

УДК 621.785:669.14.08

DOI: 10.17223/00213411/62/11/112

Ю.Ф. ИВАНОВ<sup>1</sup>, Е.А. ПЕТРИКОВА<sup>1</sup>, А.Д. ТЕРЕСОВ<sup>1</sup>, О.В. ИВАНОВА<sup>2</sup>

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ВЫСОКОХРОМИСТОЙ СТАЛИ ИНТЕНСИВНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ\*

Сделан анализ результатов и установлены закономерности формирования структуры и свойств аустенитной нержавеющей высокохромистой стали 20Х23Н18, подвергнутой высокоскоростной термической обработке. Сталь 20Х23Н18 используется для изготовления деталей и механизмов, работающих при температурах до 1000–1050 °С (детали камер сгорания, направляющие лопатки газовых турбин и др.). Термическую обработку стали осуществляли на электронно-пучковой установке «СОЛО» с электронным источником на основе импульсного дугового разряда низкого давления с сеточной стабилизацией границы катодной плазмы и открытой границей анодной плазмы. Облучение осуществляли при следующих параметрах: энергия ускоренных электронов  $eV = 18$  кэВ; плотность энергии пучка электронов  $E_S = 20, 30$  и  $40$  Дж/см<sup>2</sup>; длительность импульса воздействия  $\tau = 50$  и  $200$  мкс; количество импульсов воздействия  $N = 3$ ; частота следования импульсов  $f = 0.3$  с<sup>-1</sup>; давление остаточного газа (аргона) в рабочей камере установки  $\sim 0.02$  Па. Исследования структуры и фазового состава материала осуществляли методами сканирующей и просвечивающей дифракционной электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, в качестве характеристик свойств стали использовали микротвердость и износостойкость. Показано, что облучение поверхности стали 20Х23Н18 импульсным электронным пучком приводит к высокоскоростному плавлению поверхностного слоя, формированию структуры ячеистой кристаллизации субмикронных размеров, увеличению износостойкости материала в 8 раз.

*Ключевые слова:* сталь аустенитного класса, интенсивный импульсный электронный пучок, поверхностный сплав, структура, свойства.

### Введение

Сталь 20Х23Н18 широко используется для изготовления деталей и механизмов, работающих в разных сферах промышленности при температурах до 1000–1050 °С (детали камер сгорания, направляющие лопатки газовых турбин и др.), а также применяется для работ в средах с повышенной радиацией [1]. Придание дополнительных свойств стали осуществляется различными методами, одним из которых является обработка концентрированными потоками энергии (мощные ионные пучки, потоки плазмы, лучи лазера, импульсные и непрерывные электронные пучки и т.д.) [2–7].

Целью настоящей работы является анализ результатов и установление закономерностей формирования структуры и свойств стали 20Х23Н18, подвергнутой высокоскоростной термической обработке интенсивным импульсным электронным пучком микро- и субмиллисекундной длительности.

### Материал и методики исследования

В качестве материала исследования была использована аустенитная нержавеющая сталь марки 20Х23Н18 (до 0.2 % С, 17–20 % Ni, 22–25 % Cr, до 2 % Mn, до 1 % Si, до 0.02 % S, до 0.035 % P, остальное – Fe) [1]. Образцы имели форму пластинки с размерами 15×15×5 мм. Обработку поверхностного слоя стали осуществляли, облучая интенсивным импульсным электронным пучком на установке «СОЛО» с электронным источником на основе импульсного дугового разряда низкого давления с сеточной стабилизацией границы катодной плазмы и открытой границей анодной плазмы [8]. Облучение осуществляли при следующих параметрах: энергия ускоренных электронов  $eV = 18$  кэВ; плотность энергии пучка электронов  $E_S = 20, 30$  и  $40$  Дж/см<sup>2</sup>; длительность импульса воздействия  $\tau = 50$  и  $200$  мкс; количество импульсов воздействия  $N = 3$ ; частота следования импульсов  $f = 0.3$  с<sup>-1</sup>; давление остаточного газа (аргона) в рабочей камере установки  $\sim 0.02$  Па.

Исследование структуры стали в исходном состоянии и после модифицирования осуществляли методами рентгеноструктурного анализа (дифрактометр XRD 6000), оптической (Микровизор металлографический  $\mu$ Vizo-MET-221), сканирующей (прибор SEM 515 Philips с микроанализатором EDAX ECON IV) и просвечивающей дифракционной (прибор ЭМ-125) электронной микро-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 19-19-00183).

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>