

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий (ИШНПТ)
Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
Отделение школы материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Ввод в эксплуатацию лазерного маркера "Rabbit Fiber 20" и подбор технологических режимов маркировки

УДК 621.9.048 7 615.849 19

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Резмерица А.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зыков И.Ю.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы инженерного предпринимательства	Калмыкова Екатерина Юрьевна	к. э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Назаренко Ольга Брониславовна	д. т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
"Опотехника"	Полисадова Елена Федоровна	д. ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оплотехники
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
P3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оплотехники
P4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
P5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
P6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оплотехники
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
P9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Опtotехника»
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. зав. кафедрой ЛИСТ

(подпись) _____ Е.Ф.Полисадова
(дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Резмерица А.Ю,

Тема работы:

Ввод в эксплуатацию лазерного маркера “Rabbit Fiber 20” и подбор технологических режимов маркировки.	
утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	Лазерный маркер “Rabbit Fiber 20”, описание установки, описание программного обеспечения, материалы для отработки технологических режимов.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	Аналитический обзор по лазерной маркировке, обзор моделей маркеров на рынке в России, порядок подготовки заданий для маркировки, выбор режимов, требуемая дополнительная оснастка.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Результаты маркировки, блок-схема установки, дополнительная оснастка (при наличии), сравнение установки с российскими аналогами.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранном языках:

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.09.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зыков И.Ю.	к.ф.-м.н.		29.09.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Резмерица А.Ю,		29.09.2017

ЗАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Резмерица Анастасие Юрьевне

Инженерная школа	новых производственных технологий	Отделение	материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Характеристика работы: анализ литературы по теме исследования, работы с лазерным оборудованием «Marker Rabbit 20».</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>5.1 Производственная безопасность 5.1.1. Идентификация опасных и вредных факторов: – действие факторов на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); 5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, возникших на рабочем месте при проведении исследований. - освещенность; - отклонение показателей микроклимата в помещении; - превышение уровней шума; - поражение электрическим током;</p>	<p><i>Для защиты исследователя проведен расчет показателя микроклимата в помещении, описаны мероприятия по обеспечению электробезопасности, рассмотрен уровень шума. Для обеспечения чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в рабочей комнате предусмотрены системы вентиляции и отопления.</i></p>
<p>5.2 Экологическая безопасность: - Анализ влияния экспериментального оборудования на окружающую среду; - обоснование мероприятий по утилизации компонентов экспериментального оборудования.</p>	<p><i>Данная выпускная квалификационная работа наносит незначительный ущерб окружающей среде, посредством утилизации компонентов экспериментального оборудования</i></p>
<p>5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях: - анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. - обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>	<p><i>Существует вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций. В лаборатории предусмотрены средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОП-5 Зшт. пожарный кран с рукавом.</i></p>
<p>5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p>	<p><i>К правовым мерам обеспечения безопасности относится организация рабочего пространства и соблюдение режима труда-отдыха</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.09.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф ЭБЖ	Назаренко О.Б	Д.Т.Н		01.09.2017

--	--	--	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Резмерица Анастасия Юрьевна		01.09.2017

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Резмерица Анастасия Юрьевна

Инженерная школа	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 Оппотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Научно-техническое исследование проводится в лаборатории 16в корпуса ТПУ, в работе над проектом задействованы 2 человека: руководитель и студент-дипломник</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- <i>Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы</i> - <i>Потенциальные потребители результатов исследования;</i>
2. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок</i>	- <i>Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, построение графика работ)</i> - <i>Смета затрат на исследование</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта</i>	- <i>Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;</i> - <i>Оценка рисков</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT</i> 2. <i>График проведения и смета затрат</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Калмыкова Екатерина Юрьевна	Кандидат эконом. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Резмерица Анастасия Юрьевна		

Оглавление

Реферат.....	10
Введение.....	13
Глава 1 Лазерная маркировка	15
1.1 Физический смысл лазерной маркировки	15
1.2 Типы лазерной маркировки	17
Глава 2 Взаимодействие лазерного излучения с металлом при гравировке.....	20
Глава 3 Оборудование.....	22
3.1 «Rabbit Fiber 20».....	22
3.2 Технические характеристики	22
3.3 Общий вид установки.....	23
3.4 Описание компонентов маркера	25
3.5 Программное обеспечение.....	26
3.5.1 Функции программы	27
3.6 МиниМаркер-2 M20.....	28
3.7 Общий вид установки	29
3.8 Программное обеспечение	30
3.9. Профилометрия	31
4 Экспериментальная часть	34
4.1 Проведение маркировки на маркере «Rabbit Marker 20».....	34
4.2 Контраст и рельеф	42
4.3 Эксперимент на профилометре.....	57
5 Социальная ответственность.....	65
5.1 Производственная безопасность.....	65
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте.....	67
5.1.2 Анализ выявленных факторов проектируемой производственной среды.....	71
5.2 Экологическая безопасность	73

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	77
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	79
6.1 SWOT- анализ.....	80
6.2 Второй этап SWOT- анализа	82
6.3 Третий этап SWOT- анализа.....	83
6.4 Определение трудоемкости выполнения работ.....	86
6.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	88
Заключение.....	95
Список используемых источников	96

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, 73 рисунка, 43 таблиц, 25 использованных источника, 0 приложений.

Ключевые слова: маркировка, гравировка, лазерное излучение, профилометрия, микроскопия.

Объектом исследования является: лазерный маркер «Rabbit Fiber 20».

Цель работы: Целью данной выпускной квалификационной работы является изучение технических особенностей лазерного маркера «Rabbit Fiber 20» и подбор оптимальных технологических режимов обработки материалов на примере нержавеющей стали.

В результате исследования: определено, что маркер обладает умеренными техническими возможностями, затрудняющими его применение при массовом поточном производстве, либо при необходимости реализации специфических режимов обработки. Вместе с тем следует отметить, что при реализации определенных технологических режимов возможно получение высококонтрастной маркировки с минимальным рельефом на поверхности.

Область применения: маркировка промышленных изделий, в том числе медицинского инструмента.

Экономическая эффективность/значимость работы: в работе показана возможность эффективного использования лазерного маркера бюджетной ценовой категории для получения контрастной маркировки с минимальным нарушением формы поверхности.

В будущем планируется: разработать оснастку для маркировки деталей сложной формы, оптимизировать режимы работы для маркировки медицинских изделий, отработать режимы технологий для работы по

поверхностям с различными покрытиями, изучить стойкость маркировки при эксплуатации хирургического инструмента.

Определения

В выпускной квалификационной работе используются следующая терминология:

Маркировка - это процесс нанесения надписей на изделия и материалы лазерным лучом.

Гравировка - это метод нанесения изображения на какое-либо изделие с помощью сфокусированного лазерного луча. Как правило, это изображение имеет некоторую глубину (рельеф), и в этом заключается основное отличие лазерной гравировки от лазерной маркировки

Лазерное излучение - вынужденное испускание атомами вещества квантов электромагнитного излучения.

Обозначения и сокращения

СПЛМ - система прецизионной лазерной маркировки;

УХЛ – умеренный и холодный климат(-60...+40 С⁰);

ЭВМ - Электронно-вычислительная машина;

ОС- операционная система;

ПК- персональный компьютер ;

Введение

Актуальность: На сегодняшний день маркировка является важным процессом современного производства. Маркировка узлов, деталей или конечного изделия имеет большое значение для производителя и потребителя. Производитель посредством маркировки имеет возможность систематизировать производимую продукцию, защищать продукцию от подделки, наносить предписывающие и указательные данные, а также основную информацию о продукции и собственный товарный знак. Потребитель получает информацию о параметрах и возможностях продукта, о гарантии качества, которую предоставляет производитель, а также указания и предписания для работы с этим продуктом.

Из существующих на данный момент вариантов маркировки продукции лазерная маркировка является наиболее современным и технологичным способом. Также лазерная маркировка является достаточно универсальным методом, поскольку современные лазеры могут обрабатывать огромное количество материалов – металлы, пластики, дерево, полупроводники, стекло и т.д. Подобная универсальность достигается большим количеством видов лазеров, т.к. длины волн излучения лазеров находятся в областях от ультрафиолетовой до глубокой инфракрасной, а также вариацией длительности импульса лазерного излучения – от нескольких фемтосекунд до непрерывного излучения. Большим преимуществом лазерной маркировки является высокая технологичность. Системы лазерной маркировки легко встраиваются в конвейерное производство для проведения потоковой маркировки, или могут выступать отдельной установкой компактных размеров для единичных изделий. Благодаря современным системам управления лазерным излучением лазерная маркировка имеет большую скорость и высокую точность нанесения.

Целью данной выпускной квалификационной работы является ввод в эксплуатацию лазерного маркера «Rabbit Fiber 20» и подбор оптимальных технологичных режимов обработки. (материалов для получения маркировки с заданными параметрами).

Для реализации поставленной цели следует выполнить ряд задач:

- 1) Исследование литературы по лазерной маркировке и лазерному излучению;
- 2) Ознакомление с прибором «Rabbit Fiber 20», так же со связующими приборами как микроскоп и профилометр;
- 3) Экспериментальная часть;
- 4) Получение результатов и их обработка;
- 5) Вывод по проделанной работе.

Объект исследования – лазерный маркер «Rabbit Fiber 20».

Предмет исследования – ввод в эксплуатацию и подбор оптимальных, технологичных режимов маркировки на установке «Rabbit Fiber 20».

1 Лазерная маркировка

1.1 Физический смысл лазерной маркировки

Взаимодействие падающего потока лазерного излучения с материалом зависит от трех составляющих – меры отраженного, поглощенного и прошедшего излучения (рис 1). Отраженное и прошедшее излучение не отдает энергию материалу, таким образом, маркировка определяется количеством поглощенной энергии. Поглощательная способность зависит от длины волны падающего излучения и свойств материала.



Рисунок 1. Воздействие лазерного излучения с материалом

С уменьшением длины волны увеличивается энергия лазерного излучения $E=h*c/\lambda$, где h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме, а λ — длина волны. К тому же с уменьшением длины волны уменьшается отражательная способность материалов, а, следовательно, большее количество энергии будет поглощено обрабатываемым материалом. Поглощенная материалом энергия тратится на вибрационное либо на электронное возбуждение, или же на осуществление фотохимической реакции.[1]

При вибрационном возбуждении (рис. 2) поглощенная энергия фотона вызывает молекулярные колебания в материале, включая растяжения, изгибы или вращение связей, которые скрепляют атомы.

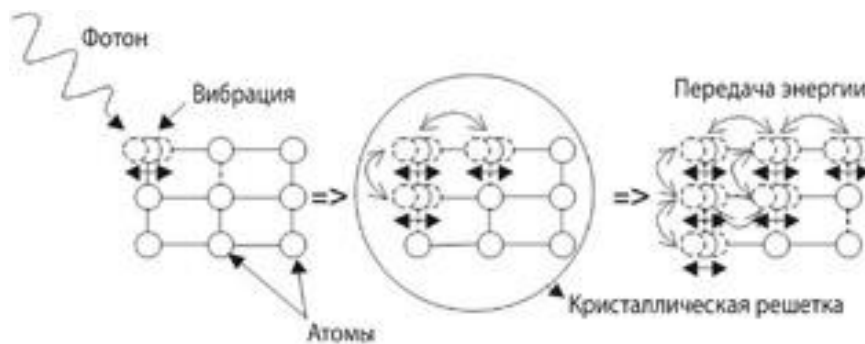


Рисунок 2. Вибрационное возбуждение .

При поворотах молекулярные колебания заставляют атомы тереться друг о друга, что приводит к увеличению температуры и передаче колебаний к смежным атомам.

Если падающий фотон имеет достаточно высокую энергию, он может вызвать электронное возбуждение (рис 3). После поглощения возбужденный электрон может потратить полученную энергию различными способами – на эмиссию фотона или на вибрационное возбуждение.



Рисунок 3. Вибрационное возбуждение

Эмиссия фотона не будет изменять материал или его свойства, но вибрационное возбуждение, вследствие выделения тепла, может изменить материал.

Фотохимическая реакция происходит, если поглощенная энергия фотона вызывает химическую реакцию. Из всех процессов для фотохимических реакций требуется самое большое количество энергии фотона. [2]

1.2. Типы лазерной маркировки.

На сегодняшний день существует четыре типа маркировки. (рис 4)

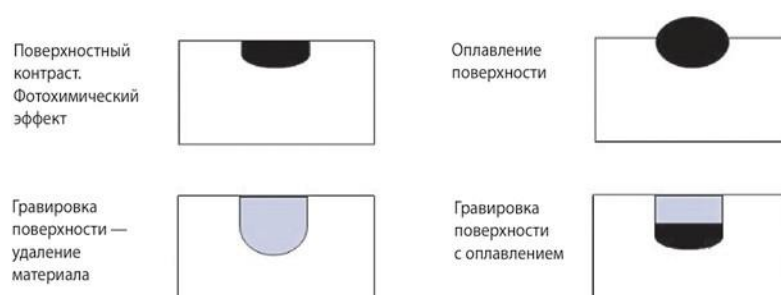


Рисунок 4. Типы воздействия лазерного излучения на поверхность обрабатываемого материала

Создание поверхностного контраста – этот способ характеризуется высокой скоростью сканирования луча по поверхности и короткой длительностью импульса. Цвет изменится только на поверхности материала, которая поглощает свет, именно это создает контраст с необработанной поверхностью материала. Так же этот тип известен как фотохимический эффект. Именно этим способом, к примеру, часто маркируют этикетки товаров. Для этого используется предназначенная термобумага, которая под действие луча меняет цвет. Преимущества данного типа маркировка – это низкая мощность, которая необходима для создания рисунка, компактность оборудования, высокая производительность, высокая разрешающая способность. Как и у всех типов маркировки, присутствуют такие недостатки, как: для маркировки данного типа требуются специальные материалы; Под действием внешних факторов такие как температура, солнечный свет и т.д. происходит порча отпечатка.

Следующий тип маркировки- оплавление поверхности. Этот тип отличается своей низкой скоростью маркировки, при этом материал достигает температуру плавления и через химический распад, изменение в поверхностной морфологии или эффекты окисления обеспечивает видимую маркировку. Из-за низкого контраста, этот способ редко применяется в

маркировке металлических поверхностей. К примеру, маркировка белого цвета на пластмассовых темных поверхностях появляется из-за вспенивания пластмассы, которая обрабатывается лазерным лучом. Из-за сгорания углерода с образованием CO_2 , лазерный луч плавит пластмассу, в которой образуются пузырьки газа. Далее эти пузырьки газа поднимаются у поверхности, но при этом они не покидают материал. Это происходит из-за затвердевания расплавленного пластика, при этом образуя пену. Таким образом вспениваться могут полиэтилены и полиолефины, при этом имея высокую плотность. Недостатком этого метода является низкая износостойкость.

Гравировка поверхности является самым медленным процессом маркировки, так как в процессе материал испаряется. Поскольку маркировка в данном случае представляет собой углубление относительно основной плоскости, маркировка смотрится контрастной, а также осязается при прикосновении. Данная технология является наиболее часто применяемой в различных областях производства. [1]

Главную роль в гравировке поверхности играют параметры обрабатываемого материала. К этим параметрам относятся - скрытая теплота испарения, теплопроводность, коэффициент отражения лазерного излучения. Исходя из того, что весь материал, который удаляется, подвергается испарению, то количество удаляемого материала, которое можно удалить с помощью лазера, ограничено величиной скрытой теплоты испарения. Максимальная глубина слоя испаряемого материала определяется следующим образом:

$$D = \frac{E_0}{A_P (c(T_1 - T_0) + L)}, \quad (1)$$

Где c - удельная теплоемкость, T_1 - температура кипения, T_0 - температура окружающей среды, L - скрытая теплота парообразования, A - облучаемая площадь, E_0 - энергия, полученная под действием лазерного

импульса. Формула непосредственно вытекает из закона сохранения энергии. Стоит отметить, что вся энергия лазерного импульса делится на поглощенную E_0 и отраженную и прошедшую. Формула дает лишь приблизительную оценку. Очень важно понимать, что теплофизические параметры материалов изменяются в зависимости от температуры образца и длины волны излучения. График изменения коэффициента поглощения для некоторых материалов представлен на (рис 5).

