ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72186— 2025

Оптика и фотоника

ОЧИСТКА ЛАЗЕРНАЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

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 4 июля 2025 г. № 688-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», 2025

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

ОЧИСТКА ЛАЗЕРНАЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс

Optics and photonics. Laser cleaning of product surfaces. Technological process

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к технологическому процессу лазерной очистки поверхностей изделий из металлических и неметаллических твердых материалов (далее — поверхности изделий) от коррозии, окалины, масляных пленок, лакокрасочных покрытий, органических отложений, жиров, масел, нагара, оксидных пленок, гальванических покрытий, теплозащитных, адгезивных покрытий (далее — фракции различной природы, подлежащие удалению).

Настоящий стандарт распространяется на материалы, сохраняющие форму и объем (твердые материалы), а также эластичные материалы (резина), стекло, керамика, минералы, дерево, пластмассу и др.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 9.402 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию

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

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

Издание официальное

ГОСТ ЕН 12626 Безопасность металлообрабатывающих станков. Станки для лазерной обработки

ГОСТ IEC 60825-1 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для пользователей

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

ГОСТ Р ИСО 8501-1 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

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

3.1 **лазерная очистка** (laser cleaning): Процесс лазерной обработки материала, при котором поверхность изделия очищают от фракций различной природы, подлежащих удалению, сфокусированным лазерным пучком, действие которого основано на десорбции.

3.2 **десорбция** (desorption): Физический процесс, при котором адсорбированные атомы или молекулы высвобождаются с поверхности в окружающую среду.

3.3 **фракции различной природы, подлежащие удалению** (fractions of various natures subject to removal): Следы коррозии, окалины, масляных пленок, лакокрасочных покрытий, органических отложений, жиров, масел, нагара, оксидных пленок, гальванических покрытий, теплозащитных, адгезивных и прочих покрытий искусственного и естественного происхождения, наличие которых отрицательно влияет на надежность, безопасность, экономичность продукции и в том числе на ее работоспособность.

3.4 **скорость десорбции** (desorption rate): Объем вещества загрязнения, удаляемый за 1 с.

3.5

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]

3.6

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

[ГОСТ 24453—80, статья 31]

3.7 **ржавчина** (rust): Видимые продукты коррозии, состоящие, в случае черных металлов, главным образом, из гидратированных оксидов железа.

3.8 **окалина** (calx): Слой оксидов, образующийся в процессе выплавки или горячей обработки металлов.

3.9 **степень загрязнения** (degree of contamination): Общее количество фракций, подлежащих удалению (масляных, смазочных, солей, пыли) на единице площади обрабатываемого изделия (материала) и в толще материала.

4 Общие требования

4.1 Технологический процесс (ТП) лазерной очистки, при необходимости, включает в себя следующие этапы:

- запуск ЛТУ и его настройку;
- выполнение пробного сканирования области нахождения фракций различной природы, подлежащих удалению, для оценки параметров их наличия и определения толщины их слоя;
- выбор параметров настройки ЛТУ для лазерной очистки;
- подготовку технологического оборудования, ввод параметров ТП лазерной очистки;
- направление лазерного пучка на область фракций различной природы, подлежащих удалению;
- фиксацию источника лазерного пучка в определенном положении, повторные проходы до получения требуемого результата;
- управление и контроль параметров лазерной очистки;
- организацию удаления продуктов распада (вытяжка) и их фильтрация перед выпуском в атмосферу;
- контроль качества поверхности изделия, полученной после выполнения лазерной очистки.

4.2 В результате реализации ТП лазерной очистки состояние поверхности обрабатываемого изделия должно соответствовать требованиям, установленным в конструкторской документации (КД) на изделие.

4.3 Требования к окружающей среде для эксплуатации оборудования для лазерной очистки

4.3.1 Эксплуатация оборудования для лазерной очистки допускается при температуре окружающего воздуха и относительной влажности в соответствии с рабочей температурой оборудования для лазерной очистки, указанной в технической документации.

4.3.2 ТП лазерной очистки должен осуществляться в атмосфере при отсутствии химически активных газов и паров, агрессивных по отношению к углеродистой стали, сплавам алюминия, изоляции электрических элементов, а также к материалам оптических элементов.

4.3.3 Не допускается конденсация паров воды на поверхностях оборудования для лазерной очистки.

4.3.4 ТП лазерной очистки следует осуществлять в помещениях, снабженных системой приточно-вытяжной вентиляции и/или другими средствами, обеспечивающими состояние воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

4.4 Требования к технологическому оборудованию, приборам и оснастке

4.4.1 Технологическое оборудование для лазерной очистки 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 лазерной очистки, должно соответствовать технологической (ТД) и эксплуатационной документации.

