

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 538.9

DOI: 10.17223/00213411/63/6/16

Е.Г. АСТАФУРОВА, В.А. МОСКВИНА, М.Ю. ПАНЧЕНКО, С.В. АСТАФУРОВ, Е.В. МЕЛЬНИКОВ, Г.Г. МАЙЕР,
К.А. РЕУНОВА, В.Е. РУБЦОВ, Е.А. КОЛУБАЕВ

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗ НА ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕЩИН И МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ 3D-ПЕЧАТИ *

Исследованы закономерности формирования трещин вблизи области разрушения и микромеханизм разрушения при одноосном растяжении образцов нержавеющей хромоникелевых сталей Fe–19Cr–9Ni–0.1C и Fe–19Cr–9Ni–1.4Nb–0.1C, сформированных методом проволочной электронно-лучевой 3D-печати, в зависимости от фазового состава и распределения фаз в структуре. Установлено, что в образцах с двухфазной (аустенит/ δ -феррит) микроструктурой морфология феррита и его объемное содержание (до 25 %) влияют на распределение пластического сдвига в аустените и феррите, слабо влияют на закономерности формирования микро- и макроскопических полос локализации на стадии предразрушения, а механизм образования трещин аналогичен тому, который наблюдается в литых нержавеющей сталях близкого состава, обладающих однофазной аустенитной структурой. В аддитивно-выращенной стали, содержащей ниобий, формирование хрупких интерметаллидных фаз на основе ниобия и железа способствует формированию пор и микротрещин на межфазных границах аустенит/NbFeCrNi-фаза или δ -феррит/NbFeCrNi-фаза, а процессы формирования трещин в полосах локализованной деформации (как и их образование) оказываются подавленными. Независимо от элементного и фазового состава стальных образцов, полученных методом аддитивной 3D-печати, основной микромеханизм их разрушения, ямочный транскристаллитный излом, аналогичен наблюдаемому в литых образцах аустенитных нержавеющей сталей.

Ключевые слова: аддитивные технологии, электронно-лучевая 3D-печать, аустенит, феррит, механизм разрушения, локализация пластической деформации, ямочный излом.

Введение

Методы аддитивного производства (АП) металлов и сплавов направлены на быстрое прототипирование и создание изделий сложной формы, а также полиметаллических композиций различного состава и на решение других задач, которые невозможно реализовать с использованием методов традиционной металлургии и обработки материалов [1]. Развитие технологии АП сопровождается возникновением новых направлений в материаловедении и физике конденсированного состояния, поскольку материалы, полученные аддитивными методами, обладают рядом особенностей – их фазовый состав, микроструктура и прочностные свойства существенно отличаются от литых аналогов. Среди многообразия используемых в АП материалов аустенитные нержавеющей стали (АНС) на хромоникелевой основе занимают одну из лидирующих позиций благодаря их хорошей пластичности, свариваемости, высокой коррозионной стойкости и экологичности [2–6].

Полученные аддитивными методами образцы аустенитных нержавеющей сталей на хромоникелевой основе (стали 300-й серии) существенно отличаются от литых аналогов из-за формирования анизотропной зеренной структуры и из-за неоднородности фазового состава, возникающих вследствие циклической термической (нагрев/охлаждение) истории и неравновесных условий кристаллизации при АП [7–13]. Изготовленные методами АП стали обычно имеют двухфазную (γ -аустенит / δ -феррит) или гетерофазную (γ -аустенит/ δ -феррит/интерметаллиды/карбиды) микроструктуру [7–15]. Наличие анизотропии зеренной структуры, микроскопическая и макроскопическая неоднородности фазового состава оказывают заметное влияние на прочностные и пластические свойства аддитивно-изготовленных АНС – они, как правило, ниже, чем у промышленных аналогов. Различные термические обработки стальных заготовок, полученных методами 3D-печати, лишь частично нивелируют эти эффекты [12, 15, 16]. Альтернативным подходом может быть введение в состав сталей тугоплавких легирующих компонентов, таких, как Nb, Mo, V, Ta и др., которые способны создавать дополнительные центры кристаллизации и, таким образом,

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.7. Использовано оборудование ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН и Томского материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ.

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>