



Гоц В. І.



Ластівка О. В.



Томін О. О.



Ковальчук О. Г.

Гоц В.І., доктор технічних наук, професор, декан будівельно-технологічного факультету, Київський національний університет будівництва та архітектури, ☎ +38 044 248-30-16

Ластівка О.В., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ТБКІВ, Київський національний університет будівництва та архітектури, ☎ +38 044 248-30-16

Томін О.О., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури, ☎ +38 044 248-30-16

Ковальчук О.Г., директор ТОВ «Лаковер», м. Київ, ☎ +38 067 183-03-10

V. Gotz, Doctor of Technical science, Prof., Dean of the Faculty of Construction and Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, ☎ +38 044 248-30-16

O. Lastivka, PhD., Associate Professor of Construction and Technology Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, ☎ +38 044 248-30-16

O. Tomyn, PhD student, Kyiv National University of Construction and Architecture, ☎ +38 044 248-30-16

O. Kovalchuk, director of LLC "Lakover", Kyiv, ☎ +38 067 183-03-10

КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОЛІЕФІРНИХ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАПОВНЮВАЧІВ РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ

CORROSION RESISTANCE OF POLYESTER POWDER COATINGS USING FILLERS OF VARIOUS CHEMICAL NATURE

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОЛИЭФИРНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Анотація. В статті розглянуто вплив наповнювачів різної хімічної природи на корозійну стійкість поліефірних порошкових покриттів за показниками ширини відшарування та ширини розширення корозії згідно ДСТУ ISO 4628-8:2012.

Ключові слова: порошкова фарба, покриття, наповнювачі, ширина розширення корозії, адгезія, ширина відшарування фарби.

Abstract. In the article the effect of fillers of various chemical nature on the corrosion resistance of polyester powder coatings in terms of peeling widths and corrosion expansion widths in accordance with DSTU ISO 4628-8: 2012 was reviewed. According to the results of studies, the effectiveness of the use of fillers to increase the corrosion resistance of the powder coating varies depending on the average particle size and crystalline form of the filler was found. As a rule, in order to receive a powder coating based decorative coating you should apply only one layer of paint, while liquid coatings require applying several layers; this increases the time of coating production. The powder coating can be easily utilized and recycled, thus the economic feasibility of production increases.

Key words: powder coatings, coverings, fillers, width expansion of corrosion, adhesion, width peeling coatings.

Аннотация. В статье рассмотрено влияние наполнителей различной химической природы на коррозионную стойкость полиэфирных порошковых покрытий по показателям ширины отслоения и ширины расширения коррозии согласно ДСТУ ISO 4628-8:2012.

Ключевые слова: порошковая краска, покрытия, наполнители, ширина расширения коррозии, адгезия, ширина отслоения краски.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вибір виду захисту від корозії будівельних металевих виробів та конструкцій являє собою комплексну задачу з урахуванням техніко-економічних і експлуатаційних показників [1]. В даний час основним способом захисту від атмосферної корозії є нанесення на поверхню захисних покриттів: лакофарбових на органічній основі; металевих (покриття цинком, алюмінієм, кадмієм); комбінованих (металізаційно-лакофарбові); спеціальні способи захисту (електрохімічний, протекторний, катодний і анодний) [2].

На практиці найбільшого поширення набули антикорозійні будівельні роботи з використанням лакофарбових покриттів на органічній основі завдяки відносно низькій вартості матеріалів, їх доступності [3]. Основними вимогами до покриття є: хороша адгезія, непроникність для агресивних середовищ, довговічність, технологічність проведення повторного фарбування, економічність з урахуванням терміну експлуатації. Звичайні лакофарбові покриття на органічній основі, незважаючи на їх велику різноманітність і порівняно невелику вартість, мають істотний недолік – короткі терміни служби, що вимагає частого відновлення покриття будівельних матеріалів, що в свою чергу

веде до більших витрат коштів через короткий міжремонтний термін. Проте у 60-х роках минулого століття з'явився новий вид лакофарбових покриттів – порошкові [4].

У хімічному відношенні виділяють дві групи сировинних матеріалів для виготовлення порошкових покриттів: на основі термопластичних і на основі термореактивних плівко-утворювачів [5]. Найбільшого поширення набули термореактивні порошкові покриття обсяг виробництва яких становить близько 80 % від загального випуску порошкових лакофарбових матеріалів.

Рецептурний склад термореактивного порошкового покриття складається з п'яти основних компонентів: полімерна смола, затверджувач, пігменти, функціональні добавки і наповнювач [6]. В цілому, полімерна смола і затверджувач відіграють основну роль в забезпеченні необхідних механічних характеристик і довговічності порошкового покриття. Введення пігментів в лакофарбові матеріали є основним методом регулювання декоративних властивостей покриттів – кольору і непрозорості (покриваності). Добавки використовують для регулювання технологічних властивостей порошкової фарби і експлуатаційних характеристик отриманого покриття.

Наповнювачі використовують для двох основних цілей: перша – зниження вартості матеріалу шляхом заміни найдорожчого компонента у вигляді полімерної смоли; друга – модифікація функціональних властивостей матеріалу, таких як твердість, блиск, міцність на згин та удар, модуль пружності; проникність; корозія, зносостійкість; вогнестійкість [7].

Термін наповнювач дуже широкий і охоплює великий спектр матеріалів. Більшість наповнювачів, що застосовуються в порошкових фарбах, є неорганічними і, як правило, видобуваються з скельних порід або руд, і з подальшою обробкою перетворюються в порошки [8]. Так, як наповнювачі для виготовлення порошкової фарби імпортуються з-за кордону, дослідженнями [9] було встановлено, що використання наповнювачів Українського виробництва в складі порошкової фарби сприяє отриманню покриття з регульованими фізико-механічними характеристиками.

Тому подальше дослідження з визначення корозійної стійкості порошкових покриттів при використанні різноманітних наповнювачів Українського виробництва надає цінну інформацію про їх вибір.

Метою роботи

Дослідження корозійної стійкості поліефірних порошкових покриттів з використанням різних типів наповнювачів.

Матеріали і методи досліджень

Обґрунтування вибору сировинних матеріалів для порошкових покриттів. Рецептний склад порошкової фарби складався з наступних складових: плівкоутворюючий компонент, наповнювач, пігменти, функціональні добавки.

В якості плівкоутворюючого компонента використано карбоксилівмісну поліефірну смолу виробництва компанії «Alpex» Crylcoat 2441-3T, характеристика якої наведена в табл. 1. Для карбоксилівмісної поліефірної смоли є також обов'язковим використання структуруючого затверджувача. В даній роботі використано TGIC виробництва компанії «Huangshan».

В якості білого пігменту використано діоксид титану компанії «Kropos» марки K-2190. В якості добавки реологічної дії використано агент розливу Resiflow PV88 компанії «Estron chemical» в кількості 1 % від маси ПФ. В якості дегазатора використано бензоїн виробництва «Estron chemical» в кількості 0,6 % від маси порошкової фарби.

В дослідженнях використано наповнювачі різної хімічної природи: 1 – солі у вигляді **сульфату барію** виробництва компанії «ChangshaLianda», **крейди** виробництва ПрАТ «Суміагропромбуд», **карбоната кальцію (ОМУАСАРВ 1-КА)** виробництва компанії «ОМУА»; 2 – оксид у вигляді **ZnO** виробництва компанії «EverZinc»; 3 – силікати у вигляді метакаоліну Глуховецького родовища, **мікрокремнезему № 1** виробництва ТОВ «Теравіон», **мікрокремнезему № 2** виробництва ТОВ «Гірська Інжинірингова Компанія», **воластоніту** вироб-

ництва «Minco LTD», **тальку** виробництва «IMIFAB»; 4 – техногенні продукти у вигляді **золи виносу** Ладжинської ТЕС, **доменного гранульованого шлаку** виробництва «Маріупольського комбінату ім. Ілліча». Характеристика наповнювачів наведено в табл. 2.

Методи досліджень

Дослідження властивостей декоративно-захисних порошкових покриттів з використанням різних типів наповнювачів проведено в наступній послідовності:

На пластини (розміром 150x60 мм) зі сталі Ст3, було нанесено порошкову фарбу (кольор RAL 9016) з використанням в її складі різних типів наповнювачів. Нанесення порошкової фарби відбувалось за допомогою електростатичного способу згідно ISO 1514:2016 з використанням розпилювального пістолету Start 50.

Полімеризація порошкового покриття на зразках-пластинах здійснювалось в печі полімеризації при температурі 200 °С, та часі 10 хв.

Дослідження корозійної стійкості декоративно-захисних порошкових покриттів з використанням наповнювачів різної хімічної природи проведено в камері сольового туману з конденсацією 5 % водного розчину хлориду натрію (NaCl) на поверхні зразках протягом 1000 годин при температурі 35 °С згідно ASTM B-117. Середнє відшарування покриття та розвиток корозії металу після випробування було визначено згідно методики ДСТУ ISO 4628-8:2012.

Результати досліджень

Експериментальні дослідження впливу наповнювачів різної хімічної природи на корозійну стійкість було проведено в лабораторії ТОВ «Лаковер». Склади досліджуваних лакофарбових порошкових покриттів наведено в табл. 3.

В результаті досліджень встановлено, що зміна хімічної природи, середнього розміру частин та кристалічної форми наповнювача в складі порошкової фарби впливає на зміну корозійної стійкості порошкових покриттів.

Показано, що використання **сульфату барію** в складі порошкової фарби (контрольний склад) призводить до відшарування покриття з досліджуваної пластини, що становить 8,66 мм через 1000 годин випробування покриття в камері сольового туману (рис. 1). Середня ширина розширення корозії металу становить 6,83 мм (рис. 2).

Проте, використання наповнювачів у вигляді техногенних відходів сприяє зниженню корозійної стійкості покриття. Так, використання **доменного гранульованого шлаку** призводить до зростання середнього відшарування покриття з 8,66 до 21,5 мм, що на 148 % більше в порівнянні з контрольним складом (рис. 1). При цьому середня ширина корозії зростає з 6,83 до 12 мм, що на 76 % більше порівняно з контрольним складом. В свою чергу використання **золи виносу** також призводить до зростання середньої ширини відшарування покриття (на

Таблиця 1.

Характеристика плівкоутворюючого компоненту

Тип смоли	Показники					
	Зовнішній вигляд	Блиск 200/600, %	В'язкість по Брук-фільду 200 °С, мПа·с	Температура склування, °С	Число кислотності (мг КОН/г)	Температура та час полімеризації
Crylcoat 2441-3T	Непрозорі гранули	67	4000-5200	67	30-35	200С 10хв

Характеристика наповнювачів

Наповнювач	Характеристика					
	Зовнішній вигляд	pH число	Oil absorption, G/100g	Вологість, %	Середній розмір частин, мкм	Кристалічна форма наповнювача
Сульфат барію	Білий порошок	7,86	16,1	0,074	1,87	кубічна
Зола виносу	Сірий порошок	6,7	19,4	0,042	16,43	сферична
Мікрокремнезем № 1	Сірий порошок	6,9	27,3	0,15	15,2	сферична
Мікрокремнезем №2	Сірий порошок	6,8	25,1	0,12	2,9	сферична
Воластоніт	Білий порошок	8,2	38,4	0,1	14,02	волокониста
Крейда	Білий порошок	8,6	17,2	0,21	5,47	кубічна
Тальк	Білий порошок	6,7	36	0,2	7,3	сферична
ОМУАСАРВ 1-КА	Білий порошок	7,9	17,1	0,1	2,9	кубічна
Шлак	Сірий порошок	6,9	18,2	0,1	28,4	сферична
Метакаолін	Білий порошок	6,1	35,4	0,03	10,03	пластинчаста
ZnO	Білий порошок	8,4	31,2	0,062	2,32	кубічна

183 %) та ширини розширення корозії металу (на 31 %) порівняно з контрольним складом (рис. 1, рис. 2). Зниження корозійної стійкості покриття з використанням техногенних відходів пов'язано із зміною щільності отриманого покриття шляхом збільшення середнього розміру частин наповнювача у вигляді золи-винесення та доменного гранульованого шлаку порівняно із сульфатом барію (табл. 2).

На протипагу до техногенних відходів, використання силікатів для підвищення корозійної стійкості порошкового покриття є ефективним. Так, використання **метакаоліну** сприяє підвищенню корозійної стійкості покриття в порівнянні з контрольним складом: знижується середня ширина відшарування покриття на 50 %, що становить 4,3 мм. (рис. 1), а також знижується середня ширина розширення корозії на 40 %, що становить 4,1 мм (рис. 2).

Схожий результат демонструє використання в складі порошкової фарби й іншого представника силікатної групи у вигляді **мікрокремнезему № 2**, що сприяє зниженню середньої ширини відшарування покриття до 6,1 мм та ширини розширення корозії металу до 5,5 мм порівняно з контрольним складом (рис. 1, рис. 2). Це пояснюється збільшенням коефіцієнта ущільнення системи шляхом зміни кристалічної форми наповнювача з кубічної на сферичну, зміною середнього розміру частин наповнювача та зміною їх хімічної природи, що визначає підвищення корозійної стійкості покриття.

Проте використання в якості наповнювача **мікрокремнезему № 1** призводить до зростання середньої ширини відшарування покриття (з 8,2 до 11,5 мм) та середньої ширини розширення корозії (з 6,83 до 8,53 мм), що на 132 % та 25 % відповідно більше порівняно з контрольним складом (рис. 1, рис. 2). Це пояснюється зміною щільності отриманого покриття шляхом збільшенням середнього розміру частин наповнювача у вигляді мікрокремнезему № 1 порівняно з сульфатом барію.

Використання силікату у вигляді **воластоніту**, сприяє отриманню корозійної стійкості на рівні контрольного складу. Середня ширина відшарування покриття становить 7,7 мм (рис. 1), що на 10 % менше порівняно з контрольним складом. При цьому середня ширина корозії металу зростає на 11 % (рис. 2).

Використання силікатного наповнювача у вигляді **тальку** є найбільш ефективним для підвищення корозійної стійкості порошкового покриття, що характеризується зменшенням середньої ширини відшарування покриття з 8,66 (контрольний склад) до 4,2 мм (рис. 1), та зменшенням середньої ширини розширення корозії з 6,83 (контрольний склад) до 3,81 мм (рис. 2), що на 52 % та на 43 % відповідно менше порівняно з контрольним складом.

Введення оксиду у вигляді **ZnO**, до складу порошкової фарби призводить до збільшення середньої ширини відшарування покриття з 8,66 мм (контрольний склад), до 10,2 мм (рис. 1) а середня ширина розширення корозії металу з 6,83 мм (контрольний склад), до 9,3 мм (рис. 2).

Використання наповнювачів у вигляді крейди та **Омукарб 1-ка** призводить до зниження корозійної стійкості порошкового покриття. Так, при використанні **крейди** середня ширина відшарування покриття збільшується на 22 % і становить 10,6 мм.

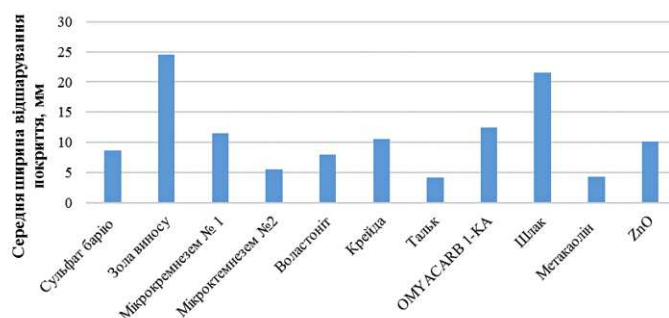


Рис. 1. Середня ширина відшарування покриття

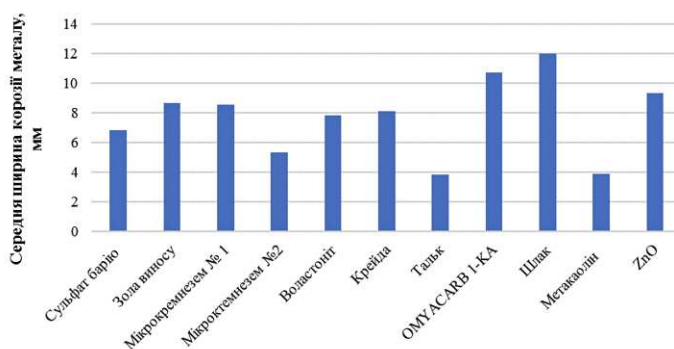


Рис. 2. Середня ширина корозії металу

Характеристика наповнювачів

№ п/п	Смола	Наповнювач	Склад лакофарбових порошкових покриттів, %				
			Смола	Затверджувач	Наповнювач	Діоксид титану	Функціональні добавки
1	Crylcoat 2441-3T	Сульфат барію (контрольний)	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
2		Зола виносу	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
3		Мікрокремнезем № 1	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
4		Мікрокремнезем №2	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
5		Воластоніт	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
6		Крейда	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
7		Тальк	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
8		ОМУАСАРВ 1-КА	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
9		Шлак	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
10		Метакаолін	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6
11		ZnO	55,8	4,2	18,4	20,0	1,6

(рис. 1), а середня ширина розширення корозії металу збільшується на 19 % порівняно з контрольним складом (рис. 2). Система з використанням **Omyacarb 1-ka** характеризується збільшенням середньої ширини відшарування покриття (на 43 %) та середньої ширини розширення корозії металу (на 56 %) порівняно з контрольним складом (рис. 1, рис. 2). Це пояснюється зниженням щільності системи шляхом вимивання кальцієвих з'єднань із структури порошкового покриття під час випробування, що призводить до зниження корозійної стійкості.

Таким чином, заміна наповнювачів в складі порошкової фарби впливає на зміну корозійної стійкості покриття. Збільшення середнього розміру частинок наповнювача сприяє зниженню корозійної стійкості порошкового покриття за рахунок зміни коефіцієнта ущільнення системи. Зміна кристалічної форми наповнювача з кубічної на сферичну також сприяє отриманню більш щільної структури системи із підвищенням корозійної стійкості покриття. Зміна хімічної природи наповнювачів

з солей на силікати сприяє зростанню корозійної стійкості покриття.

Висновки та перспективи подальших досліджень

В ході дослідження встановлено, що ефективність використання наповнювачів для підвищення корозійної стійкості покриття змінюється залежно від їх хімічної природи, кристалічної форми та середнього розміру частинок. За показниками корозійної стійкості найбільш ефективним є використання силікатів у вигляді: **тальку, метакаоліну, та мікрокремнезему №1**. Крім того, аналіз отриманих результатів досліджень свідчить про те, що використання досліджуваних наповнювачів Українського виробництва в складі порошкової фарби сприяє отриманню покриття з регульованими показниками корозійної стійкості. Подальші дослідження спрямовані на вивчення впливу гранулометричного складу відібраних найбільш ефективних наповнювачів на фізико-механічні та експлуатаційні властивості порошкового покриття.

Література:

1. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. – К.: ТОВ УВПК "ЕксОб", 2004. – 704 с.
2. Al-Sherrawi M.H. Corrosion as a Source of Destruction in Construction / M.H. Al-Sherrawi, V. Lyashenko, E.M. Edaan and S. Sotnik // International Journal of Civil Engineering and Technology, 2018, 9(5). – pp. 306-314.
3. Сви́дерский В.А. Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В.А. Сви́дерский, Т.А. Караваев. – Киев, 2010. – Вип. № 9. – С. 4-8.
4. De Lange, P. A. History of Powder Coating / P. De Lange. – Paint & Coatings Industry Magazine Available, 2004. – Vol.2. – pp.16-24.
5. Richart, D.S. Powder Coating – Past, Present and Future: A Review of the State of the Art / D.S. Richart, Powder Coating, 1990. – Vol.1. – pp. 16- 24.
6. Puig M., Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment. Assessment by Electrochemical Techniques / M. Puig, M.J. Gimeno, J.J. Gracenea // Progress in Organic Coatings, 2018, 77. – pp. 1993-1999.
7. Гоц В.І. Вплив плівкоутворюючих компонентів на корозійну стійкість порошкового покриття / В.І. Гоц, О.В. Ластівка, О.О. Томін. – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2019. – Вип. № 75. – С. 70- 80.
8. Wicks Z.W. Organic Coating, Science and Technology / Z.W. Wicks, F.N. Jones, Wiley&Sons, 1992. – 544 p.
9. Gots V.I. Influence of Film-Forming Components on the Corrosion Resistance of Powder Coating / V.I. Gots, O.V. Lastivka, O.O. Tomin, O.G. Kovalchuk. – Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2019. – P. 143-152.