

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036469**

(13) **B1**

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

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| (45) Дата публикации и выдачи патента | (51) Int. Cl. | <i>B23K 9/133</i> (2006.01) |
| 2020.11.13 | | <i>B21C 47/00</i> (2006.01) |
| (21) Номер заявки | | <i>B65H 51/10</i> (2006.01) |
| 201990024 | | <i>B65H 59/38</i> (2006.01) |
| (22) Дата подачи заявки | | <i>B21C 47/16</i> (2006.01) |
| 2017.03.17 | | <i>B21C 49/00</i> (2006.01) |
| | | <i>B21F 23/00</i> (2006.01) |

(54) **СИСТЕМА ПОДАЧИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ И СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ**

- | | |
|--|-------------------|
| (31) 15/206,169 | (56) US-A-4280350 |
| (32) 2016.07.08 | US-A1-2013193126 |
| (33) US | US-A-933890 |
| (43) 2019.07.31 | |
| (86) PCT/EP2017/056334 | |
| (87) WO 2018/007028 2018.01.11 | |
| (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НОРСК ТИТАНИУМ АС (NO) | |
| (72) Изобретатель:
Форсет Тронн, Вигдаль Бреде, Фалла
Том-Эрик, Ролстад Дюре, Рамсланн
Арне (NO) | |
| (74) Представитель:
Хмара М.В., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Пантелеев А.С.,
Ильмер Е.Г., Осипов К.В. (RU) | |

-
- (57) Предложена система подачи проволоки и способ непрерывной подачи металлической проволоки к сварочной горелке для изготовления объектов с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы, чтобы обеспечить непрерывное нанесение металла на формируемые объекты, особенно объекты, изготавливаемые из титановой проволоки или проволоки из титанового сплава. Система содержит катушку (50) проволоки, шкаф с детектором (110) положения проволоки на входе, устройство (200) подачи проволоки, по меньшей мере три направляющих узла (300, 400, 500) для слаботяннутой проволоки, тянущее устройство (600) для слаботяннутой проволоки и выходной направляющий элемент (1000) шкафа.

B1

036469

036469

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к системе и способу подачи металлической проволоки для изготовления объектов с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы, особенно объектов из титана и титановых сплавов.

Уровень техники

Конструкционные металлические детали из титана или титановых сплавов традиционно изготавливают посредством литья,ковки или станочной обработки из заготовки. Эти технологии обладают недостатком, заключающимся в больших потерях дорогого материала - титана, и в большом времени освоения новых изделий.

Физические объекты максимальной плотности можно изготавливать по технологии, которая известна, как технология быстрого изготовления опытных образцов, технология послойного изготовления, технология формирования твердых объектов произвольной формы, аддитивная технология или технология объемной печати (3D-печати). В данной технологии используется программное обеспечение системы автоматизированного проектирования (CAD, от англ. Computer Aided Design Software), чтобы вначале построить виртуальную модель объекта, который должен быть изготовлен, а затем преобразовать виртуальную модель в комплекс тонких параллельных слоев, которые обычно расположены горизонтально. Затем физический объект может быть изготовлен путем последовательной укладки слоев исходного материала в форме текучей пасты, порошка или в иной жидкой форме, которую можно укладывать слоями и распределять, как, например, расплавленный металл, к примеру, от расплавленной электродной проволоки, или предварительно подготовленных слоев листового материала, которые имеют сходство с формой виртуальных слоев, пока не будет сформирован весь объект. Указанные слои сплавляют вместе, чтобы сформировать сплошной твердый объект.

Технология изготовления твердых объектов произвольной формы представляет собой гибкую технологию, которая позволяет создавать объекты почти любой формы при сравнительно высоких скоростях изготовления, которые обычно варьируются от нескольких часов до нескольких дней на каждый объект. Таким образом, данная технология подходит для изготовления прототипов и малых производственных партий и может быть расширена в масштабе до массового производства.

Технология послойного изготовления может быть расширена, чтобы включить метод наслаивания элементов конструкционного материала, т.е. каждый структурный слой виртуальной модели объекта подразделяют на множество элементов, которые при укладке рядом друг с другом образуют слой. Это позволяет формировать металлические объекты путем наваривания проволоки на подложку в виде последовательных полос, образующих каждый слой в соответствии с виртуальной послойной моделью объекта, и повторять процесс для каждого слоя, пока не будет сформирован весь физический объект. В отношении точности технология наваривания обычно слишком груба, чтобы позволить непосредственно формировать объект с приемлемыми размерами. Таким образом, сформированный объект обычно будет рассматриваться в качестве "сырого" объекта или преформы, которая требует станочной обработки до приемлемой точности размеров.

Известно применение плазменной дуги в целях получения тепла для сварки металлических материалов. Данный способ можно применять при атмосферном или более высоком давлении, и таким образом он позволяет использовать более простое и недорогое технологическое оборудование. Один такой способ известен, как дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа (GTAW, от англ. Gas tungsten Arc Welding), или дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа (TIG-welding, от англ. Tungsten Inert Gas welding), при котором дуга, перенесенная плазмой, формируется между нерасходуемым вольфрамовым электродом и зоной сварки. Такую плазменную дугу обычно защищают газом, который подают через плазменную горелку, формируя вокруг дуги защитную газовую оболочку. Процесс сварки TIG может включать в себя подачу металлической проволоки или металлического порошка в лунку расплава или плазменную дугу в качестве присадочного материала. К другим способам сварки относятся: сварка металлическим электродом в газовой среде (GMAW, от англ. Gas Metal Arc Welding), сварка плавящимся электродом в инертном газе (MIG, от англ. Metal Inert Gas) и сварка металлическим электродом в среде газа (MAG, от англ. Metal Active Gas), при которых электрическая дуга, горящая между расходуемым электродом, таким как металлическая проволока, и формируемым изделием, нагревает и расплавляет металл.

Известно (см. патентную публикацию США 2010/0193480) использование горелки для сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа (англ. TIG-welding) для изготовления твердых объектов произвольной формы (SFFF, от англ. Solid Free Form Fabrication), при котором производится последовательное нанесение на подложку слоев исходного малопластичного металлического материала. Плазменная дуга создается путем возбуждения потока газа с использованием электрода, причем ток, подаваемый на электрод, можно изменять по величине. Плазменная струя может быть направлена в намеченную область для предварительного прогрева намеченной области заготовки перед осуществлением нанесения. Электрический ток регулируют и исходный материал подают в плазменную струю, чтобы высадить расплавленный исходный материал в намеченной области. Ток регулируют и расплавленный исходный материал медленно охлаждают при повышенной температуре, обычно выше температуры пе-

рехода исходного материала из хрупкого состояния к пластичному в фазе охлаждения, чтобы минимизировать возникновение напряжений в материале.

В патентной публикации США 2006/185473 также раскрыто использование горелки TIG вместо дорогостоящего лазера, который традиционно используется в процессе изготовления объектов произвольной формы, со сравнительно недорогим исходным титановым материалом путем сочетания подачи титана и легирующих компонентов таким образом, что обеспечивается значительное сокращение затрат на исходные материалы. В частности, в настоящем изобретении в одном его аспекте используется проволока из чистого титана (CP Ti), которая дешевле проволоки из титанового сплава, и при этом производится смешивание проволоки CP Ti с порошкообразными легирующими компонентами in-situ в процессе SFFF в расплаве, получаемом сварочной горелкой или иным обрабатывающим лучом высокой энергии. Согласно другому варианту осуществления изобретения предусмотрено использование губчатого титанового материала, смешанного с легирующими элементами и выполненного в виде проволоки, который может быть использован в процессе изготовления твердых объектов произвольной формы в сочетании с горелкой плазменной сварки или иным высокоэнергетическим лучом для изготовления компонентов из титана с формой, близкой к заданной.

Чтобы эффективно наносить металл из металлической проволоки на поверхность изделия, используя сварочную горелку, необходимо поддерживать металлическую проволоку в правильном положении относительно сварочной горелки. Подача металлической проволоки часто осуществляется из катушки. Выходной крутящий момент двигателей, вращающих катушку проволоки, может быть ограничивающим фактором при обеспечении установившегося режима подачи проволоки, в частности из полностью заполненной катушки. Инерция вращения проволоки на катушке может ограничивать величины скорости и ускорения, с какими проволоку можно сматывать с катушки, чтобы подавать к сварочной горелке. Изменения инерции вращения, скорости и/или ускорения может оказаться достаточно, чтобы вызвать проскальзывание проволоки в роликах, направляющих колесах или зажимных устройствах, которые используются для подачи проволоки к плазменной дуге узла токоподводящего наконечника. Проскальзывание может приводить к деформации проволоки, а также вызывать отклонение положения проволоки и ее угла от требуемого относительно плазменной дуги. Проскальзывание также ограничивает скорость работы технологического оборудования.

Изменение вращающейся массы, угловой скорости и/или углового ускорения проволоки в катушке также может приводить к изменению скорости подачи проволоки и изменению величины натяжения металлической проволоки. Если изменение скорости подачи или ускорение движения проволоки в источнике проволоки приводят к слишком большому натяжению между источником проволоки и роликами подающего устройства, а также шкивами, которые подают проволоку к плазменной дуге сварочной горелки, то увеличенное натяжение может приводить к перекручиванию, изгибу или иной деформации проволоки. Высокое натяжение может также приводить к тому, что металлическую проволоку будет тянуть назад к источнику проволоки, что не позволяло бы подавать металлическую проволоку к сварочному электроду, и приводило бы к появлению нежелательных разрывов наносимого слоя или случайных раковин, или пропусков в наносимом слое в изготавливаемом объекте произвольной формы. Если натяжение слишком слабое, то оно может привести к избыточному ослаблению натяжения проволоки. Излишек проволоки может запутываться сам с собой или с частью машины, что может приводить к изгибам или перекручиванию проволоки, что сделает затруднительным или невозможным правильное позиционирование проволоки относительно плазменной дуги.

Кроме того, разматывание проволоки из катушки приводит к изменениям положения проволоки при ее сходе с катушки в силу спирального характера намотки проволоки на катушке. При повышенных скоростях применения горизонтальное и вертикальное положение проволоки может быстро изменяться, что может приводить к соскальзыванию проволоки с роликов, направляющих колес или зажимных устройств, которые используются для подачи проволоки к сварочной горелке.

Соответственно, в данной области техники существует потребность в экономически выгодном способе изготовления изделий произвольной формы при увеличенной скорости нанесения металла. Далее, в данной области техники существует потребность в системе и способе увеличения количества металлической проволоки, которую можно подавать к сварочной горелке без проскальзывания или деформации металлической проволоки, чтобы увеличить производительность и производственный выход изделий, получаемых путем прямого нанесения металла.

Раскрытие изобретения

Задача настоящего изобретения состоит в создании системы для подачи металлической проволоки к сварочной горелке в целях изготовления металлических объектов с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы (англ. solid freeform fabrication).

Другая задача изобретения заключается в создании способа для быстрого послойного изготовления объектов из титана и титановых сплавов с использованием металлической проволоки и одной или более сварочных горелок. Настоящее изобретение решает вопрос, связанный с потребностью в усовершенствованном, экономичном способе выполнения непосредственного нанесения металла путем создания систем и способов для подачи металлической проволоки к плазменной дуге сварочной горелки в требуемом по-

ложении относительно плазменной дуги, что может привести к увеличению скорости нанесения металла при изготовлении изделий методом формирования твердых объектов произвольной формы. Изобретение также решает вопрос, связанный с потребностью в способе увеличения производительности, и позволяет путем нанесения металла получать металлические детали неискаженной формы близкой к заданной с гладкими, четко определенными границами нанесения металла.

В изобретении предложены системы подачи металлической проволоки для приема металлической проволоки от источника проволоки, и подачи проволоки, которая должна использоваться в системе формирования твердых объектов произвольной формы. Система содержит шкаф, который принимает металлическую проволоку от источника проволоки, датчик положения, который контролирует положение проволоки при ее входе в шкаф от источника проволоки, устройство подачи проволоки, которое продвигает проволоку от источника проволоки в шкаф, чтобы сформировать внутри шкафа петлю слаботянутой проволоки, один или более датчиков, которые обнаруживают петлю слаботянутой проволоки внутри шкафа и изменяют количество слаботянутой проволоки внутри шкафа, и устройство передачи проволоки, которое тянет слаботянутую проволоку, подавая ее к выходному направляющему элементу, чтобы расположить проволоку в заданном положении относительно сварочной горелки в целях плавления проволоки и нанесения расплава на поверхность изделия. Сварочная горелка может быть любой конструкции или конфигурации. К примерам сварочных горелок можно отнести горелку плазменно-дуговой сварки; горелку с дугой, перенесенной плазмой; горелку дуговой сварки вольфрамовым электродом в защитном газе; горелку сварки стальным электродом в газовой среде; горелку сварки плавящимся электродом в инертном газе; горелку сварки металлическим электродом в среде газа; лазерное устройство; электроннолучевую пушку или любую их комбинацию.

Системы подачи проволоки, соответствующие настоящему изобретению, могут содержать систему управления, которая реагирует на сигналы датчиков, чтобы варьировать подачу дополнительного количества проволоки от источника проволоки в шкаф, и тем самым изменять размер петли слаботянутой проволоки, и таким образом количество слаботянутой проволоки внутри шкафа.

В настоящем изобретении предложены системы подачи металлической проволоки, которые могут включать в себя блок источника проволоки, который содержит катушку проволоки с возможностью регулирования положения; а также шкаф, содержащий блок натяжения проволоки, предназначенный для того, чтобы тянуть металлическую проволоку от блока источника проволоки, передавая проволоку в шкаф; буферный блок, который в качестве буфера создает петлю слаботянутой проволоки; и блок подачи слаботянутой проволоки, который тянет слаботянутую проволоку из буферной петли и выводит проволоку из шкафа, подавая ее к узлу токоподводящего наконечника так, что осуществляется подача металлической проволоки к плазменной дуге сварочной горелки узла токоподводящего наконечника.

Шкаф может содержать детектор 110 положения проволоки на входе, содержащий окно 120, через которое может проходить проволока 180; устройство 200 подачи проволоки, которое содержит моторизованный желобчатый ролик 220, пассивный желобчатый ролик 205 и мотор 225, соединенный с моторизованным роликом 220. Поверхности желобчатых роликов 205 и 220 могут быть усовершенствованы в отношении трения. Между моторизованным желобчатым роликом 220 и пассивным желобчатым роликом 205 образован канал, через который проходит металлическая проволока 180. У моторизованного желобчатого ролика 220 и пассивного желобчатого ролика 205 имеется фрикционный контакт, по меньшей мере, с участком металлической проволоки 180, при этом вращение моторизованного желобчатого ролика 220 и пассивного желобчатого ролика 205 вынуждает металлическую проволоку 180 поступать в буферный блок.

В системе подачи проволоки, соответствующей настоящему изобретению, детектор 110 положения проволоки на входе содержит набор датчиков 122, которые могут определять положение металлической проволоки 180 в окне 120. Примерами датчиков могут служить оптические датчики, волоконно-оптические датчики, датчики приближения, фотоэлектрические датчики, магнитные датчики и сочетания указанных типов датчиков. Такие датчики доступны на рынке (например, компании Industrial Automation - Omron Corporation, Киото, Япония). В некоторых конструкциях детектор 110 положения проволоки на входе может содержать набор волоконно-оптических датчиков. Датчик 122 может быть связан с системой управления и в качестве обратной связи может передавать информацию в систему управления, которая может перемещать катушку металлической проволоки в направлении X, Y или Z или в комбинации указанных направлений. Система управления может обеспечивать управление ориентацией источника проволоки в ответ на сигнал обратной связи от датчика 122. Шкаф системы, соответствующей настоящему изобретению, может содержать прозрачное окно или прозрачную дверцу или оба указанных элемента, чтобы можно было видеть компоненты шкафа, не открывая последнего. Прозрачное окно или дверца могут быть выполнены из стекла, акрила (полиметилметакрилата, ПММА), полиэтилентерефталатгликоля (ПЭТГ) или поликарбоната.

В системе подачи проволоки, соответствующей настоящему изобретению, устройство 200 подачи проволоки может быть выполнено с расчетом подачи проволоки из катушки проволоки в шкаф. Блок 20 натяжения проволоки, который содержит поджимающее устройство 800, может быть включен в состав системы, чтобы изменять величину давления (перпендикулярного усилия), которое желобчатый ролик

205 оказывает на проволоку в своей канавке. Поджимающее устройство 800 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигании увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205, а при втягивании уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205. Блок 20 натяжения проволоки, который содержит поджимающее устройство 800, изменяет количество проволоки 180, которое подается в шкаф для формирования петли слаботянутой проволоки.

Буферный блок 30 системы подачи металлической проволоки может содержать комбинацию по меньшей мере из трех направляющих узлов. Первый направляющий узел 300 расположен после устройства 200 подачи проволоки и находится с устройством 200 на одной линии; второй направляющий узел 400 расположен справа и ниже относительно первого направляющего узла 300; а третий направляющий узел 500 расположен слева и ниже относительно направляющего узла 300, причем направляющий узел 300 и направляющий узел 500 расположены параллельно друг другу. Направляющие узлы 300, 400 и 500 проволоки формируют и поддерживают петлю слаботянутой проволоки. Согласно некоторым вариантам осуществления за счет действия силы тяжести на неподдерживаемые участки слаботянутой проволоки 185 петля слаботянутой проволоки 185 принимает овальную форму.

Первый направляющий узел 300 для проволоки может содержать двойной желобчатый ролик 305, содержащий первую и вторую канавки, причем указанный ролик прикреплен к рычагу 310, который шарнирно соединен с задней панелью 900, и двойной желобчатый ролик 320, содержащий первую и вторую канавки, причем между первой канавкой ролика 305 и первой канавкой ролика 320 образован канал, при этом первая канавка ролика 305 смещена пружиной на рычаге 310, соединенной с опорой 330, которая соединена с задней панелью 900.

Второй направляющий узел 400 проволоки может содержать желобчатый ролик 405, прикрепленный к рычагу 410, который шарнирно соединен с задней панелью 900, и желобчатый ролик 420, причем между канавкой ролика 405 и канавкой ролика 420 образован канал, при этом канавка ролика 405 смещена пружиной на рычаге 410, соединенной с опорой 430, которая соединена с задней панелью 900. Третий направляющий узел 500 проволоки может содержать желобчатый ролик 505, прикрепленный к рычагу 510, который шарнирно соединен с задней панелью 900, и желобчатый ролик 520, причем между канавкой ролика 505 и канавкой ролика 520 образован канал, при этом канавка ролика 505 смещена пружиной на рычаге 510, соединенной с опорой 530, которая соединена с задней панелью 900. Указанные направляющие узлы 300, 400 и 500 проволоки образуют путь для петли от направляющего узла 300 к направляющему узлу 400, к направляющему узлу 500, а затем обратно к направляющему узлу 300.

Буферный блок системы подачи проволоки, соответствующей настоящему изобретению, может включать в себя устройство 700 обнаружения петли. Устройство 700 обнаружения петли может быть расположено так, чтобы обнаруживать в шкафу по меньшей мере часть петли слаботянутой проволоки. Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения устройство 700 обнаружения петли производит обнаружение нижнего участка петли слаботянутой проволоки. Устройство 700 обнаружения петли может содержать один или более датчиков. Устройство 700 обнаружения петли может содержать датчик 730, связанный с системой управления, причем при его активации датчик 730 посылает в систему управления сигнал, чтобы уменьшить подачу проволоки в шкаф. Устройство 700 обнаружения петли может содержать датчик 720, связанный с системой управления, причем при его активации датчик 720 посылает в систему управления сигнал, чтобы увеличить подачу проволоки в шкаф. Устройство 700 обнаружения петли может содержать датчик 740, связанный с системой управления, причем при его активации датчик 740 посылает в систему управления сигнал, чтобы прекратить подачу проволоки в шкаф. Устройство 700 обнаружения петли может содержать датчик 710, связанный с системой управления, причем при его активации датчик 710 посылает в систему управления сигнал, чтобы остановить систему подачи проволоки. Устройство 700 обнаружения петли может содержать любую комбинацию датчиков 710, 720, 730 и 740. В устройстве 700 обнаружения петли могут быть использованы другие типы и конфигурации датчиков.

Блок 40 подачи слаботянутой проволоки системы подачи проволоки может содержать тянущее устройство 600 слаботянутой проволоки, содержащее моторизованный желобчатый ролик 620 и пассивный желобчатый ролик 605, а также мотор 625, соединенный с моторизованным роликом 620. Поверхности желобчатых роликов 605 и 620 могут быть усовершенствованы в отношении трения. Между моторизованным желобчатым роликом 620 и пассивным желобчатым роликом 605 образован канал, через который проходит слаботянутая проволока 185. У моторизованного желобчатого ролика 620 и пассивного желобчатого ролика 605 имеется фрикционный контакт, по меньшей мере, с участком слаботянутой проволоки 185, при этом вращение моторизованного желобчатого ролика 620 и пассивного желобчатого ролика 605 тянет слаботянутую проволоку 185 и выводит ее из шкафа через выходной направляющий элемент 1000, подавая к плазменной дуге сварочной горелки узла токоподводящего накопника.

В системах подачи металлической проволоки, соответствующих настоящему изобретению, усовершенствованная в отношении трения поверхность канавок роликов 220, 205, 620 и 605 может содержать выступы, расположенные на данной поверхности. Усовершенствованная в отношении трения поверх-

ность канавок может способствовать увеличению сил трения между канавками и проволокой, которая проходит через канавки. Увеличение сил сцепления может уменьшить проскальзывание между проволокой и канавками. В системах подачи металлической проволоки, соответствующих настоящему изобретению, мотор 225 и мотор 625 каждый в отдельности может представлять собой двигатель постоянного тока, приводимый в действие электрическим сигналом управления, или шаговый двигатель.

Блок 40 подачи слаботянутой проволоки, который содержит поджимающее устройство 850, может быть включен в состав системы, чтобы изменять величину давления (перпендикулярного усилия), которое желобчатый ролик 605 оказывает на слаботянутую проволоку в своей канавке. Поджимающее устройство 850 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигании увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605, а при втягивании уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605. Мотор 225 устройства 200 подачи проволоки может быть соединен с желобчатым роликом 220, чтобы приводить во вращение ролик 220. Мотор 625 тянущего устройства 600 слаботянутой проволоки может быть соединен с желобчатым роликом 620, чтобы приводить во вращение ролик 620. Конструкция системы может обеспечивать независимую работу мотора 225 устройства 200 подачи проволоки и тянущего устройства 600 слаботянутой проволоки.

В настоящем изобретении также предложен способ подачи металлической проволоки к плазменной дуге сварочной горелки, содержащий этапы, на которых подают достаточное количество металлической проволоки от источника проволоки, чтобы сформировать петлю слаботянутой проволоки; подают некоторое количество слаботянутой проволоки из указанной петли слаботянутой проволоки к сварочной горелке; и подают дополнительное количество металлической проволоки от источника проволоки, чтобы компенсировать то количество слаботянутой проволоки, которое было подано к сварочной горелке, для сохранения петли слаботянутой проволоки. Количество металлической проволоки, подаваемое от источника проволоки, обычно является достаточным для поддержания петли слаботянутой проволоки, чтобы обеспечить непрерывную подачу слаботянутой проволоки к сварочной горелке. Источник проволоки может представлять собой катушку, на которую намотана металлическая проволока, и положение которой можно регулировать, при этом при этом способ может дополнительно включать разматывание металлической проволоки с катушки, чтобы получить металлическую проволоку, подлежащую подаче для формирования петли слаботянутой проволоки. В качестве этапа способ может включать изменение положения катушки проволоки в направлении X, Y или Z или в сочетании указанных направлений, чтобы поддерживать разматываемую с катушки проволоку в требуемом положении.

В качестве этапа способ может включать вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте с металлической проволокой для подачи металлической проволоки в шкаф. Указанное вращение ролика осуществляют путем включения мотора, соединенного с роликом, при этом ролик может быть присоединен к валу мотора или к валу, который соединен с валом мотора. Мотор может представлять собой шаговый двигатель, электрический двигатель постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока, универсальный электродвигатель на постоянном и переменном токе, реактивный индукторный двигатель, гистерезисный двигатель, асинхронный электродвигатель, синхронный электродвигатель, электродвигатель параллельного возбуждения, электродвигатель последовательного возбуждения, электродвигатель со смешанным возбуждением или сочетание любых вышеуказанных типов. Благодаря петле слаботянутой проволоки, которая может работать в качестве буфера между блоком натяжения проволоки и тянущим устройством, подача металлической проволоки от источника проволоки может быть независимой от подачи слаботянутой проволоки из петли слаботянутой проволоки к плазменной дуге сварочной горелки. Способ также может включать вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте со слаботянутой проволокой, с целью подачи слаботянутой проволоки к сварочной горелке. Указанное вращение ролика может быть осуществлено путем включения мотора, соединенного с роликом, при этом мотор представляет собой шаговый двигатель или электрический двигатель постоянного тока, приводимый в действие электрическим сигналом управления.

В настоящем изобретении предложена система подачи проволоки, которая может содержать шкаф, который принимает металлическую проволоку 180 из катушки проволоки блока источника проволоки, при этом шкаф содержит детектор 110 положения проволоки на входе, содержащий окно 120, через которое металлическая проволока 180 поступает в шкаф. Блок натяжения проволоки, который содержит устройство 200 подачи проволоки, принимает проволоку из катушки, при этом устройство подачи проволоки содержит моторизованный желобчатый ролик 220, пассивный желобчатый ролик 205 и мотор 225, соединенный с моторизованным роликом 220, причем проволока находится во фрикционном контакте, по меньшей мере, с участком канавки каждого из роликов - моторизованного ролика 220 и пассивного ролика 205. Система также включает в себя буферный блок, который содержит комбинацию из трех или более направляющих узлов для проволоки, которые из металлической проволоки 180 формируют петлю слаботянутой проволоки 185. Система также содержит блок подачи слаботянутой проволоки, который включает в себя тянущее устройство 600, содержащее моторизованный желобчатый ролик 620, пассивный желобчатый ролик 605 и мотор 625, соединенный с моторизованным роликом 620, причем слаботянутая проволока 185 находится во фрикционном контакте, по меньшей мере, с участком канав-

ки каждого из роликов - моторизованного ролика 620 и пассивного ролика 605, при этом тянущее устройство 600 забирает слаботянутую проволоку 185 из петли слаботянутой проволоки, выводя ее из шкафа через выходной направляющий элемент 1000, и подает к плазменной дуге сварочной горелки.

В буферном блоке системы подачи металлической проволоки, соответствующей настоящему изобретению, комбинация направляющих узлов для проволоки, которая формирует петлю слаботянутой проволоки, может включать в себя первый направляющий узел 300, содержащий двойной желобчатый ролик 305, содержащий первую и вторую канавки, причем указанный ролик прикреплен к рычагу 310, который шарнирно соединен с задней панелью 900; и двойной желобчатый ролик 320, содержащий первую и вторую канавки, причем между первой канавкой ролика 305 и первой канавкой ролика 320 образован канал, в который поступает металлическая проволока 180 от моторизованного ролика 220, при этом первая канавка ролика 305 смещена пружиной на рычаге 310, соединенной с опорой 330, которая соединена с задней панелью 900. Комбинация направляющих узлов для проволоки, которая формирует петлю слаботянутой проволоки, может включать в себя второй направляющий узел 400, который расположен справа и ниже относительно направляющего узла 300 и принимает металлическую проволоку 180 после того, как проволока пройдет через канал, образованный первой канавкой ролика 305 и первой канавкой ролика 320, при этом направляющий узел 400 содержит желобчатый ролик 405, прикрепленный к рычагу 410, который шарнирно закреплен на задней панели 900 шкафа, и желобчатый ролик 420, причем между канавкой ролика 405 и канавкой ролика 420 образован канал, в который поступает металлическая проволока от направляющего узла 300, при этом канавка ролика 405 смещена до контакта с металлической проволокой 180 посредством пружины на рычаге 410, соединенной с опорой 430, соединенной с задней панелью 900. Рассматриваемая комбинация направляющих узлов может включать в себя третий направляющий узел 500, который расположен слева и ниже относительно направляющего узла 300 и параллельно направляющему узлу 400 и принимает металлическую проволоку 180 после того, как проволока пройдет через канал, образованный канавкой ролика 405 и канавкой ролика 420, при этом направляющий узел 500 содержит желобчатый ролик 505, прикрепленный к рычагу 510, который шарнирно закреплен на задней панели 900 шкафа, и желобчатый ролик 520, причем между канавкой ролика 505 и канавкой ролика 520 образован канал, в который поступает металлическая проволока от направляющего узла 400, при этом канавка ролика 505 смещена до контакта с металлической проволокой 180 посредством пружины на рычаге 510, соединенной с опорой 530, соединенной с задней панелью 900. Металлическая проволока 180, образующая петлю слаботянутой проволоки 185 между направляющим узлом 400 и направляющим узлом 500, проходит через канал, образованный между роликами 505 и 520, и далее следует через канал, образованный второй канавкой ролика 305 и второй канавкой ролика 320.

В системе подачи металлической проволоки, соответствующей настоящему изобретению, канавки моторизованного ролика 220 и пассивного ролика 205 по отдельности или в комбинации, а также канавки моторизованного ролика 620 и пассивного ролика 605 по отдельности или в комбинации могут содержать выступы в целях увеличения трения между канавками и металлической проволокой 180. Может быть использована любая модификация поверхности канавки ролика, которая увеличивает силу трения между поверхностью канавки и металлической проволокой, при условии, что способ увеличения трения не портит поверхность проволоки. Мотор 225 и мотор 625 каждый в отдельности может быть выбран из таких типов, как электродвигатель параллельного возбуждения, электродвигатель последовательного возбуждения, электродвигатель со смешанным возбуждением, асинхронный электродвигатель, синхронный электродвигатель, шаговый двигатель, двигатель постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока, универсальный электродвигатель на постоянном и переменном токе, реактивный индукторный двигатель и гистерезисный двигатель.

Система подачи металлической проволоки может содержать детектор 110 положения проволоки на входе, который может содержать датчик 122, который осуществляет обнаружение положения проволоки 180 в окне 120. Датчик 122 может быть связан с системой управления, которая может изменять положение катушки проволоки в направлении X, Y или Z или в комбинации указанных направлений, и управлять положением и ориентацией катушки, чтобы поддерживать требуемое положение металлической проволоки 180 в окне 120.

В системе подачи металлической проволоки, соответствующей настоящему изобретению, металлическая проволока 180 может быть намотана в катушку проволоки, при этом проволоку можно передавать в шкаф за счет действия устройства 200 подачи проволоки. Металлическая проволока может содержать алюминий, железо, кобальт, медь, никель, углерод, титан, тантал, вольфрам, ниобий, золото, серебро, палладий, платину, цирконий, их сочетания и сплавы. Металлическая проволока 180 может содержать титан или титановый сплав, который может содержать титан в комбинации с одним из следующих элементов или с сочетанием следующих элементов: Al, V, Sn, Zr, Mo, Nb, Cr, W, Si и Mn. Металлическая проволока 180 может содержать титановый сплав, выбранный из следующей группы: Ti-6Al-4V, Ti-6Al-6V-2Sn, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo, Ti-45Al-2Nb-2Cr, 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. Металлическая проволока 180 может иметь круглое поперечное сечение. Металлическая проволока может иметь диаметр в интервале приблизительно от 0,5 до 5 мм.

Системы подачи металлической проволоки, соответствующие настоящему изобретению, могут со-

держат поджимающее устройство 800, чтобы изменять величину давления, которое желобчатый ролик 205 оказывает на металлическую проволоку 180. Поджимающее устройство 800 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигании увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205, а при втягивании уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205.

Системы подачи металлической проволоки, соответствующие настоящему изобретению, могут содержать поджимающее устройство 850, чтобы изменять величину давления, которое желобчатый ролик 605 оказывает на металлическую проволоку 180. Поджимающее устройство 850 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигании увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605, а при втягивании уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605.

Мотор 225 устройства 200 подачи проволоки может быть соединен с желобчатым роликом 220, чтобы приводить во вращение ролик 220, в то время как ролик 220 находится во фрикционном контакте с металлической проволокой 180, чтобы продвигать вперед металлическую проволоку 180. Мотор 625 тянущего устройства 600 слаботягнутой проволоки может быть соединен с желобчатым роликом 620, чтобы приводить во вращение ролик 620, в то время как ролик 620 находится во фрикционном контакте со слаботягнутой проволокой 185, чтобы за счет своего вращения тянуть слаботянутую проволоку 185. Мотор 225 устройства 200 подачи проволоки может работать независимо от тянущего устройства 600.

В системах подачи металлической проволоки, соответствующих настоящему изобретению, комбинация из трех или более направляющих узлов для проволоки позволяет металлической проволоке 180 изгибаться, чтобы из металлической проволоки 180 образовалась петля слаботягнутой проволоки 185 так, что это не приводит к необратимой деформации металлической проволоки 180.

В настоящем изобретении также предложены способы подачи металлической проволоки к плазменной дуге сварочной горелки. Способы включают этапы, на которых обеспечивают шкаф для приема металлической проволоки; подают достаточное количество металлической проволоки от источника проволоки в шкаф, чтобы сформировать петлю слаботягнутой проволоки; подают некоторое количество слаботягнутой проволоки из петли слаботягнутой проволоки к плазменной дуге сварочной горелки; и подают дополнительное количество металлической проволоки от источника проволоки, чтобы компенсировать то количество слаботягнутой проволоки, которое было подано к плазменной дуге сварочной горелки, для сохранения петли слаботягнутой проволоки. Количество металлической проволоки, подаваемое от источника проволоки, обычно является достаточным для поддержания петли слаботягнутой проволоки, чтобы обеспечить непрерывную подачу слаботягнутой проволоки к плазменной дуге сварочной горелки. Петлю слаботягнутой проволоки в шкафу поддерживают в надлежащем положении, так чтобы металлическую проволоку можно было непрерывно подавать к плазменной дуге сварочной горелки, и поддерживают в заданном положении в плазменной дуге сварочной горелки. Этим надежно обеспечивается стабильная скорость подачи проволоки и обеспечивается стабильная массовая скорость подачи металла в процессе нанесения. Нестабильность подачи металлической проволоки может привести к нестабильности нанесения металла, а также может вызывать переход дуги с электрода на токоподводящий наконечник и прекращение формирования изделия. Петля слаботягнутой проволоки дает возможность сделать подачу металлической проволоки от источника проволоки в шкаф независимой от забора слаботягнутой проволоки из петли для подачи к плазменной дуге сварочной горелки. Петля слаботягнутой проволоки работает в качестве буфера между устройством натяжения, которое подает металлическую проволоку от источника проволоки в шкаф, и тянущим устройством, которое вытягивает слаботянутую проволоку из петли и подает ее к плазменной дуге.

Способы могут включать вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте с металлической проволокой, в целях подачи металлической проволоки в шкаф. Вращение ролика может быть осуществлено путем включения мотора, который соединен с роликом. Мотором может служить электродвигатель параллельного возбуждения, электродвигатель последовательного возбуждения, электродвигатель со смешанным возбуждением, асинхронный электродвигатель, синхронный электродвигатель, шаговый двигатель, двигатель постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока, универсальный электродвигатель на постоянном и переменном токе, реактивный индукторный двигатель и гистерезисный двигатель. Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения мотор является шаговым двигателем или электродвигателем постоянного тока, приводимым в действие электрическим сигналом управления. Способы могут включать поддержание в шкафу заданного количества слаботягнутой проволоки в целях сохранения петли слаботягнутой проволоки путем подачи дополнительного количества металлической проволоки от источника проволоки в шкаф. Процесс подачи металлической проволоки от источника проволоки в шкаф может быть независимым от процесса подачи слаботягнутой проволоки из петли слаботягнутой проволоки к плазменной дуге сварочной горелки.

Способы могут включать вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте с проволокой, для подачи слаботягнутой проволоки к сварочной горелке. Вращение ролика может быть осуществлено путем включения мотора, который соединен с роликом. Мотором может служить любой электродвигатель, такой как шаговый двигатель или электродвигатель постоянного тока, приводимый в действие

электрическим сигналом управления. Способы предусматривают, что металлическая проволока является расходуемым электродом для плазменной дуги сварочной горелки. Примером сварочной горелки может быть горелка плазменно-дуговой сварки, горелка ПДС (англ. PAW torch, Plasma Arc Welding Torch), такая как горелка с дугой, перенесенной плазмой - плазмотрон (англ. PTA torch, Plasma Transferred Arc Torch). Горелка ПДС может иметь любую конструкцию, которая способна создавать электрическую дугу для нагревания и плавления металлической проволоки, как например в случае газовой дуговой сварки металлическим электродом (англ. GMAW, Gas Metal Arc Welding), и, в частности, с использованием для образования дуги инертных газов, как в случае дуговой сварки металлическим электродом в среде инертного газа (англ. MIG-welding, Metal Inert Gas Welding). Металлическая проволока используется в качестве расходуемого электрода и расплавляется внутри плазменной дуги, создаваемой сварочной горелкой, в которой используется электрическая дуга, при этом плавящийся материал металлической проволоки осаждают в лунку расплава на изделии, чтобы добавлять к изделию материал и формировать металлические тела с формой, близкой к заданной. Сварочная горелка может также включать в себя лазерное устройство, электронно-лучевую пушку или их комбинацию.

В настоящем изобретении также предложены способы изготовления трехмерного объекта из металлического материала с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы, согласно которой объект получают путем последовательного нанесения слоев металлического материала на материал основы, при этом способы включают этапы, на которых используют первое нагревательное устройство для предварительного нагрева материала основы в том месте, на которое предстоит наносить металлический материал; подают металлическую проволоку ко второму нагревательному устройству для нагревания и плавления металлической проволоки, так чтобы расплавленный металлический материал проволоки нанести на материал основы, на предварительно нагретую или расплавленную или частично расплавленную область материала основы, если выполнялось предварительное нагревание; и перемещают материал основы относительно положения первого и второго нагревательных устройств по заданной схеме, так чтобы последовательно наносимый металлический материал затвердевал и образовывал трехмерный объект. В данном способе может быть использована горелка ПДС, такая как плазмотрон, в качестве первого и второго нагревательного устройства, или горелка ПДС в качестве первого нагревательного устройства и горелка ПДС в качестве второго нагревательного устройства, или же лазер в качестве первого нагревательного устройства и лазерное устройство в качестве второго нагревательного устройства, или лазерное устройство в качестве первого нагревательного устройства и электронно-лучевая пушка в качестве второго нагревательного устройства, или электронно-лучевая пушка в качестве первого нагревательного устройства и лазерное устройство в качестве второго нагревательного устройства, или первая электронно-лучевая пушка в качестве первого нагревательного устройства и вторая электронно-лучевая пушка в качестве второго нагревательного устройства. В системах, в которых в качестве горелки ПДС используется плазмотрон, указанный плазмотрон может быть соединен с источником питания постоянного тока, так чтобы электрод плазмотрона был катодом, а металлическая проволока была анодом. В способе можно использовать лазерную систему с соосным порошковым питателем в качестве первого нагревательного устройства и лазерную систему в качестве второго нагревательного устройства. В способе может быть использовано первое электронно-лучевое устройство в качестве первого нагревательного устройства и второе электронно-лучевое устройство в качестве второго нагревательного устройства.

Дополнительные отличительные признаки и преимущества изобретения будут сформулированы в последующем описании; они частично будут очевидны из описания, или их можно будет уяснить путем реализации изобретения. Задачи и другие преимущества изобретения будут решены или реализованы посредством конструкции, на которую указывает описание и формула изобретения, а также прилагаемые чертежи.

Следует понимать, что как последующее общее описание, так и подробное описание являются примерами и служат целям объяснения изобретения дополнительно к формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые чертежи, которые включены, чтобы обеспечить дополнительное понимание изобретения, составляют часть данного описания, иллюстрируют варианты осуществления изобретения и вместе с описанием служат целям объяснения принципов изобретения.

На чертежах

фиг. 1 изображает схему, на которой показаны компоненты системы подачи металлической проволоки. На схеме показан блок 10 источника проволоки, блок 20 натяжения проволоки, буферный блок 30 и блок 40 подачи слаботянутой проволоки. Указанные блоки взаимодействуют друг с другом в целях продвижения металлической проволоки от источника проволоки к плазменной дуге сварочной горелки узла токоподводящего наконечника;

фиг. 2 схематически в виде фронтальной проекции изображает систему подачи металлической проволоки, соответствующую настоящему изобретению, при этом показана петля слаботянутой проволоки внутри шкафа. Петля слаботянутой проволоки работает в качестве буфера, который отделяет систему подачи проволоки, которая подает проволоку из питающей катушки, от тянущего устройства слаботянутой проволоки, которое подает слаботянутую проволоку к плазменной дуге сварочной горелки;

фиг. 3 схематически в аксонометрии спереди изображает компоненты примера блока источника проволоки;

фиг. 4 схематически в увеличенном виде изображает вариант осуществления системы подачи металлической проволоки, соответствующей настоящему изобретению, при этом показан вход металлической проволоки 180 в шкаф через датчик 110 положения проволоки на входе, а также механизм приема проволоки, который включает в себя первое принимающее колесо 130 и второе принимающее колесо 135;

фиг. 5 схематически в увеличенном виде изображает вариант осуществления системы подачи металлической проволоки, соответствующей настоящему изобретению; при этом показан блок натяжения, который включает в себя поджимающее устройство 800, и который подает проволоку от источника проволоки в шкаф; комбинация направляющих узлов для проволоки, которые формируют и поддерживают в шкафу некоторое количество слабонатянутой проволоки; и тянущий блок для слабонатянутой проволоки, который включает в себя поджимающее устройство 850 и который транспортирует слабонатянутую проволоку, чтобы подавать ее к плазменной дуге сварочной горелки;

фиг. 6 схематически в увеличенном виде изображает пример осуществления устройства 200 подачи проволоки;

фиг. 7 схематически в увеличенном виде изображает пример осуществления буферного блока 30, который включает в себя набор из трех направляющих узлов 300, 400 и 500 для проволоки, которые формируют петлю слабонатянутой проволоки;

фиг. 8 схематически в увеличенном виде изображает пример осуществления тянущего устройства 600 для слабонатянутой проволоки.

Осуществление изобретения

А. Определения.

Если не определено иное, то все технические и научные термины, использованные в настоящем описании, имеют то же значение, какое повсеместно должно быть понятным для специалистов в той области, к какой относится изобретение. Все патенты, патентные заявки, опубликованные заявки, а также публикации, вебсайты и другие опубликованные материалы, на которые повсеместно в описании сделаны ссылки, если не отмечено иное, целиком включены в изобретение посредством ссылок. В случае если существует несколько определений для терминов, применяемых в описании, приоритет имеют те, которые используются в настоящем разделе. Если ссылка сделана на URL или иной такой же идентификатор или адрес, то следует понимать, что такие идентификаторы могут изменяться, и конкретная информация в сети Интернет может появляться и исчезать, но путем поиска в сети Интернет может быть найдена эквивалентная информация. Ссылки на такую информацию свидетельствуют о наличии и широком распространении такой информации.

Использованные в данном описании существительные, указанные в единственном числе, включают в себя и множественное число, если контекст явным образом не указывает на иное.

В данном тексте при описании определенный диапазон и количество могут сопровождаться наречием "приблизительно". При этом термин "приблизительно" включает в себя и самое точное значение. Поэтому "приблизительно 5%" означает "около 5%" и также "5%". "Приблизительно" также означает "в пределах типичной ошибки эксперимента" для предполагаемого случая применения или назначения.

В том смысле, в каком они использованы в настоящем описании, термины "дополнительный; необязательный" или "дополнительно; необязательно", означает, что событие или обстоятельство, которое будет далее описано, имеет место или не имеет места, и что описание включает в себя случаи, когда событие или обстоятельство имеет место или не имеет места.

Например, "дополнительный; необязательный" компонент в системе может в этой системе присутствовать или отсутствовать.

В том смысле, в каком он использован в данном описании, термин "сочетание; комбинация" относится к любому объединению двух или более элементов. Такое объединение может быть в пространстве или может относиться к использованию двух или более элементов с общей целью.

В том смысле, в каком он использован в данном описании, термин "горелка плазменно-дуговой сварки, горелка ПДС" (англ. PAW torch, Plasma Arc Welding Torch) относится к сварочной горелке, которую можно использовать для плазменно-дуговой сварки. Данная горелка рассчитана так, что газ может быть нагрет до высокой температуры, чтобы образовалась плазма и газ стал электропроводящим; указанная плазма затем переносит электрическую дугу на обрабатываемое изделие, при этом интенсивное тепло от дуги может плавить металл и/или сплавлять два куска металла вместе. Горелка ПДС может держать сопло для сжатия дуги и тем самым увеличения плотности энергии дуги. Плазмообразующий газ можно подавать вдоль электрода, при этом вблизи катода может происходить ионизация газа и увеличение его скорости. Такую дугу можно направлять на обрабатываемое изделие, и она будет более стабильной, чем свободно горящая дуга (такая как у горелки для сварки вольфрамовым электродом (горелки TIG)). У горелки ПДС также обычно имеется внешнее сопло для подачи защитного газа. Защитным газом может служить аргон, гелий или их смесь, при этом защитный газ помогает минимизировать окисление расплавленного металла. Величина тока в горелке ПДС в типичном случае доходит до 400 А, а напряжение обычно находится в интервале приблизительно 25-35 В (но может доходить и приблизительно до 14

кВ). Настоящее изобретение не привязано к конкретно выбранной горелке ПДС или типу горелки ПДС. Может быть использовано любое известное или возможное устройство, способное работать в качестве горелки ПДС. Примером горелки ПДС является горелка с дугой, перенесенной плазмой (плазмотрон).

Термин "плазмотрон" (англ. PTA torch, Plasma Transferred Arc Torch) в настоящем описании используется взаимозаменяемо и относится к любому устройству, которое обладает способностью нагревать и возбуждать поток инертного газа до состояния плазмы за счет электрического дугового разряда, и затем передавать поток плазмообразующего газа, включая электрическую дугу, наружу через отверстие (такое, как сопло), чтобы сформировать сжатую струю, которая выходит из отверстия и переносит интенсивное тепло дуги в ограниченную целевую область. Электрод и целевая область могут быть электрически соединены с источником питания постоянного тока, так что электрод плазменной горелки становится катодом, а целевая область становится анодом. Благодаря этому обеспечивается, что плазменная струя, включающая электрическую дугу, доставляет высококонцентрированный поток тепла к небольшой площади поверхности целевой области при высоком уровне контроля локального распределения и величины теплового потока, подаваемого от плазменной горелки. Плазменная дуга прямого действия (англ. plasma transferred arc) обладает преимуществом, заключающимся в обеспечении стабильной и однородной дуги с малым блужданием и хорошей способностью переносить изменение расстояния между катодом и анодом. Таким образом, плазменная горелка с дугой прямого действия (плазмотрон) является пригодной и для создания лунки расплава в материале основы, и для нагревания и плавления подаваемой металлической проволоки. В предпочтительном варианте плазмотрон может содержать электрод, выполненный из вольфрама и сопло, выполненное из меди. Однако изобретение не привязано к какому-либо конкретному выбору или типу плазменной горелки. Может быть использовано любое известное или возможное устройство, способное функционировать в качестве плазмотрона, обеспечивающего стабильный источник тепла для плавления металлической электродной проволоки.

Термин "плотность энергии" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к количеству энергии, которое поступает на единицу площади, например, от плазменной дуги, лазерного луча или пучка электронов.

Термин "металлический материал" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к любому известному или возможному металлу, или металлическому сплаву, который может быть выполнен в виде проволоки, и использован в процессе изготовления твердого объекта произвольной формы с целью изготовления трехмерного объекта. Примерами подходящих материалов помимо других возможных являются титан и титановые сплавы, такие как Ti-6Al-4V.

Термин "аналогичный металлический материал" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, означает, что данный металлический материал представляет собой такой же металл или сплав, как и металлический материал, с которым производится сравнение.

Термин "несущая подложка" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к целевой подложке, на которую наносят добавочный материал (такой же как материал несущей подложки или отличный от несущей подложки), используя технологию изготовления предметов произвольной формы, с целью получения изделия. Согласно примерам осуществления изобретения несущая подложка представляет собой плоский лист. В других вариантах осуществления несущей подложкой может служить штампованная деталь. В каких-то еще вариантах несущей подложкой может служить предмет, на который должен быть нанесен добавочный материал. Согласно примерам несущая подложка может становиться частью изделия. Материалом для несущей подложки может служить металл или металлический сплав. Согласно примерам осуществления изобретения несущая подложка выполнена из того же материала, что и исходный материал проволоки.

В том смысле, в каком они использованы в данном описании, термины первый, второй, третий и т.п. могут применяться для описания различных элементов, компонентов, областей, слоев и/или участков, причем на такие элементы, компоненты, области, слои и/или участки указанные термины не должны накладывать ограничение. Данные термины могут быть использованы только чтобы отличать один элемент, компонент, область, слой и/или участок от другой области, слоя или участка. Термины "первый", "второй" и другие числовые термины при использовании в настоящем описании не подразумевают какую-либо очередность или порядок, если на это явным образом не указывает контекст. Таким образом, первый элемент, компонент, область, слой и/или участок, который будет обсуждаться ниже, мог бы быть назван вторым элементом, компонентом, областью, слоем и/или участком, и при этом рассуждения не выходили бы за границы замысла, содержащегося в примерах вариантов осуществления изобретения.

Термин "материал основы" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к целевому материалу, на который должен быть нанесен металлический материал для формирования трехмерного объекта. При нанесении первого слоя металлического материала материалом основы будет служить несущая подложка. Когда на несущую подложку будут нанесены один или более слоев металлического материала, материалом основы будет служить верхний слой нанесенного металлического материала, чтобы на него наносить новый слой металлического материала.

Термин "слабонатянутая проволока" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к части проволоки, которая не натянута или не находится под натяжением.

Термин "непосредственное нанесение металла" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к технологии аддитивного послойного изготовления или технологии 3-D печати, при которой изделие получают на основе модели системы компьютерного проектирования.

Термин "усовершенствованная в отношении трения поверхность" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к поверхности, которая была модифицирована так, чтобы продемонстрировать более высокое трение, чем необработанная гладкая поверхность того же материала. Модификация поверхности, увеличивающая трение, может включать придание поверхности шероховатости или включение в поверхность выступов или создание зернистости. Такая модифицированная поверхность может усиливать фрикционный контакт (по сравнению с немодифицированной поверхностью) с определенной модифицированной поверхностью или иной поверхностью, например с металлической проволокой, которая находится в контакте с такой поверхностью, чтобы минимизировать проскальзывание между модифицированной поверхностью и поверхностью, с которой она находится в контакте.

Термин "изделие" в том смысле, в каком он используется в настоящем описании, относится к металлическому телу, которое изготавливают с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы.

Термин "модель из системы автоматизированного проектирования" или "модель CAD" (англ. CAD-model, Computer Aided Design Model) в том смысле, в каком он взаимозаменяемо используется в настоящем описании, относится к любому известному или возможному трехмерному представлению подлежащего изготовлению объекта, которое может быть использовано в системе управления комплекса в соответствии с изобретением в его втором аспекте: регулированием положения и перемещением несущей подложки и приведением в действие сварочной горелки с встроенным механизмом подачи проволоки, так чтобы построение физического объекта происходило путем последовательного нанесения слоев металлического материала на несущую подложку или материал основы по такой схеме, которая приводит к формированию физического объекта в соответствии с виртуальной трехмерной моделью объекта. Этого можно добиться, например, создавая виртуальную векторизованную послойную модель трехмерного объекта, вначале путем разбиения виртуальной трехмерной модели на множество виртуальных параллельных горизонтальных слоев, а затем путем разбиения каждого из параллельных слоев на множество виртуальных квазиодномерных элементов. Затем физический объект может быть сформирован путем приведения в действие системы управления для нанесения и нанесения рядов квазиодномерных элементов подаваемого металлического материала на несущую подложку согласно схеме, соответствующей первому слою виртуальной векторизованной послойной модели объекта. Затем указанную очередность повторяют для второго слоя объекта, нанося и наплавляя ряды квазиодномерных элементов свариваемого материала на ранее нанесенный слой согласно схеме, соответствующей второму слою виртуальной векторизованной послойной модели объекта. Нанесение продолжают, повторяя операции нанесения и наплавления слой за слоем для каждого очередного слоя виртуальной векторизованной послойной модели объекта, пока не будет сформирован весь объект. При этом изобретение не привязано ни к какой конкретной модели CAD и/или компьютерной программе для приведения в действие системы управления комплекса в соответствии с изобретением, и также изобретение не привязано ни к какому конкретному типу системы управления. Может быть использована любая известная или возможная система управления (модель CAD, компьютерная программа, компьютерные аппаратные средства с исполнительными органами и т.п.), способная изготавливать металлические трехмерные объекты с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы при условии, что система управления настроена так, чтобы по отдельности приводить в действие первую горелку ПДС для предварительного нагрева материала основы, и вторую горелку ПДС для плавления проволоки подаваемого металлического материала в лунку расплава.

В. Система подачи металлической проволоки.

Установлено, что скорость нанесения расплавленного металла на формирующееся изделие, изготавливаемое путем непосредственного нанесения металла (например, по аддитивной технологии), может быть увеличена за счет системы подачи металлической проволоки, которая поддерживает в качестве буфера некоторое количество слабонатянутой проволоки внутри шкафа в надлежащем положении, так что металлическую проволоку можно непрерывно подавать к плазменной дуге сварочной горелки узла токоподводящего наконечника. Схема, представляющая систему подачи металлической проволоки, изображена на фиг. 1. Система содержит блок 10 источника проволоки, блок 20 натяжения проволоки, буферный блок 30, и блок 40 подачи слабонатянутой проволоки. Хотя на схеме указанные блоки показаны как отдельные друг от друга, два или более, или все блоки могут быть собраны в единую конструкцию, такую как камера или корпус.

Полнее представить настоящее изобретение и его объем можно, опираясь на прилагаемые чертежи (которые кратко будут охарактеризованы ниже), на последующее подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения, и на прилагаемую формулу изобретения. Схематическое изображение взятой в качестве примера части системы подачи металлической проволоки представлено на фиг. 2 (на которой блок источника проволоки не показан).

Компоненты взятого в качестве примера блока 10 источника проволоки изображены на фиг. 3. Блок

10 источника проволоки содержит компоненты, которые позволяют подавать проволоку 180 в блок 20 натяжения проволоки. Как показано на фиг. 3, металлическую проволоку 180 можно передавать в систему подачи проволоки из катушки 50 проволоки. Катушка 50 проволоки может быть установлена с возможностью вращения вокруг оси 55 на вертикальном несущем элементе 60, который с возможностью перемещения соединен с поперечным несущим элементом 65, который в свою очередь с возможностью перемещения соединен с первым боковым несущим элементом 70 и вторым боковым несущим элементом 71. Ось 55 соединена с вертикальным несущим элементом 60 с возможностью перемещения, что дает возможность оси 55 и катушке 50 проволоки перемещаться вертикально (вверх и вниз относительно пола) вдоль оси Y, и позволяет катушку 50 проволоки поднимать и опускать относительно пола. Это дает возможность проволоку 180, которая сходит с катушки 50 проволоки, поддерживать на той же высоте, что и высота входного отверстия в шкаф, внутри которого находятся блок натяжения проволоки, буфер проволоки и блок подачи слаботянутой проволоки.

Вертикальный несущий элемент 60 может включать в себя гидравлическую, пневматическую, механическую или электрическую подъемную систему для регулирования вертикального положения оси 55 в целях изменения вертикального положения катушки 50 металлической проволоки. На фиг. 3 изображена транспортирующая система с приводом от моторов, однако может быть использована любая подъемная система. Изменение вертикального положения катушки 50 металлической проволоки дает возможность металлическую проволоку 180, сматываемую с катушки 50 проволоки, поддерживать, по существу, на постоянной высоте, когда проволока сходит с катушки, что решает проблему уменьшения диаметра намотки проволоки в катушке 50, по мере того как проволока сматывается с катушки.

Вертикальный несущий элемент 60 соединен с возможностью перемещения с поперечным несущим элементом 65, что дает возможность вертикальному несущему элементу 60 перемещаться горизонтально (влево и вправо согласно аксонометрической проекции фиг. 3) вдоль оси X. Это дает возможность переставлять катушку 50 проволоки ближе к шкафу или дальше от шкафа системы подачи проволоки. Поперечный несущий элемент 65 может включать в себя гидравлическую, пневматическую, механическую или электрическую систему для регулирования положения вертикального несущего элемента 60, чтобы изменять положение катушки 50 металлической проволоки по горизонтали. На фиг. 3 изображена моторизованная транспортирующая система, однако для регулирования положения вертикального несущего элемента 60 может быть использована любая система изменения положения.

Поперечный несущий элемент 65 прикреплен с возможностью перемещения к боковым несущим элементам 70 и 71, что дает возможность поперечному несущему элементу 65 перемещаться вперед и назад (в глубину чертежа и из глубины чертежа согласно аксонометрической проекции фиг. 3) вдоль оси Z. Это дает возможность изменять положение металлической проволоки 180 при ее сматывании с катушки 50, чтобы поддерживать металлическую проволоку 180, по существу, в центре окна 120 устройства 110 обнаружения (подробно показано на фиг. 7), по мере того как проволока сматывается с питающей катушки 50. Каждый из боковых несущих элементов 70 и 71 может включать в себя гидравлическую, пневматическую, механическую или электрическую систему для регулирования положения поперечного несущего элемента 65 в целях изменения положения катушки 50 металлической проволоки. На фиг. 3 изображена транспортирующая система с приводом от моторов, однако для регулирования положения поперечного несущего элемента 65 может быть использована любая система изменения положения.

Боковой несущий элемент 70 может быть прикреплен к передней монтажной опоре 72 и к задней монтажной опоре 74, которые можно съемным образом крепить к полу, например, при помощи болтов и гаек через опорную плиту. Боковой несущий элемент 71 может быть прикреплен к передней монтажной опоре 73 и к задней монтажной опоре 75, которые можно съемным образом крепить к полу, например, при помощи болтов и гаек через опорную плиту. Передние монтажные опоры 72 и 73 или задние монтажные опоры 74 и 75 могут быть скреплены друг с другом поперечной балкой. На фиг. 3 показано, что задние монтажные опоры 74 и 75 скреплены друг с другом посредством поперечной балки 78.

Система управления (не показана) может принимать сигналы от устройства 110 обнаружения (показано на фиг. 2, 4 и частично на фиг. 5) системы подачи проволоки для перемещения катушки металлической проволоки в направлениях X, Y и Z в целях поддержания требуемого положения металлической проволоки 180 при ее входе в шкаф через входное окно 120. Система управления может включать в себя процессор компьютера или центральное процессорное устройство ((CPU, англ. Central Processor Unit), дисплей CPU, один или более источников питания, соединители для подачи питания, сигнальные модули, такие как модули ввода и/или модули вывода, встроенные средства экранирования аналоговых сигналов, накопительные устройства, печатные платы, микросхемы памяти и другие средства хранения, энергонезависимый машиночитаемый носитель информации, содержащий программу, реализуемую в настоящем изобретении, или любое сочетание указанных устройств. Машиночитаемый носитель информации может содержать надлежащую программу для частичной или полной автоматизации любой системы или комбинации систем. Машиночитаемый носитель информации может содержать надлежащую программу для контроля и/или регулирования параметра. Примеры параметров включают в себя состояние одного или более датчиков, натяжение металлической проволоки, скорость, с какой металлическая проволока проходит целевое положение, количество металлической проволоки, остающейся на катушке

или любое сочетание указанных параметров. В качестве примера, помимо других возможных системами управления могут служить: SIMATIC-S7-1500 от компании Siemens AG (Мюнхен, Германия), систему IndraMotion MTX от компании Bosch Rexroth AG (Лор-ам-Майн, Германия), а также компактную промышленную компьютерную систему SIGMATEK C-IPC от компании SIGMATEK GmbH & Co. KG (Лампрехтсхаузен, Австрия).

Система управления может содержать компьютер, способный выполнять программу, которая может активировать любой один из механизмов или сочетание механизмов (вертикального позиционирования оси 55, позиционирования вертикального несущего элемента 60 и позиционирования поперечного несущего элемента 65) в нужном направлении(ях), чтобы поддерживать металлическую проволоку 180, по существу, в центре окна 120 шкафа, содержащего устройство 200 подачи проволоки, буферный блок, включающий в себя ряд направляющих узлов 300, 400 и 500, которые используются для создания петли слабонатянутой проволоки 185, и тянущее устройство 600, которое тянет слабонатянутую проволоку 185 и выводит ее наружу из шкафа через выходной направляющий элемент 1000 камеры (см. фиг. 2).

Установлено, что скорость нанесения расплавленного металла на формируемое изделие может быть увеличена, если использовать систему подачи металлической проволоки, которая поддерживает некоторое количество слабонатянутой проволоки внутри шкафа в надлежащем положении, так чтобы металлическую проволоку можно было непрерывно подавать к плазменной дуге сварочной горелки, и поддерживать в заданном положении внутри плазменной дуги сварочной горелки. Петля слабонатянутой проволоки может работать в качестве буфера, чтобы надежно поддерживать стабильную скорость подачи проволоки, обеспечивая стабильную скорость передачи массы металла на входе для осуществления производственного процесса. Нестабильность может приводить не только к неустойчивому нанесению металла, но также и к переходу дуги с проволоки (электрода) на токоподводящий наконечник и остановке производственного процесса. Петля слабонатянутой проволоки может минимизировать нестабильность скорости проволоки, натяжения или положения. Скорость подачи проволоки можно поддерживать практически постоянной, так чтобы металлическая проволока непрерывно поступала к плазменной дуге сварочной горелки для ее плавления и нанесения на изделие. Непрерывная подача металлической проволоки к сварочной горелке предотвращает негладкость нанесения металла на изделие или нанесение с разрывами. Любое случайное нарушение непрерывности нанесения может приводить к нарушению структуры, неровностям и дефектам поверхности изделия, что в конечном счете могло бы приводить к отслоению, усталости металла или образованию трещин в конечном продукте, что потенциально делает продукт непригодным для предполагаемой области применения. Увеличение скорости непрерывной подачи металлической проволоки также дает возможность увеличить скорость нанесения расплавленного металла на изделие, и увеличить эффективность технологического процесса изготовления деталей с помощью технологии формирования твердых объектов произвольной формы.

Согласно фиг. 1, блоком 20 натяжения проволоки можно управлять независимо от блока 40 подачи слабонатянутой проволоки. Соответственно, металлическую проволоку можно подавать в шкаф из блока 10 источника проволоки за счет действия блока 20 натяжения со скоростью, которая может отличаться от (или может быть практически равной) скорости, с которой слабонатянутая проволока подается к плазменной дуге сварочной горелки снаружи шкафа за счет действия блока 40 подачи слабонатянутой проволоки. При такой схеме количество проволоки, подаваемой в шкаф за счет действия блока 20 натяжения проволоки, может не зависеть от количества слабонатянутой проволоки, которое вытягивает блок подачи слабонатянутой проволоки, чтобы подать к плазменной дуге сварочной горелки.

Как правило, металлическая проволока может поставляться на катушке, на которую намотана металлическая проволока. Чтобы подавать металлическую проволоку в шкаф, необходимо приводить во вращение всю массу проволоки, намотанной на катушку. Влияние данной массы и инерции при сматывании проволоки с катушки посредством блока натяжения может быть изолировано от проволоки, подаваемой к сварочной горелке, за счет петли слабонатянутой проволоки, находящейся внутри шкафа. Благодаря тому, что эффекты массы и инерции при сматывании проволоки с катушки изолированы от проволоки, подаваемой к сварочной горелке, минимизируется проскальзывание проволоки внутри шкафа. Кроме того, любые инерционные эффекты катушки проволоки, которые могли бы тянуть проволоку в обратном направлении к катушке, будут исключены за счет петли слабонатянутой проволоки, и тем самым оказывается возможным осуществлять непрерывную подачу проволоки к плазменной дуге сварочной горелки, и минимизировать любое нежелательное нарушение непрерывности нанесения расплавленного металла на изделие. Благодаря тому, что обеспечивается непрерывная подача металлической проволоки к плазменной дуге сварочной горелки, можно поддерживать монотонный и непрерывный процесс нанесения металла.

Металлическую проволоку можно подавать из блока 10 источника проволоки в шкаф при помощи блока 20 натяжения проволоки. Как показано на фиг. 2, 4 и 5, система подачи проволоки может содержать устройство 110 обнаружения, содержащее входное окно 120, через которое в шкаф можно подавать металлическую проволоку 180 из катушки 50. Металлическую проволоку 180 можно поддерживать практически в центре окна 120 за счет силы натяжения, которую создает устройство 200 подачи проволоки. Как показано на фиг. 4, металлическая проволока 180 может входить в шкаф через окно 120 в устройстве

110 обнаружения и может проходить через устройство приема проволоки, содержащее пассивное принимающее колесо 130 и пассивное принимающее колесо 135, между которыми образован канал, через который может проходить проволока 180. Как вариант, принимающее колесо 130 или принимающее колесо 135 может быть смещено посредством пружины так, чтобы оно находилось в контакте с проволокой 180. Согласно фиг. 5, металлическую проволоку 180 можно подавать вперед через кронштейны 140 и 145 (необязательные элементы) за счет тянущего усилия, которое создается на металлической проволоке 180 между пассивным рифленным роликом 205 и рифленным роликом 220, приводимым во вращение мотором. Кронштейны 140 и 145 могут быть использованы в качестве установочных платформ для других устройств. Например, на кронштейне 140 может быть установлена камера для наблюдения за тем, как металлическая проволока 180 входит в шкаф. На кронштейне 145 может быть установлена щетка для удаления всякого материала, неплотно сидящего на проволоке, и мусора. В некоторых конструкциях кронштейны 140 и 145 отсутствуют.

Согласно фиг. 2 шкаф может содержать заднюю панель 900, которая образует заднюю часть шкафа. К задней панели 900 прикреплена рама 100, к которой прикреплены боковые стенки, образующие боковые наружные края шкафа (на фиг. 2 не показаны). Потолок и пол, как вариант, могут быть присоединены к указанным боковым стенкам (на фиг. 2 не показаны), и, когда они присутствуют, то могут определять соответственно верхнюю и нижнюю стороны шкафа. К раме 100 посредством петель (не показаны) может быть присоединено верхнее прозрачное окно 103, а посредством петель 101 к раме 100 могут быть присоединены две нижние прозрачные дверцы 104. Прозрачное окно 103 и две нижние прозрачные дверцы 104 образуют переднюю сторону шкафа. Окно и дверцы могут быть выполнены из любого материала, такого как стекло, акрил (полиметилметакрилат, ПММА), полиэтилентерефталатгликоль (ПЭТГ) или поликарбонат. Прозрачное окно и дверцы позволяют видеть систему подачи металлической проволоки; при этом открывать окно или дверцы шкафа не требуется. Вокруг окна 120 могут быть расположены датчики 122 для определения положения металлической проволоки 180, когда проволока проходит сквозь окно 120 в шкаф. Датчики 122 могут передавать информацию в систему управления (не показана), которая может перемещать катушку 50 металлической проволоки в направлении X, Y или Z в целях поддержания требуемого положения металлической проволоки 180, когда последняя входит в шкаф через окно 120. Примерами датчиков могут служить оптические датчики, волоконно-оптические датчики, датчики приближения, фотоэлектрические датчики, магнитные датчики и сочетания указанных типов датчиков. Такие датчики серийно поставляются на рынок (например, компанией Industrial Automation - Omron Corporation, Киото, Япония). В некоторых конструкциях вокруг окна 120 может быть расположен массив волоконно-оптических датчиков.

Согласно фиг. 2 выходной направляющий элемент 1000 шкафа может задавать направление металлической проволоке на выходе из шкафа, и передавать проволоку в направляющую деталь плазменной дуги сварочной горелки. Выходной направляющий элемент 1000 шкафа может быть расположен на боковой стенке шкафа непосредственно на одной линии с устройством 110 обнаружения и параллельно устройству обнаружения, так что, если соединить окно 120 устройства 110 обнаружения и выходной направляющий элемент 1000 шкафа, то получится прямая линия. Шкаф защищает проволоку от случайных контактов и не дает прикасаться к металлической проволоке 180 голыми руками. Этим может быть сведено к минимуму загрязнение проволоки, что желательно, поскольку загрязнение проволоки приводило бы к неоднородностям в послойно формируемом изделии. Шкаф может содержать один или более датчиков, которые контролируют состояние окна 102 и/или дверец 104. Система управления может быть запрограммирована так, чтобы процесс нанесения останавливался всякий раз, когда открывают окно 102 и/или дверцы 104. Примерами датчиков могут служить электрические контактные датчики, оптические датчики, датчики сближения, фотоэлектрические датчики, магнитные датчики или сочетание датчиков указанных типов. Например, на окне или на дверцах или в обоих местах можно использовать датчик сближения (от компании Industrial Automation - Omron Corporation, Киото, Япония).

Блок натяжения проволоки, к примеру, содержит устройство подачи проволоки, которое может включать в себя ролик, который приводится во вращение мотором, и находится во фрикционном контакте с проволокой, подаваемой из катушки проволоки. Мотор может вращать ролик, чтобы подавать проволоку в шкаф. Может быть использован мотор любого типа. Примеры моторов включают в себя электродвигатель параллельного возбуждения, электродвигатель последовательного возбуждения, электродвигатель со смешанным возбуждением, асинхронный электродвигатель, синхронный электродвигатель, шаговый двигатель, двигатель постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока, универсальный электродвигатель на постоянном и переменном токе, реактивный индукторный двигатель и гистерезисный двигатель. Мотором, который приводит во вращение подающий проволоку ролик, может служить стандартный двигатель постоянного тока, который управляется электрическим сигналом. Электрический сигнал управления может характеризоваться повторяющимся рабочим циклом, в котором определен промежуток включения, на протяжении которого питание подается, и промежуток выключения, на протяжении которого питание не подается. Мотор может быть непосредственно присоединен к ролику, при этом ролик может быть прикреплен к валу мотора, или к валу, который соединен с валом мотора. Для соединения мотора с роликом может быть использована понижающая передача. Использование

электрического сигнала управления с рабочим циклом для приведения в действие мотора позволяет осуществлять высокоточное управление подачей проволоки, благодаря способности выполнять контроль и исключать эффекты инерции вращательного движения и намотки. Вследствие этого в шкаф не подается дополнительное избыточное количество проволоки, а подается лишь достаточное ее количество, чтобы поддерживать требуемое количество слабонатянутой проволоки. В качестве мотора, который приводит во вращение подающий ролик, может служить шаговый двигатель, который позволяет подавать точное количество проволоки из катушки в шкаф путем электронного управления числом импульсов питания, подаваемых в двигатель.

Пример устройства 200 подачи проволоки изображен на фиг. 6. Металлическая проволока 180 из катушки 50 (см. фиг. 3) подается в шкаф за счет действия устройства 200 подачи проволоки, которое включает в себя моторизованный желобчатый ролик 220, соединенный с мотором 225, и пассивный желобчатый ролик 205. Мотором 225 может служить двигатель любого типа, например стандартный электродвигатель постоянного тока, управляемый электрическим сигналом, или шаговый двигатель, который позволяет подавать от катушки в шкаф точное количество проволоки за счет электронного управления числом электрических командных импульсов, подаваемых на двигатель. Металлическая проволока 180 направляется в канал между канавкой моторизованного желобчатого ролика 220, соединенного с мотором 225, и канавкой пассивного желобчатого ролика 205. Желобчатый ролик 205 и желобчатый ролик 220 могут содержать в указанных канавках выступы, которые могут зацеплять металлическую проволоку 180 и протягивать металлическую проволоку 180 сквозь канал между роликами. Выступы в канавке могут увеличивать силы трения, действующие между канавкой ролика и металлической проволокой 180, обеспечивая фрикционное сцепление роликов с металлической проволокой 180, которое позволяет продвигать проволоку сквозь ролики.

Пассивный желобчатый ролик 205 и моторизованный желобчатый ролик 220 в типичном случае выполнены из стали, но могут быть выполнены из других сплавов, таких как Inconel® (никеле-хромовый сплав), Monel® (сплав никеля и меди) или ToughMet® (сплав меди, никеля и олова). Когда ролик выполняется из стали или он содержит сталь, то эта сталь может представлять собой углеродистую сталь или нержавеющую сталь. К примерам марок стали относятся S355, S355JR, S355J2, S355J2+N и S450J0. Желобчатые ролики поставляются на рынок (например, компаниями Products for Industry, Inc., Brighton, CO, USA и SBI International, Холлабрунн, Австрия).

Величину перпендикулярного давления, которое пассивный желобчатый ролик 205 оказывает на проволоку 180, можно регулировать за счет выбора конфигурации канавки в желобчатом ролике 205, а также давления, которое оказывает поджимающее устройство 800. Профиль канавки ролика может быть V-образным, U-образным, заостренным, цилиндрическим, с углом сужения 60°, с углом сужения 90° или типа профиля канавки шкива. При увеличении давления, которое оказывает поджимающее устройство 800, увеличивается сжимающее давление, которое желобчатый ролик 205 оказывает на проволоку. Если поджимающее устройство 800 давит слишком слабо, то может возникнуть проскальзывание металлической проволоки 180 между желобчатым роликом 205 и желобчатым роликом 220. Если поджимающее устройство 800 давит слишком сильно, то может возникнуть деформация металлической проволоки 180. Со стороны поджимающего устройства 800 может быть приложено давление до 3 бар. Поджимающее устройство 800 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигении увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205, а при втягивании - уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 205. Действие мотора 225 создает натяжение в металлической проволоке 180 между моторизованным желобчатым роликом 220 и питающей катушкой 50 проволоки. За счет такого усилия натяжения металлическую проволоку 180 можно поддерживать практически в центре окна 120.

После прохождения через канал, образованный между пассивным желобчатым роликом 205 и моторизованным желобчатым роликом 220, металлическая проволока 180 движется к буферному блоку 30, который включает в себя комбинацию направляющих узлов для проволоки, содержащих пассивные желобчатые ролики, чтобы образовать внутри шкафа петлю слабонатянутой проволоки 185. Пример построения направляющих узлов для проволоки для буферного блока 30 изображен на фиг. 7. При таком построении, какое изображено на фиг. 7, для формирования петли слабонатянутой проволоки используется ряд из трех пассивных направляющих узлов 300, 400 и 500. Желобчатые ролики направляющих узлов 300, 400 и 500 являются гладкими и в типичном случае выполнены из стали. Сталь может представлять собой углеродистую сталь или нержавеющую сталь. К примерам марок стали относятся S355, S355JR, S355J2, S355J2+N и S450J0. Сойдя с моторизованного желобчатого ролика 220 металлическая проволока 180 входит в первую канавку направляющего узла 300 с двойными желобчатыми роликами, который содержит ролик 305 с двумя канавками и ролик 320 с двумя канавками. Ролик 305 может быть закреплен на рычаге 310, который шарнирно закреплен на задней панели 900, так что рычаг 310 может пассивно поворачиваться вокруг оси соединения в плоскости параллельной задней панели 900. Ролик 305 может быть смещен пружиной, присоединенной к опоре 330, и приведен в контакт с металлической проволокой 180.

Металлической проволоке 180 задается направление при помощи канала, образованного между роликами 305 и 320 направляющего узла 300, и проволока движется в сторону направляющего узла 400, который расположен справа и ниже ролика 320 с двумя канавками, принадлежащего направляющему узлу 300. Направляющий узел 400 может содержать желобчатый ролик 405 и желобчатый ролик 420. Ролик 405 может быть закреплен на рычаге 410, который шарнирно закреплен на задней панели 900, так что рычаг 410 может пассивно поворачиваться вокруг оси соединения в плоскости параллельной задней панели 900. Ролик 405 может быть смещен пружиной, присоединенной к опоре 430, и приведен в контакт с металлической проволокой 180.

Металлическая проволока 180 направляется сквозь канал, образованный между роликами 405 и 420 направляющего узла 400, при этом проволока образует петлю слабонатянутой проволоки, когда движется в сторону направляющего узла 500, который расположен слева и ниже ролика 320 с двумя канавками, принадлежащего направляющему узлу 300, как показано на фиг. 2. Направляющий узел 500 содержит желобчатый ролик 505 и желобчатый ролик 520. Ролик 505 может быть закреплен на рычаге 510, который шарнирно закреплен на задней панели 900, так что рычаг 510 может пассивно поворачиваться вокруг оси соединения в плоскости параллельной задней панели 900. Ролик 505 может быть смещен пружиной, присоединенной к опоре 530, и приведен в контакт с металлической проволокой 180. Между направляющими узлами 400 и 500 металлическая проволока 180 образует одиночную петлю слабонатянутой проволоки 185. Петля слабонатянутой проволоки 185 между направляющими узлами 400 и 500 на участке, где нет опоры, под действием силы тяжести может принимать овальную форму.

Чем большее количество слабонатянутой проволоки получает возможность заходить в шкаф, тем больше становится размер одиночной петли слабонатянутой проволоки 185. Петля слабонатянутой проволоки 185 работает в качестве буфера, чтобы гарантировать, что имеется достаточно металлической проволоки 180 в правильной ориентации, чтобы не отставать от хода процесса нанесения. Если процесс нанесения проводят с более высокими скоростями, то дают возможность заходить в шкаф большему количеству металлической проволоки, при этом петля слабонатянутой проволоки 185 может становиться сравнительно большой, так что она может занимать значительную часть шкафа. Когда процесс нанесения ведут с более низкой скоростью, требуется меньше слабонатянутой проволоки, и таким образом, можно впускать в шкаф меньшее количество металлической проволоки 180, при этом петля слабонатянутой проволоки 185 может быть меньше по размеру и может занимать меньшую часть шкафа.

Система подачи металлической проволоки, соответствующая настоящему изобретению, может содержать устройство 700 обнаружения петли, которое способно обнаруживать присутствие в шкафу петли слабонатянутой проволоки. Согласно примеру устройство обнаружения петли может содержать ряд датчиков, как показано на фиг. 2. На фиг. 2 устройство 700 обнаружения петли содержит датчики 710, 720, 730 и 740, которые могут быть использованы для определения количества слабонатянутой проволоки внутри шкафа. Указанные датчики могут сообщаться с системой управления, которая может реагировать на сигнал обратной связи, получаемый от датчиков. Каждый датчик отдельно может посылать сигнал в систему управления, когда данный датчик обнаруживает металлическую проволоку 180. В ответ на сигнал от конкретного датчика система управления может изменять подачу дополнительной проволоки, которую система вытягивает из источника проволоки и передает в шкаф, и тем самым регулировать размер петли слабонатянутой проволоки, а следовательно, количество слабонатянутой проволоки внутри шкафа. Примерами датчиков могут служить оптические датчики, волоконно-оптические датчики, датчики сближения, фотоэлектрические датчики, магнитные датчики или сочетание датчиков указанных типов. Такие датчики выпускаются серийно на рынок (например, компанией Industrial Automation - Omron Corporation, Киото, Япония). В некоторых конструкциях датчиками 710, 720, 730 и 740 являются волоконно-оптические датчики или датчики сближения, которые не требуют контакта с проволокой.

Например, в варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 2, когда дополнительное количество металлической проволоки 180 передается в шкаф за счет работы устройства 200 подачи проволоки, нижняя часть петли слабонатянутой проволоки 185 начинает опускаться. Благодаря расположению направляющих узлов 300, 400 и 500 проволоки и действию силы тяжести на слабонатянутую проволоку, которая висит без опор, петля слабонатянутой проволоки 185 в общем приобретает форму овала. Когда нижний участок петли слабонатянутой проволоки 185 оказывается вблизи датчика 720, датчик 720 посылает сигнал в систему управления. Система управления заранее запрограммирована так, чтобы в ответ на сигнал от датчика 720 подавать больше проволоки в шкаф. Когда в шкаф передается большее количество проволоки 180, петля слабонатянутой проволоки опускается. Когда нижний участок петли слабонатянутой проволоки 185 оказывается вблизи датчика 730, датчик 730 посылает сигнал в систему управления. Система управления заранее запрограммирована так, чтобы в ответ на сигнал от датчика 730 подавать меньше проволоки в шкаф. Результатом взаимодействия между нижним участком петли слабонатянутой проволоки 185 и датчиками 720 и 730 может быть практически постоянная подача слабонатянутой проволоки изнутри шкафа к плазменной дуге сварочной горелки в ходе процесса нанесения металла.

В случае значительного замедления процесса нанесения нижний участок петли слабонатянутой проволоки 185 опускается к нижней части шкафа, сближается с датчиком 740 и входит в зону его действия. Чтобы в шкафу не собиралось излишнее количество слабонатянутой проволоки, которая могла бы

спутываться или иным образом затруднять прохождение проволоки через систему, систему управления можно запрограммировать так, чтобы при получении сигнала от датчика 740 система останавливала мотор 225, чтобы прекратить дополнительное поступление проволоки 180 в шкаф.

В случае значительного ускорения процесса нанесения или, если подача проволоки не поспевает за потребностью в металлической проволоке 180, нижний участок петли слаботянутой проволоки 185 поднимается к верхней части шкафа, сближается с датчиком 720 и входит в зону его действия. Если в момент получения системой управления сигнала от датчика 720 в шкаф не будет поступать достаточного количества проволоки, то нижний участок петли слаботянутой проволоки 185 продолжит подниматься. В конце концов петля сближится с датчиком 710 и войдет в зону его действия. Датчик 710 пошлет сигнал в систему управления, которая может быть запрограммирована так, чтобы при получении сигнала от датчика 710 останавливать всю систему, включая моторы 225 и 625 и плазменную сварочную горелку, и прекращать процесс нанесения металла. Такая остановка снижает риск повреждения оборудования.

После того как слаботянутая проволока 185 уходит с роликов направляющего узла 500, указанная проволока 185 направляется через канал, образованный между второй канавкой двойного желобчатого ролика 305 и второй канавкой двойного желобчатого ролика 320 направляющего узла 300, и движется в сторону тянущего устройства 600 для слаботянутой проволоки, содержащего мотор 625, соединенный с моторизованным желобчатым роликом 620 и пассивным желобчатым роликом 605.

Мотором 625 может служить двигатель любого типа, например, стандартный электродвигатель постоянного тока, управляемый электрическим сигналом, или шаговый двигатель, который позволяет подавать точное количество проволоки за счет электронного управления числом электрических командных импульсов, подаваемых на двигатель. Слаботянутая проволока 185 направляется в канал между канавкой моторизованного желобчатого ролика 620, соединенного с мотором 625, и канавкой пассивного желобчатого ролика 605. Желобчатый ролик 605 или желобчатый ролик 620 могут содержать в указанных канавках выступы, которые могут зацеплять слаботянутую проволоку 185 и протягивать слаботянутую проволоку 185 сквозь канал между роликами. Выступы в канавке могут увеличивать силы трения, действующие между канавкой ролика и слаботянутой проволокой 185, обеспечивая фрикционное сцепление роликов со слаботянутой проволокой 185, которое позволяет продвигать проволоку сквозь ролики.

Пассивный желобчатый ролик 605 и моторизованный желобчатый ролик 620 в типичном случае выполнены из стали, но могут быть выполнены из других сплавов, таких как Inconel® (никеле-хромовый сплав), Monel® (сплав никеля и меди) или ToughMet® (сплав меди, никеля и олова). Когда ролики выполняются из стали или они содержат сталь, то эта сталь может представлять собой углеродистую сталь или нержавеющую сталь. К примерам марок стали относятся S355, S355JR, S355J2, S355J2+N и S450J0. Желобчатые ролики поставляются на рынок (например, компаниями Products for Industry, Inc., Brighton, CO, USA и SBI International, Холлабрунн, Австрия).

Величину перпендикулярного давления, которое пассивный желобчатый ролик 605 оказывает на слаботянутую проволоку 185, можно регулировать за счет выбора конфигурации канавки в желобчатом ролике 605, а также давления, которое оказывает поджимающее устройство 850. Профиль канавки ролика может быть V-образным, U-образным, заостренным, цилиндрическим, с углом сужения 60°, с углом сужения 90° или типа профиля канавки шкива. При увеличении давления, которое оказывает поджимающее устройство 850, увеличивается сжимающее давление, которое желобчатый ролик 605 оказывает на проволоку. Если поджимающее устройство 850 давит слишком слабо, то может возникать проскальзывание слаботянутой проволоки 185 между желобчатым роликом 605 и желобчатым роликом 620. Если поджимающее устройство 850 давит слишком сильно, то может возникать деформация металлической проволоки 185. Со стороны поджимающего устройства 850 может быть приложено давление до 3 бар.

Поджимающее устройство 850 может включать в себя поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, который при своем выдвигании увеличивает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605, а при втягивании уменьшает давление, прикладываемое к желобчатому ролику 605. Когда мотор 625 работает, он тянет проволоку, вызывая уменьшение размера петли слаботянутой проволоки 185. Моторы 225 и 625 можно приводить в действие раздельно, при этом за счет их индивидуальной работы можно регулировать количество слаботянутой проволоки внутри шкафа и размер петли слаботянутой проволоки 185. После прохождения желобчатого ролика 605 и моторизованного желобчатого ролика 620, слаботянутая проволока 185 выводится из шкафа через выходной направляющий элемент 1000, и подается к направляющей детали устройства плазменно-дуговой сварки (ПДС).

Мотор 625 может поддерживать связь с устройством ПДС, которое может посылать сигнал на мотор 625 для осуществления подачи слаботянутой проволоки 185 из шкафа через выходной направляющий элемент 1000, чтобы снабжать устройство ПДС слаботянутой проволокой 185.

Петля слаботянутой проволоки 185 дает возможность осуществить развязку тянущего действия механизма на стороне потребления слаботянутой проволоки и возможного негативного влияния со стороны питающей катушки, которая поставляет металлическую проволоку 180. Проблема инерции

вращательного движения катушки и массы проволоки, которая вытягивается из катушки, может быть устранена за счет входной части системы подачи проволоки (например, устройства 110 обнаружения и мотора 225 механизма натяжения) или нейтрализована за счет петли слабонатянутой проволоки 185, которая не позволяет эффектам инерции передаваться на проволоку, находящуюся вблизи сварочной горелки. Система позволяет процесс сматывания проволоки с катушки на стороне входа в систему подачи проволоки отделить от процесса продвижения проволоки к сварочной горелке. Поскольку петля слабонатянутой проволоки внутри шкафа свободно свисает с направляющих узлов 400 и 500, проволока в петле не находится под натяжением, и ее легко можно подавать вперед за счет работы мотора 225 или 625. Петля слабонатянутой проволоки 185 также позволяет производить замену катушки проволоки, не останавливая процесс нанесения металла на изделие. Петля слабонатянутой проволоки 185 также дает возможность подавать проволоку к сварочной горелке с постоянной скоростью за счет того, что между катушкой 50 проволоки и механизмом подачи проволоки к сварочной горелке предусмотрен отрезок проволоки, действующий в качестве буфера.

Система подачи проволоки рассчитана так, чтобы уменьшить проскальзывание проволоки, которое может возникнуть из-за инерции вращения катушки проволоки. Проскальзывание может приводить к деформации проволоки и другим проблемам, которые проявляются при попытке выровнять металлическую проволоку относительно дуги сварочной горелки. Согласно предпочтительным вариантам осуществления изобретения проволока, о которой идет речь, прямая, а не изогнутая, как в некоторых системах. В частности, металлическая проволока прямая и может быть использована в системе с двумя горелками, как, например, раскрытой в публикации патентной заявки США 2014/0061165. В таких системах важно, чтобы блок подачи проволоки был способен доставлять прямую металлическую проволоку, чтобы поддерживать правильное расположение металлической проволоки относительно плазменной дуги сварочной горелки.

Каждый из компонентов системы подачи проволоки внутри шкафа, кроме устройства 110 обнаружения, в конечном счете соединен с задней панелью 900. Задняя панель 900 может быть выполнена из любого материала пригодного для крепления компонентов системы подачи проволоки. Согласно некоторым вариантам осуществления задняя панель 900 может быть выполнена из углеродистой стали, нержавеющей стали (выбранной среди следующих марок S355, S355JR, S355J2, S355J2+N и S450J0), алюминиевого сплава (выбранного среди следующих марок AA 6063, AA 6063-T6, EN AW-6063T6, AW-6082-T6 и EN AW-6063T6/6082T6), сплава Inconel® (никеле-хромовый сплав), Monel® (сплав никеля и меди) или ToughMet® (сплав меди, никеля и олова).

Металлическая проволока 180, которая образует петлю слабонатянутой проволоки 185, может быть из любого металла, используемого в плазменно-дуговой сварке, и, в частности, в сварке плазмотроном. Металлическая проволока может быть выполнена из титана или может содержать титан. Металлическая проволока может быть выполнена из титанового сплава или может содержать титановый сплав, в котором содержится титан в сочетании с Al, V, Sn, Zr, Mo, Nb, Cr, W, Si и Mn. Примерами титанового сплава могут служить, например: Ti-6Al-4V, Ti-6Al-6V-2Sn, Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo, Ti-45Al-2Nb-2Cr, 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. Металлическая проволока может содержать алюминий, железо, кобальт, медь, никель, углерод, титан, тантал, вольфрам, ниобий, золото, серебро, палладий, платину, цирконий, их сочетания и сплавы. Металлическая проволока может иметь круглое поперечное сечение. Металлическая проволока может быть любого диаметра или размера. Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения диаметр металлической проволоки может находиться в интервале приблизительно от 0,1 до 10 мм. Например, диаметр металлической проволоки может составлять 1,0, 1,6 или 2,4 мм.

Система подачи проволоки может быть использована для подачи металлической проволоки к любой сварочной горелке. Примером сварочной горелки является горелка плазменно-дуговой сварки, горелка ПДС (англ. PAW torch, Plasma Arc Welding Torch). Горелка ПДС может иметь любую конструкцию, которая способна создавать электрическую дугу для нагревания и плавления металлической проволоки, как, например, в случае газовой дуговой сварки металлическим электродом (GMAW, англ. Gas Metal Arc Welding), и, в частности, с использованием для образования дуги инертных газов, как в случае дуговой сварки металлическим электродом в среде инертного газа (англ. MIG-welding, Metal Inert Gas Welding). Примером горелки ПДС является горелка с дугой, перенесенной плазмой - плазмотрон (англ. PTA torch, Plasma Transferred Arc Torch). Металлическую проволоку вынуждают расплавляться в плазме, создаваемой горелкой, в которой используется электрическая дуга, и плавящийся материал металлической проволоки осаждают в лунку расплава на изделии, чтобы добавлять к изделию материал и формировать металлические тела с формой, близкой к заданной. Скорость подачи металлической проволоки можно контролировать и изменять в соответствии с тем, как источник питания влияет на горелку ПДС, чтобы обеспечить непрерывное нагревание металлической проволоки и ее плавление, когда проволока достигает заданного положения над лункой расплава в материале основы. Примеры сварочных систем раскрыты в международной заявке 2011/019287, патентах США 7220935, 9145832, а также в публикациях патентных заявок США 2010/0276396, 2013/0140280, 2014/0061165.

Хотя в предыдущем описании новое техническое решение раскрыто весьма подробно, его следует истолковывать не как ограничивающее объем изобретения, а как иллюстрацию различных вариантов осуществления изобретения.

Для специалистов в данной области техники должно быть понятно, что в рамках идеи и объема изобретения в изобретение могут быть внесены различные изменения и предложены варианты. Таким образом, предполагается, что изобретение охватывает определенные изменения и варианты при условии, что они укладываются в границы идеи и объема изобретения, установленные в формуле изобретения и ее эквивалентах.

Перечень обозначений

Ниже приведен перечень ссылочных (позиционных) номеров, которые использованы в описании и прилагаемых чертежах.

- 10 - Блок подачи проволоки;
- 20 - блок натяжения проволоки;
- 30 - буферный блок;
- 40 - блок подачи слаботянутой проволоки;
- 50 - катушка проволоки;
- 55 - ось вращения;
- 60 - вертикальный несущий элемент;
- 65 - поперечный несущий элемент;
- 70 - первый боковой несущий элемент;
- 71 - второй боковой несущий элемент;
- 72 - передняя монтажная опора;
- 73 - передняя монтажная опора;
- 74 - задняя монтажная опора;
- 75 - задняя монтажная опора;
- 78 - поперечная балка рамы;
- 100 - рама;
- 101 - петля;
- 103 - верхнее прозрачное окно;
- 104 - нижняя прозрачная дверца (дверцы);
- 110 - устройство обнаружения;
- 120 - окно;
- 122 - датчик положения;
- 130 - первое принимающее колесо блока приема проволоки;
- 135 - второе принимающее колесо блока приема проволоки;
- 140 - кронштейн (необязательный элемент);
- 145 - кронштейн (необязательный элемент);
- 180 - металлическая проволока;
- 185 - слаботянутая проволока;
- 200 - устройство подачи проволоки;
- 205 - пассивный желобчатый ролик;
- 210 - рычаг;
- 220 - моторизованный желобчатый ролик;
- 225 - мотор;
- 300 - первый направляющий узел слаботянутой проволоки;
- 305 - желобчатый ролик с двумя канавками;
- 310 - рычаг;
- 320 - желобчатый ролик с двумя канавками;
- 330 - опора;
- 400 - второй направляющий узел слаботянутой проволоки;
- 405 - пассивный желобчатый ролик;
- 410 - рычаг;
- 420 - пассивный желобчатый ролик;
- 430 - опора;
- 500 - третий направляющий узел слаботянутой проволоки;
- 505 - пассивный желобчатый ролик;
- 510 - рычаг;
- 520 - пассивный желобчатый ролик;
- 530 - опора;
- 600 - тянущее устройство для слаботянутой проволоки;
- 605 - пассивный желобчатый ролик;
- 610 - рычаг;

620 - моторизованный желобчатый ролик;
 625 - мотор;
 700 - устройство обнаружения петли;
 710 - датчик;
 720 - датчик;
 730 - датчик;
 740 - датчик;
 780 - элемент опоры;
 790 - элемент опоры;
 800 - поджимающее устройство;
 850 - поджимающее устройство;
 900 - задняя панель;
 1000 - выходной направляющий элемент шкафа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система подачи металлической проволоки, содержащая катушку проволоки с возможностью регулирования положения; шкаф, содержащий детектор положения проволоки на входе, содержащий окно; устройство подачи проволоки, содержащее первый моторизованный желобчатый ролик, первый пассивный желобчатый ролик и первый мотор, соединенный с первым моторизованным желобчатым роликом, причем первый моторизованный желобчатый ролик и первый пассивный желобчатый ролик между собой образуют канал;

комбинацию по меньшей мере из трех направляющих узлов для слаботянутой проволоки, причем первый направляющий узел для слаботянутой проволоки расположен после устройства подачи проволоки на одной линии с ним, второй направляющий узел для слаботянутой проволоки расположен справа и ниже относительно первого направляющего узла для слаботянутой проволоки, а третий направляющий узел для слаботянутой проволоки расположен слева и ниже относительно первого направляющего узла для слаботянутой проволоки, при этом первый направляющий узел, второй направляющий узел и третий направляющий узел вместе образуют путь для петли от первого направляющего узла ко второму направляющему узлу, к третьему направляющему узлу и затем обратно к первому направляющему узлу, чтобы сформировать петлю слаботянутой проволоки, поддерживаемую вторым направляющим узлом для слаботянутой проволоки и третьим направляющим узлом для слаботянутой проволоки;

тянущее устройство для слаботянутой проволоки, содержащее второй моторизованный желобчатый ролик, второй пассивный желобчатый ролик и второй мотор, соединенный со вторым моторизованным желобчатым роликом, причем второй моторизованный желобчатый ролик и второй пассивный желобчатый ролик между собой образуют канал; и

выходной направляющий элемент шкафа.

2. Система подачи металлической проволоки по п.1, отличающаяся тем, что первый направляющий узел для слаботянутой проволоки содержит первый двойной желобчатый ролик, содержащий первую и вторую канавки, причем ролик прикреплен к первому рычагу, шарнирно соединенному с задней панелью шкафа; и второй двойной желобчатый ролик, содержащий первую и вторую канавки, причем первая канавка первого желобчатого ролика и первая канавка второго желобчатого ролика между собой образуют канал, при этом первая канавка первого двойного желобчатого ролика смещена посредством пружины на первом рычаге, соединенной с первой опорой, соединенной с задней панелью шкафа; второй направляющий узел для слаботянутой проволоки содержит

третий пассивный желобчатый ролик, прикрепленный к второму рычагу, шарнирно соединенному с задней панелью шкафа; и

четвертый пассивный желобчатый ролик, причем канавка третьего пассивного ролика и канавка четвертого пассивного ролика между собой образуют канал, при этом канавка третьего пассивного ролика смещена посредством пружины на втором рычаге, соединенной со второй опорой, соединенной с задней панелью шкафа; и третий направляющий узел для слаботянутой проволоки содержит

пятый пассивный желобчатый ролик, прикрепленный к третьему рычагу, шарнирно соединенному с задней панелью шкафа; и

шестой пассивный желобчатый ролик, причем канавка пятого пассивного ролика и канавка шестого пассивного ролика между собой образуют канал, при этом канавка пятого пассивного ролика смещена посредством пружины на третьем рычаге, соединенной с третьей опорой, соединенной с задней панелью шкафа.

3. Система подачи металлической проволоки по п.1 или 2, отличающаяся тем, что поверхность канавки любого одного или комбинации первого моторизованного желобчатого ролика, первого пассивно-

го желобчатого ролика, второго моторизованного желобчатого ролика и второго пассивного желобчатого ролика усовершенствована в отношении трения.

4. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что тип каждого из моторов - первого мотора и второго мотора - выбран отдельно из двух вариантов: двигателя постоянного тока, приводимого в действие электрическим сигналом управления, и шагового двигателя.

5. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что детектор положения проволоки на входе дополнительно содержит первый датчик, выполненный с возможностью определения положения металлической проволоки в окне.

6. Система подачи металлической проволоки по п.5, отличающаяся тем, что первый датчик выполнен с возможностью связи с системой управления, которая выполнена с возможностью перемещения катушки проволоки по меньшей мере в одном из направлений X, Y или Z или в любой их комбинации.

7. Система подачи металлической проволоки по п.1, отличающаяся тем, что шкаф дополнительно содержит прозрачное окно или прозрачную дверцу или оба указанных элемента, чтобы можно было видеть компоненты, находящиеся в шкафу, не открывая при этом шкафа.

8. Система подачи металлической проволоки по п.7, отличающаяся тем, что прозрачное окно или прозрачная дверца выполнены из стекла, акрила (полиметилметакрилата, ПММА), полиэтилентерефталатгликоля (ПЭТГ) или поликарбоната.

9. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-8, отличающаяся тем, что устройство подачи проволоки выполнено с возможностью подачи проволоки, намотанной на катушку проволоки, в указанный шкаф.

10. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-9, отличающаяся тем, что дополнительно содержит первое поджимающее устройство для регулирования величины давления, которое оказывает первый пассивный желобчатый ролик.

11. Система подачи металлической проволоки по п.10, отличающаяся тем, что первое поджимающее устройство содержит поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, выполненный с возможностью при перемещении в первом направлении увеличивать давление, прикладываемое к первому пассивному желобчатому ролику, а при перемещении во втором направлении уменьшать давление, прикладываемое к первому пассивному желобчатому ролику.

12. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-11, отличающаяся тем, что дополнительно содержит второе поджимающее устройство для регулирования величины давления, которое оказывает второй пассивный желобчатый ролик.

13. Система подачи металлической проволоки по п.12, отличающаяся тем, что второе поджимающее устройство содержит поршень, приводимый в действие гидравлически, пневматически, механически или электрически, выполненный с возможностью при перемещении в первом направлении увеличивать давление, прикладываемое ко второму пассивному желобчатому ролику, а при перемещении во втором направлении уменьшать давление, прикладываемое ко второму пассивному желобчатому ролику.

14. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что первый мотор устройства подачи проволоки соединен с первым моторизованным желобчатым роликом для приведения первого моторизованного желобчатого ролика во вращение.

15. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-14, отличающаяся тем, что второй мотор тянущего устройства для слаботянутой проволоки соединен со вторым моторизованным желобчатым роликом для приведения второго моторизованного желобчатого ролика во вращение.

16. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-15, отличающаяся тем, что первый мотор устройства подачи проволоки выполнен с возможностью действовать независимо от тянущего устройства для слаботянутой проволоки.

17. Система подачи металлической проволоки по любому из пп.1-16, отличающаяся тем, что шкаф дополнительно содержит устройство обнаружения петли.

18. Система подачи металлической проволоки по п.17, отличающаяся тем, что устройство обнаружения петли содержит:

а) первый датчик, связанный с системой управления, причем первый датчик выполнен с возможностью передачи в систему управления сигнала для остановки системы подачи проволоки и процесса нанесения металла, когда первый датчик обнаруживает петлю слаботянутой проволоки; или

б) второй датчик, связанный с системой управления, причем второй датчик выполнен с возможностью передачи в систему управления сигнала для увеличения подачи в шкаф металлической проволоки, когда второй датчик обнаруживает петлю слаботянутой проволоки; или

в) третий датчик, связанный с системой управления, причем третий датчик выполнен с возможностью передачи в систему управления сигнала для уменьшения подачи в шкаф металлической проволоки, когда третий датчик обнаруживает петлю слаботянутой проволоки; или

г) четвертый датчик, связанный с системой управления, причем четвертый датчик выполнен с возможностью передачи в систему управления сигнала для остановки подачи проволоки в шкаф, когда четвертый датчик обнаруживает петлю слаботянутой проволоки; или

е) любую комбинацию из а), б), в) и г).

19. Способ подачи металлической проволоки к сварочной горелке с использованием системы по любому из пп.1-18, включающий этапы, на которых

подают достаточное количество металлической проволоки от источника проволоки к первому направляющему узлу для слаботянутой проволоки, второму направляющему узлу для слаботянутой проволоки и третьему направляющему узлу для слаботянутой проволоки, которые вместе образуют путь для петли от первого направляющего узла ко второму направляющему узлу, к третьему направляющему узлу и затем обратно к первому направляющему узлу, чтобы сформировать петлю слаботянутой проволоки, поддерживаемую вторым направляющим узлом для слаботянутой проволоки и третьим направляющим узлом для слаботянутой проволоки;

подают некоторое количество слаботянутой проволоки от указанной петли слаботянутой проволоки к плазменной дуге сварочной горелки; и

подают дополнительное количество металлической проволоки от источника проволоки, чтобы компенсировать количество слаботянутой проволоки, поданное к сварочной горелке, для сохранения петли слаботянутой проволоки,

при этом количество слаботянутой проволоки, подаваемое от источника проволоки, является достаточным для сохранения петли слаботянутой проволоки, чтобы создать возможность непрерывной подачи слаботянутой проволоки к сварочной горелке.

20. Способ по п.19, отличающийся тем, что источник проволоки представляет собой катушку с возможностью регулирования положения, на которую намотана металлическая проволока, при этом способ дополнительно включает сматывание металлической проволоки с катушки, чтобы получить металлическую проволоку, подлежащую подаче для формирования петли слаботянутой проволоки.

21. Способ по п.20, отличающийся тем, что дополнительно включает изменение положения катушки проволоки по меньшей мере в одном из направлений X, Y или Z или в их сочетании, чтобы поддерживать сматываемую с катушки проволоку в требуемом положении.

22. Способ по любому из пп.19-21, отличающийся тем, что дополнительно включает вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте с металлической проволокой для подачи металлической проволоки в шкаф.

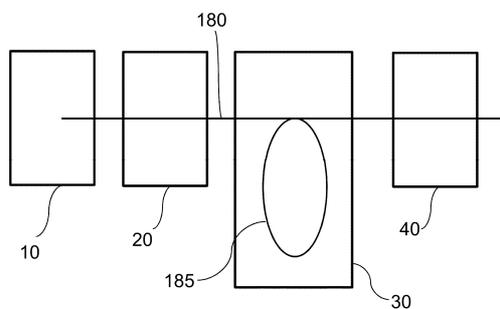
23. Способ по п.22, отличающийся тем, что вращение ролика осуществляют путем включения мотора, соединенного с роликом, при этом мотор представляет собой шаговый двигатель или электрический двигатель постоянного тока, приводимый в действие электрическим сигналом управления.

24. Способ по любому из пп.19-23, отличающийся тем, что подачу металлической проволоки от источника проволоки осуществляют независимо от подачи некоторого количества слаботянутой проволоки от петли слаботянутой проволоки к сварочной горелке.

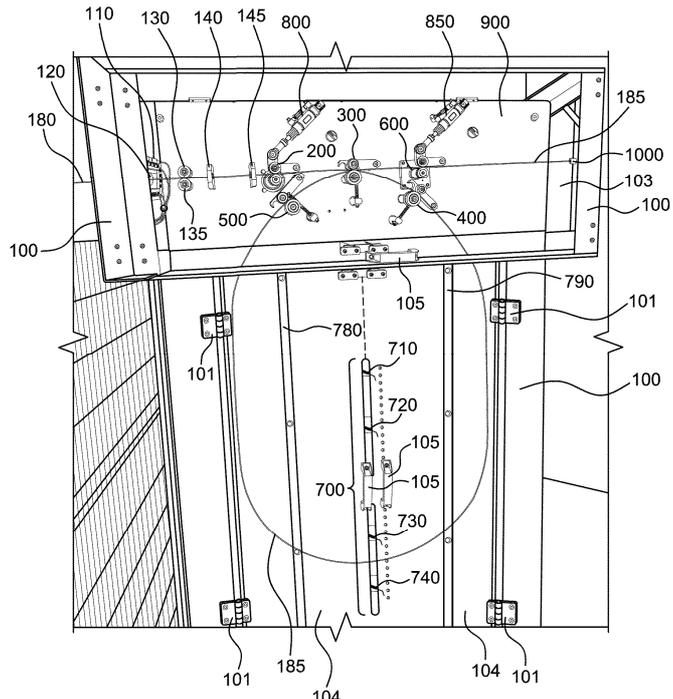
25. Способ по любому из пп.19-24, отличающийся тем, что дополнительно включает вращение ролика, находящегося во фрикционном контакте со слаботянутой проволокой, для подачи слаботянутой проволоки к сварочной горелке.

26. Способ по п.25, отличающийся тем, что вращение ролика осуществляют путем включения мотора, соединенного с роликом, при этом мотор представляет собой шаговый двигатель или электрический двигатель постоянного тока, приводимый в действие электрическим сигналом управления.

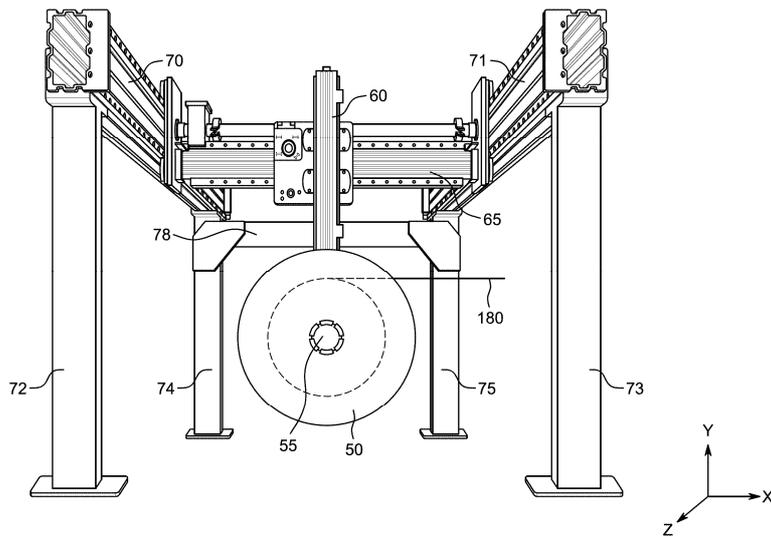
27. Способ по любому из пп.19-26, отличающийся тем, что сварочная горелка выбрана из горелки плазменно-дуговой сварки; горелки с дугой, перенесенной плазмой; горелки дуговой сварки вольфрамовым электродом в защитном газе; горелки сварки стальным электродом в газовой среде; горелки сварки плавящимся электродом в инертном газе; горелки сварки металлическим электродом в среде газа; лазерного устройства; электронно-лучевой пушки или любой их комбинации.



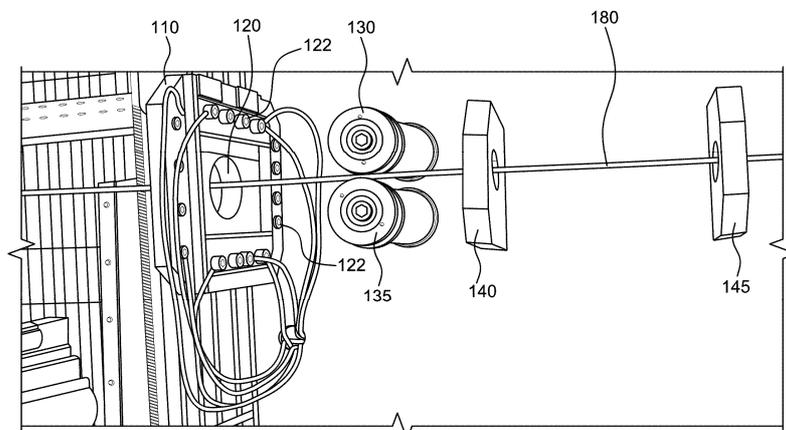
Фиг. 1



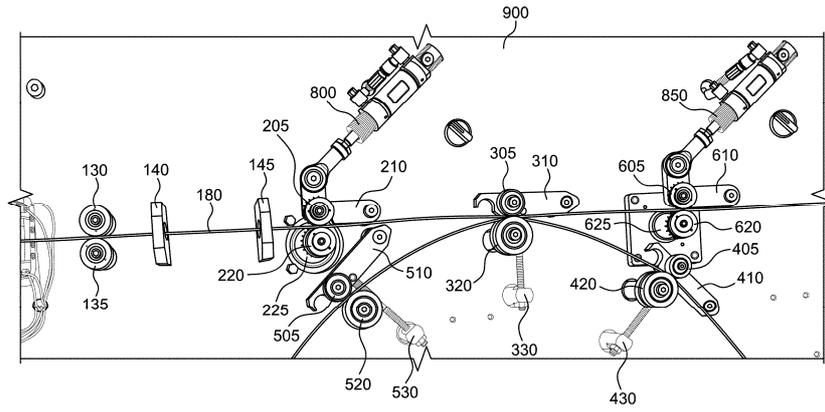
Фиг. 2



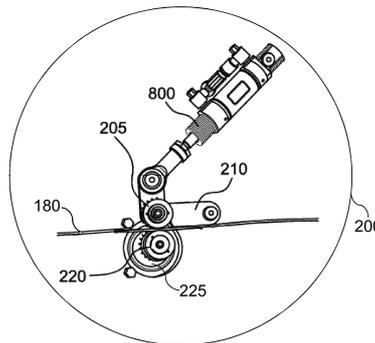
Фиг. 3



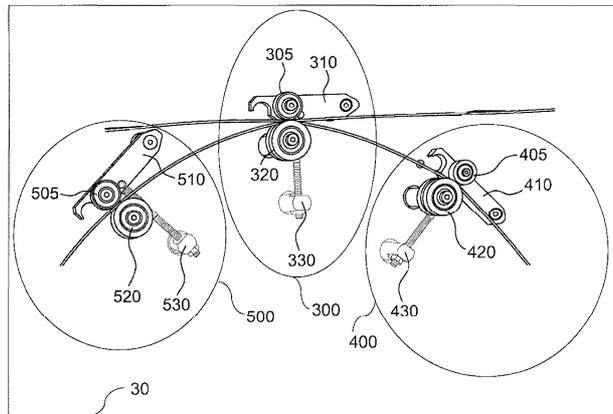
Фиг. 4



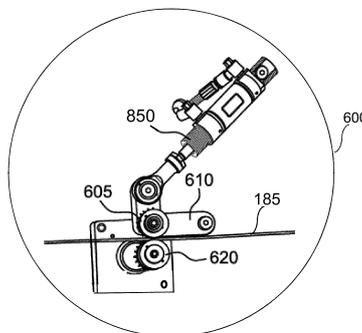
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

