



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151499** (13) **U**

(51) МПК (2022.01)

B41F 17/08 (2006.01)

B29C 64/118 (2017.01)

B33Y 30/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2021 07788**

(22) Дата подання заявки: **30.12.2021**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **04.08.2022**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **03.08.2022, Бюл.№ 31**

(72) Винахідник(и):

**Дудукалов Юрій Володимирович (UA),
Глушкова Діана Борисівна (UA),
Багров Валерій Анатолійович (UA),
Сорокін Володимир Федорович (UA),
Степанюк Андрій Іванович (UA),
Тернюк Микола Емануїлович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ,**

**вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002
(UA)**

(54) СПОСІБ КОМБІНОВАНОГО ДРУКУ 3D-ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб комбінованого друку 3D-об'єктів, в якому для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівають в друкарській головці до напіврідкого стану і видавлюють у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, починаючи з першого шару на поверхні робочого столу, подальші переміщення виконуються в горизонтальних площинах відповідно до контурів і заповнення внутрішнього простору. Пошарове формування суміщується з модифікуванням розігрітого полімеру імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару. При цьому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400-500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0-4,5 Тл, а когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного високочастотного (250-400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0-4,0 Тл. Інтенсивність імпульсного високочастотного електромагнітного поля встановлюється в управляючій програмі залежно від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей полімерного матеріалу.

UA 151499 U

Корисна модель належить до машинобудівних галузей і може бути використана для виробництва різних деталей, а також використовуватись в будівництві, медицині, на транспорті, в учбовому процесі навчальних установ.

5 Суть технічних рішень полягає в пошаровому формуванні різними способами 3D-об'єктів із термопластичних матеріалів. Найбільша проблема, яка потребує вирішення, полягає в недостатній міцності з'єднань між шарами полімерного матеріалу.

Відомий спосіб створення 3D-об'єктів із матеріалів, що мають низьку адгезійну міцність, в якому використовуються спеціальні адгезійні матеріали і надвисокочастотне (НВЧ) опромінення [1] (аналог).

10 В цьому способі спочатку в друкарській головці розігрівають до потрібної температури полімерний матеріал за допомогою нагрівального елемента, наносять перший шар розплавленого основного полімерного матеріалу з першої печатної головки на платформу. Розігрівають до потрібної температури адгезійний матеріал за допомогою нагрівального елемента в другій друкарській головці, наносять другий шар адгезійного матеріалу з цієї головки. Як завершальний етап циклу - на нанесений адгезійний матеріал впливають НВЧ-опроміненням. Далі цикли повторюються: нанесення по чергове шарів розплавленого основного полімерного і адгезійного матеріалів, включається дія НВЧ-опромінення. Це триває до досягнення потрібної товщини шарів покриття.

20 До основних недоліків цього способу слід віднести: необхідність застосовувати спеціальний адгезійний матеріал; необґрунтоване ускладнення обладнання для реалізації способу, виникає необхідність мати другу друкарську головку; зниження продуктивності друку за послідовним виконанням переходів нанесення адгезійного матеріалу і НВЧ-опромінення.

Відомий вибраний як найближчий аналог спосіб формування виробів шляхом тривимірного пошарового друку з впливом НВЧ електромагнітного поля та ультразвуку [2].

25 Для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівають в друкарській головці до напіврідкого стану і видавлюють у виді нитки через сопло з отвором малого діаметра на поверхню робочого столу (для першого шару) або на попередній шар, а головку переміщують в горизонтальній площині відповідно до заданого контуру шару і щільності заповнення внутрішнього простору, також одночасно формують підтримуючі структури. Після цього виконують відносно вертикальне переміщення столу і друкарської головки на товщину шару. Процес повторюється до повної готовності виробу. Після завершення формування виробу його поміщають разом з структурами підтримки НВЧ електромагнітне поле. Готовий виріб підлягає впливу НВЧ електромагнітного поля в технологічній камері при питомій потужності не більше $17-18 \text{ Вт/см}^3$ з частотою, що забезпечує проникнення на всю товщину з одночасним впливом ультразвуку, частота якого встановлюється залежно від товщини виробу. Хвилепровід ультразвукового випромінювача знаходиться з протилежної сторони вводу НВЧ енергії.

35 Однак даний спосіб не забезпечує широкі технологічні можливості, не дає змоги використовувати полімерні композиційні матеріали, передбачає зниження продуктивності праці обладнання.

40 Основними причинами, по яким в аналогах неможливо отримати технічний результат, що досягається запропонованою корисною моделлю, є зниження продуктивності праці обладнання для забезпечення міцності з'єднань між шарами полімерного матеріалу, відсутність можливостей для застосування додаткових композиційних матеріалів (армування, використання вставок) і суміщення технологічних переходів.

45 В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу комбінованого друку 3D-об'єктів, а саме підвищення продуктивності 3D-друку, забезпечення адгезійної міцності з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу і когезійної міцності між подальшими шарами полімерного матеріалу, розширення технологічних можливостей застосуванням додаткових композиційних матеріалів.

50 Поставлена задача вирішується тим, що у способі комбінованого друку 3D-об'єктів, в якому для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівають в друкарській головці до напіврідкого стану і видавлюють у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, починаючи з першого шару на поверхні робочого столу, подальші переміщення виконуються в горизонтальних площинах відповідно до контурів і заповнення внутрішнього простору, згідно з корисною моделлю, пошарове формування суміщується з модифікуванням розігрітого полімеру імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару, причому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400-500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0-4,5 Тл, а когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного

високочастотного (250-400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0-4,0 Тл, інтенсивність імпульсного високочастотного електромагнітного поля встановлюється в управляючій програмі залежно від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей полімерного матеріалу.

При цьому до циклу програмованих переміщень включено рухи транспортного маніпулятора, який виконує укладку в конструктивні "кармани" елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів, а подальшими шарами виконується "зарощування" цих елементів з відповідним модифікуванням полімерного матеріалу.

Отже розширення технологічних можливостей способу, здійснюють шляхом модифікування полімерних матеріалів імпульсним високочастотним електромагнітним полем, включення до циклу реалізацій способу виконавчих роботизованих рухів, забезпечення комп'ютерного управління всіма складовими способу комбінованого друку по єдиній програмній розробці.

Адгезійна міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу, когезійна міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу забезпечується шляхом суміщення процесу екструдуювання розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в екструдері і в зоні укладки шару. Завдяки суміщенню не витрачається час на окремий технологічний перехід для підвищення міцності виробу. При цьому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400-500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0-4,5 Тл, когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного високочастотного (250-400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0-4,0 Тл. Слід зазначити, що інтенсивність імпульсного високочастотного електромагнітного поля встановлюється в управляючій програмі. Залежно від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей матеріалу режими імпульсного високочастотного електромагнітного поля змінюються.

Важливою складовою запропонованого способу є включення до циклу реалізацій програмованих роботизованих рухів окремого виконавчого органу. Він виконується у вигляді маніпулятора зі захватом. Завдяки цьому можливо додатково виконувати укладку в підготовлені конструктивні "кармани", наприклад, елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів та інше. Наступними проходами виконується "зарощування" цих елементів з відповідним модифікуванням полімерного матеріалу. Завдяки цьому розширюються технологічні можливості способу, підвищується продуктивність виготовлення виробу.

За наявними у заявника відомостями, сукупність суттєвих ознак, що характеризують суть корисної моделі, що заявляється, не відома з рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про відповідність корисної моделі критерію "новизна".

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

Таким чином, спосіб комбінованого друку 3D-об'єктів з підвищеною продуктивністю 3D-друку, із забезпеченням необхідних значень адгезійної міцності з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу, когезійної міцності між подальшими шарами полімерного матеріалу, з розширеними технологічними можливостями застосування додаткових композиційних матеріалів, що заявляється, є технічним рішенням, що відповідає всім умовам патентоспроможності корисної моделі.

Джерела інформації:

1. Пат. RU 2 751 442, РФ, МПК В41F 17/08 (2006.01), В33У 30/00 (2015.01) СПК В41F 17/08 (2021.05) Способ создания 3D-объекта из материалов, имеющих низкую адгезионную прочность между собой, и устройство для его реализации / Кашапов Н.Ф., Кашапов Р.Н., Фарахов Р.Р.; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет (ФГАОУ ВО КФУ); заявка: 2020142907, 24.12.2020, дата начала отсчета срока действия патента: 24.12.2020; Опубликовано: 13.07.2021 Бюл. № 20.

2. Пат. RU 2 676 989, РФ, МПК В29С 64/118 (2017.01), В29С 64/30 (2017.01), В33У 10/00 (2015.01) СПК В29С 64/118 (2018.08), В29С 64/30 (2018.08), В33У 10/00 (2018.08) Способ формирования изделий путем трехмерной послойной печати с воздействием СВЧ электромагнитного поля и ультразвука / Злобина И.В., Бекренев Н.В.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (СГТУ имени Гагарина);

заявка: 2017142071, 1.12.2017, дата начала отсчета срока действия патента: 01.12.2017;
Опубликовано: 14.01.2019 Бюл. № 2.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

10

15

20

25

1. Спосіб комбінованого друку 3D-об'єктів, в якому для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівають в друкарській головці до напіврідкого стану і видавлюють у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, починаючи з першого шару на поверхні робочого столу, подальші переміщення виконуються в горизонтальних площинах відповідно до контурів і заповнення внутрішнього простору, який **відрізняється** тим, що пошарове формування суміщується з модифікуванням розігрітого полімеру імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару, причому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400-500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0-4,5 Тл, а когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного високочастотного (250-400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0-4,0 Тл, інтенсивність імпульсного високочастотного електромагнітного поля встановлюється в управляючій програмі залежно від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей полімерного матеріалу.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що до циклу програмованих переміщень включено рухи транспортного маніпулятора, який виконує укладку в конструктивні "кармани" елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів, а подальшими шарами виконується "зарощування" цих елементів з відповідним модифікуванням полімерного матеріалу.