ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56788— 2023

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Метод определения прочности при сжатии многослойных композитов (ламинатов) с открытым отверстием

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» (Союзкомпозит) совместно с Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ) и Акционерным обществом «НПО Стеклопластик» (АО «НПО Стеклопластик»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 497 «Композиты, конструкции и изделия из них»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 ноября 2023 г. № 1383-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта АСТМ Д6484/Д6484М—20 «Стандартный метод определения прочности при сжатии образцов многослойных полимерных композитов с открытым отверстием» (ASTM D6484/D6484M–20 «Standart test method for open-hole compressive strength of polymer matrix composite laminates», NEQ)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 56788—2015

*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», 2023

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сущность метода 2
5 Оборудование 2
6 Образцы для испытаний 3
7 Подготовка к проведению испытаний 4
8 Проведение испытаний 5
9 Обработка результатов 9
10 Протокол испытаний 11
Приложение А (рекомендуемое) Приспособление для испытаний с геометрическими параметрами, соответствующими британской имперской (американской) системе единиц 12

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Метод определения прочности при сжатии многослойных композитов (ламинатов) с открытым отверстием

Polymer composites. Method for determination of compressive strength of polymer matrix composites (laminates) with open hole

Дата введения — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на многослойные полимерные композиты (ламинаты) с различными направлениями армирования слоев высокомодульными волокнистыми наполнителями в виде тканей и (или) лент, укладка которых по слоям обеспечивает сбалансированность и симметричность образцов относительно направления испытания.

Настоящий стандарт устанавливает метод определения прочности при сжатии образцов материалов с открытым отверстием.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 24888 Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Химические наименования, термины и определения

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

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ 33530 Инструмент монтажный для нормированной затяжки резьбовых соединений. Ключи моментные. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.585 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования

ГОСТ Р 56679 Композиты полимерные. Метод определения пустот

ГОСТ Р 56682 Композиты полимерные и металлические. Методы определения объема матрицы, армирующего наполнителя и пустот

ГОСТ Р 56762 Композиты полимерные. Метод определения влагопоглощения и равновесного состояния

ГОСТ Р 56785 Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов

ГОСТ Р 56813 Композиты полимерные. Руководство по изготовлению пластин для испытания и механической обработки

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

Издание официальное

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 действующую 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 24888, ГОСТ 32794, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **партия материала:** Материал, изготовленный на одном оборудовании по одному и тому же технологическому процессу из одного и того же сырья.

3.2 **испытание:** Осуществление определенного комплекса действий, который может быть воспроизведен произвольное количество раз с целью воздействия на продукцию для изучения ее поведения в данных условиях и определения количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта.

3.3 **схема армирования:** Последовательность ориентации армирующего наполнителя по слоям многослойного полимерного композита относительно принятой трехмерной системы координат.

3.4 **диаграмма деформирования:** Графическая зависимость между напряжением (нагрузкой) и деформацией (перемещением).

3.5 **скорость испытания *V*, мм/мин:** Скорость движения активной траверсы испытательной машины.

3.6 **прочность [предел прочности] при сжатии σ_B^C, МПа:** Отношение максимальной нагрузки P_{max}, предшествующей разрушению образца, к начальной площади его поперечного сечения.

4 Сущность метода

4.1 Метод испытания заключается в сжатии образца полимерного композитного материала с отверстием с постоянной скоростью деформирования до момента разрушения.

4.2 При испытании в условиях нормальной, пониженной и повышенной температур определяют прочность при сжатии.

5 Оборудование

5.1 Машина испытательная по ГОСТ 28840, обеспечивающая линейное перемещение активного захвата (траверсы) с заданной постоянной скоростью нагружения или деформирования и измерение нагрузки с погрешностью в пределах ±1% от измеряемой величины.

5.2 Захваты, обеспечивающие надежное крепление образцов. Не допускается разрушение образцов в захватах. Для увеличения трения захватных частей образца о захваты можно использовать наждачную бумагу.

В качестве захватов применяют гидравлические захваты с губками либо плоские опорные плиты с отклонением от параллельности не более 0,03 мм.

5.3 Для измерения деформации применяют экстензометр или иной датчик деформации, обеспечивающий измерение деформации с погрешностью не более ±0,25 % от базы датчика деформации.

5.4 Для условий проведения испытаний, отличных от стандартной лабораторной атмосферы, требуется термокриокамера для испытаний на воздействие окружающей среды. Данная камера должна быть способна поддерживать заданные условия для рабочего участка образца во время механических испытаний.

Термокриокамера должна обеспечивать поддержание заданной температуры в пределах ±3 °С. Условия в камере должны контролироваться автоматически и непрерывно либо их контролируют вручную с установленным интервалом.

5.5 Средства измерения температуры — по ГОСТ Р 8.585 должны обеспечивать измерение с погрешностью в пределах ±1,5 % от измеряемой величины. Средства измерения влажности должны обеспечивать измерение с погрешностью в пределах ±2 % от измеряемой величины.

5.6 Средства измерения ширины и толщины образца должны обеспечивать измерение с погрешностью в пределах ±1 % от измеряемой величины. Для измерений рекомендуется использовать штангенциркуль по ГОСТ 166 с погрешностью в пределах ±0,03 мм и микрометр по ГОСТ 6507 с погрешностью в пределах ±0,01 мм.

При измерении по неровным поверхностям, например по формованным поверхностям ПК, необходимо использовать микрометр со сферическими измерительными губками радиусом от 4 до 5 мм. При измерении по гладким, механически обработанным поверхностям или резам необходимо использовать измерительные инструменты с плоскопараллельными губками.

5.7 Ключ моментный — по ГОСТ 33530, позволяющий определить отклонение от крутящего момента в пределах ±10 % от заданного значения.

6 Образцы для испытаний

6.1 Для испытаний применяют образцы в виде полосы прямоугольного сечения с отверстием посередине, как показано на рисунке 1.

В случае применения приспособления для испытаний по 8.1.2 применяют образцы, как показано на рисунке 1, за исключением длины образца. В этом случае длина образца должна составлять (305±0,25) мм.

