ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71838— 2024

Оптика и фотоника

ЛАЗЕРНО-ЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Лазеры и оптические системы» (ООО «ЛОС») и Обществом с ограниченной ответственностью «Лазерный центр» (ООО «Лазерный центр»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 296 «Оптика и фотоника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2024 г. № 1793-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оптика и фотоника

ЛАЗЕРНО-ЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс

Optics and photonics.
Laser-erosion processing of product surfaces.
Technological process

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к технологическому процессу лазерно-эрозионной обработки поверхностей изделий из различных материалов (в том числе металлов, сплавов, пластика и т. д.) (далее — поверхностей изделий).

Настоящий стандарт распространяется на материалы, применяемые для прецизионного изготовления матриц, пуансонов, штампов, пресс-форм, чеканов, штемпелей и других трехмерных изделий из них.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.296 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений параметров шероховатости Rmax, Rz в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм и Ra в диапазоне от 0,001 до 750 мкм

ГОСТ 8.657 Государственная система обеспечения единства измерений. Фотометрия импульсная. Термины и определения

ГОСТ 12.1.003 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.012 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.040 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

Издание официальное

ГОСТ 12.4.026 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ 19300 Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры

ГОСТ ЕН 12626 Безопасность металлообрабатывающих станков. Станки для лазерной обработки

ГОСТ IEC 60825-1 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения

ГОСТ Р 8.674 Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к средствам измерений и техническим системам и устройствам с измерительными функциями

ГОСТ Р 8.678 Государственная система обеспечения единства измерений. Формы оценки соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями установленным требованиям

ГОСТ Р 58373 Оптика и фотоника. Лазеры и лазерное оборудование. Термины и определения

ГОСТ Р 71028 Оптика и фотоника. Оборудование на базе волоконных лазеров. Требования лазерной безопасности

СП 52.13330 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение»

СП 56.13330 «СНиП 31-03-2001 Производственные здания»

СП 60.13330 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 8.657, ГОСТ Р 58373, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **лазерно-эрозионная обработка;** ЛЭО: Послойная лазерная обработка, проводимая путем контролируемого эрозионного разрушения тонких поверхностных слоев обрабатываемого материала с целью формирования трехмерного рельефа по заданным геометрическим параметрам.

3.1.2 **грат:** Излишек металла, застывший в нижней части зоны обработки материала.

3.1.3

лазерная технологическая установка; ЛТУ: Лазерное технологическое оборудование, состоящее из технологического лазера, системы транспортировки и фокусировки излучения, манипулятора и технологической оснастки.

[ГОСТ Р 71764—2024, статья 3]

3.1.4

система транспортировки и фокусировки (лазерного) излучения; СТФИ (Нрк. *система доставки излучения*): Часть лазерного оборудования (ЛТК, ЛТУ), объединяющая в единый блок или модуль систему транспортировки излучения и систему фокусировки лазерного излучения.

[ГОСТ Р 71764—2024, статья 9]

3.1.5

скважность импульсов лазерного излучения *q*; скважность: Отношение периода следования импульсов лазерного излучения к длительности импульса лазерного излучения.

[ГОСТ 24453—80, статья 31]

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

КД — конструкторская документация;

ТД — технологическая документация;

ТП — технологический процесс;

CAD — система автоматизированного проектирования;

CAM — система автоматизированного производства.

4 Общие положения

4.1 ТП ЛЭО включает в себя следующие этапы:

- загрузку файлов цифровой модели изделия в установленных форматах (CAD/CAM или ином формате) в систему управления ТП ЛЭО;
- выбор алгоритмов обработки с разбиением на пространственные слои с заданным шагом, установление режима ЛЭО для каждого слоя с применением программно-аппаратных средств оборудования ЛЭО и библиотек предустановленных режимов обработки разных материалов;
- подготовку технологического оборудования, ввод параметров ТП ЛЭО;
- реализацию и контроль параметров ЛЭО;
- контроль качества поверхности изделия, полученной при выполнении ЛЭО.

4.2 В результате реализации ТП ЛЭО на поверхности изделия должен быть сформирован трехмерный рельеф с заданными геометрическими параметрами.

4.3 Требования к производственным помещениям

4.3.1 ТП ЛЭО следует осуществлять в условиях производственных помещений, оборудованных вентиляцией и отоплением в соответствии с требованиями СП 60.13330, норм проектирования освещения по СП 52.13330, имеющих весь необходимый перечень оборудования для выполнения ТП ЛЭО, а также транспортирования изделий.

4.3.2 Производственные помещения должны соответствовать требованиям СП 56.13330, ГОСТ 12.1.005.

4.4 Требования к технологическому оборудованию, приборам и оснастке

4.4.1 Технологическое оборудование для ЛЭО должно соответствовать требованиям ГОСТ IEC 60825-1, ГОСТ ЕН 12626, ГОСТ 12.1.040, ГОСТ 12.2.003.

4.4.2 Оборудование, необходимое для реализации ТП ЛЭО, должно соответствовать ТД и эксплуатационной документации.

4.4.3 Для выполнения требований качества ЛЭО следует использовать ЛТУ, которое должно обеспечивать:

- оптимальную для данного материала длину волны излучения;
- импульсный режим воздействия с оптимальными энергией, длительностью и частотой повторения импульсов;
- минимальное сечение лазерного пучка в фокусе;
- динамическое поддержание фокусировки лазерного пучка на поверхности обрабатываемого изделия;

- повышенную скорость и точность позиционирования и перемещения лазерного пучка по поверхности изделия;
- управление и контроль параметров ЛЭО;
- контроль качества поверхности изделия, полученной в результате ЛЭО, на соответствие графическому макету.

4.4.4 Для реализации ТП ЛЭО следует использовать ЛТУ с достаточными энергетическими характеристиками для испарения материала, а также средства измерений, обеспечивающие контроль заданных технологических параметров режима ЛЭО и качества полученного в результате проведения ЛЭО изделия.

При проведении ЛЭО для выполнения поэтапного удаления тонких слоев материала по трехмерным CAD/CAM-моделям применяют импульсные твердотельные, волоконные ЛТУ с длительностью импульсов от фемтосекунд до наносекунд.

В состав ЛТУ в общем случае входят:

- СТФИ к обрабатываемому изделию, включая зеркала, линзы и другие оптические элементы для фокусировки лазерного пучка в пятно размером от 0,5 до 50 мкм и его позиционирования с заданной точностью;
- система позиционирования обрабатываемого изделия, применяемая для удержания материала на месте и его точного позиционирования по отношению к лазерному пучку;
- система управления, применяемая для управления ТП ЛЭО, включающая в себя промышленный компьютер и специализированное программное обеспечение для управления мощностью ЛТУ, частотой и длительностью импульсов, динамическим поддержанием фокусировки лазерного пучка, скоростью сканирования, другими параметрами многопроходной обработки для получения заданной геометрии поверхности;
- система безопасности, используемая для защиты оператора и оборудования от лазерного излучения, включающая в себя блокировки, защитные шторки и другие устройства безопасности;
- вытяжная система для улавливания продуктов испарения и их фильтрации перед выпуском в атмосферу.

4.4.5 Контроль качества ЛЭО осуществляют с применением оборудования для выполнения измерений геометрических параметров поверхности изделия и оценки качества обработанной поверхности по методам оптической микроскопии, контактной профилометрии с учетом требований ГОСТ 8.296, ГОСТ 19300, по методам спектральной эллипсометрии для контроля наличия на исследуемой поверхности и в структуре материала загрязнений, микровключений и пленок.

Состав применяемого оборудования для контроля качества, требования к точности и быстродействию указанных измерений следует устанавливать в ТД на ЛЭО.

4.4.6 Применяемые средства измерений должны быть поверены или калиброваны в установленном порядке.

4.4.7 Эталоны единиц величин должны быть аттестованы.

4.4.8 Стандартные образцы должны иметь утвержденный тип и соответствовать установленному сроку службы.

