

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАДИЕНТНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ СТАЛИ 08X18H10T И НИХРОМОВОГО СПЛАВА МЕТОДОМ ПРОВОЛОЧНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ АДДИТИВНОЙ ПЕЧАТИ

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

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Одной из основных проблем аддитивного производства (АП) аустенитных нержавеющей сталей (АНС) является формирование двухфазной (γ -аустенит/ δ -феррит) дендритной микроструктуры в получаемых заготовках. Это отличает АНС, полученные методами АП, от литых аналогов с однофазной гомогенной структурой и ограничивает использование получаемых компонент сразу после производства. Для получения гомогенной однофазной структуры в заготовках используют пост-производственные термические обработки, изменяют состав исходного сырья или режимы АП заготовки. В данной работе проведено экспериментальное исследование по установлению влияния постепенного добавления никеля в процессе проволочной электронно-лучевой 3D-печати стали 08X18H10T на фазовый состав, механические свойства и микроструктуру получаемой заготовки.

Для 3D-печати заготовки в виде стенки ($110 \times 30 \times 5$ мм³) использовали лабораторную установку для электронно-лучевого аддитивного производства (ЭЛАП). В качестве сырья для ЭЛАП использовали две сварочные проволоки диаметром 1,2 мм с разным химическим составом: Fe-18,2Cr-9,4Ni-1,1Mn-0,7Ti-0,5Si-0,08C мас.% (проволока из АНС 08X18H10T) и 77,8Ni-19,7Cr-1,9Si-0,6Fe мас.% (проволока из NiCr сплава). ЭЛАП проводили при следующих параметрах: $I=55$ мА, $U=30$ кВ, $V_w=25,5$ мм/с, развертка луча спиральная от центра размером $1 \times 3,5$ мм, частота развертки 1 кГц, процесс реализуется в вакуумной камере. В качестве подложки использовали пластину из АНС. При послойном наплавлении градиентной заготовки использовали два механизма подачи проволоки без остановки процесса ЭЛАП. Стальную проволоку подавали в формируемую электронным пучком ванну расплава и таким образом формировали первые 25 слоев. Следующие 25 слоев были получены осаждением проволоки из нихромового сплава. Для исследования микроструктуры, фазового состава и микротвердости из заготовки вырезали плоские образцы размером $1 \times 30 \times 5$ мм³ в поперечном сечении градиентной стенки.

В результате ЭЛАП в заготовке сформировалась макроскопически и микроскопически неоднородная слоистая структура с четырьмя характерными областями: (1) область нержавеющей стали 08X18H10T с двухфазной дендритной $\gamma+\delta$ микроструктурой в нижней части заготовки; (2,3) в средней части – переходная зона из нержавеющей стали и NiCr сплава, постепенно переходящая в область (4) NiCr сплава с ячеистыми дендритами и структурой γ -Ni в верхней части образца. Объемная доля δ -феррита и микротвердость градиентного материала «нержавеющая сталь/NiCr сплав» зависят от микроструктуры и фазового состава заготовки. Результаты магнитофазового анализа показали, что содержание δ -феррита зависит от положения в заготовке: от 9-15% в нижней части заготовки постепенно снижалось до нуля в переходной зоне с однофазной аустенитной структурой, стабилизированной никелем. Микротвердость варьируется от 2,4 ГПа у подложки (области с небольшой долей феррита) до 2,0 ГПа в двухфазной области и повышается до 2,3 ГПа в области со стабильной аустенитной структурой. В области (4) микротвердость составляет 1,9 ГПа. Таким образом, постепенное добавление нихромового сплава приводит к образованию широкой переходной зоны в области «нержавеющая сталь/NiCr сплав», где аустенитная структура нержавеющей стали стабилизирована никелем. В полученном при ЭЛАП градиентном материале переходная зона имеет однофазную аустенитную структуру непосредственно после изготовления, что выгодно отличает ее от двухфазной дендритной микроструктуры, типичной для хромоникелевой нержавеющей стали аддитивного производства.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2019-0030. Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН.