

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040501**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- | | |
|--|---|
| (45) Дата публикации и выдачи патента
2022.06.10 | (51) Int. Cl. <i>B23K 9/12</i> (2006.01)
<i>B23K 9/26</i> (2006.01)
<i>B33Y 10/00</i> (2015.01)
<i>B23K 9/29</i> (2006.01)
<i>B33Y 30/00</i> (2015.01)
<i>B23K 9/04</i> (2006.01)
<i>G05B 19/4099</i> (2006.01) |
| (21) Номер заявки
201990015 | |
| (22) Дата подачи заявки
2017.03.17 | |

(54) **УЗЕЛ КОНТАКТНОГО НАКОНЕЧНИКА ДЛЯ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ
МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОДОМ В ИНЕРТНОМ ГАЗЕ**

- | | |
|---|---|
| (31) 15/206,149 | (56) EP-A1-2199005
US-A-2179108
WO-A1-2006133034
DE-A1-2949318 |
| (32) 2016.07.08 | |
| (33) US | |
| (43) 2019.07.31 | |
| (86) PCT/EP2017/056394 | |
| (87) WO 2018/007033 2018.01.11 | |
| (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НОРСК ТИТАНИУМ АС (NO) | |
| (72) Изобретатель:
Струкснес Кнут, Форсет Тронн,
Рамсланн Арне, Кристиансен Андре
(NO) | |
| (74) Представитель:
Хмара М.В., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Пантелеев А.С.,
Ильмер Е.Г., Осипов К.В. (RU) | |

-
- (57) Настоящее изобретение относится к узлу контактного наконечника, содержащему электрический контактный блок (200), содержащий контактный наконечник (215) с источником электрической энергии, в котором электрический контактный блок (200) расположен на расстоянии от выходного отверстия направляющего устройства (120).

B1

040501

**040501
B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к контактному наконечнику, предназначенному для электрического соединения и направления электродной проволоки при сварке металлическим электродом в инертном газе (т.н. MIG-сварка, от англ. metal inert gas welding).

Предшествующий уровень техники

Структурированные металлические детали, изготовленные из титана или титановых сплавов, обычно изготавливают литьем, ковкой или механической обработкой из заготовки. Эти способы имеют недостаток, заключающийся в высоком расходе материала дорогого металла титана и большом времени ввода в производство.

Физические объекты максимальной (теоретической, т.е. без пор) плотности могут быть изготовлены с помощью технологии изготовления, известной как быстрое прототипирование, быстрое изготовление, послойное изготовление, изготовление твердой произвольной формы (т.н. метод SFF, от англ. solid freeform fabrication), аддитивная технология, аддитивное изготовление или трехмерная печать. Этот способ использует программное обеспечение автоматизированного проектирования (САПР), чтобы сначала сконструировать виртуальную модель объекта, который должен быть изготовлен, а затем преобразовать виртуальную модель в тонкие параллельные элементы или слои, обычно горизонтально ориентированные. Физический объект может быть затем выполнен путем наложения последовательных слоев исходного (заготовочного) материала в виде жидкости, пасты, порошка или материала в другой форме, способной растекаться, намазываться, или в текучей форме, такой как расплавленный металл, например, от расплавленной электродной проволоки, или в предварительно сформованном виде, таком как листовой материал, напоминающий форму виртуальных слоев, до тех пор, пока не будет сформирован весь объект. Слои могут быть сплавлены вместе с образованием твердого плотного объекта.

Технология изготовления твердой произвольной формы представляет собой гибкий способ, позволяющий создавать объекты почти любой формы с относительно быстрыми скоростями производства, обычно от нескольких часов до нескольких дней для каждого объекта. Таким образом, указанный способ пригоден для формирования прототипов и небольших партий изделий и может быть масштабирован для производства большого объема.

Способ послойного изготовления может быть расширен с включением в него осаждения элементов конструкционного материала, т.е. каждый структурный слой виртуальной модели объекта разделен на набор элементов, которые при укладке рядом друг с другом образуют слой. Это позволяет формировать металлические объекты путем приваривания проволоки к подложке в последовательных полосах, формируя каждый слой согласно виртуальной послойной модели объекта, и повторяя процесс для каждого слоя до тех пор, пока не будет сформирован весь физический объект. Точность способа сварки обычно слишком грубая для того, чтобы можно было сразу сформировать объект с приемлемыми размерами. Таким образом, образованный объект обычно рассматривают как неготовый объект или как заготовку, которая должна быть подвергнута механической обработке для достижения приемлемой точности размеров.

В непатентном документе Тэмингер и Хэфли ("Электронно-лучевое изготовление произвольных форм для экономически эффективного производства форм, приближенных к чистовой", NATO/RTOAVT-139 Встреча специалистов по экономически эффективному производству посредством обработки чистовых форм, Амстердам, Нидерланды, 2006 (НАТО), с. 9-25 (Taminger and Hafley, "Electron Beam Freeform Fabrication for Cost Effective Near-Net Shape Manufacture", NATO/RTOAVT-139 Specialists' Meeting on Cost Effective Manufacture via Net Shape Processing, Amsterdam, the Netherlands, 2006 (NATO), р. 9-25)) раскрыты способ и устройство для изготовления конструкционных металлических деталей непосредственно на основании данных автоматизированного проектирования в сочетании с технологией электроннолучевого изготовления произвольной формы (EBF, от англ. electron beam freeform). Конструкционную деталь создают путем приваривания последовательными слоями металлической электродной проволоки, которую приваривают с помощью тепловой энергии, обеспечиваемой электронным лучом.

Способ EBF включает в себя плавление металлической проволоки в ванне расплава, полученной и поддерживаемой сфокусированным электронным лучом в среде высокого вакуума. Позиционирование электронного луча и электродной проволоки получают с использованием электронно-лучевой пушки и исполнительного элемента, поддерживающего подложку, шарнирно подвижную вдоль одной или нескольких осей (X, Y, Z и вращения), и регулируют положение электронно-лучевой пушки и опорной подложки с помощью системы управления движением по четырем осям. Указанный способ, как заявлено, обладает почти 100%-ной эффективностью по расходу материала и 95%-ной эффективностью по потреблению энергии. Способ может быть использован как для осаждения большого объема металла, так и для мелких детализированных осадений, причем техническим результатом способа заявлено значительное уменьшение времени ввода в производство и уменьшение затрат на материал и обработку по сравнению с обычным подходом обработки металлических деталей. Электроннолучевая технология имеет недостаток, заключающийся в том, что она зависит от высокого вакуума - 10^{-1} Па или меньше - в камере осаждения.

В урвне техники известно использование плазменной дуги для обеспечения тепла для сварки металлических материалов. Этот способ можно применять при атмосферном или более высоком давлении и, таким образом, можно использовать более простое и менее затратное технологическое оборудование. Один такой способ известен как дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде (GTAW, от англ. gas tungsten arc welding, также обозначаемая как TIG, от англ. tungsten inert gas welding), в которой между нерасходуемым вольфрамовым электродом и областью сварки образуется плазменная наплавляющая дуга. Плазменная дуга обычно защищена газом, подаваемым через плазменную горелку, с образованием защитной крышки вокруг дуги. Сварка TIG может включать в себя подачу металлической проволоки или металлического порошка в ванну расплава или плазменную дугу в качестве наполнителя.

Эбботом и др. (Abbott et al.) в патентном документе WO 2006/133034 (2006) раскрыт способ прямого осаждения металла с использованием лазерного/дугового гибридного процесса для изготовления сложных трехмерных форм, включающий в себя обеспечение подложки и нанесение первого слоя расплавленного металла на подложку из металлической заготовки с использованием лазерного излучения и электрической дуги. Электрическая дуга может быть обеспечена посредством дуговой сварки в газовой среде с использованием металлической заготовки в качестве электрода. Эбботом и др. утверждается, что использование лазерного излучения в сочетании с дуговой сваркой металлическим электродом в газовой среде стабилизирует дугу и якобы обеспечивает более высокие скорости обработки. Эббот и др. используют металлическую проволоку, направляемую направляющим устройством для проволоки и выходящую из него. Металл металлической проволоки расплавляют на конце и расплавленный металл осаждают путем размещения конца над точкой осаждения. Необходимое тепло для плавления металлической проволоки обеспечивается электрической дугой вместе с лазерным излучением. Сварка посредством плавления металлической проволоки, нагретой электрической дугой, известна как дуговая сварка металлическим электродом в газовой среде (GMAW, от англ. gas metal arc welding), которая в случае использования нереакционноспособных газов также обозначается как сварка металлическим электродом в инертном газе (MIG-сварка, от англ. metal inert gas).

Одним существенным параметром в MIG-сварке является расположение наконечника/концевого участка металлической проволоки над точкой осаждения с большой точностью, а также обеспечение стабильного и удовлетворительного электрического контакта с расходуемой проволокой для обеспечения возможности регулирования скорости плавления и, таким образом, скорости осаждения металлической проволоки на обрабатываемую деталь/подложку. Одно из решений этой проблемы раскрыто Вестбергом (Westberg) в патентном документе US 2179108 (1939). В указанном патентном документе раскрыто медное сопло с отверстием, из которого с регулируемой скоростью пропускают металлическую проволоку, которую в виде выпрямленной металлической проволоки подают из источника проволоки. Как медное сопло, так и обрабатываемая деталь электрически соединены с источником электропитания, задающим электрический потенциал между ними. Когда металлическая проволока проходит через медное сопло, она входит в контакт с соплом и, таким образом, электрически соединяется с источником электропитания. Когда конец (концевой участок) металлической проволоки достигает определенного расстояния выше области осаждения/сварки, электрический потенциал создает электрическую дугу, проходящую от точки конца металлической проволоки и вниз до области осаждения/сварки. Электрическая дуга расплавляет конец входящей металлической проволоки и тем самым осаждают расплавленный металлический материал на область осаждения/сварки.

Для обеспечения надежного прохождения проволоки из металла/металлической проволоки через отверстие/направляющий канал медного сопла необходимо иметь несколько больший диаметр отверстия, чем диаметр металлической проволоки. Относительно малый механический контакт между медным соплом и металлической проволокой приводит к проблемам, связанным с неприемлемым электрическим контактом между металлической проволокой и направляющим устройством для проволоки, что приводит к проблемам неустойчивых электрических дуг и электрических разрядов/искрения внутри отверстия, что, в свою очередь, локально расплавляет/отрывает части металлической проволоки и приводит к блокировке отверстия. Эти проблемы, как утверждается, решены Вестбергом за счет того, что концевой участок медного сопла, ближайший к месту осаждению, имеет форму полуцилиндра за счет удаления приблизительно половины стенки цилиндра, для того чтобы обеспечить прижатие металлической проволоки вниз к полуцилиндрическому направляющему каналу посредством подпружиненного роликового колеса и тем самым обеспечить увеличение площади электрического контакта между медным соплом и металлической проволокой. Аналогичное решение раскрыто Цильотто (Zigliotto) в патентном документе EP 1108491 (2001), в котором описан контактный наконечник для сварочных горелок для MIG-сварки, содержащий корпус, имеющий соединительные средства для крепления корпуса к сварочной горелке, и осевое отверстие для подачи проволоки, причем контактный наконечник снабжен V-образным пазом, который проходит от внешней стенки к оси, при этом осевое отверстие ведет к дну паза. Дно паза наклонено и отклоняется по направлению к оси, примыкаяющей к соплу. Контактный наконечник у Цильотто снабжен прижимающим средством, входящим внутрь паза для прижатия электродной проволоки к дну паза и стенкам, причем прижимающее средство состоит из пружины, входящей в паз и опирающейся на электродную проволоку, причем пружина содержит средство для соединения с корпусом наконечника.

