

**ВПЛИВ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ КОМПОНЕНТІВ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ
ПОРОШКОВОГО ПОКРИТТЯ**

Гоц В.І., д.т.н., професор,
ORCID: 0000-0001-7103-1234

Ластівка О.В., к.т.н. доцент,
oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

Томін О.О., аспірант,
alexkp94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419

Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація. Показано результати впливу плівкоутворюючих компонентів на корозійну стійкість порошкового покриття. Захисні і декоративні порошкові покриття – один з найбільш перспективних видів лакофарбових матеріалів для промислового використання. Їх основними перевагами є: відсутність розчинників, практично безвідходна технологія нанесення покриття (ступінь утилізації порошку при застосуванні наближається до 100 %), відносна простота та економічність в процесі виробництва покриття. Дослідження захисних властивостей порошкових покриттів пов'язано з виявленням високоефективних властивостей і високої корозійної стійкості матеріалу. Хоча корозійна стійкість порошкового покриття підвищується завдяки розробці більш ефективних плівкоутворюючих компонентів, номенклатура яких досить широка.

Ключові слова: порошкове покриття, плівкоутворювачі, корозійна стійкість, колір, вага, ударна стійкість, адгезія.

Вступ. Будівельні матеріали, вироби і конструкції під час експлуатації безперервно піддаються впливу навколишнього середовища. Шкідливий вплив атмосферних опадів, газів, пилу, що містяться в повітрі, почергове зволоження і висихання, різкі перепади температур, процеси вивітрювання – всі ці фактори скорочують терміни служби будівельних матеріалів, виробів, конструкцій, погіршують їх експлуатаційні та декоративні властивості. Корозійні процеси, а вірніше пошук шляхів захисту від них, в даний час – є одна із найактуальніших і важливих проблем [1].

Вибір виду захисту від корозії являє собою комплексну задачу з урахуванням техніко-економічних і експлуатаційних показників. 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 80-х роках минулого століття з'явився новий вид лакофарбових покриттів – порошкові. Плівкоутворювачами в них служать тверді полімери та олігомери, а своєрідним розріджуючим агентом – повітря [4, 5].

За своїми експлуатаційними, декоративними, механічними та технологічними характеристиками порошкові покриття не поступаються рідким лакофарбовим матеріалам (ЛФМ), а в дечому навіть і переважають їх [6, 7]. При цьому, з точки зору економіки, технологічності, нормам екології, декоративно-захисним покриттям на основі ПФ майже нема альтернативи.

Фактором їх ефективності є і довговічність покриттів. Покриття з порошкових фарб в більшості випадків показують вищі захисні властивості і мають більший термін служби, ніж покриття з розчинів і дисперсій полімерів [8]. Це пояснюється тим, що порошкові фарби не містять посередників плівкоутворення (розчинників, води) і ПАР, а готуються переважно на термореактивних олігомерах і полімерах кристалічної структури з підвищеною хімічною стійкістю.

У хімічному відношенні виділяють дві групи матеріалів: на основі термопластичних і на основі термореактивних плівкоутворювачів [9]. Перші утворюють покриття без хімічних перетворень, в основному за рахунок розплавлення частинок порошку і охолодження розплавів. Плівкоутворювачами для термопластичних порошкових фарб в основному є: поліетилен, полівінілхлорид, поліаміди, сополімери етилену з вінілацетату, насичені поліефіри. Їх застосовують для отримання покриттів, до декоративних властивостей яких не пред'являються високі вимоги.

У другому випадку відбувається процес затвердження при нагріванні смоли, або в результаті взаємодії смоли і спеціально введеним затверджувачем. В якості плівкоутворювачів використовують епоксидні, поліефірні, акрилатні і деякі інші смоли, наприклад, на основі бісфенолу F і новolakів.

В 90-х роках минулого століття в промисловості переважав випуск термопластичних фарб. Проте на початку 21 століття різко зріс обсяг виробництва фарб на термореактивних плівкоутворювачах різко зріс. В даний час, в різних країнах він становить до 80 % загального випуску порошкових лакофарбових матеріалів [10].

Враховуючи великий обсяг виробництва термореактивних порошкових фарб в світі доцільним є вивчення впливу різних типів плівкоутворюючих компонентів на корозійну стійкість порошкового покриття.

Метою роботи є вивчення впливу плівкоутворюючих компонентів у вигляді термотвердіючих олігомерів на корозійну стійкість порошкового покриття.

Сировинні матеріали та методи досліджень. *Обґрунтування вибору сировинних матеріалів для порошкових покриттів.* Рецептний склад порошкового покриття складається з наступних складових: плівкоутворюючий компонент, наповнювач, пігмент, функціональні добавки.

В даній роботі в якості плівкоутворюючих компонентів використанотермотвердіючі олігомери у вигляді епоксидних, насичених карбоксилівмісних поліефірних і гібридних смол (виробництва компаній: «Allnex» Італія, «KNUA» Китай, «Ciech» Польща, «Inoporl» Корея, «DOW» Корея) з різною температурою склування полімерів, молекулярною масою та наявністю функціональних груп. Характеристика смол наведено в табл. 1.

Для карбоксилівмісних поліефірних смол є також необхідним використання структуроутворюючого затверджувача у вигляді тригліцеридізоціанурата (TGIC) або гідроксіалкідаміда (НАА). В даній роботі використано TGIC виробництва компанії «Huangshan» та НАА марки Primid XL 552 виробництва компанії «EMS Chemicals».

Використання наповнювача сприяє підвищенню фізико-механічних характеристик порошкового покриття: розплив, ударостійкість, міцність на згин, блиск, хімічна стійкість, укривистість. В якості наповнювача використовували осаджений сульфат барію та діоксид титану виробництва компанії «ChangshaLianda».

При виробництві порошкових фарб на відміну від рідких відсутня операція кольорування, а також не контролюється ступінь дисперсності пігменту. При виробництві порошкових фарб можуть використовуватись як органічні, так і неорганічні пігменти. Але перевагу надають саме неорганічним, так як вони володіють необхідною термостійкістю при високих температурах затвердження. В даній роботі використано пігменти виробництва компанії «Basf».

В якості функціональних добавок використано Resiflow PV88 компанії Estronchemical в кількості 1 % від маси порошкової фарби та бензоїн виробництва Estronchemical в кількості 0,6 % від маси порошкової фарби.

Таблиця 1 – Характеристика плівкоутворюючого компоненту

Тип смоли	Показники					
	Зовнішній вигляд	Блиск 200/600, %	В'язкість по Брукфільду 200°C, мПа·с	Колір b-показник, тах	Число кислотності (мг КОН/г)	Температура та час полімеризації
Поліефірні смоли на затверджувачі TGIC						
Allnex 2441-3T	Непрозорі гранули	67	4000-5200	10	30-35	200C 10хв
Khua EP-2105	Непрозорі гранули	68	4500-5500	10	30-36	200C 10хв
Поліефірні смоли на затверджувачі НАА						
Ciech GP 5518/T	Непрозорі гранули	61	2800-3500	10	30-40	180C 10хв
Crylcoat 2618-3	Непрозорі гранули	61	2800-3400	10	30-35	180C 10хв
KNUA EP-3126	Непрозорі гранули	58	3000-4000	10	32-38	180C 10хв
Alymers PC2812T	Непрозорі гранули	61	3000-5000	7	28-34	180C 10хв
Поліефірні (гібридні) смоли для епоксі-поліефірних систем 70/30						
Allnex 1771-3	Непрозорі гранули	56	4000-5500	15	30-36	180C 10хв
Ciech GS 7371/T	Непрозорі гранули	55	4200-5800	15	32-42	180C 10хв
KNUA EP-1703	Непрозорі гранули	58	5400-6600	16	30-36	180C 10хв
Епоксидні смоли						
Ciech Epidian 033A	Непрозорі гранули	30	900-1200	30	12-13	180C 10хв
Dow D.E.R. 663UE	Непрозорі гранули	35	900-1500	32	12-13	180C 10хв

Методи досліджень. Дослідження корозійної стійкості декоративно-захисних порошкових покриттів на основі різних типів плівкоутворюючих компонентів проведено в камері сольового туману (конденсація водного розчину хлориду натрію на поверхні зразках при температурі 35 °C) згідно ISO 9227:2006 (метод випробування при дії нейтрального соляного туману) в наступній послідовності:

1. На пластини (розміром 100×200 мм) зі сталі Ст3, було нанесено порошкову фарбу (кольорів таблиці RAL 7040 та RAL 9016) на основі різних типів плівкоутворюючих компонентів. Нанесення порошкової фарби відбувалось за допомогою електростатичного способу згідно ISO 1514:2016 з використанням розпилювального пістолету Start 50. Склади лакофарбових порошкових покриттів наведено в табл. 2.

2. Затвердження порошкового покриття на пластинках відбувалось в печі полімеризації за наступними температурними режимами: для епоксі-поліефірних та НАА систем – 180 °C, 10 хв; для TGIC систем – 200 °C, 10 хв.

3. Перед випробуванням корозійної стійкості на контрольних зразках покриття були

визначені: товщина шару, колір спектру (ΔE), вага зразка, адгезія покриття методом решітчастого надрізу (ISO 2409-2013), ударна стійкість до зворотнього удару (ISO 6272-2).

Таблиця 2 – Склади лакофарбових матеріалів

№ п/п	Тип смоли	Склад лакофарбових порошкових покриттів, %					
		Смола	Затвер- джувач	Напов- нювач	Діоксид титану	Пігменти	Функціональ- ні добавки
Поліефірні системи на затверджувачах TGIC та HAA (колір RAL 7040)							
1	Crylcoat 2441-3T+TGIC	55,8	7,0	23,6	11,0	1,0	1,6
2	Crylcoat 2618-3+HAA	58,9	5,0	23,5	11,0	1,0	1,6
3	Ciech GP 95518/T+HAA	58,9	5,0	23,5	11,0	1,0	1,6
4	KHUA EP-3126+HAA	58,9	5,0	23,5	11,0	1,0	1,6
5	KHUA EP-2105+TGIC	55,8	7,0	23,6	11,0	1,0	1,6
6	Alymers PC2812T+HAA	58,9	5,0	23,5	11,0	1,0	1,6
Епоксі-поліефірні системи, (колір RAL 7040)							
7	Crylcoat 1771-3+Ep. 033A	39,2	19,2	29,0	11,0	1,0	1,6
8	GS 7371/T + Epidian 033A	39,2	19,2	29,0	11,0	1,0	1,6
9	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	39,2	19,2	29,0	11,0	1,0	1,6
10	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	39,2	19,2	29,0	11,0	1,0	1,6
Поліефірні системи на затверджувачахTGIC та HAA (колір RAL 9016)							
11	Crylcoat 2441-3T+TGIC	57,8	7,0	9,6	23,0	1,0	1,6
12	Crylcoat 2618-3+HAA	60,9	5,0	8,5	23,0	1,0	1,6
13	Ciech GP 95518/T+HAA	60,9	5,0	8,5	23,0	1,0	1,6
14	KHUA EP-3126+HAA	60,9	5,0	8,5	23,0	1,0	1,6
15	KHUA EP-2105+TGIC	60,9	7,0	9,6	23,0	1,0	1,6
16	Alymers PC2812T+HAA	60,9	5,0	8,5	23,0	1,0	1,6
Епоксі-поліефірні системи, (колір RAL 9016)							
17	Crylcoat 1771-3+Ep. 033A	41,2	19,2	14,0	23,0	1,0	1,6
18	GS 7371/T + Ep. 033A	41,2	19,2	14,0	23,0	1,0	1,6
19	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	41,2	19,2	14,0	23,0	1,0	1,6
20	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	41,2	19,2	14,0	23,0	1,0	1,6

4. Корозія покриття досліджувалась в камері соляового туману протягом 1000 годин. Перед випробування спеціальним різцем на зразках було зроблено надрізи покриття до металу довжиною не менше 50 мм і шириною 0,5 мм. Зразки покриттів з надрізами поміщено в камеру соляового туману випробувальною поверхнею вверх під кутом $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ до вертикалі. Камера соляового туману забезпечувала безперервне розпилення розчину хлористого натрію (NaCl) з концентрацією (50 ± 5) г/дм³ при температурі $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$, pH=7,02, дисперсність туману 1-10 мкм. Середня швидкість збору розчину вимірювалась кожні 24 години і становила $(1,5 \pm 0,5)$ мл/год. Для приготування розчину було використано NaCl згідно ГОСТ 4233-77.

5. На протязі кожних 200 годин виконувалась перевірка зразків на зміну кольору, ваги, адгезії, ударної міцності.

Результати досліджень. *Зміна кольорового спектру.* В табл. 3 наведено усереднені значення за результатами випробувань зміни кольорового спектру покриття. Дані покриття характеризуються стабільністю в кольорі при низькій зміні ΔE показника протягом випробування при дії соляового туману, що свідчить про високу стійкість досліджених порошкових покриттів.

Таблиця 3 – Зміна кольорового спектру покриття при дії соляового туману

№ п/п	Склад фарби	Зміна кольорового спектру, ΔE/год.					
		0	200	400	600	800	1000
Поліефірні системи на затверджувачах TGIC та HAA (колір RAL 7040)							
1	Crylcoat 2441-3 T+TGIC	0	0	0	0,02	0,03	0,04
2	Crylcoat 2618-3+HAA	0	0	0	0,03	0,05	0,06
3	CiechGP 95518/T+HAA	0	0,08	0,18	0,32	0,43	0,52
4	KHUA EP-3126+HAA	0	0,15	0,25	0,30	0,40	0,46
5	KHUA EP-2105+TGIC	0	0,07	0,14	0,18	0,23	0,25
6	Alymers PC2812T+HAA	0	0,12	0,2	0,29	0,37	0,43
Епоксі-поліефірні системи, (колір RAL 7040)							
7	Crylcoat 1771-3+Epidian 033A	0	0,03	0,08	0,11	0,12	0,24
8	GS 7371/T + Epidian 033A	0	0,15	0,22	0,34	0,42	0,5
9	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	0	0,05	0,1	0,18	0,29	0,42
10	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	0	0,05	0,11	0,19	0,27	0,68
Поліефірні системи на затверджувачах TGIC та HAA (колір RAL 9016)							
11	Crylcoat 2441-3 T+TGIC	0	0	0,07	0,14	0,19	0,22
12	Crylcoat 2618-3+HAA	0	0	0,1	0,12	0,18	0,21
13	Ciech GP 95518/T+HAA	0	0,15	0,2	0,38	0,48	0,57
14	KHUA EP-3126+HAA	0	0,24	0,29	0,35	0,40	0,47
15	KHUA EP-2105+TGIC	0	0,06	0,13	0,19	0,22	0,24
16	Alymers PC2812T+HAA	0	0,13	0,24	0,31	0,42	0,49
Епоксі-поліефірні системи, (колір RAL 9016)							
17	Crylcoat1771-3+Epidian 033A	0	0,06	0,15	0,2	0,28	0,23
18	GS 7371/T + Epidian 033A	0	0,05	0,15	0,27	0,36	0,45
19	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	0	0,09	0,18	0,25	0,32	0,37
20	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	0	0,1	0,12	0,25	0,38	0,47

Виявлено, що епоксі-поліефірні системи характеризуються вищою інтенсивністю зміни

кольорового спектру порівняно з поліефірними системами (табл. 3), що може бути пов'язано із високим b-показником (табл. 1) смол, який впливає на пожовтіння порошкового покриття. Найгірші результати демонструють покриття на основі складів № 10, № 20 (смола KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU).

Найбільшою стійкістю до зміни кольорового спектру при дії соляного туману, характеризуються поліефірні системи складу № 1, № 2 (Crylcoat 2441-3T з затверджувачем TGIC) та (Crylcoat 2618-3 з затверджувачем HAA). Для епоксі-поліефірних систем найкращі результати демонструють склади № 7, № 17 (комбінація смол Crylcoat 1771-3 та Epidian 033A).

Зміна ваги. В табл. 4 наведено усереднені значення за результатами випробувань зміни ваги зразка при дії соляного туману. Виявлено, що поліефірні та епоксі-поліефірні системи, в загальному, характеризуються втратою маси в діапазоні від 0,17 % до 0,34 % від контрольної маси зразка при дії соляного туману протягом 1000 годин (табл. 4).

Найбільшим зростанням маси зразка (0,34 %) при дії соляного туману, характеризуються поліефірні системи складу № 6, (Alymers PC2812T з затверджувачем HAA). Для епоксі-поліефірних систем найгірший результат набору маси (0,31...0,34 %) демонструє система складу № 7 та № 17 (комбінація смол Crylcoat 1771-3 та Epidian 033A).

Таблиця 4 – Зміна ваги зразка при дії соляного туману

№ п/п	Склад фарби	Зміна ваги пластини під час випробування, гр/год.					
		0	200	400	600	800	1000
Поліефірні смоли на затверджувачах TGIC та HAA колір RAL 7040							
1	Crylcoat2441-3T+TGIC	80,21	80,23	80,26	80,28	80,32	80,35
2	Crylcoat2618-3+HAA	85,57	85,61	85,63	85,67	85,70	85,73
3	CiechGP 95518/T+HAA	86,63	86,67	86,73	86,75	86,82	86,87
4	KHUA EP-3126+HAA	87,76	87,81	87,85	87,88	87,91	87,94
5	KHUA EP-2105+TGIC	85,08	85,10	85,13	85,15	85,18	85,2
6	AlymersPC2812T+HAA	82,89	82,95	83,00	83,07	83,11	83,17
Епоксі-поліефірні склади колір RAL 7040							
7	Crylcoat1771-3+Epidian 033A	83,4	83,44	83,48	83,55	83,6	83,68
8	GS 7371/T + Epidian 033A	83,98	84,02	84,07	84,09	84,11	84,15
9	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	84,45	84,52	84,6	84,65	84,67	84,72
10	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	82,9	83,0	83,02	83,05	83,09	83,12
Поліефірні склади колір RAL 9016							
11	Crylcoat2441-3 T+TGIC	83,10	83,13	83,17	83,21	83,23	83,25
12	Crylcoat2618-3+HAA	83,75	83,79	83,82	83,85	83,89	83,92
13	CiechGP 95518/T+HAA	83,84	83,87	83,91	83,95	83,98	84,1
14	KHUA EP-3126+HAA	83,73	83,77	83,82	83,89	83,94	84,0
15	KHUA EP-2105+TGIC	84,52	84,55	84,59	84,63	84,66	84,7
16	AlymersPC2812T+HAA	86,46	86,53	86,59	86,63	86,68	86,73
Епоксі-поліефірні склади колір RAL 9016							
17	Crylcoat1771-3+Epidian 033A	87,45	87,53	87,6	87,67	87,7	87,75
18	GS 7371/T + Epidian 033A	77,0	77,04	77,08	77,11	77,13	77,16
19	GS 7371/T+ D.E.R. 663 EU	85,9	86,0	86,02	86,1	86,14	86,17
20	KHUA 1703+ D.E.R. 663 EU	83,9	83,93	83,97	84,02	84,06	84,11

Найменшим зростанням маси зразка (0,17 %) характеризується поліефірні системи складу № 1, (Crylcoat 2441-3Т з затверджувачем TGIC), що підтверджує їх високу корозійну стійкість до дії сольового туману. Для епоксі-поліефірних систем найменшим зростанням маси зразка (0,21 %) демонструє система складу № 8 та № 18 (комбінація смол GS7371/Т та Epidian 033А).

Ударна міцність. Показано, що ударна міцність всіх досліджуваних систем різко знижується при дії сольового туману (рис. 1-4). Найбільшим зниженням ударної міцності характеризуються покриття на основі епоксі-поліефірних систем, що свідчить про їх низьку корозійну стійкість до дії сольового туману. Вже через 200 годин дії сольового туману ударна міцність покриття знижується на 50 %. Через 1000 годин дії сольового туману спостерігається руйнування порошкового покриття, що свідчить про неефективність вказаних систем в забезпеченні корозійної стійкості.

При використанні покриття на основі поліефірних систем ударна міцність при дії сольового туману також знижуються. Найгіршим результатом характеризуються системи складу № 3, № 5, № 13, № 15 – через 1000 годин дії сольового туману спостерігається руйнування порошкового покриття. Найвищі результати ударної міцності через 1000 годин дії сольового туману для поліефірних систем демонструють склади №1 (Crylcoat 2441-3Т з затверджувачем TGIC) та № 2 (Crylcoat 2618-3 з затверджувачем HAA) – міцність знижується на 50 %, що характеризує вказані системи, як найбільш корозійностійкі.

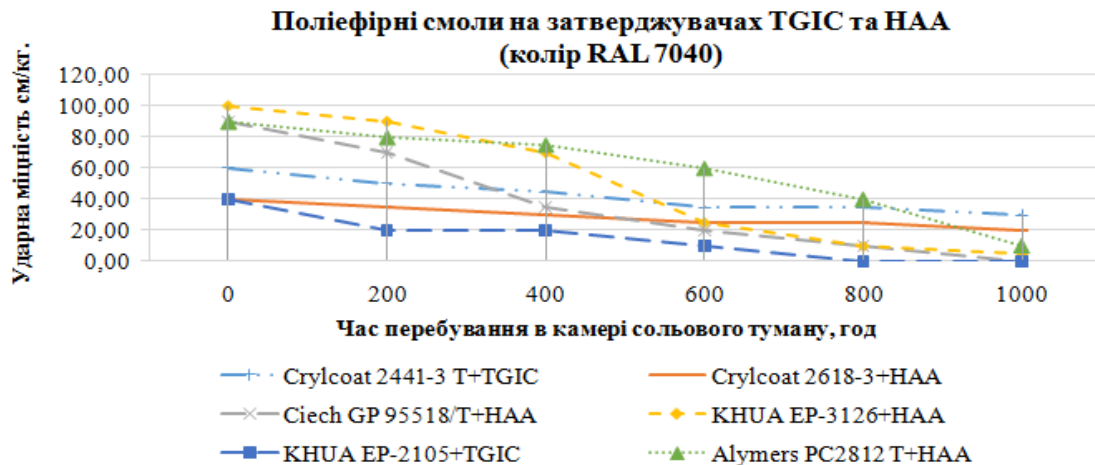


Рис. 1. Зміна ударної міцності зразка при дії сольового туману на основі поліефірних смол (колір Ral 7040)

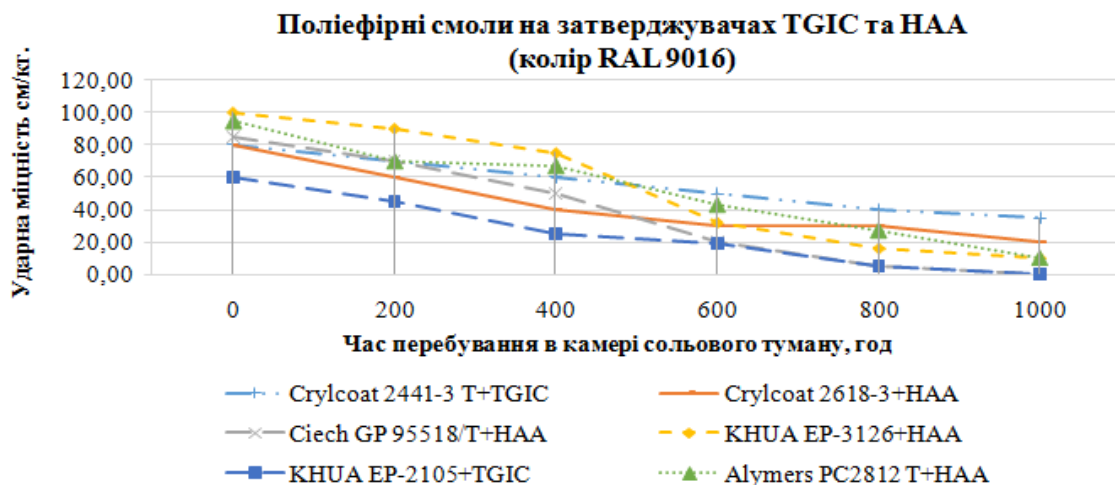


Рис. 2. Зміна ударної міцності зразка при дії сольового туману на основі поліефірних смол (колір Ral 9016)

