

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.791.947:621.375.628

**ШМОНИНА**  
Виктория Юрьевна

Исследование влияния параметров процесса на характеристики поверхности  
при лазерной резке тонколистового материала

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра  
по специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии»

Научный руководитель  
Мадвейко Сергей Игоревич  
кандидат технических наук, доцент

Минск 2023

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы одновременно с ростом промышленного потенциала начали расширяться масштабы применения технологических процессов обработки материалов. Одним из прогрессивных технологических направлений стало использование лазерных технологий, которые развиваются быстрыми темпами.

Необходимо отметить, что освоение лазерных технологий значительно повышает эффективность современного производства. Лазерные технологии позволяют осуществлять наиболее полную автоматизацию производственных процессов. Одновременно при этом экономится сырье и рабочее время.

Лазерное излучение, обеспечивая высокую концентрацию энергии, позволяет разделять практически любые материалы независимо от их теплофизических свойств. При этом можно получать узкие разрезы с минимальной зоной термического влияния. При лазерной резке не требуется механическое воздействие на обрабатываемый материал. Это позволяет осуществлять лазерную резку с высокой степенью точности. Благодаря большой плотности мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность, сочетающаяся с высоким качеством поверхности реза.

Основное преимущество лазерной резки – ее автоматизация и компьютеризация, возможность переходить с одного типа деталей любой геометрической сложности на другой тип без ощутимых затрат времени.

На рынке лазерного оборудования представлен широкий спектр лазерных установок. Это могут быть, как и большие технологические комплексы, так и малогабаритные установки, предназначенные для обработки тонколистовых неметаллических материалов.

Установка лазерной резки СМА1309-В-А – это бюджетная лазерная установка, для комфортной работы с которой необходимо проведение предварительных исследований. При лазерной обработке характер взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом зависит от множества различных факторов. Для получения наилучшего результата необходимо выбирать такие значения режимов обработки, при которых обеспечивается требуемое качество обработки поверхности и точность геометрических размеров.

Целью данной работы является экспериментальный подбор режимов резки и вычисление ширины реза для возможности дальнейшего корректирования задаваемых геометрических размеров заготовки.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами:**

Тема диссертационной работы утверждена Советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Диссертационная работа выполнялась на кафедре «Электронной техники и технологии» в рамках научной программы ГБ 2021-26 Физико-химические процессы формирования твердотельных структур электронной, электронно-оптической и медицинской техники «ЧАСТЬ 1 Материалы и процессы формирования твердотельных структур электронной техники» 2021-2023 г.

**Актуальность темы исследования:**

При лазерной обработке характер взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом зависит от множества различных факторов. Для получения наилучшего результата необходимо выбирать такие значения режимов обработки, при которых обеспечивается требуемое качество обработки поверхности. В настоящее время области применения лазерного оборудования и режимы обработки материалов не изучены в достаточном объеме, что в определенной степени сдерживает их более широкое использование.

**Цель и задачи исследования:**

Получение результатов исследования влияния технологических режимов лазерной резки тонколистовых материалов на характеристики поверхности.

Для достижения поставленной цели главными **задачами** являются:

1. Осуществить анализ технологии и оборудования для лазерной резки тонколистовых материалов.
2. Провести экспериментальное исследование влияния режимов работы лазерного станка на линейные размеры обрабатываемых деталей.
3. Провести экспериментальное исследование влияния режимов работы лазерного станка на форму и размеры лазерного реза

**Объект исследования:** детали из тонколистовых диэлектрических материалов, изготовленные на малогабаритном станке лазерной резки «СМА1309-В-А».

**Предмет исследования:** физико-технологические характеристики поверхности тонколистового материала, подвергнувшегося действию интенсивного лазерного излучения.

**Область исследования:** содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй

ступени (магистратуры) специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии».

**Информационная база** исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

**Научная новизна** заключается в определении зависимостей параметров получаемых заготовок от режимов лазерной резки на установке «СМА1309-В-А».

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту**

1. Установлены оптимальные режимы резки пластика РММА толщиной 3 мм на установке лазерной резки «СМА1309-В-А» для получения геометрических размеров наиболее приближенных заданным:  $P_1 = 28$  Вт,  $V_1 = 6$  мм/с,  $P_2 = 28$  Вт,  $V_2 = 13$  мм/с,  $P_3 = 36$  Вт,  $V_3 = 20$  мм/с.

2. Установлены оптимальные режимы лазерной резки на установке лазерной резки «СМА1309-В-А» пластика РММА толщиной 3 мм при которых достигается наименьшая ширина и конусность реза: режим  $P = 28$  Вт,  $V = 6$  мм/с и режим  $P = 36$  Вт,  $V = 13$  мм/с.