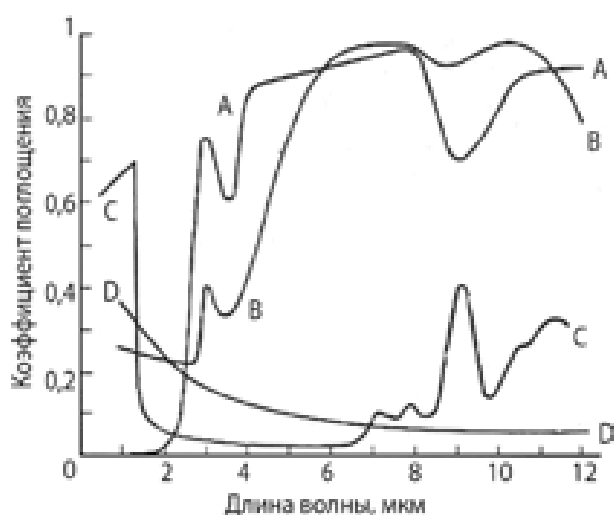


Рисунок 5. Зависимость коэффициента поглощения лазерного излучения от длины волны (А — стекло, В — глиноземная керамика, С — кремний, D — железо)

Форма отверстия, которое получится, подвергается влиянию модового состава лазерного излучения, который является характеристикой конкретного лазера. В процессе маркировки так же оказывает значительное влияние такая физическая величина, как мощность излучения. По причине того, что процесс на разных уровнях плотности проходит по-разному, аналитически эту зависимость описать очень сложно.

Когда нагрев происходит непрерывным лазером, процесс нагрева происходит довольно таки медленно, и поэтому важным критерием в данном случае является отвод тепла вглубь самого материала. В таком случае точка испарения получится большой. В случае с плоскими образцами, главную

роль играет толщина. Плавление материала происходит в том случае, если объём энергии меньше подводимой энергии. При переходе к импульсным лазерам, увеличивается интенсивность, и как следствие, свое влияние начинает оказывать вторичное излучение с поверхности, и это приводит к тому, что происходит переход энергии в окружающую среду. Новые свойства в процессе начинают проявляться, когда уровень достигает 10^5 Вт/см². Это происходит из-за того, что над поверхностью образца образуется облако плазмы, которое частично экранирует поверхность, в это случае происходит потери энергии, в пределах 40 %. Для избежание этого явления, то при подаче импульсов стоит выдерживать паузу. Далее с ростом энергии излучения происходит процесс механического и термического разрушения материала. При это на обрабатываемой поверхности происходит микровзрыв. Эти взрывы приводят к тому, что материал полностью выдавливается, находясь при этом жидкой фазе. Этапы взаимодействия лазерного излучения с веществом по мере увеличения удельной энергии излучения показаны на (рис 6).

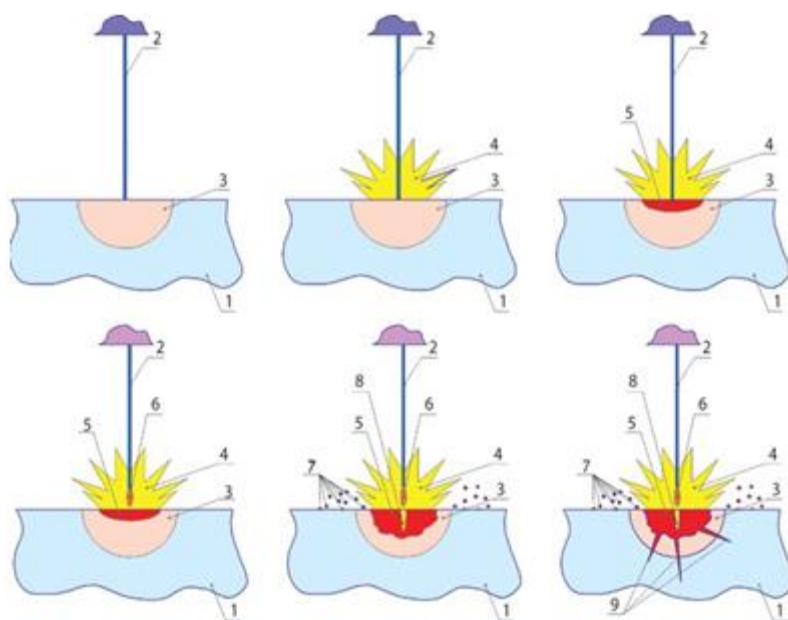


Рисунок 6. Этапы взаимодействия лазерного излучения с веществом

1- Образец; 2- Лазерное излучение; 3- Зона активного теплоотвода внутри материала; 4- Зона отвода энергии во внешнюю среду; 5-Зона локального расплавления материала; 6-Облако плазмы; 7-Брызги расплавленного материала образца; 8- зона локального испарения материала; 9-Трещины, полученные в образе в результате локальных разрывов.

Помимо этого, резкий нагрев побуждает протекание разных химических реакций в зоне воздействия. Если при работе не создается особая среда, то происходят процессы окисления. Это играет важную роль при маркировке изделий, так как позволяет получить химические соединения такого цвета, который будет отличаться от основного материала. Именно этот слой и позволяет получить изображения высокого качества. При простом удалении материала, что зачастую происходит на небольшой величине, трудно нанести на материал хорошо различимые символы. [2]

2.Взаимодействие лазерного излучения с металлом при гравировке.

При взаимодействии лазерного излучения на вещество часть потока в конечном итоге либо проходит сквозь вещество, либо отражается от него, а оставшаяся часть потока - поглощается. Основным результатом поглощения лазерного излучения является повышение температуры на поверхности и в объеме вещества, т.е. его нагрев, плавление, испарение. Другими словами, на поверхности или в объеме вещества действует источник теплоты.

Процесс передачи лазерного излучения твердому телу можно рассмотреть следующим образом: в результате тройного взаимодействия- взаимодействия электрона, фотона и, к примеру, дефекта решетки или другого электрона, энергия световых квантов передается его электронной подсистеме. При этой передаче температура электронной подсистемы начинает увеличиваться и за время $10^{-4} \dots 10^{-13}$ с выравнивается. Далее происходит общее выравнивание температуры из за ее взаимодействия с

ионной подсистемой. Так как длительность излучения составляет более 10^{-8} с и плотность потока не превышает 10^9 Вт/см², лазерное излучение можно рассматривать как источник теплоты, а сам процесс распространения тепла в веществе описать законами теплопроводности. [3]

Процесс воздействия источника теплоты на вещество можно разделить на следующие этапы:

1. Передача энергии лазерного излучения веществу
2. Прогрев объема вещества по теплопроводному механизму
3. Развитие в прогреваемом объеме процессов плавления, испарения, ионизации и разлета вещества
4. Остывание вещества после окончания воздействия лазерного излучения.

Процесс протекания этих этапов воздействия определяет различие и разнообразие технологических процессов.

3.Оборудование

3.1. « Rabbit Fiber 20»

Rabbit Fiber 20– прецизионный маркер на базе волоконного лазера. СПЛМ Rabbit Fiber 20 соответствует 2 классу лазерной опасности согласно СН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», поставляется в климатическом исполнении УХЛ категории 4.1.

Система прецизионной лазерной маркировки (СПЛМ) МиниМаркер-2 M20 создана в ООО «ТД Оллрэди» и предназначена для нанесения изображений в контурном и растровом (с заполнением) виде на металлы, пластики, резину, некоторые виды камней и другие материалы.

Сущность процесса лазерной маркировки состоит в изменении частей поверхности обрабатываемого материала. При воздействии сфокусированного лазерного излучения на материал происходит интенсивный нагрев, плавление и испарение части материала из зоны воздействия, сопровождающиеся образованием зоны частиц с измененными физико-химическими свойствами, что приводит к появлению следа (отпечатка) на участке воздействия лазерного луча. Это свойство лазерного излучения используется для маркировки отдельных деталей и готовых промышленных изделий.

Перемещая сфокусированный луч с помощью сканирующих зеркал, управляемых ЭВМ, можно получить на поверхности то или иное изображение в виде цифр, букв, знаков или рисунков.

3.2. Технические характеристики.

СПЛМ «Rabbit Fiber 20» соответствует следующим техническим характеристикам [4]:

Таблица 1. Технические характеристики.

Тип лазера	Волоконный
Мощность лазера(Вт)	20
Длина волны лазера (мкм)	1,06
Частота повторяемости лазера кГц	20
Рабочее поле (мм)	110x110
Глубина маркировки (мм)	0,3
Скорость гравировки (мм/с)	8000
Минимальная ширина линии (мм)	0,01
Минимальный символ (мм)	0,2
Точность повторяемости(мм)	$\pm 0,0025$
Общая мощность (кВт)	1.0
Рабочее положение(В/Гц/А)	220 /50/8
Система охлаждения	Воздушное охлаждения
Вес нетто/брутто(кг)	260/300
Габариты с упаковкой (м)	1,2x1,2x1,4

3.3 Общий вид установки

Полный комплект лазерного маркера состоит из промышленного персонального компьютера, блока управления лазера, блоки питания, маркирующая голова, палата управления, рабочий стол и другие аксессуары.



Рисунок 7. Лазерный маркер «Rabbit Fiber 20»

Полный комплект лазерного маркера состоит из промышленного персонального компьютера, блока управления лазером, блока питания, маркирующая голова, палата управления, рабочий стол и другие аксессуары.

Вид спереди полной единицы:

- 1.Маркирующая голова;
- 2.Палата;
- 3.Рабочая подъемно-опускающаяся платформа;
- 5.Двуординатный рабочий стол;
6. Корпус оборудования;

3.4 Описание компонентов маркера



Рисунок 8.Задняя часть пульта управления

1. Включатель/выключатель красного света ;
2. Включатель/выключатель гальванометр;
3. Резерв(заземляющий провод 220 В);
4. Резерв (пустой провод 220 В);
5. Резерв (фаза провод 220 В)
6. Промышленный заземляющий провод персонального компьютера.

Задняя панель ПК



Рисунок 9. Задняя панель ПК

1. Интерфейс USB пульта;
2. Защитные заглушки;
3. Порт для монитора.

3.5. Программное обеспечение

Управляющим программным обеспечением является пакет программ «EzCAD», разработанный в ООО «ТД Оллрэди». Программное обеспечение «EzCAD» требует для своей работы как минимум компьютер с тактовой частотой центрального процессора 900 МГц и оперативной памятью 256 МБ. Как правило, рекомендуется использовать самый быстрый из доступных компьютеров. Программа разработана для Microsoft Windows XP и работает в ОС Windows XP и VISTA.

Инсталляция «EzCAD», не вызывает затруднений. Пользователь должен скопировать на жесткий диск папку «EzCAD», которая находится на установочном компакт-диске, и затем двойным щелчком по файлу «EzCAD.exe», в каталоге «EzCAD», запустить процесс установки программы.

«EzCAD», требует наличие программного устройства безопасности, известного как «аппаратный ключ», включающегося в порт USB. При его отсутствии или неправильной установке появится предостережение, и программное обеспечение будет работать в демонстрационном режиме. В демо-режиме можно оценить работу программы, но нельзя сохранить файлы, и невозможно управление лазерным устройством.

3.5.1 Функции программы

Основные функции программы:

- Возможность свободного проектирования графики;

- Поддержка различных типов шрифтов, такие как: TrueType?, SHX, JSF (шрифт одинарной линии, определяемый программой «EzCAD»), DMF (шрифт точечной матрицы, одномерный штриховой код, двумерный штриховой код, и т.д.).
- Возможность гибко изменить текст: изменяет текст в реальном масштабе времени лазерной обработки. Поддерживает таблицы Excel.
- Возможность непосредственно считывать текстовые данные через последовательный порт и через сетевое подключение.
- Мощная функция редактирования узла упрощает модификацию кривой.
- Программа поддерживает 256 «карандашей» (типов пера), которые используются для графики, с возможностью установки различных параметров обработки.
- Поддержка распространенных файлов изображений (bmp, jpg, gif, tga, png, tif).
- Обработка изображения (оттенки серого, преобразование черное/белое).
- Мощные функции штриховки, например, поддерживается круглая штриховка.
- Оптимизированные операции ввода/вывода и более простое согласование вспомогательного оборудования.
- Поддерживается динамическая фокусировка (система обработки по 3 осям).
- Язык программы: поддерживаемая система облегчает запуск программы на различной языковой платформе.

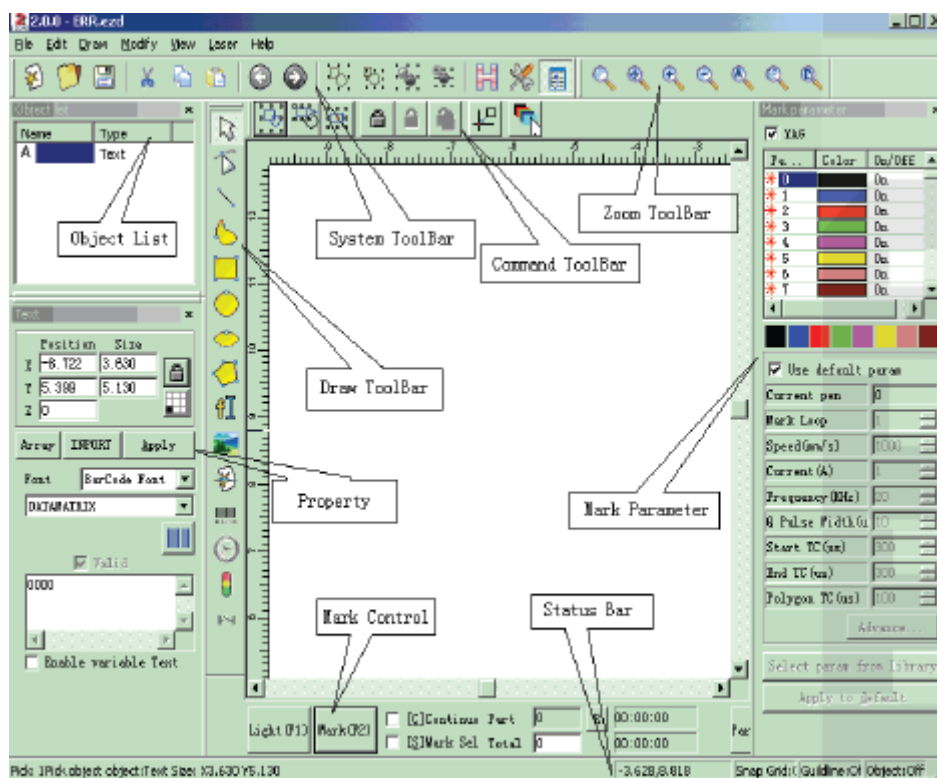


Рисунок 10. Главное окно программы «EzCAD».

3.6. МиниМаркер-2 M20

Данное оборудование было использовано, для сравнения характеристик и результатов полученных в результате работы. Данное оборудование было произведено в ООО “Лазерный центр. МиниМаркер-2 M20 является волоконным лазером, предназначенный для высокоточной обработки деталей и имеет следующие характеристики [5]:

Таблица 2. Технические характеристики МиниМаркер-2 M20.

Тип лазера	Иттербиевый (Yb) импульсный волоконный
Тип накачки	Полупроводниковая
Длина волны излучения	1050-1070 нм
Максимальная выходная мощность излучения	20 Вт

Максимальная энергия в импульсе излучения	1,0 мДж
Частота модуляции	20-100 кГц (Регулируемая)
Длина оптоволоконна	3-5 м.
Охлаждение	Автономное воздушное
Электропитание	~220 В, 50 Гц
Электропотребление	Не более 700 Вт.
Габаритные размеры и масса:	
Блок питания управления	470x450x320 мм, 25 кг.
Рабочий стол с кронштейном и блок оптической транспортировки и перемещения луча, в сборе:	375x500x800 мм, 25 кг.
Диапазон ручной регулировки положения сканирующей системы по оси Z	200 мм.

3.7. Общий вид установки

МиниМаркер-2 M20 имеет такой общий вид установки (рис 11) и конструктивно состоит из следующих узлов:

- Блока питания и управления лазера (БПиУ);
- Сканирующей системы с оптоволоконном определенной длины, являющимся частью БПиУ (СС);
- Рабочего стола с кронштейном для крепления сканирующей системы и возможностью его ручного перемещения по оси Z (РС);
- Управляющего компьютера (УК).



Рисунок 11.Общий вид установки.

3.8 Программное обеспечение

Управляющим программным обеспечением является пакет программ «SinMark», разработанный в ООО «Лазерный Центр». Данный пакет программ позволяет:

- Проводить настройку аппаратной части и внешних устройств
- Задавать режимы для гравировки
- Импортировать векторную и растровую графику в виде картинок и в виде контуров (для резки)
- Включать систему в автоматизированную линию

Также в пакет программ SinMark входит Editor – программа для написания скриптов для управления гравировкой. С помощью Editor можно выполнять такие действия как:

- счетчик - последовательное присвоение следующего порядкового номера гравировке

- раскрутка луча – раскручивает луч на указанную ширину, используется для резки
- Гравировка стандартных фигур (эллипс, прямоугольник, спирали), шрифтов, штрихкодов
- Трансформирование гравировемого изображения
- Перемещение привода по оси Z, и другие команды[5]:

Благодаря универсальности установки «МиниМаркер-2», она находит применение в разных областях, таких как сувенирная продукция, промышленная маркировка, художественная гравировка, изготовление клише и штампов, рекламная отрасль.