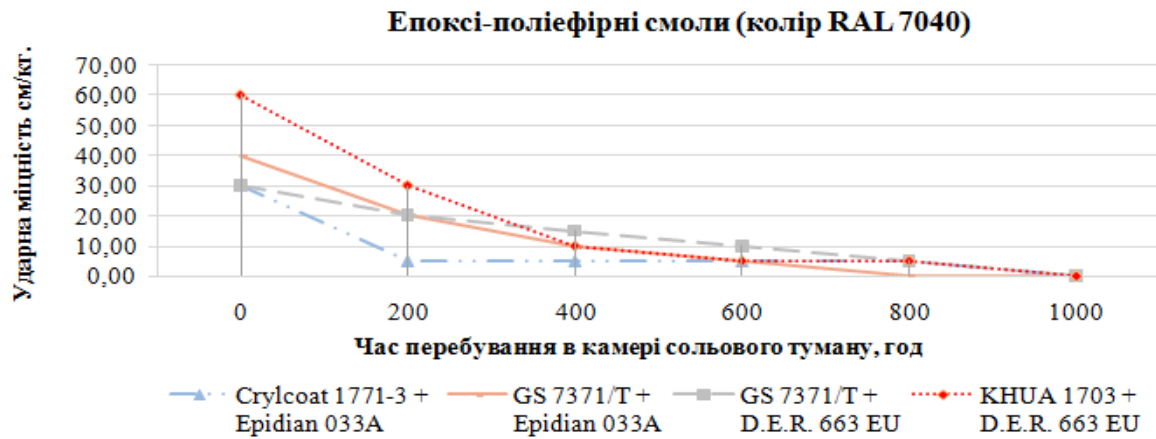


Рис. 3. Зміна ударної міцності зразка при дії соляного туману на основі епоксі-поліефірних смол (колір Ral 7040)

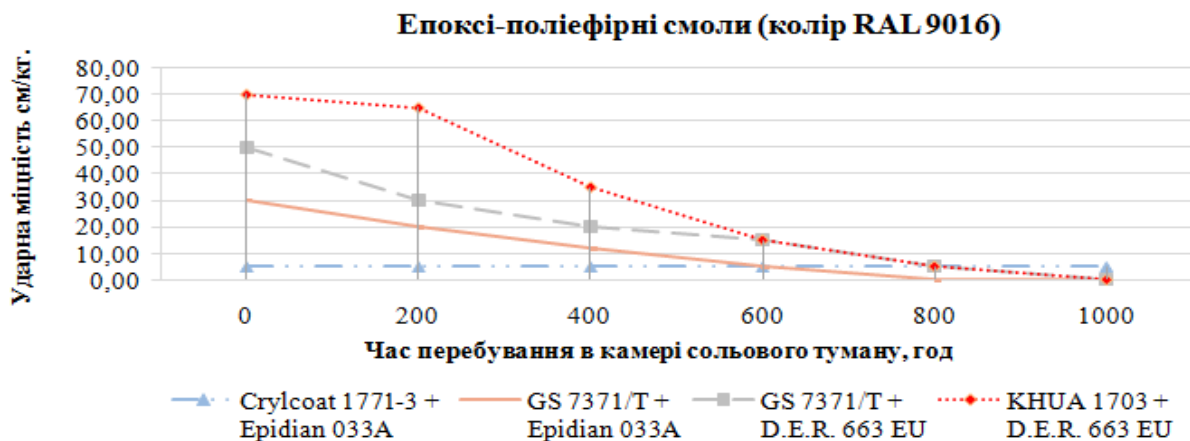


Рис. 4. Зміна ударної міцності зразка при дії соляного туману на основі епоксі-поліефірних смол (колір Ral 9016)

Адгезія. Виявлено, що через 1000 годин при дії соляного туману адгезія порошкових покриттів на основі епоксі-поліефірних систем становить Gt4 згідно ISO 2409, що свідчить про низьку корозійну стійкість вказаних покриттів. Адгезія порошкових покриттів на основі поліефірних смол через 1000 годин при дії соляного туману становить Gt1..2 згідно ISO 2409, що свідчить про корозійну стійкість вказаних систем.

Висновок. Згідно результатів досліджень виявлено, що корозійна стійкість порошкових покриттів змінюється залежно від типу плівкоутворюючого компоненту, його виробника, а також типу структуроутворюючого затверджувача. Через 1000 годин дії соляного туману використання епоксі-поліефірних та поліефірних систем порошкового покриття суттєво не змінює кольоровий спектр та вагу покриття. Проте, ударна міцність та адгезія вищевказаних покриттів різко знижується. Використання епоксі-поліефірних систем при дії соляного туману є неефективним.

