



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154212** (13) **U**  
(51) МПК (2023.01)  
**B41F 17/08** (2006.01)  
**B33Y 30/00**  
**B29C 64/118** (2017.01)

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

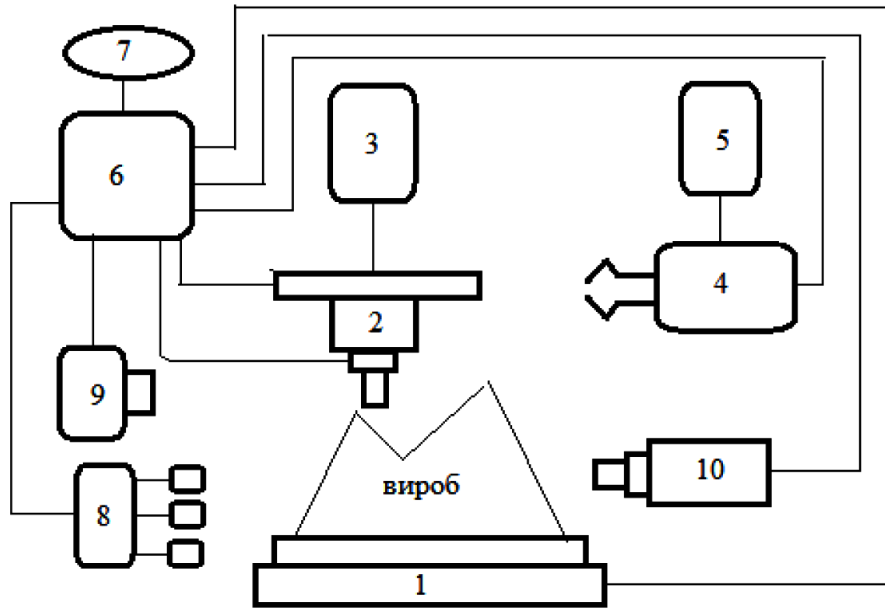
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2023 02613</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>30.05.2023</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>19.10.2023</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>18.10.2023, Бюл.№ 42</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Дудукалов Юрій Володимирович (UA), Глушкова Діана Борисівна (UA), Сорокін Володимир Федорович (UA), Демченко Сергій Володимирович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(74) Представник: <b>Азарова Алла Володимирівна</b></p>
---	--

**(54) САМОНАВЧАЛЬНИЙ 3D-ПРИНТЕР ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ДРУКУ ОБ'ЄКТІВ**

**(57) Реферат:**

Самонавчальний пристрій для комбінованого друку об'єктів містить робочий стіл, на якому розташовується виріб під час друку; локальний пристрій електромагнітного впливу, виконаний в одному блоці з друкарською головкою; імпульсний високочастотний блок живлення; маніпулятор із захоплювачем і магазин додаткових елементів. Пристрій забезпечений системою просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, спеціальним тепловізором, пристроями локального підігріву або охолодження виробу, а також блоком управління з обчислювачем з вхідним і вихідним блоками та блоком відображення і пам'яті, які з'єднані з виходами системи просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, а також тепловізора, через блок управління, вхідні та вихідні блоки обчислювача, блок відображення і пам'яті з вхідними блоками регулятора локального пристрою електромагнітного впливу і пристроями локального підігріву або охолодження виробу.

UA 154212 U



Корисна модель належить до машинобудівної галузі і може бути використана для виробництва різних деталей із полімерних і полімерних композитних матеріалів, а також застосовуватись в будівництві, медицині, на транспорті, в учбовому процесі навчальних установ.

5 Суть корисної моделі полягає в розробці самонавчального пристрою для пошарового формування різними способами 3D-об'єктів із термопластичних матеріалів та їх композицій. Найбільша проблема, яка потребує вирішення, полягає в розширенні технологічних можливостей 3D-принтера, підвищенні продуктивності роботи і забезпеченні бездефектного формування виробів, особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями.

10 Відомий пристрій для створення 3D-об'єктів з рельєфними поверхнями, в якому використовуються спеціальні екструзійні друкарські головки [1] (аналог).

