

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13646

(13) U

(45) 2025.02.05

(51) МПК

B 33Y 10/00 (2015.01)

B 33Y 30/00 (2015.01)

B 23K 26/00 (2014.01)

B 23K 26/342 (2014.01)

(54) ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

(21) Номер заявки: u 20240164

(22) 2024.07.15

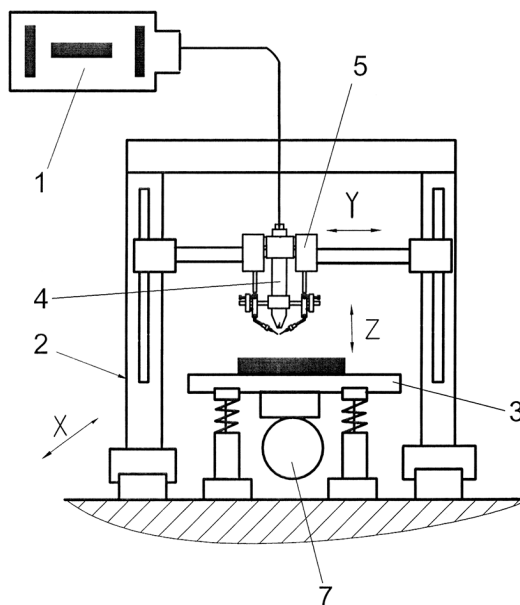
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Гомельский государственный уни-
верситет имени Франциска Скори-
ны" (ВУ)

(72) Авторы: Никитюк Юрий Валерьевич;
Баевич Георгий Александрович; Мак-
сименко Александр Васильевич; Усов
Петр Петрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Гомельский государственный
университет имени Франциска Скори-
ны" (ВУ)

(57)

1. Лазерная установка для аддитивного производства металлических изделий, содержащая источник лазерного излучения, манипулятор, рабочий стол, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения и манипулятором, систему подачи проволоки, отличающаяся тем, что лазерная головка снабжена телескопической системой, источник лазерного излучения выполнен с возможностью генерации импульса сфокусированного лазерного излучения



Фиг. 1

ВУ 13646 U 2025.02.05

ния сложной формы, позволяющего над поверхностью построения расплавлять концевые участки проволок до образования капли, подавать капли расплавленных проволок на поверхность построения и формировать на ней наплавленный слой, манипулятор выполнен по меньшей мере трехосевым порталного типа или манипулятор выполнен в виде роботизированной руки, имеющей не менее трех степеней позиционирования и несущей на конечном звене лазерную головку и систему подачи проволок, рабочий стол оснащен вибратором, система подачи проволок связана с лазерной головкой и состоит по меньшей мере из двух механизмов подачи проволок, каждый из которых состоит из бокса с осью для установки на ней катушки проволоки, роликового подающего механизма с электроприводом, направляющей трубки, мундштука и связанного с ним узла поворота мундштука, при этом узел поворота мундштука установлен на держателе, закрепленном на лазерной головке, кроме того, система управления с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей проволок и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия.

2. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что телескопическая система состоит из по меньшей мере двух линз, одна из которых отрицательная, а вторая положительная, при этом положительная или отрицательная линза установлена с возможностью осевого перемещения.

3. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что механизмы подачи проволок выполнены с возможностью подачи проволок, выполненных в виде металлических и/или порошковых проволок различного состава и диаметра.

4. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что узел поворота мундштука выполнен в виде двух связанных между собой подпружиненными винтами колец, одно из которых выполнено с возможностью поворота, опоры вращения, выполненной в виде шарика и размещенной между кольцами, и двух регулировочных винтов, установленных в неподвижном кольце, при этом мундштук смонтирован на поворотном кольце.

5. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что мундштук выполнен составным, состоящим из трубки и сменного наконечника, выполненным с диаметром выходного отверстия, равным диаметру подаваемой проволоки.

6. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что импульс сфокусированного лазерного излучения сложной формы состоит из крутого переднего фронта, достигающего максимального значения, соответствующего плотности мощности, необходимой для плавления поверхности концевых участков проволок, ниспадающего фронта, необходимого для плавления всего объема концевых участков проволок, крутого фронта, необходимого для испарения расплавленного присадочного материала на поверхности построения, ниспадающего фронта, необходимого для снижения скорости охлаждения наплавленного слоя металла.

7. Лазерная установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что вибратор выполнен электромагнитным или электромоторным.

(56)

1. RU 158542, 2016.

2. RU 222177, 2023.

3. RU 2725465, 2020.

4. RU 2674588, 2018 (прототип).

Полезная модель относится к устройствам для наплавки трехмерных металлических изделий с использованием импульсного лазерного излучения и присадочного материала в виде проволок и может быть применена в различных отраслях промышленности для про-

изводства металлических изделий и восстановления изношенных деталей механизмов, инструмента, к которым предъявляются высокие требования к качеству наплавленного слоя.

Известны лазерные установки для аддитивного производства металлических изделий, содержащие источник лазерного излучения, манипулятор, рабочий стол, оснащенный вибратором, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения и манипулятором, систему подачи порошков [1, 2].

Достоинством известных лазерных установок [1, 2] является возможность получения из металлических порошков различного химического состава изделий с заданным химическим составом и качественной (бездефектной) структурой металла изделия.

Недостатками известных лазерных установок являются использование дорогостоящих металлических порошков для изготовления изделий, а также низкий коэффициент использования порошков, потери порошка при печати могут составлять до 50 %.

Также недостатком известных лазерных установок является невозможность создания изделий с сетчатой, ячеистой или сотовой внутренней структурой.

Кроме того, существенными недостатками являются высокие требования к охране труда при работе с мелкодисперсными порошками и экологический аспект, сложность применяемого оборудования и вспомогательных систем, большие габаритные размеры и трудоемкость их обслуживания.

Известна лазерная установка для аддитивного производства металлических изделий, содержащая источник лазерного излучения, манипулятор, рабочий стол, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения и манипулятором, систему подачи проволоки [3].

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату к заявляемой полезной модели является лазерная установка для аддитивного производства металлических изделий, содержащая источник лазерного излучения, манипулятор, рабочий стол, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения и манипулятором, систему подачи проволоки [4].

Известные лазерные установки [3, 4] позволяют поочередно подаваемыми металлическими проволоками разного химического состава, плавлением их лазерным излучением, изготавливать трехмерные металлические изделия, представляющие собой многослойную структуру, содержащую металлические слои, различные по химическому составу и свойствам и с четкой границей раздела между ними.

Основным недостатком известных лазерных установок [3, 4] является недостаточно высокое качество получаемого слоя изделия, обусловленное наличием дефектов структуры (пор, крупных зерен) в наплавленном слое, остаточных напряжений в получаемом слое изделия.

Недостатком известных лазерных установок также являются ограниченные технологические возможности. Так, их лазерная головка, выполненная с одной фокусирующей линзой, не обеспечивает широкий выбор плотностей мощности для расплава проволоки различного диаметра и тугоплавкости.

Недостатком лазерных установок также является то, что они не позволяют поочередно подаваемыми металлическими проволоками с разными температурами плавления изготавливать изделия различного химического состава с однородным распределением структурных составляющих металлических проволок в слоях изделия.

Недостатком данных лазерных установок также является низкая производительность, так как изготовление металлического изделия ведется или одной проволокой (3), или двумя поочередно подаваемыми проволоками (4).

Также недостатком данных лазерных установок является то, что по окончании наплавки изделия концы проволок привариваются к металлической поверхности изделия, так как наплавку изделия осуществляют при физическом контакте проволок с наплавляемой поверхностью, что снижает производительность.

Недостатком лазерной установки [3] также является то, что используют предварительно сформированную металлическую проволоку в виде повторяющихся секций, включающих утолщения и тонкие соединительные участки, что повышает трудозатраты и энергозатраты на ее изготовление.

Все эти недостатки известных лазерных установок не позволяют эффективно и качественно (бездефектно) изготавливать трехмерные металлические изделия из проволок, снижают технологические и эксплуатационные возможности, производительность, повышают трудозатраты и энергозатраты, ограничивают толщину получаемого слоя изделия, а также сужают ассортимент изготавливаемых изделий.

Технической задачей предлагаемой полезной модели является повышение качества металлического изделия, производительности и расширение технологических возможностей.

Технический результат от использования предлагаемого технического решения заключается в:

- возможности формирования качественной (бездефектной) структуры материала металлического изделия из металлических и/или порошковых проволок;

- повышении физико-механических свойств изделий;

- возможности обеспечения широкого подбора оптимальных плотностей мощности излучения при лазерной наплавке проволок различного диаметра и тугоплавкости;

- возможности изготовления металлических изделий различного химического состава с однородным распределением структурных составляющих проволок в изделии;

- возможности повышения скорости и качества изготовления изделий;

- увеличении толщины получаемых слоев изделия;

- расширении ассортимента изготавливаемых изделий;

- снижении технологической себестоимости процесса изготовления трехмерных изделий;

- расширении области применения.

Указанный технический результат достигается в лазерной установке для аддитивного производства металлических изделий, содержащая источник лазерного излучения, манипулятор, рабочий стол, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения и манипулятором, систему подачи проволок, согласно полезной модели, лазерная головка снабжена телескопической системой, источник лазерного излучения выполнен с возможностью генерации импульса сфокусированного лазерного излучения сложной формы, позволяющего над поверхностью построения расплавлять концевые участки проволок до образования капли, подавать капли расплавленных проволок на поверхность построения и формировать на ней наплавленный слой, манипулятор выполнен по меньшей мере трехосевым портального типа или манипулятор выполнен в виде роботизированной руки, имеющей не менее трех степеней позиционирования и несущей на конечном звене лазерную головку и систему подачи проволок, рабочий стол оснащен вибратором, система подачи проволок связана с лазерной головкой и состоит по меньшей мере из двух механизмов подачи проволок, каждый из которых состоит из бокса с осью для установки на ней катушки проволоки, роликового подающего механизма с электроприводом, направляющей трубки,

ВУ 13646 U 2025.02.05

мундштука и связанного с ним узла поворота мундштука, при этом узел поворота мундштука установлен на держателе, закрепленном на лазерной головке, кроме того, система управления с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей проволок и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия.

Кроме того, телескопическая система состоит из по меньшей мере двух линз, одна из которых отрицательная, а вторая положительная, при этом положительная или отрицательная линза установлена с возможностью осевого перемещения.

Кроме того, механизмы подачи проволок выполнены с возможностью подачи проволок, выполненных в виде металлических и/или порошковых проволок различного состава и диаметра.

Кроме того, узел поворота мундштука выполнен в виде двух связанных между собой подпружиненными винтами колец, одно из которых выполнено с возможностью поворота, опоры вращения, выполненной в виде шарика и размещенной между кольцами, и двух регулировочных винтов, установленных в неподвижном кольце, при этом мундштук смонтирован на поворотном кольце.

Кроме того, мундштук выполнен составным, состоящим из трубки и сменного накопника, выполненным с диаметром выходного отверстия, равным диаметру подаваемой проволоки.

Кроме того, импульс сфокусированного лазерного излучения сложной формы состоит из крутого переднего фронта, достигающего максимального значения, соответствующего плотности мощности, необходимой для плавления поверхности концевых участков проволок, ниспадающего фронта, необходимого для плавления всего объема концевых участков проволок, крутого фронта, необходимого для испарения расплавленного присадочного материала на поверхности построения, ниспадающего фронта, необходимого для снижения скорости охлаждения наплавленного слоя металла.

Кроме того, вибратор выполнен электромагнитным или электромоторным.

Сущность заявляемой полезной модели заключается в следующем.

