

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОР-
ГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, ГСП-1, Москва, Ленинский пр., 49

Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80

E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>

ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702

ИНН/КПП 7736045483/773601001

03.05.2018 № 12202-2154/19 171-2

На № _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Зам. директора ИМЕТ РАН

Чл.-корр. РАН

Колмаков А.Г.



НИЦ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № <u>1552</u>	в ДЕЛО
<u>24.05.2018</u> г.	№ _____
Осн. <u>4</u> л.	подп. _____
Прил. _____ л.	

Отзыв

ведущего предприятия – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук на диссертационную работу **Зизы Алексея Игоревича** «Разработка технологических методов повышения характеристик сопротивления разрушению металла баллонов ВВД из высокопрочной стали Cr-Ni-Mo-V композиции», представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - «Материаловедение (машиностроение)»

Представленная к защите работа посвящена актуальной теме – повышению надежности и долговечности совершенствованию баллонов воздуха высокого давления (ВВД), изготавливаемых из стали, описываемой марками 35ХНЗМФА и 38ХНЗМФА. Эти, достаточно изученные, марки сталей к настоящему времени перестали удовлетворять современным требованиям к комплексу свойств баллонов ВВД.

Диссертант осуществил работу в двух направлениях. Во-первых, для уже освоенного промышленного производства баллонов ВВД из стали данных известных марок он рекомендовал доступные минимальные изменения в технологии, позволяющие повысить пластичность, вязкость, хладостойкость и сопротивляемость хрупкому разрушению указанных изделий при обеспечении требуемого уровня прочности. Во-вторых, учитывая уровень возможностей современного металлургического производства, он модернизировал используемую сталь, предложив взамен более экономичные (за счет снижения содержания никеля, за счет большей технологичности) варианты марок 20ХНМФА, 25ХНМФА, 20ХН2МФА, 25ХН2МФА.

За этим кратким описанием достигнутого стоит большая исследовательская работа. На начальном этапе это были анализ многочисленных литературных данных,

изучение причин отказов баллонов ВВД. Автор, опираясь на известную цепочку «состав-структура-свойства», выявил недостатки существующей технологии (режимы термомодеформационной обработки, приводящие к снижению ударной вязкости ниже допустимого уровня и/или к формированию неравномерной структуры остаточного аустенита). С привлечением широкого круга современных методов анализа структурного состояния и определения механических свойств в работе выполнено обширное экспериментальное исследование стали (35-38)ХНЗМФА. Диссертант установил механизм негативного влияния остаточного аустенита на свойства стали (за счет образования хрупких фаз при его распаде в результате отпуска). Благодаря этому, автором работы показана возможность улучшения структурно-фазового состояния стали 38ХНЗМФА. Он выявил связь прочностных характеристик металла с характеристиками трещиностойкости на воздухе и в коррозионной среде, в том числе – зависимость с максимумом величины K_{IC} от предела текучести. Это позволило ему дать рекомендации по технологическим режимам горячей пластической деформации и отпуска; дало возможность разработать проект современных ТУ на баллоны ВВД и предложить доступные для массового производства критерии оценки и контроля стойкости металла баллонов к коррозионному растрескиванию под напряжением. Важно отметить, что модернизированная технология уже используется на ЗАО «ВМЗ «Красный Октябрь» и производимые по ней баллоны ВВД превосходят по комплексу свойств (ударной вязкости, хладостойкости, работе развития трещины и трещиностойкости в коррозионной среде) баллоны, производившиеся по применявшейся ранее технологии. Для указанных выше новых марок стали автор обосновал более низкие уровни легирования по углероду и никелю, а также рациональную схему предварительной термообработки, что позволяет обеспечить заданный уровень прочностных характеристик и повышенный уровень ударной вязкости и хладостойкости.

Научная новизна и практическая значимость полученных в работе результатов **несомненны**. Диссертационная работа А.И. Зизы **выполнена на высоком экспериментальном и исследовательском уровне**, демонстрирует комплексный подход к решению проблемы, оформлена аккуратно и тщательно. Анализ диссертационной работы позволяет убедиться, что все **представленные результаты полностью достоверны**, т.к. автор проводил исследования параллельно различными методами, подкрепляя их расчетами и сверяя с литературными данными. **Основные результаты опубликованы** в рецензируемых журналах, прошли апробацию.

По работе сделаны замечания и рекомендация по практическому использованию результатов работы.

В качестве замечаний можно отметить следующее.

1. Обзор литературы выполнен на высоком уровне, он демонстрирует хорошее знакомство с теоретическими основами металловедения и термической обработки, материаловедения для машиностроения. В числе прочего автор уделил в обзоре литературы внимание влиянию вредных примесей на отпускную хрупкость II рода. Однако в развитых им двух направлениях работы эта тема, к сожалению, не освещена.

2. В части методической главы 2, касающейся определения механических свойств, не указано, на каком конкретном оборудовании проводились испытания. В том числе, в разделе 2.5.2 Определение сопротивляемости металла баллонов разрушению при пониженных температурах (с. 80-81) нет информации о температуре и других существенных подробностях испытаний. В автореферате раздел по материалу и методам представлен очень сжато, и не дает представления о масштабе и уровне выполненных работ.

3. Не ясно, чем обосновано, дополнительное использование (среди прочих методов) для анализа количества остаточного аустенита дорогостоящего метода дифракции нейтронов. Он применен лишь для нескольких режимов обработки стали, и никак не прокомментирован в разделе 4.1.5 «Сравнение результатов определения количества остаточного аустенита с помощью различных методов», если не считать фразы на с.117 «разброс значений количества остаточного аустенита, определенного различными методами (кроме EBSD), находится в приемлемом интервале и не превышает 3,0 %». В тексте диссертации нет пояснений относительно того, как эта оценка разброса производилась.

4. Отсутствуют экспериментальные данные по влиянию легирующих элементов (C, Ni, Mo, V) на фазовые превращения и формирование структуры исследованных сталей, особенно – на количество, состав и распределение карбидных фаз.

5. Автор, исследовал свойства металла баллонов ВВД после горячей пластической деформации и термообработки. Однако, многократная деформация для получения баллонов применяется не к поковке, а к негомогенизированному слитку. Ликвационная неоднородность химического состава является одной из важных причин выявленной автором неоднородности микроструктуры и фазового состава в стенках баллонов ВВД.

С учетом последнего замечания сделана **рекомендация по практическому использованию работы.** Представляется актуальным использовать научный задел и методологические подходы работы для того, чтобы усовершенствовать технологию производства баллонов ВВД на более ранней стадии, отказавшись от деформации слитка на заготовку для конечного изделия, минуя стадию изготовления горячедеформированного термообработанного полуфабриката. Это позволило бы радикально избавиться от ликвационной неоднородности и наследственности литой структуры.

Сделанные замечания не снижают общей научной и практической значимости работы. (Фактически, каждое из развитых в работе направлений исследований могло со-

ставить отдельную диссертационную работу, что видно также и из её значительного объема, большего, чем у обычно представляемых кандидатских диссертаций - 202 страницы, шесть глав, 150 литературных источников, внедрение.) Результаты работы не вызывают сомнений в достоверности. Сделанные технологические рекомендации полностью научно обоснованы и использованы в производстве. Диссертационная работа А.И. Зизы является законченным исследованием, позволившим достичь поставленной цели, полностью отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертационным работам.

Работа была заслушана на *объединенном коллоквиуме Лаборатории конструкционных сталей и сплавов и Лаборатории физикохимии и механики разрушения металлических материалов* Федерального государственного бюджетного учреждения Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (Протокол № 2 от 3 мая 2018 г.). На основании вышеизложенного коллоквиум вынес решение о том, что диссертация «Разработка технологических методов повышения характеристик сопротивления разрушению металла баллонов ВВД из высокопрочной стали Cr-Ni-Mo-V композиции» соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор, Зиза Алексей Игоревич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - «Материаловедение (машиностроение)»

Председатель коллоквиума,
Гл.н.с. Лаборатории конструкционных
сталей и сплавов, д.т.н., проф.



Блинов
Виктор Михайлович

Ученый секретарь коллоквиума,
И.о. зав. лабораторией физикохимии и
механики разрушения металлических
материалов, в.н.с., д.т.н., доцент



Костина
Мария Владимировна

И.о. зав. Лабораторией конструкцион-
ных сталей и сплавов, в.н.с., к.т.н.



Баннх
Игорь Олегович

Подписи

В.М. Блинова, М.В. Костиной

И.О. Баннх заверяю

Ученый секретарь ИМЕТРАН



О.Н. Фомина