ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57550— 2017

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ В ВАКУУМЕ

Технические требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ФГУП «ВНИИНМАШ») и Публичным акционерным обществом «Электромеханика»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 210 «Технологическое обеспечение создания и производства изделий»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 июля 2017 г. № 730-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Февраль 2020 г.

*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

© Стандартинформ, оформление, 2017, 2020

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ В ВАКУУМЕ

Технические требования

Technological equipment for electron beam processing in vacuum.
Technical requirements

Дата введения — 2017—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на технологические комплексы для электронно-лучевой обработки изделий из различных металлов и сплавов энергетически насыщенным электронным пучком в вакууме.

Настоящий стандарт устанавливает основные технические требования к технологическим комплексам в составе электронно-лучевого оборудования.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.014 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования

ГОСТ 9.032 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения

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

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

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

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электромеханические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.9 (МЭК 519-1—84) Безопасность электротермического оборудования. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 12.2.033 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.049 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.061 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 1908 Бумага конденсаторная. Общие технические условия

ГОСТ 3282 Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия

ГОСТ 3560 Лента стальная упаковочная. Технические условия

ГОСТ 10198 Ящики деревянные для грузов массой св. 200 до 20000 кг. Общие технические условия

ГОСТ 10923 Рубероид. Технические условия

Издание официальное

ГОСТ 14192 Маркировка грузов

ГОСТ 14254 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 15150 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 16272 Пленка поливинилхлоридная пластифицированная техническая. Технические условия

ГОСТ 16382 Оборудование электротермическое. Термины и определения

ГОСТ 16842 Радиопомехи индустриальные. Методы испытаний источников индустриальных радиопомех[1)]

ГОСТ 17516.1 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 17925 Знак радиационной опасности

ГОСТ 24686 Оборудование для производства изделий электронной техники и электротехники. Общие технические требования. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

ГОСТ 27487 (МЭК 204-1—81) Электрооборудование производственных машин. Общие технические требования и методы испытаний[2)]

ГОСТ 28944 Оборудование сварочное механическое. Методы испытаний

ГОСТ 29192 Совместимость технических средств электромагнитная. Классификация технических средств

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, определения и обозначения величин

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 16382, ГОСТ 27.002 и ГОСТ 15150, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **электронно-лучевое оборудование:** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для реализации технологической операции электронно-лучевой обработки.

3.1.2 **манипулятор электронной пушки:** Совокупность исполнительных линейных механизмов и механизмов вращения для перемещения пушки.

3.1.3 **манипулятор изделия:** Совокупность исполнительных линейных механизмов и механизмов вращения для перемещения изделия.

3.1.4 **станция вакуумная:** Комплекс взаимосвязанных устройств (насосов, запорной аппаратуры, трубопроводов, фильтров, ловушек), предназначенный для создания и поддержания необходимого разрежения в рабочем объеме оборудования, приборов для измерения разрежения, средств контроля.

3.1.5

типовой технологический процесс: Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

[ГОСТ 3.1109—82, статья 16]

[1)] Действует ГОСТ Р 51320—99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные. Методы испытаний технических средств — источников индустриальных радиопомех».

[2)] Действует ГОСТ Р МЭК 60204-1—2007 «Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования».

3.1.6

технологическое оборудование: Средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка.

[ГОСТ 3.1109—82, статья 93]

3.1.7

технологический процесс: Организованный процесс изготовления продукции (изделий) или оказания услуг заданного качества, состоящий из отдельных технологических операций, выполняемых людьми с применением материально-технических средств в соответствии с определенной технологией.

[ГОСТ 57178—2016, статья 3.7]

3.1.8 **электронно-лучевая обработка;** ЭЛО: Обработка, источником энергии которой является кинетическая энергия электронов в электронном пучке, сформированном электронно-лучевой пушкой. Используется для обработки изделий в космической, авиационной промышленности, приборостроении и др.

3.1.9 **электронно-лучевая пушка;** ЭЛП: Устройство, с помощью которого получают пучок электронов с заданной кинетической энергией и заданной конфигурации. Работа электронно-лучевой пушки возможна только в условиях глубокого вакуума, чтобы пучок электронов не рассеивался при столкновении с молекулами остаточных газов.

3.1.10 **фокусирующая система:** Устройство электронной оптики для фокусировки пучка электронов. Состоит из электромагнитной катушки возбуждения, полюсных наконечников. Фокусировка электронного пучка осуществляется регулировкой силы тока источником питания.

3.1.11 **отклоняющая система:** Устройство электронной оптики для отклонения пучка электронов. Состоит из двух электромагнитных линз, создающих равномерное магнитное поле во взаимно перпендикулярных направлениях. Управление отклонением электронного пучка осуществляется от источника питания.

3.1.12 **неиспользуемое рентгеновское излучение:** Рентгеновское излучение, возникающее внутри электровакуумных приборов, электронно-лучевых и других установок в результате торможения ускоренных электрическим полем электронов на электродах, обрабатываемых или исследуемых изделиях.

3.1.13 **источники неиспользуемого рентгеновского излучения:** Устройства, генерирующие неиспользуемое рентгеновское излучение.

3.1.14 **тугоплавкие металлы:** Металлы, имеющие температуру плавления T выше температуры плавления железа (T = 1539 °С). К ним относятся титан (T = 1670 °С), цирконий (T = 1852 °С), гафний (T = 2222 °С), ванадий (T = 1900 °С), ниобий (T = 2470 °С), тантал (T = 2970 °С), хром (T = 1903 °С), молибден (T = 2620 °С), вольфрам (T = 3380 °С), рений (T = 3180 °С) и другие.

3.1.15 **смотровое окно:** Защищенное двухслойное окно, обеспечивающее визуальное наблюдение за технологическим процессом без нарушения условий герметизации и защиту от рентгеновского излучения.

3.1.16 **терминал управления:** Оконечное сетевое устройство, подключенное к вычислительной системе и предназначенное для ввода и вывода данных. Команды, принимаемые с устройства ввода терминала (клавиатуры), передаются на управляющее устройство.

3.2 Сокращения и условные обозначения

3.2.1 Сокращения

ЭЛО — электронно-лучевая обработка;

ЭЛП — электронно-лучевая пушка;

ТП ЭЛО — технологический процесс электронно-лучевой обработки;

КПД — коэффициент полезного действия;

СУ — система управления.

3.2.2 Условные обозначения

$I_п$ — ток пучка;

$I_ф$ — ток фокусировки электронного пучка;

I_X — ток отклоняющих катушек по оси X;

I_Y — ток отклоняющих катушек по оси Y;

$V_р$ — скорость сканирования;

$P_к$ — давление в вакуумной камере;

$P_п$ — давление в ЭЛП.

4 Общие сведения об электронно-лучевой обработке изделий в вакууме

4.1 Особенности ТПЭЛО [1]:
- высокая концентрация энергии в электронном пучке;
- управляемость пространственно-энергетическими параметрами электронного пучка;
- дистанционность управления;
- локальность нагрева металла;
- вакуумная защита области нагрева;
- минимальные деформации обрабатываемого изделия;
- высокий КПД технологического процесса;
- высокая степень механизации и автоматизации;
- экологическая чистота;
- техническая безопасность;
- высокий уровень комфорта эксплуатации оборудования.

4.2 ТП ЭЛО, как правило, не требуют расходных материалов (проволоки, электродов, присадок, флюсов, защитных газов) [2].

4.3 Аксиально-симметричный электронный пучок имеет высокую концентрацию энергии в поперечном сечении (20...150 кэВ) [3].

4.4 По сравнению с другими методами обработки ЭЛО характеризуют наивысший КПД и малое время пребывания в нагретом состоянии.

4.5 Высокая точность дозирования вводимой в металл энергии обусловлена тем, что энергетические и геометрические параметры электронного пучка (мощность, фокусировка, направление, угол и скорость отклонения) регулируются с высокой точностью и быстродействием [4].

4.6 Оборудование ЭЛО обеспечивает возможность проведения обработки сложных конструкций, в углублениях и труднодоступных местах, что обеспечивается большим расстоянием от электронной пушки до обрабатываемой зоны (50—400 мм, а для пушек с высоким ускоряющим напряжением до 1500 мм) [5].

4.7 Наибольшая эффективность оборудования ЭЛО проявляется при обработке изделий из тугоплавких и химически активных металлов [5].

4.8 Технологические процессы ЭЛО требуют подготовки поверхностей и длительных циклов подготовительных операций (вакуумирование — развакуумирование камеры, тестирование электронной пушки и других подсистем и т. д.).

4.9 Оборудование ЭЛО требует защиты от рентгеновского излучения.

4.10 По степени защиты изделия оборудования ЭЛО делятся на два класса [5]:
- оборудование для обработки в высоком вакууме $10^{-4}...10^{-5}$ мм рт. ст.;
- оборудование для обработки в среднем вакууме $10^{-1}...10^{-3}$ мм рт. ст.

4.11 По величине ускоряющего напряжения электронного пучка оборудования ЭЛО делятся на три типа [5]:
- низковольтные (менее 30 кВ);
- со средним ускоряющим напряжением (30...60 кВ);
- высоковольтные (более 60 кВ).

4.12 ЭЛП могут устанавливаться как стационарно на корпусе вакуумной камеры, так и внутри камеры на специальных манипуляторах, чем обеспечиваются широкие возможности для реализации различных технологических процессов.

4.13 Высоковольтные ЭЛП обычно устанавливаются стационарно на корпусе камеры в связи с затруднениями, возникающими при подаче высокого напряжения (более 60 кВ).

5 Технические требования

5.1 Общие требования к оборудованию ЭЛО

Оборудование должно соответствовать требованиям настоящего стандарта.

5.1.1 Конструкторская, технологическая и программная документация на оборудование должна соответствовать стандартам и техническим условиям на конкретные его виды.

5.1.2 Общие требования безопасности к оборудованию должны соответствовать ГОСТ 12.2.003, общие эргономические требования — ГОСТ 12.2.049, санитарно-гигиенические требования — ГОСТ 12.1.005.

5.1.3 Требования к системе управления и автоматике оборудования должны выполняться в соответствии с функциональным назначением по ГОСТ 24686.

5.1.4 Нанесение покрытий на оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями, указанными в конструкторской документации.

5.1.5 Отделка и окраска оборудования ЭЛО должны выполняться в соответствии с функциональным назначением по стандарту ГОСТ 24686.

5.1.6 Окраска поверхностей должна соответствовать IV классу по ГОСТ 9.032.

5.1.7 Корпус оборудования должен быть изолирован от токоведущих частей и заземлен. Сопротивление изоляции между токоподводами и корпусом оборудования должно быть не менее 500 кОм, ГОСТ 12.2.007.9.

5.1.8 ТП ЭЛО должен контролироваться и сопровождаться записью на электронный носитель или диск значений физических величин (выборочно в зависимости от требований заказчика), температуры металла, $I_п$, $I_ф$, I_X, I_Y, $V_о$, $P_к$ и $P_п$.

Технические требования к отклонению значений физических величин приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Технические требования к отклонению значений физических величин

Наименование показателя	Значение
1 Нестабильность тока пучка $I_п$ в диапазоне 10—1000 мА, %, не более	± 0,5
2 Пульсации тока пучка $I_п$ в диапазоне 10—1000 мА, %, не более	5
3 Нестабильность ускоряющего напряжения, %, не более	± 0,5
4 Пульсации ускоряющего напряжения, %, не более	0,5
5 Допустимое отклонение по скорости перемещений, %, не более	2
6 Допустимое отклонение давления в вакуумной камере $P_к$, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-5}$
7 Допустимое отклонение давления в ЭЛП $P_п$, мм рт. ст.	$5 \cdot 10^{-5}$
8 Нестабильность тока фокусировки $I_ф$, %, не более	± 0,05
9 Пульсации тока фокусировки $I_ф$, %, не более	0,05
10 Нестабильность токов отклонения I_X и I_Y по осям X и Y, %, не более	± 0,1
11 Пульсации токов отклонения I_X и I_Y по осям X и Y, %, не более	± 0,1

5.2 Конструкция оборудования ЭЛО

В состав оборудования входят следующие основные элементы [5] (рисунок 1):

- 1 — оборудование;
- 2 — электромеханический комплекс;
- 3 — энергетический комплекс;
- 2.1 — вакуумная камера;
- 2.2 — вакуумная станция;
- 2.3 — устройство видеонаблюдения;
- 2.4 — устройство подачи присадочного материала;
- 2.5 — устройство перемещения изделия;
- 2.6 — устройство перемещения электронно-лучевой пушки;
- 2.7 — система управления механического комплекса;
- 3.1 — ЭЛП;
- 3.2 — источник питания ЭЛП;
- 3.3 — система управления энергетического комплекса.

5.2.1 Конструкция электромеханического комплекса

В конструкцию электромеханического комплекса входят:

- вакуумная камера;
- вакуумная станция;
- устройства перемещения изделия, пушки и присадочной проволоки;
- вспомогательные устройства и механизмы;
- устройство видеонаблюдения;
- система управления механизмами и устройствами.

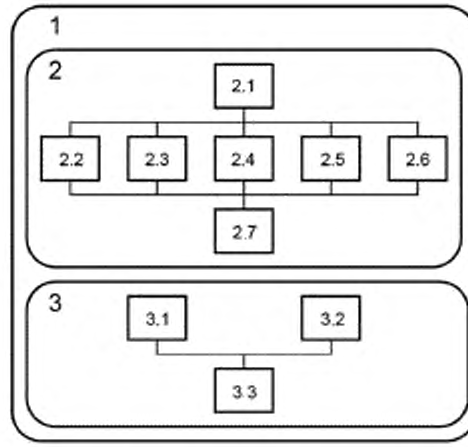

Рисунок 1 — Структурная схема оборудования ЭЛО

5.2.1.1 Вакуумная камера

В камере создается давление в среде рабочей зоны не менее $6{,}65 \cdot 10^{-3}$ Па ($5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.). При размещении в камере ЭЛП значение давления составляет не менее $6{,}65 \cdot 10^{-3}$ Па ($5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.).

Размеры вакуумной камеры зависят от размеров обрабатываемого изделия и подразделяются на универсальные и специализированные.

Универсальные камеры предназначены для обработки изделий любой формы и размеров (в пределах объема камеры).

Специализированные камеры выполняют по форме обрабатываемого изделия.

5.2.1.2 Вакуумная станция

В конструкцию вакуумной станции входят: вакуумные насосы, коммутирующие элементы и приборы измерения давления. Вакуумная станция обеспечивает создание необходимого по технологии давления в среде рабочей зоны вакуумной камеры.

Производительность насосов вакуумной станции определяют:

- разрежением вакуумной камеры;
- составом остаточной газовой среды;
- суммарным газовым потоком;
- пропускной способностью газовой системы;
- временем достижения заданного разрежения.

Для взаимного соединения вакуумной камеры с насосом используют коммутирующие элементы: трубопроводы, соединительные фланцы, вентили, вакуумные вводы.

Давление в вакуумной станции измеряют манометрами.

5.2.1.3 Устройство видеонаблюдения

Прямое визуальное наблюдение за процессами, происходящими в вакуумной камере, осуществляется через смотровое окно вакуумной камеры.

Наряду с прямым визуальным наблюдением в вакуумной камере может быть организовано наблюдение с помощью видеокамеры. Основным назначением видеонаблюдения является слежение за положением рабочего пятна электронно-лучевого пучка.

Для визуального наблюдения за состоянием вакуумной станции используют мнемосхему оборудования, на которой отображается текущее состояние ТП ЭЛО.

5.2.1.4 Устройство подачи присадочного материала

Устройство подачи используется в камерах универсального типа и зависит от типа присадочного материала. Устройство обеспечивает заданную скорость подачи присадочного материала для равномерного заполнения области прогрева.

5.2.1.5 Устройства перемещения изделия и электронно-лучевой пушки

Технические требования к устройству перемещения электронно-лучевой пушки приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Технические требования к устройству перемещения электронно-лучевой пушки

Наименование показателя	Значение
1 Шаг перемещения, не менее, мм	0,01
2 Точность позиционирования, не более, мм	± 0,05
3 Погрешность перемещения исполнительных устройств, мм	менее 0,05
4 Диапазон регулирования рабочих подач, мм/мин	1...2400
5 Нестабильность скорости, %	менее 2

В устройствах предусмотрено:

- необходимость применения специальной вакуумной смазки;
- возможность размагничивания механизмов для исключения влияния магнитного поля деталей комплекса на отклонения электронного луча.

5.3 Конструкция энергетического комплекса

В конструкцию энергетического комплекса входят: электронно-оптическая система — ЭЛП, высоковольтный источник, источники питания магнитных линз и накала катода и система управления. Основные параметры энергетического комплекса определяются толщиной и теплофизическими характеристиками обрабатываемых изделий, особенностями ТП ЭЛО.

Функциональная схема оборудования ЭЛО с обозначением ее составных частей приведена на рисунке.

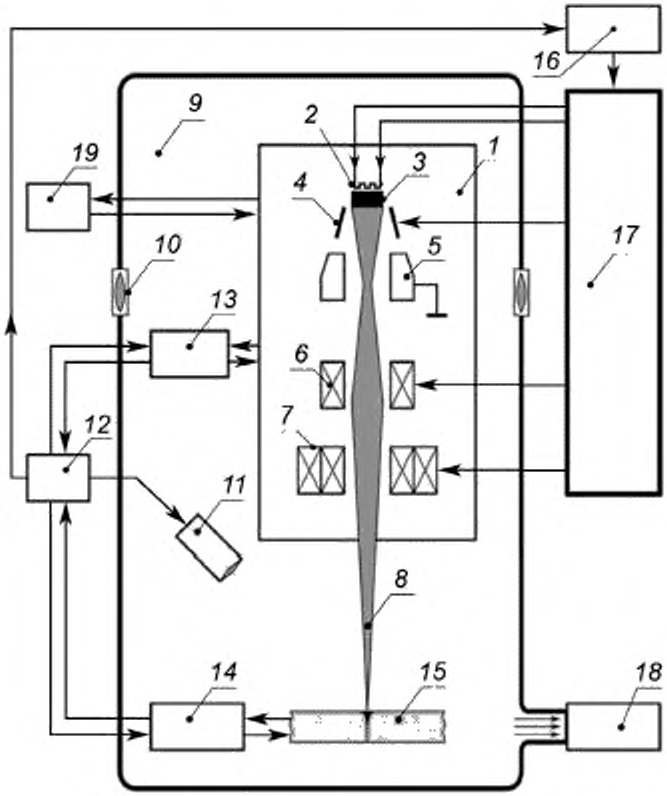

Рисунок 2 — Функциональная схема оборудования ЭЛО (позиции обозначения — в соответствии с таблицей 3)

Перечень составных частей оборудования ЭЛО приведен в таблице 3.

Таблица 3 — Состав оборудования ЭЛО

Наименование и позиция на рисунке 2	Принятые обозначения
1 Электронно-лучевая пушка	ЭЛП
2 Подогреватель (опционально)	—
3 Катод	—
4 Управляющий электрод	—
5 Анод	—
6 Фокусирующая линза	—
7 Отклоняющие катушки	—
8 Электронно-лучевой пучок	
9 Вакуумная камера	—
10 Смотровое окно	—
11 Телекамера	—
12 Система управления	СУ
13 Манипулятор ЭЛП	—
14 Манипулятор изделия	—
15 Обрабатываемое изделие	—
16 Система управления энергетического комплекса	—
17 Источник питания ЭЛП	—
18 Вакуумная станция	—
19 Система водоохлаждения	—

5.3.1 Электронно-лучевая пушка

В состав ЭЛП входят: катод *3*, анод *5*, управляющий электрод *4*, фокусирующая система *6*, отклоняющая система *7*.

Управление по энергетическим параметрам осуществляется системой управления энергетическим комплексом.

5.3.2 Источник питания ЭЛП

К источнику питания предъявляют специальные требования, обусловленные технологическим процессом. Основными из них являются: плавное регулирование в широких пределах ускоряющего напряжения; стабильность этого напряжения, ограничение тока луча при пробое межэлектродного промежутка ЭЛП; простота в управлении и безопасность в работе.

5.3.3 Система управления

Структура СУ оборудования содержит ряд систем различных уровней, находящихся между собой в отношениях соподчинения (иерархия). Система входит как составная часть в систему более высокого уровня, а ее части являются самостоятельной системой [6].

СУ осуществляет совместное управление энергетическими ($I_п$, $I_ф$, I_X, I_Y) и механическими параметрами устройств перемещения ЭЛП и изделия, текущем состоянием вакуумной станции, устройством подачи присадочного материала, вспомогательными механизмами и приборами.

Для визуального наблюдения за значениями контролируемых параметров и состоянием вакуумной станции используется мнемосхема оборудования, на которой отображается текущее состояние ТП ЭЛО.

Автоматизированное рабочее место оператора организовано на базе терминала управления и удовлетворяет эргономическим требованиям по ГОСТ 12.2.033 и требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.061.

СУ обеспечивает наличие блокировок, обеспечивающих безопасную работу всех узлов и элементов оборудования, перевод оборудования в безопасное состояние при возникновении внештатной ситуации.

СУ обеспечивает проведение технологического процесса в следующих режимах [7]:

а) наладочный режим управление механизмами и устройствами оборудования для выполнения наладочных, ремонтно-профилактических работ;

б) ручной режим — управление элементами оборудования с соблюдением всех блокировок, исключающих возникновение внештатных ситуаций;

в) автоматический режим — реализация автоматического цикла ЭЛО изделия.

Программное обеспечение СУ обеспечивает сбор и обработку информации от датчиков. Каждый контролируемый параметр на стадии его определения подвергается стандартной математической обработке, которая включает: масштабирование измеренных сигналов, контроль достоверности логического анализа значений взаимосвязанных параметров, выбраковку ложных измерений, контроль нарушения заданного диапазона измерения [7].

Программное обеспечение верхнего уровня СУ имеет графический интерфейс с оператором, обеспечивающий отображение состояния механизмов и датчиков на экране терминала, индикацию текущих параметров оборудования в реальном масштабе времени.

5.4 Основные нормируемые параметры, размеры и характеристики

- массогабаритная характеристика обрабатываемых изделий:
  - ширина, мм;
  - длина, мм;
  - высота, мм;
  - масса обрабатываемых изделий, кг;
- внутренние размеры камеры:
  - длина × ширина × высота, мм × мм × мм;
  - диаметр планшайбы, мм;
- количество управляемых координат перемещения изделия;
- количество управляемых координат перемещения ЭЛП;
- величина перемещений ЭЛП по осям;
- контурная скорость перемещения ЭЛП, мм/с, не более;
- точность позиционирования ЭЛП, мм;
- число оборотов планшайбы с изделием, об/мин;
- точность позиционирования манипулятора изделия, мм;
- рабочий вакуум, Па (мм рт. ст.):
  - в камере;
  - в ЭЛП;
- время получения вакуума (при повторной откачке), мин, не более;
- натекание воздуха в камеру, л · Па/с (л · мкм рт. ст./с);
- мощность дозы рентгеновского излучения на расстоянии 100 мм от поверхности камеры, мкР/ч, не более;
- уровень шума от работы вакуумной системы, дБ, не более;
- напряжение питающей сети, В;
- частота, Гц;
- установленная мощность оборудования, кВт;
- давление охлаждающей воды, МПа (кгс/см^2);
- расход воды, м^3/ч, не менее;
- давление сжатого воздуха, МПа (кг/см^2);
- расход воздуха за один рабочий цикл, м^3;
- энергетический комплекс;
  - максимальная мощность луча, кВА;
  - ускоряющее напряжение, кВ;
- габаритные размеры оборудования (длина × ширина × высота), мм × мм × мм;
- масса, кг.

5.5 Требования устойчивости к внешним воздействиям

5.5.1 Оборудование сохраняет параметры в пределах норм, установленных настоящим стандартом, после воздействия механических факторов внешней среды по группе М1 ГОСТ 17516.1.

5.5.2 Оборудование соответствует климатическому исполнению УХЛ категории 4.2 по ГОСТ 15150.

5.5.3 По условиям электромагнитной совместимости оборудование соответствует группе С по ГОСТ 29192.

5.6 Требования надежности

5.6.1 Показатели надежности оборудования установлены не менее:

- средний срок службы, лет 10
- средний ресурс до списания, ч 40 000
- средний ресурс до капитального ремонта, ч 12 000
- наработка на отказ, ч 500

5.6.2 Надежность и долговечность работы оборудования определяются работоспособностью деталей и сборочных единиц, вакуумных уплотнений, подвижных элементов, электроизоляционных материалов, токоподводов, термопар, затворов и клапанов вакуумной системы, комплектующих изделий.

5.6.3 Средний ресурс до первого капитального ремонта и среднюю наработку на отказ подтверждают раз в три года в соответствии с методикой, разработанной для конкретного оборудования.

5.7 Техника безопасности

5.7.1 Оборудование ЭЛО содержит высоковольтные источники питания ЭЛП, поэтому должно вводиться в строй и эксплуатироваться в соответствии с [8]—[11].

5.7.2 По способу защиты человека от поражения электрическим током оборудование класса ЭЛО относится к классу I по ГОСТ 12.2.007.0, а по степени защиты электрооборудования по ГОСТ 14254 должно соответствовать:

- шкафы высоковольтного оборудования — IP40;
- шкафы управления — IP30;
- высоковольтные вводы — IP54.

5.7.3 Перед включением оборудования оператор должен убедиться в исправном состоянии оборудования и в отсутствии посторонних предметов, из-за которых возможна поломка механизмов или короткое замыкание.

5.7.4 При проведении любых работ, связанных с ремонтом оборудования ЭЛО, дежурный электрик обязан обесточить оборудование, а на вводном автомате повесить плакат «Не включать! Работают люди!».

5.7.5 Оборудование ЭЛО является источником неиспользуемого рентгеновского излучения, поэтому должно вводиться в строй и эксплуатироваться в соответствии с требованиями [12]—[14]. Допустимая мощность эквивалентной дозы неиспользуемого рентгеновского излучения в любой точке пространства на расстоянии 100 мм от корпуса ЭЛП и вакуумной камеры не должна превышать 0,03 мкР/с.

5.7.6 На корпусе электронно-лучевой пушки должен быть нанесен «Знак радиационной опасности» согласно ГОСТ 17925.

5.7.7 Смотровые окна должны быть оснащены двойными стеклами: иллюминаторными стеклами повышенной прочности и стеклами типа ТФ-5 для защиты от рентгеновского излучения.

5.7.8 Вакуумная станция и система, водоохлаждающая оборудование, обслуживаются персоналом с соответствующими группами допуска.

5.7.9 Всем работникам, обслуживающим оборудование ЭЛО, должны быть присвоены соответствующие квалификационные группы после обучения и сдачи экзаменов.

6 Комплектность

6.1 В комплект поставки оборудования входят:

- оборудование ЭЛО в сборе;
- запасные части и приспособления в соответствии с требованиями заказчика;
- эксплуатационная документация:
  - чертежи и схемы;
  - руководство по эксплуатации на оборудование;
  - руководство оператора;
  - руководство по эксплуатации на источник питания.

7 Маркировка

7.1 Оборудование должно иметь производственную марку предприятия-изготовителя с обозначением номера изделия и краткой технической характеристики, выполненную на металлической пластине фотохимическим способом — травлением.

7.2 Производственная марка изготовителя должна быть закреплена на изделии.

7.3 Маркировка, наносимая на оборудование, должна быть четкой и несмываемой. Способ нанесения маркировки выбирает изготовитель.

7.4 Маркировку тары производят по стандарту ГОСТ 14192. На ящиках должны быть нанесены несмываемой краской манипуляционные знаки или предупредительные надписи «ВЕРХ», «МЕСТО СТРОПОВКИ», «ХРУПКОЕ, ОСТОРОЖНО», «ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ». Краска для маркировки должна быть водостойкой, быстровысыхающей и светостойкой.

8 Упаковка

8.1 Оборудование для отправки заказчику упаковывается по сборочным единицам на салазки и в ящики.

8.2 Оборудование упаковывают в тару в соответствии с требованиями ГОСТ 10198 для грузов до 20 000 кг, тип ящиков II-1, III-1, VI-1. Покупные изделия упаковывают в тару предприятия — изготовителя этих изделий.

8.3 Перед упаковкой оборудование разъединяют на части, удобные для упаковки, транспортировки и монтажа. Отсоединяют вставки газо-, пневмо-, электроразводок от штепсельных разъемов, со штуцеров снять шланги, снять выступающие за габариты ящиков фонари, смотровые окна, приборы, термопары, датчики вакуума и т. д., отсоединить электроразводки от шкафов и пультов электрооборудования.

8.4 Упаковочная тара должна обеспечить сохранность частей оборудования от влаги и механических повреждений при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах.

8.5 Внутри ящики обивают поливинилхлоридной пленкой ГОСТ 16272, сверху ящики покрывают рубероидом РК-420 ГОСТ 10923, углы ящиков обивают стальной лентой 0,5 × 20 ГОСТ 3560.

8.6 Для крепления от перемещения используют проволоку диаметром 1,6 мм по стандарту ГОСТ 3282.

8.7 Перед упаковкой механические и пневматические сборочные единицы консервируют сроком на 1 год по стандарту ГОСТ 9.014.

Вариант временной защиты ВЗ-1.

8.8 Неокрашенные обработанные металлические поверхности покрывают консервационным маслом НГ-203А с барьерной упаковкой конденсаторной бумагой КОН-3-10 ГОСТ 1908.

8.9 Упаковочный лист с описью упакованных частей оборудования и техническую документацию вкладывают в конверт из поливинилхлоридной пленки по стандарту ГОСТ 16272.

9 Правила приемки

9.1 Для проверки соответствия оборудования требованиям настоящего стандарта, стандартов и технических условий на конкретные виды оборудования предприятие-изготовитель должно проводить приемо-сдаточные, периодические и сертификационные испытания.

9.2 Приемо-сдаточным испытаниям следует подвергнуть каждую единицу оборудования на соответствие требованиям раздела 5.

9.3 Периодические испытания проводят один раз в год на соответствие требованиям стандарта.

9.4 При сертификационных испытаниях обязательной является проверка оборудования на соответствие требованиям разделов 5, 10.

9.5 При несоответствии одного из параметров испытуемого оборудования (пп. 9.2—9.4) следует установить причину несоответствия, ввести изменения в конструкторскую и (или) технологическую документацию, технологию изготовления и доработать изделие до приемочного уровня.

10 Методы испытаний

10.1 Соответствие оборудования конструкторской, технологической, нормативно-технической документации проверяют визуально или инструментальными методами.

10.2 Испытание электрооборудования проводят по стандарту ГОСТ 27487.

10.3 Испытание шумовых характеристик оборудования проводят по стандарту ГОСТ 28944.

10.4 Измерение вибрационных значений оборудования проводят по стандарту ГОСТ 12.1.012.

10.5 Режим работы оборудования устанавливают по стандарту ГОСТ 28944 или техническим условиям на конкретное оборудование.

10.6 Измерение уровня радиопомех, создаваемого при работе оборудования, осуществляют по стандарту ГОСТ 16842.

10.7 Проверка степени защиты проводится по стандарту ГОСТ 14254.

10.8 Механизмы оборудования испытывают под нагрузкой, превышающей минимальную нагрузку на 25 %.

10.9 Испытание показателей надежности проводят по стандарту ГОСТ 28944.

10.10 Измерение кинематических параметров проводят по стандарту ГОСТ 28944.

10.11 Оценку и представление результатов испытаний проводят по стандарту ГОСТ 28944.

Библиография

[1] Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Зуев И.В., Кокора А.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник. — М.: Машиностроение, 1985. — 496 с.

[2] Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. — М.: Машиностроение, 1978. — 239 с.

[3] Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. — Киев: Экотехнология, 2004. — 260 с.

[4] Глазов С.И., Люшинский А.В., Магнитов В.С., Обознов В.В., Чуклинов С.В. Основы технологии электронно-лучевой и диффузионной сварки. — Рыбинск, 2001. — 288 с.

[5] Будкин Ю.В., Сивов Е.Н., Соколов Ю.А. Электронно-лучевая сварка. — М.: ДПК Пресс, 2010. — 96 с.

[6] Соколов Ю.А. Особенности построения современных систем управления электронно-лучевых установок // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2010. — № 8. — С. 5—8.

[7] Соколов Ю.А., Журавлев С.Н. Основные функции системы управления электронно-лучевой установки // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2010. — № 9. — С. 28—31.

[8] ПУЭ — Правила устройства электроустановок (7-е издание). Утверждены Министерством топлива и энергетики РФ. Дата актуализации: 12 февраля 2016 г.

[9] ПТЭ — Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утверждены Приказом Минэнерго России от 13 января 2003 г. № 6

[10] СНиП 3.05.06-85 — Электротехнические устройства. Утверждены Госстроем СССР 11 декабря 1985 г. Дата актуализации: 12 февраля 2016 г.

[11] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 19 февраля 2016 г.). Утверждены Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2016 г. № 328н

[12] СП 2.6.1.2612-10 — Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26 апреля 2010 г.

[13] СанПиН 2.6.1.2523-09 — Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 7 июля 2009 г. № 47

[14] СП (Санитарные правила) — Санитарные правила работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения. Утверждены Приказом Главного государственного санитарного врача СССР 19 января 1979 г. № 1960-79

УДК 621.745.552:006.354 ОКС 25.160.01

Ключевые слова: технологический комплекс, электронно-лучевая обработка, электронно-лучевая пушка, вакуумная камера

Редактор переиздания *Е.И. Мосур*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.М. Поляченко*
Компьютерная верстка *Г.В. Струковой*

Сдано в набор 27.02.2020. Подписано в печать 28.04.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru stinfo.ru

gost.e-ecolog.ru