

В диссертационный совет 24.2.312.12  
на базе федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Казанский национальный  
исследовательский  
технологический университет»,  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Нюхляева Олега Александровича  
«Управление микроструктурой конструкционных трубных сталей в зоне  
лазерной сварки», представленной на соискание учёной степени  
кандидата технических наук по специальности  
2.6.17. Материаловедение**

Ключевой задачей современного материаловедения является обеспечение необходимого комплекса механических свойств, в частности прочности и ударной вязкости, сварных соединений труб большого диаметра, предназначенных для магистральных газопроводов и нефтепроводов, эксплуатируемых в условиях низких температур. Лазерная сварка позволяет решить эту задачу за счет снижения тепловложения, минимизации зоны термического влияния и уменьшения сварочных деформаций. Дальнейшим развитием технологии является гибридный процесс, сочетающий лазерное излучение с ультразвуковым воздействием. Такой подход обеспечивает эффективное управление кристаллизацией и структурообразованием металла шва, подавляя рост зерна, снижая химическую неоднородность и предотвращая возникновение дефектов (пор и трещин). В связи с вышесказанным, актуальность диссертационной работы Нюхляева О.А., направленной на поиск путей повышения характеристик прочности и пластичности сварных швов при лазерной сварке трубных сталей путем воздействия ультразвуковыми колебаниями, не вызывает сомнений. Важность проводимых исследований также связана с необходимостью создания отечественного современного сварочного оборудования и соответствующего программного обеспечения.

Научная новизна и значимость работы не вызывают сомнений. Основным новым результатом заключается в разработке комплексного подхода к управлению микроструктурой сварных швов сталей 12Х18Н10Т и 09Г2С с применением лазерно-акустической сварки, а также в установлении оптимальных параметров ультразвукового воздействия для каждого типа стали.

Значимыми частными результатами являются следующие:

- Установлены механизмы влияния ультразвуковых колебаний на формирование структуры сварных швов: фрагментация пластинчатых включений  $\delta$ -феррита (для стали 12Х18Н10Т) и измельчение зерна (для стали 09Г2С) под действием акустической кавитации и акустических течений в расплаве.

- Разработан процесс лазерно-акустической сварки с оптимизированными параметрами: для стали 12Х18Н10Т оптимальной является частота 80 кГц, обеспечивающая повышение прочности при изгибе в 1,5 раза; для стали 09Г2С – частота 22 кГц, обеспечивающая снижение пористости в 3-5 раз и повышение предела прочности при растяжении в 1,3 раза.

- Разработана и обоснована технологическая схема двухпроходной лазерной сварки бывших в употреблении НКТ с использованием присадочной проволоки и дополнительного акустического воздействия, позволяющая получать сварные соединения с прочностью, составляющей 96% от прочности основного металла.

- Предложена физическая модель, описывающая воздействие ультразвуковых колебаний на процессы кристаллизации и структурообразования в сварочной ванне, что позволяет прогнозировать и регулировать свойства сварных соединений.

Практическая значимость работы состоит в создании конкретных технологических рекомендаций и режимов лазерно-акустической сварки для трубных сталей, а также в разработке программных средств управления процессом сварки (получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ). Результаты исследований внедрены в рамках договора НИОКР с ООО «ТЕХНОФОРДЖ» и используются в учебном процессе КНИТУ-КАИ.

Содержание диссертации с достаточной полнотой отражено в научных публикациях автора: среди 16 работ 5 статей опубликовано в журналах из перечня ВАК, 2 статьи – в журналах, индексируемых в библиометрических базах Scopus и Web of Science. Получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Достоверность результатов исследований обеспечивается применением комплекса современных аналитических методов (оптическая и электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ, механические испытания, 3D-томография), соответствием методик требованиям ГОСТ, статистической обработкой данных. Достоверность подтверждается и публикациями в рецензируемых научных изданиях, а также успешной апробацией основных результатов и выводов работы в докладах на конференциях различного уровня. Решающий личный вклад автора в представленные в работе исследования не вызывает сомнений.

Однако по тексту автореферата есть уточняющие вопросы:

1) В автореферате показано, что для стали 12Х18Н10Т оптимальной является частота ультразвука 80 кГц, а для стали 09Г2С – 22 кГц. С чем автор связывает столь существенное различие в оптимальных частотах для этих материалов?

2) В автореферате указано, что ультразвуковая обработка позволяет снизить пористость в сварных швах стали 09Г2С в 3-5 раз. Каков механизм этого явления – происходит ли коалесценция и всплывание пузырьков газа под действием акустических колебаний или же предотвращается сам процесс их зарождения?

3) В автореферате не представлена технологическая схема обработки ультразвуковыми колебаниями образцов в процессе сварки.

4) Не ясно, откуда взялась столь высокая точность при определении предела прочности образцов 12Х18Н10Т (527,998 МПа), представленная в Таблице 1.

### **Заключение**

Содержание автореферата диссертации Нюхляева Олега Александровича на тему: «Управление микроструктурой конструкционных трубных сталей в зоне лазерной сварки» позволяет утверждать, что полученные автором новые результаты вносят значительный вклад в развитие основ лазерно-акустических технологий создания сварных соединений с улучшенными механическими свойствами. Работа представляет существенную практическую ценность, ее результаты имеют хорошие перспективы внедрения в производство.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.6.17 «Материаловедение» по пунктам 1, 3 и 4.

Диссертация соответствует требованиям, установленным п. 9 Постановления Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей

редакции, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор работы, Нюхляев Олег Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Я, Панин Алексей Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



/Панин Алексей Викторович/

5 марта 2022.

Подпись А. В. Панина удостоверяю  
Ученый секретарь ИФПМ СО РАН



Н. Ю. Матолыгина

Панин Алексей Викторович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»), профессор, заведующий лабораторией физики поверхностных явлений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения им. В.Е. Панина Сибирского отделения Российской академии наук, пр. Академический, 2/4, г. Томск, Россия, 634055, Тел.: +7 (382-2) 286-979, E-mail: [pav@ispms.ru](mailto:pav@ispms.ru)