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

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Метод испытания на кратковременную ползучесть образцов, полученных из порошковых композиций металлических материалов**

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

**Москва**

**Стандартинформ**

**201\_**

**Предисловие**

ГОСТ Р

*(проект, 1-ая редакция)*

1. РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»
2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 182 «Аддитивное производство»
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 годовом (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**

ГОСТ Р

*(проект, 1-ая редакция)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Область применения …………………………………................................... | 4 |
| 2 | Нормативные ссылки ………………………….…………………................... | 4 |
| 3 | Термины, определения и сокращения....................………………………. | 5 |
| 4 | Сущность метода ……………………………………………………………… | 6 |
| 5 | Образцы для испытаний ……………………………………….…………….. | 7 |
| 6 | Оборудование для испытаний .....………..………………………………….. | 10 |
| 7 | Подготовка к проведению испытаний …...…………………….................... | 12 |
| 8 | Проведение испытаний ...…………………………………............................ | 13 |
| 9 | Обработка результатов……………………………………............................ | 14 |
| 10 | Протокол испытаний …………………………………................................. | 17 |

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  **Метод испытания на кратковременную ползучесть образцов, полученных из порошковых композиций металлических материалов.**  Additives processes. Standard test method for short conducting creep tests of metallic materials obtained from powder compositions |

**Дата введения — 201 — —**

**1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт распространяется на металлические материалы, изготовленные по аддитивным технологическим процессам из порошковых композиций металлических материалов.

1.2 Стандарт устанавливает метод испытаний на ползучесть за время не превышающее 20-30 минут, в том числе, с применением ступенчатых нагружений при температуре до 1500°С.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия.

ГОСТ 1497-84 Металлы. Метод испытаний на растяжение.

ГОСТ 6616-94 Преобразователи термоэлектрические. Общие требования.

ГОСТ 9651-84 Металлы. Метод испытаний на растяжение при повышенных температурах.

ГОСТ 28845-90 Машины для испытания материалов на ползучесть, длительную прочность и релаксацию. Общие технические требования.

ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

ГОСТ Р 8.585-2001 Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования.

ИСО 9513:2012. Материалы металлические. Калибровка экстензометров, используемых в одноосных испытаниях

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.

1

**3 Термины, определения и сокращения**

В настоящем стандарте применены следующие термины, с соответствующими определениями и сокращения:

3.1 **аддитивный технологический процесс**: Процесс изготовления изделия с помощью послойного нанесения и соединения материала в соответствии с трехмерной геометрической моделью изделия.

3.2 **модельный образец (образец)**: Образец, изготовленный тем же методом аддитивного технологического процесса, в тех же условиях, из той же партии сырья и по тем же требованиям нормативной документации, что и изделие, и который представляет собой физический объект упрощенной геометрической формы, находящийся в определенном соответствии с изделием для замещения его в процессе испытаний.

3.3 **партия образцов, полученных с помощью аддитивных технологических процессов (партия образцов)**: Совокупность образцов синтезированных одновременно в одном и том же направлении (плоскости) по одному и тому же технологическому процессу и на одном и том же оборудовании.

3.4 **ползучесть материала:** Деформационный процесс, возникающий в материале при воздействии постоянной нагрузки в течение заданного времени.

3.5 **деформация ползучести, , %:** Деформация, возникающая в образце за определенное (заданное) время испытаний при воздействии на образец постоянной нагрузки и температуры.

3.6 **условный предел ползучести, :** Напряжение, прикотором скорость или деформация ползучести ε за определенный промежуток времени при температуре Т не превышает заданной величины.

3.7 **кратковременная ползучесть материала:** Ползучесть, происходящая в таких условиях, когда за время не превышающее 20-30 минут, накапливается деформация ползучести, либо сравнимая с упруго-пластической деформацией, либо превышающая ее.

3.8 **кривая ползучести:** Зависимость деформации ползучести материала от времени выдержки и уровня нагружения в координатах деформация – время.

3.9 **скорость ползучести,**  Приращение деформации ползучести образца в условиях постоянной нагрузки за время его выдержки *dt*  или угол наклона касательной (производная) к кривой ползучести *ε-t* на ее установившейся (линейной) стадии.

3.10 **скорость ползучести при заданном уровне нагрузки, :** Приращение деформации ползучести образца при заданном уровне нагрузке *P* (ступени), за время его выдержки *dt*.

3.11 ***Rz*, мкм:** Шероховатость обрабатываемой поверхности рабочей части образца.

3.12 **коэффициент влияния шероховатости поверхности,** : Отношение условного предела ползучести, полученного на образцах после удаления поверхностного слоя (тип В) к условному пределу ползучести, полученного на образцах с сохранением поверхностного верхнего слоя (тип А).

**4 Сущность метода**

4.1 Сущность метода заключается в определении вида диаграмм ползучести образца металлического материала в условиях повышенных температур до 1500°С. При испытаниях на ползучесть образцы материала подвергаются воздействию заданной постоянной или ступенчатой растягивающей нагрузке с кратковременной выдержкой на каждой ступени в течение 20-30 мин при постоянной температуре испытаний с непрерывной записью температуры испытаний и деформации ползучести образца.

4.2 В результате испытаний на кривой ползучести определяют условный предел ползучести, момент перехода к ускоренной стадии ползучести, коэффициент влияния шероховатости поверхности.

**5 Образцы для испытаний**

5.1 Образцы для испытаний или заготовки под образцы одной партии должны быть синтезированы одновременно по одному и тому же технологическому процессу и в одном и том же направлении (плоскости). В случае если исследование материала проводится на образцах, синтезированных в различных направлениях или полученных по различным технологическим процессам, то маркировка образцов должна позволять однозначно идентифицировать образцы различных партий до и после проведения испытаний с обязательной дифференциацией партий образцов и полученных результатов в протоколе испытаний.

5.2 Образцы должны иметь гладкую ровную поверхность без сколов, трещин, расслоений и других дефектов, заметных невооруженным глазом. Образцы, имеющие механические повреждения, поверхностные дефекты, возникающие в процессе изготовления или в результате обработки поверхности, испытаниям не подвергаются. Рихтовка или другой вид правки образцов при испытаниях не допускается.

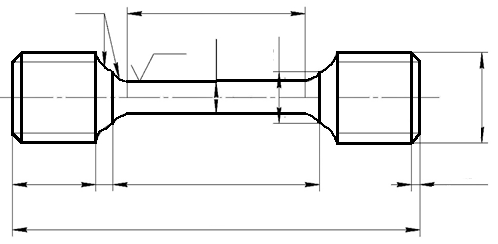
5.3 Образцы передаются на испытания либо после обработки или снятия поверхностного слоя, образованного при синтезе (тип А), либо без дополнительной обработки с сохраненным поверхностным слоем (тип В). Тип образцов и метод обработки для образцов тип А должен быть указан в протоколе.

5.4 Перед испытанием образцы маркируют. Маркировка образцов должна позволять однозначно идентифицировать образцы как внутри одной партии, так и при проведении испытаний нескольких партий. Маркировка образцов не должна повреждаться в ходе проведения испытаний, а также влиять на результаты испытаний.

5.5 При испытаниях используют цилиндрические или плоские образцы если нет иных указаний:

**25**

**R3**



**70**

**Rz**

**15**

**2 фаски**

**1,5x45°**

**Ø5**

**М14**

**Ø8**

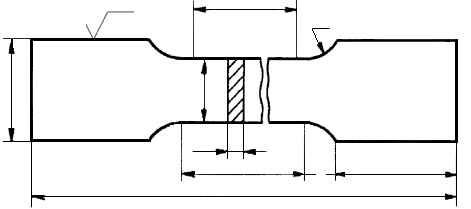
**4**

**30**

Рисунок 1 – Цилиндрический образец

**Rz**

**100**



**40**

**5**

**15**

**270**

**120**

**50**

**R25**

Рисунок 2 – Плоский образец

Примечание – Допускается при наличии технических обоснований применять пропорциональные образцы других размеров и форм, с начальной расчетной длиной мм или мм, где —  
начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца  
в мм2. Диаметр цилиндрических образцов должен быть не менее 5 мм. Также для испытаний могут использоваться образцы, приведенные по ГОСТ 1497.

5.6 Допускаемые отклонения на размеры и шероховатость обрабатываемой поверхности образцов должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 1 если нет иных указаний:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Образец** | | **Измеряемая**  **величина** | | | **Допускаемое отклонение, мм** | ***Rz* , мкм** |
| Цилиндричес-кий, круглого сечения | тип А  С сохранением поверхностного верхнего слоя | Диаметр рабочей части, мм | | 5 | ±0,10 | - |
| тип В  После удаления поверхностного слоя (дополнительная обработка поверхности) | ±0,02 | 0,40 |
| Плоский прямоуголь- ного сечения | тип А  С сохранением поверхностного верхнего слоя | Ширина рабочей части, мм | | 15 | ±0,10 | - |
| тип В  После удаления поверхностного слоя (дополнительная обработка поверхности) | Ширина рабочей части, мм | | 15 | ±0,02 | 0,80 |
| Толщина рабочей части, *a0* | До 5 включит. | | ±0,05 |
| Более 5 | | ±0,10 |

5.7 Шероховатость поверхности рабочей части образцов тип А указывается в протоколе в соответствии с ГОСТ 2789.

