Довготривале зберігання емульсій та водорозчинних фарб за допомогою методу термічної стерилізації

дата публікації: 2026.06.26



Переваги та недоліки водорозчинних лакофарбових матеріалів
Останніми роками особливу увагу приділяють покриттям, отриманим із лакофарбових матеріалів на водній основі, які завдяки незначним викидам летких органічних сполук (ЛОС, англ. Volatile Organic Compounds, VOC) сьогодні динамічно розвиваються і охоплюють як антикорозійні, ґрунтувальні, так і фінішні матеріали. На відміну від традиційних на основі розчинників, у водорозчинних продуктах роль основного носія виконує вода, що дозволяє практично повністю усунути викиди ЛОС у навколишнє середовище.

Водорозчинні матеріали майже не мають запаху, є негорючими, швидко висихають і безпечні для здоров’я, завдяки чому їх використання може бути зручнішим і безпечнішим, особливо в закритих приміщеннях, що дозволяє їх використовувати відносно швидко після фарбування. Важливою перевагою є також просте нанесення за допомогою пензля, валика або розпилювача, а також легкість очищення обладнання водою без необхідності використання токсичних органічних розчинників. Завдяки сприятливим експлуатаційним та екологічним властивостям, водорозчинні фарби знаходять широке застосування в багатьох галузях промисловості, зокрема як покриття для стін, стель, фасадів будівель, меблів, дерев’яних та металевих елементів, пластикової тари, а також як ґрунти.

Процес утворення покриття у випадку більшості водорозчинних фарб полягає у випаровуванні води та поступовій коалесценції полімерних частинок, що призводить до утворення суцільного, однорідного захисного шару. Окрім класичних продуктів фізичного висихання, також доступні продукти хімічного затвердіння та окисного висихання, що дозволяє отримувати покриття з

кращими механічними та експлуатаційними властивостями.

Одним із недоліків водорозчинних фарб є їхня підвищена схильність до розвитку мікроорганізмів, що зумовлена наявністю води та органічних компонентів, які можуть бути джерелом поживних речовин для бактерій і грибків. Мікробіологічне забруднення може призвести до погіршення фізико-хімічних властивостей фарби вже на етапі зберігання та негативно вплинути на якість отриманого покриття.

До характерних ознак розвитку мікроорганізмів у фарбах належать, зокрема:

- поява неприємного запаху, що виникає внаслідок утворення низькомолекулярних продуктів розпаду, таких як сполуки сірки, аміни або леткі органічні сполуки, що часто супроводжується виділенням газів;
- зміна кольору продукту;
- зниження в’язкості внаслідок розпаду згущувачів або сполучного;
- осідання пігментів та наповнювачів;
- зміна значення pH.

Фарба після мікробіологічного розкладу, як правило, непридатна для подальшого використання, оскільки, окрім погіршення сенсорних характеристик, вона може демонструвати гірші експлуатаційні властивості через руйнування хімічної структури сполучного та інших компонентів фарби, які необхідні для забезпечення належних властивостей покриття. Крім того, наявність мікроорганізмів, що розмножилися, може становити загрозу для здоров’я користувачів, особливо під час нанесення фарби у закритих приміщеннях.

Хімічна консервація емульсій та водорозчинних фарб
Водне середовище створює сприятливі умови для швидкого розмноження мікроорганізмів, тому фарби на водній основі потребують захисту від їхнього розвитку в упаковках. Те саме стосується водних емульсій, які є їхнім ключовим компонентом, та інших добавок, необхідних для надання фарбі відповідних властивостей, таких як: диспергуючі, змочувальні, протипінні засоби або загусники. Засоби захисту типу «in-can» (в упаковкці) повинні забезпечувати довготривалий захист продукту та мати широкий спектр антимікробної дії.

Наразі найпоширенішою групою біоцидів, що захищають водорозчинні вироби від мікробіологічного розкладу в упаковці, є похідні ізотіазолінону (рис. 1). Ці сполуки мають широкий спектр антимікробної дії проти бактерій і грибків, завдяки чому ефективно обмежують розвиток мікроорганізмів під час зберігання продукту.

До найбільш поширених речовин належать:

- BIT (1,2-бензізотіазол-3(2H)-он) — біоцид із широким спектром протимікробної дії, ефективний проти багатьох груп бактерій та грибків;
- MIT (2-метил-2H-ізотіазол-3-он) — сполука, що виявляє сильну бактерицидну дію, проте має меншу ефективність проти грибків;
- суміш CIT/MIT (5-хлор-2-метил-2H-ізотіазол-3-он / 2-метил-2H-ізотіазол-3-он) у співвідношенні 3:1, що характеризується високою антимікробною ефективністю, зумовленою синергічною дією обох компонентів;
- суміш BIT/MIT, яка також виявляє синергічну дію, що дозволяє розширити спектр біоцидної активності.

