(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202092371 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.03.30

(22) Дата подачи заявки
2019.05.10

(51) Int. Cl. ***F16B 31/02*** (2006.01)
E21D 21/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕРЖНЯ АНКЕРНОГО БОЛТА

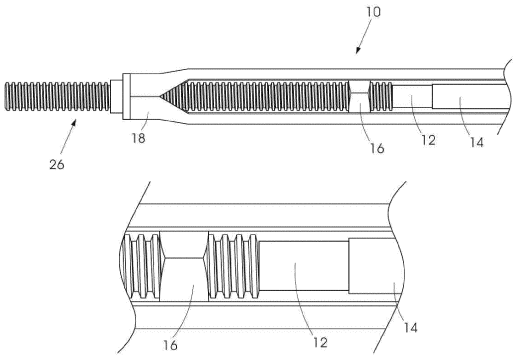
(31) **2018/03083; 2018/04372**
(32) **2018.05.11; 2018.06.29**
(33) **ZA**
(86) **PCT/ZA2019/050026**
(87) **WO 2019/217980 2019.11.14**

(71) Заявитель:
ЭПИРОК ДРИЛЛИНГ ТУЛЗ АБ (SE)

(72) Изобретатель:
Абреу Руаль, Пасторино Паоло Этторе, Нокс Грег (ZA)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) В настоящем изобретении предложен способ адаптации металлического стержня, предназначенного для использования в качестве анкерного болта, для обеспечения предсказуемого разрыва указанного стержня; причем способ включает этап, на котором удаляют материал со стержня в виде окружной полосы для уменьшения диаметра стержня в пределах указанной полосы до уменьшенного диаметра и, таким образом, для обеспечения зоны разрушения, в пределах которой произойдет разрыв стержня при приложении к нему достаточной растягивающей нагрузки.



202092371 A1

202092371 A1

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕРЖНЯ АНКЕРНОГО БОЛТА

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к способу обеспечения управляемого разрушения стержня анкерного болта.

[0002] Если при установке анкерный болт подвергается нагрузке, превышающей предел прочности, то может произойти его разрыв, в результате чего будет утрачена опора для нагрузки. Опасность состоит в том, что оторванная ближняя секция анкерного болта (здесь и далее термины «стержень» и «болт» используются взаимозаменяемым образом для обозначения стального анкерного болта, его стержня или стержнеобразного корпуса) имеет предрасположенность к выталкиванию из скважины в породе, в которой он был установлен, вследствие быстрого высвобождения потенциальной энергии.

[0003] Важно, чтобы при разрыве анкерного болта этот разрыв происходил в заданном месте стержня. Управление местом разрыва стержня является важным для решения по обеспечению безопасности, предложенного в патентной заявке ЮАР № 2-18/02957, которая включена в настоящую заявку посредством ссылки.

[0004] В описании к 2018/02957 описано выполнение выемки в стержне для инициирования разрыва стержня в конкретном месте, удаленном от предохранительного элемента, для обеспечения удерживания оторванной или летящей секции стержня в результате взаимодействия предохранительного элемента с предохранительной конструкцией.

[0005] Обычным является выполнение выемки в стержне путем горячей или холодной ковки. Это создает эффект локального упрочнения стали стержня. Связанная с этим проблема состоит в том, что опорные свойства анкерного болта основаны на имманентной способности стального болта растягиваться под нагрузкой, поглощая энергию и регулируя динамическое или квазистатическое движение породы, окружающей болт в месте его установки. Холодная ковка или прокатка болта при создании выемки могут приводить к локализованному деформационному упрочнению, которое изменяет свойства стального материала. Это изменение свойств материала, в свою очередь, приводит к изменению рабочих характеристик анкерного болта.

[0006] Настоящее изобретение по меньшей мере частично решает вышеуказанную проблему.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0007] В настоящем изобретении предложен способ адаптации металлического стержня, предназначенного для использования в качестве анкерного болта, для обеспечения предсказуемого разрыва указанного стержня; включающий этап удаления материала со стержня в виде окружной полосы для уменьшения диаметра стержня в пределах указанной полосы до уменьшенного диаметра и, таким образом, для обеспечения зоны разрушения, в пределах которой произойдет разрыв стержня под действием достаточной растягивающей нагрузки.

[0008] Указанная зона может иметь длину в диапазоне от 10 мм до 45 мм.

[0009] Предпочтительно, указанная зона имеет длину в диапазоне от 25 мм до 35 мм. Более предпочтительно, в диапазоне от 30 мм до 35 мм.

[0010] Зона разрушения может иметь уменьшенный диаметр, который меньше диаметра стержня на величину от 0,5% до 5%. Предпочтительно, уменьшенный диаметр меньше диаметра стержня на величину от 1% до 4%. Более предпочтительно, уменьшенный диаметр меньше диаметра стержня на величину от 2% до 3%.

[0011] Материал удаляют таким образом, чтобы обеспечить стабильность уменьшенного диаметра в пределах указанной полосы.

[0012] Предпочтительно, диаметр стержня находится в диапазоне от 16 мм до 25 мм.

[0013] Материал может быть удален с помощью процесса субтрактивной обработки любым подходящим способом, например путем обработки резанием или шлифовки.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0014] Настоящее изобретение описано со ссылкой на нижеследующие чертежи, на которых:

на Фиг. 1 показан вид в вертикальном положении ведущего конца узла анкерного болта с зоной разрушения, обеспеченной с помощью способа согласно настоящему изобретению;

на Фиг. 2 показан ряд схематичных видов стержня по длине, иллюстрирующих разрыв стержня с образованием (a) картины

хрупкого разрушения и (b) и (c) — картины пластического разрушения.

на Фиг. 3 представлена пара фотографий оторванных концов секций стержня, демонстрирующих (a) картину пластического разрушения и (b) картину хрупкого разрушения; и

на Фиг. 4A и 4B схематично представлен стержень с зоной разрушения, соответственно в ненагруженном и нагруженном состоянии.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0015] Фиг. 1 иллюстрирует узел 10 анкерного болта, представляющий собой пример применения зоны разрушения или выемки 12 к стержню 14 анкерного болта для обеспечения решения проблемы, описанной выше. Данный пример не ограничивает настоящее изобретение, и предполагается, что имеются и другие варианты его применения к анкерному болту, имеющему такую выемку.

[0016] Что касается предохранительной конструкции 16 для взаимодействия с обжимной секцией гильзы 18 для предотвращения выталкивания ближнего конца 20 стержня 14 из скважины в породе (не показана), в которую вставлен узел 10, то стержень должен быть разорван спереди от указанной конструкции. Если разрыв происходит между указанной конструкцией и ближней концевой секцией, то ничто не предотвратит выталкивание.

[0017] Разрыв стержня с высокой вероятностью происходит, когда разрывная нагрузка, прикладываемая к нему при использовании, повышается до его предела прочности. Для обеспечения предсказуемости места разрыва стержня 14

обеспечивают выемку 12 в заданном месте по длине стержня. Указанная выемка обеспечивает предсказуемость локализации разрыва.

[0018] Тем не менее, если выемка должна обеспечивать такую предсказуемость, то эта выемка должны быть выполнена таким образом, чтобы разрыв стержня каждый раз происходил точно в пределах границ выемки. В то же самое время, выемка не может оказывать существенное негативное влияние на способность стержня выполнять свою опорную функцию.

[0019] Выемка как локальное ослабление относительно остальной части стержня, ограничивает имманентную способность стержня обеспечивать поддержку конкретной нагрузки, которая (способность) до этого была обусловлена составляющим стальным материалом и диаметром. Если выемка выполнена путем холодной или горячей ковки, то упрочнение стали в месте выемки вследствие изменения свойств материала приведет к большей вариативности предела прочности по отношению к уровню ограничения. Кристаллическая структура стали изменяется вследствие деформационного упрочнения, становясь более хрупкой. Это изменение пластичности стали не является воспроизводимым или предсказуемым изменением, и таким образом в окрестности выполненной выемки стержень имеет тенденцию к сравнительно неожиданному разрыву при непредсказуемой нагрузке, демонстрируя картину хрупкого разрушения, показанную на Фиг. 2(а).

[0020] Заявителем было обнаружено, что для обеспечения разрыва металлического стержня предсказуемым образом, т.е. предсказуемо по месту разрыва и по нагрузке, при которой происходит разрыв, выемка 12 должны быть выполнена в стержне 14

путем применения процесса субтрактивной обработки. Данный процесс может представлять собой, например, процесс обработки резанием или шлифовки. Иначе говоря, выемка должна быть изготовлена путем удаления материала, а не путем смещения материала в процессе ковки или прокатки.

[0021] Согласно настоящему изобретению, выемка должна быть выполнена путем обработки резанием для углубления ниже поверхности стержня до стабильного уменьшенного диаметра (здесь и далее термины «уменьшенный диаметр» и «диаметр выемки» используются взаимозаменяемым образом и обозначают одно и то же). Уменьшенный диаметр выемки может находиться в сравнительно широком диапазоне, в зависимости от требуемых технических характеристик анкерного болта, для которого применяется стержень. Разумеется, чем меньше диаметр стержня в месте выемки, тем меньше предел прочности (ultimate load capacity, UTS) стержня. Заявителем было обнаружено, что удаление материала до достижения уменьшенного диаметра, лишь на 1% меньшего диаметра стержня, является достаточным для обеспечения воспроизводимого разрыва в пределах выемки без ухудшения UTS.

[0022] Вместе с тем, было обнаружено, что в стержне 14 не просто должна быть выполнена выемка путем механической обработки, но эта выемка должна иметь длину, которая обеспечит возможность образования непрерывной пластичной разрушаемой горловины 22 в пределах области выемки при воздействии на стержень нагрузки вплоть до предела прочности. См. Фиг. 3B, которая иллюстрирует эту пластичную разрушаемую горловину, и Фиг. 2(b) и (c), которые иллюстрируют форму пластичной разрушаемой горловины после разрыва.

[0023] Два параметра выемки, которыми являются глубина выемки и длина выемки, были исследованы в ходе двух серий испытаний. Описание каждой из них приведено ниже.

Квазистатическое испытание

[0024] Испытуемые образцы были подвергнуты квазистатическому испытанию на растяжение, причем каждый образец представлял собой стержень диаметром 20 мм. Образцы включали контрольный образец, не имеющий выемки, и три других образца, каждый из которых имел выемку длиной 30 мм, с диаметром выемки или уменьшенным диаметром 19,8 мм, 19,5 мм и 19 мм соответственно (погрешность +/- 0,03). Образцы были приготовлены в трех экземплярах. Каждая выемка была выполнена путем обработки резанием в центре стержня. Затем каждый стержень был подготовлен перед испытанием на растяжение в машине для испытаний на растяжение.

[0025] В ходе испытаний было проведено в общей сложности двенадцать квазистатических испытаний на растяжение, и их результаты представлены в Табл. 1 и на Фиг. 4. Эти результаты сравнивались с результатами для контрольных образцов, не имеющих выемки. Значения снижения предела прочности, показанные в таблицах под значениями диаметра выемки в качестве заголовков столбцов, представляют собой средние значения по трем экземплярам каждого комплекта образцов.

[0026] Важно отметить, что все испытуемые образцы достигли пластического разрушения в пределах зоны выемки, как и было запланировано в данной конструкции, (см. Фиг. 5) без значительного снижения предела прочности при растяжении (ultimate

tensile strength, UTS). Минимально гарантированный норматив прочности при растяжении для стержня диаметром 20 мм из стали 500N составляет 210 кН. Это значение определяет минимальный нормативный показатель для конструкции с выемкой, выполненной путем обработки резанием. Квазистатические испытания подтвердили, что минимально допустимый уменьшенный диаметр выемки составляет 19 мм, что обеспечивает среднее значение UTS стержня, равное 213 кН (см. Табл. 1). Диаметр выемки, меньший указанного, приводит к тому, что UTS стержня становится ниже минимального нормативного показателя, равного 210 кН.

	19,0	19,5	19,8	20,0
Образец 1	211,6 кН	222,1 кН	237,3 кН	226,4 кН
Образец 2	213,0 кН	222,6 кН	228,3 кН	227,6 кН
Образец 3	213,3 кН	220,3 кН	225,5 кН	226,4 кН
Среднее	213 кН	222 кН	230 кН	227 кН
Снижение UTS	94%	98%	100%	100%
Результат	Соответствует норме (>210 кН)			

Табл. 1

[0027] Фиг.3 иллюстрирует уменьшение диаметра выемки, приводящее к общей деформации стержня перед разрушением и, следовательно, к уменьшению потенциала динамического поглощения энергии. По этой причине и для сохранения UTS стержня диаметр выемки должен быть как можно более большим при одновременном гарантировании стабильного разрушения в пределах зоны обработки резанием.

[0028] Фиг. 6 графически иллюстрирует снижение UTS стержня с уменьшением диаметра выемки, выполненной путем обработки резанием. Это дает возможность заявителю прогнозировать UTS стержня для не подвергнутых испытанию диаметров выемки в пределах от ⌀ 20,0 мм до ⌀ 19,0 мм. На данном графике также приведено сравнение UTS при каждом диаметре выемки с минимальным нормативом на UTS для стержня Vulcan диаметром 20 мм.

Динамическое испытание

[0029] Испытуемые образцы были подвергнуты динамическому ударному испытанию. Каждый образец имел размеры 20 мм × 1100 мм × 10 мм и резьбу RD22 на каждом конце стержня, причем образцы включали контрольный образец (без выемки) и три других образца (длина выемки 30 мм) с соответствующим диаметром выемки или уменьшенным диаметром 19,8 мм, 19,6 мм и 19,4 мм (погрешность +/- 0,03). Образцы были изготовлены в трех экземплярах. Каждая выемка была выполнена обработкой резанием в центре стержня.

[0030] Затем каждый образец был подготовлен и вставлен в машину для ударных испытаний. Каждый стержень был подвергнут воздействию энергетического импульса мощностью 37,45 кДж при 5,45 м/с.

[0031] В данной серии было проведено в общей сложности пятнадцать динамических ударных испытаний. Фиг. 7 иллюстрирует изменение средней способности к поглощению энергии в зависимости от диаметра выемки. В Табл. 2 сведены данные об области или режиме разрушения для каждого испытуемого образца (один образец

с уменьшенным диаметром 19,8 мм был исключен из-за неполного сбора данных в ходе испытания).

[0032] Средняя способность к поглощению энергии у стандартного стержня с размерами 20 мм × 1100 мм, имеющего известную из уровня техники конструкцию с содействующей разрушению выемкой, выполненной методом холодной прокатки, составила 22,5 кДж. Это значение определяет минимальный нормативный показатель для конструкции с выемкой, выполненной путем обработки резанием.

	Образец 1	Образец 2	Образец 3
20,0 × 30 мм (без выемки)	Резьба	Резьба	Резьба
19,8 × 30 мм	Резьба	Резьба	Нет данных
19,6 × 30 мм	Выемка	Выемка	Выемка
19,5 × 30 мм	Выемка	Выемка	Выемка
19,4 × 30 мм	Выемка	Выемка	Выемка

Табл. 2

[0033] Как показано на Фиг. 8, все испытуемые образцы, за исключением одного, который не был подвергнут испытаниям, претерпели разрушение в пределах выемки, выполненной путем обработки резанием. Режим разрушения представлял собой образование пластичной горловины в пределах зоны обработки резанием, что приводило к локальному уменьшению диаметра стержня и предела прочности стержня. Испытания также показывают, что для обеспечения стабильного динамического разрушения в пределах зоны обработки резанием требуется диаметр выемки, равный по меньшей мере 19,6 мм (т.е. менее чем на 2% меньше диаметра стержня,

равного 20 мм), и что для обеспечения того, чтобы динамический предел прочности стержня был равен или больше, чем минимальный нормативный показатель, требуется минимальный диаметр выемки, равный 19,4 мм.

[0034] В рамках данного эксперимента заявителем было обнаружено, что для стержня диаметром 20 мм требуется минимальная длина выемки, равная 30 мм, чтобы гарантировать, что пластически разрушаемая горловина 22 не будет соответствовать изменениям диаметра или геометрической формы стержня на границах 24 и 26 выемки. Было замечено, что если пластически разрушаемая горловина не соответствует изменениям диаметра или геометрической формы стержня на границах выемки, то происходит возврат нестабильности места разрыва и нагрузки. Неожиданным образом, эта минимальная длина сохраняет актуальность для диаметров стержней от 16 мм до 22 мм.

[0035] Подводя итог вышесказанному, отметим, что стержень согласно настоящему изобретению, имеющий выемку, выполненную путем обработки резанием, способен по меньшей мере соответствовать рабочим характеристикам, достигаемым с помощью существующего способа выполнения выемки путем холодной прокатки, при одновременном обеспечении повышенной стабильности зоны разрушения, надежности конструкции и простоты массового производства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ адаптации металлического стержня, предназначенного для использования в качестве анкерного болта, для обеспечения предсказуемого разрыва указанного стержня под нагрузкой, включающий этап удаления материала со стержня в виде окружной полосы для уменьшения диаметра стержня в пределах указанной полосы до уменьшенного диаметра и, таким образом, для обеспечения зоны разрушения, в пределах которой произойдет разрыв стержня под действием достаточной растягивающей нагрузки.

2. Способ по п. 1, согласно которому зона разрушения имеет длину в диапазоне от 10 мм до 45 мм.

3. Способ по п. 2, согласно которому указанная зона имеет длину в диапазоне от 25 мм до 35 мм.

4. Способ по п. 3, согласно которому указанная зона имеет длину в диапазоне от 30 мм до 35 мм.

5. Способ по любому из пп. 1-4, согласно которому уменьшенный диаметр является стабильным в пределах указанной полосы.

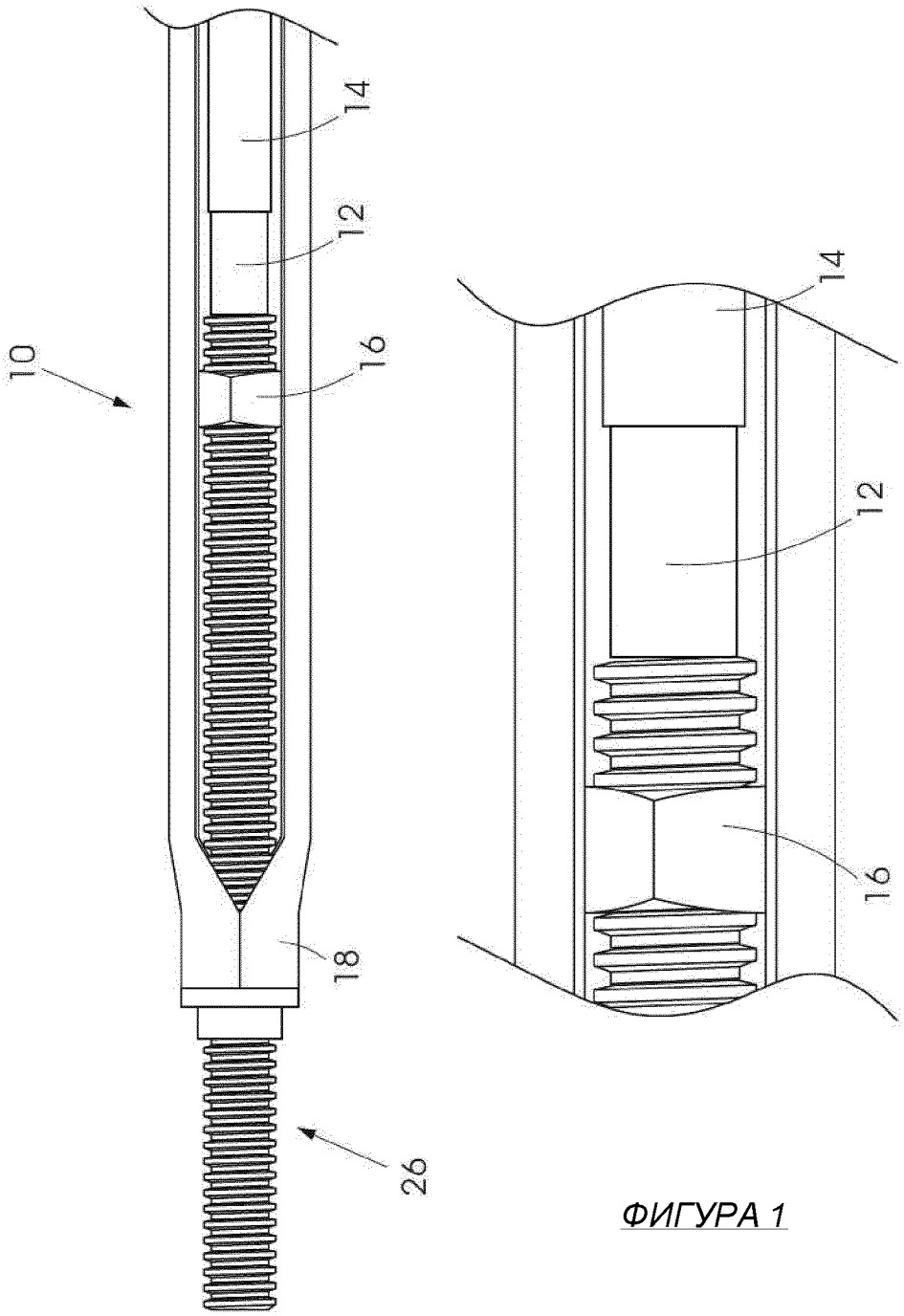
6. Способ по любому из пп. 1-5, согласно которому зона разрушения имеет уменьшенный диаметр, который меньше диаметра стержня на величину от 0,5% до 5%.

7. Способ по п. 6, согласно которому уменьшенный диаметр меньше диаметра стержня на величину от 1% до 4%.

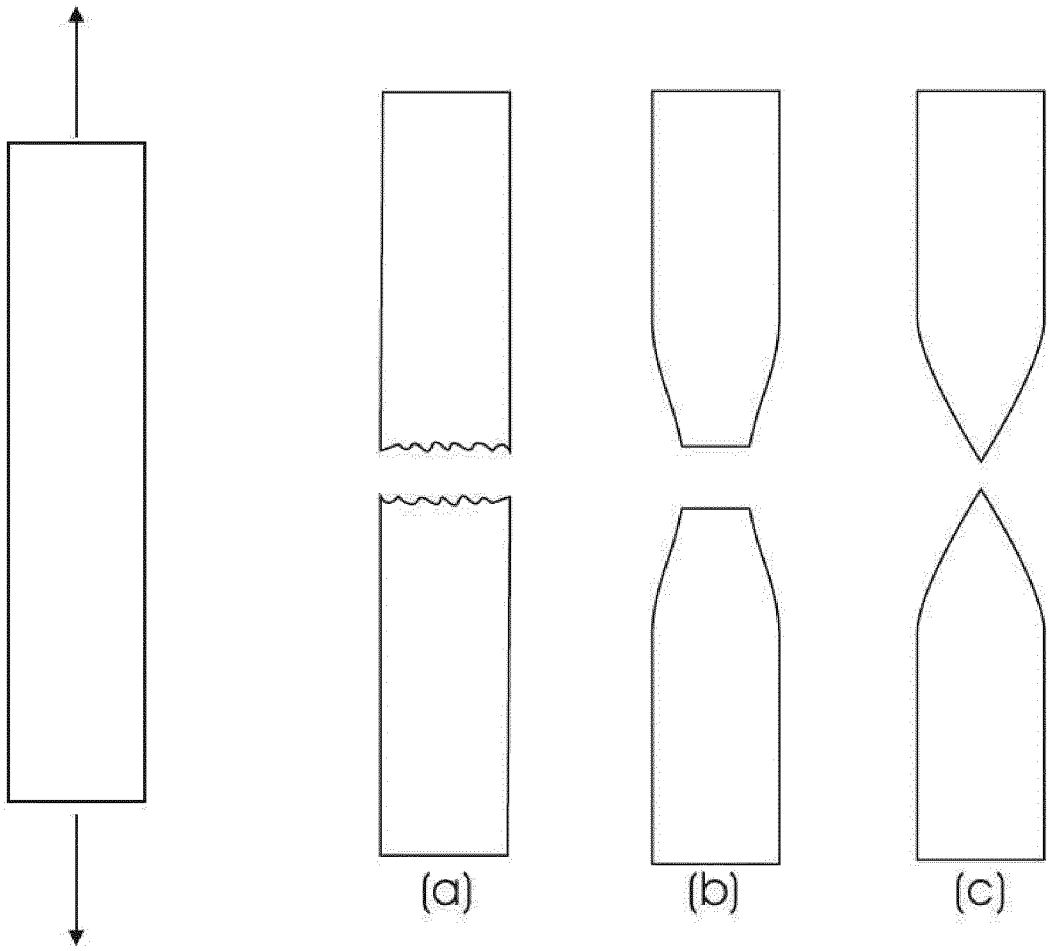
8. Способ по п. 7, согласно которому уменьшенный диаметр меньше диаметра стержня на величину от 2% до 3%.

9. Способ по любому из пп. 1-6, согласно которому диаметр стержня находится в диапазоне от 16 мм до 25 мм.

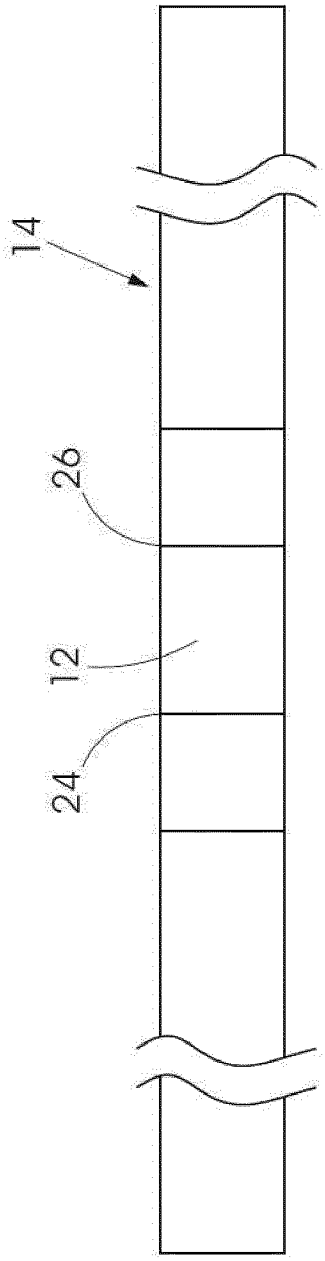
10. Способ по любому из пп. 1-7, согласно которому удаление материала осуществляют с помощью процесса субтрактивной обработки.



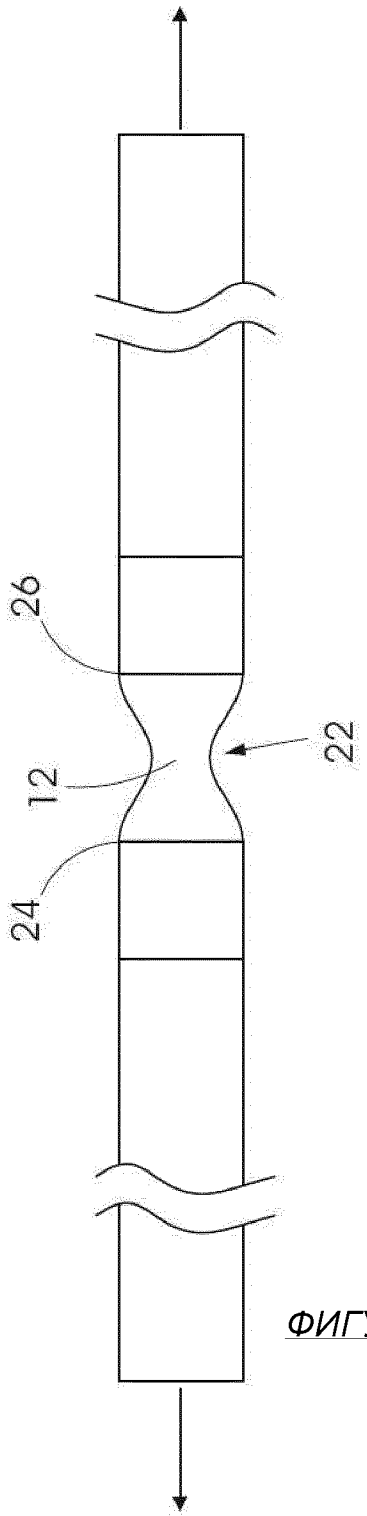
ФИГУРА 1



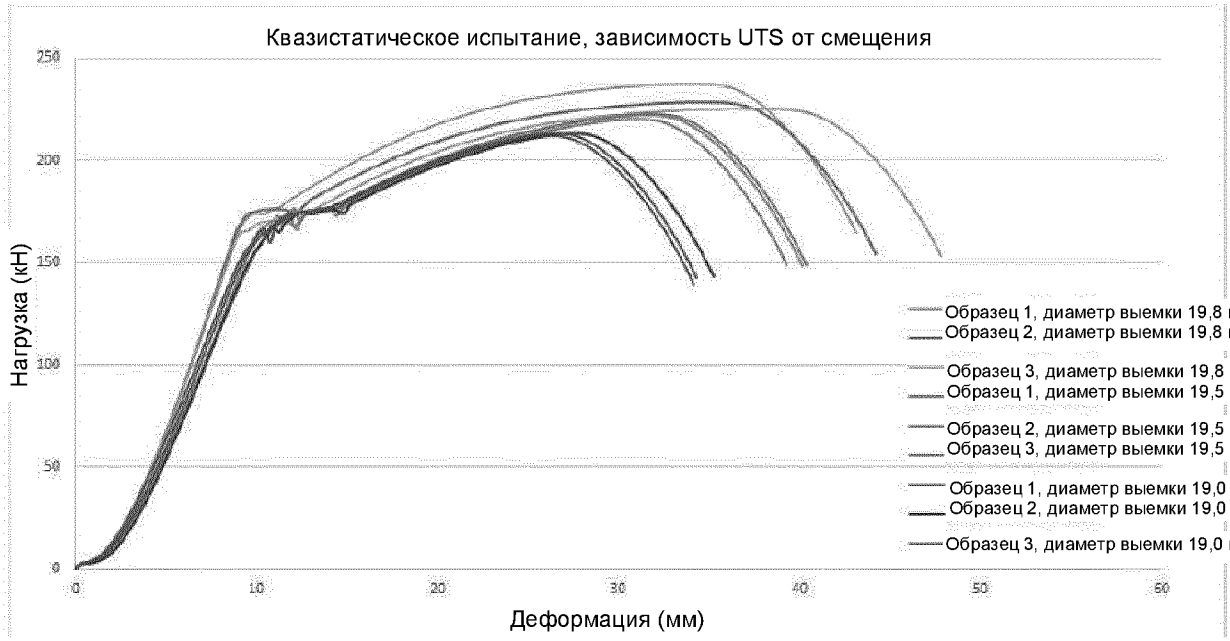
ФИГУРА 2



ФИГУРА 3A



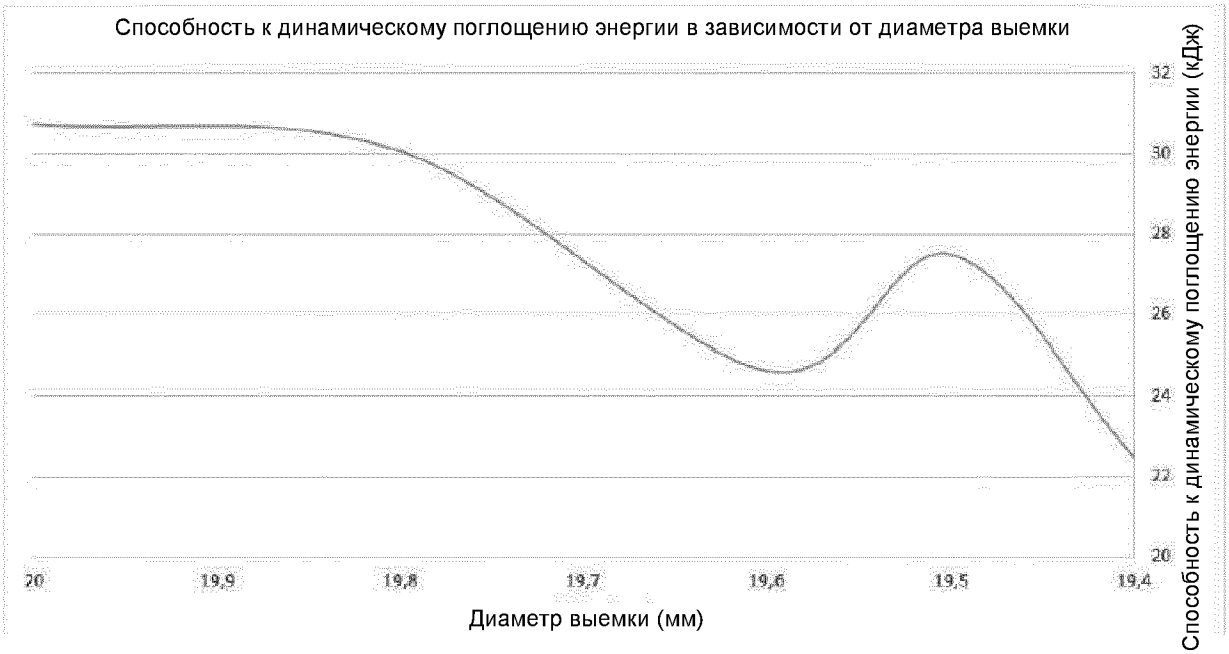
ФИГУРА 3B



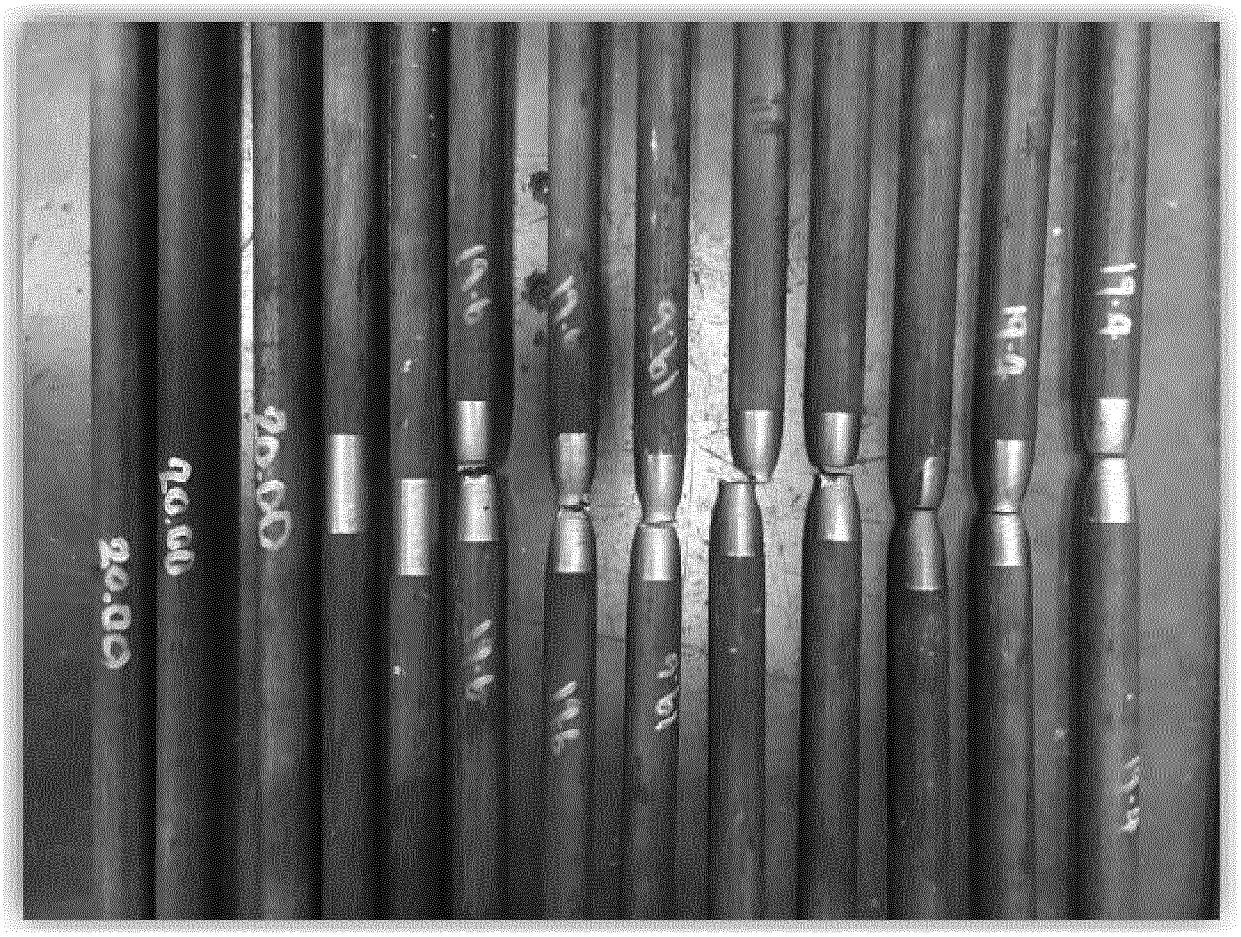
ФИГУРА 4

ФИГУРА 5

ФИГУРА 6



ФИГУРА 7



ФИГУРА 8