|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО**  **ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ** | | |
| https://avatars.mds.yandex.net/get-zen_doc/1328466/pub_5b5711f4594dd500a974b506_5b5712f550919400ac55f536/scale_2400 | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ**  **СТАНДАРТ**  **РОССИЙСКОЙ**  **ФЕДЕРАЦИИ** | **ГОСТ Р**  **ISO/ASTM 52904—20**  (*проект, первая редакция*) |

**Аддитивные технологии**

**ПРОЦЕСС СИНТЕЗА НА ПОДЛОЖКЕ ДЛЯ КРИТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**

**Общие положения**

**(ISO/ASTM 52904:2019, Additive manufacturing. Process Characteristics and performance: Practice for metal powder bed fusion process to meet critical applications, IDT)**

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

**Москва**

**Стандартинформ**

**202\_**

**Предисловие**

1. ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Русатом – Аддитивные технологии» на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4.
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 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_\_\_
4. Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO/ASTM 52904:2019 «Аддитивное производство. Характеристики и производительность процесса. Практика синтеза на подложке с применением металлического порошка для выполнения соответствия требований критического применения» (ISO/ASTM 52921 «Additive manufacturing. Process Characteristics and performance: Practice for metal powder bed fusion process to meet critical applications», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе национальных стандартов.

При применении национального стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов и стандартов АСТМ соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА.

1. 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 (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 |  |
| 2 | Нормативные ссылки |  |
| 3 | Термины и определения |  |
| 4 | Идентификация материала |  |
| 5 | Сырье и партии порошка |  |
| 6 | Требования к персоналу |  |
| 7 | Требования к квалификации |  |
| 8 | Контроль программного обеспечения |  |
| 9 | Вспомогательные инструменты и загрязнения |  |
| 10 | План производства |  |
| 11 | Контроль условий окружающей среды |  |
| 12 | Контроль цифровых данных |  |
|  | Приложение А1 (справочное) Пример плана производства |  |
|  | Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов и стандартов АСТМ национальным и межгосударственным стандартам |  |

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **Аддитивные технологии**  **ПРОЦЕСС СИНТЕЗА НА ПОДЛОЖКЕ ДЛЯ КРИТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**  **Общие положения**  Additive technologies. Powder bed fusion process to meet critical applications. General requirements |

**Дата введения — 201 — —**

**1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт распространяется на производственные операции и производственный контроль оборудования и процессов синтеза металлических порошков на подложке (PBF) для соответствия требованиям к критическим применениям, таких как, например, авиакосмические компоненты и медицинские имплантаты. Требования настоящего стандарта применимы к изделиям и образцам для испытания механических характеристик, изготовляемых синтезом на подложке (PBF) лазерным и электронным лучом.

1.2 Настоящий стандарт не претендует на полный охват возможных аспектов безопасности, связанных с его использованием (если такие факторы имеются). Пользователь настоящего стандарта несёт ответственность за реализацию соответствующих мер безопасности, охраны здоровья и окружающей среды, и за определение применимости нормативных ограничений перед использованием.

1.3 Настоящий стандарт был разработан в соответствии с признанными на международном уровне принципами стандартизации, принятыми «Решением о принципах разработки международных стандартов, руководств и рекомендаций», выпущенным Комитетом по устранению технических барьеров в торговле (TBT) при Всемирной торговой организации.

***Проект, первая редакция***

**2 Нормативные ссылки**

Следующие документы упоминаются в тексте таким образом, что некоторые или все материалы в них представляют собой требования настоящего документа. Если ссылки датированы, то применяется только та редакция соответствующего документа, на которую даётся ссылка. Что касается недатированных ссылок, то применяется самая последняя редакция соответствующего документа (включая любые поправки).

ASTM E8/E8M Методы испытаний на растяжение металлических материалов

ASTM E11 Технические условия на проволочную ситоткань и испытательные сита

ASTM E2910 Руководство по предпочтительным методам приемки продукции

ASTM F2924 Технические условия на аддитивное производство титана, 6-алюминия и 4-ванадия методом синтеза на подложке

ASTM F2971 Методика представления данных об испытательных образцах, подготовленных методом аддитивного производства

ASTM F3049 Руководство по характерным свойствам металлических порошков, используемых в процессах аддитивного производства

ASTM F3122 Руководство по оценке механических свойств металлических материалов, произведенных с помощью процессов аддитивного производства

ISO/ASTM 52900 Аддитивное производство. Базовые принципы. Основные принципы и терминология

ISO/ASTM 52921 Стандартная терминология для аддитивного производства – Системы координат и методология проведения испытаний

ISO 4497 Порошки металлические. Определение размера частиц методом сухого просеивания

ISO 6892-1 Материалы металлические. Испытание на растяжение при комнатной температуре

ISO 6892-2 Материалы металлические. Испытание на растяжение. Часть 2: Метод испытания при повышенной температуре

ISO 8573-1 Сжатый воздух. Часть 1: Загрязнения и классы чистоты

ISO 9001 Системы менеджмента качества. Требования

ISO 9044 Ткань проволочная промышленная. Технические требования и испытания

ISO 13320 Гранулометрический анализ. Методы лазерной дифракции

ISO 13485 Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования

AS 9100 Системы менеджмента качества. Требования для Организации авиационной, космической и оборонной отрасли

**3 Термины и определения**

3.1 Для целей настоящего документа применяют термины в соответствии с ASTM F2924, ISO/ASTM 52900 и ISO/ASTM 52921, руководстве ASTM E2910 а также приведенные ниже термины.

3.2 ISO и IEC поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- Онлайн платформа ISO: доступна по адресу: https://www.iso.org/obp

- Электропедия IEC: доступна по адресу: <http://www.electropedia.org/>

3.3 Определения

**3.3.1 Программист построения** (build programmer): Лицо, ответственное за программирование построения, включая ориентацию детали, компоновку деталей и применение технологических параметров, влияющих на построение.

3.3.2 **Оператор установки** (machine operator): Лицо, ответственное за работу установки, включая, в частности, загрузку порошка, загрузку платформы построения, удаление готовых деталей, а также периодическую очистку установок и замену фильтров.

3.3.3 **Ракель системы разравнивания порошка** (recoater blade): часть установки, которая контактирует с сырьем и распределяет его по зоне построения.

Примечание – Ракель системы разравнивания порошка также называют гребенкой, рекоутером, роликом или щеткой.

4 Идентификация материала

4.1 Материал (порошок и сплавленный материал / вход и выход для процессов синтеза на подложке), идентифицируют в соответствии с технической документации при помощи обозначений, включающей информацию, приведенную в пунктах 4.1.1–4.1.3.

4.1.1 Обозначение сплава в соответствии с технической документацией. При отсутствии обозначения сплава должен быть указан химический состав.

4.1.2 Тип порошка – первичный, использованный, композиция или смесь.

Примечание – под композицией порошков подразумевают смесь первичного и использованного порошка, под смесью – смесь порошков разных марок сталей.

4.1.3 Обработка поверхности – без обработки, струйная обработка, удаление поддерживающих элементов при помощи инструмента или ручной обработки, другая обработка в соответствии с указанной технической документацией или любое сочетание указанных видов обработки.

4.1.4 Отклонения геометрических размеров - в соответствии с указанной технической документацией или характеристиками установки синтеза на подложке.

Примечание – Пункты 4.1.3 и 4.1.4 применяют только по отношению к готовым изделиям.

**5. Сырье и партии порошка**

5.1 Поставщик материала должен упаковать порошок в контейнеры, обеспечивающие защиту от проникновения влаги. Необходимо исключить контакт с порошком других материалов, таких как пакеты с влагопоглотителем, ярлыки или бирки.

5.2 Сырье должно поставляться с сертификатом соответствия, подтверждающим, что сырье отвечает требованиям документации на поставку.

5.3 Металлический порошок должен закупаться у утвержденного в соответствии с системой менеджмента качества (далее – СМК) поставщика материала, присутствующего в списке утвержденных поставщиков или у поставщика материала, указанного клиентом. Порошок должен быть проверен на предмет соответствия технической документации на материал. Допускается сертификация порошка третьей стороной. Руководство по определению гранулометрического состава представлены в ASTM F3049, ISO 4497 и ISO 13320.

5.4 Производитель изделий должен иметь технические условия на используемое сырье, в соответствии с которой заказывает и проводит испытания сырья. Сырье, которое используется при квалификации, может потребоваться повторно, по этой причине порошок, используемый для проведения квалификации, должен оставаться настолько устойчивым, насколько это практически возможно (например, при использовании первичного сырья, поскольку целью квалификации является проверка стабильности работы установки в долгосрочной перспективе).

5.4.1 Технические условия на используемое сырье должны включать, в частности, химический состав, гранулометрический состав и технологию производства.

5.5 Порошок должен храниться в защитной среде для предотвращения загрязнения и поглощения влаги.

5.6 Допускается применение использованного порошка (требования к использованному порошку, при использовании керамического ракеля системы разравнивания порошка, приведены в 7.1.1.4.1). Соотношение первичного и использованного порошка должно быть задокументировано и заявлено для каждой серии деталей в плане производства (раздел 10). Автоматические системы подачи порошка могут не допускать точного измерения соотношения первичного и использованного порошка и его регистрации в плане производства. В таких системах сырье считается использованным порошком. Максимальное допустимое число раз применения использованного порошка, а также максимальное допустимое число раз обработки любой части партии порошка в рабочей камере должны быть утверждены в соответствии с п. 7.3.

После цикла построения любой оставшийся использованный порошок допускается смешивать с первичным порошком для обеспечения достаточного количества порошка для следующего цикла построения. Основные свойства порошка, влияющие на его квалификацию в соответствии с 7.3, должны регулярно подвергаться контролю. Весь использованный порошок подлежит просеиванию с помощью сита с подходящим размером ячеек для удаления любых агломераций. Все порошковые сита, используемые для производства деталей, должны иметь сертификат соответствия требованиям ISO 9044 или ASTM E11.

**6. Требования к персоналу**

6.1 Должны применяться требования по квалификации персонала в соответствии с ISO 13485, включая соответствующее образование, подготовку, навыки и опыт.

6.2 Менеджер по производству, оператор установки или программист построения (см. раздел 3) должны пройти подготовку по аппаратному и программному обеспечению установки для синтеза на подложке у производителя установки или в специальном учреждении, если это необходимо.

6.3. В отношении установок, квалифицированных согласно 7.3, производитель оборудования должен обеспечить непрерывное обучение по мере приобретения и внедрения нового аппаратного и программного обеспечения. Данные о такой подготовке должны храниться в базе данных подготовки сотрудников в соответствии с системой менеджмента качества предприятия (например, ISO 9001, ISO 13485, ASQC C1, AS 9100) для сведения клиентов или внешних регулирующих органов.

6.4 Квалифицированным персоналом считаются только лица, прошедшие подготовку в соответствии с пунктами 6.1 и 6.2.

**7. Требования к квалификации**

7.1 *Проверки перед построением*

7.1.1 В этом подразделе описываются проверки перед построением, применяемые в отношении всех построений вне зависимости от их назначения (например, планово-предупредительное техническое обслуживание, квалификация установки/процесса, построения масштабирование/калибровка работ и т.д.). Проверки перед построением должны включать пункты, приведенные в 7.1.1.1–7.1.1.13.

7.1.1.1 Ведомость технического обслуживания — проверяют ведомость технического обслуживания (см. 7.2.2) и статус квалификации установки (см. 7.3).

7.1.1.2 Количество сырья – проверяют, что в наличии достаточное количество сырья необходимого для построения.

7.1.1.3 Платформа построения (плита построения или пусковая плита) — Проверяют, что серийный номер платформы построения соответствует номеру, указанному в плане производства (Раздел 10). На поверхности платформы построения не должно быть загрязнений (включая грязь, масло или смазку) и любых дефектов, ведущих к неравномерности подложки. Платформы построения подлежат визуальной проверке и забраковке при наличии явных повреждений или несоответствий. Платформа построения должна быть установлена в установку синтеза на подложке в соответствии с инструкциями СМК.

7.1.1.4 Ракель системы разравнивания порошка – проверяют совместимость материала ракеля с сырьем и сплавленным материалом, чистоту, отсутствие любых дефектов, приводящих к неравномерности подложки, и равномерность зазора между ракелем системы разравнивания слоя и платформой построения во всех точках, дополнительно проверяют требования, указанный в подпункте 10.1.2.2.

7.1.1.4.1 Перед началом построения необходимо проверить ракель системы разравнивания порошка. Оператор установки должен визуально проверить ракель системы разравнивания порошка и убедиться, что на ракеле отсутствуют обломки, стружка, мусор или какие-либо дефекты, и что он установлен в соответствии с рекомендациями производителя установки. В установке синтеза на подложке должны использоваться только материалы, прошедшие квалификацию в соответствии с 7.3. Химический состав ракеля системы разравнивания порошка должен быть указан в плане производства. Для установок синтеза на подложке с полимерным ракелем системы разравнивания порошка необходимо подтвердить, что материал ракеля не загрязняет сырье, определив и сравнив химический состав сырьевого порошка и материала детали. Если место установки не позволяет выполнить осмотр, полимерные ракели подлежат замене на новые после завершения каждого построения. Использованное сырье, обработанное с помощью керамического ракеля, не подлежит дальнейшей обработке.

Настоящий пункт не применяется в отношении установок для синтеза на подложке, в которых для распределения порошка используются только ролики.

7.1.1.5 Вспомогательные системы (например, газовая защита, фильтры) – проверяют вспомогательные системы на предмет соответствия типа, надлежащей работы и чистоты (для защитного газа класс не менее 4.8).

Примечание – Обозначение класса газа, используемое зарубежными производителями, состоит из двух цифр, разделенных точкой. Первая цифра соответствует количеству «девяток» в объёмной доле газа в газовой смеси, а вторая цифра соответствует последней значащей цифре. Таким образом, газ класса не менее 4.8 соответствует газу с объемной долей не менее 99,998 %.

7.1.1.6 Температура чиллера и расход теплоносителя – проверяют температуру чиллера и расход теплоносителя (если это применимо, в соответствии с рекомендациями производителя установки). Перед каждым циклом построения записывают температуру чиллера в план производства.

7.1.1.7 Среда рабочей камеры — для установок, имеющих фильтры для защитного газа, не должно быть ограничений расхода во время работы установки.

7.1.1.8 Система подачи газа – тип и расход газа должны соответствовать рекомендациям производителя для используемого сырья.

7.1.1.9 Сырье, основные параметры установки и технологические параметры – проверяют, что сырье и параметры (например, наклон и параметры излучения, потребляемая энергия) корректны для данного построения.

7.1.1.10 Проверка мощности излучения – инструкции по проверке мощности лазерного или электронного излучения должны быть установлены производителем компонентов и включены в документацию СМК. Мощность лазерного или электронного излучения должны быть измерены и записаны в плане производства непосредственно перед началом построения и после завершения всех этапов построения.

7.1.1.11 Файлы электронных геометрических моделей, ориентация и расположение – все файлы электронных геометрических моделей (например, STL, AMF), должны соответствовать указанной версии, ориентации детали и расположению на платформе построения, указанному в плане производства.

7.1.1.12 Припуск на обработку – проверяют, что к детали(-ям) добавлен припуск на обработку, указанный в плане производства.

7.1.1.13 Компоновка деталей – отображение компоновки деталей на платформе построения в программном обеспечении процессора построения для синтеза на подложке должно быть задокументировано (например, посредством снимка экрана).

**7.2 Планово-предупредительное техническое обслуживание (признание сторонней организацией)**

7.2.1 Установки синтеза на подложке должны проходить планово-предупредительное техническое обслуживание (далее – ПТО) с привлечением квалифицированных техников с рекомендованной производителем установки частотой (например, по крайней мере каждые 6 месяцев или после определенного количества часов работы). Использование установок синтеза на подложке с истекшим сроком прохождения ПТО не допускается. Прохождение ПТО должно подтвердить эффективность работы установки и ей компонентов, влияющих на качество продукции. ПТО должно включать пункты, описанные в подпунктах 7.2.1.1 –7.2.1.8.

7.2.1.1 Мощность лазерного или электронного излучения – проверяют, что характеристики излучения находятся в пределах допусков, рекомендованных производителем установки. Проверяют, что выходная мощность лазерного или электронного излучения соответствует значению, заданному в программном обеспечении в соответствии с рекомендациями производителя установки или требованиями технической документации, в зависимости от того, какие требования являются более строгими. При измерении и мониторинге мощности лазера учитывают неопределенность калибровки датчиков мощности. При приемке установки от поставщика оборудования могут потребоваться более полные измерения качества излучения, например, скорость включения/выключения, колебания мощности после определенного количества часов работы, отклонения профиля излучения в пределах платформы построения. Определение критериев приемки установки не входит в область применения настоящего стандарта.

7.2.1.2 Мощность излучения на платформе построения – измеряют мощность лазерного или электронного излучения по возможности на левой, правой, передней и задней частях платформы построения (т.е. в крайних точках платформы построения), и в обязательном порядке в центре платформы построения при 100 % мощности лазера или необходимой мощности электронного излучения. Мощность лазерного или электронного излучения во все точках измерения для каждого источника энергии должна соответствовать рекомендациям производителя установки или требованиями технической документации, в зависимости от того, какие требования являются более строгими.

Примечание — измерения качества и мощности излучения, указанные в 7.2.1.1 и 7.2.1.2, предназначены для внутри операционного контроля с целью предотвращения нежелательных изменений энергетической плотности.

7.2.1.3 Проверка позиционирования пучка – проверяют, что отклонение положения пучка в соответствии с данными ПО от его фактического положения находится в пределах допусков, рекомендованных производителем установки, или допусков, установленных производителем компонентов.

7.2.1.4 Перемещение по оси Z – проверяют, что отклонение управляемого программой и фактического перемещения слоя соответствует рекомендациям производителя установки или требованиями технической документации, в зависимости от того, какие требования являются более строгими.

7.2.1.5 Расположение системы разравнивания порошка – ракель системы разравнивания порошка должен быть размещен в пределах допусков, рекомендованных производителем установки.

7.2.1.6 Сжатый воздух – сжатый воздух, используемый в установках синтеза на подложке, должен проверяться при каждом ПТО на предмет загрязнений в соответствии с ISO 8573-1. Настраивают необходимое давление и проверяют все штуцеры и соединения.

7.2.1.7 Кислород и вакуум – датчики кислорода подлежат замене в соответствии с графиком, рекомендованным производителем установки, и калибровке по меньшей мере в 2 точках концентрации кислорода. Система разряжения воздуха должна соответствовать рекомендациям производителя установки, должен быть доступен метод её калибровки.