Ефективність використання поліефірних систем при дії соляного туману залежить від виробника плівкоутворюючого компоненту, а також типу затверджувача. При використанні смоли Crylcoat 2441-3 T із затверджувачем TGIC забезпечується найбільша корозійна стійкість порошкового покриття при дії соляного туману. При зміні смоли або використанні затверджувача у вигляді НАА корозійна стійкість покриттів знижується.

Література

1. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. // Будівельне матеріалознавство: Підручник. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 455 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 // *Лакокрасочные материалы и их применение*. – Киев, 2010. – Вип. № 9. – С. 8 – 16.
4. 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.
5. Lafabrier A. Experimental Evidence of the Interface/Interphase Formation between Powder Coating and Composite Material / A. Lafabrier, A. Fahs, G. Louarn // *Progress in Organic Coatings*, 2014, 77. – pp. 1137-1144.
6. Mirabedini S.M. The Effect of Micro and Nano-Sized Particles on Mechanical and Adhesion Properties of a Clear Polyester Powder Coating / S.M. Mirabedini, A.N. Kiamanesh // *Progress in Organic Coatings*, 2013, 76. – pp. 1625-1632.
7. Paul S. Surface Coatings: Science and Technology / S. Paul, J. Willey, S. Sons // 2nd Edition, 1985. – 219 p.
8. Challener C. Corrosion Protection with Coatings: Facing the Challenge. / C. Challener // *CoatingsTech*, 2012, 9. – pp. 42-46.
9. Özcan M. EIS study of the effect of high levels of SO₂ on the corrosion of polyester-coated galvanised steel at different relative humidities / M. Özcan, I. Dehri, M. Erbil // *Progress in Organic Coatings*, 2002, 44. – pp. 279–285.
10. Bajat J. B. The influence of aluminium surface pretreatment on the corrosion stability and adhesion of powder polyester coating / J. B. Bajat J. P. Popić, V. B. Mišković-Stanković // *Progress in Organic Coatings*, 2010, 69. – pp. 316–321.

References

- [1] P.V. Krivenko, K.K. Pushkarova, V.B. Baranovskiy ta In., *Budivelne materialoznavstvo*. TOV UVPK «EksOb», 2004.
- [2] M.H. Al-Sherrawi, V. Lyashenko, E.M. Edaan and S. Sotnik, "Corrosion as a Source of Destruction in Construction", *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(5), pp. 306–314, 2018.
- [3] V.A. Sviderskiy, T.A. Karavaev, "Sostoyanie, struktura i perspektivyi razvitiya ryinka lakokrasochnoy produktsii v Ukraine", *Lakokrasochnie materialu i ih premenenie*, Kiev, no 9, pp. 8-16, 2010.
- [4] M. Puig, M.J. Gimeno, J.J. Gracenea, "Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment. Assessment by Electrochemical Techniques", *Progress in Organic Coatings*, 77, pp. 1993-1999, 2014.
- [5] A. Lafabrier, A. Fahs, G. Louarn, "Experimental Evidence of the Interface/Interphase Formation between Powder Coating and Composite Material", *Progress in Organic Coatings*, 77, pp. 1137-1144, 2014.
- [6] S.M. Mirabedini, A.N. Kiamanesh, "The Effect of Micro and Nano-Sized Particles on Mechanical and Adhesion Properties of a Clear Polyester Powder Coating", *Progress in Organic Coatings*, 76, pp. 1625-1632, 2013.
- [7] S. Paul, J. Willey, S. Sons, *Surface Coatings: Science and Technology*, 2nd Edition, 1985.
- [8] C. Challener, "Corrosion Protection with Coatings: Facing the Challenge", *CoatingsTech*, 9,

- pp. 42-46, 2012.
- [9] M. Özcan, I. Dehri, M. Erbil, "EIS study of the effect of high levels of SO₂ on the corrosion of polyester-coated galvanised steel at different relative humidities", *Progress in Organic Coatings*, 44, pp. 279–285, 2002.
- [10] J. B. Bajat, J. P. Popić, V. B. Mišković-Stanković. "The influence of aluminium surface pretreatment on the corrosion stability and adhesion of powder polyester coating", *Progress in Organic Coatings*, 69, pp. 316–321, 2010.

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ПОРОШКОВОГО ПОКРЫТИЯ

Гоц В.И., д.т.н., профессор,
ORCID: 0000-0001-7103-1234

Ластивка О.В., к.т.н. доцент,
oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

Томин О.О., аспирант,
alexkp94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Аннотация. Номенклатура материалов, используемых в строительстве разнообразна по составу, структуре, химическим, физическим, механическим свойствам и назначениям. В промышленном строительстве крупное распространение получили бетонные и металлические изделия и конструкции. Для обеспечения долговечности строительных металлических изделий предъявляются требования по обеспечению их устойчивости к окружающей среде, при соответствующем уменьшении себестоимости материала путем нанесения на их основания декоративно-защитного покрытия. Именно здесь на первый план начинают выходить порошковые покрытия, вытесняя покрытия на основе жидких растворителей.

