|  |
| --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО** **ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ** |
|  | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ****СТАНДАРТ****РОССИЙСКОЙ****ФЕДЕРАЦИИ** | **ГОСТ Р**(*проект, 1-ая редакция*) |

**Оборудование для аддитивных технологических процессов получения готовых изделий
методом лазерного селективного плавления.**

**Общие требования**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения**

**Москва**

**Стандартинформ**

**201\_**

**Предисловие**

1. РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Русатом – Аддитивные Технологии».
2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 182 «Аддитивные технологии»
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_\_\_
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 ежемесячно издаваемом 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 (www.gost.ru).*

©Стандартинформ, 20\_\_

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.

**Содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Область применения …………………………………................................... | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки ………………………….…………………................... | 1 |
| 3 | Термины и определения……………….....................…………………….…. | 5 |
| 4 | Общие положения ……………………………………………………………… | 5 |
| 5 | Технические требования…………………………….………...…………….… | 9 |
| 6 | Требования безопасности…………………………....….……………...…….. | 10 |
| 7 | Правила приёмки……………………………………….……………..……....... | 10 |
| 8 | Методы контроля………………………………………................................... | 12 |
| 9 | Требования к документированию……………………………………………. | 17 |
| 10 | Прочие требования..................................................................................... | 19 |
| 11 | Библиография | 20 |

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **Оборудование для аддитивных технологических процессов** **получения готовых изделий методом лазерного селективного плавления.****Общие требования.**Equipment for additive manufacturing processes getting the finished products by laser selective melting. General requirements. |

**Дата введения — 201 — —**

**1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт определяет общие требования к оборудованию для аддитивного производства (3D-принтерам) использующему технологию селективного лазерного плавления (сплавления), далее – оборудования, и предназначен для использования при проектировании, изготовлении, испытаниях и эксплуатации оборудования.

1.2 Требования настоящего стандарта также могут быть применены к оборудованию для аддитивного производства (3D-принтерам) использующему технологию селективного лазерного спекания.

1.3 Стандарт предназначен для конструкторов, технологов и иных специалистов, связанных с разработкой и использованием оборудования.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.601-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы

ГОСТ 9.032-74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения

 ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

 ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

 ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

 ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

 ГОСТ 12.1.040-83 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения

 ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

 ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

 ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

 ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

 ГОСТ 12.2.061-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

 ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 15.309-98 Системы разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 15150-69 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 ЕН 12626-2006 Безопасность металлообрабатывающих станков. Станки для лазерной обработки

ГОСТ 12971-67 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры.

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам

 ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Коды IP)

ГОСТ 17516-72 Изделия электротехнические. Условия эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки

ГОСТ Р 57556-2017 «Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний»

ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 1. Термины и определения

ГОСТ Р 57911-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения

ГОСТ Р 8.568-2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

 ГОСТ Р 12.4.026-2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 15.301-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

ГОСТ Р ИСО 3746-2013 Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью

ГОСТ Р ИСО 11146-1-2008 Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений ширин, углов расходимости и коэффициентов распространения лазерных пучков. Часть 1. Стигматические (гомоцентрические) и слабоастигматические пучки

ГОСТ Р ИСО 11146-2-2008 Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений ширин, углов расходимости и коэффициентов распространения лазерных пучков. Часть 2

ГОСТ Р ИСО/ТО 11146-3-2008 Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений ширин, углов расходимости и коэффициентов распространения лазерных пучков. Часть 3. Собственная и геометрическая классификация лазерных пучков, специфика их распространения и методики измерений стигматические пучки

ГОСТ Р ИСО 11554-2008 Оптика и фотоника. Лазеры и лазерные установки (системы). Методы испытаний лазеров и измерений мощности, энергии и временных характеристик лазерного пучка

 ГОСТ Р ИСО 14738-2007 Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин

 ГОСТ Р 50553-93 Промышленная чистота. Фильтры и фильтроэлементы. Общие технические требования

 ГОСТ Р 51101-2012 Станки металлообрабатывающие и деревообрабатывающие. Методы проверки соответствия требованиям безопасности

 ГОСТ Р 51343-99 Безопасность машин. Предотвращение неожиданного пуска

ГОСТ Р 57910-2017 Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции

 ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

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 используются термины и определения в соответствии с ГОСТ Р 57558, ГОСТ Р 57911.

**4 Общие положения**

4.1 Оборудование используется для изготовления (3D печати) полимерных, металлических, металлокерамических изделий, заготовок, и полуфабрикатов (далее - изделий) посредством послойного селективного лазерного плавления на платформе построения (синтеза на подложке) специальной порошковой композиции для аддитивного производства (ПК).

4.2 Оборудование имеет следующий состав типовых функциональных элементов:

- система построения, включающая в себя:

 - рабочую камеру;

 - устройство дозирования ПК;

 - устройство разравнивания ПК;

 - колодец построения;

 - платформу построения;

 - механизм вертикального перемещения платформы построения;

 - лазерно-оптическая система;

 - система формирования защитной атмосферы;

 - система накопления не сплавленного ПК;

 - автоматизированная система управления, в составе:

 - система электропитания;

 - контрольно-измерительная система;

 - управляющий модуль;

 - управляющий программный комплекс;

 - программный комплекс подготовки рабочего файла.

Принципиальная схема взаимодействия функциональных элементов показана на рис. 1.

Также в составе типовых функциональных элементов могут быть включены системы водяного охлаждения, гидравлические и пневматические вспомогательные системы, система пожаротушения.

Примечание: представленный состав возможных функциональных элементов, а также описание их взаимодействия не являются регламентирующими требованиями, а служат для описания принципов устройства и работы оборудования.



8

7

8

7

2

1

3

10

1

11

3

10

9

9

2

5

4

11

6

5

6

4

 а) б)

Рис. 1. Схема взаимодействия функциональных элементов оборудования

(1 – рабочая камера, 2 – устройство дозирования ПК, 3 – устройство разравнивания ПК, 4 – колодец построения, 5 – платформа построения, 6 – механизм вертикального перемещения платформы построения, 7 – лазерно-оптическая система, 8 – система формирования защитной атмосферы, 9 – система накопления не сплавленного ПК, 10 – изделие с поддерживающими структурами, 11 - ПК).

4.3 Принцип работы оборудования сводится к последовательному выполнению следующих операций:

- подготовки рабочего файла;

- юстировки;

- формирования защитной атмосферы;

- циклического выполнения операций послойного изготовления:

- вертикального перемещению платформы построения;

- подаче необходимого количества ПК на плоскость построения;

- разравниванию ПК;

- селективному сплавлению слоя ПК по заданным технологическим параметрам;

 - удаление неиспользованной ПК и извлечения платформы построения с изделием.

4.4 Подготовка рабочего файла заключается в преобразовании файла 3 D модели изделия в управляющий машинный код. Основные операции такого преобразования заключаются в проверке целостности исходной 3D модели, виртуального размещение 3D модели на платформе построения и генерации поддерживающих структур, разбиении 3D модели и поддерживающих структур на слои с заданием технологических параметров изготовления, генерация управляющего машинного кода.

4.5 Юстировка осуществляется при помощи контрольно-измерительной системы. Задачей юстировки является проверка и настройка параметров механической части системы построения и лазерно-оптической системы. Перечень параметров определяется технической документацией.

4.6. Формирование защитной атмосферы проводится в зависимости от химического состава ПК, для обеспечения безопасности технологического процесса изготовления и получения заданных показателей изделия. Для формирования защитной атмосферы чаще всего используются защитные газы (азот, аргон, гелий и т.п.) и их смеси.

При наличии рабочей камеры (герметичности рабочей камеры) необходимый состав защитной атмосферы получают путем предварительного вакуумирования рабочей камеры с последующим напуском защитного газа или неоднократным заполнением до избыточного давления и сбросом его (промывкой защитным газом) до получения заданных значений по кислороду, а в некоторых случаях по влажности и водороду. Поддержание защитной атмосферы идёт по замкнутому циклу с обеспечением возможности фильтрации (удаления частиц ПК, иных возможных примесей, в том числе газовых).

При отсутствии рабочей камеры (герметичности рабочей камеры), защитная атмосфера может формироваться непосредственно в зоне плоскости построения - области плавления (сплавления) ПК. В зоне плоскости построения должен быть организован поток защитного газа для удаления твердых частиц ПК и газообразных продуктов, образующихся при плавлении (сплавлении) ПК.

4.7 Выполнение операций послойного изготовления заключается в циклическом выполнении следующих операций:

- вертикальном перемещении платформы построения (на один слой);

- подаче необходимого количества ПК;

- разравнивании ПК в равномерный слой;

- селективного лазерного плавления (сплавления) слоя ПК.