15 На цьому пристрої в друкарській головці розігрівають до потрібної температури полімерний матеріал за допомогою нагрівального елемента. Подача матеріалу для формування виробу може відбуватися через один з отворів в матриці екструзійної друкарської головки, або через вибрану екструзійну друкарську головку. Отвори мають різний діаметр сопла, кожен отвір укомплектований клапанним затвором з електромеханічними приводом. Управління здійснюється контролером, а подача відповідного екструзійного матеріалу здійснюється через той отвір, доцільність використання якого обумовлена умовами друку. Так, для високопродуктивного процесу використовують отвори сопел максимально можливого діаметру, а для формування деталізованих рельєфів подача матеріалу виконується через отвори мінімального діаметру.

20 До основних недоліків цього 3D-принтеру слід віднести: складність системи управління електромеханічними приводами клапанних затворів, виникнення дефектів при зміні отвору екструзійної друкарської головки або самої головки; низькі адгезійні і когезійні властивості полімерного матеріалу під час пошарової укладки; зниження продуктивності друку при переходах на менші діаметри отворів; виникнення дефектів під час коливань температурного режиму, що обумовлено зміною об'ємів послідовного нанесення полімерного матеріалу.

25 Найближчим аналогом є 3D-принтер для комбінованого друку шляхом трьохвимірної пошарової екструзії з впливом на полімерний матеріал електромагнітного поля [2].

30 Цей 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів працює таким чином. Формування виробу відбувається на робочому столі під час руху друкарської головки. Локальні пристрої електромагнітного впливу, що виконані в одному блоці з друкарською головою забезпечують необхідну адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочим столом, а також когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу шляхом суміщення процесів екструзії розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізують в друкарській головці і в зоні укладки шару. Живлення локальних пристроїв електромагнітного впливу здійснюють від блоку живлення. Завдяки суміщенню не витрачають час на окремий технологічний перехід для підвищення міцності виробу. Для забезпечення адгезійної міцності використовують імпульсний високочастотний (400 – 500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції 4,0 – 4,5 Тл, а когезійну міцність забезпечують використанням імпульсного високочастотного (250 – 400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції 3,0 – 4,0 Тл. Слід зазначити, що інтенсивність імпульсного високочастотного електромагнітного поля встановлюють в управляючій програмі. В залежності від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей матеріалу режими імпульсного високочастотного електромагнітного поля змінюють.

35 40 45 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів оснащений маніпулятором із захоплювачем. Завдяки цьому можливо додатково виконувати укладку в підготовлені конструктивні "кармани", наприклад, елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів та інших деталей, що завантажують на нумеровані позиції магазину додаткових елементів. Наступними проходами друкарської головки виконують "зарощування" цих елементів з відповідним модифікуванням полімерного матеріалу. Завдяки цьому розширюють технологічні можливості 3D-принтеру, підвищують продуктивність його роботи.

50 55 60 Однак, даний 3D-принтер не забезпечує потрібний обсяг технологічних можливостей, не виключає можливості виникнення дефектів, які пов'язані з коливаннями температури, локальними перегрівками виробів, особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями. Також слід відмітити складність підготовки управляючої програми, необхідність корегувати режими друку після невдалих спроб, що призводить до втрати продуктивності і полімерних матеріалів.

Основними недоліками, через які в аналогах не можливо отримати технічний результат, що вирішують запропонованою корисною моделлю, є нестабільність температурного режиму, що провокує ризик виникнення дефектів, обумовлених локальним перегрівом або переохолодженням матеріалу, знижує ефективність електромагнітного впливу, потребує

5

внесенням в програму управління змін параметрів процесу комбінованого 3D-друку. В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення 3D-принтера для комбінованого друку об'єктів, а саме підвищення продуктивності 3D-друку, виключення умов для виникнення дефектів під час пошарового формування виробів, особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями.

10

Поставлена задача вирішується за рахунок самонавчального пристрою для комбінованого друку об'єктів, що містить робочий стіл, на якому розташовують виріб під час друку; локальний пристрій електромагнітного впливу, що виконаний в одному блоці з друкарською головкою; імпульсний високочастотний блок живлення; маніпулятор із захоплювачем і магазин додаткових елементів, згідно з корисною моделлю пристрій забезпечений системою просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, спеціальним тепловізором, пристроями локального підігріву або охолодження виробу, а також блоком управління з обчислювачем з вхідним і вихідним блоками та блоком відображення і пам'яті, які з'єднані з виходами системи просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, а також тепловізора, через блок управління, вхідні та вихідні блоки обчислювача, блок відображення і пам'яті з вхідними блоками регулятора локального пристрою електромагнітного впливу і пристроями локального підігріву або охолодження виробу.

15

20

На креслені показана структурна схема самонавчального 3D-принтера для комбінованого друку об'єктів. Самонавчальний 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів містить: 1 – робочий стіл, на якому розташовують виріб під час друку; 2 – локальний пристрій електромагнітного впливу, що виконаний в одному блоці з друкарською головкою; 3 – імпульсний високочастотний блок живлення; 4 – маніпулятор із захоплювачем; 5 – магазин додаткових елементів для виробу; 6 – блок управління з модулями пам'яті; 7 – блок відображення інформації і зовнішньої пам'яті; 8 – система просторових датчиків координат поверхонь виробу; 9 – тепловізор; 10 – пристрої локального підігріву або охолодження виробу.

25

30

Самонавчальний 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів працює таким чином.

Пошарове формування виробу відбувається на робочому столі 1 3D-принтера під час руху друкарської головки за заданими траєкторіями з встановленими параметрами руху і екструзії розігрітого полімерного матеріалу. Локальні пристрої електромагнітного впливу 2 від джерела 3, що виконані в одному блоці з друкарською головкою, забезпечують необхідну адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочим столом, а також когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу шляхом суміщення процесів екструзування розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізують в друкарській головці і в зоні укладки шару. Маніпулятор із захоплювачем 4 додатково виконує укладку в підготовлені конструктивні "кармани", наприклад, елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів та інших деталей, що завантажують на нумеровані позиції магазину додаткових елементів 5.

35

40

Для забезпечення умов бездефектності виробів (без розшарування, деформування із-за перегріву, втрати міцності зчеплення шарів, суцільності та однорідності полімерного матеріалу, з якісним зарощуванням "карманів" та інші), особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями, застосовують комбінований друк об'єктів, в якому відслідковують за допомогою системи просторових датчиків координат поверхонь виробу 8 точність поверхонь виробу, а за допомогою тепловізора 9 фактичний розподіл температурних полів. Пристроями локального підігріву або охолодження виробу може виконуватись корекція температурних полів, виключають зони перегріву та інші умови виникнення дефектів.

45

50

Управління самонавчальним 3D-принтером для комбінованого друку об'єктів здійснюють по управляючій програмі від блока управління 6 з обчислювачем, а необхідне супроводження забезпечує блок 7 відображення інформації і зовнішньої пам'яті.

Система просторових датчиків 8 координат поверхонь виробу (їх прив'язку визначають характеристикою виробу) відслідковує послідовну зміну впродовж друку. Вимірюють (сканують) координати окремих точок, особливостей рельєфу або геометричні параметри виробу в цілому.

55

Тепловізором 9 відслідковують зміну температурних полів виробу, локалізація їх критичних значень.

Отримані сигнали надходять для перетворення і обробки інформації в блок управління з обчислювачем 6, який з'єднаний із блоком відображення інформації і зовнішньої пам'яті 7.

60

В блоці управління з обчислювачем 6 проводять обробку і класифікаційний аналіз інформації за станом виробу і порівняння результатів вимірювання з еталонними (номінальними) та граничними значеннями цих величин, які накопичені в пам'яті блока 7, і потім відображають засобами представлення інформації в цьому блоці. Якщо значення сигналів, отриманих від датчиків, будуть відрізнятися від номінальних і перевищувати граничні, то блок управління з обчислювачем 6 виконує обробку інформації і пропонує схему застосування пристроїв локального підігріву або охолодження виробу 10. Регулятором потужності локального підігріву або охолодження є блок управління 6. Можливі зміни інших параметрів комбінованого друку (швидкість руху друкарської головки, імпульсний частотний (100-1000 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції 2,0-6,5 Тл, причому діапазони зміни частоти та амплітуди магнітної індукції значно розширені для встановлення потрібних значень згідно фактичного стану виробу. Через блок відображення інформації і зовнішньої пам'яті 7 надають відповідні повідомлення.

Вибір режимних параметрів в управляючій програмі по руху друкарської головки, по локалізації, інтенсивності та тривалості електромагнітного і теплового впливу встановлюють за результатами контролю якості виробів і підготовлених баз знань.

Оцінка якості 3D-друку виробу виконують із застосуванням вимірювальних засобів і методів неруйнівного контролю. Вся отримана інформація обробляють належним чином із застосуванням програм штучного інтелекту, виконують її класифікаційний аналіз, вносять поповнення існуючих баз знань.

Вказаним вирішують задачу корисної моделі.

Корисна модель може бути неодноразово здійснена в машинобудуванні з використанням відомих засобів, та з одержанням очікуваного технічного результату, що дозволяє зробити висновок про її відповідність критерію "промислової придатності".

Загалом, самонавчальний 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів має високу продуктивність роботи і забезпечує умови бездефектного формування виробів, в тому числі зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями. Виконують комбінований друк об'єктів, в якому адгезійна і когезійна міцність забезпечують модифікацією полімерного матеріалу під дією імпульсного високочастотного електромагнітного поля, а термостабілізація умов друку відслідковують за допомогою системи просторових датчиків координат поверхонь виробу і спеціального тепловізора. Пристроями локального підігріву або охолодження виробу може виконуватись корекція температурних полів, що виключає зони перегріву та інші можливі умови виникнення дефектів.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Patent US 10,625,466 B2, USA, B29C 67/00 (2017.01), B29C 64/106 (2017.01), 833Y 30/00 (2015.01), B29K 55/02 (2006.01). EXTRUSION PRINTHEADS FOR THREE-DIMENSIONAL OBJECT PRINTERS / Inventors: Barry P. Mandel, Fairport, NY (US) David A. Mantell, Rochester, NY (US); Peter J. Nystrom. Webster, NY (US); Andrew W. Hays, Fairport, NY (US); Mark A. Cellura, Webster, NY (US); Jun Ma, Penfield, NY (US); Gary D. Redding. Victor, NY (US); Applicant: Xerox Corporation. Norwalk, CT (US); Appl. No.: 14/962,167; Filed: Dec. 8, 2015; Prior Publication Data US 2017/0157844 A1 Jun 8, 2017; Date of Patent: Apr. 21, 2020.

2. Пат.151498, МПК В41F17/08, В33Y 30/00, В29С 64/118. 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів / Дудукалов Ю.В., Глушкова Д.Б., Багров В.А., Сорокін В.Ф., Степанюк А.І., Тернюк М.Е.; заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. – №202107787; заявл. 30.12.21; опубл. 03.08.22, Бюл. №31.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Самонавчальний пристрій для комбінованого друку об'єктів, що містить робочий стіл, на якому розташовується виріб під час друку; локальний пристрій електромагнітного впливу, виконаний в одному блоці з друкарською головою; імпульсний високочастотний блок живлення; маніпулятор із захоплювачем і магазин додаткових елементів, який відрізняється тим, що пристрій забезпечений системою просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, спеціальним тепловізором, пристроями локального підігріву або охолодження виробу, а також блоком управління з обчислювачем з вхідним і вихідним блоками та блоком відображення і пам'яті, які з'єднані з виходами системи просторових датчиків вимірювання координат і переміщень поверхонь виробу, а також тепловізора, через блок управління, вхідні та вихідні блоки обчислювача, блок відображення і пам'яті з вхідними блоками регулятора локального пристрою електромагнітного впливу і пристроями локального підігріву або охолодження виробу.

