

ОТЗЫВ

Официального оппонента к.т.н., начальника отдела труб энергетического комплекса и специальных видов труб (г. Челябинск) ПАО «ТМК» Маковецкого Александра Николаевича на диссертационную работу Юрченко Александра Николаевича на тему: «Фазовые превращения, структура и механические свойства конструкционных сталей системы легирования X2Г2С2Ф с разным содержанием углерода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности

2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационного исследования

В связи с необходимостью повышения экономической эффективности и снижения металлоемкости в машиностроении, производстве металлоконструкций, трубной промышленности одной из приоритетных задач является создание новых сталей, обеспечивающих эффективную работу техники в сложных условиях, сочетающих высокую прочность, пластичность и при этом не содержащие дефицитных легирующих элементов. Не вызывает сомнений высокая значимость данных работ.

К современным конструкционным сталям, предназначенным для эксплуатации в условиях Арктики и северных регионов РФ, предъявляется очень сложные и противоречивые требования. Необходимо одновременно обеспечить высокие требования к прочностным характеристикам металлопроката в сочетании с низкотемпературной ударной вязкостью. Для машиностроения также большое значение имеет обеспечение наряду с высокой прочностью способности к деформированию и высокой технологичности – возможности получение требуемого комплекса свойств без применения дорогих или экологически небезопасных закалочных сред.

Одновременно при этом стоит задача минимизации себестоимости предлагаемых технических решений. Поэтому актуальной является задача разработки оптимально легированных составов сталей и их режимов термической обработки.

Актуальность и значимость представленной к защите диссертационной работы определяет необходимость поиска решений вышеуказанных задач, основанных на использовании комплексного материаловедческого подхода, а именно:

- обоснованного выбора экономически эффективного легирующего состава стали, базирующегося на использовании механизмов бейнитного превращения и принципах рационального легирования;
- разработки специальных методов выявления и количественной оценки доли бейнита в конструкционных сталях;

Разработанные в диссертации Юрченко Александра Николаевича технологические решения позволят обеспечить трудно сочетаемый комплекс свойств, необходимый для эффективной работы машин, механизмов и металлоконструкций, эксплуатируемых, в том числе, в условиях низких климатических температур.

Дополнительно, актуальность работы подтверждается ее соответствием тематике приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ и Перечню критических технологий РФ. Работа выполнена в соответствии с основными направлениями научной деятельности кафедры «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов» ПНИПУ, г. Пермь, по проекту № 11.8213.2017/8.9 в рамках базовой части государственного задания вузам в сфере научной деятельности при финансировании Минобрнауки России.

Структура и содержание диссертационной работы, ее завершенности и качества оформления. Соответствие публикаций и автореферата основным положениям диссертации

Рукопись диссертации состоит из введения, пяти глав, общего обсуждения, общих выводов, списка использованных источников, изложена на 129 страницах, 3-х приложений; включает 42 рисунка, 11 таблиц. Список использованной литературы содержит 140 наименований.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации; в автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

Диссертация оформлена по общепринятой структуре.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана степень ее разработанности, сформулированы научная новизна, сформулирована практическая и теоретическая значимость и положения, выносимые на защиту. Обоснована степень достоверности, указан личный вклад автора, приведены данные об апробации и внедрении результатов исследования.

В первой главе приведены данные по состоянию вопроса, целям и задачам исследования, проведен анализ литературных источников (рассмотрено 140 публикации) по тематике диссертации.

Во второй главе приведены основные методики и оборудование, применяемые при выполнении комплексных исследований и испытаний.

В третьей главе представлены результаты анализа фазовых превращений, структуры в процессе непрерывного охлаждения и в изотермических условиях, а также термокинетические и изотермические (в области бейнитного превращения) диаграммы распада переохлажденного аустенита.

В четвертой главе представлены результаты разработки нового оригинального способа выявления и количественной оценки бейнита в конструкционных сталях системы легирования X2Г2С2МФ с использованием светового микроскопа.

В пятой главе приведены результаты металлографического, фрактографического, рентгеноструктурного анализа, а также механических свойств после проведения опытных режимов термической обработки.

В разделе «Общее обсуждение» дана характеристика микроструктур, получаемых при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях в сталях системы легирования X2Г2С2МФ и перспективы применения в различных отраслях техники, дана общая характеристика нового метода выявления количественной оценки бейнита в конструкционных сталях.

В разделе «Общие выводы» сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

В приложениях приведены акт внедрения результатов диссертационной работы на ЗАО «СКБ» и два полученных на основе данных диссертационной работы патента РФ.

Полученные в диссертационной работе результаты свидетельствуют о достижении поставленных целей и решении сформулированных задач. **Достоверность** обеспечена использованием общепризнанных и проверенных методов испытаний и исследований. Результаты проведенных исследований опубликованы в 18 статьях, в том числе 4 в журналах из перечня ВАК и 2 в журналах, входящих в международные базы цитирования Scopus. получено 2 патента РФ.

