

Научная статья

УДК 739.52; 672; 673.1

EDN LTVSDI

doi 10.34216/2587-6147-2024-1-63-58-63

Ирина Александровна Груздева¹

Алиса Олеговна Овчинникова²

Екатерина Олеговна Боровая³

Александра Андреевна Барышева⁴

^{1, 2, 3, 4}Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

¹ i.a.gruzdeva@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5579-0730>

² alisa.ovchinnikova@urfu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1548-0658>

³ ekaterina.borovaia@urfu.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3210-9426>

⁴ alexandra.barysheva@urfu.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8446-5666>

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Аннотация. В настоящей работе на конкретном примере показан дизайн объемного художественного изделия, элементы которого получены методом газолазерной резки, а рельеф поверхности методом гравировки. Приведена последовательность технологических этапов изготовления такого художественного изделия. Представлены основные технологические параметры резки и гравирования для листовой стали и латуни. Для анализа влияния технологических свойств обрабатываемого материала и толщины металла на технологические параметры и режимы обработки были выбраны разные для лазерной резки материалы: сталь и латунь. Показано, что достижения современной науки и техники могут быть применимы в ювелирной промышленности и позволяют решать любые задачи промышленного ювелирного дизайна. Представленные в статье художественные изделия являются шахматными фигурами и были выполнены в рамках дипломного проектирования.

Ключевые слова: сувенир, художественное изделие, газолазерная резка, латунь, сталь, дизайн, гравирование

Для цитирования: Особенности дизайна художественных изделий, изготовленных методом лазерной резки / И. А. Груздева, А. О. Овчинникова, Е. О. Боровая, А. А. Барышева // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 58–63. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-58-63>.

Original article

Irina A. Gruzdeva¹

Alisa O. Ovchinnikova²

Ekaterina O. Borovaya³

Alexandra A. Barysheva⁴

^{1,2,3,4}Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

DESIGN FEATURES OF ART PRODUCTS MADE BY LASER CUTTING METHOD

Abstract. The study uses a specific example to show the design of a three-dimensional artistic product, the elements of which are obtained using gas laser cutting. The sequence of technological stages of manufacturing such an artistic product is given. The main technological cutting parameters for sheet steel and brass are presented. In order to analyse the influence of the technological properties of the processed material and the thickness of the metal on the technological parameters and processing modes, different materials for laser cutting were chosen: steel and brass. It is shown that the achievements of modern science and technology can be applied in the jewellery industry and allow solving any problems of industrial jewellery design. The artistic products presented in the article are chess pieces and were made as part of a diploma design.

Keywords: souvenir, artistic product, gas-lasercutting, brass, steel, design, graving

© Груздева И. А., Овчинникова А. О., Боровая Е. О., Барышева А. А., 2024

For citation: Gruzdeva I. A., Ovchinnikova A. O., Borovaya E. O., Barysheva A. A. Design features of art products made by laser cutting method. *Technologies & Quality*. 2024. No 1(63). P. 58–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-58-63>.

Технология лазерной резки и обработки отверстий листовых заготовок из сплавов черных и цветных металлов находит значительное применение в различных отраслях промышленности [1–5]. Основным преимуществом лазерной обработки материала является бесконтактное взаимодействие с заготовкой. Работа проводится без механического контакта инструмента с заготовкой, что позволяет обрабатывать тонкие, хрупкие и легкодеформируемые материалы. Во время лазерной обработки короткий лазерный импульс с высокой плотностью мощности за очень короткое время передает энергию в заготовку. В результате материал плавится и испаряется. Чем выше энергия импульса, тем быстрее материал расплавляется и испаряется [6–8].

Дизайн художественных изделий меняется, в том числе и объемной сувенирной продукции [9]. В настоящее время довольно модной формой искусства является инсталляция – форма современного искусства, пространственная композиция, созданная из различных элементов, часто плоских, и являющая собой художественное целое [10]. То есть элементы художественного изделия изготовлены из тонколистового материала. Как известно, изделия такой формы можно получить методами пластической деформации. Существующие традиционные технологии изготовления изделий из металлов – литье и пластическая деформация – не совсем удовлетворяют требованиям при производстве такого типа плоских элементов. Методом литья сложно добиться получения

качественных тонких и при этом имеющих большую площадь поверхности заготовок, а изготовление оснастки для получения таких элементов методом обработки давлением является дорогостоящим. Кроме того, художественные изделия имеют сложную конфигурацию контура, и тираж выпускаемых художественных изделий ограничен спросом покупателей, необходима быстрая смена ассортимента продукции [11]. Кроме того, использование различных нетрадиционных материалов при изготовлении ювелирных украшений и бижутерии, таких как титан, сталь, вольфрам и ряд других, требует новых технологий их формообразования [12–14]. В связи с этим полагаем, что метод лазерной резки, все более широко применяемый для производства изделий из различных материалов, является наиболее приемлемым.

В настоящей работе рассмотрена последовательность изготовления художественных изделий – шахматных фигур, элементы которых изготовлены методом лазерной резки. Целью работы являлось исследование влияния параметров лазерной резки на качество обрабатываемой поверхности. Эксперименты проводились на двух сплавах: сталь и латунь, листы толщиной 1 мм. Лазерная резка выполнялась на прецизионном лазерном комплексе RX-150 QCW (рис. 1), работающем в импульсном режиме излучения. Обработка результатов проводилась визуально. В зависимости от технологических свойств обрабатываемого материала и толщины металла выбирались соответствующие режимы и методы обработки.



а



б

Рис. 1. Лазерный комплекс RX-150 QCW: а – панель управления, б – рабочая камера

Работа над созданием серии сувениров начинается с разработки дизайна будущих изделий. Разработанная серия шахматных фигур вдохновлена полнометражным мультипликационным фильмом «Красавица и чудовище». Художественный образ шахматных фигур соответствует герою мультфильма, который ассоциативно подходит той или иной шахматной фигуре, чтобы игроку было легче ориентироваться во время игры. Построение контуров фигур (рис. 2) велось в программе Rhinoceros 5.0, затем переводилось в программу CorelDraw 2020. Важно все линии распределить по отдельным слоям согласно очередности реза: первый слой – внутренние линии реза, второй слой – внешние. Это необходимо для правильной последовательности лазерной резки: от внутренних кон-

туров к внешним. Все линии, находящиеся на одном слое, группируются. Схема лазерной резки сохраняется в формате *.dxf.

Основные технологические параметры газолазерной резки – мощность излучения, скорость резки, давление газа, диаметр сфокусированного пятна, частота импульсов, длительность импульсов – приведены в табл. 1.

Для резки сплавов на основе меди требуется большая мощность излучения, чем для сплавов на основе железа. Это объясняется более высокой теплопроводностью и меньшей поглощательной способностью к лазерному излучению медных сплавов. Для газолазерной резки назначен импульсный режим, что обусловлено большим количеством прорезей и мелких деталей рисунка.

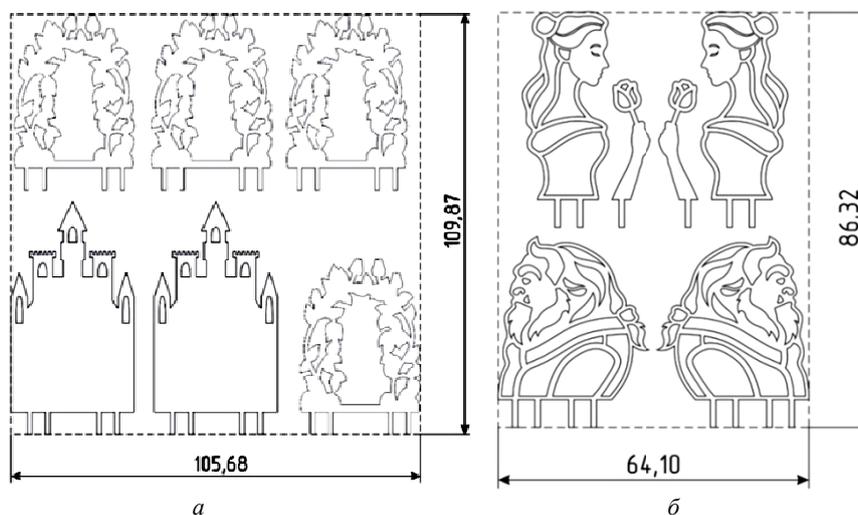


Рис. 2. Схема разметки элементов шахматных фигур для лазерной резки: а – из стального листа; б – из латунного листа

Т а б л и ц а 1

Основные технологические параметры газолазерной резки

Материал	Технологические параметры			
	Мощность P , Вт	Длительность импульса τ , с	Частота импульса f , Гц	Скорость резания v , мм/с
Сталь	1000...1200	$2 \cdot 10^{-4}$	500	6
Латунь	1300...1500	10^{-3}	80	0,8

Латунь обладает высокой отражательной способностью, что может привести к отражению лазерного луча и, как следствие, к некачественной резке. Проблему блестящей поверхности латуни можно решить двумя способами. Для обеспечения высокого качества резки необходимо придать матовость поверхности и уменьшить диаметр лазерного пятна. Частота импульса зависит от сложности контура реза. При резке несложных контуров (элементы из латуни) необходима небольшая частота импульсов. Так, для элементов из стали была назначена частота импульсов 500 Гц, для латунных элементов –

80 Гц. Поскольку сталь характеризуется невысокой теплопроводностью, необходимо уменьшить зону термического воздействия и снизить длительность импульса лазера до 0,2 мс. Это в свою очередь влияет на скорость резки, которая для стальной заготовки была назначена равной 6 мм/с, а для латуни 0,8 мм/с. Все необходимые параметры были назначены в приложении LaserCut (рис. 3).

Газолазерная резка осуществляется посредством локального разогрева металла лучом, который сфокусирован излучением лазера на поверхность заготовки. Движение лазерного

луча определяется программой. Луч обеспечивает высокую концентрацию энергии, вследствие чего металл начинает нагреваться и плавиться – происходит резка металла. Преимуществом лазерной резки тонкостенных заготовок является минимальная зона термического воздействия и, следовательно, снижение вероятности образования внутренних термических напряжений и возможности деформации заготовки. Полученные в ходе газолазерной резки элементы представлены на рис. 4. Для латунных элементов

предусмотрена гравировка для изображения фигур. Гравировку проводили на этой же лазерной установке, с меньшей мощностью лазера – 750 Вт и большей скоростью резания – 10 мм/с. В отличие от лазерной резки, которая осуществлялась в импульсном режиме работы лазера, гравировка проводится при постоянном режиме его работы. Гравирование лазером – это не только снятие поверхностного слоя металлической заготовки на некоторую глубину, но и получение окисленной поверхности снимаемого слоя.

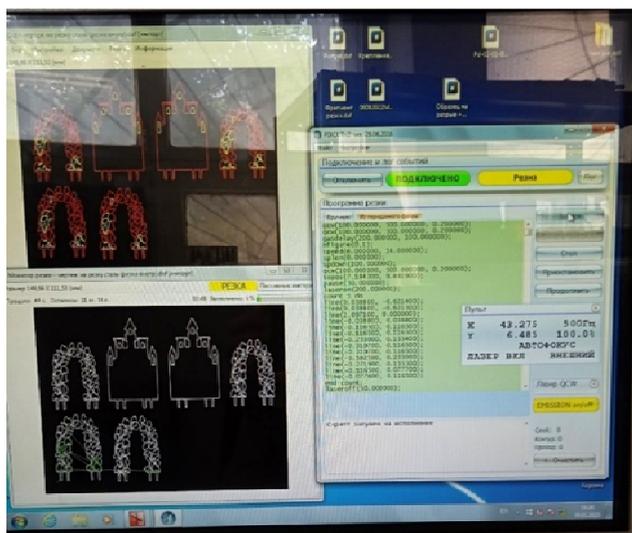


Рис. 3. Настройка параметров для газолазерной резки в программе LaserCut

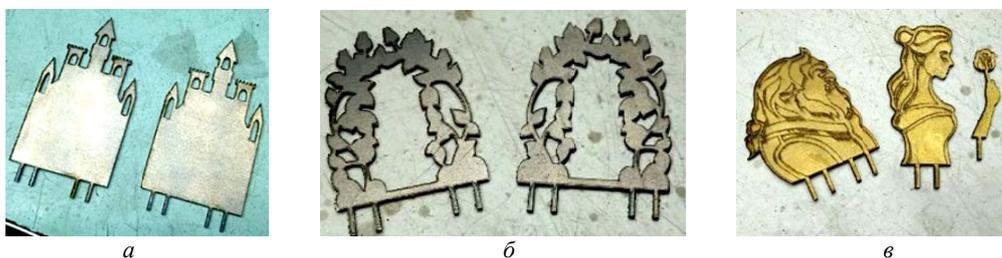


Рис. 4. Заготовки после резки: а, б – центральный и боковой элемент из стали; в – латунный элемент фигуры

