

**УДК 621.791.725**

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ, ФОРМУ И ПОРИСТОСТЬ ЕДИНИЧНЫХ ДОРОЖЕК ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО МЕДНОГО СПЛАВА ПР-БРХ**

Антон Олегович Денежкин<sup>(1)</sup>, Алексей Анатольевич Дренин<sup>(2)</sup>,  
Алексей Павлович Симонов<sup>(3)</sup>

*Магистр 2 года<sup>(1)</sup>, аспирант<sup>(2)</sup>, студент 5 курса<sup>(3)</sup>  
кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: Д. С. Колчанов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

Медь и медные сплавы широко используются в промышленности благодаря ее высокой теплопроводности и низкого удельного сопротивления. Одной из главных трудностей в обработке меди с помощью лазерного излучения, является ее высокая отражательная способной в ближнем ИК-диапазоне и очень высокой теплопроводностью 400 Вт/(м\*К). Вследствие, при выращивании из меди по технологии селективного лазерного плавления (СЛП), достаточно трудно создать необходимую концентрацию энергии для расплавления слоя порошка из-за быстрого рассеивания тепла в объем материала. В связи с этим необходимо использовать лазерное излучение высокой плотности мощности для получения стабильной и плотной структуры.

Целью данной работы является изучить влияние таких параметров как скорость сканирования и толщина слоя на геометрические размеры, форму и пористость единичных дорожек полученных с помощью селективного лазерного плавления из медного порошка ПР-БРХ.

В ходе работы на подложке из нержавеющей стали AISI 316L были выращены единичные треки, изготовлены шлифы единичных дорожек для измерения геометрических размеров, анализа формы и измерения пористости поперечного сечения единичной дорожки.

В ходе проведенной работы на подготовленных шлифах для микроструктурных исследований, на режимах с высокой плотностью мощности наблюдались продольные трещины (Рис. 1. а). С увеличением скорости сканирования происходило образование пор на границе сплавления материала подложки выращивания и единичной дорожки (Рис. 1.б). С дальнейшим увеличением скорости сканирования при расплавлении порошкового слоя происходило интенсивное перемешивание материала подложки и порошка, при этом образование пор на границе не происходило (Рис. 1в). Поперечное сечение единичной дорожки полученной при оптимальных режимах выращивания показана на рис. 1г. При всех параметрах выращивания геометрия ванны расплава имела форму чаши.

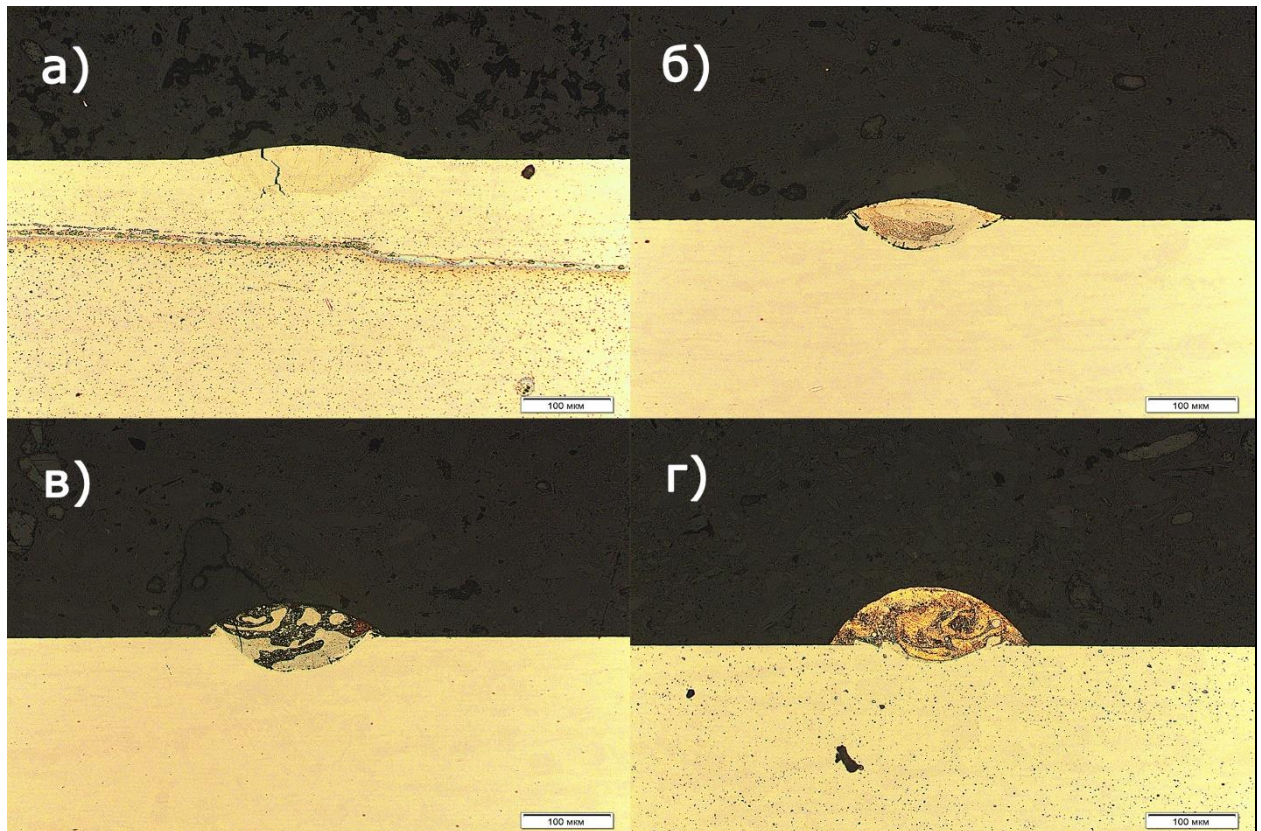


Рис. 1. Поперечные сечения единичных дорожек при различных параметрах выращивания: а –  $V = 40$  мм/с,  $h = 40$  мкм; б –  $V = 80$  мм/с;  $h = 40$  мкм; в –  $V = 80$  мм/с,  $h = 55$  мкм; г –  $V = 100$  мм/с,  $h = 65$  мкм (где  $V$  – скорость сканирования,  $h$  – толщина порошкового слоя)

### Литература

1. *Pogson, S. R. P. Fox, et al.* "The production of copper parts using DMLR." *Rapid Prototyping Journal* 9 (5): 334-343 (2003).
2. *I. L. T. Fraunhofer.* "SLM components made from copper alloy powder open up new opportunities", from <http://www.ipmd.net/news/001166.html>.
3. *K. Yoshida, H. Morigami, Microelectron. Reliab.* "Thermal properties of diamond/copper composite material", 44(2), 303-308 (2004).
4. *Wu, W. H., Y. Q. Yang, et al.* "Direct manufacturing of Cu-based alloy parts by selective laser melting." *Chinese Optics Letters* 5 (1): 37-40 (2007).
5. *Григорьянц А.Г., Колчанов Д.С., Дренин А.А.* Установка для селективного лазерного плавления металлических порошков В сборнике: Аддитивные технологии: настоящее и будущее Материалы IV Международной конференции. ФГУП «Всероссийский научно исследовательский институт авиационных материалов» .2018. С. 221-234.
6. *Collings EW* The physical metallurgy of titanium alloys. American Society for Metals, Technology & Engineering, Ohio (1984).
7. *Anam M, Dilip JJS, Pal D, Stucker B* A short study on the fabrication of single track deposits in SLM and characterization. In: 27th Solid freeform fabrication symposium, Austin, Texas (2016).