

## О Т З Ы В

**на автореферат диссертации Хузнахметова Руслана Маратовича на тему: «Влияние режима лазерной обработки на фазовые превращения в поверхностном слое материалов нефтегазового оборудования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.**

Представленный автореферат отражает содержание диссертационной работы, посвященной разработке технологии лазерной обработки аустенитной коррозионностойкой стали 12X18H10T для формирования выпуклой рельефной маркировки на изделиях нефтегазового и криогенного оборудования. Рассматриваемая тема является актуальной, поскольку в условиях эксплуатации такого оборудования особое значение имеют надежность материала, его коррозионная стойкость, сохранение идентификационной информации, а также отсутствие неблагоприятных изменений в поверхностном слое после технологического воздействия. Следует отметить, что выбранное направление исследования имеет не только прикладное, но и материаловедческое значение. Лазерная обработка аустенитных сталей может сопровождаться изменением структуры и фазового состава. В связи с этим важным является обоснование таких режимов обработки, которые не приводят к нежелательным структурно-фазовым изменениям, способным ухудшить эксплуатационные свойства стали. В автореферате показано, что автором решена задача формирования выпуклого рельефа за счет управляемого перераспределения расплава. Такой подход представляет интерес, поскольку позволяет получить маркировку, обладающую тактильной различимостью и устойчивостью к внешним воздействиям без существенного нарушения сплошности поверхности. В работе обосновано, что устойчивое формирование рельефа достигается при энергии одиночного импульса 0,225 мДж и степени перекрытия импульсов 99,58 %. Указанные параметры обеспечивают плавление материала и перемещение жидкой фазы без перехода к интенсивной абляции.

Научная новизна диссертационной работы заключается в установлении закономерностей влияния параметров импульсной наносекундной лазерной обработки и стратегии сканирования на формирование выпуклого рельефа на поверхности стали 12X18H10T. Автором определено влияние длины вектора сканирования, расстояния между векторами и количества циклов обработки на высоту рельефа. Полученные зависимости позволяют не только описать процесс формирования рельефа, но и использовать их при выборе технологических параметров для получения маркировки с заданными геометрическими характеристиками.

Существенным результатом является подтверждение сохранения аустенитной структуры в зоне лазерной обработки. Согласно материалам автореферата, в зоне сформированного рельефа наблюдается мелкозернистая, а в отдельных участках ультрамелкозернистая структура, при этом не выявлены признаки образования карбидов  $Cr_{23}C_6$ ,  $\sigma$ -фазы и  $\delta$ -феррита. Данный результат имеет важное значение для оценки надежности предлагаемой технологии применительно к изделиям из аустенитных коррозионностойких сталей, работающим в условиях воздействия коррозионно-активных сред.

Практическая значимость работы подтверждается результатами комплексной оценки эксплуатационных свойств выпуклой рельефной маркировки. Проведенные электрохимические исследования и испытания в камере соляного тумана показали отсутствие коррозионных дефектов в исследованных условиях. Испытания на абразивное изнашивание по стандарту ASTM G65 подтвердили, что после механического воздействия маркировка сохраняет читаемость, несмотря на локальное стачивание отдельных участков рельефа. Это

ОТЗЫВ

свидетельствует о возможности использования разработанной технологии для долговечной идентификации изделий нефтегазового и криогенного назначения.

Автореферат изложен последовательно и логично. В нем четко сформулированы цель, идея и задачи исследования, представлены положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты прошли апробацию на научно-практических мероприятиях и отражены в публикациях автора, включая статьи в изданиях из перечня ВАК и изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Практическая значимость подтверждена внедрением результатов в ООО «Лазерный Центр» и свидетельством о государственной регистрации базы данных.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. На стр. 15 указано, что «признаки мартенситных превращений также не выявлены». В то же время во введении упоминается, что при импульсном лазерном воздействии возможно образование  $\epsilon$ -мартенсита. Учитывая высокие скорости охлаждения при лазерной обработке, следовало бы ожидать хотя бы локального образования деформационного или термического мартенсита. Какими методами (кроме рентгенофазового анализа) оценивалось отсутствие мартенсита? Не противоречат ли повышенные значения микротвердости (табл. 2 на стр. 16) локальному упрочнению, которое может быть связано в том числе с мартенситными превращениями?

2. Поскольку технология ориентирована на изделия нефтегазового и криогенного назначения, представляло бы интерес в дальнейшем оценить особенности формирования рельефа не только на плоских образцах, но и на цилиндрических или криволинейных поверхностях, характерных для труб, сосудов и баллонов.


Указанное замечание носит уточняющий характер, не затрагивают основных научных положений работы и не снижают ее научной и практической значимости.


Диссертация Хузнахметова Руслана Маратовича «Влияние режима лазерной обработки на фазовые превращения в поверхностном слое материалов нефтегазового оборудования», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Хузнахметов Руслан Маратович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

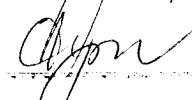
Нарыкова Мария Владимировна  
к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник  
лаборатории физики прочности  
федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук

Дата: «01» июня 2026 г.

194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26  
Тел: (812) 292-73-12  
Почта: Maria.Narykova@mail.ioffe.ru

 /М.В. Нарыкова/

Подпись  удостоверяю  
зас.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

 Сулияури Е.М.  
01.06.2026