**Теоретическая значимость** работы заключается в определении оптимальных режимов лазерной резки тонколистовых материалов.

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что в дальнейшем результаты исследования можно использовать для получения лучшего качества реза тонколистовых материалов при работе на установке лазерной резки «СМА1309-В-А».

#### **Апробация диссертации и информации об использовании ее результатов**

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы были представлены на следующих научных конференциях: 58-я и 59-я научные конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

#### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 3 работы.

#### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников. Объем магистерской диссертации составляет 42 страницы, включая 20 иллюстраций, 7 таблиц, список использованных источников из 29 наименований.

## **Проверка на уникальность**

Проведена экспертиза диссертации Шмониной Виктории Юрьевны «Исследование влияния параметров процесса на характеристики поверхности при лазерной резке тонколистового материала» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме 20.04.2023 г. В результате установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 74,55 %)

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** приводится обоснование актуальности работы.

**В первой главе** рассматриваются физико-технологические основы работы лазеров. Приводится устройство и виды лазеров. Кратко рассмотрены твердотельные, рубиновые, неодимовые, полупроводниковые, оптоволоконные и газовые лазеры, их основные преимущества и области применения. Приводится классификация лазерных установок по типу манипулятора, их особенности, преимущества и недостатки, а также указаны основные направления модернизации лазерных технологических установок. Рассмотрена технология лазерной резки, основные ее преимущества перед другими типами обработки. Приведены особенности лазерной обработки неметаллических материалов.

**Во второй главе** рассматривается малогабаритная установка лазерной резки тонколистовых неметаллических материалов «СМА1309-В-А», используемая для проведения экспериментов. Описаны методики проведения экспериментов. Описано оборудование, необходимое для проведения исследований

**В третьей главе** приведены результаты исследований влияния характеристик процесса лазерной резки, таких как скорость и мощность лазерного луча, на геометрические размеры получаемых заготовок и конусность реза.

Установлены оптимальные режимы лазерной резки пластика РММА толщиной 3 мм на установке лазерной резки «СМА1309-В-А» для получения геометрических размеров наиболее приближенных к заданным:  $P_1 = 28$  Вт,  $V_1 = 6$  мм/с,  $P_2 = 28$  Вт,  $V_2 = 13$  мм/с,  $P_3 = 36$  Вт,  $V_3 = 20$  мм/с.

Установлены оптимальные режимы лазерной резки на установке лазерной резки «СМА1309-В-А» пластика РММА толщиной 3 мм при которых

достигается наименьшая ширина и конусность реза: режим  $P = 28$  Вт,  $V = 6$  мм/с и режим  $P = 36$  Вт,  $V = 13$  мм/с.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертации и приведены рекомендации по использованию полученных результатов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе исследования были изучены физические процессы, происходящие во время обработки материала лазерным лучом, и определены регулируемые параметры, влияющие на достижение нужного результата обработки. К ним относятся мощность излучения лазера  $P$  и скорость передвижения луча  $V$ .

Проведены исследования параметров, влияющих на геометрические размеры при лазерной обработке заготовок из пластика РММА толщиной 3 мм. Оптимальными режимами являются режимы:  $P_1 = 28$  Вт,  $V_1 = 6$  мм/с,  $P_2 = 28$  Вт,  $V_2 = 13$  мм/с,  $P_3 = 36$  Вт,  $V_3 = 20$  мм/с. При данных режимах достигается наименьшее отличие геометрических размеров от заданных.

Проведены исследования влияния скорости реза и мощности излучения на ширину и конусность реза для пластика РММА толщиной 3 мм. Выявлены оптимальные режимы: режим  $P = 28$  Вт,  $V = 6$  мм/с и режим  $P = 36$  Вт,  $V = 13$  мм/с. При этих режимах достигается минимальная ширина реза и минимальный угол конусности.

Результаты исследования могут быть в дальнейшем использованы для получения деталей лучшего качества при лазерной резке пластика РММА толщиной 3 мм на установке СМА1309-В-А. А также для корректировки задаваемых в управляющей программе геометрических размеров заготовок для получения размеров деталей, требуемой точности.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А. Шмони́на, В. Ю. Современное технологическое оборудование для лазерной обработки материалов электронной техники / В. Ю. Шмони́на // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 509–512. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.

2-А. Шмони́на, В. Ю. Исследование влияния режимов работы лазерного станка на линейные размеры обрабатываемых деталей / В. Ю. Шмони́на // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17-21 апреля 2023 г / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 412–414. – Режим доступа : [https://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_173567.pdf](https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_173567.pdf).

3-А. Шмони́на, В. Ю. Исследование влияния режимов работы лазерного станка на форму и размеры лазерного реза / В. Ю. Шмони́на // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17-21 апреля 2023 г / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 415–417. – Режим доступа : [https://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_173567.pdf](https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_173567.pdf).