3.9 Профилометрия

Профилометрия поверхности – это сочетание методов зондирования поверхности объекта, для определения глубины и высоты рельефа. Этот метод удобен тем, что не требует практически никаких вычислений.

Профилометр (рис 12)- это прибор предназначенный для измерения двумерного профиля поверхности образца представления результатов в виде кривой линии – профилограммы. [5]



Рисунок 12. Стилусный профилометр Alpha-Step IQ.

Стилусный профилометр Alpha-Step IQ производитель «KLA-Tencor», страна производителя США, представляет собой двух координатную

установку для исследования топографии широкого спектра поверхностей в том числе слоистых материалов, микро электромеханических систем, керамических материалов, миниатюрных линз, жестких дисков и дисплеев.

Принцип действия профилометра с механическим зондом - это поступательное перемещение специального зонда (иглы), называемого стилус или индентор, перпендикулярного к поверхности исследуемого объекта и касающегося ее. Перемещения индентора преобразуются оптическим или электрическим способом в электрические напряжения с помощью индуктивных, ёмкостных, пьезоэлектрических или других преобразователей [6].

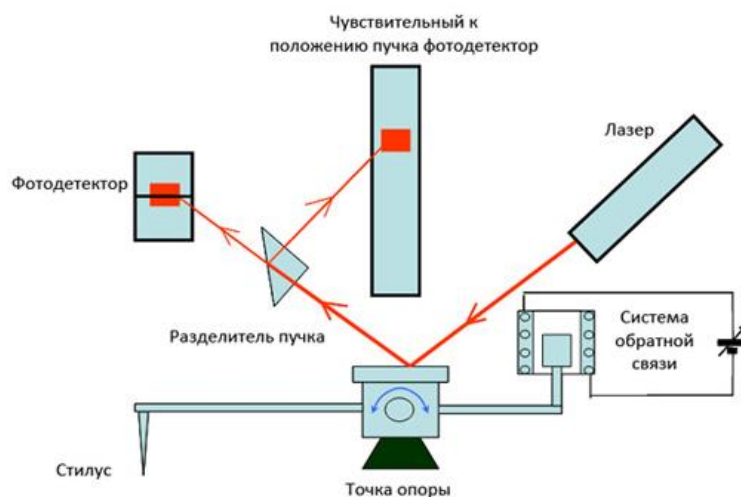


Рисунок 13. Оптическая схема стилусного профилометра «Alpha-Step D-120»

Преимущества

- Расширенные возможности для анализа 2D топографии;
- Удобная система позиционирования на образце;
- Отличная воспроизводимость результатов исследования;
- Высокая точность определения толщины тонких пленок и покрытий, микронеровностей поверхности, определение несплошности и нарушений регулярности покрытий из тонких пленок;

- Широкий диапазон измерений по вертикали - позволяет проводить исследование поверхности с значительным перепадом высот рельефа - проводить микроанализ поверхности;
- Возможность анализа "по шаблону", предварительно загруженному пользователем;
- Визуализация хода измерений и возможность полного контроля над каждой стадией. [5]:

4. Экспериментальная часть

4.1 Проведение маркировки на маркере «Rabbit Marker 20»

Первым этапом экспериментальной работы являлось выполнение маркировки на маркере «Rabbit Fiber 20». Образцом являлась сталь марки 08Х17Т, которая относится к классу коррозионностойкая жаропрочная. Она применяется в изделия, работающие в окислительных средах, а также в атмосферных условиях, кроме морской атмосферы, в которой возможна точечная коррозия. Теплообменники, трубы, сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок и работающие при температуре не ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Первым делом была произведена маркировка стали при разных режимах. Из полученных результатов, было выявлено, что изображение недостаточно хорошего качества. Далее мы провели микроскопию образцов, и получили изображения с которыми проводились измерения контраста. Контрастность была определена при помощи программы «PixelProfile». По результатам образцов №1 и №2 из графиков можно наблюдать что контраст центральной части пятна минимален, соответственно если посмотреть их максимальный контраст, то он оказывается между периферией пятна, либо самими пятнами, либо окружающим материалом.

Образец №1:

Таблица 3. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	30

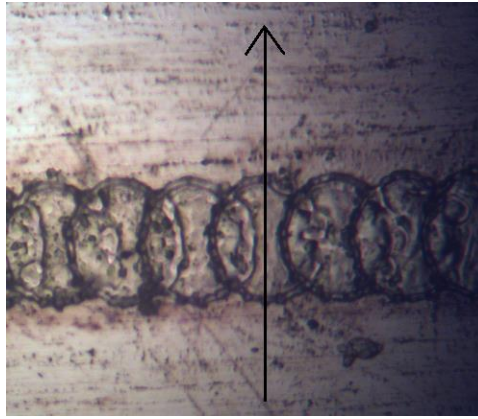


Рисунок 14. Образец №1

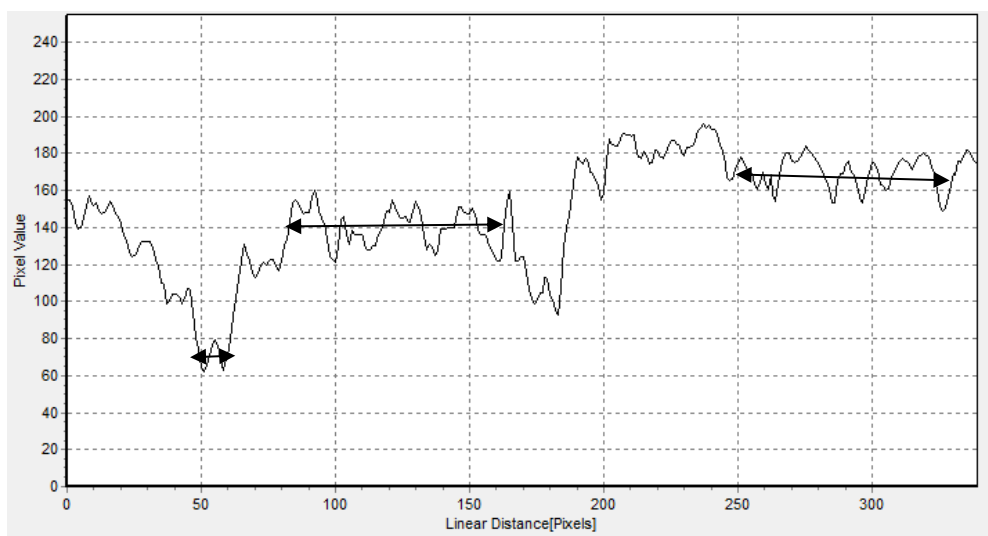


Рисунок 15. График показателя контрастности.

1) Контраст для центра пятна:

$$C = \frac{L_{\phi} - L_{\text{экр}}}{L_{\phi}} = \frac{170 - 140}{170} = 0,2; \quad (2)$$

2) Контраст на границах пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{170 - 70}{170} = 0,5;$$

2) Образец №2

Таблица 4. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	20

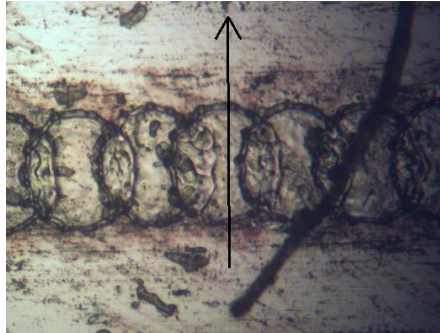


Рисунок 16. Образец №2.

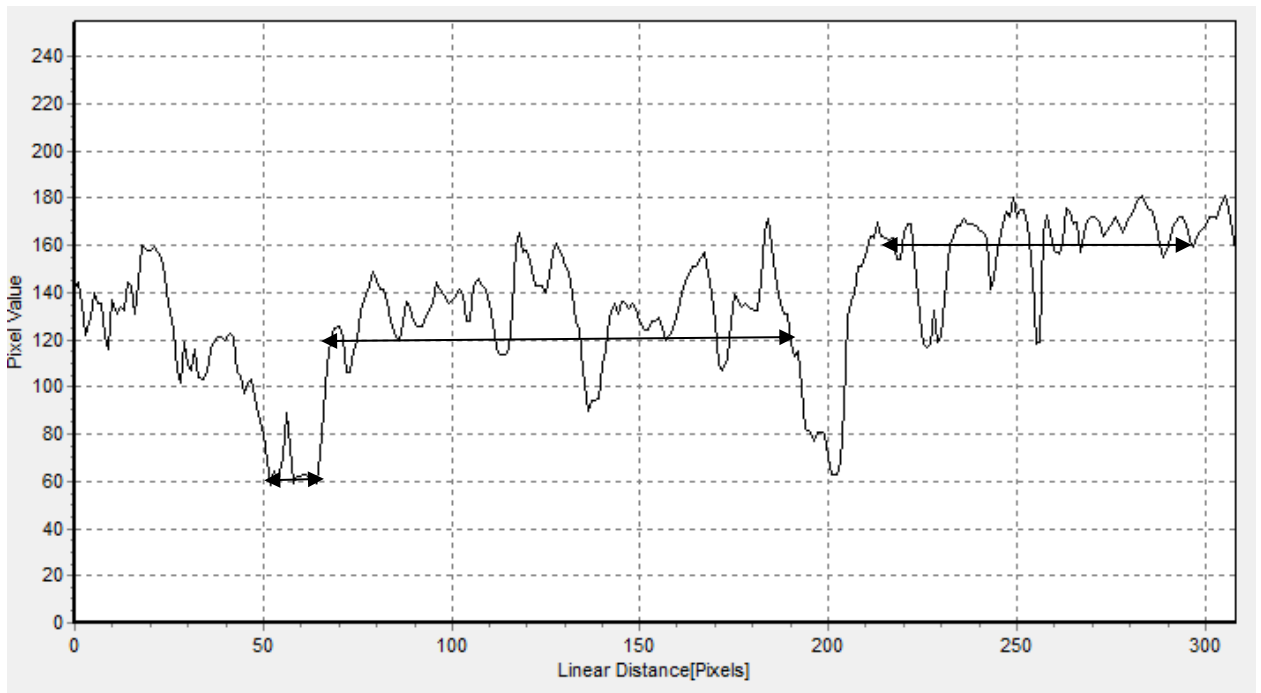


Рисунок 17. График показателя контрастности.

1) Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{160 - 120}{160} = 0,2;$$

2) Контраст на границах пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{160 - 60}{160} = 0,6;$$

Для сравнения приводятся результаты работы установки «МиниМаркер 2»

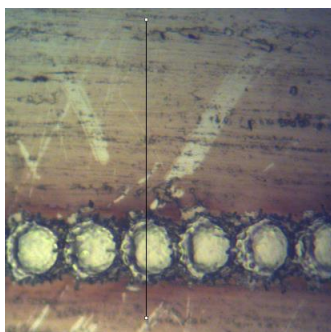


Рисунок 18. Образец маркировки на «МиниМаркер 2».

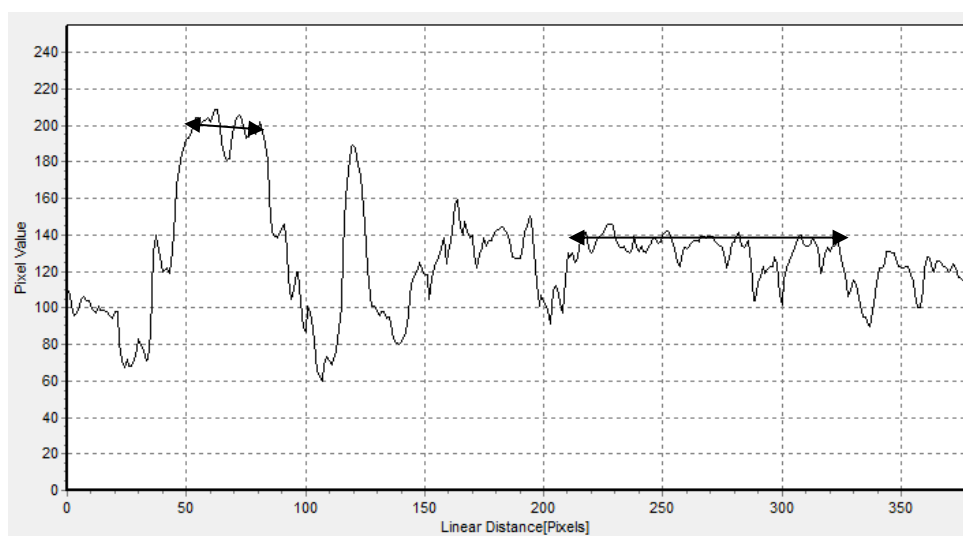


Рисунок 19. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{200 - 140}{200} = 0,4;$$

Отсюда можно сделать вывод, что максимальный контраст присутствует на границе. Поскольку возможности маркера ограничены, и для

получения контрастного изображения был выбран способ маркировки с заполнением рисунка периферии пятна. Этот подход вполне оправдан, так как у маркера низкая производительность, и поэтому при маркировке следует использовать часть пятна, а именно границу маркировки. Ниже приводятся образцы, которые были выполнены данным методом.

Образец № 3

Таблица 5. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	40

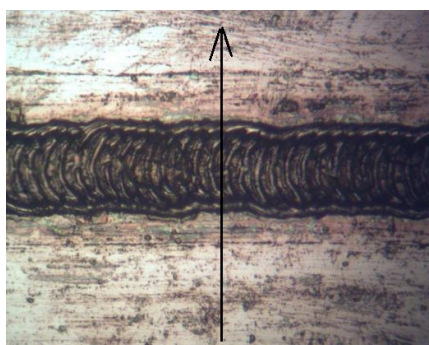


Рисунок 20. Образец №3.

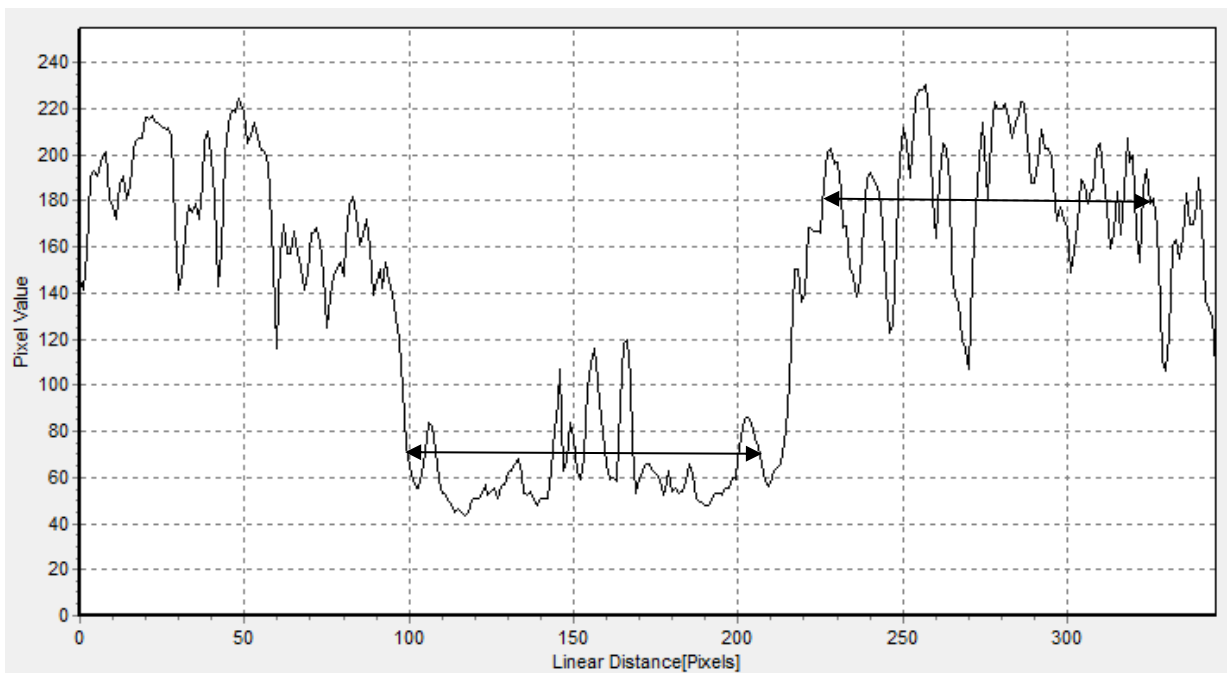


Рисунок 21. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{170 - 70}{170} = 0,5;$$

Образец № 4

Таблица 6. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	30

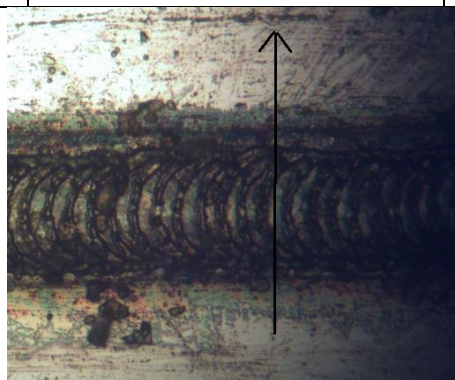


Рисунок 22. Образец № 4.

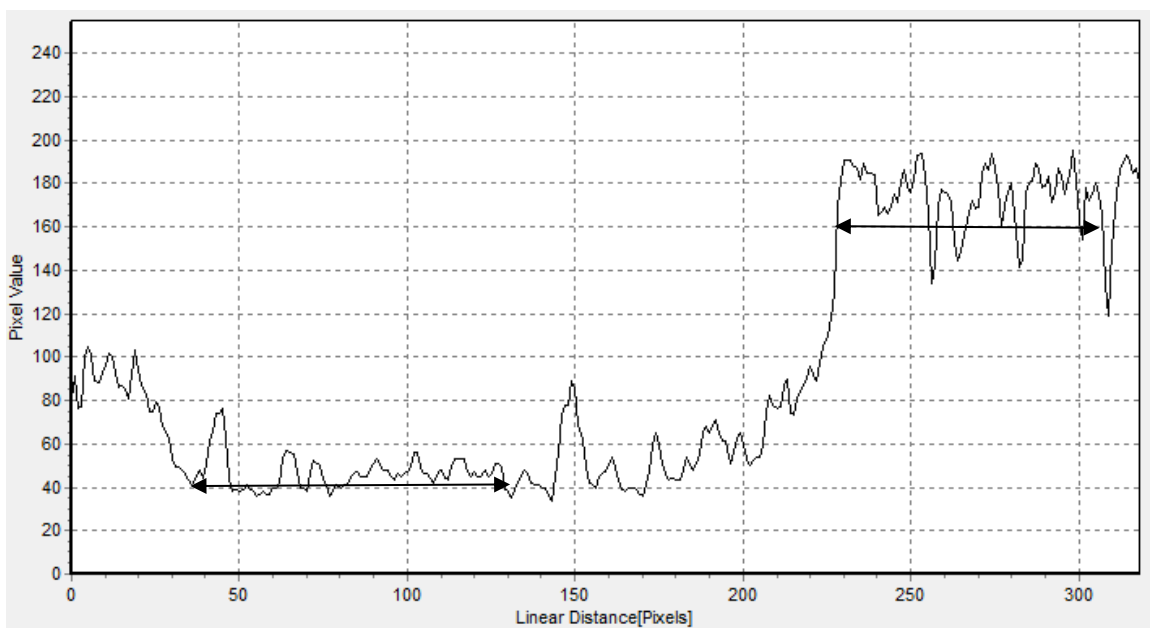


Рисунок 23. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{160 - 40}{160} = 0,7;$$

Образец №5

Таблица 7. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	20

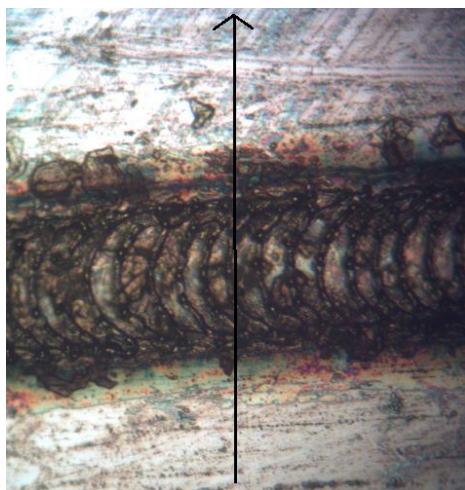


Рисунок 24. Образец №5.

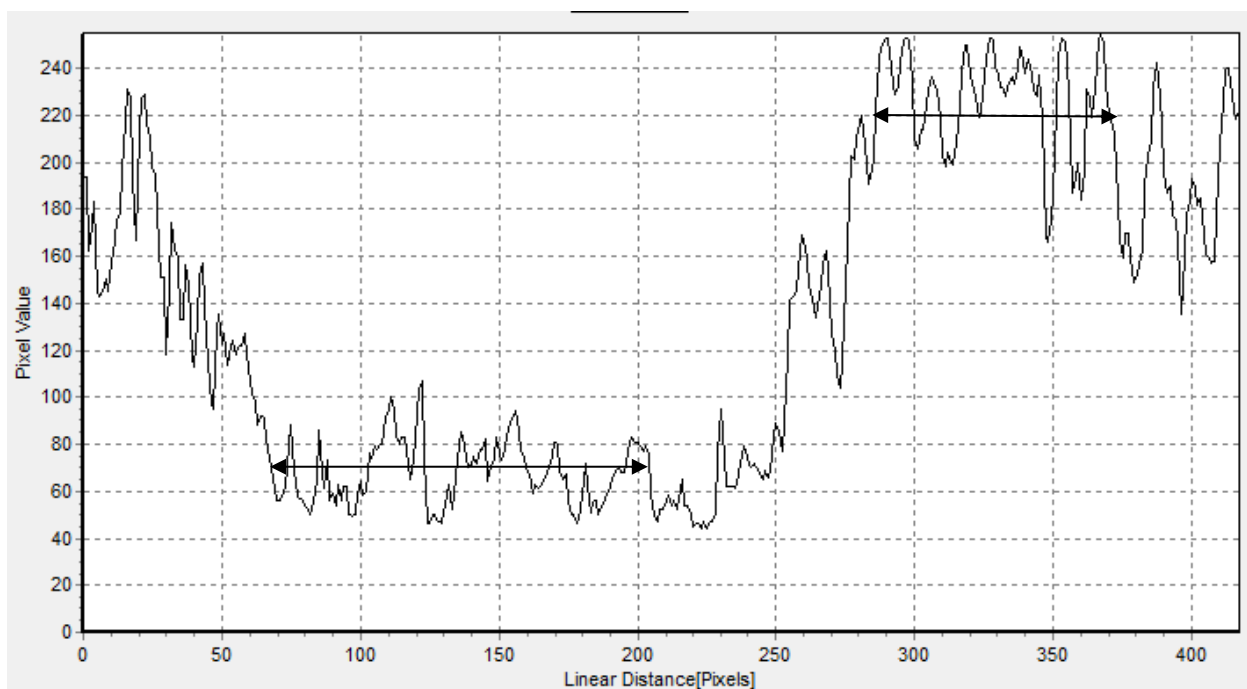


Рисунок 25. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{220 - 70}{220} = 0,6;$$

Из проведенной части эксперимента можно сделать такой вывод, что ввиду низкой производительности маркера «Marker Fiber 20», он не в

состоянии делать пятна с достаточной контрастностью, именно поэтому был выбран метод, при котором маркировка будет проходить именно с заполнением рисунка периферии пятна, и только так мы достигнем высокой контрастности.

4.2 Контраст и рельеф

Следующим этапом экспериментальной работы, исходя из первой части эксперимента, был выбор таких режимов гравировки, при которых мы добьемся максимального контраста и минимальной амплитуды рельефа. На рисунках ниже приведены результаты.

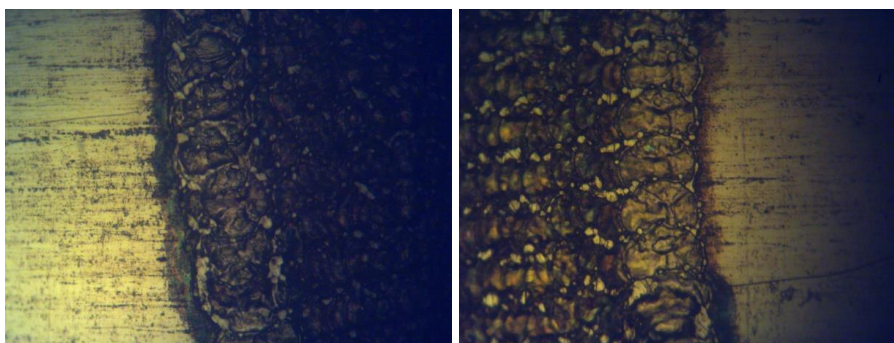
1.

Таблица 8. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	20



Рисунок 26. Образец №1.



(а)

(б)

Рисунок 27. Образец №1,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

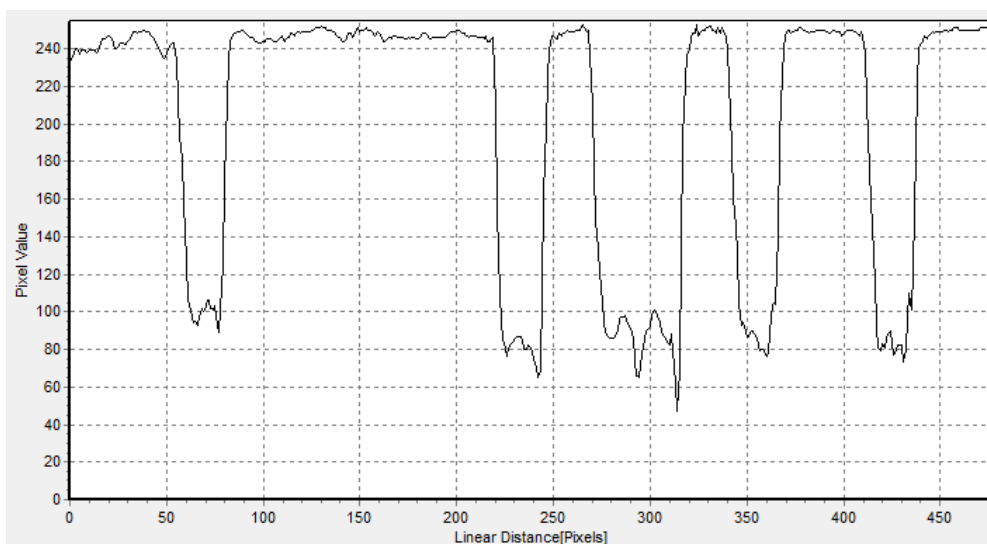


Рисунок 28. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{240 - 60}{240} = 0,7;$$

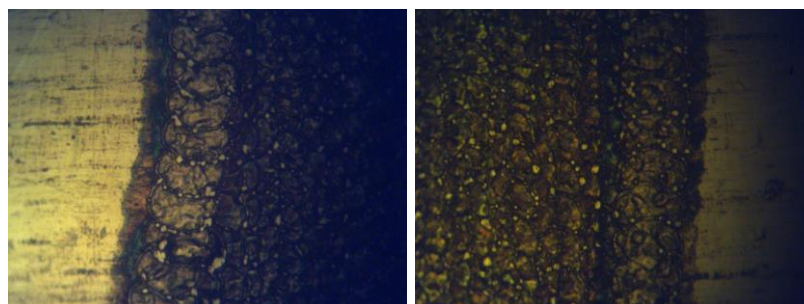
2.

Таблица 9. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	30

Синтел 123

Рисунок 29. Образец № 2



(а)

(б)

Рисунок 30. Образец №2,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

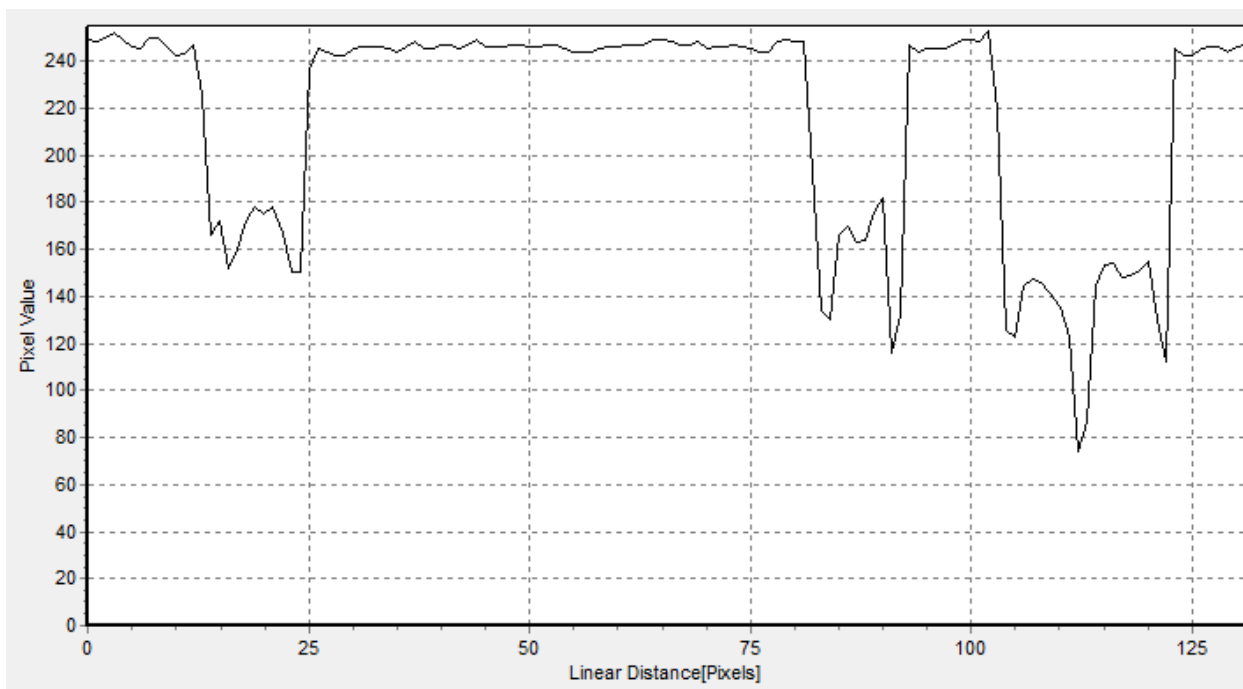


Рисунок 31. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна

$$C = \frac{240 - 20}{240} = 0,9;$$

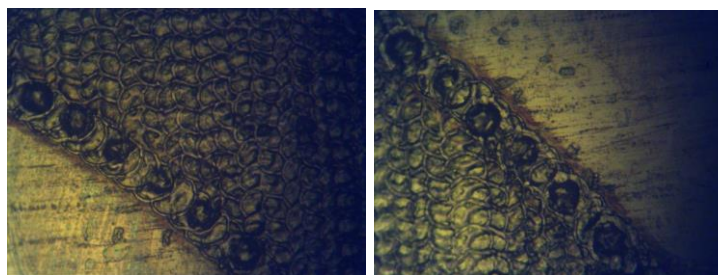
3.

Таблица 10. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	40

Синтел 123

Рисунок 32. Образец № 3



(a)

(б)

Рисунок 33. Образец №3,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

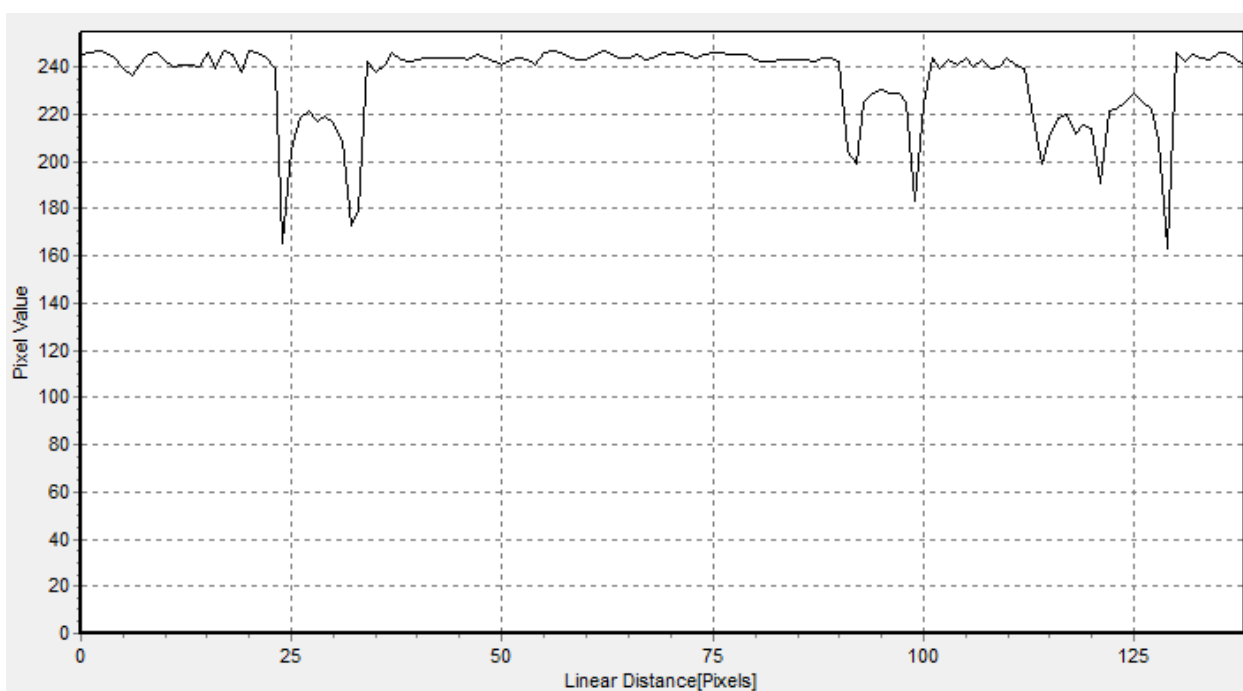


Рисунок 34. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{80 - 240}{240} = 0,6;$$

4.

