

НИИ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 652	в ДЕЛО
15.03.2024 г.	№
Осн. _____ л.	
Прил. _____ л.	

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Петрова Сергея Николаевича на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» на тему «Создание комплекса количественных методов электронной микроскопии для анализа структурно-фазовых превращений в сталях и сплавах»

Диссертационная работа Петрова С. Н. посвящена разработке, обоснованию и апробации количественных электронно-микроскопических методов анализа микроструктуры, фазового и элементного состава для обеспечения материаловедческих исследований по созданию новых и совершенствованию существующих конструкционных материалов, а также использованию разработанных методик для выявления основных закономерностей процессов, происходящих при деформировании, закалке, отпуске конструкционных сталей и в процессе старения жаропрочных, жаростойких сплавов в температурно-силовых полях.

Необходимость такого подхода обусловлена сложным химическим и фазовым составом большинства изучаемых в работе сталей и сплавов, а также многоуровневым характером их структуры. Для уточнения и проверки существующих представлений необходима достоверная количественная информация о структурных параметрах материалов, получаемая с высоким пространственным разрешением на представительных участках исследуемых объектов.

Поэтому, **актуальность** создания комплекса количественных методов, которые объединяют высокое пространственное разрешение с возможностью анализа участков значительного размера и обеспечивают выявление границ первичных аустенитных зерен, дифференциацию и анализ структурных составляющих сталей, фазовый анализ и приготовление тонких сечений частиц микронного диапазона размеров для последующих исследований структуры с высоким разрешением в просвечивающем электронном

микроскопе не вызывает сомнений. Комплекс взаимодополняющих методов, основанных на использовании современных достижений техники электронной микроскопии — анализаторов дифракции обратнорассеянных электронов, двулучевых электронно-ионных микроскопов и компьютеризированных систем управления оборудованием позволяет обеспечить необходимое высокое разрешение исследований одновременно с построением панорамных изображений и количественной обработкой значительных массивов накопленной структурной информации. При этом ограничения, неизбежно присущие каждому отдельному методу, могут быть преодолены за счет дополнений и уточнений полученной информации при совместном применении нескольких методик.

Научная новизна работы определяется результатами проведенных исследований, из которых наиболее важными являются:

- применение критерия значений разориентировки границ кристаллитов ОЦК-структуры бейнитных и мартенситных сталей от 21° до 47° , не попадающих в интервал значений межвариантных разориентировок $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения железа для проведения экспресс-выявления границ первичных аустенитных зерен с использованием стандартного программного обеспечения для обработки результатов дифракции обратнорассеянных электронов;
- разработка методов количественного анализа структурных составляющих α -железа в низколегированных сталях (феррита, бейнита, мартенсита), исследования кинетики отпуска мартенситных сталей и определения объемной доли отпущенного мартенсита на основе анализа значений средней разориентировки в пределах зерна;
- разработка метода количественного фазового анализа жаропрочных жаростойких железохромникелевых сплавов на основе разделения фаз на электронномикроскопических изображениях по контрасту атомного номера с их предварительной идентификацией по элементному и

фазовому составу и последующим определением объемной доли каждого выявленного компонента;

- получение количественных профилей распределения дисперсных фаз по толщине стенки реакционных труб пиролизных установок из жаропрочных жаростойких железохромникелевых сплавов после эксплуатации;

- результаты анализа внутренней структуры дисперсных выделений интерметаллидной G-фазы, карбидов хрома и ниобия в жаропрочных жаростойких железохромникелевых сплавах;

- установление факта проникновения атмосферного азота в жаропрочные жаростойкие железохромникелевые сплавы через поверхностный оксидный слой по диффузионному механизму при температуре выше 900 °С интерметаллидная G-фаза, трансформация карбидов ниобия и хрома в фазу системы Cr-Ni-Nb-Si-Fe-N, имеющую гранецентрированную кубическую решетку с параметром $a=1,124$ нм.

Полученные результаты имеют высокую **практическую значимость** и достаточно широко **внедрены** в АО «ВМК «Красный Октябрь» для корректировки технологии прокатки и интервала термической обработки листов из азотсодержащей стали марки 04X20H6Г11М2АФБ; АО «ЦКБМТ «Рубин» для оценки металлургического качества металла и контроля соблюдения технологических режимов отпуска конструктивных элементов глубоководной морской техники из высокопрочных сталей; ПАО «Уралкуз» для оптимизации температурно-скоростного режима горячей пластической деформации при разработке технологических процессов производства раскатных колец и поковок из сплава марки ХН55МВЦ-ИД; СПбГТИ(ТУ) для использования в учебном процессе и при проведении практических и лабораторных занятий разработанной «Методики изготовления образцов для просвечивающей электронной микроскопии методом прецизионного препарирования сфокусированным ионным пучком»; НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» при выполнении работ по

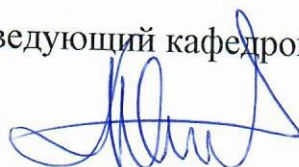
государственным контрактам, грантам РФ, хозяйственным договорам и работам, финансируемым из фонда научно-технического развития института.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, хорошо отработана и не вызывает сомнений.

Работа выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, характеризуется научной новизной и практической значимостью, которая подтверждена научными публикациями, актами о внедрении результатов и апробирована на конференциях.

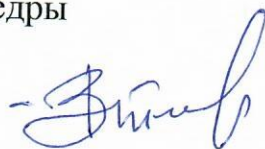
Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», в соответствии с п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Петров Сергей Николаевич заслуживает присуждения искомой учёной степени.

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
теоретических основ
материаловедения



Сычев Максим Максимович

К. ф.-м.н., доцент кафедры
теоретических основ
материаловедения



Томаев Владимир Владимирович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)»
190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д.26
Телефон: (812) 494-93-97, e-mail: msychoy@yahoo.com

Подписи Сычева М.М. и
Томаева В.В. Удостоверено
Начальник отдела кадров

Т.Ю.

Ворожова