Снабжение лазерной головки телескопической системой обеспечивает эффективный выбор оптимальных плотностей мощности излучения при лазерной наплавке проволок различного диаметра и тугоплавкости и тем самым повышает технологические возможности и качество наплавленного изделия.

Выполнение источника лазерного излучения с возможностью генерации импульса сфокусированного лазерного излучения сложной формы, позволяющего над поверхностью построения расплавлять концевые участки проволок до образования капли, подавать каплю расплавленного проволочного материала на поверхность построения и формировать на ней наплавленный слой, обеспечивает эффективное расплавление проволок над поверхностью построения и позволяет послойно наплавливать расплав проволок на вибрирующую поверхность построения.

Выполнение манипулятора по меньшей мере трехосевым порталного типа или выполнение манипулятора в виде роботизированной руки, имеющей не менее трех степеней позиционирования и несущей на конечном звене лазерную головку и систему подачи проволок, расширяет технологические возможности и область применения.

Оснащение рабочего стола вибратором обеспечивает формирование качественной (бездефектной) структуры материала изделия из проволочного материала.

Система подачи проволок связана с лазерной головкой и состоит по меньшей мере из двух механизмов подачи проволок, каждый из которых состоит из бокса с осью для установки на ней катушки проволоки, роликового подающего механизма с электроприводом, направляющей трубки, мундштука и связанного с ним узла поворота мундштука, при этом узел поворота мундштука установлен на держателе, закрепленном на корпусе лазерной

головки. Это повышает технологические, эксплуатационные возможности установки и производительность.

Снабжение систем управления с программными средствами дополнительным программным средством для управления подачей проволок и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия позволяет получать рецептуры сплавов с требуемым соотношением массовых долей металлов.

Сопоставление заявляемого технического решения с известными из уровня техники показывает, что отличительные признаки заявленной лазерной установки не вытекают из известного уровня техники.

Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию патентоспособности "новизна".

Изложенная сущность заявляемой лазерной установки для аддитивного производства металлических изделий поясняется фигурами, на которых схематично представлены:

фиг. 1 - общий вид лазерной установки для аддитивного производства металлических изделий с трехосевым манипулятором, выполненным портального типа;

фиг. 2 - общий вид лазерной установки для аддитивного производства металлических изделий с манипулятором, выполненным в виде роботизированной руки, имеющей не менее трех степеней позиционирования;

фиг. 3 - схематическое изображение в разрезе лазерной головки;

фиг. 4 - форма импульса (зависимость плотности мощности лазерного излучения от времени) для осуществления наплавки проволок на вибрирующую поверхность построения.

Лазерная установка для аддитивного производства металлических изделий содержит источник лазерного излучения 1, манипулятор 2, рабочий стол 3, систему управления с программными средствами, обеспечивающими процесс послойного построения металлических изделий, лазерную головку 4, выполненную с возможностью соединения с источником лазерного излучения 1 и манипулятором 2, систему подачи 5 проволок.

Лазерная головка 4 снабжена телескопической системой 6.

Источник лазерного излучения 1 выполнен с возможностью генерации импульса сфокусированного лазерного излучения сложной формы, позволяющего над поверхностью построения расплавлять концевые участки проволок до образования капли, подавать капли расплавленного проволочного материала на поверхность построения и формировать на ней наплавленный слой.

Манипулятор 2 выполнен по меньшей мере трехосевым портального типа (фиг. 1) или манипулятор 2 выполнен в виде роботизированной руки (фиг. 2), имеющей не менее трех степеней позиционирования и несущей на конечном звене лазерную головку 4 и систему подачи 5 проволок.

Перемещение манипулятора 2, выполненного трехосевым портального типа (фиг. 1), по координатам X, Y, Z относительно рабочего стола 3 может осуществляться при помощи шарико-винтовых передач и шаговых двигателей (на фиг. 1 не показаны).

Перемещение манипулятора 2, выполненного трехосевым портального типа (фиг. 1), по координате Y относительно рабочего стола 3 может осуществляться по рельсам при помощи колесных пар, оснащенных приводом колесных пар, содержащих электродвигатель, редуктор и муфту привода, и по координатам X, Z при помощи шарико-винтовых передач и шаговых двигателей (на фиг. 1 не показаны).

