



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163444** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)**B33Y 30/00****B22D 19/00****B22D 23/00****B23Q 1/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

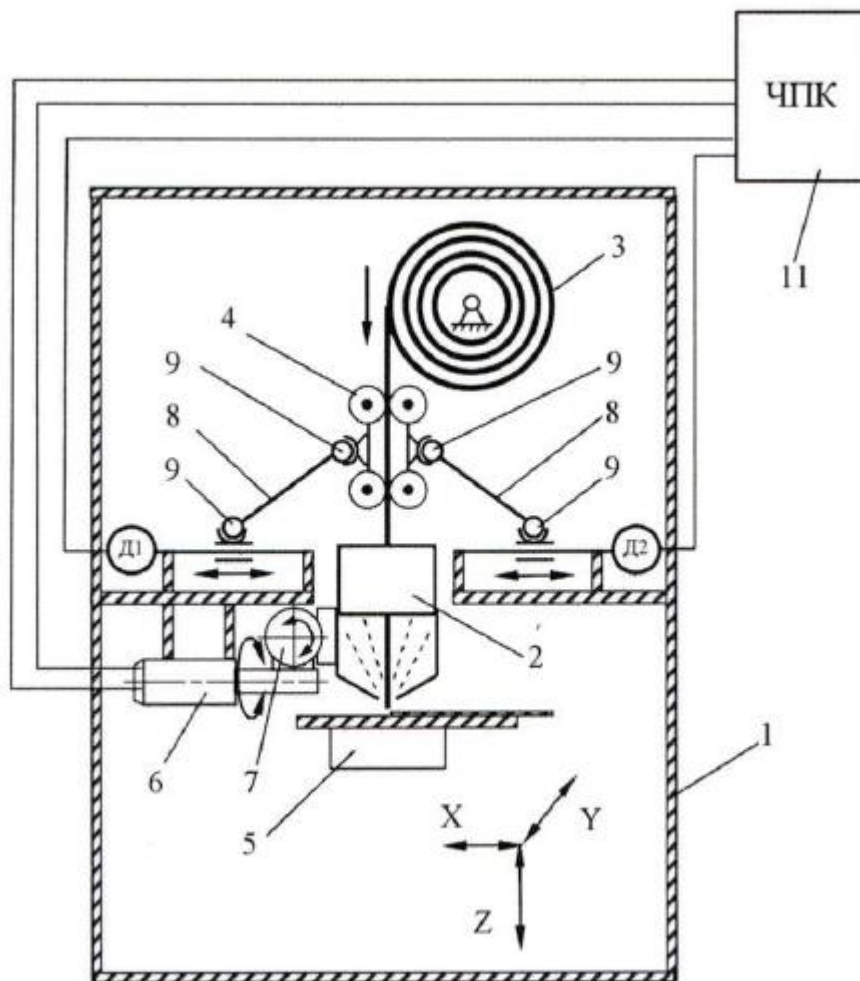
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 06386	(72) Винахідник(и): Дмитрієв Дмитро Олексійович (UA), Кириченко Андрій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.12.2025	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 25.06.2026	(73) Володілець (володільці): ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA), ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 24.06.2026, Бюл.№ 25	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ**(57) Реферат:**

Пристрій для тривимірного друку металевих виробів, що забезпечує послідовне утворення металевих шарів деталей складної геометрії з подвійною кривизною поверхонь у вакуумі за допомогою електронного променя і формування ванни розплаву, містить технологічну вакуумну камеру, металеву підкладку позиціювання шарів металу, систему числового програмного керування, механізм подачі витратного матеріалу у вигляді металевого дроту в бухті, напрямний пристрій витратного матеріалу, електронну гармату з кільцевим катодом і отвором, що формує електронний промінь у вигляді порожнистого перевернутого конуса, з вершиною в зоні формування ванни розплаву під дією регульованої прискорюючої напруги в ній, механізм керованого переміщення металеві підкладки з ванною розплаву. Електронну гармату розташовано на двокоординатному приводі обертання з послідовно з'єднаними серводвигунами, що позиціонується від системи числового керування навколо координатних осей X, Y. Направний пристрій витратного матеріалу містить систему незалежних приводів, які через сферичні шарніри і штанги постійної довжини зв'язані з окремими повзунами на напрямних приводів і через систему числового програмного керування задають орієнтацію витратного матеріалу у вигляді металевого дроту співвісно з отвором кільцевого катода електронної гармати.

UA 163444 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі машинобудування, зокрема до адитивного виробництва, а саме, тривимірного друку металевих виробів складної форми шляхом пошарового осадження на основу витратного матеріалу з металевих сплавів, який подається в зону осадження, яка переміщується, витратний матеріал розплавляється за допомогою електронного променя, і потім твердне у міру виходу з зони нагрівання, утворюючи наплавлений шар матеріалу.

Існують способи і пристрої адитивного виробництва у захисній атмосфері металевих виробів осадженням розігрітого витратного матеріалу у вигляді металевих порошків, стрижнів, дроту що надходить у ванну розплаву і потім кристалізується у міру виходу з зони плавлення, утворюючи шар наплавленого матеріалу.

Як аналог виготовлення складнопрофільних металевих 3D-деталей прийнято патент України 143235, в якому відбувається пошарове наплавлення присадковим дротом в захисній контрольованій атмосфері шарів матеріалу на утримуючій підкладці знизу догори [1]. По контуру отримуваного 3D-виробу одночасно рухається група джерел нагріву, які розташовані на регульованій відстані від одного, при цьому до зони дії першого джерела нагріву присадковий дріт не подають, воно лише підігріває підкладку до необхідної температури, а в зоні дії наступних джерел нагріву відбувається формування ванни розплаву та плавлення присадкового дроту, а як джерела нагріву в кожній групі можуть бути електродуговий, плазмодуговий чи інші концентровані джерела нагріву.

До недоліків аналога можна віднести складність узгодженого керування рухом декількох джерел нагріву і присадкового матеріалу саме послідовної дії та контролю технологічних параметрів під час реалізації складних геометричних траєкторій в типових стратегіях програмного керування переміщення ванни розплаву, де відбуваються зміни напрямку руху, гострі кути повороту у площині друку, реверс напрямку руху ванни розплаву.

Найближчим аналогом до корисної моделі є пристрій для виготовлення тривимірних об'єктів патент України 112682 [2], за допомогою якого металеві тривимірні об'єкти формуються в вакуумній технологічній камері, шляхом пошарового осадження витратного матеріалу на підкладку, яку нагрівають за допомогою електронного променя у формі порожнистого перевернутого конуса з вершиною в зоні формування ванни розплаву за допомогою електронної гармати з кільцевим катодом під дією регульованої прискорюючої напруги, а витратний матеріал у вигляді дроту подають в зону формування ванни розплаву через напрямний пристрій, який проходить через внутрішній отвір кільцевого катода електронної гармати вздовж вертикальної осі вказаного конусного електронного променя і формують на її поверхні ванну розплаву, розплавляють вказаний витратний матеріал і осаджують отриманий додатковий розплав у ванну розплаву на підкладці, переміщують зону формування ванни розплаву і подачі витратного матеріалу відносно підкладки по заданій оператором або програмою траєкторії, формують наплавлений шар вздовж вказаної траєкторії за рахунок затвердіння розплавленого витратного матеріалу разом з ванною.

Недоліком найближчого аналога є те, що відбувається осадження лише паралельних шарів металу завдяки переміщенню металевої підкладки лінійними механізмами позиціонування підкладки і деталі через те, що електронна гармата для осадження витратного матеріалу є нерухомою. Відсутність можливості кутової орієнтації електронної гармати унеможливорює наплавлення, розігрів та усунення дефектних місць друку у випадку формування друкованих поверхонь з нахилом та подвійної кривизни. Тому виникає необхідність утримання форми ванни розплаву регулюванням відстані між електронною гарматою та підкладкою на криволінійних ділянках попередніх шарів шляхом орієнтації електронної гармати у просторі.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення процесів мікролиття в зоні осадження утриманням форми ванни розплаву на криволінійних у просторі поверхнях друкованих металевих виробів, а, відповідно, розширення технологічних можливостей тривимірного друку пошаровим осадженням металевих витратного матеріалу у вигляді дроту в бухтах.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для тривимірного друку металевих виробів, що забезпечує послідовне утворення металевих шарів деталей складної геометрії з подвійною кривизною поверхонь у вакуумі за допомогою електронного променя і формування ванни розплаву, що містить технологічну вакуумну камеру, металеву підкладку позиціонування шарів металу, систему числового програмного керування, механізм подачі витратного матеріалу у вигляді металевих дротів в бухті, напрямний пристрій витратного матеріалу, електронну гармату з кільцевим катодом і отвором, що формує електронний промінь у вигляді порожнистого перевернутого конуса, з вершиною в зоні формування ванни розплаву під дією регульованої прискорюючої напруги в ній, механізм керованого переміщення металевої

підкладки з ванною розплаву, згідно з корисною моделлю, електронну гармату розташовано на двокоординатному приводі обертання з послідовно з'єднаними серводвигунами, що позиціонується від системи числового керування навколо координатних осей X, Y, а напрямний пристрій витратного матеріалу містить систему незалежних приводів, які через сферичні шарніри і штанги постійної довжини зв'язані з окремими повзунами на напрямних приводах і через систему числового програмного керування задають орієнтацію витратного матеріалу у вигляді металевго дроту співвісно з отвором кільцевого катода електронної гармати. Керованим обертанням електронної гармати відбувається утримання форми ванну розплаву в місцях подвійної кривизни поверхонь, що необхідно надрукувати, осадження витратного матеріалу під кутом до сусідніх шарів матеріалу, тим самим забезпечуючи необхідні стратегії наплавлення.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображено принципову схему пристрою для тривимірного друку металевих виробів, який складається з вакуумної технологічної камери 1, електронної гармати 2 зі сферичним катодом, витратного матеріалу у вигляді металевго дроту 3, наприклад з титану, титанових сплавів, інтерметалічних сполук титану, ніобію, сплавів ніобію, інтерметалічних сполук ніобію, танталу, сплавів танталу, алюмінію, алюмінієвих сплавів, інтерметалічних сполук алюмінію, нікелевих сплавів, кобальтових сплавів, інструментальних сталей, напрямного пристрою 4, металевго підкладки 5, що програмно переміщують мехатронною системою лінійного руху уздовж координат X, Y, Z, двокоординатний механізм обертання електронної гармати 2, що складається з серводвигуна 6 обертання навколо осі X і серводвигуна 7 обертання навколо осі Y, системи орієнтації напрямного пристрою 4 витратного матеріалу у вигляді дроту 3, що складається з системи штанг постійної довжини 8, зв'язаних шарнірами 9 з декількома незалежними приводами лінійного руху Д1 і Д2 (може бути три і більше). Пристрій для тривимірного друку металевих виробів містить систему числового програмного керування (ЧПК) серводвигунами 6, 7 та Д1, Д2.

Пристрій для тривимірного друку металевих виробів працює наступним чином (фіг. 2). В технологічній вакуумній камері 1 створюється тиск 10^{-2} Па, витратний матеріал 3 подається через напрямний пристрій 4 крізь електронну гармату 2 і сферичним катодом на закріплену металеву підкладку 5. Електронні промені, розплавляючи витратний матеріал у вигляді дроту 3 на підкладці 5, формують ванну розплаву і осаджують смуги металу пошарово накладаючи їх одна на одну у вигляді окремого шару 10 за рахунок переміщення підкладки 5 вниз по координаті Z і горизонтально уздовж координати X мехатронною системою лінійного переміщення. Мехатронна система лінійного переміщення підкладки 5, кероване обертання серводвигунів 6, 7, переміщення повзунів шарнірної системи штанг 9 управляється системою ЧПК 11 по алгоритмах зворотної кінематики як механізмами сумісного маніпулювання. Конструктивно система приводів позиціонування напрямного пристрою 4 складається з двох і більше замкнених до напрямного пристрою 4 кінематичних ланцюга кожен від окремого серводвигуна Д1, Д2.

За допомогою одночасних обертальних рухів серводвигунів 6, 7, лінійних переміщень підкладки 5 уздовж координатних осей X, Y, Z, позиціонуванні напрямного пристрою 4 співвісно з отвором кільцевого катода електронної гармати 2 в робочому просторі пристрою для тривимірного друку металевих виробів можливе підтримка і управління формою ванни розплаву, що переміщується по криволінійній поверхні 3D-деталі, контроль температурних полів в місцях реверсу траєкторій в складних стратегіях осадження шарів металу.

Запропонований пристрій для виготовлення металевих тривимірних об'єктів на відміну від існуючих дозволяє за допомогою орієнтації електронної гармати, позиціонування напрямного пристрою витратного матеріалу та лінійного переміщення підкладки із сформованими попередньо шарами металу утримувати форму ванни розплаву в зоні осадження на криволінійних у просторі поверхнях друкованих металевих виробів.

Корисна модель дозволяє досягнути технічний результат розширити технологічні можливості пристрою друку пошаровим осадженням металевго витратного матеріалу у вигляді дроту в бухтах та отримувати якісні тривимірні деталі з поверхнями подвійної кривизни.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Патент України № 143235, МПК В22D 19/00, В22D 19/10, В23К 26/34, С23С 26/02, Спосіб адитивного виробництва металевих 3D-виробів / Григоренко Г.М., Костін В.А., Григоренко С.Г., Шаповалов В.О., Ахонін С.В., Пікулін О.М., патентовласник Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, заявл. 10.12.2019, Бюл. № 23, опубл. 27.07.2020, Бюл. № 14.

2. Патент України № 112682, МПК В22D19/00, В22D23/00, Спосіб виготовлення тривимірних об'єктів і пристрій для його реалізації / Ковальчук Д.В., Мельник В.Г., патентовласник Приватне

акціонерне товариство "НВО "Червона хвиля", заявл. 10.03.2015, бюл. № 5/2015, опубл. 10.10.2016, бюл. № 19/2016.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Пристрій для тривимірного друку металевих виробів, що забезпечує послідовне утворення металевих шарів деталей складної геометрії з подвійною кривизною поверхонь у вакуумі за допомогою електронного променя і формування ванни розплаву, що містить технологічну вакуумну камеру, металеву підкладку позиціонування шарів металу, систему числового програмного керування, механізм подачі витратного матеріалу у вигляді металевого дроту в бухті, напрямний пристрій витратного матеріалу, електронну гармату з кільцевим катодом і отвором, що формує електронний промінь у вигляді порожнистого перевернутого конуса, з вершиною в зоні формування ванни розплаву під дією регульованої прискорюючої напруги в ній, механізм керованого переміщення металеві підкладки з ванною розплаву, який відрізняється тим, що електронну гармату розташовано на двокоординатному приводі обертання з послідовно з'єднаними серводвигунами, що позиціонується від системи числового керування навколо координатних осей X, Y, а напрямний пристрій витратного матеріалу містить систему незалежних приводів, які через сферичні шарніри і штанги постійної довжини зв'язані з окремими повзунами на напрямних приводів і через систему числового програмного керування задають орієнтацію витратного матеріалу у вигляді металевого дроту співвісно з отвором кільцевого катода електронної гармати.

10

15

20

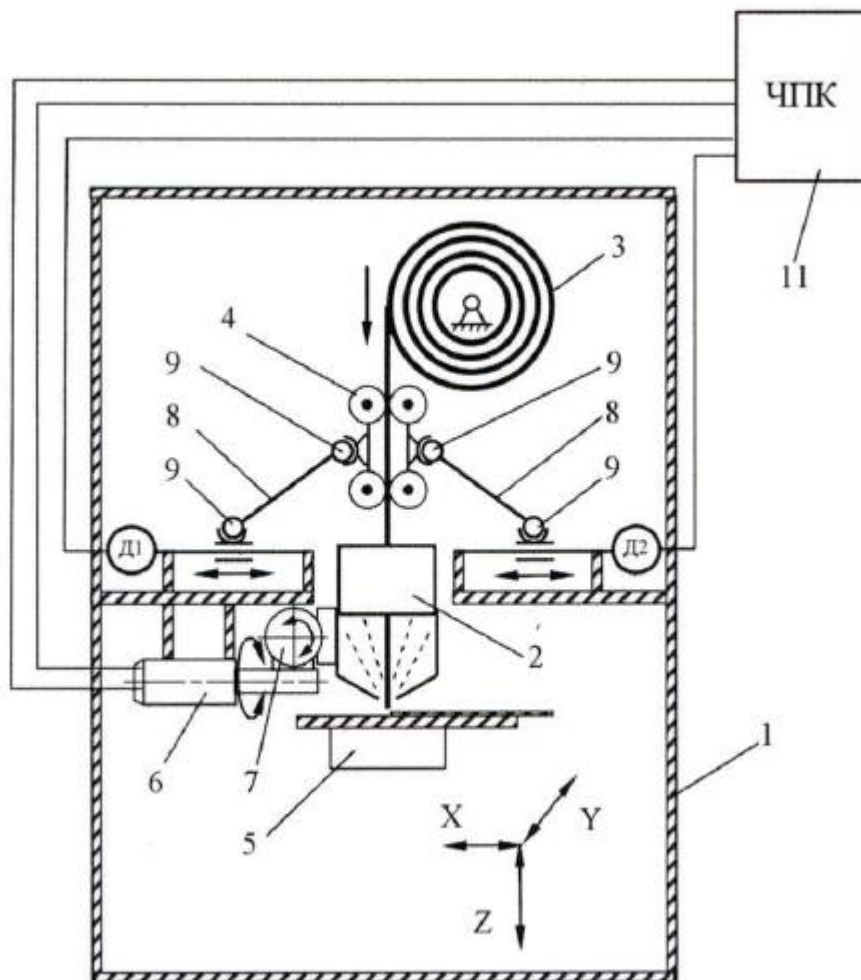
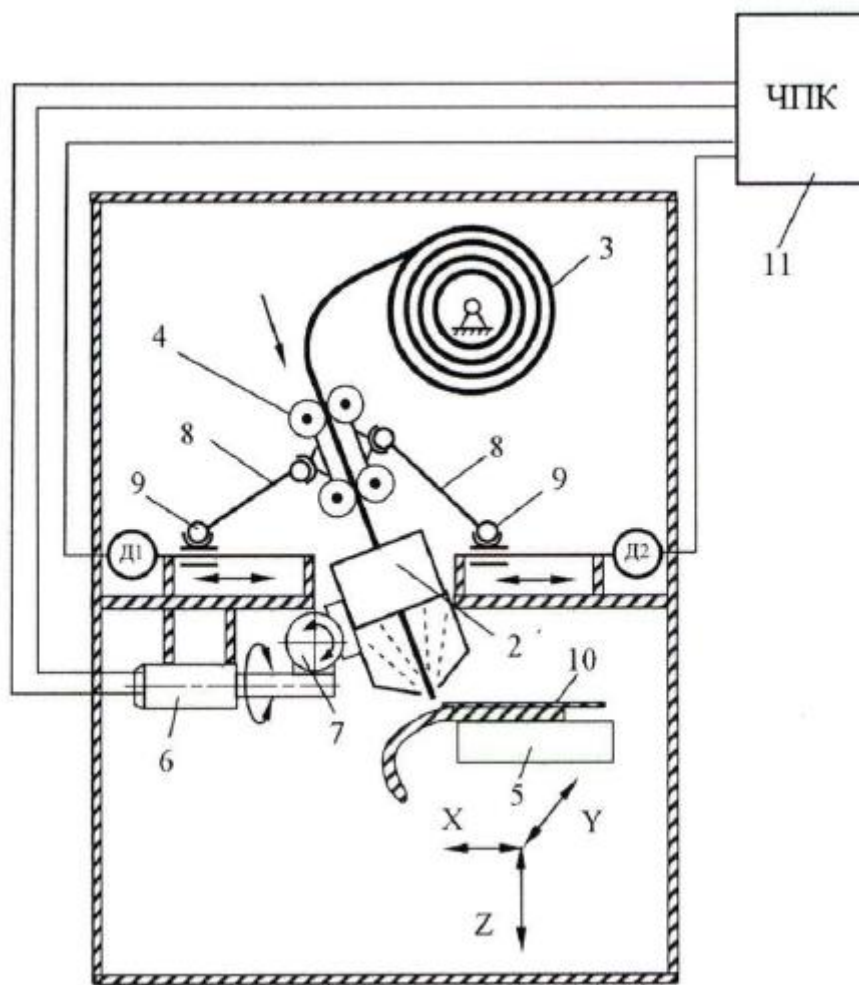


Fig. 1



Фиг. 2