



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154817** (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

(21) Номер заявки: u 2023 02614	(72) Винахідник(и): Дудукалов Юрій Володимирович (UA), Глушкова Діана Борисівна (UA), Сорокін Володимир Федорович (UA), Демченко Сергій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 30.05.2023	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 21.12.2023	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 20.12.2023, Бюл.№ 51	

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

(57) Реферат:

Спосіб бездефектного комбінованого друку 3D-об'єктів, в якому для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівають в друкарській голівці до напіврідкого стану і видавлюють у вигляді нитки через сопло, починаючи з першого шару на поверхні робочого столу, пошарове формування суміщають з модифікуванням розігрітого полімеру імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській голівці і в зоні укладки шару, причому для забезпечення адгезійної і когезійної міцності використовують імпульсний високочастотний електромагнітний вплив, при цьому модифікування імпульсним високочастотним електромагнітним полем виконують в умовах температурної стабілізації процесу 3D-друку, яку забезпечують за даними системи контролю температурних полів і теплових деформацій дією локального підігріву або охолодження виробу з відповідним вибором амплітудного значення магнітної індукції в діапазоні (2,0-6,5 Тл) і частоти (100-1000 КГц) залежно від характеристик об'єкта і властивостей полімерного матеріалу.

UA 154817 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 розробці бездефектних способів пошарового формування тривимірних [3D]-об'єктів із термопластичних матеріалів та їх композицій. Найбільша проблема, яка потребує вирішення, полягає в розширенні технологічних можливостей способів, підвищенні їх продуктивності і забезпеченні якості формування виробів, особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями.

10 Відомий спосіб для бездефектного створення 3D-об'єктів з рельєфними поверхнями, в якому використовується формування виробу через екструзійні отвори різної величини [1] (аналог).

15 В цьому способі термопластичні матеріали розігрівають до потрібної температури за допомогою нагрівального елемента. Подача матеріалу для формування виробу може відбуватися через один з отворів в матриці екструзійної друкарської головки, або через одну з вибраних екструзійних друкарських головок. Отвори мають різні розміри, починаючи з найменшого з покрововим зростанням до найбільшого діаметру сопла. Кожен отвір укомплектований клапанним затвором з електромеханічним приводом. Подача термопластичного матеріалу здійснюється через той отвір, доцільність використання якого обумовлена умовами друку. Для високопродуктивного процесу використовують отвори сопел 20 максимально можливого діаметру, а для формування деталізованих рельєфів подача матеріалу виконується через отвори мінімального діаметра.

25 До основних недоліків цього 3D-принтера слід віднести: виникнення дефектів при заміні 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.

Як найближчий аналог вибрано спосіб комбінованого формування виробів шляхом трьохвимірного пошарового друку з впливом електромагнітного поля [2].

30 В цьому способі адгезійна міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу, когезійна міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу забезпечується шляхом суміщення процесу екструзування 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 окремих технологічних перехід для підвищення міцності виробу. Причому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400-500 КГц) 35 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. В залежності від геометричних характеристик виробу і фізичних властивостей матеріалу режими імпульсного високочастотного електромагнітного поля змінюються.

45 Важливою складовою запропонованого способу є включення до циклу реалізацій програмованих роботизованих рухів окремого виконавчого органу у вигляді маніпулятора із хватом. 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 50 технологічні можливості способу, підвищується продуктивність виготовлення виробу.

Однак даний спосіб не забезпечує реалізації технологічних можливостей, не відслідковується і не стабілізується робочий температурний режим формування виробів. Це створює умови для виникнення дефектів у виробках, особливо зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями. Виникають зони локального перегріву або переохолодження, порушуються умови формування міцних адгезійних і когезійних сполучень між шарами, не витримується задана загальна складна геометрична форма об'єкту, виникають дефекти (розтікання шарів, розплавлення дрібних деталей зображень, теплові і пружні деформації, волосіння поверхонь і таке інше).

60 Основна причина, по якій в аналогах неможливо отримати технічний результат, що досягається запропонованою корисною моделлю, є відсутність в них умов для забезпечення

бездефектного способу друку 3D-об'єктів за рахунок термостабілізації або відповідної зміни режимів процесу для формування міцності з'єднань між шарами полімерного матеріалу, для усунення можливості виникнення різноманітних дефектів, підвищення продуктивності технологічної операції.

5 Технічною задачею корисної моделі є вдосконалення способу комбінованого друку 3D-об'єктів, а саме для реалізації високої продуктивності і бездефектності модифікування полімерних матеріалів імпульсним високочастотним електромагнітним полем виконується в умовах температурної стабілізації 3D-друку, відсутності локальних перегрівів і переохолоджень процесу з вибором режимів з розширених діапазонів по базам знань, що оновлюються.

10 Спосіб бездефектного комбінованого друку 3D-об'єктів здійснюють таким чином.

Пошарове формування виробу відбувається на робочому столі 3D-принтера під час руху друкарської головки по заданим траєкторіям з встановленими параметрами руху і екструзії розігрітого полімерного матеріалу. Локальні пристрої електромагнітного впливу від джерела, 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 екструдуювання розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару.

20 Для забезпечення умов бездефектності виробів (відсутність розшарування, деформування із-за перегріву, втрати міцності зчеплення шарів, суцільності та однорідності полімерного матеріалу, з якісним зарощуванням "карманів" та інші), особливо для об'єктів зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями, застосовують комбінований друк об'єктів, в якому відслідковують за допомогою системи просторових датчиків координати поверхонь, точність поверхонь виробу, а за допомогою спеціального тепловізора контролюють фактичний розподіл температурних полів. За допомогою Пристроїв локального підігріву або охолодження виробу у разі необхідності виконують корекцію температурних полів, для чого виключають зони перегріву, переохолодження та інші умови виникнення дефектів.

30 Управління самонавчальним 3D-принтером для комбінованого друку об'єктів здійснюється за управляючою програмою від блока управління з обчислювачем, а необхідне супроводження забезпечує блок відображення інформації і зовнішньої пам'яті.

35 Система просторових датчиків координат поверхонь виробу відслідковує послідовну зміну впродовж друку. Вимірюються (скануються) координати окремих точок, особливостей рельєфу або геометричні параметри виробу в цілому. Отримані сигнали надходять для перетворення і обробки інформації в блок управління з обчислювачем, який з'єднаний із блоком відображення інформації і зовнішньої пам'яті. В блоці управління з обчислювачем проводиться обробка і класифікаційний аналіз інформації по стану виробу і порівняння результатів вимірювання з еталонними (номінальними) та граничними значеннями цих величин, які накопичені в пам'яті блока, і потім відображаються засобами представлення інформації в цьому блоці. Якщо значення сигналів, отриманих від датчиків, будуть відрізнятися від номінальних і перевищувати граничні, то блок управління з обчислювачем виконує обробку інформації і пропонує схему застосування пристроїв локального підігріву або охолодження виробу.

45 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.

50 Вибір режимних параметрів в управляючій програмі по руху друкарської головки, по локалізації, інтенсивності та тривалості електромагнітного і теплового впливу встановлюються за результатами контролю якості виробів і підготовлених баз знань. Оцінка якості 3D-друку виробу виконується із застосуванням вимірювальних засобів і методів неруйнівного контролю.

Вказаним досягається мета корисної моделі.

Корисна модель, що заявляється, може бути неодноразово здійснена в машинобудуванні з використанням відомих засобів, та з одержанням очікуваного технічного результату.

55 Загалом, спосіб бездефектного комбінованого друку 3D-об'єктів має високу продуктивність роботи і забезпечує умови бездефектного формування виробів, в тому числі зі складними геометричними формами і рельєфними поверхнями. Виконується комбінований друк об'єктів, в якому адгезійна і когезійна міцність забезпечується модифікацією полімерного матеріалу під дією імпульсного високочастотного електромагнітного поля, а термостабілізація умов друку відслідковується 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, переохолодження та інші можливі умови виникнення дефектів.

Джерела інформації:

5 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
10 2017/0157844 A1 Jun 8, 2017; Date of Patent: Apr. 21, 2020.

2. Пат. 151499, МПК В41F 17/08, В33Y 30/00, В29С 64/118. Спосіб комбінованого друку 3D-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 - № 202107788; заявл. 30.12.21; опубл. 03.08.22, Бюл. № 31.
15

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

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, починаючи з першого шару на поверхні робочого столу, пошарове формування суміщають з модифікуванням розігрітого полімеру імпульсним височастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару, причому для забезпечення адгезійної і когезійної міцності використовують імпульсний височастотний електромагнітний вплив, який **відрізняється** тим, що модифікування імпульсним височастотним електромагнітним полем виконують в умовах температурної стабілізації процесу 3D-друку, яку забезпечують за даними системи контролю температурних полів і теплових деформацій дією локального підігріву або охолодження виробу з відповідним вибором амплітудного значення магнітної індукції в діапазоні 2,0-6,5 Тл і частоти 100-1000 КГц залежно від характеристик об'єкта і властивостей полімерного матеріалу.
20
25
30