5.8 Допускаемое отклонение от заданной расчетной длины образца, длины участка рабочей части образца, на котором измеряется удлинение, не должны превышать ±1%.

5.9 Биение цилиндрического образца при проверке не должно превышать 0,02 мм.

5.10 Допускаемое отклонение по величине площади поперечного сечения не должно превышать ±0,5%.

5.11 Требования к точности измерения образцов до испытаний должны соответствовать ГОСТ 1497 если в нормативной или сопроводительной документации на материал нет иных указаний.

5.12 Количество образцов для испытания должно быть не менее пяти на один уровень (ступень) нагрузки, если иное количество не установлено в нормативной или сопроводительной документации на материал или изделие. Для анизотропных материалов испытывают по пять образцов для каждого из главных направлений.

**6 Оборудование для испытаний**

6.1 Испытательная машина должна быть оборудована захватами для установки образцов и должна быть предусмотрена возможность установки термокамеры с приборами контроля и регулировки температуры и времени проведения испытаний, испытательная машина должна обеспечивать проведение испытаний на ползучесть в соответствии с требованиями настоящего стандарта и соответствовать требованиям ГОСТ 28845.

6.2 Испытательная машина должна быть оснащена датчиками силы и перемещения.

6.3 Для измерения деформации образцов при испытаниях применяют экстензометр, предназначенный для измерения продольной деформации при осевом растяжении в условиях повышенных температур. Экстензометр должен обеспечивать измерение деформации при проведении испытаний на ползучесть в заданном диапазоне температур и нагрузок. Применяемый экстензометр должен быть внесен в реестр средств измерений Российской федерации, а также иметь действующее на момент испытаний свидетельство об утверждении типа средств измерений. При отсутствии иных указаний, технические характеристики экстензометра должны соответствовать перечисленным ниже характеристикам:

- база измерений - 20 мм;

- диапазон измерения деформаций ±10 %;

- класс точности 0,5 по ИСО 9513.

6.4 Нелинейность и гистерезис датчика силы при максимальном напряжении не должны превышать ± 0,5 % и ± 0,3 % соответственно. Погрешность датчика силы не должна превышать ± 1 % от величины нагрузки, измеряемой при испытании.

6.5 Термокамера (печь) должна обеспечивать равномерное нагревание образца до заданной температуры и поддержание температуры образца на протяжении всего испытания.

6.6 Испытательная машина должна обеспечивать:

- соосность приложения нагрузки с отклонением центральной оси не более ±1% от площади поперечного сечения рабочей части образца.

- автоматическое поддержание заданной нагрузки;

- автоматическое повышение нагрузки до следующей ступени в соответствии с программным нагружением;

- автоматическое и стабильное поддержание температуры;

- автоматическую регистрацию температуры или автоматическую регистрацию отклонений от заданной температуры на протяжении всего испытания;

- непрерывное измерение и запись деформации образца при испытании

6.7 Для измерения геометрических размеров образца рекомендуется использовать штангенциркуль с ценой деления не более 0,01 мм, ГОСТ 166.

6.8 Контроль температуры образца при испытаниях в условиях повышенных температур выполняют с помощью термопары, отвечающей требованиям ГОСТ 6616 с классом допуска 2:

- типа ТНН (N) и типа ТХА (K) при температурах испытания в диапазоне от 200 до 1200 ºС;

- типа ТПР (B), типа ТПП (S) или типа ТПП (R) при температурах испытания в диапазоне от 600 до 1500 ºС.

6.9 Выбор термопары и ее проверка проводится в соответствии с ГОСТ Р 8.585-2001.

6.10 Все используемое оборудование должно быть аттестовано и иметь аттестаты, средства измерения должны быть поверены (прокалиброваны) и иметь соответствующие свидетельства о поверке (сертификаты калибровки).

**7 Подготовка к проведению испытаний**

7.1 Перед проведением испытаний с помощью штангенциркуля проводится измерение диаметра поперечного сечения рабочей части образца (ширины и высоты сечения для плоского образца) не менее чем в трех точках. Для расчета площади поперечного образца выбираются наименьшие из трех значений измерений.

7.2 Образец устанавливают в захваты испытательной машины и помещают в термокамеру (печь).

7.3 Для измерения температуры на образец устанавливают термопару. На образцах с расчетной длиной до 25 мм включительно должна быть установлена минимум одна термопара, а на образцах с расчетной длиной свыше 25 мм не менее двух термопар, распределенных вначале и конце расчетной длины.

