ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

**посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/270

ИЕРАРХИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ ПРИ НАПЫЛЕНИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК БОРА НА ПОВЕРХНОСТЬ ВЫСОКОХРОМИСТОЙ СТАЛИ

Иванов Ю.Ф., Шугуров В.В., Толкачев О.С.

Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Перевод атомных электростанций на более обогащенное топливо и, соответственно, ужесточение требований к абсорбирующей способности материала обуславливает необходимость увеличения концентрации бора в сталях, которые часто используются при хранении отработанного ядерного топлива благодаря высокой нейтронопоглощающей способности бора [1]. Однако, повышенное содержание боридов в структуре стали, способствуя хорошей прочности и твердости материала [2], сопровождается снижением уровня ее пластичности [3]. Одним из вариантов преодоления обозначенного противоречия является формирование поверхностного слоя, обогащенного атомами бора.

Целью настоящей работы является исследование структуры системы «пленка (бор) / (сталь) подложка», сформированной на поверхности образцов высокохромистой аустенитной стали в схеме плазменно-ассистированного ВЧ-распыления катода из порошка бора.

В качестве материала исследования использовали высокохромистую сталь марки 20Х23Н18. Формирование пленки бора на поверхности стали осуществляли при следующих параметрах процесса: температура образцов 380 °С, длительность процесса 1 час; давление аргона 0,55 Па, ток ПИНКа $I_{\text{П}} = 100$ А, напряжение смещения $U_{\text{см}} = 950$ В, частота смещения 50 кГц, образцы под плавающим потенциалом (нагрев катода из бора от анода ПИНКа). Исследования элементного и фазового состава, состояния дефектной субструктуры проводили методами сканирующей и просвечивающей дифракционной электронной микроскопии.

Реализован процесс и сформирована на поверхности стали пленка бора толщиной до 500 нм (рис. 1, слой 1). Методами дифракционного анализа выявлено аморфное состояние пленки.

Рис. 1. Структура поверхностного слоя системы «пленка (бор) / (сталь 20Х23Н18) подложка», сформированной на поверхности стали в схеме плазменно-ассистированного ВЧ-распыления катода из порошка бора. Метод STEM анализа поперечной фольги.

Установлено, что при осаждении на поверхность стали пленки бора формируется многослойная иерархически подчиненная система, представленная, собственно пленкой бора (рис. 1, а, слой обозначена 1), тонкой (15-20) нм прослойкой, расположенной на границе

Секция 7. Тонкие пленки и многослойные покрытия как иерархически организованные структуры

раздела «пленка (В) - подложка (сталь)» и образованной наноразмерными боридами железа и хрома состава FeB , Fe_2B , CrB_6 (рис. 1, б, прослойка указана стрелками), примыкающего к данной прослойке переходного слоя твердого раствора на основе γ -железа толщиной ≈ 150 нм, разделенного на подслои толщиной (60-80) нм, имеющие наноразмерную структуру с размерами кристаллитов (10-30) нм (рис. 1, слой обозначен 2), и слоя термодиффузионного преобразования стали толщиной до 500 нм (рис. 1, слой обозначен 3), содержащего частицы $(\text{FeNi})_{23}\text{B}_6$, CrB и $\text{Fe}_3\text{Ni}_3\text{B}$, размеры которых изменяются в пределах (2-3) нм (рис. 2).

Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение структуры поверхностного слоя стали 20X23H18, после напыления пленки бора (на рис. 1 слой обозначен 3); а – светлое поле; б – микроэлектроннограмма, полученная с участка (а), в – темное поле, полученное в совпадающих рефлексах $[531](\text{FeNi})_{23}\text{B}_6 + [200]\gamma\text{-Fe}$. На (б) стрелкой указан рефлекс, в котором получено темное поле. Метод ТЕМ анализа поперечной фольги.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект №19-19-00183).

1. Shulga, A.V. A comparative study of the mechanical properties and the behavior of carbon and boron in stainless steel cladding tubes fabricated by PM HIP and traditional technologies // J. Nucl. Mater. 2013. V. 434. S. 133–140.
2. Guseinov R.K. Properties of structural steel doped with boron // Met. Sci. Heat Treat. 1991. No. 7. С. 35–37.
3. Zhang J., Gao Y., Xing J., et al. Effects of plastic deformation and heat treatment on microstructure and properties of high boron cast steel // J. Mat. Eng. Perf.. 2011. V. 20. No. 9. S. 1658–1664.