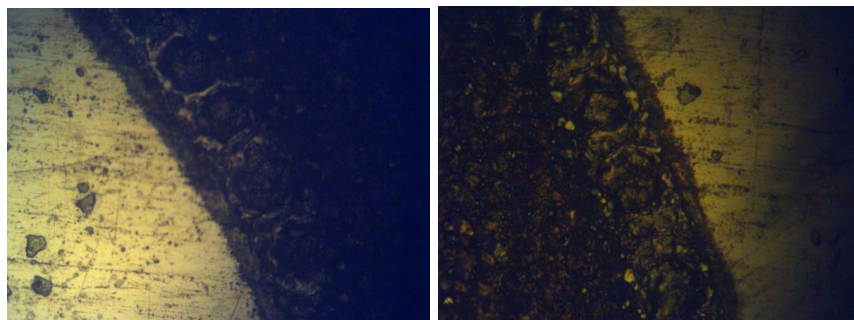
Таблица 11. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
-------------	----------------	----------------------------------

100	1000	20
-----	------	----

Синтел 123

Рисунок 35. Образец № 2



(a)

(б)

Рисунок 36. Образец №4,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

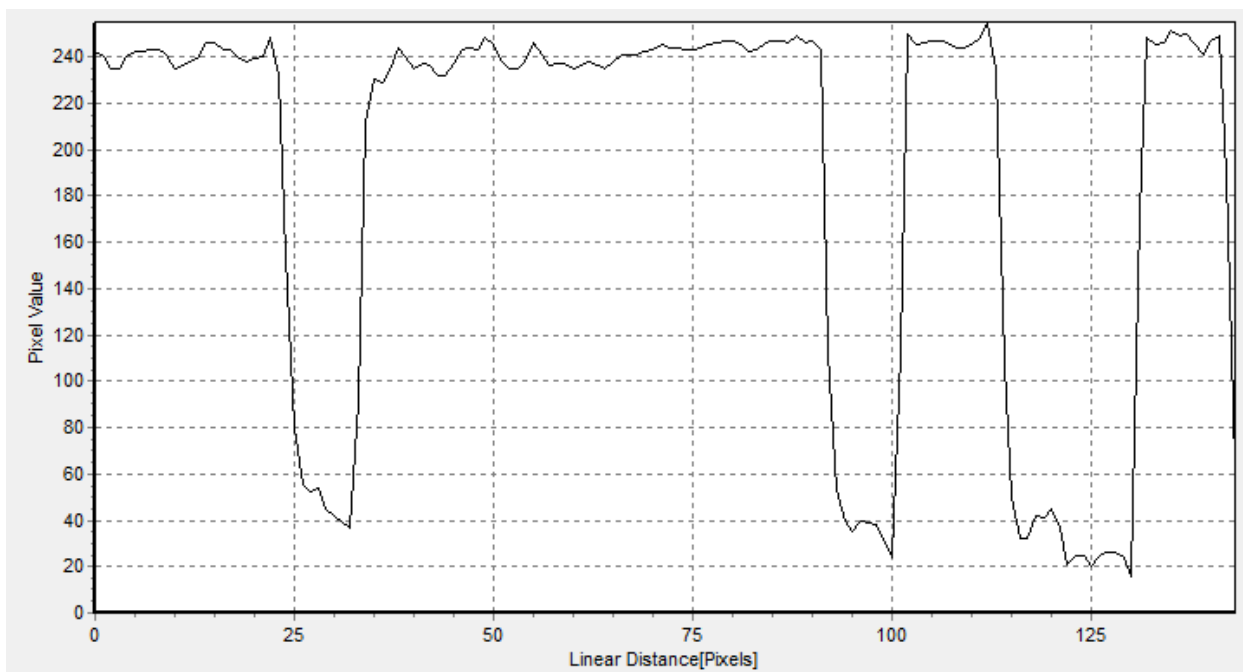


Рисунок 37. График показателя контрастности

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{22 - 240}{240} = 0,9;$$

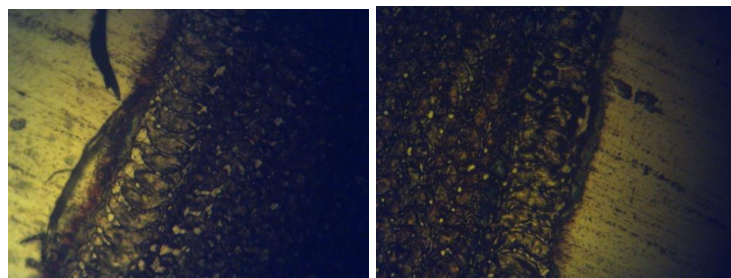
5.

Таблица 12. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	30

Синтел 123

Рисунок 38. Образец № 5



(а)

(б)

Рисунок 39. Образец №5,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

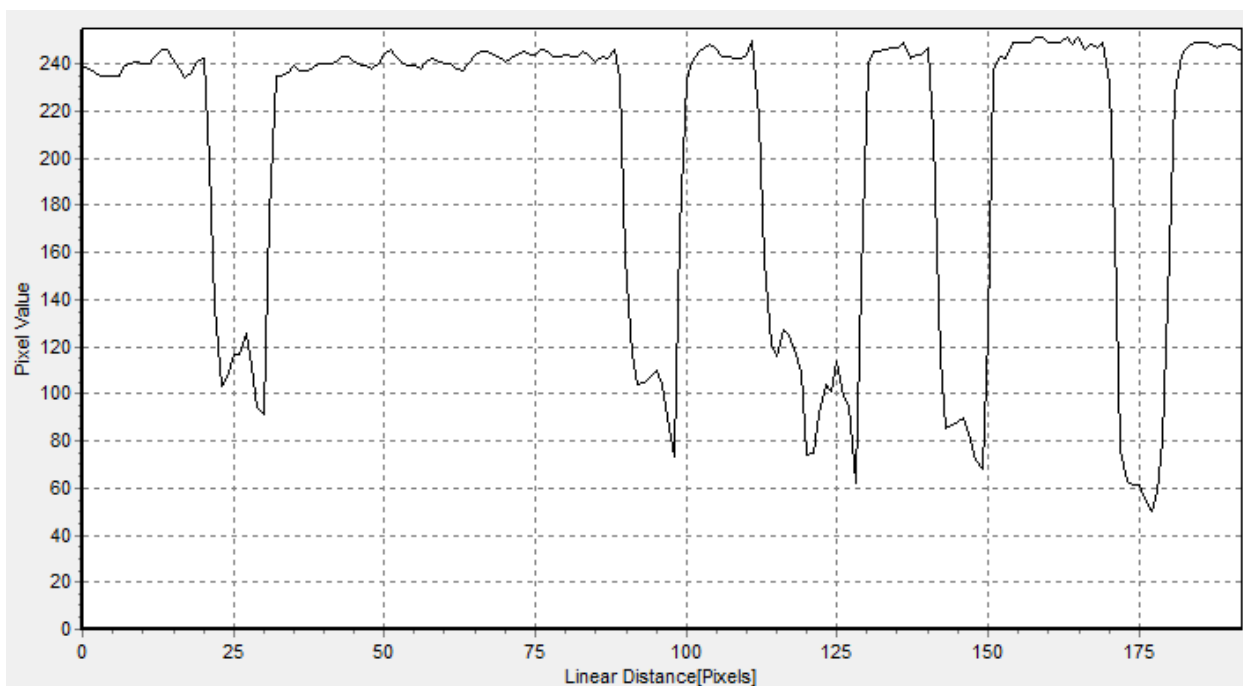


Рисунок 40. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{80 - 240}{240} = 0,6;$$

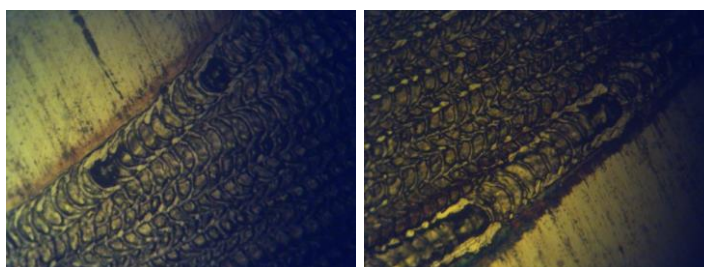
6.

Таблица 13. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	1500	40

Синтел 123

Рисунок 41. Образец № 6



(а)

(б)

Рисунок 42. Образец №6,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

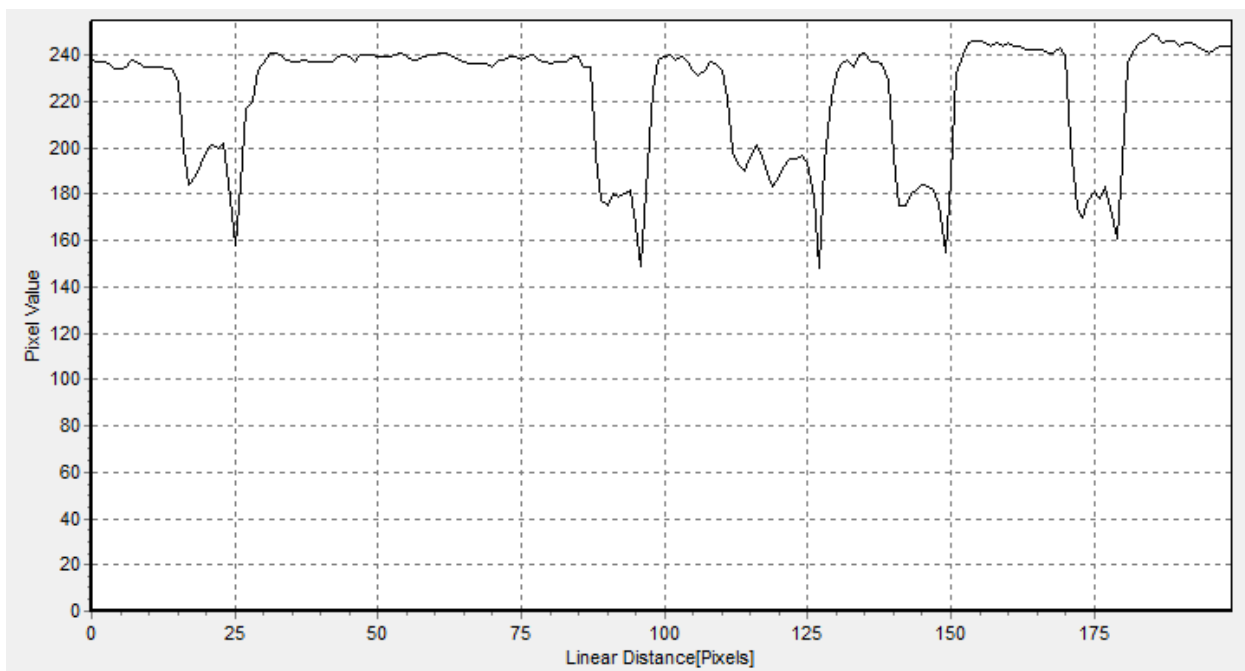


Рисунок 43. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{160 - 240}{240} = 0,3;$$

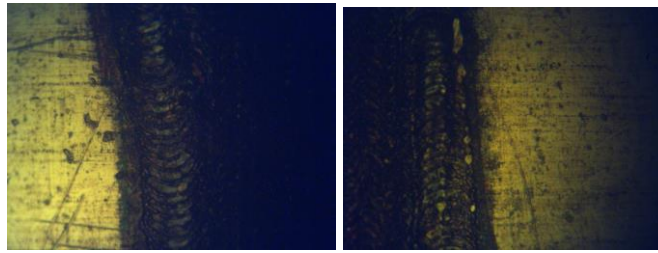
7.

Таблица 14. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	20

Синтел 123

Рисунок 44. Образец № 7



(a)

(б)

Рисунок 45. Образец №7,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

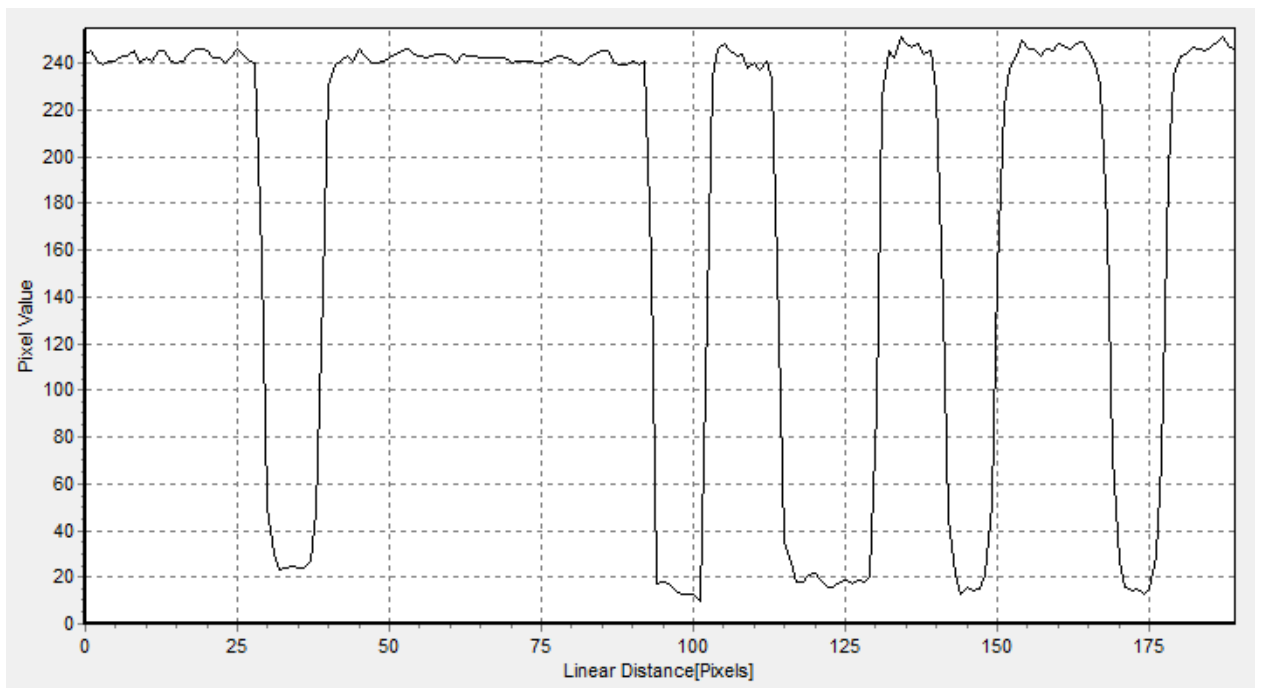


Рисунок 46. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{20 - 240}{240} = 0,9;$$

8.

Таблица 15. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	30

Синтел 123

Рисунок 47. Образец № 8



(а)

(б)

Рисунок 48. Образец №8,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

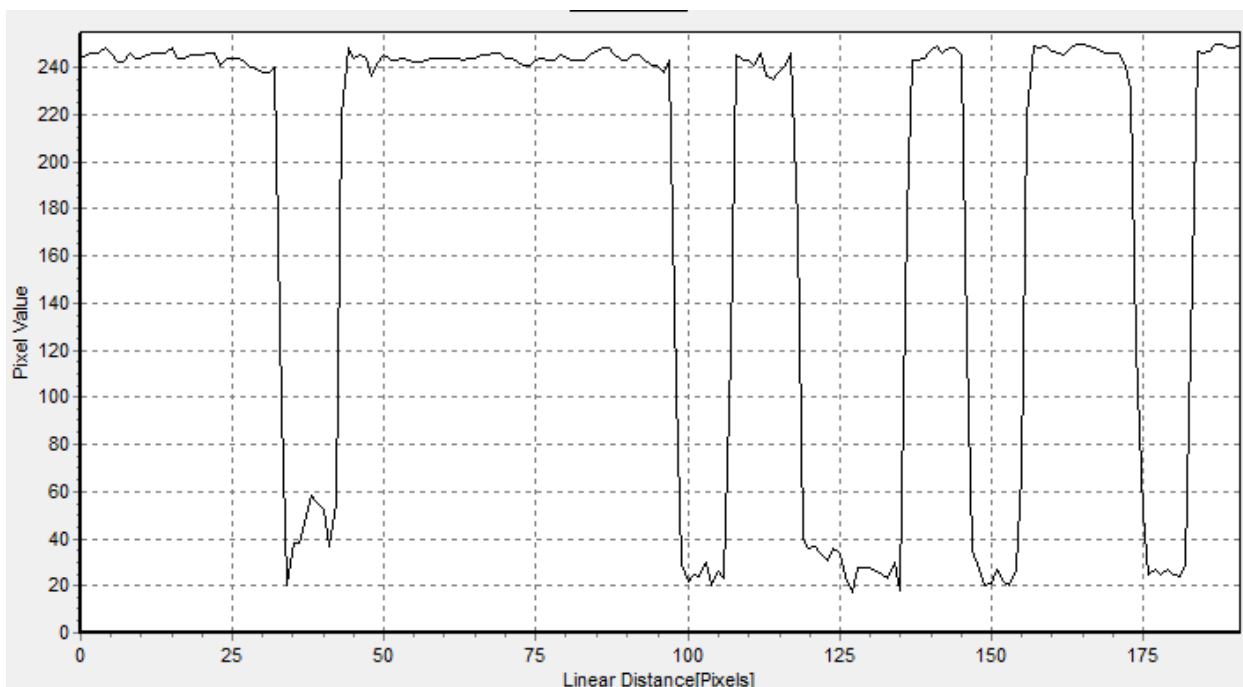


Рисунок 49. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{20 - 240}{240} = 0,9;$$

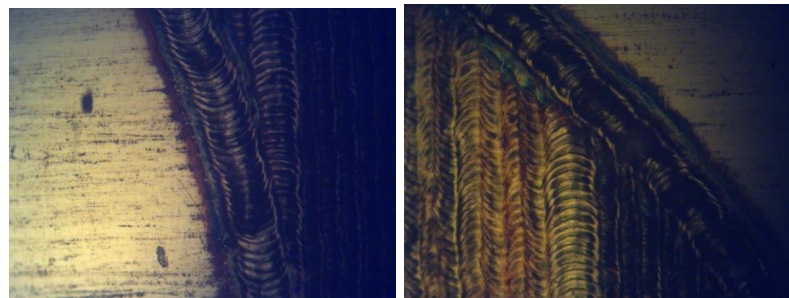
9.

Таблица 16. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	40

Синтел 123

Рисунок 50. Образец № 9



(а)

(б)

Рисунок 51. Образец №9,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

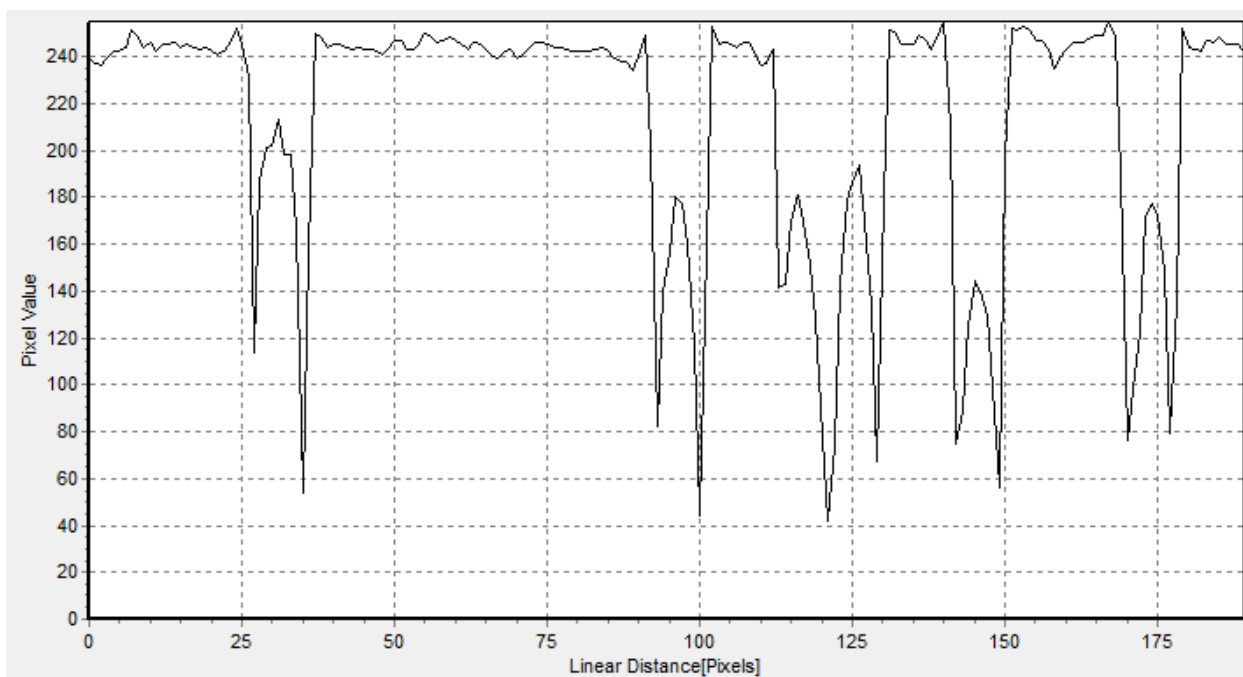


Рисунок 52. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{65 - 240}{240} = 0,7;$$

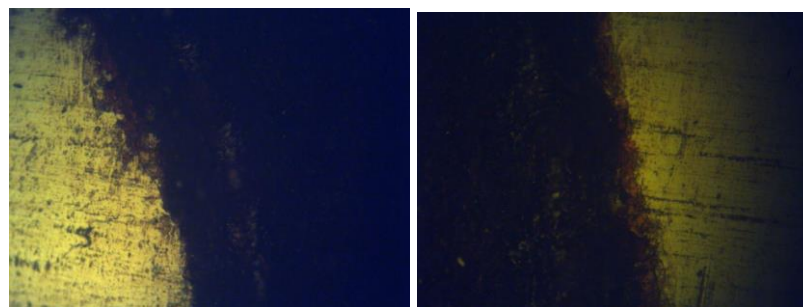
10.

Таблица 17. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	250	20

Синтел 123

Рисунок 53. Образец № 10



(a)

(б)

Рисунок 54. Образец №10,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

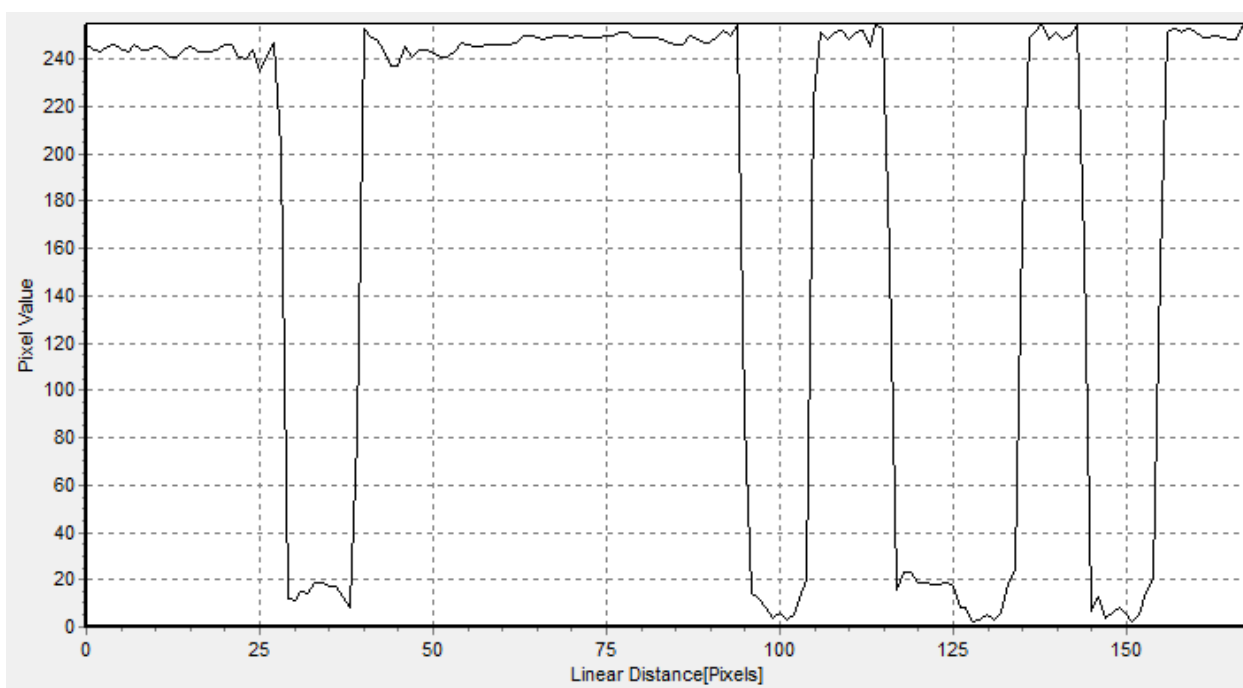


Рисунок 55. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{0,1 - 240}{240} = 0,9;$$

11.

Таблица 18. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
-------------	----------------	----------------------------------

100	250	30
-----	-----	----

Синтел 123

Рисунок 56. Образец № 11



(a)

(б)

Рисунок 57. Образец №11,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

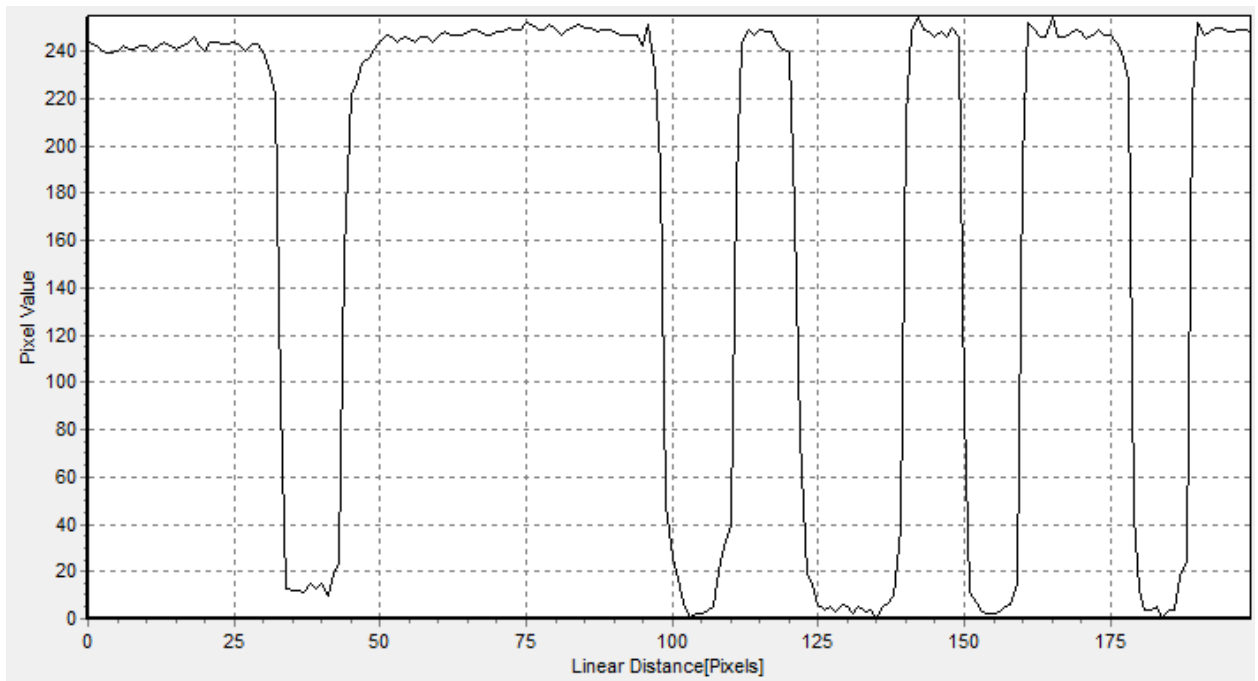


Рисунок 58. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{0,2 - 240}{240} = 0,9;$$

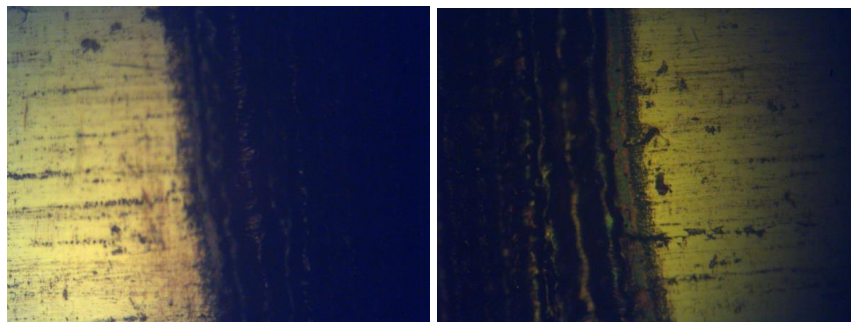
12.

Таблица 19. Режимы обработки.

Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц
100	500	40

Синтел 123

Рисунок 59. Образец № 12



(а)

(б)

Рисунок 60. Образец №12,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

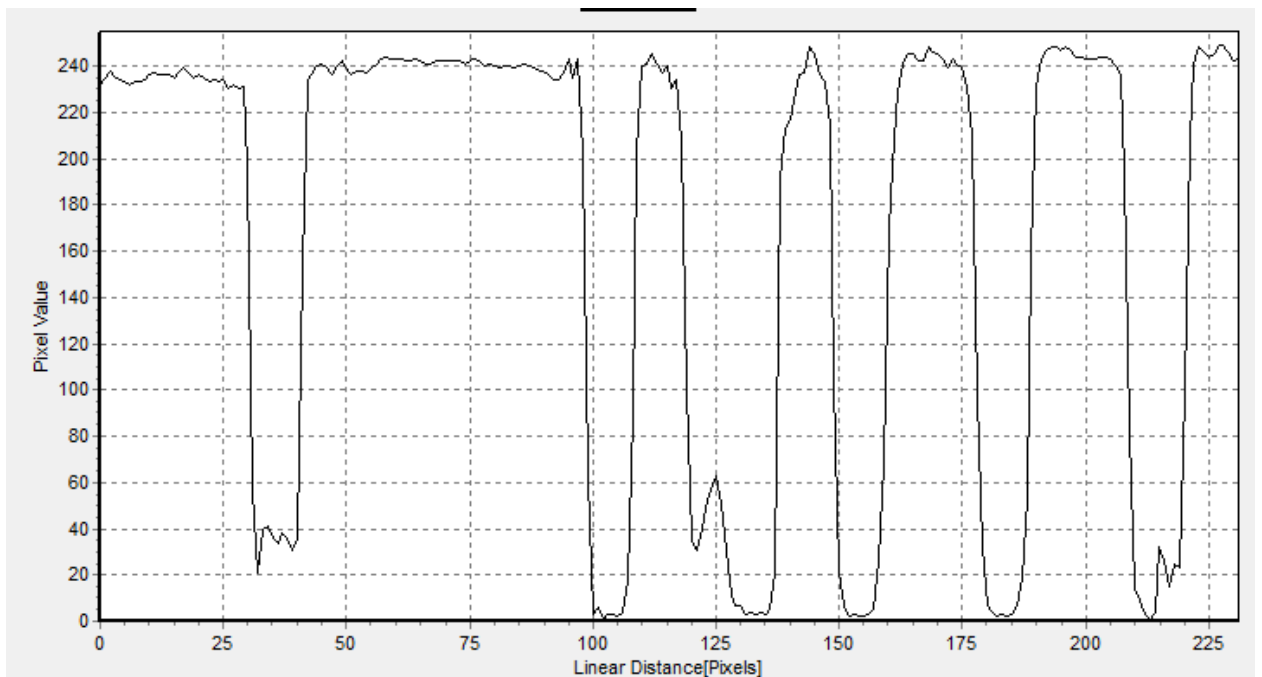


Рисунок 61. График показателя контрастности.

Контраст для центра пятна (по формуле 2):

$$C = \frac{0,9 - 240}{240} = 0,9;$$

4.3 Эксперимент на профилометре

Для изучения возникающего рельефа были проведены исследования обработанной поверхности с помощью профилометра. При различных режимах обработки высота рельефа варьировалась от 2,06 до 23,5. Результаты приведены в таблице 20.

