

ОПИСАНИЕ
ПОЛЕЗНОЙ
МОДЕЛИ К
ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13668

(13) U

(45) 2025.02.20

(51) МПК

B 33Y 10/00 (2015.01)
B 33Y 30/00 (2015.01)
G 01N 1/28 (2006.01)
B 23K 9/04 (2006.01)
B 23K 15/00 (2006.01)
B 23K 26/342 (2014.01)
B 23K 26/00 (2014.01)

(54) УСТАНОВКА АДДИТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

(21) Номер заявки: u 20240257

(22) 2024.11.27

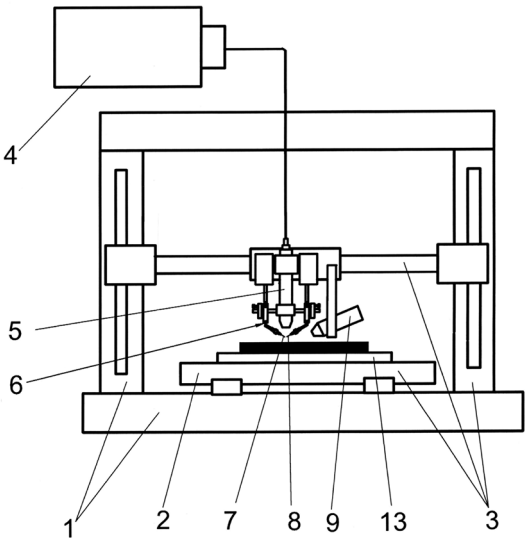
(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" (ВУ)

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

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" (ВУ)

(57)

1. Установка аддитивного изготовления трехмерных изделий, содержащая несущую часть, технологический стол, по меньшей мере трехосевую систему позиционирования, источник концентрированного потока энергии, оснащенный наплавочной головкой, систему управления установкой с программным средством, обеспечивающим последовательное послойное построение трехмерного изделия из выбранных рецептурой сплава изде-



Фиг. 1

ВУ 13668 U 2025.02.20

лия по меньшей мере двух исходных материалов, имеющих отличающуюся структуру и химический состав, механизм подачи исходных материалов, требуемых для изготовления изделия, **отличающаяся** тем, что снабжена устройством для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия, состоящим из приемной оптической системы и спектроанализатора, выполненными с возможностью измерения химического состава наплавливаемых слоев трехмерного изделия в процессе послойного построения указанного изделия, система управления установкой с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей исходных материалов и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия, кроме этого, система управления установкой состоит из электронного блока управления и управляющего компьютера, функционально соединенных с трехосевой системой позиционирования, источником концентрированного потока энергии, механизмом подачи исходных материалов и устройством для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия.

2. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве исходных материалов используют или порошки, или проволоки и/или порошковые проволоки, или проволоки и порошок, при этом используют проволоки различного химического состава и диаметра.

3. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что программное средство по составлению рецептов сплавов из исходных материалов требуемых изделиями составов содержит базу данных исходных материалов, состоящую из металлических и порошковых проволок различного химического состава и диаметра и порошков различного химического состава и алгоритма по составлению из них рецептов сплавов для изготовления изделий.

4. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве источника концентрированного потока энергии используют плазмотрон.

5. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве источника концентрированного потока энергии используют установку для электродуговой сварки.

6. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве источника концентрированного потока энергии используют электронно-лучевую пушку.

7. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что в качестве источника концентрированного потока энергии используют лазер.

8. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что механизм подачи исходных материалов выполнен в виде трубок, выполненных с возможностью подачи исходных материалов в виде проволок, или в виде порошков, или в виде проволок и порошков.

9. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что устройство для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия дополнительно снабжено устройством отображения информации о химическом составе наплавливаемых слоев трехмерного изделия, выполненным в виде дисплея.

(56)

1. КОРЖИК В.Н. и др. Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменно-дуговых технологий. Автоматическая сварка, № 5-6 (753), 2016, с. 133, рис. 7.

2. ВУ 13405, 2023.

3. БАКЕЕВ Ю.А. и др. Установка электронно-лучевого выращивания металлических изделий. Журнал "Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники" ("Доклады ТУСУР"), т. 20, № 3, 2017.

4. RU 2641578, 2018 (прототип).

Полезная модель относится к аддитивным технологиям, в частности к устройствам, обеспечивающим возможность изготовления трехмерных металлических изделий с гаран-

тированными заданным химическим составом и свойствами, и может найти применение в разных отраслях промышленности.

В последнее время аддитивные технологии изготовления трехмерных изделий из порошков, или проволок, или проволоки и порошка получают все большее распространение. Эти технологии в качестве источника теплового излучения используют различные источники энергии.

В качестве внешнего источника энергии может выступать источник энергии, оснащенный наплавочной головкой, формирующий концентрированный поток энергии в виде плазмы, электрической дуги, электронного луча или лазерного луча.

В связи с возросшими требованиями к свойствам и эксплуатационным характеристикам изделий качество, надежность, долговечность трехмерных изделий, изготовленных по аддитивной технологии, в большей степени зависит от требуемого изделием химического состава, так как отклонение изделия от заданного химического состава может привести к негативному изменению свойств изделия.

В этой связи создания эффективных, надежных и доступных устройств аддитивного изготовления трехмерных изделий, обеспечивающих заданную точность и повторяемость химического состава трехмерных изделий, представляется крайне высокой и востребована высокотехнологичной промышленностью.

Известны установки аддитивного изготовления трехмерных изделий, содержащие несущую часть, технологический стол, по меньшей мере трехосевую систему позиционирования, источник концентрированного потока энергии, оснащенный наплавочной головкой, систему управления установкой с программным средством, обеспечивающим последовательное послойное построение трехмерного изделия из выбранных рецептурой сплава изделия, по меньшей мере двух исходных материалов, имеющих отличающуюся структуру и химический состав, механизм подачи исходных материалов, требуемых для изготовления [1-3].

Наиболее близкой по технической сущности является установка аддитивного изготовления трехмерных изделий, содержащая несущую часть, технологический стол, по меньшей мере трехосевую систему позиционирования, источник концентрированного потока энергии, оснащенный наплавочной головкой, систему управления установкой с программным средством, обеспечивающим последовательное послойное построение трехмерного изделия из выбранных рецептурой сплава изделия, по меньшей мере двух исходных материалов, имеющих отличающуюся структуру и химический состав, механизм подачи исходных материалов, требуемых для изготовления изделия [4].

Известные установки [1-4] позволяют концентрированным потоком энергии в виде плазмы [1], или электрической дуги [2], или электронного луча [3], или лазерного луча [4] изготавливать трехмерное изделие требуемого химического состава из исходных материалов, соответственно проволок и/или порошков.

Недостатком известных установок [1-4] является то, что они не позволяют из исходных материалов в виде проволок или проволок и порошков гарантированно получать трехмерные изделия с требуемым химическим составом. Так как химический состав изделия анализируют после изготовления изделия, если он не соответствует его заданному химическому составу, то делают выводы о несоответствии его заданному химическому составу и изделие бракуют. После чего производят корректировку рецептуры сплава изделия и повторно изготавливают трехмерное изделие и измеряют химический состав изделия до тех пор, пока не получают трехмерное изделия с требуемым химическим составом.

Недостаток также заключается в том, что химический состав трехмерного изделия определяют после его изготовления либо на лабораторном стационарном оборудовании, либо портативной передвижной аппаратурой, на это требуется время.

Все эти недостатки известных установок [1-4] не позволяют гарантированно получать трехмерные изделия с заданным рецептурой химическим составом сплава, что увеличива-

ет расход дорогостоящих исходных материалов, проволок и/или порошков, себестоимость изготовления изделий, а также снижают производительность.

Задачей предложенной полезной модели является получение трехмерного изделия с гарантированным заданным химическим составом, а также снижение расхода исходного материала, себестоимости изготовления изделия при одновременном повышении производительности.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является получение трехмерных изделий с гарантированным заданным химическим составом в процессе их изготовления, а также снижение расхода исходных материалов, себестоимости изготовления трехмерных изделий при одновременном повышении производительности.

Указанный технический результат достигается тем, что установка аддитивного изготовления трехмерных изделий, содержащая несущую часть, технологический стол, по меньшей мере трехосевую систему позиционирования, источник концентрированного потока энергии, оснащенный наплавочной головкой, систему управления установкой с программным средством, обеспечивающим последовательное послойное построение трехмерного изделия из выбранных рецептурой сплава изделия, по меньшей мере двух исходных материалов, имеющих отличающуюся структуру и химический состав, механизм подачи исходных материалов, требуемых для изготовления изделия, согласно полезной модели, снабжена устройством для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия, состоящим из приемной оптической системы и спектроанализатора, выполненными с возможностью измерения химического состава наплавляемых слоев трехмерного изделия в процессе послойного построения указанного изделия, система управления установкой с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей исходных материалов и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия, кроме этого, система управления установкой состоит из электронного блока управления и управляющего компьютера, функционально соединенных с трехосевой системой позиционирования, источником концентрированного потока энергии, механизмом подачи исходных материалов и устройством для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия.

Кроме того, в качестве исходных материалов используют или порошки, или проволоки и/или порошковые проволоки, или проволоки и порошок, при этом используют проволоки различного химического состава и диаметра.

Кроме того, программное средство по составлению рецептур сплавов из исходных материалов требуемых изделиями составов содержит базу данных исходных материалов, состоящую из металлических и порошковых проволок различного химического состава и диаметра и порошков различного химического состава и алгоритма по составлению из них рецептур сплавов для изготовления изделий.

Кроме того, в качестве источника концентрированного потока энергии используют плазмотрон.

Кроме того, в качестве источника концентрированного потока энергии используют установку для электродуговой сварки.

Кроме того, в качестве источника концентрированного потока энергии используют электронно-лучевую пушку.

Кроме того, в качестве источника концентрированного потока энергии используют лазер.

Кроме того, механизм подачи исходных материалов выполнен в виде трубок, выполненных с возможностью подачи исходного материала в виде проволок, или в виде порошков, или в виде проволок и порошков.

Кроме того, устройство для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия дополнительно снабжено устройством отображения информации о химическом составе наплаваемых слоев трехмерного изделия, выполненным в виде дисплея.

Отличительные от прототипа признаки для специалиста явным образом не следуют из уровня техники.

Проведенный заявителем анализ уровня техники позволяет установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностями признаков, тождественными всем признакам заявляемой установки аддитивного изготовления трехмерных изделий, отсутствуют.

Следовательно заявляемая полезная модель соответствует условиям патентоспособности "новизна".

Изложенная сущность заявляемой полезной модели поясняется фигурами, на которых схематично представлены:

фиг. 1 - схематичное изображение установки аддитивного изготовления трехмерных изделий;

фиг. 2 - схема процесса наплавки слоев изделия и анализа химического состава трехмерного изделия;

фиг. 3 - структурная схема, устройства для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия.

Установка аддитивного изготовления трехмерных изделий (фиг. 1) содержит несущую часть 1, технологический стол 2, по меньшей мере трехосевую систему позиционирования 3, источник 4 концентрированного потока энергии, оснащенный наплавочной головкой 5 (фиг. 1), систему управления установкой с программным средством (не показана), механизм подачи 6 исходных материалов 7 и 8, требуемых для изготовления изделия составом.

Система управления установкой с программным средством обеспечивает последовательное послойное построение трехмерного изделия из выбранных рецептурой сплава, по меньшей мере двух исходных материалов 7 и 8, имеющих отличающуюся структуру и химический состав.

Установка снабжена устройством 9 для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия, выполненного с возможностью измерения химического состава наплаваемых слоев трехмерного изделия в процессе послойного построения указанного изделия.

Устройство 9 для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия состоит из приемной оптической системы 10 и спектроанализатора 11 (фиг. 3). Приемная оптическая система 10 оптически связана со спектроанализатором 11.

Приемная оптическая система 10 может представлять собой совокупность линз или дифракционную решетку, или входные щели, или поворотные зеркала и т. д.

Устройство 9 для спектрального анализа химического состава может быть связано с наплавочной головкой 5 или со средством перемещения наплавочной головки 5 (на фиг. 1 не обозначено).

Система управления установкой с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей исходных материалов 7 и 8 и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия.

Система управления установкой состоит из электронного блока управления и управляющего компьютера (на фиг. 1 не показаны), функционально соединенных с трехосевой системой позиционирования 3, источником 4 концентрированного потока энергии, механизмом 6 подачи исходных материалов 7 и 8 и устройством 9 для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия.

В качестве исходных материалов 7 и 8 используют или порошки, или проволоки и/или порошковые проволоки, или проволоки и порошок, при этом используют проволоки различного химического состава и диаметра.

Программное средство по составлению рецептур сплавов из исходных материалов 7 и 8 требуемых изделиями составов содержит базу данных исходных материалов, состоящую из металлических и порошковых проволок различного химического состава и диаметра и порошков различного химического состава и алгоритма по составлению из них рецептур сплавов для изготовления изделий.

В качестве источника 4 концентрированного потока энергии используют или плазмотрон, или установку для электродуговой сварки, или электроннолучевую пушку, или лазер.

Механизм подачи 6 исходных материалов 7 и 8 выполнен в виде трубок (не обозначены), выполненных с возможностью подачи исходных материалов 7 и 8 в виде проволок или в виде порошков, или в виде проволок и порошков.

В качестве устройства отображения информации химического состава трехмерного изделия используют дисплей компьютера (не показан) и/или в качестве устройства отображения информации используют дополнительный дисплей 12 (фиг. 3), связанный с устройством 9 для спектрального анализа химического состава.

Кроме вышеуказанных позиций конструктивных средств установки, на схеме процесса наплавки слоев изделия и анализа химического состава трехмерного изделия (фиг. 2) показаны подложка 13, первый 14 наплавляемый слой и плазменный факел 15.

Перемещение наплавочной головки 5 и технологического стола 2 по соответствующим координатам показаны на фиг. 2 стрелками.

Установка аддитивного изготовления трехмерных изделий работает следующим образом.

Перед изготовлением изделия на компьютере (не показан) создают программным средством трехмерную модель изделия и составляют рецептуру сплава изделия из исходных материалов 7 и 8 требуемого изделием состава.

В качестве исходных материалов 7 и 8 используют или порошки, или проволоки и/или порошковые проволоки, или проволоки и порошок, при этом используют проволоки различного химического состава и диаметра.

Рецептуру сплава изделия составляют программным средством, содержащим базу данных исходных материалов, состоящую из металлических и порошковых проволок различного химического состава и диаметра, и порошков различного химического состава и алгоритма по составлению из них рецептур сплавов для изготовления изделий.

Рецептуру сплава изделия требуемого изделием состава можно составлять вручную из исходных материалов требуемого изделием химического состава.

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

Размещают подложку 13 на технологическом столе 2 и включают источник 4 концентрированного потока энергии. Механизмом подачи 6 одновременно и дозированно подают заданные рецептурой сплава изделия исходные материалы 7 и 8 в зону воздействия концентрированного потока энергии.

Расплавляют исходные материалы 7 и 8 концентрированным потоком энергии, сформированным наплавочной головкой 5, и осуществляют последовательное послойное построение изделия на подложке 13 в соответствии с созданной программным средством трехмерной моделью изделия.

В качестве концентрированного потока энергии используют или плазму, или сварочную дугу, или электронный луч, или лазерный луч.

В процессе наплавки трехмерного изделия анализируют химический состав первого 14 наплавляемого слоя изделия с помощью устройства 9 для спектрального анализа химического состава трехмерного изделия.

В приемной оптической системе 10 устройства 9 выделяют из плазменного факела 15 (фиг. 2), образованного при воздействии на исходные материалы 7 и 8 концентрирован-

ным потоком энергии, спектральные линии химических элементов исходных материалов 7 и 8.

Спектральные линии химических элементов преобразуют в спектроанализаторе 11 в электрические сигналы, передают их в программируемое устройство и определяют концентрации химических элементов в наплавляемом слое 13.

Затем анализируют химический состав первого 14 слоя изделия и при несовпадении его с требуемым изделием составом производят корректировку рецептуры сплава изделия и аналогично продолжают наплавлять первый 14 слой изделия и измерять его химический состав до тех пор, пока не получают слой изделия с требуемым изделием химическим составом.

Корректировку рецептуры сплава изделия осуществляют дополнительным программным средством для управления подачей исходных материалов 7 и 8 и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия. При этом обеспечивают такое соотношение скоростей подачи исходных материалов 7 и 8, чтобы получить в наплавляемом первом слое 14 изделия химический состав, соответствующий требуемой концентрации этих элементов в изделии.

После получения первого 14 слоя изделия требуемого состава для изготовления изделия осуществляют процесс послойного построения трехмерного изделия и измеряют химический состав наплавляемых слоев изделия или периодически, или каждый наплавляемый слой изделия на соответствие требуемому изделию химическому составу.

Химический состав наплавляемых слоев изделия выводят на устройство отображения информации, в качестве которого используют дисплей компьютера (не показан) и/или дополнительный дисплей 12 (фиг. 3), связанный с устройством 9 для спектрального анализа химического состава.

Защиту поверхности построения от негативного воздействия окружающей среды в зависимости от концентрированного потока энергии, а также технологических требований и свойств исходных материалов осуществляют в среде защитного газа изделия, или в среде защитного газа внутри герметичной камеры (не показана), или вакууме.

В зависимости от технологических требований в качестве защитных газов используются инертные (аргон и гелий), активные (углекислый газ, водород, кислород и азот) газы и их смеси.

Процесс построения изделия можно осуществлять в защитной среде, создаваемой по меньшей мере одной выбранной для изготовления требуемого изделия состава самозащитной порошковой проволокой.

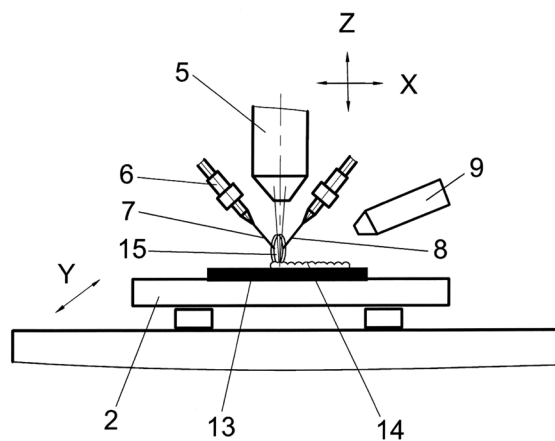
Самозащитная (самофлюсующаяся) порошковая проволока представляет собой трубчатую проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем, состоящим из шлакообразующих и газообразующих компонентов.

Затем полученное изделие подвергают или механической обработке, или термической и механической обработке.

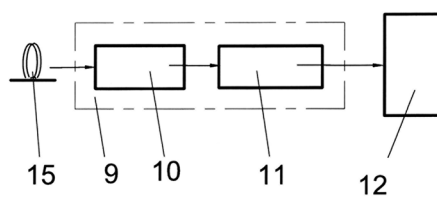
Аналогично осуществляют наплавку металлических покрытий требуемого состава на детали.

Предлагаемая установка позволяет высокопроизводительно и качественно изготавливать из различных марок исходных материалов трехмерные изделия или покрытие с заданными рецептурой сплавов физико-механическими свойствами и гарантированным химическим составом, а также позволяет снизить их себестоимость, повысить технологические, эксплуатационные возможности и производительность.

Заявляемое техническое решение пригодно к осуществлению промышленным способом и соответствует условию патентоспособности "промышленная применимость".



Фиг. 2



Фиг. 3