ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71735— 2024

КЕРАМИКА. СПАИ КЕРАМИКИ С МЕТАЛЛОМ

Методы испытания на механическую прочность

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2024 г. № 1511-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КЕРАМИКА. СПАИ КЕРАМИКИ С МЕТАЛЛОМ

Методы испытания на механическую прочность

Ceramics. Ceramic joints with metal. Methods of testing for mechanical strength

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на керамику и спаи керамики с металлом, а также на керамические изделия (стержни, трубки, кольца, диски, пластины, выводы электрические), применяемые в электровакуумном производстве, и устанавливает методы испытания на механическую прочность.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.423 Государственная система обеспечения единства измерений. Секундомеры механические. Методы и средства поверки

ГОСТ 166 (ИСО 3599—76) Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 28840 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

ГОСТ Р 70658 Керамика вакуумплотная. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 70658.

4 Принципы и условия измерения

4.1 Методы испытания на механическую прочность основаны на нагружении образца равномерно возрастающей нагрузкой и на измерении значения нагрузки, разрушающей образец.

По значению разрушающей нагрузки определяют предел прочности образца.

Издание официальное

4.2 Методы испытания керамики, спаев керамики с металлом, а также керамических изделий должны соответствовать приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование образца или изделия (деталь, сборочная единица)		Метод испытания	Определяемая величина
Образцы	Из керамики	Испытание на статический изгиб	Предел прочности на изгиб
	Спаи керамики с металлом		
Изделия	Стержни Трубки Кольца		
	Диски Пластины		
	Подложки	Испытание при центрально-симметричном изгибе	
	Выводы электрические	Испытание на срез	Предел прочности на срез

4.3 Испытание проводят в нормальных климатических условиях:
- температура воздуха — от 15 °С до 35 °С;
- относительная влажность воздуха — от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление — от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.).

При температуре выше 30 °С относительная влажность не должна быть более 70 %.

5 Требования к образцам

5.1 Для испытаний используют образцы керамики, спаев керамики с металлом, а также изделия (стержни, трубки, кольца, диски, пластины, подложки, выводы электрические).

5.1.1 Форма и размеры образцов из керамики и спаев керамики с металлом должны соответствовать приведенным на рисунках 1 и 2.

5.1.2 На поверхности образцов не должно быть трещин, сколов, царапин, инородных включений и других дефектов, видимых невооруженным глазом.

5.1.3 Форма и размеры изделий (детали, сборочные единицы) должны соответствовать рабочим чертежам.

Примечания

1 Размеры стержней (трубок) должны удовлетворять соотношению

$$\frac{l}{D} \geq 5,$$

где l — длина стержня (трубки);

D — диаметр стержня, диаметр эквивалентной окружности стержня прямоугольного сечения, наружный диаметр трубки.

2 Размеры колец, дисков, пластин должны удовлетворять соотношению

$$\frac{D_{к.д}}{h_{к.д.п}} \geq 5,$$

где $D_{к.д}$ — наружный диаметр кольца, диаметр диска (вписанной в пластину окружности);

$h_{к.д.п}$ — толщина кольца, диска, пластин.

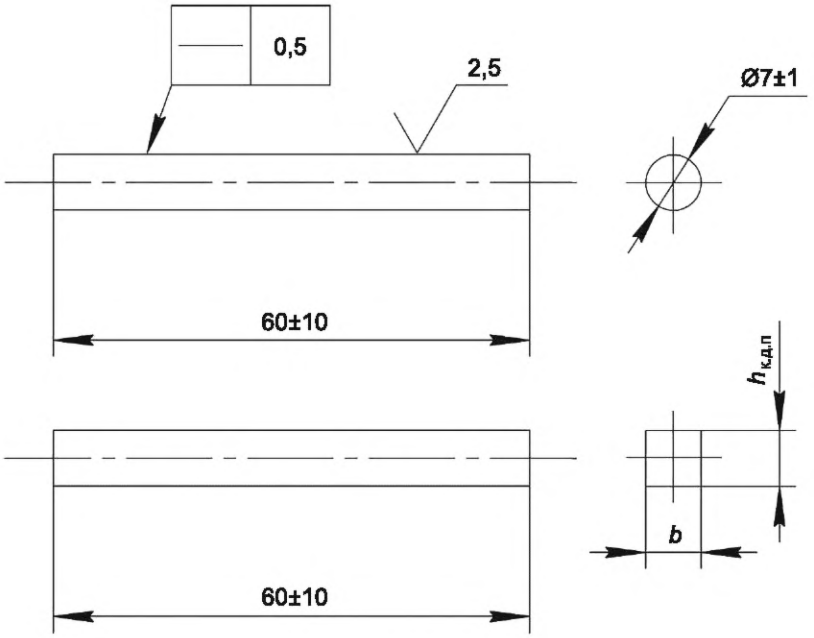
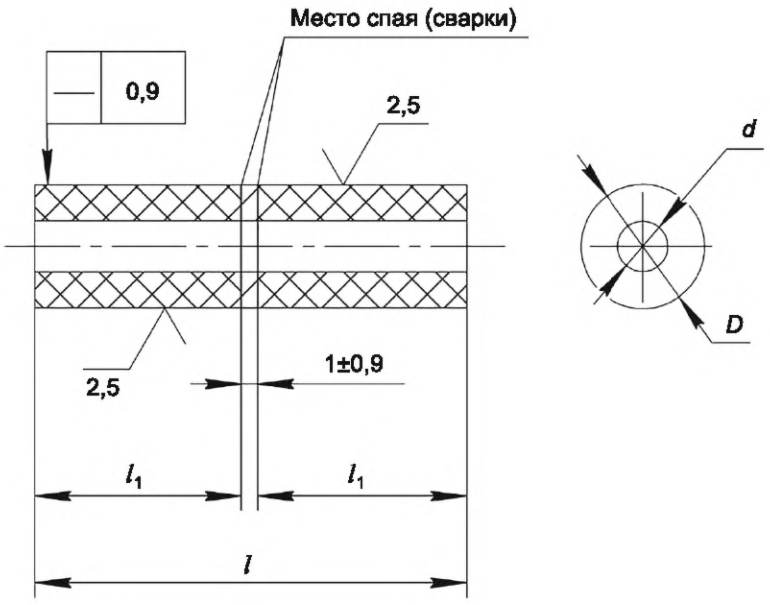


Рисунок 1

Примечание — В технически обоснованных случаях допускается применение образцов с размерами, отличными от приведенных в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

b, мм		*h*, мм		Стрелка прогиба, мм	Шероховатость поверхности, мкм
Номинал	Дополнительное отклонение	Номинал	Дополнительное отклонение		
7	±1	7	±1	0,9	2,5
4	±0,2	2	±0,3	0,5	0,63



Примечание — $l_1 = \frac{1}{2} l$.

Рисунок 2

Таблица 3

D, мкм		*d*, мм		*l*, мм	
Номинал	Дополнительное отклонение	Номинал	Дополнительное отклонение	Номинал	Дополнительное отклонение
7	±0,5	2	±0,5	50	±10
13		3			

5.2 Испытания на механическую прочность керамики проводят не менее чем на десяти образцах; спаев керамики с металлом — не менее чем на пяти образцах.

5.3 Испытание на механическую прочность изделий проводят не менее чем на десяти изделиях от партии.

Если выпускаемая партия менее 100 шт., испытание проводят на 10 % изделий от партии, но не менее чем на двух изделиях.

6 Аппаратура

Для проведения испытаний следует применять:

- машину разрывную с наибольшей предельной нагрузкой 5000 Н (500 кгс) по ГОСТ 28840, допускается применение разрывных машин с другой предельной нагрузкой;
- устройство универсальное к разрывной машине, позволяющее проводить испытания образцов и изделий путем смены нажимных и опорных элементов, или любое другое устройство, обеспечивающее данные условия испытаний.

Радиус закругления рабочих частей призм должен быть не менее 1 мм;

- микрометр с ценой деления по ГОСТ 6507;
- штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм по ГОСТ 166;
- секундомер по ГОСТ 8.423.

7 Подготовка к испытанию

7.1 Проводят подготовку разрывной машины к работе в соответствии с эксплуатационной документацией, прилагаемой к разрывной машине.

7.2 Устанавливают скорость возрастания нагрузки, равную 10—40 Н/с (1—4 кгс/с). Для этого лимб скорости перемещения захвата разрывной машины ставят в положение, при котором значение нагрузки на образец, равное 10—40 Н, достигается в течение 1 с при измерении по секундомеру.

Скорость возрастания нагрузки устанавливают один раз перед началом измерений на разрывной машине.

Примечание — Если шкала указателя силы разрывной машины проградуирована в килограмм-силе (кгс), то при измерении следует провести перерасчет в ньютоны (1Н = 0,1 кгс).