Другое решение той же проблемы предложено Беднарзом и др. (Bednarz et al.) в патентном документе WO 2003/039800 (2003), в котором раскрыт контактный наконечник, предназначенный для электродуговой сварки с использованием металлической проволоки, содержащий корпус, который определяет канал, через который может проходить электрод, чтобы электрическому току от сварочного источника питания обеспечить возможность прохождения от корпуса к электроду. На участке длины канала между входным концом и выходным концом корпус имеет по меньшей мере одну область - первичную контактную область, в которой корпус выполнен с возможностью обеспечения первичного электрического контакта с электродом. Вдоль остальной части длины канала корпус выполнен таким образом, что любой вторичный контакт между корпусом и электродом вдоль остальной части по существу не замыкает первичный электрический контакт в области первичного контакта канала. В некоторых вариантах осуществления у Беднарза и др. участок канала/направляющего канала ниже корпуса/электрического контакта, прижатый к металлической проволоке, может иметь больший диаметр для облегчения прохождения металлической проволоки. Этот расположенный ниже по потоку участок направляющего канала также может быть электрически изолирован от основного корпуса контактного наконечника посредством вставления электроизолирующего цилиндрического материала, имеющего центральный канал.

Из опыта авторов изобретения следует, что существуют проблемы, связанные с забиванием направляющего канала вследствие искровой эрозии (непреднамеренные электрические разряды) между контактным наконечником и металлической проволокой, которая может приводить к образованию расплавленных капель металлического материала проволоки внутри направляющего канала, что может забивать канал или привести к отклонениям в расположении металлической проволоки. Также в данной области техники существует потребность в экономичном способе прямого осаждения металлов. Кроме того, в данной области существует потребность в способе повышения производительности и выхода продуктов прямого осаждения металлов.

Сущность изобретения

Задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы обеспечить узел контактного наконечника для MIG-сварки, который значительно смягчает проблемы, связанные с искровой эрозией внутри направляющего канала направляющего устройства контактного наконечника. Другая задача изобретения состоит в том, чтобы обеспечить способ быстрого многослойного изготовления металлических объектов, в частности объектов, содержащих Al, Cr, Cu, Fe, Hf, Sn, Mn, Mo, Ni, Nb, Si, Ta, Ti, V, W, Zr или их композиты, или сплавы. Примеры металлических объектов содержат титан или титановый сплав.

Настоящее изобретение направлено на удовлетворение потребности в улучшенном, экономичном способе осуществления прямого осаждения металла. Данное изобретение, кроме того, направлено на удовлетворение потребности в способе увеличения производительности и выхода готовых изделий, сформированных посредством прямого осаждения металла, которые не содержат искажений и имеют гладкие, хорошо определенные границы осаждения.

Изобретение основано на понимании того, что проблема, связанная с забиванием направляющего канала вследствие искрения или других причин, может быть значительно облегчена посредством электрического изолирования направляющего устройства от металлической проволоки и использования отдельного электрического контакта для подачи электрического тока к металлической проволоке. В системах, устройствах и способах, предложенных в настоящем документе, расходимый контактный наконечник является отдельным от направляющего устройства, а металлическую проволоку приводят в контакт с контактным наконечником после прохождения металлической проволоки через концевой участок направляющего устройства. Следует отметить, что хотя изобретение описывается в связи с использованием металлической проволоки, может использоваться любая проводящая структура, которая может быть направлена и расплавлена для осаждения материала, например может быть использован любой расходимый электрод подходящего размера и формы.

Как показано на фиг. 1А-7В, предусмотрен узел 100 контактного наконечника, который включает в себя направляющее устройство 120, имеющее продольную центральную ось А-А', первый конец 140 и противоположный второй конец 150, и центральный канал 130, проходящий вдоль продольной центральной оси направляющего устройства 120 от его первого конца 140 до его второго конца 150. Узел 100 контактного наконечника также может включать в себя электроизолирующую обшивку 160, которая находится внутри центрального канала 130 и которая проходит по меньшей мере от первого конца 140 до второго конца 150 направляющего устройства 120. Электроизолирующая обшивка 160 включает в себя направляющий канал 170, имеющий входное отверстие 145 на первом конце 140 и выходное отверстие 155 на втором конце 150 и проходящий через линейную электроизолирующую обшивку 160 вдоль продольной центральной оси А-А', а электроизолирующая обшивка 160 направляет металлическую проволоку 180, проходящую через линейный цилиндрический направляющий канал 170, от входного отверстия 145 в направлении выходного отверстия 155 и дальше от него. Узел 100 контактного наконечника также включает в себя электрический контактный блок 200, содержащий контактный наконечник 215, находящийся в электрическом контакте с источником электроэнергии. Электрический контактный блок 200 может быть расположен в вырезанном участке 115, который обнажает металлическую проволоку 180 для контактного наконечника 215 электрического контактного блока 200, как показано на фиг. 1А. Электриче-

ский контактный блок 200 может быть расположен на некотором расстоянии от выходного отверстия 155, как показано на фиг. 2, 3, 4А и 5. Узел может включать в себя узел 210 прижатия контактного элемента для прижатия контактного наконечника 215 электрического контактного элемента 200 к металлической проволоке 180, как показано на фиг. 1А, 2 и 3. Узел может включать в себя узел 190 прижатия проволоки для прижатия металлической проволоки 180 для образования контакта с контактным наконечником 215 электрического контактного элемента 200, как показано на фиг. 4А и 5. Узел может включать в себя узел 190 прижатия проволоки и узел 210 прижатия контактного элемента (не показан на фигурах).

Узел контактного наконечника может включать в себя нижнее отверстие 125 в нижней части направляющего устройства 120, как показано на фиг. 1В и 4В. Нижнее отверстие 125 позволяет пыли или кусочкам проволоки покидать направляющее устройство 120 до того, как они приблизятся к формируемой детали. Нижнее отверстие 125 может проходить до второго конца 150 с формированием канала. Направляющее устройство 120 может быть выполнено из Al, Cr, Cu, Fe, Hf, Sn, Mn, Mo, Ni, Nb, Si, Ta, Ti, V, W, Zr, или их композитов, или сплавов, или комбинаций. Приводимое в качестве примера направляющее устройство 120 может быть выполнено из титана или титанового сплава или может включать в себя титан или титановый сплав.

Контактный наконечник 215 может быть выполнен из меди, или медного сплава, или медного композита, или может включать в себя медь, или медный сплав, или медный композит. В некоторых вариантах осуществления контактный наконечник 215 включает в себя Cu/W композит.

Если направляющее устройство 120 включает в себя электроизолирующую обшивку 160, которая образует направляющий канал 170, на поверхность электроизолирующей обшивки 160 может быть нанесено покрытие 165, как показано на фиг. 6А-7В. Покрытие 165 обращено к металлической проволоке 180 при прохождении металлической проволоки 180 через направляющий канал 170. Узел контактного наконечника, предложенный в данном документе, также может включать в себя изолирующий наконечник 195 на поверхности узла 190 прижатия проволоки, который входит в контакт с металлической проволокой 180. Иллюстративный вариант осуществления показан на фиг. 4А и 4В.

Вариант системы, содержащей узел контактного наконечника, предложенный в данном документе, проиллюстрирован на фиг. 12. Электрический контактный блок 200 может включать в себя электрическое соединение 230, которое соединяет контактный наконечник 215 с источником питания, и изолирующий соединитель 240, который соединяет контактный наконечник 215 с опорой 220 контактного наконечника. Узел контактного наконечника также может включать в себя вырезанный участок 115, который обнажает металлическую проволоку 180 для контактного наконечника 215 электрического контактного блока 200.

Как показано на фиг. 12, узел контактного наконечника, предложенный в настоящем документе, также может включать в себя

опорный элемент 300, к которому для опоры могут быть подсоединены направляющее устройство 120 и электрический контактный блок;

источник 400 подачи металлической проволоки; и

раму 500, к которой может быть прикреплен опорный элемент 300.

Между всеми соединениями может присутствовать теплоизолирующий материал 310. На фиг. 12 показан теплоизолирующий материал 310 между опорным элементом 300 и направляющим устройством 120, а также между опорным элементом 300 и рамой 500. Узел контактного наконечника в общем расположен таким образом, что после прохождения металлической проволоки 180 через направляющее устройство 120 металлическую проволоку 180 помещают в плазменную дугу горелки с плазменной наплавляющей дугой (РТА, от англ. plasma transfer arc) над точкой осаждения обрабатываемой детали. В узле контактного наконечника, предусмотренном в настоящем документе, контактный наконечник 215 может быть пространственно изолирован от горелки РТА.

Также предложены способы подачи электрического тока на металлическую проволоку во время изготовления трехмерного объекта из металлического материала в процессе изготовления твердой произвольной формы. Способы включают в себя

подачу металлической проволоки через направляющее устройство;

обеспечение контактного наконечника, отдельного от направляющего устройства; и

приведение в контакт металлической проволоки с контактным наконечником после прохождения металлической проволоки через концевой участок направляющего устройства.

Также предложены способы изготовления трехмерного объекта из металлического материала посредством изготовления твердой произвольной формы. Способы включают в себя

осаждение последовательных слоев металлического материала на базовый материал,

причем каждый последующий осажденный слой получают путем подачи металлической проволоки через направляющее устройство в электрический контактный блок, выполненный с возможностью приведения металлической проволоки в контакт с контактным наконечником за концом направляющего устройства;

использование сварочной горелки с плазменной дугой (горелки PAW, от англ. plasma arc welding) для нагрева и плавления проволоки таким образом, чтобы расплавленный металлический материал сте-

кал каплями на предварительно нагретую область базового материала; и

перемещение базового материала и/или горелки PAW в заданной конфигурации таким образом, чтобы последовательные осажденные слои расплавленного металлического материала затвердевали и образовывали трехмерный объект.

Опционально вторая горелка PAW может быть использована для предварительного нагрева базового материала в положении, в котором должен быть осажден металлический материал. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере часть базового материала расплавляют во время предварительного нагрева, для того чтобы сделать базовый материал более восприимчивым. Предварительный нагрев способствует сплавлению между базовым материалом и расплавленным металлическим материалом путем заглупления расплава в базовый материал. В некоторых вариантах осуществления достаточное количество тепла прикладывают во время предварительного нагрева, чтобы сформировать ванну расплава в базовом материале, где должен быть осажден металлический материал. Металлическая проволока может быть любой формы. Металлическая проволока может быть выполнена из или содержать Al, Cr, Cu, Fe, Hf, Sn, Mn, Mo, Ni, Nb, Si, Ta, Ti, V, W, Zr, или их композиты, или сплавы. В некоторых вариантах осуществления металлическая проволока представляет собой проволоку, которая содержит Ti или сплав Ti.

Также предложены системы для изготовления трехмерного объекта из металлического материала путем изготовления твердой произвольной формы. Системы могут включать в себя

направляющее устройство для направления металлической проволоки в положение над базовым материалом;

контактный наконечник, выполненный с возможностью приведения в контакт с металлической проволокой за концом направляющего устройства;

сварочную горелку для наплавания проволоки на базовый материал; и

компьютерную модель предмета, который должен быть сформирован для определения профиля осаждения таким образом, что физический объект создают путем сплавления последовательных осажденных слоев расплавленной проволоки на базовом материале.

Системы могут дополнительно включать в себя приводной лоток, который перемещает базовый материал относительно, по меньшей мере, сварочной горелки. Системы также могут включать в себя приводной рычаг, который перемещает сварочную горелку. Кроме того, может быть также использована вторая сварочная горелка для предварительного нагрева базового материала в месте, в котором расплавляется проволока. Вторую сварочную горелку можно также перемещать с помощью привода.

Дополнительные признаки и преимущества изобретения будут изложены в нижеследующем описании и частично будут очевидны из описания или могут быть поняты при практическом применении изобретения. Цели и другие преимущества изобретения будут достигнуты и реализованы посредством конструкции, подробно изложенной в описании и формуле изобретения, а также на приложенных чертежах.

Следует понимать, что как предшествующее раскрытие сущности изобретения, так и последующее подробное описание вариантов осуществления изобретения являются иллюстративными и предназначены для обеспечения дополнительного объяснения заявленного изобретения.

Перечень фигур

Прилагаемые чертежи, которые приведены для дополнительного разъяснения изобретения, включены в данное описание и составляют часть этого описания, иллюстрируют варианты осуществления изобретения и вместе с описанием служат для объяснения принципов изобретения. Для ясности чертежи показаны не в масштабе и некоторые компоненты опущены.

Фиг. 1А представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид сбоку в разрезе варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, показывающий положение вырезанного участка 115 на верхней части направляющего устройства 120, который может вмещать часть электрического контактного элемента 200. В показанном варианте осуществления вырезанный участок 115 не доходит до конца направляющего устройства 120, оканчиваясь дистальным расширением 110 верхней части.

Фиг. 1В представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид снизу варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, показывающий нижнее отверстие 125, которое позволяет пыли или частям проволоки выходить из направляющего устройства 120, до того как они приблизятся к формируемой детали.

Фиг. 2 представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид сбоку в разрезе варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, показывающий положение вырезанного участка 115 на верхней части направляющего устройства 120, который может вмещать часть электрического контактного элемента 200. В показанном варианте осуществления вырезанный участок 115 проходит до конца направляющего устройства 120.

Фиг. 3 представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид сбоку в разрезе варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, показывающий положение вырезанного участка 115 на верхней части направляющего устройства 120, который может вмещать часть электрического контактного элемента 200. Вырезанный участок 115 проходит до конца направляющего устройства 120, а электроизолирующая обшивка 160 проходит за пределы направляющего уст-

ройства 120.

Фиг. 4А представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид сбоку в разрезе варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, содержащего узел 190 прижатия проволоки под металлической проволокой 180 и расположенного под электрическим контактным элементом 200. В показанном варианте осуществления вырезанный участок 115 проходит до конца направляющего устройства 120, а электроизолирующая обшивка 160 проходит за пределы направляющего устройства 120.

Фиг. 4В представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид снизу варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, показывающий нижнее отверстие 125, которое позволяет пыли или частям проволоки выходить из направляющего устройства 120, до того как они приблизятся к формируемой детали. В показанном варианте осуществления нижнее отверстие 125 проходит до второго конца 150 направляющего устройства 120.

Фиг. 5 представляет собой схематичный чертеж, показывающий вид сбоку в разрезе варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника, содержащего узел 190 прижатия проволоки под металлической проволокой 180 и расположенного под электрическим контактным элементом 200. В показанном варианте осуществления электроизолирующая обшивка 160 проходит за пределы направляющего устройства 120.

Фиг. 6А и 6В представляют собой схематичные чертежи, показывающие вид спереди в поперечном разрезе вариантов осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника. На фиг. 6А поперечное сечение электроизолирующей обшивки 160 и направляющего устройства 120 является круглым. На фиг. 6В поперечное сечение электроизолирующей обшивки 160 является квадратным, а направляющего устройства 120 - круглым. На фиг. 6А и 6В показано положение опционального покрытия 165 на электроизолирующей обшивке 160.

Фиг. 7А и 7В представляют собой схематичные чертежи, показывающие вид спереди в поперечном разрезе вариантов осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника. На фиг. 7А поперечное сечение электроизолирующей обшивки 160 и направляющего устройства 120 являются квадратными. На фиг. 7В поперечное сечение электроизолирующей обшивки 160 является круглым, а направляющего устройства 120 - квадратным. На фиг. 7А и 7В показано положение опционального покрытия 165 на электроизолирующей обшивке 160.

Фиг. 8 представляет собой чертеж, показывающий вид сбоку варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника.

Фиг. 9 представляет собой чертеж, показывающий вид сверху варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника.

Фиг. 10 представляет собой чертеж, показывающий вид снизу варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника.

Фиг. 11 представляет собой чертеж, показывающий вид спереди варианта осуществления направляющего устройства 120 узла 100 контактного наконечника.

Фиг. 12 представляет собой чертеж, показывающий вид сбоку варианта осуществления системы, содержащей узел 100 контактного наконечника, раскрытый в данном документе.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

А. Определения.

Если не указано иное, все технические и научные термины, используемые в данном описании, имеют то же значение, которое обычно имеют ввиду специалисты из области техники, к которой относятся изобретения. Все патенты, патентные заявки, опубликованные заявки и публикации, веб-сайты и другие опубликованные материалы, упоминаемые во всем настоящем описании, если не указано иное, в полном объеме включены в настоящую заявку посредством ссылки. В случае когда имеется множество определений для терминов, представленные в данном разделе преваляют. Если делается ссылка на URL или другой такой идентификатор или адрес, понятно, что такие идентификаторы могут изменяться, и конкретная информация в сети Интернет может появиться и исчезнуть, однако путем поиска в сети Интернет может быть найдена эквивалентная информация. Ссылка на них свидетельствует о доступности и общественной распространенности такой информации.

Используемые в настоящем документе формы единственного числа включают в себя также варианты множественного числа, если контекст четко не диктует иное.

Используемые в настоящем документе термины "первый", "второй", "третий" и т.д. могут использоваться в настоящем документе для описания различных элементов, компонентов, областей, слоев и/или участков, и эти элементы, компоненты, области, слои и/или участки не следует ограничивать этими терминами. Эти термины могут использоваться только для различения одного элемента, компонента, области, слоя или участка от другой области, слоя или участка. Термины, такие как "первый", "второй", и другие численные термины при использовании в данном описании не подразумевают последовательность или порядок, если это четко не указано в контексте. Таким образом, первый элемент, компонент, область, слой или участок, как описано ниже, можно назвать вторым элементом, компонентом, областью, слоем или участком без отклонения от раскрытых вариантов осуществления изобретения.

В данном описании диапазоны и количества могут быть выражены как "приблизительно" конкретное значение или диапазон. "Приблизительно" также включает в себя точное количество. Следовательно, "приблизительно 5 процентов" означает "приблизительно 5 процентов", а также "5 процентов". "Приблизительно" означает в пределах обычной экспериментальной погрешности для предназначающегося применения или цели.

Используемый в настоящем документе термин "опциональный" или "опционально" означает, что описанное далее событие или обстоятельство может быть, а может и не быть и что описание включает в себя случаи, когда событие или обстоятельство происходит, и случаи, когда оно не имеет места. Например, опциональный компонент в системе означает, что компонент может присутствовать или может отсутствовать в системе.

Используемый в настоящем документе термин "комбинация" относится к любой ассоциации между двумя элементами или среди более чем двух элементов. Ассоциация может быть пространственной или относиться к использованию двух или более элементов для общей цели.

Термины "сварочная горелка с плазменной наплавляющей дугой" или "горелка РТА", используемые в настоящем документе взаимозаменяемо, относятся к любому устройству, способному нагревать и переводить поток инертного газа в плазму посредством электрического дугового разряда, и затем переносить поток плазмообразующего газа, содержащего электрическую дугу, через отверстие (например, сопло) для образования суженной струи, которая выходит из отверстия и передает интенсивное тепло плазменной дуги в целевую область. Электрод и целевая область могут быть электрически соединены с источником питания таким образом, что электрод горелки РТА становится катодом, а целевая область становится анодом. Это гарантирует, что струя плазмы, содержащая электрическую дугу, обеспечивает подачу высококонцентрированного теплового потока к малой площади поверхности целевой области с превосходным управлением поверхностной протяженностью и величиной теплового потока, подаваемого из горелки РТА. Горелка с плазменной наплавляющей дугой имеет преимущество обеспечения стабильных и согласованных дуг с малым блужданием и хорошей переносимостью отклонений длины между катодом и анодом. Таким образом, горелка РТА является подходящей как для формирующего нагрева базового материала, например, чтобы расплавить по меньшей мере его часть или образовать ванну расплава в базовом материале, а также для нагрева и плавления подаваемой металлической проволоки. Горелка РТА может преимущественным образом иметь электрод, содержащий вольфрам, и сопло, содержащее медь. Однако изобретение не связано с каким-либо конкретным выбором или типом горелки РТА. Может использоваться любое известное или мыслимое устройство, способное функционировать как горелка РТА, обеспечивающая стабильный источник тепла для плавления металлической электродной проволоки.

Используемый в настоящем документе термин "сварочная горелка с плазменной дугой", или "горелка PAW", относится к сварочной горелке, которая может быть использована в плазменной дуговой сварке. Горелка выполнена таким образом, что газ может быть нагрет до высокой температуры с образованием плазмы и стать электропроводящим, затем плазма передает электрическую дугу к обрабатываемой детали и интенсивное тепло дуги может плавить металл и/или сплавлять два куска металла друг с другом. Плазменная горелка может включать в себя сопло для сужения дуги, увеличивая тем самым плотность энергии дуги. Плазмообразующий газ обычно представляет собой аргон. Плазмообразующий газ может подаваться вдоль электрода и ионизироваться и ускоряться вблизи катода. Дуга может быть направлена к обрабатываемой детали и является более стабильной, чем дуга свободного горения (например, в горелке TIG). Горелка PAW также обычно имеет внешнее сопло для подачи защитного газа. Защитный газ может представлять собой аргон, гелий или их комбинации, причем защитный газ способствует минимизации окисления расплавленного металла. Обычно ток составляет до 400 А, а напряжение - от 25 до 35 В (примерно до 14 кВт). Горелки PAW включают в себя горелки с плазменной наплавляющей дугой.

Термин "металлический материал", используемый в настоящем документе, относится к любому известному или мыслимому металлу или металлическому сплаву, который может быть сформован в проволоку и использован в процессе изготовления твердой произвольной формы для формирования трехмерного объекта. Примеры подходящих материалов включают следующие, но не ограничиваются только ими: титан и сплавы титана, такие как сплавы Ti-6Al-4V, никель и сплавы никеля, и другие металлы или их сплавы.

Термин "базовый материал", как он использован в настоящем документе, относится к целевому материалу, на который должен быть нанесен металлический материал. Базовым материалом является удерживающая подложка при осаждении первого слоя металлического материала. После нанесения одного или нескольких слоев металлического материала на удерживающую подложку, базовым материалом будет верхний слой осажденного металлического материала, на который должен быть осажден новый слой металлического материала.

