

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Уральский государственный лесотехнический университет"**

УТВЕРЖДАЮ
И. о. ректора
ФГБОУ ВО «УГЛТУ»
кандидат сельскохозяйственных наук,

Платонов Е. П.
« 5 » _____ 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный лесотехнический университет"** на диссертационную работу Березина Семена Константиновича «Формирование речного мартенсита и механических свойств низкоуглеродистых сталей, легированных сильными карбидообразующими элементами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (металлургия).

Диссертация Березина Семена Константиновича посвящена исследованию особенностей формирования структуры и свойств низкоуглеродистых мартенситных сталей (НМС), легированных сильными карбидообразующими элементами, разработке технологической схемы термической обработки с целью повышения сочетания прочности, ударной вязкости, пластичности и технологичности.

Актуальность работы обусловлена созданием структуры низкоуглеродистого мартенсита и схемы термического упрочнения сталей 15Х2Г2НМФБ и 27Х2Г2НМФБ, направленных на повышение эксплуатационных

и технологических свойств. Высокие свойства реализованы за счет формирования реечного мартенсита и минимизации содержания других морфологических форм α – фазы.

Актуальной задачей материаловедения и машиностроения, решаемой в диссертационной работе, является разработка технологии экологически безопасной термической обработки, обеспечивающей повышенную конструкционную прочность и ударную вязкость исследуемых НМС.

Результаты исследования относятся к области материаловедения, в том числе к наноматериалам, поскольку один или два размера характерного элемента структуры (рейки) не превышает 100 нм, показана возможность регулирования свойств за счет изменения структуры низкоуглеродистого мартенсита. Материалы найдут применение в машиностроении, приборостроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства.

Новизна исследования, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, выводов и рекомендаций состоит в следующем: исследована кинетика образования и распада аустенита; предложен подход оценки вязкости разрушения НМС основанный на определении соотношения морфологических типов мартенсита, после полной закалки (980 °С) и закалки из МКИ (810 °С). В качестве инициатора разрушения выбраны элементы структуры пластинчатой морфологии;

Для описания мартенситного превращения использованы предположения: превращение начинается тогда, когда разность свободных энергий ΔF_{am} становится равной удельной энергии превращения; изменение свободной энергии ΔF_{am} пропорционально пределу текучести аустенита при данной температуре $\sigma_{0,2T}$; прочность аустенита связано с размером зерна выражением вида Холла - Петча (при $t < 500$ °С); размер зёрен аустенита распределен по логнормальному закону; релаксация напряжений в процессе изотермического аустенит -

мартенситного перехода может быть выражена зависимостью экспоненциального вида $\sigma_{0,2T}(\tau)$.

Теоретические и экспериментальные исследования были направлены на изучение особенностей формирования структуры и свойств НМС 15Х2Г2НМФБ, 27Х2Г2НМФБ, полученных в условиях мартенситного превращения. Установлено, что образование бейнитно - мартенситной структуры в НМС системы легирования Fe - Cr - Mn - Ni - Mo - (V - Nb) приводит к существенному снижению характеристик надежности и усугубляется с повышением содержания углерода от 0,15% до 0,27%. Для оценки поведения материала при нагружении построены зависимости истинных напряжений от истинных деформаций на стадии равномерной и сосредоточенной деформаций.

Следует отметить, что исследованный методом ДСК α - γ переход НМС 15Х2Г2НМФБ и 27Х2Г2НМФБ в аустенитную и межфазную области ограничивали скоростями нагрева от 10 до 40 °/мин. Показано, что одновременно или последовательно идут обратное мартенситное и диффузионное превращения; определены условия распада аустенита НМС 15Х2Г2НМФБ и 27Х2Г2НМФБ при закалке из аустенитной и межфазной областей; предложена и проверена модель, позволяющая предсказывать объем мартенситного превращения для исследуемых НМС, исходя из зеренной структуры и механического состояния аустенита; разработана модель, позволяющая оценить вклад различных морфологических типов мартенсита в разрушение НМС 15Х2Г2НМФБ и 27Х2Г2НМФБ с пакетно-реечной структурой после закалки из аустенитной и межфазной областей; построены истинные кривые «нагрузка — деформация», результаты аппроксимированы на стадии равномерной деформации показательной функцией Дж. Холомона и линейной зависимостью на стадии сосредоточенной деформации. Разработана технологическая схема экологически безопасной термической обработки НМС 15Х2Г2НМФБ, позволившая достигнуть сочетания высоких технологических и механических свойств.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений основаны на: использовании современного сертифицированного исследовательского оборудования, статистической обработке данных и согласованности с результатами других авторов.

Сведения, представленные в диссертации, имеют теоретическое и практическое значение, результаты испытаний указывают на возможность использования установленных закономерностей и материалов в строительстве (ООО «Алант») и судостроении (ООО «Ломоносовские заводы»).

Проведенные научные исследования можно характеризовать как поисковые, обеспечивающие решение важной прикладной задачи - создание высокопрочных свариваемых сталей и экологически безопасной схемы термической обработки.

Установленные закономерности могут быть использованы при разработке конструкционных и инструментальных деталей, испытывающих в процессе эксплуатации циклические термические воздействия, и материала для сварных конструкций.

Работа написана литературным языком, грамотно, стиль изложения - доказательный. Она содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, расчёты. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты обоснованы, достоверны и отражены в автореферате.

Основные результаты опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК, из которых 5 входят в базу цитирования Scopus и Web of Science.

Представленная диссертационная работа по теме и содержанию соответствует паспорту специальности 05.16.09 – Материаловедение (металлургия): п.1 Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и

долговечности материалов и изделий; п.3 Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций; п.4 Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой; п.5 Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды; п.6 Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях.

Содержание автореферата соответствует материалам, представленным в диссертации. Работа прошла необходимую апробацию. Содержание диссертации достаточно полно опубликовано, в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

По работе сформулированы следующие замечания:

1. В главе 3 для уточнения механизма $\alpha - \gamma$ превращения было бы полезно дополнить представленные экспериментальные данные результатами высокотемпературной рентгенографии.

2. Представленные в главе 4 результаты металлографических исследований закаленных из МКИ образцов не позволяют однозначно разделить сохранившуюся после нагрева в МКИ и новообразованную α - фазы. Вместе с тем, количественное соотношение между сохранившейся и вновь образованной α - фазой определено дилатометрически.

3. Результаты, представленные в главе 4 по распаду аустенита, имеют большое практическое значение, но было бы интересно их дополнить данными по кристаллографии.

4. В работе представлена модель мартенситного превращения, учитывающая механическое состояние аустенита, температуру и распределение зерен по

размерам. Представляет научный и практический интерес более широкие исследования применимости модели, поскольку она не накладывает ограничений на другие классы сталей и сплавов.

Перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Диссертационная работа является законченным научным трудом, имеет научную новизну, содержит решение актуальных задач и выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней». Автор работы Березин Семен Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (металлургия).

Диссертация и подготовленный на нее отзыв прошли рассмотрение на кафедре «Физики» УГЛТУ (протокол № «08» от «02» апреля 2019 г.)

Зав. каф. «Физика» д-р, ф.-м.
наук, профессор ФГБОУ ВО
«УГЛТУ»

Кашенко Михаил
Петрович

Подпись Кашенко М.П. удостоверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «УГЛТУ»



ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Телефон/факс: 8 (343) 261-45-51.

E-mail: rector@usfeu.ru, mpk46@mail.ru

Адрес: 620100. г. Екатеринбург. улица Сибирский тракт, дом № 37