

МИКРОСТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ГРАДИЕНТНОГО МАТЕРИАЛА «НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ 08X18H10T/СПЛАВ X20H80-N», ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА*

К.А. Реунова, Е.Г. Астафурова, В.А. Москвина, С.В. Астафуров,
М.Ю. Панченко, Е.В. Мельников, Е.А. Колубаев

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

С использованием методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии исследовали микроструктуру образцов градиентного материала «сталь 08X18H10T/сплав X20H80-N», полученного методом двухпроволочного электронно-лучевого аддитивного производства. Химический состав материала непрерывно изменяется от композиции нержавеющей стали 08X18H10T до сплава X20H80-N с промежуточным градиентным слоем, сформированным при сплавлении проволок двух составов в разных соотношениях. Для микроструктуры той части образцов, которая соответствует стали 08X18H10T без добавления никромового сплава, характерны столбчатые крупные аустенитные зерна (γ -фаза) с небольшим количеством дендритов δ -феррита (около 20%). Добавление сплава X20H80-N подавляет формирование δ -фазы при аддитивном росте стали 08X18H10T, и основная часть градиентного образца имеет аустенитную крупнокристаллическую структуру. При высоком содержании никромового сплава в структуре стали формируются частицы интерметаллидных фаз. Стабилизация аустенитной структуры нержавеющей стали 08X18H10T при добавлении сплава X20H80-N обсуждается с точки зрения изменения хромоникелевого эквивалента и механизма кристаллизации в ванне расплава при аддитивном производстве.

Ключевые слова: аддитивные технологии, аустенит, нержавеющая сталь, феррит, микроструктура.

Введение

Электронно-лучевое аддитивное производство (ЭЛАП) является одним из наиболее перспективных методов создания деталей машин и механизмов различного назначения [1, 2]. В отличие от традиционных способов, производство материалов методом ЭЛАП основано на послойном осаждении материала на подложку по заданной трехмерной компьютерной модели [3, 4]. Данный способ изготовления и обработки материалов привлек значительное внимание исследователей благодаря ряду своих преимуществ: относительно невысокой стоимости и высокой производительности производства, возможности быстрого прототипирования и изготовления изделий сложной формы [1, 3, 5]. В настоящее время металлические изделия, изготовленные методом 3D-печати, широко используются в различных отраслях современной промышленности: космической, медицинской, авиа- и машиностроении [6, 7]. Один из перспективных материалов, применяемых в аддитивном производстве, – аустенитные нержавеющие стали [8–10].

Хромоникелевые стали аустенитного класса обладают хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью, они находят широкое применение в медицине, авиакосмической, атомной и многих других отраслях промышленности [11]. Стальные конструкции, созданные методом ЭЛАП, обладают рядом недостатков по сравнению с аналогами, полученными традиционными методами литья, термомеханических обработок и металлообработки. В частности, для хромоникелевых сталей аустенитного класса характерны анизотропия зеренной структуры, присутствие вторичных фаз и δ -феррита, образование которого связано с неравновесными условиями кристаллизации и обеднением состава заготовки по никелю в ходе ЭЛАП-процесса [12]. Все это негативно сказывается на технологических и механических свойствах аддитивно-произведенных аустенитных нержавеющих сталей. Использование различных термических и термомеханических обработок, изменение параметров аддитивного роста и легирование материала такими элементами, как медь, ниобий и молибден, способствуют частичному снижению объемной доли δ -феррита в нержавеющих сталях, выращенных методами нестационарной металлургии [8]. Однако данные способы часто приводят к образованию интерметаллидной σ -фазы и карбидов (карбонитридов), способствующих преждевременному разрушению конструкций, получаемых при аддитивном производстве [8, 13]. Тем не менее именно легирование аустенитообразующими элементами является

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2022-0005. Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП «Нанотех» (ИФПМ СО РАН, Томск).

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>