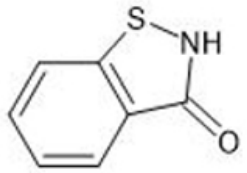
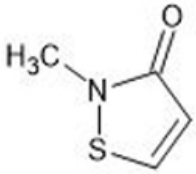
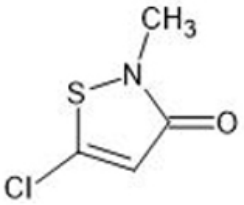
		
1,2-benzoizotiazol-3-on (BIT)	2-metylo-2H-izotiazol-3-on (MIT)	5-chloro-2-metylo-4-izotiazol-3-on (CIT)

Рис. 1. Хімічні структури BIT, MIT та CIT, що застосовуються як біоциди в упаковці ЛФМ.

Окрім похідних ізотіазолінону, для захисту виробів у упаковці також застосовуються інші біоцидні речовини, такі як DMDM (1,3-дигідроксиметил-5,5-диметилгідантоїн), Бронопол (2-бром-2-нітропропано-1,3-діол), DBNPA (2,2-дибром-3-нітрилопропіонамід) або їх суміші. Ці сполуки мають різні механізми антимікробної дії і підбираються залежно від складу рецептури, вимог до застосування та передбачуваного терміну придатності продукту.

Альтернативним рішенням можуть бути фарби з високою лужністю, антимікробна дія яких зумовлена високим значенням pH. Однак обмеженням такого типу рецептур є потенційний ризик подразнювальної або їдкої дії на шкіру та очі користувача, пов’язаний із присутністю сильних лугів, таких як гідроксид натрію (NaOH) або гідроксид калію (KOH), що застосовуються для забезпечення відповідно високого значення pH суміші.

Питання, пов’язані з впливом біоцидів, що застосовуються як консерванти типу «in-can» у водорозчинних фарбах, на навколишнє середовище залишаються предметом численних дискусій. Це пов’язано з тим, що біоцидні речовини можуть вимиватися з покриттів дощовою водою та потрапляти в ґрунт, а також у поверхневі та ґрунтові води, сприяючи їхньому забрудненню. Як наслідок, результати токсикологічних та екологічних випробувань призводять до поступового посилення законодавчих вимог щодо застосування цих речовин. Чинні правові норми, такі як регламенти ЄС та Закон про біоцидні засоби, встановлюють дедалі суворіші вимоги щодо концентрації біоцидів у рецептурах фарб без обов’язкового відповідного маркування, а також передбачають повну відмову від деяких біоцидних речовин. Європейське хімічне агентство (ECHA) на підставі доступних токсикологічних даних класифікувало три з найчастіше використовуваних донорів формальдегіду як канцерогенні та мутагенні. Відповідно, багато виробників фарб обмежили або повністю припинили використання цих консервантів, а деякі країни ввели повну заборону на їх додавання до фарб.

Останніми роками ЄС також запровадив значні обмеження щодо використання суміші CIT/MIT, знизивши концентрацію, при якій на упаковці потрібно наносити попереджувальне маркування, до рівня 15 ppm, а у випадку BIT — до 360 ppm. У зв’язку з цим консервація фарб та емульсій на водній основі за допомогою біоцидів у довгостроковій перспективі має бути замінена іншими рішеннями.

Термічна стерилізація водорозчинних фарб як альтернатива біоцидам в упаковці
Одним із найперспективніших напрямків обмеження використання біоцидів у водорозчинних продуктах є застосування методів термічної консервації фарб та дисперсій на водній основі. Термічна стерилізація є повністю екологічним та безпечним рішенням, оскільки не несе ризику для людей чи навколишнього середовища. Однак ефективність процесу термічної дезінфекції залежить від правильного підбору параметрів процесу, таких як температура, час впливу та тиск. Особливе значення має правильний підбір умов, що забезпечують ефективне знищення мікроорганізмів при одночасному збереженні фізико-хімічної стабільності фарб та емульсій, щоб не погіршити їхні експлуатаційні властивості.

Дослідження потенційного використання термічної обробки для консервації водних рецептур проводяться в рамках проекту CORNET під назвою «Emulsion and Paint Preservation by Thermal Treatment / Консервація емульсій та фарб методом термічної обробки». Головною метою проєкту є розробка екологічно безпечного, безбіоцидного або з низьким вмістом біоцидів методу консервації типу «in-can» для фарб та дисперсій на водній основі. Проєкт реалізується у співпраці наукових установ та галузевих організацій з Польщі та Німеччини, серед яких:

- Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e.V. (FPL, Німеччина),
- Європейське товариство підтримки інновацій Science-Business (ESWI, Польща),
- Дослідницька мережа Лукасевича — Інститут інженерії полімерних матеріалів та барвників (Ł-IMPiB, Польща),
- Інститут машинобудування та автоматизації Фраунгофера (IPA, Німеччина),
- Інститут Фраунгофера з прикладних досліджень полімерів (IAP, Німеччина).

Дослідження з термічної консервації фарб та емульсій проводяться в автоклавах, нагрівальних реакторах та мікрохвильових реакторах в інституті IAP у Потсдамі. Обсяг робіт включає розробку умов пастеризації та стерилізації, що забезпечують ефективне обмеження розвитку мікроорганізмів без негативного впливу на експлуатаційні властивості лакофарбових матеріалів. Важливим елементом проекту є оцінка мікробіологічної ефективності розроблених методів консервації. Завданням Ł–IMPiB є мікробіологічна характеристика зразків шляхом визначення кількості колонієутворюючих одиниць (CFU, colony forming unit) різних груп мікроорганізмів до та після термічної обробки. Дослідження включають оцінку наявності патогенних бактерій, таких як Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella spp. та Staphylococcus spp., а також анаеробних бактерій, цвілі та грибків. Особлива увага приділяється також аналізу здатності препаратів до повторної мікробіологічної колонізації після завершення процесу термічної обробки та під час тривалого зберігання.

Мікробіологічні дослідження комерційних фарб та емульсій, консервованих біоцидами, показали, що наявність біоцидів обмежує розмноження мікроорганізмів, однак не забезпечує повної дезінфекції продукту.

Незважаючи на наявність консервантів у зразках, було виявлено аеробні бактерії та їх спори, а також анаеробні бактерії та клітини цвілі й грибів. Домінуючу групу становлять мікроорганізми, що розвиваються при кімнатній температурі (близько 20°C). Особливо серйозною проблемою виявилася наявність бактеріальних спор, що утворюються під час спороутворення у відповідь на стресові умови навколишнього середовища, який може виникати, зокрема, під час виробничого процесу. Спори демонструють значно вищу стійкість до дії фізичних та хімічних факторів, ніж вегетативні клітини. До найпоширеніших бактерій навколишнього середовища, здатних утворювати спори, належать представники роду Bacillus. Крім того, у деяких зразках було виявлено наявність дріжджів, зокрема штамів роду Candida, а також невеликої кількості потенційно патогенних бактерій, що належать до групи coli та Pseudomonas aeruginosa, які можуть становити потенційну загрозу для здоров’я користувачів.

Паралельно з мікробіологічними дослідженнями інститут IPA у Штутгарті проводить оцінку впливу термічної обробки на фізико-хімічні, аналітичні та експлуатаційні властивості фарб та емульсій на водній основі. Ці дослідження, серед іншого, включають оцінку стабільності рецептур, в’язкості, експлуатаційних властивостей та експлуатаційних параметрів покриттів. На основі отриманих результатів можна буде оцінити тривалість ефекту стерилізації та визначити оптимальні параметри процесу, що забезпечують баланс між мікробіологічною ефективністю та збереженням бажаних експлуатаційних властивостей лакофарбових виробів.

Розроблювані умови пастеризації та термічної стерилізації, що зазвичай здійснюються при

температурах понад 75°C, проектуються таким чином, щоб забезпечити мінімальний вплив на навколишнє середовище, безпеку застосування та стабільність механічних і експлуатаційних властивостей продуктів при помірних технологічних витратах. Завдяки цьому рішення може бути адаптоване до потреб широкого кола споживачів, зокрема малих та середніх підприємств.

Попередні результати проєкту свідчать, що термічна консервація водних ЛФМ без біоцидів є ефективнішою, ніж з використанням біоцидів. Попередні дослідження, проведені як для фарб, так і для емульсійних сполучних речовин, показали більшу стабільність експлуатаційних властивостей у випадку фарб.

Потенційні сфери застосування охоплюють не лише водорозчинні фарби, а й лаки, клеї, друкарські фарби та інші водорозчинні суміші, що потребують мікробіологічного захисту в упаковці. Особливо важливими сферами застосування фарб без біоцидів є ті, де відбувається безпосередній контакт людини з покриттям або водним середовищем, наприклад, фасади будівель, стіни та стелі в житлових і громадських об’єктах, дерев’яні вироби, меблі, друковані матеріали, а також написи на одязі та обладнанні. Результати проєкту можуть знайти застосування насамперед серед виробників фарб та водних сполучних речовин, виробників технологічного обладнання, друкарень, меблевих та ремонтно-будівельних компаній.

Назва проєкту: «Emulsion and Paint Preservation by Thermal Treatment» / «Консервація емульсій та фарб методом термічної обробки»

Б. Пілх-Пітера

Джерело: