

2. Федоткин, И. М. Кавитация. Кавитационная техника и технология, их использование в промышленности [Текст] / И. М. Федоткин, И. С. Гулий. – К.: Полиграфкнига, 1997. – Ч. 1. – 839 с.
3. Сиротюк, М. Г. Акустическая кавитация [Текст]: монография / М. Г. Сиротюк; отв. ред.: В. А. Акуличев, Л. Р. Гаврилов. – М.: Наука, 2008. – 271 с.
4. Хмелев, В. Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности [Текст] / В. Н. Хмелев, А. Н. Сливин, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок, А. В. Шалунов. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.
5. Evora, V. F. Ultrasonic Disinfection of Water Suspensions of Escherichia Coli and Legionella Pneumophila [Text] / V. F. Evora, G. J. Kavarnos // NUWC-NPT Technical Report 11,086, 1999. – 18 p.
6. Коваль, І. З. Ефективна дія ультразвуку на бактерії групи кишкової палички [Текст] : зб. наук. пр. / І. З. Коваль, Л. І. Шевчук, В. Л. Старчевський // Хімія, технологія речовин та їх застосування. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 667 – С. 234–237.
7. Евстигнеев, В. В. Кавитация в технологиях очистки сточных вод [Текст] / В. В. Евстигнеев, В. А. Кулагин // В мире научных открытий. – 2010. – № 5 (11), Ч. I. – С. 87–90.
8. Центер, И. М. Обеззараживание поверхности стекла высокочастотным ультразвуком [Текст] / И. М. Центер // Вестник ВСГУТУ. – 2013. – № 4 (43). – С. 174–177.
9. Joyce, E. The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions. A study of frequency, power and sonication time on cultured bacillus us species [Text] / E. Joyce, S. S. Phull, J. P. Lorimer, T. J. Mason // Ultrasonics Sonochemistry. – 2003. – № 10. – P. 315–318.
10. Василяк, Л. М. Применение ультразвука для обеззараживания воды [Текст] / Л. М. Василяк и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 8. – С. 6–9.
11. Некоз, О. І. Кавітаційна технологія очищення стічних вод від токсичних речовин [Текст] / О. І. Некоз, О. А. Литвиненко, Р. В. Логвінський // Вибірці в техніці та технологіях. – 2012. – № 2. – С. 112–115.

Описано математичну модель для розрахунку щільності упаковки наповнювачів різної дисперсності. Показано вплив щільності упаковки наповнювачів на експлуатаційні властивості покриттів з водно-дисперсійних фарб. Встановлено, що найбільшу міцність на розрив і стійкість до волого стирання мають покриття, отримані з водно-дисперсійних фарб із сумішшю наповнювачів, що забезпечує максимальну щільність упаковки частинок у покритті

Ключові слова: водно-дисперсійні фарби, покриття, наповнювачі, карбонати, щільна упаковка частинок, математична модель

Описана математическая модель для расчета плотности упаковки наполнителей различной дисперсности. Показано влияние плотности упаковки наполнителей на эксплуатационные свойства покрытий из водно-дисперсионных красок. Установлено, что наибольшую прочность на разрыв и стойкость к влажному истиранию имеют покрытия, полученные из водно-дисперсионных красок со смесью наполнителей, которая обеспечивает максимальную плотность упаковки частиц в покрытии

Ключевые слова: водно-дисперсионные краски, покрытия, наполнители, карбонаты, плотная упаковка частиц, математическая модель

УДК 667.647.22

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ УПАКОВКИ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНО- ДИСПЕРСІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Т. А. Караваєв

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра товарознавства та експертизи
непродовольчих товарів
Київський національний торговельно-
економічний університет
вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156
E-mail: karavayev@meta.ua

1. Вступ

Питанням підвищення експлуатаційних властивостей лакофарбових покриттів приділяється значна увага науковців і практиків. Одним із шляхів розвитку у цьому напрямі є забезпечення максимальної щіль-

ності упаковки частинок наповнювача у полімерній матриці лакофарбового покриття. Це дозволяє підвищити ряд експлуатаційних властивостей покриттів, знизивши при цьому собівартість фарби.

Актуальність статті полягає у тому, що створення щільної упаковки частинок здійснювалося у покрит-

тях з водно-дисперсійних фарб, які отримували з використанням осадової крейди українського походження. Як плівкоутворювач використовували стирол-акрилову латексну дисперсію Ucar DL 450 виробництва Dow Chemical.

2. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – встановлення впливу щільності упаковки наповнювачів на експлуатаційні властивості покриттів з водно-дисперсійних фарб.

Основними завданнями дослідження є:

- описати математичну модель, та показати зроблені за нею розрахунки співвідношення наповнювачів різного фракційного складу для отримання максимально щільної упаковки частинок у покритті;
- отримати водно-дисперсійні фарби з різним співвідношенням карбонатних наповнювачів, у тому числі для отримання максимальної щільності упаковки частинок;
- визначити вплив щільності упаковки наповнювачів на експлуатаційні властивості отриманих водно-дисперсійних покриттів.

3. Аналіз літературних даних

Дослідженню впливу наповнювачів на властивості полімерних композиційних покриттів присвячено низку публікацій. Так, у роботі [1] досліджено залежність вмісту дисперсних наповнювачів на фізико-механічні і теплофізичні властивості епоксидних композитів для формування адгезійного і когезійного шару покриттів.

Публікації [2, 3] присвячені створенню щільної упаковки частинок наповнювачів у покриттях на основі полімерів, розчинених в органічних розчинниках. Серед наповнювачів використовувалися дроблений мармур виробництва Туреччини, доломіт, каоліни, тальк, волластоніт, монтморилоніт та інші. Отримані композиції призначалися для створення бар'єрних протикорозійних покриттів на металевих підкладках.

Створення щільної упаковки наповнювачів у покриттях з водно-дисперсійних фарб, отриманих з використанням осадової крейди українського походження, раніше не досліджувалося, що обумовлює актуальність статті.

Дана стаття продовжує цикл публікацій, присвячених розробці водно-дисперсійних фарб з вітчизняними мінеральними наповнювачами та оцінці властивостей покриттів на їх основі [4–6].

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єкт дослідження – водно-дисперсійні фарби різного складу, отримані з використанням вітчизняних карбонатних наповнювачів, які визначені як найбільш перспективні за проведеними дослідженнями [7–9].

Склад фарб розроблявся з об'ємною концентрацією наповнювачів/пігментів (ОКП) 60 об. %, що є надлишком до критичної об'ємної концентрації наповнювачів/пігментів (КОКП) і сприяє утворенню щільної

упаковки частинок мінеральної фази у покритті. Сировинні компоненти, які використано для отримання водно-дисперсійних фарб, детально описані у [5, 6].

Дослідження експлуатаційних властивостей отриманих водно-дисперсійних покриттів проводили за стандартними методиками. Дослідження і розрахункові показники міцності при розриві вільних плівок покриттів проводили згідно з ГОСТ 18299. Стійкість покриттів до вологого стирання визначали згідно з ISO 11998. Сутність методу полягає у нанесенні покриття на спеціальну пластину за допомогою щільного аплікатора з відповідною глибиною зазору. Після висихання й витримки, пластину з покриттям зважують та піддають 200 циклам вологого стирання на випробувальному приладі. Після цього пластину промивають, висушують і знову зважують для визначення втрати маси, на основі якої розраховують середнє значення втрати товщини плівки.

5. Встановлення впливу щільності упаковки наповнювачів на експлуатаційні властивості водно-дисперсійних покриттів

Вплив щільності упаковки частинок оцінювали на прикладі карбонатних наповнювачів, які використовуються у виробництві водно-дисперсійних фарб з використанням виведеної математичної моделі. Розрахунки базуються на припущеннях, що частинки цих наповнювачів мають кулясту форму та всі частинки мають такий розмір, як середній [10].

Встановлено [7], що середній розмір частинок карбонатного наповнювача для норпластів виробництва ТОВ «Слов'янський індустріальний союз «Сода» (далі КНН) становить 1,8 мкм, крейди марки ММС-2 ТОВ «Слов'янський крейдо-вапняний завод» – 2,0 мкм, крейди марки ММС-1 ПАТ «Новгород-Сів. ЗБМ» – 1,0 мкм. Частинки наповнювачів мають наближену до кулястої форму. Основний скелет буде формуватися за рахунок частинок більшого розміру.

За розробленою моделлю виведено математичні формули, які дозволяють розраховувати об'єм і співвідношення наповнювачів з різним розміром частинок для створення максимально щільної упаковки, а також об'єм зайнятого наповнювачем простору та частку пор. Схематично модель упаковки частинок наповнювачів у покритті зображено на рис. 1.

Модель передбачає, що частинки більшого розміру утворюють основний каркас, проміжки між якими заповнюються частинками меншого розміру за пірамідальним типом упаковки. Як видно з рис. 1, у нашому випадку, буде відбуватися розклинювання основного каркасу, що позитивно впливає на фізико-механічні та інші властивості, порівняно із незаповненими пустотами.

Максимальна упаковка буде досягатися при чергуванні частинок великого і малого розміру в умовній матриці, при цьому їх співвідношення по кількості буде складати 1:1. Подальші розрахунки базуються на об'ємі, який будуть займати частинки у просторі, при їх рівномірному укладанні.

Здійснені розрахунки за виведеними в [10] формулами, дозволили встановити такі значення: частка частинок великого розміру ($D=1,8$ мкм) наповнювача

КНН у зайнятому об'ємі буде становити 85,4 %; частка частинок малого розміру ($d=1,0$ мкм) крейди ММС-1 у зайнятому наповнювачем об'ємі буде становити 14,6 %. При сумісному застосуванні крейди ММС-2 ($D=2,0$ мкм) та ММС-1 ($d=1,0$ мкм) таке співвідношення буде складає 88,9 % : 11,1 %.

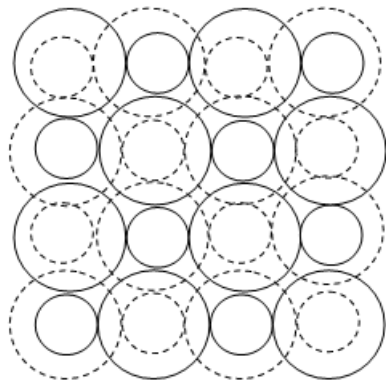


Рис. 1. Схематичне зображення моделі пірамідального типу упаковки карбонатних наповнювачів з частинок різного розміру

Враховуючи те, що дійсна густина обох карбонатних наповнювачів однакова і становить $2,7$ г/см³, можна стверджувати, що і масові частки цих наповнювачів будуть мати аналогічне співвідношення.

Оптимальне співвідношення карбонатних наповнювачів, підтверджено даними експериментальних досліджень. Проведені дослідження міцності плівок на розрив, отриманих з водно-дисперсійних фарб з різним масовим частками карбонатних наповнювачів показали, що при співвідношенні 85,0 мас. % КНН із розміром частинок 1,8 мкм та 15,0 мас. % крейди ММС-1 з розміром частинок 1,0 мкм вдається отримати максимум міцності на розрив 5,52 МПа при ОКП 60 об. %, який перевищує значення кожного з наповнювачів окремо (рис. 2).

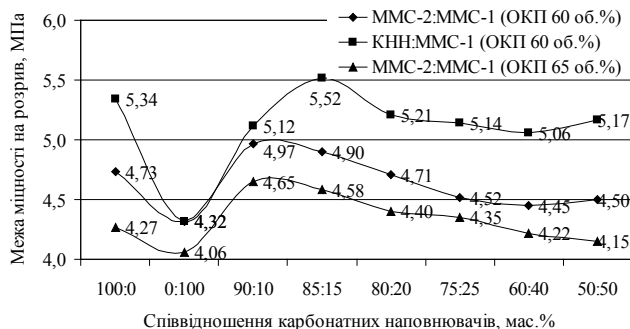


Рис. 2. Залежність межі міцності на розрив покриттів з водно-дисперсійних фарб від співвідношення карбонатних наповнювачів та ОКП (7 діб після нанесення)

Як видно з рис. 2, при сумісному застосуванні крейди ММС-2 (середній розмір частинок 2 мкм) та ММС-1 (середній розмір частинок 1 мкм) у співвідношенні 90 мас. % до 10 мас. % значення σ становить 4,97 МПа при ОКП 60 об. % і 4,65 МПа при ОКП 65 об. %.

Створення щільної упаковки частинок за визначеного співвідношення також підтверджується максимально високою стійкістю до волого стирання (рис. 3).

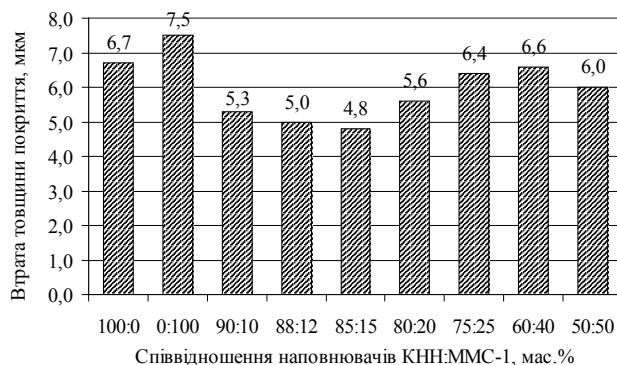


Рис. 3. Залежність стійкості до вологого стирання покриттів з водно-дисперсійних фарб від співвідношення карбонатних наповнювачів КНН до ММС-1 при ОКП 60 об. %

Як видно з рис. 3, мінімальна втрата товщини покриття склала 4,8 мкм при застосуванні КНН+ММС-1 у співвідношенні 85:15 мас. %, що перевищує відповідні значення у випадку застосування кожного із наповнювачів окремо та при інших співвідношеннях. Це підтверджує найвищу стійкість до вологого стирання при досягненні максимальної щільності упаковки частинок у покритті при розрахованому співвідношенні наповнювачів.

5. Висновки

Розрахунки дозволили встановити, що максимальна упаковка частинок у покритті буде досягтися при співвідношенні карбонатного наповнювача для норпластів (КНН, середній розмір частинок 1,8 мкм) до крейди ММС-1 (1,0 мкм) як 85,4 мас. % до 14,6 мас. %. При сумісному застосуванні крейди ММС-2 (2,0 мкм) та ММС-1 таке співвідношення буде складати 88,9 мас. % : 11,1 мас. %.

Максимальна міцність плівок на розрив (5,52 МПа) і стійкість покриттів до волого стирання (4,8 мкм втрати товщини), отриманих з водно-дисперсійних фарб, досягається при наповненні карбонатами КНН та ММС-1 у співвідношенні 85,0 до 15,0 мас. %.

Це перевищує відповідні значення у випадку застосування кожного із наповнювачів окремо та при інших співвідношеннях, що підтверджує отримання максимально щільної упаковки частинок у покритті.

Отримання максимально щільної упаковки частинок при визначеному співвідношенні карбонатних наповнювачів дозволяє покращити експлуатаційні властивості водно-дисперсійних покриттів за рахунок рівномірного змочування полімером частинок наповнювача, посилення адгезійний зв'язку між плівкоутворювачем і наповнювачем. Це сприяє підвищенню вмісту безперервної фази, опору до утворення тріщин і руйнування покриття.

Література

1. Сапронов, О. О. Вплив вмісту і природи дрібно-дисперсного наповнювача на механічні властивості і структуру полімерних захисних покриттів [Текст] /

- О. О. Сапронов, В. Д. Нігалатій, К. М. Клевцов, І. В. Смирнов, М. А. Долгов // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2013. – № 2. – С. 228–237.
2. Свідерський, В. А. Дослідження впливу щільності упаковки наповнювачів на сорбційні характеристики та проникність полімерного композиційного покриття [Текст] / В. А. Свідерський, О. В. Миронюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 1/4. – С. 7–10.
 3. Свідерський, В. А. Оптимізація структури композиційного матеріала за счёт удельного содержания наполнителя и его пространственной конфигурации в матрице [Текст] : матер. V міжн. наук.-тех. конф. / В. А. Свідерський, А. В. Миронюк // Стройхимия-2008 (Київ, 16-18 квітня 2008 р.). – МВЦ. – К. : МВЦ, 2008. – С. 109–121.
 4. Караваєв, Т. Естетичні властивості покриттів з водно-дисперсійних фарб [Текст] / Т. Караваєв, В. Свідерський // Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки». – 2012. – № 2. – С. 180–190.
 5. Караваєв, Т. Міцність плівок з водно-дисперсійних фарб, наповнених карбонатами і каолінами [Текст] / Т. Караваєв, В. Свідерський // Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки». – 2013. – № 2. – С. 139–148.
 6. Караваєв, Т. А. Визначення критичної об'ємної концентрації наповнювача у водно-дисперсійних фарбах [Текст] / Т. А. Караваєв, В. А. Свідерський // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: технічні науки. – 2013. – № 4. – С. 141–149.
 7. Свідерський, В. А. Дисперсність та структура карбонатних наповнювачів для водно-дисперсійних фарб [Текст] / В. А. Свідерський, Т. А. Караваєв // Вісн. Черкаського держ. технол. ун-ту. – 2012. – № 2. – С. 102–108.
 8. Караваєв, Т. А. Особливості хімічного складу та структури вітчизняних і закордонних карбонатних наповнювачів [Текст] / Т. А. Караваєв, В. А. Свідерський // Вісн. нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Серія: «Хімія. Хімічні технології та екологія» – 2012. – № 32. – С. 116–124.
 9. Караваєв, Т. А. Властивості поверхні карбонатних наповнювачів [Текст] / Т. А. Караваєв, В. А. Свідерській, І. В. Земляной // Вісн. Черкаського держ. технол. ун-ту. Серія: Технічні науки. – 2012. – № 4. – С. 95–100.
 10. Караваєв, Т. А. Математичні моделі для розрахунку щільності упаковки наповнювачів у лакофарбовому покритті [Текст] : матер. I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. / Т. А. Караваєв, В. І. Денисенко // Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів. – Полтава : ПУЕТ, 2014.