

УДК 621.9.048.7:621.791.1:539.24

DOI: 10.17223/00213411/62/9/26

Т.А. КАЛАШНИКОВА, А.В. ЧУМАЕВСКИЙ, В.Е. РУБЦОВ, К.Н. КАЛАШНИКОВ,
Е.А. КОЛУБАЕВ, А.А. ЕЛИСЕЕВ

СТРУКТУРНАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ И МОДИФИЦИРОВАННОГО В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, НА КОНЕЧНУЮ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА *

Проведено исследование образцов алюминиевого сплава AA5356 (AMg5), полученных методом электронно-лучевого аддитивного производства и модифицированных с использованием метода фрикционной перемешивающей обработки. Обработка производилась по направлению и поперек роста изделий. Установлено, что в процессе обработки трением с перемешиванием поры, образующиеся в процессе 3D-печати, устраняются за счет интенсивного термомеханического воздействия. Обнаружено, что режимы для разных направлений обработки не одинаковы. В результате подбора параметров было выявлено, что для формирования высокопрочного соединения поперек направления нанесения слоев необходимо приложить более высокое нагружающее усилие. Это связано с образующимися в процессе нанесения материала границами между слоями, которые оказывают большее сопротивление инструменту.

Ключевые слова: аддитивные технологии, сварка трением с перемешиванием, алюминиевые сплавы, механические свойства.

Введение

Одним из самых передовых направлений в современной науке о материалах является исследование процессов, происходящих при аддитивном производстве металлических образцов. Под аддитивным производством понимают процесс 3D-печати изделий свободной формы на основе компьютерной модели [1, 2]. Такие технологии хорошо себя зарекомендовали в различных областях промышленности: медицине, авиационной и космической промышленности и других [3]. Это произошло во многом благодаря тому, что аддитивное производство позволяет сократить затраты материала для изготовления деталей, снизить производство металлических отходов и повысить скорость изготовления.

Технологии аддитивного производства металлических изделий можно условно разделить на два класса: проволоочные и порошковые. Порошковые методы в основном используются для изготовления деталей малых размеров, но высокой точности, например для биомедицинского применения [4, 5]. Проволоочные методы, в свою очередь, используются для более габаритных изделий, где не требуется высокая точность изготовления [6, 7].

Размеры аддитивно изготавливаемых изделий ограничиваются размерами области печати используемого оборудования. Кроме того, при использовании проволоочных методов возможности изготовления изделий сложной формы также ограничены из-за особенностей технологии. Поэтому сложные и крупногабаритные изделия целесообразно изготавливать по частям, из деталей простой формы и небольшого размера, которые затем могут быть соединены между собой с использованием различных методов сварки. В связи с этим, актуальной задачей для изготовления крупногабаритных изделий и деталей, имеющих сложную геометрическую форму, является решение проблемы свариваемости аддитивно полученных материалов.

Как известно, при получении неразъемных соединений алюминиевых сплавов традиционными методами сварки плавлением сварной шов может иметь характерные дефекты, такие, как газовая пористость, кристаллизационные трещины и другие. Наиболее оптимальным способом соединения алюминиевых сплавов, обеспечивающим отсутствие подобного рода дефектов, является метод сварки трением с перемешиванием (СТП) [8–10]. Данный метод основан на адгезионном взаимодействии инструмента со свариваемым материалом [11]. Для деформируемых сплавов этот метод позволяет получать равнопрочные сварные швы, а для термически упрочняемых – швы с прочностью до 90 % от основного металла [12].

* Работа по получению и исследованиям структуры образцов выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23. Механические испытания и исследование поверхностей разрушения выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00136).

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>