

УДК 669

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ, ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ И ТЕРМОДИФФУЗИОННЫМ СПОСОБОМ

© Вдовина Е.Е.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: elizabeth.elizabeth2002@yandex.ru

Цинковые покрытия широко используются для защиты стального крепежа от коррозии. Существуют различные способы нанесения цинковых покрытий на болты и гайки. Каждый способ имеет свои технологические преимущества и недостатки. Метод нанесения цинка влияет на получаемую структуру и эксплуатационные свойства [1–3]. Крепеж находится в тесном контакте с соединяемыми деталями. Соответственно, возможно возникновение контактной коррозии. При контакте металлов возникает коррозионный гальванический элемент, его работа влияет на скорость коррозии каждого контактирующего металла. Контактную коррозию и скорость работы гальванического элемента можно оценить по стандартному электродному потенциалу.

Целью исследования является сравнение структуры и свойств цинковых покрытий, полученных методом погружения (ГЦ), газотермическим напылением (ГТЦ) и термодиффузионным способом (ТДЦ).

Для исследования использовали гайки и болты с цинковыми покрытиями, полученными методом погружения, газотермическим напылением и термодиффузионным способом. Для изучения элементного состава и структуры покрытий использовался сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA SB с приставкой OXFORD INCA x-act. Шероховатость покрытия изучали на профилометре SJ-301. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3. Стандартный электродный потенциал измеряли с помощью электропотенциометра.

Исследование показало, что на поверхности газотермического покрытия заметны деформированные частицы порошка цинка. В поперечном сечении можно увидеть, что цинковое покрытие представлено одним однородным слоем. Содержание цинка на поверхности – 92,35 %. Поверхность горячего цинкового покрытия ровная, четко видны границы зерен, наблюдаются усадочные поры. В поперечном сечении различимы три фазы: η -фаза, ζ -фаза, δ -фаза. Поперечное сечение образцов представлено на рис. 1.

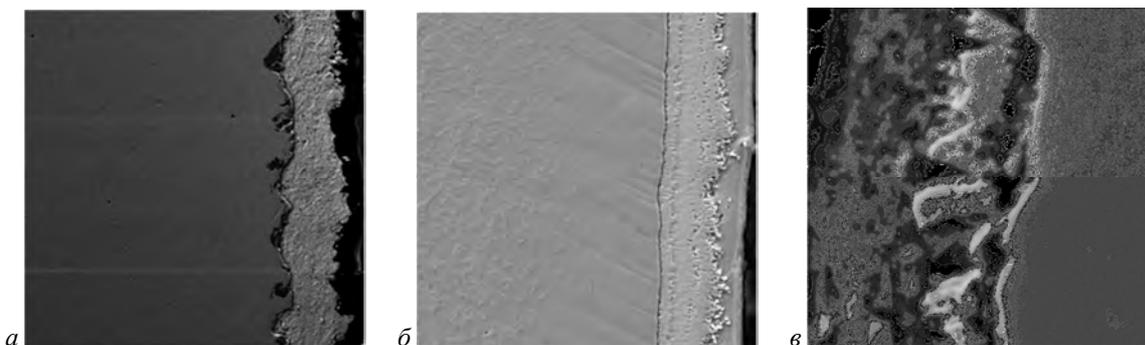


Рисунок 1 – Поперечное сечение образцов:
а) с ГТЦ (увеличение 300х), б) с ГЦ (увеличение 1000х), в) с ТДЦ (увеличение 4000х)

У термодиффузионного покрытия поверхность неровная, в поперечном сечении различимы две фазы. На поверхности покрытия содержание цинка 63,41 % и очень много примесных атомов, которые попали туда из технологической смеси. Элементный состав цинковых покрытий представлен в табл. 1.

Измеренные значения микротвердости и шероховатости отражены в табл. 2.

Измеренные значения стандартных электродных потенциалов покрытий и чистых металлов показаны на рис. 2.

Таблица 1 – Элементный состав цинковых покрытий

Вид покрытия		Zn, вес%	Fe, вес%	Al, вес%	C, вес%	O, вес%	Si, вес%
ГТЦ		88,62	1,2	0,51	7,34	2,01	0,31
ГЦ	η-фаза	99,997	0,003				
	ζ-фаза	93,430	6,570				
	δ-фаза	90,550	9,450				
ТДЦ	ζ-фаза	95,96	4,04				
	δ-фаза	85,07	14,93				

Таблица 2 – Микротвердость и шероховатость ГЦ, ГТЦ и ТДЦ покрытий

Свойства		Газотермическое цинкование	Горячее цинкование	Термодиффузионное цинкование
Микротвердость, HV		87 (50 г)	36 (20 г)	340 (50 г)
Шероховатость	Rz, мкм	17,5	4,6	23,0
	Ra, мкм	4,4	0,8	3,9

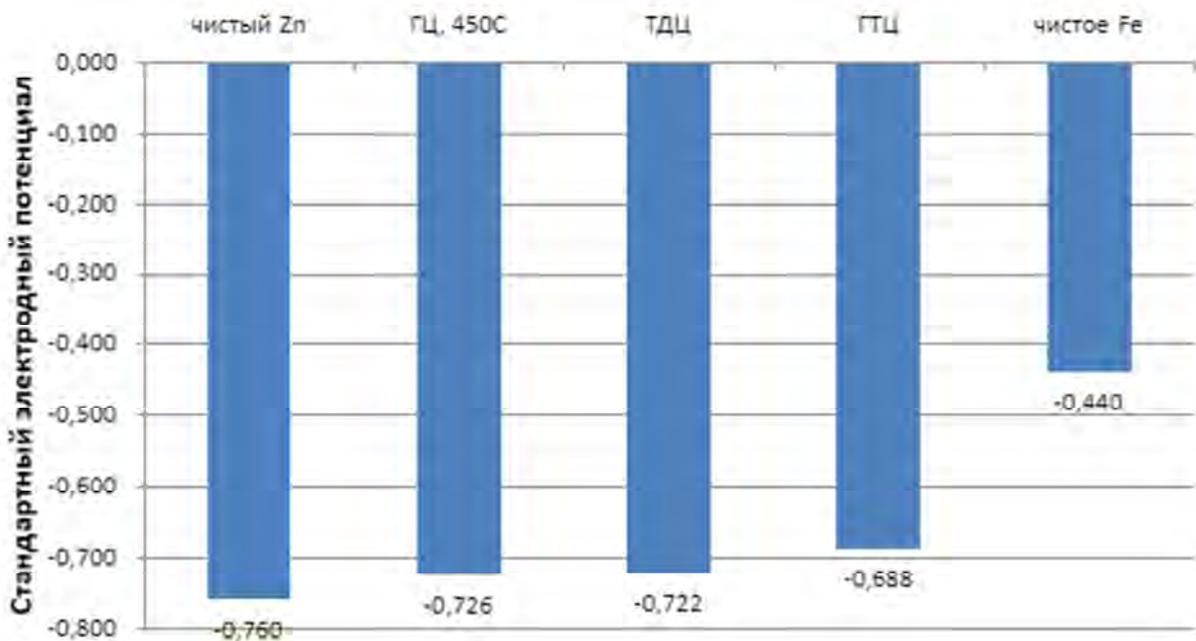


Рисунок 2 – Стандартные электродные потенциалы чистых Zn и Fe, ГЦ, ГТЦ и ТДЦ покрытий

Анализ показал, что ГЦ-покрытие имеет более электроотрицательные потенциал по сравнению с ГТЦ, следовательно, ГЦ-покрытие будет разрушаться в первую очередь при таком контакте. Значения стандартных потенциалов ГЦ- и ТДЦ-покрытий

практически не отличаются, следовательно, при их контакте контактная коррозия не возникнет.

На основании проделанной работы можно сделать вывод, что ГТЦ-покрытие состоит из одного порошкового слоя, ГЦ-покрытие – из трех фаз, ТДЦ – из двух. Обнаружено разное содержание цинка на поверхности (ГТЦ – 92,35 % массовых, ГЦ – 99,3 % массовых, ТДЦ – 63,41 % массовых). При исследовании свойств покрытий максимальное значение шероховатости выявлено у ГТЦ-покрытия (4,4 Ra), минимальное – у ГЦ-покрытия (0,8 Ra); максимальное значение микротвердости – у ТДЦ покрытия (340 HV) из-за фазы, находящейся на поверхности, минимальное – у ГЦ-покрытия (36 HV). Анализ стандартных электродных потенциалов покрытий показал, что при соединении изделий с ГЦ- и ТДЦ-покрытиями не возникает контактной коррозии. При соединении ГЦ-покрытия с ГТЦ в первую очередь начнет корродировать ГЦ-покрытие.

Библиографический список

1. Тушинский Л.И., Плохов А.В., Токарев А.О., Сиднеев В.И. Методы исследования материалов. М.: Мир, 2004. 85 с.
2. Полькин В.И. Цинк для защиты от коррозии // Фундаменты. 2021. № 1. С. 68–71.
3. Chung P.P., Wang J., Durandet Y. Deposition processes and properties of coatings on steel fasteners – A review [et al.] // Swinburne University of Technology. 2019. P. 1–28.