

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБАВКОК КАТАЛІЗАТОРІВ ТВЕРДІННЯ У ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ ПОКРИТТІВ

EFFECTIVENESS OF CURING CATALYST ADDITIVES ON FORMING THE PROPERTIES OF POWDER COATINGS

Мегет В.С., аспірант (0000-0002-2830-9419), **Ластівка О.В.**, к.т.н., доцент (0000-0002-7499-4744) (Київський національний університет будівництва і архітектури)

Mehet V.S., аспірант (0000-0002-2830-9419), **Lastivka O.V.** PhD, Associate Professor (0000-0002-7499-4744) (Kyiv national university of construction and architecture)

Проведені комплексні експериментальні дослідження добавок каталізаторів твердіння для визначення ефективності їх впливу у формуванні властивостей порошкових покриттів при знижених режимах затвердіння.

The article presents the results of experimental studies on the influence of various curing catalysts on the physico-mechanical properties of powder coatings under reduced curing conditions. The study investigated three catalysts: tetradonium bromide (DT 3126-4), triphenylethylphosphonium bromide (ADDITOL® P 964), and a carboxyl-terminated polyester oligomer (JG804A), each introduced into the system at a concentration of 0.6%. Key performance indicators such as impact resistance, flow properties, bending strength, and adhesion were evaluated according to relevant ISO standards. The most effective catalyst was DT 3126-4, which ensured high-quality polymerization even at a curing temperature of 120 °C. The study concludes with recommendations regarding the suitability of each catalyst depending on operational conditions and technological requirements. The results may be applied to the optimization of powder coating formulations with enhanced performance characteristics under energy-saving curing regimes.

Ключові слова. Порошкова фарба, плівкоутворювачі, каталізатори, покриття, міцність.

Powder coatings, film formers, catalyst, coating, strength.

Вступ. Формування ефективних лакофарбових покриттів із тривалим терміном служби без погіршення екології довкілля при їх застосуванні, значною

мірою визначається компонентним складом і фізико-механічними властивостями матеріалу [1].

Актуальним напрямом з практичної і наукової точки зору є збільшення використання лакофарбових композицій, що не містять органічних розчинників, важких металів та інших шкідливих речовин. Найбільш перспективним покриттям для захисту будівельних металевих виробів і конструкцій є застосування порошкових фарб [2]. Висока перспективність використання порошкових лакофарбових матеріалів пояснюється їх екологічною повноцінністю і привабливістю з точки зору законодавчої жорсткості охорони навколишнього середовища по скороченню викидів легких органічних сполук (ЛОС), а також високою їх ефективністю, яка пов'язана з можливістю отримувати при одношаровому нанесенні високоякісні декоративно-захисні покриття з високими атмосферо- і хімічною стійкістю [3, 4].

Рецептурний склад термореактивної порошкової фарби складається з п'яти основних компонентів: термотвердіючий олігомер (плівкоутворювач), зшиваючий агент, пігменти, наповнювачі і функціональні добавки [5, 6]. В цілому, плівкоутворювач та зшиваючий агент, відіграють основну роль в забезпеченні необхідних механічних характеристик і довговічності порошкового покриття. При цьому відкритим залишається питання покращення експлуатаційних та фізико-механічних властивостей порошкового покриття за рахунок введення в їх склад спеціальних модифікуючих добавок різного хімічного походження та механізму дії, залежно від їх типу та хімічної структури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Порошкова фарба – матеріал який є одним з найбільш перспективних для створення техніко-економічного та екологічного захисного покриття для широкого асортименту будівельних виробів та конструкцій. У хімічному відношенні виділяють дві групи порошкових лакофарбових матеріалів: на основі термопластичних і на основі термореактивних плівкоутворювачів [7]. Покриття на основі термопластичних плівкоутворювачів утворюється без хімічних перетворень за рахунок розплавлення частинок порошку з подальшим охолодженням розплаву. У випадку покриттів на основі термореактивних смол відбувається реакція зшивання системи покриття в присутності каталізаторів, що зумовлює використання полімерів зі значно меншою молекулярною масою та, відповідно, меншою в'язкістю розплаву. Як наслідок високий вміст наповнювачів та пігментів може бути введено в систему термореактивного лакофарбового матеріалу, що в свою чергу забезпечує високу якість продукту при забезпеченні низької собівартості. Разом з тим, світовий обсяг виробництва термореактивних порошкових покриттів становить близько 80 % від загального випуску порошкових лакофарбових матеріалів, що підтверджує їх ефективність [8, 9]. Дані матеріали мають високу конкурентоспроможність в порівнянні з покриттями на основі рідких фарб,

так як вони виготовляються на основі плівкоутворюючих олігомерів, які в свою чергу дають можливість отримання якісних покриттів із товщиною 30...80мкм. Враховуючи високу перспективність використання порошкових фарб, одним з основних невивчених питань в їх рецептурному складі є встановлення закономірностей впливу модифікуючих добавок, в т.ч. каталізаторів твердіння на формування властивостей покриття, що потребує додаткових досліджень.

Постановка мети і задач досліджень. Метою роботи є визначення впливу каталізаторів твердіння на формування фізико-механічних властивостей порошкового покриття.

Методика досліджень. При виконанні досліджень в якості плівкоутворюючої речовини було використано карбоксильно функціональна поліефірна смола Crylcoat 1574-6 виробництва «Allnex». Епоксидна смола Epidian 031 A виробництва «Ciech». Для забезпечення покривності поверхні металевих зразків в досліджуваних порошкових системах було обрано білий пігмент у вигляді діоксиду титану K-2190 виробництва компанії «Kronos». В якості функціональної добавки розливу використано Pesiflow PV-88 компанії «Estron Chemical». В якості наповнювача було використано сульфат барію, який є традиційним наповнювачем для отримання порошкового лакофарбового матеріалу. В якості каталізаторів твердіння було використано: Тетрадоніум бромід у вигляді DT 3126-4; Трифенілетилфосфонієвий бромід ADDITOL P 964; поліестерний олігомер з карбоксильними кінцевими групами у вигляді JG804A.

Склади досліджуваних лакофарбових систем з використанням агентів дегазації прийнято наступним: Crylcoat 1574-6-34,3 %, Epidian 031A-34,3 %, TiO₂-20 %, сульфат барію-10 %, агент розливу -1%, каталізатор твердіння-0,6 %.

Таблиця 1

Склади лакофарбових систем

Склади	Вміст сировинних матеріалів, %					
	Crylcoat 1574-6	Epidian 031 A	TiO ₂	Сульфат барію	Resiflow PV-88	Каталізатор
Контрольний	34,3	34,3	20	10	1	0,6
DT 3126-4	34,3	34,3	20	10	1	0,6
ADDITOL P 964	34,3	34,3	20	10	1	0,6
JG804A	34,3	34,3	20	10	1	0,6

1. На пластини (розміром 150х60 мм) зі сталі Ст3, було нанесено системи порошкових фарб. Нанесення систем відбувалось за допомогою електростатичного способу згідно ISO 1514:2016 з використанням розпилювального пістолету Start 50.
2. Затвердіння порошкового покриття на зразках-пластинах на підставі відомих даних щодо режимів полімеризації здійснювалось в камері твердіння при режимі 180 °С, 10 хв.
3. Визначення міцності покриття до дії зворотного удару виконано згідно ДСТУ ISO 6272-2:2015. Метою даного контролю є випробування на швидку деформацію порошкових покриттів і оцінку їх міцності до розтріскування і/або відшарування від поверхні, що фарбується, коли вони піддаються деформації під впливом падаючого вантажу заданої ваги зі сферичним бойком.
4. Визначення міцності на згин покриття виконано згідно ДСТУ ISO 1519:2015. Метою цього тесту є оцінка стійкості порошкових покриттів до розтріскування і (або) відшарування від субстрату (підкладки) до згину, шляхом згинання досліджуваних пластин покриття навколо циліндричного стрижня за допомогою випробувального приладу, який оснащений комплектом шарнірів, кожен з яких з'єднаний з циліндричним стрижнем відповідного діаметру.
5. Адгезію покриття на відрив визначено згідно ДСТУ ISO 4624:2019 «Фарби та лаки. Визначення адгезії методом відриву».

