

УДК 621.9.048.7 + 539.512

DOI: 10.17223/00213411/64/2/130

Е.С. ХОРОШКО¹, А.В. ФИЛИППОВ¹, Н.Н. ШАМАРИН¹, Е.Н. МОСКВИЧЕВ¹, В.Р. УТЯГАНОВА¹,
С.Ю. ТАРАСОВ¹, Н.Л. САВЧЕНКО¹, Е.А. КОЛУБАЕВ¹, В.Е. РУБЦОВ¹, Д.В. ЛЫЧАГИН²

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕДНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Cu–Al–Si–Mn, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА *

Для получения медного сплава системы Cu–Al–Si–Mn использовалась проволоочная технология электронно-лучевого аддитивного производства. Методами оптической металлографии и растровой электронной микроскопии выполнены исследования структуры. На основе метода энергодисперсионного спектрального анализа изучался состав образцов. Для определения механических свойств сплава выполнены исследования его прочности при растяжении и микротвердости. Установлено, что структура напечатанного материала состоит из дендритных зерен α -фазы и прослоек γ -фазы. Напечатанный материал характеризуется изотропными свойствами по прочности, но анизотропными по пластичности при испытаниях на статическое растяжение. Значения твердости также указывают на анизотропию механических свойств, что, главным образом, связано с двухфазной структурой и неравномерностью их содержания в объеме напечатанного медного сплава системы Cu–Al–Si–Mn.

Ключевые слова: аддитивная технология, медный сплав, микроструктура, механические свойства.

Введение

Алюминиевые и кремниевые бронзы широко применяются в различных отраслях промышленности благодаря их износостойкости и способности противостоять воздействию коррозионно-активных сред. Легирование медного сплава алюминием приводит к повышению его прочности и коррозионной стойкости, а добавка кремния, помимо коррозионной стойкости, повышает обрабатываемость. Марганец в небольших количествах мало влияет на свойства сплава, но при содержании выше 5 вес. % значительно повышает его прочность. Кремниевое-алюминиевая бронза сочетает в себе самосмазывающие и противозадирные свойства кремния с высокими механическими свойствами алюминиевой бронзы. Благодаря такой комбинации эта бронза применяется в аэрокосмической, нефтегазовой, автомобильной, электротехнической, морской и других промышленных отраслях. Из нее преимущественно изготавливают детали авиационных шасси, втулки подшипников, направляющие, клапаны, детали насосов, кулачки, компоненты устьевого оборудования и др.

Традиционные технологии получения алюминиевых бронз имеют существенно ограниченные возможности по формированию изделий со сложной пространственной формой без привлечения дополнительных методов формообразования, таких, как резание. Это приводит к увеличению стоимости производства изделий. Применение современных аддитивных технологий 3D-печати призвано устранить этот недостаток и значительно повысить ресурсоэффективность производства.

Вакуумная проволоочная электронно-лучевая технология 3D-печати является перспективным методом изготовления изделий из материалов, склонных к окислению в присутствии атмосферы [1], в частности к такого рода материалам также относятся медь и алюминий. Одной из проблем при печати материалов с высокой теплопроводностью является формирование ванны расплава. В работе [2] показано, что при печати алюминиевой бронзы методом электродуговой печати [3, 4] происходит отслоение напечатанного материала от медной подложки и значительное искривление формы тонкостенного изделия. Причиной таких явлений может служить повышенный уровень тепловложения при формировании первых слоев. Перегрев материала приводит к формированию пористости на границе подложка – изделие и высоких напряжений. В результате после охлаждения изделия происходит разрушение по дефектному пограничному слою. Для устранения этой проблемы можно использовать подложку из сплава с низкой теплопроводностью, что значительно

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.11. Энергодисперсионный анализ выполнен при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90130.

Уважаемые читатели!

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

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