Научная новизна и практическая значимость результатов диссертационных исследований. Автором выявлены и изучены закономерности $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения в новых сталях системы легирования X2Г2С2МФ с содержанием углерода 0,20-0,45 % при непрерывном охлаждении и в изотермических условиях. Установлено, что бейнитное

превращение не может существовать отдельно от мартенситного даже при самых низких скоростях охлаждения в указанных сталях. Установлены в сталях типа Х2Г2С2МФ закономерности влияния температуры нагрева, скорости охлаждения, температуры и длительности изотермической выдержки на уровень прочности, пластичности, ударной вязкости и твердости.

Автором показано, что для сталей типа Х2Г2С2МФ применение поляризованного света позволяет разделять игольчатый бейнит и мартенсит после различных режимов термической обработки. На основе полученных данных автор разработал и запатентовал специальные методики металлографического контроля с применением оптического микроскопа, позволяющую определять количество бейнита в конструкционной стали.

В целом работа обладает научной новизной и практической значимостью, выполнена на высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне.

Диссертация написана грамотным языком, оформлена в соответствии с установленными требованиями. Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. Личный вклад автора не вызывает сомнений.

Замечания

1. В литературном обзоре стр. 31, 32 дважды приводятся свойства типа ХГ2СМФ или ХС2Н4МФ.
2. В разделе 2.1 предложено для уменьшения склонности зерна аустенита к росту легировать стали ванадием, в таблице 2.1 приведены составы опытных сталей с содержанием ванадия 0,09%. Хорошо известно (см., например, Гольдштейн М.И. и др. Специальные стали. М.: Металлургия, 1985), что на растворимость соединений ванадия сильное влияние оказывает содержание азота, нитриды ванадия труднее растворяются в аустените и эффективнее сдерживают рост зерна в низкоуглеродистой стали, чем карбиды. В таблице 2.1 автор не приводит данных по содержанию азота, в дальнейших разделах диссертации данных о величине зерна также не приводится.
3. В разделе 2.2.2 автор описывает методику лабораторной окончательной термической обработки. Описан вариант термической обработки, включающий изотермическую выдержку несколько выше M_n , но не описано, как в этом случае осуществлялось охлаждение и выдержка: переносом из печи в печь, применением специальной закалочной среды и т.п.

4. Автор не приводит данных, неопровержимо доказывающих образование бейнита ниже M_n . Отличительной особенностью бейнита является диффузионное перераспределение углерода между аустенитом и альфа-фазой. Не приводятся доказательства бейнитной природы выявленной альфа-фазы.
5. В разделе 5.5 автором подробно описаны механические свойства после непрерывного охлаждения или изотермической обработки. Обращает на себя внимание, что по данным автора ударная вязкость увеличивается с ростом отношения $\sigma_{0,2}/\sigma_b$. Автор не приводит интерпретации этого интересного эффекта. Стоит ли считать, что рост ударной вязкости обусловлен не TRIP-эффектом, а только вязкостью остаточного аустенита?

Все высказанные вопросы ни в коей мере не снижают высокую научную и практическую значимость диссертации.

Заключение

Диссертация Юрченко А.Н. «Фазовые превращения, структура и механические свойства конструкционных сталей системы легирования X2Г2С2Ф с разным содержанием углерода» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой подробно исследованы закономерности кинетики распада аустенита сталей новой системы легирования X2Г2СФ, установлены взаимосвязи между микроструктурой и свойствами сталей данного класса, разработаны режимы термической обработки, позволяющие обеспечить уникальное сочетание высокой прочности (предел текучести 940-1300 МПа) и пластичности изделий (относительное удлинение не менее 11%, KCV 0,17-0,43 МДж/м²) за счет образования бескарбидного бейнита и остаточного аустенита. Выбраны экономнолегированные составы сталей, которые могут найти применение в современном автомобилестроении. Также Юрченко А.Н. разработаны и запатентованы новые металлографические методики выявления микроструктуры бейнита с использованием поляризованного света.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а также требованиям Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденного приказом ректора ПНИПУ №4334В от 9 декабря 2021 г., а ее автор, Юрченко Александр Николаевич,

заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,

начальник отдела труб энергетического комплекса

и специальных видов труб (г. Челябинск)

ПАО «ТМК»

Маковецкий Александр Николаевич

«27» февраля 2024

Шифр научной специальности: 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов
и сплавов

454129, г. Челябинск, ул. Машиностроителей ул., д.21.

Моб.тел.+79124795062

e-mail: a.makovetskiy@tmk-group.com

Подпись и данные места работы Маковецкого А.Н. заверяю:

