

УДК 621.35

В.В. Штефан, доц., канд. тех. наук.,  
А.С. Епифанова, аспирант,  
Н.А. Канунникова, аспирант  
Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## **СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ МОЛИБДЕН- И ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для современной техники и химических технологий используется широкий арсенал научных подходов для усовершенствования поверхностей материалов в целях повышения их служебных характеристик.

На сегодняшний день в электрохимии большую роль занимают модифицированные композиционные покрытия различными соединениями вентильных металлов, например, как молибден и титан [1-3]. Такие соединения обладают функциональными свойствами: значительной твердостью, коррозионной стойкостью, высоким термическим сопротивлением, износостойкостью, каталитической активностью в реакции выделения водорода [4,5]. Благодаря вышеперечисленным показателям, модифицированные композиционные покрытия являются перспективными материалами для разных областей применения, как в виде гальванических сплавов, так и оксидных пленок.

В работе исследовали структурно-фазовый состав молибден- и титансодержащих композиционных покрытий гальванического сплава Со-

Mo-TiO<sub>2</sub> на меди и оксидного слоя FeO<sub>x</sub>-Mo<sub>y</sub> (M=Ti или Mo) на нержавеющей стали.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Растворы готовили на дистиллированной воде с реактивов марок «ч» и «хч». Навески твердых веществ взвешивали на аналитических весах с точностью до четвертого знака. С помощью добавления NaOH доводили pH раствора до нужного значения.

Электролитическое формирование композиционных покрытий проводили с использованием источника постоянного тока Б5-44 в растворах [2,7]. Рабочие электроды подвергались предварительной подготовкой поверхности. Гальваностатический электролиз осуществляли в двухэлектродной системе с рабочим объемом 200 мл, при нагревании и непрерывном перемешивании магнитной мешалкой. Полученные образцы с покрытием промывали дистиллированной водой и сушили на воздухе [6,7].

**Таблица 1 – Режимы формирования композиционных покрытий**

	Co-Mo-TiO <sub>2</sub>	FeO <sub>x</sub> -Mo <sub>y</sub>
Анод	платиновая сетка	сталь AISI 304
Катод	медь марки М0	платиновая нить
j, А/дм <sup>2</sup>	10-40	8
t, °С	70	50-55
τ, мин	30 (2 слоя)	25

Исследования фазового состава полученных композиционных покрытий проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.0 (CuKα-излучение) [7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рентгенофазовый анализ используют для идентификации различных соединений в их химическом составе на основе полученной дифракционной картины из исследуемого образца. Определение вещества в покрытии производится по набору его межплоскостных расстояний и относительным интенсивностям соответствующих линий на рентгенограмме.

По результатам анализа композиционного сплава Co-Mo-TiO<sub>2</sub> (рис. 1) было установлено, что в покрытии кроме оксидов кобальта, молибдена и титана определены фазы: Ti<sub>2</sub>Co<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Mo<sub>9</sub>O<sub>26</sub>, Mo<sub>2</sub>C, CoTi<sub>2</sub>, CoTi, Co<sub>7</sub>Mo<sub>6</sub>, Co<sub>3</sub>Ti, Co<sub>2</sub>Mo<sub>3</sub>, Co<sub>2</sub>Mo<sub>7</sub>, Mo, Co<sub>3</sub>Mo, C, Co, Mo<sub>9</sub>Ti, Mo<sub>3</sub>C<sub>2</sub>. Входящий в состав электролита лиганд трилон Б способствует появлению углерода в покрытии, о чем свидетельствуют пики на полученном спектре.