7.2.1.8 Система настройки лазерного поля (LFA) – для установок, использующих несколько лазеров, система настройки лазерного поля должна проходить калибровку в соответствии с рекомендациями производителя установки. Производитель квалифицированной установки должен предоставить требования к допускам для системы настройки лазерного поля.

7.2.1.9 Прочее рекомендуемое планово-предупредительное техническое обслуживание – проверяют, что все прочие работы по планово-предупредительному техническому обслуживанию в соответствии с руководством по эксплуатации или обслуживанию выполнены.

7.2.2 Запись о прохождении ПТО должна быть задокументирована, датирована, подписана квалифицированным техническим специалистом в документе о прохождении ПТО установки синтеза на подложке и утверждены отделом контроля качества производителя компонентов. Данный документ должен быть расположен на установке синтеза на подложке с указанием даты обслуживания и даты следующего обслуживания. Работы по техническому обслуживанию должны контролироваться в соответствии с установленной процедурой (например, руководство ASTM E2910).

**7.3 Квалификация установки, процесса и изделия**

7.3.1 Составляют квалификационный план производства (в соответствии с разделом 10) и используют его для построения образцов для испытаний, предназначенных для квалификации. После проверки результатов квалификационного построения параметры, использовавшиеся для квалификации, регистрируются в качестве базовых параметров для синтеза на подложке и определяют параметры для последующих построений (см. 7.3.3).

7.3.2 Платформа построения (плита построения или пусковая плита). Производитель изделий должен иметь технические условия на платформу построения, все платформы построения, используемые для синтеза на подложке, должны соответствовать техническим условиям, включая требования по качеству поверхности, плоскостности и параллельности. Допускается восстановление поверхности платформ построения. Все платформы построения должны иметь серийный номер с указанием как минимум материала. Различные материалы (материал платформы построения и детали) могут использоваться при условии, что химический состав детали соответствует расчетным значениям. Если компонент непосредственно контактирует с платформой построения (без опорной конструкции), зону перекрестного загрязнения детали необходимо устранить соответствующим способом (например, химическим или механическим способом).

7.3.3 Образцы для испытания (сплавленный материал) подлежат оценке на предмет химического состава, микроструктуры, пористости и механических свойств согласно соответствующему стандарту или договоренности между производителем деталей и заказчиком. Химический состав образцов для испытаний проверяют на предмет соответствия требованиям к химическому составу, указанным в технических условиях для сплавленного материала. Производитель деталей должен изготовить образцы для испытания на растяжение по ASTM E8, E8M или ISO 6892 и дополнительные образцы для испытаний по меньшей мере в 5 точках платформы построения, как показано на рисунке 1. Рекомендуется изготовить также образцы для испытания на растяжение, синтезированные вдоль оси Z, полезны, но это требования не является обязательным. В руководстве ASTM F3122 содержатся инструкции по оценке механических свойств металлических материалов, произведенных при помощи синтеза на подложке. Заказчик может потребовать проведения других квалификационных испытаний. Результаты испытаний предоставляются клиенту для утверждения в формате, соответствующем стандарту ASTM F2971. После утверждения все параметры установки, использовавшиеся для изготовления образцов для испытания, фиксируются в качестве базовых параметров установки. Свидетельство, подтверждающее соответствие установки базовым параметрам, должно быть размещено на виду у операторов установки. Данное свидетельство сохраняет действие в отношении всех последующих циклов построения, пока не потребуется проведение повторного квалификационного испытания установки синтеза на подложке.

7.3.3.1 Рабочий участок образца для испытания на растяжение, если это указано в технической документации заказчика, допускается оставлять без постобработки, при условии, что в ходе процесса синтеза на подложке на рабочий участок не добавляются опорные конструкции.

7.3.3.2 Производитель изделий и заказчик должны согласовать способ подтверждения постоянства свойств сплавленного материала по платформе построения для систем с несколькими источниками энергии.

Примечание – В качестве подтверждения постоянства свойств сплавленного материала успешно применяют испытание пяти образцов, синтезированных в разных частях объема построения, соответствующих каждому источнику энергии.

7.3.3.3 В рамках проведения квалификации изготавливают эталонную деталь, выступающую показателем качества построения, и измеряют ее размеры. В дальнейшем эталонная деталь должна быть включена в каждый производственный цикл построения. Для обеспечения репрезентативности образцов для испытания и эталонной детали при изготовлении последующих деталей после построения применяют такие же операции постобработки (например, термическая постобработка).

7.3.4 В случаях, когда такие критические параметры, как мощность излучения и скорость сканирования, динамически изменяются во время построения (например, по причине геометрической формы детали или характеристик плавильного бассейна), допускается использование параметров, отличных от параметров, использовавшихся для квалификационного испытания в соответствии с разделом 7. Такие отклонения регистрируют в соответствии с требованиями СМК. При наличии различий между параметрами, используемыми для квалификации, и параметрами, используемыми для производственных партий, необходимо включить и испытывать в рамках каждого цикла построения образцы для испытаний по ASTM E8, E8M или ISO 6892, отражающие геометрию компонентов.

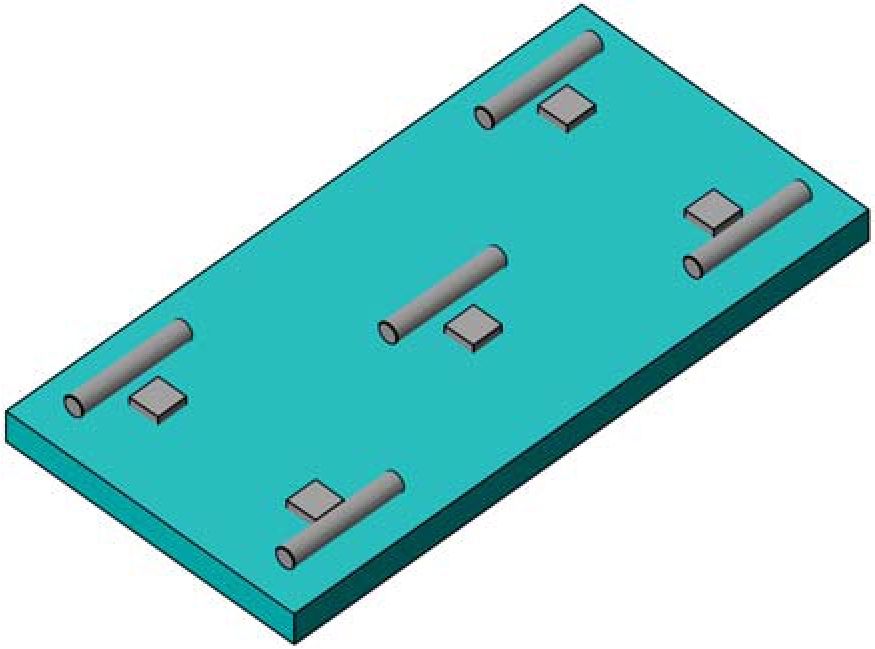


Рисунок 1 — Пример заготовок для образцов для испытания на растяжение и дополнительных образцов для испытания в пяти точках платформы построения

