

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-72-81>

УДК 620.19:678.7

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ КРАСОК

Т. А. ПОХОДИНА⁺, В. В. КОМАРЬ, Л. В. ОВСЕЕНКО, О. Ю. СМЕРНОВА

Институт общей и неорганической химии Национальной академии Беларуси, ул. Сурганова, 9/1, 220072, г. Минск, Беларусь

Цель работы — исследовать влияние модификаторов и смесей экологически чистых (не содержащих соединений хрома и свинца) антикоррозионных пигментов (АКП) на условия формирования, структуру и антикоррозионные свойства покрытий на основе порошковых полиэфирных красок.

В работе установлено, что модификация наполнителя (введение хемосорбирующегося аминного модификатора-ОДА, смесей антикоррозионных пигментов), температурные режимы отверждения (160–200 °С) позволяют направленно регулировать скорость диффузии, проницаемость агрессивных реагентов в материал покрытий и защитные свойства покрытий. В сравнении с контрольным образцом, введение в состав композиций ОДА приводит к уменьшению в 3–4 раза скорости диффузии и проницаемости раствора хлорида натрия в материал покрытий, а также позволяет снизить температуру отверждения покрытий с 200 °С до 170 °С. Показано, что модификация композиций смесью АКП существенно увеличивает стойкость покрытий к воздействию влаги, статическому действию воды, 3%-ному раствору хлорида натрия, соляному туману. Для композиций, содержащих АКП, при длительности испытаний в растворе хлорида натрия в течение 3000 ч сохраняется целостность покрытий, адгезионная прочность, твердость, прочность на удар. Для контрольных образцов (при прочих равных условиях) целостность покрытий сохраняется лишь при экспозиции в растворе хлорида натрия 1000 ч, при этом прочность покрытий при ударе снижается на 80%. Показано, что покрытия, содержащие АКП, обеспечивают стойкость к соляному туману не менее 1450 ч (при условии распространения коррозии от надреза менее 1 мм) и более высокую сохранность физико-механических свойств, чем контрольные образцы. Для контрольного образца, не содержащего АКП, с увеличением длительности испытаний покрытий к действию соляного тумана до 1450 ч коррозионная стойкость покрытий уменьшается: наблюдается рост величины распространения коррозии от надреза до 2,5 мм и снижение адгезионных в 2 раза и прочностных свойств на 87%. В результате исследования разработаны составы полиэфирных порошковых красок для эффективной защиты металла при эксплуатации в средах с высокой коррозионной активностью С4–С5.

Ключевые слова: порошковые полиэфирные краски, тангенс угла диэлектрических потерь, структура, антикоррозионные свойства, соляной туман.

ANTICORROSIVE EFFECTIVENESS OF PROTECTIVE COATINGS BASED ON MODIFIED POLYESTER POWDER PAINTS

T. A. POKHODINA⁺, V. V. KOMAR, L. V. OVSEYENKO, O. YU. SMIRNOVA

Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Surganova St., 9/1, 220072, Minsk, Belarus

The aim of the work is to study the influence of modifiers and mixtures of environmentally friendly (not containing chromium and lead compounds) anticorrosion pigments (AP) on the formation conditions, structure and anticorrosion properties of coatings based on polyester powder paints.

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: 2119ta@igic.bas-net.by

ture and anticorrosion properties of coatings based on polyester powder paints.