После лазерной резки поверхность на краях металла часто имеет грат (потеки расплавленного металла), зазубрины и высокую шероховатость. Иногда на поверхности реза образуется пригар, который возможно удалить только механическим способом.

Обработка поверхности реза ведется надфилями, наждачной бумагой разной абразивности. Окончательное полирование – на шлифо-

вално-полировальном станке с использованием фетровых кругов и полировальной пасты.

Для придания темно-серого оттенка черным фигурам стальные элементы были подвергнуты воронению – вид защитно-декоративного покрытия заготовок из сплавов на основе железа. Для воронения стальных элементов был выбран способ щелочного воронения в растворе (табл. 2). Вороненные заготовки представлены на рис. 5.

Т а б л и ц а 2

Состав раствора и технологические режимы воронения стальных заготовок

Наименование компонента/параметра	Значение
Состав:	
– NaOH, г	100
– NaNO ₃ , г	30
– H ₂ O, мл	100
Температура, °С	135...140
Продолжительность, мин	30...35



Рис. 5. Вороненные стальные заготовки для черной шахматной фигуры

Полученные элементы собираются на деревянное основание высотой 15 мм и диаметром 40 мм. В качестве материала основания можно выбрать древесину любой породы. В представленном варианте это древесина березы, заготовка предварительно обработана, отшлифована, обожжена газовой горелкой и отполирована. При необходимости деревянную заготовку можно покрасить и покрыть лаком. Металлические элементы вставляются в предварительно подготовленные в деревянном основании отверстия и фиксируются клеем. Готовое изделие представлено на рис. 6.



Рис. 6. Готовые шахматные фигуры

Таким образом на примере художественного изделия, металлические элементы которого изготовлены из двух различных сплавов: стали и латуни, изучено влияние на технологические параметры газолазерной резки. Анализ результатов эксперимента показал, что методом лазерной резки можно получать сложные криволинейные и близкорасположенные друг к другу контуры деталей из тонколистового металла. Это возможно благодаря снижению прочностных характеристик сплавов при температурах, близких к температуре их плавления.

Также авторами работы было отмечено, что требуется дальнейшая отработка технологических параметров газолазерной резки, таких как длительность импульса, частота импульса, скорость резания, ширина реза, так как эти параметры влияют на качество (четкость) реза и шероховатость поверхности реза, а производители лазерных установок рекомендуют широкий диапазон технологических параметров.

ВЫВОДЫ

Предложены технологические параметры газолазерной резки для стального и латунного листа толщиной 1 мм. Для прогнозирования зависимости точности и четкости поверхности реза от технологических параметров требуется дальнейшая работа с разными металлами и сплавами разной толщины и качества поверхности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хайруллина Л. Р., Смородин Ф. К. Технология лазерного сверления и резки отверстий в изделиях деталей авиастроения // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева. 2016. Вып. 2. С. 38–41.
2. Браткова Ю. Л., Чирков А. Е., Чумаченко Г. В. Изготовление заготовок художественных изделий лазерной резкой // Технологии художественной обработки материалов : сб. трудов XVIII Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. С. И. Галанина. Кострома : Костром. гос. технол. ун-т, 2015. С. 257–260.
3. Григорьянц А. Г., Соколов А. А. Лазерная резка металлов : учеб. пособие. 3-е изд. М. : Директ-Медиа, 2021. 128 с.
4. Галанин С. И. Лазерные технологии в ювелирном производстве : учеб. пособие. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2013. 95 с.
5. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
6. Вейко В. П., Петров А. А., Самохвалов А. А. Введение в лазерные технологии : учеб. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2018. 161 с.

