



ООО «Лазерный Центр»  
195067, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Полустрово,  
ул. Маршала Тухачевского, д. 22, литера А, офис 231

Тел.: (812) 326 - 7892, 240 - 5060  
Тел.: (800) 555 - 5620 - звонок по России бесплатный  
E-mail: info@newlaser.ru

## ОТЗЫВ

**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.**

Диссертационная работа Хузнахметова Р.М. посвящена актуальной научно-технической задаче, связанной с разработкой режимов лазерной обработки аустенитной коррозионностойкой стали 12X18H10T, обеспечивающих формирование выпуклой рельефной маркировки при сохранении структурно-фазовой стабильности поверхностного слоя. Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью повышения надежности изделий нефтегазового и криогенного оборудования, эксплуатируемых в условиях переменных температур, повышенной влажности, воздействия коррозионно-активных сред, а также необходимостью сохранения идентификационных признаков в течение всего жизненного цикла изделия. Следует отметить, что для оборудования нефтегазового и криогенного назначения маркировка не может рассматриваться только как информационный элемент. Она должна быть долговечной, читаемой, устойчивой к механическим и коррозионным воздействиям и при этом не должна ухудшать состояние материала в зоне нанесения. В этом отношении выбранное автором направление, основанное на формировании выпуклого рельефа за счет управляемого перераспределения расплава, представляет значительный научный и практический интерес.

В автореферате убедительно показано, что при локальном высокотемпературном воздействии на аустенитные стали возможно развитие нежелательных структурно-фазовых превращений, включая выделение карбидов  $Cr_{23}C_6$  по границам зерен, образование  $\sigma$ -фазы и  $\delta$ -феррита. Поэтому важным достоинством работы является то, что автор рассматривает лазерную обработку не только как способ формирования геометрии поверхности, но и как технологический процесс, требующий контроля структурно-фазового состояния материала.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в установлении закономерностей влияния параметров импульсной лазерной обработки наносекундной длительности и стратегии сканирования на формирование выпуклого рельефа на поверхности стали 12X18H10T. Автором показано, что устойчивое формирование рельефа достигается в режиме управляемого перераспределения расплава при незначительной абляции. Определено, что ключевыми параметрами процесса являются энергия одиночного импульса и степень перекрытия импульсов. Установлено, что при энергии импульса 0,225 мДж и степени перекрытия 99,58 % обеспечиваются условия для устойчивого перемещения расплава и получения выпуклого рельефа с требуемыми геометрическими характеристиками.

Важным является получение зависимостей высоты формируемого рельефа от параметров траектории сканирования, включая длину вектора, расстояние между векторами и количество циклов обработки. Установлено, что наибольшее влияние на высоту выпуклого рельефа оказывают длина вектора сканирования и количество циклов обработки. Данный результат имеет практическое значение, поскольку позволяет управлять геометрией рельефа в зависимости от требований к маркировке. Особого внимания заслуживают результаты исследования структурно-фазового состояния зоны лазерного воздействия. Согласно представленным в автореферате данным, разработанные режимы обработки позволяют сохранить аустенитную структуру стали 12X18H10T, предотвратить образование карбидов

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-109 01 20 05.26  
АУ УС



Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, σ-фазы и δ-феррита. При этом в зоне сформированного рельефа выявлено формирование мелкозернистой, а в отдельных участках – ультрамелкозернистой структуры.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается результатами комплексной оценки эксплуатационных свойств выпуклой рельефной маркировки. В автореферате приведены данные ускоренных коррозионных испытаний в камере соляного тумана и электрохимических исследований, которые свидетельствуют об отсутствии коррозионных дефектов в зоне сформированной маркировки в исследованных условиях. Испытания по стандарту ASTM G65 показали, что после абразивного изнашивания маркировка сохраняет читаемость, несмотря на частичное стачивание вершин рельефа.

Автореферат написан грамотным техническим языком, его структура логична и соответствует содержанию диссертационной работы. Цель исследования сформулирована четко, задачи последовательно раскрывают основные этапы работы: от анализа состояния проблемы и выбора режимов лазерного воздействия до оценки структурно-фазового состояния, коррозионной стойкости, износостойкости и применимости результатов.

В качестве замечаний стоит отметить:

1. В автореферате установлены параметры лазерной обработки, обеспечивающие формирование выпуклого рельефа при энергии импульса 0,225 мДж и степени перекрытия импульсов 99,58 %. Вместе с тем было бы полезно дополнительно уточнить, насколько чувствителен процесс к изменению фокусного положения, диаметра пятна и качества фокусировки лазерного излучения, поскольку данные параметры существенно влияют на плотность энергии и повторяемость формирования рельефа.

2. Разработанные режимы получены для конкретного лазерного комплекса и определенных оптических характеристик системы. Было бы полезно дополнительно указать, какие параметры следует считать определяющими при переносе технологии на другое лазерное оборудование: энергию импульса, среднюю мощность, частоту следования импульсов, диаметр пятна, длительность импульса, скорость и степень перекрытия.

Данные замечания носят уточняющий характер и не снижают положительного впечатления от работы.

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.

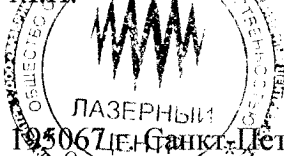
Инженер-технолог, ООО «Лазерный центр»  
кандидат технических наук

Жданова Елена Юрьевна

21.05.2026

Подпись Ждановой Е.Ю. заверяю

М.П.



Директор

ООО "Лазерный Центр"

С.Г. Горный

195067, Санкт-Петербург, ул. Маршала Тухачевского, д. 22, лит. А, оф. 226

Тел. (812) 332-06-59

Эл. почта: elena@newlaser.ru