УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФМ УрО РАН,
академик РАН,
д-р физ.-мат. наук
Устинов Владимир Васильевич

«15» 06 2015 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации
на диссертацию Панова Дмитрия Олеговича «Структурные и фазовые превращения в низкоуглеродистой стали при термической обработке с однократной и циклической аустенитизацией», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа Панова Дмитрия Олеговича посвящена исследованию особенностей формирования структуры и свойств низкоуглеродистой стали при термической обработке с однократной и циклической аустенитизацией для получения высоких показателей прочности и ударной вязкости. Ранее в этом направлении активно и успешно работали В.Д. Садовский, В.М. Счастливцев с соавторами, В.В. Сагарадзе с соавторами, В.И. Зельдович с соавторами, И.Н. Кидин с соавторами, М.Л. Бернштейн с соавторами, Н.Н. Липчин с соавторами, В.Н. Гриднев с соавторами, С.С. Дьяченко с соавторами, А.А. Баранов с соавторами, А.С. Тихонов с соавторами, Р.Л. Тофпенец с соавторами, В.К. Федюкин с соавторами, Л.М. Клейнер с соавторами и их ученики. Однако Панов Д.О. нашел свою научную область исследований в этом направлении.

Актуальность темы диссертации

В настоящее время как в России, так и за рубежом проблема создания экономно легированных низкоуглеродистых сталей для производства ответственных деталей и конструкций является актуальной. При этом очевидно, что использование традиционных методов термической обработки для повышения функциональных характеристик сталей в значительной степени исчерпаны. Зернограничное и субструктурное упрочнение металлов и сплавов является основным путем одновременного повышения уровня прочности и сопротивления хрупкому разрушению. Использование пластической деформации в сочетании с термоциклической обработкой конструкционных системно легированных низкоуглеродистых сталей позволяет увеличить их уровень прочности и ударной вязкости, что важно для повышения работоспособности деталей машин и механизмов. Поэтому тема диссертационной работы Панова Д.О., посвященная изучению

закономерностей формирования структуры и свойств при термических и термоциклических обработках конструкционной низкоуглеродистой стали, является актуальной и практически значимой.

Актуальность и ценность диссертации подтверждается тем, что тематика работы соответствует Приоритетным направлениям 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» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, в рамках госбюджетных научно-исследовательских работ по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (соглашения № 14.B37.21.0136 и № 14.A18.21.0103).

Основные результаты, полученные автором, и их новизна

Диссертационная работа Панова Д.О. имеет внутреннее структурное единство, изложена на 146 страницах, состоит из введения, пяти глав и заключения, включает 77 рисунков, 5 таблиц, 3 приложения и 159 наименований цитируемой литературы.

По результатам обсуждения диссертации определено, что диссертация Панова Д.О. вносит вклад в развитие научных представлений о процессах аустенитизации в межкритическом интервале температур (МКИТ), в частности в работе разделены стадии образования аустенита с использованием дилатометрического анализа. Предложена обобщающая схема структурообразования при скоростном непрерывном нагреве в межкритическом интервале температур исходно закаленной, исходно холоднодеформированной и исходно высокоотпущенной стали 10Х3Г3МФ. В работе приведены результаты экспериментов, направленных на получение наноструктурного состояния низкоуглеродистой стали с использованием промышленно доступных технологий холодной пластической деформации методом радиальной ковки и нагрева в соляных печах-ваннах.

Полученные Пановым Д.О. научные результаты и выводы позволяют прогнозировать стадийность процесса аустенитизации в межкритическом интервале температур, что дает возможность управлять процессом структурообразования в двухфазной области и формировать широкий спектр структурных состояний конструкционных низкоуглеродистых сталей типа 10Х3Г3МФ. Приведенные соискателем термокинетические диаграммы образования аустенита показывают положение критических точек A_{c1} и A_{c3} и температурных интервалов выявленных стадий $\alpha \rightarrow \gamma$-превращения, позволят выбирать режимы термической обработки стали 10Х3Г3МФ в зависимости от исходного состояния и необходимой структуры. Предложенный метод выявления зеренной структуры аустенита в закаленных низкоуглеродистых сталях позволяет надежно определять размер действительного аустенитного зерна после интересующего режима термической обработки. Диссертационное исследование обладает следующими пунктами научной

новизны, которые являются значимыми для дальнейшего развития металловедения:

1. Разделены температурные области протекания трех стадий α→γ-превращения в исходно закаленной, исходно холоднодеформированной и исходно высокоотпущенной стали 10Х3Г3МФ при однократной аустенитизации со скоростями нагрева от 0,15 до 90°С/с в межкритическом интервале температур с использованием дилатометрического анализа.

2. Установлены особенности формирования структуры при однократной аустенитизации со скоростью нагрева 90°С/с исходно холоднодеформированной стали 10Х3Г3МФ в МКИТ: на первой стадии α→γ-превращение протекает по границам полигонов, на второй – по границам рекристаллизованных зерен, на третьей – в объеме рекристаллизованных зерен.

3. Построены термокинетические диаграммы образования аустенита в исходно закаленной, исходно холоднодеформированной и исходно высокоотпущенной стали 10Х3Г3МФ с определением положения критических точек A_{c1} и A_{c3} и стадий аустенитизации в МКИТ. Показано, что при увеличении скорости нагрева от 0,15 до 90°С/с для всех исследованных состояний наблюдается расширение МКИТ. В исходно закаленной и исходно холоднодеформированной стали расширение МКИТ происходит за счет снижения A_{c1}, степень понижения A_{c1} определяется уровнем релаксированной в процессе α→γ-превращения энергии наклепа α-фазы, а положение A_{c3} при этом изменяется незначительно. В исходно высокоотпущенной стали расширение МКИТ происходит за счет повышения A_{c3}, что обусловлено смещением третьей стадии α→γ-превращения в область более высоких температур, положение A_{c1} в данном случае от скорости нагрева не зависит.