4.4.9 Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568; средства измерений, используемые в составе испытательного оборудования, должны быть поверены.

4.4.10 Средства контроля и индикаторы, являющиеся техническими средствами, должны быть проверены на соответствие эксплуатационной документации.

4.4.11 Программное обеспечение средств измерений должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.654.

4.4.12 Технические системы и устройства с измерительными функциями должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.674 и ГОСТ Р 8.678.

4.4.13 Технологическое оборудование и оснастка ЛТУ должны быть автоматизированы. Технологическое оборудование должно обеспечивать стабильность основных параметров режимов ЛЭО, возможность их регулирования и контроля.

4.4.14 Технологическая оснастка должна быть изготовлена из негорючих материалов, обеспечивать надежное крепление обрабатываемой заготовки и точность ее позиционирования в соответствии с требованиями ТД.

4.4.15 Технологическое оборудование и оснастка должны исключать выход отраженного (диффузного или зеркального) лазерного излучения за пределы зоны обработки.

4.5 Требования к поверхностям изделий

4.5.1 Перед началом ТП ЛЭО на поверхности изделия должны быть созданы условия для наилучшего поглощения лазерного излучения, которые зависят от длины волны используемой ЛТУ.

4.5.2 На подготовленных к ЛЭО поверхностях изделий не должно быть следов коррозии, грязи, масла, краски, дефектов в виде вскрытых пор, рытвин, трещин, прожогов, заусенцев.

4.6 Требования к параметрам и режимам технологического процесса лазерно-эрозионной обработки

4.6.1 При разработке ТП ЛЭО разработчик должен определить настройки параметров оборудования путем выполнения пробных операций, комбинируя варианты сочетаний параметров: мощность ЛТУ, длина волны излучения, частота, форма и скважность импульсов, фокусное расстояние, скорость перемещения оптической системы для динамического поддержания фокусировки лазерного пучка на обрабатываемой поверхности, постоянство мощности, поляризация, скорость перемещения лазерного пучка, алгоритм обхода областей сканирования, вид сопутствующего газа (при наличии).

Выбранная комбинация параметров ТП должна обеспечивать требуемые значения геометрических параметров и состояния поверхности изделия при приемлемой скорости обработки и энергетической эффективности ЛЭО для заданного вида материала и геометрии изделия.

4.6.2 При выполнении экспериментального подбора оптимальных режимов ТП ЛЭО выполняют следующие действия:

- формируют проект изделия, которое должно быть получено в результате ЛЭО, представление его в CAD-/CAM-формате или в ином формате, используемом для хранения трехмерных моделей объектов, совместимом с применяемым оборудованием ЛЭО;
- выбирают и редактируют алгоритм ЛЭО с применением программно-аппаратных средств оборудования ЛЭО, включая автоматическое разбиение модели на слои с заданным шагом, выбирают предустановленные режимы ЛЭО поверхности изделий в каждом слое;
- подготавливают оборудование, настраивают технологические режимы ЛЭО;
- выполняют и контролируют ТП ЛЭО, проводят проверку тестового образца на точность геометрических параметров и качества поверхностей обработки;
- вносят изменения в параметры настройки ЛТУ и определяют оптимальное сочетание параметров ТП, которое позволяет получить необходимое соответствие требованиям ТД по точности геометрических параметров и качеству поверхностей обработки с приемлемыми значениями скорости и энергетической эффективности обработки.

Оптимальные параметры и режимы ТП ЛЭО приведены в приложении А.

4.7 Требования к производственному персоналу

К работе на лазерном технологическом оборудовании допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие практическую подготовку по работе на оборудовании при проведении ЛЭО и инструктаж по технике безопасности при работе на электроустановках, а также при работе с источниками лазерного излучения, в соответствии с инструкциями по технике безопасности, внедренными на предприятии.

5 Требования к технологическому процессу лазерно-эрозионной обработки

5.1 Общие положения

5.1.1 ТП ЛЭО выполняют по ТД, разработанной на основании КД и требований настоящего стандарта.

