

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

эксперта диссертационного совета Д 05.24.703 при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова проф. д.т.н. Муслимова Аннаса Паясовича по диссертации Наумовой Маргариты Геннадьевны на тему: «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

Эксперт диссертационного совета проф. д.т.н. Муслимов А.П., рассмотрев представленную диссертацию соискателя Наумовой М.Г. на тему: «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений», по специальности 05.02.08. – технология машиностроения, пришел к следующему заключению:

### **1. Соответствие диссертационной работы специальности 05.02.08 – технология машиностроения**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, представленная Наумовой Маргаритой Геннадьевны, на тему: «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений», соответствует профилю диссертационного совета.

В работе отражены факторы и методы исследования металлических поверхностей после лазерной обработки, для формирования на них стойкого цветного изображения с целью повышения качества металлических изделий, что отвечает требованиям паспорта специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

**2. Целью диссертации является** совершенствование процесса цветной лазерной маркировки металлургической продукции на основе исследования и разработки режимов лазерной обработки с целью формирования цветных изображений на металлической поверхности. Поставленная цель достигнута решением в диссертационной работе следующих задач:

- исследовать влияние микрогеометрии сложного регулярного рельефа и шероховатость поверхности на цветное окрашивание при лазерной маркировке.
- разработать режимы нанесения на металлическую поверхность цветных изображений, путем лазерной модификации небольшого слоя материала.
- разработать возможный способ автоматизации при подборе параметров лазерной маркировки.

Объектом исследования диссертационной работы являются поверхности из стали и цветных металлов, в том числе покрытия,

окрашенные в различные цвета в результате лазерной маркировки с различными параметрами.

Предметом исследования является определение влияния микрогеометрии сложного регулярного рельефа поверхности на цветное окрашивание при лазерной маркировке; определение влияния теплофизических характеристик материала-подложки на формирование цветового изображения на материале-покрытии при ЦЛМ. Это соответствует требованиям к исследованиям по специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

**Актуальность темы диссертации.** Разработанная технология нанесения цветных изображений на металлические поверхности может быть эффективно использована для печати товарных знаков, защищающих высококачественную продукцию от подделок, для классификации деталей в микротехнологиях. При этом очень важным является тот факт, что изображение наносится на поверхность металла с высокой точностью без механического воздействия на изделие. Это позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы является, безусловно, актуальной.

Благодаря качественной маркировке осуществляют строгий учет каждой единицы изделия, выпускаемого предприятием и контроль за его передвижением не только по самому предприятию, но и при реализации. Вследствие особенностей технологических процессов, иногда маркировка изделий массового производства должна быть доступна восприятию обслуживающим персоналом без приборов и вопрос о правильном применении той или иной детали требует очень быстрого ответа. В этих случаях цветная лазерная маркировка незаменима.

### 3. Научные результаты.

В работе представлены следующие новые, научно обоснованные результаты, совокупность которых имеет немаловажное значение для получения качественного цветового изображения на металлических поверхностях.

**Результат 1.** Изучено влияние фазового состава оксидных пленок на поверхности металла при термическом импульсном лазерном воздействии в диапазоне формирования цветных оксидных структур.

**Результат 2.** Изучено трещинообразование в оксидных пленках. Установлено, что при определенных параметрах лазерного излучения на поверхности образцов возникает сетка трещин, которую можно наблюдать, начиная с увеличения  $\times 7000$ . Сетка трещин образовалась при скоростях продвижения луча 400...500 мм/с и расстоянии между проходами луча 0,005 мм.

**Результат 3.** Установлено, что изменение глубины неровностей регулярного рельефа на поверхности нержавеющей стали (показатели шероховатости  $Ra$  и  $Rz$ ) полностью изменяет цвет окрашивания поверхности; при этом параметры шероховатости изменялись в диапазоне  $Ra = 0,261...0,167$  мкм и  $Rz = 3,063...1,870$  мкм.

**Результат 4.** Определены режимы термического лазерного воздействия для получения заданных цветов на поверхности нержавеющей стали, соответствующих ряду контрастных групп по шкале RAL и хромированных поверхностях стали 08 и латуни Л63.

**Результат 5.** Разработана программа для работы с базой данных полученных результатов при лазерной обработке металлических образцов с покрытием.

### 3.1. Степень новизны научных результатов и рекомендаций

**Результат 1** – новый, поскольку определена взаимосвязь между изменением цвета и массовой доли оксидов железа

**Результат 2** – новый, впервые экспериментально определена зависимость между параметрами лазерного излучения и деформационными трещинами на поверхности оксидных пленках металлических поверхностях, которые так же влияют на получение качественного цветового изображения.