4.4.3 Для реализации ТП лазерной очистки следует использовать ЛТУ с достаточными энергетическими характеристиками для реализации десорбции фракций различной природы, подлежащих удалению, с очищаемого изделия, а также средства измерений, обеспечивающие контроль заданных технологических параметров режима лазерной очистки и качества полученного в результате проведения лазерной очистки изделия.

4.4.4 Для выполнения требований качества лазерной обработки следует использовать ЛТУ, которое должно обеспечивать:

- пробные импульсы лазерного излучения для оценки параметров фракций различной природы, подлежащих удалению, выбор мощности и настройку технологического оборудования для лазерной очистки автоматически или в ручном режиме;

- оптимальную для данной фракции различной природы, подлежащей удалению, длину волны излучения;

- режим непрерывного излучения или импульсный режим излучения с оптимальными энергией, длительностью, частотой повторения, скважностью и формой импульсов, параметром распространения пучка для реализации механизмов десорбции фракций различной природы, подлежащих удалению;

- оптимальный диаметр пятна фокусировки (ширина зоны обработки);

- динамическое поддержание фокусировки лазерного пучка на поверхности удаляемой фракции различной природы, подлежащей удалению;

- оптимальные скорость, процент перекрытий линий лазерного пучка при сканировании по поверхности фракции различной природы, подлежащей удалению;

- управление и контроль параметров лазерной обработки;

- защиту оператора и оборудования от лазерного излучения, включая защиту зрения и другие меры безопасности;

- вытяжку продуктов испарения, его фильтрацию перед выпуском в атмосферу;

- контроль качества поверхности изделия, полученной в результате лазерной очистки.

4.4.5 Контроль качества лазерной очистки осуществляют с применением оборудования для оценки качества обработанной поверхности методами визуального контроля, оптической микроскопии, спектральной эллипсометрии для контроля наличия на исследуемой поверхности и в структуре материала фракций различной природы, подлежащих удалению, микровключений и пленок.

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

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 для лазерной очистки могут быть автоматизированы. Технологическое оборудование должно обеспечивать стабильность основных параметров режимов лазерной очистки, возможность их регулирования и контроля.

4.4.14 Технологическая оснастка должна быть изготовлена из негорючих материалов, обеспечивать надежное крепление обрабатываемого изделия и точность его 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 параметрам и режимам технологического процесса лазерной очистки

4.5.1 При разработке ТП лазерной очистки разработчик должен определить настройки параметров оборудования путем выполнения пробного сканирования для оценки параметров фракций различной природы, подлежащих удалению, выбора мощности и параметров лазерной очистки.

4.5.2 Выбор параметров ТП лазерной очистки поверхности изделий от фракций различной природы, подлежащих удалению, зависит от следующих условий:

- длина волны лазерного излучения должна обеспечивать максимально возможное значение коэффициента поглощения для данной фракции различной природы, подлежащей удалению;

- диаметр лазерного пучка в фокусе должен обеспечивать энергоэффективную десорбцию фракции различной природы, подлежащей удалению;

- параметр распространения пучка должен быть как можно ближе к единице для обеспечения качественной фокусировки;

- фокусное расстояние должно быть оптимальным, контролируемым и корректируемым параметром ЛТУ для лазерной очистки;

- мощность ЛТУ непрерывного действия или импульсного ЛТУ должна быть достаточна для запуска механизма десорбции;

- для ограничения теплового воздействия на очищаемый материал целесообразно применение импульсных ЛТУ с длительностью импульса от микросекунд до фемтосекунд;

- частоту повторения, скважность импульсов, скорость сканирования и число проходов лазерной очистки следует определять, исходя из объема и свойства вещества загрязнения.

4.5.3 При выполнении ТП лазерной очистки следует контролировать следующие параметры:

- оптимальность длины волны излучения;

- оптимальность энергии излучения;

- для импульсного режима излучения — оптимальность длительности, частоты повторения, скважности и формы импульсов, параметра распространения пучка;

- сечение лазерного пучка в фокусе, динамическое поддержание фокусировки лазерного пучка на поверхности фракции различной природы, подлежащей удалению, скорость, перекрытий линий лазерного пучка при сканировании по поверхности данной фракции;

- производительность, в том числе скорость десорбции, эффективность удаления фракции (объем загрязнения, удаляемый лазерным излучением с энергией 1 мДж);

- характеристики поверхности изделия после лазерной очистки, размер зоны термического влияния, остаточная степень наличия фракций различной природы, подлежащих удалению.

Рекомендуемые параметры и режимы ТП лазерной очистки приведены в приложении А.

4.6 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 лазерной очистки 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 лазерной очистки

5.1 Общие положения

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

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

5.2 Реализация технологического процесса лазерной очистки

5.2.1 Лазерную очистку выполняют как термический управляемый процесс очистки поверхностей изделий от фракций различной природы, подлежащих удалению, сфокусированным лазерным пучком, действие которого основано на десорбции.

5.2.2 Метод десорбции реализуют путем воздействия на фракцию различной природы, подлежащую удалению, лазерного излучения мощностью, достаточной для обеспечения нагрева и отслаивания частиц данной фракции (например, продуктов коррозии металлов и сплавов, оксидных пленок, окалины, ржавчины и др.). При этом при поглощении лазерного излучения образуется быстро расширяющаяся плазма (высокоионизированный нестабильный газ) и возникают ударные волны, которые превращают вещество загрязнения во фрагменты и удаляют их. Длительность импульса излучения должна быть достаточно короткой, чтобы избежать накопления тепла, разрушающего обрабатываемую поверхность изделия.

5.2.3 Метод десорбции, как правило, реализуют при импульсном лазерном излучении, которое испаряет фракции различной природы, подлежащие удалению, и переводит их в состояние плазменного облака, удаляемого системой вытяжки. Уровень мощности лазерного излучения устанавливают

(в автоматическом или ручном режиме с использованием пробного сканирующего импульса лазерного излучения и настроек ЛТУ для лазерной очистки), исходя из толщины слоя удаляемых фракций и необходимой энергоемкости, обеспечивающей ТП лазерной очистки.

5.2.4 При организации ТП лазерной очистки следует учитывать, что глубина, на которой поглощается энергия лазерного пучка, и объем вещества разрушаемых фракций, удаленного излучением за один проход, зависят от оптических свойств вещества фракций, а также от длины волны лазерного излучения, длительности и скважности импульса, скорости сканирования лазерным пучком, перекрытия линий сканирования.

5.2.5 При реализации лазерной очистки изделий необходимо учитывать основные параметры, оказывающие влияние на ТП лазерной очистки:

- параметры ЛТУ, к которым относятся режим подачи излучения, выходная мощность, длина волны, энергия импульса, длительность, скважность и форма импульсов, частота повторения импульсов, параметр распространения пучка;
- технологические параметры обработки, включая размер и форму сфокусированного пятна излучения, положение фокальной плоскости при обработке и глубина фокуса, скорость перемещения лазерного пучка, точность фокусировки, точность перемещения лазерного пучка и управления его выходной мощностью;
- свойства веществ, из которых состоят удаляемые фракции, 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).

6 Контроль качества

6.1 Требования к качеству лазерной очистки поверхностей изделий устанавливают в нормативной документации (ТД и КД) изготовителя.

6.2 Качество результатов лазерной очистки поверхностей изделий оценивают по соответствию степени удаления фракций заданной в КД на изделие.

6.3 Для металлических материалов контроль остаточного загрязнения поверхности осуществляют согласно ГОСТ 9.402 и ГОСТ Р ИСО 8501-1.

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

7 Требования безопасности

7.1 Требования безопасности при осуществлении ТП лазерной очистки — 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 лазерной очистки, 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)

Рекомендуемые параметры и режимы технологического процесса лазерной очистки

А.1 Лазерную очистку поверхности изделия от фракций различной природы, подлежащих удалению, осуществляют мобильными или стационарными ЛТУ, с непрерывным или импульсным режимом излучения, мощностью от 10 до 1000 Вт и более, позволяющие реализовать механизмы десорбции.

А.2 Для лазерной очистки могут быть применены твердотельные, оптоволоконные или газовые ЛТУ (в том числе эксимерные), длина волны которых оптимальна для поглощения веществом удаляемых фракций. Частота, скважность и уровень мощности излучения, количество проходов должны быть оптимальными для удаления фракций имеющегося типа и объема.

А.3 В качестве примера рекомендуемых параметров ЛТУ для лазерной очистки стали от ржавчины толщиной от 50 до 75 мкм могут быть предложены:

- мощность ЛТУ — не более 500 Вт;
- длина волны излучения — 1064 нм;
- работа в импульсном режиме с длительностью импульсов — не более 20 мс;
- частота повторения импульсов — от 25 до 500 кГц;
- диаметр пучка в фокусе — 100 мкм;
- ширина сканирования — не более 100 мм.

А.4 Для оценки качества обработанной поверхности изделия, полученной в результате лазерной очистки, применяют визуальный контроль и средства измерения, работающие по методу оптической микроскопии с увеличением от 50 до 1000 крат и эллипсометрии.

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 681.7.026.3:006.354 ОКС 25.220.99

Ключевые слова: оптика и фотоника, очистка лазерная поверхностей изделий, технологический процесс

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 07.07.2025. Подписано в печать 14.07.2025. 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