

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Института машино-
новедения УрО РАН

доктор технических наук

 С.В. Смирнов

«25» октября 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Куклиной Александры Александровны по теме «Расчетно - экспериментальная кинетика бейнитного превращения среднеуглеродистых конструкционных сталей в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

1. Актуальность избранной темы

В соответствии с перечнем критических технологий Российской Федерации, вопросам технологии создания и обработки кристаллических материалов, в том числе их оптимизации и развития технологических решений формирования требуемого комплекса свойств в настоящее время уделяется особое внимание. В связи с этим поставленная в диссертационной работе цель – изучение особенностей формирования бейнитной структуры в применяемых и перспективных конструкционных сталях для различных условий термической обработки – является значимой в области качественного улучшения комплекса механических и эксплуатационных свойств готовых изделий.

В настоящее время совершенствование технологии термической обработки на предприятиях нередко связано с необходимостью использовать новые марки стали, для которых особенности протекания фазовых и структурных превращений подробно не изучены. Адекватное математическое описание реальных физических процессов – одна из основных задач научного исследования. В металловедении сталей важной проблемой является моделирование кинетики фазовых превращений в твердом состоянии, поскольку правильное прогнозирование получаемой структуры, а, следовательно, и свойств сплава, позволяет осуществить научно-обоснованный подход к разработке технологических процессов производства конкретных изделий.

Детальное изучение процессов, протекающих при изотермическом бейнитном превращении аустенита, а также влияние различных факторов на кинетику бейнитного превращения, являются весьма актуальными вопросами современного металловедения.

Сведения, полученные с помощью атомно-силовой и растровой электронной микроскопии, могут значительно расширить представления о формировании структуры сталей, в частности, бейнита.

В связи с этим задачи, решаемые диссертантом по расчетно-экспериментальному изучению кинетики распада переохлажденного аустенита в бейнитной области ряда конструкционных среднеуглеродистых сталей, являются весьма актуальными.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основании экспериментальных данных перспективных и используемых среднеуглеродистых конструкционных сталей обосновано применение адаптированной под металловедческие цели логистической функции для аналитического описания фазового превращения.

Разработан алгоритм расчета кинетики бейнитного превращения при непрерывном охлаждении среднеуглеродистой конструкционной стали 25Г2С2Н2МА по данным экспериментальных термокинетических и изотермических диаграмм распада переохлажденного аустенита.

Впервые экспериментально исследовано структурообразование перспективных конструкционных сталей марок 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА после нагрева в аустенитную область до температуры 925 °С и последующего непрерывного охлаждения в интервале постоянных скоростей 1,5...4500 °С/мин, для исследуемых марок сталей построены термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. Изотермические диаграммы распада переохлажденного аустенита построены для сталей 20Х2Г2СНМА, 38ХН3МФА, 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА.

Разработан программный алгоритм компьютерного моделирования фазового перехода в твердом состоянии, позволяющий производить оценку влияния исходного состояния системы на кинетику образования второй фазы.

Методами атомно-силовой микроскопии, растровой электронной микроскопии установлены наличие наноразмерных субпластин бейнита, а также зависимость межпластиночного расстояния от температуры изотермической выдержки в интервале бейнитного превращения.

Представлена наглядная методика исследования строения бейнита приповерхностной зоны методом дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD), результаты исследований имеют хорошее совпадение с выводами сканирующей зондовой микроскопии

3. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Представленная работа полностью удовлетворяет современным требованиям, предъявляемым к кандидатским исследованиям. Диссертация написана содержательно, в хорошем стиле, на высоком научном уровне, имеет объемную библиографию (150 источников). Всё это свидетельствует о глубоком изучении диссертантом исследуемого направления. Соискателем продемонстрирована широкая научная эрудиция, умение анализировать литературу и правильно давать её оценку, делать самостоятельные выводы и обобщения. Диссертация представляет самостоятельный и вполне завершённый труд. Автореферат написан грамотно и достаточно полно отражает содержание диссертации.

4. Значимость для науки и производства полученных результатов

Представленные в диссертационной работе исследования кинетики распада переохлажденного аустенита среднеуглеродистых конструкционных сталей выполнены по одному из основных направлений научной деятельности кафедры термообработки и физики металлов УрФУ в рамках инициативного научного проекта Минобрнауки РФ (11.9547.2017/БЧ), Гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК-7929.2016.8. Полученные результаты имеют бесспорную практическую ценность, заключающуюся в аналитическом описании кинетики бейнитного превращения в изотермических условиях, которое позволяет правильно прогнозировать получаемую структуру конструкционных сталей, соответственно и их механические свойства, позволяет применить научно-обоснованный подход к разработке технологических процессов термической обработки конкретных деталей.

На предприятии АО «Машиностроительный холдинг» (г. Екатеринбург) использованы результаты исследования свойств сталей 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА. При корректировке применяемых технологий окончательной термической обработки буровых коронок рекомендовано ввести изотермическую обработку после аустенитизации в области температур бейнитного превращения, что позволило повысить ударную вязкость в 4 раза при сохранении прочностных и пластических свойств стали на прежнем уровне. Соответственно перспективный режим термической обработки привел к разработке технического задания на проектирование специализированной линии изотермической закалки.

Корректировка применяемых технологий окончательной термической обработки буровых коронок, подтверждена актом об использовании результатов диссертационной работы начальником производства и главным технологом ОА «Машиностроительный холдинг» (г. Екатеринбург).

5. Замечания к диссертационной работе

Оценивая положительно диссертацию Куклиной А.А. в целом, следует отметить несколько замечаний:

- 1) В работе проведено подробное исследование тонкой структуры бейнита стали 25Г2С2Н2МА, однако для описания кинетики бейнитного превращения полученные результаты не используются. Поэтому целесообразно оценить перспективность использования полученных результатов об особенностях строения бейнита при дальнейшей разработке данной тематики.
- 2) Одной из задач, решаемых в данной работе, является разработка аналитической модели для описания кинетики изотермического бейнитного превращения конструкционных сталей и разработка методики расчетного определения объемной доли бейнита при непрерывном охлаждении. При этом отмечается, что необходимо использовать функцию, которая обеспечила бы максимально точное математическое описание наблюдаемых явлений. Следовало бы пояснить, какие особенности кинетики бейнитного превращения учитывает логистическая функция по сравнению, например, с уравнением Колмогорова-Джонсона-Мейла-Аврами, предложенным ранее.
- 3) В работе целесообразно было бы указать, с помощью какого метода или программного пакета реализован разработанный программный алгоритм имитаци-

онного моделирования фазового перехода в твердом состоянии, позволяющий производить оценку влияния исходного состояния системы на кинетику образования второй фазы.

4) Установлено, что предлагаемый перспективный режим термической обработки стали 25Г2С2Н2МА с использованием изотермической закалки в области бейнитного превращения обеспечивает повышение ударной вязкости в 4 раза, а прочностные и пластические свойства остаются на прежнем уровне относительно применяемого режима термической обработки. Могут ли быть получены аналогичные результаты на других марках стали, если в них будет сформирована бейнитная структура?

6. Мнение о научной работе соискателя в целом

Отмеченные в п. 5 недостатки не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Работа выполнена на достаточно высоком научном уровне. Выводы и результаты обоснованы и достоверны. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Тематика выполненных исследований соответствует паспорту специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (п. 2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях», п. 3 «Теоретические и экспериментальные исследования влияния структуры (типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения) на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов.», п. 6 «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим воздействием, а также специализированного оборудования»).

Диссертация Куклиной А.А. является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая важное значение для развития прогнозирования структурного состояния, сформированного по сечению конкретных изделий в результате различных режимов термообработки, написана на достаточно высоком научном уровне, изложена в хорошем стиле, представляет полезный новый вклад в области металловедения.

Анализ диссертации, автореферата и опубликованных работ соискателя позволяет сделать следующее **заключение**: диссертационное исследование «Расчетно - экспериментальная кинетика бейнитного превращения среднеуглеродистых конструкционных сталей в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении» является завершенной научной работой, соответствующей требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор Куклина Александра Александровна заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв обсуждены и одобрены на научном семинаре Отдела физических проблем машиностроения ИМАШ УрО

РАН (лаборатории: конструкционного материаловедения, деформирования и разрушения, микромеханики материалов, технической диагностики), протокол №209 от 25 октября 2018г.

Председатель научного семинара,
руководитель Отдела физических проблем машиностроения,
главный научный сотрудник
лаборатории технической диагностики,
доктор технических наук, академик РАН
Тел.: (343) 374-47-25
E-mail: ges@imach.uran.ru

Горкунов Эдуард Степанович

Заведующий лабораторией
конструкционного материаловедения
кандидат технических наук
Тел.: (343) 362-30-14
E-mail: ras@imach.uran.ru

Саврай Роман Анатольевич

Секретарь семинара,
научный сотрудник
лаборатории микромеханики материалов,
кандидат технических наук
Тел.: (343) 362-30-27
E-mail: marina@imach.uran.ru

Мясникова Марина Валерьевна

620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, д. 34, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук; тел.: +7 (343) 374-47-25; e-mail: ges@imach.uran.ru

25 октября 2018 г.