

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ SLM-ПРОЦЕСУ НА ПОРИСТІСТЬ МЕТАЛОВИРОБІВ

С.В. Аджамський<sup>1,2</sup>, Г.А. Кононенко<sup>2,3</sup>, Р.В. Подольський<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, 49000, м. Дніпро, просп. Гагарина, 72. E-mail: pk\_dnu@i.ua

<sup>2</sup>LLC «Additive Laser Technology of Ukraine». 49000, м. Дніпро, вул. Рибинська, 144. E-mail: info@alt-print.com

<sup>3</sup>Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, 49000, м. Дніпро, пл. Академіка Стародубова, 1.

E-mail: office.isi@nas.gov.ua

<sup>4</sup>Національна металургійна академія України, 49000, м. Дніпро, просп. Гагарина, 4,

E-mail: kaf.tom@metal.nmetau.edu.ua

Селективне лазерне плавлення – один з сучасних методів виготовлення деталей та вузлів складної геометрії, які складно або неможливо відтворити в умовах традиційного виробництва. Проблема даного виробництва полягає в тому, що якість продукції залежить від безлічі факторів, які можна розділити на основні групи: обладнання, матеріал, процес, деталь, фінішна обробка. В роботі досліджували вплив питомої щільності енергії сканування жароміцного сплаву Inconel 718 на 3D-принтері українського виробництва Alfa-150 (ALT Ukraine). Показано вплив параметрів SLM-технології на якість кінцевої продукції та виконано аналіз впливу факторів технології на якість готової продукції. В результаті металографічних досліджень встановлено, що при відстані між проходами лазера, при якому розрахункове перекриття одиничного треку складає 25 %, створюються умови глибокого проплавлення, утворюються великі витягнуті пори в корені треку, що формуються при схлопуванні лунки (так звана замкова щілина). При розрахунковому перекритті одиничного треку 17 % утворюється невелика кількість дрібних округлих пор, при розрахунковому перекритті 0...8 % формується структура з мінімальною кількістю пор. При відстані між проходами лазера, що перевищує ширину одиничного треку при даному поєднанні потужності і швидкості сканування лазера, спостерігаються випадки неповного сплаву сусідніх треків, утворюються пори з гострими краями, які є концентраторами напружень – найбільш небезпечними з точки зору надійності виробу. Таким чином встановлено раціональне перекриття треків при вибіркового лазерного плавленні, яке становить від 0 до 8 % від ширини одиничного треку при конкретних параметрах процесу. Бібліогр. 21, табл. 2, рис. 5.

*Ключові слова:* селективне лазерне плавлення, технологічні фактори, система якості, Inconel 718, титома щільність енергії

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

Процес виготовлення починається з нанесення шару металевих порошків, необхідного для друку одного шару, на металеву підкладку, яка кріпиться до опорної конструкції і переміщається 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 використаного матеріалу. Кожен 2D-шар об'єкта спікається разом, копіюючи форму цифрового STL креслення. Металевий порошок роз-

плавляється 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 [3].

При реалізації SLM-технології металеві порошки в шарі швидко розплавляються [4] і тверднуть в ванні розплаву (швидкості охолодження від  $10^3$  до  $10^8$  K/c) з короткочасним нерівноважним переходом фаз і формується високодисперсна мікроструктура [5, 6]. Це призводить до деяких істотних відмінностей в механічних властивостях між виробами, виготовленими методами лиття, кування та SLM [7, 8]. Мікроструктура під час звичайного виробничого процесу, такого як лиття і деформація, має більші зерна з високою ліквідацією через низьку швидкість охолодження під час твердіння, значні дефекти усадочного походження через великий обсяг розплаву, що кристалізується. Крім того, в литих і деформованих сплавах управління мікроструктурою ускладнено, в той

Аджамський С.В. – <https://orsid.org/0000-0002-6095-8646>, Кононенко Г.А. – <https://orsid.org/0000-0001-7446-4105>,

Подольський Р.В. – <https://orsid.org/0000-0001-7446-4105>

© С.В. Аджамський Г.А. Кононенко, Р.В. Подольський, 2020

час як його легше контролювати в SLM-процесі шляхом зміни параметрів виготовлення [9].

Конфігурація ванни розплаву однієї доріжки являє собою дугу, така форма є наслідком розподілу енергії лазерного променя по Гаусу. Форму і перекриття ванн розплаву видно в мікроструктурі матеріалу, отриманого за допомогою селективного лазерного плавлення. Невеликі дендритні і комірчасті структури з розміром структурних елементів в кілька мікрометрів виявляються в межах кожного треку.

Однак поверхня цих зразків в порівнянні з процесами точного кування і механічного оброблення показує велику шорсткість поверхні (Ra) – близько 10...20 мкм. У деяких галузях, таких як медицина, високе значення Ra може демонструвати хороші біологічні властивості. Наприклад, імплантат Ti-6Al-4V, отриманий за допомогою процесу SLM з високим значенням Ra, може бути кращим для росту кістки. У зубному протезі зі сплаву Co-Cr, отриманому методом SLM з високим значенням Ra, може підвищуватися адгезія між металом і керамікою. У всьому світі значення Ra складають від 6 до 11 мкм і мають тенденцію до зменшення.

Таким чином, технологія SLM дозволяє забезпечувати високу якість виробів (точність і унікальність геометрії, високий комплекс механічних властивостей, висока щільність, однорідність мікроструктури і хімічного складу), і широкий спектр використовуваних матеріалів дозволяє їй знайти застосування в таких галузях як медична і стоматологічна, машинобудівна, автомобільна і аерокосмічна.

Необхідність системного підходу до управління якістю продукції впливає з різноманіття і взаємозв'язку зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на якість, з безперервності його формування та забезпечення. Якість виробів, виготовлених за допомогою SLM-технології залежить від багатьох факторів, які можна розділити на основні групи: обладнання, матеріал, процес, деталь, фінішна обробка (рис. 1).

На якість кінцевих виробів істотно впливають параметри самого процесу SLM. До основних з них відносяться потужність лазера, швидкість і траєкторія сканування лазерного променя [10–14], відстань між треками сканування, товщина шару порошкового матеріалу.

Якість виробу, включаючи кінцеву щільність металу і шорсткість поверхні, в першу чергу, залежить від характеристик ванни розплаву (форма і розмір), які в значній мірі управляються зміною питомої щільності енергії лазерного променя, що є по суті мірою енергії, що підводиться в процесі друку [15, 16]. Управління питомою щільністю енергії може бути досягнуто зміною відповідних параметрів, що контролюються. Потужність лазера  $P$  (Вт), швидкість сканування  $V$  (мм/с), відстань між треками (перекриття ванни розплаву)  $d$  (мм) і товщина шару  $t$  (мм) є найбільш важливими параметрами і пов'язані з питомою щільністю енергії лазера як:

$$E = P/(Vdt).$$

Раціональні режими процесу повинні стабільно забезпечувати позитивний результат. Рівень потужності та швидкості сканування променю лазера за певної товщини шару порошку для певного

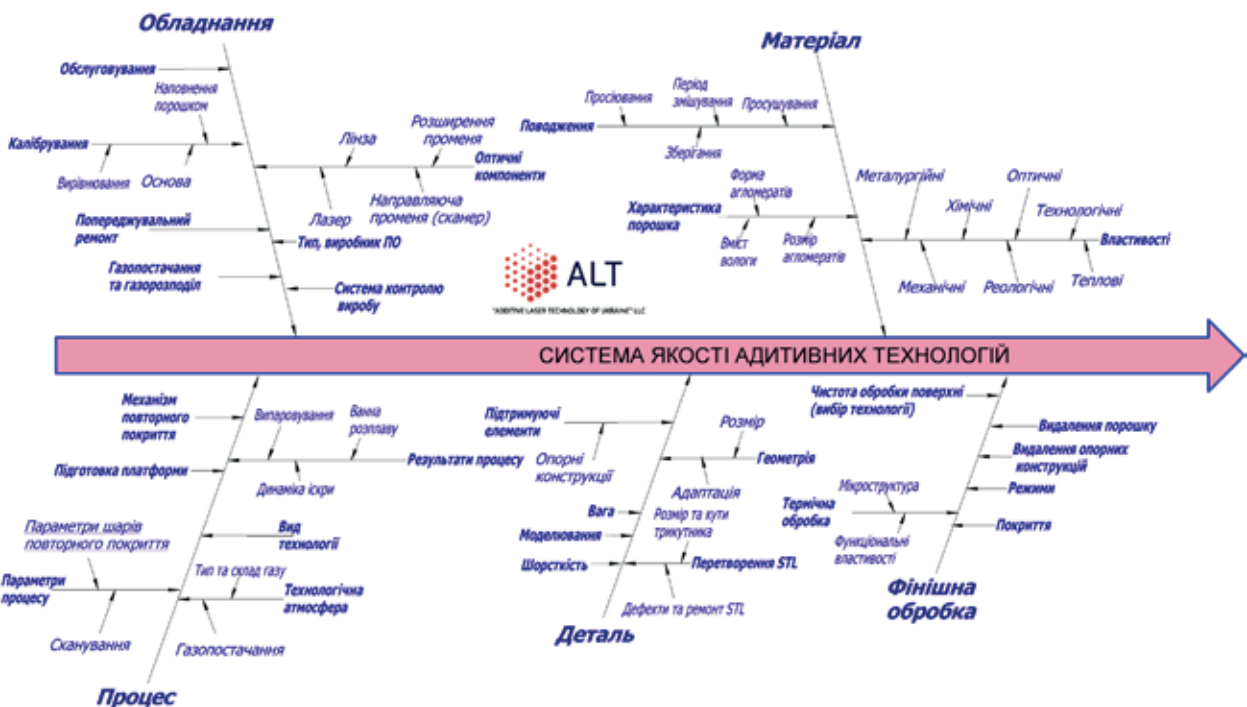


Рис. 1. Фактори, що впливають на якість металовиробу при селективному лазерному плавленні

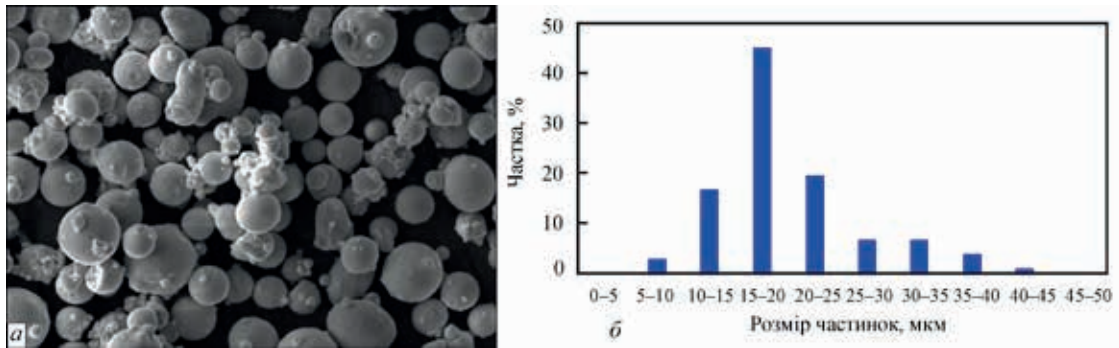


Рис. 2. Частинки вихідного матеріалу INCONEL 718 при збільшенні 500 (а) та результати гранулометричного аналізу (б)

Таблиця 1. Фактичний хімічний склад Inconel 718

Хімічний елемент	Ni	Cr	Mo	Nb	Mn	Co	Cu	Al	Ti	Si	C	Fe
Вміст, мас. %	52,5	19,5	3	5,1	0,2	0,7	0,6	0,8	0,2	0,2	0,08	Залишок

матеріалу та устаткування (рис. 1) мають забезпечувати формування стабільного треку.

Відстань між проходами лазера по суті регламентує величину перекриття сусідніх треків. Часто досліджують вплив відстані між проходами лазера, не враховуючи розмірів треків [17]. Такі результати мають вузьку сферу застосування, не мають загального характеру, оскільки в залежності від потужності та швидкості сканування променя лазера геометричні параметри ванни розплаву змінюються. Відомий підхід і при оцінюванні перекриття треків. Разом з тим не існує єдиної думки щодо раціональної величини перекриття сусідніх треків. Зазвичай науковці тримаються думки, що це значення знаходиться в діапазоні 30...50 % [18, 19]. Інші вважають, що відстань між проходами лазера має бути близькою до ширини треку для забезпечення мінімальної пористості [20].

Мета роботи: визначити раціональні режими SLM-процесу при використанні металевого порошку жароміцного сплаву Inconel 718 на устаткуванні «ALT-Україна» при товщині робочого шару 50 мкм.

**Матеріал та методика досліджень.** Матеріалом для виготовлення зразків був порошок сплаву Inconel 718 виробника H. C. Starck марки AMPERPRINT 0181.074 з розміром частинок 45 + 15 мкм.

Вихідний матеріал був досліджений за допомогою растрового електронного мікроскопа РЕМ-106 (рис. 2, а) для визначення форми і розмірів частинок. На рис. 2, б наведено результати аналізу.

Виготовлялися зразки розміром 10×10×5 мм з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 при товщині шару 50 мкм, фактичний хімічний склад готового виробу представлено в табл. 1. Контроль хімічного складу проводився за допомогою прецизійного аналізатору «EXPERT 4L». Вирощування зразків проводилося в середовищі аргону, на установці «ALFA-150» виробництва LLC «Additive

Laser Technology of Ukraine». В якості стратегії побудови твердого тіла використовувався зігзагоподібний (кінець попереднього поруч з початком наступного треку) процес друку з обертом на 67° наступного шару відносно попереднього (рис. 3). Дослідження мікроструктури проводилося за допомогою оптичного мікроскопа AXIOVERT 200M MAT. Металографічні дослідження мікроструктури металу виконувалися після травлення  $CuSO_4 + HCl$  в площині, паралельній напрямку вирощування зразка (X-Z).

В процесі виготовлення зразка змінювали параметри процесу перекриття треків між границями ванн розплаву, отриманому за допомогою процесу SLM.

При розрахунку використовувалась програма Microsoft Office модуль Excel.

**Результати досліджень.** На прикладі жароміцного сплаву Inconel 718 були проведені дослідження впливу потужності і швидкості друку на геометричні розміри ванни розплаву одиничного треку [21].

За результатами експерименту було встановлено режими, що забезпечують формування ванни розплаву оптимальної геометрії: глибина зони плавлення повинна перевищувати товщину шару приблизно в півтора–два рази, співвідношення

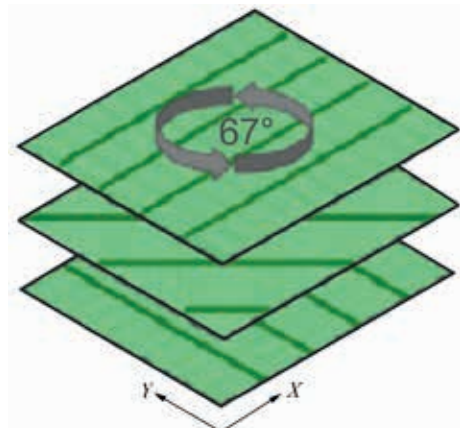


Рис. 3. Схема сканування для відтворення твердого тіла

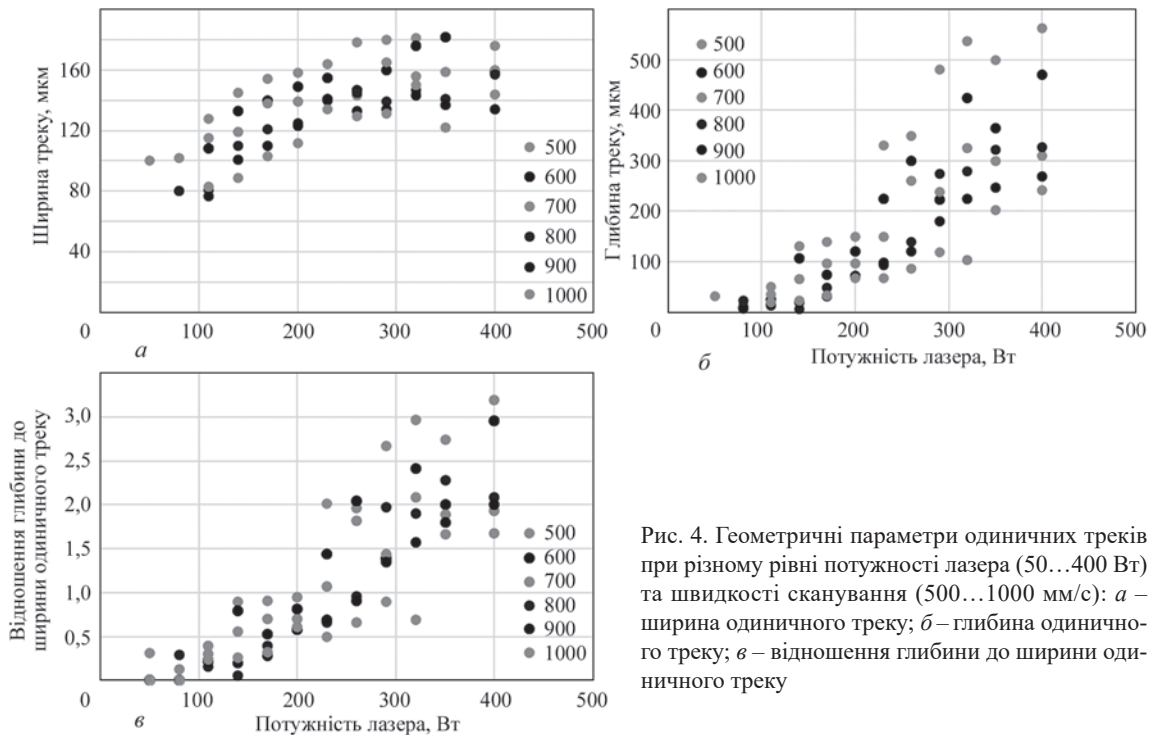


Рис. 4. Геометричні параметри одиничних треків при різному рівні потужності лазера (50...400 Вт) та швидкості сканування (500...1000 мм/с): а – ширина одиничного треку; б – глибина одиничного треку; в – відношення глибини до ширини одиничного треку

глибини до ширини треку повинно бути на рівні від 1,0 до 1,5.

Як видно з рис. 4, при збільшенні потужності більше 200...230 Вт ширина одиничного треку перестає монотонно збільшуватись (рис. 4, а), в той же час глибина треку при збільшенні потужності більше 200...230 Вт для менших швидкостей сканування починає різко збільшуватись (рис. 4, б). Це, в свою чергу призводить до зміни відношення глибини одиничного треку до його ширини (рис. 4, в), тобто процес виходить за межі раціональних режимів робочого вікна.

Якщо крок сканування занадто малий, хоча безперервність матеріалу між сусідніми треками буде збільшена, і утворення пор буде менше, вторинний переплав збільшує тенденцію до утворення грубозернистої структури. Якщо крок сканування занадто великий, то перекриття між двома треками буде недостатнім та не буде зв'язку між сусідніми треками. Це генерує велику кількість

пор, тим самим зменшуючи щільність (рис. 5). Але збільшення інтервалу між проходами променю збільшує площу переплавки, тим самим збільшуючи коефіцієнт використання лазера і швидкість виробництва.

Для подальших досліджень впливу величини перекриття треків було обрано один з режимів, який за результатами попередніх досліджень було визначено як раціональний:  $P = 180$  Вт,  $V = 800$  мм/с. Ширина ванни одиничного треку при таких параметрах процесу 120 мкм. В рамках експерименту виготовили зразки  $10 \times 10 \times 5$  мм, для яких змінювали відстань між проходами променю лазера від 90 до 130 мкм, що має забезпечувати перекриття від 25 до 0 % і можлива відсутність перекриття в разі, коли відстань між треками перевищує ширину треку.

В результаті металографічних досліджень встановлено (табл. 2), що при перекритті 25 % створюються умови глибокого проплавлення, утворюються великі витягнуті пори в корені треку, що формуються при схлопуванні лунки (так звана замкова щілина).

При перекритті 17 % утворюється невелика кількість дрібних округлих пор, утворення яких ймовірно пов'язано із захопленням газу металом розплаву в процесі кристалізації, при перекритті 0...8 % формується структура з мінімальною кількістю пор. При відстані між треками, що перевищує ширину одиничного треку при даному поєднанні потужності і швидкості сканування лазера, спостерігаються випадки неповного сплаву сусідніх треків, утворюються

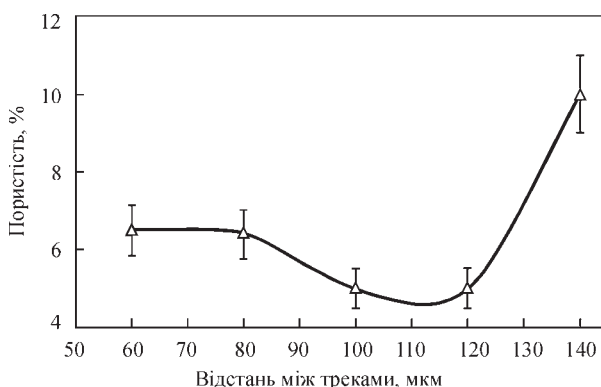












Рис. 5. Вплив відстані між треками на пористість сплаву Inconel 625 [21]

Таблиця 2. Мікроструктура дослідних зразків в залежності від відстані між скануванням променю лазера

Відстань між треками, мм (розрахункове перекриття, %)	Мікроструктура дослідного зразка (травлено $\text{CuSO}_4 + \text{HCl}$ )	Мікроструктура дослідного зразка в полірованому стані	Пористість зразків, %
0,09 (25)			1,75
0,10 (17)			0,48
0,11 (8)			0,02
0,12 (0)			0,02
0,13 (-8)			0,87

пори з гострими краями, які є концентраторами напружень і найбільш небезпечними з точки зору надійності виробу. Таким чином встановлено оптимальне перекриття треків при вибіркового лазерному плавленні, яке становить від 0 до 8 % від ширини одиничного треку при конкретних параметрах процесу.

**Висновки**

Показано вплив параметрів SLM-технології на якість кінцевої продукції та виконано аналіз впливу факторів технології на якість готової продукції.

Встановлений раціональний інтервал значень перекриття треків при вибіркового лазерному

плавленні, який становить від 0 до 8 % від шири- ни одиночного треку при конкретних параметрах процесу, що забезпечує мінімальну пористість об'ємних зразків.

**Список літератури/References**

1. Kruth, J.-P., Leu, M.-C., Nakagawa, T. (1998) Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. *CIRP Ann.-Manuf. Technol.*, 47, 2, 525–540.
2. Аджамский С.В., Кононенко А.А., Подольский Р.В. (2020) Симуляция влияния остаточных напряжений и параметров SLM-технологии на формирование области границ изделия из жаропрочного никелевого сплава INCONEL 718. *International scientific and technical conference information technologies in metallurgy and machine building, Dnipro, 17–19 March, 2020*, 4–6. Adzhamskij, S.V., Kononenko, A.A., Podolskij, R.V. (2020) Simulation of effect of residual stresses and parameters of SLM technology on formation of boundary product areas from high-temperature nickel alloy Inconel 718. In: *Proc. of Int. Sci.- and Techn. Conf. on Information Technologies in Metallurgy and Machine Building (Ukraine, Dnipro, 17–19 March)*, 4–6. DOI: 10.34185/1991–7848.itmm.2020.01.00.
3. Mahoney, M.W. (1989) Superplastic Properties of Alloy 718. «Superalloy 718 Metallurgy and Applications». Loria E.A. (eds.), *TMS*, 391–405.
4. Аджамский С.В., Кононенко А.А., Подольский Р.В. (2020) Двумерное моделирование нестационарного температурного поля одиночного трека из жаропрочного сплава INCONEL 718. *Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми математичного моделювання»*, 1, 42–45. Режим доступу: [https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/material\\_konf\\_traven\\_%202020.pdf](https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/material_konf_traven_%202020.pdf). Adzhamskij, S.V., Kononenko, A.A., Podolskij, R.V. (2020) 2D modeling of nonstationary temperature field of unit track from high-temperature nickel alloy Inconel 718. In: *Proc. of All-Ukrainian Sci.-Method. Conf. on Problems of Mathematical Modeling*, 1, 42–45 [in Ukrainian]. [https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/material\\_konf\\_traven\\_%202020.pdf](https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/material_konf_traven_%202020.pdf)
5. Shifeng, W., Shuai, L., Qingsong, W. et al. (2014) Effect of molten pool boundaries on the mechanical properties of selective laser melting parts. *J. Mater. Process. Technol.*, 214, 11, 2660–2667, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.06.002>
6. Loh, L.-E., Chua, C.-K., Yeong, W.-Y. et al. (2015) Numerical investigation and an effective modelling on the Selective Laser Melting (SLM) process with aluminium alloy 6061. *Int. J. Heat Mass Transf.*, 80, Jan., 288–300, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.09.014>
7. Jia, Q., Gu, D. (2014) Selective laser melting additive manufacturing of Inconel 718 superalloy parts: Densification, microstructure and properties. *J. Alloys Compd.*, 585, Feb., 713–721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.171>
8. Campanelli S.L., Contuzzi N., Angelastro A. et al. (2010) Capabilities and Performances of the Selective Laser Melting process. *New trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems*, Nov., 233–252.
9. Williams, C.B., Mistree F., Rosen D.W. (2005) Towards the design of a layerbased additive manufacturing process for the realization of metal parts of designed mesostructured. *Proc. 16th Solid Free. Fabr. Symp.*, pp. 217–230.
10. Аджамский С.В., Кононенко А.А., Подольский Р.В. (2020) SLM-технологии в деталях и узлах авиационно-космического назначения. *11 Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені – 2020»*, 1, 6–9. Adzhamskij, S.V., Kononenko, A.A., Podolskij, R.V. (2020) SLM technologies in parts and assemblies of aerospace purpose. In: *Proc. of 11th All-Ukrainian Conf. of Young Scientists – 2020*, 1, 6–9 [in Russian].
11. Аджамский С.В., Кононенко А.А., Подольский Р.В. (2020) Исследование влияния режимов SLM-процесса на качество в области контура изделий. *Міжнародна конференція «Університетська наука-2020»*, 1, 157–158. Режим доступу: [http://eir.pstu.edu/bitstream/handle/123456789/17421/%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0\\_2020\\_%D0%A2\\_1.pdf](http://eir.pstu.edu/bitstream/handle/123456789/17421/%D0%A3%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0_2020_%D0%A2_1.pdf)
12. Аджамский С.В., Кононенко А.А., Подольский Р.В. (2020) Разработка технологии изготовления изделий для авиационно-космической техники методом выборочного лазерного плавления. *Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні»*. Режим доступу: [https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/06/conferenziya\\_2020.pdf#page=29](https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/06/conferenziya_2020.pdf#page=29)
13. Adzhamskii, S.V., Kononenko, A.A. (2019) Investigation of deep penetration conditions when making samples from high-temperature alloy Inconel 718 by the method of selective laser melting. *The Paton Welding J.*, 6, 54–58.
14. Аджамский С.В. (2019) Реализация SLM-технологии для изготовления образцов из жаропрочного сплава INCONEL 718, применяемого в авиационно-космической технике. *Авиационно-космическая техника и технология*, 2, 154. Adzhamskij, S.V. (2019) Realization of SLM technology for producing of samples from high-temperature nickel alloy Inconel 718, used in aerospace engineering. *Aviats.-Kosmich. Tekhnika i Tekhnologiya*, 2, 154 [in Russian]. doi: 10.32620/akt.2019.2.09
15. Dilip, J.J.S, Zhang, S., Teng, C. et al. (2017) Influence of processing parameters on the evolution of melt pool, porosity, and microstructures in Ti-6Al-4V alloy parts fabricated by selective laser melting. *Progress in Additive Manufacturing*, 2, 157–167.
16. Gu, H., Gong, H., Pal, D. et al (2013) Influences of energy density on porosity and microstructure of selective laser melted 17–4PH stainless steel. *Google Scholar*.
17. Kasperovich G., Haubrich J., Gussone J., Requena G. (2016) Correlation between porosity and processing parameters in Ti-6Al-4V produced by selective laser melting. *Materials & Design*, 105, May, 160–170 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.05.070>
18. Pupoa, Y., Delgado, J., Serenóa, L., Ciuranaa\*, J. (2013) Scanning space analysis in Selective Laser Melting for Co-CrMo powder. *Procedia Engineering*, 63, 370–378. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.08.228
19. Zhichao, Dong, Yabo, Liu, Weibin, Wen et al. (2019) Effect of Hatch Spacing on Melt Pool and As-built Quality During Selective Laser Melting of Stainless Steel: Modeling and Experimental Approaches. *Materials*, 12, 1, 50. DOI: 10.3390/ma12010050
20. Yadroitsev, I. et al. (2007) Strategy of manufacturing components with designed internal structure by selective laser melting of metallic powder. *Applied surface Science*, 254, 4, p. 980–983. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apusc.2007.08.046>
21. Adzhams'kij, S.V., Kononenko, G.A. (2020) Regularities of influence of SLM process parameters on the formation of single layer from the high temperature nickel alloy Inconel 718. *The Paton Welding J.*, 1, 32–38

## INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SLM-PROCESS ON POROSITY OF METAL PRODUCTS

S.V. Adjamskiy<sup>1,2</sup>, G.A. Kononenko<sup>2,3</sup>, R.V. Podolskiy<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Oles Honchar Dnipro National University, 49000 Ukraine, Dnipro Gagarina Ave. E-mail: dsit@dnu.edu.ua

<sup>2</sup> LLC «Additive Laser Technology of Ukraine» 49000 Ukraine Dnipro Rybin'ska Str., 144. E-mail: info@alt-print.com

<sup>3</sup>Institute of Iron and Steel of Z.I. Nekrasov NAS of Ukraine, 49050 Ukraine Dnipro sq. Academician Starodubov, 1.  
E-mail: office.isi@nas.gov.ua

<sup>4</sup>National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarin Ave., 4, 49000, Dnipro, Ukraine. E-mail: kaf.tom@metal.nmetau.edu.ua

Selective laser melting is one of the modern methods of manufacturing parts and assemblies of complex geometry, which are difficult or impossible to reproduce in the conditions of traditional production. The problem of this production is that product quality depends on many factors, which can be divided into such main groups as equipment, material, process, part, finishing. The influence of the specific energy density of scanning the heat-resistant alloy Inconel 718 on the 3D printer Alfa - 150 (ALT Ukraine) of the Ukrainian production was investigated. The influence of SLM - technology parameters on the quality of final products is shown and the analysis of the influence of technology factors on the quality of finished products is performed. As a result of metallographic examinations, it was found that the distance between the laser passes, at which the estimated overlap of a single track is 25%, the conditions of deep penetration are created, large elongated pores are formed at the root of the track, which are formed by collapsing holes (so-called keyhole). At the estimated overlap of a single track of 17% a small number of small rounded pores is formed. At the calculated overlap of 0... 8%, a structure with a minimum number of pores is formed. When the distance between the passages of the laser exceeds the width of a single track at a given combination of power and laser scanning speed, the cases of partial fusion of adjacent tracks are observed, pores with sharp edges are formed, which are stress concentrators – the most dangerous in terms of product reliability. Thus, a rational overlap of tracks during selective laser melting, which ranges from 0 to 8% of the width of a single track at specific process parameters. 21 Ref., 2 Tabl., 5 Fig.

*Keywords: selective laser melting, technological factors, quality system, Inconel 718, specific energy density*

Надійшла до редакції  
27.08.2020

WORLD TRADE FAIR FOR WELDING ENGINEERING —  
JOINING, CUTTING, SURFACING

LET'S JOIN  
THE WORLD!

13. – 17. September, 2021

REGISTER NOW!

www.schweissen-schneiden.com

SCHWEISSEN & SCHNEIDEN  
No. 1  
2021

DVS GERMAN WELDING SOCIETY

MESSE ESSEN