Наибольший интерес представляют режимы, обеспечивающие максимальный контраст, ниже для них приведены результаты профилометрии.

Обращает на себя внимание наличие существенных выбросов и/или каверн в начале и в конце зон обработки. С нашей точки зрения их наличие может объясняться следующим образом: при частотном режиме работы лазера накачка происходит непрерывно и первый импульс получается более

мощный, потому что накачка работала долго и успевает создать более высокий уровень инверсной населенности, что приводит к значительному увеличению интенсивности лазерной генерации и, как следствие, существенному увеличению уровня воздействия на материал.

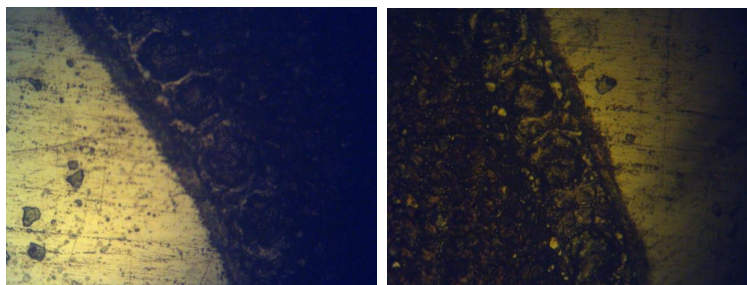
Центральная же часть зоны обработки, как правило, имеет небольшой рельеф. Наименьший рельеф, обеспечивают следующие режимы обработки, приведенные в таблице № 20.

Таким образом, наиболее подходящими режимами обработки можно считать образцы под номером №4, № 7, № 8, №10, №11, № 12.

Таблица 20. Режимы обработки оптимальных образцов.

Образец, №	Режим обработки			Высота рельефа, мкм	Контраст
	Мощность, %	Скорость, мм/с	Частота следования импульса, кГц		
4	100	1000	20	2,06	0,9
7	100	500	20	10,7	0,9
8	100	500	30	13,4	0,9
10	100	250	20	21,1	0,9
11	100	250	30	19,9	0,9
12	100	500	40	23,5	0,9

Образец №4



(a)

(б)

Рисунок 62. Образец №4,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

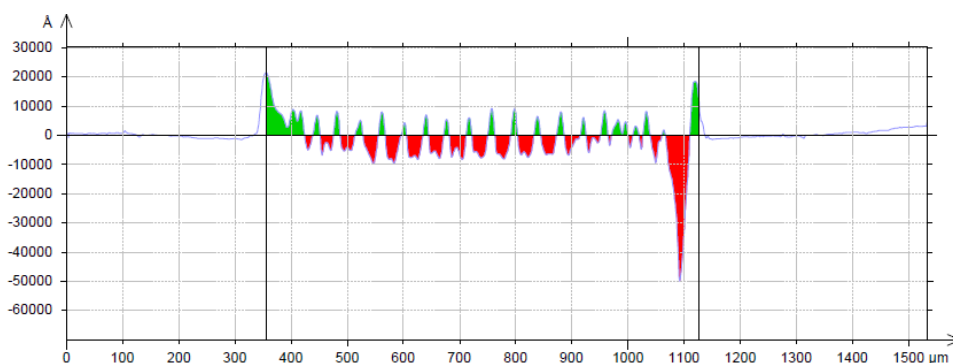
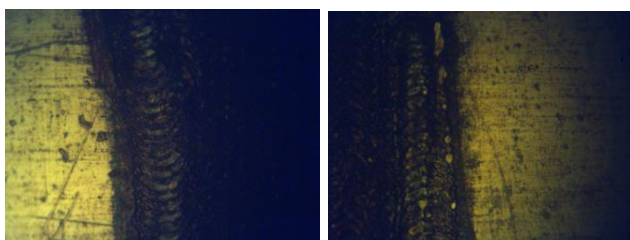


Рисунок 63. График показателя профилометрии.

Таблица 21. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
2,06	5,06

7.



(а)

(б)

Рисунок 64. Образец №7,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

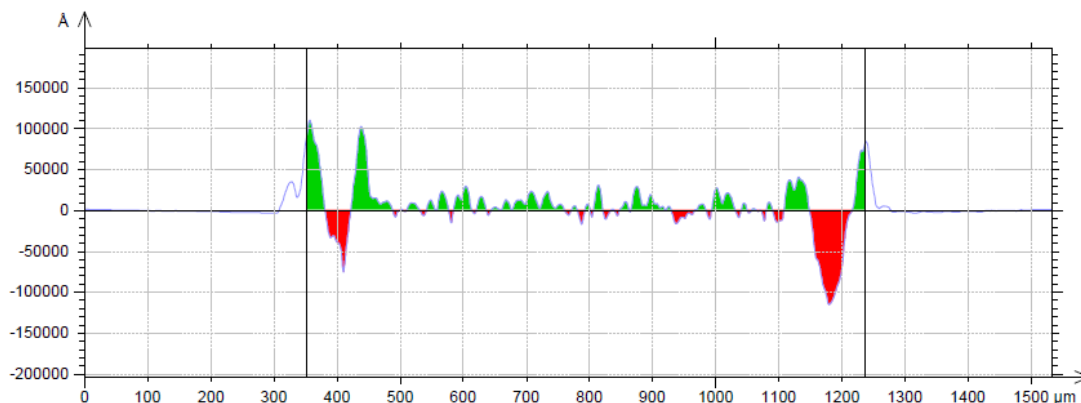


Рисунок 65. График показателя профилометрии.

Таблица 22. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
10,7	11,8

8.



(а)

(б)

Рисунок 66. Образец №8,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

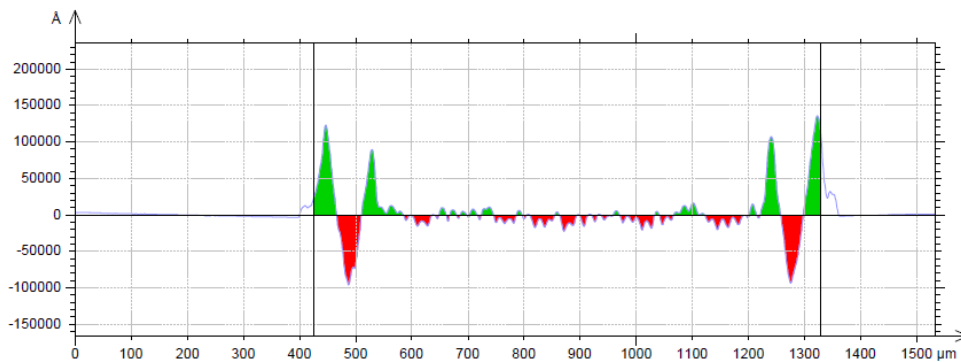
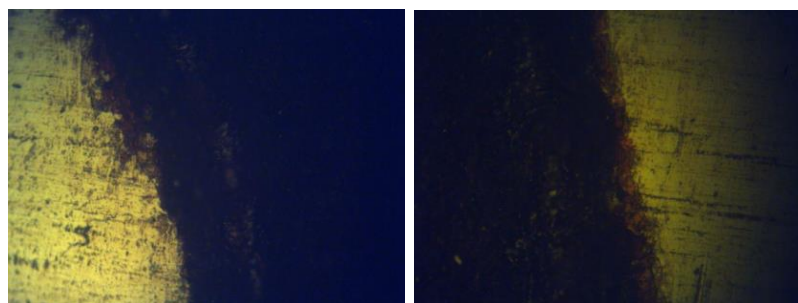


Рисунок 67. График показателя профилометрии.

Таблица 23. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
13,4	9,79

10.



(а)

(б)

Рисунок 68. Образец №10,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

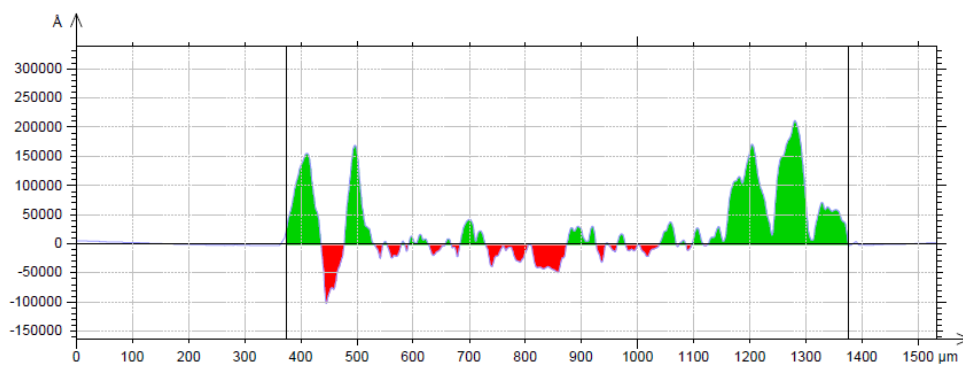


Рисунок 69. График показателя профилометрии.

Таблица 24. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
21,1	10,3

11.



(а)

(б)

Рисунок 70. Образец №11,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

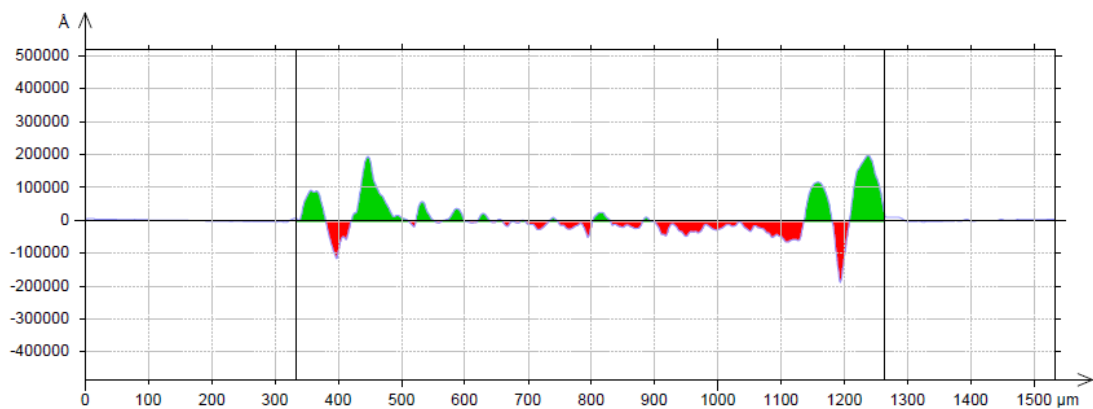
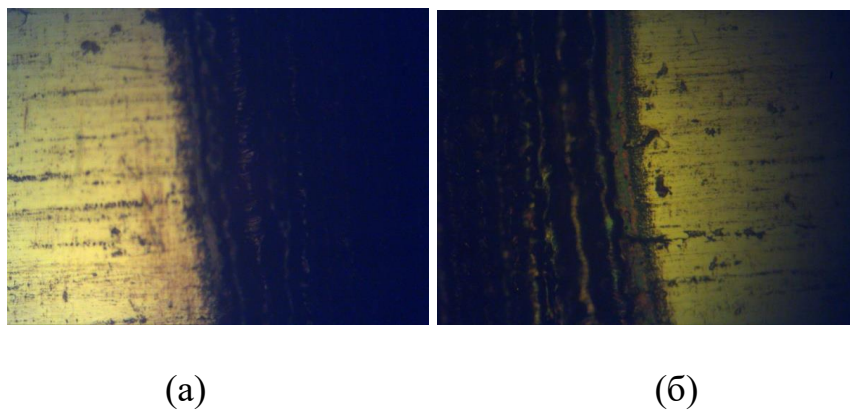


Рисунок 71. График показателя профилометрии.

Таблица 25. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
19,9	18,8

12.



(a)

(б)

Рисунок 72. Образец №12,

а- Зона начала серии импульсов; б- Зона окончания серии импульсов.

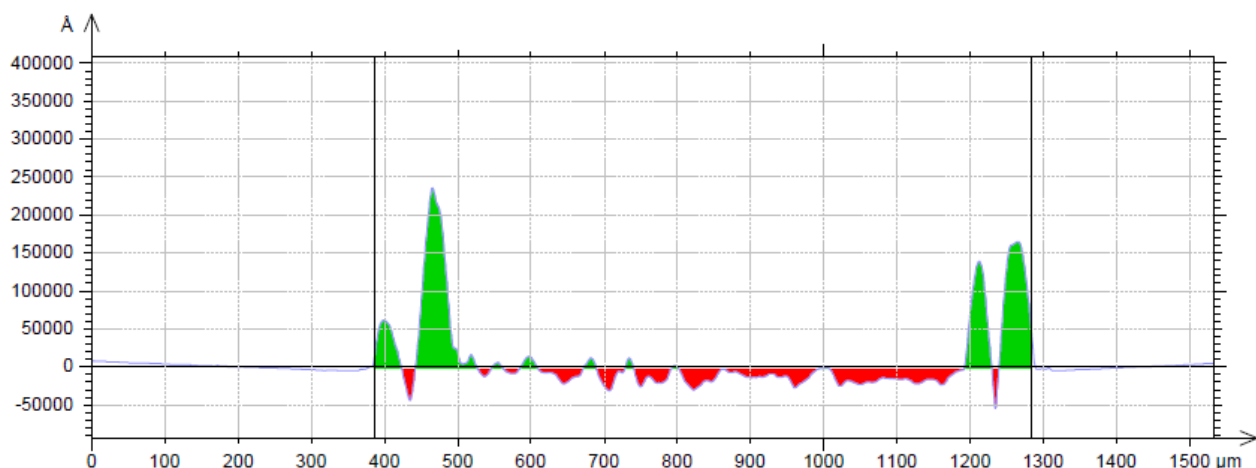


Рисунок 73. График показателя профилометрии.

Таблица 26. Показатели рельефа.

Максимальная высота рельефа, мкм	Максимальная глубина рельефа, мкм
23,5	5,47

Вывод: Профилометрические исследования показали умеренную высоту рельефа в пределах центральной части области обработки и кратно превышающие элементы рельефа на границах зоны обработки. При этом следует отметить, что режим обработки образца 4 наиболее оптимален не только по уровню создаваемого контраста, минимальной величины рельефа, но и по производительности оборудован

5. Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения при возникновении чрезвычайных ситуаций. Проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействия на исследователя, а так же приведены меры обеспечения безопасности, как для лаборатории так и для сотрудников в целом. Научно исследовательская работа представляет собой исследования лазерной маркировки стали на оборудовании «Rabbit Fiber 20» .

Данная работа позволит находить оптимальные режимы маркировки. Потенциальными потребителями методики являются медицинская отрасль , машиностроение. Различные предприятия, разрабатывающие и изготавливающие многообразные металлические детали. Работа выполнялась в лаборатории, находящейся на кафедре лазерной и световой техники, по адресу ул. Тимакова 12, уч.к.16в ауд.247. Прибором, используемым в ходе работы, относится лазер «Marker Rabbit 20» и персональный компьютер.

Согласно ГОСТ 12.0.1.005 -88 работа принадлежит к разряду легких, но носит характер умственной и нервно-психологической нагрузки.

5.1 Производственная безопасность.

Выявление вредных и опасных факторов

Проведение экспериментального исследования в условиях производственной зоны характеризуется наличием ряда опасных и вредных факторов.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Производственные опасности подразделяются на четыре категории:

- физические;
- химические;

- биологические;
- психофизиологические.

В процессе проведения эксперимента возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- шум нарушает прием информации, что влияет на ошибки и травматизм, а также вызывает усталость. При длительном воздействии шума снижается острота слуха, изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в дыхательных центрах, возможно изменение координации движения

- вибрации ухудшают самочувствие работающего и снижают производительность труда, часто приводят к тяжелому профессиональному заболеванию – виброболезни;

- несоответствующее нормам освещение может ухудшить зрение человека. А также может привести к несчастным случаям, в следствие недостаточной видимости или ослепления. В производственных помещениях с движущимися объектами может нести опасность мерцание осветительных приборов в виду появления стробоскопического эффекта;

- химические технологические вещества могут привести к отравлениям и аллергическим реакциям;

- движущиеся органы технологического оборудования могут привести к серьезным травмам;

- электрический ток. Поражение электрическим током может нанести вред здоровью человека различной степени;

- стружка может привести к травмам в виде порезов.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы. В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае может возникнуть значительное напряжение зрительного аппарата с

появлением головных болей, раздражительности, усталости и болезненных ощущений в глазах.

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте.

В лаборатории, где находятся различные лазерные установки, могут быть следующие вредные факторы:

- а) не комфортный микроклимат;
- б) недостаточной освещенности;
- в) производственного шума;
- г) поражение электрическим током.

Освещенность.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Помещение имеет следующие размеры: длина $A=6$ м, ширина $B=6$ м, высота $H=3$ м. В лаборатории производятся работы средней точности, (минимальная величина различия составляет 0,5 - 1мм). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0 освещенность рабочего места должна составлять не менее $300 \div 500$ лк, что может достигаться применением местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов.

Показатели микроклимата в помещении.

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается.

При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\varphi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 26 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 27.

Таблица 27 . Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

Уровень производственного шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83[9] и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 [10]. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА. Источником шума является сторонняя установка, находящаяся в лаборатории.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ:

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Поражение электрическим током

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности

поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность, так как номинальное напряжение лазерной установки соответствует 220 В. Все токоведущие части установки изолированы и находятся в защитном кожухе.

Дополнительные электротехнические средства в электроустановках.

К дополнительным изолирующим электротехническим средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления. Освобождение пострадавшего от действия тока может быть произведено несколькими способами в установках до 1000 В. Отключение электроустановки производится с помощью ближайшего рубильника, выключателя или иного отключающего аппарата, а также путем снятия или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения. Если почему-либо быстро отключить электроустановку вручную не представляется возможным из-за удаленности или недоступности выключателя, можно прервать цепь тока через пострадавшего, перерубив провода, воспользовавшись топором с сухой деревянной рукояткой или кусачками, пассатижами и другим инструментом с изолирующими рукоятками. Перерубать (перерезать) следует каждый провод в отдельности, чтобы не вызвать короткое замыкание между проводами, в результате которого может возникнуть электрическая дуга, способная причинить оказывающему помощь серьезные ожоги тела и повреждение глаз.

5.1.3 Анализ выявленных факторов проектируемой производственной среды

Лазерное излучение представляет особую опасность для тканей, максимально поглощающих излучение. Сравнительно легкая уязвимость

роговицы и хрусталика глаза, а также способность оптической системы глаза многократно увеличивать плотность энергии(мощность) излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона ($780 < \lambda < 1400$ нм) на глазном дне по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом. При повреждении появляется боль в глазах, спазм век, слезотечение, отек век и глазного яблока, помутнение сетчатки, кровоизлияние. Клетки сетчатки после повреждения не восстанавливаются.

Исходя из данных таблицы 28, установленный в лаборатории лазер относится к III классу.

Таблица 28 – Классификация классов опасности лазера

Класс лазера	Выходные излучения лазера
I	Не представляет опасности для глаз и кожи
II	Представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркальным отражением излучения
III	Представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркальным отражением излучения, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и (или) при облучении кожи прямым или зеркальным отражением излучения
IV	Представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного, санитарно-гигиенического характера.

При использовании лазеров II-III классов в целях исключения облучения персонала необходимо либо ограждение лазерной зоны, либо экранирование пучка излучения. Экраны и ограждения должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

При размещении в одном помещении нескольких лазеров следует исключить возможность взаимного облучения операторов, работающих на различных установках. Не допускаются в помещения, где размещены лазеры, лица, не имеющие отношения к их эксплуатации. Запрещается визуальная юстировка лазеров без средств защиты.

Для удаления возможных токсических газов, паров и пыли оборудуется приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. Для защиты от шума принимаются соответствующие меры звукоизоляции установок, звукопоглощения и др.

К индивидуальным средствам защиты, обеспечивающим безопасные условия труда при работе с лазерами, относятся специальные очки, щитки, маски, обеспечивающие снижение облучения глаз до ПДУ.

Средства индивидуальной защиты применяются только в том случае, когда коллективные средства защиты не позволяют обеспечить требования санитарных правил.

5.2. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Лазерная обработка представляет практически безотходную технологию, возможно только незначительное испарение материала при обработке.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае перемерозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Перед наступлением отопительного сезона должна проводиться «подготовка к зиме», проверка всех систем теплообеспечения в лаборатории, проверка работоспособности резервных электрообогревателей. Так же должны быть предусмотрены аварийные дизель-генераторы для обеспечения аварийного бесперебойного электроснабжения.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Факторы пожарной и взрывной природы.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{1n} , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории в горючие материалы в холодном состоянии. Вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени;

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНИП 2.01.02-85[11] (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



Рисунок 74. План эвакуации

В корпусе на этаже имеются 3 огнетушителя, все предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 1000 В. При возникновении пожара необходимо выдернуть чеку, направить раструб в сторону огня, нажать на рычаг запорного устройства и приступить к тушению пожара.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

1. ГН 2.2.5.1313-03 [12] Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
2. СанПиН 2.2.4.548-96.[13] Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.[14] Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. [15] Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
5. ГОСТ 12.4.123-83. [16] Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
6. ГОСТ Р 12.1.019-2009. [17] Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
7. ГОСТ 12.1.030-81.[18] Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
8. ГОСТ 12.1.004-91. [19] Пожарная безопасность. Общие требования.
9. ГОСТ 12.2.037-78. [20] Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. [21] Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001. [22] Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. [23] Противопожарные нормы.
15. ГОСТ 12.4.154. [24] Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
16. СНиП 23-05-95. [25] "Естественное и искусственное освещение"

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» предназначен для анализа перспектив и успешности научно-исследовательского проекта. Основная цель этого раздела – определить перспективы, успешность и целесообразность научно-исследовательской работы. Чтобы достигнуть заданной цели, следует выполнить ряд задач :

- SWOT- анализ;
- интерактивная матрица проекта ;
- оценить коммерческий и инновационный потенциал исследования;
- составить календарный план и график работ;
- провести оценку стоимости материально- технических, человеческих и финансовых ресурсов исследования;
- сделать смету на организацию исследования;
- оценить ресурсосберегающую и экономическую эффективность.

6.1 SWOT- анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Он проводится в несколько этапов.

1) Первый этап - матрица SWOT (таблица 29). Он заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 29. SWOT анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность</p> <p>C2. Экологичность технологии</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>C4. Локальность обработки деталей</p> <p>C5. Создание особых свойств поверхности, не доступных другим способом</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>C1. Отсутствие отработанной технологии</p> <p>C2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>C3. Отсутствие постоянного доступа к необходимому оборудованию для проведения испытаний</p> <p>C4. Дороговизна установки для лазерной обработки</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемые при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование</p>		

<p>инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Понижение стоимости лазерной установки</p> <p>В3. Повышение спроса</p> <p>В4.Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Попадание в программу по обновлению оборудования на производстве</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У3. Появление новых улучшенных технологий</p> <p>У4. Ограничения на экспорт технологии</p>		

6.2. Второй этап SWOT- анализа

Второй этап - интерактивная матрица проекта (таблица 2). Выявление соответствия сильных и слабых сторон ЛСС внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Таблица 30. Интерактивная матрица «сильные стороны и возможности»

	Сильные стороны					
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	-	-	-
	В2	+	-	+	-	-
	В3	+	0	+	+	+
	В4	+	-	+	-	-
	В5	+	+	+	-	0

Таблица 31. Интерактивная матрица «слабые стороны и возможности»

	Слабые стороны					
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	-	+	-	+
	В2	-	-	-	+	-
	В3	+	+	-	+	-

	B4	-	-	-	0	-
	B5	-	+	-	+	-

Таблица 32. Интерактивная матрица «сильные стороны и угрозы»

	Сильные стороны					
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	+	-	-
	У2	+	+	+	-	-
	У3	0	-	-	-	+
	У4	-	-	-	-	-

Таблица 33. Интерактивная матрица «слабые стороны и угрозы»

	Слабые стороны					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	-	+	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	+	-	+	-	+
	У4	-	-	-	-	-

6.3. Третий этап

Третий этап – итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 34)

Таблица 34. итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность</p> <p>C2. Экологичность технологии</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>C1. Отсутствие отработанной технологии</p> <p>C2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
--	---	--

	<p>с другими технологиями</p> <p>C4. Локальность обработки деталей</p> <p>C5. Создание особых свойств поверхности, не доступных другим способом</p>	<p>C3. Отсутствие постоянного доступа к необходимому оборудованию для проведения испытаний</p> <p>C4. Дороговизна установки для лазерной обработки</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Понижение стоимости лазерной установки</p> <p>В3. Повышение спроса</p> <p>В4.Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Попадание в программу по обновлению оборудования на производстве</p>	<p>Главным достоинством технологии является её заявленная экономичность и энергоэффективность, которые позволят поддерживать высокий спрос и конкурентноспособность на рынке</p>	<p>Главной слабостью проекта является дороговизна лазерной установки, необходимой для внедрения разрабатываемой технологии. Понижение её стоимости в будущем привело бы к повышению спроса на технологию</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У3. Появление новых улучшенных технологий</p> <p>У4. Ограничения на экспорт технологии</p>	<p>Возможные угрозы заключаются только в ведении дополнительных требований к сертификации системы. Ввиду новизны технологии, потребуется вложение средств для соответствия каждой сфере.</p>	<p>Угрозой для проекта является появление новой улучшенной технологии. На фоне проблем с доступом к некоторому оборудованию для исследований и большим сроком поставок материала, эта проблема является очень актуальной</p>

Организационная структура проекта

На данном этапе работы были решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определены роли каждого участника проекта, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и трудозатраты в проекте. Данные по организационной структуре описаны в (таблице 35).

Таблица 35. Рабочая группа проекта

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Выбор направления исследований	Руководитель
	2	Составление задания на ВКР	Руководитель
	3	Согласование задания с исполнителем	Руководитель, инженер
Анализ порученного задания	4	Уточнение физических основ люминесценции хлорофилла	Инженер
	5	Уточнение информативности получаемых при спектральном анализе данных	Инженер
	6	Анализ конкурентных решений	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Проведение расчетов и выбор методики измерений	Инженер
	8	Подбор оборудования	Инженер
	9	Проверка реализации методики на имеющемся оборудовании	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	11	Представление результатов для отчета по ВКР	Инженер

Оформление отчета по ВКР	12	Анализ результатов отчета, формулировка выводов	Инженер
	13	Составление рекомендаций к следующей фазе исследований	Руководитель, инженер

6.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоёмкости работ используется опытно-статистический метод расчёта ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t = \frac{2t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ож i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы ,чел.-дн.;

$t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой

работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ -максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{p i} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}$$

где $T_{p i}$ - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож i}$ -ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ — коэффициент календарности, рассчитываемый по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{(365 - 52 - 14)} = 1,22 \text{ кал. дн.},$$

где $T_{кал}$ — количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ — количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ — количество праздничных дней в году.

Рассчитанные по этим формулам параметры для каждой из работ сведены в таблицу ниже:

Таблица 36. Временные показатели научного исследования

№ раб	Содержание работ	$t_{\min, \text{дн}}$	$t_{\max, \text{дн}}$	$t_{\text{ож, чел.-дн}}$	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность, календ. дн
1	Выбор направления исследований	1	2	1,4	1,4	2
2	Составление задания на ВКР	1	2	1,4	1,4	2
3	Согласование задания исполнителем	1	2	1,4	0,47	1
4	Уточнение физических основ	2	4	2,8	1,4	2

5	Уточнение информативности получаемых при спектральном анализе данных	2	3	2,4	1,2	2
6	Анализ конкурентных решений	1	2	1,4	0,7	1
7	Проведение расчетов и выбор методики измерений	3	5	3,8	1,9	3
8	Подбор оборудования	3	6	4,2	2,1	3
9	Проверка реализации методики на имеющемся оборудовании	2	3	2,4	1,2	2
10	Оценка эффективности полученных результатов	1	3	1,8	0,9	2
11	Представление результатов для отчета по ВКР	10	14	11,6	5,8	8
12	Анализ результатов отчета, формулировка выводов	5	8	6,2	3,1	4
13	Составление рекомендаций к следующей фазе исследований	2	4	2,8	0,93	2

6.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должны быть достоверно отражены все виды расходов, связанные с его выполнением. А именно это:

— материальные затраты НТИ;

- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

1) Сырье, материалы, покупаемые изделия и полуфабрикаты

Результаты по данной статье записаны в таблице 37.

Таблица 37– Сырье, материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Сталь	У12, 60x16x3 см	3	100,0	300,0
Оформление документации	Лист А4	50	2	100
Всего за материалы				400,0
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				20
Итого по статье C_m				420,0

2) Специальное оборудование для научных работ

Результаты по данной статье записаны в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования/Аморт отчисления, тыс.руб.
1	Лазер «Rabbit Marker 20»	1	1600	114

2	Микротвердомер ПМТ-3	1	39	39
---	-------------------------	---	----	----

3) Основная заработная плата

Таблица 39 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Исследование литературы	Исполнитель	16	667,0	10672
2	Подготовка образцов	Руководитель	5	1410,0	7050,0
3	Проведение эксперимента	Руководитель	1	1410,0	1410,0
		Консультант	1	1410,0	1410,0
		Исполнитель	3	879,0	2637,0
		Исполнитель	3	667,0	2001,0
4	Анализ полученных данных	Консультант	7	1410,0	9870,0
		Исполнитель	3	879,0	2637,0
		Исполнитель	22	667,0	14674,0
Итого:					52361,0

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 16);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни. (таблица 40).

Таблица 40 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	104	104
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 41. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	k_d	$k_{пр}$	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,0	1,3	0	0	30243,0	1410,0	6	8460,0
Исполнитель	14500,0	1,3	0	0	18850,0	879,0	6	5274,0
Итого $Z_{осн}$								13734,0

4) Дополнительная заработная плата

В дополнительную заработную плату включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 23 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 42 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	8460,0	5274,0
Дополнительная зарплата	1015,0	633,0

Зарплата исполнителя	9475,0	5907,0
Итого по статье $C_{зп}$	11 814,0	

5) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot 11814 = 320,0$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

б) Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,8 \cdot 11814 = 9451,0$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости исследования очагов воздействия лазерного излучения на поверхности углеродистой стали. Все данные по статьям сведены в таблицу 43.

Таблица 43. Группировка затрат по статьям

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	420,0
Спецоборудование для научных работ	39000,0
Основная заработная плата	52361,0
Дополнительная заработная плата	1648,0

Отчисления на социальные нужды	3201,0
Амортизационные отчисления	114000,0
Прочие накладные расходы	9 451,0
Итого плановая себестоимость	13 734,0

Вывод

В данном разделе бакалаврской работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен анализ перспектив и успешности научно-исследовательской работы. В ходе анализа было рассмотрено механизмы управления и другие проектные решения по реализации проекта.

Смета данного исследования составил 13 734,0 рублей. Также исследование показало высокую эффективность с точки зрения ресурсоэффективности.

Заключение

Лазерный маркер «Rabbit Fiber 20» является бюджетной технологической установкой с достаточно умеренными параметрами. Получение качественной маркировки с высоким контрастом требует специфических режимов обработки, предложенных в работе. Вместе с тем следует отметить низкую скорость обработки, характерную для таких режимов, что уменьшает производительность установки.

Таким образом, благодаря привлекательной цене «Rabbit Fiber 20» может быть применен в небольших производствах, работающих с умеренными и малыми тиражами изделий и ограниченным количеством технологических операций. В больших тиражах гравировки и/или необходимости различных режимов (глубокая гравировка, цветная гравировка, резка) его применение нецелесообразно.

Список используемых источников

1. Коденко Николай, Иванов Александр. Технология лазерной маркировки металлов//2010//Issue 1-2.
2. А.В.Богданов А.В., Ю.В.Голубенко. Волоконные технологические лазеры и их применение. - 2016 г.- 185 с.
3. Г.С. Ландсберг. Оптика.-1957 г.-621 с.
4. Лазерный маркер «Rabbit Fiber 20» [Электронный ресурс] URL: <http://all-ready.ru/product/markers/rabbit-marker-fiber-20> , свободный – Яз. рус. Дата обращения 20.02.2018.
5. Лазерный маркер МиниМаркер-2 М20 [Электронный ресурс] URL: <https://www.newlaser.ru/>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 23.02.2018
6. Стилусный профилометр KLA-TENCOR ALPHA-STEP IQ [Электронный ресурс] URL: <https://theseuslab.by/p66089507-stilusnyj-profilometr-kla.html/>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 10.01.2018
7. Стилусный профилометр [Электронный ресурс] URL: <https://miet.ru/structure/s/1541/e/64999/311> , свободный - Яз. рус. 15.01.2018
8. ГОСТ 12.0.1.005 -88 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные факторы.
9. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Защита от шума.
10. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 Классификация шумов.
11. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы.
12. ГН 2.2.5.1313 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны
13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
16. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
17. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
18. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
19. [ГОСТ 12.1.004-91](#). Пожарная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
21. [СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха](#)
22. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
23. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
24. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры.
25. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".