УДК 658.5.012.1

DOI: 10.17223/00213411/63/6/57

*К.Н. КАЛАШНИКОВ, А.В. ЧУМАЕВСКИЙ, Т.А. КАЛАШНИКОВА, К.С. ОСИПОВИЧ, Е.А. КОЛУБАЕВ***ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МАКРОДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ЛОКАЛЬНОЙ
НЕСТАЦИОНАРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ***

Проведено исследование образцов титанового сплава ВТ6, полученных методом проволочного электронно-лучевого аддитивного производства и характеризующихся наличием дефектной области, возникшей в результате неконтролируемых колебаний проволочного филамента в процессе 3D-печати. Для того, чтобы оценить влияние данных дефектных областей на структуру и свойства материала, были проведены металлографические исследования, испытания на растяжение и измерение микротвердости. Проведенные исследования показали, что дефектная зона представлена более мелкими зернами первичной β -фазы по сравнению с типичной столбчатой структурой аддитивно полученного сплава ВТ6. При этом микротвердость материала в дефектном и бездефектном участках образца идентична. Основное влияние такого рода дефекта сказывается на деформационном поведении материала, так как дефектная зона характеризуется повышенной пластичностью, но более низким пределом прочности по сравнению с материалом бездефектной зоны.

Ключевые слова: аддитивные технологии, титановый сплав, механические свойства, микроструктура.

Введение

Технологии аддитивного производства в последнее время представляют значительный интерес как для производителей, так и для исследователей. Для производителей в различных сферах промышленности аддитивные технологии могут позволить совершить огромный рывок в уменьшении сроков и экологичности изготовления деталей различного назначения. Например, для изготовления титановых шар-баллонов высокого давления аддитивное производство позволяет сократить затраты материалов за счет уменьшения количества операций, необходимых для получения детали, а также минимизации механических обработок. Это и другие преимущества делают аддитивные технологии качественной заменой традиционных методов производства. Известно, что существует целый ряд аддитивных технологий, отличающихся способами подачи сырьевого материала и источниками тепла, осуществляющими его плавление [1]. На основании данных критериев аддитивные технологии можно классифицировать следующим образом. Во-первых, это классификация по типу используемого источника, согласно которой аддитивные технологии делятся на лазерные, электронно-лучевые, дуговые, плазменные и др. [2–5]. Во-вторых, по типу сырьевого материала эти технологии можно разделить на порошковые и проволочные [6, 7]. В настоящей работе будет исследована технология проволочного электронно-лучевого аддитивного производства, которая характеризуется процессом локальной нестационарной металлургии, протекающим при нанесении слоев материала.

Данный метод аддитивного производства хорошо зарекомендовал себя для изготовления крупногабаритных изделий из различных металлов и сплавов [8–10], в том числе из титановых сплавов [11, 12]. В литературе широко известно использование данной технологии для изготовления вышеупомянутых шар-баллонов высокого давления, кронштейнов и других деталей авиационного и ракетно-космического назначения [13]. Более того, в работе [14] продемонстрирована возможность использования электронно-лучевого аддитивного производства для ремонта и восстановления поврежденных деталей авиадвигателей. Благодаря довольно широкой применимости данного метода изучение особенностей процесса формирования изделий из различных материалов является актуальной задачей для многих исследователей по всему миру. При этом вопросы, связанные с геометрическими параметрами и стабильностью технологического процесса электронно-лучевого аддитивного производства, мало освещены в современной литературе. Однако известно, что данные факторы могут оказывать прямое влияние на структуру и свойства конечного изделия [15, 16]. Например, в работе [16] показано, как влияет траектория печати на процесс формирова-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.11.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>