7.3.5 Производитель должен проводить квалификацию установки по меньшей мере каждые 6 месяцев или в случаях, приведенных в подпунктах 7.3.5.1—7.3.5.4:

7.3.5.1 Установка или ее подсистемы, способные повлиять на качество детали, перемещаются в другое место, в том числе в пределах одного помещения.

7.3.5.2 Установка проходит повторную калибровку или ремонт, и ремонт затрагивает компоненты установки (например, систему лазерного или электронного излучения, оптику, систему подачи сырья или механизм позиционирования платформы).

7.3.5.3 Производится модификация, изменение, обновление или переустановка программного обеспечения установки, операционной системы или постоянной памяти.

7.3.5.4 Установка перестраивается для использования сплавов, отличных от сплавов последнего построения (например, переход от сплавов на основе титана к сплавам на основе алюминия, или от сплавов на основе никеля к сплавам на основе титана). Необходимо исключить любой риск перекрестного загрязнения.

7.3.6 После завершения квалификации выдают свидетельство о квалификации конкретной установки. Данное свидетельство размещают на виду у операторов установки.

7.3.7 На температурную историю построения влияет площадь сплавляемого материала в каждом слое и временной интервал сплавления в рамках цикла построения. В соответствии с пунктом 7.3.4 и отдельными требованиями заказчика, помимо квалификации установки и процесса, может потребоваться квалификация детали, с учетом количества деталей на цикл построения.

**8. Контроль программного обеспечения**

8.1 Производитель изделий должен записывать и хранить информацию о всем программном обеспечении, CAD и схемах компоновки деталей, используемых при производстве изделий, включая в том числе информацию, приведенную в подпунктах 8.1.1–8.1.6.

8.1.1 Версия программного обеспечения установки синтеза на подложке в соответствии с планом производства (Раздел 10).

8.1.2 Файлы CAD, предоставленные или утвержденные заказчиком.

8.1.3 Изменения файлов CAD клиента в соответствии с разделом 12, и файлы типа AMF и STL, полученные из предоставленных клиентом файлов CAD.

8.1.4 Файлы нарезки или слоев, используемые установками синтеза на подложке.

8.1.5 Изометрический вид схемы компоновки деталей и построения (например, снимок экрана).

8.1.6 Файл журнала построения установки синтеза на подложке.

8.2 Любые другие предоставленные клиентом электронные данные, чертежи, технические задания, файлы журнала установки для синтеза на подложке или их комбинации должны быть сохранены. Информация о нескольких циклах построения в рамках одной производственной партии должна быть записаны под уникальным номером плана производства.

8.3 Рекомендуется использовать программные продукты для управления производством, автоматизирующие требования настоящего раздела, но данные рекомендация не являются обязательными.

**9. Вспомогательные инструменты и загрязнение**

9.1 Вспомогательное оборудование (например, сита, ручные инструменты, электроинструменты, системы транспортировки порошка и механизмы загрузки/выгрузки) подлежат очистке и техническому обслуживанию для предотвращения перекрестного загрязнения различными типами сырья, пылью и посторонними объектами.

9.2 Особое внимание обращают на инструменты, используемые в пространстве построения установки синтеза на подложке, для предотвращения загрязнения сырьем. Любые инструменты или принадлежности, используемые в пространстве построения, например, шпатели, ключи, вакуумные устройства и т.д., должны обеспечивать отсутствие загрязнения. При сборе первичного или использованного сырья не допускается использование полимерной щетки. Не допускается применять для очистки установки чистящие или обезжиривающие средства на цитрусовой основе.

**10. План производства**

10.1 Производитель изделий должен иметь план производства (журнал производственных операций, технический план-схема, маршрутный лист или рабочее задание), в котором подробно описана последовательность шагов процесса синтеза на подложке. План производства должен включать последовательность операций синтеза на подложке, в том числе информацию, установленную в подпунктах 10.1.1–10.1.6:

10.1.1 Журнал выполнения всех проверок перед построением в соответствии с пунктом 7.1 настоящего стандарта.

10.1.1.1 Припуск на обработку, добавленный к детали в соответствии с планом производства.

10.1.1.2 Данные о компоновке деталей на платформе построения (например, снимок экрана).

10.1.1.3 Эталонные детали, используемые для определения качества построения или соответствия геометрическим допускам.

10.1.2 Настройки установки для синтеза на подложке, включая серийный номер установки, ее подсистем и лазера(ов) (при наличии).

10.1.2.1 Запись, что мощность лазерного или электронного излучения измерена, и данные внесены в план производства. Установки с мощностью лазерного или электронного излучения, не соответствующей требованиям подпунктов 7.2.1.1 и 7.2.1.2 настоящего стандарта, не допускаются к работе.

10.1.2.2 Отметка, что платформа построения установлена и выровнена в соответствии с рекомендациями производителя установки или рабочими инструкциями для установок с ручной загрузкой, или отметка об отсутствии ошибок при автоматической загрузке платформы построения

10.1.2.3 Запуск цикла построения не допускается, пока параметры содержания кислорода, вакуума или кислорода и вакуума в рабочей камере не будут соответствовать требованиям, установленному для используемого сырья. Датчики кислорода должны располагаться в местах, обеспечивающих наиболее точное измерение содержания кислорода на подложке.

10.1.3 Отметка, что сырье соответствует плану производства.

10.1.4 Время запуска цикла построения, выполнения построения и завершения построения, включая время охлаждения.