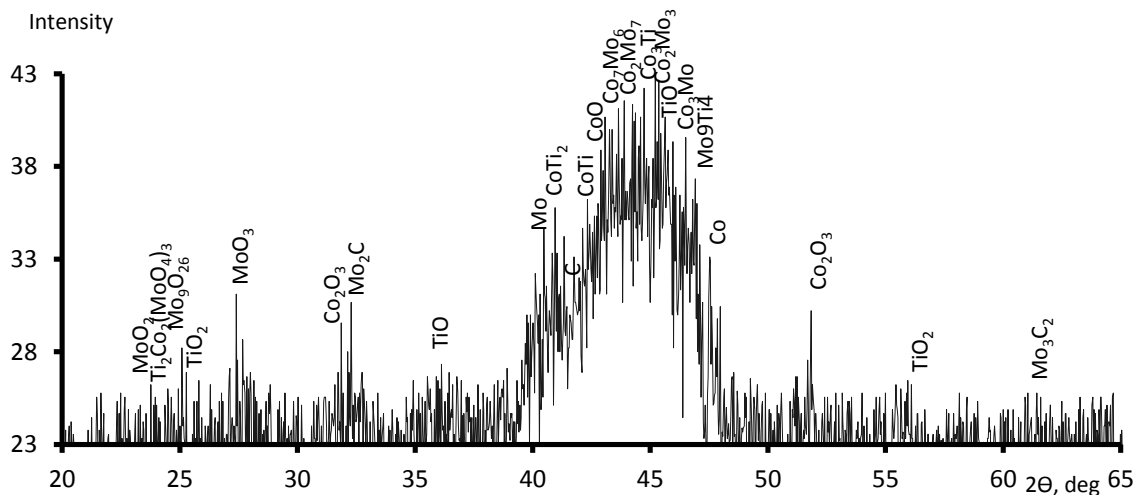


Рисунок 1 – Рентгенограмма композитного покрытия Co-Mo-TiO<sub>2</sub>

В результате электролиза в молибден- и титансодержащих электролитах были получены плотные, беспористые композиционные оксидные пленки черного цвета на нержавеющей стали.