8 Проведение испытаний

8.1 Определение предела прочности керамических образцов, образцов спаев керамики с металлом, а также стержней и трубок

8.1.1 При испытании образец располагают на двух опорных призмах (см. рисунки 3 и 4).

Нагрузку прикладывают к середине образца в одной точке (см. рисунок 3) либо в двух точках, расположенных симметрично середины образца (см. рисунок 4).

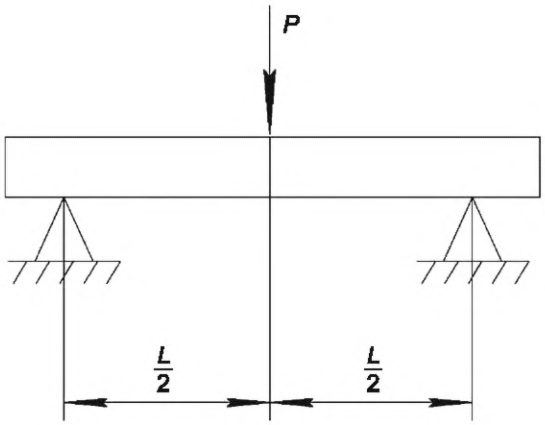
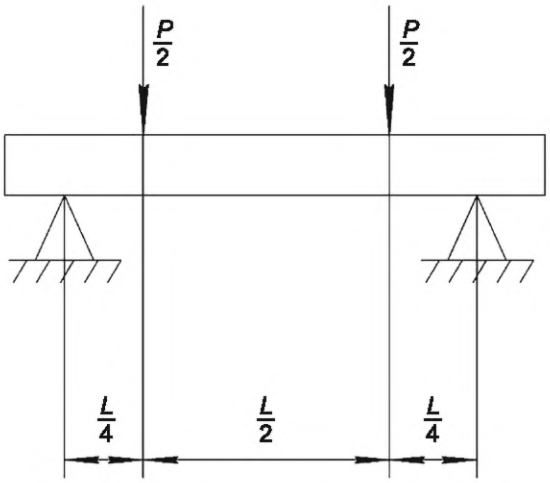


Рисунок 3 — Схема приложения нагрузки к образцу (стержню)
(в одной точке)



Примечание — При испытании образцов спаев керамики с металлом предпочтительно прикладывать нагрузку в двух точках.

Рисунок 4 — Схема приложения нагрузки к образцу (стержню)
(в двух точках)

8.1.2 Порядок определения предела прочности керамических образцов, образцов спаев керамики с металлом, стержней и трубок должен быть следующим:

- измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях диаметр (для образцов круглого сечения и трубок), а также внутренний диаметр трубок, ширину и толщину (для образцов прямоугольного сечения) в средней части образца с помощью штангенциркуля;
- кладут образец для испытаний на призмы приспособления разрывной машины;
- включают рабочий ход разрывной машины, нагружая образец равномерно возрастающей нагрузкой до его разрушения;
- отсчитывают значение разрушающей нагрузки по указателю разрушающего усилия разрывной машины с точностью до одного деления шкалы и записывают это значение;
- включают обратный ход разрывной машины, возвращая указатель усилия в исходное положение;
- удаляют разрушенный образец с нагружающего приспособления;
- повторяют операции, указанные в данном пункте, для каждого из образцов.

8.1.3 Вычисляют значения предела прочности каждого образца по следующим формулам:

- при одной сосредоточенной нагрузке (см. рисунок 3):

для образца (стержня) круглого сечения

$$\sigma_i = \frac{2,5P_iL}{D^3}, \quad (1)$$

для образца (стрежня) прямоугольного сечения

$$\sigma_i = \frac{1,5P_iL}{bh^2}, \quad (2)$$

для образца спая керамики с металлом (трубки)

$$\sigma_i = \frac{2,5P_iDL}{D^4 - d^4}; \quad (3)$$

- при двух сосредоточенных нагрузках (см. рисунок 4):

для образца (стержня) круглого сечения

$$\sigma_i = \frac{1,25P_iL}{D^3}, \quad (4)$$

для образца (стержня) прямоугольного сечения

$$\sigma_i = \frac{0,75P_iL}{bh^2}, \quad (5)$$

для образца спая керамики с металлом (трубки)

$$\sigma_i = \frac{1,25P_iDL}{D^4 - d^4}, \quad (6)$$

где σ_i — предел прочности каждого образца, МПа $\left(1\ \text{МПа} = 0,1\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}\right)$;

P_i — разрушающая нагрузка для каждого образца, Н;

D — диаметр стержня или наружный диаметр трубки, мм;

d — внутренний диаметр трубки, мм;

b — ширина стержня прямоугольного сечения, мм;

h — толщина стержня прямоугольного сечения, мм;

L — расстояние между опорами, мм. При испытании образцов (см. рисунки 1 и 2) расстояние между опорами равно 50 мм.

8.2 Определение предела прочности колец

8.2.1 При испытании на изгиб кольцо располагают плоской поверхностью (торцем) на опорной призме приспособления так, чтобы кольцо свободно опиралось на нее. Нагрузку прикладывают к торцу кольца через нагружающую призму, перпендикулярную опорной (см. рисунок 5).

8.2.2 Порядок определения предела прочности кольца на изгиб должен быть следующим:

- измеряют толщину, наружный и внутренний диаметры кольца в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью штангенциркуля;

- устанавливают кольцо на опору нагружающего приспособления разрывной машины;

- включают рабочий ход разрывной машины, нагружая кольцо равномерно возрастающей нагрузкой до его разрушения;

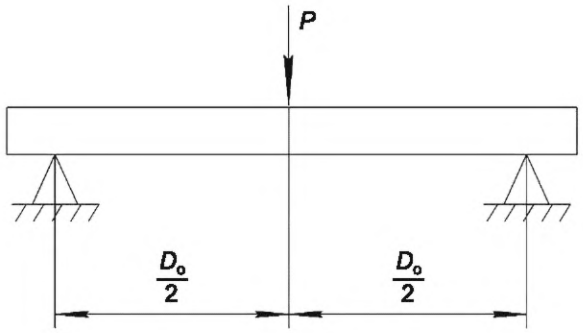


Рисунок 5 — Схема приложения нагрузки к кольцу

- отсчитывают значение разрушающей нагрузки по указателю разрывной машины с точностью до одного деления и записывают его значение;
- включают обратный ход машины, возвращая указатель силы в исходное положение;
- удаляют разрушенное кольцо с нагружающего приспособления;
- повторяют операции, указанные в данном пункте, для каждого кольца.

8.2.3 Вычисляют значения предела прочности каждого кольца σ_i, МПа, по следующей формуле:

$$\sigma_i = K_к \cdot P_i, \quad (7)$$

где P_i — разрушающая нагрузка для каждого кольца, Н;

$K_к$ — коэффициент, вычисляемый по формуле

$$K_к = h_к^{-2} \cdot \frac{D_к + d_к}{D_к - d_к}, \quad (8)$$

здесь $D_к$ — наружный диаметр кольца, мм;

$d_к$ — внутренний диаметр кольца, мм;

$h_к$ — толщина кольца, мм.

8.3 Определение предела прочности дисков и пластин

8.3.1 При испытании на центрально-симметричный изгиб диск или пластину располагают на кольцевой опоре нагружающего приспособления так, чтобы изделие лежало на опоре и нагрузка через стержень приспособления прикладывалась к центру изделия (см. рисунок 6).

Конец стержня должен быть плоским диаметром d_c, равным от 1 до 2 мм.

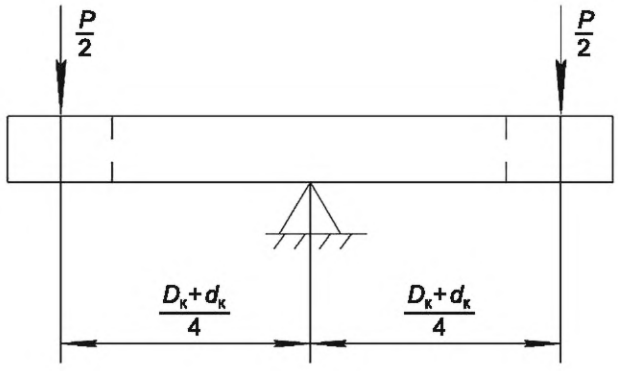


Рисунок 6 — Схема приложения нагрузки к диску (пластине)

8.3.2 Порядок определения предела прочности дисков и пластин на изгиб должен быть следующим:

- измеряют толщину диска (пластины) в центральной части с помощью микрометра;
- устанавливают диск (пластину) для испытания на опору нагружающего приспособления разрывной машины;
- включают рабочий ход разрывной машины, нагружая диск (пластину) равномерно возрастающей нагрузкой до его разрушения;
- отсчитывают значение разрушающей нагрузки по указателю усилия разрывной машины с точностью до одного деления шкалы и записывают это значение;
- включают обратный ход разрывной машины, возвращая указатель силы в исходное положение;
- удаляют разрушенное изделие с нагружающего приспособления;
- повторяют операции, указанные в данном пункте, для каждого диска (пластины).

