



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117777** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
G06F 17/50 (2006.01)
G06F 19/00
B29C 35/08 (2006.01)
H01J 37/30 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2017 00138</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.01.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2017, Бюл.№ 13</p>	<p>(72) Винахідник(и): Доброскок Володимир Ленінмирович (UA), Гарашенко Ярослав Миколайович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) СПОСІБ ПОШАРОВОЇ ПОБУДОВИ ВИРОБІВ НА БАЗІ ТРІАНГУЛЯЦІЙНОЇ 3D МОДЕЛІ ЗА БАГАТОПРОХІДНОЮ СТРАТЕГІЄЮ ОБРОБКИ ЛАЗЕРНИМ ПРОМІННЯМ

(57) Реферат:

Спосіб пошарової побудови виробів на базі тріангуляційної 3D моделі за багатопрохідною стратегією обробки лазерним промінням включає періодичне опускання столу на величину кроку побудови і подальше формування шарів. При формуванні кожного наступного шару матеріалу одиничні треки розбивають на парну кількість груп з почерговим розміщенням треків за групами. Послідовність проходження лазерного проміння одиничних треків визначають випадковим чином для кожної групи окремо: спочатку для непарних груп, потім парних для симетричного формування матеріалу, коли сусідні ділянки для поточної траєкторії руху мають однаковий стан первинного або сформованого матеріалу.

UA 117777 U

Корисна модель належить до формоутворення, зокрема до пошарової побудови виробів на базі триангуляційної 3D моделі, та може використовуватися в машинобудуванні.

Відомі способи побудови виробів пошаровими методами, при яких вироби виготовляються шляхом послідовного нероз'ємного з'єднання елементарних шарів матеріалу (полімеру, кераміки, металу) з використанням лазерного джерела тепла [1, 2]. Пошарові методи реалізують прямий перехід від віртуальної CAD моделі до готового виробу. CAD модель виробу розсікається серією досить тонких шарів з отриманням набору 2D ескізів в січних площинах. Товщина шару обмежується технологічними можливостями застосовуваної установки. Фізико-механічні властивості виробів, отриманих пошаровою побудовою, залежать від ряду технологічних параметрів, але в основному визначаються станом первісного матеріалу, потужністю лазерного джерела, розмірами і швидкістю переміщення плями лазерного проміння, товщиною шарів та стратегією обробки лазерним промінням шарів матеріалу. Вибір стратегії обробки лазерним промінням безпосередньо впливає на внутрішні напруги, залишкові деформації і характеристики міцності виробу.

Вплив стратегії обробки лазерним промінням і розташування моделі на робочій платформі установки на фізико-механічні властивості і залишкові деформації виробів, що виготовляють пошаровою побудовою, вивчався у достатній кількості дослідницьких робіт [3-7].

У способі пошарової побудови виробів [8] стратегія обробки істотно відрізняється від відомих способів. Багатопрхідна стратегія обробки, у якій перший прохід виконується з кроком між одиничними треками несуттєво більшим відносно діаметра плями лазерного проміння. Другий прохід лазерним промінням для взаємного скріплення спочатку сформованого шару здійснюється під заданим кутом в цьому або в наступному шарі матеріалу. Такий підхід виключає взаємний вплив робочих ділянок на процес формоутворення і більш рівномірний розподіл тепла по шару матеріалу. Додатково виконується обробка контурів зон обробки.

Найближчим до заявленої корисної моделі є спосіб пошарової побудови виробів з розширеними можливостями налаштування стратегії обробки [9]. У способі [9] траєкторія руху лазерного проміння задається багатопрхідною стратегією обробки, в якій крок між одиничними треками визначається безпечною відстанню. Мінімальна безпечна відстань кратна кроку між одиничними треками і вибирається, виходячи із швидкості обробки, потужності лазерного проміння і необхідного часу для забезпечення більш рівномірного розподілу тепла в шарі матеріалу та виключення ефекту "підсумовування тепла" від найближчих треків. Подальше проходження одиничних треків виконується послідовно, покриваючи всю решту зони обробки та дотримуючись мінімальної безпечної відстані між останніми треками. Недолік способу в несиметричних умовах формування матеріалу - це коли з одного боку від поточного треку - сформований, а з іншого - первісний матеріали. Такі умови, незважаючи на забезпечення мінімального градієнта температур у шарі матеріалу, також є джерелом для виникнення залишкового напруження.

Недоліком найближчого способу [9] є наявність внутрішніх напружень і нерівномірних залишкових деформацій виробу.

Задача корисної моделі - розширення можливостей способу пошарової побудови виробів без обмежень на їх складність, зменшення внутрішніх напружень і залишкових деформацій виробу.

Технічний результат досягається тим, що при здійсненні способу пошарової побудови виробів на базі триангуляційної 3D моделі за багатопрхідною стратегією обробки лазерним промінням, що включає періодичне опускання столу на величину кроку побудови і подальше формування шарів, формування кожного наступного шару матеріалу одиничні треки розбиваються на парну кількість груп з почерговим розміщенням треків за групами, послідовність проходження лазерного проміння одиничних треків визначається випадковим чином для кожної групи окремо: спочатку для непарних груп, потім парних для симетричного формування матеріалу, коли сусідні ділянки для поточної траєкторії руху мають однаковий стан первинного або сформованого матеріалу.

Відмітна ознака пропонованого рішення, що описує послідовність обробки одиничних треків представляється раніше невідомим технологічним прийомом. Такий прийом дозволяє складним виробам, що виготовляють способом пошарової побудови, мінімізувати внутрішні напруження в матеріалі готового виробу.

На Фіг. 1 представлено приклад послідовності обходу одиничних треків рознесених на дві групи.

На Фіг. 2 приклад послідовності обходу одиничних треків рознесених на дві групи з протилежним напрямком руху лазерного проміння.

Одним із факторів, що визначає внутрішні напруги у виробках, отриманих пошаровою побудовою, є нерівномірність температурного поля, що виникає в процесі формування шару матеріалу. Для зниження ролі даного фактору пропонується стратегія обробки лазерним промінням, що відноситься до багатопрохідних стратегій [7] (Фіг. 2, 3). Запропонована

5 послідовність дій за багатопрохідною стратегією формування шару матеріалу включає:

1. Визначення вектора напрямку обробки одиничних треків лазерним промінням.

2. Створення набору послідовно розташованих одиничних треків на основі однопрохідної стратегії [7].

3. Визначення кількості одиничних треків N_i . Послідовна їх нумерація. Розбивка на дві (4-й, 6-й, 8-й і т. д.) групи треків, що чергуються (як показано на Фіг. 2). Для двох груп — парні (кількість треків - $N_{t(m)} = N_i/2$) та непарні ($N_{t(k)} = N_i - N_{t(m)}$).

4. Для кожної непарної групи треків окремо виконується обробка лазерним промінням та послідовність треків задається випадковим чином з використанням методу "Монте-Карло" при наступних умовах:

15 $n_{i(m)} \notin \{n_{0(m)}, n_{i-2(m)}, n_{i-1(m)}\};$

$n_{i(m)} \leq N_{vч(m)},$

де $n_{i(m)}$ - номер i -го треку непарної m -групи.

5. Виконується 4-а дія для кожної парної групи треків окремо при наступних умовах:

20 $n_{i(k)} \notin \{n_{0(k)}, n_{i-2(k)}, n_{i-1(k)}\};$

$n_{i(k)} \leq N_{vч(k)},$

де $n_{i(k)}$ - номер i -го треку парної k -групи.

Розбиття на групи (3-я дія) дозволить створити симетричні умови формування матеріалу - коли сусідні ділянки для треку, що обробляють лазерним промінням, мають однаковий стан первісного або обробленого матеріалу.

25 Для більш рівномірного розподілу температурних полів слід задавати для суміжних треків протилежні напрями обробки лазерним промінням [3]. На Фіг. 3 представлено приклад, у якому виконується обробка треків за протилежними напрямками. Для кожної групи одиничних треків постійний напрямок руху. Для непарної групи - первісний, для парної - протилежний.

30 Використання запропонованого способу пошарової побудови забезпечить зменшення залишкових напружень. Спосіб дозволить виключити подальшу термічну операцію для зниження залишкових напружень і зменшити припуск під механічну обробку для усунення залишкових деформацій виробу.

Джерела інформації:

35 1. Пат. 4575330 США, Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography, Charles W. Hull (California, USA). - №06/638905; Заявл. 08.08.1984; Оубл. 11.03.1986, <https://www.google.com/patents/US4575330>.

2. Пат. 4863538 США, МПК В27N 3/00, В32В 31/00, В23К 9/00, В29С 67/00. Method and apparatus for producing parts by selective sintering / Carl R. Deckard;

40 Board of Regents, The University of Texas System. - № 920580; Заявл. 17.10.1986; Оубл. 05.09.1989, <https://www.google.com/patents/US4863538>.

3. Bo Cheng, Subin Shrestha, Kevin Chou, Stress and deformation evaluations of scanning strategy effect in selective laser melting. - Additive Manufacturing, Available online 21 May 2016, ISSN 2214-8604, <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2016.05.007>.

45 4. Guessasma S, Zhang W, Zhu J, Belhabib S & Nouri H. Challenges of additive manufacturing technologies from an optimisation perspective. Int. J. Simul. Multisci. Des. Optim., 2015, 6, A9. WEB: http://www.ijsmdo.org/articles/smdo/full_html/2015/01/smdo_150009/smdo_150009.html.

50 5. L. Parry, I.A. Ashcroft, R.D. Wildman, Understanding the effect of laser scan strategy on residual stress in selective laser melting through thermo-mechanical simulation, Additive Manufacturing, Volume 12, Part A, October 2016, Pages 1-15, ISSN 2214-8604, <http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2016.05.014>.

6. David Ian Wimpenny, Pulak M. Pandey, L. Jyothish Kumar. Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies. Springer Science+Business Media Singapore, 2016. 195 p. ISBN: 978-981-10-0811-5.

55 7. Волосова М.А., Окунькова А.А. Пути оптимизации процесса селективного лазерного плавления при помощи выбора стратегии обработки лазерным лучом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 14, №4(2), 2012.-С. 587-591.

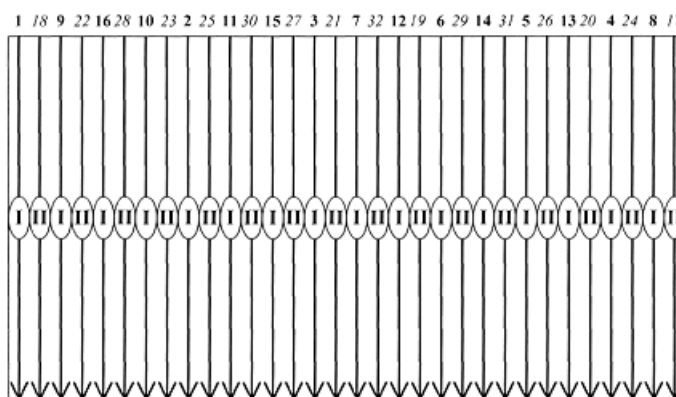
8. Пат. EP 1419836, МПК В29С 67/00, В22F 3/16, В22F 3/105, В23К 26/34 / Frank Herzog. Process for preparing a workpiece, particularly through powder stereolithography or sintering - №

EP20020024817; Заяв. 07.11.2002; Опубл. 19.05.2004,
<https://www.google.com.ua/patents/EP1419836A1>.

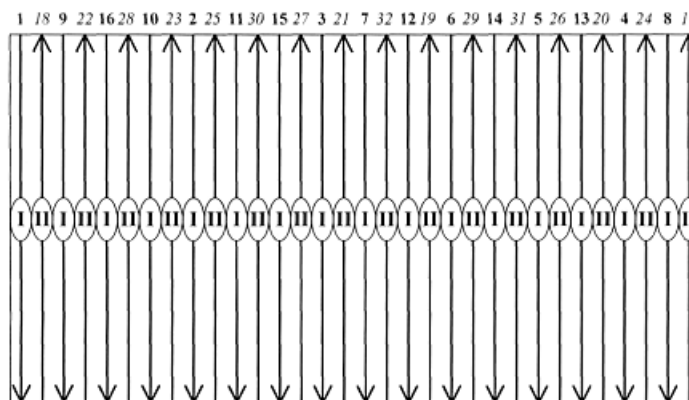
9. Пат. 8187521 США, МПК H01J 37/30 / Morgan Larsson, Vastra Frolunda (SE); Anders Snis, Uddevalla (SE). Method and device for producing three-dimensional objects № 12/309849; Заяв. 27.07.2006; Опубл. 29.05.2012, <https://www.google.com.ua/patents/US8187521>.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10 Спосіб пошарової побудови виробів на базі триангуляційної 3D моделі за багатопрохідною стратегією обробки лазерним промінням, що включає періодичне опускання столу на величину кроку побудови і подальше формування шарів, який **відрізняється** тим, що при формуванні кожного наступного шару матеріалу одиничні треки розбивають на парну кількість груп з почерговим розміщенням треків за групами, послідовність проходження лазерного проміння
 15 непарних груп, потім парних для симетричного формування матеріалу, коли сусідні ділянки для поточної траєкторії руху мають однаковий стан первинного або сформованого матеріалу.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601