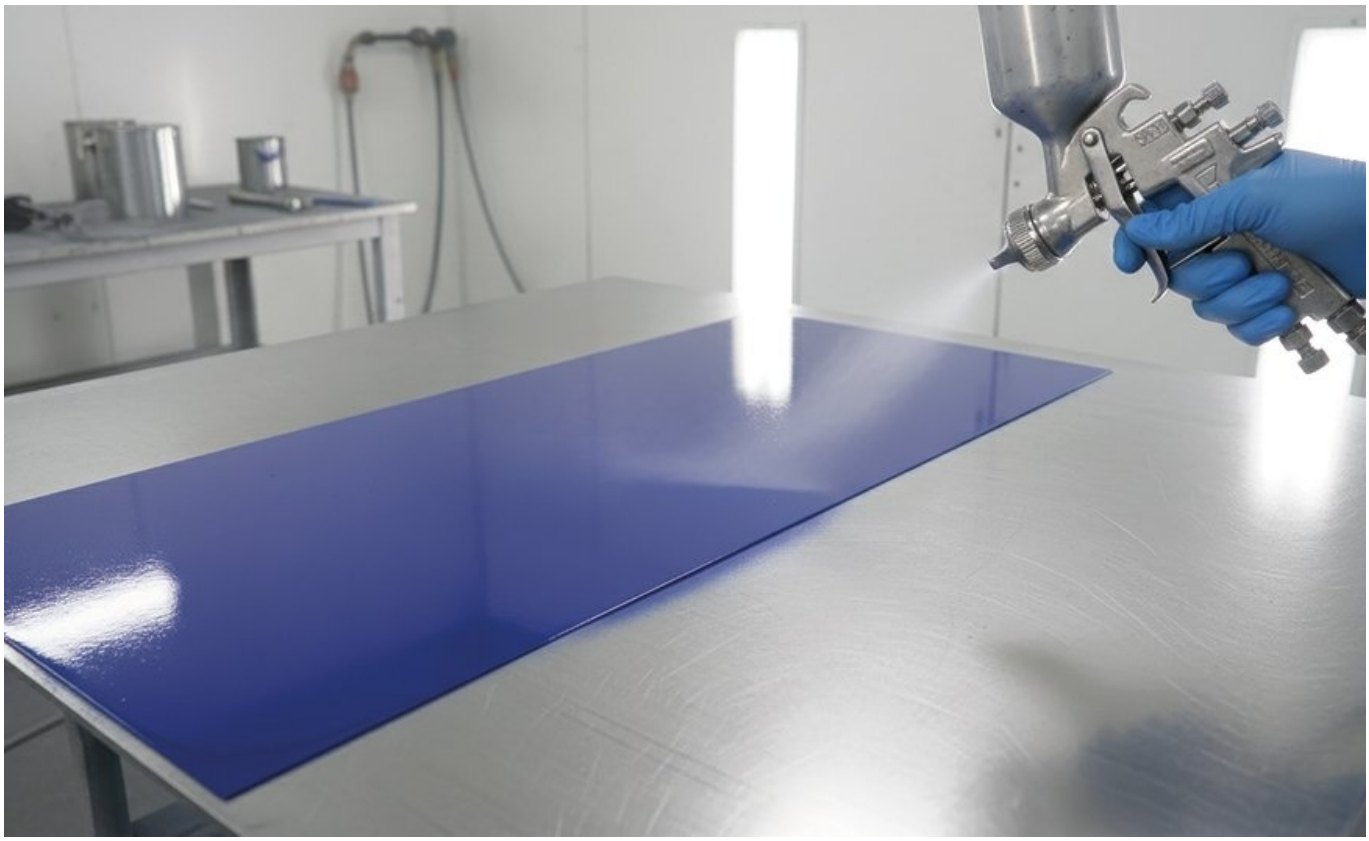
Покривна здатність фарб. Чинники, що впливають, та методи вимірювання

дата публікації: 2026.03.23



У лакофарбовій галузі покривна здатність є одним із ключових параметрів, що визначають якість покриття, здатність фарби ефективно покривати основу та її ефективне використання. Важливу роль у цьому відіграє правильний підбір компонентів, зокрема пігментів. Коефіцієнт заломлення світла, розподіл частинок за розмірами та здатність пігментів рівномірно розподілятися у сполучній речовині значною мірою сприяють збереженню високої покривної здатності, однорідності та ефективності.

Що таке покривна здатність фарб?
Механізм розсіювання світла в лакофарбових покриттях тісно пов'язаний з різницею показників заломлення світла між пігментом і сполучною речовиною, що безпосередньо впливає на покривну здатність. Чим більша різниця, тим сильніше розсіювання і вища покривна здатність. Показники заломлення світла смол та розчинників близькі між собою, що означає, що розчинник залишається практично прозорим у дисперсійному середовищі і не робить суттєвого внеску в розсіювання світла. Інша ситуація спостерігається у випадку пігментів, таких як діоксид титану (TiO_2), який характеризується значно вищим коефіцієнтом заломлення світла порівняно зі сполучною речовиною. Ця істотна різниця сприяє інтенсивному розсіюванню світлового випромінювання, дозволяючи отримати високий ступінь непрозорості (з англ. opacity, інакше кажучи, покривна здатність).

Правильний підбір пігментів
Одним з основних факторів, що впливають на покривну здатність покриття, є пігменти. Колір,

який сприймає людське око, залежить від довжини хвиль електромагнітного випромінювання у діапазоні видимого світла (приблизно 380–700 нм), які відбиваються від поверхні, а потім сприймаються сітківкою ока. Процеси поглинання та відбиття світла відіграють ключову роль у покривній здатності покриття.

Пігменти повинні поглинати та розсіювати випромінювання таким чином, щоб забезпечити бажаний візуальний ефект, і водночас обмежувати проникнення світла до основи для створення покриття з хорошою покривною здатністю.

Діоксид титану (TiO2) з показником заломлення світла близько 2,7 є найпоширенішим пігментом завдяки своїм покривним властивостям. Однак слід підкреслити, що максимальна ефективність покриття TiO_2 досягається лише при оптимальних розмірах частинок, що коливаються від 0,2 до 0,3 мкм. Цей діапазон розмірів частинок забезпечує найефективніше розсіювання видимого світла, що забезпечує отримання світлих, візуально однорідних покриттів з хорошою покривною здатністю та високою якістю обробки поверхні.

На рисунку 1 показано вплив TiO_2 у покритті на розсіювання видимого світла. Чим більше світла проходить крізь шар покриття та відбивається від основи, тим менша покривна здатність. І навпаки, чим більше світла розсіюється та відбивається в межах покриття, не досягаючи основи, тим більша покривна здатність.

Пігмент, який поглинає майже все видиме випромінювання, сприймається як чорний, тоді як пігмент, який відбиває більшу частину видимого випромінювання, сприймається як білий. З цієї причини застосування високопокривної білої пігментної основи на основі діоксиду титану (TiO_2) дозволяє отримати більш виразний візуальний ефект при одночасному зниженні вартості рецептури. Хоча TiO_2 безпосередньо не підсилює насиченість кольору основного пігменту, він істотно підвищує його покривну здатність, нейтралізуючи вплив підкладки та збільшуючи видиму інтенсивність кольору.

Додатковим, часто недооціненим методом оптимізації покривної здатності є використання рецептур, заснованих на концепції повного спектра кольорів. Ці рішення використовують пігменти, що поглинають і розсіюють випромінювання у всьому діапазоні видимого спектра, на відміну від звичайних фарб, які зазвичай базуються на комбінації двох або трьох кольорових пігментів. Хоча виробництво фарб з повним спектром пов'язане з вищими витратами через більшу кількість пігментних компонентів, вони дозволяють отримати порівнянний візуальний ефект при нижчій загальній концентрації пігментів. Збільшена кількість центрів розсіювання світла призводить до поліпшення покривної здатності без необхідності використання чорних пігментів, які можуть негативно впливати на чистоту та стабільність кольору кінцевого покриття.

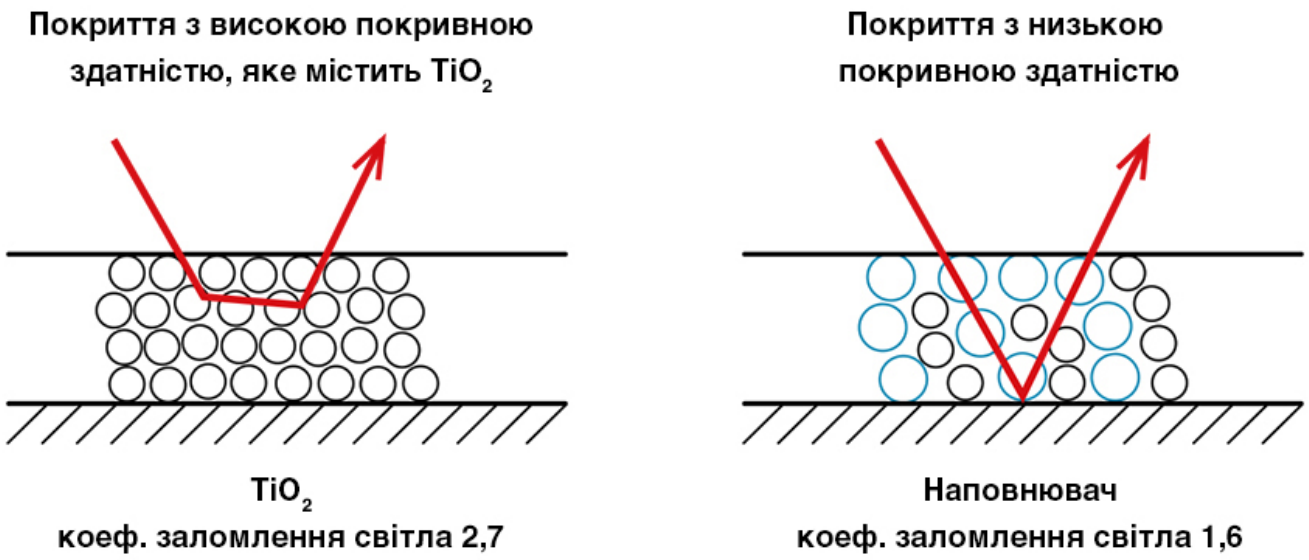


Рис. 1. Порівняння покриттів, що відрізняються наявністю або відсутністю TiO2

Вплив розміру частинок
Розмір частинок пігменту, як уже зазначалося, є одним із ключових параметрів, що визначають покривну здатність. Для частинок діаметром понад 1 мкм ефективність розсіювання світла зменшується.

Випромінювання у видимому діапазоні може тоді більшою мірою проникати крізь шар покриття, замість того щоб відбиватися та розсіюватися, що, як наслідок, може призвести до зниження покривної здатності та утворення неоднорідностей на поверхні покриття. Крім того, більші частинки схильні до осадження та агломерації, що негативно впливає на стабільність рецептури та гладкість отриманого покриття.

З іншого боку, частинки діаметром менше 0,1 мкм за своїми властивостями наближаються до барвників. У цьому діапазоні розмірів частинок видиме світло проникає крізь частинки пігменту, замість того щоб ефективно розсіюватися, що призводить до підвищення прозорості покриття. Хоча зменшення розміру частинок може призвести до підвищення блиску поверхні, це супроводжується істотним зниженням покривної здатності. Тому контроль розподілу розмірів частинок пігменту в оптимальному діапазоні є ключовим для забезпечення ефективного розсіювання світла, стабільності системи та стабільних оптичних і експлуатаційних властивостей покриття.

Дисперсія
Ще одним фактором, що впливає на належну покривну здатність, є дисперсія пігментів. Ефективна дисперсія передбачає рівномірний розподіл окремих частинок пігменту в дисперсійному середовищі та усуненні агломератів, що утворюються внаслідок міжчастинкових взаємодій. Ступінь дисперсії безпосередньо впливає на здатність розсіювати світло, а отже, на покривну здатність, однорідність кольору та декоративні властивості покриття. Недостатня дисперсія пігментів може призвести до утворення агломератів, які обмежують розсіювання видимого випромінювання. В результаті спостерігається зниження покривної здатності, погіршення однорідності та утворення дефектів поверхні. Крім того, агломерати можуть діяти як центри седиментації, що негативно впливає на стабільність рецептури та можливість отримувати покриття з повторюваними властивостями. Ефективна дисперсія пігментів вимагає відповідного підбору диспергувальних агентів, параметрів процесу змішування, адаптованих до типу пігменту та сполучноїго. Оптимізація цих факторів дозволяє досягти стабільних систем

покриттів з високою покривною здатністю та однорідним кольором.

Концентрація пігменту та CPVC
Критична об'ємна концентрація пігментів (CPVC, англ. Critical Pigment Volume Concentration) визначає точку, в якій загальний об'єм пігментів та наповнювачів у покритті досягає межі повного заповнення простору, доступного у сполучній речовині. Нижче значення CPVC частинки пігменту повністю змочуються полімерною дматрицею, що сприяє ефективній дисперсії та оптимальним оптичним і механічним властивостям покриття. Зі збільшенням концентрації пігменту та наближенням до значення CPVC спостерігається зростання покривної здатності, що зумовлено збільшенням кількості центрів розсіювання світла та обмеженням проникнення випромінювання до основи. Після перевищення CPVC кількість сполучної речовини стає недостатньою для повного змочування поверхні пігментів, що призводить до погіршення дисперсії та надто високої в'язкості. Як наслідок, відбувається зниження механічних властивостей, таких як стійкість до стирання та адгезія, а також погіршення оптичних параметрів, зокрема однорідності кольору та ефективної покривної здатності.

Методи оцінки покривної здатності покриття
Найпоширенішим кількісним параметром, що описує покривну здатність, є коефіцієнт контрасту (CR - Contrast Ratio), який визначає ступінь різниці у відбитті світла від покриття, нанесеного на чорну та білу основу. Стандарт ASTM D2805 визначає метод вимірювання CR, визнаючи значення, рівне або вище 98%, повним покриттям. Коефіцієнт контрасту (CR) обчислюється за формулою:

$$CR = \frac{Y_b}{Y_w} \times 100$$

де:

Yb — трихроматичне значення складової Y (яскравість/ світлість) у колірному просторі CIE, виміряне для зразка на чорній підкладці,

Yw — аналогічне значення, виміряне для зразка на білій підкладці.

Методи вимірювання
На практиці застосовуються різні способи визначення коефіцієнта контрасту та покривної здатності:

- візуальна оцінка - простий і недорогий метод, заснований на візуальному аналізі зразків на контрастній підкладці. Незважаючи на недоліки, пов’язані з суб’єктивним характером такої оцінки, візуальні методи залишаються важливим інструментом у промисловій практиці. Вони особливо часто використовуються в процесах контролю якості та для швидкого, орієнтовного порівняння покривних властивостей різних ЛФМ або наступних шарів покриття;
- інструментальні вимірювання – передбачають використання спектрофотометрів, колориметрів або спеціальних приладів для визначення покривної здатності, які вимірюють значення коефіцієнта відбиття світла в системі CIE XYZ та визначають CR. При інструментальних вимірюваннях результат залежить від умов вимірювання, таких як джерело світла, кут огляду та параметри приладу (наприклад, геометрія вимірювання та режим реєстрації сигналу), які необхідно враховувати під час порівняння зразків. Ці методи дозволяють проводити точні порівняння різних рецептур і широко

використовуються як у науково-дослідних розробках, так і в процесах контролю якості.

Які технології покращують покривну здатність?

Полімерні системи типу «ядро-оболонка» (core-shell)
Однією з технологій, що покращують покривну здатність, є використання полімерів типу «ядро-оболонка» (core-shell). Ці матеріали складаються з внутрішнього ядра, яке може містити воду або іншу летючу фазу, та зовнішньої полімерної оболонки. Під час процесу висихання фарби летка фаза випаровується, що призводить до утворення мікроскопічних порожнин (повітряних кишень) всередині плівки покриття. Межа фаз між повітрям і полімером характеризується значною різницею показників заломлення світла, що сприяє інтенсивному розсіюванню видимого випромінювання і, як наслідок, призводить до підвищення покривної здатності лакофарбової плівки. Крім того, наявність цих частинок може впливати на просторову організацію неорганічних пігментів, таких як TiO_2, обмежуючи їх агломерацію та покращуючи оптичну ефективність системи.

Полімерні модифікатори дисперсії пігментів
Полімери, що містять відповідним чином підібрані функціональні групи, адсорбуються на поверхні частинок TiO_2, стабілізуючи їх дисперсію та ефективно запобігаючи агломерації. Цей механізм, детально описаний у літературі, охоплює вплив функціональних груп полімерів на адсорбцію на пігментах оксиду титану та на процеси їх диспергування в покривних системах. Завдяки цим взаємодіям можна зберегти однорідну структуру покриття, що сприяє оптимізації його оптичних властивостей та покращенню покривної здатності.
Крім того, сучасні підходи з використанням полімерних наночастинок, так званих наносфер, демонструють значне покращення дисперсії TiO_2 у водорозчинних фарбах. Наночастинки адсорбуються на поверхні пігменту, обмежуючи його агломерацію, що призводить до підвищеної однорідності покриття та вищої покривної здатності.

Підсумки
Покривна здатність лакофарбових покриттів є ключовим параметром, що визначає якість, естетичні властивості та експлуатаційні характеристики фарб. На покривну здатність покриттів впливають, серед іншого: тип, розмір, дисперсія частинок пігменту в сполучній речовині, а також концентрація пігментів відносно критичної об’ємної концентрації (CPVC). Розуміння впливу цих параметрів рецептури на покривну здатність:

- розробляти більш ефективні та економічні продукти,
- краще адаптувати ЛФМ до промислових та декоративних застосувань,
- оптимізувати витрату сировини та виробничі витрати, одночасно зменшуючи вплив на навколишнє середовище.

Сучасні промислові підходи, спрямовані на покращення покривної здатності, включають: застосування полімерів типу «ядро-оболонка» (core-shell), полімерних наночастинок, що зв'язують пігмент, або наносфер. Ці рішення дозволяють підвищити покривну здатність, одночасно зменшуючи споживання TiO_2, покращують дисперсію пігменту та стабільність покриття.

Джерело: