

АНОТАЦІЯ

Мегеть В.С. Ресурсозберігаючі покриття на основі порошкових лакофарбових матеріалів з використанням побічних продуктів феритизаційної очистки.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 192 — «Будівництво та цивільна інженерія» — Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена розробці енергоефективних та ресурсозберігаючих термоактивних порошкових покриттів з використанням відходів гальванічних підприємств. Розробка порошкових композицій на основі поліефірного та епоксидного плівкоутворювачів із залучення побічних продуктів феритизаційної очистки посприяла можливості регулювання процесами формування структури полімерної матриці із отриманням наперед заданих фізико-механічних та експлуатаційних властивостей покриттів на їх основі при знижених температурах затвердіння.

У першому розділі на основі аналітичного огляду літературних джерел проаналізовано сучасні тенденції в ефективності застосування порошкових лакофарбових матеріалів при захисті будівельних виробів і конструкцій, їх переваги та недоліки. Показано, що порошкові лакофарбові матеріали завдяки своїй екологічній безпечності, високій міцності та стійкості до агресивних середовищ, а також можливості утилізації залишків фарби визначають потенціал для широкого їх впровадження в будівництві та суміжних галузях. Проте для покращення енергоефективності та екологічності покриттів на основі порошкових лакофарбових матеріалів шляхом зниження температури затвердіння під час їх отримання та залучення гальванічних відходів, важливим є забезпечення високої якості показників готового матеріалу залежно від умов його експлуатації, що обумовлюється встановленням закономірностей формування структури полімерної матриці в напрямку забезпечення заданих фізико-механічних та експлуатаційних властивостей покриттів. Тому в аналітичному огляді літературних джерел додатково обґрунтовується вибір компонентів, що дозволяють реалізувати концепцію низькотемпературного затвердіння, а також наводяться результати експериментального дослідження

впливу плівкоутворювачів, зшиваючих агентів, модифікуючих добавок і вторинної сировини (зокрема, гальванічних відходів) на властивості отриманих покриттів.

У другому розділі представлено характеристики використаних сировинних матеріалів та описано методики проведення експериментальних досліджень. Наведено характеристики плівкоутворювачів, затверджувачів, наповнювачів (зокрема, відходів феритизаційної очистки гальванічних виробництв), пігментів, каталізаторів твердіння та дегазуючих добавок, що застосовувалися при отриманні порошкових композицій. Описано методику підготовки зразків, принципи оцінювання реологічних властивостей порошкових систем, а також фізико-механічні, фізико-хімічні, експлуатаційні та корозійні випробування покриттів. Наведено інструментальні підходи до аналізу морфології поверхні, адгезії, блиску, зміни кольору, водонасичення, стійкості до дії рідин, УФ-випромінювання та агресивного середовища. Всі методи виконано відповідно до вимог чинних вітчизняних та міжнародних стандартів, що забезпечує достовірність і репрезентативність результатів подальших досліджень.

У третьому розділі наведено дослідження впливу плівкоутворюючих компонентів та побічних продуктів феритизаційної очистки на формування властивостей модельних систем. Показано, що зміна кислотного числа плівкоутворювача, його молекулярної маси та співвідношення компонентів у поліефірно-епоксидних (гібридних) системах суттєво впливає на реологічні характеристики, поверхневий натяг, розтікання, формування структури плівки та її фізико-механічні й захисні властивості. За допомогою методів електрохімічної імпедансної спектроскопії (EIS) та ІЧ-спектроскопії доведено, що використання поліефірних плівкоутворювачів з низьким кислотним числом забезпечують вищий бар'єрний захист і стійкість до дії електролітів.

Окрему увагу приділено питанню ресурсозбереження шляхом використання побічних продуктів феритизаційної очистки як ефективного компоненту у складі порошкових лакофарбових матеріалах. Осади феритизаційної очистки можуть виконувати функцію не тільки наповнювача, а й активного компонента, що сприяє покращенню механічних властивостей та

підвищенню корозійної стійкості покриттів. Вперше обґрунтовано вплив морфології поверхні та їх хімічної активності на формування адгезійного контакту, міцності до дії удару та корозійної і хімічної стійкості покриттів. Встановлено, що введення цих відходів у склад порошкових матеріалів сприяє покращенню щільності покриття, зменшенню його пористості та підвищенню корозійної стійкості завдяки їхній реакційній здатності та міжфазним взаємодіям із полімерною матрицею.

Наведено композиції на основі системи «поліефірний плівкоутворювач – зшиваючий агент – побічні продукти феритизаційної очистки», що поєднують можливість в зниженні температури затвердіння при отриманні покриттів на їх основі, покращені експлуатаційні характеристик матеріалу та можливість утилізації відходів гальванічного виробництва. Запропоновані системи сприяють покращенню енергоефективності виробництв, зниженню собівартості порошкових лакофарбових матеріалів та мінімізації негативного впливу на довкілля при отриманні покриттів на їх основі.

У четвертому розділі виявлено закономірності впливу модифікуючих добавок на процеси структуроутворення покриттів на основі порошкових композицій. Для оптимізації властивостей розроблених матеріалів застосовано модифікуючі добавки, зокрема добавки каталізатори, а також дегазуючі агенти на основі гідроксікетону та мікронізованого етилен-біс-стеараміду. Виявлено, що застосування модифікуючих добавок забезпечує рівномірний розподіл частинок у полімерній композиції, покращує змочуваність основи та сприяє усуненню дефектів структури. Досліджено вплив каталізаторів різного хімічного складу на реологічні властивості систем та виявлено їх позитивний ефект на розтікання, ударну міцність (до 50 см/кг), вологостійкість та захист від корозії покриттів на їх основі. Додатково досліджено вплив дегазаторів різного хімічного складу та виявлено їх доцільність застосування, що сприяє ефективному видаленні газових включень під час формування покриття, зменшення пористості полімерної композиту та підвищенні ударної міцності матеріалу до 90 см/кг.

У п'ятому розділі наведено результати дослідно-промислової апробації покриттів на основі порошкових лакофарбових матеріалів з використанням

побічних продуктів феритизаційної очистки. Випущено, дослідну партію порошкового лакофарбового матеріалу з підвищеною корозійною стійкістю, виготовленого на ТОВ «Лаковер», з подальшим фарбування модульних укріплень з гофрованої сталі (УГС) у кількості 20 штук на виробничих потужностях ТОВ «Сіверспорт». Економічний ефект, отриманий при виготовленні та використанні 20 шт УГС з використанням розробленого порошкового покриття становить 15 264 грн.

Ключові слова: плівкоутворювач, затверджувач, побічні продукти феритизаційної очистки, модифікуючі добавки, структура, покриття, міцність, корозійна стійкість, довговічність.

ABSTRACT

Mehet V.S. Resource-Saving Coatings Based on Powder Paint Materials Using By-Products of Ferritization Treatment.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 192 — "Construction and Civil Engineering" — Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to the development of energy-efficient and resource-saving thermosetting powder coatings using waste from electroplating enterprises. The development of powder compositions based on polyester and epoxy film-forming agents involving by-products of ferritization treatment made it possible to regulate the processes of polymer matrix structure formation to achieve predefined physical-mechanical and performance properties of the coatings at reduced curing temperatures.

The first chapter, based on an analytical review of literature sources, analyzes current trends in the effectiveness of using powder paint materials for the protection of building products and structures, their advantages and disadvantages. It is shown that powder coatings, due to their environmental safety, high strength, and resistance to aggressive environments, as well as the possibility of recycling paint residues, have great potential for widespread implementation in construction and related industries. However, to improve the energy efficiency and environmental friendliness of powder coatings by reducing the curing temperature and incorporating electroplating waste, it is essential to ensure high-quality final material performance depending on operating

conditions. This is ensured by establishing patterns of polymer matrix structure formation aimed at achieving specified physical-mechanical and operational characteristics of the coatings. Therefore, the literature review also substantiates the selection of components that allow the implementation of low-temperature curing concepts and presents experimental results on the influence of film-formers, crosslinking agents, modifying additives, and secondary raw materials (in particular, electroplating waste) on the properties of the obtained coatings.

The second chapter presents the characteristics of the raw materials used and describes the methodologies of the experimental research. It includes the characteristics of film-formers, hardeners, fillers (in particular, ferritization treatment waste from electroplating production), pigments, curing catalysts, and degassing agents used in

the preparation of powder compositions. The sample preparation procedure is described, as well as the principles of evaluating the rheological properties of powder systems and the methods for conducting physical-mechanical, physicochemical, performance, and corrosion tests of the coatings. Instrumental approaches for analyzing surface morphology, adhesion, gloss, color change, water absorption, resistance to liquids, UV radiation, and aggressive environments are presented. All methods were carried out according to current national and international standards, ensuring the reliability and representativeness of the results of further research.

The third chapter presents studies on the influence of film-forming components and ferritization by-products on the properties of model systems. It is shown that variations in the acid number, molecular weight of the film-former, and the component ratios in polyester-epoxy (hybrid) systems significantly affect rheological characteristics, surface tension, flowability, film structure formation, and the physical-mechanical and protective properties of the coatings. Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and infrared spectroscopy (IR) demonstrated that polyester film-formers with a low acid number provide better barrier protection and resistance to electrolytes.

Special attention is paid to resource-saving through the use of ferritization by-products as effective components in powder coatings. Ferritization sludge can function not only as a filler but also as an active component that improves mechanical properties and enhances corrosion resistance. For the first time, the influence of surface morphology and chemical activity on adhesion formation, impact strength, and corrosion and chemical resistance of coatings has been substantiated. It was established that the introduction of these by-products into powder materials improves coating density, reduces porosity, and enhances corrosion resistance due to their reactivity and interphase interactions with the polymer matrix.

Compositions based on the “polyester film-former – crosslinking agent – ferritization by-products” system are presented, which combine the possibility of reducing curing temperatures, improved operational characteristics, and the utilization of electroplating waste. The proposed systems improve energy efficiency of production, reduce the cost of powder coatings, and minimize environmental impact during coating formation.

The fourth chapter identifies the patterns of influence of modifying additives on the structure formation processes of coatings based on powder compositions. To optimize the properties of the developed materials, modifying additives such as catalysts and degassing agents based on hydroxyketone and micronized ethylene-bis-stearamide were used. It was found that these additives ensure uniform particle distribution in the polymer composition, improve substrate wetting, and eliminate structural defects. The influence of catalysts of various chemical compositions on the rheological properties of the systems was studied, and their positive effect on flowability, impact resistance (up to 50 cm/kg), moisture resistance, and corrosion protection was established. Additionally, the impact of degassing agents of various chemical compositions was examined, confirming their feasibility for effectively removing gas inclusions during coating formation, reducing porosity of the polymer composite, and increasing impact resistance up to 90 cm/kg.

The fifth chapter presents the results of pilot-industrial testing of coatings based on powder paint materials using ferritization by-products. A pilot batch of powder paint material with enhanced corrosion resistance was produced at “Lakover” LLC and used to coat 20 modular corrugated steel shelters (CSS) at the production facilities of “Siversport” LLC. The economic benefit from producing and using 20 CSS units coated with the developed powder composition amounted to 15,264 UAH.

Keywords: film-former, hardener, ferritization by-products, modifying additives, structure, coating, strength, corrosion resistance, durability.