4. Установлено, что сужение МКИТ при циклической аустенитизации со скоростью нагрева 90°С/с в процессе диспергирования структуры исходно закаленной и исходно холоднодеформированной стали 10Х3Г3МФ вызвано увеличением скорости α→γ-превращения при неизменном объемном эффекте на каждой стадии.

Степень обоснованности научных положений, результатов и выводов

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертации определяется применением комплекса современных аналитических методов и компьютерных программ, а также воспроизводимостью и непротиворечивостью результатов, полученных различными методами. Выводы соответствуют цели и задачам диссертации.

Практическая значимость полученных автором результатов

Значимость диссертации Панова Д.О. для производства заключается в разработке режима упрочняющей обработки стали 10Х3Г3МФ, включающей закалку на воздухе с температур горячей пластической деформации, холодную пластическую деформацию методом радиальной ковки со

степенью 60% и однократный нагрев в расплаве солей до температуры 900°С с последующей закалкой в воде, что привело к реализации наноструктурного состояния стали с поперечным размером рейки мартенсита в плоскости фольги равным (60±10) нм, при этом предел текучести увеличился относительно исходно закаленной стали 10Х3Г3МФ на 50% (до 1360 МПа), предел прочности – на 10% (до 1420 МПа), ударная вязкость КСТ повышается в 4,5 раза (до 0,91 МДж/м^2), критическая температура хрупкости T_{K12} снижается с 10 до –60°С. Данная упрочняющая обработка опробована на ОАО «Мотовилихинские заводы» при производстве пробной партии шпилек с категорией прочности 12.9 и будет полезна при производстве ответственных изделий, в том числе метизов, из конструкционных сталей.

Разработана и запатентована методика окисления-травления для выявления зеренной структуры аустенита в закаленных низкоуглеродистых сталях. Данная методика внедрена при выполнении госбюджетных научно-исследовательских работ в ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», что позволило изучить динамику изменения размера аустенитного зерна пробных плавок сталей типа Х3Г3МФ(Т,С) и ХН3МФС. Методика окисления-травления может быть использована для определения размера действительного аустенитного зерна после термической обработки при производстве изделий из легированных низкоуглеродистых сталей.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные в диссертационной работе Панова Д.О., могут быть использованы на предприятиях общего и специального машиностроения: ОАО ПЗ «Машиностроитель», ОАО «Инкар», ОАО «Искра», ОАО «Уралмаш», ОАО «Волжский турбинный завод», ОАО НПК «Уралвагонзавод им. Дзержинского», ОАО «Курганский машиностроительный завод», ЗАО «Киров-Энергомаш» и других.

Научные результаты работы будут интересны научным коллективам ФГБУН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, ФГБУН Институт машиноведения УрО РАН, ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина», ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» и другим.

Оформление диссертации, публикации и апробация

Диссертация логично построена, структура и содержание соответствуют цели и задачам исследования. Работа ясно, грамотно изложена и хорошо оформлена. Результаты работы опубликованы в 12 научных работах (в том числе в 7 статьях в журналах из Перечня ВАК) и 1 патенте на изобретение и прошли апробацию на 11 всероссийских и

международных конференциях. Автореферат диссертации и публикации правильно и полно отражают содержание работы.

Замечания по диссертации:

1. В диссертационной работе не указаны параметры горячей ковки перед закалкой и последующих обработок исследуемой стали 10Х3Г3МФ (п. 3.2. Исследование исходного состояния низкоуглеродистой стали 10Х3Г3МФ).

2. Первый пик на первой производной дилатограммы принимается как начало образования аустенита в межкритической области температур. В работе нет других экспериментальных подтверждений, кроме дилатометрического метода, указывающих на начало образования аустенита в МКИТ.

3. В диссертации отсутствуют объяснения противоположного расположения первых пиков первой производной на дилатограммах непрерывного нагрева для двух случаев - исходно закаленной и исходно высокоотпущенной стали 10Х3Г3МФ (Рис. 3.15 и 3.17).

4. В работе не отражено, каким образом нагревы со скоростями V = 0,15 и 0,6°С/с влияют на процессы образования карбидов в исследованной стали.

5. В тексте диссертации встречаются опечатки.

Однако сделанные замечания к работе не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Панова Д.О. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и их интерпретации получены новые результаты, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области экспериментальных исследований фазовых и структурных превращений в низкоуглеродистых сталях. Работа выполнена на высоком научном уровне. Выводы и результаты обоснованы и достоверны. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Тематика выполненных диссертантом исследований соответствует формуле специальности 05.16.01. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, в частности, пункту 2 «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях» и пункту 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» паспорта специальности.

Диссертационная работа Панова Дмитрия Олеговича соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным

Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Панов Дмитрий Олегович заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Заведующий лабораторией физического
металловедения Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
физики металлов имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук,
доктор технических наук (05.16.01 –
Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов) Табатчикова Татьяна Иннокентьевна

620990, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18.
Тел. (343) 378 37 98; e-mail: tabat@imp.uran.ru

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании ученого совета ИФМ УрО РАН (протокол от 29 апреля 2015 г. № 7).

Ученый секретарь,
кандидат физ.-мат. наук Суркова Татьяна Петровна