

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinостероидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биооргхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» на 2021–2025 годы (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kisa, D. The responses of antioxidant system against the heavy metal-induced stress in tomato / D. Kisa // J. of Natural and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 22, № 1. – P. 1–6.
2. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии», 2002. – 239 с.
3. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 437 с.
4. Башмаков, Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск : Мордов. ун-т, 2009. – 236 с.
5. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 29 с.

[К содержанию](#)

УДК 620.178.311:868

**В. А. АШУЙКО, И. Е. МАЛАШОНОК, С. Л. РАДЧЕНКО,
Н. А. ГВОЗДЕВА**
Беларусь, Минск, БГТУ

МЕХАНИЗМ ЗАЩИТЫ СТАЛИ АНТИКОРРОЗИОННЫМИ ЦИНКСОДЕРЖАЩИМИ КРАСКАМИ

Цинкование считается одним из самых надежных, экономичных и потому распространенных способов защиты железа и стали от коррозии. Горячее цинкование один из способов нанесения защитного покрытия на сталь. По отношению к горячему цинкованию способ холодного цинкования [1; 2] является достаточно конкурентоспособным и заключается

в нанесении на защищаемую поверхность цинкнаполненных красок. В Республике Беларусь существуют производства горячего цинкования, в частности ОАО «Речицкий метизный завод». В процессе горячего цинкования образуются около 120–140 т в год цинковой пыли, которую после отсева можно использовать при получении цинксодержащих красок.

В работе изучали коррозионную устойчивость образцов стали, покрытых цинксодержащими красками на основе разных связующих и отхода горячего цинкования – цинковой пыли с размером частиц 5–15 мкм.

В качестве связующего использовали жидкое стекло (образец 0.1), этилсиликат (образец 0.2) и акриловый полимер (образец 0.3). Важным условием реализации протекторной защиты является осуществление связи частиц цинковой пыли между собой и со стальной поверхностью. Это достигается за счет высокой степени содержания металлического пигмента (около 90 % по массе) [1; 2]. Цинксодержащие краски способны защищать металлы от коррозии на срок от 10 лет.

В зависимости от условий эксплуатации некоторое время после нанесения покрытие имеет пористую структуру, пропускающую минимальное количество влаги к железу. В этом случае покрытие защищает железо активным, катодным способом. С течением времени на частицах цинка образуются продукты коррозии: оксид, гидроксид, карбонат гидроксоцинка. Происходит уплотнение структуры покрытия, и оно перестает пропускать влагу и воздух. Вступает в силу пассивная, барьерная защита. Однако, если целостность покрытия будет нарушена (дефекты, царапины, трещины), в силу снова вступит катодная, активная защита.

Для изучения механизма противокоррозионной защиты полученных покрытий использовали трехэлектродную электрохимическую ячейку, потенциостат-гальваностат Autolab PGNST 302N, оснащенный модулем импедансной спектроскопии FRA 32N. Для испытаний были получены электроды (20×20 мм), которые вырезали из стального листа толщиной 1,5 мм марки Ст3. На подготовленную поверхность электродов наносили цинксодержащие краски и определяли их коррозионную стойкость.

Импеданс спектры образцов (метод электрохимической импедансной спектроскопии) снимали в 3 %-м растворе NaCl, диапазон частот измерения составлял 10^6 – 10^7 Гц, амплитуда колебаний – 10 мВ, количество точек на декаду колебаний – 20. На основании обработки спектров импеданса определена скорость коррозии образцов.

Составы и характеристики цинксодержащих композиций приведены в таблице.

На рисунке 1 приведены фотографии поверхности образца № 0.2 до и после 6-часовой выдержки в 3 %-м растворе хлорида натрия.

Таблица – Составы и характеристики цинксодержащих композиций

Номер композиций (образца)	Пигмент, форма и размер фракции, мкм	Пленкообразователь	Толщина покрытия, мкм
0.1	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Жидкое стекло (концентрированный раствор силиката калия)	100–130
0.2	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Этилсиликатный полимер	30–40
0.3	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Полиакрилат	60–80

*a**б*Рисунок 1 – Фотографии поверхности образца № 0.2 до (*a*) и после 6-часовой выдержки в 3 %-м растворе хлорида натрия (*б*)

Из рисунка 1 следует, что после 6-часовой выдержки на поверхности образца образовались продукты коррозии белого цвета.

Процесс коррозии образцов исследовали методом импедансной спектроскопии, который основан на представлении, что металл с покрытием при погружении в электролит описывается эквивалентной электрической схемой, в которой емкость и сопротивление соединены параллельно, иными словами, в первый момент соприкосновения с электролитом система может рассматриваться как конденсатор с потерями, в котором металл и электролит являются обкладками, а диэлектрической прокладкой – пассивное покрытие [3].

По мере увеличения несплошности покрытия и появления участков с прямой проводимостью электролит локально контактирует с металлом, и измеряемая емкость будет определяться суммой электрической и электрохимической составляющей переменного тока. Явно выраженная зависимость емкостного сопротивления от частоты переменного электрического сигнала характерна для начального момента воздействия электролита на лакокрасочное покрытие, а также для покрытий с высокими защитными и электроизоляционными свойствами.

Для покрытий с низкими защитными свойствами характерно отсутствие или малая зависимость сопротивления от частоты. Для цинк-содержащих красок с высоким содержанием цинка модуль импеданса составляет 10^2 – 10^3 Гц во время первоначального этапа защиты. В случае высоких барьерных характеристик модуль импеданса превышает 10^6 – 10^7 Гц в диапазоне низких частот.

Электрическая емкость мала по величине и не зависит от частоты, а электрохимическая емкость сильно зависит от частоты и возрастает по величине.

На рисунке 2 приведены импеданс спектры (ЭИС) образцов 0.1, 0.2 и 0.3, снятые через каждый час. Как видно из рисунка 2, увеличение времени коррозионных испытаний приводит к изменению характера спектров ЭИС. На диаграммах Найквиста (образцы 0.2 и 0.3) появляются первая, вторая и другие полуокружности и происходит постепенное увеличение их диаметров во времени, что объясняется увеличением степени экранирования частиц цинка продуктами коррозии.

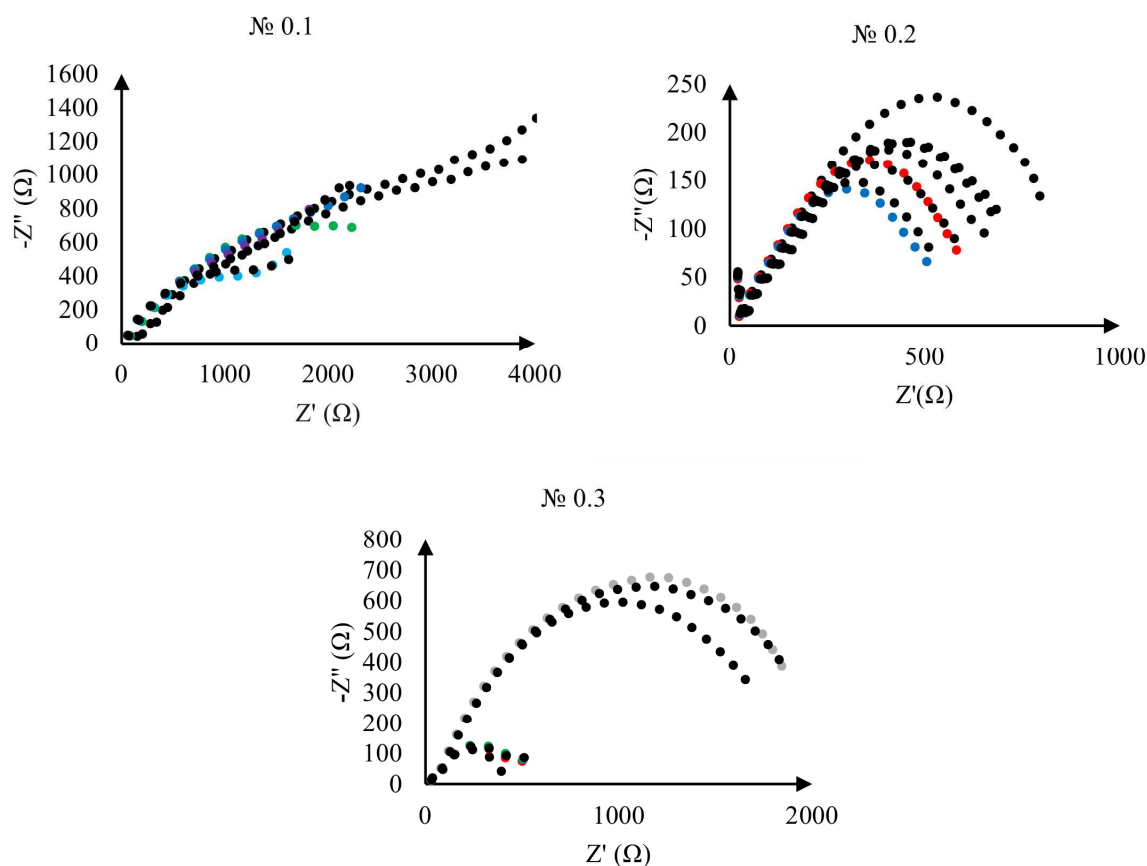


Рисунок 2 – Импеданс спектры (ЭИС) образцов 0.1, 0.2 и 0.3, полученные через каждый час выдержки в течение 6 часов

В случае образца 0.1 импеданс спектр имеет другую форму. На диаграммах кривые принимают форму импеданса Варбурга, что свидетельствует о преобладании диффузионного воздействия, это указывает на уплотнение и залечивание пор покрытия. Поверхностный слой краски на основе жидкосиликатного связующего проявляет гидрофильные свойства за счет присутствия фрагментов Si–ОН, что способствует удержанию воды и растворенного в ней кислорода на поверхности краски. Таким образом, облегчается диффузия к поверхности частиц цинка и образование продуктов коррозии. Краски на основе этилсиликатного и акрилового связующих проявляют гидрофобные свойства, что доказано измерением углов смачиваемости образцов.

Результаты исследования защитных свойств цинксодержащих красок с использованием различных связующих электрохимическим методом показали, что все изученные составы проявляют высокие антикоррозионные свойства и могут использоваться для защиты стали от коррозии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлович, А. В. Цинкнаполненные антикоррозионные грунтовки / А. В. Павлович, В. В. Владенков, В. Н. Изюмский // Лакокрасоч. пром-сть. – 2010. – № 3. – С. 38–46.
2. Ануфриев, Н. Г. Применение современных цинкнаполненных грунтовок для защиты металлоконструкций от коррозии / Н. Г. Ануфриев, Н. Е. Смирнова, С. В. Олейник // Коррозия: материалы, защита. – 2003. – № 2. – С. 29–31.
3. Коррозия и защита металлов : лаб. практикум для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохим. производств» / сост.: Н. П. Иванова, И. М. Жарский. – Минск : БГТУ, 2007. – С. 94.

[К содержанию](#)