8.3.3 Вычисляют значение предела прочности каждого диска (пластины) σ_i, МПа, по следующей формуле:

$$\sigma_i = k_д \cdot \frac{P_i}{h_д^2}, \tag{9}$$

где $k_д$ — множитель, значения которого приведены в таблице А.1 для различных диаметров опор, вычисляемый по формуле

$$k_д = \frac{3}{2} \cdot \frac{1+\mu}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{1+\mu} + \ln \frac{D_o}{d_o} \right), \tag{10}$$

здесь D_o — диаметр опоры, мм;

d_o — диаметр окружности, по которой распределена нагрузка, мм;

μ — коэффициент Пуассона, равный 0,33;

P_i — разрушающая нагрузка для каждого диска (пластины), Н;

$h_д$ — толщина диска (пластины), мм.

8.4 Определение прочности металлокерамических электрических выводов

8.4.1 При испытании вывод располагают на кольцевой опоре, который свободно опирается на нее (см. рисунок 7).

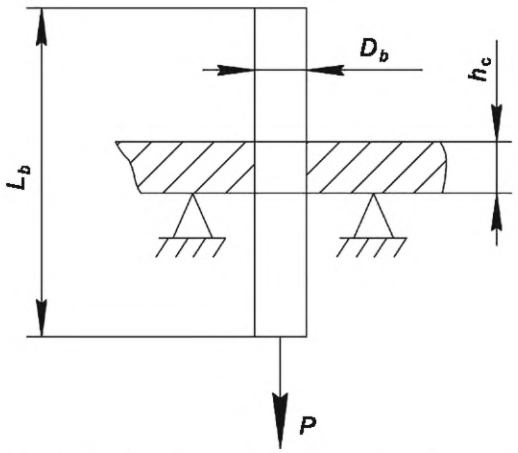


Рисунок 7 — Схема приложения нагрузки к выводу

8.4.2 Порядок определения предела прочности вывода на срез должен быть следующим:

- измеряют диаметр стержня вывода и высоту спая с помощью штангенциркуля;
- устанавливают вывод для испытания на опору нагружающего устройства разрывной машины и присоединяют конец вывода со стороны опоры через захват к тяге разрывной машины;

- включают рабочий ход разрывной машины, нагружая вывод равномерно возрастающей нагрузкой до его разрушения;
- отсчитывают значение разрушающей нагрузки по указателю усилия разрывной машины и записывают это значение;
- включают обратный ход разрывной машины, возвращая указатель силы в исходное положение;
- повторяют операции, указанные в данном пункте, для каждого вывода.

Примечания

1 При испытании выводов (см. рисунок 7) с размерами, удовлетворяющими соотношению $\frac{L_в}{D_к} \geq 5$, разрушающее усилие может быть приложено к выводу сверху (метод выдавливания).

2 Если в процессе испытания разрушение происходит по стержню вывода, то результаты испытания считают недействительными и испытание повторяют.

8.4.3 Вычисляют значение предела прочности каждого вывода σ_i, МПа, по следующей формуле:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{\pi D_в h_с}, \tag{11}$$

где P_i — разрушающая нагрузка для каждого вывода, Н;

$D_в$ — диаметр стержня вывода, мм;

$h_с$ — высота спая, мм.

9 Обработка результатов измерений

9.1 Вычисляют среднее значение предела прочности одной партии образцов $\sigma_{ср}$, МПа, по формуле

$$\sigma_{ср} = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i / n, \tag{12}$$

где σ_i — предел прочности каждого образца, МПа;

n — число испытаний.

9.2 Определяют доверительный интервал $\{\sigma_{ср} - \Delta; \sigma_{ср} + \Delta\}$, в котором с вероятностью 0,95 находится среднее значение предела прочности образцов в партии. Для этого вычисляют половину доверительного интервала Δ, МПа, по формуле

$$\Delta = t_{0,95} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \tag{13}$$

где $t_{0,95}$ — коэффициент, значение которого приведено в таблице Б.1;

S — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения, МПа, вычисляемая по формуле

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\sigma_i - \sigma_{ср}\right)^2 / \left(n-1\right)}. \tag{14}$$

9.3 Вычисляют нижний предел $\sigma_{H_{0,95}}$, МПа, выше которого с вероятностью 0,95 находятся значения предела прочности не менее чем 95 % образцов в испытуемой партии, по формуле

$$\sigma_{H_{0,95}} = \sigma_{ср} - KS, \tag{15}$$

где K — коэффициент, значение которого приведено в таблице В.1.

Примечание — При контроле изделий допускается оценивать предел прочности σ, МПа, по формуле

$$\sigma = \sigma_{ср} \pm \Delta_{ср}, \quad (16)$$

где $\Delta_{ср}$ — среднее значение половины доверительного интервала, вычисляемое по формуле

$$\Delta_{ср} = \frac{\sigma_i - \sigma_{ср}}{n}. \quad (17)$$

9.4 Пример записи результатов испытания при числе испытанных образцов 10 шт. приведен в приложении Г.

Приложение А
(справочное)

Значения множителя $K_д$ при $d_с$ = 1 мм

Таблица А.1

Диаметр опоры $D_о$, мм	Значение множителя $K_д$
6	1,14
10	1,94
15	2,19
20	2,38
25	2,52
30	2,64
60	3,07
80	3,25
100	3,40
120	3,51
150	3,66

Приложение Б
(справочное)

Значение коэффициента $t_{0,95}$

Таблица Б.1

$n-1$	$t_{0,95}$	$n-1$	$t_{0,95}$	$n-1$	$t_{0,95}$
1	12,706	12	2,179	23	2,069
2	4,303	13	2,160	24	2,064
3	3,182	14	2,145	25	2,060
4	2,776	15	2,131	26	2,056
5	2,571	16	2,120	28	2,048
6	2,447	17	2,110	30	2,042
7	2,356	18	2,101	40	2,021
8	2,306	19	2,093	60	2,000
9	2,262	20	2,086	120	1,980
10	2,228	21	2,080	—	1,960
11	2,201	22	2,074	—	—

Приложение В
(справочное)

Значение коэффициента K

Таблица В.1

n	K	*n*	K	*n*	K
2	32,019	16	2,437	50	1,996
3	8,380	17	2,400	60	1,958
4	5,369	18	2,366	70	1,929
5	4,275	19	2,337	80	1,907
6	3,712	20	2,310	90	1,889
7	3,369	21	2,286	100	1,879
8	3,136	22	2,264	120	1,850
9	2,967	23	2,244	150	1,825
10	2,839	24	2,225	300	1,767
11	2,737	25	2,208	500	1,737
12	2,655	30	2,140	1000	1,709
13	2,587	35	2,090	—	1,645
14	2,480	45	2,021	—	—

Приложение Г
(справочное)

Пример записи результатов испытаний

Г.1 Дата испытания — _____.

Стержень из керамики А-995.

Размер стержня 7 × 7 × 60, партия 43.

Нагрузка приложена в одной точке.

Таблица Г.1

№ пп	b, мм	h, мм	P_i, Н	σ_i, МПа	$\sigma_i - \sigma_{ср}$, МПа	$(\sigma_i - \sigma_{ср})^2$, МПа
1	7,1	7,1	1190	250	2	4
2	7,1	7,1	1190	250	2	4
3	7,0	7,0	1180	258	10	100
4	7,1	7,0	1190	256	8	64
5	7,1	7,1	1250	262	14	196
6	7,1	7,0	1250	269	21	441
7	7,1	7,1	1180	248	0	0
8	7,1	7,1	1070	225	23	529
9	7,1	7,1	1080	227	21	441
10	7,0	7,1	1090	232	16	256

$$\sigma_{ср} = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i / n = \frac{2477}{10} \approx 248 \text{ МПа},$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\sigma_i - \sigma_{ср}\right)^2 / (n-1)} = \sqrt{\frac{2035}{9}} = \sqrt{226} \approx 15 \text{ МПа},$$

$$\Delta = t_{0,95} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} = 2,262 \cdot \frac{15}{\sqrt{10}} \approx 11 \text{ МПа},$$

$$\{\sigma_{ср} - \Delta;\ \sigma_{ср} + \Delta\} = \{248 - 11;\ 248 + 11\} = \{237,259\},$$

$$\sigma_{H_{0,95}} = \sigma_{ср} - KS = 248 - 2,839 \cdot 15 \approx 205 \text{ МПа}.$$

УДК 666.3:60.17:006.354 ОКС 29.100.10

Ключевые слова: керамика, спаи керамики с металлом, механическая прочность, методы испытания

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 29.10.2024. Подписано в печать 05.11.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч-изд. л. 1,60.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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