

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.060.01
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.10.2020 № 8/20

О присуждении Воркачеву Константину Григорьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Микроструктура низколегированных сталей и особенности их разрушения в интервале вязко-хрупкого перехода» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите 20 августа 2020 г., протокол № 3/20, диссертационным советом Д 002.060.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49, приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Воркачев Константин Григорьевич 1988 года рождения. В 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» по специальности «Материаловедение в машиностроении». Работает младшим научным сотрудником в лаборатории «Новых технологий металлических и керамических материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и

материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории «Новых технологий металлических и керамических материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Солнцев Константин Александрович, академик РАН, доктор химических наук, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

Научный консультант – Кантор Матвей Матвеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Новых технологий металлических и керамических материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Кудря Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металловедение и физика прочности» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

2. Орлов Виктор Валерьевич, доктор технических наук, генеральный директор Государственного научного центра Российской Федерации Акционерного общества "Научно-производственное объединение "Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения".

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном главным научным сотрудником Научного центра качественных сталей (НЦКС), доктором технических наук, профессором Матросовым Ю.И. и ученым секретарем кандидатом технических наук Москвиной Т.П., и утвержденном генеральным директором кандидатом экономических наук Семеновым В.В. указала, что по актуальности, достоверности, методическому уровню исследования, научной новизне и значимости полученных результатов диссертация соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ и паспорта специальности 05.16.01- «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Автор работы К.Г. Воркачев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Соискатель имеет 8 работ, опубликованных по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях – 5, опубликованных в трудах конференций – 3, патентов – 1. Общий объем работ по теме диссертации составляет 4 печатных листа (авторский вклад 70 %).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Kantor M.M., Vorkachev K.G. Microstructure and Substructure of Pearlite in Hypoeutectoid Ferritic-Pearlitic Steels // Metal Science and Heat Treatment. – 2017. - №5 – P. 265–271.
2. Kantor M.M., Vorkachev K.G. EBSD Investigation of Continuously Cooled Microstructures in Low Carbon Low Alloy Ferrite-Pearlite Steel // Science of Advanced Materials. – 2017. - Vol. 9 - P. 1968–1972.
3. Kantor M.M., Vorkachev K.G., Solntsev K.A. Nature of Microcracks in Ferritic Steels Occurred during Fracture under Conditions of Ductile-Brittle

Transition Temperature Region // Inorganic Materials. – 2018. – Vol. 54 – P. 1071–1077.

4. Кантор М.М., Воркачев К.Г., Солнцев К.А. Природа рассеяния величины ударной вязкости низкоуглеродистых низколегированных сталей при разрушении в условиях вязко-хрупкого перехода // Неорганические материалы. – 2020. – том 56, №11, С. 1-6.

5. Кантор М.М., Воркачев К.Г., Челпанов В.И., Солнцев К.А. Сростки доэвтектоидного и перлитного феррита в низкоуглеродистой низколегированной стали // Неорганические материалы. – 2020. – том 56, №12, С. 1-5.

6. Кантор М.М., Боженков В.А., Воркачев К.Г., Солнцев К.А. Природа рассеяния ударной вязкости низколегированных сталей в критическом интервале температур хладноломкости // Труды VIII Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата: Том 1. – Якутск: Цумори Пресс, 2018. – С. 4-13.

7. Kantor M.M., Vorkachev K.G. Investigation of orientation inhomogeneities in polycrystalline materials by means of FEG-SEM, FIB, EBSD and 3-D reconstruction // AIP Conference Proceedings 1748. – 2016. - 020012.

8. Vorkachev K.G., Kantor M.M. EBSD-based technique for quantification of M/A and retained austenite in microstructure of HSLA steels // AIP Conference Proceedings 2064. - 2019. - 020006.

В положительном отзыве ведущей организации имеются следующие замечания:

1. Возникает вопрос о целесообразности выбора образцов Менаже (с U-образным концентратором напряжений) для оценки рассеяния величин ударной вязкости в интервале вязко-хрупкого перехода, поскольку в настоящее время для ответственных изделий в основном применяются образцы с более жесткими концентраторами напряжений.

2. Хотя использованная в работе методика по испытанию на ударный изгиб до 50 образцов на точку и дает новый взгляд на механизм разрушения

низколегированной стали в интервале вязко-хрупкого перехода, но не применима в практике прямо-сдаточных испытаний.

3. Предложенный в работе подход по разделению вклада деформации предварительной и сопутствующей процессу разрушению нельзя считать новым методом. В ходе эксперимента не была определена абсолютная величина деформации и не разработаны регламентирующие документы.

От официального оппонента Кудри А.В. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. Очевидно, что соискатель в работе придерживался терминологии, соответствующей ГОСТ Р ИСО 148-1-2013, однако термин «хрупкая составляющая» применимо к макростроению излома представляется не совсем корректным, в связи с возможным диапазоном микромеханизмов разрушения в изломах ударных образцов: от хрупкого (транскристаллитного, зернограничного, или их комбинации) до полностью вязкого или смешанного. Точнее было бы использовать термин – макрохрупкий квадрат (разрушение макроотрывом).

2. Важным является утверждение о верхней и нижней границах температурной зависимости ударной вязкости, сделанное в работе. Однако для сталей, полученных по штатной технологии (в пределах поля её допуска) их положение может быть (и есть) иным. В таком случае характеризующиеся нижней огибающей минимальные величины ударной вязкости, предлагаемые рассматривать как вязкость, обусловленную преждевременным разрушением, также будут другими. Не исключено, что при этом, вывод о нижней границе хладноломкости потребует дополнительного обоснования, в частности, с учетом назначения металла.

3. При оценке закономерностей распределения величин ударной вязкости на низкотемпературном участке вязко-хрупкого перехода (рис. 4б автореферата) требует своего обоснования выбор числа разрядов гистограмм распределения. В противном случае есть риск того, что соседние разряды будут

взаимно коррелированы и бимодальный вид распределения может проявиться не столь значимо.

4. В работе показана необходимость проведения массовых испытаний на ударный изгиб при оценке применимости низколегированных сталей в качестве конструкционных материалов, эксплуатируемых в интервале температур вязко-хрупкого перехода в связи со значительным рассеянием величин ударной вязкости. Однако их число можно оптимизировать, если дополнительно оценивать хладноломкость на малогабаритных образцах, габариты которых сопоставимы с масштабом неоднородности наблюдаемых структур (по измерениям акустической эмиссии).

5. Наблюдаемые в работе особенности различия в микроструктуре, в рамках самоорганизации процесса разрушения от микро-, мезомасштабов к образованию магистральной трещины, должны также проявить себя и через закономерности пространственной конфигурации однотипных элементов микроструктуры (в масштабах образца, листа). В этой связи были бы полезны такие оценки геометрии строения структуры.

От официального оппонента Орлова В.В. поступил положительный отзыв со следующими замечаниями:

1. В диссертации постоянно используется термин «оценка совершенства составляющих микроструктуры». Для низколегированных конструкционных сталей различного назначения существуют требования по максимальному размеру зерна, баллу разноструиности и т.д. Какие критерии совершенства автор предлагает?

2. Анализ влияния структурных составляющих на вязкость разрушения проводился на образцах с U-образным надрезом. Современные технологии выплавки с применением вакуумирования и последующей внепечной обработки обеспечивают высокую чистоту стали по неметаллическим включениям. А низкое содержание углерода обуславливает достаточно высокую вязкость матрицы и отсутствие крупных частиц цементита и карбидных включений. И анализируемые расщепления, и микротрещины

являются не причиной, а следствием объемной пластической деформации перед разрушением. Более корректно было бы исследование образцов с V-образным надрезом, что позволило бы избежать формирования объемной области пластической деформации перед разрушением и выявило бы критические структурные составляющие, являющиеся инициаторами разрушения.

3. Некорректен тезис об «обеспечении пониженных температур прокатки за счет торможения процессов рекристаллизации посредством введения микролегирующих добавок сильных карбидообразующих элементов» в 6-ой главе. При термомеханической обработке чистовая стадия прокатки проводится ниже температур рекристаллизации в принципе и заканчивается около точки A_{r3} с целью формирования высокодислокационной фрагментированной структуры аустенита перед полиморфным превращением. Карбидообразующие элементы тормозят рост аустенитного зерна при нагреве под прокатку, регулируют размер зерна при динамической и метадинамической рекристаллизации на черновой (высокотемпературной) стадии прокатки и обеспечивают дисперсионное упрочнение при последующем регламентированном охлаждении.

4. В главах 4, 5 и 6 автор исследует влияние феррита, квазиполигонального феррита и бейнита на вязкость разрушения. В низколегированных сталях, в зависимости от технологии изготовления, может формироваться бейнит различных морфологий. Без оценки плотности дислокаций однозначно разделить квазиполигональный феррит и, например, гранулярный бейнит – невозможно. На основании каких признаков, кроме вида границ, были классифицированы бейнит и квазиполигональный феррит? И почему не выделялись различные морфологии бейнита, если на фотографиях микроструктуры явно присутствует как речная морфология, так и гранулярная?

5. Анализ взаимосвязи структуры и характера хрупко-вязкого перехода проводится без получения нижнего плато кривой хладноломкости. Таким образом, неясно, какие именно структурные составляющие будут обуславливать полностью хрупкое разрушение стали.

6. Проводится анализ качества стали при работе удара в области хрупко-вязкого перехода. С точки зрения ресурса ответственных конструкций эксплуатация материала должна проводиться в области гарантированного вязкого разрушения, т.е. в области верхнего плато кривой хрупко-вязкого разрушения. Это необходимо учесть при использовании результатов работы в промышленном производстве.

На автореферат диссертации Воркачева К.Г. поступило 11 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Отзыв заместителя заведующего лабораторией «Материаловедение и сварка» ООО «ТМК НТЦ», к.т.н. Арсенкина А.М. содержит 5 замечаний:

- Как изменился бы характер рассеяния ударной вязкости при переходе от U-образного к V-образному и Т-образному надрезу?

- Было бы полезно определить необходимое и достаточное количество образцов для испытаний на ударный изгиб при различных температурах для объективной оценки ударной вязкости в области вязко-хрупкого перехода, что могло бы лечь в основу актуализации существующих нормативно-технических документов.

- На рисунке 1 (б) отмечена граница пластической зоны разрушенного образца. Проводилась ли количественная оценка площади пластической зоны под изломом и если да, то каким способом?

- Каким образом идентифицированы структурные составляющие, указанные на рисунке 16 (б)?

- Есть неточность в выводе 5: феррито-бейнитная микроструктура образовалась не в результате закалки – отпуска, а после ТМКП.

2. Отзыв технического директора ООО «Центр ЭТСИ», д.т.н. Великоднева В.Я. содержит 1 замечание:

- Для оценки рассеяния величин ударной вязкости диссертант использовал только образцы с U-образным надрезом, хотя настоящий вопрос интересно бы было рассмотреть на образцах и с V-образным надрезом.

3. Отзыв начальника лаборатории труб корпоративного научно-технического центра развития трубной продукции ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н. Есиева Т.С. содержит 2 замечания:

- Не объяснено, почему все эксперименты по определению ударной вязкости изучаемых сталей, в т.ч. сталей контролируемой прокатки, проведены только на образцах с надрезом Менаже (КСУ), в то время как применительно к современным трубным сталям приоритетным является определение ударной вязкости на образцах с надрезом Шарпи (КСV)?

- Выявленные в работе весьма важные закономерности смены механизма разрушения металла в интервале вязко-хрупкого перехода основаны на результатах анализа изломов образцов, испытанных на ударный изгиб. Между тем, известно, что не менее важными для оценки вязкости сталей в условиях статического разрушения являются испытания по определению раскрытия в вершине трещины (т.н. критерий СТOD), о чем упоминает в автореферате и сам автор.

Представляется, что работа сильно бы выиграла, если бы полученные в работе выводы нашли подтверждение в ходе испытания образцов не только на ударный изгиб, но и на раскрытие в вершине трещины.

4. Отзыв профессора кафедры «Физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», д.т.н. Капуткина Д.Е. содержит 2 замечания:

- В автореферате не показаны преимущества разработанной автором существенно более трудо- и материалоёмкой методики определения температуры вязко-хрупкого перехода по возрастанию разброса значений ударной вязкости по сравнению с известными, применяемыми не один десяток лет, методиками определения этой температуры.

- Из автореферата непонятно, существовали ли описываемые в главе 3 микротрещины сразу после разрушения образца или возникли в ходе его рассечения.

5. Отзыв профессора кафедры «Материаловедение» (МТ-8) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), д.т.н. профессора Крапошина В.С. содержит 4 замечания:

- В некоторых случаях обобщение и обсуждение полученных результатов не вполне адекватные. Так, п. 1 Общих выводов сформулирован следующим образом: «Разработан новый экспериментальный подход к изучению вязкости низколегированных сталей, основанный на изучении рассеяния величин ударной вязкости посредством множественных испытаний на ударный изгиб в интервале вязко-хрупкого перехода и возможностях методов дифракции отраженных электронов отличить предшествующую и сопутствующую процессу разрушения деформацию в локальных областях пластических зон». Во-первых, слова «Разработан экспериментальный подход» не соответствуют смыслу сделанной работы. Эксперимент – это метод, а не подход. При этом «множественные испытания на ударный изгиб...» выполняются во всех исследованиях разрушения сталей, и никакой новизны в этом нет. Просто в данной работе они правильно и осмысленно выполнены. Вторая половина этого пункта говорит о возможностях методов дифракции отраженных электронов отличить предшествующую и сопутствующую процессу разрушения деформацию в локальных областях пластических зон». Эта формулировка содержит некоторую новизну, но как она выполнена в работе, не написано. Так, в подписи и объяснении к рис. 3 автореферата не объяснено, как выполнено разделение на вязкий и хрупкий переходы. Вообще, к этому рисунку нет достаточных и понятных объяснений, а также расшифровки точек на нем.

- Первая половина п. 2 Выводов тривиальна, новизны не содержит. Существенным результатом является вторая фраза этого второго вывода: «Индикаторами локальной неоднородности пластической зоны является образование хрупких и вязких микротрещин, свидетельствующих о различной степени предшествовавшей разрушению пластической деформации».

- Очень интересный рис. 7 представлен в автореферате практически без объяснений, Непонятно, к чему относятся разные точки и как они получены.

- Еще раз по поводу рис. 3а. При его описании правильно написано: «Фактически нижняя огибающая определяет границу применимости стали как конструкционного материала». Но именно так все и делают, а те точки, которые определены выше этой огибающей, никакого практического значения не имеют. Тогда, необходимо было обосновать цель изучения всего интервала рассеяния значений ударной вязкости.

6. Отзыв Директора Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, д.т.н. Лепова В.В. содержит 3 замечания:

- В автореферате имеются терминологические неточности. Например, отличают низкотемпературный вязко-хрупкий переход, или хладноломкость, от высокотемпературного ВХП (особенного в англоязычной литературе), красноломкости, в металлургии. Поэтому либо сразу пояснить терминологию, либо употреблять полное наименование явления (стр. 3, 4, 5 и далее). Термин «интервал ВХП» (стр. 3, 4, 5 и далее) также некорректен, следует употреблять «интервал температур ВХП», или «порог хладноломкости».

- В качестве практической значимости автором указана доказанная необходимость проведения множественных испытаний на ударный изгиб, что в масштабах страны может привести к существенным экономическим затратам, более того, в современных условиях реализация Программ «Цифровая экономика РФ», Индустрия 4.0 и Общество 5.0, не может быть принято безусловно. Автору в дальнейшем предлагается рассмотреть возможность выявления количественных зависимостей и построения модели ВХП, что позволит осуществить значительную экономию средств.

- В автореферате также имеются стилистические ошибки, не затрудняющие понимание материала.

7. Отзыв старшего научного сотрудника Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» к.т.н., доцента Мотовилиной Г.Д. содержит 3 замечания:

- В тексте автореферата не представлены режимы термоулучшения ТУІ и ТУІІ, влияющие на содержание бейнита и уровень механических свойств стали.

- В автореферате нет описания методики определения суммарной длины микротрещин.

- Наличие расщеплений в изломе не является признаком вязко-хрупкого перехода, поскольку связано с протяженными структурными элементами и часто наблюдается в изломах при вязком разрушении до зоны вязко-хрупкого перехода.

8. «Отзыв профессора кафедры Материаловедение и технология новых материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», д.т.н., профессора Сковрцовой С.В. содержит 1 замечание:

- При количественном описании микроструктуры методом ДОЭ следовало бы больше внимания уделить текстуре, которая могла бы дать дополнительную информацию, например, о доле плоскостей скола $\{100\}$ в изломе или об обусловленном температурой финишной прокатки соотношении компонентов текстур прокатки и $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения.

9. Отзыв ведущего научного сотрудника лаборатории труб и соединительных деталей ООО «НИИ Транснефть», к.т.н. Скородумова С.В. содержит 1 замечание:

- Как вёлся подсчет вязких и хрупких микротрещин и как выбиралось сечение для подсчетов при существенной пространственной неоднородности пластической деформации в области разрушения ударного образца.

10. Отзыв главного научного сотрудника Научного Центра «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», д.т.н., профессора Шура Е.А. содержит 1 замечание:

- Бимодальное распределение ударной вязкости в интервале температур вязко-хрупкого перехода было отмечено еще Н.П. Щаповым в дополнении к известной книге Н.Н. Давиденкова «Проблема удара в металловедении». Этот

факт был установлен Н.П. Щаповым при серийных испытаниях 24 000 ударных образцов из малоуглеродистой стали. Подтверждение этого факта при испытании 300 ударных образцов на серийную кривую (50х6 температур) не может служить основанием для первого пункта «Практической значимости» работы.