Технология применения декоративно-защитных покрытий на основе порошковых красок имеет ряд преимуществ по сравнению с красками на основе жидких систем: порошковые краски поставляются на строительные заводы уже в полностью готовом виде, они не нуждаются в подготовке, перемешивании, размешивании и регулировании вязкости. Получение декоративно-защитного покрытия на основе порошковых красок обеспечивается, как правило, однослойным нанесением, в то время как жидкие краски требуют нанесения нескольких слоев, увеличивая время производства покрытия. Легко обеспечивается утилизация и рециклинг порошковых красок, тем самым увеличивается экономичность производства. Снижаются энергозатраты на производство покрытий в связи с отсутствием растворителей. Предоставляется возможность полной автоматизации производства, что позволяет уменьшить количество рабочего персонала и производственных площадей, а также увеличить производственные мощности.

Согласно исследований обнаружено, что коррозионная стойкость порошковых покрытий меняется в зависимости от типа пленкообразующего компонента, его производителя, а также типа структурообразующего отвердителя. Через 1000 часов действия солевого тумана использования эпокси-полиэфирных и полиэфирных систем порошкового покрытия существенно не меняет цветовой спектр и вес покрытия. Однако, ударная прочность и адгезия вышеуказанных покрытий резко снижается. Использование эпокси-полиэфирных систем при воздействии солевого тумана неэффективно.

Эффективность использования полиэфирных систем при воздействии солевого тумана зависит от производителя пленкообразующего компонента, а также типа отвердителя. При использовании смолы Crylcoat 2441-3 Т с отвердителем TGIC обеспечивается наибольшая коррозионная стойкость порошкового покрытия при воздействии солевого тумана. При изменении смолы или использования отвердителя в виде НАА коррозионная стойкость покрытий снижается.

Ключевые слова: порошковое покрытие, плёнкообразователи, коррозионная стойкость, цвет, вес, ударная стойкость, адгезия.

**INFLUENCE OF FILM-FORMING COMPONENTS ON THE CORROSION
RESISTANCE OF POWDER COATING**

Gots V.I., D.Sc., Professor,
ORCID: 0000-0001-7103-1234

Lastivka O.V., PhD., Assistant Professor,
oles.lastivka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7499-4744

Tomin O.O., graduate student,
alexkp94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2830-9419
Kiev National University of Construction and Architecture

Abstract. The range of materials used in construction is diverse in composition, structure, chemical, physical and mechanical properties and purpose. In industrial construction, concrete and metal products and structures have received large-scale distribution. To ensure the durability of construction metal products, there are requirements to ensure their resistance to the environment, with a corresponding decrease in the cost of the material by applying a decorative protective coating on their basis. It is here that powder coatings are beginning to emerge, displacing coatings based on liquid solvents.

The technology of applying decorative protective coatings based on powder paints has a number of advantages compared to paints based on liquid systems: powder paints are supplied to construction plants in a completely finished form, they do not need preparation, mixing, mixing and viscosity control. Obtaining a decorative protective coating based on powder paints is usually provided by a single-layer coating, while liquid paints require the application of several layers, which increases the production time of the coating. Easy disposal and recycling of powder paints are provided, thereby increasing the efficiency of production. Energy consumption for the production of coatings is reduced due to the lack of solvents. The possibility of full automation of production is provided, which allows to reduce the number of working personnel and production areas, as well as to increase production capacity.

Factor in their effectiveness is the durability of coatings. This is explained by the fact that powder paints do not contain intermediaries of film formation (solvents, water), but are mainly prepared on thermosetting oligomers and polymers of a crystalline structure with enhanced chemical resistance.

According to the results of research activities, it has been revealed that the corrosion resistance of powder coating depends on the type of the film-forming component, its manufacturer and type of the structural-forming hardening agent. In 1,000 hours of the influence of the salt spray using the epoxy polyester and polyester systems of the powder coating does not change the spectral color and weight of the coating. However, the corrosion resistance and the adhesion of the above coatings decreases sharply. It is inefficient to use epoxy polyester systems under influence of the salt spray.

The efficiency of use of the polyester systems under influence of the salt spray depends on the manufacturer of the film-forming component as well as type of the hardening agent. When the Crylcoat 2441-3 T resin with TGIC hardening agent is used, we can see the highest corrosion resistance of the powder coating under influence of the salt spray. When the resin is changed or the hardening agent in the form of HAA is used, the corrosion resistance of coatings decreases.

Keywords: powder coating, film-forming, corrosion resistance, color, weight, impact resistance, adhesion.

Стаття надійшла 6.05.2019