Рабочий стол 3 оснащен вибратором 7. Рабочий стол 3 смонтирован на подпружиненных опорах (на фиг. 1 и 2 не обозначены).

Система подачи 5 проволок связана с лазерной головкой 4 и состоит по меньшей мере из двух механизмов подачи 8 и 9 проволок 10 и 11. Каждый из механизмов подачи 8 и 9 состоит из бокса 12 с осью 13 для установки на ней катушки 14 проволоки, роликового подающего механизма 15 с электроприводом (не показан), направляющей трубки 16,

ВУ 13646 U 2025.02.05

мундштука 17 и связанного с ним узла поворота 18 мундштука 17. Узел поворота 18 мундштука 17 установлен на держателе 19, закрепленном на лазерной головке 4.

Система управления с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей проволок 10 и 11 и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия.

Телескопическая система 6 состоит из по меньшей мере двух линз 20 и 21, одна из которых 20 отрицательная, а вторая 21 положительная, при этом положительная 21 или отрицательная линза 20 установлена с возможностью осевого перемещения. Механизмы подачи 8 и 9 проволок выполнены с возможностью подачи проволок 10 и 11, выполненных в виде металлических и/или порошковых проволок различного состава и диаметра.

Для аддитивного производства металлических изделий предпочтительно использовать проволоки диаметром от 0,1 до 1,2 мм и порошковые проволоки диаметром от 0,8 до 1,6 мм, различного состава, при этом диаметр наиболее легкоплавкой проволоки выбирают больше диаметра тугоплавкой проволоки.

Порошковые проволоки представляют собой, как правило, металлическую трубчатую оболочку, заполненную уплотненным порошковым наполнителем, включающим в себя неметаллические материалы.

Узел поворота 18 мундштука 17 выполнен в виде двух связанных между собой подпружиненными винтами колец 22 и 23, одно из которых выполнено с возможностью поворота, опоры вращения, выполненной в виде шарика и размещенной между кольцами, и двух регулировочных винтов, установленных в неподвижном кольце 23, при этом мундштук 17 смонтирован на поворотном кольце 22.

Детали узла поворота 18, подпружиненные винты, опора вращения, выполненная в виде шарика, регулировочные винты (на фиг. 3 не обозначены)

Поворот кольца 22 осуществляют с помощью размещенной между кольцами опоры вращения, выполненной в виде шарика, по меньшей мере двумя регулировочными винтами, установленными в неподвижном кольце 23.

Для точного позиционирования проволоки в зоне наплавки мундштук 17 выполнен составным, состоящим из трубки и сменного наконечника (не обозначены), выполненного с диаметром выходного отверстия, равным диаметру подаваемой проволоки.

Импульс сфокусированного лазерного излучения сложной формы (фиг. 4) состоит из крутого переднего фронта А, достигающего максимального значения, соответствующего плотности мощности, необходимой для плавления поверхности концевых участков проволок, ниспадающего фронта В, необходимого для плавления всего объема концевой участка проволоки, крутого фронта С, необходимого для испарения расплавленного присадного материала на поверхности построения, ниспадающего фронта D, необходимого для снижения скорости охлаждения наплавленного слоя металла. На фиг. 4, отображающей форму импульса, длительности фронтов А, В, С, D на оси t (мс) обозначены t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , а максимальные плотности мощности фронтов А и С на оси p ($Вт/м^2$) обозначены p_1 , p_2 .

Вибратор 7 выполнен электромагнитным или электромоторным.

Перемещение манипулятора 2, выполненного трехосевым порталного типа и лазерной головки 4 (фиг. 1) по координатам X, Y, Z показано стрелками. Изготовление изделий осуществляют на поверхности построения в виде подложки (не показана), установленной на рабочем столе 3.

Лазерная установка для аддитивного производства металлических изделий работает следующим образом.

Перед изготовлением изделия на компьютере (не показан) создают с помощью соответствующего графического программного обеспечения 3D-модель изделия.

Создание 3D-модели изделий существующих объектов осуществляют известным образом при помощи сканирующей системы, выполненной со специализированным программным средством.

BY 13646 U 2025.02.05

Затем при помощи дополнительного программного средства на компьютере составляют рецептуры сплава изделия.

Для составления рецептуры сплавов используют дополнительное программное средство, состоящее из таблицы металлических и порошковых проволок различного химического состава и диаметра и машиночитываемой инструкции по составлению из них рецептур сплавов для изготовления изделий.

Рецептуру сплава требуемого изделия состава можно составлять вручную, вводя соответственно в программное средство проволоки требуемого изделия химического состава и диаметра.

Созданную на компьютере цифровую трехмерную модель изделия загружают через сетевой интерфейс или переносной носитель в программируемый контроллер системы управления установкой.

Размещают подложку (не показана) на рабочем столе 3, заправляют в механизмы подачи 8 и 9 проволоки 10 и 11, выбранные для получения из них изделия с требуемым соотношением массовых долей металлов.

Системой подачи 5, ее механизмами подачи 8 и 9 через мундштуки 17 с катушек 14, одновременно и дозированно подают заданные рецептурой сплава изделия проволоки 10 и 11 в зону воздействия сфокусированного лазерного излучения, при этом проволоки 10 и 11 располагают над поверхностью построения. Включают источник лазерного излучения 1, выполненный с возможностью генерации импульса сфокусированного лазерного излучения сложной формы, и генерируемое им лазерное излучение направляется в лазерную головку 4, которая осуществляет коллимацию лазерного излучения ее телескопической системой 6 и фокусировку лазерного излучения по меньшей мере одной линзой (на фиг. 3 не показана). Одновременно вибратором 7 приводят рабочий стол 3 в вибрирующее состояние.

Расплавляют над поверхностью построения концевые участки проволок 10 и 11 до образования капли, подают расплав проволок 10 и 11 импульсом сфокусированного лазерного излучения сложной формы (фиг. 4) на вибрирующую поверхность построения и формируют из их расплава слоями металлическое изделие требуемого состава для изготовления изделия в соответствии с трехмерной моделью изделия.

Вибрационное воздействие на поверхность построения улучшает структуру и физико-механические характеристики металла изделия, так как уплотняются наплавленные слои изделия, тем самым устраняются поры и скрытые полости в изделии, уменьшаются размеры первичного зерна при кристаллизации.

Частота и амплитуда вибрации задаются так, чтобы поверхность построения не соприкасалась с расплавляемыми проволоками 10 и 11.

Процесс наплавки изделий импульсом сфокусированного лазерного излучения сложной формы включает следующие этапы: плавление поверхности концевой части проволоки, плавление всего объема концевых участков проволок до образования капель, подача капель расплавленного металла проволоки на поверхность построения и образование наплавленного слоя на поверхности построения.

При воздействии крутого переднего фронта А импульса происходит нагрев и плавление поверхности концевых участков проволок 10 и 11, при этом лазерный импульс достигает своего пика по величине плотности мощности (p_1) за время t_1 . При воздействии ниспадающего фронта В импульса на участке t_1-t_2 происходит разогрев всего объема концевых участков проволок 10 и 11 до температуры плавления и подплавления поверхности построения при поддержании постоянной температуры поверхности концевых участков проволок 10 и 11. При воздействии крутого фронта С импульса на участке t_2-t_3 происходит отрыв капель концевых участков проволок 10 и 11 под действием силы давления отдачи, возникающей при испарении металла с поверхности капель. При воздействии ниспадающего фронта D на участке t_3-t_4 происходит снижение скорости охлаждения наплавленного

ВУ 13646 U 2025.02.05

слоя до уровня ниже критического, что обеспечивает исключение образования в нем горячих трещин.

В качестве источника лазерного излучения 1 используют или твердотельный лазер, или полупроводниковый лазер, или волоконный лазер, работающие в импульсном режиме.

Для получения импульса сложной формы используют источник питания с программируемой формой и длительностью импульса тока. Форма импульса генерации источника лазерного излучения 1 (лазера) соответствует форме импульса тока источника питания.

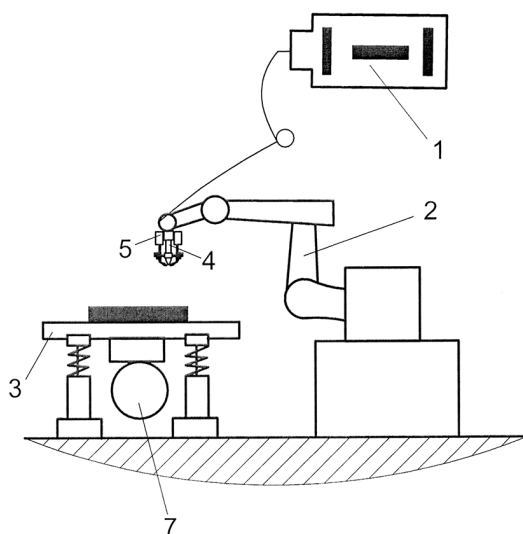
При производстве изделий используют проволоки различного диаметра и состава, предпочтительно металлические проволоки диаметром от 0,1 до 1,2 мм и/или порошковые проволоки диаметром от 0,8 до 1,6 мм, при этом диаметр более легкоплавкой проволоки выбирают больше диаметра тугоплавкой проволоки. Использование таких проволок обеспечивает интенсивное и полное расплавление проволок, позволяет регулировать толщину слоя изделия, а также позволяет уменьшить мощность энергетического луча, снизить потери материала.

В зависимости от технологических задач и материала проволок производство металлических изделий осуществляют в герметичной камере (не показана) в защитной среде из инертных газов или в среде атмосферного воздуха.

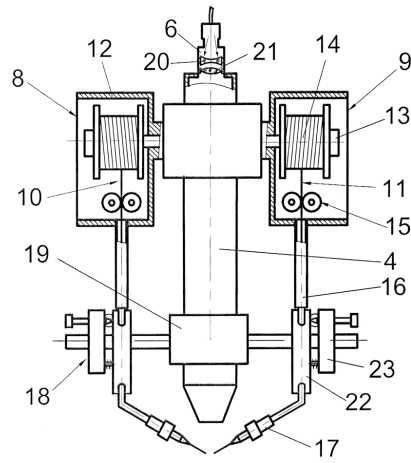
При производстве трехмерных металлических изделий в среде атмосферного воздуха для защиты зоны построения от воздействия окружающей среды (воздуха) в зону наплавки подают защитный газ. Аналогично осуществляют наплавку металлических покрытий на детали.

Предлагаемая лазерная установка позволяет высокопроизводительно и за счет введения вибрационных колебаний качественно (бездефектно) изготавливать из проволок различного состава трехмерные металлические изделия с заданными физико-механическими свойствами и с однородным распределением их структурных составляющих по всему объему изделия, а также снизить трудозатраты и энергозатраты.

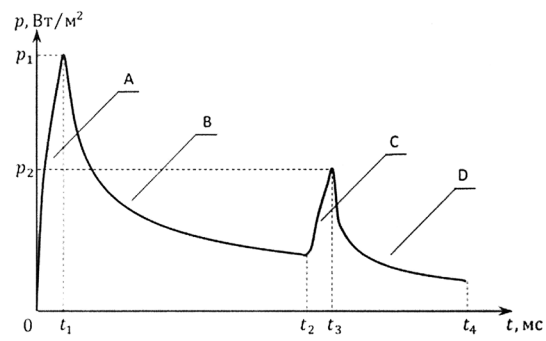
Заявляемое техническое решение пригодно к осуществлению промышленным способом с использованием существующих технологий производства и соответствует условию патентоспособности "промышленная применимость".



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4