Подготовка образцов — по ГОСТ Р 56813.

6.2 Отклонение образцов от номинальных размеров по ширине и толщине рабочей зоны должно быть не более ±1 %.

6.3 Расположение армирующего наполнителя должно быть симметричным относительно срединной плоскости образца, проходящей через его ось, и параллельной плоскости укладки наполнителя. Отклонение направления армирования от оси образца не должно превышать ±1 %. Направлений армирования должно быть не менее двух. Рекомендуется применять следующие варианты укладки: [+45/ − 45/0/90]*n* — для лент или [+45/0] — для тканей.

6.4 Технология изготовления образцов, режим механической обработки, места и направления вырезки образцов должны соответствовать требованиям нормативных документов или технической документации на материал. Образцы материала одной марки, поступающие на испытания, должны быть изготовлены с применением одного и того же метода формования.

6.5 Образцы должны иметь гладкую, ровную поверхность, без вздутий, сколов, неровностей, надрезов, царапин, трещин или других видимых невооруженным глазом дефектов.

6.6 При резке, фрезеровке и шлифовке образцов рекомендуется использовать смазывающе-охлаждающие жидкости, если это допускается нормативными документами или технической документацией на материал. Отверстие должно быть просверлено до размера меньше номинального и затем развернуто до требуемого диаметра. Необходимо избегать расслаивания и других повреждений на кромках отверстия и вокруг него. Для контроля рекомендуется использовать методы дефектоскопии.

6.7 Изготовленные образцы маркируют в захватной части по разные стороны от поперечной оси симметрии образца номером партии и порядковым номером образца в партии. Маркировка должна позволять точно идентифицировать образцы. Она не должна повреждаться при испытании, а также влиять на выполнение и результат испытаний.

6.8 Количество образцов для испытаний одной партии материала должно быть не менее пяти для каждого режима испытания.

6.9 Любые отклонения от условий, указанных в 6.1—6.8, следует отражать в протоколе испытаний.

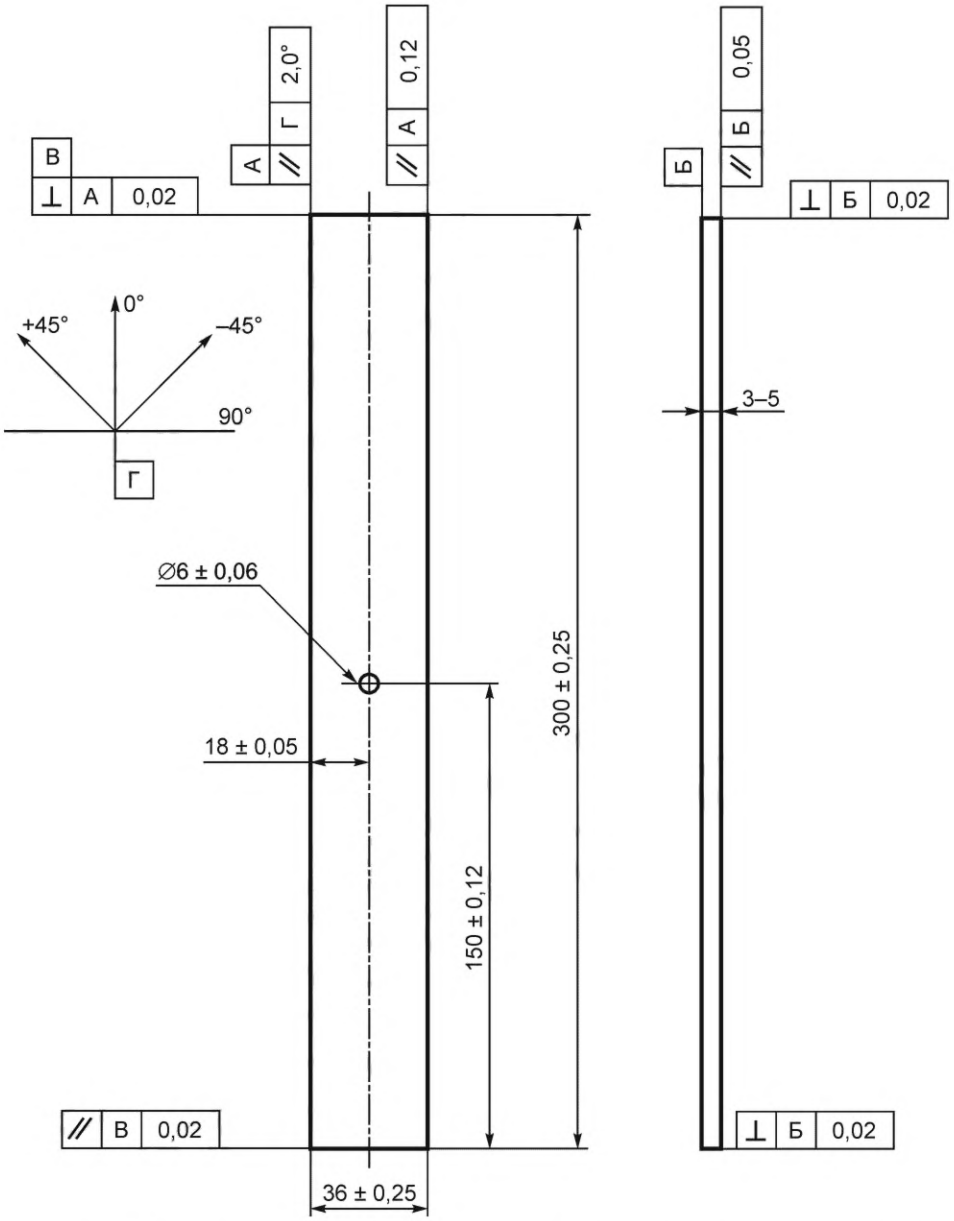


Рисунок 1 — Образец материала для испытаний на сжатие с открытым отверстием

7 Подготовка к проведению испытаний

7.1 Если заказчик испытания конкретно не определяет условия предварительного кондиционирования, то кондиционирования не требуется, и образцы могут быть испытаны в том состоянии, в котором были подготовлены. В этом случае в протоколе должно быть отмечено, что кондиционирование образца не проводилось, а содержание влаги неизвестно.

