



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012149528/28, 20.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.11.2012

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2014 Бюл. № 15

(45) Опубликовано: 20.07.2014 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1357765 A1 07.12.1987 . SU 637628 A1 15.12.1978 . RU 2402008 C1 20.10.2010 . CN 102183410 A 14.09.2011

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, а/я 245,
ул. Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.
академ. Е.И. Забабахина", Отдел
интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову

(72) Автор(ы):

**Ефанов Александр Николаевич (RU),
Приходько Андрей Николаевич (RU),
Шахов Александр Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Российская Федерация, от имени которой
выступает Государственная корпорация по
атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация
"Росатом") (RU),**

**Федеральное государственное унитарное
предприятие "РОССИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)**

(54) СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ХРУПКИХ И МАЛОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

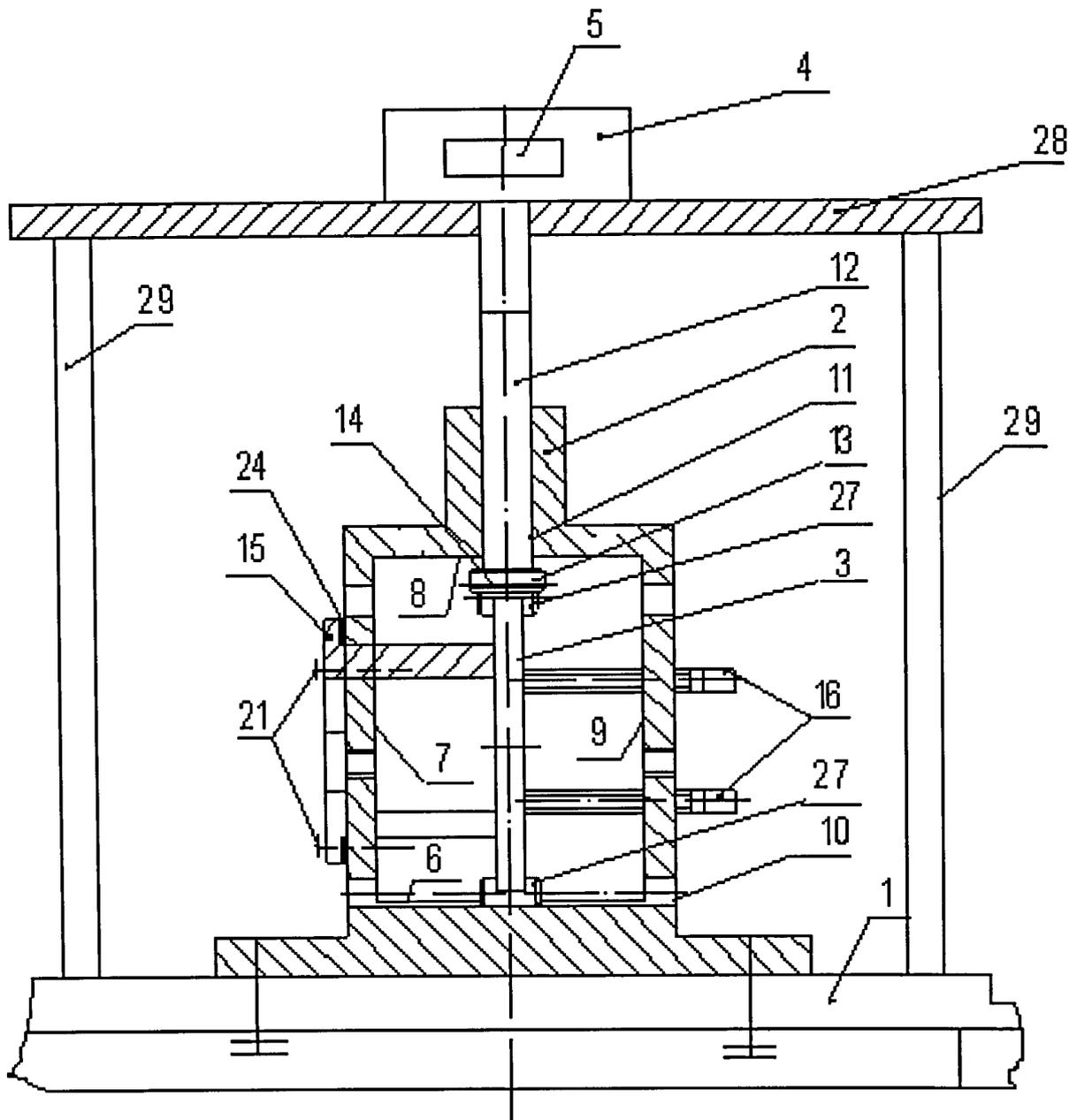
(57) Реферат:

Изобретение относится к испытательной технике, а именно к стендам для определения предела прочности хрупких и малопрочных материалов. Стенд содержит основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем, и образец в виде диска, размещенный между опорами через прокладки из материала, модуль упругости которого меньше модуля упругости материала образца, причем одна из опор жестко закреплена на основании и является неподвижной, а другая опора - подвижная и соединена через шток с нагружающим устройством. Стенд снабжен фиксирующим устройством и корпусом, одна из

стенок которого является опорой, жестко закрепленной на основании, а в противоположной ей стенке выполнено направляющее отверстие для штока. На периферии диска диаметрально противоположно выполнены цилиндрические выемки, в которых установлены прокладки в виде роликов, причем номинальные диаметры роликов и выемок равны и намного меньше диаметра диска, а фиксирующее устройство установлено в корпусе, обеспечивая соосность штока, роликов и диска. Технический результат: повышение точности определения предела прочности материала образца. 2 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 523 037 C2

RU 2 523 037 C2



Фиг. 1

RU 2523037 C2

RU 2523037 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012149528/28, 20.11.2012

(24) Effective date for property rights:
20.11.2012

Priority:

(22) Date of filing: 20.11.2012

(43) Application published: 27.05.2014 Bull. № 15

(45) Date of publication: 20.07.2014 Bull. № 20

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, a/ja 245,
ul. Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im.
akadem. E.I. Zababakhina", Otdel intellektual'noj
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

Efanov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Prihod'ko Andrej Nikolaevich (RU),
Shakhov Aleksandr Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj
vystupaet Gosudarstvennaja korporatsija po
atomnoj ehnergii "Rosatom" (Goskorporatsija
"Rosatom") (RU),
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriatie "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ
JaDERNYJ TsENTR-VSEROSSIJSKIJ
NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI
AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **STAND FOR FRAGILE AND UNSTABLE MATERIAL SAMPLE TESTS**

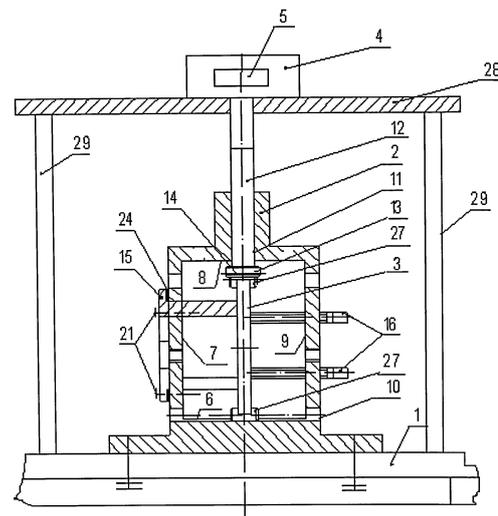
(57) Abstract:

FIELD: test equipment.

SUBSTANCE: stand includes base, supports, loading device with dynamometer, and disc-shaped sample placed between the supports with pads out of material with elasticity coefficient lower than that of the sample material, one of the supports is rigidly fixated on the base and is stationary while the other support is mobile and is connected to loading device by a rod. The stand features fixation device and case with one wall functioning as support attached rigidly to the base, and guide hole for the rod is made in the opposite wall. Cylindrical grooves are made at the disc edge in diametric opposition, and roller-shaped pads are positioned in the grooves, where rated diameters of rollers and grooves are equal and are far less than the disc diameter, while the fixation device is mounted in a case, ensuring coaxial positioning of the rod, rollers and the disc.

EFFECT: enhanced precision of determining sample

material strength limit.
3 cl, 5 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к испытательной технике, а именно к стендам для определения предела прочности хрупких и малопрочных материалов.

В настоящее время известно множество способов и устройств для испытания хрупких и малопрочных материалов, однако они, обладая определенными достоинствами, не могут обеспечить требуемую точность при определении предела прочности для таких материалов, например, как взрывчатые вещества.

Известно устройство для испытания на растяжение под названием «Устройство для испытания образцов на растяжение раскалыванием» [А.с. СССР №346627, кл. G01N 3/02, опубл. 28.07.1972]. Оно содержит основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем, и образец, размещенный между опорами через прокладки.

Причем одна из прокладок выполнена в виде сферического раскалывающего элемента, а другая - в виде плоской опорной поверхности, соизмеримой с площадью поперечного сечения сферического раскалывающего элемента. Обе прокладки закреплены соответственно на верхней и нижней гибких пластинах, связанных рукояткой. Образец установлен на прокладку с плоской опорной поверхностью, а его раскалывание осуществляется вдавливанием в поверхность образца прокладки в виде сферического раскалывающего элемента.

Недостатком известного устройства является неопределенность напряженно-деформированного состояния образца в зоне контакта сферического элемента с образцом, обусловленная наличием неконтролируемых сил трения между ними, что приводит к появлению погрешностей в определении предела прочности материала образца.

Известно устройство для испытания образцов материалов на растяжение, описанное в материалах изобретения под названием «Способ испытания образцов материалов на растяжение» [А.с. СССР №1357765, кл. G01N 3/08, опубл. 07.12.1987]. Оно содержит основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем, и образец в виде диска, размещенный между опорами через прокладки.

В данном устройстве в образце выполняют клиновидные центрирующие выемки, в которых размещают прокладки в виде клиньев. При этом последние размещают таким образом, что между вершинами каждого из клиньев и дном соответствующей выемки образуется зазор, значение которого выбирают из определенного соотношения. После этого образец устанавливают между опорами и прикладывают к нему сжимающее усилие через прокладки, фиксируя величину усилия в момент разрушения образца.

В процессе испытания по мере вдавливания клиньев в образец соотношение между нормальной и касательной составляющими усилия, передаваемого на образец, не меняется, что обеспечивает сохранение постоянного направления усилия до и после появления трещины.

Недостатками известного устройства являются возникновение площадок текучести в местах контакта поверхностей клиньев с образцом из-за разности углов клина и выемок образца, обусловленной допусками на их изготовление, а также наличие концентраторов напряжений в углах клиновидных пазов, приводящих к отличию воспроизведенного напряженно-деформированного состояния образца от расчетного, что вносит погрешность в определение фактического значения предела прочности материала.

Известно устройство для испытания на растяжение образцов материалов из описания изобретения под названием «Способ испытания на растяжение образцов анизотропных материалов», [А.с. СССР №1250904, кл. G01N 3/08, опубл. 15.08.1986 г.]. Устройство содержит основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем,

и образец в виде диска, размещенный между опорами через прокладки, выполненные из материала, модуль упругости которого меньше модуля упругости материала образца, причем одна из опор жестко закреплена на основании, а другая через шток соединена с нагружающим устройством.

5 При этом образец выполнен в виде диска произвольной формы и установлен между прокладками той же формы, что и диск, образуя трехслойный пакет, который помещают между опорами нагружающего устройства, производят нагружение, доводят диск до разрушения и регистрируют значения усилия при разрушении, по которым определяют предел прочности испытуемого материала на растяжение.

10 Известное устройство является наиболее близким аналогом к заявляемому стенду, так как имеет наибольшее количество общих существенных признаков.

Однако оно не может гарантировать высокой точности испытаний хрупких и малопрочных материалов, поскольку существуют сложности в определении касательных напряжений на поверхностях образца, которые обусловлены зависимостью сил трения от контактного напряжения и состояния контактирующих поверхностей, что приводит к появлению погрешностей в определении расчетного напряженно-деформированного состояния образца.

Анализ известных способов и устройств для испытания хрупких и малопрочных материалов позволяет сделать вывод, что известный уровень техники не обеспечивает создания устройства, позволяющего определять предел прочности с высоким уровнем точности, который необходим, например, для таких материалов, как взрывчатые вещества.

Задачей данного изобретения является создание устройства, позволяющего с минимальными погрешностями определять предел прочности образцов из хрупких и малопрочных материалов, в том числе и из взрывчатых веществ.

Техническим результатом данного изобретения является повышение точности определения предела прочности материала образца.

Указанный технический результат достигается тем, что стенд для испытания образцов из хрупкого и малопрочного материала содержит основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем, и образец в виде диска, размещенный между опорами через прокладки из материала, модуль упругости которого меньше модуля упругости материала образца, причем одна из опор жестко закреплена на основании и является неподвижной, а другая опора - подвижная и соединена через шток с нагружающим устройством, согласно изобретению стенд снабжен фиксирующим устройством и корпусом, одна из стенок которого является опорой, жестко закрепленной на основании, а в противоположной ей стенке выполнено направляющее отверстие для штока, на периферии диска диаметрально противоположно выполнены цилиндрические выемки, в которых установлены прокладки в виде цилиндрических роликов, причем номинальные диаметры роликов и выемок равны и намного меньше диаметра диска, а фиксирующее устройство установлено в корпусе, обеспечивая соосность штока, роликов и диска.

Также согласно изобретению с целью достижения равномерности при нагружении фиксирующее устройство содержит упор и прижимы, которые установлены на противоположных стенках корпуса перпендикулярно диаметрально плоскостям диска, а также проточки полукруглой формы, расположенные на подвижной и неподвижной опорах, номинальный диаметр, которых равен диаметру роликов.

Кроме того, с целью дальнейшего повышения точности прокладки в виде роликов установлены в выемках диска с использованием клеевого состава, модуль упругости

которого после затвердевания меньше модуля упругости диска, а ролики в выемках фиксируются в положении, обеспечивающем совмещение в плоскости нагружения диаметральных осей роликов и диска с последующим поджатием подвижной опорой. В таком виде происходит затвердевание клеевого состава, что обеспечивает приложение нагрузки по центральной оси диска и препятствует возникновению перекосов вследствие перемещения ролика в выемке.

Повышение точности определения предела прочности материала образца достигается тем, что:

- направляющее отверстие, выполненное в стенке корпуса, обеспечивает положение штока, при котором его продольная ось перпендикулярна продольным осям роликов, цилиндрических выемок и диска. Это приводит к неизменности положения линии действия прикладываемого к образцу испытательного усилия;

- выполнение на периферии диска диаметрально противоположных цилиндрических выемок и расположение в них прокладок в виде роликов позволяет равномерно распределять прикладываемую нагрузку к образцу;

- изготовление выемок диаметром, значительно меньшим по сравнению с диаметром диска, позволяет создать условия приложения усилий такие же, как и для диска, сжатого статически эквивалентными сосредоточенными силами, с обеспечением неизменности расчетного напряженно-деформированного состояния диска, по мере увеличения воспроизводимого на него усилия. В этом случае вид воспроизводимого напряженно-деформированного состояния в диске может быть вычислен по формулам теории упругости;

- выполнение прокладок в виде роликов, соединенных с цилиндрическими выемками с использованием клеевого состава, позволяет обеспечить единую ось приложения нагрузки к образцу и уменьшить контактные напряжения между диском и роликами. Достигается это благодаря тому, что модули упругости роликов и клеевого состава после затвердевания значительно меньше модуля упругости диска, что позволяет прикладывать нагрузку к диску по всей поверхности его выемок;

- снабжение стенда фиксирующим устройством, обеспечивающим закрепление диска в корпусе таким образом, чтобы его продольная ось и оси роликов и выемок лежали в одной плоскости и были перпендикулярны продольной оси штока.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от наиболее близкого аналога, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

Новые признаки, которые содержит отличительная часть формулы изобретения, не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг.1 показана конструкционная схема стенда.

На фиг.2 показана конструкция упора.

На фиг.3 показан корпус стенда (вид со стороны установки упора).

На фиг.4 показан корпус стенда (вид со стороны установки прижимов).

На фиг.5 показана схема нагружения образца.

Стенд для испытаний на растяжение образцов из хрупких и малопрочных материалов (фиг.1) содержит основание 1, корпус 2, внутри которого расположен образец в виде диска 3, и нагружающее устройство 4, снабженное силоизмерителем 5.

Основание 1 представляет собой массивную стальную плиту, предназначенную для установки корпуса 2 и нагружающего устройства 4.

На основании 1 жестко установлен корпус 2, выполненный в виде пустотелого куба.

Нижняя стенка корпуса 2 является неподвижной опорой 6 и образует неразборную конструкцию со стенками 7, 8, 9, к перпендикулярности которых предъявляются повышенные требования. Неподвижная опора 6 корпуса 2 жестко закреплена на основании 1 и имеет проточку 10 полукруглой формы, продольная ось которой перпендикулярна продольной оси направляющего отверстия 11, выполненного в противоположной стенке 8, и находится с ней в одной плоскости. В направляющем отверстии 11, размещен шток 12, соединяющий нагружающее устройство 4 с подвижной опорой 13, имеющей проточку 14 полукруглой формы, продольная ось которой перпендикулярна оси штока 12 и лежит с ней в одной плоскости. Причем проточки 10 и 14, выполненные соответственно в неподвижной и подвижной опорах 6 и 13, одинаковы, а их оси лежат в одной плоскости. В противоположных стенках 7, 9 корпуса 2 установлено фиксирующее устройство, которое содержит упор 15 и прижимы 16. Упор 15 представляет собой (фиг.2) урезанный на 1/4 вдоль образующей цилиндр 17, на одном торце которого выполнен фланец 18 с отверстиями 19. Упор 15 устанавливается (фиг.3) в отверстие 20 стенки 7 корпуса 2 и крепится к ней винтами 21 в резьбовые отверстия 22. В противоположной стенке 9 корпуса 2 выполнены резьбовые отверстия 23 (фиг.4), в которые вкручиваются прижимы 16, изготовленные в виде винтов, прижимающих диск 3 к упору 15, причем места контакта прижимов 16 с диском 3 охватываются образующей цилиндра 17. При необходимости для обеспечения расчетного положения диска 3 под фланец 18 упора 15 устанавливают вкладыши 24, имеющие форму, повторяющую геометрию фланца 18.

Образец изготовлен из хрупкого и малопрочного материала в форме диска 3 (фиг.5), на периферии которого диаметрально противоположно выполнены цилиндрические выемки 25, причем продольные оси выемок 25 перпендикулярны срединной плоскости диска 3. В выемках 25 с использованием клеевого состава 26 установлены прокладки, изготовленные в виде роликов 27. Номинальный диаметр роликов 27 намного меньше диаметра диска 3, а также равен диаметрам цилиндрических выемок 25 и проточек 10 и 14. При этом длина роликов 27 больше толщины диска 3. После нанесения клеевого состава 26 на выемки 25 ролики 27 фиксируются в положении, обеспечивающем совмещение в плоскости нагружения диаметральных осей, роликов 27 и диска 3, с последующим поджатием подвижной опорой 13. Модуль упругости материала, из которого изготовлены ролики 27, близок к модулю упругости клеевого состава 26 после затвердевания и меньше модуля упругости материала диска 3.

Диск 3 располагают внутри корпуса 2 между опорами 6 и 13, через прокладки в виде роликов 27, установленные в проточки 10 и 14 полукруглой формы, а затем фиксируют с использованием упора 15 и прижима 16, обеспечивая соосность штока 12, роликов 27 и диска 3.

Для нагружения диска 3 в стенде используется нагружающее устройство 4, связанное со штоком 12 и закрепленное на плите 28, которая жестко установлена с помощью четырех шпилек 29 на основании 1.

Стенд работает следующим образом.

Используя нагружающее устройство 4, поднимают шток 12 с подвижной опорой 13, размещают внутри корпуса 2 диск 3 с посаженными на клеевой состав 26 в его цилиндрические выемки 25 роликами 27. Один из роликов 27 совмещают с проточкой 10, выполненной в неподвижной опоре 6, а на второй опускают подвижную опору 13 и совмещают поверхность второго ролика 27 с поверхностью проточки 14, обеспечивая при этом путем поджатия равномерное распределение клеевого состава между роликами 27 и поверхностями выемок 25, а также совмещение диаметральных осей роликов 27 и

диска 3.

Затем определяют толщину вкладышей 24, необходимых для установки упора 15 в положении, обеспечивающем совмещение срединной плоскости диска 3 с продольной осью штока 12, после чего упор 15 фиксируют с помощью винтов 21 и прижимают диск 3 к упору 15 прижимами 16, устанавливая его тем самым в расчетном положении.

Далее после затвердевания клеевого состава 26 с использованием нагружающего устройства 4 приводят в движение шток 12 и нагружают диск 3 сжимающим усилием, которое передается через подвижную опору 13 и ролик 27. Диск 3 этим усилием нагружается в два этапа. На первом этапе к нему прикладывается усилие, не превышающее 10% от его расчетного предельного значения. При этом усилия, при необходимости, устанавливаются средства измерения изменений геометрических размеров диска 3. На втором этапе усилие постепенно повышается до разрушающего. В процессе сжатия ролики 27 деформируются в продольном и поперечном направлениях, тем самым достигается равномерное приложение усилия по всей площади выемки 25 диска 3. С увеличением сжимающего усилия растягивающие напряжения в центре диска 3 возрастают и происходит его разрушение. В момент разрушения с использованием силоизмерителя 5 фиксируется значение сжимающего усилия, по которому в дальнейшем вычисляется предел прочности на растяжение материала диска 3 по формуле теории упругости:

$$\sigma_n = \frac{2P}{\pi \cdot t \cdot D},$$

где P - значение сжимающего усилия; t - толщина диска; D - диаметр диска.

При испытаниях на стенде могут быть использованы различные виды нагружающих устройств, а также устройств, обеспечивающих измерение не только значения сжимающего усилия, но и значения относительных деформаций, по которым могут быть дополнительно определены модуль упругости и коэффициент Пуассона материала диска.

Заявляемый стенд позволяет достигнуть более точных результатов испытаний хрупких и малопрочных материалов, в том числе и материалов из взрывчатых веществ, путем обеспечения равномерного и симметричного нагружения образца и исключения зон концентрации напряжений в местах его контакта с опорами стенда.

Экспериментальное опробование стенда было проведено на образцах, выполненных в форме дисков, изготовленных как из композитного состава, так и из взрывчатых веществ, и прокладок, изготовленных в виде цилиндров из латуни и органического стекла, которые приклеивались к выемкам диска с использованием клеевого состава ЭЛ-20 по ОСТ В951654-75, представляющего собой смесь смолы с отвердителем. Полученные результаты показали, что точность определения предела прочности в случае использования роликов из оргстекла увеличивается по сравнению со случаем использования латунных роликов, модуль упругости которых выше модуля упругости материала образца.

Применение фиксирующего устройства обеспечивает равномерное и симметричное нагружение образца без возникновения перекосов и изгибающих моментов, влияющих на результаты. Кроме этого предлагаемая конструкция стенда позволяет воспроизвести в образце расчетное напряженно-деформированное состояние, описываемое формулами теории упругости.

Таким образом, эффективность заявляемого стенда с применением роликов и клеевого состава, используемого для соединения роликов и образца, имеющих модуль упругости, меньший, чем у образца, показана экспериментально путем нагружения образца через

ролики, изготовленные из латуни и оргстекла, следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

Формула изобретения

5 1. Стенд для испытания образцов из хрупких и малопрочных материалов, содержащий основание, опоры, нагружающее устройство, снабженное силоизмерителем, и образец в виде диска, размещенный между опорами через прокладки из материала, модуль
10 упругости которого меньше модуля упругости материала образца, причем одна из опор жестко закреплена на основании и является неподвижной, а другая опора - подвижная и соединена через шток с нагружающим устройством, отличающийся тем, что он
15 снабжен фиксирующим устройством и корпусом, одна из стенок которого является опорой, жестко закрепленной на основании, а в противоположной ей стенке выполнено направляющее отверстие для штока, на периферии диска диаметрально противоположно выполнены цилиндрические выемки, в которых установлены прокладки в виде роликов,
15 причем номинальные диаметры роликов и выемок равны и намного меньше диаметра диска, а фиксирующее устройство установлено в корпусе, обеспечивая соосность штока, роликов и диска.

2. Стенд по п.1, отличающийся тем, что фиксирующее устройство содержит упор и прижимы, которые установлены на противоположных стенках корпуса перпендикулярно
20 диаметрально плоскостям диска, а также проточки полукруглой формы, расположенные на подвижной и неподвижной опорах, номинальный диаметр которых равен диаметру роликов.

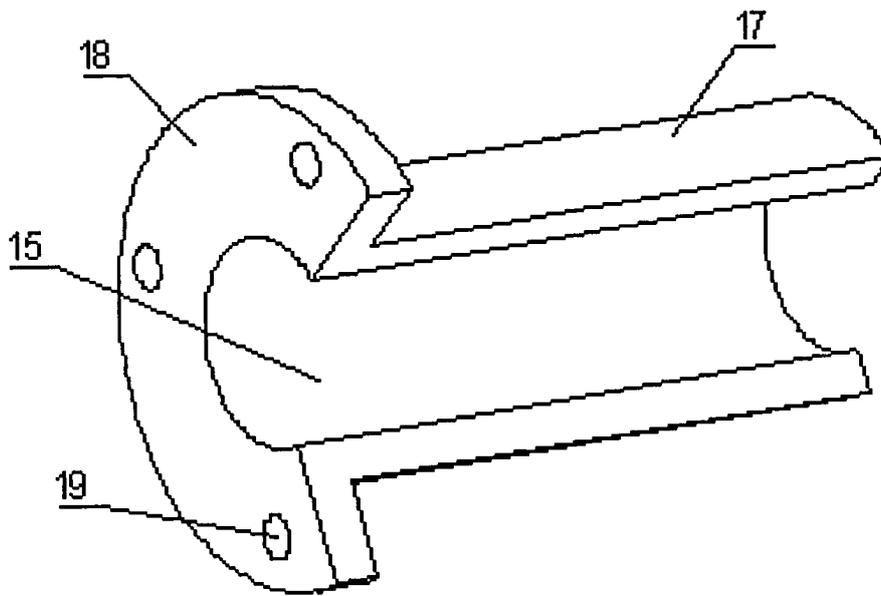
3. Стенд по п.1, отличающийся тем, что прокладки в виде роликов установлены в цилиндрических выемках диска с использованием клеевого состава, модуль упругости
25 которого после затвердевания меньше модуля упругости образца, а ролики в выемках фиксируются в положении, обеспечивающем совмещение в плоскости нагружения диаметральных осей роликов и диска с последующим поджатием подвижной опорой.

30

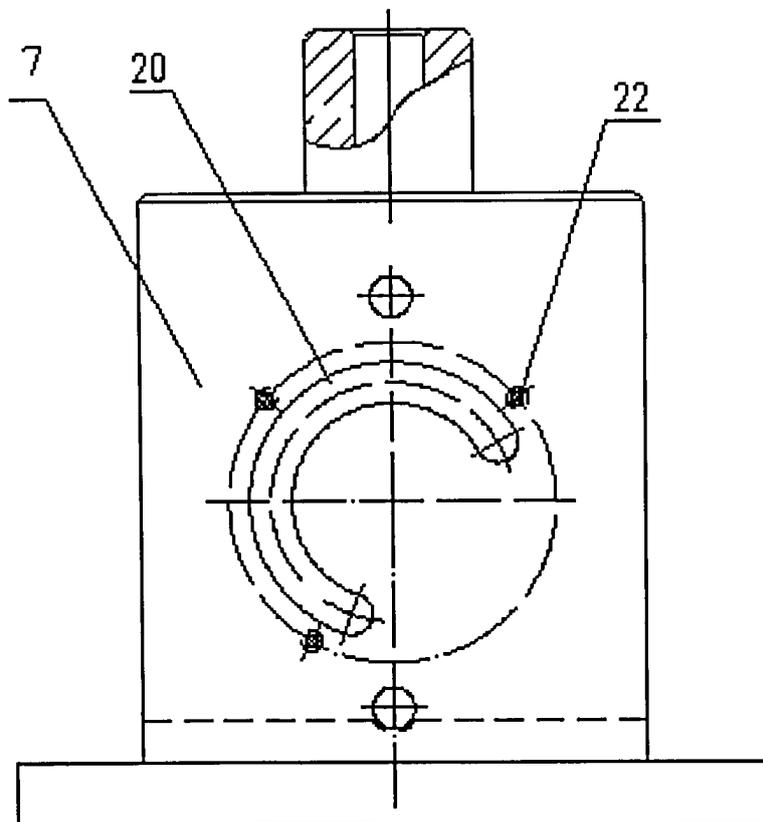
35

40

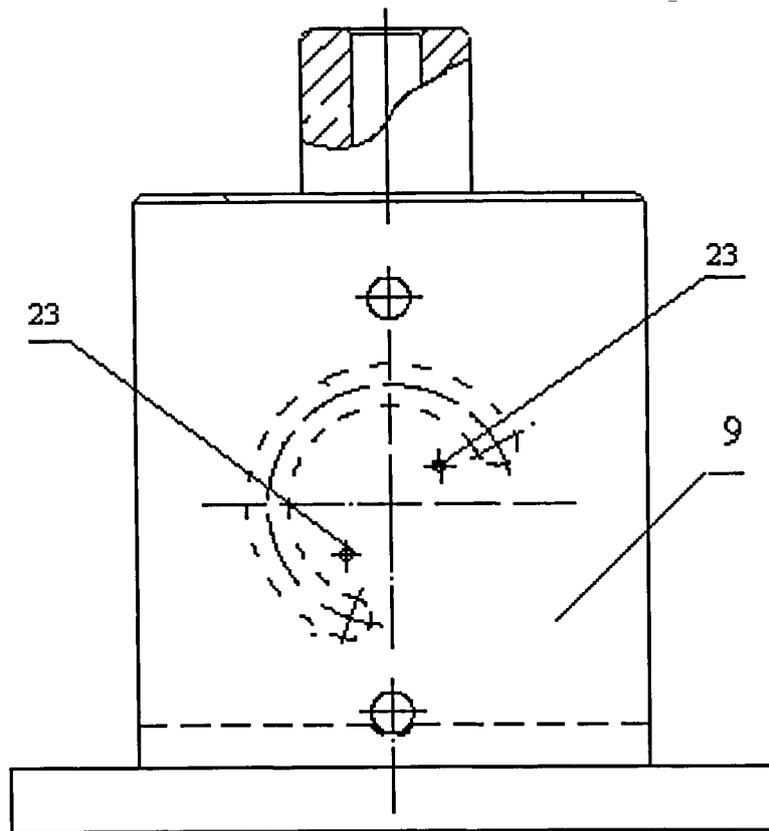
45



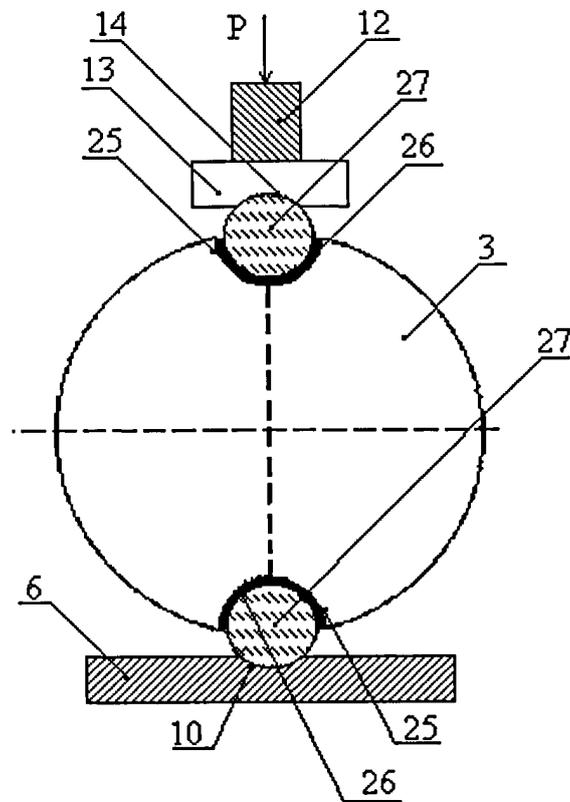
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5