Результати досліджень. Результати досліджень показали, що введення каталізаторів полімеризації суттєво впливає на фізико-механічні властивості та розтікання порошкових систем у порівнянні з контрольним складом. У дослідженні використовувалися три каталізатори: DT 3126-4, ADDITOL® P 964 та JG804A, кожен з яких містив різну діючу речовину. Вміст каталізаторів становив 0,6 %.

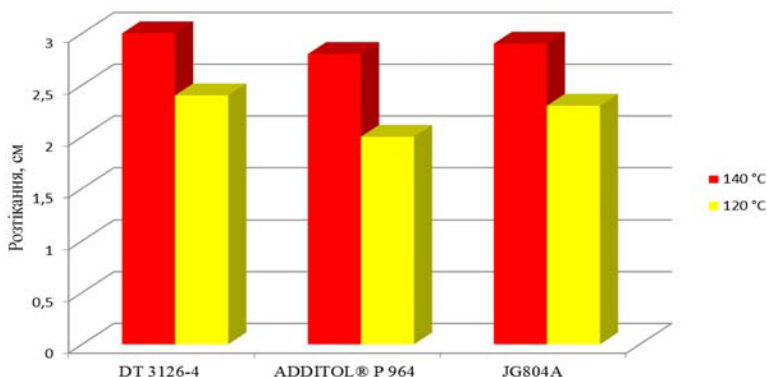


Рис. 1. Розтікання досліджуваних систем.

Контрольний склад характеризується наступними властивостями: розтікання — 2,8 см, міцність до дії зворотного удару — 20 см/кг, міцність на згин — 5 мм, адгезія за методом решітчастого надрізу — клас 0.

Введення каталізатора DT 3126-4 призвело до покращення всіх основних характеристик. Розтікання при 140 °С зросло до 3 см, а при 120 °С — до 2,4 см. Міцність до дії зворотного удару досягла 50 см/кг при 140 °С і 15 см/кг при 120 °С, що свідчить про стабільну полімеризацію навіть при зниженій температурі. Міцність на згин залишалась на рівні 5 мм, адгезія — клас 0.

Каталізатор ADDITOL® P 964 показав зниження показників. Розтікання зменшилось до 2 см, а міцність до дії зворотного удару — до 30 см/кг при 140 °С. При температурі 120 °С ударна стійкість знижувалась до 0 см/кг, що свідчить про низьку ефективність каталізатора в умовах зниженої температури. Міцність на згин становила 8 мм, адгезія — клас 0.

Застосування каталізатора JG804A дало проміжні результати. Розтікання становило 2,9 см при 140 °С і 2,3 см при 120 °С. Міцність до дії зворотного удару — 30 см/кг при 140 °С та 10 см/кг при 120 °С. Міцність на згин — стабільна, 5 мм, адгезія — клас 0.

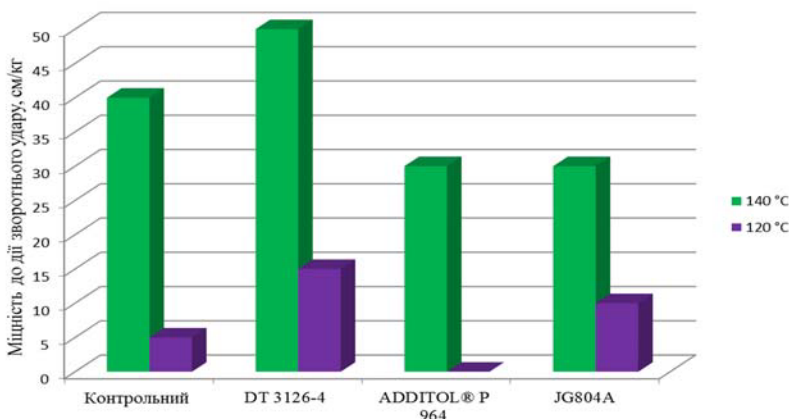


Рис 2. Міцність покриття до дії зворотного удару.