Термопары устанавливаются так, чтобы горячие спаи плотно соприкасались с поверхностью образца: горячий спай термопары должен быть защищен от прямого воздействия нагревательных элементов термокамеры (печи).

7.4 Допустимое отклонение от заданной температуры испытания на протяжении всего времени испытания и в любой точке расчетной длины образца не должны превышать:

±2°С до 700°С

±3°С от 700 до 1000°С

±4°С от 1000 до 1300°С

±6°С от 1300 до 1600°С.

7.5 Для образцов круглого поперечного сечения после установки в захваты испытательной машины проверяется эксцентриситет образцов. Величина эксцентриситета проверяется при нормальной температуре измерением упругих удлинений образца на двух противоположных сторонах сечения. Эксцентриситет образца должен быть не более 10% среднего арифметического значения деформации образца. Для образцов прямоугольного поперечного сечения несоосность должна быть не более 10% среднего арифметического значения деформации образца.

**8 Проведение испытаний**

8.1 К образцу, установленному в захваты испытательной машины и помещенному в печь прикладывается предварительная нагрузка равная не более 10% от заданной общей нагрузки или нагрузки первой ступени нагружения.

8.2 По достижению испытательной машиной предварительной нагрузки для регистрации деформации на образец устанавливается экстензометр.

8.3 После установки экстензометра запускается нагрев печи до заданной температуры. Время нагрева должно быть не более 1 ч, выдержка при заданной температуре – не менее 30 мин, если иное не указано в нормативной или сопроводительной документации на материал.

8.4 После выдержки при заданной температуре к образцу плавно прикладывают предварительную нагрузку, равную 10% от заданного уровня нагрузки первой ступени. Если деформация образца остается неизменной в течение 5 мин, образец плавно нагружают до заданного уровня нагрузки первой ступени.

8.5. Увеличение нагрузки на каждой ступени нагружения должно быть реализовано с постоянным приращением ∆ коэффициента нагружения *К*. Коэффициент нагружения первой ступени *К* задается как постоянная величина в долях временного сопротивления, определяемого по результатам испытаний образцов исследуемого материала на растяжение по ГОСТ 1497 или ГОСТ 9651 в пределах от 0,5·σв до 0,9·σв, если иное не указано в нормативной или сопроводительной документации на материал. Величина приращения ∆ задается в пределах от 0,01 до 0,1 в зависимости от физико-механических характеристик исследуемого материала, температуры испытаний и наличия образцов. Временное сопротивления исследуемого материала при растяжении должно быть определено в условиях заданной (постоянной) температуры, а также при скорости нагружения, при которой вклад деформации ползучести в общую деформацию незначителен.

8.6 Время выдержки образца на каждом уровне нагрузки (ступени) задается в зависимости от уровня нагрузки, температуры испытаний и свойств исследуемого материала таким образом, чтобы кривая ползучести в координатах *ε-t* на всем протяжении времени выдержки была линейной или близкой к линейной. Если в нормативной или сопроводительной документации на материал нет иных указаний, то время выдержки при заданной нагрузке на каждой ступени принимается равным 30 минут. Перерывы при испытании не допускаются.

8.7 Скорость нагружения при испытаниях до температуры 1000°С принимают равной 100 Н/с, а при температурах от 1000 до 1500°С скорость нагружения подбирают экспериментально если в нормативной или сопроводительной документации на материал не указано иное.

8.8 По окончанию выдержки при заданной постоянной температуре испытаний и заданном уровне нагрузки (ступени) производится плавное нагружение образца до следующей ступени нагружения.

8.9 После окончания испытания на ползучесть неразрушенный образец разгружают до величины предварительной нагрузки.

8.10 Испытания образцов проводятся последовательно, с построением кривых ползучести после каждого испытания. После завершения испытания для каждого образца и каждой ступени его нагружения строится кривая ползучести и определяется скорость ползучести (п. 9.4).

8.11 Определение момента перехода к ускоренной стадии ползучести, предществующей разрушению, выполняют по изменению скорости ползучести. Если на одной из кривых ползучести первого образца, построенных для *i*-той ступени нагружения, имеющий коэффициент *Ki*, графически выявлено увеличение скорости ползучести (п. 9.5), то следующий образец начинают испытывать при ступенчатом нагружении с коэффициентом нагружения первой ступени равным *K= Ki* -∆/2, величину приращения ∆ берут равным∆/2.

8.12 Проводят ступенчатое нагружение не менее трех образцов на не менее, чем трех ступенях нагружения.