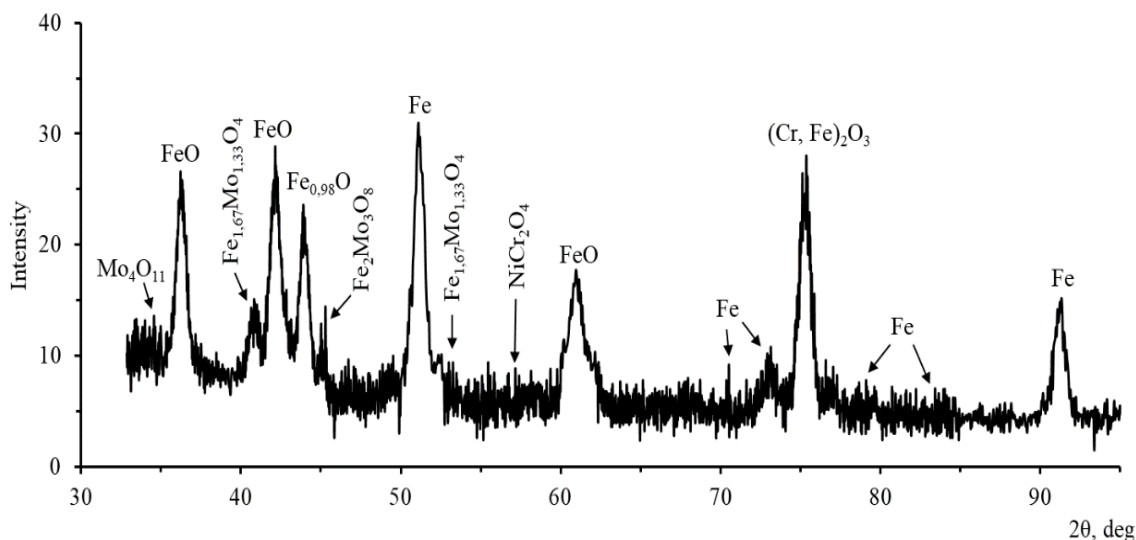


Рисунок 2 – Рентгенограмма оксидного слоя FeO<sub>x</sub>-MoO<sub>y</sub>

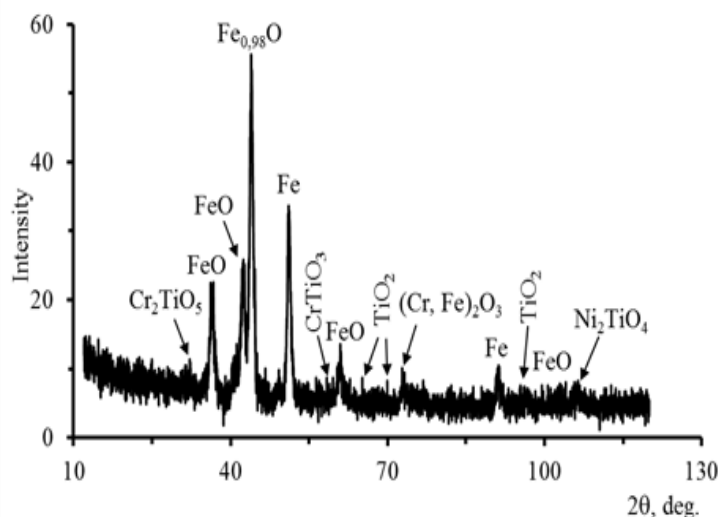


Рисунок 3 – Рентгенограмма оксидного слоя  $\text{FeO}_x\text{-TiO}_y$

В покрытиях, сформированных в модифицированном сульфатном электролите помимо оксидов железа, обнаружены фазы, в которых содержатся соединения молибдена и титана в виде  $\text{Mo}_4\text{O}_{11}$ ,  $\text{Fe}_{1.67}\text{Mo}_{1.33}\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$  (рис.2),  $\text{CrTiO}_5$ ,  $\text{CrTiO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ni}_2\text{TiO}_4$  (рис.3). Структура кристаллическая.

#### ВЫВОДЫ

Результаты рентгенофазового анализа позволяют сделать вывод о структуре и фазах полученных композиционных сплавов и оксидных слоев, что не мало важно знать для дальнейшего изучения самих покрытий и возможных областей их применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Shtefan V.V., Epifanova A.S., Koval'ova A.A., Vairachnyi B.I. /Electrolytic deposition of highly hard coatings of a cobalt–molybdenum alloy. // Material Science. 2017. Vol. 53. No. 1. P. 47–54.
2. Електроліт для нанесення покриття кобальт-молібден: пат. 112925 Україна: МПК7 (2006.01) C25D 3/52, № а201307706; заявл.20.04.2015;опубл. 10.11.2016,Бюл. № 21.
3. Корозійна поведінка сплаву Со–Мо у хлоридних розчинах / В.В. Штефан, О.О. Смирнов, А.О. Беженко, А.С. Єпіфанова, Н.О. Кануннікова, М. М. Метеньканич, С.А. Князєв // Physicochemical Mechanics of Materials (Физхим. мех. м-лов) 2018. Т.54. № 4. С. 62-67.
4. Вольтамперометрія осадження сплаву Со–Мо / В.В. Штефан, А.С. Єпіфанова, О.В. Кобзєв, М.М. Метеньканич // Вісник НТУ «ХПІ». 2018. № 39 (1315). С. 80-83.
5. В.В. Штефан, А.С. Епифанова, А.М. Мануйлов, Ю.Ю. Кучма, Н.А. Канунникова. Вольтамперометрия  $d^4-d^{10}$  металлов // Современные электрохимические технологии и оборудование: матер. док. Междунар. науч - техн. конф., 24-25 ноября 2016.: – Минск: БГТУ, 2016. – 335с.

6. Баламут Н. С., Штефан В. В., Канунникова Н. А. Анодное поведение стали 08X18H10 в хлоридных растворах // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXVI Міжнар. наук.-практ. конф., 16-18 травня 2018р.: тези доп. – Харків:НТУ" ХП", 2018. – Ч. II. – 186с.

7. Shtefan V., Kanunnikova N., Pilipenko A., Pancheva H. Corrosion Behavior of AISI 304 Steel in Acid Solutions // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 6, No.P2. P. 149-156.