**Результат 3** – новый, так как исследование показало влияние микрогеометрии сложного регулярного рельефа поверхности, сформированного при термическом импульсном лазерном воздействии на цветные изображения на поверхности нержавеющей стали.

**Результат 4** – новый, т.к. режимы подобраны на основании исследования поверхностей сталей и ее микрогеометрии

**Результат 5** – новый, так как программа позволяет внедрить автоматизацию в промышленный процесс маркировки металлических деталей.

### 3.2. Обоснование достоверности научных результатов

**Результат 1** достоверен, т.к. является результатом теоретических исследований, подтвержденных экспериментальными исследованиями.

**Результат 2** достоверность подтверждена измеренными показателями и представлена в виде таблиц и графиков зависимости

**Результат 3** достоверен, т.к. микрогеометрия сложного периодического поверхностного рельефа может оказывать значительное влияние на зрительное восприятие цветообразования, полученного в результате ЦЛМ.

**Результат 4** достоверность подтверждена высокой адекватностью расчетных и экспериментальных данных.

**Результат 5** достоверность подтверждена актами внедрения на производственных предприятиях

### 3.3. Теоретическое значение работы

Положения диссертационной работы Наумовой Маргариты Геннадьевны на тему: «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений» представляют собой исследования, направленные на получения качественной цветной лазерной маркировки на поверхности металлических изделий, так как это позволит увеличить надежность контрольных операций в производстве собственных изделий, снизить часть бракованной продукции и снизить риски пересортицы изделий, выпускаемых

в массовом масштабе. В результате теоретических исследований были подобраны параметры лазерного излучения, которые были сформированы в автоматизированную программу, позволяющую сократить сроки маркировки металлических изделий.

Исследования, проведенные в работе, имеют внутреннее единство и направленность при получении результатов, что свидетельствует о личном вкладе автора.

#### 3.4. Соответствие квалификационному признаку

Диссертация соискателя Наумовой М.Г. соответствует требованию п. 11, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Указом Президента КР №12, от 18.01.2022 г. и является индивидуальной научно-квалификационной работой, представленной в виде специально подготовленной рукописи, содержание которой отвечает следующему квалификационному признаку - изложение научно обоснованных технических, социально-экономических или технологических разработок, имеющих существенное значение для экономики страны в зависимости от сферы науки и тематики.

#### 4. Практическая значимость полученных результатов.

Работа выполнена в рамках государственной работы «Проведение научно-исследовательских работ (фундаментальных научных исследований, прикладных научных исследований и экспериментальных разработок)» государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности на 2014-2016 гг. (Задание № 2014/113). А также в рамках Договора подряда № ГПХ22-2019/291 от 01.04.2019 на тему «Исследование параметров цветной лазерной маркировки металлических поверхностей».

Основные результаты и положения диссертации доложены на научных конференциях.

1. Юбилейной десятой ежегодной международной научно-практической Интернет-конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2015» (с 17 по 29 марта 2015 г.). Проект SWorld ([www.sworld.education](http://www.sworld.education))

2. Международная научно-техническая конференция Пром-Инжиниринг 2019 25-29 марта в город Сочи (<http://icie-rus.org/icie2019-rus.html>).

3. «Научно-практические конференции студентов НИТУ «МИСиС». Под редакцией С.М. Горбатюка Киров, 2016 г, с. 54-58 «Феноменологическое исследование возможностей создания управляемого формирования цветных изображений на металлической поверхности».

4. «Научно-практические конференции студентов НИТУ «МИСиС» Под редакцией С.М. Горбатюка. Киров, 2017 г, с. 37-40 «Влияние параметров лазерного излучения на топологию и цветовую гамму металлической поверхности».

5. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2019.

Научные результаты, полученные в диссертации, были внедрены:

1. В ООО НТЦ «ТСМ» (Акт внедрения 26.08.2024 г.).
2. В ООО «Уфимский компрессорный завод» (Акт внедрения 29.08.2024 г).
3. В «SolidLine design studio» (Акт внедрения 27.08.2024).
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024615431 Программа для подбора параметров лазерной маркировки «Лазкон» 06. Марта 2024 г.

Реализация материалов диссертации соискателя Наумовой М.Г. позволила определить режимы термического лазерного воздействия для получения заданных цветов на поверхности нержавеющей стали, соответствующих ряду контрастных групп по шкале RAL и хромированных поверхностях стали 08 и латуни Л63.

По материалам диссертации имеется 18 публикаций, 5 из которых входят в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК, 9 статей опубликованы в единой базе рецензируемой научной литературы Scopus. Наукометрический показатель, индекс Хирша (h-индекс) соискателя равен 9. Общее количество баллов по публикациям соискателя составляет 396 баллов.