7.2 Кондиционирование образцов проводят в соответствии с нормативными документами или технической документацией на материал. Если в нормативных документах или технической документации на материал указания по кондиционированию отсутствуют, кондиционирование проводят при одной из стандартных атмосфер по ГОСТ Р 56762.

7.3 Образцы маркируют согласно рекомендациям, изложенным в 6.7.

7.4 Перед испытанием измеряют толщину и ширину образца вблизи отверстия, а также минимальное расстояние от грани отверстия до грани образца в продольном и поперечном направлениях. Полученные значения записывают в протокол испытаний.

Вычисляют отношение диаметра отверстия к толщине образца и ширины образца к диаметру отверстия, что также записывают в протокол.

7.5 Испытания проводят в помещении или закрытом объеме при температуре и относительной влажности окружающего воздуха или другой среды, указанной в нормативной документации на испытуемый материал. Если такие указания отсутствуют, то испытания проводят при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (50 ± 10) %.

7.6 В случае предварительного кондиционирования образцов и при отсутствии указаний на условия испытания их испытания необходимо проводить в аналогичных условиях кондиционирования.

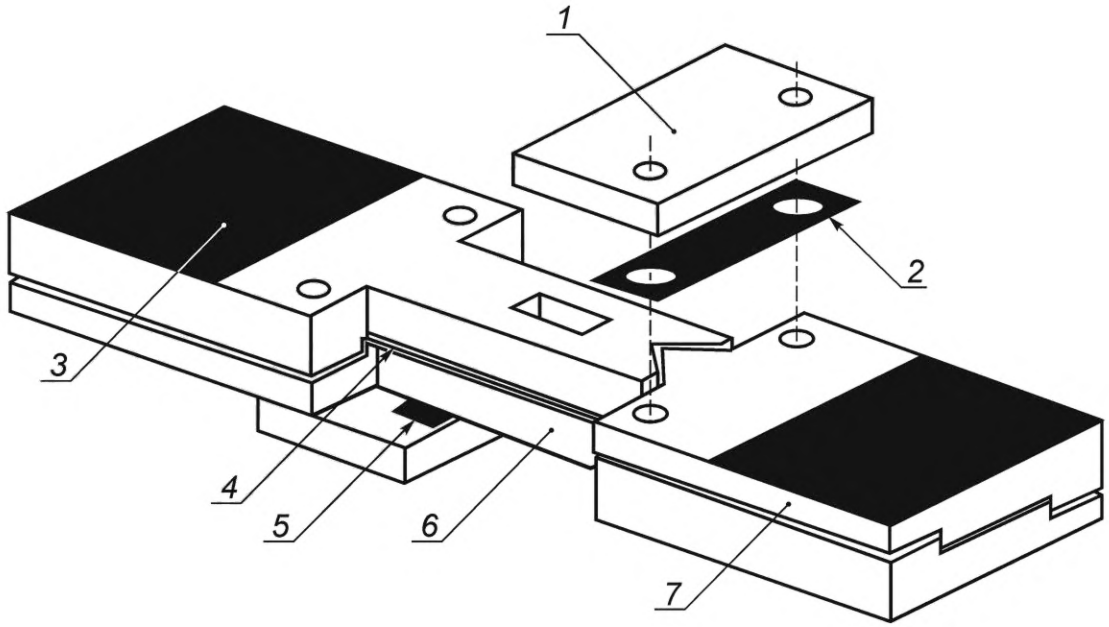
Испытания кондиционированных образцов при повышенной температуре допускается проводить без контроля условий среды испытания. При этом могут иметь место потери по влажности в ходе испытаний. Изменения условий среды испытаний должны быть зафиксированы в протоколе.

8 Проведение испытаний

8.1 Образец помещают в приспособление для испытаний.

8.1.1 Приспособление для испытаний приведено на рисунках 2—5.

8.1.2 По согласованию с заказчиком испытаний допускается применение аккредитованной испытательной лабораторией приспособления для испытаний с геометрическими параметрами, соответствующими британской имперской (американской) системе единиц (единицы дюйм-фунт) (см. приложение А).



1 — прижимная пластина; *2* — стальная прокладка (если требуется); *3* — зажимная область; *4* — образец; *5* — стальная прокладка (если требуется); *6* — длинный захват; *7* — короткий захват

Рисунок 2 — Приспособление для испытаний на сжатие с открытым отверстием

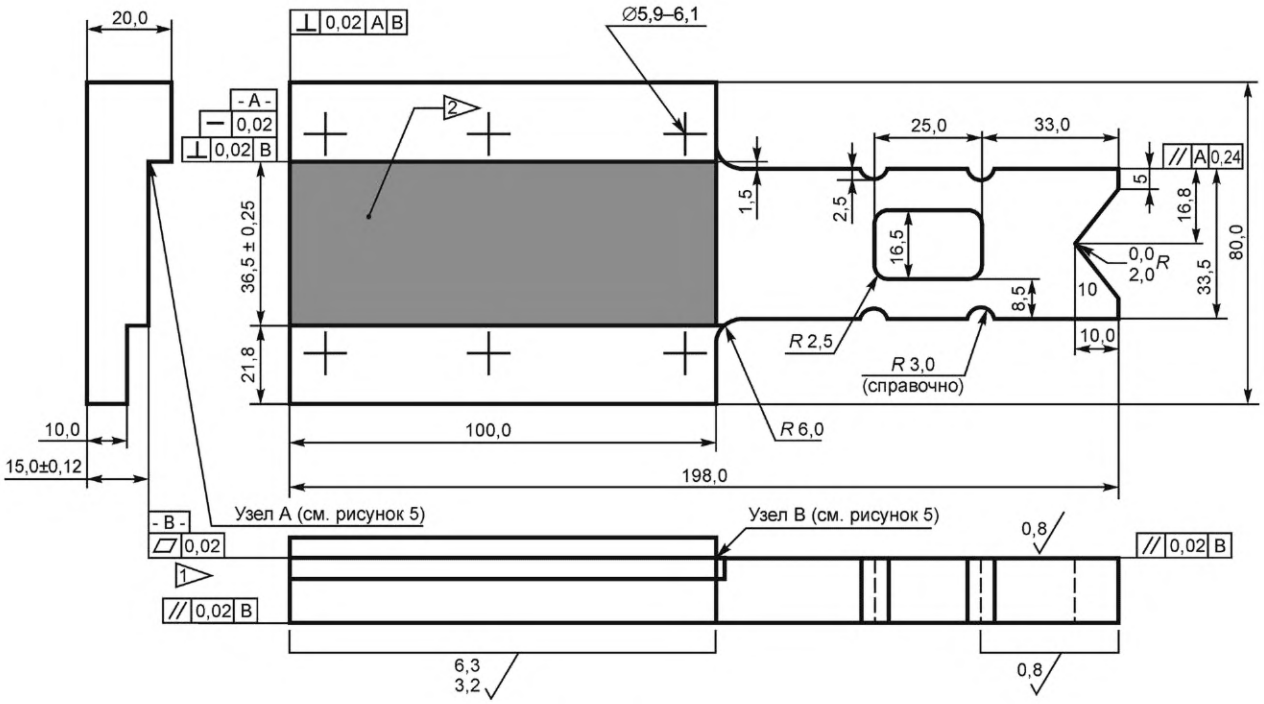
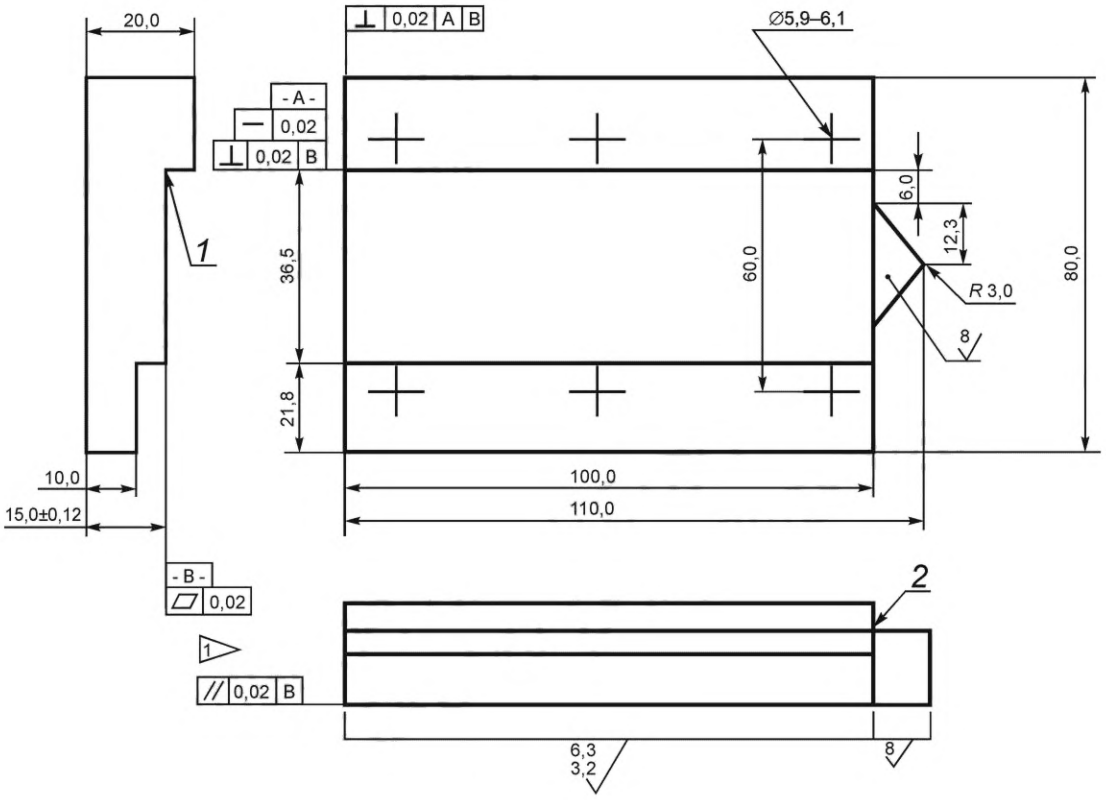
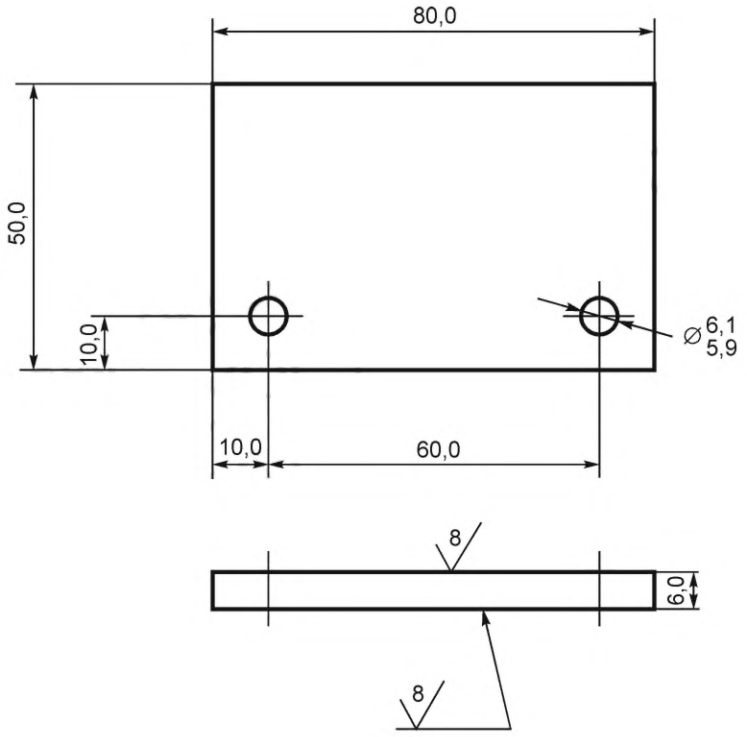


Рисунок 3 — Длинный захват

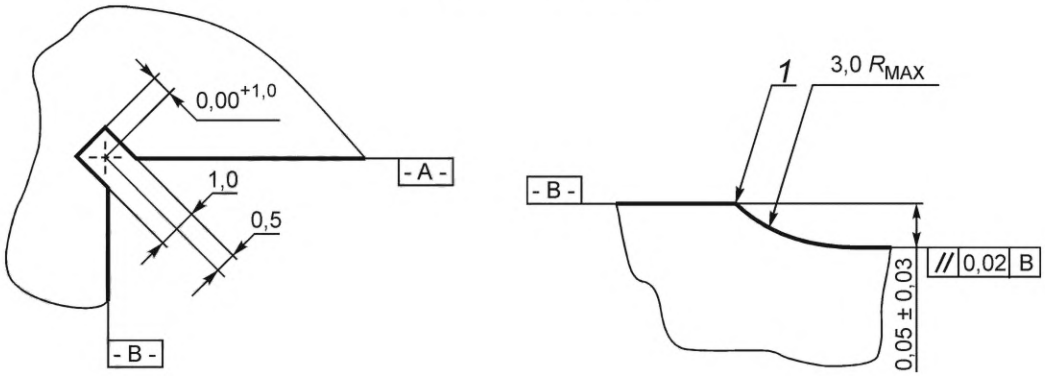


1 — узел А (см. рисунок 5); *2* — узел В (см. рисунок 5)

Рисунок 4 — Короткий захват



а) Прижимная пластина



б) Узлы A и B

1 — край кромки

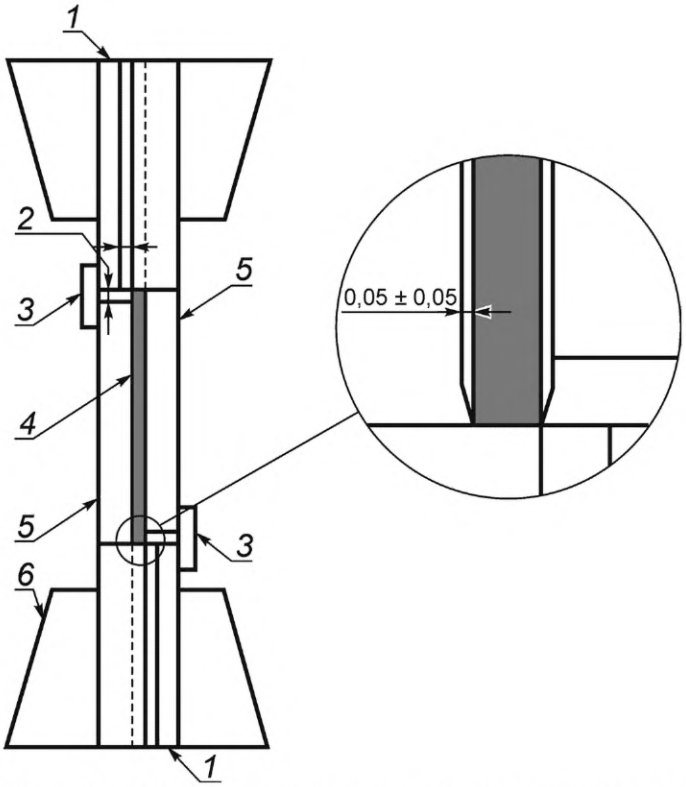
Рисунок 5 — Прижимная пластина и опорное приспособление

8.2 Образец в приспособление устанавливают в захваты испытательной машины, либо в гидравлические захваты в соответствии с рисунком 6, либо между параллельными опорными плитами в соответствии с рисунком 7.

8.2.1 Образец в гидравлических захватах устанавливают таким образом, чтобы его продольная ось совпала с осью приложения нагрузки. При зажатии образца следят за тем, чтобы середина губок у обоих захватов совпала с продольной осью образца. Усилие в захватах выбирают такой величины, чтобы не вызывать разрушения образцов в области зажима и не позволять им проскальзывать в захватах.

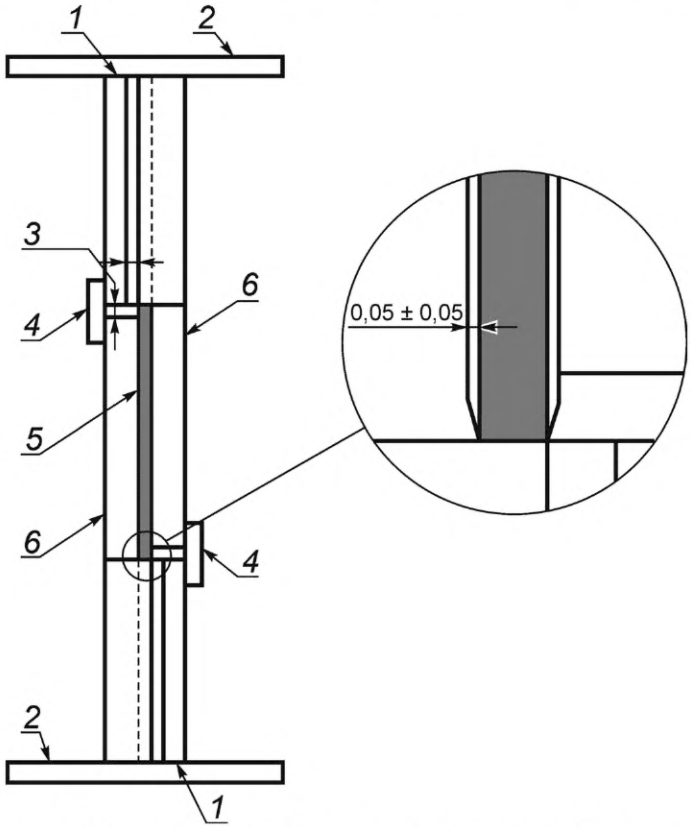
8.2.2 Образец между опорными плитами устанавливают таким образом, чтобы его продольная ось совпала с осью приложения нагрузки. Для удобства центрирования образца допускается предварительно маркером начертить контур приспособления на нижней плите.