4.7.1 Платформа построения перемещается в колодце построения вниз на заданную высоту слоя (порядка 15…200 мкм). Платформа построения, как правило, предварительно подогревается встроенной системой нагрева.

4.7.2 Подача необходимого количества ПК осуществляется посредством устройства дозирования ПК в автоматическом режиме. Устройство дозирования ПК представляет собой, либо дозирующий бункер, размещаемый в нижней части системы построения на одном уровне с колодцем построения и имеющий механизм перемещения дозирующей платформы (подача необходимого объема ПК осуществляется «снизу», рис.1, а), либо ёмкость, размещаемую в верхней части системы построения выше колодца построения и имеющую специальное устройство (дозатор), посредством которого осуществляется подача необходимого объёма ПК (подача «сверху», рис.1 б). ПК может подаваться в нагретом состоянии.

4.7.3 Разравнивание ПК, формирование равномерного слоя ПК заданной толщины на платформе построения осуществляется устройством разравнивания ПК, представляющим собой механизм перемещения разравнивающего полотна (ракеля). Излишки ПК, образовывающиеся после формирования на платформе построения слоя ПК, через трубопроводы удаляются в систему накопления не сплавленного ПК.

4.7.4 Селективное лазерное плавление (сплавление) сформированного слоя ПК осуществляется, сфокусированным лазерным пучком. Лазерно-оптическая система обеспечивает фокусировку лазерного луча и его перемещение (сканирование) по заданной для каждого конкретного слоя изделия траектории, по контуру и площади изделия с учётом формирования системы поддерживающих структур (опор). При этом сплавление слоя ПК осуществляется либо с платформой построения (для первого слоя), либо с предыдущим, уже сплавленным материалом.

После завершения плавления (сплавления) слоя, платформа построения перемещается вниз, на высоту следующего слоя, операции по п.4.7.1 – п.4.7.4 повторяются.

4.8 В результате циклического выполнения операций по п.4.7 в колодце построения в массиве (объёме) ПК не участвующей в процессе сплавления, но заполняющей весь объем колодца построения, формируется изделие, жёстко связанное с платформой построения.

 По завершению процесса изготовления изделие может извлекаться непосредственно из рабочей камеры оборудования, либо, для последующей обработки может извлекаться заполненный колодец построения. Изделие извлекается вместе с платформой построения.

 При извлечении изделия платформа построения с изделием поднимается из колодца построения, одновременно производится удаление и ссыпание ПК в систему накопления не сплавленного ПК, платформа построения с изделием вынимается из рабочей камеры через дверь.

 При извлечении колодца построения, дальнейшие операции по извлечению изделия и удаления ПК проводятся на специализированном оборудовании, в некоторых случаях в пределах одной установки.

 4.9 Конструктивные элементы оборудования располагаются на силовой раме (рамах) и закрываются внешними защитными декоративными панелями. Компоновка элементов оборудования может быть как моноблочной, так и модульной (раздельной).

**5. Технические требования**

 5.1 Требования к конструкции функциональных и иных элементов оборудования, их составным частям, компоновке, размещению, взаимодействию определяются технической документацией на оборудование, оформляемой в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД, а также с учётом требований разделов 5 – 9 настоящего стандарта.

5.2 Конструктивные и программно-аппаратные решения оборудования должны обеспечивать:

- функционирование оборудования в соответствии с его технической документацией;

- возможность проведения всех необходимых проверок, настроек и регулировок при монтаже, наладке и испытаниях оборудования предусмотренных технической документацией и разделом 8 настоящего стандарта;

- импорт 3D модели изделия в форматах STL, AMF для подготовки рабочего файла;

- предотвращение загрязнения воздуха производственных помещений частицами ПК;

- управление технологическими параметрами изготовления, в том числе мощностью лазера, скоростью сканирования, толщиной слоя ПК (величиной вертикального перемещения платформы построения), стратегией (алгоритмом) штриховки (движения лазерного пучка по сечению детали);

- накопление и использование базы данных технологических параметров (режимов) изготовления по типам используемых ПК;

- систему мониторинга процесса изготовления, формирования и сплавления слоёв ПК, систему видеофиксации процесса изготовления;

- автоматическую диагностику элементов оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики;

- автоматическую запись и хранение показателей контрольно- измерительных приборов и автоматики (регистрацию данных технологического процесса изготовления, в том числе данных системы мониторинга);

- сохранность информации при отсутствии внешнего питания (энергонезависимую память);

- контроль и управление параметрами защитной атмосферы, в том числе (при необходимости) объёмными долями кислорода, водорода, защитных газов, влажности, величинами расхода защитных газов;

- возможность замены контрольно-измерительных приборов системы защитной атмосферы в процессе изготовления;

- наличие и автоматическое срабатывание основных и (или) резервных аварийных систем, а также наличие систем автоматических блокировок и сигнализаций для обеспечения безопасной работы оборудования;

- фильтрацию сбрасываемой из рабочей камеры защитной атмосферы от частиц ПК.

5.3 Исполнение электрооборудования (электро-шкафов, стоек) должно соответствовать IP 30 по ГОСТ 14254.

5.4 Внешний вид лакокрасочных покрытий оборудования, принадлежностей и приспособлений к нему - по IV классу ГОСТ 9.032.

5.5 Оборудование маркируется фирменной и паспортной табличкой по ГОСТ 12971. На фирменной табличке должна быть нанесена информация о стране-изготовителе, товарный знак и наименование предприятия-изготовителя. Паспортная табличка должна содержать обозначение модели изделия, заводской номер, год выпуска. Допускается совмещение сведения фирменной и паспортной табличек в одной.

 5.6 Требования к эксплуатационной документации оборудования определяются в соответствии с ГОСТ 2.601.

**6 Требования безопасности**

 6.1 При конструировании, изготовлении и эксплуатации оборудования должно быть обеспечено выполнение ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.012, ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.040, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.033, ГОСТ 12.2.049, ГОСТ 12.2.061, ГОСТ 12.4.124, ГОСТ 14254, ГОСТ Р 12.4.026, ГОСТ Р 50553, ГОСТ Р 51343, ГОСТ Р ИСО 14738,
ГОСТ Р МЭК 60204-1.

**7 Правила приёмки**

7.1 Для проверки качества и показателей (характеристик) оборудования проводят испытания в соответствии с ГОСТ Р 15.301 и ГОСТ 15.309. Перечень и объёмы испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Объёмы и виды испытаний оборудования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Виды испытаний | Объём испытаний\* | Примечание |
|  | Предварительные испытания опытных образцов | Определяется изготовителем оборудования | При разработке оборудования для серийного производства |
|  | Приёмочные испытания опытных образцов  | п. 1 – п. 63 | При разработке оборудования для серийного производства |
|  | Приёмочные испытания головного образца | п. 1 – п. 63 | При разработке оборудования для несерийного и серийного производства |
|  | Квалификационные испытания  | п. 1 – п. 63 | При постановке оборудования на новое производство |
|  | Приёмо-сдаточные испытания | п. 1 – п. 63 | При изготовлении оборудования |
|  | Периодические испытания | Определяется изготовителем оборудования | Для подтверждения постоянства качества выпуска оборудования.Для подтверждения характеристик оборудования после ремонта и (или) модернизации. |

*Примечание: \* - объём испытаний определяется по таблице 2 раздела 8*

7.3 При несоответствии одного из параметров оборудования следует установить причину несоответствия, ввести изменения в конструкторскую и (или) технологическую документацию и доработать оборудование до приемочного уровня.

7.4 Результаты приёмки (испытаний) документируются.

**8 Методы контроля**

 8.1 Используемые при испытаниях средства измерений должны быть калиброваны или поверены, испытательное оборудование аттестовано по ГОСТ Р 8.568.

 8.2 Контроль оборудования проводится в соответствии с программой и методикой испытаний, разработанной в соответствии с п.4 ГОСТ Р 51101-2012 и содержащей описание методов (методик) контроля с учётом особенностей конкретного оборудования.