10.1.5 Информацию о термической обработке, в том числе снятие напряжений, горячее изостатическое прессование (HIP) и термообработку.

10.1.5.1 Термическая обработка может быть проведена до или после удаления поддерживающих элементов и до механической обработки. Производитель изделий и заказчик должны согласовать любую дополнительную термообработку. Термическую обработку должны выполнять только поставщики из списка утвержденных поставщиков.

10.1.5.2 При необходимости изделия должны быть пройти процедуру снятие напряжений, пока они прикреплены к платформе построения, в соответствии с требованиями, установленными для используемого сырья и указаниями в плане производства.

10.1.6 Температура и влажность окружающей среды (см. раздел 11).

10.2 Характеристики излучения (включая диаметр и мощность пучка) должны оставаться в пределах указанного допуска в течении всего построения. Это можно проверить с помощью программного обеспечения установки либо путем измерения данных характеристик перед циклом построения и немедленно после его завершения. Если характеристики излучения не соответствуют установленным требованиям, все компоненты построения подлежат отбраковке.

10.3 Незапланированные прерывания процесса построения во время цикла построения установки синтеза на подложке должны обозначаться в плане производства как неудачные построения. Все компоненты неудачного построения подлежат отбраковке. В дальнейшем комиссия по проверке материалов (см. ISO 9001) может принять отбракованные компоненты, на которые не повлияло прерывание построения.

10.4 После завершения цикла построения все нерасплавленное сырье подлежит удалению из установки синтеза на подложке и хранению в соответствующем контейнере, при этом сырье обозначают как использованное. Отклонение от данного положения требует проведения квалификации, подтверждающей отсутствия воздействия на качество детали. Автоматические системы подачи сырья не должны перемещать сырье из рабочей камеры обратно в механизм подачи без предварительного подтверждения того, что эти операции не оказывают отрицательного влияния на качество детали.

10.5 По возможности удаление порошка после построения должно производиться в соответствии с рекомендациями производителя установки. Порошок должен удаляться подходящим способом (например, с помощью сжатого газа в ограниченном пространстве, щетки или вакуума). План производства может предусматривать вторичные операции для упрощения процесса удаления несвязанного порошка изнутри деталей. Порошок, собранный вне ограниченного пространства (например, системы возврата порошка), не подлежит повторному использованию. В плане производства могут быть предусмотрены ультразвуковые или звуковые методы очистки при определенной геометрии детали.

**11. Контроль условий окружающей среды**

11.1 Установки синтеза на подложке должны эксплуатироваться в контролируемой атмосфере для предотвращения загрязнения под воздействием других технологических процессов и других технологий производства порошка.

11.2 Операторы установок и сит должны использовать средства индивидуальной защиты, включая халаты, перчатки, сетки для волос и респираторы, для предотвращения загрязнения органическими веществами.

11.3 Температура и влажность должны контролироваться и записываться в плане производства (раздел 10). Условия должны соответствовать рекомендациям производителя установки.

11.4 Требования к условиям окружающей среды на месте монтажа установки должны соблюдаться постоянно.

**12. Контроль цифровых данных**

12.1 Производитель компонентов должен иметь метод ручного или автоматического контроля конфигурации технических файлов для обеспечения правильного изготовление синтезом на подложке и, при необходимости, окончательной обработки на основе обозначения файла в заказе на.

12.2 Производитель изделий должен провести проверку качества, чтобы убедиться, что полученные технические файлы не были изменены или повреждены при передаче, и что файлы CAD не содержат математических ошибок (например, при использовании пакета программного обеспечения третьей стороны). Элементы поддержки, добавленные для обеспечения синтеза на подложке, не считаются модификациями первоначальной формы.

12.3 Если в электронной модели детали, используемой для построения, внесены модификации относительно первоначальной формы, полученной от клиента, модификация должна быть выполнена в формате технического файла, допускающем контроль геометрической формы детали (см. рисунок 2). Модифицированные файлы CAD проверяются аналогичным образом, как и в пункте 12.2.

12.4 Если технические файлы, например, файлы CAD в целях использования для синтеза на подложке, преобразуют в триангулированные поверхности, разрешение триангуляции поверхностей должно быть выше, чем разрешение установки синтеза на подложке, указанное для эталонной детали в пункте 7.3.3.3.

12.5 При каждой передачи файлов CAD, необходимых для процесса синтеза на подложке, необходим контроль в соответствии с 12.1.

12.6 На рисунке 2 приведена диаграмма контроля конфигурации цифровых данных, где формат файла STEP преобразован из основного файла CAD, а промежуточный формат AM использовался для программирования построений.

Примечание — установки синтеза на подложке с возможностью программирования построений на базе основных файлов CAD значительно снижают вероятность ошибок контроля конфигурации.

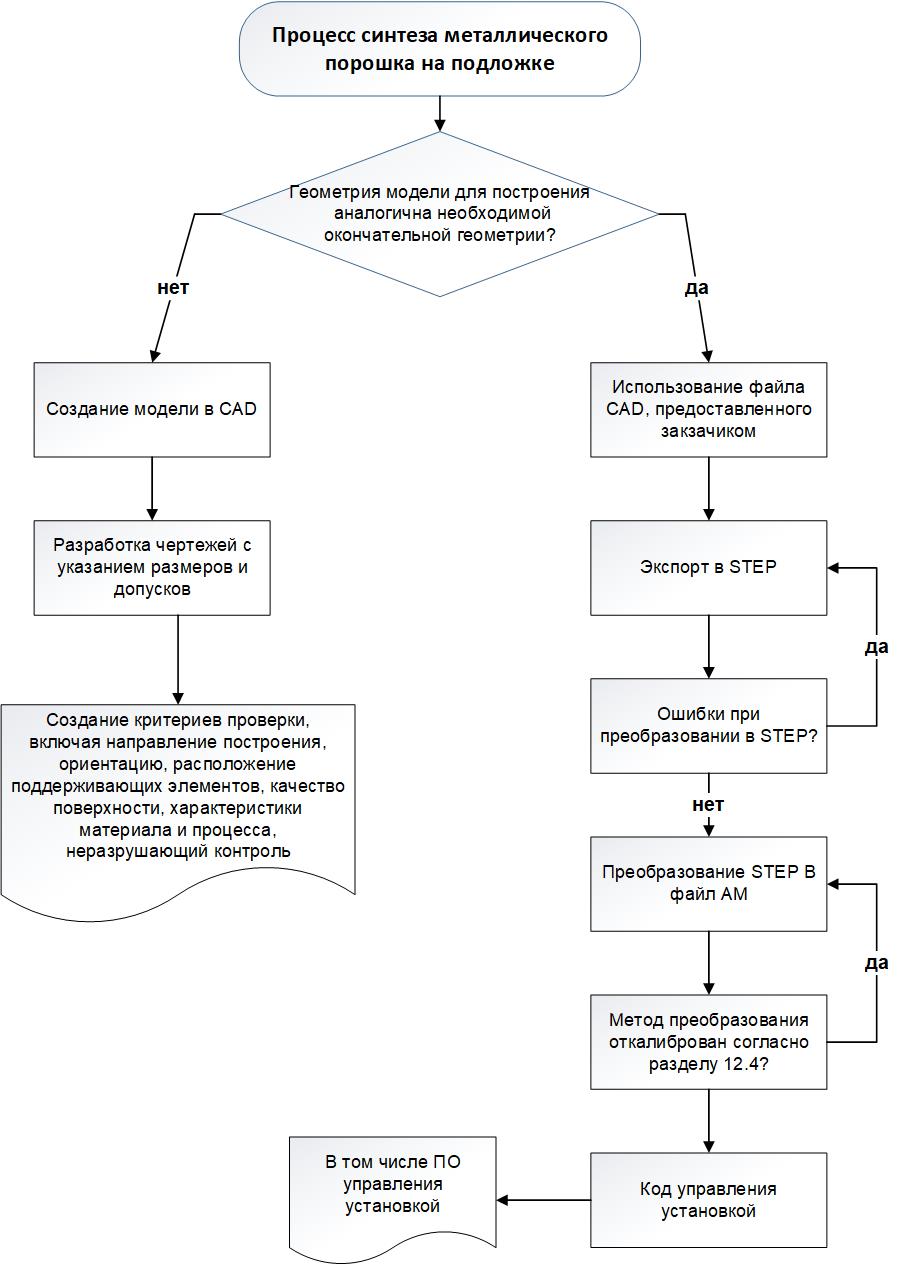


Рисунок 2 – Диаграмма контроля конфигурации цифровых данных, где формат файла STEP преобразован из основного файла CAD, а промежуточный формат AM использовался для программирования построений

**Приложение А1**

(справочное)

**Пример плана производства**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дата начала работы |  |  | Информация о заказчике | |
| Дата завершения работы |  |  |
| Общее количество часов синтеза на подложке |  |  | Номер заказа |  |
| Дата поставки |  |  | Договор |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| План рассмотрен: |  | Подпись |
| Отдел продаж: |  |  |
| Отдел производства: |  |  |
| Отдел качества: |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Номер детали** | **Версия** | **Количество в партии** | **Количество циклов построения** |
|  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Подпись | | |
| Наименование файла построения: |  |  |
| Серийный номер установки |  |  |
| Серийный номер лазера |  |  |
| Марка стали сырья |  |  |
| Параметры установки |  |  |
| Серийный номер платформы построения |  |  |
| Состояние сырья (первичное, использованное или композиция) |  |  |
| Термообработка | SR, ANN, HIP,STA, другая |  |
| Тип материала системы разравнивания порошка |  |  |
| Мощность лазера перед построением |  |  |
| Мощность лазера после построения |  |  |
| Номер партии сырья |  |  |
| Соотношение первичного и использованного сырья | % |  |
| Наименование файла журнала построения |  |  |

|  |
| --- |
| **Отметки о завершении и контроле каждой операции** |

| **№** | **Операции** | **Дата** | **Принято** | **Отклонено** | **Подпись** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **100** | **Проверка работы** | | | | |
| 101 | Получение задания от технического отдела |  |  |  |  |
| 102 | Подтвердите, что версия файла корректна и соответствует заказу |  |  |  |  |
| 103 | Проверьте соответствие ориентации построения техническим требованиям |  |  |  |  |
| 104 | Подтвердите, что маркировка и расположение деталей соответствуют техническим требованиям |  |  |  |  |
| 105 | Настройте цикл построения и проверьте действие сертификата установки |  |  |  |  |
| 106 | Укажите количество деталей для цикла построения |  |  |  |  |
| 107 | Подтвердите, что снимок экрана настройки построения соответствует рабочему заданию |  |  |  |  |
| 108 | Подтвердите, что настройка установки произведена в соответствии с рабочими инструкциями |  |  |  |  |
| 109 | Подтвердите, что номер партии порошка соответствует рабочему заданию |  |  |  |  |
| 110 | Укажите соотношение первичного и использованного порошка выше |  |  |  |  |
| 111 | Проверьте правильность и достаточность подачи технологического газа во время построения |  |  |  |  |
| **200** | **Начало построения** | | | | |
| 201 | Укажите время начала построения выше |  |  |  |  |
| 202 | Укажите задачу в дневном журнале построения установки |  |  |  |  |
| 203 | Убедитесь, что уровень кислорода в рабочей камере постоянно контролируется |  |  |  |  |
| **300** | **Завершение построения** | | | | |
| 301 | Укажите время завершения построения выше |  |  |  |  |
| 302 | Укажите общее количество часов построения выше |  |  |  |  |
| 303 | Просмотрите файл журнала построения и забракуйте все детали в случае нежелательных прерываний построения |  |  |  |  |
| 304 | Удалите порошок из порошкового массива с деталью в соответствии с рабочими инструкциями |  |  |  |  |
| 305 | Переместите платформу построения на следующую операцию |  |  |  |  |
| 306 | Измерьте мощность лазера в соответствии с рабочими инструкциями |  |  |  |  |
| 307 | Укажите название файла журнала построения выше |  |  |  |  |
| 308 | Просмотрите файл мониторинга процесса на предмет аномалий построения и примите детали в соответствии с рабочими инструкциями |  |  |  |  |
| **400** | **Обработка платформы построения** | | | | |
| 401 | Оставьте детали на платформе построения, если это применимо |  |  |  |  |
| 402 | Удалите с деталей любой несвязанный порошок. Порошок, входивший в контакт с полимерной щеткой, подлежит утилизации |  |  |  |  |
| 403 | Проведите визуальный осмотр на наличие посторонних материалов или аномалий построения |  |  |  |  |
| 404 | Выполните проверку размеров с использованием эталонной детали |  |  |  |  |
| **500** | **Термическая постобработка** | | | | |
| 501 | Выполните термическую постобработку в соответствии с рабочим заданием |  |  |  |  |
| 502 | Выполните проверку размеров с использованием эталонной детали |  |  |  |  |
| 503 | При необходимости проведите неразрушающий контроль |  |  |  |  |
| **600** | **Вторичные операции** | | | | |
| 601 | При необходимости удалите детали с платформы построения |  |  |  |  |
| 602 | При необходимости выполните обработку испытательных образцов |  |  |  |  |
| 603 | При необходимости удалите опорную конструкцию |  |  |  |  |
| 604 | Выполните механическую обработку деталей в соответствии с рабочим заданием |  |  |  |  |
| 700 | Неразрушающий контроль |  |  |  |  |
| 701 | Выполните неразрушающий контроль в соответствии с рабочим заданием |  |  |  |  |
| 800 | Представление данных |  |  |  |  |
| 801 | Составьте пакет данных, включая сертификат соответствия сырья, данные испытания сырья, результаты испытания образцов (химический состав и механические свойства), настройки построения, журнал построения, отчет о проверке по эталонной детали, данные проверки размеров, отчет о проведении неразрушающего контроля. |  |  |  |  |

**ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ПРИЕМКА**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Номер детали / обозначение** | **Версия** | **Общее количество принятой продукции** | **Общее количество несоответствующей продукции** | **Подпись** |
| 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
| **Примечания:** |
| Информация о сырье, поставляемом заказчиком, должна быть указана здесь |

|  |  |
| --- | --- |
| **Примечания по осмотру: (Опишите любые несоответствия)** | |
|  | |
| Окончательное завершение контроля: |  |

**Приложение ДА**

(справочное)

# Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов и стандартов АСТМ национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение и наименование международного стандарта или стандарта АСТМ | Степень соответствия | Обозначение и наименование  Национального или межгосударственного стандарта |
| ASTM E8/E8M Методы испытаний на растяжение металлических материалов | NEQ | ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение |
| ASTM E11 Технические условия на проволочную ситоткань и испытательные сита | NEQ | ГОСТ Р 51568-99 (ИСО 3310-1-90) Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия |
| ASTM E2910 Руководство по предпочтительным методам приемки продукции | NEQ | ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения |
| ASTM F2924 Технические условия на аддитивное производство титана, 6-алюминия и 4-ванадия методом синтеза на подложке | NEQ | ГОСТ 1.0.182-1.007.18 Аддитивные технологии. Изделия, полученные методом селективного лазерного сплавления из металлопорошковой композиции титанового сплава марки ВТ6. Общие технические требования |
| ASTM F2971 Методика представления данных об испытательных образцах, подготовленных методом аддитивного производства | MOD | ГОСТ 2.0.182-1.003.17 Аддитивные технологии. Представление результатов испытаний. Общие требования |

*Продолжение таблицы ДА.1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение и наименование международного стандарта или стандарта АСТМ | Степень соответствия | Обозначение и наименование  Национального или межгосударственного стандарта |
| ASTM F3049 Руководство по характерным свойствам металлических порошков, используемых в процессах аддитивного производства | NEQ | ГОСТ Р 1.0.182-1.012.19 Аддитивные технологии. Металлопорошковые композиции. Общие требования |
| ASTM F3122 Руководство по оценке механических свойств металлических материалов, произведенных с помощью процессов аддитивного производства | NEQ | ГОСТ Р 57587-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний |
| ISO/ASTM 52900 Аддитивное производство. Базовые принципы. Основные принципы и терминология | IDT | ГОСТ Р 57588-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Оборудования для аддитивных технологических процессов. Общие требования |
| ISO/ASTM 52921 Стандартная терминология для аддитивного производства – Системы координат и методология проведения испытаний | MOD | ГОСТ 1.0.182-1.030.20 (в разработке) Аддитивные технологии. Системы координат. Общие положения |
| ISO 4497 Порошки металлические. Определение размера частиц методом сухого просеивания | NEQ | ГОСТ 18318-94. Порошки металлические. Определение размера частиц сухим просеиванием |
| ISO 6892-1 Материалы металлические. Испытание на растяжение при комнатной температуре | NEQ | ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение |
| ISO 6892-2 Материалы металлические. Испытание на растяжение. Часть 2: Метод испытания при повышенной температуре | NEQ | ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение |

*Окончание таблицы ДА.1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение и наименование международного стандарта или стандарта АСТМ | Степень соответствия | Обозначение и наименование  Национального или межгосударственного стандарта |
| ISO 8573-1 Сжатый воздух. Часть 1: Загрязнения и классы чистоты | IDT | ГОСТ Р ИСО 8573-1-2016 Сжатый воздух. Часть 1. Загрязнения и классы чистоты |
| ISO 9001 Системы менеджмента качества. Требования | IDT | ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования |
| ISO 9044 Ткань проволочная промышленная. Технические требования и испытания | NEQ | ГОСТ Р 51568-99 (ИСО 3310-1-90) Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия |
| ISO 13320 Гранулометрический анализ. Методы лазерной дифракции | IDT | ГОСТ Р 8.777-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Дисперсный состав аэрозолей и взвесей. Определение размеров частиц по дифракции лазерного излучения |
| ISO 13485 Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования | NEQ | ГОСТ ISO 13485-2017 Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования |
| AS 9100 Системы менеджмента качества. Требования для Организации авиационной, космической и оборонной отрасли | IDT | ГОСТ Р 58876-2020 Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности. Требования |
| Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условное обозначение степени соответствия стандарта: IDT – идентичный стандарт, MOD – модифицированный стандарт, NQV – неэквивалентный стандарт | | |

УДК: ОКС: 25.040.99

Ключевые слова: аддитивные технологии, синтез на подложке, критические применения,организация аддитивного производства, системы аддитивного производства

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель разработки:  Начальник Управления по качеству и стандартизации ООО «РусАТ» |  | А.С. Крюков |
|  |  |  |
| Исполнитель: |  |  |
|  |  |  |
| Главный специалист по стандартизации Управления по качеству и стандартизации ООО «РусАТ» |  | И.А. Косоруков |