

Секция 4. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.94

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Алексеев В.А.¹, Усольцева А.В.¹, Усольцев В.П.¹, Юран С.И.²

¹Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

²Удмуртский государственный аграрный университет
Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена разработке методики задания универсальных режимов гравирования неметаллических материалов. Проведенные исследования показали наличие корреляционно-регрессионной связи между качеством поверхности и особенностями технологии лазерного гравирования. С учетом этих связей выбраны режимы лазерного гравирования. Показано, что для получения наиболее четкого и контрастного изображения необходима глубина проникновения лазерного излучения в материал на 0,3–0,5 мм. Полученные результаты эксперимента по заданию режимов лазерного гравирования материалов в зависимости от мощности лазерного излучения, скорости обработки и диаметра пятна фокусирования позволяют повысить эффективность применения лазерных технологий.

Ключевые слова: лазерное гравирование, качество поверхности, режимы гравирования.

INVESTIGATION OF LASER TREATMENT MODES
SURFACES OF MATERIALS

Alekseev V.A.¹, Usoltseva A.V.¹, Usoltsev V.P.¹, Yuran S.I.²

¹Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov

²Udmurt State Agrarian University
Izhevsk, Russian Federation

Abstract. The work is devoted to the development of a methodology for setting universal modes of engraving of non-metallic materials. The conducted studies have shown the presence of a correlation-regression relationship between the surface quality and the features of laser engraving technology. Taking into account these connections, laser engraving modes are selected. It is shown that in order to obtain the clearest and most contrasting image, the depth of penetration of laser radiation into the material by 0.3–0.5 mm is necessary. The obtained results of the experiment on setting the modes of laser engraving of materials depending on the power of laser radiation, processing speed and the diameter of the focusing spot make it possible to increase the efficiency of using laser technologies.

Key words: laser engraving, surface quality, engraving modes.

Адрес для переписки: Юран С.И., ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, 426069, Российская Федерация
e-mail: yuran-49@yandex.ru

Создание промышленно-художественных изделий высокого уровня требует постоянного развития и усложнения приемов, используемых для проектирования, применения прогрессивных инновационных технологий для производства.

В значительной степени от качества поверхности зависят эксплуатационные характеристики изделий и эстетические свойства продукции. Важное значение имеет качество поверхности в производстве товаров декоративно-прикладного искусства. Особую перспективу имеет производство товаров декоративно-прикладного искусства на индустриальной основе.

В сравнении с другими видами художественной обработки: гранением, шлифованием, абразивно-струйным гравированием, электронно-ионным и др. лазерная обработка имеет ряд существенных преимуществ [1]. Лазерные технологии позволяют учесть некоторый диапазон изменения

индивидуальных характеристик используемого материала, определяющих режимы обработки.

Алгоритм управления процессом лазерной поверхностной обработки представляет собой самообучающуюся технологическую систему, основой которой являются математические модели, отражающие функциональные связи параметров лазерного нагрева с параметрами лазерного луча, параметрами условий обработки и параметрами обрабатываемого материала.

На базе математических моделей, с учетом ограничивающих факторов (диапазон глубин лазерного воздействия, диапазон твердости, диапазон износостойкости, шероховатость поверхности и т. д.), осуществляется корректировка параметров нагрева и производится расчет основных управляющих технологических параметров – мощности излучения, скорости обработки и диаметра пятна фокусирования [2].

При разработке конкретного технологического процесса приходится учитывать множество факторов, имеющих случайный характер, изменяющихся нелинейно. В литературе нет аналитических выражений, позволяющих провести расчет шероховатости поверхности. Существующие методики имеют такие недостатки как ограниченность применения, необоснованное использование большого количества рабочего материала и части рабочей продукции, увеличение времени на проведение указанных работ и дополнительное составление испытательных программ.

Целью работы является улучшение качества поверхности промышленно-художественных изделий за счет рациональной технологии лазерного гравирования.

В работе решались следующие задачи:

- изучение особенностей лазерной технологий объемного гравирования на поверхности промышленно-художественных изделий;
- выявление закономерностей процесса гравирования неметаллических материалов;
- установление взаимосвязей между технологией лазерной обработки и качеством поверхности;
- исследование процессов, протекающих в материале при лазерной обработке и их влияние на качество изделия;
- разработка методики задания режимов, гравирования неметаллических материалов и практических рекомендаций по проектированию технологических процессов декоративно-художественного оформления изделий;
- разработка регрессионной модели для расчета показателей качества элементов поверхности, позволяющей совершенствовать дизайн изделия и проектировать технологию обработки.
- установление корреляционных связей между качеством поверхности при лазерной обработке и свойствами обрабатываемого материала;
- практическое апробирование технологии гравирования изображений на поверхности промышленно-художественных изделий в промышленных условиях.

Для определения аналитических выражений применен метод интерполяции и экстраполяции с использованием аппроксимации по методу наименьших квадратов. Для выбора длины волны лазерного излучения использована зависимость светопрозрачности материала от длины волны. Определение этой функциональной зависимости проведено на основании полученных и приведенных в литературе статистических данных.

В результате анализа показано, что для получения наиболее четкого и контрастного

изображения необходима глубина проникновения лазерного излучения в материал на 0,3–0,5 мм. Этого достаточно для получения стабильного контура резки, высокохудожественного контрастного вида изображений, необходимой адгезии при заполнении изображения красителем.

С учетом установленных функционально-корреляционных связей между режимами работы лазерной установки выбраны режимы лазерного гравирования для проведения экспериментов:

- максимальная мощность лазерного излучения 9,6 Вт;
- скорость лазерного гравирования 27,0 см/сек;
- разрешающая способность 500 dpi;
- частота импульсов 1000 Гц;
- диаметр сфокусированного лазерного луча на материале 0,1 мм.

Качество поверхности после лазерного гравирования оценивалось по глубине лазерной гравировки, величине измеренных микронеровностей, дисперсии отклонения микронеровностей, блеску поверхности и опросу потребителей.

Исследование проводилось с использованием оборудования:

- лазерная установка *Trotec Speedy 300*;
- микроинтерферометр МИИ 4;
- денситометр ДНС-2;
- фотоэлектрический блескомер ФБ-2;
- приборы для измерения твердости материалов по Шору ТВР-А;
- аппарат измерения модуля упругости *LMEC-2a*.

Проведенные исследования показали наличие корреляционно-регрессионной связи между качеством поверхности и особенностями технологии лазерного гравирования. Полученные результаты эксперимента по заданию режимов лазерного гравирования материалов в зависимости от мощности лазерного излучения позволяют повысить эффективность применения лазерных технологий.

Полученные результаты позволяют успешно компенсировать имеющиеся естественные неоднородности материала, стабильно добиваться высоких результатов при промышленном изготовлении высокохудожественных эксклюзивных изделий.

Литература

1. Промышленная лазерная маркировка и гравировка металлических и неметаллических изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://laserform.ru/technologies/tehgravirovka.html>.
2. Способ лазерной обработки поверхности материалов: патент РФ 2801913 / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, А.В. Усольцева, С.И. Юран. – Оpubл. 18.08.2023.