



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H05H 1/34 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2021104581, 12.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.10.2020

Дата регистрации:
21.05.2021

Приоритет(ы):

(62) Номер и дата подачи первоначальной заявки,
из которой данная заявка выделена:
2020133449 12.10.2020

(45) Опубликовано: 21.05.2021 Бюл. № 15

Адрес для переписки:
107076, Москва, ул. Стромынка, 21, корп. 2,
ООО "СТЭНДМАРК", Крысанову А.Б.

(72) Автор(ы):

Роман Хумхал (CZ)

(73) Патентообладатель(и):

Би энд Бартони, спол. с р.о. (CZ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: JP 2011014295 A, 20.01.2011. RU
2028899 C1, 20.02.1995. EP 2642831 A1,
25.09.2013. US 6452130 B1, 17.08.2002. US
2018243864 A1, 30.08.2018.

(54) ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ ГОРЕЛКИ

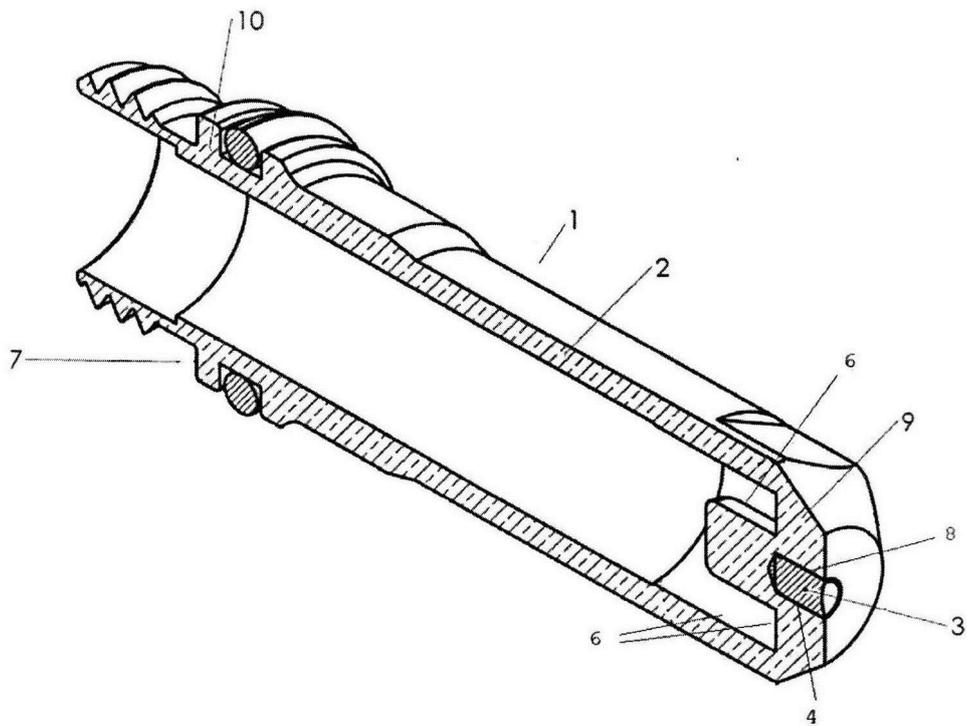
(57) Реферат:

Полезная модель относится к электроду, используемому в плазменно-дуговых горелках, а именно электроду с медным корпусом, один конец которого (в горелке - задний) подготовлен для его соединения с плазменно-дуговой горелкой, а на другом конце которого (в горелке - торцевом или переднем) имеется коаксиальное отверстие, в которое помещена эмиссионная вставка, изготовленная из вольфрама. Сущность полезной модели заключается в электроде для плазменно-дуговой горелки, который имеет

медный корпус в целом цилиндрической формы, один конец которого (в горелке - задний) подготовлен для его соединения с плазменно-дуговой горелкой, а на другом конце которого (в горелке - торцевом или переднем) имеется коаксиальное отверстие, в которое помещена эмиссионная вставка из вольфрама. Полезная модель отличается от аналогов тем, что эмиссионная вставка из вольфрама соединена с корпусом электрода слоем припоя из сплава серебра Ag с содержанием индия In.

RU
204342
U1

RU
204342
U1



Фиг. 1а

RU 204342 U1

RU 204342 U1

Область техники

Техническое решение относится к электроду, используемому в плазменно-дуговых горелках, а именно электроду с медным корпусом, один конец которого (в горелке - задний) подготовлен для его соединения с плазменно-дуговой горелкой, а на другом конце которого (в горелке - торцевом или переднем) имеется коаксиальное отверстие, в которое помещена эмиссионная вставка, изготовленная из вольфрама.

Текущее состояние техники

Плазменные электроды имеют корпус, который, в сущности, представляет собой литой или полый цилиндр. На выходе электрода помещается эмиссионная вставка. На входе электрод имеет конструкцию для закрепления в плазменной горелке и контактную поверхность для переноса постоянного электрического тока с плазменной горелки на корпус электрода. Конструкцией электрода предусмотрены поверхности для охлаждения электрода охлаждающей средой. Корпус электрода проводит постоянный электрический ток. Он поступает в корпус электрода через контактную поверхность из корпуса горелки и движется по направлению к эмиссионной вставке. Корпус электрода поглощает тепло от эмиссионной вставки и отводит его в место, где оно передается в охлаждающую среду. Корпус электрода изготавливается из материала с высокой теплопроводностью и электропроводностью, такого как медь, серебро и их сплавы.

Эмиссионная вставка передает постоянный электрический ток, поступающий на нее через контактную поверхность с корпуса электрода, на плазменную дугу, образуемую электропроводящим ионизированным газом. Эмиссионная вставка изготавливается из материала с высоким коэффициентом излучения и высокой термостойкостью, такого как цирконий, или вольфрам.

На современном уровне развития техники наибольший срок службы плазменных электродов, предназначенных для резки углеродистой стали, достигается за счет изготовления корпуса электрода из серебра, с запрессовкой в него эмиссионной вставки из гафния. Однако такие электроды дороги в изготовлении из-за высокой стоимости серебра. При резке нержавеющей стали наибольший срок службы плазменных электродов достигается у электродов, корпус которых изготовлен из меди, с запрессовкой или впайкой в него эмиссионной вставки из вольфрама.

В патентном документе US 6452130 описан электрод, имеющий медный корпус, в который вложен эмиссионный элемент, например, из гафния. Между эмиссионным элементом и корпусом электрода расположен разделитель из серебра, имеющий низкую эмиссионную способность и охватывающий эмиссионный элемент. Эмиссионный элемент соединен с неизлучающим разделителем при помощи паяного соединения, выполненного, например, из сплава серебра с одним или несколькими элементами, такими как никель, литий и медь.

В патентном документе US 4766349 описан электрод для плазменно-дуговой горелки, имеющий медный корпус с водяным охлаждением, в который помещена эмиссионная вставка из циркония или гафния. Вставка имеет покрытие, образующее диффузионную зону между корпусом электрода и материалом вставки, в состав которого входят карбиды, нитриды, бориды или силициды. Диффузионная зона предотвращает возникновение реакций между корпусом электрода и вставкой, приводящих к ухудшению свойств электрода.

Продление срока службы электрода при максимальном снижении расходов на его производство является предметом, например, патентного документа JP 2011014295, в котором описано продление срока службы плазменного электрода за счет спайки медного корпуса электрода и эмиссионной вставки из карбида гафния серебряным

припоем. Недостатком этой технологии является лишь незначительное увеличение срока службы плазменных электродов для слаботочных и среднеточных нагрузок.

Суть технического решения

Техническое решение основано на идее создания между корпусом электрода и эмиссионной вставкой соединения, обладающего большей теплопроводностью и электропроводностью, чем сам материал эмиссионной вставки. Авторами технического решения было установлено, что можно достичь исключительной электропроводности и теплопроводности электродов с медным корпусом, в который помещена эмиссионная вставка из вольфрама, если соединить вставку с корпусом электрода при помощи пайки припоем из сплава серебра Ag с содержанием индия In.

В случае если эмиссионная вставка изготовлена из вольфрама, помимо серебра Ag и индия In сплав также содержит медь Cu, марганец Mn и никель Ni. Дополнительно он может содержать палладий Pd, титан Ti или кобальт Co. В случае если эмиссионная вставка изготовлена из вольфрама, наиболее эффективным является припой, содержащий: 64% (по массе) Ag, 6% (по массе) In, 26% (по массе) Cu, 2% (по массе) Mn и 2% (по массе) Ni.

Толщина слоя припоя между корпусом электрода и эмиссионной вставкой из вольфрама составляет от 0,005 до 0,05 мм, предпочтительно от 0,01 до 0,03 мм.

На границах отдельных слоев имеются области взаимной диффузии. На границе слоя припоя и эмиссионной вставки из вольфрама, в веществе вольфрама присутствуют атомы In и, возможно, атомы Cu, Mn и Ni, а на границе слоя припоя и медного корпуса электрода в веществе меди присутствуют атомы Ag и In.

Согласно предлагаемому техническому решению соединение эмиссионной вставки с корпусом электрода при помощи слоя припоя имеет улучшенные характеристики благодаря спайке вещества корпуса электрода и вещества эмиссионной вставки за счет образования прослойки в месте соединения корпуса электрода и эмиссионной вставки, а также благодаря взаимной диффузии веществ корпуса электрода и образовавшейся прослойки и взаимной диффузии веществ эмиссионной вставки и образовавшейся прослойки. Образование диффузионного металлургического соединения приводит к лучшему отведению тепла из эмиссионной вставки, которая нагревается от плазменной дуги, в охлаждаемый корпус электрода. За счет соединения веществ путем взаимной диффузии, без образования межкристаллических зазоров, в точке соединения обеспечивается кондуктивная теплопередача от эмиссионной вставки к корпусу электрода. Вещество в месте диффузного соединения способно перенести кондуктивным путем больше тепла на 1 мм², чем максимальное количество тепла, которое способно перенести кондуктивным путем через сечение площадью 1 мм² вещество самой эмиссионной вставки. Улучшение соединения веществ корпуса электрода и эмиссионной вставки приводит к продлению срока службы электрода.

Пояснения к чертежам

Электрод для плазменно-дуговой горелки, предусмотренный данным техническим решением, наглядно представлен на нижеприведенных чертежах:

на Фиг. 1а показан электрод в соответствии с одним из исполнений технического решения, когда корпус электрода имеет форму полого цилиндра;

на Фиг. 1б показан электрод в соответствии с иным исполнением технического решения, когда корпус электрода имеет форму литого цилиндра;

на Фиг. 2а показан электрод в соответствии с еще одним исполнением технического решения, когда эмиссионная вставка имеет коническую форму;

на Фиг. 2б показан электрод в соответствии с еще одним исполнением технического

решения, когда эмиссионная вставка имеет прямо охлаждаемую поверхность; и на Фиг. 3 показан электрод в соответствии с исполнением технического решения, аналогичным приведенному на Фиг. 2а, с эмиссионной вставкой, имеющей коническую форму с большим углом конуса, чем на Фиг. 2а.

5 Примеры реализации технического решения

Были испытаны различные типы плазменные электроды 1 в зависимости от типа вещества, из которого изготовлена эмиссионная вставка 3. В рамках настоящей заявки рассмотрены электроды 1 с эмиссионной вставкой 3 из вольфрама. Для каждого из указанных типов были изготовлены электроды 1 с различными тестируемыми
10 припойными сплавами в качестве припоя 8, которые затем были подвергнуты испытаниям на стойкость при плазменной резке. Затем паяные соединения 4 оценивались на основе образцов поперечного сечения путем микроскопического исследования их полированных поверхностей.

Общей основной припойных сплавов испытанных электродов 1 выступают серебро
15 и индий. Серебро придает припойному сплаву высокую жидкотекучесть, электропроводность и теплопроводность. Индий придает припойному сплаву смачиваемость, текучесть, пластичность и снижает температуру плавления припойного сплава. Серебро и индий способны соединяться с веществом корпуса 2 электрода, которым, согласно техническому решению, является медь, но которое также может
20 быть представлено сплавом меди и серебра, и в процессе диффузионного металлургического соединения происходит перенос атомов серебра и индия в вещество корпуса 2 электрода в месте его контакта с припойным сплавом.

Помимо основных элементов - серебра и индия - в состав припойного сплава входят
25 элементы, способные соединяться с веществом эмиссионной вставки 3 и способствующие диффузии припойного сплава в вещество эмиссионной вставки 3 в месте их взаимного контакта. Для электродов 1 с эмиссионной вставкой 3 из вольфрама подходящими составляющими для включения в сплав являются галлий, палладий, медь, титан, марганец, кобальт и никель, при этом наиболее эффективным показало себя сочетание
30 меди, марганца и никеля. Наилучшая диффузия припойного сплава в кристаллическую структуру вольфрама была достигнута в испытаниях с припойным сплавом, содержащим 64% (по массе) серебра, 6% (по массе) индия, 26% (по массе) меди, 2% (по массе) марганца и 2% (по массе) никеля.

Для достижения прочного диффузионного металлургического соединения вещества
35 корпуса 2 электрода и вещества эмиссионной вставки 3 с припойным сплавом важное значение имеет чистота и шероховатость соединяемых поверхностей. Наилучшие результаты были достигнуты, когда соприкасающиеся поверхности были обработаны с шероховатостью от 1,2 до 2,8 Ra, предпочтительно 1,5 Ra. После обработки с соприкасающихся поверхностей были удалены грязь и жир. Перед пайкой поверхности
40 корпуса 2 электрода и эмиссионной вставки 3 были очищены в спиртовой бане при помощи ультразвука. В качестве последней фазы очистки предназначенных для пайки поверхностей было выполнено их нагревание в вакууме.

Было установлено, что для достижения желаемого соединения вещества корпуса 2
электрода и вещества эмиссионной вставки 3 с припойным сплавом важное значение
45 имеет толщина слоя припоя 8 между веществом корпуса 2 электрода и веществом эмиссионной вставки 3. Лучше всего показала себя толщина от 0,005 до 0,05 мм, предпочтительно от 0,01 до 0,03 мм. При толщине менее 0,005 мм не происходит затекания достаточного количества припойного сплава между соединяемыми поверхностями. При толщине более 0,05 мм количество припойного сплава настолько

велико, что происходит не только диффузия припойного сплава в припаяваемое вещество, но и глубинная эрозия и/или оплавление соединяемых пайкой веществ. В случае цилиндрической формы эмиссионной вставки 3 необходимая толщина припоя 8 может быть достигнута путем создания в удерживающем элементе корпуса 2 электрода цилиндрического отверстия, диаметр которого на 0,05 мм больше внешнего диаметра эмиссионной вставки 3 цилиндрической формы, которая затем впаивается в удерживающий элемент. Что касается формы эмиссионной вставки 3, наиболее предпочтительной оказалась коническая форма отверстия для эмиссионной вставки 3 в корпусе 2 электрода, при этом эмиссионная вставка 3 должна иметь аналогичную коническую форму, расширяющуюся по направлению к передней части сопла 1. В случае соединений конической формы требуемая толщина паяного соединения была равномерной по всей поверхности соединения.

Сам процесс пайки при изготовлении образцов электродов 1 для проведения испытаний припоев выполнялся в индукционной вакуумной печи. В начале процесса был создан высокий вакуум с давлением около $5 \cdot 10^{-4}$ Па. После его достижения подлежащие пайке электроды 1 с эмиссионной вставкой 3 были нагреты до 400°C . После достижения указанной температуры была введена защитная атмосфера аргона, и давление было повышено до значения около 10 Па. Далее температура была повышена до значения, которое в каждом случае было на 20°C ниже, чем температура пайки используемого припойного сплава. Спустя некоторое время, необходимое для выравнивания температуры, электроды 1 в каждом случае были нагреты до соответствующей температуры пайки на период от 5 до 10 минут, что было достаточно для затекания припоя 8 между соединяемыми поверхностями. После этого температура была снижена в каждом случае до значения, которое было на 10°C ниже температуры пайки, и давление защитной атмосферы было повышено до 5000 Па. Такая температура и давление удерживались в течение 20 минут. В течение этого времени происходила диффузия полупластических фаз припойного сплава в полости между отдельными кристаллическими зёрнами вещества корпуса 2 электрода и эмиссионной вставки 3.

При последующих испытаниях образцов электродов 1 было установлено, что при достижении соединения корпуса электрода 2 и эмиссионной вставки 3 с высокой теплопроводностью и электропроводностью, существенной для срока службы электрода 1 является форма эмиссионной вставки 3, а именно отношение ее диаметра (в точке контакта с плазменной дугой) к ее длине. Электроды 1 с эмиссионной вставкой 3 из вольфрама, с прямым жидкостным охлаждением поверхности корпуса 2 электрода, имеют наибольший срок службы, когда отношение диаметра D эмиссионной вставки 3 к длине L эмиссионной вставки 3 составляет 1:1.

Ниже на отдельных примерах описаны наилучшие исполнения электродов 1 для плазменно-дуговой горелки, предусмотренных данным техническим решением.

Пример 1а

Электрод 1 для плазменной резки, рассчитанный на токовую нагрузку до 260 А, наглядно представлен на Фиг. 2а и состоит из полого медного корпуса 2 цилиндрической формы, на выходе 9 которого имеется эмиссионная вставка 3 из вольфрама. Эмиссионная вставка 3 закреплена в корпусе 2 электрода при помощи паяного соединения 4, образованного припоем 8, содержащим никель и состоящим из припойного сплава следующего состава: 64% (по массе) серебра Ag, 6% (по массе) индия In, 26% (по массе) меди Cu, 2% (по массе) марганца Mn и 2% (по массе) никеля Ni, обозначаемого $\text{Ag}_{64}\text{In}_{6}\text{Cu}_{26}\text{Mn}_{2}\text{Ni}_{2}$. Толщина слоя припоя 8 между медью и гафнием составляет от 0,01 до 0,02 мм. Вольфрамовая эмиссионная вставка имеет коническую форму с

диаметром D 2,8 мм и углом X конуса 10° . Длина вольфрамовой эмиссионной вставки 3 составляет 2,89 мм. При работе поверхность корпуса электрода прямо охлаждается жидкостной охлаждающей средой. На входе 10 электрода имеется контактная поверхность 7. Корпус 2 электрода имеет охлаждаемую поверхность 6.

5 Пример 1b

Электрод 1 для плазменной резки, рассчитанный на токовую нагрузку 300 А, наглядно представлен на Фиг. 2b и состоит из полого медного корпуса 2 цилиндрической формы, на выходе 9 которого имеется эмиссионная вставка 3 из вольфрама. Эмиссионная вставка 3 закреплена в корпусе 2 электрода при помощи паяного соединения 4, образованного припоем 8 такого же состава, как и в примере 2a. Толщина слоя припоя 8 между медью и вольфрамом составляет от 0,02 до 0,03 мм. Вольфрамовая эмиссионная вставка имеет цилиндрическую форму с диаметром 3 мм. Длина вольфрамовой эмиссионной вставки 3, которая в данном исполнении частично выдается внутрь полости в корпусе 1 электрода, а на другой стороне выступает за переднюю поверхность электрода 1, составляет 13,85 мм. Корпус 2 электрода имеет охлаждаемую поверхность 6. Кроме того, в данном исполнении эмиссионная вставка 3 прямо охлаждается жидкостной охлаждающей средой за счет наличия прямо охлаждаемой поверхности 5 эмиссионной вставки. На входе 10 электрода имеется контактная поверхность 7.

Список выносных обозначений:

- 20 1 электрод
 2 корпус электрода
 3 эмиссионная вставка
 4 паяное соединение
 5 прямо охлаждаемая поверхность эмиссионной вставки
 25 6 охлаждаемая поверхность электрода
 7 контактная поверхность
 8 припой
 9 выход электрода
 10 вход электрода
 30 D диаметр эмиссионной вставки
 L длина эмиссионной вставки
 X угол конуса эмиссионной вставки.

(57) Формула полезной модели

35 1. Электрод для плазменно-дуговой горелки, имеющий медный корпус (1) в сущности цилиндрической формы, один конец которого (в горелке - задний) подготовлен для его соединения с плазменно-дуговой горелкой, а на другом конце которого (в горелке - торцевом или переднем) имеется коаксиальное отверстие, в которое помещена эмиссионная вставка (3) из вольфрама, отличающийся тем, что эмиссионная вставка (3) из вольфрама соединена с корпусом (2) электрода слоем припоя (8) из сплава серебра Ag с содержанием индия In.

2. Электрод для плазменно-дуговой горелки по п. 1, отличающийся тем, что эмиссионная вставка (3) изготовлена из вольфрама, причем припойный сплав, используемый в качестве припоя (8), состоит из серебра Ag с содержанием индия In, меди Cu, марганца Mn и никеля Ni.

45 3. Электрод для плазменно-дуговой горелки по п. 2, отличающийся тем, что припойный сплав, используемый в качестве припоя (8), состоит из 64% (по массе) Ag, 6% (по массе) In, 26% (по массе) Cu, 2% (по массе) Mn и 2% (по массе) Ni.

4. Электрод для плазменно-дуговой горелки по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что толщина слоя припоя между корпусом (2) электрода и эмиссионной вставкой (3) из вольфрама составляет от 0,01 мм до 0,03 мм.

5. Электрод для плазменно-дуговой горелки по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что эмиссионная вставка (3) имеет коническую форму, расширяющуюся по направлению к передней части сопла (1).

6. Электрод для плазменно-дуговой горелки по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что эмиссионная вставка (3) частично выдается внутрь полости корпуса (2) электрода, и при этом часть эмиссионной вставки (3), выдающаяся внутрь полости корпуса (2) электрода, образует прямо охлаждаемую поверхность (5) эмиссионной вставки.

7. Электрод для плазменно-дуговой горелки по любому из пп. 1- 5, отличающийся тем, что эмиссионная вставка (3) имеет отношение диаметра D к длине L в диапазоне от 1:1 до 1:2,6.

15

20

25

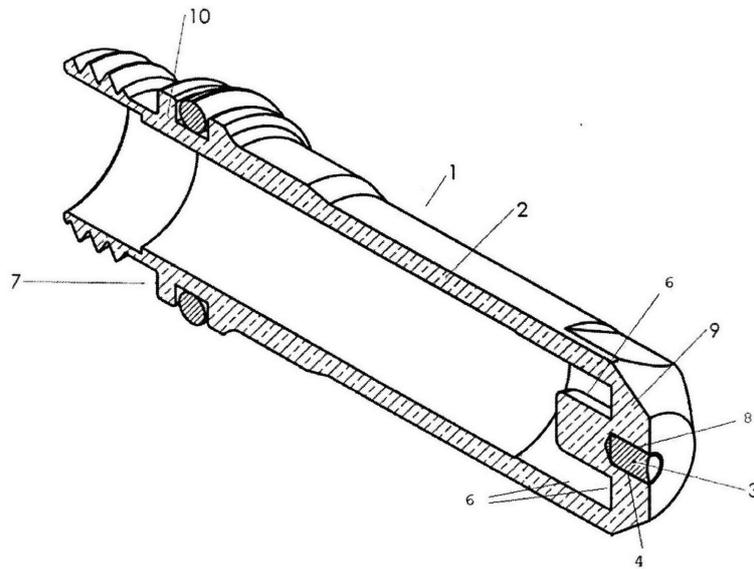
30

35

40

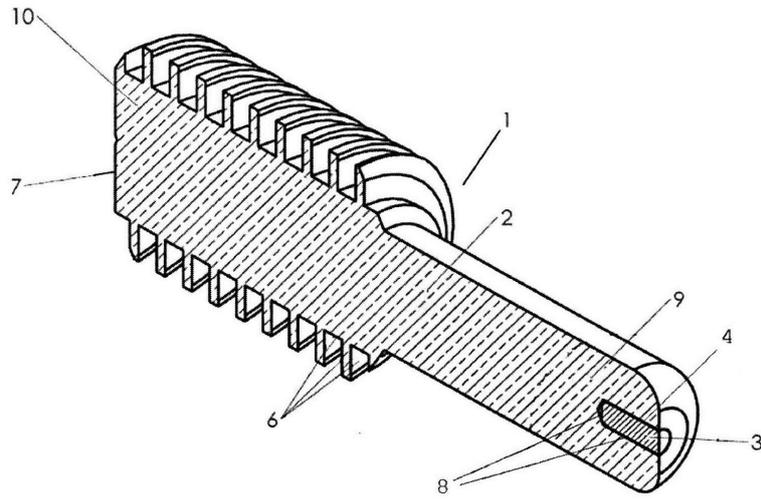
45

1

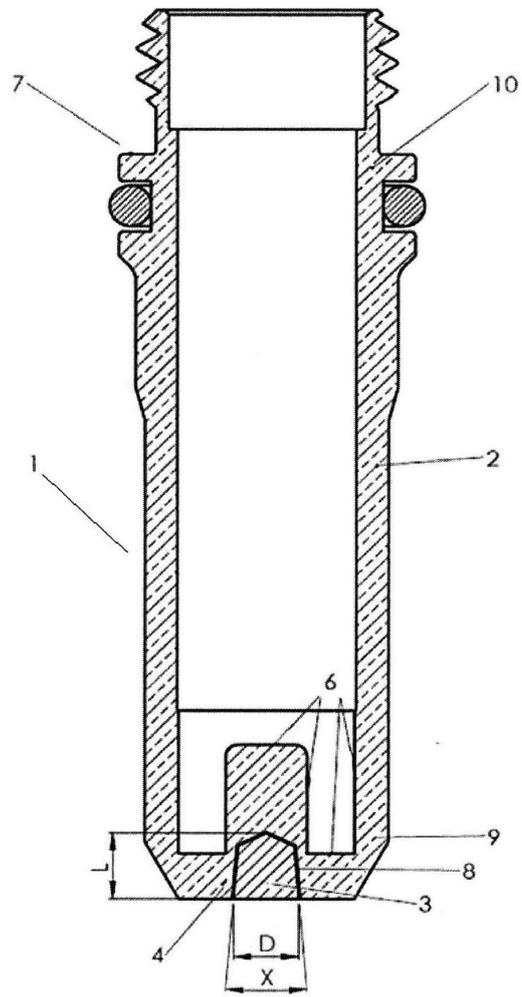


Фиг. 1а

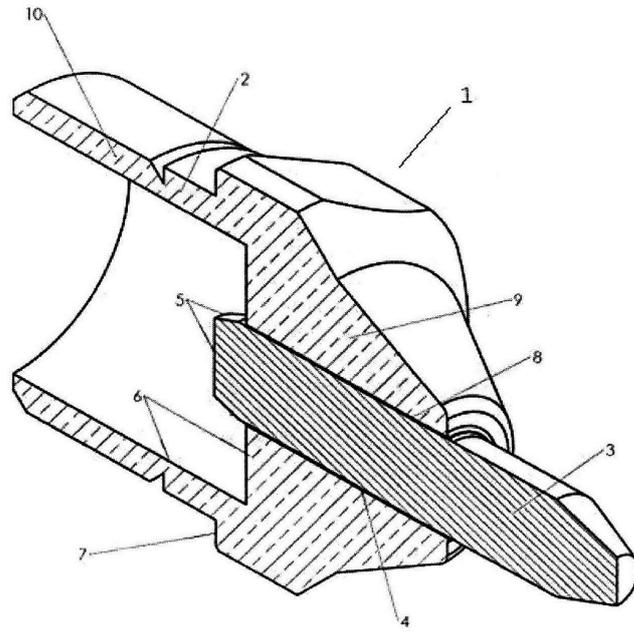
2



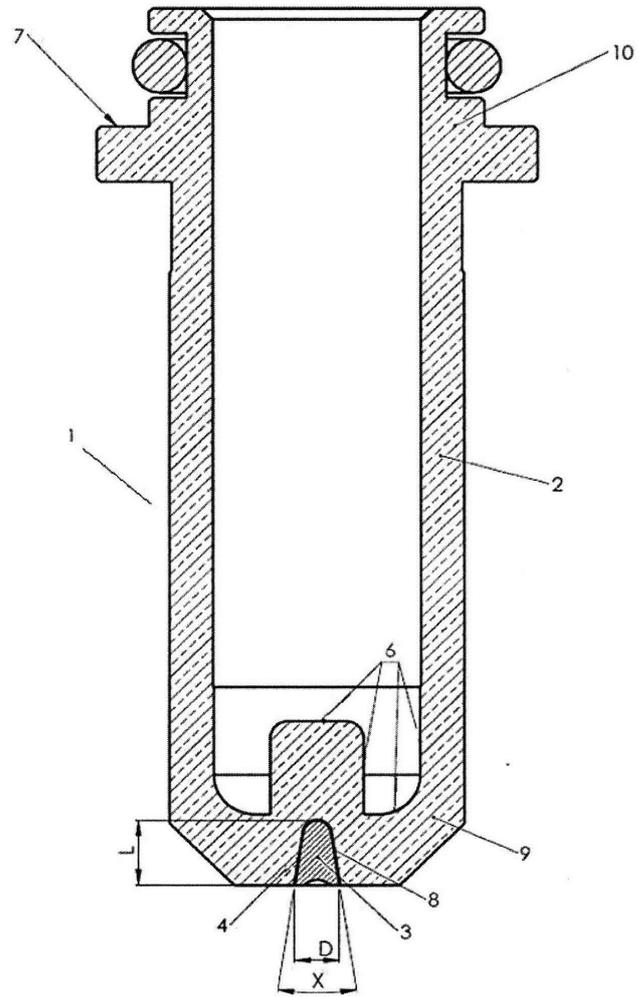
Фиг. 1б



Фиг. 2а



Фиг. 2б



Фиг. 3