7. Лазерная обработка конструкционных материалов : учеб. пособие / Э. И. Агеев, В. П. Вейко, С. Г. Горный, Г. В. Одинцова, А. А. Петров. СПб. : Университет ИТМО, 2017. 79 с.
8. Дьячкова Н. В., Груздева И. А. Использование лазерной сварки при креплении элементов ювелирных украшений со вставками из янтаря // Актуальные проблемы науки и техники – 2021 : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ростов на/Д : ДГТУ, 2021. С. 930–931.
9. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Дизайн и технология ювелирных изделий: российские особенности // Дизайн. Материалы. Технология. 2011. № 2(17). С. 60–63.
10. Быстрова Т. Ю. Сувенир. Назначение и проектирование. Екатеринбург : Екатеринбургская академия современного искусства, 2018. 156 с.
11. Галанин С. И., Висковатый И. С., Колупаев К. Н. Дизайн сложнопрофильных металлических поверхностей // Технологии и качество. 2017. № 1(37). С. 25–31.
12. Котова К. В., Галанин С. И. Модные тренды и бижутерия // Технологии и качество. 2019. № 2(44). С. 26–34.
13. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Титан в ювелирных украшениях и бижутерии // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 59–64.
14. Галанин С. И., Рыбакова И. В., Колупаев К. Н. Особенности российских ювелирных брендов // Технологии и качество. 2023. № 3(61). С. 34–43.

REFERENCES

1. Khairullina L. R., Smorodin F. K. Technology of laser drilling and cutting of holes in aircraft parts. *Vestnik KSTU of A. N. Tupolev* [Bulletin of the KSTU named after A. N. Tupolev]. 2016;2:38–41. (In Russ.)
2. Bratkova Yu. L., Chirkov A. E., Chumachenko G. V. Production of artwork by laser cutting. *Tekhnologii hudozhestvennoj obrabotki materialov : sb. trudov XVIII Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Technologies of Artistic Processing of Materials. Proceedings of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conf.], edited by S. I. Galanin. Kostroma, Kostrom. St. Technol. Univ. Publ., 2015. P. 257–260. (In Russ.)
3. Grigoryants A. G., Sokolov A. A. Laser cutting of metals. 3rd ed. Moscow, Direct-Media Publ., 2021. 128 p. (In Russ.)
4. Galanin S. I. Laser technology in jewelry manufacturing. Kostroma, Kostrom. St. Tekhnol. Univ. Publ., 2014. 108 p. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Jewelry Manufacturing Technology. Moscow, SPM-Industriya Publ., 2017. 511 p. (In Russ.)
6. Veiko V. P., Petrov A. A., Samokhvalov A. A. Introduction to laser technologies. Saint Petersburg, ITMO University, 2018. 161 p. (In Russ.)
7. Ageev E. I., Veiko V. P., Gorniy S. G., Odintsova G. V., Petrov A. A. Laser processing of structural materials. Saint Petersburg, ITMO University, 2017. 79 p. (In Russ.)
8. Dyachkova N. V., Gruzdeva I. A. The use of laser welding in the attachment of jewelry elements with amber inserts. *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2021 : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Actual problems of science and technology – 2021. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conf.]. Rostov-on-Don, Don. St. Techn. Univ. Publ., 2021. P. 930–931. (In Russ.)
9. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Design and technology of jewelry: Russian features. *Dizajn. Materialy. Tekhnologiya* [Design. Materials. Technology]. 2011;2(17):60–63. (In Russ.)
10. Bystrova T. Yu. Souvenir. Purpose and design. Yekaterinburg, Yekaterinburg Academy of Modern Art Publ., 2018. 156 p. (In Russ.)
11. Galanin S. I., Viskovaty I. S., Kolupaev K. N. Design of complex-profile metal surfaces. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology & Quality]. 2017;1(37):25–31. (In Russ.)
12. Kotova K. V., Galanin S. I. Modern trends and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology & Quality]. 2019;2(44):26–34. (In Russ.)
13. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Titanium in jewellery and costume jewellery. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;1(55):59–64. (In Russ.)
14. Galanin S. I., Rybakova I. V., Kolupaev K. N. Peculiarities of Russian jewellery brands. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;3(61):34–43. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 7.02.2024
Принята к публикации 6.03.2024