Слід також зазначити, що введення каталізаторів впливає на декоративні властивості покриттів через зміну розтікання. Так, каталізатор DT 3126-4, що забезпечив найкраще розтікання, сприяв утворенню рівномірного шару без дефектів. Натомість каталізатори ADDITOL® P 964 та JG804A через зниження розтікання спричиняли формування менш однорідного покриття.

Висновки та рекомендації. У результаті проведених досліджень встановлено, що каталізатори, введені до складу порошкових покриттів, мають суттєвий вплив на їх фізико-механічні характеристики та рівномірність формування покриття. Найкращі результати показав каталізатор DT 3126-4, який забезпечив найвищу ударну стійкість (50 см/кг

при 140 °C)), що свідчить про ефективну полімеризацію в широкому температурному діапазоні.

Каталізатор ADDITOL® P 964 виявився менш ефективним, особливо при температурі 120 °C, де спостерігалось повне зниження ударної стійкості (0 см/кг). Це свідчить про недостатню активність каталізатора при низьких температурах, що призводить до формування крихкої структури матеріалу.

Каталізатор JG804A, продемонстрував проміжні результати. Його стабільна поведінка при різних температурах свідчить про потенціал використання в системах, де важливо забезпечити однорідність покриття при мінімальних змінах умов полімеризації.

Результати дослідження також вказують на тісний взаємозв'язок між здатністю до розтікання та ударною стійкістю матеріалу. Каталізатори, які активують полімеризацію надто швидко, можуть призвести до підвищеного поверхневого натягу та зниження еластичності покриття. Натомість DT 3126-4 сприяв зменшенню поверхневого натягу та покращенню однорідності шару.

Таким чином, вибір каталізатора має проводитись з урахуванням температурного режиму полімеризації та вимог до механічних властивостей покриття. Рекомендується застосування каталізатора DT 3126-4 у якості універсального рішення для систем з підвищеними вимогами до ударної стійкості, особливо в умовах змінних температур. Каталізатори ADDITOL® P 964 та JG804A можуть використовуватись у менш критичних умовах або з додатковими модифікаторами для покращення їх ефективності.

1. D.S. Richart, Powder Coating – Past, Present and Future: A Review of the State of the Art, Powder Coating, pp. 16-24, 1990.

2. V.I. Gots, O.V. Lastivka, O.O. Tomin, S.A. Tymoshenko, "Fillers for modification of polyester powder coating", Materials Science and Engineering, Innovative Technology in Architecture and Design, 6, pp. 1-7, 2020.

3. V.E. Spyrou, Powder Coatings – Chemistry and Technology, European Coatings Tech Files, 3rd, 2004.

4 N. Liberto, Powder Coating: The Complete Finisher's Handbook, 4th Edition, Powder Coating Institute, 2012.

5. J. Maty, "90 Years with PCI: A Retrospective", Paint & Coatings Industry Magazine, pp. 28-29, 2004.

6. B. Muller, U. Poth, Coatings Compendia – Coatings Formulation, Powder Coating Institute, 2006.

7. S. Paul, J. Willey, S. Sons "Surface Coatings: Science and Technology", 2nd Edition, p. 219, 1985.

8. D. Richart, Industr. Paint & Powder, Powder R&D Section Fall, 1999.

9. V. Gots, O. Lastivka, O. Tomin, O. Kovalchuk, "Influence of Film-Forming Components on the Corrosion Resistance of Powder Coating", Materials Science Forum, vol. 968, pp. 143-152, 2019.