8.3 Шкалу нагрузки выбирают таким образом, чтобы измеряемая величина составляла от 20 % до 80 % от максимального значения шкалы.



1 — короткий захват; *2* — зазор между длинным и коротким захватами; *3* — прижимная пластина; *4* — образец; *5* — длинный захват; *6* — захватные губки

Рисунок 6 — Приспособление для испытания на сжатие в гидравлических захватах



1 — короткий захват; *2* — опорная зона; *3* — зазор между длинным и коротким захватами; *4* — прижимная пластина; *5* — образец; *6* — длинный захват

Рисунок 7 — Приспособление для испытания на сжатие между опорными плитами

8.4 Образец предварительно нагружают до 100 Н, после чего происходит затяжка болтов усилием 7 Н · м, затем образец разгружают. Проверяют величину зазора между образцом и приспособлением. Если зазор не соответствует значению (0,05 ± 0,05) мм, то образец в приспособление устанавливают заново.

Примечание — В том случае, если не удается получить корректное разрушение образца, усилие затяжки болтов рекомендуется увеличить.

8.5 В средней части образца (если необходимо) устанавливают экстензометр или иной датчик деформации для измерения деформации в продольном направлении.

8.6 Задают скорость перемещения активного захвата машины от 1 до 11 мм/мин (рекомендуемая скорость — 2 мм/мин). Рекомендуется проводить испытания с управлением по деформации со скоростью деформирования от 0,005 до 0,05 мин$^{-1}$ (рекомендуемая скорость — 0,01 мин$^{-1}$).

Возможно проведение испытаний с управлением по нагрузке со скоростью нагружения от 3 до 30 МПа/с (рекомендуемая скорость — 10 МПа/с).

8.7 При испытании в условиях повышенных или пониженных температур время, необходимое для полного прогрева или охлаждения образца до его испытания, следует задавать согласно нормативным документам или технической документации на испытуемый материал. Если такие указания отсутствуют, то время выдержки образца при заданной температуре устанавливают не менее 20 мин на 1 мм его толщины.

8.8 Испытания образцов проводят на сжатие с измерением продольной деформации. Для определения прочности (предела прочности) при сжатии образец равномерно нагружают с заданной скоростью вплоть до его разрушения (до первого значительного спада нагрузки на 30 %) и записывают наибольшую нагрузку P_{max}, которую выдержал образец. Частота записи данных — не менее трех точек в 1 с и не менее 100 точек данных на одно испытание.

9 Обработка результатов

9.1 Прочность при сжатии σ_B^C, МПа, определяют по формуле

$$\sigma_B^C = \frac{P_{max}}{b \cdot h}, \quad (1)$$

где P_{max} — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца, Н;

b — ширина образца, мм;

h — толщина образца, мм.

Примечание — Прочность при сжатии определяют без учета нетто площади образца.

9.2 Величину относительного изгиба образца B_Z, мм/мм, определяют по формуле

$$B_Z = \frac{|\varepsilon_f - \varepsilon_b|}{|\varepsilon_f + \varepsilon_b|}, \quad (2)$$

где ε_f — значение деформации, фиксируемое на фронтальном датчике деформации, мкм;

ε_b — значение деформации, фиксируемое на тыльном датчике деформации, мкм.

9.3 Для каждой серии испытаний необходимо рассчитать среднее арифметическое значение $\overline{x}$, среднее квадратическое отклонение S_{n-1} и коэффициент вариации CV, %, по формулам:

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i-1}^{n} x_i}{n}, \quad (3)$$

$$S_{n-1}=\sqrt{\frac{\left(\sum_{i-1}^{n}x_i^2-n\left(\overline{x}\right)^2\right)}{\left(n-1\right)}}, \tag{4}$$

$$CV=100\cdot\frac{S_{n-1}}{\overline{x}}. \tag{5}$$

где x_i — значение показателя для каждого испытанного образца;

n — количество образцов.

9.4 После окончания испытаний проводят анализ разрушения, определяя тип, зону и местоположение разрушения, в соответствии с рисунком 8 и таблицей 1. Корректным считают только разрушение по отверстию. Код разрушения заносят в протокол испытаний.

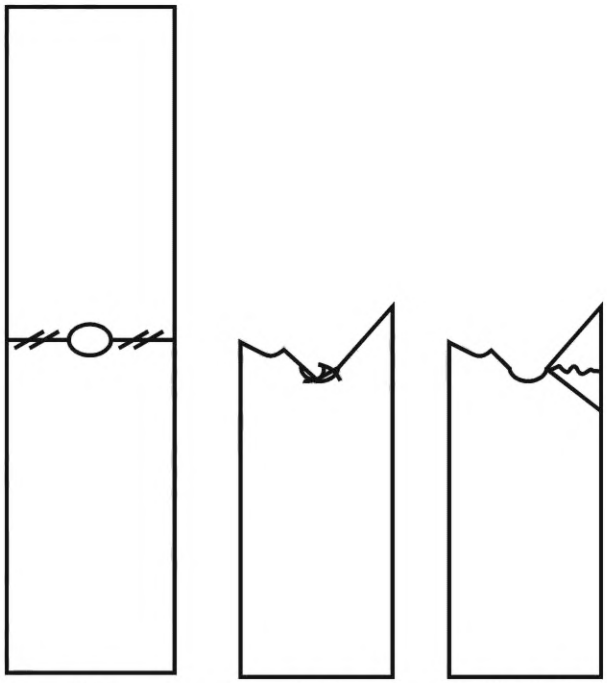


Рисунок 8 — Примеры обозначения типовых разрушений

Таблица 1 — Типы, зоны и местоположения разрушений

Первый символ		Второй символ		Третий символ	
Тип разрушения	Код	Зона разрушения	Код	Местоположение разрушения	Код
Под углом	У	Под захватами/ накладками	З	В нижней части образца	Н
Боковое расслоение	Р	Проскальзывание в захватах/ накладках	П	В верхней части образца	В
В захватах/под накладками	З	< 1 ширины от захватов/накладок	Ш	В левой части образца	Л
Горизонтальное	Г	В рабочей зоне	Р	В правой части образца	П
Многотиповое	М (…)	Множественные	М (…)	В середине образца	С

Окончание таблицы 1

Первый символ		Второй символ		Третий символ	
Тип разрушения	Код	Зона разрушения	Код	Местоположение разрушения	Код
Продольное расщепление	П	Неопределенная	Н	Разностороннее	Р
Взрывное	В	—		Не определенное	О
Прочее	П			—	

10 Протокол испытаний

10.1 Результаты испытаний заносят в протокол испытаний согласно ГОСТ Р 56785, а также следующие данные:

- наименование материала;
- наименование предприятия-изготовителя, метод изготовления, номер партии;
- количество и тип образцов, их маркировка и геометрические размеры;
- способ кондиционирования, температура и влажность испытательной среды;
- тип средств измерений и испытаний, их заводской номер, класс точности датчика силы;
- способ измерений деформации и нагрузки (класс точности экстензометра, датчика силы);
- режим испытания;
- значения характеристик, определяемых по стандарту, для каждого образца;
- тип, зону и местоположение разрушения каждого образца;
- любые отклонения от условий, описанных в настоящем стандарте;
- дату проведения испытаний;
- фамилию, имя, отчество и должность оператора;
- ссылку на настоящий стандарт.

Рекомендуется заносить в протокол объемное содержание пористости и армирующего наполнителя, которые можно определить по ГОСТ Р 56679 и ГОСТ Р 56682.

10.2 Дополнительно протокол должен содержать диаграммы деформирования и фотографии образцов.

Приложение А
(рекомендуемое)

Приспособление для испытаний с геометрическими параметрами, соответствующими британской имперской (американской) системе единиц

