

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

**в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВА АК12, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Утяганова В.Р., Шамарин Н.Н., Савченко Н.Л.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В последние годы аддитивные технологии являются одной из главных платформ для исследований и быстро набирают обороты благодаря экономической выгоде и производству крупных и сложных изделий. Большинство аддитивных технологий используют в качестве исходного сырья порошок или проволоку, которые избирательно расплавляются сфокусированным источником тепла (лазер высокой мощности, электрическая дуга, электронный луч) и при послойном нанесении с последующим охлаждением, создают деталь разнообразной геометрии [1]. Важно отметить, что помимо созданий изделий методом послойного нанесения также существует возможность восстановить дорогостоящие сложные детали конструкций. Реконструируя изношенные детали можно получить значительную выгоду во времени, материальных затратах и не допустить потерю качества материала [1–4].

Сплавы системы алюминий – кремний обладают высокой способностью к формованию, имеют высокую удельную прочность и хорошую коррозионную стойкость. Благодаря вышеперечисленным качествам используются в аэрокосмической, авиационной и автомобильной промышленности. Детали из сплава АК12 зачастую используют в качестве поршней двигателей, картеров двигателей или автомобильных узлов [5–9]. На сегодняшний день уже исследованы изделия с использованием аддитивных технологий из сплава Al-12Si преимущественно в работах методом селективного лазерного плавления [8–10], но встречается и в работах с применением дуговой проволочной аддитивной технологий [11]. Из-за высокой отражательной способности лазера и из-за высокой пористости, получаемых дуговой аддитивной технологией изделий, стоит перейти к методу электронно-лучевого плавления. Электронно-лучевое аддитивное производство обеспечивает высокую скорость охлаждения получаемого материала, отличное качество и хорошую размерную точность благодаря вакуумной среде.

Целью данной работы является изучение микроструктурных и механических свойств тонкостенных изделий из алюминиевого сплава АК12 с разными значениями тепловложения, полученных методом электронно-лучевого аддитивного производства.

Печать изделий выполнялась при помощи электронно-лучевой установки с применением проволоки 1,2 мм сплава АК12. Химический состав проволоки АК12 приведен в таблице 1. Режимы проведения процесса печати тонкостенных образцов сплава 12 показаны в таблице 2. Внешний вид напечатанного тонкостенного образца представлен на рисунке 1. Всего было последовательно нанесено 40 продольных слоев в каждом образце. Вырезка образцов напечатанных изделий производилась с помощью электроэрозионной машины с ЧПУ.

Таблица 1. Химический состав алюминиево-кремниевого сплава АК12:

Fe, %	Si, %	Mn, %	Ti, %	Al, %	Cu, %	Zr, %	Mg, %	Zn, %	Примеси, %
до 1,5	10 - 13	до 0,5	до 0,1	84,3 – 90	до 0,6	до 0,1	до 0,1	до 0,3	всего 2,7

Секция 10. Аддитивные технологии формирования материалов, изделий и элементов конструкций с иерархически организованной структурой

Таблица 2. Параметры проведения процесса выращивания тонкостенных образцов сплава АК12

№ образца	Количество слоев	Диапазон силы тока пучка	Скорость подачи проволоки и, мм/мин	Ускоряющее напряжение, кВ	Тип развертки	Диаметр развертки, мм	Диаметр проволоки, мм
1-3	40	I	1326-1909	30	Спираль от центра	4	1,2
4-6	40	II	1326-1909				
7-9	40	III	1326-1909				



Рис. 1. Внешний вид образца АК12, напечатанного методом электронно-лучевого аддитивного производства (5 режим)

Были напечатаны объемные изделия из алюминиевого сплава АК12 методом электронно-лучевого аддитивного производства при трех режимах печати. Выявлена зависимость изменения структурных особенностей сплава АК 12 от количества подаваемого тепловложения.

Благодарность и финансирование. *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90072. The reported study was funded by RFBR, project number 19-38-90072.*

1. N. Li, S. Huang, G. Zhang, R. Qin, W. Liu, H. Xiong, G. Shi, J. Blackburn Progress in additive manufacturing on new materials: A review // *Journal of Materials Science and Technology*. 2019. № 35. С. 242–269.
2. Taminger K., Hafley R. Electron beam freeform fabrication: a rapid metal deposition process // *Proceedings of the 3rd Annual Automotive Composites Conference*. 2003. С. 9–10
3. Aboulkhair N.T., Simonelli M., Parry L., et al. 3D printing of Aluminium alloys: Additive Manufacturing of Aluminium alloys using selective laser melting // *Progress in Materials Science*. 2019. № 106. С. 100578.
4. L.E. Murr, S.M. Gaytan, D.A. Ramirez, E. Martinez, J. Hernandez, K.N. Amato, P.W. Shindo, F.R. Medina, R.B. Wicker, Metal Fabrication by Additive Manufacturing Using Laser and Electron Beam Melting Technologies // *Journal of Materials Science and Technology*. 2012. № 28. С 1–14.
5. K. Oyama, S. Diplas, M. M'hamdi, A.E. Gunnæs, A.S. Azar, Heat source management in wire-arc additive manufacturing process for Al-Mg and Al-Si alloys // *Additive Manufacturing*. 2019. № 26. С 180–192.
6. R. Chou, J. Milligan, M. Paliwal, M. Brochu, Additive Manufacturing of Al-12Si Alloy Via Pulsed Selective Laser Melting // *The journal of the Minerals, Metals & Materials Society*. 2015. № 67. С. 590–596.
7. K. Gokuldoss Prashanth, S. Scudino, J. Eckert, Tensile Properties of Al-12Si Fabricated via Selective Laser Melting (SLM) at Different Temperatures // *Technologies*. 2016. № 4. С. 38.
8. E.O. Olakanmi, R.F. Cochrane, K.W. Dalgarno, Densification mechanism and microstructural evolution in selective laser sintering of Al-12Si powders // *Journal of Materials Processing Technology*. 2011. № 211. С. 113–121.
9. Y. Yang, Y. Chen, J. Zhang, X. Gu, P. Qin, N. Dai, X. Li, J.P. Kruth, L.C. Zhang, Improved corrosion behavior of ultrafine-grained eutectic Al-12Si alloy produced by selective laser melting // *Materials and Design*. 2018. № 146. С. 239–248.
10. S. Siddique, E. Wycisk, G. Frieling, C. Emmelmann, F. Walther, Microstructural and Mechanical Properties of Selective Laser Melted Al 4047 // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. № 752–753. С. 485–490.
11. M. Köhler, S. Fiebig, J. Hensel, K. Dilger, Wire and arc additive manufacturing of aluminum components // *Metals (Basel)*. 2019. № 9. С. 1–9.