#### **5. Соответствие автореферата содержанию диссертации.**

Автореферат соответствует содержанию диссертации, поставленной в ней цели и задачам. Автореферат имеет идентичное резюме на кыргызском, русском и английском языках.

#### **6. Замечания:**

1). Главу 2. Методология и методы исследования необходимо оформить согласно “Инструкции по оформлению диссертации и автореферата” НАК Кыргызской Республики от 27.12.2018 №191. Необходимо в Главу 2 внести следующие пункты: объект исследования и предмет исследования (они имеются в автореферате), а также перечень использованных разделов наук.

2). При разработке математической модели технологии лазерной маркировки (Глава 4) по формулам (5), (6) и (7) не проведены численные расчеты соответствующих размеров, необходимых для настройки оборудования.

3). В Заключение следует указать использование результатов диссертации в учебном процессе и производстве с приведением актов внедрения.

Устранить замечания в соответствии с последними требованиями Инструкции по оформлению диссертации и автореферата НАК при ПКР.

#### **7. Предложения:**

Эксперт диссертационного совета Муслимов А.П. предлагает по рассматриваемой диссертации, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения назначить:

- в качестве ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", Москва, переулок Вадковский 3А.

- в качестве официальных оппонентов назначить:

**первым официальным оппонентом** – доктора технических наук, профессора Абсадыкова Бахыт Нарикбаевича, специальность 05.02.08 – технология машиностроения, главного ученого секретаря Института химических наук им. А.Б. Бектурова, Республика Казахстан, г. Алматы.

- **вторым официальным оппонентом** – доктора технических наук, профессора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Полякова Романа Николаевича, который имеет труды близкие по теме исследования:

1) Бондаренко, М.Э. и др. Prediction of Remaining Useful Life of Passive and Adjustable Fluid Film Bearings Using Physics-Based Models of Their Degradation / М.Э. Бондаренко, Р.Н. Поляков, Л.А. Савин, И.Н. Стебаков, Д.В. Шутин // Mechanisms and Machine Science.- 2024. - № 139. - С.211-223. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-40455-9\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-40455-9_17). [Электронный ресурс]. - URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-40455-9\\_17](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-40455-9_17).

2) Поляков А.Ю. и др. Повышение точности и достоверности полученных результатов при экспериментальных исследованиях узлов с бесконтактными уплотнениями / И.Л. Агашков, А.В. Внуков, А.В. Горин, Р.Н. Поляков, А.Ю. Родичев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2024. - № 1(3630). - С.69-78)

3) Кислов, С.В. и др. Триботехнические качества поверхностей трения с минеральными покрытиями / С.В. Кислов, Р.Н. Поляков, Л.А. Савин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2024. - № 2 (364). - С.64-71.

Требуется расширенное использование практических результатов диссертации, имеющее прикладное значение.

### **9. Заключение:**

На основании вышеизложенного считаю, что представленная к защите диссертация соискателя Наумовой М.Г. содержит теоретические результаты, необходимые при качественной лазерной маркировке металлических поверхностях, что дает право осуществлять строгий учет каждой единицы изделия, выпускаемого предприятием и контроль за его передвижением не только по самому предприятию, но и при реализации. Выводы диссертации соответствуют целям и задачам исследования, а практические рекомендации основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований.

*По проверке первичной документации:* проверка первичного материала подтверждает, что соискателем проведена самостоятельная работа по теме диссертации. Имеющаяся в наличии первичная документация достоверна, репрезентативна, выполнена лично соискателем и полностью соответствует целям и задачам исследования. Все необходимые документы для проведения

дальнейших действий в диссертационном совете находятся на достаточном уровне.

Диссертация Наумовой М.Г. удовлетворяет требованию п. 9, 11 предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Указом Президента КР №12, от 18.01.2022 г. и является индивидуальной научно-квалификационной работой и написана единолично соискателем, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, имеет внутреннее единство диссертационной работы, которая направлена на совершенствование процесса цветной лазерной маркировки металлургической продукции на основе исследования и разработки режимов воздействия высококонцентрированного источника энергии на поверхности металлов, что свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку. Соискателю принадлежит идея создания автоматизированной программы «Лазкон» для нанесения качественной цветной маркировки на металлические поверхности.

10. Эксперт диссертационного совета, рассмотрев представленные документы рекомендует диссертационному совету Д 05.24.703 при Институте машиноведения, автоматики и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова принять диссертацию Наумовой М.Г., на тему «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения к защите.

Эксперт, д.т.н. проф.



Муслимов А.П.,  
15.01.2025 г.

Подпись эксперта диссертационного совета Д 05.24.703 заверяю.

Ученый секретарь диссертационного совета, Д 05.24.703

к.т.н., с.н.с.



Эликбаев К.Т  
15.01.2025 г.