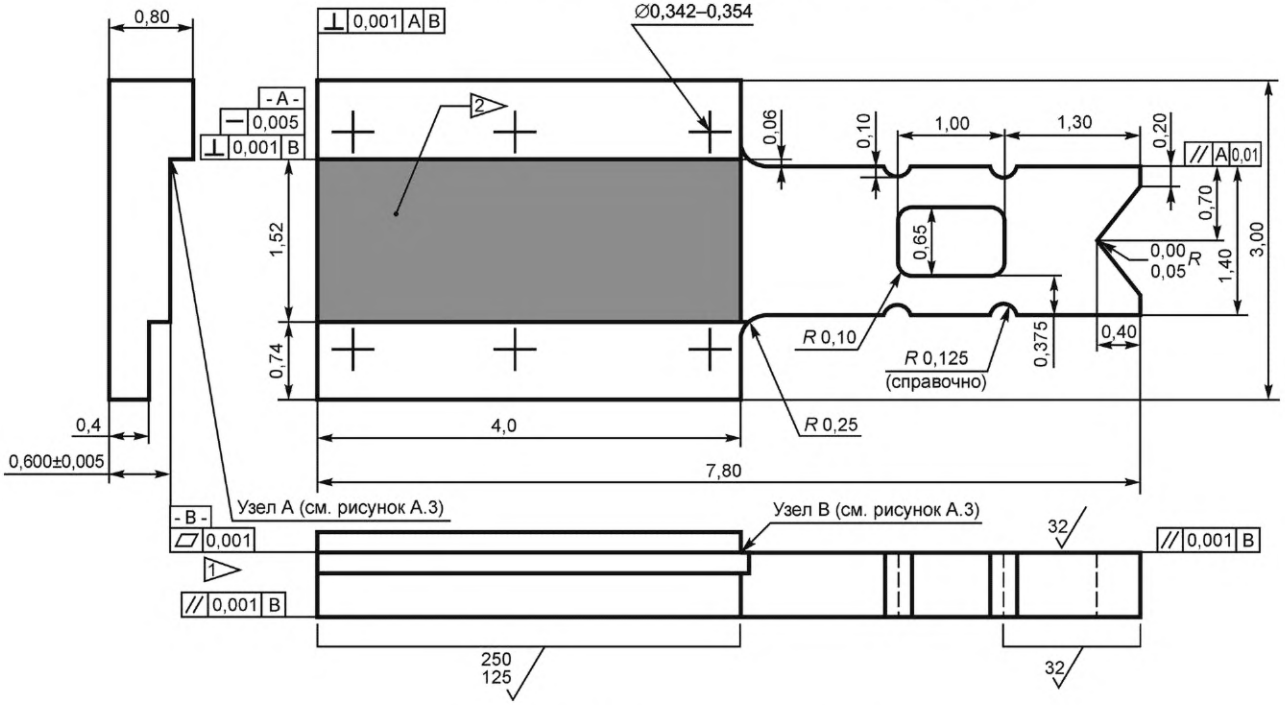
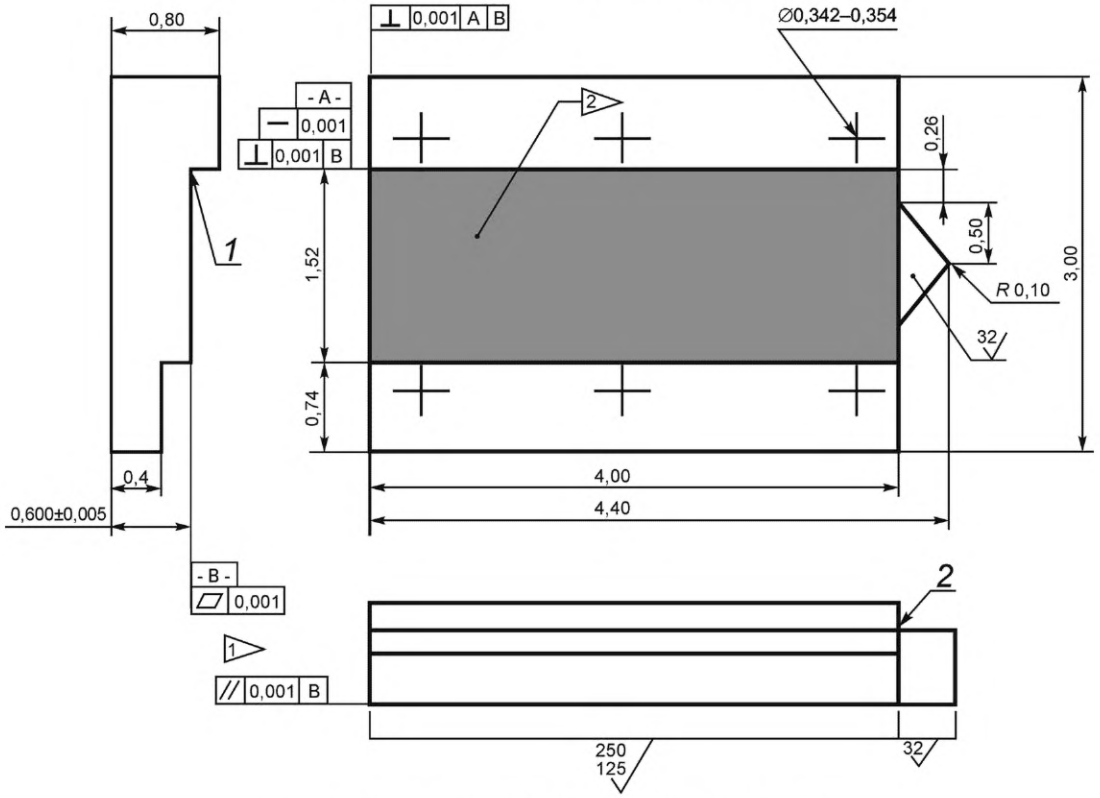
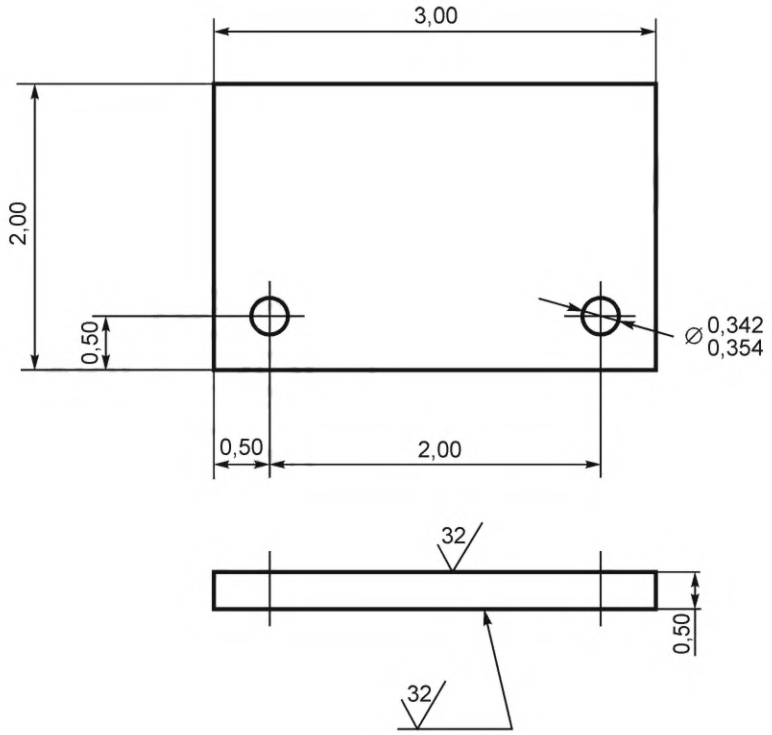


Рисунок А.1 — Размеры длинного захвата

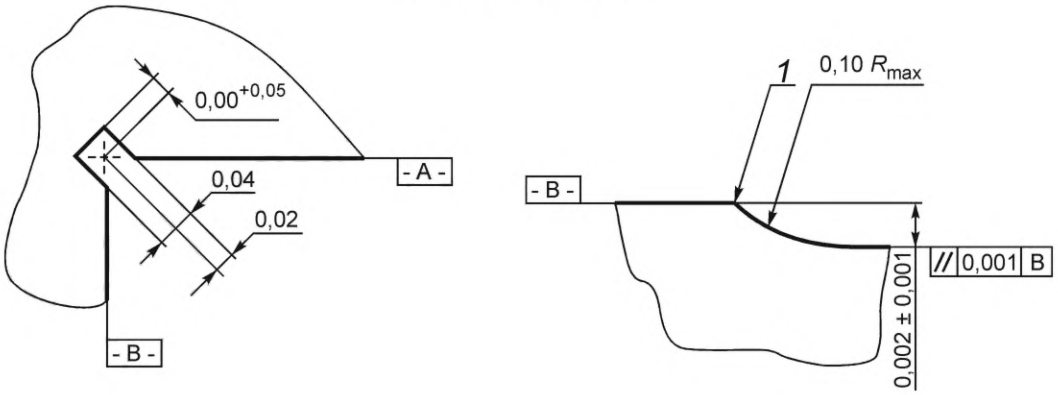


1 — узел А (см. рисунок А.3); 2 — узел В (см. рисунок А.3)

Рисунок А.2 — Размеры короткого захвата



а) Прижимная пластина



б) Узлы А и В

1 — край кромки

Рисунок А.3 — Прижимная пластина и опорное приспособление

УДК 691.175:006.354

ОКС 83.120
19.020

Ключевые слова: композиты полимерные, прочность при сжатии, многослойные композиты, ламинаты, ламинаты с открытым отверстием

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.В. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 17.11.2023. Подписано в печать 30.11.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,86.

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