It was established that the filler modification (introduction of a chemisorbable amine modifier-ODA, mixtures of anticorrosive pigments) and curing temperature regimes (160–200 °C) make possible to control diffusion rate, permeability of aggressive reagents into the coating material and protective properties of the coatings. In comparison with the control sample the introduction of ODA into compositions leads to a 3–4 fold decrease in the diffusion rate and permeability of the sodium chloride solution into the coating material and also makes it possible to reduce the curing temperature of the coatings from 200 °C to 170 °C. It is shown that the modification of compositions with a mixture of AP significantly increases the resistance of coatings to moisture, static action of water, 3% sodium chloride solution, salt fog. For compositions containing AP with a duration of tests in a sodium chloride solution for 3000 h, the integrity of the coatings, adhesion strength, hardness, and impact strength are preserved. For control samples (*ceteris paribus*) the integrity of the coatings is maintained only when they are exposed to a sodium chloride solution for 1000 h, while the impact strength of the coatings is reduced by 80%. It is shown that coatings containing AP provide resistance to salt fog for at least 1450 h (provided that corrosion spreads from a notch less than 1 mm) and a higher preservation of physical and mechanical properties than control samples. For a control sample that does not contain AP with an increase in the duration of testing coatings to the action of salt fog up to 1450 h, corrosion resistance of coatings decreases. The value of corrosion propagation from a notch increases to 2.5 mm. Adhesive properties decrease by 2 times. Strength properties decrease by 87%. As a result of the study compositions of polyester powder paints for effective protection of metal during operation in environments with high corrosivity C4–C5 were developed.

Keywords: polyester powder paints, dielectric loss tangent, structure, anticorrosive properties, salt fog.

Поступила в редакцию 26.06.2023

© Т. А. Походина, В. В. Комарь, Л. В. Овсенко, О. Ю. Смирнова, 2023

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Походина Т. А., Комарь В. В., Овсенко Л. В., Смирнова О. Ю. Антикоррозионная эффективность защитных покрытий на основе модифицированных порошковых полиэфирных красок // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 3. С. 72–81. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-72-81>

Citation sample:

Pokhodina T. A., Komar' V. V., Ovseenko L. V., Smirnova O. Yu. Antikorrozionnaya effektivnost' zashchitnykh pokrytiy na osnove modifitsirovannykh poroshkovykh poliefirnykh krasok [Anticorrosive effectiveness of protective coatings based on modified polyester powder paints]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 3, pp. 72–81. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-3-72-81>

Литература

1. Порошковые краски. Технология покрытий / пер. с англ. под ред. А. Д. Яковлева. СПб. : Химиздат, 2001. С. 15–16.
2. Толстая С. Н., Шабанова С. А. Применение поверхностно-активных веществ в лакокрасочной промышленности. М. : Химия, 1976. 176 с.
3. Малкин А. Я., Чалых А. Е. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения. М. : Химия, 1979. С. 261–262.
4. Чалых А. Е., Петрова Т. Ф., Хасбиуллин Р. Р., Озерин А. Н. Сорбция и диффузия воды в хитинах и хитозанах // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2014. Т. 56, № 5. С. 526–535. doi: 10.7868/S2308112014050034

