

УДК 669.715

doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-55-64

# Исследование влияния основных параметров процесса селективного лазерного плавления на пористость образцов из алюминиевого сплава RS-300

А.Г. Григорьянц, Д.С. Колчанов, А.А. Дренин, А.О. Денежкин

МГТУ им. Н.Э. Баумана

## Study of the Influence of Main Parameters of the Selective Laser Melting Process on the Porosity of Aluminum Alloy RS-300 Samples

A.G. Grigoryants, D.S. Kolchanov, A.A. Drenin, A.O. Denezhkin

Bauman Moscow State Technical University

Технология селективного лазерного плавления позволяет изготавливать детали сложной формы из металлов и сплавов. Алюминий и его сплавы получили широкое распространение в авиационной, космической и других отраслях промышленности. Проведено исследование влияния основных параметров процесса селективного лазерного плавления на пористость образцов из алюминиевого сплава RS-300 российского производства. Для изготовления образцов использована установка СЛП-250 и стратегия сканирования лазерным излучением порошкового слоя. Перед проведением экспериментов выполнен гранулометрический, морфологический и химический анализ порошка. Получены образцы плотностью более 99,8 %. Оценка пористости образцов выполнена с помощью метрологического компьютерного томографа. В образцах наблюдались поры круглой и неправильной формы. Поры круглой формы в основном образовывались из-за испарения и наличия полых частиц порошка. Появление пор неправильной формы связано с недостаточной удельной энергией режима выращивания, которая преимущественно зависит от расстояния между штрихами сканирования, скорости сканирования и мощности лазерного излучения. Для оценки микроструктуры образцов подготовлены шлифы, на которых отчетливо наблюдались два вида микроструктуры. Первый представлял собой мелкую микроструктуру в центре ванны расплава, второй — крупную на границе ванны расплава. Нивелировать возникновение пор неправильной формы можно подбором оптимальных режимов выращивания и строгим соблюдением технологического процесса.

**Ключевые слова:** селективное лазерное плавление, алюминиевый сплав, аддитивное производство, пористость образцов

To date, the technology of selective laser melting has established itself as a method for manufacturing parts of complex shapes from metals and alloys. Aluminum and its alloys are widely used in aviation, space and other industries. The article presents the study of the influence of the main parameters of the process of selective laser melting on the porosity of samples made of Russian-made aluminum alloy RS-300. Samples were prepared using an SLP-250 setup and a multidirectional strategy for scanning with laser radiation the powder

layer. Before the experiments, the granulometric, morphological and chemical analysis of the powder was performed. As a result of the experiments, samples with a density of more than 99.8% were obtained. The porosity of the samples was evaluated using a metrological computer tomograph. Pores of round and irregular shape were observed in the samples. Round pores were mainly formed due to evaporation processes and the presence of hollow powder particles. The formation of irregularly shaped pores is associated with insufficient specific energy of the growth mode, which mainly depends on the distance between scanning lines, scanning speed, and laser radiation power. To assess the microstructure of the samples, polished specimens were prepared, on which two types of microstructure were clearly observed. The first type was a fine microstructure in the center of the melt pool, and the second one was a coarse microstructure at the boundary of the melt pool. The occurrence of irregularly shaped pores can be leveled by selecting optimal growing conditions and strict adherence to the technological process.

**Keywords:** selective laser melting, aluminum alloy, additive manufacturing, sample porosity

В мире высокими темпами идет развитие аддитивного производства. В частности, широкое применение получила технология селективного лазерного плавления (СЛП), особенно в аэрокосмической промышленности. Это связано с необходимостью снижения массы деталей и числа компонентов в сборке при сохранении их механических характеристик. Достоинством СЛП также является относительно быстрое изготовление мелких серий деталей и отсутствие дорогостоящей оснастки для их производства.

Порошки из алюминиевых сплавов отличаются от других порошковых материалов легкостью, плохой текучестью, высокой отражательной способностью и большой теплопроводностью. Характеристики порошков, выполненных из разных сплавов — титанового Ti64 и алюминиевого Al10SiMg, — полученные согласно стандартному методу испытаний скорости потока Холла ASTM, приведены в табл. 1 [1].

Основными параметрами процесса СЛП являются мощность лазерного излучения, скорость сканирования, шаг штриховки и толщина порошкового слоя. Эти параметры вносят основной вклад в качество получаемой детали, которое зависит от стабильности геометрических характеристик единичной дорожки [2].

Существует много исследований по изучению параметров, уменьшающих пористость

деталей [1, 3, 4]. Однако нет сведений о результатах исследований, посвященных оптимизации параметров для уменьшения пористости деталей из алюминиевого порошка.

Ввиду ограничения на закупку порошковых материалов западного производства многие предприятия стали использовать порошки российских производителей, таких как РУСАЛ, ПОЛЕМА и др. Увеличение номенклатуры материалов, используемых для СЛП, позволит расширить область применения этой технологии [5].