**9 Обработка результатов**

9.1 Определение условного предела ползучести рекомендуется проводить при допусках на деформацию до 0,1%. Определение величины условного предела пол­зучести про­изводиться графически с помощью кривой ползучести, полученной в результате испытаний, и заданного уровня деформации ползучести (например, 1 %). Пример типовой кривой ползучести приведен на рисунке 3.

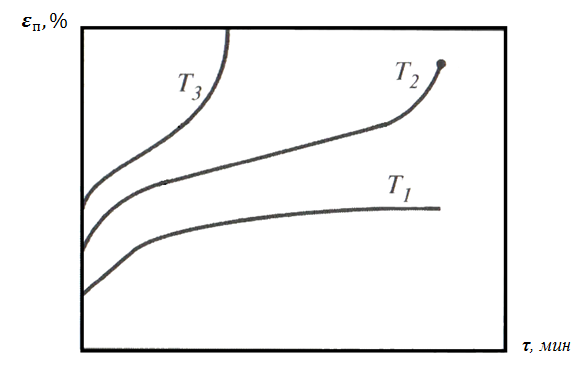


Рисунок 3 – Типовые кривые ползучести металлических материалов для различных температур *Т1 <Т2 <Т3*

Величину условного предела ползучести следует определять с точ­ностью, округлять в сторону уменьшения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Округление вычислений результатов испытаний

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Интервал значений характеристики | Округление |
|  | | |
| Условный предел ползучести, МПа | до 100 | до 1 |
| св. 100 до 500 | до 5 |
| св. 500 | до 10 |
| до 10,0 | до 0,1 |
| до 100 | до 1 |
| свыше 100 | до 5 |
| Деформация ползучести образца, % | - | до 0,1 |

9.2 На основе полученных кривых ползу­чести для заданных температур и реализованных ступеней нагружения строят за­висимости между на­пряжением и остаточной деформацией ползучести или между на­пряжением и скоростью ползучести.

9.3 Для построе­ния зависимости между условным пределом ползучести и температурой, испытания с построением кривых ползучести должны быть проведены при не менее чем трех разных температурах.

9.4 Скорость ползучести определяется как тангенс угол наклона касательной к кривой ползучести, построенной по экспериментальным данным:

где - деформация ползучести,

- время, с.

9.3 Если уровень деформации ползучести, % для определения условного предела ползучести не задан и требуется его определить, то для каждой температуры *T*,°С и времени испытаний *t*, с, деформацию ползучести вычисляют по формуле:

где - удлинение *i-*го образца, равное мм, за время *t*, с;

- длина -го образца, мм, соответствующая базовому значению времени *t*, с;

- исходная длина образца до испытания, мм.

9.4 При испытании образцов различных типов коэффициент влияния шероховатости поверхности на скорость ползучести по формуле:

,

где , – условные пределы ползучести для образцов типов А и В соответственно.

При наличии партий образцов с различной шероховатостью поверхности рабочей части, строят соответствующие зависимости.

9.5 Момент перехода к ускоренной стадии ползучести определяют по постоянному увеличению тангенса угла наклона касательной к кривой ползучести (увеличению скорости ползучести) в течении одной минуты и выполнению следующего условия:

где – скорость ползучести в выбранный *j-*момент времени,

– скорость ползучести в момент времени *j*  плюс одна минута.

9.6 При необходимости проводят статистический анализ результатов испытаний.

**10 Протокол испытаний**

10.1 Результаты испытаний заносят в протокол испытаний, который должен содержать следующие данные:

- наименование материала;

- номер партии образцов;

- тип образцов (А или В)

- наименование предприятия-изготовителя;

- метод изготовления;

- количество образцов, их маркировку и геометрические размеры;

- условия (режимы) испытания;

- тип средств измерений и испытаний, заводской номер;

- скорость испытания на каждой ступени,

- уровни напряжений, температура и время выдержки на каждой ступени;

- значения определяемых характеристик для каждого образца;

- дату проведения испытаний;

- ссылку на настоящий стандарт;

- Ф.И.О. исполнителей.

10.2 Дополнительно протокол может содержать кривые ползучести, кривые изменения температуры и ступенчатого изменения нагрузки и фотографии образцов.

УДК: ОКС ОКП

Ключевые слова: аддитивные технологии, ползучесть, механические испытания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель разработки,  начальник лаборатории №30 |  | В.С. Ерасов |
|  |  |  |
| **Исполнители:** |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Старший научный сотрудник лаборатории № 30 |  | Н.Ю. Подживотов |
|  |  |  |
| Инженер 1 кат. лаборатории № 30 |  | В.В. Автаев |
|  |  |  |