11. Отзыв главного научного сотрудника лаборатории физики упрочнения поверхности Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН д.т.н., проф. Сизовой О.В. содержит 1 замечание:

- На стр.12 (рис.5) автореферата приводятся сведения о характере образующихся микротрещин при испытании на ударный изгиб. При этом указано, что хрупкие трещины проявляли транскристаллитный характер, а трещины под вязкой составляющей могли иметь как прямую, так и зигзагообразную траекторию распространения. Из представленного рисунка трудно определить это различие.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов, квалификацией, способностью определить актуальность, научную и практическую ценность представленной диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Предложен новый подход к анализу рассеяния величин ударной вязкости для низколегированных сталей, разрушенных ударным изгибом в интервале вязко-хрупкого перехода, состоящий в анализе причин и источников неоднородности распределений ударной вязкости при каждой температуре испытаний.
- Экспериментально показано, что источником рассеяния величин ударной вязкости образцов низколегированной стали 09Г2С после закалки и отпуска при разрушении в интервале вязко-хрупкого перехода является образование

локальных областей микроструктуры пластической зоны с повышенной и пониженной вязкостью.

- Экспериментально доказано существование в микроструктуре низколегированных ферритно-перлитных сталей непрерывных сростков доэвтектоидного и перлитного ферритов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Предложен подход, позволяющий различать деформацию сопровождающую разрушение, от деформации предшествующей разрушению ударным изгибом низколегированных сталей в интервале вязко-хрупкого перехода.
- Предложено использование суммарной длины микротрещин в сечениях конкретных образцов низкоуглеродистой низколегированной стали, в качестве интегральной количественной характеристики разрушения при испытаниях на ударный изгиб в интервале вязко-хрупкого перехода, что было подтверждено экспериментально.
- Изучены количественные соотношения характеристики микроструктуры – ударная вязкость низкоуглеродистых низколегированных сталей с ферритно-перлитной микроструктурой после горячей прокатки/нормализации и ферритно-бейнитной микроструктурой после закалки и отпуска, на основе оценки совершенства ее составляющих методами дифракции отраженных электронов.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** подтверждается тем, что предложенный в работе экспериментальный подход к изучению вязкости низколегированных сталей в интервале вязко-хрупкого перехода применен на практике в ходе совместных работ ИМЕТ РАН и ИТЦ АО "ВМЗ" при оптимизации микроструктуры толстолистового проката и зоны термического влияния низкоуглеродистых микролегированных сталей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- результаты, представленные в диссертационной работе, получены на основе экспериментов, проведенных на современном научном оборудовании и с использованием апробированных аналитических методов; достоверность полученных результатов обеспечена использованием комплекса взаимодополняющих экспериментальных и аналитических методик и подтверждена их воспроизводимостью;
- полученные результаты интерпретированы на основе известных положений металловедения и современных представлений и концепций физики разрушения, теории структурообразования и физики, а также сопоставлены с известными экспериментальными данными отечественных и зарубежных исследователей;
- установлено, что результаты, полученные в диссертационной работе, дополняют и расширяют научные знания по проблематике диссертации и соответствуют существующим теоретическим представлениям.

Личный вклад соискателя состоит в выборе темы, постановке задач, участии на всех этапах работы и обсуждении полученных результатов совместно с научным руководителем и научным консультантом. Все экспериментальные данные были получены лично автором с его непосредственным участием. Лично автором проведена обработка и интерпретация экспериментальных и теоретических данных. Статьи и тезисы докладов на всероссийских и международных конференциях написаны лично автором или при участии автора.

Диссертационная работа соответствует требованиям паспорта специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

На заседании 29 октября 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Воркачеву Константину Григорьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет. Решение диссертационного совета принималось открытым голосованием в соответствии с Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Об особенностях порядка организации работы советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» №734 от 22 июня 2020 г., направленным на предотвращение распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19), ввиду удаленного участия 4 членов диссертационного совета из 14 участвовавших в заседании.

Председатель

Диссертационного совета
Д 002.060.01, д.т.н., проф.

Michael

Поварова К.Б.

Ученый секретарь

Диссертационного совета
Д 002.060.01, д.т.н., проф.

Bu-

Блинов В.М.

«03» ноября 2020 г.

Подписи К.Б. Поваровой и В.М. Блинова удостоверяю:

Ученый секретарь
ИМЕТ РАН, к.т.н.

удостоверяю:

Фомина О.Н.