В качестве объекта исследования выбран аналог алюминиевого порошка Al10SiMg, выпускаемый компанией РУСАЛ марки RS-300.

Цель работы — изучение влияния основных параметров процесса СЛП на пористость объемных структур, получаемых на отечественной установке СЛП-250, для определения механизма порообразования и поиска подходов к их устранению.

**Материал и методы исследования.** Экспериментальные исследования проведены на отечественной установке СЛП-250Б (рис. 1), разработанной в МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с Московским центром лазерных технологий. Установка оснащена герметичной камерой с контролируемой инертной атмосферой и итербиевым волоконным лазером мощностью 400 Вт.

Таблица 1

**Характеристики порошков, выполненных из разных сплавов**

Материал	Сыпучесть, г/с	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Отражательная способность, %
Ti64	47	6,7	53...59
Al10SiMg	Нет потока	146,0	91



Рис. 1. Внешний вид установки СЛП-250Б

**Техническая характеристика  
установки СЛП-250Б**

Зона построения, мм	250×250×250
Тип лазера	Nd: YAG
Мощность лазера, Вт	400
Диаметр пятна, мкм	80...200
Оптика	3D-сканатор
Толщина слоя, мкм	20...100
Метод очистки камеры	Предварительное вакуумирование
Скорость построения, см <sup>3</sup> /ч	До 30

Для выращивания изделий по технологии СЛП применяют сферический металлический порошок фракции 10...63 мкм. Такой диапазон его гранулометрического распределения обусловлен шероховатостью конечной детали и особенностями изготовления сферического порошка.

Использование более мелкой фракции приводит к неравномерному распределению слоя.

Частицы порошка менее 10 мкм имеют плохую сыпучесть и склонность собираться в агломераты [6]. Так как качество получаемых изделий сильно зависит от материала, перед началом процесса выращивания необходимо провести входной контроль порошка, который включает в себя гранулометрический, химический и морфологический анализ.

Гранулометрический анализ порошка RS-300, проведенный с помощью анализатора размера частиц HORIBA LA-350, показал, что средний диаметр частиц составляет 34 мкм. Результаты гранулометрического анализа порошка RS-300 в виде интегральной кривой распределения  $q$  и гистограммы дифференциального распределения  $P$  частиц порошка RS-300 по диаметру  $d$  приведены на рис. 2.

Проведенное с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора исследование выявило следующий химический состав порошка RS-300, %: Al — 88,27; Si — 9,32; Fe — 1,64; Cr — 0,65; Mn — 0,03; Ni — 0,66. Химический анализ показал повышенное содержание железа и хрома, а также отсутствие магния.

Одной из важнейших характеристик порошковых материалов для СЛП является текучесть. Как правило, текучесть частиц порошка неправильной формы хуже, чем у частиц порошка сферической формы.

Использование порошка с частицами неправильной формы приводит к его неравномерному нанесению на платформу выращивания и, соответственно, к дефектам слоя [7]. Морфологический анализ показал, что гранулы порошка RS-300 имеют сферическую форму с редкими бочкообразными частицами (рис. 3).

Пористость полученных образцов измерена с помощью метрологического компьютерного

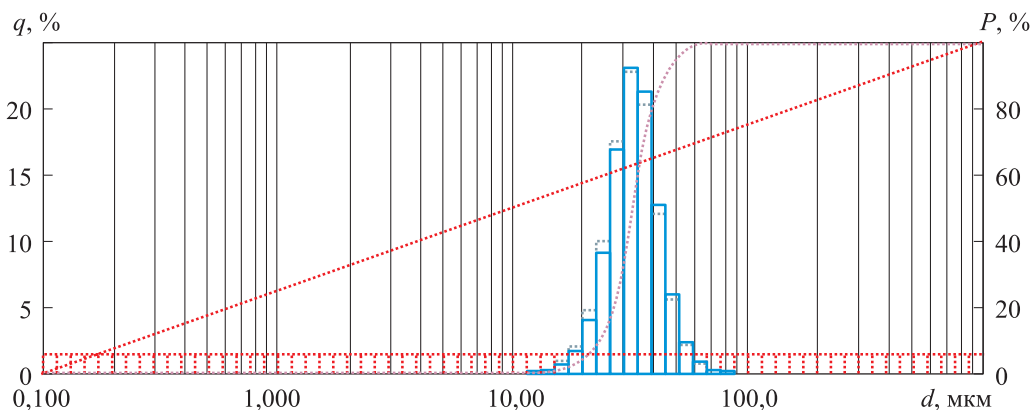


Рис. 2. Интегральное  $q$  (.....) и дифференциальное  $P$  (—) распределения частиц порошка RS-300 по диаметру  $d$

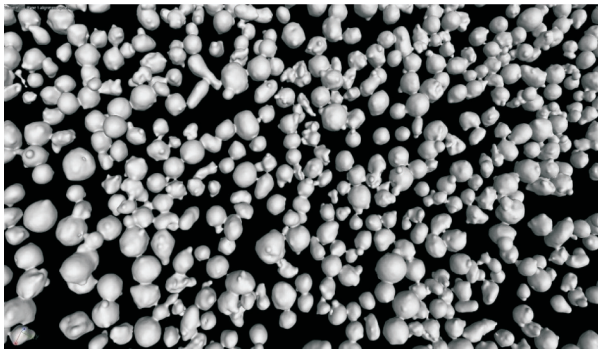


Рис. 3. Результаты морфологического анализа порошка RS-300

томографа GE Vitomeix m300 с двумя рентгеновскими трубками для контроля линейных размеров с точностью до 10 мкм.