Термин "удерживающая подложка", используемый в настоящем документе, относится к целевой подложке, которую сначала загружают в камеры и на которую затем осаждают дополнительный материал, такой же или отличный от материала удерживающей подложки, с использованием технологии изго-

товления твердой произвольной формы SFFF (от англ. solid free form fabrication) для формирования обрабатываемой детали. В приводимых в качестве примера вариантах осуществления изобретения удерживающая подложка представляет собой плоский лист. В альтернативных вариантах осуществления удерживающая подложка может быть штампованной деталью. В альтернативных вариантах осуществления изобретения удерживающая подложка может представлять собой объект, на который должен быть нанесен дополнительный материал. В примерных вариантах осуществления удерживающая подложка может стать частью обрабатываемой детали. Материал для удерживающей подложки может представлять собой металл или металлический сплав. В примерных вариантах осуществления удерживающая подложка изготовлена из того же металла, что и подаваемый материал проволоки.

Используемый в настоящем документе термин "обрабатываемая деталь" относится к металлическому телу, изготовленному с использованием процесса изготовления твердой произвольной формы.

Термины "модель, спроектированная с помощью компьютера" или "модель САПР", используемые в настоящем документе взаимозаменяемо, относятся к любому известному или мыслимому виртуальному трехмерному представлению объекта, которое должно быть сформировано и которое может быть использовано в системе управления устройством согласно второму аспекту изобретения: для регулирования положения и перемещения удерживающей подложки и для эксплуатации сварочной горелки со встроенным устройством подачи проволоки таким образом, что создается физический объект сплавлением последовательных осажденных слоев металлического материала на удерживающей подложке в виде рисунка, который приводит к созданию физического объекта в соответствии с виртуальной трехмерной моделью объекта. Это может быть, например, получено путем формирования виртуальной векторной слоевой модели трехмерного объекта путем первого разделения виртуальной трехмерной модели на набор виртуальных параллельных горизонтальных слоев и затем разделения каждого из параллельных слоев на набор виртуальных квазиодномерных элементов. Затем физический объект может быть сформирован посредством вовлечения системы управления для осаждения и сплавления ряда квазиодномерных частей подаваемого металлического материала на опорной подложке по шаблону в соответствии с первым слоем виртуальной векторной слоевой модели объекта. Затем повторяют последовательность для второго слоя объекта посредством осаждения и сплавления ряда квазиодномерных частей свариваемого материала на предыдущем осажденном слое по шаблону в соответствии со вторым слоем виртуальной векторной слоевой модели объекта. Осаждение продолжают на основе повторения процесса осаждения и сплавления слоев слой за слоем для каждого последующего слоя виртуальной векторной слоевой модели объекта до тех пор, пока не будет сформирован весь объект.

Однако изобретение не связано с какой-либо конкретной моделью САПР и/или компьютерным программным обеспечением для управления системой управления устройства согласно изобретению и не связано с каким-либо конкретным типом системы управления. Может быть использована любая известная или возможная система управления (модель САПР, система или программное обеспечение автоматизированного (компьютеризированного) производства (САМ, от англ. computer-aided manufacture), компьютерное программное обеспечение, аппаратные средства компьютера, исполнительные устройства и т.д.), годная для построения металлических трехмерных объектов путем изготовления твердой произвольной формы. В примерных вариантах осуществления система управления может быть настроена так, чтобы отдельно управлять первой горелкой PAW для предварительного нагрева базового материала и второй горелкой PAW для плавления подаваемой проволоки из металлического материала на предварительно нагретой области базового материала. Первая горелка PAW может предварительно нагревать базовый материал так, чтобы он был восприимчив к расплавленным каплям расплавленной металлической проволоки, т.е. расплавленного металлического материала, в месте, в котором должен быть осажден расплавленный металлический материал. В некоторых вариантах осуществления предварительный нагрев не расплавляет базовый материал. В альтернативных вариантах осуществления по меньшей мере часть базового материала расплавляется первой горелкой PAW, для того чтобы сделать базовый материал более восприимчивым. В некоторых вариантах осуществления достаточное количество тепла прикладывают с помощью первой горелки PAW с образованием ванны расплава в базовом материале в месте, в котором должен быть осажден металлический материал.

Позиционирование базового материала и любой одной или нескольких горелок PAW может быть выполнено с использованием одного или нескольких исполнительных механизмов. В приводимых в качестве примера вариантах осуществления базовый материал может быть передислоцирован или перемещен с использованием приводного лотка, на котором располагается базовый материал. Приводной лоток может перемещать базовый материал в любом направлении. В примерных вариантах осуществления приводной лоток может быть установлен на направляющей или рельсовой системе и способен перемещать базовый материал в любом требуемом направлении. Альтернативно приводной лоток может эксплуатироваться с использованием механической или роботизированной руки (манипулятора). Исполнительный механизм может также работать с использованием гидропривода. Аналогичным образом, одна или несколько горелок PAW могут быть перемещены с использованием одного или нескольких исполнительных механизмов. Например, каждая из одной или нескольких горелок PAW может быть прикреплена к независимо управляемому приводному рычагу, такому как роботизированная или механическая рука.

Также могут быть реализованы другие типы механизмов для приводного рычага, такие как, например, рельсовые или направляющие системы. Исполнительные механизмы также могут работать с использованием гидропривода. В примерных вариантах осуществления, в которых используются две или более горелки PAW, каждая горелка PAW может перемещаться независимо. В альтернативном варианте осуществления с использованием двух или более горелок PAW положение двух или более горелок PAW может быть фиксированным относительно друг друга, и один или более приводных рычагов может перемещать две или более горелки PAW одновременно. В приводимых в качестве примера вариантах осуществления приводной лоток является единственным задействованным исполнительным механизмом, поддерживающим одну или несколько горелок PAW в фиксированном положении во время осаждения. В альтернативных вариантах осуществления приводной лоток перемещает базовый материал только в двух направлениях в одной плоскости, в то время как один или несколько приводных рычагов перемещают одну или несколько PAW-горелок только в одном направлении, например перпендикулярно плоскости, в которой перемещается приводной лоток. Противоположное также может быть справедливым, когда один или несколько приводных рычагов перемещают одну или несколько PAW-горелок в двух направлениях в плоскости, в то время как приводной лоток перемещает базовый материал вдоль одного направления. В альтернативных вариантах осуществления базовый материал поддерживается в фиксированном положении во время осаждения, и один или несколько приводных рычагов используются для перемещения одной или нескольких горелок PAW. В еще одном альтернативном варианте осуществления изобретения приводной лоток и один или несколько приводных рычагов используются для перемещения базового материала и одной или нескольких горелок PAW.

В. Узел контактного наконечника.

Предложены системы и способы для изготовления металлических тел, имеющих форму, близкую к чистовой, с использованием технологии изготовления твердой произвольной формы, системы и способы, использующие узел контактного наконечника, которые значительно смягчают проблемы, связанные с искровой эрозией внутри направляющего канала направляющего устройства. Наросты внутри направляющего канала, вызванные искрообразованием, могут привести к произвольному электрическому соединению и физическому перемещению внутри направляющего канала и могут привести к отложениям внутри направляющего канала, которые могут мешать или предотвращать перемещение металлической проволоки через направляющее устройство. Изобретатели определили, что проблема забивания направляющего канала из-за искрения или других причин или отклонения металлической проволоки из-за деформаций в направляющем канале вследствие наростов, вызванных искрением, может быть значительно смягчена путем электрического изолирования направляющего устройства от металлической проволоки и использования отдельного электрического контакта для подачи электрического тока в металлическую проволоку. В системах, устройствах и способах, представленных в настоящем документе, расходимый контактный наконечник является отдельным от направляющего устройства, и металлическую проволоку приводят в контакт с контактным наконечником после того, как металлическая проволока пройдет через концевой участок направляющего устройства.

Узел контактного наконечника, предусмотренный в данном документе, включает в себя направляющее устройство, источник подачи металлической проволоки, который обеспечивает подачу металлической проволоки в направляющее устройство, и электрический контактный элемент, который электрически соединяет проволоку с источником электропитания.

Направляющее устройство электрически изолировано от металлической проволоки, и отдельный электрический контактный блок подает электрический ток на металлическую проволоку через контактный наконечник электрического контактного блока. Направляющее устройство может быть выполнено из любого материала, совместимого с плазменной дуговой сваркой. В некоторых вариантах осуществления направляющее устройство выполнено из или содержит титан или титановый сплав, содержащий Ti в комбинации с одним или комбинацией элементов Al, V, Sn, Zr, Mo, Nb, Cr, W, Si и Mn. Например, примеры титановых сплавов включают в себя Ti-6Al-4V, Ti-6Al-6V-2Sn, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo, Ti-45Al-2Nb-Cr, Ti-47Al-2Nb-2Cr, Ti-47Al-2W-0,5Si, Ti-47Al-2Nb-1Mn-0,5W-0,5Mo-0,2Si и Ti-48Al-2Nb-0,7Cr-0,3Si.

Контактный наконечник выполнен из или содержит медь или медный сплав. Медный сплав может содержать любую медь стандарта ASTM из классов от II до X. Медный сплав может содержать медь в сочетании с любым из следующих элементов: Ag, Al, Be, Bo, Cr, In, Mg, Ni, Sn, Sr, W, Zn, Zr или их комбинации. Например, контактный наконечник может включать спеченный композит W и Cu или сплав Cu и W. В примерных вариантах осуществления контактный наконечник может иметь изогнутую или полуизогнутую поверхность в месте, где он контактирует с проволокой. Размеры изогнутой или полуизогнутой поверхности могут быть надлежащим образом подобраны для размещения проволоки, подлежащей контактированию. Например, для проволоки диаметром около 1,6 мм, контактный наконечник может иметь изогнутую или вогнутую поверхность, имеющую диаметр приблизительно 1,8 мм. Кроме того, площадь поверхности контактного наконечника может быть достаточно большой, чтобы избежать перегрева, вызванного переносом тока. В примерных вариантах осуществления ширина или толщина контактного наконечника может находиться в диапазоне от приблизительно 1 мм до приблизительно 10 мм.

Примерный вариант осуществления системы, содержащей узел контактного наконечника, пред-

ставленный в настоящем документе, показан на фиг. 12. В примерной системе, изображенной на фиг. 12, узел контактного наконечника включает в себя направляющее устройство 120 и электрический контактный блок 200, расположенный над направляющим устройством 120. Электрический контактный блок 200 содержит сменный контактный наконечник 215 (не показан на фигуре) и электрическое соединение 230 для соединения контактного наконечника 215 с источником питания, например источником питания постоянного тока. Электрический контактный блок 200 может включать в себя узел 210 прижатия контактного наконечника, который может прикладывать направленное вниз давление к опоре 220 контактного наконечника, чтобы прижать контактный наконечник 215 для вхождения в контакт с металлической проволокой 180. Направленное вниз давление для удержания контактного наконечника 215 в контакте с металлической проволокой 180 может быть достигнуто, например, с использованием пружины, гидропривода, пневматических исполнительных элементов, механизированных винтов, моторизованного поршневого узла или любой их комбинации. Когда опора 220 контактного наконечника прижимает контактный наконечник 215 для вхождения в контакт с металлической проволокой 180, электрический контур с РТА-горелкой 600 может быть завершен.

Направляющее устройство 120 и электрический контактный блок 200 показаны соединенными с опорным элементом 300. Направляющее устройство 120 и электрический контактный блок 200 термически изолированы от опорного элемента 300 путем включения теплоизолирующего материала 310 между точками контакта. Опорный элемент 300 показан прикрепленным к раме 500. Следует понимать, что опорный элемент 300 и рама 500 показаны исключительно для иллюстрации. Также могут быть использованы и другие опорные конструкции. Источник 400 подачи металлической проволоки, также электрически изолированный, подает металлическую проволоку 180 к одному концу направляющего устройства 120. Металлическая проволока 180 проходит через направляющее устройство 120 и выходит из другого конца направляющего устройства 120, на котором она расположена в плазменной дуге выше точки осаждения обрабатываемой детали. В представленной в настоящем документе примерной конфигурации имеется одна точка контакта между металлической проволокой и контактным наконечником электрического контактного блока. Это позволяет поддерживать стабильную точку контакта. Это также способствует стабильному предварительному резистивному нагреву металлической проволоки перед вхождением в контакт с дугой и плавлением.

Направляющее устройство 120 может иметь любую форму, если оно выполнено с возможностью приема металлической проволоки 180 и обеспечения возможности прохождения металлической проволоки 180 через направляющее устройство 120 без препятствий. Примерное направляющее устройство 120 показано подробно на фиг. 8-11. Как показано на фиг. 8, направляющее устройство 120 может иметь в целом цилиндрическую форму для размещения металлической проволоки 180, т.е. проволоки по существу с круглым поперечным сечением. Форма внешней части направляющего устройства 120 может иметь поперечное сечение, которое является круглым, овальным, эллиптическим или многоугольным, например квадратным, треугольным, прямоугольным, пятиугольным, шестиугольным, восьмиугольным или любой их комбинацией. На фиг. 6А и 6В поперечное сечение направляющего устройства 120 показано круглым. На фиг. 7А и 7В поперечное сечение направляющего устройства 120 показано в виде квадрата.

В примерном варианте осуществления направляющее устройство 120 может охлаждаться текучей средой. Например, направляющее устройство может быть выполнено таким образом, чтобы оно включало в себя внутренний путь потока текучей среды через направляющее устройство. Текучая среда может представлять собой любую подходящую текучую среду, такую как вода, спирт C₁-C₅, полиальфаолефин, алкиленгликоль, например этиленгликоль, пропиленгликоль, или их смеси. В некоторых вариантах осуществления охлаждающая текучая среда представляет собой воду, смесь воды и пропиленгликоля или смесь воды и этиленгликоля. Охлаждающая текучая среда может включать в себя добавки, например соли, ингибиторы коррозии, регуляторы pH или их комбинации.

Направляющее устройство может содержать выступы с внешней поверхности, чтобы выровнять направляющее устройство или чтобы обеспечить возможность крепления направляющего устройства к опоре или к другим элементам. Как показано на фиг. 8, на которой показан вид сбоку направляющего устройства 120, направляющее устройство 120 может включать в себя крепежные выступы 122 и 124 для присоединения направляющего устройства 120 к опорному элементу 300 (как показано на фиг. 12). Крепежные выступы 122 и 124 могут быть выполнены с резьбой для размещения болта или винта, который может быть использован для прикрепления направляющего устройства 120 к опорному элементу 300. Направляющее устройство 120 может содержать выступ 127, который может входить в зацепление с и/или направлять положение электрического контактного блока 200.

Как показано на фиг. 8, направляющее устройство 120 может включать в себя вырезанный участок 115 в верхней части направляющего устройства 120, который может вмещать часть конца электрического контактного блока 200. Вырезанный участок 115 приводит к образованию вырезанной первой стенки 111, которая содержит вырезанное входное отверстие 112, и вырезанной второй стенки 114, которая содержит вырезанное выходное отверстие 113. Металлическая проволока 180 входит в вырезанный участок 115 через вырезанное входное отверстие 112, выходит из вырезанного участка 115 через вырезанное выходное отверстие 113 и в конце концов выходит из направляющего устройства 120 через вы-

ходное отверстие 155.

На фиг. 9 показан вид сверху направляющего устройства 120. Как показано на фигуре, направляющее устройство 120 может включать в себя нижнее отверстие 125 под вырезанным участком 115. Нижнее отверстие 125 позволяет любой пыли или частицам металлической проволоки 180 выходить из направляющего устройства 120 до того, как они приблизятся к формируемой детали. Нижнее отверстие 125 может проходить до второго конца 150 направляющего устройства 120, как показано на фиг. 10.

На фиг. 11 показан вид спереди под углом направляющего устройства 120. Этот вид иллюстрирует вариант осуществления, в котором электроизолирующая обшивка 160 проходит от второго конца 150 направляющего устройства 120. Металлическая проволока 180 окружена электроизолирующей обшивкой 160 на некотором протяжении на выходе из направляющего устройства 120 через выходное отверстие 155. Электроизолирующая обшивка 160, проходящая от второго конца 150, не должна полностью окружать металлическую проволоку 180. Например, часть нижнего участка электроизолирующей обшивки 160 может быть удалена. Например, может быть удален сегмент дуги, отмеренный от горизонтального диаметра электроизолирующей обшивки 160 и стягивающий угол от примерно 10° до примерно 180° . Когда электроизолирующая обшивка 160 имеет круглое поперечное сечение, удаление дугового сегмента, стягивающего угол 180° , приводит к полукруглой электроизолирующей обшивке 160, покрывающей верхнюю часть металлической проволоки 180.

Направляющее устройство может быть электрически изолировано от металлической проволоки с использованием электроизолирующей обшивки, содержащей электроизолирующий материал, пригодный для использования в условиях, которым подвержено направляющее устройство во время сварки. Электроизолирующий материал может представлять собой или содержать электроизолирующую керамику. Такая керамика известна в данной области техники и может включать в себя оксиды или нитриды следующих элементов Al, B, Zr, Mg, Y, Ca, Si, Ce, In, Sn и их комбинации (см., например, US 6344287 (Celik et al., 2002), 4540879 (Haerther et al., 1985) и 7892597 (Hooker et al., 2011)). Электроизолирующий материал может представлять собой или содержать нитрид алюминия, оксид алюминия, нитрид магния, оксид магния, кварц, нитрид кремния, нитрид бора, диоксид циркония и их смеси или их комбинации.

Электроизолирующая обшивка может быть выполнена так, чтобы она была расположена внутри направляющего устройства. Примерный вариант осуществления показан на фиг. 4А, на которой электроизолирующая обшивка 160 не проходит за конец направляющего устройства 120. Электроизолирующая обшивка может быть выполнена так, чтобы она проходила от одного или от обоих концов направляющего устройства. Примерный вариант осуществления показан на фиг. 5, на которой электроизолирующая обшивка 160 проходит за конец направляющего устройства 120.

Когда имеется вырезанный участок, электроизолирующая обшивка может быть выполнена так, чтобы она могла находиться внутри направляющего устройства и не проходила в вырезанный участок или проходила за конец направляющего устройства. Примерный вариант осуществления показан на фиг. 2, на которой электроизолирующая обшивка 160 содержится внутри направляющего устройства 120. В некоторых вариантах осуществления, когда имеется вырезанный участок, электроизолирующая обшивка может быть выполнена таким образом, чтобы она проходила в вырезанный участок, или проходила за конец направляющего устройства, или оба варианта. Примерный вариант осуществления показан на фиг. 3, на котором электроизолирующая обшивка 160 проходит в вырезанный участок 115 и проходит за конец направляющего устройства 120.

Электроизолирующая обшивка может содержать центральный канал, через который может проходить металлическая проволока. Центральный канал обычно имеет форму, при которой он легко вмещает металлическую проволоку. Например, когда металлическая проволока представляет собой проволоку, имеющую круглое поперечное сечение, электроизолирующая обшивка включает в себя центральный канал с круглым поперечным сечением. Центральный канал электроизолирующей обшивки обычно имеет диаметр, который немного больше диаметра металлической проволоки. Это допускает любую неравномерность размера поперечного сечения металлической проволоки, например неравномерность диаметра проволоки. Например, когда металлическая проволока представляет собой металлическую проволоку, диаметр проволоки может иметь определенную неравномерность диаметра и допуск указанной неравномерности может быть использован для определения размера центрального канала электроизолирующей обшивки. Например, размеры центрального канала электроизолирующей обшивки могут быть выбраны такими, чтобы обеспечить размещение в нем диаметра металлической проволоки плюс допуск неравномерности в 0,01 мм.

Диаметр металлической проволоки в соответствии с некоторыми вариантами осуществления настоящего изобретения может находиться в диапазоне от примерно 0,8 мм до примерно 5 мм. Металлическая проволока может иметь любой практически реализуемый размер, например 1,0, 1,6, 2,4 мм и т.д. Скорость подачи и расположение металлической проволоки можно регулировать и изменять в соответствии с воздействием источника питания на горелку PAW, чтобы гарантировать, что металлическая проволока непрерывно нагревается и расплавляется, когда она достигает намеченного положения над предварительно нагретой областью базового материала.

Если электроизолирующая обшивка включает в себя изолирующую керамику вблизи центрального

канала, через который проходит металлическая проволока, изолирующая керамика может включать в себя поверхностную обработку для уменьшения шероховатости поверхности керамики, изолирующей металлическую проволоку. Обработка поверхности может способствовать сведению к минимуму или устранению царапин или задигов металлической проволоки, когда она проходит через электроизолирующую обшивку. Например, поверхность электроизолирующей обшивки может быть обработана так, чтобы она включала в себя полированную поверхность, которая уменьшает силы притяжения, вызывающие трение, между поверхностью обшивки и электродом. Лазерная полирующая обработка может быть использована для уменьшения поверхностных пор, трещин или деформаций на поверхности для уменьшения трения и создания более гладкой изолирующей керамической поверхности. Поверхность электроизолирующей обшивки может быть обработана для создания алмазоподобного углеродного покрытия. Синтетический фторполимер, например политетрафторэтилен (ПТФЭ), может быть нанесен на поверхность электроизолирующей обшивки для уменьшения трения. Поверхностная обработка может способствовать сведению к минимуму образования небольших кусочков металлической проволоки, которые могут образовываться из-за взаимодействия металлической проволоки с шероховатой изолирующей керамической поверхностью. На каждой из фиг. 6А, 6В, 7А и 7В опциональное покрытие 165 показано на поверхности электроизолирующей обшивки 160, обращенной к центральному каналу 130.

Электроизолирующая обшивка 160 может иметь любую форму при условии, что она имеет центральный канал 130, в который входит металлическая проволока 180, и обеспечивает возможность прохождения металлической проволоки 180 через электроизолирующую обшивку 160. Форма внешней части изолирующей обшивки 160 может иметь поперечное сечение, которое является круглым, овальным, эллиптическим или многоугольным, например квадратным, треугольным, прямоугольным, пятиугольным, шестиугольным или восьмиугольным. Как показано на фиг. 6А и 7В, электроизолирующая обшивка 160 может иметь по существу круглое поперечное сечение с центральным каналом 130, который имеет круглое поперечное сечение. На фиг. 6В и 7А показана электроизолирующая обшивка 160, которая имеет квадратное поперечное сечение с центральным каналом 130, который имеет круглое поперечное сечение.