 8.3 Сведения о методах контроля представлены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели и методы контроля оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Показатель (требование) | Метод контроля |
|  | Наличие, содержание и комплектность технической документации  | п.4.2 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Маркировка оборудования, информационная табличка | п.4.3 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Правильность соединений при подключении, правильность сборки | п.4.4 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Правильность установки, креплений, проверка функциональных элементов при выключенном оборудовании | п.4.5 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Надёжность закрепления инструментов, в том числе внутри рабочей камеры | п.4.5 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Внешний вид, качество поверхности, шероховатость, покраска | п.4.6 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Надёжность и безопасное функционирование системы управления | п.4.7 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние органов управления | п.4.8 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние предохранительных и блокирующих устройств | п.4.9 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Маркировки опасности, сигнализации | ГОСТ Р 12.4.026 |
|  | Состояние защитных устройств в т.ч. кожухов  | п.4.11 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Шумовые характеристики | ГОСТ Р ИСО 3746 |
|  | Пожарная безопасность | п.4.15 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Удобство и безопасность обслуживания смазочной системы | п.4.17 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Достаточность требований по электробезопасности | п.4.21.1 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Качества монтажа электрооборудования | п.4.21.2 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние подключения к источнику питания | п.4.21.3 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояния защит от поражения электрическим током при нормальных условиях, состояние защит оболочками, защит изолированных частей, результаты испытания напряжением | п.4.21.4 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояния защит от поражения электрическим током при возникновении неисправности | п.4.21.5 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние защиты от остаточного напряжения | п.4.21.6 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние защиты от короткого замыкания в цепях и ответвлениях | п.4.21.7 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние защиты от самовыключения при восстановлении питания после отключения | п.4.21.9 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние защиты при падении напряжения | п.4.21.10 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние аварийного отключения | п.4.21.11 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние вводного выключателя | п.4.21.12 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние защиты от непредвиденного включения при замыкании на землю | п.4.21.13 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние воздушных зазоров и путей утечки | п.4.21.14 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние комплектного устройства управления  | п.4.21.15 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Степень защиты электродвигателей | п.4.21.16 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние выключателей ручного управления и световой сигнальной аппаратуры | п.4.21.17 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние проводки | п.4.21.18 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Состояние местного освещения, освещённость рабочей камеры | п.4.22 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Контроль параметров безопасности при использовании лазеров | ГОСТ 12.1.040, ГОСТ ЕН 12626 |
|  | Устойчивость к климатическим факторам (транспортировка) | ГОСТ 15543.1 |
|  | Устойчивость к механическим факторам (транспортировка) | ГОСТ 17516.1 |
|  | Фактическая мощность лазера на плоскости построения Измеряются 3 уровня мощности, включая 30 % и 90 % от максимальной номинальной мощности | ГОСТ Р ИСО 11554,  |
|  | Стабильность мощности лазера на плоскости построения. Измерения проводятся на максимальной номинальной мощности после включения и прогрева, и через 30 минут работы.Разница между двумя измерениями не должна превышать ±5 % | ГОСТ Р ИСО 11554  |
|  | Характеристики пятна лазера на плоскости построения (размер, профиль, симметрия) | ГОСТ Р ИСО 11146-1, ГОСТ Р ИСО 11146-2, ГОСТ Р ИСО/ТО 11146-3 |
|  | Положение точки фокуса (перетяжки пучка минимального диаметра).Положение точки фокуса должно определяться в центре и по краям (в 4 точках) области построения.Оценка осуществляться на 3 уровнях мощности: 10%, 50 % и 90 % от максимальной номинальной мощности  | Положение перетяжки пучка минимального диаметра определяется путем формирования (проплавления лазером) 3 параллельных линий на тестовом листе при различных высотах подъема платформы построения.Положение фокуса определяется по минимальной толщине линий. |
|  | Стабильность положения точки фокуса (перетяжки пучка минимального диаметра), через 15 минут после измерений на каждом уровне мощности | Аналогично пункту 39. |
|  | Точность позиционирования лазерного луча | Проверка осуществляется посредством измерения геометрических рисунков выполненных на тестовых листах.Отклонение не должно превышать 0,06 мм |
|  | Точность траектории лазерного луча на всей плоскости построения: - соответствие точки входа точке выхода для контурного и объёмного хода луча;- точность траектории при изменении направления (инерция оптической системы);- перекрывающиеся области для контурного и объёмного хода луча | Определения точности траектории осуществляется измерениями по геометрическому рисунку на тестовом листе. Рисунок должен охватывать, как минимум, периметр площади построения, диагонали, линии, проходящие через центр площади построения и параллельные её сторонам, вписанную окружность |
|  | Скорость сканирования (перемещения лазерного луча) при условии выполнения требуемой точности траектории | Измерения выполняются в направлениях X и Y, а также в направлении 45± 15° (между осями).Скорость сканирования может определяться методом лазерной гравировки (расплавленная дорожка) на тестовом листе в плоскости построения. Отклонение не должно превышать 5 % |
|  | Показатели одновременной работы нескольких лазеров: фактические границы работы лазеров по плоскости построения, возможность интерференции, показатели для каждого лазера, иные аспекты | Отклонение положений лазерного пучка отдельных источников излучения относительно друг друга (при направлении в одну точку, линию) не должно превышать 0,06 мм |
|  | Точность и воспроизводимость перемещений платформы построения без нагрузки и с максимальной нагрузкой во всём диапазоне перемещений, не менее 3 положений платформы построения | Перемещения определяются посредством индикаторов часового типа или оптической линейки. Плита построения (дозирующий стол) при этом перемещается последовательными шагами, соответствующими заданным значениям толщины ПК или их кратным значениям |
|  | Точность и воспроизводимость перемещений дозирующего стола (при наличии) без нагрузки и с максимальной нагрузкой во всём диапазоне перемещений, не менее 3 положений дозирующего стола | Перемещения определяются посредством индикаторов часового типа или оптической линейки. Плита построения (дозирующий стол) при этом перемещается последовательными шагами, соответствующими заданным значениям толщины ПК или их кратным значениям |
|  | Характеристики и воспроизводимость характеристик подачи (место, объём, форма) дозирующего устройства  | Характеристики подачи определяются качественно, визуально |
|  | Точность (отсутствие перекоса) и воспроизводимость перемещения полотна устройства разравнивания (ракеля) | Перемещения определяются посредством индикаторов часового типа или оптической линейки |
|  | Качество и воспроизводимость разравнивания слоя порошка (качественный анализ) | Определяются качественно, визуально. Возможно применение контроля по отражённому свету |
|  | Время установления защитной атмосферы (по наличию кислорода, иным показателям) | Руководство по эксплуатации средства измерения |
|  | Стабильность поддержания защитной атмосферы (по наличию кислорода, иным показателям) | Руководство по эксплуатации средства измерения |
|  | Направление потока (подачи) защитной атмосферы | Визуальное качественное наблюдение при индикаторной (цветной) подаче газа (среды)  |
|  | Вынос (перенос) частиц порошка в потоке | Измерение массы частиц осаждающихся на фильтрах за заданный интервал времени |
|  | Расход газа в режиме заполнения | Руководство по эксплуатации средства измерения |
|  | Расход газа в режиме работы | Руководство по эксплуатации средства измерения |
|  | Работа системы мониторинга процесса изготовления | Определяется технической документацией системы мониторинга процесса изготовления изделий |
|  | Работа и запись показателей контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации | Работа системы управления и сохранение результатов (показаний контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации), сохранение результатов за и в течение определённых периодов времени, в том числе при отключении электропитания оборудования |
|  | Контроль температуры плиты построения (время прогрева, равномерность прогрева) | Руководство по эксплуатации средства измерения |
|  | Работоспособность и состояние фильтров, удобство монтажа / демонтажа | п.4.5 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Герметичность коммуникаций, в том числе систем подачи порошка | Визуальный осмотр, измерение падения давления защитной атмосферы средствами системы управления в течение промежутка времени |
|  | Работоспособность и удобство использования загрузочных устройств ПК, системы удаления из рабочей камеры, систем выгрузки  | п.4.5 ГОСТ Р 51101-2012 |
|  | Геометрические возможности: шероховатость поверхности по ГОСТ 2789, минимально возможные размеры элемента (как для объёмов материала - рёбра, выступы, так и для полостей изделия - отверстия, пазы, проточки), минимальный интервал (зазор) между элементами, обеспечиваемый квалитет точности по ГОСТ 25346 | Контроль осуществляется посредством печати набора тестовых образцов по всей области построения.Перечень и расположение образцов определяются программой и методикой испытаний исходя из назначения оборудования.Рекомендуемые виды и размеры образцов для проведения контроля представлены в [1], [2]. |
|  | Свойства сплавленного материала.Минимальный объём испытаний должен подтверждать химический состав, плотность (пористость), модуль упругости, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, относительное сужение, ударную вязкость (KCV) сплавленного материала | Контроль осуществляется посредством печати заготовок и изготовления и испытаний образцов, ориентированных по осям пространства построения для учёта анизотропии свойств (рекомендуется не менее 3 заготовок для каждого параметра для каждой из 3 осей построения).Объём испытаний определяют по ГОСТ Р 57556, ГОСТ Р 57910 исходя из назначения оборудования |

 8.4 Перечень конечных показателей и методы контроля по пунктам 62 и 63 таблицы 2 определяются изготовителем и должны быть проведены, как минимум, для одной ПК с определёнными свойствами. При проведении приёмо-сдаточных и периодических испытаний объём контроля определяется по согласованию с заказчиком оборудования.

**9 Требования к документированию**

9.1 В составе технической документации на оборудование (в паспорте оборудования или ином техническом документе) должны определяться (устанавливаться) следующие показатели, характеристики и требования:

- наименование и обозначение (марка);

- назначение и область применения;

- размеры области построения;

- максимальные габаритные размеры и масса изделия;

- максимальный объём и масса загружаемого порошка;

- масса и габаритные размеры оборудования;

- размеры рабочего пространства необходимые для обслуживания оборудования;

- необходимые коммуникации (подключения) с описанием способа подключения, в том числе параметры электрической сети, заземления;

- потребляемая мощность оборудования;

- климатическое исполнение оборудования по ГОСТ 15150, условия окружающей среды при работе и транспортировке;

- устойчивость оборудования к внешним воздействующим факторам при транспортировании и эксплуатации по ГОСТ 17516.1 и ГОСТ 15543.1;

- количество и характеристики лазеров: мощность, тип, длина волны;

- характеристики и стабильность лазерного излучения на плоскости построения: мощность излучения, диапазон скорости сканирования (скорости перемещения лазерного луча с необходимой точностью), характеристики лазерного луча (размер, профиль, симметрию пятна), погрешности позиционирования пятна, положение точки фокуса, точность траектории перемещения лазерного луча;

- сведения об алгоритмах и показателях одновременной работы нескольких лазеров;

- диапазон, минимальный шаг и точность вертикального перемещения платформы построения и дозирующего стола (при наличии) во всём диапазоне перемещений без нагрузки и при полной нагрузке;

- обеспечиваемый диапазон толщин слоя ПК, показатели точности формирования слоя ПК;

- описание химического состава защитной атмосферы, eё состава, в том числе обеспечиваемую массовую долю кислорода, водорода, влажности;

- время установления защитной атмосферы;

- расход газа защитной атмосферы в режиме заполнения;

- расход газа защитной атмосферы в режиме работы (поддержания);

- возможный диапазон температур плиты построения, соответствующие временные интервалы её прогрева;

- описание и характеристики имеющейся системы мониторинга процесса изготовления изделий;

- информация о техническом обслуживании оборудования;

- сведения о ресурсе оборудования;

- сведения об используемых форматах файлов 3 D моделей изделий;

- описание используемых сырьевых материалов (сырьевого материала, ПК), для плавления (сплавления): марку, характеристики ПК (гранулометрический состав, химический состав, характеристики плотности, морфологические характеристики, характеристики текучести), для которых имеются технологии изготовления;

- характеристики геометрической точности печати для имеющихся технологий (имеющейся технологии) изготовления, в том числе: чистота (шероховатость) поверхности, по ГОСТ 2789, минимально возможные размеры элемента (как для объёмов материала - рёбра, выступы, так и для полостей изделия - отверстия, пазы, проточки), обеспечиваемый квалитет точности по ГОСТ 25346;

- характеристики свойств сплавленного материала для имеющихся технологий (имеющейся технологии) изготовления, в том числе: химический состав, плотность (пористость), модуль упругости, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, относительное сужение, ударная вязкость (KCV);

 - скорость печати изделий для имеющихся технологий (имеющейся технологии) изготовления, при которых обеспечиваются заданные требования к характеристикам сплавленного материала, геометрии изделий и качеству поверхности, которые определяются исходя из времени и объёма печати изделия заданного качества (с установленными требованиями).

**10 Прочие требования**

 10.1 Требования к оборудованию, не определённые настоящим стандартом, определяются требованиями конструкторской документации, в том числе техническими условиями на конкретное оборудование, требованиями контракта (договора) на поставку.

**Библиография**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | ISO/ASTM DIS 52902 (ASTM F42) Additive manufacturing -- Test artefacts -- Standard guideline for geometric capability assessment of additive manufacturing systems |
| [2] | http://standards.iso.org/iso/52902/ed-1/en |

УДК: ОКС: ОКПД:

Ключевые слова: аддитивные технологии, оборудование, лазер, плавление, спекание, 3-D принтеры, порошковые материалы



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель разработки:Генеральный директор |  | А.В. Дуб  |
|  |  |  |
| Исполнитель: |  |  |
|  |  |  |
| Руководитель проекта |  | Д.В. Заболотский |