

УДК 652. 621.76;621.79

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПІДТРИМОК ОСНОВНОГО ТІЛА, ВИГОТОВЛЕНОГО ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕННЯ

Аджамський С.В.^{1,2} PhD., Кононенко Г.А.^{2,3} д.т.н., ст. досл.,
Подольський Р.В.^{2,3}

¹Інститут транспортних систем і технологій НАН України

²ТОВ «Адитивні лазерні технології України»

³Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України

Анотація. Процес виготовлення за технологією селективного лазерного плавлення починається з нанесення шару металевих порошків, необхідного для друку одного шару, на металеву підкладку. Для забезпечення точності побудови елементів виробів з певними геометричними особливостями, необхідним є застосування підтримок. Мета роботи: дослідження впливу режимів друку підтримок різних типів (сітка, конус, деревоподібні) при товщині шару 50 мкм при різній потужності та швидкості пересування лазера на їх якість. Виходячи з отриманих результатів, рекомендується використовувати комплекс підтримок конуси та сітки.

Ключові слова: 3D-друк; підтримки сітка, конус, деревоподібні; потужність лазера, швидкість пересування лазера.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SUPPORT PARAMETERS OF THE MAIN BODY MANUFACTURED USING SELECTIVE LASER MELTING TECHNOLOGY

Adjamskiy S.V.^{1,2} PhD., Kononenko G.A.^{2,3} Doct. Tech., Sen. Research.,
Podolskiy R.V.^{2,3}

¹Institute of Transport Systems and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine

²LLC "Additive laser technologies of Ukraine"

³Iron and Steel Institute of Z.I.Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine

Abstract. The manufacturing process using selective laser melting technology begins with the application of a layer of metal powder, necessary for printing one layer, on a metal substrate. To ensure the accuracy of the construction of product elements with certain geometric features, it is necessary to use supports. The purpose of the work: to study the influence of printing modes of supports of different types (grid, cone, tree-shaped) with a layer thickness of 50 μm at different power and speed of laser movement on their quality. Based on the obtained results, it is recommended to use a complex of supports of cones and grids.

Key words: 3D printing; support grid, cone, tree-like; laser power, laser movement speed.

Вступ

Сучасний метод адитивного виробництва, званий селективне лазерне плавлення (SLM), дозволяє виготовляти 3D-вироби пошарово [1-3]. Підготовка до друку починається з 3D- моделювання об'єкта, побудованого в САД системі в форматі *.STL, в результаті отримуємо модель, розбиту на воксельну структуру [2] з певним набором параметрів, придатних для друку. При цифровій обробці, модель розділяється на шари товщиною від 20 до 100 мікрон і формуються вектори руху лазерного променя.

Процес виготовлення починається з нанесення шару металевого порошку, необхідного для друку одного шару, на металеву підкладку, яка кріпиться до опорної конструкції і переміщується у вертикальному напрямку по осі Z. Процес друку відбувається всередині камери з інертним газом (зазвичай використовується аргон або азот), в якій підтримується строго контрольована атмосфера. Це дає можливість друку також порошком алюмінієвих і титанових сплавів, тому що кисень в камеру не проникає, що дозволяє уникнути окислення використовуваного матеріалу [3-6]. Кожен 2D-шар об'єкта сплавляється разом, копіюючи форму цифрового STL-креслення. Металевий порошок розплавляється при впливі лазерного променя, що направляється уздовж осей X і Y двома поверхнями, що відбивають промінь з високою швидкістю. Потужність лазерного випромінювача зазвичай знаходиться в діапазоні 200-1000 Вт.

За допомогою процесу SLM можуть бути отримані зразки зі складною геометрією, які неможливо або складно виготовити іншими традиційними способами виробництва [7-9].

Мета роботи: дослідження режимів друку підтримок різних типів (сітка, конус, деревоподібні) при товщині шару 50 мкм при різній потужності та швидкості пересування променя лазера. Були задані параметри друку (швидкість променя (м/сек), потужність лазера (Вт) та відстань між проходами променя лазера (мм) та щільність питомої енергії) [2, 3]. Значення змінних параметрів подано на схемі рис. 1.

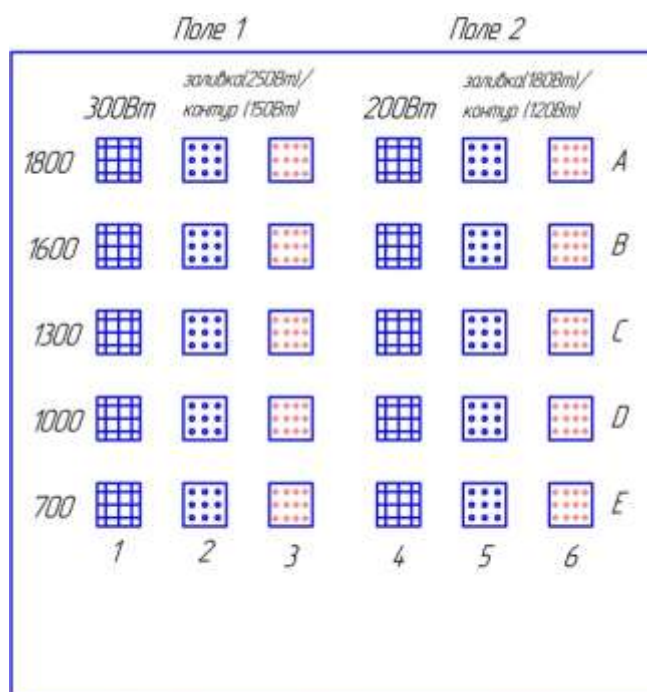


Рис. 1. Схема змінних параметрів: стовпчики 1, 4 – сітка, 2,5 конус, 3,6 деревоподібні (рядки А- Е, швидкість сканування 1800...700 мм/с відповідно)

Дослідні зразки (рис. 2) аналізували з застосуванням візуально-оптичного контролю (далі ВОК).

Результати досліджень

При ВОК всіх досліджуваних зразків підтримок було зазначено, що підтримки, які у координаті по осі Е (поле 2), зокрема деревоподібні і конусні, мають характерний «рудий» колір, що підтверджує перегрів у області окантовки цих елементів.

При візуальному огляді та порівнянні підтримок типу «сітка» поля 1 і поля 2 є значні відмінності. Поле 1: підтримки «сітка» мають, невеликі напливи на гранях за рахунок впливу променя лазера і надмірного переплаву порошкового шару. Поле 2: підтримки мають тонкі ко-

нтури без напливів у межах їхніх граней. На підставі даного спостереження, при побудові елементів/виробів/деталей/зразків на підтримках типу «сітка», рекомендується вносити параметр (поля 2). Також було зазначено, що контури підтримки типу «сітка» в області перетину горизонтально-вертикально мають ванни розплаву, які характеризуються металевим блиском і завдовжки трохи більше 0,2 мм від центру.



Рис. 2. Загальний вид досліджуваних зразків

Слід зазначити, що у всіх конусних підтримках (область контуру) є видима пористість. На області звуження спостерігається металевий блиск, що притаманно області розплавлення/проплавлення шару.

Висновки

1. Встановлено, що підтримки типу «сітка» (поле 1) мають незначні області перегріву, які призвели до невеликих напливів на гранях за рахунок впливу променя лазера і переплаву порошкового шару. Значних дефектів не виявлено. Слід зазначити зону перетину контурів у різних напрямках, у яких утворюється ванна розплаву з металевим блиском. Встановлено, що ванна розплаву на перетині менша, коли щільність питомої енергії прагне оптимуму (40 Дж/мм³).

2. Встановлено, що зразки, надруковані на конусних підтримках (поле 2, ряд 5), мають велику кількість областей із значною кількістю градієнта «рудого» – жовтого кольору, це пов'язано з великим перегріванням через малу поверхню контакту (тепловідведення). Слід зазначити, що у всіх конусних підтримках (область контуру) є видима пористість. На області звуження спостерігається металевий блиск, що притаманно області розплавлення/проплавлення шару.

3. Встановлено, що підтримки, що лежать у ряді 3 (поле 1) та 6 (поле 2) (деревоподібні), не дозволили зробити друк зразків через малу поверхню контакту підтримки та поверхню Down-skin.

4. Виходячи з отриманих результатів, рекомендується використовувати комплекс підтримок конуси та сітки. Параметри друку підтримки типу «сітка» через один шар. Параметри друку підтримки конус при щільності питомої енергії наближеної до оптимуму – 40 Дж/мм³.

Література

1. J.-P. Kruth, M.-C. Leu, and T. Nakagawa, "Progress in additive manufacturing and rapid prototyping," *CIRP Ann.-Manuf. Technol.*, vol. 47, no. 2, pp. 525–540, 1998
2. M.W. Mahoney. Superplastic Properties of Alloy 718. "Superalloy 718 Metallurgy and Applications", eds. E.A.Loria, TMS, 1989, 391-405
3. W. Shifeng, L. Shuai, W. Qingsong, C. Yan, Z. Sheng, and S. Yusheng, "Effect of molten pool boundaries on the mechanical properties of selective laser melting parts," *J. Mater. Process. Tech-nol.*, vol. 214, no. 11, pp. 2660–2667, Nov. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.06.002>
4. L.-E. Loh, C.-K. Chua, W.-Y. Yeong, J. Song, M. Mapar, S.-L. Sing, Z.-H. Liu, and D.-Q. Zhang, "Numerical investigation and an effective modelling on the Selective Laser Melting (SLM) process with aluminium alloy 6061," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 80, pp. 288–300, Jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.09.014>
5. Q. Jia and D. Gu, "Selective laser melting additive manufacturing of Inconel 718 superalloy parts: Densification, microstructure and properties," *J. Alloys Compd.*, vol. 585, pp. 713–721, Feb. 2014; <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.171>
6. Capabilities and Performances of the Selective Laser Melting process [Text] / S. L. Campanelli, N. Contuzzi, A. Angelastro et al. // *New trends in Technologies : Devices, Computer, Communication and Industrial Systems.* – 2010. – P. 233-252.
7. Williams, C. B. Towards the design of a layerbased additive manufacturing process for the realization of metal parts of designed mesostructured [Text] / C. B. Williams, F. Mistree, D. W. Rosen // *Proc. 16th Solid Free. Fabr. Symp.* 2005. – P. 217–230
8. J.-P. Kruth, G. Levy, F. Klocke, T.H.C. Childs, Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing // *CIRP Annals.*– 2007.– V. 56.– I. 2.– p. 730-759.
9. J. Sun, Y. Yang, D. Wang, Parametric optimization of selective laser melting for forming Ti6Al4V samples by Taguchi method // *Optics & Laser Technology.*– 2013.– V. 49.– p. 118–124.