Электрический контактный блок содержит сменный контактный наконечник, который входит в контакт с металлической проволокой. Как обсуждалось ранее, контактный наконечник может иметь изогнутую или полужогнутую поверхность с размерами, подходящими для размещения проволоки. Кроме того, площадь поверхности контактного наконечника может быть достаточно большой, чтобы избежать перегрева, вызванного переносом тока. В примерных вариантах осуществления ширина или толщина контактного наконечника может находиться в диапазоне от около 1 мм до около 10 мм. Контактный наконечник электрически соединяет металлическую проволоку с источником питания постоянного тока. Электрическое соединение может быть выполнено таким образом, чтобы образовывать контур, который соединяет источник питания, электрод горелки РТА и металлическую проволоку (через сменный контактный наконечник). Когда металлическая проволока входит в дугу горелки РТА, струя плазмы, включающая электрическую дугу, подает высококонцентрированный поток тепла к небольшой площади поверхности металлической проволоки. Горелка РТА может иметь электрод, выполненный из вольфрама, и сопло, выполненное из меди или медного сплава. Однако изобретение не связано с каким-либо конкретным выбором или типом горелки РТА. Можно использовать любое известное или мыслимое устройство, способное функционировать в качестве горелки РТА. Кроме того, изобретение может быть реализовано с использованием горелки РАW, которая не является горелкой РТА.

В предложенных способах сварка посредством плавления металлической проволоки, нагретой электрической дугой (дуговая сварка металлическим электродом в газе или GMAW, от англ. gas metal arc welding), в частности с использованием неактивных газов для получения дуги (сварка металлическим электродом в инертном газе или MIG-сварка, от англ. metal inert gas welding), используется при изготовлении твердой произвольной формы металлического объекта. В этих способах металлическую проволоку вынуждают плавиться в плазме, произведенной горелкой с использованием электрической дуги, и плавящуюся металлическую проволоку осаждают на обрабатываемую деталь для добавления и формирования металлических тел, имеющих форму, приближенную к чистой.

Электроизолирующий материал также может быть использован для изоляции электрического контактного блока от дуги горелки РТА. Электроизолирующий материал может быть расположен у выходного отверстия направляющего устройства металлической проволоки так, чтобы он выступал на некоторое расстояние от выходного отверстия. Длина электроизолирующего материала, выступающего из выходного отверстия, может составлять от 0,1 до 10 мм, или примерно от 0,5 до 5 мм, или примерно 1 мм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения электрический контактный блок может быть расположен внутри вырезанного участка направляющего устройства для металлической проволоки, а направляющее устройство может включать в себя электроизолирующий материал, который расположен у выходного отверстия направляющего устройства. Примерный вариант осуществления показан на фиг. 8, на котором показан вырезанный участок 115 направляющего устройства 120 для приема электрического контактного блока 200, и электроизолирующий материал 160, выступающий за конец направляющего устройства 120.

Электроизолирующий материал может включать в себя любой материал, пригодный для использо-

вания при температурах, близких к температуре плазменной дуги. Электроизолирующий материал может представлять собой или содержать электроизолирующую керамику. Виды такой керамики известны в данной области техники и могут включать в себя оксиды или нитриды следующих элементов: Al, B, Zr, Mg, Y, Ca, Si, Ce, In, Sn и их комбинации (см., например, US 6344287 (Celik et al., 2002), 4540879 (Haerther et al., 1985) и 7892597 (Hooker et al., 2011)). Электроизолирующий материал может представлять собой или содержать нитрид алюминия, оксид алюминия, нитрид магния, оксид магния, кварц, нитрид кремния, нитрид бора, диоксид циркония и их смеси или их комбинации.

Контактный наконечник в электрическом контактном блоке содержит медь или медный сплав. Контактные наконечники коммерчески доступны (например, от компании Brouwer Metaal b.v.), и изобретение не ограничено каким-либо конкретным типом контактного наконечника. Контактный наконечник может быть прикреплен к цилиндрической опоре в электрическом контактном блоке. В некоторых вариантах осуществления контактный наконечник термически изолирован от цилиндрической опоры с использованием промежуточного теплоизолирующего материала. Любой теплоизолирующий материал, который может выдерживать температуры, которым может быть подвергнут контактный наконечник, подходит для использования в электрическом контактном блоке. Примером теплоизолирующего материала является керамика, которая также может быть выбрана электроизолирующей, что минимизирует или предотвращает перенос электрического тока от контактного наконечника к электрическому контактному блоку. Любой из описанных выше типов керамики может быть использован для создания соответствующего фитинга для крепления контактного наконечника к цилиндрической опоре внутри электрического контактного блока.

Контактный наконечник в электрическом контактном блоке поддерживается в контакте с металлической проволокой для обеспечения подачи постоянного тока к металлической проволоке и замкнутому контуру, содержащему источник питания, металлическую проволоку и целевую область. В некоторых вариантах осуществления контактный наконечник удерживается в контакте с металлической проволокой посредством узла прижатия контактного наконечника. Узел прижатия контактного наконечника может быть частью электрического контактного блока или может быть отдельным элементом. Как схематично показано на фиг. 6А, узел 210 прижатия контактного наконечника может оказывать направленное вниз давление на опору 220 контактного наконечника для прижатия контактного наконечника 215 с введением в контакт с металлической проволокой 180. Направленное вниз давление для удержания контактного наконечника 215 в контакте с металлической проволокой 180 может быть достигнуто путем использования, например, пружины, гидропривода, механизированных винтов или моторизованного поршневого узла. Когда используется пружина, пружина может быть выбрана таким образом, чтобы прикладывать силу соответствующей величины, причем сила должна быть не настолько велика, чтобы контактный наконечник 215 царапал металлическую проволоку 180, но достаточно велика для поддержания контакта между контактным наконечником 215 и металлической проволокой 180. В зависимости от выбранной конфигурации пружина, например пружина сжатия, с жесткостью пружины от приблизительно 0,001 до приблизительно 10 Н/м может быть использована для прижатия контактного наконечника 215 вниз к металлической проволоке 180.

В некоторых вариантах осуществления контактный наконечник удерживается в контакте с металлической проволокой посредством узла прижатия проволоки. Как схематично показано на фиг. 9, узел 190 прижатия проволоки может прикладывать направленное вверх давление к металлической проволоке 180, когда она проходит над узлом 190 прижатия проволоки, для прижатия металлической проволоки 180 с входением в контакт с контактным наконечником 215. Направленное вверх давление для удержания металлической проволоки 180 в контакте с контактным наконечником 215 может быть достигнуто, например, с использованием штифта, рычага или зажима, например L-образного зажима, прикрепленного к пружине, гидроприводу, механизированным винтам или моторизованному поршневому узлу. Штифт или зажим контактируют с металлической проволокой и проталкивают металлическую проволоку вверх для приведения ее в контакт с контактным наконечником. Направленная вверх сила может быть обеспечена пружиной, гидроприводом, механизированными винтами или моторизованным поршневым узлом или их комбинациями. Усилие, необходимое для прижатия металлической проволоки с входением в контакт с контактным наконечником, может быть выбрано соответствующей величины, причем усилие должно быть не настолько велико, чтобы контактный наконечник 180 или узел 190 прижатия проволоки царапали металлическую проволоку, но достаточно велико, чтобы поддерживать непрерывный контакт между контактным наконечником 215 и металлической проволокой 180. В зависимости от выбранной конфигурации, для прижатия узла 190 прижатия проволоки к контактному наконечнику 215 может быть использована отдельно или в комбинации пружина, например пружина сжатия, с жесткостью пружины от приблизительно 0,001 до приблизительно 10 Н/м. В некоторых вариантах осуществления используется комбинация узла прижатия контактного наконечника для прижатия контактного наконечника вниз и узла прижатия проволоки для прижатия металлической проволоки вверх. Альтернативно узел прижатия контактного наконечника прижимает вверх, а узел прижатия проволоки прижимает металлическую проволоку вниз. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения узел контактного наконечника не прижимает и проволока контактирует с контактным наконечником только с помощью узла

прижатия металлической проволоки. Альтернативно узел прижатия металлической проволоки не используется и контактный наконечник прижимается к проволоке с помощью узла контактного наконечника. В еще одном альтернативном варианте осуществления давление не приложено ни к металлической проволоке, ни к контактному наконечнику.

Узел прижатия проволоки может включать в себя изолирующий наконечник на его поверхности, который взаимодействует и входит в контакт с металлической проволокой. На фиг. 4А опциональный изолирующий наконечник 195 показан на поверхности узла 190 прижатия проволоки, причем с металлической проволокой контактирует указанный изолирующий наконечник 195. Изолирующий наконечник может быть изготовлен из любого материала, совместимого со средой и температурой, которым может быть подвержен контактный наконечник. Например, изолирующий наконечник на узле прижатия проволоки может представлять собой или содержать электроизолирующую керамику. Примеры вариантов керамики включают в себя оксиды или нитриды следующих элементов Al, B, Zr, Mg, Y, Ca, Si, Ce, In, Sn и их комбинации. Электроизолирующий материал может представлять собой или содержать нитрид алюминия, оксид алюминия, нитрид магния, оксид магния, кварц, нитрид кремния, нитрид бора, диоксид циркония и их смеси или их комбинации.

С. Примеры.

Следующие примеры включены только для иллюстративных целей и не подразумевают ограничения объема вариантов осуществления, представленных в настоящей заявке.

Первый примерный вариант осуществления.

Первый примерный вариант осуществления узла контактного наконечника схематично показан на фиг. 1А и 1В. Как показано на фигурах, узел контактного наконечника включает в себя направляющее устройство 120, имеющее продольную центральную ось А-А', первый конец 140, противоположный второй конец 150 и линейный центральный канал 130, проходящий вдоль продольной центральной оси направляющего устройства 120 от его первого конца 140 до его второго конца 150. Также имеется электроизолирующая обшивка 160 внутри центрального канала 130, электроизолирующая обшивка 160 проходит по меньшей мере от первого конца 140 до второго конца 150 направляющего устройства 120. Электроизолирующая обшивка 160 содержит направляющий канал 170, имеющий входное отверстие 145 на первом конце 140 и выходное отверстие 155 на втором конце 150 и проходящий через линейную электроизолирующую обшивку 160 вдоль продольной центральной оси А-А'. Электроизолирующая обшивка 160 направляет металлическую проволоку 180, проходящую через линейный цилиндрический направляющий канал 170, через центральный канал 130 от входного отверстия 145 в направлении выходного отверстия 155 и далее из него. Узел контактного наконечника также включает в себя электрический контактный блок 200, содержащий контактный наконечник 215, находящийся в электрическом контакте с источником электрической энергии, причем электрический контактный блок 200 находится на некотором расстоянии от выходного отверстия 155. Узел контактного наконечника также включает в себя узел 210 прижатия контактного элемента для прижатия контактного наконечника 215 электрического контактного блока 200 к металлической проволоке 180. Как показано на фиг. 1В, нижняя часть направляющего устройства 120 включает в себя нижнее отверстие 125, которое позволяет пыли или кусочкам проволоки покинуть направляющее устройство 120 до того, как они приблизятся к формируемой детали. В примерном варианте осуществления изобретения направляющее устройство 120 выполнено из сплава Ti-6Al-4V, контактный наконечник 215 представляет собой W/Cu-композит, а узел прижатия контактного наконечника включает в себя пружину сжатия.

При использовании металлическая проволока 180 представляет собой проволоку, изготовленную из сплава Ti-6Al-4V, которая непрерывно подается устройством подачи проволоки, входит во входное отверстие 145 и проходит сквозь направляющее устройство 120 по направляющему каналу 170. Контактный наконечник 215 соединен с помощью изоляторного соединителя 240, который представляет собой керамику, с опорой 220 контактного наконечника, и прижимается вниз к металлической проволоке 180 с помощью усилия пружины сжатия в узле 210 прижатия контактного наконечника. Металлическая проволока выходит из направляющего устройства 120 через выходное отверстие 155 и располагается так, чтобы ее дистальный конец располагался над предварительно нагретой областью в области осаждения на базовом материале. Металлическую проволоку нагревают до температуры плавления дистального конца таким образом, чтобы капли расплавленного электрода непрерывно подавались в предварительно нагретую область базового материала. В некоторых вариантах осуществления капли расплавленного электрода непрерывно подаются в ванну расплава на базовом материале.

В примерных вариантах осуществления плазменная наплавляющая дуга формируется с помощью горелки РТА, которая электрически соединена с источником питания постоянного тока таким образом, что электрод горелки РТА становится катодом, а металлическая проволока становится анодом. Плазменная наплавляющая дуга является непрерывной и предназначена для нагрева и плавления дистального конца металлической проволоки. Воздействие источника питания постоянного тока регулируют для поддержания скорости нагрева и плавления в соответствии со скоростью подачи проволоки таким образом, что образование капель расплавленной металлической проволоки в этом примере проволоки из сплава Ti-6Al-4V осуществляется с учетом времени для поддержания непрерывного стекания каплями расплав-

ленной проволоки на предварительно нагретую поверхность базового материала или в ванну расплава на базовом материале. Воздействие источника питания постоянного тока и скорость подачи проволоки постоянно отслеживают и регулируют с помощью системы управления таким образом, что в предварительно нагретую область базового материала или в ванну расплава базового материала подают расплавленную проволоку со скоростью, обеспечивающей заданную скорость осаждения сплава Ti-6Al-4V.

Система управления (например, автоматизированная (компьютеризированная) система производства) может быть одновременно вовлечена в управление и регулирование зацепления одного или нескольких исполнительных механизмов (не показаны), которые постоянно позиционируют и перемещают базовый материал и одну или несколько горелок PAW или PTA, так чтобы расположить их в намеченном пятне осаждения, заданном с помощью модели САПР подлежащего созданию объекта. Система управления также может быть вовлечена в управление любым исполнительным элементом, управляющим предварительным подогревом горелки PAW или PTA, так чтобы предварительно нагретая область базового материала или ванна расплава в базовом материале представляли собой место, где должен быть осажден расплавленный металлический материал.

Система управления, используемая в примерных вариантах осуществления изобретения, описанных в данном документе, может обеспечить частичную или полную автоматизацию устройства осаждения. Система управления может включать в себя компьютерный процессор или центральное процессорное устройство (ЦПУ), дисплей ЦПУ, один или более источников питания, соединения источников питания, сигнальные модули в качестве входов и/или выходов, интегрированное экранирующее устройство аналоговых сигналов, запоминающие устройства, печатные платы, микросхемы памяти или другие средства хранения, долговременный машиночитаемый носитель данных, имеющий машиночитаемую программу, встроенную в него, или любую их комбинацию. Машиночитаемая программа может содержать соответствующее программное обеспечение для автоматизации любой одной системы или комбинации систем. Примеры управляющих модулей включают в себя, но не ограничиваются ими, SIMATIC-S7-1500 фирмы Siemens AG (Мюнхен, Германия), систему IndraMotion MTX фирмы Bosch Rexroth AG (Лор-на-Майне, Германия) и компактную промышленную компьютерную систему SIGMATEK C-IPC фирмы SIGMATEK GmbH&Co KG (Лампрехтсхаузен, Австрия).

Второй примерный вариант осуществления.

Второй примерный вариант осуществления узла контактного наконечника схематично показан на фиг. 4А и 4В. Как показано на фигурах, узел контактного наконечника включает в себя направляющее устройство 120, имеющее продольную центральную ось А-А', первый конец 140, противоположный второй конец 150 и линейный центральный канал 130, проходящий вдоль продольной центральной оси направляющего устройства 120 от его первого конца 140 до его второго конца 150. Также имеется электроизолирующая обшивка 160 внутри центрального канала 130, электроизолирующая обшивка 160 проходит по меньшей мере от первого конца 140 до второго конца 150 направляющего устройства 120. Электроизолирующая обшивка 160 содержит направляющий канал 170, имеющий входное отверстие 145 на первом конце 140 и выходное отверстие 155 на втором конце 150 и проходящий через линейную электроизолирующую обшивку 160 вдоль продольной центральной оси А-А'. Электроизолирующая обшивка 160 направляет металлическую проволоку 180, проходящую через линейный цилиндрический направляющий канал 170, через центральный канал 130 от входного отверстия 145 в сторону выходного отверстия 155 и далее из него. Узел контактного наконечника также включает в себя электрический контактный блок 200, содержащий контактный наконечник 215, находящийся в электрическом контакте с источником электрической энергии, причем электрический контактный блок 200 находится на некотором расстоянии от выходного отверстия 155. Узел контактного наконечника также включает в себя узел 190 прижатия проволоки для прижатия металлической проволоки 180 с вхождением в контакт с контактным наконечником 115 электрического контактного блока 200. В примерном варианте осуществления узел 190 прижатия проволоки имеет изолирующий наконечник 195, представляющий собой керамику. Узел 190 прижатия проволоки включает в себя пружину, которая удерживает изолирующий наконечник 195 в контакте с металлической проволокой 180.

При использовании металлическая проволока 180 представляет собой проволоку, изготовленную из сплава Ti-6Al-4V, которая непрерывно подается устройством подачи проволоки, входит во входное отверстие 145 и проходит сквозь направляющее устройство 120 по направляющему каналу 170. Контактный наконечник 215 соединен с помощью изоляторного соединителя 240, который представляет собой керамику, с опорой 220 контактного наконечника, которая находится в фиксированном положении. Металлическая проволока 180 прижимается к контактному наконечнику 215 с помощью усилия пружины сжатия в узле 190 прижатия проволоки. Металлическая проволока выходит из направляющего устройства 120 через выходное отверстие 155 и после прохождения над узлом 190 прижатия проволоки располагается так, чтобы ее дистальный конец располагался над предварительно нагретой областью базового материала в области осаждения на базовом материале. Металлическую проволоку нагревают до температуры плавления дистального конца таким образом, чтобы капли расплавленного электрода непрерывно подавались в предварительно нагретую область на базовом материале.

Плазменная наплавляющая дуга формируется с помощью горелки PTA, которая электрически со-

единена с источником питания постоянного тока таким образом, что электрод горелки РГА становится катодом, а металлическая проволока становится анодом. Плазменная наплавляющая дуга является непрерывной и предназначена для нагрева и плавления дистального конца металлической проволоки. Воздействие источника питания постоянного тока регулируют для поддержания скорости нагрева и плавления в соответствии со скоростью подачи проволоки таким образом, что образование капель расплавленной металлической проволоки в этом примере проволоки из сплава Ti-6Al-4V осуществляется с учетом времени для поддержания непрерывного стекания каплями расплавленной проволоки на предварительно нагретую область базового материала. Воздействие источника питания постоянного тока и скорость подачи проволоки постоянно отслеживают и регулируют с помощью системы управления таким образом, что в предварительно нагретую область базового материала подают расплавленную проволоку со скоростью, обеспечивающей заданную скорость осаждения сплава Ti-6Al-4V. Система управления одновременно вовлечена в управление и регулирование зацепления исполнительного механизма (не показан), который постоянно позиционирует и перемещает базовый материал, так чтобы предварительно нагретая область базового материала для приема расплавленного металла располагалась в намеченном пятне осаждения, заданном с помощью модели САПР подлежащего созданию объекта.

Для специалистов в данной области техники очевидно, что в настоящем изобретении могут быть сделаны различные модификации и изменения, не выходящие за пределы объема изобретения. Таким образом, подразумевается, что настоящее изобретение охватывает модификации и изменения данного изобретения при условии, что они входят в объем прилагаемой формулы изобретения и ее эквивалентов.

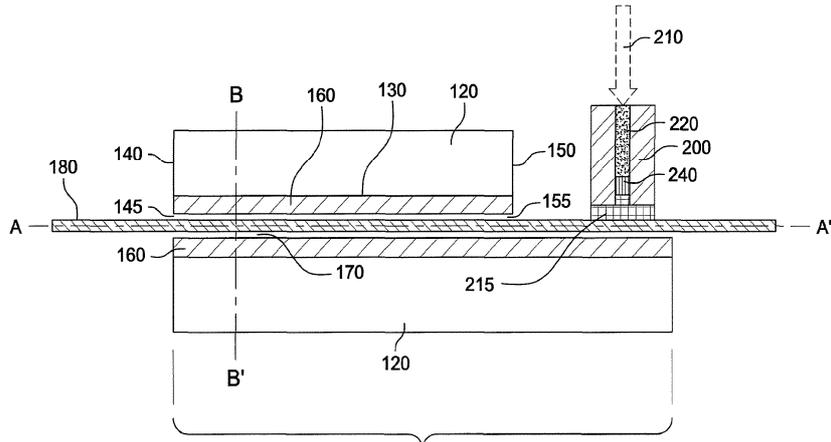
Список ссылочных обозначений.

Нижеследующее представляет собой перечень ссылочных обозначений, используемых в описании и сопроводительных чертежах.

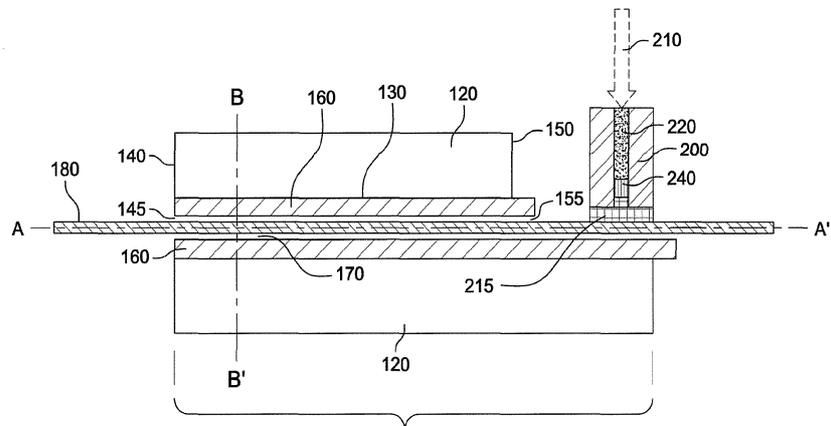
- А-А' - Продольная центральная ось.
- В-В' - Вертикальная ось.
- 100 - Узел контактного наконечника.
- 110 - Дистальное расширение.
- 111 - Вырезанная первая стенка.
- 112 - Вырезанное входное отверстие.
- 113 - Вырезанное выходное отверстие.
- 114 - Вырезанная вторая стенка.
- 115 - Вырезанный участок.
- 120 - Направляющее устройство.
- 122 - Крепежный выступ 1.
- 124 - Крепежный выступ 2.
- 125 - Нижнее отверстие.
- 127 - Выступ.
- 130 - Центральный канал.
- 140 - Первый конец.
- 145 - Входное отверстие.
- 150 - Второй конец.
- 155 - Выходное отверстие.
- 160 - Электроизолирующая обшивка.
- 165 - Покрытие.
- 170 - Направляющий канал.
- 180 - Металлическая проволока.
- 190 - Узел прижатия проволоки.
- 195 - Изолирующий наконечник.
- 200 - Электрический контактный блок.
- 210 - Узел прижатия контактного наконечника.
- 215 - Контактный наконечник.
- 220 - Опора контактного наконечника.
- 230 - Электрическое соединение.
- 240 - Опциональный изоляторный соединитель.
- 300 - Опорный элемент.
- 310 - Теплоизолирующий материал.
- 400 - Источник подачи металлической проволоки.
- 500 - Рама.
- 600 - Горелка PAW.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

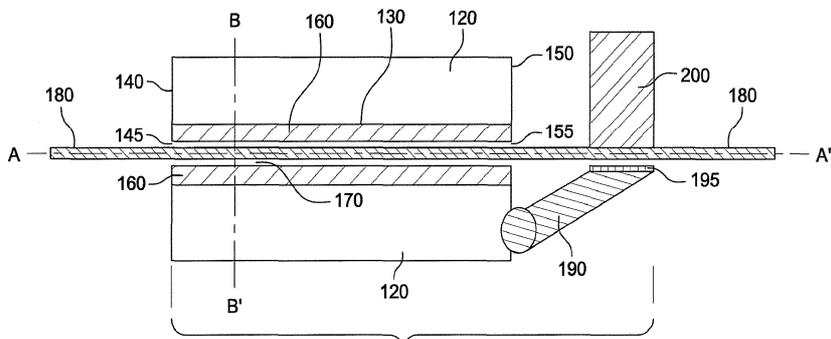
1. Узел контактного наконечника и горелки с плазменной наплавляющей дугой (горелки РТА), предназначенный для сварки металлическим электродом в инертном газе (MIG-сварки), содержащий направляющее устройство, имеющее продольную центральную ось, первый конец, противоположный второй конец и центральный канал, проходящий вдоль продольной центральной оси направляющего устройства от его первого конца до его второго конца, через который предусмотрена возможность подачи металлической проволоки;
электроизолирующую обшивку, расположенную внутри центрального канала и проходящую по меньшей мере от первого конца ко второму концу направляющего устройства; и
электрический контактный блок, содержащий контактный наконечник, находящийся в электрическом контакте с источником электрической энергии,
причем электрический контактный блок выполнен с возможностью приведения металлической проволоки в контакт с контактным наконечником за вторым концом направляющего устройства,
причем узел контактного наконечника и горелки расположен так, что после прохождения металлической проволоки через направляющее устройство и приведения ее в контакт с контактным наконечником металлическая проволока оказывается расположенной в плазменной дуге горелки с плазменной наплавляющей дугой над точкой осаждения обрабатываемой детали,
причем контактный наконечник является отдельным от направляющего устройства,
при этом контактный наконечник пространственно изолирован от горелки с плазменной наплавляющей дугой.
2. Узел по п.1, дополнительно содержащий узел прижатия проволоки для прижатия металлической проволоки с образованием контакта с контактным наконечником электрического контактного блока.
3. Узел по любому из пп.1, 2, дополнительно содержащий узел прижатия контактного блока для прижатия контактного наконечника электрического контактного блока к металлической проволоке.
4. Узел по п.1, дополнительно содержащий узел прижатия проволоки и узел прижатия контактного блока.
5. Узел по любому из пп.1-4, в котором электроизолирующая обшивка содержит направляющий канал, имеющий входное отверстие на первом конце и выходное отверстие на втором конце и проходящий через электроизолирующую обшивку вдоль продольной центральной оси, и выполнена с возможностью направления металлической проволоки, проходящей через направляющий канал, от входного отверстия к выходному отверстию и далее из выходного отверстия.
6. Узел по любому из пп.1-5, в котором электрический контактный блок расположен на расстоянии от выходного отверстия.
7. Узел по любому из пп.1-6, дополнительно содержащий нижнее отверстие в нижней части направляющего устройства.
8. Узел по п.7, в котором нижнее отверстие проходит до второго конца.
9. Узел по любому из пп.1-8, в котором направляющее устройство выполнено из или содержит Ti, или сплав Ti, или композит, содержащий Al, Cr, Cu, Fe, Hf, Sn, Mn, Mo, Ni, Nb, Si, Ta, V, W, Zr или их комбинации.
10. Узел по любому из пп.1-9, в котором контактный наконечник выполнен из или содержит электропроводящий металл, или металлический сплав, или композит, содержащий только Cu или в комбинации с W.
11. Узел по п.5, дополнительно содержащий покрытие на поверхности электроизолирующей обшивки, которая образует направляющий канал.
12. Узел по п.2 или 4, дополнительно содержащий изолирующий наконечник на поверхности узла прижатия проволоки, который входит в контакт с металлической проволокой.
13. Узел по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что электрический контактный блок содержит электрическое соединение, которое соединяет контактный наконечник с источником питания; и изоляторный соединитель, который соединяет контактный наконечник с опорой контактного наконечника.
14. Узел по любому из пп.1-13, дополнительно содержащий вырезанный участок, который обнажает металлическую проволоку для контактного наконечника электрического контактного блока.
15. Узел по любому из пп.1-14, дополнительно содержащий опорный элемент, к которому для опоры может быть присоединено направляющее устройство и электрический контактный блок;
источник подачи металлической проволоки; и
раму, к которой может быть прикреплен опорный элемент.
16. Узел по п.15, в котором присутствует теплоизолирующий материал между опорным элементом и направляющим устройством;
опорным элементом и электрическим контактным блоком; и



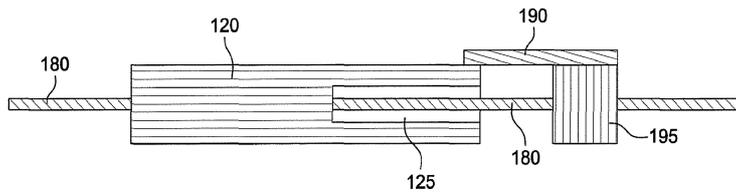
Фиг. 2



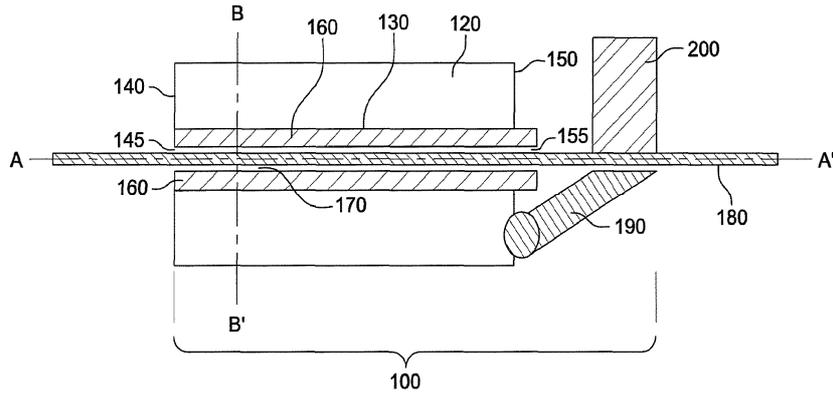
Фиг. 3



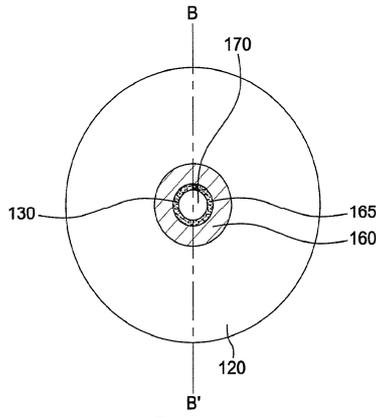
Фиг. 4А



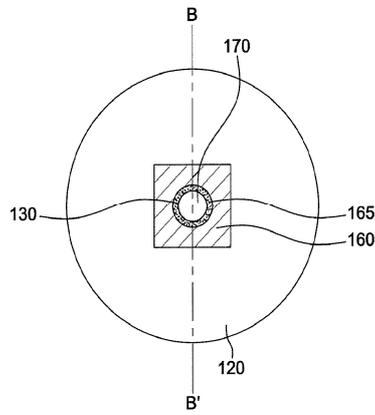
Фиг. 4В



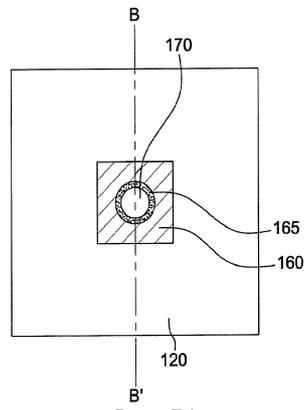
Фиг. 5



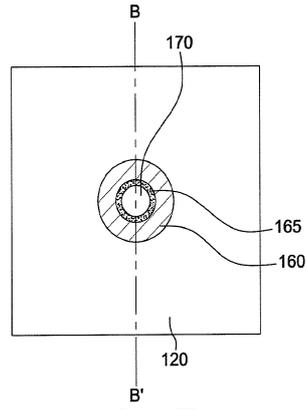
Фиг. 6А



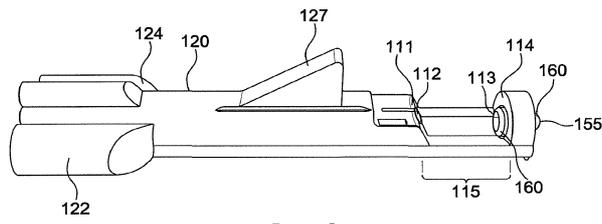
Фиг. 6В



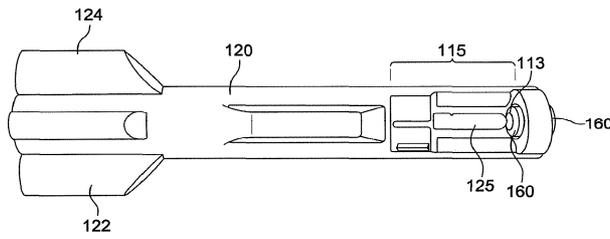
Фиг. 7А



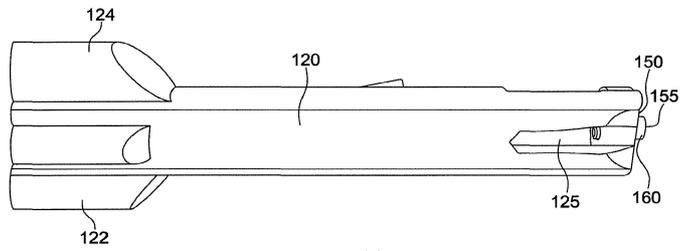
Фиг. 7В



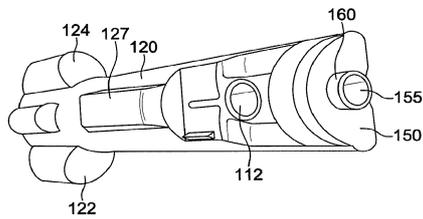
Фиг. 8



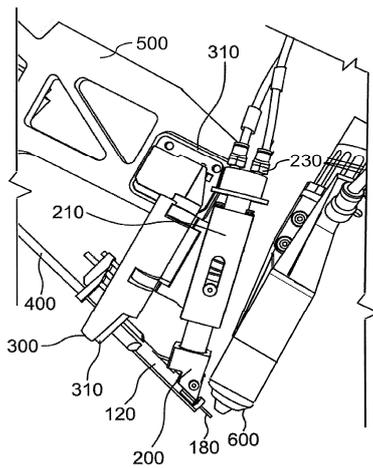
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