5. Иржак Т. Ф., Иржак В. И. Эпоксидные нанокмпозиты // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2017. Т. 59, № 6. С. 485–522. doi: 10.7868/S2308112017060049
6. Протопопов А. В., Коншин В. В., Чемерис Н. А., Чемерис М. М., Скурыдина Е. М., Коваленко А. А. Исследование молекулярной подвижности сложных эфиров целлюлозы с замещенными ароматическими кислотами методом диэлектрических потерь // Пластические массы. 2012. № 2. С. 28–30.
7. Касатонов И. С. Метод контроля процесса отверждения полимерных композитов по диэлектрическим характеристикам // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2012. № 1. С. 353–357.
8. Осипчик В. С., Олихова Ю. В., Нгуен Л. Х., Лушечкин Г. А., Аристов В. М. Определение температуры стеклования эпоксисилоксановой композиции термическими методами анализа // Пластические массы. 2017. № 7-8. С. 34–37.
9. Иваницкий А. С., Кордо А. А., Бойко Л. И., Томчани О. В. Способ определения температурных характеристик области стеклования полимерных материалов с применением диэлектрического анализа. Часть 1. Описание // Пластические массы. 2019. № 3-4. С. 28–31. doi: 10.35164/0554-2901-2019-3-4-28-31
10. Иваницкий А. С., Кордо А. А., Бойко Л. И., Томчани О. В. Способ определения температурных характеристик области стеклования полимерных материалов с применением диэлектрического анализа. Часть 2. Опробование // Пластические массы. 2019. № 5-6. С. 30–32. doi: 10.35164/0554-2901-2019-5-6-30-32
11. Комарь В. В., Походина Т. А., Зарецкая Е. В. Коррозионностойкие покрытия на основе эпоксидных порошковых красок // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы VII международной научно-технической конференции, Гродно, 27–28 сентября 2007 г. / редкол.: А. И. Свириденко (отв. ред.) [и др.]. Минск : Геопринт, 2007. С. 370–375.
12. Фабуляк Ф. Г. Молекулярное тепловое движение в поверхностных слоях полимеров. Киев : Наукова думка, 1991. С. 52–53.
13. Перов Н. С. Конструирование полимерных материалов на молекулярных принципах. II. Молекулярная подвижность в сложных шитых системах // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 4(49). С. 30–36. doi: 10.18577/2071-9140-2017-0-4-30-36
14. Курбатов В. Г., Индейкин Е. А. Исследование процесса набухания и параметров сетки эпоксидных покрытий, содержащих полианилин // Пластические массы. 2016. № 5-6. С. 12–14.
15. Сороков А. В., Степин С. Н., Каюмов А. А., Ситнов С. А., Кузнецова О. П. Методы оценки противокоррозионной эффективности лакокрасочных покрытий // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 24. С. 68–75.
16. Индейкин Е. А., Лейбзон Л. Н., Толмачёв И. А. Пигментирование лакокрасочных материалов. Л. : Химия, 1986. С. 25–28.
17. Mafi R., Mirabedini S. M., Naderi R., Attar M. M. Effect of curing characterization on the corrosion performance of polyester and polyester/epoxy powder coatings // Corrosion Science, 2008, vol. 50, no. 12, pp. 3280–3286. doi: 10.1016/j.corsci.2008.08.037
18. Stojanović I., Šimunović V., Alar V., Kapor F. Experimental Evaluation of Polyester and Epoxy–Polyester Powder Coatings in Aggressive Media // Coatings, 2018, vol. 8, is. 3. doi: 10.3390/coatings8030098

References

1. *Poroshkovye kraski. Tekhnologiya pokrytiy* [Powder paints. Coating technology]. Saint-Petersburg : Khimizdat Publ., 2001, pp. 15–16.
2. Tolstaya S. N., Shabanova S. A. *Primenenie poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v lakokrasochnoy promyshlennosti* [The use of surfactants in the paint industry]. Moscow : Khimiya Publ., 1976. 176 p.
3. Malkin A. Ya., Chalykh A. E. *Diffuziya i vyazkost' polimerov. Metody izmereniya* [Diffusion and viscosity of polymers. Measurement methods]. Moscow : Khimiya Publ., 1979, pp. 261–262.
4. Chalykh A. E., Petrova T. F., Khasbiullin R. R., Ozerin A. N. Sorbsiya i diffuziya vody v khitinakh i khitozanakh [Sorption and diffusion of water in chitins and chitosans]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya A* [Polymer Science. Series A], 2014, vol. 56, no. 5, pp. 526–535. doi: 10.7868/S2308112014050034
5. Irzhak T. F., Irzhak V. I. Epoksidnye nanokompozity [Epoxy Nanocomposites]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya A* [Polymer Science. Series A], 2017, vol. 59, no. 6, pp. 485–522. doi: 10.7868/S2308112017060049
6. Protopopov A. V., Kon'shin V. V., Chemeris N. A., Skurydina E. M., Kovalenko A. A. Issledovanie molekulyarnoy podvizhnosti slozhnykh efirov tsellyulozy s zameshchennymi aromatcheskimi kislotami metodom dielektricheskikh poter' [Research of the molecular mobility of cellulose with substituted aromatic acids by the dielectric loss method]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2012, no. 2, pp. 28–30.
7. Kasatonov I. S. Metod kontrolya protsessy otverzhdeniya polimernykh kompozitov po dielektricheskim kharakteristikam [Metod for controlling the curing process of polymer composites by dielectric characteristics]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernad'skogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2012, no. 1, pp. 353–357.
8. Osipchik V. S., Olikhova Yu. V., Nguen L. Kh., Lushcheykin G. A., Aristov V. M. Opredelenie temperatury steklovaniya epoksi-siloksanovoy kompozitsii termicheskimi metodami analiza [Determination of the glass transition temperature of an epoxy-siloxane composition by thermal analysis methods]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2017, no. 7-8, pp. 34–37.
9. Ivanitskiy A. S., Kordo A. A., Boyko L. I., Tomchani O. V. Sposob opredeleniya temperaturnykh kharakteristik oblasti steklovaniya polimernykh materialov s primeneniem dielektricheskogo analiza. Chast' 1. Opisaniye [Metod for determining the temperature characteristics of the glass transition region of polymeric materials using dielectric analysis. Part 1. Description]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2019, no. 3-4, pp. 28–31. doi: 10.35164/0554-2901-2019-3-4-28-31
10. Ivanitskiy A. S., Kordo A. A., Boyko L. I., Tomchani O. V. Sposob opredeleniya temperaturnykh kharakteristik oblasti steklovaniya polimernykh materialov s primeneniem dielektricheskogo analiza. Chast' 2. Oprobovanie. [Metod for determining the temperature characteristics of the glass transition region of polymeric materials using dielectric analysis. Part 2. Testing]. *Plasticheskie massy*, [Plastics], 2019, no. 5-6, pp. 30–32. doi: 10.35164/0554-2901-2019-5-6-30-32
11. Komar' V. V., Pokhodina T. A., Zaretskaya E. V. Korroziionnostoykie pokrytiya na osnove epoksidnykh poroshkovykh krasok [Corrosion-resistant coatings based on epoxy powder paints]. *Materialy VII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Energo- i materialosberegayushchie ekologicheski chistye tekhnologii* [Materials of the VII International Scientific and Technical Conference “Energy-and material-saving environmental friendly technologies”]. Minsk : Geoprint Publ., 2007, pp. 370–375.
12. Fabulyak F. G. *Molekulyarnoe teplovoe dvizhenie v poverkhnostnykh sloyakh polimerov* [Molecular thermal motion in the surface layers of polymers]. Kiev : Naukova dumka Publ., 1991, pp. 52–53.
13. Perov N. S. Konstruirovaniye polimernykh materialov na molekulyarnykh printsipakh. II. Molekulyarnaya podvizhnost' v slozhnykh sshitykh sistemakh [Desing of polymeric materials on molecular principles. II. Molecular mobility in complex cross-linked systems]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies], 2017, no. 4(49), pp. 30–36. doi: 10.18577/2071-9140-2017-0-4-30-36
14. Kurbatov V. G., Indeykin E. A. Issledovanie protsessy nabukhaniya i parametrov setki epoksidnykh pokrytiy, soderzhashchikh polianilin [Research of the swelling process and network parameters of epoxy coating containing polyaniline]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2016, no. 5-6, pp. 12–14.

15. Sorokov A. V., Stepin S. N., Kayumov A. A., Sitnov S. A., Kuznetsova O. P. Metody otsenki protivokorroziionnoy effektivnosti lakokrasochnykh pokrytiy [Metod for evaluating the anti-corrosion effectiveness of paint coatings]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 24, pp. 68–75.
 16. Indeykin E. A., Leybzon L. N., Tolmachev I. A. *Pigmentirovanie lakokrasochnykh materialov* [Pigmentation of paints materials]. Leningrad : Khimiya Publ., 1986, pp. 25–28.
 17. Mafi R., Mirabedini S. M., Naderi R., Attar M. M. Effect of curing characterization on the corrosion performance of polyester and polyester/epoxy powder coatings. *Corrosion Science*, 2008, vol. 50, no. 12, pp. 3280–3286. doi: 10.1016/j.corsci.2008.08.037
 18. Stojanović I., Šimunović V., Alar V., Kapor F. Experimental Evaluation of Polyester and Epoxy–Polyester Powder Coatings in Aggressive Media. *Coatings*, 2018, vol. 8, is. 3. doi: 10.3390/coatings8030098
-