

УДК 621.793.3

**ПОКРЫТИЯ Ni-P-(W), ПОЛУЧЕННЫЕ ХИМИКО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ
МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ, КАК ОПОРНЫЕ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО
ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ W(C) НА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЯХ**

Е.А. Рубан^{1,2*}, В.В. Душик¹, А.Б. Дровосеков¹

¹Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

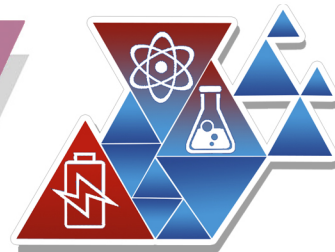
²Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии
РАН, Черноголовка, Россия

*e-mail: evgeny.ruban991@gmail.com

Самыми распространёнными конструкционными материалами в промышленности до сих пор являются сплавы на основе железа (стали, чугуны). Это обусловлено сочетанием их физико-механических свойств, доступностью, большой технологичностью. Для придания конструкционным элементам дополнительных эксплуатационных свойств применяются различные методы защиты их поверхностей, в частности, нанесение покрытий, обладающих лучшими свойствами по сравнению с материалом основы. Широко распространёнными методами нанесения покрытий являются гальванические технологии, газотермическое напыление, диффузионные методы модификации поверхности, осаждение соединений из газовой фазы и др. Одним из уникальных подходов, позволяющих наносить соединения тугоплавких элементов, является метод химического газофазного осаждения (ХГО). Тугоплавкие соединения все шире используются в промышленности в качестве легирующих добавок в сплавах, в аддитивных технологиях, специальных применениях, электронике и электротехнике и др. Одновременно преимуществом и недостатком ХГО является отсутствие адгезии ХГО-покрытий к сплавам на основе железа - реакторная зона установки для ХГО выполняется из стали, но при этом невозможно осадить покрытие на железную деталь.

В работе представлена методика нанесения многослойных покрытий последовательно методами химико-каталитической металлизации (ХКМ) состава Ni-P-(W) и ХГО состава W(C). Выбор метода осаждения никелевых сплавов основан на возможности метода ХКМ осаждения равномерных однородных осадков на деталях со сложной геометрией. За счёт применения промежуточного опорного слоя на основе сплавов никеля, осаждённых из водных растворов его солей, получилось добиться удовлетворительной адгезии и когезии между слоями разнородных покрытий и покрытия с материалом основы.

ХКМ-покрытия получали из водных растворов соли никеля (II) $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, восстановителя $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и лигандов – яблочной кислоты, ацетата натрия. Процесс осаждения проводили в термостатируемом стакане при 90 °С. ХГО-покрытия получали в вакуумной ХГО-установке на образцах с предварительно оса-



ждённым ХКМ-покрытием при температурах 550 и 600 °С. В качестве прекурсоров для ХГО использовались WF_6 , C_3H_8 и H_2 [1]. Термообработка ХКМ-покрытий проводилась в ХГО-установке при характерных температурах ХГО без напуска WF_6 , C_3H_8 .

При осаждении ХГО-покрытий в режиме 600 °С были обнаружены поверхностные трещины в покрытии после охлаждения образца, поэтому далее исследовались образцы с ХГО-покрытием, синтезированных при 550 °С. При проведении ХГО происходит термообработка ХКМ-покрытий с фазовым переходом между соединениями, находящимся в покрытии: Ni, свободный P, PO_3 и др. соединения преимущественно переходят в $Ni+Ni_3P$ [2]. Изменение фазового состава опорного слоя отражено в изменении его микротвердости – с 200 до 600 кгс/мм², что соответствует твердости вольфрама, который использовался в качестве опорного слоя ранее. Сравнительные адгезионные тесты показали высокую силу сцепления финишного ХГО слоя с подслоем Ni-P-(W), что позволяет рекомендовать полученные подслои в качестве опорных для ХГО покрытий системы W-C на стальных изделиях.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № 122011300078-1).

Список литературы

1. Dushik V.V., Rozhanskii N.V. et al. // Materials Letters. 2018. Т. 228. № 10. Р. 164–167.
2. Душик В.В., Рубан Е.А., Шапоренков А.А. и др. // Коррозия: материалы, защита. 2021. № 12. С. 15–21.