5.1.2 В ТД должен быть установлен технологический режим ЛЭО — совокупность параметров ТП ЛЭО, а также значения параметров ТП ЛЭО.

5.2 Реализация технологического процесса лазерно-эрозионной обработки

5.2.1 ЛЭО материалов выполняют как термический управляемый процесс прецизионной лазерной обработки материалов сфокусированным лазерным пучком. ЛЭО реализуют по данным CAD-/CAM-проектирования как контролируемое эрозионное разрушение тонких поверхностных слоев обрабатываемого изделия.

Управление интенсивностью, частотой модуляции, позиционированием и другими параметрами лазерного пучка осуществляют с помощью специально разработанных алгоритмов и программного обеспечения.

Примечание — Проект изделия может быть представлен в CAD-/CAM-формате или в ином формате, используемом для хранения трехмерных моделей объектов, совместимом с применяемым оборудованием ЛЭО.

5.2.2 ЛЭО материалов рекомендуется применять для обеспечения:

- высокой точности обработки поверхностей сложной пространственной формы;
- обработки поверхности в труднодоступных местах;
- минимального термического воздействия на материал изделия;
- возможности обработки изделий из труднообрабатываемых и легкоплавких материалов;
- селективного воздействия на слои материала без повреждения соседних слоев при обработке многослойных материалов;
- высокой чистоты обработанной поверхности с минимальными дефектами поверхности.

5.2.3 При реализации ЛЭО изделий необходимо учитывать основные параметры, оказывающие влияние на ТП ЛЭО:

а) параметры ЛТУ, к которым относятся выходная мощность, длина волны, длительность импульсов, поляризация излучения (не для волоконных лазеров), энергия импульса, длительность и форма импульсов, частота импульсов, расходимость и профиль интенсивности лазерного пучка;

б) технологические параметры обработки, включая размер и форму сфокусированного пятна излучения, перекрытие световых пятен, сопутствующий газ (если применяется), алгоритм обхода областей сканирования, положение фокальной плоскости при обработке и глубина фокуса, скорость перемещения лазерного пучка, точность фокусировки, точность перемещения лазерного пучка и управления его выходной мощностью;

в) свойства материала, в том числе оптические (коэффициенты отражения и поглощения), термодинамические (теплоемкость, теплопроводность, температура плавления и кипения, удельная теплота плавления и испарения, коэффициент термического расширения), механические (размеры, шероховатость поверхности, плотность, твердость, хрупкость, упругость).

Примечание — Шероховатость обработанной поверхности при ЛЭО зависит от частоты импульсов, скорости перемещения лазерного пучка, процента перекрытия световых пятен по направлениям осей лазерного сканирования, поведения материала в жидкой фазе, от наличия грата, загрязнений и других параметров.

5.2.4 Основным параметром управления ЛЭО изделий является плотность мощности в пятне лазерного пучка. Значение данного параметра должно быть достаточным для реализации испарительного (сублимационного) механизма удаления конкретного материала.

Значение плотности мощности в пятне лазерного пучка в зависимости от типа изделия определяет технолог в соответствии с ТД.

Другими применяемыми параметрами управления ЛЭО являются длительность импульса, длина волны излучения, частота повторения импульсов, определяющие тепловое воздействие на материал.

Значения параметров управления ЛЭО определяет технолог в соответствии с ТД.

Примечание — Для устранения термического воздействия лазерного излучения на обрабатываемый материал и получения высокого качества поверхности предпочтительно использование ЛТУ с нано-, пико- и фемтосекундными длительностями импульсов, позволяющее передавать энергию в материал и удалять его за период времени меньший, чем характерное время развития тепловых процессов, связанных с появлением жидкой фазы в материале.

5.2.5 Для эффективной реализации ЛЭО поверхность изделия следует размещать и поддерживать на точном фокусном расстоянии от линзы ЛТУ. Для этого в программе работы ЛТУ должно быть предусмотрено смещение оптического устройства на расстояние, соответствующее смещению поверхности материала за счет его испарения после каждого цикла обработки. Обработку следует проводить послойно с установленным шагом по осям координат.

5.2.6 Скорость перемещения лазерного пучка в плоскости сканирования устанавливают в ТД исходя из характеристик материала и требований к физико-химическим свойствам поверхности обрабатываемого изделия.

5.2.7 В процессе разработки ТП для достижения требуемых геометрических параметров и состояния поверхности изделия следует выбрать режим обработки, обеспечивающий приемлемое соответствие геометрических параметров цифрового макета изделия и результата обработки материала.

5.2.8 Параметры ТП ЛЭО выбирают методами математического моделирования процессов, протекающих при взаимодействии лазерного излучения с конкретным материалом, и позволяющих получить предварительные значения диапазона необходимых технологических параметров для создания заданных форм поверхностей, а также методами построения статистических зависимостей показателей качества получаемого изделия от параметров обработки по результатам практической реализации ТП ЛЭО на тестовых объектах.

6 Контроль качества

6.1 Требования к качеству обработки поверхности изделий устанавливают в нормативной документации (CAD-/CAM-моделях, ТД, КД) изготовителя.

6.2 Качество результатов ЛЭО оценивают по следующим параметрам:

а) геометрические характеристики, включая соответствие размеров, полученных в результате обработки, заданным в КД или CAD-/CAM-модели;

б) производительность, в том числе линейная скорость перемещения плоскости обработки, на которой происходит испарение материала, скорость удаления материала; эффективность удаления материала (объем материала, удаляемый лазерным излучением с энергией 1 мДж);

в) характеристики поверхности материала в зоне лазерного воздействия, включая шероховатость обработанной поверхности с учетом требований ГОСТ 8.296, ГОСТ 19300, размер зоны термического влияния, наличие грата, загрязнений, их размеры, наличие неоднородностей, дефектов и пленок;

г) отсутствие зоны с видимыми дефектами, вызванными тепловым воздействием лазера: окислами, окалиной, изменением фазовой структуры материала.

6.3 Контроль качества ЛЭО включает в себя следующие этапы:

- проверку геометрических характеристик изделий, включая соответствие размеров, полученных в результате обработки, заданным в КД или CAD-/CAM-модели совмещение (сопоставление) параметров CAD-/CAM-модели проекта;
- соответствие результата ЛЭО ТД на конкретное изделие;
- измерение характеристик микрорельефа поверхности, размера зоны термического влияния, оценка наличия грата, загрязнений, микровключений, неоднородностей, дефектов, пленок, их размеров (при наличии).

Примечания

1 Для уменьшения зоны термического влияния рекомендуется снижение длительности импульсов, а для уменьшения шероховатости следует подобрать комбинацию параметров лазерной обработки, в том числе скорости перемещения лазерного излучения и детали относительно друг друга, длительности и частоты повторения импульсов и других параметров, влияющих на шероховатость поверхности.

2 Под зоной термического влияния понимается объем материала, в котором при лазерной обработке произошло изменение физико-химических свойств, включая структурно-фазовые переходы и перестройку кристаллической решетки.

6.4 Качество ЛЭО контролируют методами, установленными в нормативной документации (КД, ТД) изготовителя.

7 Требования безопасности

7.1 Требования безопасности при осуществлении ТП ЛЭО — по ГОСТ 12.3.002 и в соответствии с инструкциями по охране труда предприятия.

7.2 Требования безопасности к конструкции и эксплуатации лазерного технологического оборудования — по ГОСТ IEC 60825-1, ГОСТ ЕН 12626, ГОСТ 12.1.040, ГОСТ Р 71028 и в соответствии с [1].

7.3 Требования электробезопасности к применяемому технологическому оборудованию и оснастке — по ГОСТ 12.1.019 и в соответствии с [2], правила безопасности при эксплуатации электроустановок — по [3].

7.4 Технологическое оборудование должно быть заземлено. Сечение заземляющих проводников — не менее сечения подводящих проводников; электрическое сопротивление между шиной заземления и узлами технологического оборудования, которые могут оказаться под напряжением, — не более 0,1 Ом по ГОСТ 12.1.019 и в соответствии с [2].

7.5 Требования пожарной безопасности — по ГОСТ 12.1.004, правила противопожарного режима в производственном помещении — в соответствии с [4].

7.6 Требования безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением — в соответствии с [5].

7.7 Уровни шума и нормы вибрации на рабочем месте не должны превышать предельно допустимых значений по ГОСТ 12.1.003 и ГОСТ 12.1.012 соответственно.

7.8 Содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций по ГОСТ 12.1.007. Допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне — по ГОСТ 12.1.005.

7.9 Работники, задействованные в ТП ЛЭО, должны быть обеспечены специальной одеждой, обувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с требованиями нормативного документа.

7.10 Подъем и перемещение тяжестей (изделий массой более 16 кг) следует выполнять с применением подъемных механизмов.

7.11 Поверхности ограждений и перемещающихся узлов технологического оборудования должны быть окрашены в сигнальные цвета по ГОСТ 12.4.026. Для указания места нахождения огнетушителя или направления движения к этому месту следует использовать соответственно основной знак F04 или комбинированный знак пожарной безопасности по ГОСТ 12.4.026. На дверях помещений и лазерном технологическом оборудовании, на излучателе и в зоне обработки должны быть нанесены предупреждающие знаки W10 по ГОСТ 12.4.026 или предупреждающие знаки по ГОСТ IEC 60825-1; на электрооборудовании, дверцах силовых щитков, электротехнических шкафах — предупреждающие знаки W08 по ГОСТ 12.4.026.

Приложение А
(рекомендуемое)

Оптимальные параметры и режимы технологического процесса лазерно-эрозионной обработки

А.1 Обработку материала осуществляют лазерным пучком, сфокусированным в пятно размером от 0,5 до 50 мкм, по CAD-/CAM-модели изделия. Разбиение модели на пространственные слои и вычисление энергетических характеристик, траекторий движения лазерного пучка в плоскости обработки осуществляют с помощью программных средств и библиотек в составе автоматизированной системы ЛЭО.

А.2 Для эффективной работы ЛТУ обрабатываемую поверхность изделия следует размещать на точном фокусном расстоянии от линзы ЛТУ и динамически поддерживать это расстояние в процессе обработки за счет применения системы автоподстройки фокуса. При этом должно проводиться относительное смещение оптической системы перед очередным импульсом на величину, равную толщине испаренного за предыдущий импульс слоя. Таким образом, плотность мощности излучения на движущейся поверхности испарения будет оставаться постоянной на протяжении всей обработки.

А.3 В качестве примера оптимальных параметров послойной обработки изделия из латуни с применением ЛЭО могут быть указаны:

- смещение оптической системы на 2,5 мкм после каждого цикла обработки на ЛТУ с длиной волны 1 мкм;
- работа в импульсном режиме с длительностью импульсов 200 нс;
- частота повторения импульсов от 1,6 кГц до 999 кГц;
- фокусировка лазерного пучка на поверхность материала объективом плоского поля с фокусным расстоянием 216 мм;
- диаметр пучка в фокусе 45 мкм;
- максимальная скорость перемещения лазерного пучка при обработке 8700 мм/с.

А.4 Для оценки качества обработанной поверхности изделия, полученного в результате ЛЭО применяют средства измерения, работающие по методу оптической микроскопии с увеличением от 50 до 1000 крат и контактной профилометрии.

Библиография

[1] СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

[2] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (утверждены приказом Минэнерго России от 12 августа 2022 г. № 811)

[3] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. ПОТЭУ (утверждены приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 г. № 903н)

[4] Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479)

[5] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013 О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением

УДК 544.032.65:621.373.826:006.354 ОКС 25.220.99

Ключевые слова: оптика и фотоника, лазерно-эрозионная обработка поверхностей изделий, технологический процесс

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 03.12.2024. Подписано в печать 16.12.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru