

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044342**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.17**

(21) Номер заявки  
**202292128**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.07.29**

(51) Int. Cl. **B23K 26/08** (2014.01)  
**B23K 26/144** (2014.01)  
**C23C 4/14** (2016.01)  
**C23C 4/16** (2016.01)

---

(54) **УПРАВЛЯЕМАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА  
ВНУТРЕНнюю ПОВЕРХНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ ТРУБЧАТОЙ ФОРМЫ**

---

(31) **2021/0447.1**

(32) **2021.07.21**

(33) **KZ**

(43) **2023.01.31**

(96) **KZ2022/040 (KZ) 2022.07.29**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**САВИНКИН ВИТАЛИЙ  
ВЛАДИМИРОВИЧ; СЕНЬ  
ДМИТРИЙ ОЛЕГОВИЧ (KZ)**

(72) Изобретатель:  
**Савинкин Виталий Владимирович,  
Сень Дмитрий Олегович,**

**Колисниченко Сергей Николаевич  
(KZ)**

(74) Представитель:  
**Терехина З.А. (KZ)**

(56) **RU-C2-2655402  
SU-A1-1639891  
CN-A-113106375  
US-B1-6303897  
WO-A1-2014180552  
US-A1-2002069819**

(57) Изобретение относится к области машиностроения, металлургической и другим отраслям промышленности, а конкретно - к технике и технологии лазерного сварочного производства, имеющего лазерную головку, зеркало-отражатель, импульсно-разрядную лампу, подвижную каретку, систему охлаждения, сварочный узел, обеспечивающий восстановление и модификацию изношенной поверхности, лазерную сварку, упрочнение, нанесение защитных покрытий на внутренние рабочие поверхности цилиндров нефтедобывающих глубинно-штанговых насосов и длинномерных стальных труб малого диаметра. Предлагаемое устройство может быть применено для нанесения покрытий из многокомпонентных порошковых материалов на внутреннюю поверхность цилиндра скважинного штангового глубинного насоса и нанесения защитных антикоррозионных покрытий, покрытий из керамики и полимерных материалов. Заявленный технический результат достигается тем, что предложена многофункциональная мобильная лазерная установка, включающая источник лазерного излучения, оптическую систему зеркал, включая защитное стекло, установленные в оригинальный узел напыления, состоящий из сопла с механизмом регулировки угла подачи порошка и лазерного луча, несущий передвижной корпус цилиндрического исполнения, подающую каретку с каналами подачи порошковой композиции, которая обеспечивает осевую стабилизацию узла напыления внутри отверстия цилиндра для непрерывного и равномерного процесса напыления, регулировочный ползун с установленным на нём двигателем управления угла наклона, систему линейных приводов для перемещения регулировочных элементов, блоки шарниров скольжения и зубчатого зацепления, конусно суживающееся сопло с регулируемым диаметром для подачи порошкового материала, роликовые преобразователи вращательного движения в поступательное, механизм стабилизации осевого положения узла напыления относительно вращающейся трубы с компенсационным цилиндром с осевыми роликами, зафиксированными прижимной планкой, зубчатую передачу в виде управляемых сателлитов с плоской шестерней внутреннего и торцевого зацепления, модуль для размещения оптоволокну и кабель-канал для электрических жгутов. Кроме того, универсальное сопло для подачи порошковой композиции выполнено двусоставным, его нижняя часть имеет форму конуса со ступенчатым основанием для фиксации, центральное отверстие цилиндрической формы обеспечивает осевое направление лазера, по наружной конусной поверхности выполнены конфузурно-диффузорные проточки для подачи порошкового материала с увеличенным давлением. Сложнопрофильная часть сопла выполняется на 3D-принтере, как и многие элементы. Вторая часть сопла выполнена в виде конусной крышки и навинчивается на нижнюю часть, глубина посадки регулирует площадь сечения открываемого отверстия. Унификация лазерной установки и ее многомодульность систем обеспечивают адаптивное многоугловое перемещение ходовой каретки и точность автоматизированного позиционирования

**B1****044342****044342****B1**

лазерной головки в адаптивном режиме к скоростным и мощностным параметрам технологического процесса напыления.

044342 B1

044342 B1

---

Изобретение относится к области машиностроения, металлургической и другим отраслям промышленности, а конкретно - к технике и технологии лазерного сварочного производства, имеющего лазерную головку, зеркало-отражатель, импульсно-разрядную лампу, подвижную каретку, систему охлаждения, сварочный узел, обеспечивающий восстановление и модификацию изношенной поверхности, лазерную сварку, упрочнение, нанесение защитных покрытий на внутренние рабочие поверхности цилиндров нефтедобывающих глубинно-штанговых насосов и длинномерных стальных труб малого диаметра.

Предлагаемое устройство может быть применено для нанесения покрытий из многокомпонентных порошковых материалов на внутреннюю поверхность цилиндра скважинного штангового глубинного насоса и нанесения защитных антикоррозионных покрытий, покрытий из керамики и полимерных материалов.

Известно устройство для плазменного напыления покрытий на внутренние поверхности, которое представляет собой закрепленный на длинной штанге плазмотрон, ось которого образует с осью трубы угол  $55^\circ$ , имеет напыляющее сопло, порошковый питатель, каналы для транспортирующего и плазмообразующего газов (патент RU №2186148, МПК C23C 4/16, опубл. 27.07.2002) (Авторы: Дубов Е.И., Болжисев С.А. Клубникин В.С.).

Недостатком такого устройства является ограниченность функциональных возможностей. Напыление покрытия под углом, близким к критическому значению (близкому к  $45^\circ$ ), существенно снижает качество покрытия, его прочностные характеристики, адгезионные свойства покрытия, увеличивает его пористость и шероховатость. Наличие дискретного напыления с зонами перекрытия зоны термического воздействия создает перегрев поверхности, а неравномерность коэффициентов термического расширения формирует внутренние напряжения в структуре. Чрезмерный нагрев снижает качество фазовой структуры детали. Напыление трубчатых изделий возможно только диаметром 57 мм. Также увеличение длины обработки существенно увеличивает габариты установки и ухудшает контроль зоны напыления, так как с увеличением длины уменьшается жесткость штанги, на которую крепится головка для напыления. При увеличении длины разгонного участка устройство не обеспечивает обработку поверхностей отверстий малых диаметров.

Известно устройство для газодинамического нанесения покрытий на внутренние поверхности цилиндрических деталей, содержащее питатель-дозатор, сверхзвуковое сопло и систему подачи рабочего газа. Сверхзвуковое сопло выполнено в виде латунной трубки, к которой присоединена угловая насадка с дополнительным соплом Лавала на конце и трубкой для ввода частиц порошка из питателя-дозатора. (патент RU №2714002, МПК C23C 24/04, 2020 г., опубл. 11.02.2020, Бюл. № 5. Авторы: Чавдаров А.В., Валяйчиков А.В., Толкачев А.А.)

Недостатком данного устройства является то, что диаметр напыляемой трубы не может быть меньше суммы полной длины сопла Лавала и дистанции до напыляемой поверхности. При этом, учитывая, что дистанция напыления для газодинамического метода на практике составляет не менее 10-20 мм, длина дозвукового участка сопла не менее 20 мм, а длина сверхзвукового (разгонного) участка сопла - не менее 50 мм, в связи с этим невозможно обработать диаметры меньше 80 мм. Сверхзвуковое сопло создает разбрызгивание материала на короткой дистанции напыления, в результате чего материал частично отскакивает от восстанавливаемой поверхности, создавая шлаковые включения и увеличивая пористость покрытия. Низкая технологичность конструкции не обеспечивает соосное перемещение сопла на большую длину штангового насоса.

Наиболее близким техническим решением изобретения является конструкция устройства для лазерной обработки внутренней поверхности изделия, содержащая головку лазерного напыления, состоящая из корпуса со светоизлучающими элементами и составного сопла. Составное сопло содержит корпусную часть со светонаправляющими отверстиями. Оптическая система установки содержит размещенные в стойке и штанге зеркала, линзу, отклоняющий элемент и защитное стекло, установленные на выходной части штанги в головке (патент RU № 2655402, МПК B23K 26/14, опубл. 28.05.2018г. Патентообладатель "Открытое акционерное общество "558 Авиационный ремонтный завод" (ВУ). Авторы: Мышковец В.Н. (ВУ), Максименко А.В. (ВУ), Полторан И.Л. (ВУ), Баевич Г.А. (ВУ), Усов П.П. (ВУ), Юркевич С.Н. (ВУ), Юркевич К.С. (ВУ), Кабатаев П.Н. (ВУ).)

Недостатком известного устройства является невозможность обработки длинномерных цилиндров с малым внутренним диаметром. Также недостатком является использование большого количества переходных ступеней корпуса "колен" и оптических элементов, усложняющих конструкцию и настройку лазерной головки.

Существенным технологическим недостатком данной установки является то, что поток технологического газа, подаваемый соплом в зону термического влияния, не обеспечивает эффективную защиту обрабатываемой внутренней поверхности изделия от окисления. Это связано с тем, что газовые каналы сопла находятся на длинной дистанции от выходного дюза до восстанавливаемой поверхности и поток газа при выходе из сопла образует завихрения, под воздействием которых происходит его перемешивание с окружающим воздухом, что приводит к окислению зоны обработки. При этом загрязняется защитное стекло, так как поток газа, подаваемый штуцером в сопло перпендикулярно его оси, неэффективно

защищает стекло от продуктов загрязнения с зоны обработки.

К существенным недостаткам конструктивных элементов относится и отсутствие системного модуля перемещения лазерной головки по конкретной длине выбранного участка с технологической скоростью вращения детали. В конструкции не предусмотрена система управления положения сопла при напылении на поверхности. Отсутствие модуля адаптивного подстраивания угла наклона зеркала отражения лазера по эффективной оси импульса исключает динамическую корректировку эффективности восстановления. Известная конструкция не имеет узел и сопло для подачи порошковой многокомпонентной композиции, отсутствует система удаленного контроля качества напыления. Отсутствует система многоугольного перемещения ходовой каретки лазерной головки для изменения скорости, частоты и шага лазерного воздействия, отсутствует узел стабилизации устройства.

Все эти недостатки установки снижают эффективность и качество обработки.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение технологической эффективности, автоматизации адаптивного управления лазерной установкой и повышение качества лазерного напыления порошковых материалов на внутреннюю поверхность длинномерных труб малого диаметра (типа глубинные насосы).

Технический результат, достигаемый изобретением, состоит в повышении конструктивно-технологической эффективности эксплуатации портативной лазерной установки, в том числе за счет автоматизированного управления, адаптивности, повышения производительности, снижения трудоемкости работ и расширения ее функциональных возможностей, а также в повышении качества сцепления покрытия с основой при восстановлении внутренних поверхностей малого диаметра длинномерных труб типа насос ШГН.

Заявленный технический результат достигается тем, что предложена многофункциональная мобильная лазерная установка, включающая источник лазерного излучения, оптическую систему зеркал, включая защитное стекло, установленные в оригинальный узел напыления, состоящий из сопла с механизмом регулировки угла подачи порошка и лазерного луча, несущий передвижной корпус цилиндрического исполнения, подающую каретку с каналами подачи порошковой композиции, которая обеспечивает осевую стабилизацию узла напыления внутри отверстия цилиндра для непрерывного и равномерного процесса напыления, регулировочный ползун с установленным на нём двигателем управления угла наклона, систему линейных приводов, для перемещения регулировочных элементов, блоки шарниров скольжения и зубчатого зацепления, конусно суживающееся сопло с регулируемым диаметром для подачи порошкового материала, роликовые преобразователи вращательного движения в поступательное, механизм стабилизации осевого положения узла напыления относительно вращающейся трубы с компенсационным цилиндром с осевыми роликами, зафиксированные прижимной планкой, зубчатую передачу в виде управляемых сателлитов с плоской шестерней внутреннего и торцевого зацепления, модуль для размещения оптоволокон и кабель-канал для электрических жгутов.

Кроме того, универсальное сопло для подачи порошковой композиции выполнено двусоставным, его нижняя часть имеет форму конуса со ступенчатым основанием для фиксации, центральное отверстие цилиндрической формы обеспечивает осевое направление лазера, по наружной конусной поверхности выполнены конфузorno-диффузные проточки для подачи порошкового материала с увеличенным давлением. Сложно профильная часть сопла выполняется на 3D-принтере, как и многие элементы. Вторая часть сопла выполнена в виде конусной крышки и навинчивается на нижнюю часть, глубина посадки регулирует площадь сечения открываемого отверстия. Унификация лазерной установки и ее многомодульность систем обеспечивает адаптивное многоугольное перемещение ходовой каретки и точность автоматизированного позиционирования лазерной головки в адаптивном режиме к скоростным и мощностным параметрам технологического процесса напыления.

Возможность достижения технического результата обработки длинномерных труб малого диаметра обеспечивается тем, что корпус головки для напыления самостоятельно перемещается в отверстии трубы, используя в качестве движущей силы крутящий момент вращающейся трубы, механизм с зубчатым зацеплением и роликовые шарниры платформы держателя зеркала обеспечивают адаптацию угла отражения лазера в зависимости от перемещения, а подача напыляемого материала осуществляется с потоком защитного газа через конфузorno-диффузные проточки. Система линейных электроприводов обеспечивает автоматизированное управление каждым модулем и отдельными элементами, адаптируя к скоростным и мощностным режимам перемещения. Прижимная планка с осевыми роликами обеспечивает эффективное прижатие к внутренней поверхности и перемещение установки по обрабатываемой детали. Подающий механизм с зубчатой планетарной передачей дает возможность изменять угол вращения подающего ролика и автоматически изменять направление движения лазерной установки. Адаптивная стабилизация лазерного сопла, относительно положения оси вращающейся детали, обеспечивается осевой втулкой и вращающегося на её оси компенсационного цилиндра, который осевыми роликами прижимается к поверхности детали и контролирует скорость. Оптоволокно, пропускаемое через головку для напыления, крепится к узлу напыления и выводит лазерный луч на зеркало, которое имеет автоматическую регулировку под заданный угол напыления. Предложенная компоновка оптоволокон исключает необходимость большего количества зеркал, тем самым повышая КПД лазера.

Результаты анализа уровня техники и технологий, проведенного заявителем, показали, что аналоги, характеризующиеся совокупностями признаков, тождественными всем признакам заявляемой лазерной установки для обработки внутренней поверхности длинномерных изделий малого диаметра, отсутствуют.

Современный уровень технологических возможностей аддитивного производства и применяемых материалов позволяет применить в конструкции напечатанные детали, что, в свою очередь, уменьшает стоимость производства установки, расширяя технологические возможности создания сложных деталей без использования парка традиционных станков.

Заявленная совокупность конструктивно-технологических решений и условия осуществления этих действий по достижению эффекта явным образом не выявлены из известного уровня техники и технологий.

Следовательно, указанные признаки заявленного изобретения не выявлены в других технических решениях, значит, решение является новым, что соответствует критериям патентоспособности "новизна" и имеет изобретательский уровень.

Сущность изобретения поясняется ниже следующим описанием и чертежами, где на фиг. 1 представлен общий вид управляемой лазерной установки, которая осуществляет напыление длинномерных нефтедобывающих насосов и модифицирует высокие физико-механические свойства внутренних поверхностей малого диаметра.

Управляемая лазерная установка (фиг. 1) для восстановления и напыления внутренней поверхности малого диаметра длинномерных насосов содержит источник лазерного излучения (на чертеже не показан), узел напыления (фиг. 2), подающий узел (фиг. 3) и механизм стабилизации (фиг. 4).

Управляемая лазерная установка (фиг. 1) в своей конструкции содержит торцевую крышку 1, установленную на корпусе лазерной головки 2, в котором размещены двигатель угла наклона 3, автоматически приводящий в движение регулировочный ползун 4, сопряженный зубчатый шарнир 5 с зеркалом 6 через шарнир 7, изменяющий координаты положения зеркала 6. Конструкция также содержит корпус рабочего сопла 8, который является базовой деталью для установки прижимного гужона 9 для фиксации защитного стекла 10, фокусирующий наконечник 11, изготовленный 3D-печатью с тремя пропускными конфузурно-диффузорными каналами на своей поверхности, и регулировочный конус 12 с креплением конуса 13, обеспечивающие регулирование диаметра отверстий порошкового напыления. В качестве автоматического регулятора угла наклона и позиционирования соплового аппарата в противоположные пазы головки 2 установлен линейный привод 14, обеспечивающий точную координату сопла при напылении малых диаметров. Линейный привод 14 в своей торцевой части прижимается соединительной муфтой 15.

Установленная соединительная муфта 15 является переходным звеном для сопряжения с корпусом подающего механизма 16 подающего узла (фиг. 3), на внешнем диаметре которого смонтированы направляющие бочкообразные приводные ролики подачи 17, способные изменять направление вектора вращения и автоматически приводимые в движение двигателем подачи 18 через зацепление зубчатой передачи плоской шестерни 19. Шестерня 19 имеет расположение зубьев, как на внутренней своей поверхности, так и на торцевой и изготовлена по средствам 3D-печати. Сопряжение подающего узла (фиг. 3) с механизмом стабилизации (фиг. 4) обеспечивается благодаря переходной муфте 20, соединённой с осевой втулкой 21. Механизм также содержит упорный 22 и игольчатые 23 подшипники, компенсационный цилиндр 24, на поверхности которого размещены осевые ролики 25 с прижимной планкой 26, внутреннюю шестерню 27, нейлоновый подшипник корпуса 28 и двигатель компенсационного цилиндра 29, жестко закреплённый в корпусе компенсатора 30, через зацепление автоматически обеспечивающий устойчивое прямолинейное движение головки при разных опрокидывающих моментах вращения.

Управляемая лазерная установка для напыления внутренних поверхностей малого диаметра работает следующим образом. Предлагаемая конструкция заводится внутрь вращающегося цилиндра нефтяного насоса и за счет датчиков контроля центруется на базовую точку начала лазерного напыления. Лазерный луч проходит через оптоволокно (на чертеже не указано) к узлу напыления (фиг. 1), направляясь в сторону зеркала 6, и в зависимости от углового положения зубчатого шарнира 5, отражаясь, проходит через отверстие корпуса сопла 8, защищенное от попадания напыляемого материала защитным стеклом 10, которое зафиксировано прижимным гужоном 9, и на выходе по проектной оси сопла проходит через отверстие фокусирующего наконечника 10. Точность позиционирования и регулировка эффективного угла отражения зеркала 6 реализуется автоматически через поворот зубчатого шарнира 5 вращением вала двигателя угла наклона 3. Напыляемый многокомпонентный порошковый материал под давлением транспортируется технологическим газом через конфузурно-диффузорные отверстия корпуса сопла 8, за счет диффузорного входа поток газа с порошком уплотняют струю, перемешивают в турбулентном потоке, затем за счет короткой длины цилиндрического канала газопорошковая смесь выравнивает свое динамическое состояние и за счет конфузурного выхода вылетает с большей скоростью и давлением. В качестве фокусирующего элемента потока выступает регулировочный конус 12, который за счёт резьбового соединения с креплением конуса 13 вращательное движение преобразует в поступатель-

ное, что позволяет установить оптимальный выходной зазор между фокусирующим наконечником 11 и регулировочным конусом 12. Для установки угла напыления регулировочный винтовой ползун 4 автоматически перемещается на заданное расстояние линейным приводом 14 и через направляющие шарнира 7 выполняет роль рычажного механизма, который преобразует поступательное движение во вращательное, осуществляя поворот и эффективное позиционирование корпуса сопла 8 и всего соплового аппарата, состоящего из фокусирующего наконечника 11 и регулировочного конуса 12.

Компенсацию и преобразование вращательного движения заготовки в поступательное движение лазерной головки обеспечивают подающим узлом (фиг. 3). Для перемещения с необходимой скоростью (мм/об) на направляющем приводном ролике подачи 17, вращением вала двигателя подачи 18, через зубчатую передачу плоской шестерни 19 устанавливают угол направления вращения. Таким образом, установка угла на направляющем приводном ролике подачи 17 при относительном вращении, противоположном движению вращающейся заготовки с фиксированным подающим узлом, образует спиралевидную траекторию движения, по которой обкатывают поверхность приводного ролика 17, разность направлений движения заготовки и головки компенсируется их векторами скорости и обеспечивает перемещение корпуса лазерной головки строго в линейном направлении по проектной оси вращения. Такой принцип позволяет автоматически менять скоростной режим вращения, а изменение направления вращения приводного ролика 17 обеспечивает изменение направления прямолинейной подачи головки в прямом или обратном направлении (к выходу).

Осевая втулка 21 является базовой деталью механизма стабилизации, на которой размещены упорный 22 и игольчатые 23 подшипники с закрепленным на их вращающейся опоре компенсационном цилиндре 24 с осевыми роликами 25, которые закреплены прижимной планкой 26 и имеют одну степень свободы вращения в осевом направлении. Осевые ролики 25, выполненные из резинопolyмерных материалов, прижимаются к поверхности обрабатываемой заготовки для исключения проскальзывания компенсационного цилиндра 24. К компенсационному цилиндру 24 крепится внутренняя шестерня 27, вращение которой облегчается благодаря нейлоновому подшипнику корпуса 28, который также фиксирует прилегающие детали от осевого перемещения. Придаёт вращательный момент всему механизму стабилизации (фиг. 4) двигатель компенсационного цилиндра 29, жестко закреплённый в корпусе компенсатора 30, который связан с основной частью лазерной установки.

Удерживание узла напыления (фиг. 2) и подающего узла (фиг. 3) от одновременного вращения вместе с обрабатываемой заготовкой обеспечивается балансированием его механизмом стабилизации (фиг. 4). Стабилизация положения осуществляется обратным вращением компенсационного цилиндра 24, относительно вращения заготовки, через зубчатое зацепление внутренней шестерни 27 с шестерней двигателя компенсационного цилиндра 29.

Управление всей установкой лазерного напыления осуществляется автоматически после задания оператором входных параметров подачи и угла наклона сопла. Угол отражения зеркала 6 взаимозависим от положения регулировочного ползуна 4 и является кратным. Таким образом, при перемещении линейного привода 14 в пределах 8 мм можно установить угол напыления до 30°.

Использование заявленной управляемой лазерной установки обеспечивает высокую конструктивно-технологическую эффективность в процессе ее эксплуатации, возможность автоматизированного управления, адаптации оптимальных режимов лазера к реальным требованиям технологического процесса и детали, повышение производительности, снижение трудоемкости работ и расширение ее функциональных возможностей, а также повышение качества напыления проектной геометрии и высокие физико-механические свойства модифицированной поверхности сопряжений насоса, качества сцепления покрытия с основой при восстановлении внутренней поверхности малого диаметра длинномерных труб типа насос ШГН. Портативность предлагаемой конструкции обеспечивает ее мобильность и возможность применения непосредственно на нефтегазовых месторождениях.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Управляемая установка для лазерного напыления покрытия на внутреннюю поверхность изделия трубчатой формы, содержащая источник питания, оптоволокно, лазерную головку с оптической системой, узел напыления, содержащий двигатель угла наклона, узел автоматической регулировки положения зеркала и рабочее сопло с регулировочным шарниром; подающий узел, содержащий двигатель и направляющие бочкообразные приводные ролики подачи, изменяющие направление перемещения подающего узла, а также механизм стабилизации, в который входит группа подшипников, компенсационный цилиндр, отличающаяся тем, что она снабжена автоматическими линейными приводами, регулируемым механизмом положения зеркала, позволяющим выбрать оптимальный угол отражения лазера, а также системой подачи и стабилизации установки.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в лазерной головке размещен механизм автоматического управления углом наклона зеркала, позволяющий установить оптимальный наклон угла отражения лазера за счет двигателя угла наклона.

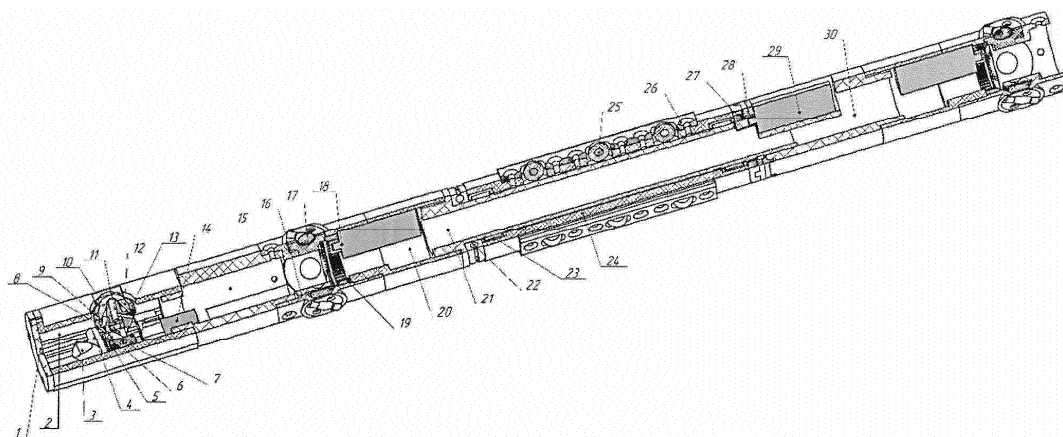
3. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в лазерной головке размещен механизм с автоматиче-

ским приводом управления углом наклона рабочего сопла и подачи порошковой композиции для напыления.

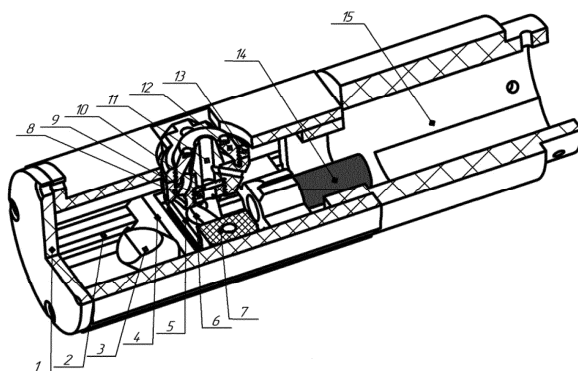
4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что рабочее конусное сопло, изготовленное 3D-печатью, на своей поверхности имеет три пропускных конфузурно-диффузорных канала и регулировочный резьбовой конус, обеспечивающий оптимальное регулирование диаметра дюза выходных отверстий для напыления порошка.

5. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в торцевой части лазерной головки дополнительно установлена соединительная муфта, к которой монтируется подвижный подающий механизм, имеющий направляющие бочкообразные приводные ролики подачи, способные изменять направление вектора вращения и автоматически приводимые в движение двигателем подачи через зацепление зубчатой передачи плоской шестерни, изготовленной посредством 3D-печати.

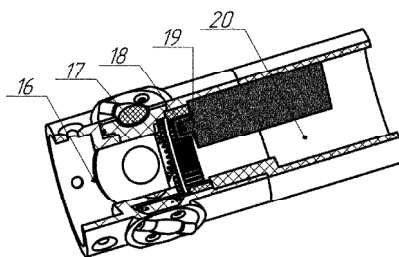
6. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в торцевой части подающего механизма через переходную муфту установлен механизм стабилизации, содержащий упорный и игольчатые подшипники, компенсационный цилиндр, на поверхности которого размещены осевые ролики, выполненные из резинопolyмерных материалов и прижимаемые планкой к внутренней поверхности обрабатываемого изделия, внутреннюю шестерню, нейлоновый подшипник корпуса и двигатель компенсационного цилиндра, жестко закреплённый в корпусе компенсатора и через зацепление автоматически обеспечивающий устойчивое прямолинейное движение головки при разных опрокидывающих моментах вращения.



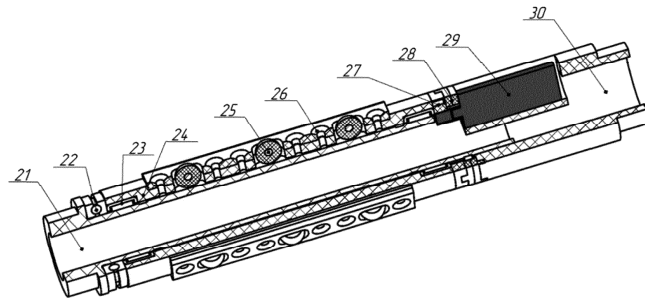
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

