуры в процессе прокатки и последующего отжига, полученные только с помощью локального метода EBSD анализа. В работе отсутствует сравнение этих результатов с данными, которые могли быть получены классическим методом рентгеноструктурного анализа.
3. На некоторых приведенных графиках в тексте диссертации и автореферата отсутствуют данные о погрешности проведенных измерений.
4. При описании механических свойств следовало бы использовать термин «временное

сопротивление», указанное в ГОСТе, вместо термина «предела прочности».

Сделанные замечания не снижают положительной оценки работы, так как не затрагивают ее основные положения и выводы.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Однобоковой М.В. является завершенной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и их интерпретации получены новые результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной задачи, имеющей значение для развития металловедения. Работа выполнена на высоком научном уровне. Поставленные в работе цель и задачи полностью достигнуты, а основные результаты отражены в выводах. Выводы и результаты обоснованы и достоверны. В целом диссертационная работа и автореферат написаны строгим научным языком, имеют четко прослеживаемую логику изложения. Автореферат и публикации полностью отражают основное содержание диссертации. Тематика выполненных исследований соответствует паспорту специальности 01.04.07–Физика конденсированного состояния.

В целом, по актуальности и уровню решения поставленных задач, объему выполненных исследований, научной новизне, достоверности, практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Однобоковой М.В. «Ультрамелкозернистые структуры деформационного происхождения и свойства метастабильных аустенитных сталей» соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор – Однобокова Марина Викторовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

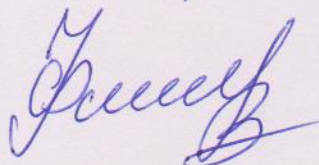
Диссертация была заслушана и обсуждалась на научно-техническом совете Научного центра металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова, ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» 15 мая 2019 года (протокол № 5). На заседании присутствовало: 16 человек. Результаты голосования по проекту отзыва: «за» - 16, «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Директор научного центра металловедения
и физики металлов им. Г.В. Курдюмова,
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»,
профессор, д.ф.-м.н. (01.04.07)



Глезер Александр Маркович

Ученый секретарь НТС,
к.ф.-м.н. (01.04.07)



Филиппова Варвара Петровна