**Методика проведения экспериментов.** Для исследования изготовлены 10 образцов размером 10×10×10 мм с порошковым слоем толщиной 40 мкм. Использована стратегия сканирования «шахматная доска», направленная на снижение термических напряжений, возникающих в слое из-за градиента температур [8].

Эта стратегия заключается в том, что каждый слой изготавливаемой детали разбивают на элементарные квадратные ячейки. Направление сканирования лазерного луча при выращивании каждой ячейки перпендикулярно направлению сканирования соседней ячейки (рис. 4). Размер ячейки составлял 4×4 мм, расстояние между штрихами сканирования — 85...190 мкм в зависимости от режима выращивания.

Таблица 2

**Режимы выращивания объемных образцов**

Мощность, Вт	Скорость сканирования, мм/с	Расстояние между штрихами сканирования, мм
240	800	0,190
240	800	0,160
240	800	0,130
240	800	0,100
240	800	0,085
350	1300	0,085
350	1300	0,100
350	1400	0,085
350	1500	0,100
350	1700	0,085

Формирование каждого последующего слоя выполнено со смещением сетки сканирования по двум осям на величину, равную половине размера одной элементарной ячейки (2 мм), и с поворотом на угол 67° против хода часовой стрелки [9]. Режимы выращивания объемных образцов приведены в табл. 2.

**Результаты исследования и их обсуждение.** *Пористость полученных образцов.* Результаты компьютерной томографии показали, что наименьшую пористость, составившую 0,12 %, имеет образец № 7 (табл. 3).

Согласно полученным снимкам и шлифам, поры в образцах можно классифицировать по

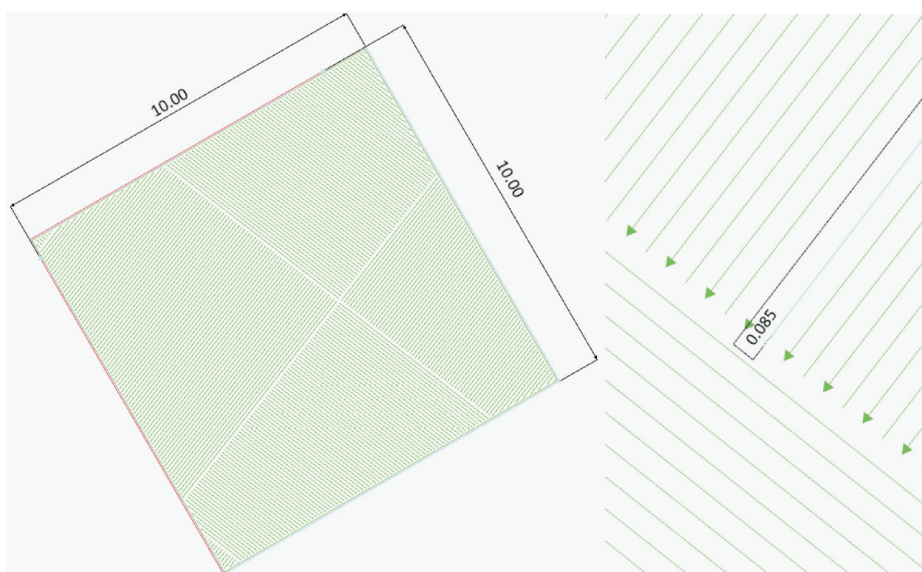


Рис. 4. Схема выращивания объемных образцов с использованием стратегии сканирования «шахматная доска»

Таблица 3

## Значения пористости образцов

Номер образца	Пористость, %	Номер образца	Пористость, %
1	1,14	6	0,13
2	0,97	7	0,12
3	1,28	8	0,63
4	4,20	9	3,07
5	2,22	10	1,52

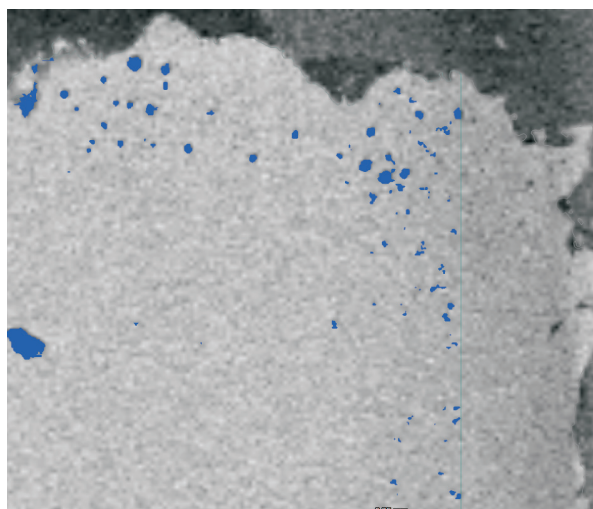


Рис. 5. Микроструктура газовых пор у границы кубика

форме и размеру. Поры круглой формы обычно расположены у границы кубика, а неправильной распределены по его объему (рис. 5). Размер круглых и неправильных пор варьируется от десятка до нескольких десятков или сотен микрометров. Поры неправильной формы расположены как в ванне расплава, так и вне ее.

Существует несколько механизмов образования пор круглой формы. Чаще всего их появление вызвано эффектом испарения. Температура плавления алюминиевых сплавов составляет около 600 °С, а интенсивность лазерного излучения — 106 Вт/см<sup>2</sup>, поэтому в процессе СЛП может возникнуть эффект испарения [7].

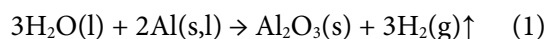
Испарение материала вызывает перемещение ванны расплава за счет давления отдачи, действующего на нее. Таким образом, ванна расплава может захватывать газ, используемый для создания инертной атмосферы (см. рис. 5).

Небольшой размер пор такого вида обусловлен тем, что под действием движущей силы ванны расплава поры малого размера выходят из нее, а поры большего размера не успевают ее

покинуть вследствие высокой скорости ее затвердевания [10]. Такой вид пор обычно имеет круглую форму и размер от нескольких единиц до пары десятков микрометров.

Также поры могут возникать из-за газа, содержащегося в полых частицах порошка. Полая частица образуется, если газ не может выйти во время затвердевания в процессе изготовления сферического порошка [11]. Таким образом, в процессе СЛП ванна расплава захватывает газ из полых частицы порошка.

Существуют работы, где показано, что газовые поры круглой формы могут образовываться из-за водорода, выделяемого вследствие распада молекул H<sub>2</sub>O, содержащихся во влажном порошке с алюминием [12]:



Перед процессом выращивания алюминиевый порошок просушивали в аргоне в течение одного часа при температуре 150 °С, в связи с чем предполагали, что поры, образованные этим механизмом, отсутствуют.

Причин образования пор неправильной формы, расположенных за пределами ванны расплава, может быть много. Например, использование большого расстояния между штрихами сканирования или большой толщины порошкового слоя (рис. 6, а). У таких пор наблюдается высокая шероховатость внутренних стенок, а также нерасплавленный порошок внутри частиц.

Еще одной причиной возникновения пор неправильной формы служит неровная поверхность предыдущего слоя, которая может образовываться вследствие испарения и разбрызгивания. Таким образом, при нанесении следующего слоя порошка его толщина неравномерна. Энергии лазерного излучения недостаточно для полного расплавления слоя, поэтому появляются поры с частицами порошка.

Поры неправильной формы, образованные в образцах, выращенных с использованием высокой удельной энергии, показаны на рис. 6, б. Поры имеют форму кратера и не содержат нерасплавленных частиц порошка, при этом распространяются по высоте на несколько слоев. Расположение пор в объеме образцов носит случайный характер.

Таким образом, можно предположить, что механизм их образования заключается в интенсивном испарении ванны расплава в режиме кинжального проплавления. Это приводит к

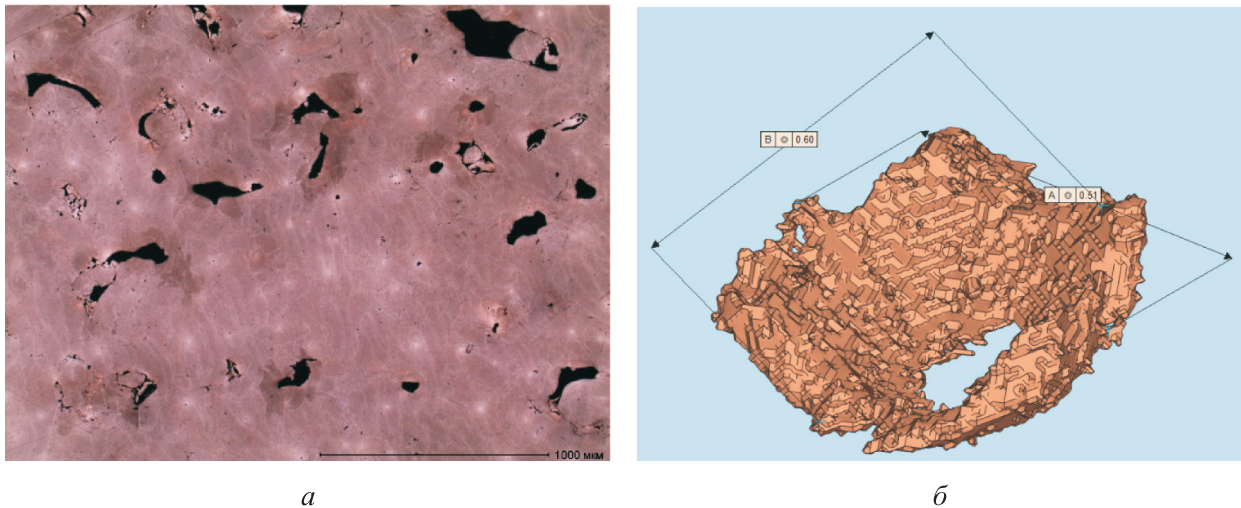


Рис. 6. Внешний вид пор неправильной формы, образованных в образцах, выращенных с использованием высокой удельной энергии:  
 а — поры на сечении шлифа; б — объем поры, полученный с помощью компьютерной томографии

сильному перемешиванию, и скорость потока жидкости в ванне расплава увеличивается.

Окружающий газ вокруг ванны расплава вовлекается в нее. Газовые поры перемещаются в ванне расплава под действием движущей силы. Часть пор соединяется в большие объемы, часть выходит из ванны расплава. Но так как время жизни ванны расплава в режиме кин-

жального проплавления больше, они начинают покидать ванну расплава [13].

Однако из-за высокой скорости охлаждения им не хватает времени на полное высвобождение, и они образуют системы пор в процессе кристаллизации, через которые пытается вырваться газ. При этом протяженность таких пор может достигать нескольких слоев (рис. 7).

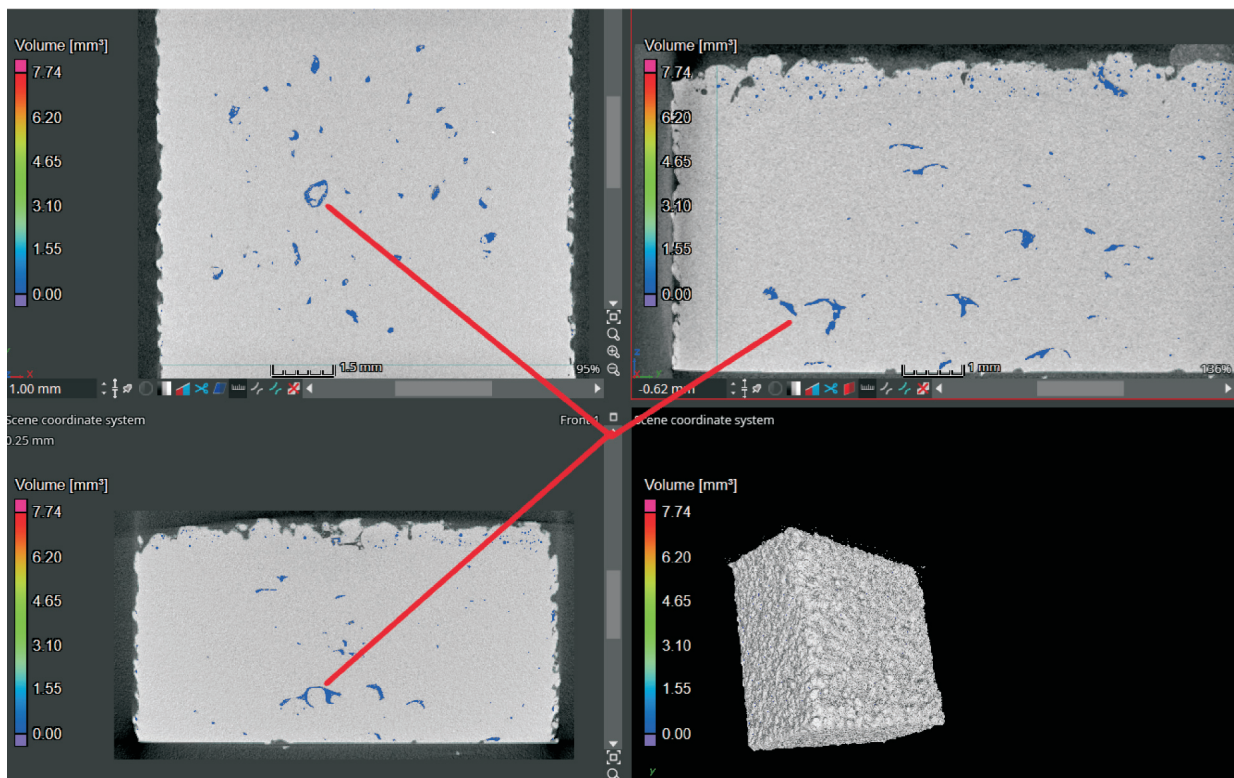


Рис. 7. Внешний вид протяженных пор

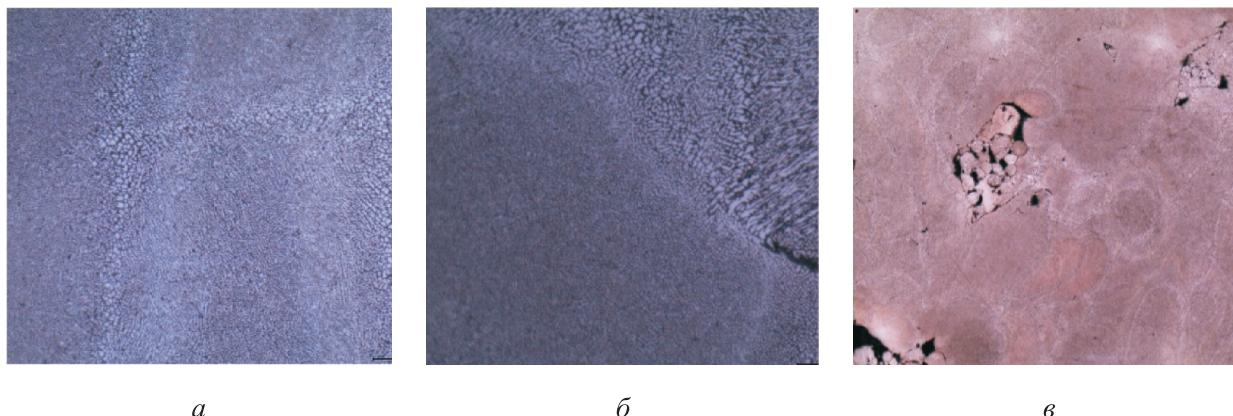


Рис. 8. Микроструктуры образцов № 6 (а), 3 (б) и 4 (в)

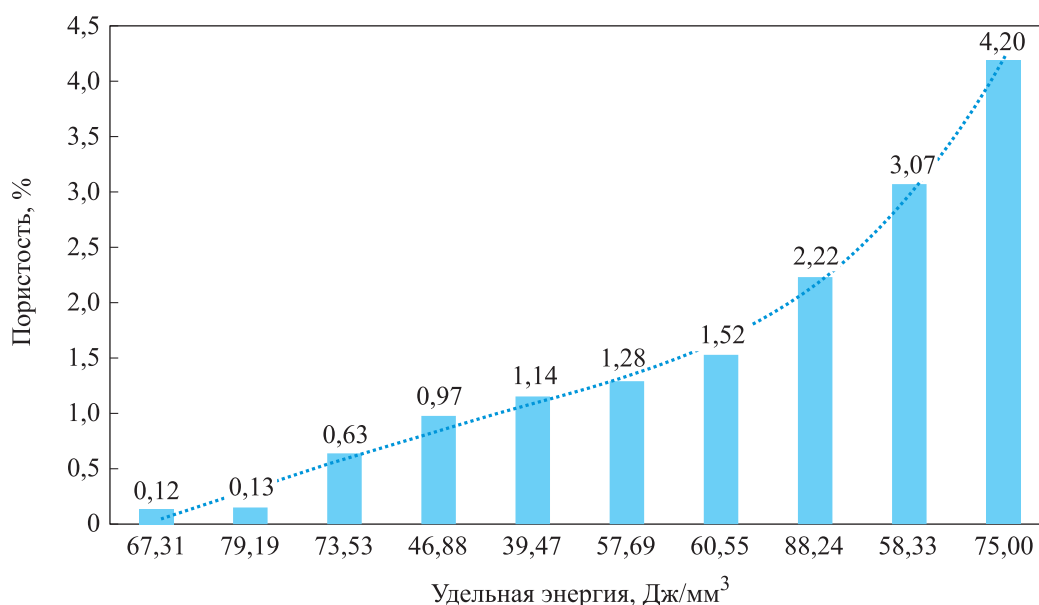


Рис. 9. Зависимость пористости образцов от удельной энергии, вводимой в порошковый слой

*Микроструктура полученных образцов.* Анализ подготовленных шлифов образцов выявил наличие двух видов микроструктуры. Первый представлял собой мелкую микроструктуру в центре ванны расплава, второй — крупную (с удлиненными, но не равновесными зернами) на ее границе (рис. 8, а).

Образование крупных зерен на границе ванны расплава связано с тем, что в этой области дольше сохраняется высокая температура, так как перекрытие двух соседних ванн расплава приводит к более медленной скорости затвердевания [14].

Крупная дендритная микроструктура — так называемая замочная скважина — наблюдалась вблизи пор в режиме плавления (рис. 8, б). Это является результатом разницы теплопроводности газа, захваченного в поре замочной сква-

жины и алюминиевого сплава [15]. Также были замечены поры с не полностью расплавленным порошком (рис. 8, в).

На основе полученных результатов построена графическая зависимость пористости образцов от вводимой в порошковый слой удельной энергии, показанная на рис. 9. Здесь видно, что наименьшая пористость (0,12 %) возникает при удельной энергии 67,3 Дж/мм<sup>3</sup>.

### Выводы

1. Получены образцы плотностью более 99,88 %, выполненные из алюминиевого сплава RS-300. На подготовленных для микроструктурного анализа образцах наблюдалось два типа микроструктуры. Первый представлял собой мелкую микроструктуру в центре ванны рас-

плава, второй — крупную на ее границе. Зерна вытянуты в направлении теплового градиента, т. е. источника тепла. Кроме того, вблизи пор замочной скважины образовывались грубые дендритные структуры.

2. Установлено, что наименьшая пористость (0,12 %) возникает при введении в порошок слой удельной энергии, равной 67,3 Дж/мм<sup>3</sup>.

3. Рассмотрены механизмы образования пор круглой и неправильной формы. Перед началом процесса выращивания рекомендовано просушивать порошок в печи с инертной атмо-

сферой и не допускать его окисления, что позволит исключить появление круглых газовых пор. Возникновение пор неправильной формы протяженностью в несколько слоев связано с такими явлениями, как испарение, нестабильность кинжального проплавления, а также разбрызгивание, что приводило к образованию неравномерного порошкового слоя. Нивелировать появление пор неправильной формы можно подбором оптимальных режимов выращивания и строгим соблюдением технологического процесса.

## Литература

- [1] ASTM standard B213-13. *Standard test methods for flow rate of metal powders using the hall flowmeter funnel*. ASTM, 2013. 4 p.
- [2] Григорьянц А.Г., Колчанов Д.С., Дренин А.А. и др. Влияние основных параметров процесса селективного лазерного плавления на стабильность формирования единичных дорожек при выращивании изделий из медных сплавов. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2019, № 6, с. 20–29, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/0536-1044-2019-6-20-29>
- [3] Martin J.H., Yahata B.D., Hundley J.M. et al. 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature*, 2017, vol. 549, no. 7672, pp. 365–369, doi: <https://doi.org/10.1038/nature23894>
- [4] Liu R., Wang Z., Sparks T. et al. Aerospace applications of laser additive manufacturing. In: *Laser additive manufacturing*. Woodhead Publ., 2017, pp. 351–371.
- [5] Григорьянц А.Г., Колчанов Д.С., Дренин А.А. и др. Исследование механических свойств образцов из медного жаропрочного сплава БрХ0,8, полученных методом селективного лазерного плавления. *Цветные металлы*, 2021, № 4, с. 66–70, <https://doi.org/10.17580/tsm.2021.04.11>
- [6] Ziri S., Hor A., Mabru C. Effect of powder size and processing parameters on surface, density and mechanical properties of 316L elaborated by Laser Powder Bed Fusion. *ESAFORM*, 2021, doi: <https://doi.org/10.25518/esaform21.1563>
- [7] Jaber H., Kovacs T., János K. Investigating the impact of a selective laser melting process on Ti6Al4V alloy hybrid powders with spherical and irregular shapes. *Adv. Mater. Process. Technol.*, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1829960>
- [8] Jiang J., Ma Y. Path planning strategies to optimize accuracy, quality, build time and material use in additive manufacturing: a review. *Micromachines*, 2020, vol. 11, no. 7, art. 633, doi: <https://doi.org/10.3390/mi11070633>
- [9] Diegel O., Nordin A., Motte D. *A practical guide to design for additive manufacturing*. Springer, 2020. 236 p.
- [10] Sun S., Zheng L., Liu Y. et al. Characterization of Al–Fe–V–Si heat-resistant aluminum alloy components fabricated by selective laser melting. *J. Mater. Res.*, 2015, vol. 30, no. 10, pp. 1661–1669, doi: <https://doi.org/10.1557/jmr.2015.110>
- [11] Galy C., Le Guen E., Lacoste E. et al. Main defects observed in aluminum alloy parts produced by SLM: from causes to consequences. *Addit. Manuf.*, 2018, vol. 22, pp. 165–175, doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.05.005>
- [12] Григорьянц А.Г., ред. *Лазерные аддитивные технологии в машиностроении*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 280 с.
- [13] Zhang C., Bao Y., Zhu H. et al. A comparison between laser and TIG welding of selective laser melted AlSi10Mg. *Opt. Laser Technol.*, 2019, vol. 120, art. 105696, doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105696>
- [14] Дренин А.А., Денежкин А.О., Симонов А.П. Особенности формирования микро-структуры в изделиях, полученных по технологии селективного лазерного плавления



из медных сплавов. *Политехнический молодежный журнал*, 2019, № 1, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2019-11-547>

- [15] Fiedler T., Dörries K., Rösler J. Selective laser melting of Al and AlSi10Mg: parameter study and creep experiments. *Prog. Addit. Manuf.*, 2021, <https://doi.org/10.1007/s40964-021-00248-5>

## References

- [1] ASTM standard B213-13. *Standard test methods for flow rate of metal powders using the hall flowmeter funnel*. ASTM, 2013. 4 p.
- [2] Grigor'yants A.G., Kolchanov D.S., Drenin A.A. et al. Influence of the main parameters of selective laser melting on stability of single track formation when 'growing' parts from copper alloys. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [BMSTU Journal of Mechanical Engineering], 2019, no. 6, pp. 20–29, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/0536-1044-2019-6-20-29> (in Russ.).
- [3] Martin J.H., Yahata B.D., Hundley J.M. et al. 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature*, 2017, vol. 549, no. 7672, pp. 365–369, doi: <https://doi.org/10.1038/nature23894>
- [4] Liu R., Wang Z., Sparks T. et al. Aerospace applications of laser additive manufacturing. In: *Laser additive manufacturing*. Woodhead Publ., 2017, pp. 351–371.
- [5] Grigor'yants A.G., Kolchanov D.S., Drenin A.A. et al. Study of mechanical properties of samples from heat-resistant copper BrKh 0.8 alloy obtained by selective laser melting. *Tsvetnye metally*, 2021, no. 4, pp. 66–70. <https://doi.org/10.17580/tsm.2021.04.11> (in Russ.).
- [6] Ziri S., Hor A., Mabru C. Effect of powder size and processing parameters on surface, density and mechanical properties of 316L elaborated by Laser Powder Bed Fusion. *ESAFORM*, 2021, doi: <https://doi.org/10.25518/esaform21.1563>
- [7] Jaber H., Kovacs T., János K. Investigating the impact of a selective laser melting process on Ti6Al4V alloy hybrid powders with spherical and irregular shapes. *Adv. Mater. Process. Technol.*, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1829960>
- [8] Jiang J., Ma Y. Path planning strategies to optimize accuracy, quality, build time and material use in additive manufacturing: a review. *Micromachines*, 2020, vol. 11, no. 7, art. 633, doi: <https://doi.org/10.3390/mi11070633>
- [9] Diegel O., Nordin A., Motte D. *A practical guide to design for additive manufacturing*. Springer, 2020. 236 p.
- [10] Sun S., Zheng L., Liu Y. et al. Characterization of Al–Fe–V–Si heat-resistant aluminum alloy components fabricated by selective laser melting. *J. Mater. Res.*, 2015, vol. 30, no. 10, pp. 1661–1669, doi: <https://doi.org/10.1557/jmr.2015.110>
- [11] Galy C., Le Guen E., Lacoste E. et al. Main defects observed in aluminum alloy parts produced by SLM: from causes to consequences. *Addit. Manuf.*, 2018, vol. 22, pp. 165–175, doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.05.005>
- [12] Grigor'yants A.G., ed. *Lazernye additivnye tekhnologii v mashinostroenii* [Laser additive technologies in machine design]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2018. 280 p. (In Russ.).
- [13] Zhang C., Bao Y., Zhu H. et al. A comparison between laser and TIG welding of selective laser melted AlSi10Mg. *Opt. Laser Technol.*, 2019, vol. 120, art. 105696, doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105696>
- [14] Drenin A.A., Denezhkin A.O., Simonov A.P. Features of microstructure formation in products obtained by the technology of selective laser melting from copper alloys. *Politekhnikeskii molodezhnyy zhurnal* [Politechnical Student Journal], 2019, no. 1, doi: <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2019-11-547> (in Russ.).
- [15] Fiedler T., Dörries K., Rösler J. Selective laser melting of Al and AlSi10Mg: parameter study and creep experiments. *Prog. Addit. Manuf.*, 2021, <https://doi.org/10.1007/s40964-021-00248-5>

## Информация об авторах

**ГРИГОРЬЯНЦ Александр Григорьевич** — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Лазерные технологии в машиностроении». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1, e-mail: mcltlaser@gmail.com).

**КОЛЧАНОВ Дмитрий Сергеевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1, e-mail: kolchanovdmitry@gmail.com).

**ДРЕНИН Алексей Анатольевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1, e-mail: drenin@inbox.ru).

**ДЕНЕЖКИН Антон Олегович** — аспирант кафедры «Лазерные технологии в машиностроении». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1, e-mail: denezhkin.anton95@gmail.com).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Григорьянц А.Г., Колчанов Д.С., Дренин А.А., Денежкин А.О. Исследование влияния основных параметров процесса селективного лазерного плавления на пористость образцов из алюминиевого сплава RS-300. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2022, № 8, с. 55–64, doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-55-64

### Please cite this article in English as:

Grigoryants A.G., Kolchanov D.S., Drenin A.A., Denezhkin A.O. Study of the Influence of Main Parameters of the Selective Laser Melting Process on the Porosity of Aluminum Alloy RS-300 Samples. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2022, no. 8, pp. 55–64, doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-55-64

## Information about the authors

**GRIGORYANTS Aleksandr Grigoryevich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Department of Laser Technologies in Mechanical Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: mcltlaser@gmail.com).

**KOLCHANOV Dmitry Sergeevich** — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Laser Technologies in Mechanical Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: kolchanovdmitry@gmail.com).

**DRENIN Aleksey Anatolyevich** — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Laser Technologies in Mechanical Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: drenin@inbox.ru).

**DENEZHKIN Anton Olegovich** — Postgraduate, Department of Laser Technologies in Mechanical Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: denezhkin.anton95@gmail.com).